Klinik Radyoloji

Prof. Dr. Ercan Tuncel

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

NOBEL TIP KİTABEVLERİ

© 2011 Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti.

Klinik Radyoloji, Genişletilmiş 2. Baskı, Tıpkıbasım
Prof. Dr. Ercan Tuncel
ISBN: 978-975-420-??????

- 1. Baskı: 1994 Nobel & Güneş Tıp Kitabevi Ltd. Şti.
- Tıpkıbasım: 2002 Nobel & Güneş Tıp Kitabevi Ltd. Şti.
- Genişletilmiş 2. Baskı: 2008 Nobel & Güneş Tıp Kitabevi Ltd. Şti.

Bu kitabın, 5846 ve 2936 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Yasası Hükümleri gereğince yazarın yazılı izni olmadan bir bölümünden alıntı yapılamaz; fotokopi yöntemiyle çoğaltılamaz; resim, şekil, şema, grafik, vb.'ler kopya edilemez. Her hakkı Nobel Tıp Kitabevleri Ltd Şti'ne aittir.

Düzenleme: *Nobel Tıp Kitabevleri*
Baskı /Cilt: *Nobel Matbaacılık, Hadımköy-İSTANBUL*

NOBEL TIP KİTABEVLERİ LTD. ŞTİ.

ÇAPA
Millet Cad. No:111 Çapa-İstanbul
Tel: (0212) 632 83 33 Fax: (0212) 587 02 17

CERRAHPAŞA
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Karşısı
Park içi Cerrahpaşa-İstanbul
Tel: (0212) 586 17 58

KADIKÖY
Rıhtım Cad. Derya İş Merkezi No: 7
Kadıköy-İstanbul
Tel: (0216) 336 60 08

SAMSUN
Ulugazi Mah. 19 Mayıs Bulvarı 16/6
Tel: (0362) 435 08 03

ELAZIĞ
Yahya Kemal Cad. Üniversite Mah. No: 36/B
Tel: (0424) 233 43 43

ANTALYA
Meltem Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı
Falez Sit. Toros Apt. No:183/2
Tel: 0 (242) 238 15 55

BURSA
Altıparmak Cad. Burç Pasajı, Bursa
Tel: (0224) 224 60 21

Ankara
MN MEDİKAL & NOBEL TIP KİTABEVİ
Halk Sok. No: 5 Sıhhiye-Ankara
Tel: (0312) 431 16 33

İzmir / Bornova
İZMİR GÜVEN KİTABEVİ
168. Sok. No: 10/1 Bornova-İzmir
Tel: (0232) 339 16 96

İzmir / Konak
İZMİR GÜVEN KİTABEVİ
SSK İş Hanı P/36 Konak-İzmir
Tel: (0232) 425 27 58

Adana
ADANA NOBEL KİTABEVİ
Adnan Kahveci Bulvarı 31/C Adana
Tel: (0322) 233 00 29

www.nobeltip.com

Önsöz

Klinik Radyoloji kitabının ilk baskısı 1994, tıpkıbasımı ise 2002 yılında yapıldı. Her iki baskının da kısa sürede tükenmesi ve aradan geçen zamana rağmen kitabın hâlâ yoğun bir istekle aranması yeni baskısını zorunlu hale getirdi. İlk baskı, 70'li yıllarda başlayan radyolojik devrimin tamamlandığı döneme denk düşer. O tarihten günümüze kadar geçen sürede radyoloji alanında görülen gelişmeler, başlıca dijital teknolojideki ilerlemelerden kaynaklandı. Dijital teknoloji ile radyolojik yöntemler gelişti, hızlandı ve çeşitlendi. Bu gelişmeler, yeni baskıya, olabildiğince dahil edilmeye çalışıldı.

Klinik radyoloji, bir ders kitabı olarak hazırlanmıştı; genişletilmiş ikinci baskıda da bu nitelik korunmaya çalışılmıştır. Amaç, radyoloji uzmanlık eğitimine bir çerçeve çizmektir. Radyolojik yöntemler bölümü, teknolojideki gelişmelere uygun olarak genişletilmiş ve bu gelişmelerin klinik radyolojiye yansımaları, ilgili organ sistemlerinde işlenmeye çalışılmıştır.

Radyolojik yöntemlerin fiziğini ve teknolojisini olabildiğince sade ve yalın biçimde, karmaşık formüllere girmeden anlatmaya çalıştım. Buna rağmen radyolojiye yeni başlayanlar ve konuya aşina olmayanlar, bu bölümü anlamakta zorlanabilirler. Bu durum, genellikle fiziğin tıp eğitiminde yer almamasından ve konunun, bir genel radyoloji ders kitabında özet olarak anlatılma zorunluluğundan kaynaklanır. Okuyucu bu bölümü okurken biraz daha dikkatli ve sabırlı olmalı, gerektiğinde temel fizik kurallarını tekrar gözden geçirmeli ve yardımcı kaynaklara başvurmalıdır.

Kitabın ilk baskısındaki dilini elimden geldiğince daha Türkçe yapmaya çalıştım. Bunu yaparken, yaygın kullanılmayan, oturmamış sözcüklerden oluşan bir yazının anlaşılmasındaki güçlüğü de göz önünde tuttum. Ne yazık ki, dilimizde henüz tıp terimlerinin yazılışında ve okunuşunda genel kabul görmüş ve oturmuş kurallar yoktur. Bu nedenle İsmet Dökmeci ve A. Handan Dökmeci tarafından hazırlanan ve Nobel Tıp Kitabevleri tarafından yayımlanan Büyük Tıp Sözlüğü'nün 2005 yılı baskısını referans olarak aldım.

Kitabın bu şekliyle sadece radyoloji uzmanlığı için değil, diğer uzmanlık dalları, tıp ve sağlık hizmetleri meslek yüksek okulu öğrencileri için de yararlı bir kaynak olacağı inancındayım. Tüm çabama rağmen kaçınılmayan yanlışlar için okuyucunun hoşgörüsüne sığınıyorum. Kitaptan yararlanıldığını duymaktan mutlu olacağım. Bu umutla, azımın çoğa sayılmasını diliyorum.

16 Eylül 2007, Göynüklü **E. Tuncel**

Teşekkür

Prof. Dr. Gürsel Savcı, Prof. Dr. Uğur Topal, Doç. Dr. Zeynep Yazıcı, Doç. Dr. Cüneyt Erdoğan, Doç. Dr. Bahattin Hakyemez, Y. Doç. Dr. Naile Bolca Topal, Uz. Dr. Nalan Yıldırım, Uz. Dr. Gökhan Gökalp kitabın kendileri ile ilgili bölümlerinin düzeltmelerini yaptı, arşivlerinden resim verdi ve resim alt yazılarını kontrol etti. Doç. Dr. Zeynep Yazıcı ayrıca Hareket Sisteminin resimlerini seçti, alt yazılarını yazdı ve orbita bölümünü yeniden yazdı. Doç. Dr. Cüneyt Erdoğan da Perkütan Biyopsi ve Tedavi bölümünün yeniden yazılmasına önemli katkılar sağladı.

Radyonüklid görüntüleme bölümünü, Nükleer Tıp Anabilim dalımızın öğretim üyesi Prof. Dr. Eray Alper kontrol etti ve resimlerini verdi. Dolaşım Sistemi bölümünü Kardiyoloji Anabilim dalımızın öğretim üyesi Prof. Dr. Ali Aydınlar kontrol etti. Uz. Dr. Semra Akgöz, Radyolojik Algoritm bölümünün istatistik ile ilgili kesiminin düzeltmelerini yaptı.

Uz. Dr. Ramazan Yalçın kitap için şahsi arşivini kullanımımıza açtı. Radyolojik Yöntemler bölümünün düzeltmeleri, Uz. Dr. Işıl Topçu Yüceışık, Uz. Dr. Mehmet Özer, Uz. Dr. Oğuzhan Güven Gümüştaş ve Uz. Dr. Ramazan Yalçın tarafından yapıldı.

Değerli araştırma görevlimiz Dr. Gökhan Orcan kitabın resimlerini düzeltti, kitaptaki yerlerine yerleştirildi ve kitabın hazırlanmasında teknik ekiple birlikte büyük bir özveri ile çalıştı. Anabilim dalımızın araştırma görevlilerinden birçoğu ise, radyolojik yöntemler bölümünün düzeltmelerine yardım etti, zaman zaman resim taramalarına katkıda bulundu.

Kitabın resim alt yazıları ve gerekli yerlerde bazı parçaları anabilimi dalımızın sekreteri Sn. Nuray Elmase tarafından yazıldı. Tarafımdan tasarlanan şekillerin bilgisayar çizimlerini Sn. Esat Taşatmanlar yaptı. Kitabın mizanpajı ve düzenlemesi Sn. Yakup Şahiner, Sn. Kamuran Kula ve Dört Renk Grafik-Tasarım çalışanları tarafından yapıldı. Nobel & Güneş Kitabevinden Sn. Osman Bayrak kitabın hazırlanmasında ve basımında bizzat çalıştı. Kitabın basımını Furkan Matbaasının emekçileri yaptı.

Yukarıda isimlerini saydığım değerli mesai arkadaşlarımlara ve kitaba katkısı olan, ancak ismini sayma imkanı bulamadığım herkese içten teşekkürlerimi sunarım, haklarını helal etsinler.

Kitabın yeni baskısı için beni cesaretlendiren, her gün Atlantik'in ötesinden arayarak bana moral veren sevgili oğlum Mete Tuncel ve sevgili gelinim Burcu Tuncel'e de şükran borçluyum. Her şeyin ötesinde sevgili eşim Serpil Tuncel'in sabrına ve desteğine minnettarım, O olmasaydı bu kitap ortaya çıkamazdı.

E.Tuncel

İçindekiler

1. BÖLÜM: RADYOLOJİK YÖNTEMLER

Giriş 3
Radyolojik tanı yöntemleri 4
Radyolojik görüntüler 6
Radyolojide bilgisayar 8
Bilgisayar 8
Dijitalizasyon 9
Dijital görüntülerin depolanması, işlenmesi ve gösterimi 11
Görüntü arşivleme ve iletişim sistemi (PACS) 14
Röntgen 17
Temel fizik 17
X-ışınının üretimi ve saptanması 29
Radyografi 45
Floroskopi-fluororadyografi 52
Dijital röntgen 58
Görüntü kalitesi 64
Kontrast maddeler 73
İyonizan ışınların zararlı etkileri ve korunma 78
Bilgisayarlı Tomografi (BT) 87
BT aygıtının gelişimi 87
Dedektörler ve x-ışını tüpü 90
Veri toplama 92
Kesit yapma (tomografik rekonstrüksiyon) 93
Görüntü işleme 98
Görüntü kalitesi 101
Artefaktlar 103
Hastanın aldığı doz 105
Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme 106
Temel fizik 106
MR aygıtı 113
Temel puls sekansları 114
Görüntü oluşturma 121
Kontrast maddeler 127
Görüntü kalitesi 129
Yağ sekansları 131
MR-anjiyografi 133
Difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG) 141
Perfüzyon görüntüleme 142
MR Spektroskopi 144
Artefaktlar 146
Yan etkiler 151
Ultrasonografi (US) 152
Temel fizik 152
Ses üretimi 155
Ekoların saptanması ve işlenmesi 158
Görüntüleme şekilleri 161
Görüntü kalitesi 164
Görüntülerin yorumlanması 166
Artefaktlar 168
Doppler US 173
Temel fizik 173
İnceleme ölçütleri 174

Hemodinamik ... 179
Artefaktlar ... 181
Akustik güç ve biyolojik etki ... 183
Radyonüklid Görüntüleme (RG) ... 184
Temel fizik ... 184
RG aygıtı ve görüntü oluşumu ... 185
İnceleme yöntemleri ... 188
Klinik kullanımı ... 190
Pozitron emisyon tomografi (PET) ... 191
Yan etkiler ve korunma ... 194
Perkütan Biyopsi ve Tedavi Girişimleri ... 195
Perkütan iğne biyopsisi ... 195
Kılavuz yöntemler ... 195
Uygulama ... 198
Bölgesel biyopsi teknikleri ... 200
Sonuçlar ... 201
Tedavi girişimleri ... 202
Damar darlıklarının genişletilmesi ve stent koyma ... 206
Embolizasyon ... 209
İlaç infüzyonu ... 213
Damar protezleri ... 214
Damarsal ekstraksiyon teknikleri ... 218
Üriner sistem girişimleri ... 219
Safra sistemi girişimleri ... 219
Abse drenajı ... 222
Diğer bölgeler ... 224
Perkütan tümör tedavisi ... 225
Radyolojik Tanı Algoritmi, Radyogramların Değerlendirilmesi ... 227
Radyolojik tanı ... 227
Yöntemlerin seçiminde temel kurallar ... 229
Yöntemlerin planlanmasında genel kurallar ... 232
Radyololojik tanı algoritmi ... 233
Radyogramların Değerlendirilmesi ve Rapor Yazma ... 234
Değerlendirme şartları ... 234
Değerlendirme aşamaları ... 235
Değerlendirme yöntemi ve aşamaları ... 238
Rapor yazma ... 240

2. BÖLÜM: SOLUNUM SİSTEMİ
İnceleme Yöntemleri ... 249
Radyografik Anatomi ve Röntgenogramların Değerlendirilmesi ... 255
Akciğer ... 262
Elemanter Akciğer Lezyonları ... 262
Hiluslar ... 262
Kollaps ... 263
Alveoler örnek ... 272
İnterstisiyel örnek ... 273
Soliter pulmoner nodül (SPN) ... 279
Kalsifikasyon ... 283
Radyolusensi artımı ... 284
Kavite ... 285
Havayolu Hastalıkları ... 286
Trakea ... 286
Büyük bronşlar ... 288
Pulmoner sekestrasyon ... 289
Konjenital kistik adenomatöz malformasyon ... 290
Akciğer agenezisi, aplazi ve hipoplazisi ... 290
Kronik bronşit-Bronşektazi ... 291
Bronşiyolit ... 294

Astım-amfizem ... 295
Sürfaktan yetmezlik hastalığı ... 297
Enfeksiyon ve Enfestasyonlar ... 299
Pnömoniler ... 299
Tüberküloz ... 302
Aspergilloz ... 305
Hidatid kist ... 306
Akciğer Neoplazmları ... 307
Akciğer kanseri ... 307
Akciğer kanserinde evreleme ... 312
Benign tümörler ... 316
Akciğere metastaz ... 317
Pulmoner Dolaşım Bozuklukları ... 319
Pulmoner ödem ... 319
Pulmoner kanama ... 321
Pulmoner emboli ... 322
Pulmoner arteriyel hipertansiyon ... 326
Plevra ... 326
Plevral sıvı ... 326
Pnömotoraks ... 329
Plevral kalınlaşma ... 330
Plevral kalsifikasyon ... 331
Plevral tümör ... 331
Ekstraplevral alan ... 332
Mediyasten ... 333
İnceleme yöntemleri ... 333
Yer kaplayan lezyonlar ... 335
Difüz mediyasten tutulumu ... 345
Diyafragma, Göğüs Duvarı ... 346
Diyafragma ... 346
Göğüs duvarı ... 349

3. BÖLÜM: DOLAŞIM SİSTEMİ
Kalp ... 357
İnceleme yöntemleri ... 357
Göğüs röntgenogramında doğumsal kalp hastalıkları bulguları ... 371
Damarlar ... 380
İnceleme yöntemleri ... 380
Torasik aort ... 383
Abdominal aort ... 393
Renal arter ... 396
Periferik arterler ... 399
Venöz sistem ... 404

4. BÖLÜM: SİNDİRİM SİSTEMİ
Düz karın röntgenogramı ... 413
Sindirim Borusu ... 418
İnceleme yöntemleri ... 418
Özofagus ... 422
Mide-duodenum ... 432
İnce bağırsak ... 443
Kolon ... 448
Sindirim borusu kanamaları ... 459
Sindirim borusu obstrüksiyonları ... 461
Karaciğer ... 470
İnceleme yöntemleri ... 470
Difüz tutulum ... 473
Fokal lezyonlar ... 484
Safra sistemi ... 498

İnceleme yöntemleri ... 499
Safra yolları ... 502
Safra kesesi ... 508
Pankreas 513
Dalak ... 520
Periton ... 527

5. BÖLÜM: BOŞALTIM ve ÜREME SİSTEMİ
Anatomi ... 541
İnceleme yöntemleri ... 543
Böbrekler ... 549
Boyut, şekil ve yer anomalileri ... 549
Kistik lezyonlar ... 552
Solid lezyonlar ... 558
Parankim hastalıklar ... 563
Renovasküler hastalıklar ... 571
Travma ... 575
Renal Transplantasyon ... 577
Toplayıcı sistem ... 579
Doğumsal anomaliler ... 579
Tümörler ... 581
Taş hastalığı ... 583
Üriner obstrüksiyon ... 587
Mesane ... 593
Üretra ... 598
Böbreküstü bezi-Retroperiton ... 601
Böbreküstü bezi ... 601
Retroperiton ... 607
Erkek üreme sistemi ... 610
Prostat ... 610
Skrotum/testis ... 613
Penis 619
Kadın üreme sistemi ... 620
İnceleme Yöntemleri ... 622
Overler ... 625
Adneksa ... 631
Uterus ve vajina ... 632
Gebelik ... 640
İnceleme yöntemleri ... 640
Erken gebelik anomalileri ... 643
Fetal büyüme ... 647
Fetal çevre ... 649
Fetüsun US incelemesi ... 655
Fetal anomaliler ... 657

6. BÖLÜM: HAREKET SİSTEMİ, YUMUŞAK DOKU, MEME
Kemikler ... 673
İnceleme yöntemleri ... 674
Elamenter kemik lezyonları ... 679
Travma ... 684
Displaziler ... 699
Enfeksiyonlar ... 710
Tümörler ve tümör benzeri lezyonlar ... 716
Avasküler nekrozlar ... 750
Metabolik ve endokrin kemik hastalıkları ... 753
Kemik yoğunluğunu değiştiren diğer hastalıklar ... 764
Dokunulmaması gereken iskelet lezyonları ... 769
Eklemler ... 772

İnceleme yöntemleri ... 772
Dejeneratif eklem hastalığı ... 773
İnflamatuar artritler ... 776
Metabolik artritler ... 782
Osteoartropatiler ... 784
Diz ekleminin MR incelemesi ... 789
Kalça ekleminin MR incelemesi ... 800
Omuz ekleminin MR incelemesi ... 801
Ayak ve ayak bileğinin MR incelemesi ... 806
El bileğinin MR incelemesi ... 810
Temporomandibular eklemin MR incelemesi ... 810
Yumuşak doku ... 812
İnceleme yöntemleri ... 812
Kalsifikasyon, osifikasyon ve gaz ... 812
Yumuşak doku kitleleri ... 816
Meme ... 821
Ekran-film mamografisi ... 821
Dijital mamografi ... 823
Mamogramların değerlendirilmesi ... 825
Mamografide elemanter lezyonlar ... 826
Galaktografi ... 830
Radyolojik raporlama ... 833
Meme kanseri ... 834
Benign lezyonlar ... 835
Erkek memesi ... 839
Memede girişimsel işlemler ... 840

7. BÖLÜM: MERKEZİ SİNİR SİSEMİ, BAŞ-BOYUN
Kraniyum ve beyin ... 845
İnceleme yöntemleri ... 845
Kraniyum röntgenogramı ... 849
Normal kraniyum ... 849
Kraniyumun şekil anormallikleri ... 851
Kraniyum içi basınç artması sendromu (KİBAS) ... 853
İntrakraniyal patolojik kalsifikasyonlar ... 854
Kraniyum kemiklerinde yoğunluk farklılıkları ... 856
Doğumsal anomaliler ... 858
Nöral tüpün kapanma defektleri ... 858
Divertikülasyon ve ayrılma anomalileri ... 858
Nöronal migrasyon ve sulkasyon anomalileri ... 861
Serebellum ve posterior fossa anomalileri ... 863
Kraniyal travma ... 868
Saçlı deri ve kemikler ... 868
Ekstra-aksiyal lezyonlar ... 870
İntra-aksiyal lezyonlar ... 874
Travmanın ikincil bulguları ... 876
Dövülmüş çocuk sendromu ... 878
Kafa travmalarında prognoz ... 879
Serebrovasküler hastalıklar ... 879
Anevrizma ... 879
Yasküler malformasyonlar ... 883
İnme ... 889
Aterosklerotik hastalık ... 889
Serebral enfarkt ... 891
İntraserebral kanama ... 901
Yenidoğan asfiksisi ... 905
Tümörler ... 908
Gliyal tümörler ... 911

Gliyal dışı tümörler ... 914
Posterior fossa tümörleri ... 919
Menenjiyom ... 923
İntraventriküler tümörler ... 925
Pineal bölge tümörleri ... 927
Sellar bölge ... 929
Gelişimsel kitleler ... 932
Feksiyonlar ve enfestasyonlar ... 935
Menenjit ... 935
Serebret ve apse ... 936
Tüberküloz ... 938
Ansefalit ... 941
Enfestasyonlar ... 943
BOS alanı genişlemeleri ... 944
Hidrosefali ... 944
Atrofi ... 945
Dejeneratif hastalıklar ... 949
Beyaz cevher hastalıkları ... 951
Gri cevher hastalıkları ... 953
Bazal gangliyon tutulumu ... 954
Epilepsi ... 954
Omurga Ve Omurilik ... 956
İnceleme yöntemleri ... 956
Ekstradural lezyonlar ... 958
Disk dejenerasyonu, hernisi, spinal stenoz ... 959
Enfeksiyon ... 967
Tümörler ... 968
Travma ... 971
İntradural-ekstramedüller lezyonlar ... 975
İntramedüller lezyonlar ... 977
Kistik lezyonlar ... 977
İntramedüller tümörler ... 979
Solid lezyonlar ... 981
Doğumsal lezyonlar ... 983
Baş-Boyun ... 988
Temporal kemik ve kafa kaidesi ... 988
İnflamatuar lezyonlar ... 989
Kafa tabanı tümörleri ... 990
Orbita ve göz ... 994
Tümörler ... 995
İdiopatik inflamatuar psödotümör ... 999
Tiroid orbitopati ... 1000
Yasküler lezyonlar ... 1001
Enfeksiyon ... 1003
Travma ... 1004
Paranazal sinüsler ... 1004
Enfeksiyonlar ... 1004
Tümörler ... 1007
Travma ... 1007
Nazofarenks ... 1009
Tükrük bezleri ... 1011
Larenks ... 1013
Tiroid ... 1015
Paratiroid ... 1020
Boyun kitleleri ... 1021

EK 1: KESİTSEL RADYOLOJİK ANATOMİ ... 1027

“Röntgen ışınları bizi asla yanıltmazlar;
onların dilini yanlış yorumlamakla ya da
onlardan verebileceklerinden fazlasını istemekle
yanılan biziz”

1897, Antoine Béclère (1856-1939)

1. Bölüm

Radyolojik Yöntemler

Giriş

Röntgen

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Manyetik Rezonans (MR)

Ultrasonografi (US)

Radyonüklid Görüntüleme (RG)

Perkütan Biyopsi ve Tedavi Girişimleri

Radyolojik Tanı Algoritmi, Radyogramların Değerlendirilmesi

Giriş

Radyoloji, diğer tıp dallarına göre oldukça yeni bir bilim dalıdır. Radyoloji biliminin doğuşuna yol açan x-ışınları, 1895 yılında Alman Fizik Profesörü Wilhelm Konrad Röntgen tarafından keşfedilmiştir. Bundan kısa bir süre sonra ise Fransız fizikçisi Henry Becquerel radyoaktiviteyi keşfetmiştir. Bu keşifler kısa sürede tıp teknolojisine dönüşmüş ve x-ışınları ve radyoaktivite, hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır.

Radyoloji sözcüğü eski Yunanca ışın anlamındaki "radius" ve söz anlamındaki "logos" sözcüklerinin birleşmesinden oluşur ve ışın bilimi anlamına gelir. Radyoloji, bir tıp dalı olarak 1900'lü yılların başlarında kliniğe girmiştir. Başlangıçta bu dalda iyonizan ışınlarla hem tanı konuyor hem de tedavi yapılıyordu. İyonizan ışın kullanmak dışında ortak yönleri olmayan tanı ve tedavi uygulamaları, daha sonra ayrılmış ve radyolojinin tanı ile ilgili dalına diyagnostik radyoloji, tedavi ile ilgili dalına ise radyoterapi adı verilmiştir. Kanser tedavisinin temel yöntemlerinden biri olan radyoterapi, dünyada olduğu gibi ülkemizde de radyasyon onkolojisi adıyla ayrı bir anabilim dalıdır. Radyoloji sözcüğü artık radyolojinin tanı dalının karşılığı olarak kullanılmaktadır.

Radyodiyagnozis adı da verilen diyagnostik radyolojinin temel yöntemi röntgendir. Daha sonra değişik enerji türlerinin kullanıldığı farklı fizik prensiplere dayanan yöntemler geliştirilmiştir (Tablo 1.1). Bu yöntemler; bilgisayar ve x-ışını teknolojisinin birleşmesiyle oluşan bilgisayarlı tomografi (BT), hidrojen çekirdeklerinden veri toplayan manyetik rezonans görüntüleme (MR), sesin yankılarından görüntü oluşturan ultrasonografi (US) ve vücuda verilen radyoaktivitenin saptanması temeline dayanan radyonüklid görüntüleme (RG)'dir. Bu yöntemlerle oluşturulan görüntüler organizmanın iç yapılarının radyolojik izdüşümleridir.

Röntgen dışında kalan diyagnostik radyoloji yöntemleri başlangıçta, İngilizce "imaging" sözcüğünün çevirisi olan görüntüleme başlığı altında toplanmıştır. Görüntüleme, sözcük anlamı olarak organ ve dokuların bir resim şeklinde gösterilmesidir. Bu açıdan bakıldığında, günümüzde radyoloji departmanlarının iş hacminin yaklaşık %70'ini oluşturan röntgenin, görüntülemenin temel yöntemi olması gerekir. Ayrıca yeni yöntemler yüksek veriler taşısalar da diyagnostik radyoloji kurallarına ve birbirlerine sıkı sıkıya bağlıdırlar; bu nedenle taşıdıkları bilgilerin nitelik ve niceliklerine bakılmaksızın bir bütünü, diyagnostik radyolojiyi, oluşturan temel yöntemler olarak değerlendirilmelidirler.

Tablo 1.1 Radyolojide temel yöntemler

Röntgen
Radyografi
Floradyografi (anjiyografi)
Bilgisayarlı Tomografi (BT)
Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR)
Ultrasonografi (US)
Radyonüklid Görüntüleme (RG)
Perkütan biyopsi ve girişimler

Radyolojik tanı yöntemlerinin her biri, organizmanın görüntüsünü, farklı enerjiler ve/veya farklı fizik kurallar kullanarak elde eder. Bu görüntülerde lezyonların varlığı saptanır; boyutları ve yayılımı değerlendirilir ve saptanan lezyonun doku tanısı söylenmeye (karakterize etme) çalışılır. Ancak tüm teknolojik gelişmişliklerine karşın bu yöntemler lezyonları karakterize etmede çoğu zaman başarısızdır.

Histolojik tanı lezyondan alınan doku örneğinin mikroskobik incelemesi ile konur. Dokudan mikroskobik inceleme için örnek almaya biyopsi, bu örneği dışarıdan girerek iğne ile almaya perkütan iğne biyopsisi denir. Lezyonların ve ona ulaşılacak yolların açık bir şekilde görüntülenmesi ile birlikte iğnelerin çok daha az travmatize edici olmaları sayesinde, radyolojik yöntemlerin kılavuzluğunda yapılan perkütan iğne biyopsileri günümüzde temel radyolojik tanı yöntemi konumuna gelmiş ve tedavi amaçlı birçok perkütan girişim yapılmaya başlanmıştır. Radyolojik yöntemlerin kılavuzluğunda organizmaya apse drenajı, damar darlıklarının genişletilmeleri ve embolizasyon gibi tedavi girişimlerinin yapıldığı radyolojinin bu alt dalına girişimsel radyoloji adı verilir. Bu gelişmeler sonucu radyoloji günümüzde, **değişik enerjiler aracılığı ile vücudu görüntüleyerek tanı koyan ve bu görüntülerin kılavuzluğunda tanı ve tedavi amaçlı**

perkütan girişimler yapan bir uzmanlık dalı olarak tanımlanabilir.

Genelde birbirinin tamamlayıcısı olan radyolojik tanı yöntemleri, çoğu zaman da benzer bilgiler verir. Bu nedenle radyolojik yöntemleri, yöntemlerin yapabildikleri ve yapamadıkları temel olmak üzere, yararlılık ve zararsızlık ölçütlerine göre belirli bir disiplin içerisinde kullanmak gerekir. Radyolojik tanı yöntemlerini en etkin bir şekilde kullanmak amacıyla, yöntemlerin belirli kurallar içerisinde seçimine ve sıralanmasına radyolojik tanı algoritmi veya diyagnostik protokol adı verilir. Radyolojik tanı algoritmi sayesinde tanı, hastaya en az zarar vererek, en kısa sürede ve en ekonomik yolla konur.

RADYOLOJİK TANI YÖNTEMLERİ

Radyoloji uzmanlık dalının içerisinde, kullandıkları enerjinin ve/veya görüntü oluşturma teknolojisinin farklı olduğu 4 temel yöntem vardır: röntgen, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve ultrasonografi (US). Ülkemizde nükleer tıp adı altında ayrı bir uzmanlık dalının kapsamında olan radyonüklid görüntüleme (RG), görüntülerinin hem oluşturulması, hem de taşıdıkları bilgiler ve yorumlanması bakımından diğer radyolojik yöntemlerle bir bütün oluşturur.

Radyolojik tanı yöntemleri, kullandıkları enerji türüne, enerjinin vücutla etkileşim şekline, görüntülerinin türüne, verilerin görüntüye çevrilme teknolojisine ve oluşan görüntülerin gösterilme şekillerine göre sınıflandırılabilir (Tablo 1.2).

Röntgen

Kullanılan enerji x-ışınıdır (röntgen ışını). Görüntülenecek vücut bölgesinden x-ışını geçirilir. Bu geçiş, yapıların atom ağırlıkları, yoğunlukları ve kalınlıklarına göre değişik oranlardadır. Röntgen görüntüsü bu farklılıktan oluşturulur. Görüntü konvansiyonel röntgende doğrudan röntgen filmi üzerinde oluşur; dijital röntgende ise röntgen filmi yerine konan dedektörlerden gelen dijital verilerden yapılır. Bu nedenle konvansiyonel röntgende görüntü analog, diğerinde dijitaldir. Kullanılan enerji (x-ışını), vücudu geçerek görüntü oluşturur; bu nedenle röntgende temel prensip transmisyondur.

İncelenen bölgenin iki boyutlu görüntüsünü veren röntgen, bir projeksiyon yöntemidir; incelenen bölgedeki oluşumlar üst üste düşerek (süperpozisyon) nesnelerin seçilebilmesini zorlaştırır. Konvansiyonel röntgende elde edilen görüntü, incelenen bölgenin gerçek boyutundadır; dijital röntgende ise görüntü bilgisayarlarla oluşturulduğu için istenilen boyutta yapılabilir.

En eski radyolojik tanı yöntemi olan röntgen, temel tanı yöntemi olma özelliğini hâlâ korumaktadır. Doğal kontrastla çevrelenmiş kemikler ve akciğerlerin incelenmesinde ilk ve temel yöntemdir, meme kanserinin tarama yöntemidir; diğer organ sistemlerinde tanıya önemli katkılar sağlar. Röntgen aygıtlarının her yerde bulunabilmesi, göreceli ucuzluğu ve geniş bir alanı kesintisiz görüntüleyerek anatomik bütünlük sağlaması nedeniyle röntgen, klinikte en sık kullanılan tanı yöntemidir.

Anjiografi röntgenin en önemli uygulama alanlarından birisidir. Bu yöntemle damarlara ait darlık, anevrizma, arteriyovenöz malformasyon gibi anormallikler saptanabildiği gibi anormal damarlanmanın gösterilmesi ile lezyonlar karakterize edilebilir veya operasyonu kolaylaştırıcı bilgiler elde edilebilir. Günümüzde anjiografi tanı yöntemi olarak değil, daha çok girişimsel radyolojik işlemlerin kılavuzu olarak kullanılmaktadır.

Tablo 1.2 Radyolojik tanı yöntemlerinin sınıflandırılması

Sınıflandırma ölçütleri	Röntgen	BT	MR	US	RG
Kullanılan enerji türü	x-ışını	x-ışını	*RF/manyetizma	ultrases (ultrason)	γ-ışını
Enerjinin vücutla etkileşimi	transmisyon	transmisyon	emisyon	yankı (eko)	emisyon
Görüntü türü	projeksiyon	kesit	kesit	kesit	projeksiyon/kesit
Görüntü teknolojisi	analog/dijital	dijital	dijital	analog/dijital	analog/dijital
Görüntü gösterim şekli	sabit/canlı	sabit	sabit	canlı	sabit

**RF: Radyofrekans (radyo dalgası)*

Dijital röntgenin uzaysal çözümleme gücü şimdilik konvansiyonel röntgenden yüksek değildir; ancak kontrastı daha yüksektir. Yöntemin temel kullanımı dijital subtraksiyon eklenerek yapılan anjiyografidir. Dijital subtraksiyon anjiyografisinin (DSA) konvansiyonel anjiografiye göre, küçük kateter ve az kontrast madde kullanılarak hastanın daha az travmatize edilmesi ve daha az ışın alınması gibi üstünlükleri vardır. Röntgen filmini ortadan kaldırması nedeniyle uzun vadede analog anjiografiden daha ekonomiktir. Dijital röntgenin en önemli üstünlüğü görüntüleri işleme, iletme, arşivleme gibi dijitalizasyonun sağladığı olanaklara sahip olmasıdır.

Bilgisayarlı tomografi (BT)

Kullanılan radyasyon enerjisi x-ışınıdır. Yöntem incelenen bölgeyi bir kesit şeklinde ("cross-section") görüntüler. Bu nedenle görüntüler röntgende olduğu gibi bir projeksiyon görüntüsü değil, kesit (tomografik) görüntüdür. Kesit görüntüler, dokuların x-ışınlarını zayıflatma oranlarının dedektörlerce saptanması ve saptanan bu değerlerin bilgisayarla işlenmesiyle yapılır. Vücuttan x-ışını geçmesi nedeniyle BT de, röntgen gibi bir transmisyon yöntemidir.

Yöntemin kontrast çözümlemesi röntgenden yüksektir. Röntgende aynı yumuşak doku yoğunluğunda görülen ödem, hematom gibi lezyonlar, BT ile birbirinden ayrılır ve yoğunlukları ölçülebilir. Temel kullanım alanı yer kaplayan lezyonlardır. Görüntülerin kesit olması (tomografi), üst üste düşmeyi ortadan kaldırarak incelenen bölgenin daha iyi görüntülenmesini sağlar. Uygulamada hiçbir sınırlamanın olmaması, yani kesitlerdeki her yapıyı görüntülemesi de yöntemin önemli bir üstünlüğüdür. İntravasküler kontrast maddenin bolus şeklinde verilmesi ve hızlı görüntüleme ile doku perfüzyonu değerlendirilebilir.

Günümüzde, hızlı blok görüntüleme yapan çok kesitli spiral BT (ÇKBT) aygıtları ile inceleme çok hızlı yapılır, değişik planlarda yüksek çözümlemeli kesitler veya üç boyutlu anjiografik reformasyonlar elde edilir. ÇKBT'nin bu özelliği MR'nin multiplanar kesit alma üstünlüğünü dengelemiştir.

Manyetik rezonans (MR)

Manyetik rezonans görüntülemede kullanılan radyan enerji elektromanyetik spektrumun düşük enerji ucunda yer alan radyo dalgalarıdır (radyofrekans). Kuvvetli bir manyetik alan içerisine konan organizmadaki hidrojen çekirdekleri, uygun frekanstaki bir radyo dalgası ile uyarılırsa aldıkları enerjiyi, alternatif akım şeklinde saptanan bir sinyal olarak yayarlar. Saptanan bu sinyaller bilgisayarlar aracılığı ile bir kesit şeklinde (tomografi) görüntülenir. Yöntemin başlıca sinyal kaynağı hücre içi ve dışındaki serbest su ve yağ moleküllerindeki hidrojen çekirdeğidir. Yöntemde organizmayı geçen bir radyan enerji yoktur; tersine enerji aktarımından sonra hidrojen çekirdeklerinden yayılan sinyaller saptanır. Yöntem transmisyon değil, emisyon olayına bağlı bir tomografi yöntemidir.

MR yumuşak dokuda kontrast çözümlemesi en yüksek olan radyolojik tanı yöntemidir. Görüntüler BT kesitlerine benzer. Yumuşak doku kontrast çözümlemesinin yüksek olması yanında her üç düzlemde de görüntü alabilmesi ve BT ile iyi görüntülenemeyen kemiğe komşu yumuşak dokuları çok iyi görüntüleyebilmesi yöntemin önemli üstünlükleridir. Akımın kontrastsız görüntülenmesi yöntemin diğer önemli bir üstünlüğüdür.

İnvivo biyokimyasal proçeslerin analizine olanak sağlayan MR spektroskopisi ise ayırıcı tanıya önemli katkılar sağlar.

Ultrasonografi (US)

US de kullanılan radyan enerji ultrases, temel olay ise *yankı*dır. Kulağın duyma sınırının çok üstündeki yüksek frekanslı ses kullanılır. Ses dalgalarının (ultrases) bir bölümü, akustik dirençleri farklı doku yüzeylerinden yansır. Görüntüler, yansıyan bu sesin dönüş süresi ve genliğinin işlenmesiyle elde edilir. US'nin temel yöntemi, organ ve dokuları bir kesit şeklinde (tomografi) canlı ("real-time") olarak izlemeye olanak veren gri ölçekli (B-mode) görüntülemedir. Doppler US'de ise akan kanın şekilli elemanlarının gönderilen seste yaptığı faz ve frekans değişiklikleri değerlendirilir.

US yumuşak dokuları inceleyen bir radyolojik tanı yöntemidir. Sıvı/solid ayırımını çok iyi yapar. Canlı izlenmesi nedeniyle de organların hareketleri değerlendirilir. Gaz ve kemik US incelemesini engelleyen yapılardır.

Radyonüklid görüntüleme (RG)

Radyonüklid görüntülemede kullanılan radyan enerji gama (γ) ışınıdır. Gama ışını vücuda, incelenecek organ tarafından tutulan bir maddeye bağlanarak verilir. Radyoaktivite bağlanmış böyle maddelere radyofarmasötik denir. Radyofarmasötiğin ilgili organ veya

dokudaki dağılımı, dedektör tarafından saptanır. Vücuttan yayılan gama ışınlarının dedektörde ışık parlamaları (sintilasyon) şeklinde görülmesi nedeniyle bu yönteme sintigrafi adı da verilmiştir. Yöntemde incelenen organın, sintilasyonlardan oluşan bir haritası çıkarılır veya radyoaktivite birikiminin zamana karşı bir grafiği çizdirilir.

Radyonüklid görüntüleme bir emisyon yöntemidir. İncelenen organdan gelen gama ışınları, organın iki boyutlu bir resmini oluşturur; üçüncü boyuttaki radyoaktivite görüntüde üst üste düşer. Bu nedenle derinde yerleşen belirli boyuttan küçük lezyonlar sintigrafi ile saptanamayabilir. Bu üst üste düşmeyi ortadan kaldırmak için yönteme bilgisayarlı tomografi teknolojisi eklenmiştir (tek foton bilgisayarlı emisyon tomografisi: "single photon emission computed tomography"-SPECT).

Pozitron kaynağı radyonüklidlerin kullanıldığı ve dokuda aynı anda çift gama ışınının oluştuğu tomografik sintigrafi yönteminin adı da pozitron emisyon tomografisi (PET)'dir. Bu yöntemle, pozitron kaynağı radyonüklidlerle işaretlenmiş metabolitlerin (örneğin glukoz) tüketimi saptanarak lezyonlar karakterize edilmeye çalışılır.

Radyonüklid görüntüleme, morfolojik bilgiler vermekle birlikte, temelde fonksiyonel bilgilerle yüklü bir tanı yöntemidir. Klinikte daha çok bu yönüyle tercih edilir.

RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLER

Genel olarak tüm radyolojik görüntüler radyogram; görüntünün elde ediliş süreci ise radyografi olarak isimlendirilir. Röntgenogram ve röntgenografi, röntgen görüntülerine ve elde etme sürecine verilen isimdir. Ancak pratikte radyogram ve radyografi terimlerinin ikisi birden daha çok röntgen için kullanılır. Röntgenogramlar için kullanılan "akciğer filmi", "sinüs filmi" gibi deyimler yanlıştır; doğrusu "göğüs röntgenogramı", "paranazal sinüs röntgenogramı" olmalıdır. "Röntgen filmi" ifadesi çekim yapılmadan önceki filmi tanımlar. BT, MR ve US'de ise görüntü ya da kesit terimleri tercih edilir. RG görüntülerine sintigram, görüntülerin elde edilme işlemine sintigrafi denir.

Radyolojik görüntüler ya röntgende olduğu gibi iki boyutlu projeksiyon görüntüsü veya çok az bir kalınlığı olan ince kesit görüntüleridir. İki boyutlu görüntülerde ışının geçtiği üçüncü boyuttaki yapılar üst üste düşer. Düz sintigrafik görüntüler de iki boyutludur. BT, MR, US ve tomografik sintigrafide (SPECT, PET) ise vücut bir kesit şeklinde görüntülenir, görüntülerde üst üste düşme yoktur.

Radyolojik görüntülerin yapılış ve gösteriliş şekilleri de değişiktir. Radyolojik görüntüler ya analog ya da dijitaldir. Analog görüntülerde, röntgenogramlarda olduğu gibi, sinyal farklılıkları nitelikleri değiştirilmeden görüntü şeklinde kaydedilir. Dijital görüntülerde ise saptanan sinyaller dijitalize edilir ve sayılaştırılmış bu değerler bilgisayar aracılığı ile görüntüye çevrilir. Radyolojik görüntüler ya sabit bir görüntüdür veya canlı olarak izlenebilen video görüntüsüdür. Radyografik görüntüler sabit, floroskopi ve US görüntüleri canlıdır. BT ve MR görüntüleri sabit görüntülerdir, ancak ileri bilgisayar desteği ile dinamik görüntüler elde edilebilir. Sintigramlar sabit görüntülerdir.

Radyolojik görüntüler, ister projeksiyon isterse kesit görüntüler olsun, renkli Doppler dışında, bir ucunda beyaz diğer ucunda siyah rengin bulunduğu gri tonlardan oluşur. Röntgen ve BT'de koyu tonlar x-ışınını görece olarak az tutan (çok geçiren), açık tonlar ise tersine çok tutan (az geçiren) dokuları temsil eder. MR görüntülerinde, kullanılan enerji türü farklı olduğu için gri tonların anlamları da değişiktir. Görüntü oluşturulurken kullanılan ölçütlerin değiştirilmesiyle aynı dokuların farklı tonlarda görülebilmesi, MR görüntülerinin yorumlanmasını daha karmaşık hale getirir. US görüntülerinde, açık tonlar sesin çok yankılandığı, koyu tonlar az yankılandığı kesimleri temsil eder. İçerilerinde hiç yankılanmanın olmadığı sıvıyla dolu yapılar ile sesin hiç geçmediği kesimler siyah görülür. Sintigramlarda görüntüler sintilasyonların karşılığı olan noktalardan oluşur. Bu noktalar beyaz zeminde siyah olabileceği gibi bilgisayar ortamında tersine de çevrilebilir. SPECT ve PET görüntüleri renkli yapılabilir.

Radyogramlar üzerindeki görüntüler gri ton farklarından oluşur. Röntgenogramlardaki parlak kesimler radyopak, koyu kesimler radyolusent olarak, diğer yöntemlerin görüntülerinde ise parlak kesimler hiper-, koyu kesimler hipo- ve aynı tondaki yerler izo- ön ekleri taşıyan sözcükler ile tanımlanır. Buna göre görüntüleri tanımlamak için BT'de hiperdens-hipodens-izodens, MR'de hiperintens-hipointens-izointens, US'de hiperekoik-izoekoik-hipoekoik (hiç eko alınmayan siyah kesimler için anekoik), RG'de ise hiperaktif-hipoaktif veya sıcak alan-soğuk alan veya pozitif aptek ("up-take")-negatif aptek terimleri kullanılır.

Görüntülerin elde edilmesi

Radyolojik yöntemlerin vücudun iç yapılarını bir fotoğraf şeklinde görüntülemesi, fotoğraf çekiminin analoğudur. Fotoğraf çekmek için kullanılan enerji türü ışıktır. Görüntüleme aygıtı fotoğraf makinasıdır. Görüntü, fotoğraf filmi üzerine kaydedilir. Temel fizik olay ışık enerjisinin yansımasıdır. Yüzümüze düşen ışık, yüzümüzdeki yapılar tarafından farklı oranlarda soğurulur ve dolayısıyla farklı oranlarda yansır. Fotoğrafımızı oluşturan bu yansıma farklılıklarıdır. Yansımaları kayıt eden gereç, yani dedektör ise fotoğraf filmidir.

Radyolojik tanı yöntemlerinin görüntüleri de aynı ilkelere göre oluşturulur. Fotoğraf çekmede kullanılan enerji görülebilir ışıktır. Vücudun iç yapılarının görüntülenmesi için vücuda nüfuz edebilen (penetran) bir enerji kullanmak gerekir. Bu enerji röntgende ve BT'de x-ışını, MR'de radyofrekans ve manyetizma, US'de yüksek frekanslı ses, RG'de ise gama ışınıdır.

Fotoğraf çekiminde saptanan, ışığın yansıma farklılıklarıdır. Röntgende ve BT'de x-ışınlarının vücudu geçerken tutulma farklılıkları, MR'de hidrojen çekirdeklerinin verdikleri sinyalin genlik ve süre farklılıkları, US'de sesin doku yüzeylerinden yansıma farklılıkları, RG'de ise dokuların radyonüklidi tutmalarındaki fark saptanır.

Fotoğrafı üreten aygıt fotoğraf makinesidir. Röntgen, BT, MR, US ve RG aygıtları fotoğraf makinesinin karşılıklarıdır. Fotoğrafta dedektör fotoğraf filmi; röntgende röntgen filmidir. Dijital röntgen, BT ve MR'de sinyaller dedektörlerle saptanır ve dijitalize edilir. US ve RG'de saptanan sinyallerden görüntü oluşturulabilir, ancak bu yöntemler de günümüzde gittikçe dijitalize olmaktadır.

Radyolojik görüntülerin nitelikleri

Radyolojik tanı yöntemlerinin oluşturduğu görüntülerin estetik yönü değil; tanı değerini belirleyen teknik kalitesi önemlidir. Teknik kalite yöntemde kullanılan enerjinin intensitesi ile orantılı olarak artar (röntgen ve BT de x-ışınının dozu, MR de inceleme süresi, US de sesin şiddeti); ancak görüntü kalitesini artırmak için hastanın yüksek doz alması kabul edilemez. Hastanın emniyeti ile görüntü kalitesi daima dengelenir. Bir radyolojik görüntünün tanı açısından taşıdığı değer iki temel nitelikle belirlenir: Kontrast ve çözümleme (rezolüsyon).

Kontrast: Kontrast, görüntüdeki gri ölçek farklılığıdır. Her yöntem, vücudun yapılarının farklı fiziksel özelliklerine dayanarak kontrast oluşturur. X-ışını görüntülemede kontrastı belirleyen temel ölçüt elektron yoğunluğudur. Elektron yoğunluğu genellikle maddenin fiziksel dansitesi ve etkin atom numarasınca belirlenir. Projeksiyon görüntülerinde ışının geçtiği kalınlık, bu iki ölçütün çarpanıdır. X-ışını demetinin nitelik ve niceliği de görüntülerdeki kontrastı etkiler. Projeksiyon görüntülerdeki üst üste düşmenin BT'de ortadan kaldırılmış olması kontrastı belirgin şekilde artırır.

MR görüntülemede kontrast mekanizması karmaşıktır ve amaca göre ayarlanabilir; kontrastı belirleyen öncelikli ölçüt dokuların proton yoğunluğu ve protonların relaksasyon süreleridir. Proton yoğunluğu vücuttaki dokularda farklıdır ve yağ dokusunda en yüksek konsantrasyondadır. İki farklı relaksasyon mekanizmasından biri (T1 veya T2) öne çıkartılarak dokular arasındaki kontrast, değiştirilerek artırılabilir.

US görüntülerinin kontrastı, başlıca dokunun akustik özellikleri ile belirlenir. Dokular arasındaki akustik direnç (doku dansitesi x sesin dokudaki hızı) farklılığı, saptanan ekoların genliğini belirler. Doppler US görüntülerinde ise dönen sesin faz ve frekansındaki değişiklikler değerlendirilerek kan akımının yönü ve hızı saptanır; dolayısıyla kontrastın nedeni harekettir.

RG görüntülerinde kontrast, dokunun radyofarmasötiği tutma yetisine bağlıdır. Bir yapı çevresine göre ne kadar çok radyofarmasötik tutuyorsa kontrastı o kadar yüksektir. Kesit görüntü olduğu için, SPECT ve PET görüntülerinde kontrast düz sintigrafik görüntülere göre daha yüksektir.

Çözümleme: Bir görüntüleme sisteminin ayrıntıyı gösterebilme yeteneğidir. Rezolüsyonunun karşılığı olan çözümleme sözcüğü, radyolojide zaman zaman hem kontrast sözcüğü ile birlikte kontrast çözümleme şeklinde hem de uzaysal ("spatial") veya geometrik sözcüğü ile birlikte uzaysal veya geometrik çözümleme şeklinde kullanılır. Tek başına kullanılan çözümleme sözcüğü daima uzaysal (geometrik) çözümlemeyi anlatır. Bununla birlikte daha tanımlayıcı ve açık bir ifade olacağı için, genellikle tek başına değil uzaysal veya geometrik çözümleme şeklinde kullanılır.

Daha küçük yapıları gösterebilen bir yöntemin uzaysal çözümlemesi daha yüksektir (Tablo 1.3). Uzaysal çözümlemenin temel belirleyeni yöntemin, görüntü oluşturmak için kullandığı enerjinin dalga boyudur; dalga boyu küçüldükçe çözümleme artar; dalga boyundan küçük yapılar görüntülenemez. Örneğin US'de 10 MHz'lik bir transdusırın çözümleme

Tablo 1.3 Radyolojik tanı yöntemlerinin uzaysal çözümlemelerinin sınırları (tipik klinik kullanımlarda)

Yöntem	Çözümleme Δ (mm)	Yorum
Ekran-film radyografisi	0.08	Fokal spot boyutu ve dedektör (ekran) çözümleme gücü ile sınırlı
Dijital röntgen	0.17	Dedektör elementlerinin boyutu ile sınırlı
Floroskopi	0.12	Dedektör ve fokal spot boyutu ile sınırlı
Ekran-film mamografi	0.03	Radyolojide çözümlemesi en yüksek olan yöntem
Dijital mamografi	0.05-0.10	Dedektör elamanlarının boyutu ile sınırlı
BT	0.4	Yaklaşık 1/2 mm piksel ile
MR görüntüleme	1.0	Manyetik alan gücüyle çözümleme artabilir
US (5MHz)	0.3	Sesin dalga boyu ile sınırlıdır
Sintigrafi	7	Dedektörden uzaklaştıkça çözümleme düşer
SPECT	7	Ortadaki kesitlere doğru çözümleme düşer
PET	5	En yüksek çözümlemeli RG yöntemi

gücü 3 MHz'lik transdusırden daha yüksektir, çünkü 10 MHz'lik transdusırın ürettiği sesin dalga boyu 0.15 mm, diğerininki ise 0.5 mm'dir.

Enerjinin dalga boyu ile uzaysal çözümleme arasındaki bu ilişki x-ışını yöntemlerinde teorik olarak var olmakla birlikte pratikte gözlenmez. Röntgende çözümleme, x-ışınlarının kalitesi ve kayıt gereçleri gibi birçok ölçüte bağlıdır. MR görüntülemede ise geometrik çözümleme ile gönderilen radyo dalgasının boyu (470 cm) arasında bir ilişki yoktur. MR görüntüleri gönderilen radyo dalgaları ile değil, bu dalgaların uyardıkları protonlardan salınan sinyallerden oluşturulur. MR ve BT gibi dijital görüntü oluşturan yöntemlerde uzaysal çözümlemenin pratikteki en önemli belirleyeni piksel/voksel boyutudur.

RADYOLOJİDE BİLGİSAYAR

Bilgisayarın radyolojik yöntemlere girişi 1970'li yılların başlarındadır. İlk uygulamaları nükleer tıptaki dinamik çalışmalar olmuş; daha sonra BT, MR ve dijital radyografi yöntemlerinin temel bileşeni haline gelmiştir.

Bilgisayarın yaptığı iş elektronik devrelerle de yapılabilir. Bilgisayarın üstünlüğü uygulamadaki esnekliğidir, programı değiştirilerek fonksiyonu değiştirilebilir. Elektronik devrelerde bu mümkün değildir, fonksiyon değiştirilmek isteniyorsa yeni bir devre yapmak gerekir.

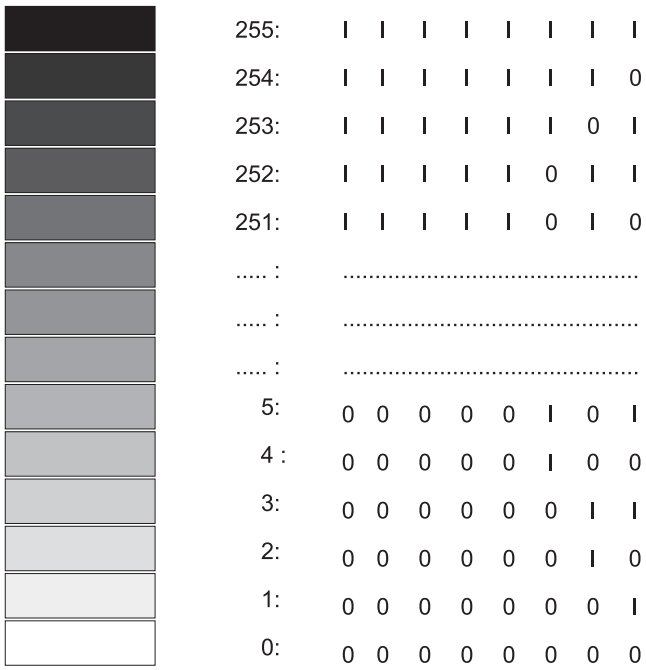
Günümüzde radyoloji pratiği büyük oranda bilgisayar teknolojisine dayanır. Yakın bir gelecekte radyolojik işlemlerin tümüyle dijitalize olacağı öngörülebilir. Bu nedenle konunun radyolojiye giriş bölümünde incelenmesinin daha uygun olduğu düşünülmüştür. Bu bölümde bilgisayar ve dijitalizasyon özetlenecek ve görüntü arşivleme ve iletim sistemi ("picture archiving and communication system-PACS") ile ilgili kısa bilgi verilecektir.

BİLGİSAYAR

Karmaşık ve güçlü bir veri işleyici olan bilgisayarın çalışma prensibi basittir. Günlük hayatta sayılar için tabanı 10 olan, onluk (desimal) sistem kullanılır. Onluk sistemde 0'dan 9'a kadar 10 rakam ("digit") vardır. Dokuzdan daha büyük sayıları ifade etmek için bu rakamlar bir sıraya dizilir. Sıradaki her rakam sağındakinden 10 kat daha büyüktür. Bilgisayar ise ikili ("binary") sistem kullanır. Bir bit ("bit"-"binary digit") bilgisayarın bilgi elemanıdır ve iki ayrı değerden birini gösterebilir: 0 veya 1. Bu sistemde de sayılar bu iki rakamdan bir sıra oluşturularak ifade edilir. Sıradaki her sayı onluk sistemde olduğu gibi bulunduğu yere göre bir değer ifade eder; ancak bu değer sağındaki rakamın on katı değil 2 katıdır. Örnek olarak ikili sistemde 101010 sayısını ele alalım. Bu sayının onluk sistemde hangi sayıyı ifade ettiği aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\mathbf{101010 = (1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0) = (1 \times 32) + (1 \times 8) + (1 \times 2) = 42 \text{ (desimal)}}$$

$2^0 = 1,\ 2^1 = 2$



Şekil 1.1 Gri skala derinliği 2^8=256 olan bir görüntüde 256 gri tonun "binary" sistemdeki karşılıkları ("binary" kod).

Bilgisayarın belleği bit adı verilen transistor elemanlarından oluşur. Transistörün açık ve kapalı olmak üzere iki konumu vardır ve bir transistor ancak iki değeri kodlayabilir; örneğin açık konum beyaz, kapalı konum siyahı gösterebilir. N sayısındaki bit, 2^n değeri veya gri seviyeyi kodlayabilir; 256 gri ton (2^8) 8 bit ile kodlanabilir, 4096 gri ton (2^{12}) ise 12 bitle kodlanır (Şekil 1.1).

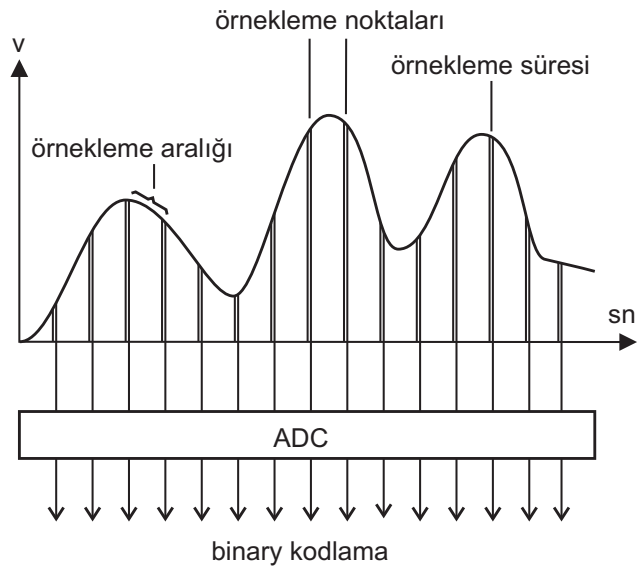
Sekiz bitlik gruplara 1 bayt ("byte") adı verilir, 2 bayt (16 bit)=1 "word"dür. Bilgisayarların bellek ve depolama kapasiteleri normalde kilobayt (kB: 1024 bayt) veya megabayt ile (MB=1.024 kB), daha geniş depolama gereksinimleri gigabayt ile gösterilir (GB=1.024 MB) Radyolojik arşiv depolaması dev boyutlardadır ve terabayt ile ölçülür (TB=1.024 GB)

Verilerin dijital şekilde iletilmesi için sabit voltajda ve sabit süredeki akımdan yararlanılır. Örneğin aynı süredeki 5V: 1'i, 0V: 0'ı temsil eder. Bir bilgisayarın gücü, işlem hızı ve depolama kapasitesiyle belirlenir.

DİJİTALİZASYON (sayılaştırma, niceleştirme)

Radyan enerji ölçülerek değerlendirilir. Her enerji türü etkilerine göre farklı şekillerde ölçülür. Örneğin x-ışınları oluşturdukları ışık ve/veya elektronlarla, MR sinyali alternatif akım şeklinde, ses ise genliği ve/veya frekans farklılığı ile ölçülür. Bu farklı enerjilerin değerleri örneklenerek sayıya çevrilebilir. Sayıya çevrilen bu değerlere sayısal (dijital), her enerjinin kendi birimi ile ifade edilen değerlerine de anolag değerler denir. Transdusır veya dedektör gibi birçok elektronik ölçüm ekipmanı analog veri üretir. Örneğin bir sintilasyon dedektörüne bağlanan fotomultiplier tüpünün ürettiği voltaj analog veridir. Pik voltaj, dedektöre çarpan iyonizan ışının taşıdığı enerji ile orantılıdır. Bu veriler bir bilgisayarla ya da dijital düzenekle dijital şekle çevrilebilirler. Bu işi yapan gereçlere analog-dijital çevirici ("analogue-digital convertor-ADC") adı verilir. ADC'ler tüm dijital radyoloji aygıtlarının temel parçalarıdır.

Analog sinyaller devamlıdır, devam ettiği süre içerisinde her an bir değere sahiptir. Bu şekildeki bir sinyali, olduğu gibi, her noktasındaki değerle birlikte sayıya çevirmek (dijitalize etmek) mümkün değildir. Dijitalize ederken örnekleme ("sampling") yapılır. Örnekleme belli ve eşit zaman aralıklarıyla sinyalin genliğinin ölçülmesidir (Şekil 1.2). Örnekleme işleminin ölçütleri şunlardır:



Şekil 1.2 Analog bir sinyalin (örneğin görüntü yükselticisinin çıkışındaki voltaj) dijitalitizasyon işlemi. Örnekleme noktaları, burada olduğu gibi ayrı ayrı değerleri gösterebileceği gibi, örnekleme aralığının olmadığı birbiriyle devam eden sinyal örnekleri şeklinde de olabilir.

1. Örnekleme noktaları (“sampling points”): Sinyalda örneklemenin yapıldığı noktalar.
2. Örnekleme süresi (“sampling time”): Örnekleme için geçen zaman.
3. Örnekleme aralığı (“sampling interval”, “sampling pitch”): Örnekler arasındaki mesafe.
4. Örnekleme hızı: Sinyalin saniyedeki örneklenme sayısı.

Dalga formundaki bir sinyalin doğru bir şekilde örneklenebilmesi için dalganın biri tepesi diğeri en düşük yeri olmak üzere en az iki noktasından ölçümü gerekir. Dolayısıyla örnekleme hızı, örneklenecek dalganın frekansının en az iki misli olmalıdır. Sinyalin doğru olarak dijitalize edilmesi için gerekli olan asgari örnekleme hızına Nyquist sınırı denir.

Nyquist sınırı (örnekleme frekansı) =1/2Δ

Δ: örnekleme aralığı

Analog sinyalin en önemli sorunu depolanması ve iletilmesinin sorun olması ve bu süreçlerde birçok etki ile değişikliğe uğraması, bozulmasıdır. Bu bozulmanın en önemli nedenleri şunlardır: 1) Analog sinyal kaydedilmeden önce yükseltilir; bu yükseltme sonucunda elde ettiğimiz sinyal, orijinali ile bire bir uyum göstermez. 2) Analog sinyal iletilirken bir miktarı kaçınılmaz olarak kaybolur. 3) Analog sinyalin iletimi sırasında üzerine devrede bulunan elektronik gürültü eklenir.

Dijital verilerde böyle bir sorun yoktur. Dijital veriler analoga göre daha az hata taşır. Buna karşılık analog veriler dijitale çevrildiğinde örnekleme noktaları arasındaki bölgelerin bilgileri kaybolur. ADC örnekleme hızı yeteri kadar yüksek ve örneklemeler arasında sinyal değişimi az ise bu kayıp azdır.

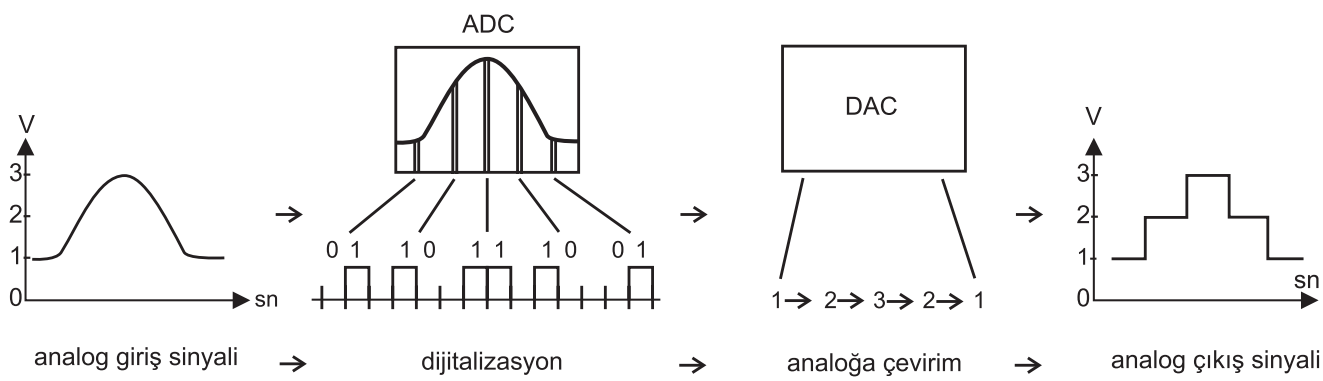
Dijitalizasyondaki diğer bir yanlışlık kaynağı analog sinyalin devamlı olması ve dijitalizasyon sürecinde tam sayıya çevrilememesidir. Örneğin 1, 6, 4567 vardır, ancak 1.5 veya 2.8654 yoktur; veriler yuvarlanmak zorundadır. Bu da veriyi taşıyan bit sayısına göre değişen bir hata oranına neden olur. Örneğin 3 bitlik bir dijitalizasyonda % 6.2 olan hata oranı, 8 bitde % 0.2 ye düşer. Bu nedenle bir ADC’nin çıkış bit sayısı ne kadar yüksekse hata oranı o kadar düşüktür.

Bir analog sinyali önemli bir bilgi kaybı olmadan dijital şekle çevirebilmek için ADC yeteri kadar yüksek hızda örnekleme yapabilmeli ve çıkış bit sayısı yeterli olmalıdır.

Dijital-analog çevirim (“digital-analogue convertor-DAC”)

Bilgisayarın monitöründeki görüntü, bu dijital verilerin tekrar analog şekle çevrilmesi ile oluşturulur. Bunun için ADC’de yapılan işlemin tersi yapılır (Şekil 1.3). ADC sürecinde kaybolan bilgi DAC sürecinde restore edilemez.

Elektronik iletim (teleradyoloji) veya depolamak için, analog röntgenogramları dijital görüntülere çevirmek gerekebilir. Bunun için röntgenogramlar ince bir laser ışın demeti ile taranır ve filmi geçen ışının intensitesi dijital sinyale çevrilir.



Şekil 1.3 2 bitlik bir ADC’de analog sinyalin dijitalize edilmesi ve dijital sinyalin DAC’da tekrar analog sinyale çevrilmesi. Sinyal 5 defa örneklenmiştir. Örnekleme sayısının azlığı ve dijitalizasyondaki bit değerinin düşüklüğü nedeniyle DAC’dan çıkan analog sinyal, giriş sinyalinin kaba bir ortalaması şeklindedir.

DİJİTAL GÖRÜNTÜLERİN DEPOLANMASI, İŞLENMESİ ve GÖSTERİMİ

Bir dijital görüntü, dörtköşe, genellikle kare şeklinde dijital sayıların sıra ve sütünlarından oluşur. Dijital sayılardan oluşan bu topluluğa matris ("matrix") adı verilir. Tek bir sayı tarafından temsil edilen görüntü parçasına ise "picture element" karşılığı olarak piksel (pixel) denir. Piksel, iki boyutlu görüntülerdeki tek resim elementidir. Bir resim monitörde gösterilirken her pikselin taşıdığı sayı görülebilir ışık intensitesine çevrilir. Dijital görüntülerde, her pikselin intensitesi normal olarak 1 veya 2 bayt kullanılarak kodlanmıştır.

Depolama

Yüksek uzaysal çözümlemeye sahip görüntüleme yöntemleri daha fazla piksele gereksinim duyarlar. Bir görüntüdeki toplam piksel sayısı, dikey ve yatay boyutlarındaki piksel sayılarının çarpımı ile elde edilir. Bu değer matris boyutunu verir. Dikey ve yatay boyutlarda 1024 (1k) piksel varsa görüntü 1kx1k=1M veya 1024^2 piksel ihtiva ediyordur. Bir görüntünün matris boyutu arttıkça depolama için yer gereksinimi artar ve iletimi yavaşlar.

Bir pikselin içerisinde depolanabilecek en yüksek sayı, kullanılan bit/bayt sayısı ile belirlenir. Görüntüleme yönteminin görüntüleyebildiği kontrast çözümlemenin derecesi her pikselde kullanılabilecek bit sayısını belirler. Örneğin derinliği 1 bayt (8 bit) olan görüntüde bir pikselin taşıyacağı sayı en fazla 255, 2 baytlık bir görüntüde ise 65.535'dir. US görüntülerindeki kontrastı görüntülemek için 6-7 bit yeterlidir. Buna karşılık BT daha yüksek kontrast farklılıklarını çözümleyebilir, bir BT görüntüsü için 12 bit gerekir.

Bir görüntünün taşıdığı sayısal bilgi, piksel sayılarının ve her pikseldeki bayt sayısının çarpımına eşittir. 512 x 512 piksel matrisi olan ve her pikseli 1 bayt ile kodlayan bir görüntü 0.25 MB bir yere gereksinim duyar (512 x 512 x 1). Aynı görüntünün 2 bayt ile kodlanması 0.5 MB'lik bir bellek yeri gerektirir (512 x 512 x 2). 2 x 2 k matrisle dijitalize bir göğüs röntgenogramında her piksel için 2 baytlık kodlama yapıldığında 8 MB bellek gerektirir (2.048 x 2.048 x 2). Modern dijital mamografi sistemleri 4 x 4 k ve 4 x 6 k'lık matris boyutlarına sahiptir. Her piksel 2 bayt ile kodlanırsa bir mamografi görüntüsü için 32-48 MB'lik bellek gerekir.

Radyolojik görüntülerin matris boyutları ve piksel başına kullandıkları bit sayıları Tablo 1.4'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4 Radyolojik görüntülerin tipik matris boyutları ve piksel derinlikleri

Yöntem	Matris boyutu	bit/piksel
US	512^2	8
BT	512^2	12
MR	64^2 - 1024^2	12
MM	1800 x 2300 – 4800 x 6000	12-16
CR (akciğer)	2000 x 2500	10-12
Digital Fluo.	512^2 veya 1024^2	8-12

Günümüzde kayıt cihazlarının kapasiteleri çok artmış ve fiyatları düşmüştür. Buna bağlı olarak çok yüksek kapasiteli kayıt ortamları düşük maliyetlerle oluşturulabilir. İletim de, güncel network altyapısını oluşturan UTP kabloları üzerinden GB seviyesine ulaşmıştır; yüksek verili mamografi görüntüleri bile bir lokal ağ içinde 1 saniyeden daha kısa bir sürede transfer edilebilir.

İşleme

Bilgisayarın radyolojideki önemli kullanım alanlarından biri de taşıdıkları bilgileri daha faydalı hale getirecek şekilde görüntüleri işlemektir. Bu işlem görüntünün taşıdığı bilgiyi artırmaz; örneğin işleme ile görüntünün içerisinde olmayan bir veri oluşturulamaz. İşleme ile görüntülerde var olan bir yapı daha dikkati çeker, daha görülür hale getirilir. Bazen de, BT görüntülerinde olduğu gibi, işlemeden elde edilen görüntülerde hiç görülmeyen bir yapı işlenerek ortaya çıkarılabilir.

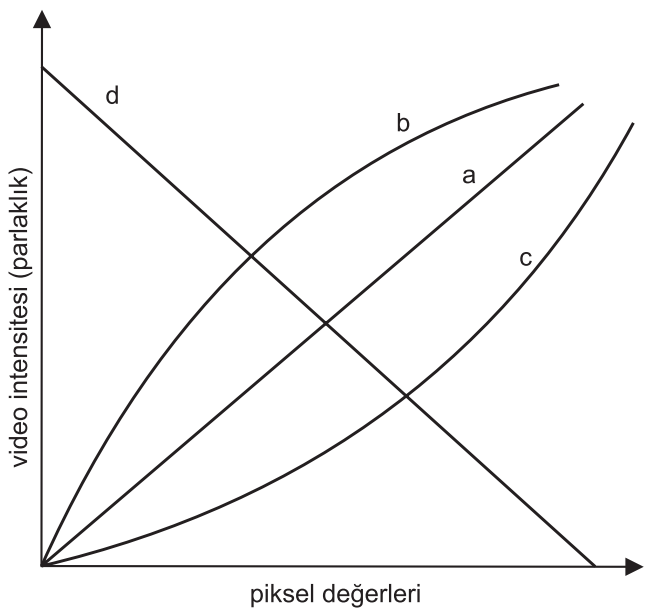
En sık başvurulan görüntü işleme yöntemi kontrast zenginleştirmedir. Dijital bir görüntüde piksel değerleri en azdan en çoğa kadar geniş bir aralığı kapsar. Piksel değerlerinin video intensiteleri değişik şekillerde işlenerek görüntüde istenilen aralıktaki kontrast belirginleşitirilebilir. Kontrast zenginleştirme adı verilen bu işlem radyolojik görüntülerde iki şekilde yapılır: Çevirim tablosu seçimi ve pencereleme.

Çevirim ("look-up") tablosu video arayüzünün kullandığı görüntünün gri tonlama kalitesini değiştirmenin bir yöntemidir. Piksellerin dijital değerleri, önceden belirlenen bir grafiğe göre bölgesel olarak artırılıp azaltılacak şekilde değiştirilir. Bir görüntünün piksel değerleri önce çevirim tablosuna gönderilir. Burada olası her piksel değerinin video intensitesini gösteren bir sayı bulunur. Çevirim tablosu, piksel değerini aldığında programlanmış hafızasındaki kar-

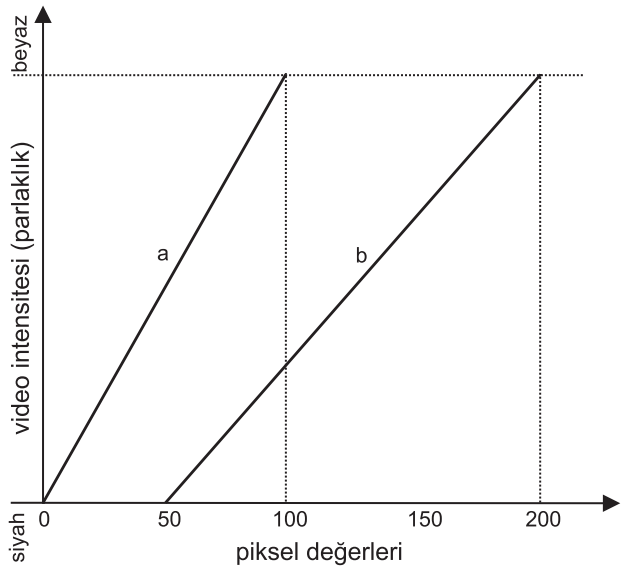
şılığı olan video intensitesini arar, bulur ve DAC'a gönderir. DAC bu sayıyı analog sinyale çevirir. Görüntülerin kontrastını değişik şekillerde değiştiren çeşitli çevirim tabloları vardır (Şekil 1.4). İşlem, x-ışını intensite değerlerini filmin optik dansitesine karşı grafikleyen H-D eğrisindekinin benzeridir.

Pencereleme yönteminde ise mevcut video intensite yelpazesi, piksel değerlerinin belirli bir aralığında kullanılır. Bu aralıkta kontrast belirginleşir. Seçilen bu aralığın üst ve altındaki değerler siyah ve beyaz tonlar arasında kaybolur (Şekil 1.5). Seçilen aralığın genişliğine pencere genişliği ve bu aralığın tam ortasındaki değere de pencere merkezi veya seviyesi adı verilir. Histogram eşitlemesi adı verilen yöntemde ise çok az tanısal bilgi taşıyan siyah ve beyaz pikseller işlem dışı bırakılır, geriye kalan pikseller gri ölçeğin tüm dinamik reyncini kullanır.

Görüntü verilerini ekleme ve çıkarma diğer bir işleme yöntemidir. Bir bölgeden alınan iki görüntünün verileri piksel piksel birbirlerine eklenebileceği gibi çıkartılabilir de. Çıkartma işlemi subtraksiyondur ve klinikte dijital subtraksiyon anjiografisinde kullanılır. Enerji subtraksiyon tekniğinde ise iki farklı foton enerjisi ile (ör: 60 ve 110 kVp) alınan göğüs röntgenogramında kemiklerin görüntüden kaldırılmasıyla yumuşak dokular ve akciğerler daha iyi izlenebilir.



Şekil 1.4 Dört farklı çevirim tablosu; a. Görüntünün kontrastı tüm piksel değerlerinde eşit, b. Görüntünün koyu kesimlerinde (piksel değeri düşük kesim) kontrast artıyor, c. Görüntünün parlak kesimlerinde (piksel değeri yüksek kesim) kontrast artıyor, d. Görüntünün kontrastı tersine çevrilmiş.



Şekil 1.5 Pencereleme. Piksel değeri 0-200 olan ölçekte iki farklı pencere genişliği; a: 0-100 b: 50-200. Bu değerlerin altı siyah üstü beyaz ton içerisinde kayboluyor ve tüm video intensite değerleri bu aralıkta dağılıyor.

X-ışınının saçılmasının etkisi zemin subtraksiyonu ile azaltılır ve görüntü kontrastı artırılır. BT floroskopisinde ardışık görüntülerdeki verilerin birbirine belirli oranlarda eklenerek fazla doz alınmadan dinamik görüntüleme yapılması da ekleme örneğidir.

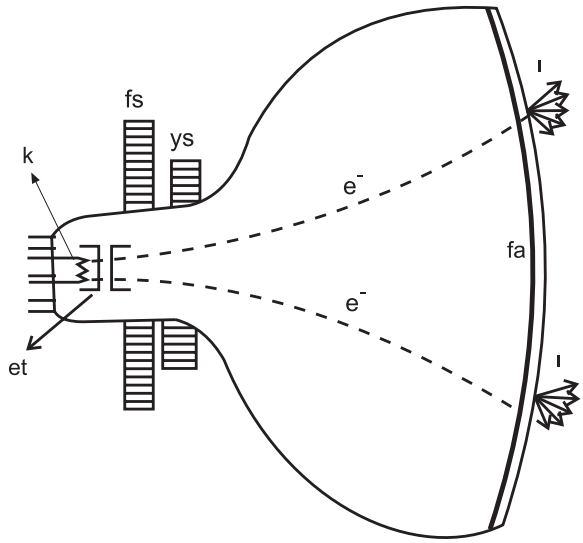
"Low-pass" uzaysal filtreleme ile gürültünün neden olduğu kuantum beneklenmesi görece olarak azaltılır. Bu işlemin esası, ham veri evresinde her pikselin taşıdığı değerin çevresindeki piksellerin değerleri ile ortalanarak hesaplanmasıdır. Her piksele, çevresindeki piksellerin ortalama değerlerinin bir kısmı yüklenir. Her pikselin sinyali, gürültüsünden daha fazla dalgalanma gösterdiğinden bu ortalama ile sinyalin gürültüye oranı artar. Elde olunan görüntü "soft"tur. "Smooting" denilen bu işlemde görüntünün gürültüsü azalır, fakat kenar bulanıklaşmasıyla uzaysal çözümleme kaybı olur.

Bu işlemin tersi kenar zenginleştirmesidir ("unsharp masking"). Burada yapılan işlem, "smooting" görüntüyü orijinal görüntüden çıkarıp kalan veriyi orijinal görüntünün üzerine eklemektir [kenar keskinliği artmış görüntü= (orijinal görüntü - yumuşak versiyonu) + orijinal görüntü]. Böyle bir filtrelemede küçük yapılar, kenarları belirginleştirilerek göze çarpar hale getirilir, ancak görüntünün gürültüsü artar, kumlu görünüm belirginleşir.

Fizyolojik olaylar ölçülebilir. Örneğin bir tümörün kontrast madde tutması zaman-dansite eğrileri ile

gösterilebilir. BT ve MR gibi kesit görüntü verilerinden istenilen düzlemlerde veya üç boyutlu görüntüler yapılabilir (reformasyon). Farklı yöntemlerle üretilen görüntüler üst üste monte edilebilir. Örneğin anatomik bilgileri yetersiz olan PET görüntüleri BT kesitleri üzerine oturtularak, hem anatomik hem fonksiyonel verisi yüksek kesitler elde edilebilir.

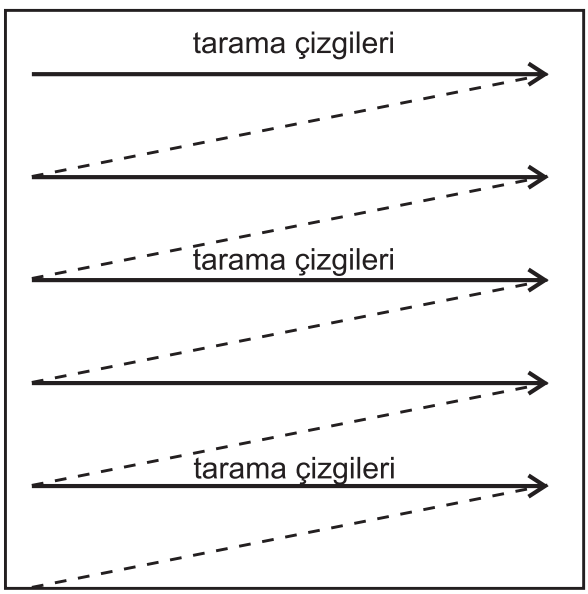
Tanıda yardımcı olarak kullanma ("Computer-aided diagnosis- CAD") dijitalizasyon ve bilgisayar programlarının sağladığı ilginç olanaklardan birisidir. Mamografide kullanılan ve duyarlılığı önemli ölçüde artıran bu yöntemde görüntüler geliştirilmiş optik okuyucularla taranır. Bilgisayara görüntülerdeki tanı için önemli bulguları saptayan ve saptanan her lezyonda malignite olasılığını belirleyen bir program yüklenmiştir. Yöntemin duyarlılığının %90 olduğu bildirilmiştir. Radyoloğun atladığı lezyonları bile saptayabilir. İkinci okuyucu olarak kullanıldığında, radyoloğun performansını artırdığı gösterilmiştir. Sistemin yalancı pozitif oranının yüksek (her görüntüde 1-2 yalancı pozitif okuma) olması dezavantajıdır.



Şekil 1.7 Gri skala CRT. k: elektron kaynağı olarak ısıtılan katod, et: elektron tabancası, fs: elektronları fokülleyen sargı, ys: elektronları yönlendiren sargı, e-: elektron demetleri, fa: fosforla kaplı anod, ı: görülebilir ışık

Gösterim (display)

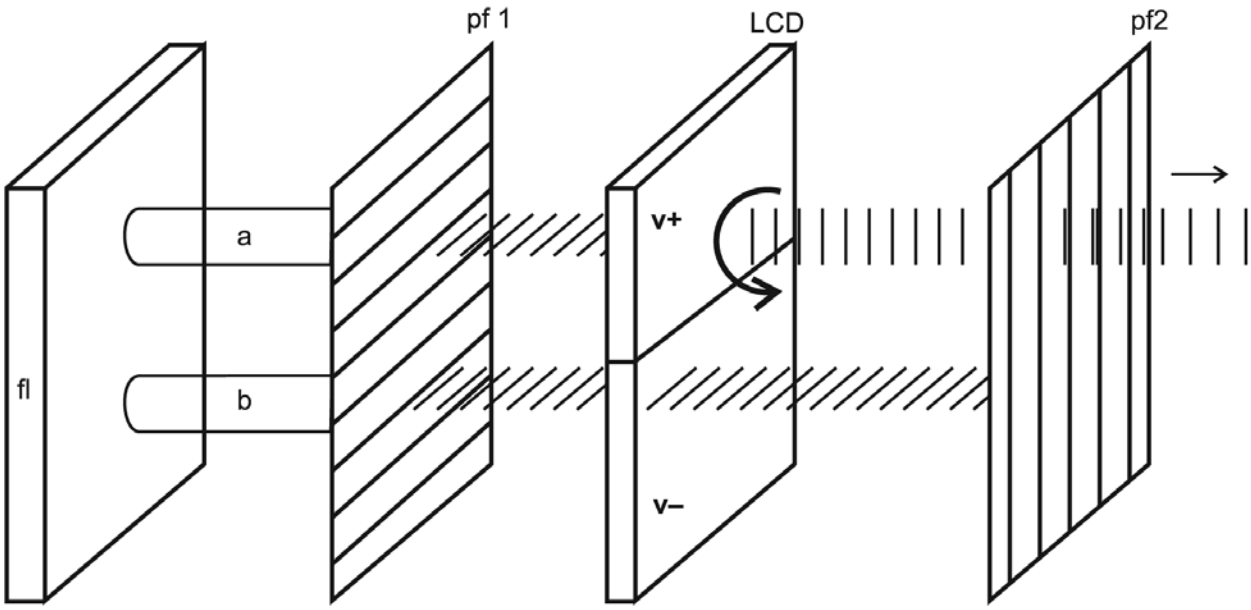
Dijital veriler analog video sinyaline bir veya daha fazla DAC'dan oluşan video arayüzü ile çevrilir. Çevirim için, piksel sıraları yukarıdan aşağı doğru sıra sıra taranır. Bu şekilde yapılan taramaya raster örneğinde tarama denir (Şekil 1.6). Okunan dijital numaralar DAC'a gönderilir. DAC her dijital numarayı bir analog sinyale çevirir.



Şekil 1.6 Bir görüntünün raster örneği ile taranması

Gösterim katot ışın tüpü ("catode-ray tube-CRT") monitörler ve/veya flat panel monitörlerde yapılır. CRT havası alınmış bir cam tüptür. Veriler bu tüp içerisinde elektron demeti ile taşınır (Şekil 1.7). Gri ölçek bir CRT'de bir elektron demeti kullanılır. Analog voltajın karşılığı olan bu elektronlar, CRT'deki elekronik düzenekle yönlendirilerek fosfor kaplı anota çarptırılır ve akım sinyalinin şiddeti ile orantılı olarak ışığa çevrilir. Ekrandaki tarama da raster örneği şeklindedir. Renkli monitörlerde kırmızı-mavi-yeşil 3 elektron tabancası kullanılır. Her pikselde bu renklerin yerleri ayrıdır. Gri ölçek CRT'ler renkli monitörlerden daha geniş parlaklık yelpazesine, dolayısıyla daha geniş dinamik reynce sahiptirler. [*reync ("range"): bir şeyin, arasında değişiklik gösterdiği, çalıştığı, var veya etkili olduğu alt ve üst sınırlar arasındaki mesafe*]

Flat panel monitörlerdeki gösterim likid kristal görüntülemesidir ("liquide cristal display-LCD"). Likid kristal ışık oluşturmaz, ışığı yönlendirir. Işık kaynağı tipik olarak fluoresan bir tüptür. Likid kristal madde, ışığı polarize eden iki filtre arasına yerleştirilmiştir (Şekil 1.8). Bir elektromanyetik radyasyon olan ışık, birbirine dik iki planda salınım yaparak yayılır. Polarizasyon filtreleri bu planlardan sadece birini geçirir.



Şekil 1.8 İki pikselli gri skala LCD monitörü çalışma kuralı. Fluoresans ışık kaynağından (fl) çıkan ışık (a ve b) her yöne doğru salınım yapar. İlk polarizasyon filtresinden (pf1) bir yöne doğru olan salınımı engellenir, diğer yöne salınımı geçer ve iki pikselden oluşan kristal üzerine düşer. LCD, ışığı geçiren bir yapıdadır. Piksellerden birine voltaj uygulanır (V+), diğerine uygulanmaz (V-). Voltaj uygulanan pikseldeki moleküller döner ve ışığın salınım düzlemini de çevirir. Voltaj uygulanmayan piksel üzerine düşen ışık ise geldiği şekilde değişmeden geçer. Kristalin önünde ilkine tam ters olarak yerleştirilmiş ikinci bir polarizasyon filtresi vardır (pf2). Salınım yönü değişen ışık bu filitreden geçer, değişmeyen ışık geçemez; voltaj uygulanan piksel parlak görülürken, uygulanmayan piksel karanlık görülür.

İkinci polarizasyon filtresi, birincisi ile aynı dizilişte ise birinci filtreden geçen ışığı aynen geçirir; tam dik şekilde dizilmişse ışık hiç geçmez.

Normalde ışık likid kristalden etkilenmeden geçer; ancak üzerine voltaj tatbik edildiğinde kristallerinin şekli değişerek ışığın yönününü değiştirir. Yönü değişen ışık ikinci polarizasyon filtresi tarafından tutulur. Yön değişikliğinin derecesi ikinci polarizasyon filtresindeki tutulumun miktarını belirler. Sonuçta ekrana ulaşan ışığın intensitesi kristale tatbik edilen voltajla kontrol edilmiş olur.

Teorik olarak flat paneldeki her piksel kendi elektrik devresi ile kontrol edilebilir. Bu piksel sayısı kadar devre demektir ki, 1000 x 1000'lik bir matriste 1.000.000 elektrik devresi eder. Pratikte tek tek piksel yerine tüm matris kontrol edilir; bir devre piksel sıralarını diğeri sütunlarını kontrol eder.

Her pikseldeki intensite, diğer piksellere sinyal gönderilirken devam etmelidir. Bu amaçla her piksel bir transistör ve bir kapasitör (renklilerde 3'er tane) ile donatılır. Kapasitör voltajın pikselde tutulmasını sağlar. Transistör ve kapasitörler, üzeri silikonla kaplı kuartz veya camdan bir tabaka üzerindedir. Bu ince ekran, bir tabaka olarak LCD içerisine yerleştirilir (aktif matrisli LCD: "thin film transistor (TFT) display"). TFT teknolojisi, polarize filtreler ve likid kristal materyal hariç flat panel x-ışını görüntü reseptörlerinde de kullanılır.

LCD monitörler CRT'lere göre hafiftir, incedir, az elektrik tüketir, az ısı üretirler. Yanlardan görüntünün izlenememesi ve her zaman oldukça fazla sayıda nonfonksiyone (inoperatif) piksel bulunması dezavantajdır. Bununla birlikte CRT'ler günümüzde yerlerini LCD'lere terketmektedir.

GÖRÜNTÜ ARŞİVLEME ve İLETİM SİSTEMİ (PACS)

Radyolojik görüntüleri depolayan ve ileten bir sistemdir. Sistem dijital görüntü oluşturan radyolojik yöntemler, analog radyogramları dijitale çeviren düzenekler, görüntüleri depolayan gereçler, görüntüleme üniteleri ve bu yapıları birbirine bağlayan bilgisayar ağından oluşur. Genellikle hastane informasyon siste-

mi (HIS) ve radyoloji informasyon sistemi (RIS) gibi diğer ağlarla bağlantılı çalışır. Mini-PACS gibi küçük boyutlu olabileceği gibi çok modaliteli hatta çok merkezli PACS sistemleri de vardır.

BT, MR, US, dijital röntgen (DR) vb. radyolojik yöntemler hastadan gelen analog sinyalleri dijitalize ederek doğrudan dijital görüntüler üretir. Ekran-film sisteminin film üzerindeki analog görüntüleri ise laser veya CCD ile dijitalize edilir.

Amerikan Radyoloji Birliği standardına göre geniş matrisli görüntülerde çözümleme en az 2.5 çç/mm (çç/mm= milimetredeki çizgi çifti sayısı) olmalıdır. Buna göre 35 x 43 cm'lik bir göğüs röntgenogramının yeterli çözümlemeye sahip olabilmesi için matrisi en az 1.750 x 2.150 olmalıdır.

PACS sisteminde departman içerisindeki veya departman dışından gelen analog görüntülerin de dijitalize edilmesi gerekir. Bunun için bir ışık kaynağı ile radyogramlar taranarak optik dansiteleri (OD) ölçülür ve ADC ile dijitalize edilir. Bu işi yapan laserli ve CCD'li iki sistem vardır. Laserli sistemde radyogram laser ışını ile taranır, intensite değişiklikleri fotomultiplier tüple saptanır. CCD'li sistemde ise radyogram, çizgi gibi kolime edilmiş fluoresan ışıkla, yaklaşık 4000 piksel CCD'den oluşan bir dedektör sırası arasından geçirilir. Filmi geçen ışık CCD pikselleri tarafından saptanır. Laser sistemi yüksek OD'leri daha doğru ölçer, CCD daha ucuzdur ve daha az bakım ister. Film dijitalizasyonunda da çözümleme Amerikan Radyoloji Birliğinin standardını (2.5 çç/mm) karşılamalıdır. Tıpta dijital görüntüler ve iletişimi, DICOM ("digital imaging and communication in medicine") standartlarındadır.

DICOM tıp amaçlı geliştirilmiş özel bir resim formatıdır. İçerisinde resim verisinin yanısıra hasta ile ilgili bilgilerden çekim tekniğine, kullanılan cihazın seri numarasından masa konumuna kadar çok sayıda bilgi tutulmaktadır. Üretilen her resim, sahip olduğu bilgiler nedeni ile kendine hastır. Dolayısıyla milyonlarca resimden oluşan bir veritabanında veritabanı indeksi çöküp kullanılamaz hale gelse bile resim dosyaları sağlam olduğu sürece hiçbir hastanın görüntüsü başka bir hastanınki ile karışmayacak şekilde tekrar oluşturulabilir.

Görüntü ve veri transferi için, PACS kendi özel ağını ya da başka bir sistemin ağını kullanabilir. İletimde, ağın yoğunluğuna uygun olan band genişliği kullanılmalıdır. Görüntüler klinisyenlere ve gerekirse diğer ilgililere web aracılığı ile gönderilebilir.

Görüntülerin depolanması

Sistemin kendisine bağlı olan radyolojik yöntemlerin üretimine uygun depolama kapasitesi olmalıdır. Değişik depolama şekilleri vardır:

1. "On line-storage": Görüntülere hemen ulaşılan bu depolama şeklinde görece ucuz manyetik diskler kullanılır.
2. "Near-line storage": Görüntülere yaklaşık bir dakikada ulaşılabilen bu depolama yönteminde otomatik dizilişli optik disk ve manyetik teyp (jukeboxes) kullanılır.
3. "Off-line storage": İletim hattı kullanmayan depolama şeklidir. Depolama gereci olarak kullanılan optik diskler ve manyetik teyp kasetleri raflardadır.

Birçok ucuz hard manyetik diskin birbirine bağlanması ile oluşan RAID ("redundant array of independent disks") sistemi büyük miktarlarda "on-line storage" yapar. Bu sistemde değişik depolama şekilleri ve her şeklin kendine has avantaj (hız) ve dezavantajı (veri kaybı) vardır. RAID teknolojisi ile hız ve kapasite artışıyla beraber güvenlik de artırılmış olur.

Görüntü yönetimi iki şekilde olur. İlkinde görüntüler ve eski radyogramlar inceleneceği zaman arşivden istenir. Bu yöntemde ağ bağlantıları çok kapasiteli olmalıdır. İkincisinde incelenecek görüntüler daha önceden değerlendirme bilgisayarına getirilir ("prefetching"). Daha önceden getirtmek zaman kazandırır. Bu yöntemde ilk görüntü 2 sn içinde monitörde olmalıdır. Genellikle iki yöntemin karışımı kullanılır.

Radyolojik görüntülerdeki yoğun veri, görüntülerin depolanmasında da, iletilmesinde de büyük sorun yaratır. Bu sorun görüntü verilerinin sıkıştırılması ile çözülmeye çalışılır. Sıkıştırılmış görüntü için daha az yere gereksinim vardır ve maliyet önemli derecede düşer. Görüntü sıkıştırılması-açılması zaman alan hesap yoğun bir işlemdir ve görüntülerin gösterilmesini geciktirir. Günümüzdeki bilgisayar sistemlerinde bu gecikme pratik olarak çok aza indirilmiş veya yok kabul edilebilir. Kayıpsız ve kayıplı olmak üzere iki tür sıkıştırma vardır.

Kayıpsız ("lossless") sıkıştırmada açılan görüntü orijinalinin aynısıdır. Sıkıştırma oranı tipik olarak 3: 1 dir. Yöntem, görüntülerde verilerin gereğinden fazla olma özelliğinden yararlanır. Örneğin 12 bitlik bir dinamik reynci olan görüntüde pikseller arasındaki fark çok az olduğundan komşu piksellerin kendi değerleri değil, aralarındaki fark depolanırsa veri kaybı olmadan sıkıştırma yapılmış olur.

Kayıplı (“lossy”) sıkıştırmada ise açılan görüntü orijinaline göre veri kaybeder. Sıkıştırma oranı 15: 1 e kadar çıkar. Görüntüde çok önemli bir kayıp yoktur. Bu yöntemde veri kaybı ile birlikte gürültü de azalır. Depolanacak görüntüye göre her iki sistem de kullanılabilir.

Görüntülerin gösterimi

Radyolojik yöntemlerin dijitalizasyonu ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak radyoloji departmanlarında negatoskop ve film yerine video monitör kullanımı artmaktadır. Değerlendirme, en fazla 6, en az 2 monitörün bulunduğu değerlendirme alanlarında (“display workstation”) yapılır. Monitörler amaca uygun seçilir. US için renkli ve sine görüntülü bir sistem gerekir. CRT ya da flat panel (LCD) şeklindeki monitörler görüntüleme zincirinin önemli bir parçasıdırlar ve birçok ölçüt ile karakterize edilirler. Bunlar luminans, kontrast çözümleme, uzaysal çözümleme ve uzaysal düzgünlüktür.

Luminans monitörün parlaklık ölçüsüdür. Video monitörlerinin ışığı (luminansı) (80-300 cd/m^2), konvansiyonel negatoskopunkinden (1.500-3.500 cd/m^2) çok düşüktür.Amerikan Radyoloji Birliğinin standartlarına göre değerlendirme monitörlerinin luminansı en az 160 cd/m^2 (cd=candela) olmalıdır. Yine de bu değer negatoskopun luminansından en az 10 kat daha düşüktür.

Kontrast çözümleme dinamik reync tarafından belirlenir ve en yüksek ve en düşük luminans arasındaki fark olarak tanımlanır. Değerlendirme monitörlerinin dinamik reynci amaca uygun şekilde geniş olmalıdır.

Uzaysal çözümleme kabaca monitörün piksel formatı ile belirlenir. Örneğin CRT monitörlerinde siyah bir tarama çizgisinin yanına parlak bir çizgi konamaz ve ekranın kenarlarında uzaysal çözümleme düşüktür. LCD ekranlarda parlak piksel komşusunu daha az etkiler, çözümleme daha yüksektir.

Uzaysal düzgünlük (“linearity”) görüntüde uzaysal eğilme-bükülme (distorsiyon) olmamasıdır. Şekillerin ve çizgilerin monitörde ne kadar doğru gösterilebildiğini açıklar. Görüntülerin eğilip-bükülmemeleri için monitörlerin uzaysal düzgünlük değerleri çok iyi olmalıdır.

Görüntü formatı: Renkli monitörlerde görüntüler panoramik adı verilen eni uzun boyu kısa tablo şeklindedir. İki farklı panoramik piksel formatı vardır: 1280 x 1024 ve 1600 x 1200.

Gri ölçek monitörlerde ise piksel formatları portre adı verilen eni dar boyu uzun şekildedir ve matris boyutu 2048 x 2560’dır (2-k x 2.5-k, 5 megapiksel display). Ayrıca kare şeklinde ve matris boyutları 1024 x 1024 (1-k) ve 2048 x 2048 (2-k) olan formatları vardır. 1-k monitör ucuzdur, 2x2.5-k’lık bir görüntünün tamamını göstermez; tüm görüntüyü izlemek için sıkıştırma yapmak gerekir. Interpolasyon dediğimiz bu olay bir matris boyutundaki bir görüntüyü başka bir matris boyutunda gösterim demektir. Örneğin bir 2-k’lık görüntü 1-k’lık bir monitörde gösterilecekse görüntüdeki 4 pikselin monitördeki bir piksel içerisine yerleştirilmesi gerekir. 1-k monitör klinisyenler ve US görüntüleri için yeterlidir.

Monitörlerde 8 bit kullanılır, bu da parlaklıkta 256 intensite seviyesi demektir. Dijital görüntülerde, görüntünün parlaklık ve kontrastı pencereleme ile ayarlanabilir. Pencereleme, tüm video intensite yelpazesinin, piksel değerlerinin bir bölümü için kullanılmasıdır. Pencere genişliği görüntülenen resmin piksel değerlerinin sınırlarını gösterir. Bu sınırların üzerindeki tüm değerler beyaz, altındakiler ise siyahtır ve pencerenin içerisinde kontrast artar. Pencere seviyesi pencere genişliğinin orta değeridir, görüntünün tüm parlaklığının derecesini belirler.

Değerlendirme istasyonlarında görüntüleri işleyen ve değişik şekillerde gösteren gelişmiş programlar olmalıdır. Görüntülerin gösterim için sıralanma şekline “hanging protokol” adı verilir. Değerlendirme istasyonundaki monitörlerin ayarları eşit olmalı ve değiştirilmemelidir. Görüntüler değerlendirilirken monitörlerın parlaklığı görece az olduğu için çevre şartlarına negatoskoptan daha çok özen gösterilmelidir.

Monitördeki görüntüler, ya multiformat video kamera ile monitörün fotoğrafı çekilerek ya da laser multiformat kamera ile film üzerine aktarılabilir. Laser multiformat kameranın çözümlemesi ve dinamik reynci yüksektir.

PACS’ın güçlü ve zayıf yanları

Güçlü yanları: 1) Film depolanmasını, naklini ve maliyetini ortadan kaldırır. 2) Film kaybı, tahribi veya karışması söz konusu değildir. 3) Arşiv görüntüleri uzak yerlere anında gönderilebilir. 4) Film arşivi için yer ve personel gereksinimi en aza iner. 5) Hızlı servis sağlar, görüntüler hızla raporları ile birlikte klinisyene ulaşır, işlem etkinliği artar, maliyet düşer. 6) CAD’ın uygulamasını kolaylaştırabilir.

Zayıf yanları: 1) Başlangıçtaki yüksek maliyet uygulamayı sınırlar. 2) PACS desteği için gerekli teknik personel pahalıdır. 3) Emniyeti ve güvenliği sağlamak güçtür. 4) Yılda 100.000 inceleme yapan bir sağlık merkezinde veriler hızla dev boyutlara ulaşır. 5) Yeni bir arşiv oluşturduktan sonra eski analog görüntülere ulaşmak çok zordur.

Röntgen

Röntgen bir projeksiyon yöntemidir. Tüpten çıkan x-ışınları vücudu geçerken, geçtiği dokular tarafından farklı oranlarda zayıflatılır. Vücudu geçen x-ışınları değişik kayıt sistemleri ile saptanarak görüntüye çevrilir. Görüntüleme işlemi bu farkı korumayı ve mümkün olduğunca zenginleştirmeyi amaçlar.

Bir röntgen aygıtı iki ana parçadan meydana gelir: X-ışını üretim sistemi ve kayıt sistemi. X-ışını üretim sistemi jeneratör ve x-ışını tüpünden ibarettir. Kayıt sistemi ise hastayı geçen x-ışınlarını saptayan düzenektir. Tüp ve kayıt sistemi, hastanın her pozisyonda incelenebileceği şekilde yapılandırılmıştır. Kayıt sistemleri kaset, görüntü plağı, görüntü yükselticisi veya yassı-panel dedektör olabilir.

Röntgenin iki temel yöntemi vardır: Radyografi ve floroskopi. Floroskopi röntgenin canlı görüntü oluşturan dalının genel adıdır, radyoskopi de denir. Radyografide görüntüler sabit, floroskopide canlıdır. Radyografi tek başına bir tanı yöntemi olarak kullanılır. Floroskopi ise genellikle tek başına kullanılmaz; floroskopik gözlem ya da işlemden sonra gerekli yerlerin radyografisi yapılır. Bu şekilde yapılan radyografiye fluororadyografi adı verilir. Her iki sistemin aygıtlarının değişik klinik amaçlar için üretilmiş değişik şekilleri vardır.

Röntgende görüntü kayıt sistemleri analog veya dijital olabilir. Ekran-film radyografisi analog, görüntüleme plağı ve yassı-panel solid dedektör sistemi dijitaldir. Floroskopinin de dijital şekilleri günümüzdeki analog sistemlerin yerini almaktadır. Analog ve dijital sistemlerde x-ışınının üretimi ve hastadan geçişi ile ilgili kurallar arasında fark yoktur. Farklılık hastayı geçen x-ışınlarının saptanması ve işlenmesindedir. Analog sistemlerde x-ışınları röntgen filmi ile saptanır ve görüntü doğrudan film üzerinde oluşur, dijital sistemlerde ise dedektörlerle saptanır ve dijitalize edilir. Dijitalizasyon, saptanan verinin (sinyalin) örneklenerek sayısal değerlere çevirilmesi işlemidir. Röntgende görüntü kayıt sistemleri şunlardır: 1) Ekran-film: Analog (konvansiyonel) radyografi, 2) Görüntü plakları: Dijital luminesans radyografi (komputerize radyografi-CR), 3) Görüntü yükseltici + video kamera-TV: Analog ve dijital fluororadyografi, 4) Görüntü yükseltici + CCD-TV: Dijital fluororadyografi ve 5) Yassı ("flat")-panel dedektörler: Dijital radyografi ve fluororadyografi.

Günümüzde dijital röntgen revaçtadır. Dijital görüntülemedeki hızlı gelişmeye rağmen konvansiyonel ya da analog olarak da isimlendirebileceğimiz röntgen henüz güncelliğini korumakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Konvansiyonel radyografinin halen en çok kullanılan radyolojik yöntem olmasında en önemli faktörler yöntemin basitliği, maliyetinin düşük olması, alışkın olunması, görüntülerinin dayanıklılığı ve en önemlisi yüksek geometrik çözümlemesi ile birlikte yoğun bilgi taşımasıdır. Bununla birlikte yüksek teknolojik standartlar ve dijital sistemlerde yassı-panel dedektör temelli gelişmeler yakın bir gelecekte röntgen filmi, görüntü plağı ve görüntü yükselticilerle yapılan radyolojik incelemelerin sayısını önemli ölçüde azaltacak gibi görünmektedir.

TEMEL FİZİK

X-ışınları elektrik enerjisinden elde edilir. Hızlandırılan elektronların, atom numarası yüksek bir maddeye hızla çarptırılması sonucu kinetik enerjilerininin bir bölümü x-ışını enerjisine çevrilir. Atom seviyesinde cereyan eden bu olayları anlamak için önce atom ve radyasyonla ilgili bilgiler hatırlanmalıdır.

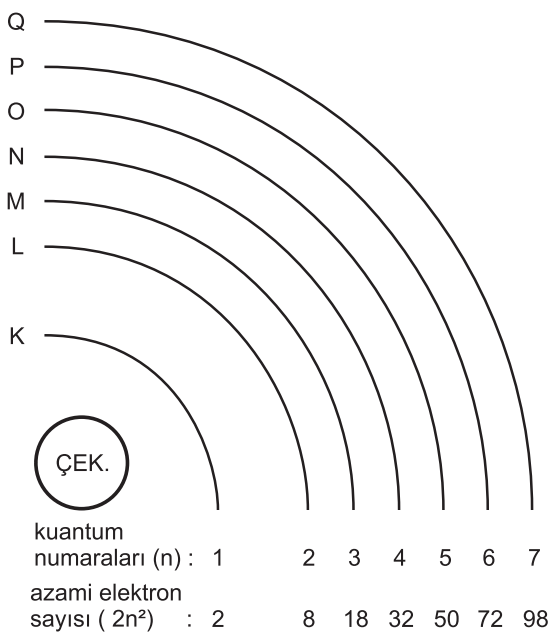
ATOM VE RADYASYON

Atom

Madde atomlardan, atomlar proton, nötron ve elektronlardan oluşur. Protonlar ve nötronlar çekirdek içerisindedir. Protonlar pozitif yüklü, nötronlar yüksüzdürler. Nükleon adı verilen bu yapılar birbirlerine sıkıca bağlıdır. Çekirdek, atomun kütlesinin çok büyük kesimini oluşturur. Negatif yüklü elektronlar çekirdeğin çevresindedir ve proton ve nötronlardan çok hafiftir.

Atom numarası (Z) proton sayısını gösterir. Kütle numarası (A) çekirdekteki proton ve nötronların toplam sayısıdır. Elektriksel olarak nötr olan bir atomun atom numarası elektron sayısına eşittir.

Elektronlar nükleus çevresindeki yörüngelerde (orbit, "shell") dönerler. Bu yörüngeler en fazla 7 tanedir; içten dışa doğru K (n: 1), L (n: 2), M (n: 3), N (n: 4), O (n: 5), P (n: 6), Q (n: 7) harfleriyle belirtilir ve her birinin kuantum numarası (n) ile belirtilen bir sırası vardır (Şekil 1.9). Her yörünge $2n^2$ kadar elekt-



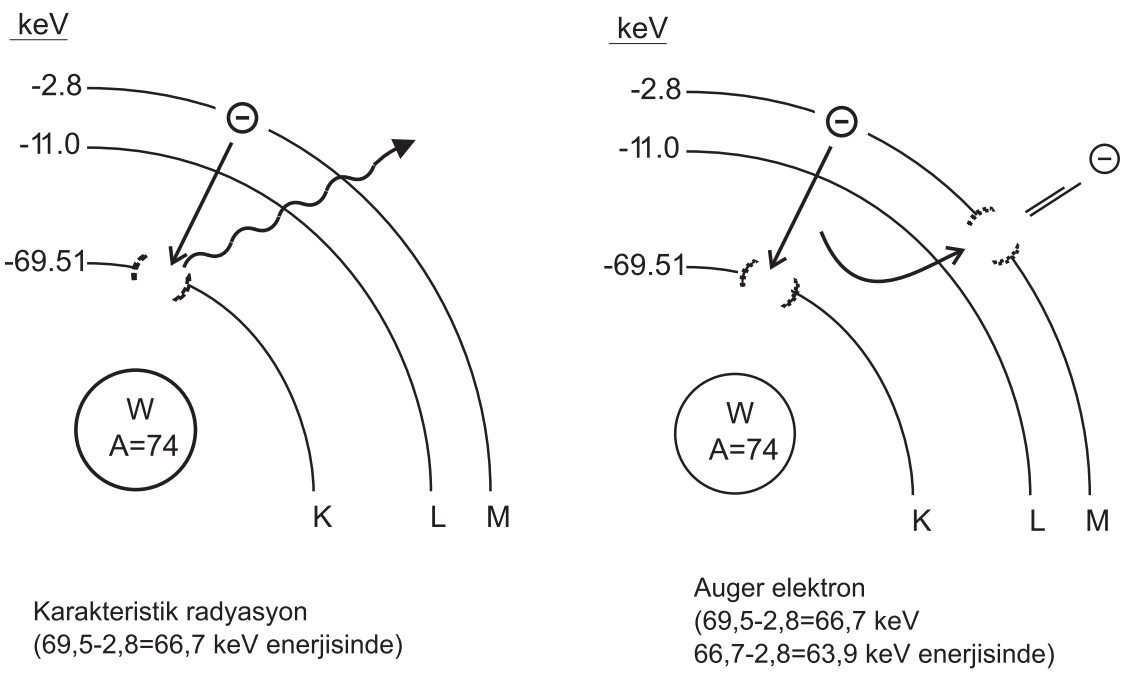
Şekil 1.9 Atomun yörüngeleri ve taşıyabilecekleri elektron sayıları.

ron taşıyabilir. Bu formüle göre K yörüngesinde en çok 2, L yörüngesinde 8, M yörüngesinde 18 elektron bulunur.

En dış yörüngeye etek ("valance") yörüngesi adı verilir. Bu yörüngedeki elektron sayısı atomun kimyasal ve manyetik özelliğini belirler. Nötr durumdaki bir atomun dış yörüngesi tam dolmamışsa ya da tek sayıda elektron bulunuyorsa, kimyasal olarak daha reaktiftir ve manyetik özellik gösterebilir. İnert gazlarda olduğu gibi dış yörüngeleri tam dolu olan atomlar ise, kimyasal olarak kararlıdırlar.

Elektronları yörüngelerinde tutan, pozitif yüklü çekirdeğin çekimidir. Bu güce elektron bağlanma enerjisi adı verilir. Elektronları atomdan sökmek için bu çekimi yenecek kadar bir enerji kullanmak gerekir. Dış yörüngelerdeki elektronların bağlanma enerjisi yaklaşık birkaç elektron volt kadardır. En iç yörüngeninki ise en yüksektir ve binlerce elektron volta (keV) kadar çıkabilir. Bağlanma enerjisi atom numarası (Z) arttıkça artar. Bağlanma enerji değerlerinin negatif karşılıkları, yörüngelerin potansiyel enerji seviyelerini gösterir.

Elektronlara çarpan partiküllerin veya fotonların enerjisi çarptığı elektronun bağlanma enerjisinden yüksek ise elektronu yerinden söker. Yerindeki boşluk üst yörüngelerden gelen elektronlardan biri ile doldurulur (Şekil 1.10). Yörüngeler arasındaki potansiyel



Şekil 1.10 İç yörüngelerden sökülen elektronun yeri üst yörüngelerden bir elektronla doldurulurken yörüngeler arasındaki enerji farkı. A. Bir radyasyona (karakteristik radyasyon) veya B. Dış yörüngelerden bir elektron (Auger elektron) sökülmesine neden olur.

enerji farkı, büyüklüğü ile orantılı olarak ya ışık, ultraviyole veya karakteristik radyasyon (x-ışını) gibi fotonlara dönüşür ya da dış yörüngelerden bir elektron atılması (Auger elektron) için harcanır.

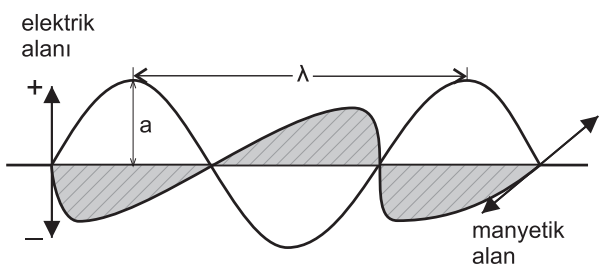
Bir maddenin fiziksel dansitesi (ρ), gr cinsinden kütlesinin (m), cm^3 cinsinden hacmine (V) oranıdır. Elektron dansitesi (ρ_e) ise atom numarasının (Z) Avogadro numarası ($N = 6.023 \times 10^{23}$) ile çarpımının, kütle numarasına (A) bölünmesi ile elde edilir. İnsanda dokuların elektron dansitesi genellikle fiziksel dansitesiyle orantılıdır.

$$\rho = m/V \ (gr/cm^3)$$
$$\rho_e = NZ/A$$

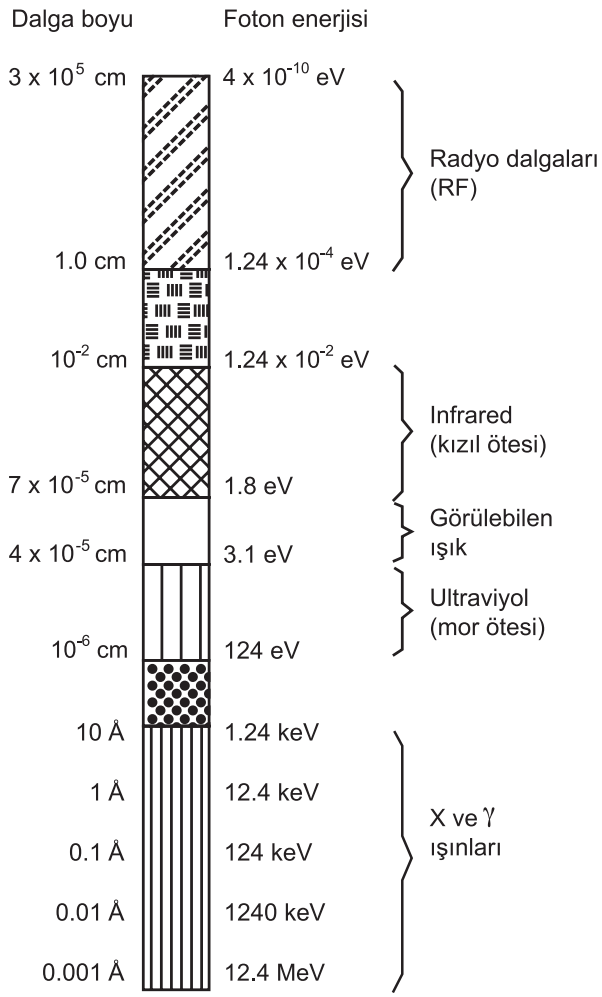
Elektromanyetik radyasyon

Radyasyon mekânda enerji yayılımıdır. Elektromanyetik ve partiküler olmak üzere başlıca iki gruba ayrılır. Elektromanyetik radyasyon (örneğin x-ışını) boşlukta ışık hızı ile düz bir çizgi boyunca yayılır; kütlesi ve yükü yoktur, elektrik ve manyetik alanlarda sapmaz; madde ile etkileşimi soğurulma ve saçılma şeklindedir, intensiteleri mesafenin karesi ile ters orantılıdır. Partiküler radyasyon ise elektron, proton ve nötron gibi kütlesi olan parçacıklardır.

Elektromanyetik radyasyon, birbirine dik olarak salınım yapan elektrik ve manyetik alanlar şeklinde, transvers dalga formunda yayılır (Şekil 1.11). Dalganın birbiri ardına gelen aynı iki noktası arasındaki mesafeye dalga boyu (λ), yayılım yönünün bir tarafındaki yüksekliğine genlik (amplitüd), bir zaman birimi (sn) içerisindeki dalga sayısına frekans [f veya hertz (Hz)], bir dalganın süresine ise periyod (1/f) adı verilir. Her tür dalga hareketinde hız (v), frekansla dalga boyunun çarpımına eşittir:



Şekil 1.11 Elektromanyetik radyasyon. Elektrik alanı ve manyetik alan. λ: dalga boyu, a: genlik (amplitüd)



Şekil 1.12 Elektromanyetik spektrum

$$v = f.\ \lambda \ (m/sn)$$

Elektromanyetik radyasyonun dalga şeklinde yayılan, foton ya da kuantum adı verilen enerji paketleri olduğu kabul edilir. Fotonların kütleleri yoktur; enerjileri frekansları ile doğru, dalga boyları ile ters orantılıdır. Enerji birimi elektronvolt (eV)'tur. Boşlukta 1 voltluk bir potansiyel farkı arasında hareket eden bir elektronun kazandığı enerjiye 1eV denir:

$$1\ eV = 1.602 \times 10^{-19}\ J$$

Elektromanyetik radyasyonlar dalga boylarına göre bir yelpaze oluştururlar (Şekil 1.12). Bu yelpazenin bir ucunda radyo dalgaları, diğer ucunda dalga boyu en kısa olan x-ışınları bulunur. X-ışınlarının dalga boyları angström (A^0) ile ölçülür ve genellikle 10^{-8} cm -10^{-10} m arasındadır. 10 keV enerjisindeki bir

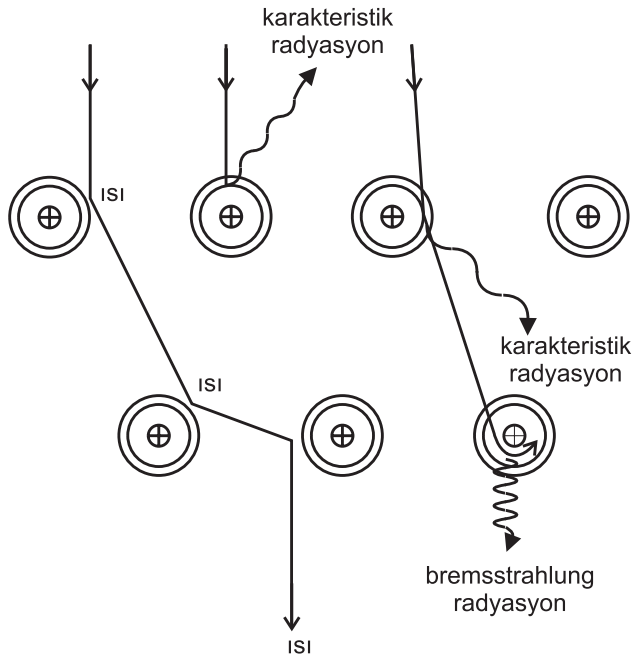
fotonun dalga boyu 1.24 A^0 (tipik bir atomun çapı), 100 keV'lik bir fotonun ise 0.124 A^0 dır. Çekirdekten çıkan fotonlara geleneksel olarak gama ışını adı verilir.

Nötr bir atomdan elektron atılırsa pozitif bir iyon meydana gelir. Atomdan bir elektron sökecek kadar enerjiye sahip partiküler ve/veya elektromanyetik radyasyona iyonizan radyasyon denir. İyonizan radyasyon, ya doğrudan veya söktüğü elektronlar ya da oluşturduğu ikincil radyasyon aracılığıyla dolaylı iyonizasyon yapar. İyonizasyon için gerekli enerji yaklaşık 33 eV kadardır.

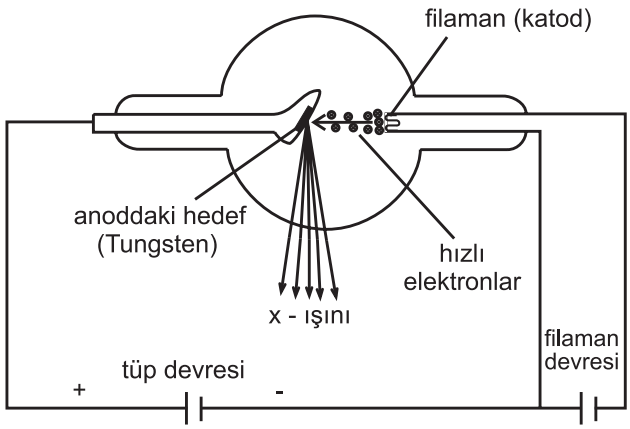
X-IŞININ OLUŞUMU

X-ışınları, hızlandırılmış elektronların atomlara çarpması ile ortaya çıkar. Bu çarpmayı sağlamak için bir elektrik devresinin iki ucu, havası alınmış bir cam tüp içerisine (x-ışını tüpü) birbirlerine yakın olarak yerleştirilir. Bu uçlardan negatif olanı katot, pozitif olanı anottur (Şekil 1.13). Anota çarpacak elektronları üretmek için, katotda ayrı bir elektrik devresi ile ısıtılan, elektrik ampullerinin içindekilere benzer bir filaman bulunur. Isıtılan filamanın çevresinde toplanan elektron bulutu anot ve katot arasına yüksek gerilim uygulandığında hızla anota çarpar. Çarpan elektronların kinetik enerjilerinin % 99'dan fazlası ısıya, % 1'den azı x-ışınına dönüşür.

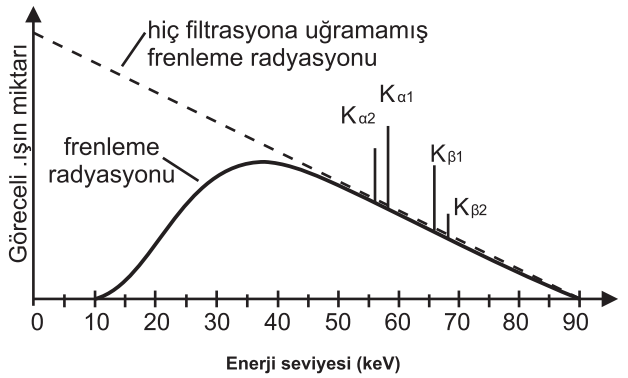
Anota çarpan elektronlar, anot atomları ile değişik şekillerde etkileşime girerler (Şekil 1.14). Büyük çoğunluğu atomların çevresindeki elektron bulutu tarafından itilir ve yönleri değiştirilir; kaybettikleri enerji ısıya dönüşür. Enerjisi daha yüksek olan elektronlar yörüngelerden elektron söker veya çekirdek tarafından yavaşlatılırlar; kaybettikleri enerji x-ışınlarına dönüşür. Anottan çıkan x-ışınları polienerjitiktir ve bir yelpaze oluşturur. Miktar/enerji eğrisi şeklinde gösterilen bu yelpazeye x-ışını spektrumu adı verilir (Şekil 1.15).



Şekil 1.14 Elektronların anod atomları ile etkileşimi.



Şekil 1.13 X-ışınının oluşumu



Şekil 1.15 X-ışının spektrumu (90 kVp'de). X-ışını spektrumu, enerji-göreceli miktar grafiğidir. Spektrumda, çizginin altındaki alan x-ışınının kantitesini gösterir, spektrumun şekli ise kaliteyi belirler.

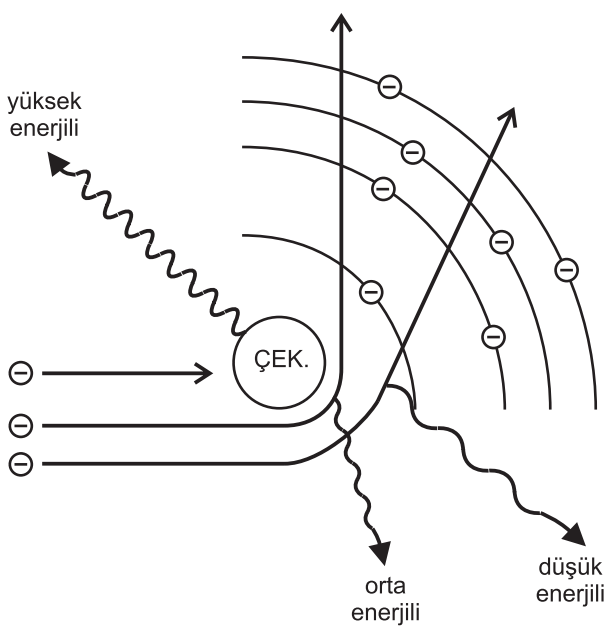
Frenleme (“bremsstrahlung”, “braking”) radyasyonu

Elektronların anot atomlarının çekirdek alanı ile etkileşimi sonucu oluşur; elektronlar yavaşlar ve yönleri değişir, kaybolan kinetik enerjileri x-ışını fotonlarına çevrilir (Şekil 1.16). Elektron nükleusa ne kadar yaklaşırsa etkileşim o kadar büyük olur ve meydana gelen x-ışının enerjisi de o kadar yüksektir. Yüksek kinetik enerjili elektronlar çekirdeğe daha fazla yaklaşarak yüksek enerjili fotonların oluşmasına neden olur. Frenleme radyasyonunun spektrumu kesintisizdir.

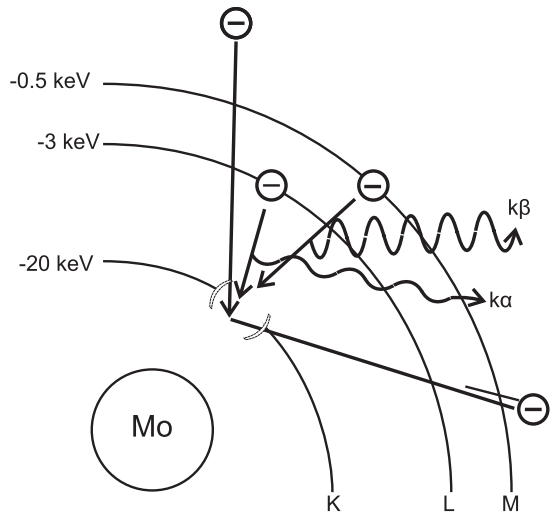
X-ışını tüplerinde oluşan x-ışınlarının büyük çoğunluğu (70-150 kV’de % 80-90’ı) frenleme radyasyonudur. Tüpe uygulanan voltaj ve anotun atom numarası arttıkça frenleme radyasyonu artar.

Karakteristik radyasyon

Anot atomlarının iyonizasyonu sonucu meydana gelir. Çarpan elektronlar anot atomlarının iç yörüngelerinden elektron söker. Sökülen yörüngedeki boşluk dış yörüngelerdeki elektronlar tarafından doldurulur. İki yörüngenin enerji seviyeleri arasındaki fark karakteristik radyasyon olarak salınır (Şekil 1.17). Teorik olarak her iç yörüngeye has karakteristik radyasyon olabilir. Pratikte sadece K ve L yörüngelerinden kaynaklananlar önemlidir. Çoğunlukla sadece K yörüngesinden çıkanların enerjisi hastayı geçecek kadar yüksektir, diğer yörüngelerden oluşanların enerjileri düşüktür ve tüpün çıkışındaki filtreler tarafından tutulur.



Şekil 1.16 Bremsstrahlung radyasyon oluşumu.



kβ=-20-(-0.5)=19.5 keV
kα =-20-(-3)=17 keV

Şekil 1.17 Karakteristik radyasyon oluşumu. Eğer L ve M orbitlerinin farklı enerji seviyelerinde suborbitleri olsaydı α_1 ve α_2 veya β_1, ve β_2 gibi enerji fraksiyonları olacaktı.

Elektron sökülebilmesi için çarpan elektronun kinetik enerjisinin, K yörüngesinin bağlanma enerjisinden yüksek olması gerekir. Bu değer örneğin Tungsten anot için 69.5 kVp den yüksek olmalıdır. Çarpan elektronların enerjisi arttıkça ışın demeti içerisindeki k fraksiyonu artar. Örneğin 80 kVp’de k ışını oranı %5, 100 kVp’de ise %10’dur.

K yörüngesinden çıkan karakteristik radyasyon L yörüngesinden düşen elektronla oluşmuşsa $k_{\propto}$, daha üst yörüngelerden düşen elektronlarla oluşmuşsa k_{β} ile gösterilir. k_{β} ışını, yörüngeler arası enerji farkı daha fazla olduğu için daha enerjitiktir. K yörüngesi hariç diğer yörüngelerin, enerji seviyeleri farklı olan alt yörüngeleri vardır. Bu alt yörüngelerden düşen elektronların neden olduğu karakteristik radyasyonların enerjileri de farklıdır ve $k_{\propto 1,}$ $k_{\propto 2}$ veya $k_{\beta 1,}$ $k_{\beta 2}$ şeklinde gösterilir.

Frenleme radyasyonunun enerji spektrumunun devamlı olmasına karşın, karakteristik radyasyon belli bir enerji seviyesindedir. Karakteristik radyasyonun enerji seviyesi anot materyalinin atom numarası ve elektronun söküldüğü yörünge tarafından belirlenir.

K yörüngesindeki elektronun sökülmesinden geriye fazla enerji kalırsa bu enerji dış orbitlerden bir elektronun sökülmesine neden olabilir. Atılan bu elektrona Auger elektron adı verilir.

X-IŞININ MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

X-ışını fotonları maddeden hiç etkilenmeden geçebilir (penetrasyon), soğurularak enerjilerini dokuya aktarabilir veya yön değiştirir (saçılma). Maddeyi geçerken x-ışını demetinden soğurulma ve/veya saçılma yoluyla foton eksilmesi zayıflamadır (atenuasyon). Genel bir kural olarak zayıflama, maddenin kalınlığı, dansitesi ve atom numarası ile doğru, fotonun enerjisi ile ters orantılıdır.

Soğurulma ve saçılma

Fotonlar maddeyi geçerken karşılaştıkları elektronlara, enerji aktarırlar ve onları yerlerinden sökerler. Sonuçta bir iyon çifti oluşur. Sökülen elektronlar, yeni iyonizasyonlara neden olarak enerjilerini kaybederler. Bir yüksek enerjili elektron yüzlerce iyon çifti oluşturabilir. Bu olay soğurulmadır. Soğurulma görüntü kontrastının esasıdır, fakat hastanın aldığı dozu da artırır. Saçılma ise fotonların atomların elektronları ile etkileşimi sonucu yön değiştirmesidir. Saçılma görüntü kontrastını düşürür ve hastanın aldığı dozu artırır.

X-ışınının madde ile etkileşiminin anlaşılması, görüntü kalitesi ile hastanın aldığı doz arasında bir denge oluşturulabilmesini sağlar. Amaç hastanın alacağı dozu asgaride tutarak en iyi kalitede görüntü elde etmektir. X-ışınlarının madde ile başlıca dört tür etkileşim şekli vardır: Rayleigh (koherent, klasik) saçılma, Fotoelektrik etki, Compton (inelastik, klasik olmayan) saçılma, Çift oluşumu (Şekil 1.18).

Compton saçılması ve fotoelektrik etki diyagnostik radyolojideki en önemli etkileşimdir. Her iki etkileşim de, fotonun enerjisi arttıkça azalır. Bu azalma fotoelektrik etkide daha hızlıdır, Compton saçılmasında ise daha yüksek kVp değerlerinde başlar. Genel bir kural olarak, düşük enerjili fotonların yüksek atom numaralı madde ile etkileşiminde fotoelektrik etki, yüksek enerjili fotonların düşük atom numaralı maddelerle karşılaşmasında ise Compton saçılması daha fazla görülür. Koherent (Rayleigh veya klasik) saçılmanın diyagnostik radyolojideki önemi çok azdır; çift oluşumunun ise yeri yoktur.

Klasik (Rayleigh, koherent) saçılma: Düşük enerjili bir foton (<10keV), bir elektron bulutu ile karşılaştığında elektromanyetik rezonans olayı nedeniyle yönü değişir, ancak atoma net bir enerji aktarımı olmaz. Saçılan fotonun yönü genellikle fotonun geliş yönü ile aynı yöndedir, ancak gelen x-ışınının enerjisi azaldıkça saçılma açısı artar. Diyagnostik radyolojideki etkileşimin yaklaşık %5'ini oluşturur, dolayısıyla fazla bir önemi yoktur.

Fotoelektrik etki: Fotoelektrik olay, x-ışını fotonlarının atomlardan elektron sökmesi ve tüm enerjisini bu işte harcayarak kendisinin kaybolmasıdır. Fotoelektrik etkinin oluşabilmesi için gelen fotonun enerjisi, en az sökeceği elektronunun bağlanma enerjisi kadar veya daha yüksek olmalıdır. Elektronun bağlanma enerjisi ne kadar yüksekse fotoelektrik soğurulma olasılığı o kadar artar; dolayısıyla k-yörüngesinde en fazladır ve dışa doğru diğer yörüngelerde gittikçe azalır.

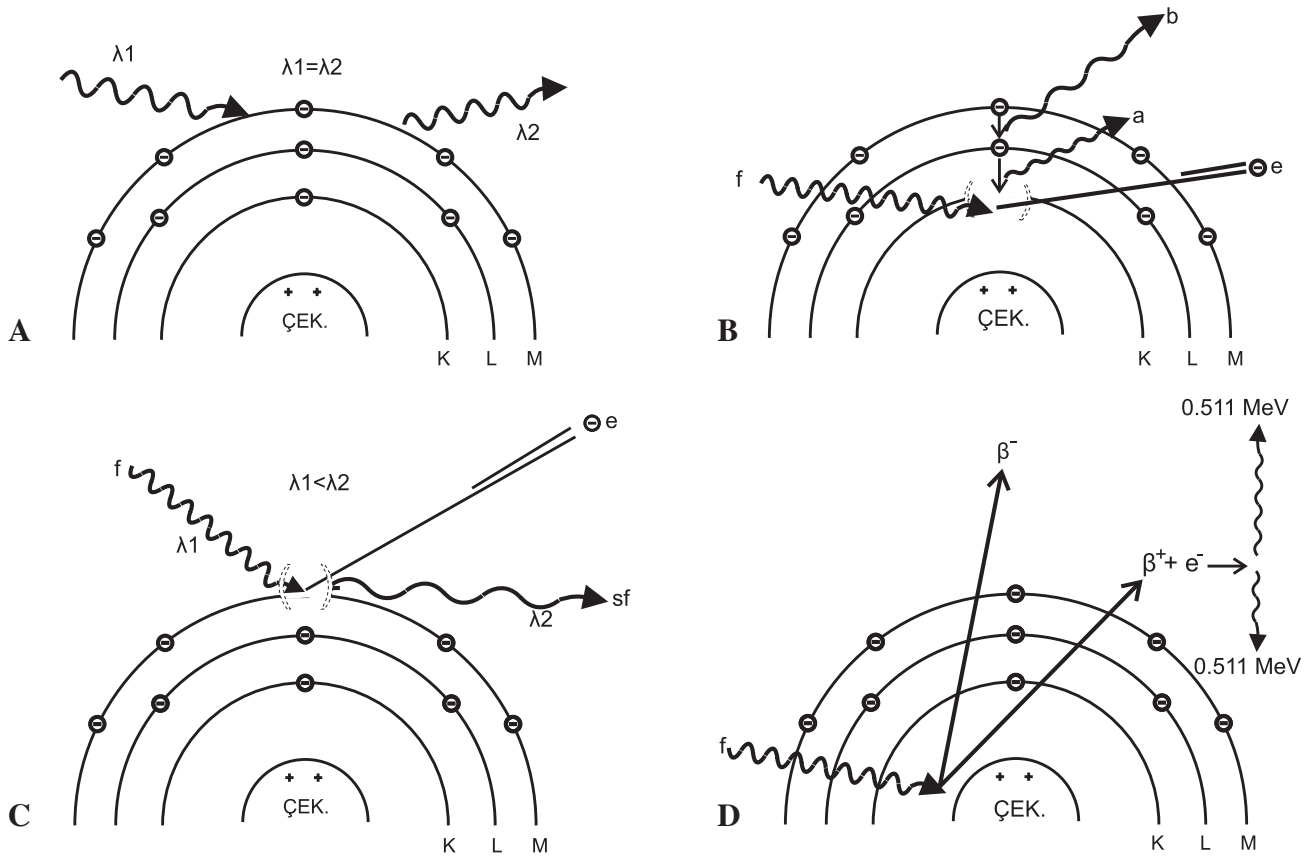
Sökülen elektrona fotoelektron denir. Bu elektronun enerjisi, kendisini söken fotonun sökmek için sarfettiği enerjiden arta kalan kadardır. Fotoelektron bu enerjisini dokudaki diğer atomları iyonize ederek kaybeder ve hastanın aldığı doza katkıda bulunur.

Elektron sökülen atom bu şekilde kalamaz. Sökülen elektronun yeri üst yörüngelerden bir elektronla doldurulur. Yörüngeler arasındaki potansiyel enerji farkı karakteristik radyasyon şeklinde bir fotona dönüşür ya da atomdan bir elektron atılmasına (Auger elektron) neden olur. Auger elektron bir dış yörünge elektronudur ve enerjisi düşüktür.

Fotoelektrik olay tam bir soğurulmadır. K-yörüngesindeki elektronların bağlanma enerjisinin hemen üstündeki enerji seviyelerinde belirgin şekilde artar. Örneğin iyodun k-elektronlarının bağlanma enerjisi 33 keV'dir. Fotonun enerjisi bu değeri aştığında fotoelektrik soğurulmada keskin bir artma görülür. Foton enerjisi (E) daha yükselirse olay hızla ($1/E^3$ oranına göre) azalır. Fotoelektrik etkinin görülme olasılığı maddenin atom numarası (Z) arttıkça artar ve Z^3 ile doğru orantılıdır.

Fotoelektrik etki, fosfor ekranlarında (sintilatörlerde), radyografik kontrast maddelerde ve kemikte en fazla görülen etkileşim şeklidir. Fotoelektrik soğurulmada saçılan foton olmadığı için görüntü kalitesi etkilenmez. 50 keV'in altındaki enerji seviyelerinde yumuşak dokuların görüntülenmesinde fotoelektrik etki önemli rol oynar.

Compton saçılması: Compton olayında da foton elektron söker, fakat kendisi yok olmaz, yön değiştirir ve enerjisi daha düşük olarak yoluna devam eder.



Şekil 1.18 X-ışınının madde ile etkileşim şekilleri. A. Rayleigh saçılma: Gelen ve saçılan foton yaklaşık aynı dalga boyunda ve enerjidedir. Saçılan fotonun yönü gelen fotonla hemen hemen aynı yöndedir. B. Fotoelektrik absorbsiyon. Enerjisi yüksek bir foton (f) tüm enerjisini vererek k yörüngesinden bir elektron söker (e). Sökülen elektronun yeri üst yörüngeden düşecek bir elektronla doldurulur; boşalan yer ise bir üst yörüngeden elektronla doldurulur. Seviyeler arasındaki enerji farkı elektromanyetik radyasyon olarak yayılır. a fotonun enerjisi b. fotonunkinden yüksektir. C. Compton saçılması. Gelen foton (f) dış yörüngeden bir elektron söker (e); kalan enerjisi saçılan foton (sf) şeklinde yayılır. Sökülen elektrona Compton elektron denir. D. Çift oluşumu. Enerjisi çok yüksek foton (f) çekirdeğin etkisi ile madde ve antimadde çiftine (pozitron-β^+ ve negatron-β^-) dönüşür. Pozitron dokudan bir elektron alarak kaybolur ve tam karşıt yönlerde 511 keV'lik iki foton meydana gelir.

Compton etkileşimi, fotoelektrik olayın tersine, bağlanma enerjisi düşük elektronlarla olur. Dış yörünge elektronları sadece birkaç elektron voltluk bağlanma enerjisine sahiptirler. X-ışını fotonları bu gevşek bağlı olan en dış yörünge elektronları ile etkileşir ve onu söker. Bu elektrona sökülen "recoil" veya Compton elektron denir.

Compton olayında çarpan fotonun enerjisi söktüğü elektronun bağlanma enerjisinden çok yüksektir. Sökülmeye harcanandan arta kalan enerjinin bir bölümü sökülen elektrona aktarılır; önemli bir kısmı ise daha düşük enerjili bir foton olarak ve yön değiştirerek yoluna devam eder. Bu olay saçılmadır. Sökülen elektronun bağlanma enerjisi, bu elektrona aktarılan kinetik enerji ve saçılan fotonun enerjisinin toplamı, gelen x-ışını fotonunun enerjisine eşittir. Saçılma fotoelektrik olayda yoktur.

Saçılan fotonlar her yöne doğru, hatta 180° geriye gidebilir (geri saçılma). Saçılan fotonun enerjisi arttıkça saçılma doğrultusu gelen fotonun doğrultusuna yaklaşır. Geri saçılmada sökülen elektrona aktarılan enerji en yüksek, saçılan fotonun enerjisi en düşük düzeydedir. Saçılan foton, enerjisine bağlı olarak dokuda aynı olayların tekrarına ya da görüntü reseptörüne ulaşarak görüntünün bozulmasına neden olur. Diyagnostik radyolojide kullanılan enerji seviyelerindeki x-ışını fotonunun enerjisinin büyük bölümü saçılan fotona aktarılır. Yüksek enerjili bu saçılan foton filme

ulaşarak görüntü kalitesini bozar. Örneğin 80 keV'lik bir ışınla yapılan incelemede saçılan fotonların asgari enerjisi 61 keV'dir.

Compton olayında saçılan elektron enerjisini, dokudaki diğer atomları eksite ya da iyonize ederek kaybeder ve dolayısıyla hastanın aldığı doza katkıda bulunur. Compton etkileşimi sonucunda da dış elektronunu kaybetmiş pozitif bir iyon ortaya çıkar.

25 keV enerji seviyesinde, yumuşak dokularda fotoelektrik etki ve Compton olayı yaklaşık eşit miktarlardadır. Daha yukarı enerji seviyelerinde Compton olayı oranı hızla artar.

Compton saçılma olasılığı elektron dansitesi ile de artar. Hidrojeni hariç tutarsak dokuların elektron dansitesi oldukça sabittir ve bu nedenle yumuşak dokulardaki Compton saçılması atom numarasından (Z) hemen hemen bağımsızdır. Hidrojen atomunda nötron yoktur, elektron dansitesi ikiye katlanır. Bu nedenle hidrojenize dokuda (örneğin yağ) Compton saçılma olasılığı daha yüksektir.

Çift oluşumu: Yüksek enerjili (> 1.02 MeV) bir fotonun, atomun çekirdeği ile etkileşimi sonucu ortaya çıkar. Çekirdeğin yakınında foton kaybolur ve enerjisi, her birinin enerjisi 511 keV olan bir elektron ve pozitron çiftine dönüşür. Pozitron serbest kalamaz, dokudan bir elektronla birleşerek karşıt yönlerde 511 keV'lik iki fotona dönüşür. Bunlara yok olma (annihilasyon) radyasyonu adı verilir. Diyagnostik radyolojide bu kadar yüksek enerjili bir x-ışını fotonu kullanılmaz. Fakat PET yönteminde kullanılan radyonüklidlerin saldıkları pozitronun dokuda elektronla birleşmesi ile annihilasyon olayı meydana gelir.

Fotonların madde ile etkileşimindeki özellikler Tablo 1.5'de gösterilmiştir.

Radyasyonun zayıflaması (atenuasyon)

Zayıflama, maddeyi geçen x-ışını demetinin intensitesinin azalmasıdır. Bu azalma fotonların enerjisini maddenin atomlarına aktarması (soğurulma) veya ışın demetinden ayrılma şeklinde (saçılma) olur. X-ışını demeti polikromatiktir, ancak zayıflama olayı incelenirken x-ışını demetinin monokromatik olduğu varsayılır.

Çizgisel ("linear") zayıflama katsayısı (μ): Çizgisel zayıflama katsayısı dokuyu geçen x-ışını demetinden birim mesafede eksilen foton bölümüdür ve yüzde olarak santimetrenin tersi (1/cm) ile gösterilir (% cm^{-1}). Zayıflamadan fotonun doku ile tüm etkileşim şekilleri sorumludur ve genellikle dokunun atom numarası ve fiziksel yoğunluğu (dansitesi) arttıkça artar.

Monokromatik (monoenerjitik) x-ışını eksponansiyal şekilde soğurulur:

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu t}$$

N: geçen foton sayısı,
N_0: x-ışını demetindeki foton sayısı,
e: doğal logaritma tabanı,
μ: (cm^{-1}) zayıflama katsayısı,
t: geçtiği dokunun kalınlığı

0.01/cm (0.01 cm^{-1}) zayıflama katsayısı, x-ışını demetindeki fotonların dokuyu geçerken 1cm'lik mesafede %1'inin soğurulma ve/veya saçılma nedeniyle eksildiğini, % 99'unun yoluna devam ettiğini gösterir. Zayıflama katsayısı, fotonun enerjisinin bir fonksiyonudur. Örneğin yumuşak dokuda μ, 30 keV'de 0.38 cm^{-1}, 60 keV'de 0.21 cm^{-1}; kemikte ise 30 keV'de 1.6 cm^{-1}, 60 keV'de ise 0.45 cm^{-1}'dir.

Kütle zayıflama katsayısı: Bir x-ışını fotonunun madde ile etkileşim olasılığı maddede karşılaşacağı atom sayısına bağlıdır. Maddenin birim hacmindeki atom sayısı arttıkça dansitesi (yoğunluğu) artar. Çizgisel zayıflama değeri soğuran maddenin dansitesine

Tablo 1.5 Fotonların madde ile etkileşimi

Etkileşimin tipi	Foton enerjisi	Fotonun etkileştiği kesim	Ortaya çıkan atomik parça	Çıkan foton
Klasik saçılma	Düşük	Tüm atom	Yok	Sadece yön değişir, enerjide değişiklik olmaz
Fotoelektrik etkileşim	Orta-düşük	K-yörünge elektronları	Fotoelektron	Karakteristik radyasyon
Compton saçılması	Orta	Dış yörünge elektronları	Compton elektron	Yönü değişir, enerjisi düşer
Çift oluşum	Yüksek	Çekirdek yakını	Elektron, pozitron	Yok (hemen sonra iki foton)

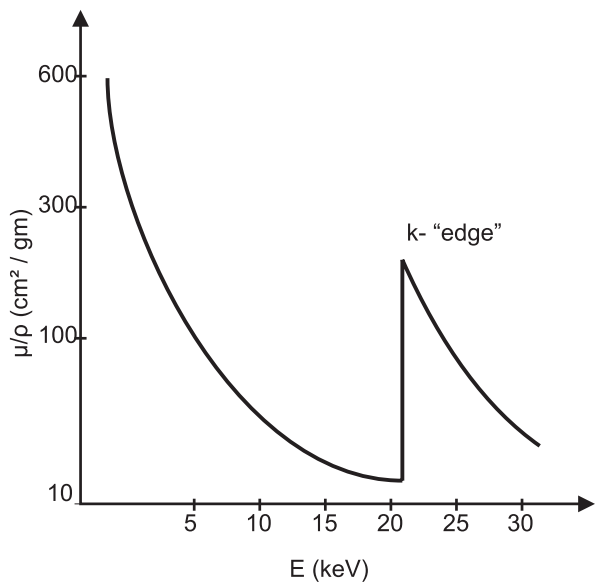
göre değişir. Örneğin akciğerin komprese olması ya da genişlemesi ile dansitesi (ϱ) değişeceği için zayıflama katsayısı (μ) da değişir.

Kütle zayıflama katsayısı, çizgisel zayıflama katsayısının dokunun dansitesine bölünmesi ile elde edilir **[μ / ϱ (cm²/gr)]**. Kütle zayıflama katsayısı maddenin yoğunluğundan bağımsızdır. Örneğin suyun, buzun ve su buharının kütle zayıflama katsayıları birbirine eşittir. Kütle zayıflama aşağıdaki formüle uygun gerçekleşir:

$$N = N_{0.}\, e^{-(\mu/\varrho)\varrho x}$$

px: birim alanın kütlesi (gr/cm²) = kütle kalınlığı, alansal kalınlık

Diyagnostik radyolojide foton enerjisi arttıkça zayıflama azalır. Bu kural, yüksek atom numaralı maddelerde k-yörüngesindeki elektronların bağlanma enerjileri seviyesinde bozulur. Fotonun enerjisinin artmasıyla hızla azalan zayıflama eğrisinde, bu enerji seviyelerinde keskin pikler görülür. Artan fotoelektrik olaya bağlı yoğun soğurulma artışlarını gösteren bu piklere k-"edge" veya soğurulma "edge" adı verilir (Şekil 1.19).



Şekil 1.19 Molibdenin (Z = 42, k-bağlanma enerjisi = k_α = 17.5 keV, k_β = 19.65 keV) x-ışını enerjisinin fonksiyonu olarak kütle soğrulma katsayısı. Hızla artan fotoelektrik etkiye bağlı olarak 20 keV civarında ani soğrulma artışı (k-edge).

Yarım değer kalınlığı ("half value layer-HVL"): Çizgisel ve kütle zayıflama katsayıları, x-ışını monoenerjitik ise kullanılabilir. Tanıda kullanılan x-ışını demeti polienerjitiktir. Bu nedenle zayıflama, dokuyu geçerken ışınların intensitelerindeki azalma ile belirlenir. Bu azalmanın birimi, bir ışın demetinin intensitesini belirli oranda düşüren maddenin kalınlığı ile belirtilir. En çok kullanılan oran yarım değer kalınlığıdır (HVL).

HVL, bir x-ışını demetinin intensitesini %50 zayıflatan maddenin kalınlığıdır; %90 zayıflatana ise 1/10 değer kalınlığı denir. Monoenerjitik bir ışın demetinde çizgisel zayıflama katsayısı (μ) ile HVL arasındaki ilişki aşağıdaki formülle belirtilir:

$$HVL = \log_{c}(2)/\mu = 0.693/\mu$$

Ortalama bir diyagnostik x-ışınının enerjisi, yumuşak dokuda yaklaşık 2.5-3.0 cm'lik bir HVL değerine sahiptir. Işın demetinin, göğüs radyografisinde %10, kraniyum radyografisinde %1'i, karın radyografisinde ise % 0.5'i vücudu geçebilir. Mamografide kullanılan düşük enerjilerde (~ 28kVp) yumuşak doku için HVL değeri yaklaşık 1 cm'dir.

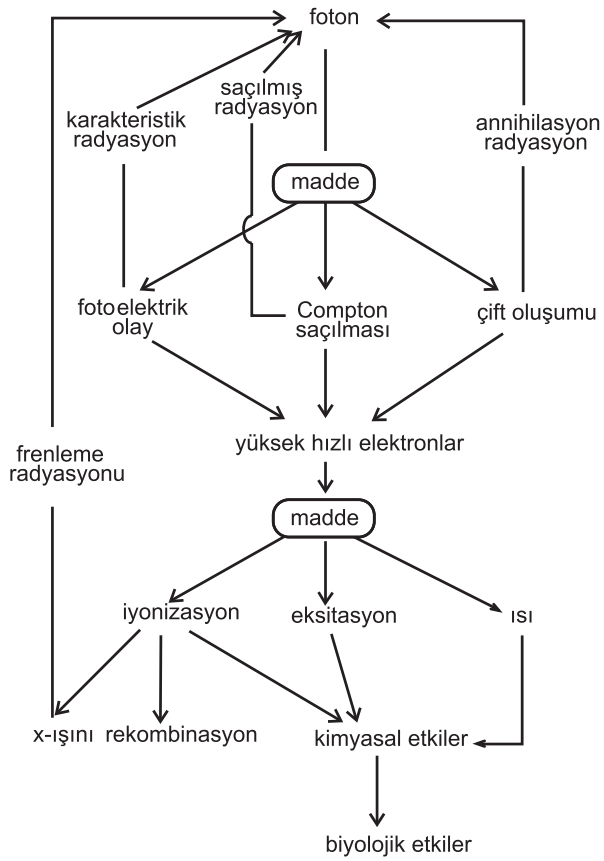
Işın demeti maddeyi geçerken polikromatik olduğu için önce düşük enerjili kesimini kaybeder. Madde içerisinde ilerledikçe düşük enerjili olan kesimini kaybederek yüksek enerjili kesiminin kalmasına ışın sertleşmesi adı verilir. Pratikte, diyagnostik değeri olmayan ve soğurularak hastaya zarar veren düşük enerjili kesim filtrelerle tutulur.

X-IŞININ ETKİLERİ (Şekil 1.20)

X-ışınlarının etkileri, madde ile karşılaştıklarında ortaya çıkan fotoelektron veya Compton elektron gibi yüksek hızlı ve dolayısıyla yüksek enerjili elektronlara bağlıdır. Bu etkileşim sonucunda ortaya çıkan üç olay ısı, eksitasyon ve iyonizasyondur.

Isı, elektronların maddenin atomlarını çevreleyen elektron bulutu tarafından itilmesi, yön değiştirilerek yavaşlatılması sonucunda ortaya çıkar. Bir elektronun madde içerisindeki seyri boyunca tekrarlanan bu olaylar sonucu kaybettiği kinetik enerji atomlara aktarılır. Atomların kinetik enerjilerinin göstergesi ısıdır.

Eksitasyonda, elektronlar atomun elektron bulutu içerisine girer. Herhangi bir yörüngedeki elektrona çarparak bir miktar enerji aktarır. Elektron, aldığı bu enerji ile bulunduğu yörüngeden hafifçe daha yük-



Şekil 1.20 X-ışınının etkileri

sek seviyeye yükselir. Sonuçta ortaya eksite bir atom çıkar. Eksite atom kimyasal olarak çok reaktiftir ve bulunduğu kimyasal yapı içerisinden kopabilir. Eksite atomun normal hale gelmesinin diğer şekli ise yörüngesinden yükselen elektronun yerine dönerken aldığı enerjiyi düşük enerjili bir foton şeklinde (ultraviyole, ışık gibi) yaymasıdır.

İyonizasyon, daha yüksek enerjili elektronların, çarptığı elektronları sökmesi sonucu ortaya çıkar. İyonizasyon atomun moleküler bağlantılarını koparır, çok aktif olan iyonize atom yeni kimyasal reaksiyonlar içerisine girebilir. Kimyasal reaksiyonun olmadığı durumlarda pozitif iyon bu şekilde kalamaz. Saniyenin milyonda biri kadar kısa bir süre içerisinde çevreden bir elektron alarak kararlı durumuna geri döner. İyonizasyonların çoğu bu şekilde rekombinasyonla sonuçlanır. Rekombinasyon sürecinde karakteristik radyasyon yayılır.

Enerjisi çok yüksek olan elektronlar yüksek atom numaralı bir maddede çekirdek yakınından geçerek frenleme radyasyonu oluşturabilirler; ancak radyolojinin klinik uygulamalarında böyle bir olasılık yoktur.

X-ışının etkileri içerisinde en önemlisi iyonizasyondur. Geniş bir enerji aralığında, x-ışınlarının oluşturduğu ısı, eksitasyon ve iyonizasyon yaklaşık eşit oranlarda meydana geldiği için maddenin absorbe ettiği toplam enerjiyi belirlemede iyonizasyon iyi bir ölçü birimi olarak kullanılabilir.

Yumuşak dokularda (düşük atom numaralı madde) bir iyonizasyon oluşturmak için yaklaşık 33-34 eV enerji gerekir. Buna göre 1 keV enerjisindeki bir elektron 30 iyonizasyon, 100 keV'lik bir elektron ise 3000 iyonizasyon yapar. X-ışınlarının özel etkileri başlıca bu iyonların neden olduğu olaylara bağlıdır ve genel olarak kimyasal, biyolojik, fiziko-kimyasal ve fiziksel başlıkları altında incelenir.

Kimyasal etkiler atomların dış yörüngelerindeki elektronlarla belirlenir. Elektron kaybı atomu kimyasal olarak çok reaktif hale getirir ve atomun moleküler konumunu bozabilir. X-ışınlarının suda meydana getirdiği serbest kökler bu tür etkiye bir örnektir. Serbest kökler birleşerek, doku için toksik olan hidrojen peroksit (H_2O_2) oluşturabilir. İki değerlikli demir sülfat bileşiği x-ışınının etkisine maruz kaldığında üç değerlikli demire dönüşür. X-ışınlarının kimyasal etkilerine bağlı olarak bazı enzimlerin fonksiyonları bozulabilir.

Biyolojik etkiler alınan ışının miktarına, alım süresine ve şekline göre değişen çok geniş bir yelpaze oluşturur. Deride eritemden nekroza kadar değişen değişiklikler ortaya çıkar. Kanser oluşumu ve benzeri biyolojik etkileri radyasyondan korunma bölümünde anlatılacaktır.

Fiziko-kimyasal etkilerden en önemlisi fotografik etkidir. Işığın yaptığı gibi film emülsiyonundaki bağlı gümüşü metalik gümüşe çevirir. Metilen mavisinin rengini beyaza, baryum platinosiyonidin yeşil rengini kahverengiye çevirmesi gibi renk değiştirici etkileri de vardır.

Fiziksel etkiler ısı ve fluoresans olayıdır. Isı, elektronların madde içerisindeki yavaşlatılmasından ve radyasyonun neden olduğu kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanır. Dokuda x-ışınının etkisine bağlı olarak ısı artımı görülmez, zira bir santigrad derecenin ikibinde biri oranındaki ısı artımına neden olacak ışın dozu öldürücüdür.

Fluoresans olayı

Fluores denilen bazı maddeler x-ışını ile karşılaştıklarında ışık yayarlar. X-ışının keşfine neden olan bu olay radyolojide çok önemlidir ve biraz daha ayrıntılı incelemeye değer.

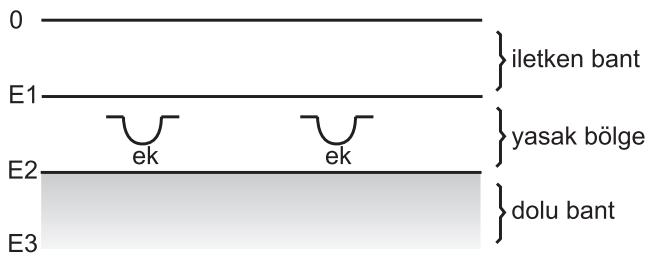
Maddenin değişik uyaranların etkisiyle ışık yayması olayı, genel olarak luminesans olarak isimlendirilir. X-ışını ile karşılaştığında ışık yayan maddeler üçe ayrılır: Fluoresans, fosforesans ve termoluminesans maddeler.

Atomların tek tek bulunduğu gazlarda elektron yörüngelerinin enerji seviyeleri belirlidir. Katılarda ise, özellikle dış yörüngelerde, enerji seviyesi geniş bir bant aralığındadır. Elektronlar bu aralıktaki herhangi bir enerji seviyesinde olabilirler. Fluoresans madde kristal yapısındadır. Kristal yapısındaki bir maddenin atomlarının dış yörüngesindeki enerji seviyesi dıştan içe doğru iletken bant, yasak bölge ve etek bantı (dolu bant) olmak üzere üç farklı alana ayrılır (Şekil 1.21).

Dış sınırın ötesine geçen elektron atomu terk eder. İletken bant, enerji seviyesinin sıfır olduğu dış sınır ile belirli bir enerji (E_1) seviyesi arasındaki alandır. Bu bant içerisinde serbest elektronlar varsa madde elektriksel olarak iletkendir. Fluoresans maddelerde bu bant boştur ve dolayısıyla bu maddeler iletken değildir. Yasak bölge, iletken bantın altındadır. Bu alanda elektron bulunmaz. Etek bantı, yasak bölgenin altındadır ve normalde tümüyle doludur. Bu banttaki elektronlar bantın üst (E_2) ve alt (E_3) enerji seviyeleri arasında, herhangi bir enerji seviyesinde olabilirler.

Yukarıda tanımladığımız yapı saf kristallerde geçerlidir. Pratikte bu kadar saflıkta kristal bulunmaz. Kristalin saf olmaması sonucu yasak zonlarında fazladan enerji seviyeleri oluşur. Bu kesimler kristal içerisinde belirli yerlerde bulunur. Elektronların tutulduğu bu yerel enerji seviyelerine elektron kapanları adı verilir.

Elektron kapanında bir elektron var, dolu bantta da bir elektron boşluğu varsa kapandaki elektron bu



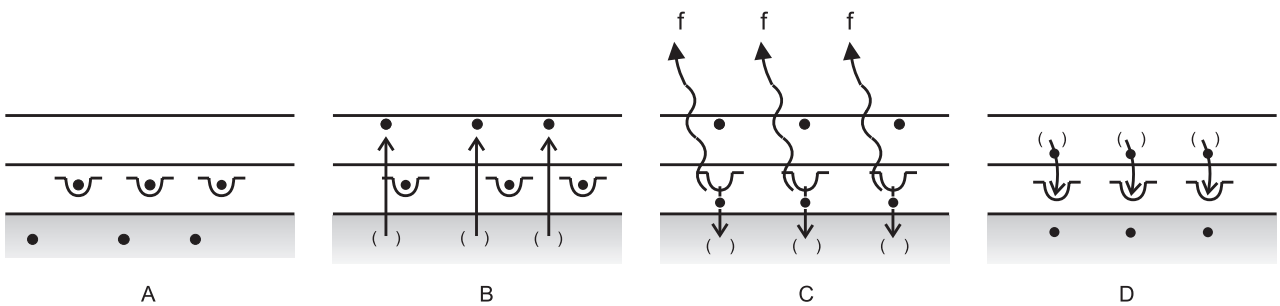
Şekil 1.21 Fluoresan bir maddedeki enerji bantları. Yasak bölgenin üst kenarına yakın kesimde elektron kapanları (ek) görülüyor.

boşluğa düşer. İki seviye arasındaki enerji farkı, ışık olarak yayılır.

Fluoresans maddelerin elektron kapanlarında her zaman elektron vardır (Şekil 1.22). X-ışınlarının oluşturduğu hızlı Compton ve/veya foto elektronlar enerjilerini etek bantındaki elektronlara aktararak onları iletken banta yükseltir. Boşalan yerleri kapanlarda bulunan elektronlar hemen doldurur. İki seviye arasındaki enerji farkı bir ışık olarak yayılır. Boşalan kapanlar iletken banta çıkmış olan elektronlarla doldurulur. Böylece fluoresans materyal otomatik olarak kullanılmaya hazır duruma gelir (resetlenir).

Kapanların ve elektron boşluklarının enerji seviyelerinin farklı olmaları nedeniyle çıkan ışığın enerjileri farklıdır ve bir yelpazesi vardır. Bu yelpazedeki ışığın dalga boyları, tıpkı karakteristik radyasyonda olduğu gibi, x-ışını fotonunun enerjisince değil kristalin özelliklerince belirlenir.

Fosforesans maddelerde elektron kapanları normalde boştur. İletken banta çıkan elektronlar önce bu



Şekil 1.22 Fluoresans ışık yayılımı. A. Fluoresan maddenin normal hali. B. X-ışını düşen fluoresan madde içerisinde çok sayıda fotoelektron ve Compton elektron meydana gelir ve bu elektronların aktardıkları enerji ile dolu banttaki elektronlar iletken banta yükselir. C. Dolu banttaki boşalan elektronların yerleri elektron kapanlarındaki elektronlar tarafından doldurulur ve aradaki enerji farkı görülebilir ışık fotonu (f) olarak yayılır. D. Boşalan kapanlar iletken banttaki elektronlarla doldurulur ve madde ilk baştaki normal haline döner.

boş olan elektron kapanlarını doldurur. Bu elektronlar ısı gibi yeterli bir enerji alabilirlerse tekrar iletken banta geçer ve oradan da etek bantındaki elektron boşluklarına düşer; bu arada görülebilir ışık yayılır. Sürecin uzun olması nedeniyle ışık salınımı uzun süre devam eder. Bu süre elektron kapanlarının iletken banta mesafesine bağlıdır, mesafe arttıkça ışığın yayılma süresi uzar. Radyoloji pratiğinde istenmeyen bu gecikmeye "afterglow" adı verilir.

Fosforesans ve fluoresans olayları arasında keskin bir sınır yoktur. Fluoresans olayında çok önemsiz olsa da bir miktar fosforesans olayı bulunur. Üretici firmalar bu fosforesans olayının nedeni olan boş elektron kapanlarını ortadan kaldırmaya, yapamazlarsa olabildiğince iletken banta yaklaştırmaya çalışırlar.

Termoluminesans maddelerde fosforesans maddelerde olduğu gibi elektron kapanları normalde boştur. Fark, bu kapanların iletken bantın epey uzağında olması ve normal ısıda bu kapanlardan iletken banta geçişin mümkün olmamasıdır. Bu geçiş ancak 200-300 santigrat derece ısıda gerçekleşebilir. Dolayısıyla termoluminesans olayı temelde bir fosforesans olayıdır; tek farkı kapanları dolduran elektronların tekrar iletken banta geçebilmesi için maddenin ısıtılması gerekliliğidir. Kapanların seviyesine göre gerekli ısı miktarı da farklıdır. Salınan ışığın miktarı madde tarafından absorbe edilen enerji ile orantılıdır. Bu nedenle termoluminesans olayı, radyasyon miktarını ölçmede bir dozimetri yöntemi olarak kullanılır.

RADYASYON BİRİMLERİ (Tablo 1.6)

X-ışınları havada oluşturdukları iyonizasyon ve dokuya ve/veya maddeye aktardıkları enerji ile ölçülür. Eskiden kullanılan ölçü birimlerine klasik birimler, 1975 yılında tanımlanan yeni birimlere ise sistem internasyonal (SI) birimleri denir.

Ekspojur (X)

Ekspojur terimi, bir x-ışını demetindeki radyasyonun intensitesini, enerjisini veya miktarını açıklamak için kullanılır. Radyasyonun havada yaptığı iyonizasyonla ölçülür. Birim hava kütlesinde açığa çıkardığı elektronların tümünün yükü ile gösterilir. Ekspojur, mesafenin karesi ile orantılı olarak azalır. Ekspojur birimi internasyonal sistemde (SI) coulomb/kg (C/kg), klasik sistemde röntgen (R) dir. (1coulomb= 1 amper / saniye).

$$\mathbf{1R=2.58.\ 10^{-4}\ C/kg}$$

Deri giriş ekspojuru, deri yüzeyindeki ekspojur değerini gösterir, fakat radyasyon riskini göstermede zayıf bir ölçüttür. Zira penetrasyonu, x-ışınının alanını ya da ışınlanan dokunun duyarlılığını göstermez.

Radyasyon bulunan alan genelde ekspojur hızı ile (R/saat, mR/dakika) tanımlanır. Bir röntgen makinasının x-ışını çıkış intensitesi, çalıştığı şartlar belirtilerek ekspojur süresi ve tüp akımı başına mR ile ifade edilir. Örneğin: 5 mR/mAs, 70 kVp, 100 cm, 2 mm Al.

Kerma ("**k**inetic **e**nergy **r**eleased in **m**edia")

Ekspojur, diyagnostik radyolojide kullanılan x ve gama ışınlarını ölçer; yüklü partiküllerin ekspojur değerlerini belirleyemediği gibi 2-3 MeV'lik foton ya da partikül radyasyonun oluşturduğu iyonizasyonu da ölçemez. Bu ölçüm için pratikte pek karşılaşmadığımız kerma kullanılır. Kerma, bir maddenin birim kütlesine aktarılan kinetik enerjinin ölçütüdür ve yüksüz radyasyondan (foton ve nötron) elektron gibi yüklü partiküllere enerji aktarımıdır. Fotoelektrik ve Compton etkileri fotonlardan elektronlara kinetik enerji aktarım örnekleridir. Kerma daima ışınlanan madde ile

Tablo 1.6 Radyasyon birimleri

Birim	SI * birimleri	Klasik birimler	Birimler arasındaki ilişki
Ekspojur (X)	C/kg	röntgen (R)	$1R = 2.58.10^{-4}$ C/kg
Kerma (K) hava	gray (Gy = Joule/kg)	R	1R = 8,7 m Gy (~10) hava Kerması
Doz (D)	Gy	rad	1Gy = 100 rad
Ekivalan doz (E)	sievert (Sv)	rem	1Sv = 100 rem
Aktivite (A)	becquel (Bq)	curie (Ci)	$1Ci = 3,7.10^{10}$Bq (Bq = 1decay/sn)
İntensite	$W/m^2 = J/m^2/sn$	-	-

**SI: Sistem internasyonal*

birlikte belirtilir. Birimi Joule/kg (J/kg) dır. [1 Joule/kg = 1 Gray (Gy)].

Kerma, klasik birim sisteminde röntgen (R) ile gösterilir. Pratikte 1R'lik ekspojur yaklaşık olarak 10 mGy'lik hava kerması kabul edilir (tam karşılığı 8.7 mGy).

Soğurulan (absorbe) doz (D)

Ekspojur ve kerma radyasyon alanındaki enerjiyi tanımlar, doz ise bir objenin soğurduğu enerjinin ölçüsüdür. Bu üç birim de ışın demetinin intensitesi ile doğru orantılıdır.

Soğurulan doz, maddenin birim kütlesinin (m) soğurduğu enerjinin (E) ölçüsüdür ve birimi SI'de gray (Gy) klasik sistemde ise rad'dır (**r**adyasyon **a**bsorbsiyon **d**ozu). Işın alan bir maddenin 1 gr'ının soğurduğu enerji 100 erg ise aldığı doz l rad'dır; 1 kg'ının aldığı enerji 1 joule ise soğurduğu enerji 1 gray'dir. (1 Joule= 10^7 erg)

$$D = E/m,$$

1Gy=100 rad, 1 rad=10 mGy

Pratikte 1mGy'in hava kerması, yumuşak dokuda 1mGy'lik bir soğurulma dozuna yaklaşık eşit kabul edilir. Soğurulan doz, soğuran maddenin veya dokunun yapısına (dansitesi ve atom numarası) olduğu kadar radyasyonun enerjisine de bağlıdır, bu nedenle doku ve bulunduğu yer (deri, tiroid, dalak gibi) mutlaka belirtilmelidir.

Soğurulan doz biyolojide tercih edilen bir ölçüm şeklidir. Organ soğurma dozu, diyagnostik radyolojide radyasyon riskini belirler. Örneğin gebelikte, embriyon ya da fetüsün absorbe ettiği doz hesaplanarak risk belirlenir.

f-Faktörü: f-faktörü, ekspojur ve soğurulan doz arasındaki çevirim faktörüdür. X-ışınının foton enerjisi ile ışınlanan maddenin karakteristikleri arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu ilişki **D = f.X** formülü ile gösterilir (f röntgeni rad'a çevirim faktörü). Diyagnostik radyolojideki x-ışını enerjilerinde, hava, kas ve diğer yumuşak dokular için f-faktörü 1'e yakındır, dolayısıyla rad nümerik olarak R değeri ile gösterilebilir. Kemikte ise f-faktörü 4'dür.

X-ışınının enerjisi ile f-faktörünün değeri değişir. Örneğin radyoterapide kullanılan yüksek enerjili fotonlarda (MeV) kemik için f-faktörü bire düşer.

Ekivalan doz (H)

Ekivalan doz, farklı tipteki radyasyonların dokuda meydana getirdiği biyolojik hasarı ölçmeye çalışır. Ekivalan doz $H=D \times W_R$ formülü ile ifade edilir (W_R = radyasyon ağırlık faktörü = kalite faktörü). W_R, radyasyonun lineer enerji transfer (LET) değerine bağlıdır. Düşük-LET'de bu değer bire eşittir, yüksek-LET'de ise 20'ye kadar çıkabilir.

Ekivalan doz birimi SI'de sievert (Sv), klasik sistemde rem ("**r**adiation **e**quivalent **m**an") dir. 1 Sv = 100 rem, 1 rem = 10 mSv dir. Düşük-LET radyasyonda, ekspojur, absorbe doz ve ekivalan doz aşağı yukarı eşittir: 1R = ~ 1 rad = ~1 rem. Değerleri birbirine eşit olduğu için birbirlerinin yerine kullanılabilen bu birimler aslında farklı şeyleri ifade eder. Ekivalan doz, öncelikle radyasyondan korunmada kullanılan bir birimdir.

Etkin doz (E)

Etkin doz, bir radyografik işlem sırasında bir hastanın total riskini tahmin etmek için, ışın alan tüm organların, radyasyon risklerine göre hesaplanmış dozlarının toplamıdır ve diyagnostik radyolojide $E=\sum_i W_i . D_i$ formülü ile gösterilir. Birimi ekivalan doz birimidir (mSv, mrem). (D_i: i organının aldığı doz, W_i: i organın radyasyon ağırlık faktörü). Radyasyon ağırlık faktörü (W_i) her organın görece radyosentitivitesini gösterir. Etkin doz, bireyler arasında, teknik faktörlere, çekilen film sayısına, floroskopi zamanına ve diğer birçok faktöre bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir.

X-IŞINI ÜRETİMİ VE SAPTANMASI

JENERATÖR

X-ışını ile çalışan tüm sistemlerin kalbidir. Jeneratör, katota elektron bulutunu oluşturacak akımı, bu elektronları hızlandıracak tüp gerilimini ve anotu döndüren motora trifaze akımı sağlar. Bilgisayar destekli dijital jeneratörler otomatik ekspojur kontrol ("automatic exposure controle"-AEC) ve otomatik doz çıkış kontrol ("automatic dose rate controle"-ADR) devrelerini içerir, tüpü aşırı yüklenmeden korumak için hesaplamalar yapar ve çekim protokollerini ve benzer verileri merkezi işlem ünitelerinde saklar.

Tüm bu işlemleri yapan mekanik, elektrik ve elektronik aksam bir kutunun içerisindedir. Teknisyenin kullandığı, kontrol düğmelerinin bulunduğu kısım bu sistemin ara yüzüdür ve bu kutunun üzerindedir veya ayrı bir panel şeklinde olabilir.

X-ışını elde etmek için yüksek gerilimde düz akı-

ma gereksinim vardır. Şehir şebekelerindeki elektrik akımı 50-60 Hz'lik salınımı olan 220 V'luk alternatif akımdır. Bu akımın kilovolt değerlerine yükseltilmesi ve düz akıma çevrilmesi gerekir. Bu işlem jeneratörde yapılır. Jeneratör içerisinde ototransformatör, yüksek voltaj transformatörü, filaman transformatörü ve akım düzeltici (rektifiye) devreler vardır (Şekil 1.23). Bunlardan başka ekspojur değerlerini elle ya da otomatik olarak kontrol eden devreler ile voltmetre ve ampermetreler bulunur.

Jeneratör, tüp voltajını (kV), tüp akımını (mA) ve x-ışını üretim süresini (sn) kontrol olanağı sağlar. Voltaj tüpe dışarıdan uygulanır; tüp akımı ise tüpün içerisinde, katotla anot arasındadır. Bir jeneratörün harcadığı güç, tüp voltajı ile tüp akımının çarpımıyla belirlenir ve birimi kilovattır (kW). Örneğin 100 kV ve 800 mA'lik bir jeneratörde 80 kW lik güç üretilir. Ameliyathanelerde kullanılan mobil C-kollu röntgen makinalarında 1.5-15 kW, mobil radyografi makinalarında 2.5-30 kW, mamografi aygıtlarında 25-35 kW, genel amaçlı radyografi ve floroskopi sistemlerinde 30-65 kW, genel amaçlı fakat anjiografi de yapabilen sistemlerde 50-80 kW, gelişmiş anjiografi sistemlerinde ise 80-100 kW'lik jeneratörler kullanılır.

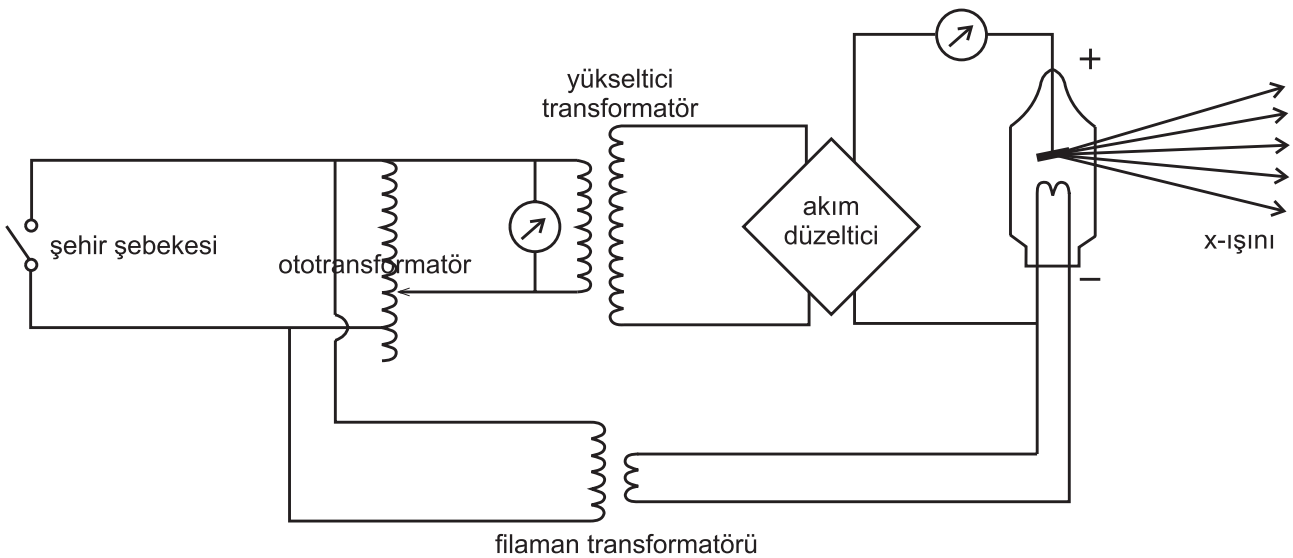
Jeneratörler başlıca 4 tiptedir: 1) Monofaze: Tek fazlı akım kullanır, 2) Trifaze: Üç fazlı akım kullanır, 3) Yüksek frekans ("high frequence"-HF) çevirici: Monofaze ve trifaze akım kullanabilir, 4) Sabit potansiyelli.

Jeneratörün tipi, ürettiği voltajın dalga şekli ile ilişkili olarak ekspojur değerlerini etkiler. İdeal bir jeneratör filmdeki aynı kararmayı daha düşük değerlerle verebilmeli, en kısa ekspojur sürelerine inebilmeli, aynı dozu değişiklik olmadan tekrarlayabilmeli, yer problemi oluşturmayacak şekilde küçük olmalı ve doğal olarak fiyatı da düşük olmalıdır.

Bir jeneratörün ürettiği ekspojur değerlerinin tekrarlanabilir olması gerekir. Tekrarlanabilirlik özellikle dijital subtraksiyon anjiografisinde çok önemlidir. Mask görüntü ile uyumsuz ekspojur değerlerine sahip görüntüler subtraksiyonun tam olmaması sonucunu doğurur. Yüksek frekans ve sabit potansiyel jeneratörler, tüp voltajını ve akımını devamlı izleyerek voltaj değişikliklerini anında kompanse edebilme düzeneğine sahiptir. Bu nedenle tek ve üç fazlı olanlardan daha yüksek tekrarlanabilirlik değerlerine sahiptir.

Jeneratörler içerisinde, hasta ekspojur değerleri en az, ekspojur değerleri en kısa (0.5 msn) ve tekrarlanabilirlik değeri en iyi olanı sabit potansiyelli jeneratördür. Bu jeneratörlerin büyük boyutlu ve çok pahalı olması zayıf yanıdır. HF jeneratörler hem çok küçük boyutludur hem de daha ucuzdur. Tek ya da üç fazlı akımı kullanabilmeleri, akü ya da şarjlı kapasitörlerle çalışabilmeleri, taşınabilir cihazlarda da kullanılmalarını sağlayan önemli üstünlükleridir. Bu nedenle HF jeneratörleri, günümüzdeki modern röntgen cihazlarında standarttır. Çok yüksek güç ve milisaniyeden daha kısa ekspojur süresinin gerekli olduğu çok nadir durumlarda sabit potansiyel jeneratörler tercih edilebilir.

Taşınabilir röntgen cihazlarında aygıtlar yatak başlarındaki şehir şebekesi prizlerine takılır. Buralardan çekilen güç yetersiz olacağı için akım önce kapasi-



Şekil 1.23 X-ışını üretimi. Jeneratörün basitleştirilmiş şeması.

törlerde depo edilir ve çekim için çok kısa bir sürede deşarj edilir. Fotoğraf makinalarındaki flaş kullanımına benzeyen böyle bir ekspojurda, ekspojur süresince voltaj değerinin sabit kalması bu sistemler için bir üstünlüktür.

Transformatörler

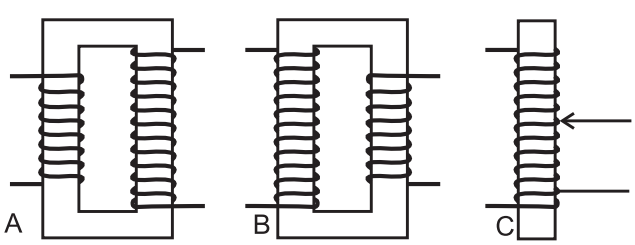
Bir jeneratörün en önemli işlevi yüksek voltaj üretmesidir. Gelen elektriğin voltajını istenilen değerlere ayarlayan düzeneklere transformatör adı verilir. Transformatör, birbiriyle bağlantılı iki demir çubuk üzerindeki karşılıklı iki tel sargıdan oluşan bir düzenektir (Şekil 1.24). Bir taraftaki sargıdan elektrik akımı geçirildiğinde karşısındaki sargıda elektromanyetik endüksiyon sonucu akım meydana gelir. Meydana gelen voltaj, karşılıklı sargı sayıları ile orantılıdır. İlk sargıdaki sargı sayısı N_p, ikincisindeki N_s ve ilk sargıya uygulanan voltaj V_p ise ikinci sargıda oluşacak akımın voltajı (V_s), aşağıdaki eşitliğe göre belirlenir:

$$N_p / N_s = V_p / V_s$$

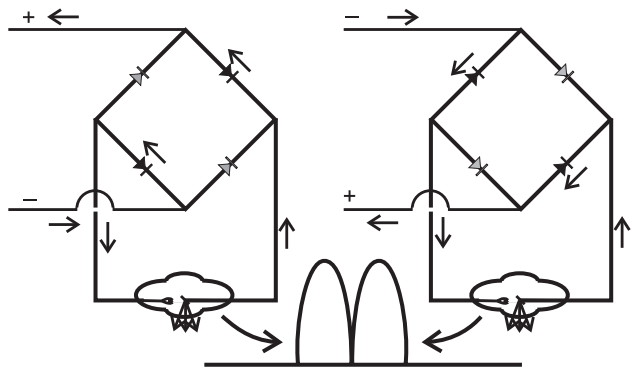
Eğer başka bir yerden kayıp yoksa enerjinin sakınımı prensibi nedeniyle bir transformatöre giren ve çıkan enerjilerin eşit olması gerekir. Bu kurala göre voltaj arttıkça çarpımın eşitlenebilmesi için amper düşmek zorundadır.

$$V_{p.}\ I_p = V_{s.}\ I_s$$

Transformatörler yükseltici, düşürücü ve ototransformatör olmak üzere 3 türdedir. Yükselticilerde N_s / N_p oranı, tüp gerilimini sağlamak için örneğin 500/1 gibi yüksek, düşürücülerde ise filamanı ısıtmak için tersine düşüktür. Ototransformatörler çıkış voltajını ayarlar. Bu işlem, tek sargı üzerinde giriş ve çıkış sargı sayılarını seçebilen bir anahtar aracılığı ile yapılır.



Şekil 1.24 Transformatörler. A. Yükseltici transformatör, B. Düşürücü transformatör, C. Ototransformatör.



Şekil 1.25 Tam dalga rektifikasyon. Dört diyodun köprü şeklinde bağlanması ile yapılır. Diyodlardan ikisi akımı geçirirken diğer ikisi geçirmez. Akım geçiren ikili diyodlar alternatif akımın her fazına uygun olarak çalışır. Sonuçta alternatif akım yön değiştirdiğinde düzelticiden çıkan akım yönü değişmez ve düz akım elde edilir.

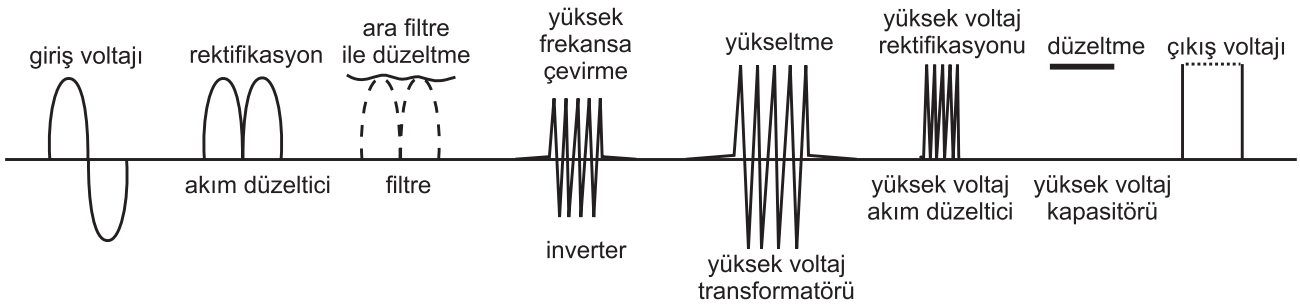
Akım düzeltme (rektifikasyon)

Şehir şebekesindeki akım, saniyede 50-60 defa karşıt yönlere salınım gösteren (pozitif ve negatif olan) alternatif akımdır. Böyle bir akımdan x-ışını üretilmeye kalkışıldığında, her salınımda anot ve katot yer değiştirir ve flament hızla tahrip olur. Bu nedenle x-ışını üretmek için anot ve katot arasına düz akım uygulamak gerekir. Alternatif akım, akımın sadece bir yönde geçmesine izin veren diod adı verilen düzenekler kullanılarak düz akım şekline çevrilir (rektifikasyon).

Rektifikasyonun en basit şekli monofaze akımın bir yöne doğru salınımını engellemek, tek yöne izin vermektir. Yarım dalga rektifikasyon adı verilen bu yöntemde bir dalgadan bir salınım (puls) üretilir. Tam dalga rektifikasyonda ise en az 4 diod kullanılır ve dalganın engellenen yarısı öbür taraftaki yarımın yanına eklenir (Şekil 1.25). Böyle bir düzeltmede bir siklustan aynı yönde iki yarım puls elde edilir.

Tek fazlı jeneratörler, yerlerini 3 fazlı (trifaze) jeneratörlere bırakmışlardır. Üç fazlı jeneratörlere akım 3 hattan gelir; her bir hattaki akımın diğerinden 120 derecelik faz farkı vardır. Bu akımın rektifikasyonu ile her hattan gelen her siklustan ikişer tane olmak üzere 6 pulsluk düz akım elde edilir. Diodlar özel şekillerde dizilerek 12 puls elde edilecek şekilde rektifikasyon yapılabilir. Günümüzde rektifikasyon için, selenyum ve silikon gibi maddelerden yapılmış solid yapıdaki diodlar kullanılır.

Modern yüksek frekans çevirici jeneratörler, gelen alternatif akımı önce düşük voltajlı düz akıma çevirir.



Şekil 1.26 Yüksek frekans çevirici (HF) bir jeneratörde işlem evreleri ve işlemi yapan gereçler.

Bu düz akım, bir inverter devre ile yüksek frekanslı alternatif akıma çevrilir, tekrar düzeltilir ve kapasitörler yardımıyla neredeyse sabit bir düz akım elde edilir (Şekil 1.26).

Voltajın dalga şekli

Jeneratörlerin ürettiği düz akımın şekli üretilen x-ışınının kalitesini etkiler. X-ışını üretiminde tüpe gelen akımın sabit bir yüksek gerilim olması istenir, ancak pratikte voltajda az veya çok bir değişim görülür ve buna minik dalgalanma anlamında "ripple" ya da fluktuasyon adı verilir. Pik voltaj ya da kilovolt pik (kVp) tam bir dalga sürecinde tüpten geçen azami voltajı gösterir. Voltajdaki küçük dalgalanmalar (d), her siklustaki voltajın en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki farkın en yüksek değere oranı ile tanımlanır.

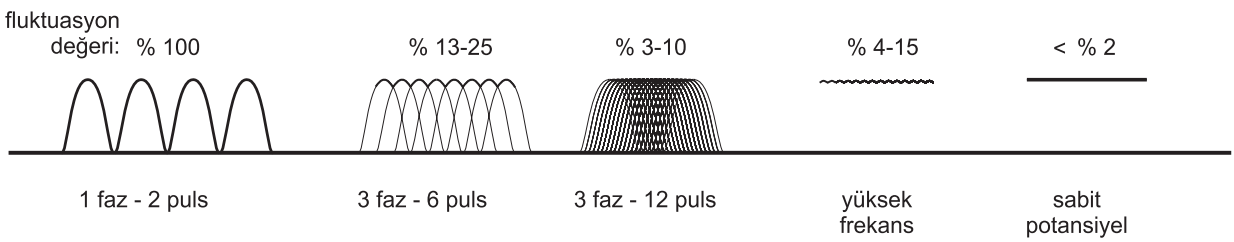
$$d = (V_{mak} - V_{min} / V_{mak}) \times 100$$

Örneğin tek fazlı yarım ve tam rektifikasyonda fluktuasyon %100, trifaze 6-puls sistemde %13-25, 12- puls sistemde %3-10, yüksek-frekanslı jeneratörlerde %4-15, sabit potansiyel jeneratörlerde ise % 2'den azdır (Şekil 1.27).

Jeneratörlerde amaç fluktuasyonu en aza indirilmiş düz akım elde etmektir. Bu değerin yüksek olduğu akımlarda, dalganın düşük voltajlı kesimlerinin üreteceği düşük enerjili x- ışınları hastayı geçemeyeceği için işe yaramaz. Aynı film kararmasını elde etmek için daha fazla ekspojur gerekir, bu da hastanın aldığı dozu artırır. Ekspojur süresi de uzayacağı için hareket bulanıklığı olasılığı artar. Jeneratörlerin ürettiği akım ne kadar düzgün ise o kadar kısa ekspojur süresi (1 msn kadar) kullanılabilir. Radyolojide doğal olarak düşük fluktuasyon değerleri tercih edilir.

Otomatik ekspojur kontrolü

Jeneratörlerde ekspojuru otomatik olarak kontrol eden devreler bulunur. Röntgen filmi çevresine yerleştirilen doz ölçer reseptörlerle filme gelen x-ışını miktarı devamlı ölçülür. Toplam doz önceden belirlenen seviyeye geldiğinde jeneratör devreyi kapatarak ekspojuru keser (AEC). Benzer bir düzenek, floroskopideki x-ışını çıkışının seviyesini ayarlar (ADR). Otomatik parlaklık kontrolü ("automatic brightness control"-ABC) de denilen bu düzenek sayesinde floroskopide izlenen görüntünün parlaklığı, hastayı çevirdiğimizde ortaya çıkan kalınlık farklılıklarını kompanse edecek şekilde hep aynı kalır.



Şekil 1.27 Rektifiye edilerek tüpe gönderilen düz akımın, gelen akımın fazına ve rektifikasyon şekillerine göre oluşan dalga şekilleri ve fluktuasyon oranları.

Floroskopide kullanılan jeneratörlerin özellikleri

Floroskopi ünitelerinde dört tip jeneratör de kullanılabilir, yalnız floroskopik çalışma için devreler ilave edilmiştir. Bu devrelerle düşük değerlerde devamlı tüp akımı sağlanır, hızlı puls ekspojur yapılabilir ve ekspojur değerlerini ayarlayarak otomatik parlaklık kontrolü (ABC) mümkündür. Bazı jeneratör tiplerinde radyografi için trifaze, floroskopi için monofaze akım kullanılır. Ekspojur tekrarlanabilirliğinin çok iyi olması, boyutunun küçük, fiyatının görece ucuz olması ve tamir ve bakım masrafının düşük olması nedeniyle yüksek frekans jeneratörler tercih edilir.

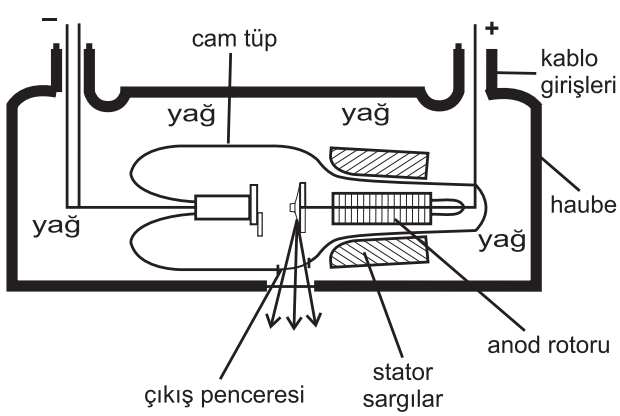
X-IŞINI TÜPLERİ (Şekil 1.28)

X-ışını tüpü x-ışını jeneratörünün uzamış koludur ve jeneratörün ürettiği yüksek voltajlı elektrik gücünü x-ışınına çevirir. Yüksek voltaj, jeneratörden tüpe yüksek voltaj kabloları ile taşınır. Negatif yüklü katot elektron kaynağı olan bir filamandır. Pozitif yüklü anot ise x-ışını üreten bir hedeftir. Anot döner anottur, ancak sabit anotlar da vardır.

Elektronların gaz moleküllerine çarpmaması için tüpün havası boşaltılmıştır. Anotta oluşan x-ışını her yöne saçılır. Çevreye saçılmayı önlemek, tüpü izole etmek ve korumak için tüp, haube ("tube housing") adı verilen kurşun bir zarfın içine yerleştirilir. Elektrik izolasyonu yapmak ve tüpü soğutmak amacıyla, bu zarfın içerisine yağ doldurulmuştur.

Üretilen x-ışını, pencere denilen bir yerden tüpü terk eder. X-ışını penceresinde tüpün duvarı incelmiştir veya mamografide olduğu gibi berilyum gibi sadece çok düşük enerjili x-ışınlarını tutan bir maddeden yapılmıştır. Bu çıkışın önüne gereksiz x-ışınlarını tutmak ve x-ışını demetinin enerjisini ayarlamak amacıyla değişik etkinlikte filtreler takılır.

Tüpün çıkış penceresine x-ışını demetini istenildiği şekilde sınırlayan, kolimatör adı verilen bir düzenek takılmıştır.



Şekil 1.28 Döner anodlu x-ışını tüpü.

Katot (filaman)

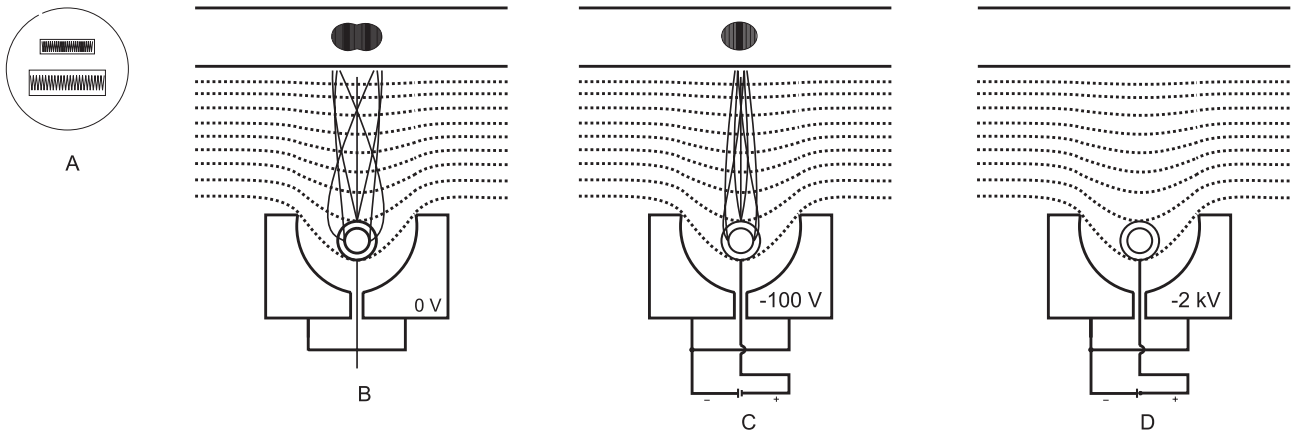
Filaman tüpün içerisindeki elektron kaynağıdır. Tungsten bir tel sargıdır ve farklı boydaki fokal spotlar için genel amaçlı tüplerde iki tane filaman vardır. Filamanın klasik akım değerleri 10 V ve 3-7 A arasındadır. Filamandaki yüksek direnç, ısının 2200 dereceyi aşmasına ve termoiyonik elektron salınımına neden olur ve filamanın çevresinde elektronlardan oluşan negatif yüklü bir bulut oluşur. Filamanın ısısı ne kadar artarsa o kadar çok elektron meydana gelir. Bu bulut filamandan daha fazla elektron salınımını önler (elektron "space charge" bulutu).

Filamanın çevresinde, elektronları anota doğru foküslemeye yarayan foküsleme kabı veya katot bloku adı verilen bir düzenek bulunur. Foküsleme kabı aslında yüksek gerilimin negatif tarafıdır ve Wehnelt elektrodu da denir. Normalde foküsleme kabının ve filamanın voltaj potansiyeli aynıdır ve bu nedenle elektronlar fokal spot üzerine foküslenir. Bu düzenek genel amaçlı radyografi aygıtlarının tüplerinde kullanılır (Şekil 1.29).

Kardiyak anjiografi ve nöroradyolojide kullanılan sistemlerde daha küçük bir üçüncü fokal spot vardır. Foküsleme kabına filamana uygulanan akımdan yaklaşık (-)100 V kadar düşük bir voltaj uygulanarak elektronlar daha küçük olan fokal spota foküslenebilir. Bu yöntemle elektron demetinin hem daha küçük bir alana foküslenmesi sağlanır hem de hızları artırılır.

Foküsleme kabına uygulanan gerilim farkı daha yükseltilirse (örneğin 2 kV) katottaki elektron bulutu dağılır, anota elektron akımı durur ve tüp bloke olur. Bu özellikten yararlanılarak çok kısa sürelerde arka arkaya ekspojur yapılabilir. Bu şekilde çalışan tüplere grid-kontrollü tüpler adı verilir (ikincil puls ekspojur tekniği).

Tüp akımı, filamandan anota elektron akımıdır; anota pozitif, katota negatif potansiyel uyguladığımızda ortaya çıkar. Tüp akımı 1-1000 mA arasında değişir. 1 mA'lik bir akımda anota akan elektron miktarı 6.24×10^{15} elektron/sn'dir.



Şekil 1.29 Katotta çift filaman (A) ve foküsleme kapları. B. Foküsleme kabına farklı bir voltaj uygulanmamış ; elektronlar anotta görece geniş bir alana çarpıyor. C. Foküsleme kabı filamandan izole ve foküsleme kabına filamana göre yaklaşık.100 V bir gerilim uygulanıyor. Elektron demeti daralmış ve elektronların anoddaki dağıldığı alan küçülmüş. D. Foküsleme kabına yaklaşık.2 kV gerilim uygulanıyor; elektron üretimi yok.

Filaman akımı tüp akımının temel belirleyenidir. Filaman akımı arttıkça orantılı olarak tüp akımı da artar. Bununla birlikte 40 kVp'nin altındaki tüp akımı değerlerinde filaman çevresinde oluşan elektron bulutunun "space charge" etkisi nedeniyle tüp akımı ile filaman akımı arasındaki ilişki orantılı değildir ve tüp akımı filaman akımından 5-10 defa daha düşüktür. 40 kVp'in üstündeki değerlerde tüp akımı ile filaman devresinin akımı arasındaki ilişki orantılıdır. Filaman akımı sabit kalmak şartıyla, kVp nin artırılması (40 kVp nin üzerindeki değerlerde), tüp akımını yaklaşık $kVp^{1.5}$ oranında artırır. Örneğin filaman akımı 5A iken, 80 kVp'de tüp akımı yaklaşık 800 mA, 120 kVp'de yaklaşık 1100 mA'dır.

Anot

Anot, x-ışını tüpü içerisindeki pozitif elektrottur. Elektronlar anottaki hedefe (target) çarparak x-ışını ve ısı üretirler. Isı ortadan kaldırılması gereken önemli bir sorundur. Tungsten yüksek atom numarası (Z=74) ve yüksek erime noktası nedeniyle en sık kullanılan hedef elementidir. Yüksek ısının yüzeyi bozmaması için ısıya dayanıklılığı artırmak amacıyla renyum ilave edilir (% 90 tungsten, % 10 renyum alaşımı). Mamografi tüplerinde molibden (Z=42) ve rodyum (Z=45) kullanılır.

Anot sabit veya döner anot yapısındadır. Modern makinalar döner anotlu tüpler kullanır. C- kollu bazı taşınabilir röntgen aygıtlarında ve diş ünitelerinde sabit anotlar kullanılmaktadır. Sabit anotlarda tungsten hedef anottaki bakır bir blok içerisine gömülüdür. Bakır iyi bir ısı iletkenidir, ancak ısıyı hızlı dağıtamaz. Bu nedenle sabit anotlu tüplerde yüklenme kapasitesi sınırlıdır (2 kW civarında).

Döner anotun ekspojur süresince dönmesi nedeniyle etkin hedef alanı çok genişler ve ısı kapasitesi artar. Anot diski 100, 120 veya 125 mm çapında olabilir. Diskin çapı büyüdükçe ısıyı daha iyi tolere eder. Üzerinde filamanların boyutuna uygun genişlikte bir veya iki tane hedef halkası vardır. İki halkalı anotlarda ikinci halkanın eğimi farklıdır.Tungsten-renyum alaşımlı anotlarda tüp soğukken yapılan ilk yüksek ekspojurlarda ani ısı artımına bağlı çatlaklar oluşabilir. Bunu önlemek için anot diski belirli aralıklarla, tren rayları, köprüler ve binaların bağlantı yerlerindeki genleşme aralıklarına benzer şekilde ince çizgilerle bölünmüştür. Anotu bu şekilde olan tüplere "relaxed" döner anotlu tüpler denir. Anotun x-ışını üreten tabakasının kalınlığı 1-1.3 mm'dir. Yüksek performanslı tüplerde ısı kapasitesini artırmak amacıyla bu disk, 9 mm kalınlığında grafitten yapılmış bir diskin üzerine oturur.

Anotun dönüşü, tüpün vakumunun bozulmaması için tüpün dışına yerleştirilmiş bir endüksiyon motoru ile sağlanır. Bu düzenekte anot diskinin bağlı olduğu tüp içerisindeki rotor, tüpün dışına yerleştirilen statorla döndürülür. Dakikadaki devirle belirtilen anot dönüş hızı monofaze jeneratörlerde 3000-3600, trifaze jeneratörlerde ise 9000-10.000 devir/dakika (rpm) kadardır. Genel amaçlı radyografi tüplerinde anotu döndüren kol bilya yatakları (rulmanlar) içerisindedir.

Anotun dönüşü oldukça seslidir ve bilyaların aşınmasına bağlı olarak sistemin belirli bir ömrü vardır. Röntgen makinalarında ekspojur düğmesine basıldığında hemen ekspojur yapmayıp bir süre geçmesi, anot dönüşünün programlanan seviyeye çıkması içindir. Yüksek güç üreten gelişmiş modern anjiografi tüplerinde ise sıvı-yataklı teknoloji kullanılır. Bu sistemde anot kolu bilya yerine sıvı-metal bir akışkan üzerinde döner. Çok sessiz çalışan bu sistem, pratik olarak sınırsız çalışma süresine sahiptir. Röntgen makinesi açıldığında sistem çalışmaya başlar, kapatıldığında durur. Bu nedenle rulmanlı anotlarda olduğu gibi ekspojur için anotun yeterli hıza erişmesini beklemeye gerek yoktur.

Son yıllarda anotun doğrudan soğumasını sağlamak ve dolayısıyla daha yüksek ısı kapasitesine ulaşmak amacıyla anot ve katotu içeren metal tüp zarfın, blok olarak döndürüldüğü bir sistem geliştirilmiştir (Straton-Siemens). Bu teknoloji aslında 19. yüzyılın sonlarında kullanılmış olan teknolojinin geliştirilmiş şeklidir. Bu sistemde anotu ve katotu içeren vakumlu tüp, yağla dolu haubenin içerisinde devamlı döner. Anot, tüp zarfının bir duvarını oluşturduğundan haubenin içerisindeki yağla doğrudan temas ederek etkin bir soğuma sağlanır. Katotta üretilen elektronlar anottaki fokal spot üzerine, tüp zarfının dışına yerleştirilen sargılarla yönlendirilir.

Fokal spot

Fokal spot tüpteki x-ışının üretildiği alandır. Sabit anotlu tüplerde bir tane fokal spot vardır. Genel amaçlı tüplerdeki fokal spot sayısı iki tanedir. Kardiyak ve girişimsel nöroradyolojik görüntülemede kullanılan tüplerde 3. bir foküs daha vardır. Foküs sayısına göre tüpler 1, 2, veya 3 foküslü tüpler olarak isimlendirilir. Her fokal spota uygun boyutta bir filaman vardır.

Fokal spot boyutları 0.1 ile 1.2 mm arasında değişir. 0.3 mm'den küçük foküslerle magnifikasyon radyografisi yapılabilir. 0.1 mm'lik foküs mamografi tüplerinde kullanılır, 0.3 mm lik foküs ise kardiyak ve nörolojik anjiografi tüplerinde üçüncü foküs olarak kullanılır. Genel amaçlı kullanılan tüplerin iki foküsünden küçüğü 0.6-1.0 mm, büyüğü ise 1.0-1.2 mm arasındadır.

Fokal spotun boyutunu, filamanın şekli, foküsleme kabı ve anot-katot arasında oluşan elektrik alanı belirler. Fokal spot, görüntülerin kenar keskinliği için küçük olmalı, ancak oluşacak ısıyı tolere edebilmek için de yeteri kadar büyük olmalıdır. Hem fokal spot boyutunu küçük tutmak hem de yüksek ısı yükünü tolere edebilmek için çizgi foküs kuralı uygulanır. Bunun için elektronların çarptığı hedefe hafif bir eğim verilerek (anot açısı) x-ışını çıkan alanın izdüşümü küçültülmüş olur (Şekil 1.30).

Filamanın ürettiği elektron demetinin boyutuna elektronik fokal spot denir. Miliamper arttıkça elektronların birbirlerini itmeleri nedeniyle demetin boyutu artar; bu etkiye "blooming" adı verilir. Anottaki eğim nedeniyle bu demetin çarptığı alan demetten daha geniştir. Bu boyuta da termal fokal spot veya gerçek fokal spot adı verilir. Bu eğimli yüzeyden çıkan radyasyon demetinin boyutu bu eğimin değerine bağlı olmak üzere daha küçük boyuttadır. Buna da etkin (efektif) fokal spot veya optikal fokal spot veya foküs adı verilir.

Anot açısı, amaca göre 7-20 derece arasında değişir. Açı arttıkça radyasyon alanının boyutu artar. Anot açısının artması ile etkin fokal spot boyutu da büyür. Sineanjiografik ve nöroanjiografik çalışmalarda kenar keskinliğine gereksinim vardır ve küçük alan yeterlidir. Anot açısı 7-9 derece arasındadır. Genel radyolojik incelemelerde geniş alana ihtiyaç duyulur, bu nedenle anot açısı 12-15 derecedir.

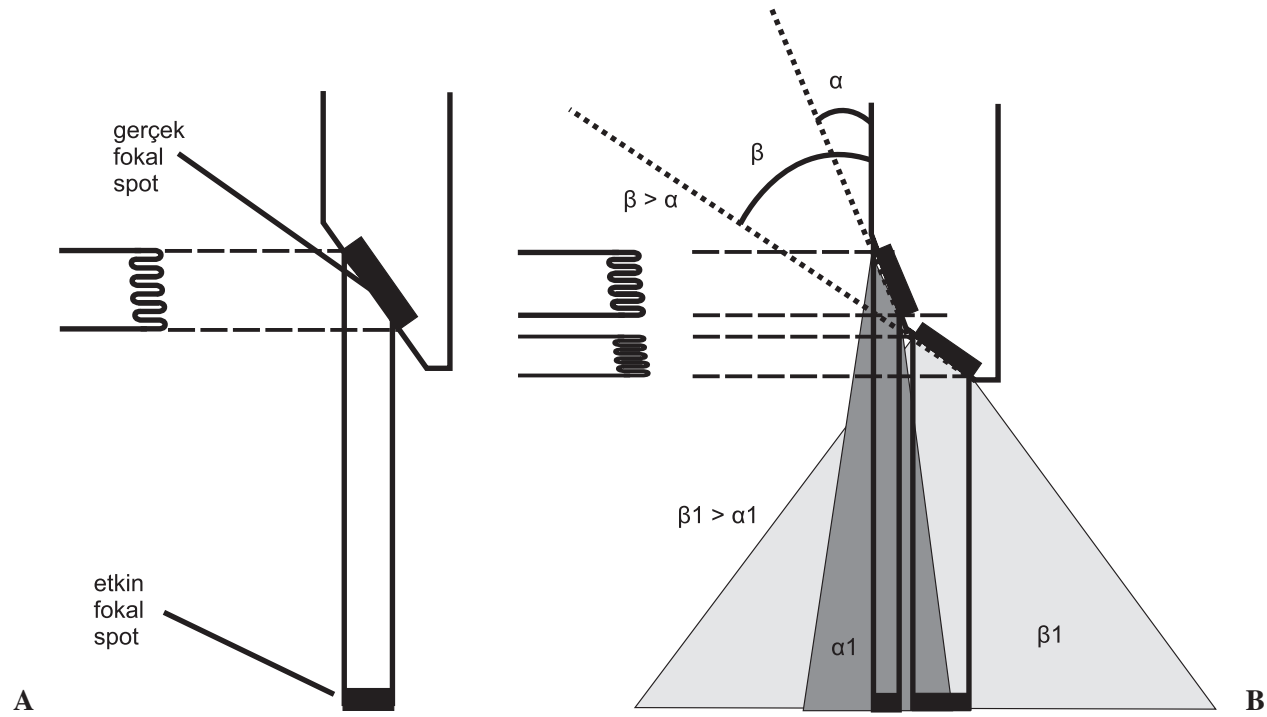
Küçük foküs kenar keskinliğini artırır, ancak ısıyı tolere edemeyeceği için ekspojur değerleri düşürülür ve süre artırılır. Sürenin uzaması hareket bulanıklığı oluşturarak, fokal spot boyutunun küçültülmesi ile amaçlanan kenar keskinliği avantajını riske eder. Kısa ekspojur zamanı öncelikli ise büyük fokal spot, uzaysal çözümleme öncelikli ise küçük fokal spot tercih edilmelidir. Belirli bir mA değerinin üzerinde aygıt otomatik olarak büyük foküse geçer.

Etkin fokal spot boyutu amaca göre 0.1-1.2 mm arasında değişir. Ölçülen gerçek fokal spot boyutları üretici firmaların belirttiği değerden %50'ye varan oranlarda daha büyüktür. Fokal spot boyutu "pinhole veya "slit" kamera kullanılarak ölçülebilir.

Filtrasyon

Filtrasyonun amacı vücudu geçemeyecek kadar zayıf olan ve dolayısıyla görüntüye bir katkısı olmayan, buna karşılık soğurularak hastanın aldığı dozu artıran ışınları tutmak ve olabildiğince homojen bir ışın demeti elde etmeye çalışmaktır.

Tüpten çıkan x-ışını demeti yüksek oranda düşük enerjili foton içerir. Bu fotonlar hastayı geçecek enerjiye sahip değildir, dolayısıyla görüntü oluşumuna katkıları yoktur, fakat hastanın aldığı ışın dozunu ar-



Şekil 1.30 A. Gerçek ve etkin fokal spot B. Filaman boyutu, anod açısı, etkin fokal spot ve x-ışını alanı arasındaki ilişki. Filaman boyutu gerçek fokal spotun boyutunu, anod açısı ise etkin fokal spot ve x-ışını alanının boyutlarını belirler. Anod açısı arttıkça her iki değer de artar.

tırırlar. Çok düşük enerjili fotonların bir bölümü tüpü terk ederken tutulur. X-ışınının çıkış kapısı cam (SiO_2) ya da alüminyumdur (Si: Z14, Al: Z13); 15 keV'den düşük enerjili ışınlar bu kapıdan geçemez. Mamografi tüplerinin çıkış penceresinde, çok az filtrasyon yaptığı için Berilyum kullanılır.

Filtreler, çıkış penceresi önüne konan değişik filtrasyon değerine sahip genellikle alüminyumdan, değişik kalınlıklardaki tabakalardır. Diyagnostik radyolojide kullanılan ışının kalitesi 80 kVp'de yaklaşık 2 mm-Al HVL değerindedir. 120-400 kVp arasındaki enerji seviyelerinde HVL değeri mm-bakır olarak ifade edilir. HVL değerinin düşük olması, ışın demetinin içerisinde düşük enerjili fotonların oranının yüksek olduğunu gösterir. Polikromatik demetlerde ikinci filtrasyondaki HVL değeri birincisinden daima daha yüksektir.

Filtrasyon sonucu, polikromatik bir ışın demetinde öncelikle düşük enerjili fotonlar tutulur ve ışın sertleşir. Işın sertleşmesi sonucunda x-ışını spektrumunun şekli değişir, ancak azami foton enerjisi değişmez. Filtrasyon arttıkça x-ışını intensitesi düşer, fakat ortalama x-ışını enerjisi artar. Ortalama foton enerjisi arttıkça ışın demeti daha penetran olur. Filtre edilerek ortalama foton enerjisi yükselen x-ışını demetine sertleşmiş ışın demeti adı verilir. Işın sertleşmesi monokromatik ışın demetlerinde olmaz. Sert ışın demeti yüksek pik voltaj ve fazlı filtrasyonla, yumuşak ışın demeti düşük pik voltaj ve düşük filtrasyonla elde edilir.

ABD'de federal yasalar radyografi ve floroskopide kullanılacak ışının kalitesinin en az 2.3 mm Al/80 kVp HVL olmasını zorunlu tutar. Floroskopide bu değerin 3.0 mm Al/80 kVp HVL olması tavsiye edilmektedir.

Floroskopide alüminyum filtreler kullanılır. Anjiografi ve girişimsel işlemler gibi yüksek doz gerektiren işlemlerde kullanılan tüplerde bakır filtreler tercih edilir. Pediyatrik radyografide de bakır filtrelere gereksinim olabilir.

Filtrasyonun bir başka şekli kompansasyon filtrelemesidir. Burada amaç, radyografi yapılan alana düşen x-ışınının intensitesini istediğimiz şekilde değiştirmektir. Bu işlemde kullanılan filtrelere kompansasyon filtreleri denir. Amaç çok farklı zayıflama değerlerine sahip kesimlerden oluşan bir bölgenin radyografisinde, x-ışınının miktarını kalınlığa göre ayarlayarak her kesimi en iyi şekilde görüntüleyebilmektir. Kompansasyon filtreleri amaca uygun kalınlık ve şekildedir.

Örneğin akciğerde kullanılan kompansasyon filtreleri arka-ön göğüs röntgenogramında ortası ince, yan göğüs röntgenogramında arkası kalın kama şeklindedir.

İstenmeyen radyasyon

X-ışınları tüpleri istenmeyen radyasyonu absorbe etmek amacıyla kurşun bir zarf içerisine konmuştur (haube). Haubeden geçen radyasyona sızıntı radyasyonu ("leakage radiation") adı verilir. Bu değer, tüpten 1m uzakta 1mGy/saat (100 mR/saat)'ten fazla olmamalıdır. Tüpten çıktıktan sonra madde ile karşılaşarak yön değiştiren x-ışınlarına saçılma radyasyonu denir. Saçılma radyasyonunun miktarı hastadan 1m mesafede, hastaya gelen ışının yaklaşık % 0.1'i kadardır. Sızıntı ve saçılma radyasyonlarına başıboş ("stray") radyasyon adı verilir.

Tüp verileri

Tüpe verilen elektrik enerjisinin sadece %1 kadarı x-ışınına dönüşür, geriye kalanı ısıya çevrilir. Bir ekspojur süresince tüpte depolanan ısı enerjisinin miktarına tüp yüklenmesi denir. Tüp yüklenmesinin miktarı, tüp voltajına, voltajın dalga formuna, tüp akımına, ekspojur süresine ve ekspojur sayısına bağlıdır.

Tüp voltajı (V) ve akımı (I) sabit olmak koşuluyla, saniye ile ifade edilen ekspojur süresinde (t) enerji depolanması joule olarak V.I.t formülü ile hesaplanır. Bu şekilde hesaplanan ısı kapasitesi birimi ısı ünitesi'dir ("heat unit"- HU). 1 HU=0.74 J, 1J = 1.35 HU'dir. Trifaze jeneratörlerde bu değeri 1.35, sabit potansiyel jeneratörlerde 1.40 ile çarpmak gerekir. Voltaj sabit değilse, enerji yüklemesinin joule olarak hesabı karmaşık hale gelir.

Floroskopide x-ışını çıkışı devamlı olduğu için HU/sn değeri hesaplanır: (HU/sn = kVp.mA). Anot yüksek ısılarda daha hızlı soğur ve floroskopide genellikle ısının yüklenmesi ve soğuma arasında bir denge oluşur.

Tüp yüklenmesinin en önemli belirleyicisi tüpün güç üretim hızıdır ("rating"). Bir tüpün "rating"i 0.1 sn'lik ekspojur süresinde azami müsade edilebilir kilovat (kW) ile ifade edilir. Örneğin "rating"i 80 kW (80.000W) olan bir tüp, 80 kVp - 1.000 mA değerlerinde en fazla 0.1 sn'lik bir ekspojuru tolere eder. Tipik bir x-ışını tüpünün ratingi 5-100 kW arasındadır.

Tüpün yüklenmesinde tüpün hiçbir komponentinin aşırı ısınmasına meydan verilmemelidir. Radyografide tüpün yüklenmesi, tipik olarak büyük fokal spotta 80-100 kW, küçük fokal spotta 20 kW'tır. Tüpü ısıtmadan x-ışını çıkışını artırmak için büyük foküs seçilir veya ekspojur süresi uzatılır. Tüpün güç üretimi, fokal spot boyutu, anotun çapı, dönüş hızı ve ısıya dayanıklılığı ile doğru, anot açısı ile ters orantılı olarak artar.

Tüpün yüklenmesi tüp karakteristikleri göz önününe alınarak değişik şekillerde seçilebilir. Ekspojur süresince tüp akımının sabit kaldığı şekle devamlı yüklenme ("continuous load") denir. Bu ekspojur şeklinde süre uzun ve ekspojur değerleri görece olarak düşüktür. Ekspojur süresini kısaltmak için tüp akımı, tüpün yüklenme sınırları göz önüne alınarak önce yüksek tutulur, daha sonra düşer. Başlangıç yüklenmesi ("initial load") veya azalan yüklenme ("falling load") denilen bu şekilde ekspojur süresi kısalır, hareketin etkisi en aza indirilir.

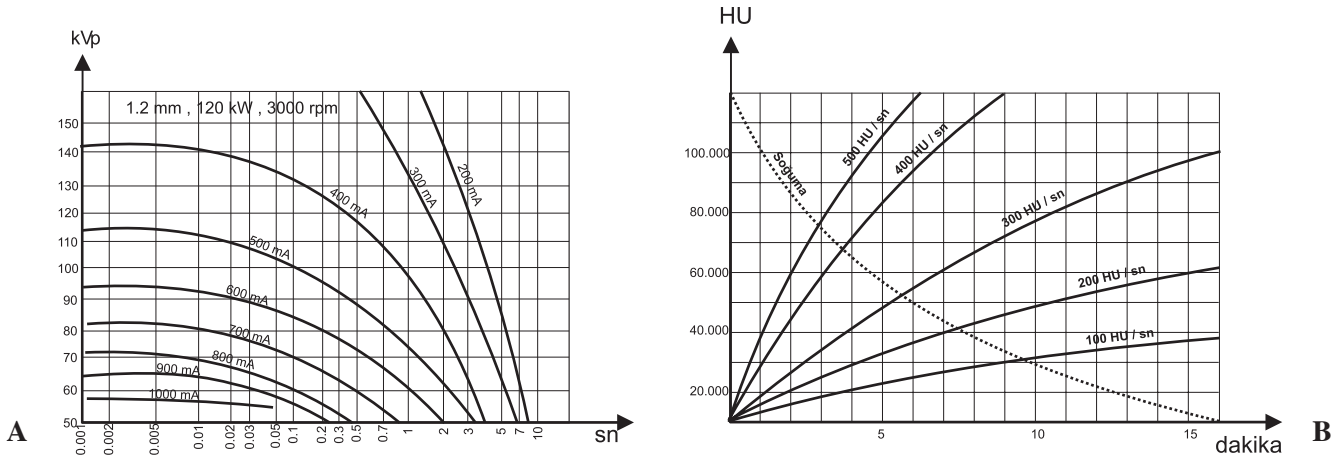
Tüpün performans verileri tüpün üzerinde firmanın ismini izleyen sayı ve harf dizini şeklinde verilir. Örneğin bir tüpün üzerinde yazan 150/40/80 HC-100 dizgesinde 150 azami tüp voltajını (jeneratörün verebileceği en yüksek gerilim değerini), 40 ve 80 küçük ve büyük foküslerin azami yüklenme kapasitelerinin 40 ve 80 kW olduğunu gösterir. HC tüpün iç dizayn özelliklerini gösteren firmaca verilmiş kodlamadır. 100 ise döner anotun çapının milimetre değeridir.

Tüpten ısı atımı

Tüpler ısıyı etkin bir şekilde atacak yapıda imal edilmiştir. Modern anotlar disk şeklinde yuvarlaktırlar ve ısı yüklenmesini geniş bir alana dağıtmak amacıyla yüksek hızla (3-10 bin devir/dakika (rpm)) dönerler.

Isı fokal spottan radyasyon yoluyla tüpün haubesine, iletim yoluyla anota yayılır. Radyasyon ısı kaybında temel yoldur. Tüpler elektrik izolasyonu ve ısı kaybına yardım amacıyla genelde yağ içerisine gömülüdürler. Yağ aracılığı ile ısı kaybı konveksiyon (sirkülasyon) yolu ile olur. Tüpe bağlı vantilatörler ısı kaybına yardımcı olur.

Çok sayıda radyografi yapmak veya BT de veri toplama ("acquisition") süresini uzatmak tüpün aşırı ısınmasına neden olur. Foküs halkasının hasarlanmadan tolere edebileceği ısı miktarı 2000 C derece civarındadır. Azami anot ısı yüklenmesine maruz kalan bir tüpün tekrar kullanılmadan önce dakikalarca soğumasını beklemek gerekir. Floroskopi ve anjiografi tüpleri 2.5 MHU, tomografi tüpleri ise 8 MHU ısı depolama kapasitesindedir. Straton tüplerinde soğuma hızı 4.7 MHU/dakika gibi çok yüksek değerlerde olduğundan



Şekil 1.31 A. 120 kW'lik bir tüpte 1.2 mm foküste anod dönüş hızı 3000 devir/dk. iken tüp "rating" haritası. Seçilecek mA değerinin kVp/zaman grafiğinde tolere edilebilirlik sınırlarını gösteriyor. B. Anod termal karakteristik haritası. Eğriler, saniyede ısı kaybı değerlerini HU olarak gösteriyor. Örneğin tüp 400 HU/sn değerinde yaklaşık 9 dakika çalışabilir.

yüksek ısı depolama kapasitesine gereksinim duyulmaz.

Tüpün anota hasar vermeyecek şekilde çalışabilmesi için ekspojur ölçütleri, tüp "rating" haritaları ve anot termal karakteristik haritalarına göre seçilir (Şekil 1.31). Tüp "rating" haritalarında kVp'ye karşı süreyi gösteren grafiklerde farklı mA değerlerinin eğrilerine bakarak karar verilir. Tüpün yüklenmesinin üst sınırı bu haritalardan belirlenerek, ekspojur değerleri ve işlemin süresi kararlaştırılır.

Tüpün ısı durumu anot ısısı doğrudan ölçülerek izlenebilir. Günümüzdeki dijital teknoloji sayesinde tüpler yüklenmeye karşı otomatik devre kesicileri ile korunur. Tüp yüklenmesini hesaplayan bilgisayar, tüpün soğuma özelliklerine göre gerekli hesaplamayı yaparak gerekli ekspojur aralığını belirler.

X-IŞINI DEMETİNİN KARAKTERİSTİKLERİ
(x-ışını spektrumu)

X-ışını genellikle kalite, kantite ve ekspojur değerleri ile ifade edilir. Kalite, ışının penetrabilitesini tanımlar ve HVL ile gösterilir. Kantite demetdeki foton miktarıdır. Ekspojur ise fotografik bir terimdir ve bir çekimde kullanılan x-ışını demetinin toplam enerjisini gösterir ve kalite ve kantite ile ilişkilidir. Bu değerlere ekspojur verileri veya görüntüleme ölçütleri adı verilir.

X-ışını demetinin niceliği (kantitesi)

Üretilen x-ışınının miktarı (kantite) intensite ile tanımlanır ve x-ışını demetindeki foton miktarını gösterir (*intensite aslında, enerji akışının birimidir ve enerji demetine dikey bir santimetrekare alandan bir saniyede geçen enerji miktarı olarak tanımlanır ve birimi Joule'dur*). İntensite jeneratörün tipi, ışının filtrasyonu ve ışının katettiği mesafeden etkilenir.

Monofaze jeneratörler, trifazelerden daha düşük voltaj üretir, dolayısıyla çıkan ışının kantite ve kalitesi düşüktür. Jeneratör çıkış gücü (P), kV ve mA'in çarpımı ile hesaplanır ve kW ile ifade edilir:

$$\mathbf{P\ (kW) = k.\ kV.\ mA}$$

k: dalga şekliyle değişen sabite

"k" değeri 1 ve 2 puls jeneratörlerde 0.74, 6 puls olanlarda 0.95, 12 puls veya multipuls jeneratörlerde ise 1 civarındadır.

Anotun atom numarası arttıkça frenleme radyasyonunun miktarı ve karakteristik radyasyonun enerjisi artar. Konvansiyonel radyografideki ekspojur sınırlarında, tungsten anotta oluşan x-ışınının yaklaşık %10'u karakteristik radyasyondur.

X-ışınının miktarının temel belirleyeni filaman akımıdır. Filaman akımı arttıkça tüp akımı artar. Tüp akımı, mA ve ekspojur süresinin çarpımı (mAs) ile doğru

orantılıdır. Miliamper değerini iki katına çıkarmakla saniyeyi iki katına çıkarmak aynı etkilere sahiptir. mAs değerini iki katına çıkarmak üretilen x-ışını miktarını iki katına çıkarır ancak enerji spektrumunu değiştirmez. Üretilen x-ışının miktarı kVp değeri ile de artar. Bu artış $kVp^{1.5}$ oranındadır; ancak bu durumda x-ışının kalitesi de artar, yani üretilen x-ışını spektrumunun şekli değişir.

Topuk etkisi: Radyografide kullanılan tipik enerji seviyelerinde, anotta oluşan x-ışını her yöne eşit şekilde (izotropik) dağılır. X-ışını sadece anot yüzeyinde değil, anotun tüm kalınlığınca meydana gelir. Bu durumda çıkan ışının bir bölümü çıktığı anot materyalinin içinden geçmek durumundadır. Yüksek atom numaralı anot materyali bu ışınların bir kısmını tutar. Işınların geçtiği yolun uzunluğu daha fazla olduğu için bu tutulma anot tarafında daha fazladır (Şekil 1.32). Sonuçta x-ışını demetinin katot tarafına göre anot tarafındaki kesiminin intensitesi azalır. Bu olaya topuk etkisi adı verilir. Topuk etkisinin derecesi anot açısına, fokus-film mesafesine ve ışın alanının boyutuna bağlıdır. Açı ve mesafe arttıkça, ışın alanı küçüldükçe topuk etkisi azalır.

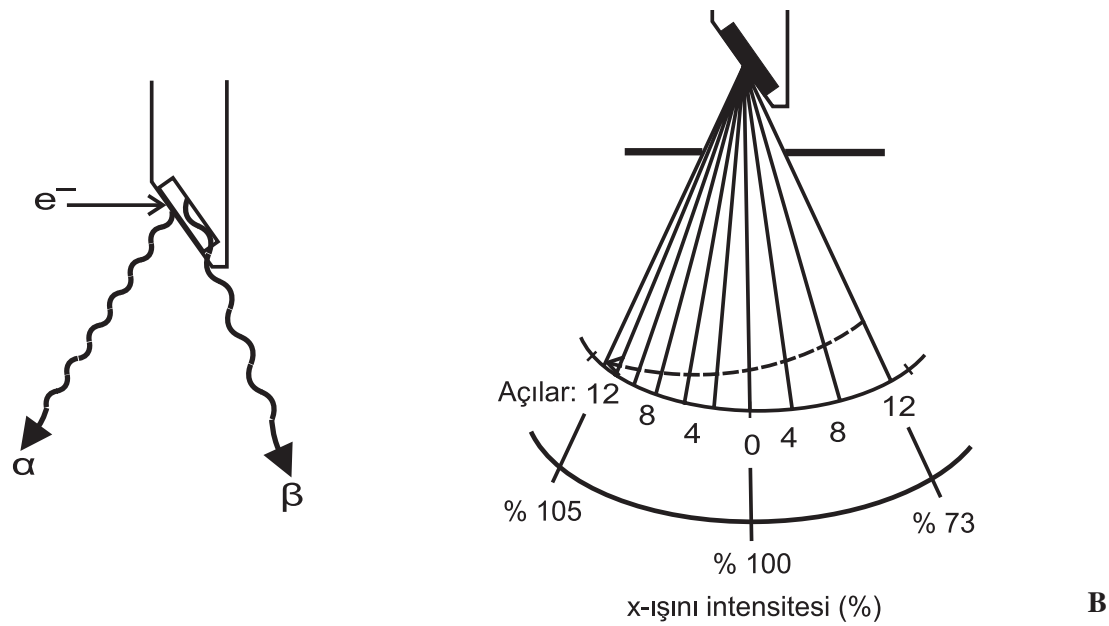
Topuk etkisi, lumbosakral bölgenin yan projeksiyonunda olduğu gibi bazı çekimlerde bir avantaj olabilir. Kalın kesim katot tarafına getirilirse, görüntüde doğal bir ışın dengelenmesi ortaya çıkar. Mamografi tüpleri, katot tarafı daha kalın olan göğüs duvarı tarafında olacak şekilde üretilerek bu etkiden yararlanılır.

X-ışını demetinin niteliği (kalitesi)

Kalite, üretilen x-ışının etkin foton enerjisidir ve hastayı penetre etme yeteneğini gösterir. Tanısal radyolojide kullanılan x-ışını demeti polikromatiktir, farklı enerjideki fotonlardan oluşur. X-ışını demetinin kalitesini spektrumun etkin x-ışını enerjisi belirler. Etkin x-ışını enerjisi spektrumdaki azami foton enerjisinin 1/3'ü ile 1/2'si arasındadır. Pik voltajın (kVp) artırılması x-ışınının miktarını, pik enerjisini ve ortalama enerjisini artırır. Işın demetinin kalitesinin artması ile ortalama foton enerjisi ve dolayısıyla penetrasyon gücü artar.

Yüksek kaliteli ışın demeti daha monoenerjitiktir ve daha fazla yüksek enerjili foton içerir. Aynı kVp ile üretilen ışın demetlerinden yüksek kaliteli olanı ile daha iyi görüntü elde edilir ve hasta daha az ışın alır.

Pik voltajı %15 artırmak film dansitesi üzerinde mAs'ı iki katına çıkarmakla eşit etkiye sahiptir. Örneğin tüp voltajı 65'den 75 kVp'e çıkarıldığında filmin kararması mAs'ın iki misline çıkarılmasındaki kararmaya eşittir. Voltajın dalga formundaki küçük dalgalanmayı (fluktuasyon, "ripple") azaltmak, orta-



Şekil 1.32 Topuk etkisi A. Anod tarafındaki ışınlar (β) anod materyali içerisinde daha uzun bir yol alırlar; dolayısıyla soğurulma oranları artar. B. Topuk etkisinden dolayı ışın demetinin anod tarafında intensite düşer.

lama foton enerjisini dolayısıyla ışın demetinin kalitesini artırır. Tüp filtrasyonunu artırmak da, düşük enerjili fotonlar demetten alınacağı için, ışın demetinin kalitesini artırır (ışın sertleşmesi), ancak foton sayısı azalacağından kantite düşer.

X- ışının kantitesi yaklaşık olarak Z (anot) x $kVp^{1.5}$ x mAs formülü ile orantılıdır. Kalitesi kVp, jeneratör dalga şekli ve tüp filtrasyonu ile ilişkilidir. Anot materyalinin atom numarası (Z), x-ışını demetindeki karakteristik radyasyonun enerjisini belirlediğinden, kaliteyi etkiler. Ekspojur ise x-ışını demetinin kalite ve kantitesinin her ikisini de etkiler. Radyografide kVp değişikliğini kompanse etmek için mAs'ı kVp oranının 5. kuvveti kadar artırmak gerekir; çünkü kVp kantite, kalite ve penetrasyonu belirlerken mAs sadece kantiteyi belirler.

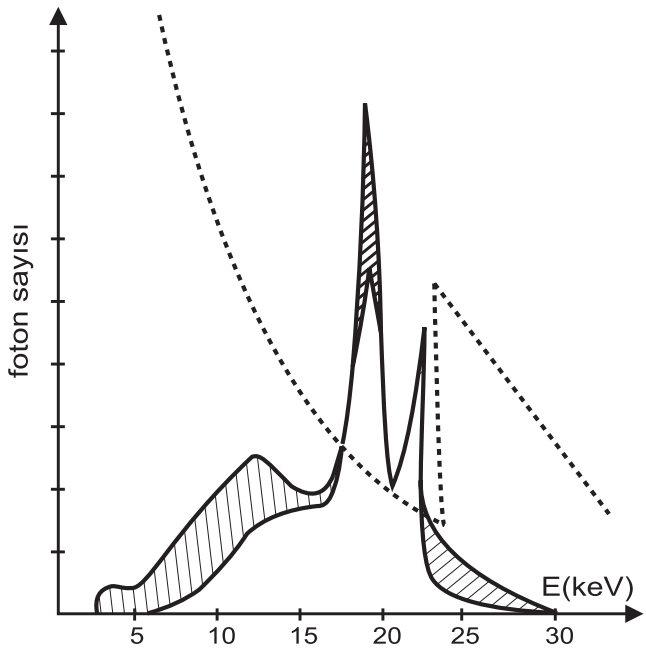
Mamografide x-ışını spektrumu

Meme dokusunu görüntülemede, subje kontrastını optimize eden x-ışını enerji seviyesi yaklaşık 20 keV dir. Daha yüksek değerler subje kontrastını düşürür; düşük değerlerde penetrasyon azalır ve hastanın aldığı doz artar.

Karakteristik radyasyonları mamografi için uygun enerji seviyesinde olduğundan, anot materyali olarak molibden ve rodyumun her ikisi de kullanılır. Molibdenin karakteristik radyasyonu 17.9 ve 19.5 keV, rodyumun ise 20.2 ve 22.7 keV enerjisindedir. Bu değerleri elde edebilmek için tüpün pik voltajı bu değerlerin üzerinde (tipik olarak 25-34 kVp) olmalıdır.

Molibden filtreler (30 μm kalınlığında), molibdenin k-enerji seviyesi olan 20 keV değerinin üzerindeki frenleme radyasyonunun çoğunu tutar. Bu fraksiyonun demetten alınması subje kontrastını düzeltir. Molibden filtreler aynı zamanda çok düşük enerjide olan ve hastanın aldığı dozu artırmaktan başka işe yaramayan fraksiyonu da tutar. Demette en az tutulan enerji seviyesi molibdenin karakteristik radyasyon pikleridir. Bu tür filtrelere "edge" filtreler adı verilir (Şekil 1.33). Bu tür filtrelemedeki fizik prensip, anot materyalinin k-yörünge seviyesine kadar olan (yaklaşık 21 keV) enerjideki fotonları enerjileri ile ters orantılı olarak tutması, bu değerde ani ve yüksek bir soğurulma piki ("k-edge") göstermesidir.

Rodyum anotlarda yüksek enerjili bremstrahlung radyasyonları tutmak için rodyum filtreler kullanılır. Bu anotlardan çıkan molibdene göre biraz daha yüksek enerjili x-ışınları, kalın ve dens meme dokusunu daha iyi penetre eder.



Şekil 1.33 Mammografide molibden filitrenin "edge" filitre özelliği. Taramalı alanlar filtrenin tuttuğu enerjideki kesimleri gösteriyor.

X-IŞININ SAÇILMASI VE ÖNLENMESİ

Saçılma radyolojide istenmeyen bir olaydır, çünkü subje kontrastını düşürür. İster analog ister dijital olsun tüm röntgen sistemlerinde, hastayı geçerken saçılan ışınlar görüntü kalitesini bozar. Saçılmada en büyük neden Compton saçılmasıdır. Saçılma filmi karartır ancak görüntüye bir katkısı yoktur.

Saçılma (S) x-ışınının enerjisi ve objenin genişliği ve kalınlığı ile artar. Film üzerine düşen saçılmış fotonların hastaya gelen primer fotonlara (P) oranı (S/P) 5/1'e kadar çıkar; şişman olguların karın radyografisinde bu oran 6'ya çıkar.

Saçılma görüntünün kontrastını belirgin olarak düşürür. Saçılmanın sıfır olduğu şartlarda iki komşu yapı arasındaki kontrast farkı (C_0), iki yapının foton geçirme farklılığı (A, B) ile belirlenir.

$$C_0 = A - B / A$$

Saçılma şartlarında ise kontrast (C) aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$C = C_0 \times (1 + S / P)^{-1}$$

$(1 + S / P)^{-1}$ = kontrast redüksiyon faktörü

Düşük voltajda fotoelektrik etkinin fazla olması nedeniyle soğurulma fazla, Compton saçılması azdır. Voltajın azaltılması ile penetrasyon da azalır ve hastanın aldığı doz artar; bu nedenle saçılmayı azaltmak için voltajın azaltılması pratik bir yöntem değildir. Pratikte saçılmayı önlemek için başlıca 3 yöntem vardır: 1) Baskı ile incelenen kesimin kalınlığını azaltmak (kompresyon), 2) Kolimasyonla ışınlanan alanın boyutunu küçültmek ve 3) Saçılan ışınları tutan bir ızgara (grid) kullanmak veya hava aralığı bırakarak saçılan ışınların filme ulaşma olasılığını azaltmak.

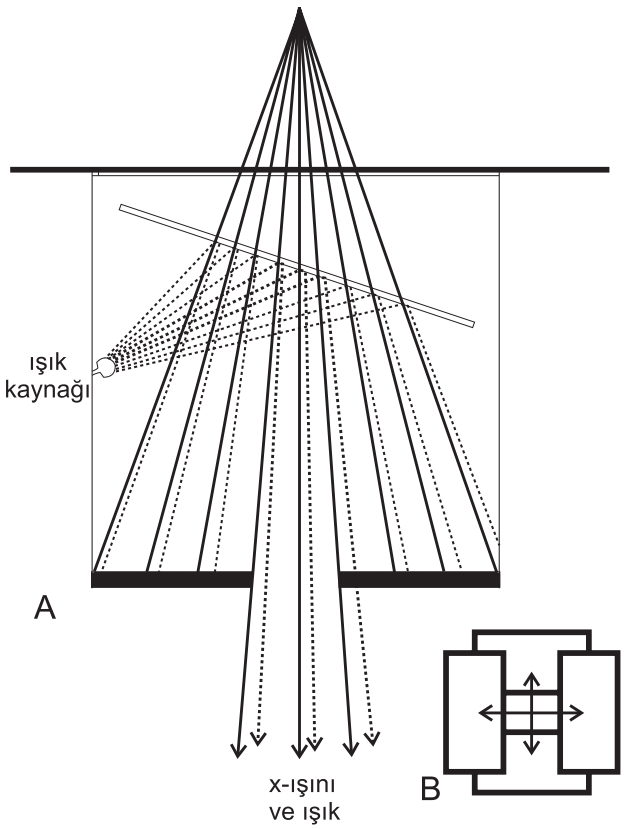
Bu yöntemler içerisinde saçılmaya karşı en etkili ve pratik yol, saçılmayı önleyen grid kullanmaktır. Gridle beraber kolimasyon yapılır ve mümkün olan durumlarda hasta kalınlığı baskı ile azaltılır.

Dokunun kalınlığını azaltmak (kompresyon)

Dokunun kalınlığının azalması x-ışınının doku içerisinde katetedeceği yolun da azalması demektir. Bu durumda karşılaşacağı atom sayısı azalacak ve dolayısıyla saçılma olasılığı da azalmış olacaktır. Baskının saçılmayı azaltmak için standart olarak uygulandığı alan mamografidir. Mamografide memenin kalınlığı çok inceltilebilirse, saçılma çok azalacağından grid kullanımına gerek kalmaz. Şişman hastalarda karına baskı uygulanarak kalınlık azaltılabilir.

Kolimasyon

Hastaya gönderilen x-ışını demetini sınırlama işlemidir. Tüpün çıkışına takılan kutu şeklinde düzeneklerle (kolimatör) yapılır (Şekil 1.34). Sınırlanan alanın şekli genellikle dört köşedir. Işıklı kolimatörlerde sınırlama, kolimatör içerisindeki ışığın rehberliği ile yapılır. Hastanın üzerine düşen ışığın alanı, x-ışını düşecek alanı gösterir. Bu alanın boyutu kolimatörün ağzında-ki her iki yöne hareketli kurşun plakalarla ayarlanır. Pozitif demet sınırlayıcı kolimatörler ise ışın demetinin boyutunu dedektör (örneğin kaset) boyuna göre otomatik olarak ayarlar. Bazı modern radyografi aygıtlarında gridin önünde, kasetin boyutuna göre otomatik olarak ayarlanan kurşun levhalarla bir kolimasyon daha yapılır. Böylece hastadan saçılan radyasyonun film üzerine gelmesi önlenmiş olur.



Şekil 1.34 Kolimatör. A. İç görünümü B. Kolimatör açıklığını ayarlayan kurşun plakaların alttan görünüşü.

Floroskopi ünitelerinde kolimasyon incelenecek alana göre otomatik yapılır, ancak elle bu alanı değiştirmek mümkündür. Kolimasyon ışınlanan alanı daraltır, saçılmayı ve hastanın aldığı dozu azaltır; görüntü kontrastı artar. Kolimasyonla floroskopik görüntünün kenarlarındaki boş alandan geçen ışına bağlı gözü alan parlama ortadan kaldırılır.

Birçok floroskopi sisteminde, kenar veya kama filtreler de denilen eşitleme (kompansatuar) filtreleri vardır. Bu filtrelerle tüpten çıkan ışın, kolimasyona ek olarak şekillendirilir. Kısmen radyolüsent olan bu filtrelerle kenarlardaki boş alanlardan gelen çok fazla x-ışınının parlamaya neden olan kesimi azaltılarak video kameraya giden ışık eşitlenir ve ABC sisteminin daha etkin çalışması sağlanır. Eşitleme filtreleri amaca göre şekillendirilmiş kurşun-lastik veya kurşun-akrilik yapraklardır.

Gridler

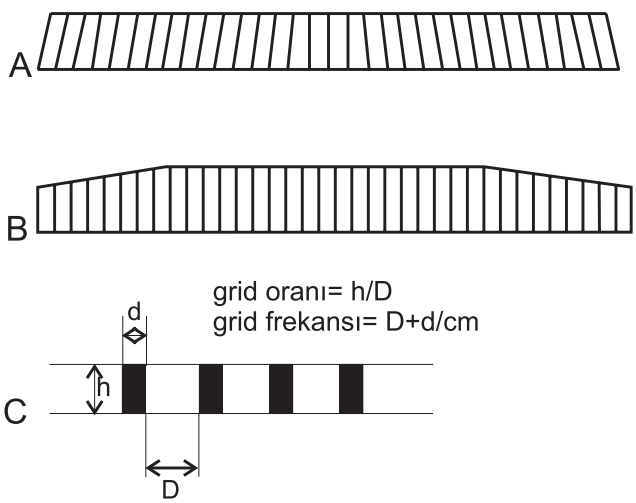
Gridler, hasta ile kaset arasına yerleştirilirler. Birbirine paralel çubuklardan oluşan bir ızgaradır. Çubuklar,

x-ışınını tutan kurşun ya da benzeri bir maddeden yapılmıştır. Çubukların araları alüminyum gibi zayıflama değeri düşük bir maddeyle doludur.

Grid çubukları, ya tam paralel (lineer) veya tüpe doğru eğimli (konverjan, foküse) şekilde dizilirler (Şekil 1.35). Paralel gridlerde kenarlar, gelen ışının yol aldıkça dağılması (diverjansı) nedeniyle daha fazla ışın tutabilir. Bunu önlemek için grid çubuklarının boyları kenarlarda kısaltılmıştır.

Işının diverjansına uyum sağlamanın diğer bir yolu foküslü grid kullanmaktır. Foküse gridlerde çizgiler foküse doğru eğimlidirler. Böylece gridin çevresindeki grid çizgilerinin primer ışınları tutmaları engellenmiş olur. Böyle bir gridin tam işlev görebilmesi için tüpün foküsünün grid çizgilerinin konverjansının merkezinde olması gerekir; aksi takdirde kenardaki çizgiler yine primer ışınları engeller. Bu tür gridler kullanılırken, gridin foküs mesafesinde olmasına ve doğru yönde, doğru merkezlenerek yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Gridin yanlış yerleştirilmesi grid kesmesi ("cutoff") artefaktı denilen, röntgenogramların kenarlarında ışının geçememesine bağlı yeteri kadar kararmamaya neden olur.

Bu çubukların birbirine dik olarak yerleştirilmesiyle çapraz gridler elde edilir. Çapraz grid çubukları da paralel veya foküse olabilir. Çapraz olmayan gridler bir yöndeki saçılmayı, çapraz gridler ise her iki yöndeki saçılmayı engeller. Diğer gridlerle, tüpe çizgileri yönünde eğim vererek radyografi yapılabilir, çapraz gridlerde bu olanak yoktur; tüpe eğim verilirse grid kesmesi artefaktları ortaya çıkar.



Şekil 1.35 Grid. A. Paralel grid, B. Foküse grid, C. Grid ölçümleri.

Gridlerin bazıları hareketlidir ve ekspojur süresince hızlı salınım yapar. Harekete bağlı olarak grid çizgilerinin gölgesi görüntü üzerinde yayılır ve görülmez. Bu gridlere tasarlayanın adından dolayı Bucky de denir. Ekspojur süresinin 0.1 sn'den az olduğu durumlarda bucky'nin hareket hızı yetersiz kalır ve röntgenogramlarda grid çizgileri görülür. Bu nedenle kısa ekspojur süreleri ile çalışılan durumlarda bucky kullanılmamalıdır.

Grid oranı, çubuk yüksekliğinin ara mesafeye oranıdır. Grid oranları 6: 1, 8: 1, 10: 1, 12: 1, 16: 1 ve 17: 1 değerlerindedir. Genel amaçlı kullanımlarda 10: 1 ve 12: 1 grid oranları tercih edilir. Birim mesafedeki çubuk sayısına (aralık ile çubuk kalınlığının toplamı) da çubuk çizgi dansitesi (grid frekansı) denir. Bu değer 25-80 çizgi/cm arasındadır. Pratikte gridler bu özellikleri ile tanımlanırlar. Örneğin "Pb 17/70; f_0 150" dizini ile tanımlanan bir gridin, çizgilerinin kurşundan (Pb) yapıldığı, grid oranının 17: 1, grid frekansının 70 ve foküs mesafesinin 150 cm olduğu anlaşılır. Foküs mesafesinin grid oranı ve grid frekans değerlerine göre değişen alt ve üst sınırları vardır.

Hareketli gridlerde 12/1 grid oranı ve 30 çizgi/cm'lik grid frekansı tipik bir değerdir. Sabit gridlerde bu oranlar düştükçe, foküsleme ve merkezleme yetersizlikleri daha iyi tolere edilir. Radyogramlar üzerinde grid çizgilerinin görülmemesi için grid frekansı yüksek olmalıdır. Bu husus dijital röntgende önemlidir, düşük olursa aliasinge neden olur. Grid frekansı 60 ve daha üstü olan gridlere "multi-line" gridler denir. Bu gridlerin çizgileri röntgenogramlarda görülmeyeceği için hareket etmesine gerek yoktur.

Gridlerin görevi saçılmayı önlemektir. Gridsiz çekilen şişman bir olgunun karın röntgenogramında, röntgenogram üzerindeki kararmanın yaklaşık % 80'i saçılan fotonlar tarafından oluşturulur. Grid kullanıldığında bu oran yaklaşık % 25'lere düşer. Bir gridin saçılmayı önleme derecesi bucky faktör ile belirtilir. Bucky faktör, gride gelen radyasyonun geçen radyasyona oranıdır ve film üzerinde aynı kararmayı oluşturan gridli ekspojur değerinin, gridsiz ekspojur değerine bölünmesi ile elde edilir. Bu değer 2-6 arasındadır. Saçılmanın önlenmesi görüntünün kontrastını artırır. Bunun derecesi de kontrast düzelme faktörü ile ifade edilir. Kontrast düzelme faktörü gridli kontrastın gridsiz kontrasta oranıdır ve tipik değeri 2'dir. Grid oranı ve frekansı arttıkça bu iki değer de artar. Aynı oranlardaki çapraz gridlerin değerleri, paralel ve foküse gridlere göre daha yüksektir. Bu faktörler arttıkça hastanın aldığı doz ve tüpün yüklenmesi de artar.

Gridler genellikle 12 cm'den daha kalın vücut parçalarının radyografisinde ve 70 kVp'nin üzerindeki voltajlarda kullanılır; ekstremite radyografisinde saçılma ihmal edilebilecek düzeyde olduğu için genellikle kullanılmaz. Yatağında yapılan radyografilerde grid kullanmak zordur; saçılmayı en aza indirmek için genellikle düşük kVp kullanılır. Böyle durumlarda ön kapaklarına sabit gridler monte edilmiş gridli kasetler de kullanılabilir.

Mamografide primer ışına göre saçılma fraksiyonu (S/P) 0.6-1.0 arasındadır. Genel radyografiye göre bu oran düşük olsa da görüntü kontrastını dikkate değer oranda düşürür. Saçılma meme kalınlığı ve pik voltaj arttıkça artar. Gridler saçılmayı azaltır, ancak hastanın aldığı dozu yaklaşık 3 kat artırır. Sıkıştırılan meme dokusu çok ince ise bazen grid kullanılmayabilir.

MM'de normalde hareketli grid kullanılır. Ara madde olarak alüminyumdan daha geçirgen olan karbon lifleri tercih edilir. Grid frekansı 30-60 çizgi/cm arasındadır, tipik grid oranı 4: 1 veya 5: 1 dir. Ayrıca meme incelemelerine özel yüksek geçirgenlikli hücresel (HTC) gridler geliştirilmiştir. Bunlardaki foküse hücresel yapı her iki yöne de saçılmayı azaltır ve gridin yapısı nedeniyle destek görevi gören ara madde gereksinimini ortadan kaldırır. Bu da daha fazla radyasyonun dedektöre ulaşmasını sağlar.

Floroskopide kullanılan gridler genellikle 6: 1 – 10: 1 oranındadır. Gridli çalışmada hastanın aldığı doz %50 oranında artar. Küçük alanla çalışıldığında, incelenen kesim ince olduğunda ve kayıt sistemi ile obje arasında yeteri kadar mesafe bulunduğunda gride gerek duyulmayabilir. Bazı floroskopi ünitelerinde grid kolayca kaldırılabilirken diğerlerinde çıkarmak çok zor, hatta imkânsızdır.

Hava aralığı ("air gap") tekniği

Saçılmayı önlemenin daha az kullanılan bir yöntemidir. Bu yöntemde film ile obje arasında belirli bir mesafe bırakılır. Bu durumda saçılan radyasyonun filme ulaşma olasılığı azalır. Röntgen filminin hastadan uzaklaştırılması magnifikasyona neden olur. Magnifikasyon daha fazla x-ışını üretimi gerektirir, bu da fokal spot boyutunu büyüterek bulanıklığı artırır.

Hava aralığı tekniği bazen göğüs radyografisinde kullanılır. Uzun foküs-obje mesafesi (3 m) fokal spot boyutundan kaynaklanan keskinlik kaybını kompanse eder ve magnifikasyonu en aza indirir.

X-IŞINLARININ SAPTANMASI

X-ışınları, eksitasyon ve iyonizasyon oluşturma özelliklerinden yararlanılarak saptanır. Eksitasyonda ultraviyole veya görülebilir ışık meydana gelir. Bu ışık daha sonra elektronlara çevrilir. İyonizasyonda ise x-ışınının etkisi ile doğrudan elektronlar ortaya çıkar.

İyonizan ışınla karşılaştığında ışık yayan maddelere sintilatör denir. Üzerine ışık ve/veya ışın fotonu düştüğünde elektron salan yapılara ise fotodiod adı verilir. Fotodiodlar yarı-iletken ("semiconductor") dedektörlerdir.

Bir dedektör ve kendisine bağlı elektronik aksamı bir dedektör sistemi oluşturur. Bir dedektör sistemi iki şekilde çalışabilir; puls modu ve akım modu. Puls modunda dedektörün saptadığı her sinyal ayrı ayrı işlenir, akım modunda ise toplanarak bir akım sinyali şekline getirilir.

Sintilatörler

Bazı maddeler iyonizan ışınla karşılaştığında ultraviyole ve/veya görülebilir ışık yayar. Bu maddelere sintilatör adı verilir. Sintilasyon olayı, radyolojik görüntü oluşturmanın temel öğesidir. Görüntülemede kullanılan dedektörler, sintilatörler ve sintilatörlerde ortaya çıkan ışığı elektronlara çeviren gereçlerin kombinasyonudur. Yükseltici ekranlarda, dijital radyografideki birçok dedektörde, floroskopide, gama kameralarda, BT aygıtlarının çoğunda ve PET'de hastayı geçen ışınlar sintilatörlerle ışığa çevrilir.

Radyolojide kullanılacak sintilatör materyalinin, absorbe ettiği enerjiyi ışığa çevirim oranının yüksek olması gerekir. Absorbe ettiği enerjinin yüksek olması için ise atom numarası ve dansitesi yüksek olmalıdır. Birçok organik ve inorganik madde sintilatör özelliği gösterir. Atom numaraları ve yoğunlukları görece düşük olduğu için organik maddelerin x-ışınını soğurulma değerleri düşüktür. Radyolojide inorganik sintilatörler kullanılır.

İnorganik sintilatörler kristal yapısındadırlar. Kristal yapısına ilave edilen eser miktardaki elementlerle sintilasyon etkinliği artırılır. Böyle ilave edilen maddelere aktivatör adı verilir. Radyolojide kullanılan sintilatörler aktivatörleri ile birlikte Tablo 1.7'de gösterilmiştir.

Sintilatörlerde ortaya çıkan ışık karanlığa adapte bir göz ile görülebilir. Uygulamada bu sinyali yükselten birçok yöntem kullanılır. Ekran-film radyografisinde röntgen filmi sinyali yükselterek kaydeder. Fotomultiplier tüpleri (PMT), fotodiodlar ve görüntü yükselti-

Tablo 1.7 Radyolojide kullanılan inorganik sintilatörler

Sintilatörün adı	Kullanım alanı
Kalsiyum tungstad: $CaWO_4$	Yükseltici ekran (artık kullanılmıyor)
Gadolinium oksisülfit: Gd_2O_2S (Tb)	Yükseltici ekran
Sezyum iyodür: CsI (Tl)	Dolaylı TFT dedektör
Sezyum İyodür: CsI (Na)	Görüntü yükselticinin giriş fosforu
Çinko kadmiyum sülfit: ZnCdS (Ag)	Görüntü yükselticinin çıkış fosforu
Kadmiyum tungstad oksit: $CdWO_4$	BT dedektörü
Sodyum iyodür: NaI (Tı)	Gama kamera dedektörü
Bizmut germenat (BGO): $Bi_4Ge_4O_{12}$	PET

ciler de bu sinyali yükseltirler. Birçok fotodiod sinyali yükseltmez; böyle durumda sinyalin yükseltilmesi elektronik olarak yapılır. Bir sintilatör ile sintilatörde oluşan ışığı elektriğe çevirecek PMT gibi bir çevirici, birlikte bir sintilasyon dedektörünü oluşturur.

Eksite elektronları tutan sintilatörler: Bu tür sintilatörlerde eksite edilen elektronlar eski konumlarına dönebilmek için ayrı bir enerjiye gereksinim duyarlar. Termoluminesans olayında bu enerji ısıdır, ışıkla uyarılabilir ("photostimulable") fosforlarda (PSP) ise laser ışınıdır. PSP, dijital luminesans radyografisindeki görüntü plaklarında kullanılır.

Işığın elektrik sinyaline çevrilmesi

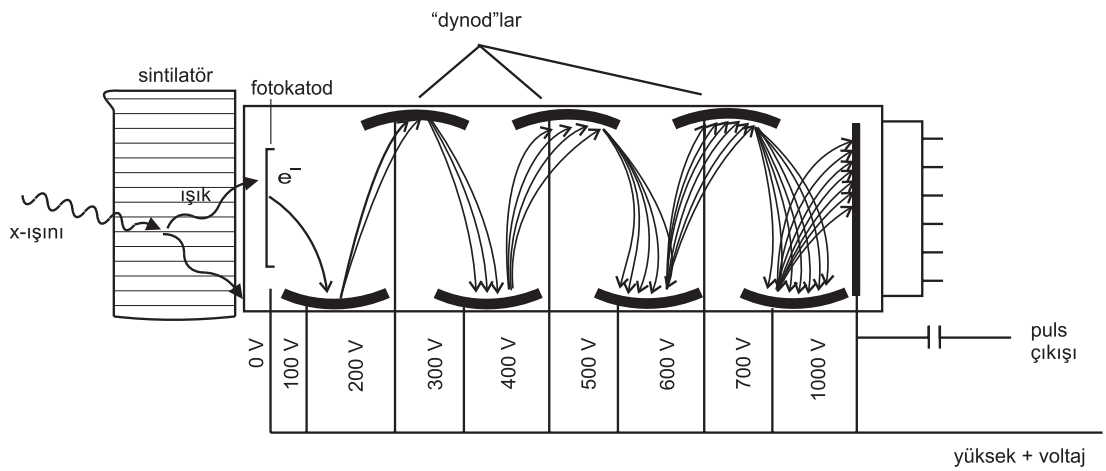
PMT: PMT'lerin iki işlevi vardır: ışık fotonlarını elektrik sinyallerine çevirmek ve elektrik sinyalini milyon-milyar defa yükseltmek. Aygıt havası alınmış bir cam tüp içerisindeki fotokatot, "dynode" adı verilen 10-12 tane eletrod ve katotdan oluşur (Şekil 1.36).

Çok ince bir elektrod olan fotokatot PMT'nin giriş penceresindedir. Üzerine ışık düştüğünde elektron yayar. Yaklaşık 5 ışık fotonu bir elektron salınmasına neden olur. Dynodlar tüpün içerisinde her iki yana sıralanmışlardır. Katot ile anot arasına 1000 V kadar bir gerilim uygulanır. On dinodlu bir PMT'de ilk dinod 100, ikicisi 200, üçüncüsü 300... ve sonuncusu 1000 volt gerilim taşır. Katotun gerilimi sıfır olduğundan katotta oluşacak bir elektron ilk dinoda 100 voltluk bir gerilimle çekilir ve elektronun kinetik enerjisi 100 keV olur. Bu enerji ile dinoda çarpan bir elektron yaklaşık 5 elektron oluşturur. Son dinoda kadar bu şekilde devam eden yükseltme olayı sonucu bir elektron yaklaşık 10 milyon elektrona yükseltilmiş olur. PMT'ye uygulanan voltaj artırılırsa yükseltme oranı artırılabilir.

Fotodiodlar: Işığı elektrik sinyaline çeviren yarıiletken diodlardır. Işık, intensitesi ile orantılı olarak elektrik akımına çevrilir. Sintilasyon dedektörlerinde bazen PMT'lerin yerine kullanılırlar. PMT'lerden daha fazla elektrik gürültüsü üretirler, fakat daha küçük ve daha ucuzdurlar. Fotodiodların çoğu sinyali çoğaltmaz.

Yarı-iletken ("semiconductor") dedektörler

Yarı-iletkenler kristal yapısındadırlar. En sık kullanılanları silikon ve germaniumdur. Fluoresans olayında gördüğümüz gibi kristallerin elektronları birbirlerinden yasak alanlarla ayrılmış enerji bantları içerisinde bulunur. Bu bantlardan en dıştakine iletken bant, onun altındakine de etek bantı veya her zaman dolu olduğu için dolu bant adı verilir. Bu iki bant arasında, genişliği kristalin iletkenliğine göre değişen bir enerji aralığı (yasak enerji aralığı, yasak bölge) vardır.



Şekil 1.36 Sintilasyon dedektörü : Sintilatör ve fotomultipler tüp (PMT).

Bakır gibi iletken maddelerde gevşek bağlı elektronlar iletken banta geçer ve orada serbestçe hareket ederek maddenin iletkenliğini sağlar. Yarı-iletken ve yalıtkanlarda ise iletken bantı boştur. Yarı-iletkenlerde etek bantındaki elektronlar iyonizan radyasyon, görülebilir veya ultraviyole ışık veya ısı ile iletken bantına çıkabilir ve madde iletken hale gelir. Yarı-iletkenlerle yalıtkanlar arasındaki fark yasak enerji aralığının, yalıtkanlarda 5 eV'dan yüksek (yaklaşık 10 eV kadar), yarı-iletkenlerde ise 1 eV kadar dar olmasıdır. Bu nedenle yalıtkanlarda iletken bant her zaman boştur.

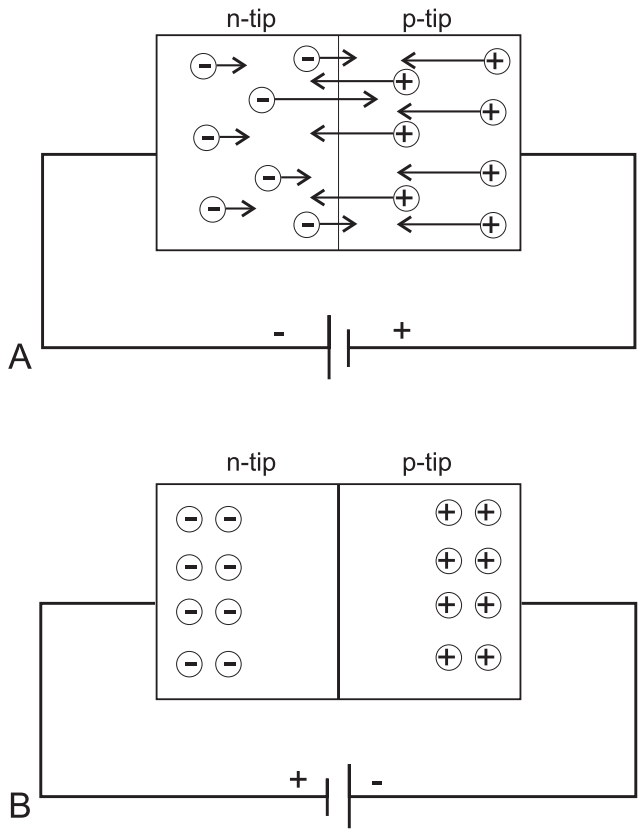
Yarı-iletkenlerde uyaranlarla iletken banta çıkan elektronların bıraktığı boşluk, pozitif bir öğe gibi davranır. Bu durum iyonizan ışının gazlarda oluşturduğu iyon çiftlerine benzer. Oluşan elektron-boşluk çifti, iyon çiftlerinde olduğu gibi bir elektrik devresi ile saptanabilir.

Yarı-iletkenlerde oluşan elektron-boşluk çifti çok azdır ve bu nedenle ölçülmesi zordur. Böyle yarı-iletkenlere bazı maddeler ilave edilerek elektron ve boşluk sayısı artırılabilir. Yarı-iletkenin elektron kaynağı olan bir madde eklenmiş parçasına n-tipi madde, boşluk kaynağı olan bir madde eklenmiş parçasına ise p-tipi madde denir. Yarı iletkenin bu iki şekli bir sınır oluşturacak şekilde yan yana getirilir ve n-tipi tarafına pozitif, p-tipi tarafına negatif akım verilirse elektronlar ve boşluklar iki maddenin sınırından uçlarına doğru çekilir. Böyle bir yapıya "reverse-biased" yarı-iletken diod adı verilir (Şekil 1.37).

Bu şekildeki bir yarı-iletken diod üzerine düşen ışık veya iyonizan ışın fotonları, etek bandındaki elektronları iletken banda yükselterek elektron-boşluk çiftleri oluştururlar. Uygulanan gerilim nedeniyle ortaya çıkan elekronlar anota doğru hareket eder ve anlık bir elektrik akımı meydana gelir. Bu akım dioda çarpan fotonun oluşturduğu sinyaldir ve çarpan fotonun enerjisi ile orantılıdır.

Fotodiodlar ışık ve/veya ışın fotonlarını elektrik akımına çeviren yarı-iletken diodlardır. Sintilatör bir madde ile kombinasyonu BT'de ve yassı-panel dedektörlerde kullanılır. Isı da elektronların iletken banta çıkmasına neden olduğundan, yarı iletken diyotlar radyolojide kullanılırken nitrojen ile soğutulmalıdır.

Yarı-iletken dedektörlerin maliyetleri yüksektir. Atom numaralarının düşük (Ge: 32, Si: 14) olması nedeniyle kuantum saptama etkinlik değerleri de düşüktür. Bu eksikliklerinin yanı sıra soğutma zorunluluğun da olması nedeniyle radyolojik görüntülemede sık kullanılmaz. Son zamanlarda atom numarası yüksek ve oda sıcaklığında çalışabilen kadmiyum çinko tellürid (CZT) gibi maddeler üzerinde çalışılmaktadır.



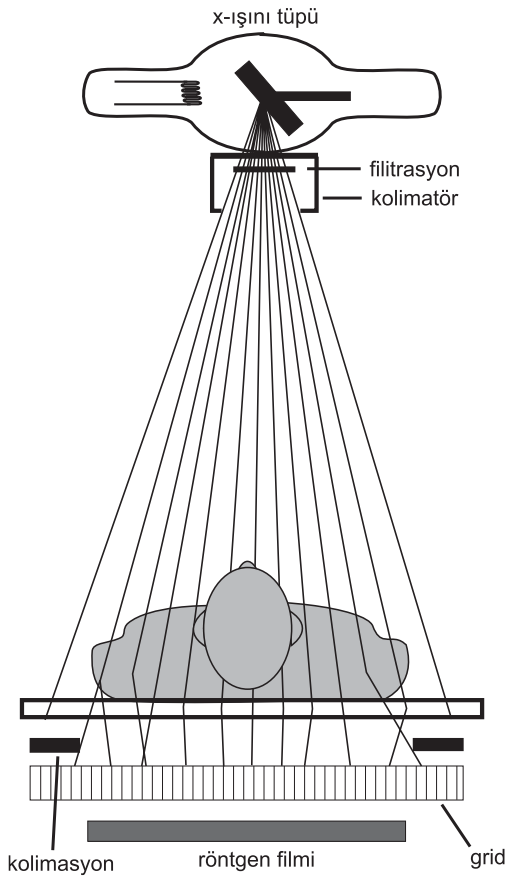
Şekil 1.37 Yarı iletken diod. A. Dioda uygulanan akımda p-tipi madde tarafı pozitif olduğunda akım geçer ("forward bias"). B. Tersine bir akım uygulandığında yüklü partiküller her iki uca çekilir ve akım geçmez ("reverse bias"). Bu konumda iken üzerine düşen x-ışınlarının ortaya çıkaracağı elektronlar pozitif tarafa çekilerek saptanabilir. Bu şekliyle diod, gaz dedektörlerin analoğu solid yapıda bir iyon odası gibi davranır ve solid dedektör olarak kullanılır.

RADYOGRAFİ

Görüntü kaydı yükseltici ekranlar arasına yerleştirilmiş röntgen filmi üzerine yapılır. Bu şekildeki analog radyografik görüntüleme sistemine ekran-film radyografisi adı verilir. Bu bölümde ekran-film radyografisi anlatılacak dijital radyografi ilgili bölümde gözden geçirilecektir.

Radyografi aygıtları

Radyografi aygıtlarının değişik amaçlara göre üretilmiş şekilleri vardır. Bunların içerisinde en yaygın olarak kullanılanı ve en bilinenleri genel amaçlı radyografi ve taşınabilir radyografi aygıtlarıdır. Genel amaçlı



Şekil 1.38 Radyografi aygıtının şeması.

radyografi aygıtlarının iş yükünün büyük bölümünü göğüs ve iskelet radyografileri oluşturur. Böyle bir aygıt klasik olarak hastanın yatarak incelenebileceği bir masa ile hareketli bir röntgen tüpü taşıyıcısından ibarettir (Şekil 1.38). Hasta masasının üstü x-ışınları için geçirgen ve hastayı taşıyacak kadar da sağlam olmalıdır. Karbon lifi bileşikleri bu iki amaca uygundur. Masaya bir kaset taşıyıcısı ve onun hemen üzerine de bir grid monte edilmiştir. Modern aygıtlarda bu iki yapı arasına, otomatik ekspojur kontrolünün reseptörleri yerleştirilmiştir. Röntgen tüpü yere veya tavana bağlı tüp taşıyıcılarına monte edilmiştir ve her pozisyona uyacak şekilde hareketlidir. Bazı radyografi ünitelerinde kaset taşıyıcı ve tüp birbirine bağlı şekilde hareket eder. Bunlara U veya C kollu radyografi aygıtları denir. Modern dijital aygıtlarda görüntü kayıt taşıyıcısı tüpten bağımsız olarak her yöne doğru hareket edebilir yapıdadır. Genel amaçlı radyografi odalarında genellikle duvara monte edilmiş ayrı bir kaset taşıyıcısı (örneğin akciğer statifi) bulunur.

Tomografi: Tomografinin sözlük anlamı kesit görüntü oluşturmadır. Röntgenogramlarda, x-ışını kaynağı ile film arasındaki objenin tüm kalınlığı tek düzlem üzerinde iki boyutlu olarak görülür. X-ışınının geçtiği yol üzerindeki yapıların görüntüleri üst üste düşerek (süperimpozisyon, süperpozisyon) araştırılan lezyonun görülmesini engeller. Örneğin akciğerdeki pnömonik konsolidasyonlar bir kavitenin görüntüsünü örtebilir. Tomografi, bu üst üste düşmenin görüntüyü engellemesini önlemek amacıyla geliştirilmiştir.

İşlemin esası, istenen düzlemdeki görüntülerin net, üzerine düşen yapıların kenarlarının bulanıklaştırılarak seçilemez hale getirilmesidir. Bunun için görüntülenecek düzlem merkez alınarak tüp ve kaset, ekspojur süresince birbirine bağlı olarak karşıt yönlerde hareket ettirilir. Böylece merkezlenen düzeydeki görüntü net olarak film üzerinde belirirken, alt ve üst düzeydeki yapılar film üzerinde farklı yerlere düşeceğinden bulanıklaşarak görülmez hale gelir.

Bu işlem, radyografi aygıtlarındaki tüpün, kaset taşıyıcısına bir kolla bağlanması ile yapılır. Karşıt hareketin merkezi, kesit düzlemini, hareketin genişliği kesit kalınlığını belirler. Tüp ve kaset karşıt yönlerde ne kadar uzağa giderse, diğer bir deyişle, hareketin açısı ne kadar fazla olursa kesit o kadar ince olur. En sık kullanılan bu yönteme *Lineer (çizgisel) tomografi* adı verilir. X-ışını kaynağı, kaset ve hatta hasta değişik şekillerde hareket ettirilerek birçok tomografi yöntemi geliştirilmiştir. BT, MR, SPECT ve US gibi diğer tomografik yöntemlerden ayırmak için yönteme *konvansiyonel tomografi* adı verilir. Konvansiyonel tomografi, BT'nin kliniğe girmesi ile günümüzde hemen hemen terkedilmiştir.

Mamografi aygıtları: Memenin incelenmesi için üretilmiş radyografi aygıtlarıdır. Aygıt tüm meme dokusunu görüntüleyebilecek şekilde yapılandırılmıştır. Düşük kilovoltajda (15-35kVp) çalışır. Homojene yakın bir x-ışını demeti üretebilmek için anot materyali molibden ve/veya rodyumdur. Uzaysal çözümlemesi en yüksek olan radyografi yöntemidir.

Taşınabilir röntgen aygıtları: Hastaya yatağında radyografi yapan ünitelere taşınabilir (portabl) röntgen adı verilir. Küçük boyutlu, görece olarak düşük kW gücündedirler. Tekerlekli olan bu aygıtlarda tüp makinenin üzerindedir. Makinede kayıt gerecini taşıyıcı bölüm yoktur.

KAYIT GERECİ (ekran-film-kaset)

Yükseltici ekran (ranforsatör)

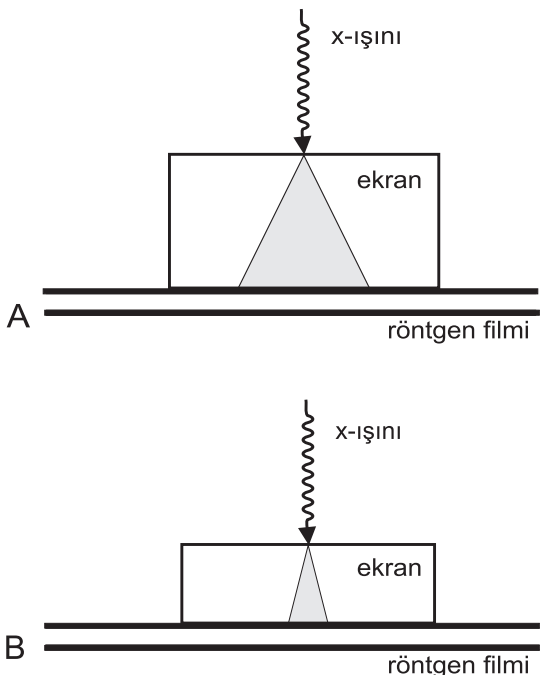
Yükseltici ekran, üzerine düşen x-ışını enerjisini görülebilir ışığa çevirir. Ekran yaprakları röntgen filmini

ışıktan koruyan kasetlerin iç yüzeylerine yapıştırılmıştır. Kaset, içerisindeki ekran ve filmle birlikte sistemin kayıt gerecidir. Film üzerindeki kararmanın çok azı (% 5) doğrudan x-ışınının etkisiyle, büyük bölümü (% 95) bu ışıkla oluşturulur. Film üzerinde oluşan görüntü röntgen banyosu dediğimiz bazı kimyasal solüsyonlarla açığa çıkarılır.

Yükseltici ekranlar, x-ışınlarını görülebilir ışığa çeviren gereçlerdir. Poliester bir destekleyici taban üzerine homojen olarak sürülmüş 2-10 μm kalınlığındaki fosfor tabakasından ibarettir. Üzerine x-ışını düştüğünde ışık yayan tüm maddelere genel bir isim olarak fosfor adı verilir. X-ışını fotonlarını absorbe eden fosfor, çok fazla sayıda ışık fotonu yayar. Bu açıdan bakıldığında, yükseltici ekranlar x-ışını enerjisini ışığa çeviren radyografik transdusırlardır.

Ekranlar gerekli mAs değerini düşürerek hastanın aldığı dozu yaklaşık 50-100 kat azaltırlar. Kısalan ekspojur zamanı tüpün yükünü azaltır ve hareketten kaynaklanan kenar bulanıklığını da engeller, ancak ekran kullanımı ile uzaysal çözümleme düşer (Şekil 1.39).

Ekranlar, üzerlerine düşen x-ışınını önce soğurur, daha sonra ışığa çevirir. Soğurulma etkinliği (quantum tutma etkinliği -QDE), bir ekranın soğurulma yüzdesidir ve en yüksek değeri % 30 dur. Bu değer ekranın duyarlılığını (hızını) belirler ve ekranın kalınlığı ile artar; ancak kalınlığın artması ışığın katedeceği mesafenin de artmasına, dolayısıyla dağılmasına neden olur. Işığın bu şekilde yanlara dağılması görüntüde bulanıklık oluşturur, uzaysal çözümleme düşer.



Şekil 1.39 Yükseltici ekran: A. Kalın B. İnce. Ekranın kalınlığı arttıkça ışığın, filme ulaşana kadar ekran içerisinde aldığı yol da artar ve daha fazla dağılır. Işığın bu şekilde dağılmasına bağlı olarak objelerin kenar bulanıklığı artar, uzaysal çözümleme düşer.

Çevirim etkinliği, absorbe edilen x-ışın enerjisinin ışık enerjisine çevrilen yüzdesini ifade eder. Ekran doğrusal özellik gösteren bir gereçtir; x-ışını enerjisini hep aynı oranda ışığa çevirir. Emülsiyon tabakasının arkasına yansıtıcı bir yüzey konursa çarpan ışık fotonlarının filme dönmesi sağlanabilir. Böyle bir uygulama ile filmin kararması artırılmış olur; ancak hastayı geçen x-ışını foton sayısında artma olmaz. Filmdeki kararmanın bu şekilde yapay olarak artırılması gürültü oranını da artırır.

Bir yükseltici ekranın etkinliği yükseltici faktör ile ifade edilir. Bir röntgen filmi üzerinde belirli bir dansiteye (kararmaya) ulaşmak için gerekli olan ekransız ekspojur değerinin, ekranlı ekspojur değerine oranına yükseltici faktör denir. Bu faktör ekranın soğurulma ve çevirim etkinliğine bağlıdır ve tipik olarak değeri 30-50 arasındadır. Ekranın yükseltme faktörü arttıkça ekran bulanıklığı artar, çözümleme düşer. Alınan doz yükseltme faktörü ile ters orantılıdır.

Ekran materyali: Soğurulma ve çevirimde temel mekanizma fotoelektrik soğurulmadır. Soğurulmayı artırmak için atom numarası yüksek maddeler kullanılır. 1970 yılına kadar ekranlardaki fosfor maddesi kalsiyum tungstat ($CaWO_4$) idi. Tungstenin k-yörüngesinin bağlanma enerjisi 69.5 keV'dir. Bu değer radyografide kullanılan ortalama foton enerjisine kıyasla yüksektir. Örneğin 100 kVp ile yapılan bir radyografide ortalama foton enerjisi 40 keV civarındadır. Dolayısıyla bu ekranların soğurulma değeri düşüktür.

Günümüzde ekranlarda fosfor olarak nadir yer elementleri kullanılır. Bu ekranlar daha yüksek soğurulma etkinliğine (yaklaşık % 30) sahiptirler, çevirim etkinlikleri de daha yüksektir. Terbium (Z: 65) aktivatörlü Gadolinium (Z: 64) oksisülfit (Gd_20_2S: Tb) yeşil ışık, lanthanum (Z: 57) oxybromid (LaOBr) ve $CaWO_4$ ise mavi ışık yayarlar. Gd_20_2S: Tb'un çevirim etkinliği % 15; $CaWO_4$'ünki ise %5'dir.

Bir ekranın yaydığı ışığın dalga boyu (λ) ve rengi ile kullanılan filmin duyarlılığı birbirine uymalıdır (spektral uyum). Konvansiyonel filmler ultraviyole ve mavi ışığa, ortokromatik filmler ise yeşil ışığa duyarlıdır.

Tablo 1.8 Yükseltici ekranların hızları ve özellikleri

Hızları	Gerekli doz (µGy)	Yükseltici faktör	Çözümleme gücü (çç/mm)
100 (detay)	10	1/2	4.0-7.5
200 (standart)	5	1	3.4-5.5
400 (yüksek hızlı)	2.5	2	2.8-4.6
800 (çok yüksek hızlı)	1.25	4	2.4-3.8

Mamografi ekranlarında nadir yer elementleri, örneğin terbiyum aktivitörlü gadolinyum oksisülfit (Gd_2O_2S: Tb) kullanılır. Kaset içerisinde tek ekran vardır ve ekranın arkasına ışığın dağılmasını önleyerek çözümlemeyi artırmak amacıyla ışık absorbe ediciler yerleştirilmiştir. Mamografide, düşük enerjili x-ışınları kullanıldığı için ekranlarının soğurulma etkinlikleri %70'e kadar çıkabilir.

Ekran-film hızı: Hız terimi burada, film kararması ile ekspojur arasındaki ilişkiyi tanımlar. Hız yerine ekran duyarlılığı da (duyarlılığı) denir. Aynı kararmaya daha az ekspojur değeri ile ulaşan ekran-film daha hızlıdır. Hız arttıkça ekspojur azalır. Ekran-film sisteminin hızı birlikte değerlendirilmelidir. Kullanılan filmler pratikte değiştirilmez, değiştirilen ekrandır. Bu nedenle pratikte genellikle ekranın hızından bahsedilir (Tablo 1.8).

Normal şartlarda ekspoze ve banyo edilmiş bir filmde, baz+fog değerinin üzerinde 1optik dansite (OD) derecesinde kararma sağlayan ekspojur değeri 5 µGy ise, o ekranın hızı 200 kabul edilir. Hız değerleri 50-800 arasındadır. Hızı 50 olan ekranlar alınan ışın dozu fazla olduğu için kullanılmamaktadır. Ekranın soğurulma ve çevirim etkinliği arttıkça hız artar. Bir ekran-film takımının hızı söylenirken hem ekran hem film tanımlanmalıdır.

Yüksek hızlı ekranlar genellikle daha kalındırlar ve uzaysal çözümleme değerleri düşüktür. Uzaysal çözümlemeleri yüksek olanlara detay ekranlar denir. Detay ekranları daha ince ve dolayısıyla daha yavaştır. Hızlı ekranlar kontrastlı sindirim borusu çalışmalarında ve şişman hastalarda karın radyografisinde, yavaş olanlar ise ekstremite incelemelerinde kullanılır.

Röntgen filmi

Analog radyografi, radyografik görüntüleri oluşturmak, göstermek ve depolamak için röntgen filmi kullanır. Film yaklaşık 150-200 μm kalınlığında poliester (mylar) bir destek baz üzerine sürülmüş, gümüş halid kristalleri (AgBr, AgI,) taşıyan emülsiyondan ibarettir. Emülsiyon tabakasının kalınlığı yaklaşık 0.03-0.04 mm'dir. Genel amaçlı röntgen filmlerinde emülsiyon iki taraflıdır. Emülsiyon tabakası plastik baz üzerine ince bir yapıştırıcı tabaka ile tutunur. Diş filmleri gibi ekransız kullanılan filmlerde emülsiyon tabakası 0.08 mm gibi iki misli kalınlıktadır. Emülsiyonun üzeri koruyucu bir tabaka ile kaplanmıştır. Mamografide reseptör bulanıklığını azaltmak için tek taraf emülsiyonlu film kullanılır. Film, kasete emülsiyonlu yüzey ranforsatöre temas edecek şekilde yerleştirilir.

Film üzerine düşen fotonlar gümüş halid kristallerinde, moleküler seviyede değişiklik oluşturur. Özel kimyasal solüsyonlarla açığa çıkarılabilen bu değişikliklerin haritasına latent imaj denir.

Gümüş halid (iodobromide) kristalleri (%95 AgBr, %5 AgI), film üzerine emülsiyon şeklinde homojen olarak sürülmüştür. Bu kristaller tipik olarak 1μm büyüklüğündedir ve her birinde 10^6-10^7 gümüş atomu bulunur. Bir santimetre karede yaklaşık 10^9 kristal vardır. Kristal yapısında çok az bulunan AgS aktivatör görevi yapar. Kristalde Ag içerde Br ve I dışarıda olacak şekilde yerleşmişlerdir. Ag'nin dışarıda olduğu kesimler görüntünün oluşmasını sağlar ve senstivite beneği adını alır (Şekil 1.40).

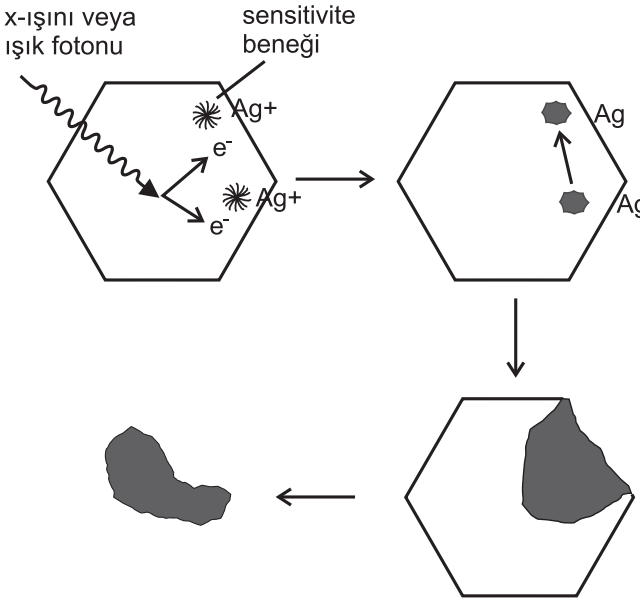
Bir kristalin uyarılabilmesi için bir x-ışını fotonu veya birçok ışık fotonu gerekir. Film emülsiyonuna ulaşan fotonlar kristallerdeki gevşek bağlı elektronları koparır. Bu elektronlar duyarlılık beneğindeki gümüşü redükte eder:

$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$$

Redükte gümüş atomu, kendisi gibi redükte olmuş gümüş atomlarını çevresine toplar. Bu odaklara latent imaj merkezi denir. Latent imaj merkezi oluşabilmesi için 3-5 redükte Ag atomu gerekir. Latent imaj merkezleri röntgen banyosu ile genişler ve kristalin tüm atomları redükte olur. Görüntü 1-5 µm boyutlarındaki bu gümüş noktacıklarından oluşur.

Görüntünün ortaya çıkarılması: Film banyosu

Film banyo işlemi ile görülemeyen latent görüntü, kalıcı görüntüye çevrilir. Bunun için film, önce elektron sağlayan redükte edici bir sıvı (developer, I. banyo) içerisine konur. Bir noktadan sonra redüksiyon olayı durdurulmalı ve kalan halid kristalleri film üzerinden



Şekil 1.40 Gümüş halid kristalinde sensitivite beneğindeki gümüş x-ışın fotonlarının ortaya çıkardığı elektronları alarak redükte olur ve çevresine kendisi gibi redükte gümüş atomlarını toplayarak latent imaj merkezleri haline gelir. Ag atomları, redükleyici bir kimyasal solüsyonun varlığında (I.banyo) redüksiyonun artmasını sağlayan katalizör görevi yapar. Developmanın tamamlanmasından sonra ekspoze gümüş halid kristali siyah gümüş noktacığı haline gelir.

alınmalıdır. Bunun için film ikinci bir solüsyon (fikser, II. banyo) içerisine konur. Eskiden elle yapılan bu işlemler (el banyosu), günümüzde otomatik banyo makinaları tarafından yapılmaktadır. Bu makinalarda film merdaneler arasından ilerletilerek bu solüsyonların bulunduğu tanklardan geçirilir ve kurutularak çıkarılır. Banyo işleminin tümü tipik olarak 90 sn sürer. Bu sürenin yaklaşık 25 sn'si I. banyo, 21 sn'si II. banyo süresidir, geriye kalan 44 sn'si ise yıkama ve kurutma içindir. I. banyonun ısısı tipik olarak 31°-35° arasındadır.

I.banyo (developer), alkali bir solüsyondur. Görevi ortama serbest elektron sağlayarak latent imaj merkezlerindeki gümüş iyonlarını redükte etmektir. Redükte gümüş film üzerindeki siyah gümüş noktacıklarını yapar. Developman olayı kimyasal bir çoğaltma (amplifikasyon) olayıdır ve amplifikasyon faktörü 10^9 kadardır. Ekspoze olmamış kristaller de develope olurlar, ancak bu işlemin hızı çok yavaştır.

Filmin hızı, kontrastı, baz ve fog seviyeleri, developerin kimyası ve ısısından etkilenir. Developerin ısısını ve/veya süresini artırmak, filmin kontrastını, dansitesini ve aynı zamanda fogu artırır. Kaliteli görüntü elde etmek için gerekli olan en önemli hususların başında developman işlemi gelir.

I. banyodan çıkan film, II. banyoya girmeden önce temiz su ile yıkanır. Bu işlemin amacı film üzerindeki kimyasal solüsyon artıklarını temizleyerek developmanı durdurmak ve developer artıklarının II. banyoyu bozmasını önlemektir.

II. banyo solüsyonunda, filmdeki developmanı durduran asetik asit vardır. Burada ekspoze olmamış gümüş halid kristalleri film üzerinden alınır. II. banyo görüntüyü sabit hale getirir ve ışığa karşı duyarsız kılar. II. banyonun yetersiz olması filmin bulanık bir görünüm almasına neden olur. Film II. banyodan sonra, üzerindeki kimyasal artıkların temizlenmesi için tekrar yıkanır ve ısı ile kurutulur. Banyo artıklarının tam olarak temizlenmemesi filmin kısa zamanda sararıp kahverengileşmesine neden olur.

Kirli, yüzeyleri düzensiz ve ayarsız merdaneler film üzerinde çizgiler oluşturur veya diğer artefaktlara neden olur. Statik elektrik de film üzerinde belirgin artefakt oluşturur. Film banyo işleminin sürekli kalite kontrolü yapılmalıdır. Bu amaçla developerin ısısı ölçülür ve belirli bir intensitedeki ışıkla ekspoze edilmiş filmin dansitesi ve kontrastı sensitometre ile izlenir.

Mamografi filmleri göreceli olarak tek yüzlü kalın emülsiyonlu filmlerdir, dolayısıyla banyo makinası artefaktlarına daha duyarlıdırlar. Bu nedenle sadece mamografi için yapılmış hassas makinalar kullanılmalıdır. En iyi film banyosunu sağlamak ve devam ettirmek için mamografide daha sıkı bir kalite kontrol programı gerektirir.

II. banyo solüsyonlarında biriken gümüş tekrar kullanılmak amacıyla toplanır.

Ekspoze filmin değerlendirilmesi

Banyo işleminden sonra film üzerinde ortaya çıkan gri tablo, hastayı geçerek filme ulaşan x-ışınının örneğini verir. Kararma filme ulaşan foton miktarı ile doğru orantılıdır. Kararma dansitometri ile ölçülür ve ölçütü optik dansitedir (OD). Optik dansite film üzerine düşürülen ışığın (I_0) geçen ışığa ($I_{t)}$ oranıdır:

$$\mathbf{OD = \log_{10} (I_0 / I_t)}$$

(*Logaritmik cetvel geniş dansite farklılıklarını küçük bir cetvel ölçeği ile açıklamamızı sağlar. Gözün parlaklığa fizyolojik cevabı da logaritmiktir.*)

Ekspoze bir filmin optik dansitesi film üzerine gelen ışığın, filmi geçen ışığa oranının doğal logaritmasıdır. Örneğin film üzerine gelen ışık 100 geçen ışık 10 ise OD (100/10 = 10; Log10 = 1) 1, geçen ışık 1 ise OD (100/1 = 100; Log100 = 2) 2 olur.

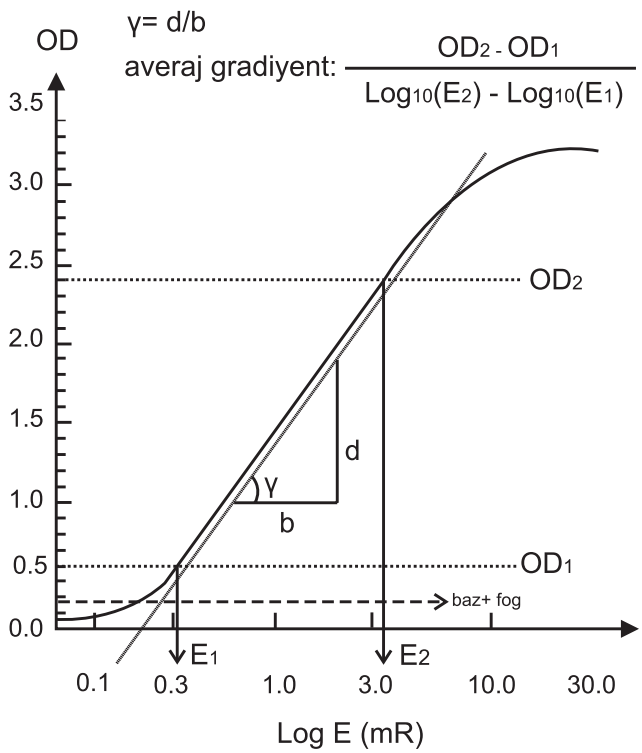
OD değeri yüksek film, kararması artmış film demektir. Bu tanım röntgenogramları değerlendirirken kullanılan dansite teriminin tam tersidir ve birbiri ile karıştırılmamalıdır. Transmittans ise ekspoze edilmiş filmin ışık geçirgenliğidir ve filme gelen ışığın filmden geçen kesimi ile ifade edilir (I_t / I_0). OD arttıkça transmittans azalır. Bir filmin OD'si 0.3 (%50 transmittans) ile 2.0 (%1 transmittans) arasında olmalıdır; 2.2'nin üzerindeki dansitelerde filmi incelemek için parlak ışık kaynağı gereklidir. Ekspoze bir filmin OD değeri en fazla 3.5 olabilir. Mamogramların en uygun optik dansitesi 1.5-2.0 arasındadır; bu değer konvansiyonel radyografidekinden yüksektir. Bunun nedeni en iyi film kontrastının yüksek dansite değerlerinde elde edilmesidir.

Ekspojur değerleri ile filmin OD'si arasındaki ilişkiyi karakteristik eğri gösterir. Bu eğri, 1890 yılında ilk tanımlayan Hurter ve Driffield'in isimlerinden dolayı H-D eğrisi olarak da bilinir. Eğrinin ortası düz, alt ve üst kesimleri eğimlidir (Şekil 1.41). Alttaki yatay kesim eğrinin baş parmak ("toe") kesimidir ve düşük ekspojur bölgesini gösterir. Bu kesim sıfır noktasından değil 0.16-0.24 arasındaki bir seviyeden başlar. Bu seviyeye baz-fog seviyesi denir ve ekspojur olmadan filmde ortaya çıkan OD değeridir. Tüm önlemlere rağmen filmin çok az da olsa kendiliğinden kararmasına bağlıdır. Tüllenme ("veil") de denilen bu kararmanın nedeni filmin üzerindeki birkaç kristalin kendiliğinden develope olması (fog) ve kaçınılmaz olarak çok az da olsa ışığa maruz kalması (baz) olarak açıklanır. Üstteki yatay kesim ise omuz ("shoulder") bölgesi adını alır ve yüksek ekspojur alanını tanımlar.

Ortadaki düz kesimin eğimine ortalama eğim (averaj gradiyent) denir. Bu kesim eğri üzerindeki belirli iki nokta (OD1 = 0.25 + baz + fog, OD2 = 2.0 + baz + fog) arasındadır.

Eğimi: **OD2-OD1/Log10 (E2)-Log10 (E1)** formülü ile gösterilir.

Bu bölgenin azami eğimine film gama adı verilir ve dikliği gama açısı ile gösterilir. Karakteristik eğri film-banyo ikilisinin subje kontrastına verdiği cevabı gösterir. Film banyosu bu eğrinin şekillenmesinde önemli bir etkendir. Eğri, filmin hızını, kontrast ayırabilme yeteneğini ve görüntüye çevirebildiği x-ışını enerji aralığını (dinamik reync, "lattitude") gösterir.

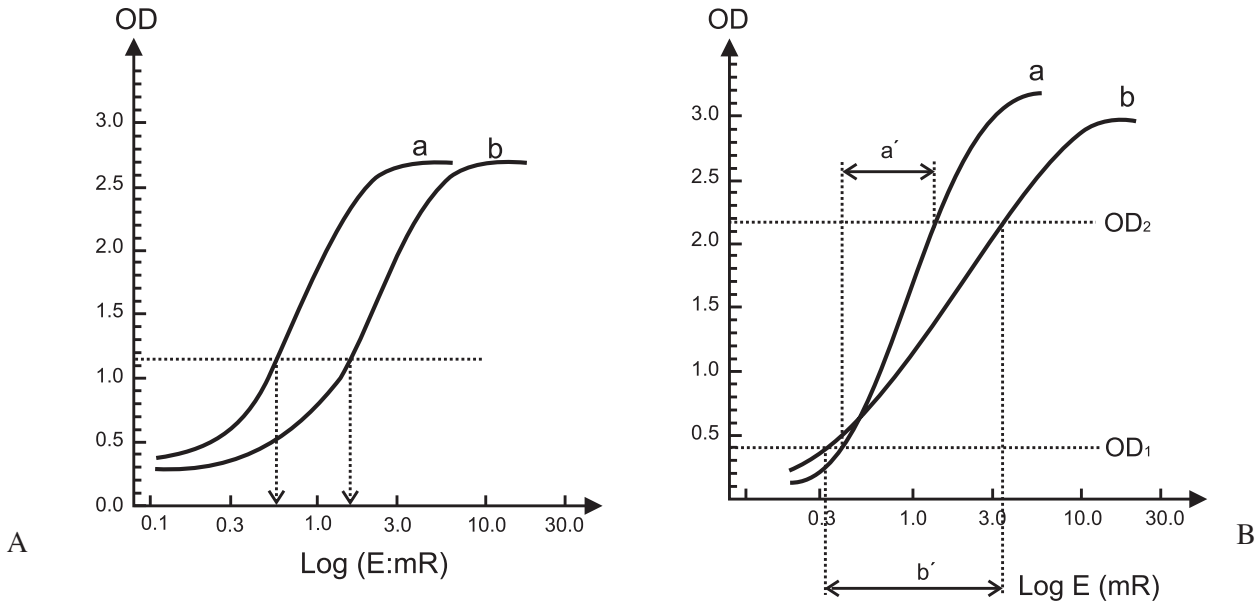


Şekil 1.41 H.D eğrisi: Ekspojurun logaritmik değerinin fonksiyonu olarak filmin optik dansitesinin eğrisi. Eğrinin belirli iki noktası arasındaki eğime ortalama eğim, eğimin en üst derecesine de film gamma adı verilir. Ortalama eğimin alt kesimi başparmak, üst kesimi omuz bölgesidir.

Film hızı, filmin ışığa duyarlılığını tanımlar. Hızlı film, yavaş filme göre daha az ekspojur ile aynı dansiteye ulaşır. Eğri sola yaklaştıkça hız artar. İki H-D eğrisi arasındaki horizontal uzaklık, filmler arasındaki hız farkını, eğrinin eğimi ise filmin kontrastını ve görüntüye çevirebildiği ekspojur aralığını (dinamik reync) gösterir (Şekil 1.42).

Film kontrastı, film üzerindeki optik dansite farklılığıdır. Bu farklılık, film üzerine gelen ekspojur farklılığının karşılığıdır. Film üzerine gelen ekspojur değerlerinden, ancak eğrinin düz kesimine karşılık gelenler kontrast oluşturabilir. Bu sınırların dışındaki ekspojurlar karakteristik eğrinin başparmak ve omuz kesimlerine düşer ve çok düşük görüntü kontrastı oluşturması nedeniyle görüntüye dönüşmez.

Filmin kontrastı ve işleyebildiği ekspojur aralığı birbiri ile ters orantılıdır. Bu iki değeri belirleyen ortalama eğim arttıkça kontrast artar, fakat görüntüye çevrilebilen ekspojur aralığı daralır. Bir diğer deyişle film



Şekil 1.42 İki farklı röntgen filminin H-D eğrileri. Hız (A) ve lattitude grafikleri (B). A. a filmi b filmine göre aynı kararmaya daha az ekspojurla ulaşır; dolayısıyla daha hızlıdır. B. a filminin dinamik reynci daha dar (a´); dolayısıyla daha yüksek kontrast ayırım gücüne sahip. b filmi ise daha geniş dinamik reynci (b´) nedeniyle küçük kontrast farklılıklarını gösteremez, fakat daha düşük ve daha yüksek kontrastlar arasındaki geniş bir kontrast yelpazesini gösterebilir.

gama arttıkça filmin kontrastı artar, film üzerindeki dansite farklılıkları çok dar band aralıklarında değişir. Bu tip filmlerle küçük kontrast farklılıkları gösterilebilir, ancak ekspojur aralığı daraldığı için en uygun dozu seçmek güçleşir ve film tekrarı artar. Gama değeri düşük filmlerin eğimi azdır. Böyle filmlere "flat" film denir. Böyle filmlerin kontrastı düşüktür, ancak geniş bir ekspojur aralığını görüntüye çevirebilirler. Tipik bir filmin dinamik reynci yaklaşık olarak 40/1'dir.

Örneğin göğüs radyografisinde geniş dinamik reynçli filmler kullanılır, çünkü akciğerler ve mediyasten arasında ekspojur değerleri bakımından çok fark vardır. Bu yapılar arasındaki subje kontrastı yüksektir. Dinamik reynci dar olan fimlerle çekilen göğüs röntgeninde mediasten ve akciğerleri aynı anda gösterebilmek zordur. Memede ise kitle lezyonlarının düşük subje kontrastı nedeniyle dar dinamik reyncli (yüksek kontrastlı) filmler kullanılır. Mamografi filmleri genellikle yüksek gradiyentli (>3) ve düşük dinamik reynclidir. Sınırlı dinamik reync, yeterli meme kompresyonu sağlandığında normal olarak bir sorun oluşturmaz. Mamografideki yüksek kontrastlı ekran-film takımı ve dar ekspojur yelpazesi nedeniyle, sabit bir film kalitesini tutturabilmek için çok iyi bir otomatik ekspojur kontrolü (AEC) gerekir.

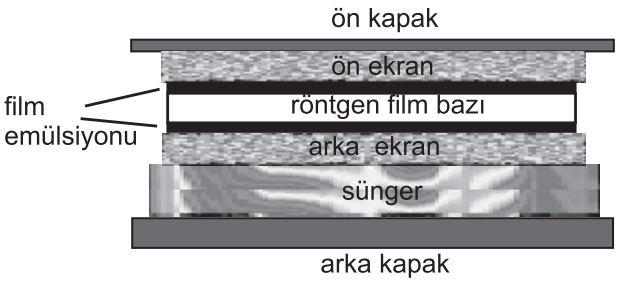
Kaset

Film ve ekranlar ışık geçirmez kasetlerde taşınır. Ekranlar kasetin ön ve arka kapaklarının içlerine yapıştırılırlar. Kasetin arka kapağında ekranların film ile tam temasını sağlayan ince bir sünger tabakası vardır. Kasetin ön yüzü x-ışınını en az tutan alüminyum ya da karbon lifi gibi bir maddeden yapılmıştır. İki taraflı emülsiyonlu röntgen filmleri ile birlikte iki ekran kullanılarak x-ışını soğurulması en yüksek seviyede tutulur (Şekil 1.43).

Ekranlar görüntü artefaktının önemli kaynaklarından biridir. Çizilme, lekelenme, kaset içerisine giren saç, toz, sigara külü, talk pudrası, sinek vb yabancı cisimler olası artefakt nedenleridir. Artefakt nedenleri ekranın kristallerini bozduğu veya örttüğü için film üzerinde yeterli kararma olmaz ve dolayısıyla ekran artefaktları daima beyaz görülür.

Kalite kontrolünün bir parçası olarak tüm ekranlar düzenli olarak temizlenmelidir. Kasetler, aynı zamanda film-ekran teması açısından da kontrol edilmelidir. Bunun için kasetin üzerine ince telden ya da plastikten yapılmış bir elek yerleştirilerek ekspojur yapılır. Temas etmeyen yerlerde tellerin kenarı bulanık görülür.

Kaset karanlık odada açılır ve kapatılır. Bu işi açıkta yaparak ("daylight") karanlık oda gereksinimini ortadan kaldıran sistemler de vardır.



Şekil 1.43 Kaset, yükseltici ekran ve röntgen filmi.

RADYOGRAFİK EKSPOJUR

Radyografide temel kural incelenen hastaya uygun ekspojur ölçütlerini belirlemektir. Bu belirlemede kural, hastaya verilecek en az dozla tanı değeri en yüksek röntgenogramı elde etmektir. Kullanılan röntgen makinasının türüne göre ekspojur 4 şekilde yapılabilir:

1. 3 ölçütlü teknik: Kilovolt, miliamper ve süre ayrı ayrı seçilir. İlk kullanılan yöntemdir. Üç ölçütün ayrı ayrı seçilebilmesi teknisyene tam hakimiyet sağlar; ancak seçimdeki isabetsizlikten doğan hata payını da artırır.
2. 2 ölçütlü teknik: Kilovolt ayrı seçilir, fakat miliamper ve süre birlikte (mAs) seçilmek zorundadır. mAs'ın bileşenlerini aygıt kendisi seçer. Bu seçimde temel prensip süreyi, tüpü koruyacak şekilde en az değerde tutmaktır.
3. 1 ölçütlü teknik: Sadece kilovolt seçilir. Bu yöntemde otomatik ekspojur kontrol düzeneği vardır. Yeterli film kararmasını sağlayacak doza ulaşılırken süre ve miliamper aygıt tarafından belirlenir.
4. 0 ölçütlü teknik: Floroskopik ünitelerde radyografi yapılırken kullanılır. Bu yöntemde aygıt floroskopik ekspojur değerlerinden radyografi için gerekli olacak ekspojur değerlerini hesaplar. Bu işlemler için gelişmiş bilgisayar desteği gerekir.

Ekspojurun otomatik kontrolü (AEC)

Ekspojurun otomatik kontrolü hastayı geçen x-ışınlarının miktarını ölçerek filmin en iyi kararma seviyesinde ekspojuru kesen ve fototaymır da denilen bir düzenekle yapılır. Bu amaçla hasta ile kayıt gereçleri arasına ışın miktarını ölçen dedektörler yerleştirilir. X-ışınını ölçen düzenek iyonizasyon odası veya mamografide olduğu gibi solid dedektördür. İyonizasyon odası x-ışını için geçirgendir ve hasta ile kayıt gereci arasına yerleştirilir. Solid dedektörlerin belirli bir yoğunluğu vardır ve film üzerinde gölgeye neden olur; bu nedenle kayıt gereçlerinin arka tarafına yerleştirilir. Genellikle birden fazla iyonizasyon odası kullanılır.

Bir röntgenogram, vücuttaki yapıların çok farklı soğurulma değerleri nedeniyle geniş bir gri ton yelpazesinden oluşur. Bir bölgenin röntgenogramında tanı için önemli olan kesimler vardır. Bu bölgelerin optimal dansitede olması tanı için önemlidir. Bu kesimlere dominant bölgeler adı verilir. Örneğin yan bir göğüs röntgenogramında dominant alan vertebralar değil akciğerlerdir. Amaç dominant bölgenin dansitesinin optimal olmasıdır. Bu nedenle birden fazla iyonizasyon odası kullanılan sistemlerde dominant bölgeye düşen iyonizasyon odasının ölçümleri esas alınır.

AEC bulunan sistemlerde ekspojur ölçütlerinden sadece kV değeri belirlenir. İyonizasyon odaları veya dedektörler ekspojur sürecinde gelen x-ışını miktarını devamlı ölçer. Ölçülen değerler daha önceden belirlenmiş değere ulaştığında jeneratör ekspojuru keser.

FLOROSKOPİ-FLORORADYOGRAFİ

Radyografi radyoloji teknisyenleri tarafından yapılır, floroskopi ise hekim tarafından uygulanan bir yöntemdir. Bu nedenle yöntemin radyologlar tarafından daha iyi bilinmesi gerekir.

Floroskopi, vasküler sistem ve sindirim borusu gibi yapıların canlı olarak gözlenmesi ve görüntülenmesini sağlar. Floroskopi sistemleri bu işi görüntü yükselticilere bağlanmış kapalı devre bir TV sistemi aracılığı ile yapar. Floroskopi sistemleri, görüntüleri kaydetmede, video, spot film ve film değiştirici, sine ve fotospot kamera ve dijital kayıt gibi birçok seçenek sunar. Günümüzde dijital sistemler hızla analog yöntemlerin yerini almaktadır.

Floroskopi aygıtları

Floroskopi aygıtları kullanım amaçlarına göre başlıca iki ana gruba ayrılır: Radyografi / floroskopi (R/F) üniteleri ve anjiografi üniteleri.

R/F üniteleri: Hareketli bir masaya bağlı tüp ve görüntü kayıt sistemlerinden oluşur. Masalar, dikten yataya ve 15 derece ters yataya veya 90 derece ters dike kadar hareketlidir. Tüplerinin masanın altında veya üstünde olmasına göre iki tipi vardır. Masa altı tüplü R/F üniteleri, en sık kullanılan floroskopi aygıtlarıdır. Bu aygıtlarda başta sindirim borusu olmak

üzere tüm kontrastlı incelemeler yapılabilir. Tüp masa altında görüntü kayıt sistemi yukarıdadır. Tüpün masaya mesafesi sabittir, kayıt sisteminin masaya uzaklığı çok az değişir. Tüp ve kayıt sistemi birbirine yakın olduğundan görüntüde bir miktar distorsiyon görülebilir. Görüntü yükselticinin önünde spot radyografi düzeneği vardır. Seriograf dediğimiz ve kaset taşıyan bu düzenekte ayrıca bir sabit grid bulunur. Dijital sistemlerde spot radyografi yapılmadığından seriograf bulunmaz. Masaya bir kaset taşıyıcısı ve grid eklenerek, masa üstü bir tüple ayrıca radyografi de yapılabilir.

Masa üstü tüplü R/F ünitelerinde görüntü yükseltici masa altında, tüp masa üzerindedir. Bu şekilde hastaya yaklaşım daha kolaydır, her türlü girişim daha kolay yapılır. Tüp masanın üzerinde olduğundan ikinci bir tüpe gereksinim yoktur. Masa üstü tüplü floroskopi aygıtlarında masanın konumu nedeniyle x-ışınının soğurulması daha azdır. Bu nedenle daha düşük ekspojur faktörleri kullanılabilir. Tüpten çıkan x-ışınlarının doğrudan hastaya gelmesi nedeniyle saçılma çok artmıştır ve çalışanlar fazla doz alabilir. Bu sorunu çözmek için bu sistemler uzaktan kumandalı yapılmıştır. Uzaktan kumandalı çalışmalarda hekimin hastadan uzak olması inceleme sırasında hastanın kontrolünü zorlaştırır.

Anjiografi üniteleri: C-kollu adı verilen yapıdadırlar. Kolun bir ucunda x-ışını tüpü diğerinde kayıt sistemi bulunur. C-kol tavana veya yere bağlıdır ve tam hareketlidir. Sistem, yüzer masa dediğimiz her yöne hareketli bir hasta masası ile tamamlanır. Her türlü anjiografik ve girişimsel işlem yapılabilir. İki C-kol taşıyan sistemler aynı anda iki planda görüntü alabilir ve kardiyak ve nöroradyolojik çalışmalarda kullanılır. Bu özellik nedeniyle kontrast madde gereksinimi yarıya düşürülür ve ince girişimsel işlemlerde tam uyum sağlanır.

C-kollu sistemin R/F yapmak amacıyla üretilmiş şekilleri de vardır. Bu sistemlerde C-kol hareketli bir masaya bağlanmıştır. Bu sistemlerde hem R/F hem de anjiografi ve girişimsel işlemler yapılabilir.

Taşınabilir üniteler: Ortopedik ve vasküler cerrahi uygulamalarda ameliyathanelerde kullanılmak üzere C-kollu sistemin küçük mobil şekilleri üretilmiştir. Bazı tipleri anjiografi ve girişimsel işlemleri yapacak kadar güçlüdür. Görüntü yükselticileri 15, 18, 23 cm boyutundadır. Sadece ekstremite incelemelerinde kullanılan daha küçük mini C-kollu tipleri de vardır.

GÖRÜNTÜLEME ZİNCİRİ (Şekil 1.44)

Görüntü yükseltici (imaj intensifayr-II)

Görüntü yükseltici, gelen x-ışınını, izlenen, kaydedilen veya fotograflanan yükseltilmiş (amplifiye edilmiş) ışık görüntüsüne çevirir. Bu çevirim sonunda görüntünün parlaklığı yaklaşık 10.000 kat artar. Görüntü yükselticilerin çapı amaca göre değişir. Geniş olanlar akciğer ve abdomen gibi geniş alanların, küçük olanlar ise kalp gibi küçük yapıların incelenmesinde kullanılır.

Görüntü yükselticiler dört bölümden oluşur (Şekil 1.45): 1) Havası alınmış bir tüp, 2) X-ışınlarını elektronlara çeviren giriş ekranı, 3) Elektronları foküsleyen elektronik lensler, 4) Hızlandırılmış elektronları ışığa çeviren çıkış fosforu. Tüp, havası alınmış metal bir tüptür, basınca ve darbelere dayanıklıdır.

Giriş ekranı 4 farklı tabakadan oluşur:

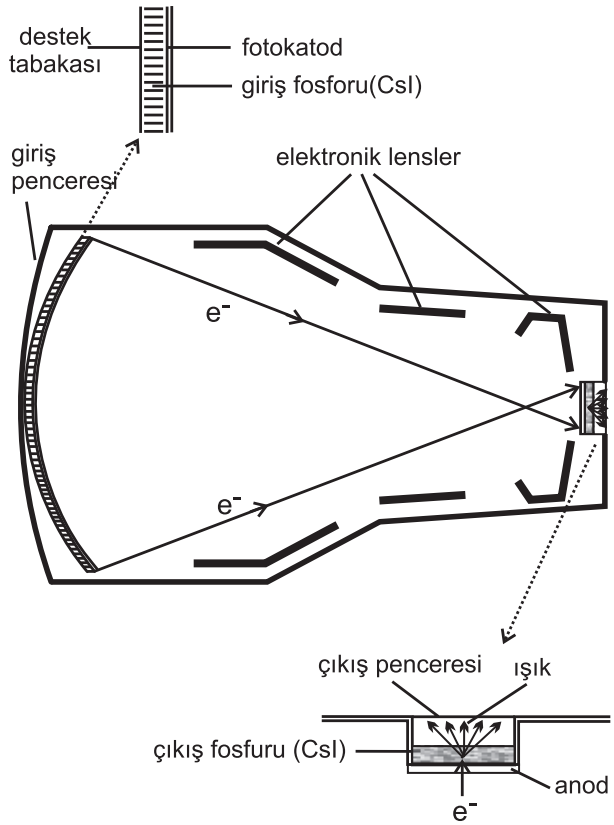
1. Vakum penceresi: 1 mm Al tabakadan yapılmıştır. Bu yapı 35-cm'lik bir tüpte bir ton basınca dayanabilir.
2. Destek tabakası: Fosfor ve fotokatot tabakalarını destekler, x-ışınlarının geçeceği şekilde incedir (0.5 mm Al). Tüp duvarı ve giriş ekran desteği, quantum saptama etkinliğini (QDE) düşüren yapılardır.
3. Fosfor tabakası: X-ışınlarını soğurarak ışığa çevirir. Radyografideki ranforsatörlerin işlevini yapar. Onlar gibi x-ışınlarının büyük çoğunluğunu tutacak kadar kalın, ancak uzaysal çözümlemeyi bozmayacak kadar da ince olmalıdır. Bu iş için sezyum iyodür (CsI) idealdir. 60 keV enerjisinde 1 x-ışını fotonunu absorbe ettiğinde yaklaşık 3000 ışık fotonu salar.
4. Fotokatot: Antimon ve alkali metal (ör: Sb_2S_3) ince bir tabakadır. Üzerine görülebilir ışık düştüğünde elektron salar. %10-20 çevirim etkinliği vardır. Ör: fosfor tarafından tutulan 60 keV'lik 1 x-ışını fotonuna karşılık 400 elektron salar (3000 x % 10-20 = ~400).

Giriş ekranında oluşan elektronların uzaysal konumları çıkış ekranında da korunmalıdır. Çıkış ekranının boyutu küçük olduğu için foküsleme gerekir. 25-35 kV ile hızlandırılan elektronlar tüpün içerisinde sıralanmış 3 elektrod ile foküslenir ve çıkış fosforuna çarptırılır. Bu 3 elektrodla birlikte, giriş ekranı (katot) ve çıkıştaki anottan oluşan beşli, "pentode" adıyla yükseltici ekranın elektronik lens sistemini oluşturur.



Şekil 1.44 Floroskopik görüntüleme zincirinin temel parçaları.

Çıkış fosforu, gümüş karıştırılmış çinko kadmiyum sülfürdür (ZnCdS: Ag). Yeşil ışık yayar. Bu ışık birçok video kameranın target materyali ile uyumludur. Çıkış fosforuna vuran 1 elektron 1000 ışık fotonu oluşturur.



Şekil 1.45 Görüntü yükselticisinin şeması.

Giriş ekranı 23-35 cm, çıkış ekranı 2.5 cm'dir. 5 lp/mm olan çözünürlüğün korunabilmesi için çıkış ekranındaki çözümleme 70 lp/mm olmalıdır. Bu da çıkış ekranında çok ince ve çok küçük birim boyutlu fosfor kullanılmasını gerektirir. ZnCdS partikülleri çok küçüktür (1-2μ), çıkış fosforu oldukça incedir (4-8 μ) ve böylece uzaysal çözümleme korunmaya çalışılır.

Dokuz inçlik bir görüntü yükselticide girişteki 415 cm^2 alan çıkış fosforunda 5 cm^2'ye iner, dolayısıyla enerjide bir artış meydana gelir. Bu artışa küçültme kazancı ("minification gain") denir. Anot çok incedir (0.2μ) ve alüminyumla kaplanmıştır. Çıkış penceresi ışığı geçiren ince bir maddeden yapılmıştır.

Küçük alanların görüntülenmesinde magnifikasyon yapılabilir. Magnifikasyon bir foküsleme değişikliğidir, elektrodlarla sağlanır. Bunun için çıkış fosforu üzerine sadece magnifiye edilecek nesnenin giriş fosforunda kapladığı alandan gelen elektronlar düşürülür. Magnifikasyon modunda küçültme kazancı düşer, dolayısıyla parlaklık düşer. Parlaklığın düşmesi ABC ile kontrol edilir ve x-ışını çıkışı artırılarak (2-3 kat) kompanse edilir. Hasta yüksek doz alacağı için, mümkün olduğunca magnifikasyon modu kullanılmamalıdır.

Görüntü yükselticisinin performansı

Görüntü yükseltici, giriş fosforu üzerine düşen x-ışınları haritasını, çıkış fosforundaki küçültülmüş parlak ışık haritasına çevirir. Çıkış fosforundaki parlaklığın, giriş fosforundakine göre binlerce kat artışı parlaklık kazancı ("brightness gain-BG") olarak isimlendirilir. Parlaklık kazancı küçültülme kazancı ile değişim kazancının (flux gain) çarpımına eşittir. Küçültülme kazancı, giriş fosforundaki görüntünün çıkış fosforu üzerine aktarıldığındaki küçülmesinden kaynaklanan parlaklık artışını tanımlar:

$$\textbf{Küçültülme kazancı} = (d_i/d_o)^2,$$

d_i= giriş çapı,
d_o= çıkış çapı.

Tipik bir çıkış fosforu 2.5 cm çapındadır, 25 cm'lik bir görüntü yükselticide küçültülme kazancı $(25/2.5)^2 = 100$ olacaktır.

Değişim kaza ncı giriş fosforuna kıyasla çıkış fosforundaki ışık fotonlarının sayısındaki artışı tanımlar. Bu değer tipik olarak 50-100 arasındadır. Bu da giriş fosforunda oluşan her fotona karşılık çıkış fosforunda 50-100 fotonun ortaya çıktığını gösterir.

Bir görüntü yükselticinin performansını ölçmenin modern yöntemi çevirim faktörüne bakmaktır. Çevirim faktörü, çıkış fosforundaki luminansın girişteki ekspojur hızına oranıdır. Luminans intensitesi (ışık parlaklığı) metrekareye düşen kandela (candela-cd) ile ölçülür ve cd/m^2 ile gösterilir. Ekspojur hızının birimi μGy/sn (mR/sn)'dir. Modern görüntü yükselticilerinde çevirim faktörü,

10-30 cd/m^2 / μGy/sn = 100-300 cd/m^2 / mR/sn'dir.

Yükseltici ekranlarda (ranforsatörlerde) olduğu gibi giriş fosforunun kalınlığı arttıkça soğurulma artar, fakat ışığın dağılması nedeniyle çözümleme düşer. Bir görüntü yükselticisinin görüntüsünün merkezinde uzaysal çözümleme 4-5 lp/mm kadardır. Bu değer kenarlara doğru gittikçe düşer.

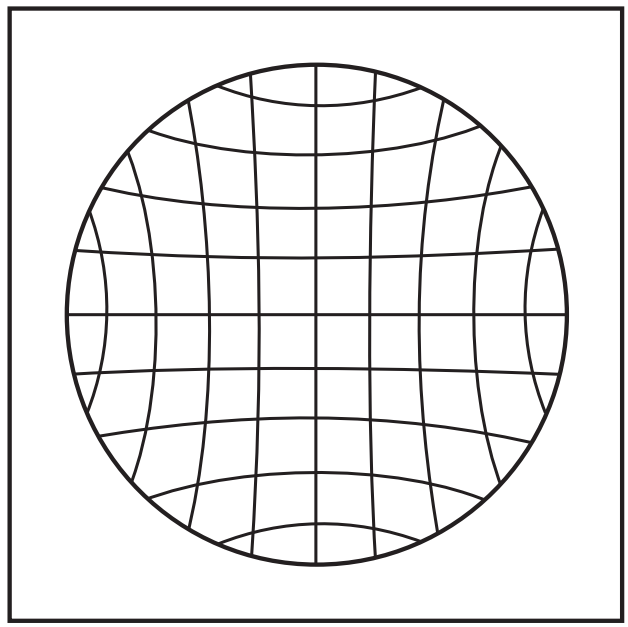
Bir görüntü yükselticisinin kontrast oranı, giriş ekranının ortasına yerleştirilen tam absorban bir nesne ile ölçülür. Bunun için giriş fosforunun yüzeyine, yüzeyin 1/10'u boyutunda kurşun bir disk yerleştirilir ve ekspojur yapılır. Çıkış fosforunun çevresindeki ve merkezindeki ışık intensiteleri ölçülür. Bu değerlerin oranı kontrast oranını verir. Tipik bir görüntü yükselticisinin kontrast oranı 20/1 dir. Giriş fosforunu ve fotokatotu geçen bazı x-ışını fotonları, içerideki yapılara çarparak geriye saçılır ve giriş fosforuna tekrar çarparak ışık fotonları oluşturur. Bu olay kontrast kaybına neden olur. Işığın görüntü yükselticinin içinde saçılması ve/veya yansıma ile çıkış penceresine düşmesi de kontrastı düşürür.

Görüntü yükselticinin çıkış fosforundaki parlaklık seviyesini sabit tutmak için, giriş fosforundaki alan küçüldükçe gelen ekspojur hızı artmalıdır. Görüntü yükselticinin boyutunu yarıya düşürdüğümüzde ekspoze edilen bölgenin boyutu 4 kat düşer. Bu durumda çıkış fosforundaki parlaklığı sabit tutabilmek için radyasyon ekspojurunu 4 kat artırmak gerekir. Görüntü yükselticilerin parlaklığı zamanla azalır.

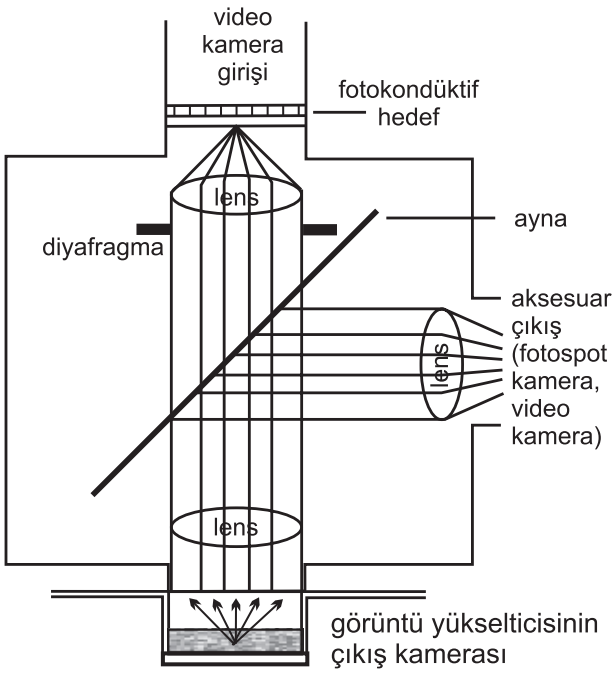
Görüntü yükseltici artefaktları

Lag: X-ışını kesildikten sonra çıkış fosforunda devam eden luminesansa verilen isimdir. Modern CsI tüpleri 1 ms'lik ihmal edilebilir düşüklükte bir lag zamanına sahiptir.

İğne yastığı ("pincushion") distorsiyonu: Düz çizgilerin eğik görülmesidir ve her görüntü yükselticide vardır; 23 cm'lik görüntü yükselticilerde % 3 oranındadır. Periferde belirgindir (Şekil 1.46).



Şekil 1.46 Görüntü yükselticide iğne yastığı distorsiyonu.



Şekil 1.47 Optik bağlantı sistemi.

Perifer parlaklığının gittikçe kaybolması ("vignetting"): Görüntünün periferinde parlaklığın azalmasıdır. Bu değer tipik olarak % 25'ten azdır.

"Pincushion" distorsiyon ve "vignetting" görüntü yükselticinin giriş yüzeyinin dışa konveksitesine bağlıdır. Elektron foküslemesi ve optikal lens sistemindeki yetersizlik de bu artefaktların oluşmasına katkı sağlar. Bu artefaktlar küçük alanlarda düzelir (daha az minifikasyon).

Optik bağlantı (Şekil 1.47)

Optik bağlantı sistemi, görüntü yükselticinin çıkış penceresindeki ışığı video kamera ve diğer görüntü kayıt gereçlerine dağıtır. Optik dağıtıcı içerisinde, ışığın bir bölümünü görüntü kayıt gereçlerine yönlendiren, kalanını video kameraya geçiren az miktarda gümüşlenmiş bir ayna bulunur. Optik bağlantı sisteminde bulunan yuvarlak bir diyafram video kameranın ihtiyacı olan ışık miktarını ayarlar. Bu açıklığın küçültülmesi video-kameraya gelen ışığı azaltır ve ABC devreye girerek ekspojur değerlerini artırır. Açıklığın geniş tutulması ters etki yaratır, gelen ışın miktarı azalır; görüntü az foton ile yapıldığı için görüntünün gürültüsü artar.

Televizyon (TV) (Şekil 1.48)

Görüntü yükselticisinin çıkışındaki ışık görüntüsü, kapalı devre bir TV sistemiyle görüntüye çevrilir. TV sistemi ışık görüntüsünü voltaj sinyaline çeviren bir video kamera ve bu sinyali tekrar ışık şeklinde görüntüye çeviren bir monitörden ibarettir. Video kamera 2.5 cm çapında silindir şeklinde havası alınmış bir tüptür ve ışık görüntüsünü elektrik (video) sinyallerine çevirir. Bu elektrik sinyalleri, video kamera çıkışına bir ADC konarak dijitalize edilebilir.

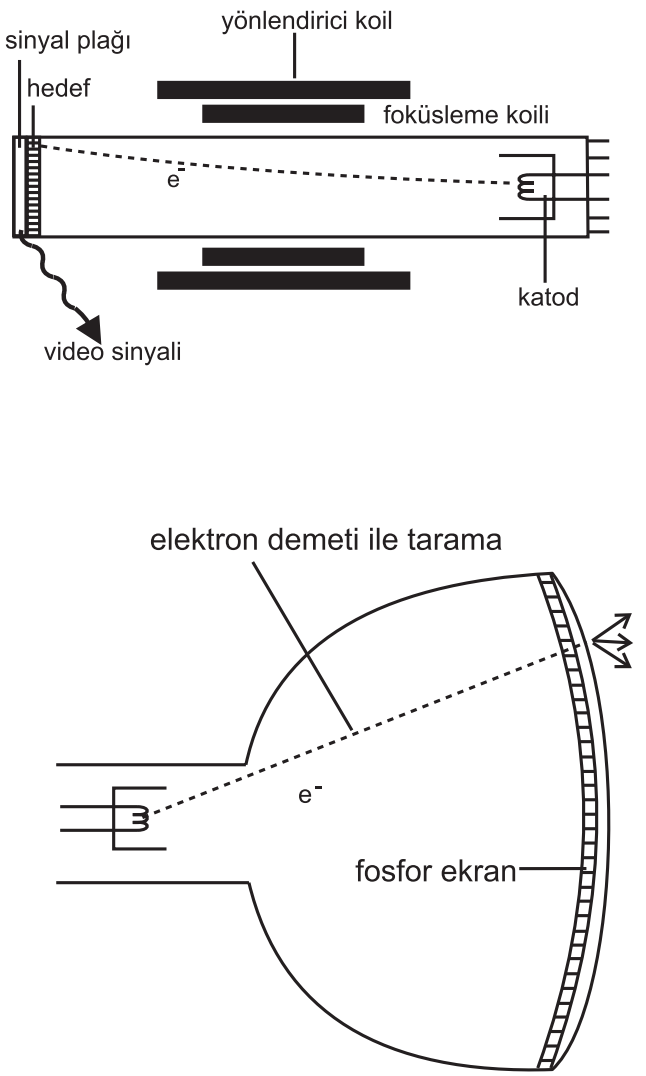
Görüntü yükselticisinin çıkışındaki ışık görüntüsü, optik bağlantıdaki lensler tarafından video kameranın girişindeki fotokonduktif hedef (target) üzerine foküse edilir. Target bir fotokondüktördür; karanlıkta yüksek elektrik direncine sahiptir, ışık vurunca rezistansı düşer. Bu target video kameranın içerisindeki bir elektron demeti ile horizontal çizgiler şeklinde taranır (raster tarama). Targeti geçen ve sinyal plağına ulaşan akım miktarı taranan noktadaki rezistansla, dolayısıyla da o bölgeye düşen ışığın miktarı ile orantılıdır.

Video kameradaki bu akım (video sinyali), monitörün fosforuna voltaj/zaman olarak taşınır. Monitörün fosforu bu sinyallerin karşılığı olan elektron demeti ile raster örneğinde taranır. Video sinyaller böylece ışık intensitesine çevrilmiş olur ve görüntü oluşur. Video çözümlemesi genelde 7 inçlik bir görüntü yükselticide 1.0 çç/mm, 5 inçlikte ise 1.4 çç/mm'dir.

Video kameralar vidicon ya da plumbicon kamera sistemleri olarak ikiye ayrılır. Vidicon sistemleri yüksek görüntü lag değerine sahiptir. Görüntüler bulanık olarak izlenir. Bulanıklık, ardından gelen görüntü çerçevelerinin ortalaması alınarak düzeltilir. Plumbicon TV kameralar ise vidicon kameralara göre çok düşük lag değerine sahiptir. Düşük lag, hareketi en az bulanıklıkla izlememize olanak verir, ancak bu kameraların kuantum beneklenmesi yüksektir.

Vakum tüpü tipindeki TV kameraları günümüzde yerini "charged coupled device" (CCD) sensörlü TV kameralarına bırakmıştır. CCD kameralar solid yapıda ışık sensorlarıdır. Pikseller şeklinde yapılandırılmıştır. Pikseller ışığı elektrona çevirerek voltaj sinyali şeklinde okunana kadar tutar. Video kameraya göre daha küçük ve daha dayanıklıdır; daha az güce ihtiyaç duyar ve daha uzun ömürlüdür. CCD TV kameralarında lag yoktur.

525 çizgili bir TV sistemi taşıyan 23 cm'lik bir görüntü yükselticide, teorik vertikal çözümleme yaklaşık 1 çç/mm'dir. Pratikte bu değerin ancak %70'ine



Şekil 1.48 Floroskopide kapalı sistem TV. TV kamerasının (video) önünde bulunan hedef ("target") fotokondüktördür. Karanlıkta direnci yüksektir ve elektronları geçirmez; ışık düştüğünde direnç düşer ve elektronlar geçerek video sistemini oluşturur. Kamera çalışırken hedef devamlı olarak bir elektron demeti ile raster örneğinde taranır. Üzerine ışık düşen kesimlerin direnci düşer ve elektron geçer (video sinyali). Bu sinyal monitörde elektrona çevrilir ve monitörün ekranındaki fosfor bu elektron demeti ile taranarak sinyalin görüntüye çevrilmesi sağlanmış olur. Hem TV tüpünün hedefi hem de TV monitörünün fosforu elektronla raster örneğinde taranır.

ulaşılır. Ölçülen çözümlemenin teorik vertikal çözümlemeye oranı Kell faktörü olarak tanımlanır ve normalde 0.7 civarındadır. Horizontal çözümleme, TV sisteminin band genişliği ile belirlenir ve normalde vertikal çözümlemeye eşittir. 500 çizgili bir TV sistemi, ulaşılabilir floroskopik uzaysal çözümlemesi 1 çç/mm ile sınırlar; 1.000 çizgili sistemde bu değer ikiye katlanır. Floroskopik çözümleme magnifikasyonla artırılabilir, ancak hemen her zaman radyografideki çözümlemeden belirgin şekilde düşüktür.

Otomatik parlaklık kontrolü

Otomatik doz kontrol (ADR) sistemi ise floroskopideki çıkan x-ışınının zaman içerisindeki değişmelerini düzenler. İyonizasyon odaları görüntü yükselticisinin önündedir. X-ışını ölçümü devamlıdır. Ölçümler jeneratör tarafından değerlendirilerek ekspojur ölçütlerinin öngörülen doza göre zaman içerisindeki değişimleri düzenlenir. Amaç hastanın dönmesi ile değişen doku kalınlıklarının oluşturduğu aşırı ya da yetersiz parlaklığın ekspojur değerlerini değiştirerek kompansasyonudur. Bu işlemin görüntü yükseltici çıkışındaki ışığın miktarına göre yapılmasına ise otomatik parlaklık kontrolü ("automatic brightness control-ABC") adı verilir.

Otomatik doz çıkışı kontrolü hem voltajı hem de miliamperi devamlı değiştirerek yapılır. Bu sayede hastanın işlem sırasında dönmesine bağlı doz farklılıkları otomatik olarak kompanse edilmiş olur. Gelişmiş sistemlerde bu kompansasyonun mA ve kV değerleri yapılan işleme göre önceden programlanabilir. Standart çalışmalarda bu değerler en yüksek görüntü kontrastı ve en az doz alınacak şekilde programlanmıştır. Pediyatrik çalışmalarda, hastanın düşük doz almasını amaçlayan bir program kullanılır. Bu programda ekspojur değerlerinin yükseltilmesi gerektiğinde ağırlıklı olarak kV değeri artırılır. Sindirim borusunun kontrastlı çalışmalarında görüntünün kontrastını yükseltme kaygısı yoktur. Bu nedenle aynı program kontrastlı çalışmalarda da kullanılır. Girişimsel işlemlerde olduğu gibi yüksek çözümleme gerektiren durumlarda seçilen programda ise kV düşük, mA görece olarak yüksektir.

Bir görüntü yükselticisinin ışık çıkışı, giriş alanının boyutu ve radyasyon ekspojuru ile orantılıdır. Görüntü yükselticinin boyutunu azalttığımızda, görüntünün parlaklığını sabit tutmak istiyorsak radyasyon ekspojurunu artırmamız gerekir. Örneğin boyutun 25 cm'den 18 cm'ye düşürülmesi radyasyon ekspojurunun yaklaşık 2 misline çıkarılmasını gerektirir ($25^2 / 18^2 = 1.9$).

GÖRÜNTÜLEME ŞEKİLLERİ

Floroskopi şekilleri

Floroskopide tüp akımı çok düşüktür; standart olarak 0.5-4.0 mA kullanılır. Teknik yönden sürekli floros-

kopi ve puls floroskopi olmak üzere başlıca iki şekli vardır.

Sürekli (continuous) floroskopide floroskopi sürecinde x-ışını devamlı çıkar. Video kamera 30 çerçeve/sn (33 msn/1 çerçeve) ile görüntüler. Dolayısıyla 33 ms içerisindeki hareket görüntüyü bulanıklaştırır. Fakat birçok incelemede bu kabul edilebilir seviyededir. Hastanın aldığı ekspojur azami 10 R/dak'dır. Çok şişman olgularda yüksek doz floroskopi kullanılır. Hastanın aldığı ekspojur azami 20 R/dak'dır. Standard floroskopi pedalinden başka bir pedalle çalışılır. Bu pedalle çalışılırken sesle devamlı uyarı yapılır.

Sürekli floroskopide çerçeve hızı amaca göre değiştirilebilir; çerçeve hızı azaldığında doz azalır ancak temporal çözümleme düşer, hareket sorun oluşturur. Normalde çerçeve hızı 30 çerçeve/sn'dir. Bu hız amaca göre 15 veya 7.5'a düşürülebilir. Örneğin kateter yerleştirilirken 7.5 çerçeve/sn yeterlidir. Ancak yavaşlamadan dolayı titreklik ortaya çıkar. Dijital sistemlerde bu titreklik, monitördeki görüntünün dijitalize edilip, görüntü yenilenene kadar 30 çerçeve/sn hızla verilmesiyle giderilir.

Puls floroskopide, floroskopi süresinde çıkan x-ışını devamlı değil kesik kesik pulslar şeklindedir. Akımın devamlı uygulandığı şartlarda floroskopik görüntüler saniyede 30 çerçeve hızında oluşur. Her çerçeve 33 msn'de yapılır. Puls floroskopide ekspojur 3-10 msn süren pulslar şeklindedir. Her çerçeve bu pulslarla yapılır. Bir saniyede 30 puls uygulanır. Bazı jeneratörlerde saniyede 15 veya 7.5 gibi daha düşük sayıda puls seçilebilir. Ekspojurun kısalığı nedeniyle hareket artefaktının azalması ve özellikle saniyedeki puls sayısı azaltıldığında daha az doz alınması puls floroskospisinin avantajlarıdır. Bu şekilde jeneratör tarafından doğrudan yönetilen puls floroskopi yöntemine primer puls floroskopi yöntemi, grid-kontrollü tüplerle uygulanan şekline ise sekonder puls floroskopi yöntemi adı verilir.

Görüntü kayıt şekilleri

Bir floroskopik görüntüleme sistemi inceleme sırasında görüntüleri kaydetmek için birçok gereç kullanabilir. Bu kayıt sistemleri şunlardır: Spot film düzeneği, film değiştiriciler, fotospot kamera ve sine kamera. En uygun kayıt sisteminin seçimi aygıtın kullanım amacına ve incelemenin gerektirdiği görüntü kalitesine bağlıdır.

Spot film, floroskopik gözlem sırasında, ekran-film taşıyan bir kasetin görüntü yükselticisinin önüne getirilerek radyografi yapılmasına verilen isimdir. Görüntü film üzerine doğrudan kaydedilir. Radyografi / floroskopi (R/F) sistemlerinde kullanılır. Spot filmin ekspojuru süresince floroskopi kendiliğinden kesilir. Kaset taşıyıcısı, bir film üzerine birden fazla görüntü kaydedilebilecek şekilde çalışır. Bu sisteme seriograf adı verilir. Eskiden anjiografik incelemelerde kullanılan, mekanik olarak çalışan hızlı tam boy film değiştirici aygıtlar ("Cut"-film değiştirici "Puck"- film değiştirici) günümüzde terkedilmiştir.

Fotospot film, dolaylı bir görüntü kayıt yöntemidir. Bir fotospot kamera görüntü yükselticisinin çıkışındaki optik dağıtıcıya monte edilir. Çıkıştaki ışık görüntüsü bu kamera aracılığı ile 70-105 mm'lik "roll" film veya 100 mm'lik "cut" film üzerine kaydedilir. Fotoflorografi denilen bu yöntem spot-film ile aynı amaçla kullanılır. Sinyali görüntü yükselticisinin çıkışından doğrudan aldığı için, video sistemlerindeki çözümleme kaybı olmaz. Fotospot filmlerde film değiştiriciye gereksinim yoktur; ekspojur süresi kısadır (50 msn), hastanın hareketinin etkisi azalır. Saniyede 12 çerçeveye kadar görüntü alınabilir. Filmlerinin küçük boyutu %80'e varan bir ekonomi sağlar. Fotospot filmlerin her çerçevesi için 1 μGy (100μR) ekspojur yeterlidir. Bu değer, ekran-film kombinasyonu için gerekli dozdan 5 kat düşüktür.

Sine-film hızlı elde edilen bir seri fotospot görüntüsüdür. Sine çalışmaları için, grid-kontrollü x-ışını tüpü ve bir senkronizasyon devresi gerekir. Sine 35 mm'lik film kullanır ve görüntüleri 18x24 mm'dir. X-ışını pulsları ile sine diyafragmı ("shutter") senkronize çalışır. Çerçeve hızı düşük de olabilir ancak genellikle 30 ve katları kadardır (15, 30, 60 veya 90). Genelde 30 çerçeve/s kullanılır.

Günümüzde, tüm bu kayıt yöntemleri yerini dijital görüntü kaydına bırakmıştır. Dijital fotospot, dijitalize video sinyallerden oluşturulur ve bilgisayar hafızasına kaydedilir. Dijital işlemlerle görüntü işlenebilir. Bununla birlikte dijital fotostpotların uzaysal çözümlemesi film görüntülerininkilerden daha azdır.

DİJİTAL RÖNTGEN

Analog sistemlerde x-ışınları röntgen filmi ile saptanır ve görüntü doğrudan film üzerinde oluşur, dijital sistemlerde ise dedektörlerle saptanan sinyal dijitalize edilir ve görüntü bu değerlerden oluşturulur. Dijitalizayon, saptanan verinin (sinyalin) örneklenerek sayısal değerlere çevirilmesi işlemidir. Dijital yöntem hem radyografiye hem floroskopiye uygulanabilir.

Bunun için hastayı geçen x-ışınları dedektörlerle saptanarak dijitalize edilir. Dijital röntgende kullanılan dedektörler aşağıda özetlenmiştir. Bunlardan görüntüleme plakları sadece dijital radyografide kullanılırken, CCD ve yassı-panel dedektörler hem radyografide hem floroskopide kullanılır.

DİJİTAL SİSTEM DEDEKTÖRLERİ

Görüntüleme plakları

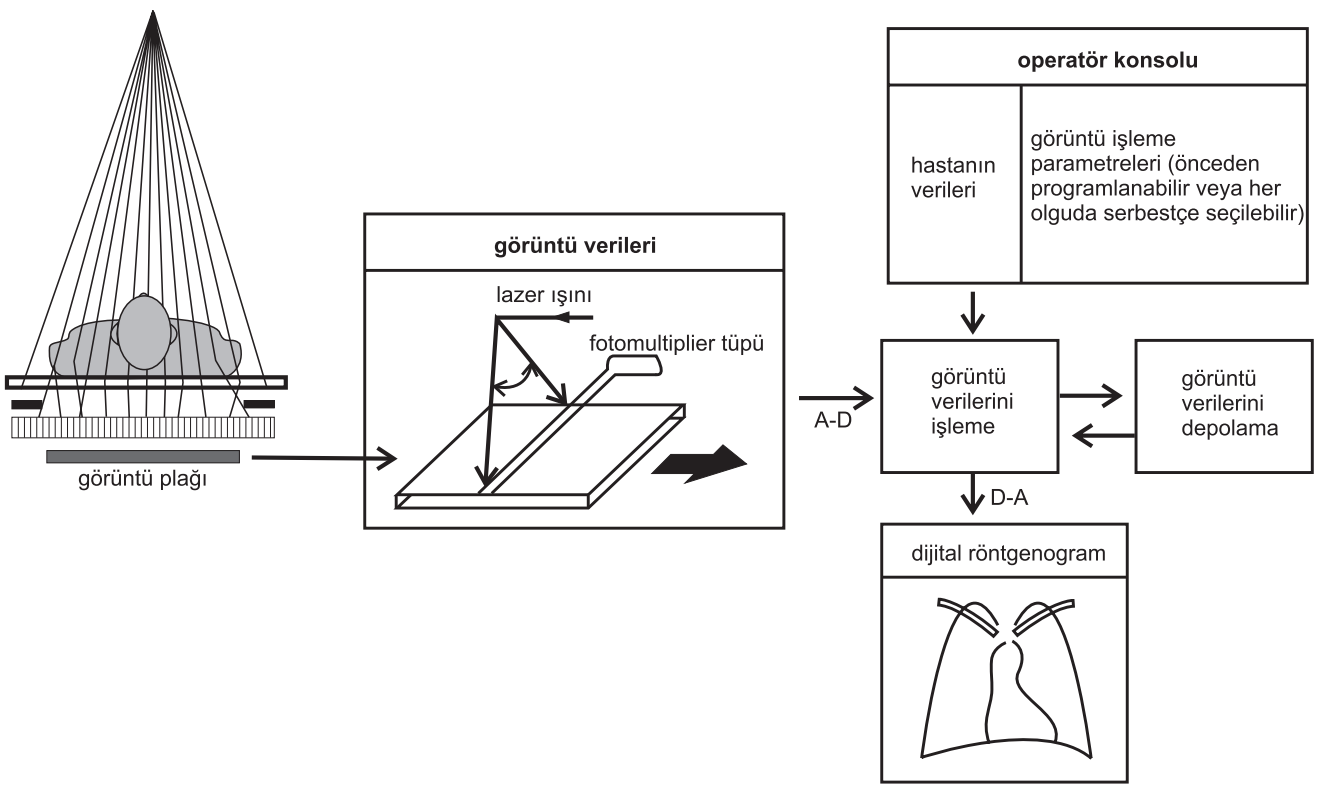
Dijital luminesans radyografi veya komputerize radyografi (CR) adı verilen dijital radyografinin kayıt gerecidir. Konvansiyonel radyografidekine benzer kasetler kullanılır. Kasetler içerisinde film yerine ışıkla uyarılabilir fosfor plakları vardır. Bu kasetler kullanım açısından analog ekran-film radyografi sistemleri ile uyumludur.

Fosfor plakları europium ile aktive edilen ve kristal yapısında bir yarı iletken olan baryum fluorobromiddir (BaFBr: Eu). Tüm yarı iletken kristallerde olduğu gibi dış yörüngeleri, içten dışa doğru etek bantı, yasak alan ve iletken banttan oluşur. Yasak alanda elektron kapanları mevcuttur.

Kristal üzerine düşen x-ışınlarının enerjisi ile europium bir elektron salarak +2 değerden +3 değere dönüşür. Serbest kalan elektronlar açığa çıkmaz ve fosfor içerisinde elektron kapanları adı verilen kesimlerde tutulur. Kapanlar içerisindeki elektronların oluşturduğu harita latent imajdır.

Ekspojurdan sonra, plaklar düşük enerjili laser ışığı (kırmızı) ile okunur (Şekil 1.49). Laser ışığının enerjisi ile elektron kapanlarındaki elektronlar iletken banta çıkar ve oradan da daha düşük enerji seviyesindeki etek bantına düşerler. Bu sırada kazandıkları enerjiyi kırmızı ışıktan daha yüksek enerjili olan mavi ışık şeklinde salarlar. Bu ışık, dedektörler (fotomultiplier tüp) ile ölçülür, dijitalize edilerek bir bilgisayarda depolanır. Salınan ışığın miktarı gelen x-ışını ekspojuru ile orantılıdır. Bu dijitalize değerler amaca uygun olarak işlenerek görüntü oluşturulur.

Bu olay sonucunda europium tekrar +2 değerlikli hale dönerek sistem resetlenmiş olur. Fosfor plağı okunduktan sonra kapanlarda kalan elektronları boşaltmak için beyaz parlak ışığa tutulur ve kaset tekrar kullanıma hazır hale gelir. Bir tane dijital okuyucu birkaç odanın görüntü plaklarını okumak için yeterlidir. Fosfor plakları uzun süre kullanılabilmekle beraber belirli bir ömürleri vardır.



Şekil 1.49 Komputerize radyografi (CR) sistemi.

Görüntüleme plaklarının dinamik reynci (ekspojur latitudü) ekran-film sistemlerinden belirgin şekilde geniştir. Ekran-film için genellikle gerekli olan 5μGy (500 μR) den 100 kat yüksek ve 100 kat düşük ekspojur değerleri saptanabilir. Dolayısıyla yanlış doz nedeni ile tekrarlama pratikte ortadan kalkar. Bu nedenle özellikle hasta yatağındaki çekimlerde yararlıdır. CR'de düşük doz, görüntüde quantum gürültüsüne neden olur (radyografik beneklenme).

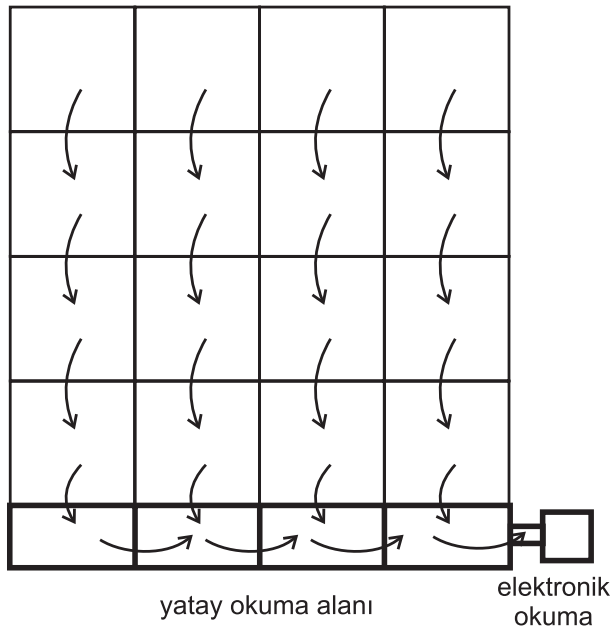
CCD ("charged-coupled device")

CCD, pikselleşmiş dedektör sistemi olarak tanımlanabilir. Sistem ışıktan görüntü oluşturur. CCD dedektörleri birçok modern video kamera ve dijital kamerada kullanılmaktadır.

CCD çipinin kendisi silikon kristallerinden yapılmış entegre bir devredir. Yüzeyi 1042^2 veya 2048^2 piksele ayrılmıştır. Silikon yüzey ışığa duyarlıdır, ışık düştüğünde elektron oluşur. Ekspojur sırasında piksel sınırlarına uygulanan akım nedeni ile elektronlar piksellerin sınırlarından dışarı çıkamaz, birikir. Ekspojur sonrası piksellerde toplanan elektronlar, yukarıdan aşağı doğru aynı anda hareket ederek bir alt sıraya geçer. En alt sıra her seferinde okunup dijitalize edilir (Şekil 1.50).

CCD çiplerinin boyutu 2.5 x 2.5 cm, 5 x 5 cm, 8 x 8 cm dir. CCD çiplerinin en sık kullanıldığı yer dijital floroskopide görüntü yükselticisinin çıkışıdır. Görüntü yükselticisinin çıkışındaki parlak ışık, lensler ya da fiberoptik aracılığı ile CCD çipi üzerine yönlendirilir. Işık kaynağı ile CCD tam bir temas sağlarsa foton kaybı olmaz. Diş röntgeninde boyut küçük olduğu için yükseltici ekranla CCD çipinin tam teması sağlanabilir. Dijital mamografik biyopside yükseltici ekranla CCD çipi arasında fiberoptik bağlantı vardır. CCD çipleri ince uzun bir dedektör bloğu oluşturacak şekilde yapılandırılarak çizgi taramalı dijital mamografi sisteminde de kullanılır.

CCD ışığı elektrona çevirir. Bu nedenle CCD kullanan radyolojik yöntemlerde x-ışını önce sintilatörlerle ışığa çevrilmelidir. Sintilatörlerde meydana gelen ışıktan foton kaybolmaması için ekran-film birlikteliğinde olduğu gibi ya sintilatör CCD çipi ile tam temas etmelidir veya fiberoptikle CCD üzerine taşınmalıdır. Göğüs röntgenogramı gibi büyük ekranlarda, mükemmel lens sistemleri kullanılsa bile kayıp çok fazladır.

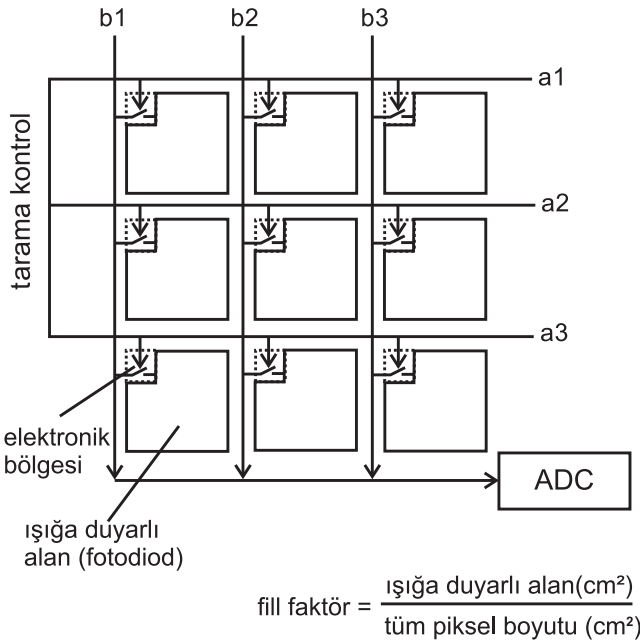


Şekil 1.50 CCD, piksellere bölünmüş ışık dedektörüdür. Her piksel üzerine düşen ışığı elektrona (elektrik akımı) çevirir. Ekspojur sonrası kolonlar boyunca uygulanan voltaja bağlı olarak her sıradaki piksellerde hapsolan elektronlar aynı anda bir alt sıraya geçer. Elektronların aşağı doğru her hareketinde en alttaki sıra okunur. Böylece her sıradaki elektrik yükü okunarak dijitalize edilir ve görüntü bu verilerden oluşturulur.

Yassı-panel dedektör sistemleri

Yassı-panel dedektör teknolojisi LCD ekranlarda kullanılan teknolojiye benzer. Pikselleşmiş dedektör sistemleridir. Görüntüleme alanı, her birinin elektronik bağlantıları olan çok sayıda görüntü elemanına (piksel) ayrılmıştır (Şekil 1.51). Her dedektör elementinin bir transistörü (anahtar diodu) vardır. Bu düzeneğe "thin-film transistör (TFT)" imaj reseptörleri adı verilir. Her dedektör elementinde ortaya çıkan elektronlar saptanır, dijitalize edilir ve görüntü oluşturmak üzere saklanır. Panel ile dedektör materyali tam temas eder. Pikselin bir köşesinde bulunan elektronik düzeneğin kapladığı alan dedeksiyon alanı değildir, dolayısıyla olabildiğince küçük olmalıdır. Pikselin dedeksiyon alanının, tüm boyutuna oranına "fill" faktörü adı verilir.

Yassı-panel dedektörlerde piksel boyutu 100 mikron civarındadır. Dijital mamografi yöntemlerinde bu değer daha da düşer. Dedektör elementinin boyutu, sistemin uzaysal çözümlemesini belirlemede önemli bir etkendir ve küçük olmalıdır. Bununla birlikte piksel boyutunun küçültülmesi piksel başına düşen foton sayısını azaltır ve dolayısıyla gürültü artarak SNR dü-



Şekil 1.51 Yassı.panel dedektör. A. Taramayı kontrol eden devreler (a_1, a_2, a_3) ve okuma devreleri (b_1,b_2,b_3).

şer. Bu nedenle uzaysal çözümleme görülebilirlik için her şey demek değildir ve SNR ile birlikte düşünülmelidir. Ayrıca piksel boyutunun küçülmesiyle matris boyutunun artması verilerin depolanmasında sorun yaratır ve görüntülerin iletimi yavaşlar. Dedektör elemanının "fill" faktörü de önemlidir. Bu oran düşükse saptanan foton sayısındaki yetersizlik nedeni ile SNR ve dolayısıyla kontrast düşer.

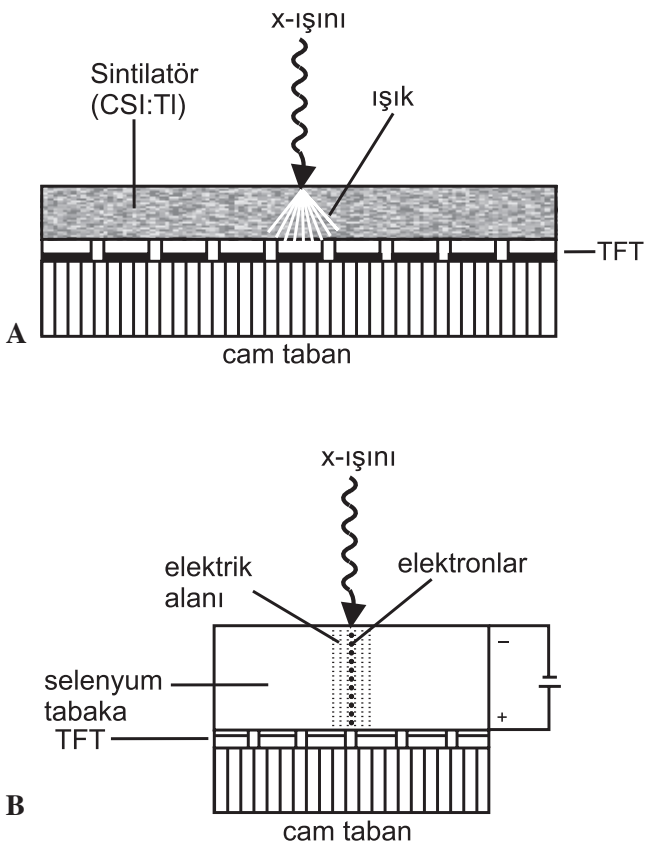
Dedektör elementlerinin verileri, CCD lerden farklı olarak, komşu dedektör elementlerinden geçmez. Bu da sistemi imalat sırasındaki fabrikasyon kusurlarına daha az duyarlı, dolayısıyla daha "cost-effective" yapar.

Yassı-panel dedektör sistemleri, dolaylı ("indirect") ve doğrudan ("direct") olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 1.52):

Dolaylı x-ışını dedektörleri: X-ışını enerjisi önce ışığa çevrildiği için, dolaylı x-ışını dedektörleri olarak isimlendirilmiştir. Dedektör olarak x-ışını fotonunu ışık fotonuna çeviren sintilatörler kullanılır. Sintilatör taliumla aktive edilen sezyum iyodürdür (CsI: Tl). Sintilatörlerde açığa çıkan ışık, amorf silikon (a-Si) fotodiodlar tarafından saptanır ve elektrona çevrilir. CsI (TI) dan oluşan sintilatör ile a-Si'den ibaret fotodiodun birbiriyle çok sıkı teması ışık kaybını en aza indirir. CsI kristallerinin doğal kristal yapısının kolonlar şeklinde olması ve bu kolanların da fotodiod yüzeyine dikey gelecek şekilde konuşlandırılması nedeniyle ışığın çevreye dağılımı en aza iner ve yüksek uzaysal rezülosyon sağlanır. X-ışınının önce ışığa çevrilmesi nedeniyle sistem ekran film sisteminin analoğudur.

Doğrudan x-ışını dedektörleri: Fotokondüktördürler ve solid-yapıdadırlar. Fotokondüktörler üzerlerine düşen x-ışınlarını doğrudan elektronlara çevirir. Polarize elektrodlarla sınırlanan elektron yuvalarında biriken elektronlar piksel kapasitörlerince toplanır ve ölçülür. Amorf selenyum (a-Se), dijital radyografide en sık kullanılan fotokondüktördür (Z=34, K-yörünge enerjisi=13 keV).

Dedektörde selenyum katmanının üst ve alt yüzeylerine voltaj uygulanır. Uygulanan voltaj nedeniyle elektronlar yollarından sapmadan kaydedilebilirler. Yön değiştirme olmadığı için bir bölgeden alınan elektrik sinyali, doğrudan o bölgeye çarpan x-ışınını temsil eder. Bu özellik nedeniyle selenyum tabakasının kalınlığının artırılması, çözümlemeyi düşürmeden kuantum saptama etkinliğini artırır. Bu yöntemle ortaya çıkan elektronlar piksellerdeki duyarlı bölge-



Şekil 1.52 Dolaylı (A) ve doğrudan (B) yassı.panel dedektörlerin enine kesiti.

lere de yönlendirilebilir; dolayısıyla fill faktör yükselir, SNR artar. Bu nedenlerle sistemin çözümlemesi çok iyidir.

Selenyumun (Z: 34) k-yörünge bağlanma enerji seviyesi, genel radyografide kullanılan ortalama x-ışını enerjisine göre düşüktür. Bu eksiklik dedektör kalınlığı artırılarak kapatılmaya çalışılır. Bu yetersizliği nedeniyle dedektör materyali olarak HgI_2, CaTe, PbI_2 üzerinde çalışılmaktadır.

Selenyumun mamografide kullanılan x-ışını enerji seviyelerinde kuantum saptama etkinliği çok iyidir ve %95'den yüksektir. Bu değer CsI sintilatörlerde %50-80, ekran film mamografisinde ise %50-70'dir.

Flat panel dedektörler çok hızıldır, ekspojurun saniyeleri içerisinde görüntü oluşturabilirler; ancak şimdilik çok pahalı olmaları dezavantajlarıdır.

TANI YÖNTEMLERİ

Dijital radyografi

Dijital radyografi adı, projeksiyon radyografisindeki tüm dijital ekspojur yöntemlerini kapsar. Bu başlık altındaki tüm yöntemler, hastayı geçen x-ışını haritasını dijital veri haritasına çevirmek için işlemci ("processor") kullanırlar. Bu dijital veriler işlenir, görüntülenir, depolanır veya iletilir. Dijtal radyografi sistemleri kullandıkları dedektör sistemine göre iki çeşittir: Görüntüleme plakları kullanan dijital luminesans radyografi (komputerize radyografi-CR) ve yassı-panel dedektörler kullanan dijital radyografi.

Konvansiyonel röntgende uzaysal çözümleme yüksektir ve görüntü kalitesi mükemmeldir. Röntgen filmine gelen x-ışınlarının taşıdığı bilgileri, veri kaybı olmadan dijitalize etmek için çok büyük miktarda dijital veriye gerek duyulur. Örneğin bir BT kesiti 0.5 MB, bir SPECT kesiti 16 kB'lık veri ile oluşturulurken kaliteli bir göğüs röntgenogramı 4-32 MB'lık (2k x 2k x 8bit - 4k x 4k x 12bit) veri ile yapılır. Böyle bir görüntüyü dijital olarak arşivlemek için çok yer gerekir, iletilmesi için ağ bağlantılarının bant genişliği yüksek olmalıdır ve raporlanması için yüksek luminesanslı ve yüksek çözünürlüklü (2k x 2.5k) monitör gerekir.

Dijital dedektör sistemlerinin geniş bir x-ışını intensitesine doğrusal cevap vermesi ve sistem gürültüsünün düşük olması gibi avantajları vardır. Dijital radyografi, görüntü kaydını, depolamasını ve gösterimini ayrı ayrı yapar. Bu özellik tümünü birlikte yapan ekran-film sistemine göre bir avantajdır; zira bu aşamaların birisinde ortaya çıkan yetersizlik, diğerlerini etkilemeden giderilebilir. Sistemin dinamik reynci (1.000/1), ekran-film sistemlerininkinden (40/1) çok yüksektir; ayrıca dinamik reyncinin ayarlanabilmesi lezyonların görülebilirliğini artırır. Görüntü elektronik olarak işlenebilir, ancak dijital işlem görüntüye bir bilgi eklemez.

Dijital floroskopi - Flororadyografi

Dijital floroskopi ve flororadyografi ya görüntü yükselticinin analog çıkış sinyalininin dijitalizasyonu ile ya da sinyalin doğrudan dijital olarak toplandığı yassı-panel dedektörlerle yapılır. Görüntü yükseltici çıkışındaki video kamera yerine CCD konabilir.

Bir TV kamerasından alınan analog voltaj sinyali, işlenebilmek için dijital bit dizinine (analogtan dijitale) çevrilmelidir. Bir ADC, voltaj seviye değişikliklerini ikili sistemdeki en yakın eşdeğerine çevirir. ADC analog video sinyalini ayrı ayrı noktalardan örnekler ve depolar. Örneklerin en üst ve en alt değerlerini ADC'nin bit derinliği belirler. Örneğin 8-bitlik bir ADC, video sinyalini en fazla 256 farklı değere çevirebilir. ADC'nin örnekleme frekansı ve bit derinliği arttıkça dijitalize veri analog sinyale o kadar yakın olur. Dijitalize görüntünün çözümlemesi, video kameranın çözümleme değeri olan 1-2 çç/mm ile sınırlıdır. Görüntü verileri, monitörde gösterilmeden önce bir bilgisayarda işlenir. Verilerin toplanması, işlenmesi ve gösterim aynı anda ("real-time") yapılır.

TV sistemi 525 çizgili ise bir çerçeve genellikle 525^2 (250.000) pikselden oluşur. Her pikselin, sinyal seviyelerini kaydedebilmek için 1 veya 2 baytlık bir yere gereksinimi vardır. Modern video kameralar 1.000 çizgi modunda çalışabilir. Bu durumda bir çerçeve 1.000^2 (1 milyon) pikselden oluşur ve bilgi içeriği 1-2 MB olur. Görüntüler, 30 çerçeve/sn (525 çizgili sistemlerde) veya 7.5 çerçeve/sn (4000 çizgili sistemlerde) hızlarda oluşturulabilir.

Video kameralarının alternatifi CCD'lerdir. CCD, görüntü yükselticinin çıkışındaki ışığı kaydeder. CCD ve video kameralar benzer floroskopik görüntü kalitesine sahiptir. Floroskopi görüntülerinin kalitesini sınırlayan en önemli faktör çerçeve başına düşen foton sayısının azlığına bağlı olan quantum gürültüsüdür.

Dijital fotospot görüntüleme: Dijital floroskopi sistemlerinde oluşturulan bir görüntü çerçevesi, analog sistemlerdeki spot film ve fotospot görüntülerinin karşılığıdır. Tüp akımı yüksek (mA), ekspojur süresi kısa çalışılır. Dijital kamera görüntüyü tarar

ve bilgisayar hafızasına kaydeder. Bu görüntü, daha sonra geri çağırılır ve işlenir. Görüntünün yapılması ve izlenmesi "real-time"dır. Dijital fosotspot görüntüleri genellikle 1.024^2 boyutundadır, 2.048^2 matrisli görüntüler de kullanılır. Bu yöntemde dozu düşürmek ve görüntüyü iyileştirmek için birçok veri işleme yöntemi vardır. Bunlardan en önemlileri son görüntüyü monitörde tutma ve çerçeve ortalaması almadır.

Analog floroskopi yönteminde x-ışını verildiği sürece monitörde görüntü vardır, x-ışını kesilirse görüntü kaybolur. Bu durum görüntüyü inceleyip anlama süresince hastaya x-ışını verilmesine neden olur. Dijital sistemde son görüntü monitörde tutulur. Böylece floroskopi süresi, dolayısıyla hastanın aldığı doz belirgin şekilde azaltılır. Bunun için monitördeki son görüntünün verileri bilgisayarda depolanır ve bir video sistemde gösterilmeye devam edilir.

Çerçeve ortalaması alma (dijital temporal filtreleme) ise görüntüdeki gürültüyü azaltmak amacıyla yapılır. Bunun için floroskopide son görüntüler, kendisinden önceki bir veya daha fazla çerçeve verilerinin ortalaması alınarak yapılır. Ortalamada en eski çerçevenin ağırlığı en fazladır. Bu yöntemle rastlantısal gürültünün etkisi azaltılır. Ortalamaya giren çerçeve sayısı arttıkça gürültü düşer. Sabit görüntülerde bu yöntem başarılıdır, ancak dinamik görüntülerde lagın artması dezavantajdır. Yöntem hastanın aldığı dozu düşürür.

Dijital subtraksiyon anjiografi (DSA)

Amaç, anatomik (yapısal) gürültü nedeni olan zemindeki yapıları görüntüden silerek damarları daha açık olarak göstermektir. DSA'da floroskopik olarak alınan dijital mask görüntü (kontrastsız) daha sonra gelen kontrastlı görüntülerden çıkarılır. Kalan veriler sadece kontrastlı damarları gösterir. Subtraksiyon sonucu görüntüdeki gürültü artar, fakat yapısal gürültünün neden olduğu üst üste düşme ortadan kalktığı için küçük damarlar daha iyi görülür. Dijital veriler kantitatif bilgiler de sağlar; kontrastın damar içindeki ortalama hızı veya damarın darlık derecesi ölçülebilir.

X-ışınları vücudu geçerken eksponansiyal bir şekilde zayıflar. DSA'da kontrastsız ve kontrastlı görüntüler birbirinden çıkarılırken bu eksponansiyal zayıflama logaritmik subtraksiyon şeklinde hesap edilmelidir. Logaritmik bir subtraksiyon yapılmazsa, subtrakte anjiografik görüntülerdeki objelerin (örneğin damarların) parlaklıkları, subtrakte edilmemiş görüntüdeki zeminlerinin parlaklığına göre değişik değerlerde görülür. X-ışını monoenerjitik olmadığı için, logaritmik subtraksiyon mükemmel değildir ve damarlarda, zeminlerindeki dokunun zayıflama farklılığına bağlı olarak az da olsa bir parlaklık farklılığı ortaya çıkar.

DSA ile düşük kontrastlı objeler saptanabilir. Bu nedenle kontrast madde daha az verilebilir. DSA % 1'den az transmisyon farkını görüntüleyebilir, halbuki ekran-film sisteminde %2-3'lük fark, sıklıkla saptanamaz. Bu duyarlılığına rağmen DSA'da venöz yolla arteriografi yapılmamalıdır; kontrast dilue olacağından arterlerin görüntüsü tanı için yetersiz olur.

DSA'nın temporal subtraksiyon teknikleri genel olarak hastanın istemli ya da istemsiz hareketlerine çok duyarlıdır. Mask görüntüden sonra gelen kontrastlı görüntüler alınırken hasta hareket ederse görüntü kalitesi bozulur. Bu hareket hafızadaki görüntü kayıtları üzerinden düzeltilmeye çalışılır. Bunun için sık kullanılan bir yöntem, mask görüntünün uzaysal kaymasını düzeltmek (piksel kaydırma); diğer yöntem ise daha sonraki bir çerçeveyi mask olarak seçmektir (remasking).

Kıvrımlı ve küçük damarlara kılavuz tel ve kateter yerleştirmeyi kolaylaştırmak amacıyla yol haritası yöntemi uygulanır. Bunun için önce bir DSA sekansı yapılır ve damarın en iyi opasifiye olduğu çerçeve yol haritası maskı olarak seçilir. Daha sonraki floroskopik görüntüler bu mask görüntüden devamlı bir şekilde subtrakte edilerek floroskopiye devam edilir. Girilecek damarın görüntüsü ekranda sabit durduğu ve üzerinde kılavuz telin hareketi izlenebildiği için kateterin yerleştirilmesi sorun olmaz. Yol haritasındaki damarın opasifikasyonu görüntü soluklaştırma yöntemiyle istenildiği kadar azaltılabilir.

DSA'da elde edilen görüntüler hızlıdır ve bir çerçevede tüm damar opak madde ile dolmayabilir. Bu durumda ardından gelen birkaç çerçeve görüntüleri birleştirilerek tüm damar kontrastla dolu bir şekilde görüntülenebilir.

Dijital mesafe ölçümü, görüntünün piksel boyutunun doğru kalibre edilmesi ile yapılabilir. Boyutu bilinen referans bir obje görüntü planına yerleştirilir. Bu bilinen boyut, piksellerin milimetre karşılığının saptanması için kalibrasyon faktörü olarak kullanılır. Ölçülecek anatomiyi oluşturan piksel sayısı kalibrasyon faktörü ile çarpılarak boyut hesaplanır. Kalibrasyon için konan yapı ile lezyonun (örneğin anevrizma) aynı düzlemde olmaması ölçümde yanlışlığa neden olabilir.

DSA ile periferal anjiografi yapılırken, tek bir enjeksiyonla tüm ekstremiteyi inceleyebilmek amacıyla ya masa ya da tüp-kayıt gereci (gantry) hareket ettirilir. Her iki yöntemde de görüntü verilerinin toplanması ile kontrast madde bolusunun hareketinin zamanlaması çok önemlidir. Her basamakta önce kontrastsız görüntü alınır ve bu görüntü daha sonra alınan kontrastlı görüntülerden çıkarılır.

Dijital görüntünün kaydı

Görüntüler film üzerine basılır. Bu işlem laser kamera aracılığı ile yapılabildiği gibi kuru banyo denilen, farklı teknolojilerin kullanıldığı yöntemle de yapılabilir.

Laser kamera dijital görüntü verilerini laser ışını aracılığıyla film üzerine geçiren bir düzenektir. Bu aşamadan sonra film normal şekilde banyo edilir. Kamera banyoya ya doğrudan bağlıdır veya filmler banyoya magazinlerle taşınır. Laser kamera filmleri, kübik grain teknoloji ile üretilir (ekran-film radyografisinde tubuler grain filmler kullanılır).

Laser kamerada görütünün piksel intensitesi film üzerine laser ışını ile aktarılır. Laser ışını film yüzeyini raster örneğinde tarar. Bir bilgisayar bu süreçte laser demetinin intensitesini ve pozisyonunu kontrol eder. Laser demetinin intensitesi dijital görüntünün o noktadaki intensite değerini gösterir. Bu işlem yükseltici ekranın filmi etkilemesinin analoğudur. 35 x 43 cm film için yaklaşık 3500 x 4300'lük bir matris yazdırılır. Böyle bir görüntünün çözümlemesi yaklaşık 5 çç/mm dir.

Kuru banyo laser kamera gibi dijital görüntüleri kaydeder. Birçok farklı teknoloji vardır. Örneğin bir sistem, görüntü için gümüş değil karbon kullanır. Bu teknik fotoğrafik değil adherografiktir. Laser ışını ile karbon matrisin poliester baza yapışması sağlanarak görüntü oluşturulur. Bir diğer teknikte lazer ışını gümüş bileşikli filmi ekspoze eder. Kuru banyo sistemlerinde film başı maliyeti yüksektir, bu nedenle iş yükünün yoğun olmadığı muayenehaneler gibi merkezler için daha uygundur.

GÖRÜNTÜ KALİTESİ

Radyolojide görüntü kalitesi, bir görüntünün taşıdığı verileri gösterme, sergileme yetisi olarak tanımlanabilir. Amaca göre değişen subjektif bir değerlendirmedir ve fotoğrafik kaliteden farklıdır. Örneğin kontrastı yüksek siyah beyaz bir göğüs röntgenogramı fotoğrafik olarak güzeldir; buna karşılık birbirine yakın gri tonlardan oluşan gri bir röntgenogram göze hoş görünmez. Ancak küçük bir akciğer nodülü fotoğrafik olarak güzel olanda değil de diğerinde görülüyorsa, nodülün göründüğü röntgenogramın görüntü kalitesi daha yüksek demektir. Radyolojide görüntü kalitesi, kontrast, kenar keskinliği ve gürültü (parazit, "noise") isimli temel bileşenleri üzerinden değerlendirilir. Şimdi bu temel bileşenleri ayrı ayrı inceleyelim.

Kontrast

İnsan gözü siyah beyaz bir resimde kontrastı arar; kontrast görüntüye canlılık verir. Kontrast, görüntüdeki bir yapı ile zemin ya da komşu iki yapı arasındaki gri ton farklılığıdır. Radyografik görüntülerde bu fark, yani kontrast, aslında film üzerine düşen foton miktarındaki farklılığın karşılığıdır. Sistemin veri toplama, işleme ve görüntüleme aşamalarının her biri kontrastı farklı mekanizmalarla etkiler.

Obje kontrastı: Vücuttaki bir nesnenin görülebilmesi, hastayı geçen x-ışını demetini çevreye göre farklı oranda zayıflatmasına bağlıdır. Bu farklılığa obje kontrastı adı verilir. Obje kontrastı nesnenin dansitesine ve atom numarasına bağlıdır. Nesne ve çevresi arasındaki dansite ve/veya atom numarasının artması ile obje kontrastı artar. Nesnenin kalınlığının artması obje kontrastını artırır. Bir nesnenin görülebilirliği için obje kontrastı esastır.

Subje kontrastı: Nesneden ve çevresinden geçen x-ışınlarının intensiteleri arasındaki farktır. Subje kontrastı için obje kontrastı olması şarttır; fakat obje kontrastının olması mutlaka subje kontrastının olacağı anlamına gelmez; örneğin hastayı geçen x-ışınının enerjisi çok düşük ise obje kontrastı subje kontrastına dönüşemez.

Bir yapının subje kontrastı öncelikle foton enerjisince etkilenir. Kontrast üzerindeki en etkin olay olan fotoelektrik soğurulma, atomların k-yörüngelerinin enerji seviyelerince belirlenir. Vücuttaki dokuların ortalama atom numarası ve dolayısıyla k-yörüngelerinin enerji seviyeleri yüksek değildir. Bu nedenle düşük foton enerjisinde soğurulma artarak yüksek subje kontrastına neden olur. Mamografideki kontrast bu kurala dayanır.

Görüntelenen bölge kalın olduğunda düşük enerji-

li fotonların penetrasyonları yetersiz kalır ve kontrast hızla düşer. Bu durumda kVp artırılmalıdır. Yüksek kVp ile elde edilen x-ışını demetleri yüksek ortalama x-ışını enerjisine sahiptirler ve daha penetrandırlar. Fakat kVp arttıkça Compton saçılması artar ve kontrast azalır. Voltajın yükselmesi genellikle subje kontrastını düşürür.

Subje kontrastını iyileştirmek için kontrast maddeler (hava, baryum, iyod bileşikleri) kullanılır. Sindirim borusunu göstermek amacıyla kullanılan baryumun x-ışınlarını zayıflatma değeri yüksektir. Atom numarası (Z = 56; k-yörünge enerjisi = 37keV) ve fiziksel dansitesi yüksek olduğundan fotoelektrik soğurulma katsayısı, dolayısıyla soğurulma oranı artar. Baryumun k-yörünge enerjisi floroskopide kullanılan ortalama foton enerjisi ile uyumludur. İyot (Z = 53, k-yörünge enerjisi = 33keV) aynı nedenlerle mükemmel bir kontrast maddedir. Hava ve karbondioksit ise negatif kontrast olarak kullanılır.

Dedektör kontrastı: Obje ve subje kontrastları görüntü kontrastı için temel ön gereksinimlerdir; bununla birlikte varlığı görüntü kontrastını garanti etmez. Görüntü kontrastı, sistemin görüntüyü kayıt ve gösterim özelliklerine de bağlıdır. Kayıt sisteminin subje kontrastını algılama şekli dedektör kontrastını verir. Örneğin röntgen filminin dinamik reyncinin sınırlı olması nedeniyle çok yüksek ve çok düşük enerji seviyelerindeki subje kontrast değerleri saptanamaz. Sert ve yumuşak çekilmiş filmlerde görüntü kontrastı çok azdır. Dijital radyografide ise dedektör sisteminin böyle bir sınırlaması olmadığı için teorik olarak kontrast işleme sınırılaması yoktur (Şekil 1.53).

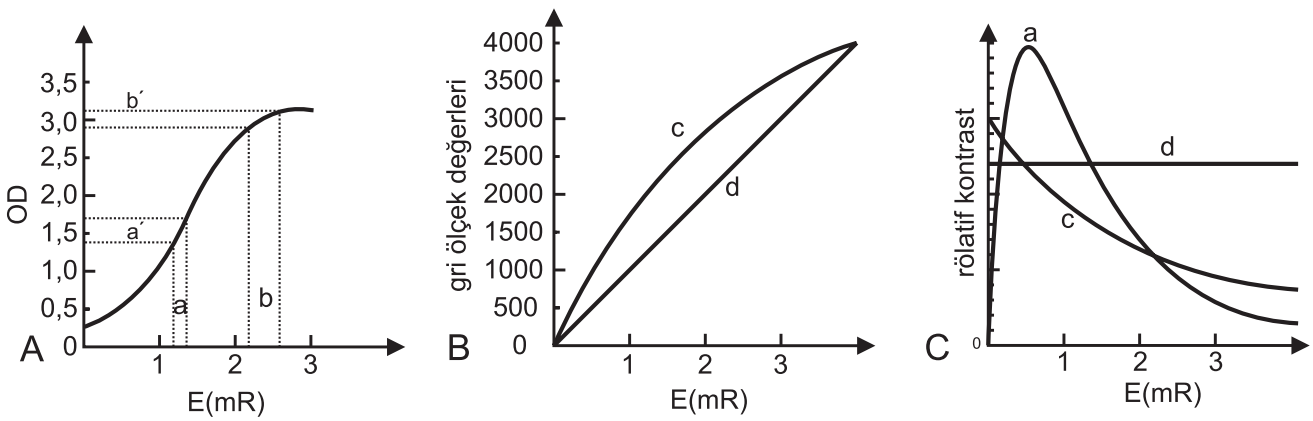
Kenar Keskinliği

Radyolojik bir görüntüdeki bir yapının seçilebilmesi için sadece kontrast farkı yeterli değildir. Özellikle düşük kontrastlı yapıların seçilebilmesi için kenarlarının bulanık olmaması, çevreden ayrılabilecek şekilde keskin olması gerekir. Kenar keskinliğini radyografinin geometrik şartları, yükseltici ekran faktörleri ve hareket etkiler.

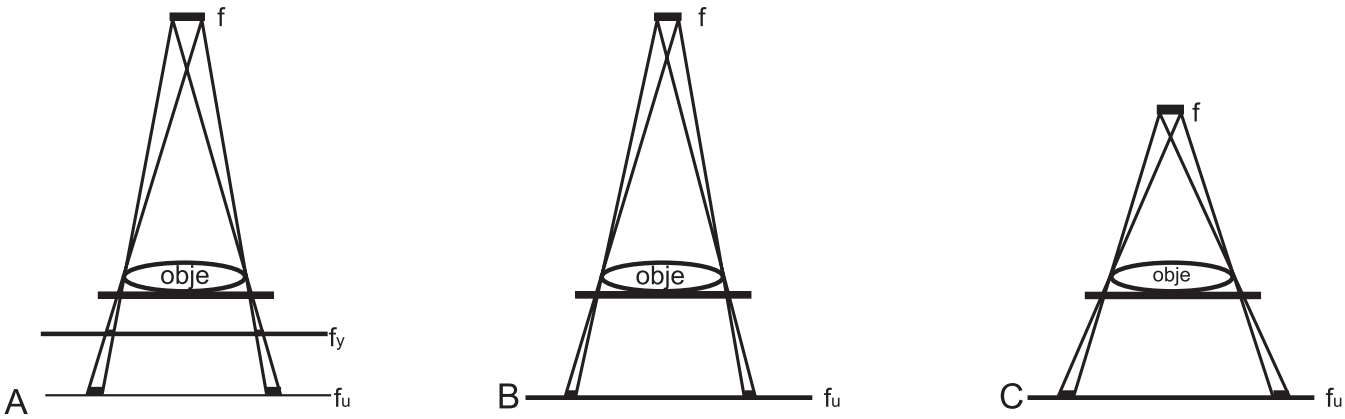
Geometrik şartlar: Objelerin gölgesine umbra, kenarlarının gölgesine de penumbra denir. Penumbra ne kadar genişse kenar bulanıklığı o kadar fazladır. Penumbranın iki önemli nedeni vardır: Işın kaynağının, yani fokal spotun gerçekte bir nokta olmayıp bir alan olması ve obje-film mesafesinin artması.

Radyografide objeyi geçerek filme ulaşan ışınlar fokal spotun her tarafından çıkar; dolayısıyla fokal spot ne kadar genişse objenin kenar gölgeleri de o kadar geniş olur. Kenar gölgelerinin genişleyerek bulanıklaşmasına fokal spot bulanıklığı veya geometrik keskinsizlik adı verilir.

Obje-film mesafesinin artması da magnifikasyona neden olarak kenar gölgelerinin (penumbra) genişlemesine ve dolayısıyla kenar bulanıklığına neden olur. Magnifikasyon radyografisinde zorunlu olarak artırdı-



Şekil 1.53 Radyografik kontrast. A. İki ayrı ekspojurda subje kontrastı (a, b) yaklaşık aynı olduğu halde filmin doğrusal olmayan cevabı nedeniyle radyografik kontrast (a′, b′) belirgin farklı. B. CR'de (c) ve yassı-panel dijital radyografide (d) karakteristik eğriler C. Radyografik sistemlerin kontrast özellikleri. Ekran-film radyografisinde (a) düşük ekspojur seviyelerinde düşük dedektör kontrastı ile başlayan kontrast eğrisi, ekspojur değeri 1 mR'i geçtiğinde en üst seviyeye çıkıyor. Bu seviye, karakteristik eğride ortalama eğim bölgesinin eğiminin en dik olduğu bölgenin karşılığıdır. Dijital sistemlerden CR'de (c) kontrast yüksek seviyeden başlayıp ekspojur arttıkça düzenli olarak düşüyor, yassı-panel dedektör sisteminde (d) ise kontrast değişmiyor.



Şekil 1.54 Geometri bulanıklığı. A. Objeden uzak filmde (fu) kenar bulanıklığı yakın olandakine (fy) göre daha fazla, B. Film-obje mesafesi aynı, fakat foküs boyutu küçük; kenar bulanıklığı azalmış, C. Film-obje mesafesi ve foküs boyutu aynı, foküs-film mesafesi azalmış; kenar bulanıklığı artmış.

ğımız bu mesafenin kenar bulanıklığını artırması, fokal spot boyutu olabildiğince küçültülerek önlenmeye çalışılır. Bu etkiyi önlemek için obje filme mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır.

Obje-film mesafesi ve foküs boyutu değişmediği halde, foküs-film mesafesinin azaltılması da penumbrayı genişleterek kenar keskinliğinin azalmasına neden olur (Şekil 1.54).

Ekran faktörü: Yükseltici ekranlarda absorbe olan x-ışını ışık fotonlarına çevrilir. Bir ışık fotonu oluştuğu noktadan filme kadar olan mesafeyi geçmek durumundadır. Bu süreçte, mesafenin uzunluğu ile artan bir oranda yayılır. Ekran bulanıklığı, yükseltici ekranın ışığı bu şekilde yaymasına bağlıdır. Kalın ekranlarda mesafe uzun olduğu için dağılma daha fazladır, dolayısıyla bulanıklık daha fazla olur, çözümleme düşer. İnce ekranlarda aynı nedenlerle çözümleme daha iyidir.

Öte yandan, kalın ekranlar x-ışınının soğurulma etkinliğini artırdığından (hızlı ekranlar) ekspojur süresinin kısalmasına neden olur. Sürenin kısalması, hareket bulanıklığını azaltarak çözümlemenin artmasına katkı sağlar.

Magnifikasyonda ekran bulanıklığı aynı kalır, fakat görüntü büyüdüğü için ekran bulanıklığının önemi görece azalır.

Ekran-film radyografisinde ekran bulanıklığı, görüntü zincirinde önemli bir sınırlayıcı faktördür. Zayıf ekran-film teması da kenar bulanıklığını artırır.

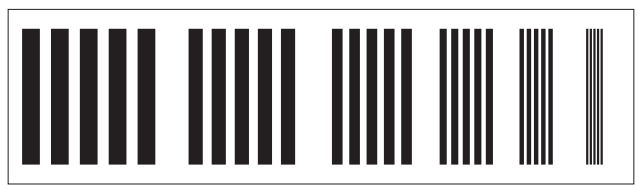
Hareket: Kalp gibi organların istemsiz hareketi ya da hastanın hareketi, objenin gölgesinin film üzerinde yayılmasına ve bulanıklığa neden olur. Hareket bulanıklığını azaltmak için yapılması gereken iş ekspojur süresini kısaltmaktır. Ekspojur süresinin kısalması, ekspojur faktörleri artırılarak ve hızlı ekranlar kullanılarak dengelenir. Tüp akımını fazla artırmak, fokal spot boyutunun yüklenme limitleri dolayısıyla her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda tüp voltajı artırılabilir. Daha hızlı ekran-film kullanılması daha kısa ekspojur süresine olanak vererek hareket bulanıklığını azaltır. Puls ekspojur yöntemi de hareketin etkisini azaltır.

Hasta hareketi, immobilazasyon gereçleri kullanılarak önlenebilir. Hareket bulanıklığı magnifikasyonla ilişkisizdir.

Kenar keskinliğini etkileyen bu nedenler içerisinden en önemlileri fokal spot boyutu, ekran kalınlığı ve hastanın hareketidir.

Gürültü (“noise”, parazit)

Görüntüleme sisteminden kaynaklanarak görüntünün zemin dansitesini heterojen hale getiren etken-



Şekil 1.55 Bir görüntüleme sisteminde uzaysal çözümlemeyi ölçmek için kullanılan çizgi çifti fantomu. Bir yöntem ne kadar ince çizgi çiftlerini ayırabiliyorsa uzaysal çözümlemesi o kadar yüksektir.

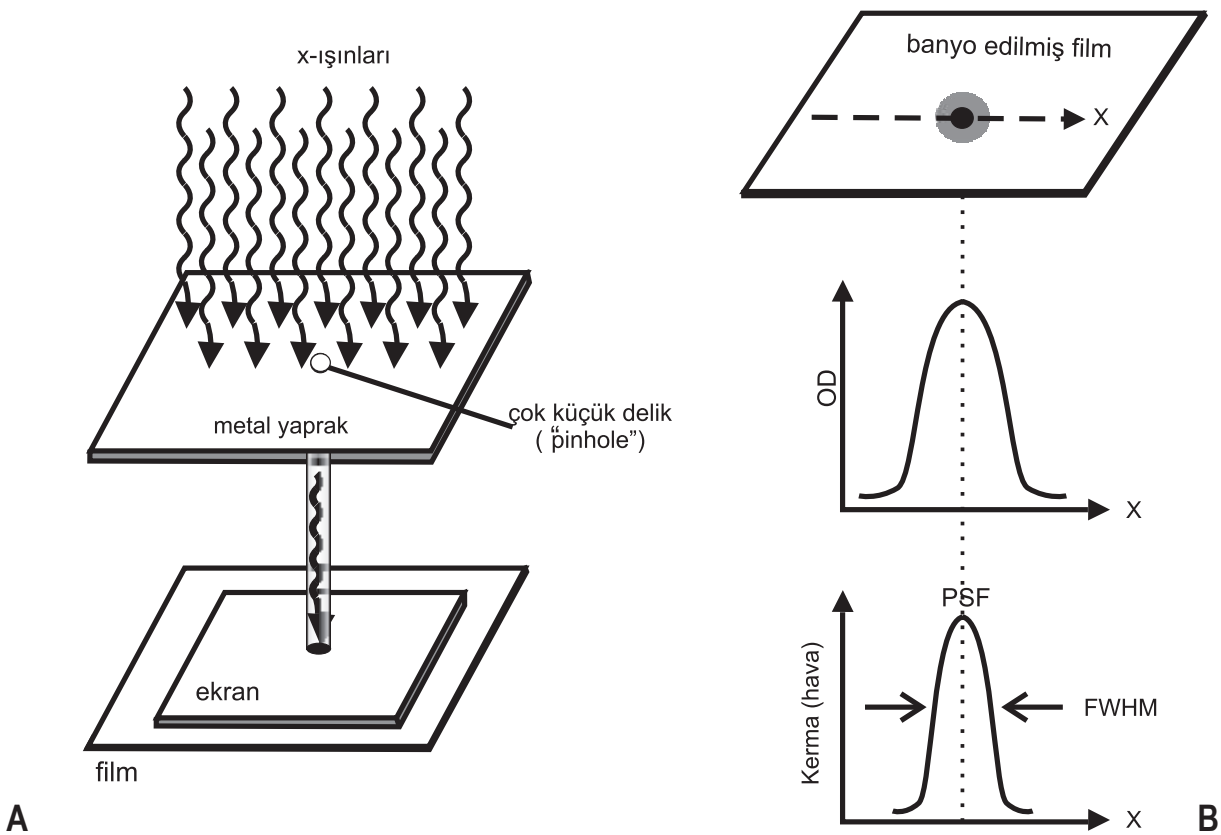
lere gürültü adı verilir. Gürültü görüntünün kalitesini bozar, ona benekli, kumlu bir görünüm verir ve düşük-kontrastlı objelerin görülebilmelerini güçleştirir. Röntgenogramlardaki görüntüsüne radyografik beneklenme ("mottle") adı verilir. Ekrandan, röntgen filmden ve film üzerine düşen fotonlardaki zorunlu dalgalanmadan kaynaklanan üç ayrı nedeni vardır. Pratikte önemli olan kuantum gürültüsüdür.

Ekran kaynaklı gürültü: Ekran yapısının üniform olmamasından kaynaklanır, modern ekranlarda pek görülmez. Röntgenogramdaki etkisine yapısal beneklenme adı verilir.

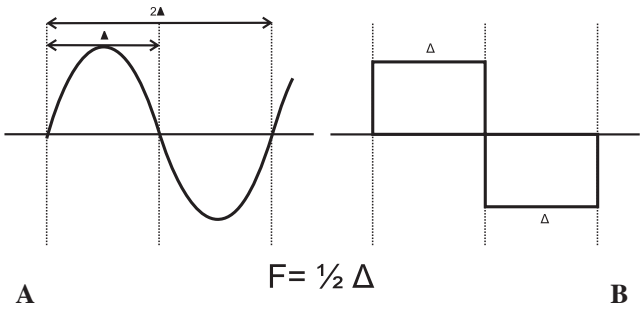
Film kaynaklı gürültü: Emülsiyonun kumlu yapısından kaynaklanır ve ekran-film radyografisinde normalde çok az öneme sahiptir.

Kuantum gürültüsü (kuantum beneklenmesi)**:** "Quantum" sayılabilen ya da ölçülebilen şey demektir. Görüntülemede quanta, foton ve elektron gibi ayrı paketler halindeki sinyallere verilen isimdir. Radyografideki gürültünün en önemli nedenidir ve x-ışınının devamlı değil fotonlar şeklinde tek tek ayrı birim olmalarından kaynaklanır. Bir ekspojurdan sonra, görüntü kayıt intensitesindeki yaklaşık bir ortalama değere sahip rastlantısal dalgalanmalardır (kuantum dalgalanması); ölçülen değerleri değiştirir ve ölçümü gerçeğinden farklı yapar. Bir görüntüleme işleminde gürültünün varlığı, sistemin artık deterministik olmadığını ve gücünün istatistiksel yöntemlerle analiz edilmesi gerektiğini gösterir.

Kuantum gürültüsünün miktarı görüntüyü oluştururken kullanılan foton sayısına bağlıdır. Örneğin ekspojur değerini iki katına çıkardığımızda ortalama değerdeki görece dalgalanma (kuantum beneklenmesi) %41 oranında azalır. Tanısal radyolojide, bir



Şekil 1.56 Ekran-film radyografisinde uzaysal çözümlemenin nokta yayılım fonksiyonu (PSF) ile ölçülmesi A. Çözümleme yetisi ölçülecek ekran-film sistemi ile tüpün arasına ortasında çok küçük bir deliği (0.01 mm) olan ışın geçirmez metal bir yaprak konur ve ekspojur yapılır. B. Film banyo edilir, delikten geçen x-ışının oluşturduğu kararmanın dansitesi bir ucundan öteki ucuna kadar ölçülür ve lokalizasyona (x) karşı optik dansite (OD) eğrisi şeklinde yazdırılır. Bulunan OD değerleri, ekran-film sisteminin karakteristik eğrisinden hava kermasına çevrilirse, hava kerması-lokalizasyon grafiği elde edilir. Ortaya çıkan eğri, nokta yayılım fonksiyonudur. Bu eğrinin yüksekliğinin tam ortasındaki kalınlık ise nokta yayılım fonksiyonunun birimi olan FWHM'dur.



Şekil 1.57 Uzaysal frekans (F). Obje bir sine dalgası ile örneklenir ve dalganın yarısı (Δ) obje boyutu kabul edilir. Uzaysal çözümleme ölçümü, çizgi çiftleri ile yapıldığı için dalganın diğer yöne olan yarısı da çizginin aralığının karşılığıdır. Bu durumda bir çizgi çifti bir dalgaya karşılık gelir (2Δ). Saniyedeki dalga sayısı frekansı gösterdiğinden ($^{1}/_{2\Delta}$) frekans arttıkça dalga boyutu küçülür (obje boyutu küçülür). Uzaysal frekans milimetredeki çizgi çiftinin karşılığıdır. A. Sine dalgası B. Dalganın çizgi çiftinin karşılığı olan basitleştirilmiş şekli.

radyografik görüntü oluşturmak için kullandığımız x-ışını fotonu sayısı $10^5/mm^2$ kadardır. Konvansiyonel fotografide ise bir görüntü oluşturmak için fotoğraf filmi üzerine 10^9-$10^{10}/mm^2$ ışık fotonu düşmelidir. Foton intensiteleri arasındaki bu fark, konvansiyonel fotografide gürültünün neden ihmal edilebilir olduğunu, buna karşılık radyolojide neden fevkalade önemli olduğunu açıklar.

Üniform bir x-ışını ekspojurunda, film üzerindeki komşu alanlar (mm^2 ile ölçülür) üzerine düşen foton sayıları, ortalama değerden (N) rastlantısal farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar Poisson istatistiği ile uyumludur. Poisson istatistiğinde standart sapma ortalamanın kareköküdür ve x-ışını dağılımındaki gürültüyü (σ) gösterir [$(\sigma) = \sqrt{N}$]. Ortalamaya ise varians (σ^2) adı verilir ve gürültünün karesidir ($\sigma^2 = N$).

Ekran-film radyografisinde film üzerindeki kararma (OD) ekranın absorpsiyon değeri ve/veya çevirim etkinliği artırılarak artırılabilir. Absorpsiyon değeri artırıldığında (ekran kalınlığı artırılır) detektör sistemine gelen x-ışını miktarı artar. Çevirim etkinliğinin artırılmasında ise gelen x-ışını miktarı değişmez, aynı miktarda x-ışını fotonu daha fazla ışık fotonu üretir. Dolayısıyla ekran karınlığının artırılması gürültüyü azaltırken, çevirim etkinliğinin artırılması gürültüyü artırır.

Ekran-film radyografisinde bir görüntü için tipik ekspojur değeri 5 μGy (0.5mR) dir. Bu değer kuantum beneklenmesinin miktarını belirler. Floroskopide bir çerçeve görüntü oluşturmak için gerekli olan radyasyon miktarı bu değerin yüz katından daha azdır. Bu nedenle floroskopide kuantum beneklenmesi radyografiden çok fazladır. Sine-radyografide ise görüntü yükselticinin girişindeki x-ışını miktarı ve dolayısıyla quantum beneklenmesi ekran-film ve floroskopi değerleri arasındadır.

Kuantum gürültüsü sınırlı sistemlerde, hastanın aldığı radyasyon ekspojuru ile elde edilen görüntünün kuantum beneklenmesi arasında tam bir denge vardır. Radyografi sistemlerinin çoğu bu şekilde üretilir ve ilave gürültü kaynakları çok azdır.

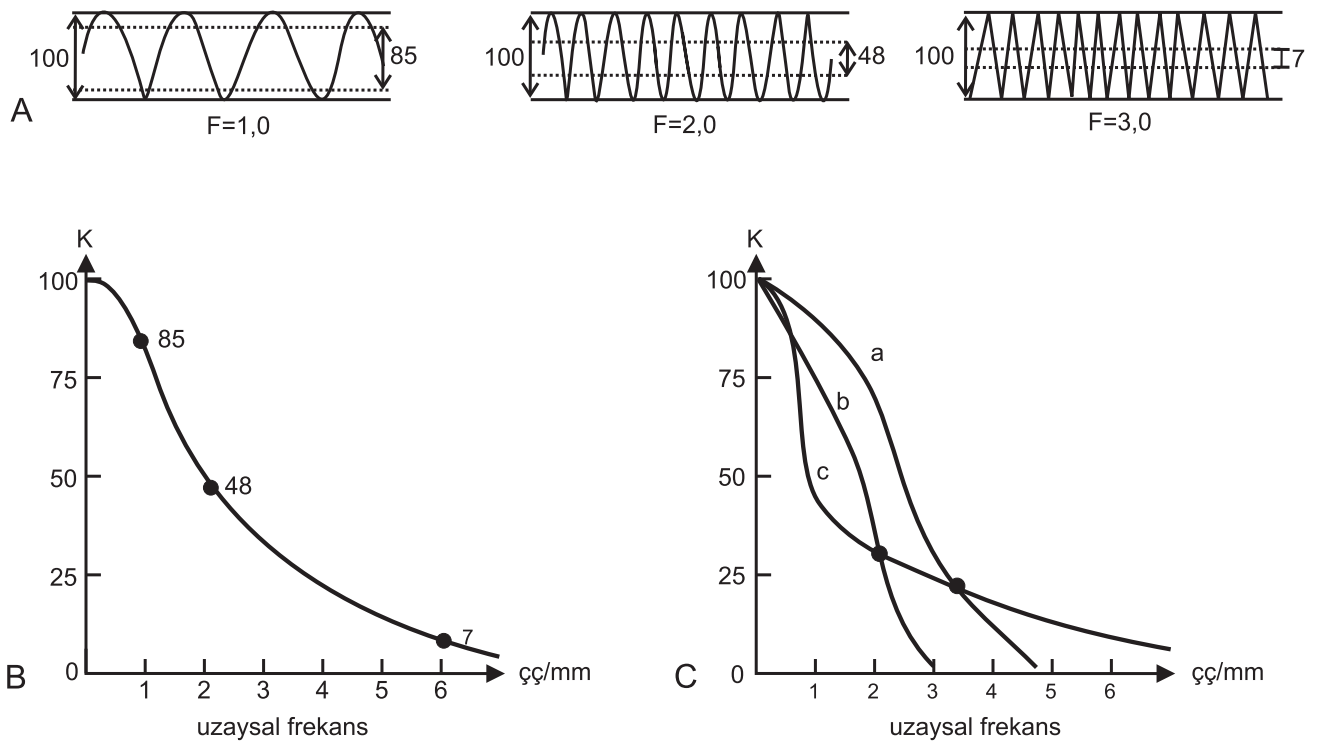
Vücuttaki normal yapılar lezyonu maskeleyerek kontrast çözümlemeyi düşürür. Bu etkiye **strüktüral gürültü** adı verilir.

GÖRÜNTÜ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Radyolojik bir görüntü, üretildiği sistemin performansını tam olarak yansıtıyorsa kaliteli bir görüntü olarak tanımlanır. Bu performans, sistemin görüntüleyebileceği en küçük yapının görüntüde gösterilebilmesi demektir. Buna sistemin **çözümleme gücü (rezolüsyonu)** adı verilir.

Radyolojik bir görüntüde bir nesnenin görülebilmesi onun kontrastına ve boyutuna bağlıdır. Bir nesnenin görülebilirliği açısından kontrastla boyut arasında ters bir orantı vardır; görülebilmek için kontrast düştükçe boyut artmalı, boyut küçüldükçe kontrast artmalıdır. Gürültü özellikle düşük kontrastlı ve küçük boyutlu nesnelerin görüntülenmesini negatif yönde etkileyen bir faktördür. Çözümleme gücü yüksek bir yöntem diğerine göre, kontrastı düşük ve boyutu küçük bir nesneyi daha iyi gösterebilmelidir.

Bir sistemin ürettiği görüntü kalitesini değerlendirmek için sistemin görüntünün üç temel bileşeni olan kontrastı, kenar keskinliğini ve gürültüyü nasıl işlediğine bakılır; kontrast işleme yetisine kontrast çözümleme ve kenar keskinliği işleme yetisine geometrik (uzaysal) çözümleme adı verilir. Daha küçük kontrast farklılıklarını gösteren sistemin kontrast çözümlemesi daha yüksektir. Örneğin iki sistemden birincisi %1, ikincisi %0.5 lik kontrast farklılığını gösterebiliyorsa ikici yöntemin kontrast çözümleme yetisi diğerinin iki mislidir. Geometrik çözümleme ise, bir görüntüleme sisteminin yüksek-kontrastlı komşu iki nesneyi ayrı yapılar olarak gösterebilme yeteneğidir. Aralarındaki mesafe daha kısa olan iki yapıyı ayrı yapılar olarak görüntüleyen bir sistemin geometrik çözümleme gücü diğerine göre daha yüksektir.



Şekil 1.58 Modülasyon transfer fonksiyonu (MTF). Farklı uzaysal frekanstaki (farklı boyuttaki) objenin bir sistem tarafından görüntüye çevrilmesi. A. Uzaysal frekans arttıkça (obje küçüldükçe) girişte çizgi çiftleri arasında %100 olan kontrast farkının, çıkışta objenin boyutu ile ters orantılı (uzaysal frekansla doğru orantılı) olarak azaldığı görülmektedir. B. Bu değerlerin uzaysal frekansın fonksiyonu olarak grafiklenmesi C. Farklı sistemlerin farklı MTF eğrileri. Çok farklı grafikleri olmasına karşın c profilinin diğer iki sistemle birer noktada aynı değere sahip olduğu görülüyor. Sistemler tek MTF değerleri ile değil tüm eğrileri ile karşılaştırılmalıdır.

Kontrast çözümleme

Kontrast çözümleme bir sistemin düşük kontrastlı bir objeyi gösterilebilme yeteneğidir. Düşük kontrastlı bir objenin görülebilmesi ise gürültü oranı ile yakından ilişkilidir. Bir görüntüde fark ettiğimiz gürültüye görece gürültü ya da varyasyon katsayısı adı verilir. Görece gürültü, gürültünün sinyale oranıdır (σ/ N). Görece gürültü, sinyal arttıkça düşer.

Görece gürültünün tersi sinyal/gürültü oranıdır (SNR) ve N/σ olarak ifade edilir. Gürültüyü sinyal türünden belirtirsek $SNR = N/\sigma = N/\sqrt{N} = \sqrt{N}$ olur. Yani bir görüntüde sinyal arttıkça SNR sinyalin karekökü oranında artar. Sinyal 2 kat artınca hastanın aldığı doz 2 kat artar, ancak görüntü kalitesinde önemli payı olan SNR aynı oranda artmaz. SNR'yi 2 kat artırabilmek için dozun (N) 4 kat artması gerekir. Örneğin bir TV sisteminde bir objenin güvenilir bir şekilde gösterilebilmesi için SNR en az 5 olmalıdır. Buna Rose ölçütü denir.

Bir nesnenin SNR'si ile komşu alanın (ya da nesnenin) SNR'si arasındaki farka kontrast-gürültü oranı ("contrast-noise ratio", $CNR = SNR_1 - SNR_2$) denir. Bu değerin yüksekliği lezyonun görülebilirliğini artırır.

Görüntünün kontrastı, x-ışını fotonun enerjisini düşürerek veya saçılma miktarını azaltarak iyileştirilebilir. Gürültünün azaltılması, lezyon görülebilirliğini artırmanın diğer yöntemidir. Gürültü, görüntüyü oluşturmak için gerekli olan foton sayısını artırarak azaltılabilir. Dijital görüntülerde, sayısal olarak gürültüyü azaltmak için görüntü işleme (filtreleme) kullanılabilir fakat bedeli uzaysal çözümleme kaybıdır.

Geometrik (uzaysal) çözümleme

Çözümleme sözcüğü tek başına kullanıldığında uzaysal veya geometrik çözümleme anlamını taşır ve yüksek-kontrast çözümlemedir. Ölçü birimi milimetrede çizgi çiftidir (çç/mm = "line-pair"-lp /mm). Çizgi çifti bir opak çizgi ile yanındaki radyolüsent aralıktan oluşur. Bir yöntemin uzaysal çözümlemesi, çizgi çiftlerinden oluşan fantomlar kullanılarak belirlenmeye çalışılır (Şekil 1.55). Bir milimetrede bir çizgi çifti (1 çç/mm), 0.5 mm kalınlığında kurşun (Pb) çubuğu ve yanındaki 0.5 mm'lik radyolüsent aralığı tanımlar; 2 çç/mm'de, çubuklar ve araların kalınlıkları 0.25 mm demektir.

Bir görüntüleme sisteminin kaydedebildiği mm'deki en çok çizgi çifti sayısı o sistemin çözümleme gücünü ve sınırını gösterir. İnsan gözü yakından dikkatli bakışla ancak 30 çç/mm çözümleyebilir; bu noktadan 25 cm uzaklaşıldığında bu değer 5 çç/mm'ye düşer. Radyolojide en iyi çözümleme ekransız çıplak filmle elde edilir. Bu şekilde yapılan radyografilerde 100 çç/mm değerlere ulaşılabilir.

Bir dedektör sisteminin uzaysal çözümleme yeteneği, sistemin nokta şeklindeki bir stimulusa cevabında araştırılır. **Uzaysal modelleme** denilen bu yöntemde kenar bulanıklığı değerlendirilir. Buna nokta yayılma fonksiyonu ("point spread function-PSF") adı verilir. Bir görüntüyü onu oluşturan nokta stimuluslarına ayırıp her noktanın kenar bulanıklığı değerini matematik olarak hesaplamaya konvolüsyon denir.

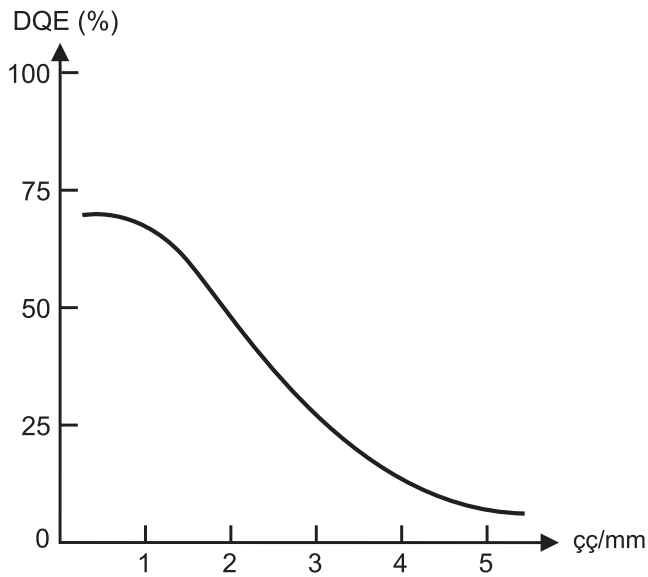
Nokta yayılım fonksiyonunu ölçmek için, ince bir ışın demetinin film üzerinde oluşturduğu gölgenin optik dansitesi (OD) grafiklenir. Bunun için homojen bir x-ışını demeti, ortasında çok küçük bir delik olan metal bir levha üzerine düşürülür (Şekil 1.56). Delikten geçen ışının film üzerinde oluşturduğu kararmanın derecesi bir kenarından diğer kenarına kadar ölçülür. Bu ölçüm, mesafeye karşı kararmanın derecesini gösteren bir grafikle gösterilir. Bu grafikten de filmin karakteristik eğrisini kullanarak mesafeye karşı ekspojur değerleri grafiklenirse nokta yayılım fonksiyonu bulunmuş olur. Eğrinin tabanı ne kadar genişse kenar bulanıklığı o kadar fazla demektir. Ölçüm tabandan değil eğrinin yüksekliğinin tam orta noktasından yapılır. Bu değer, "full-with half maximum-FWHM" olarak isimlendirilir ve tek bir çizginin karşılığıdır. 1/(2FWHM), çç/mm olarak çözümleme değerini verir. Bir sistemin FWHM değeri 0.1 mm ise çözümlemesi 5 çç/mm'dir.

Nokta yayılım fonksiyonunu modellemek zordur. Bu nedenle çizgisel ("lineer") yayılım fonksiyonu (LSF) ve kenar ("edge") yayılım fonksiyonu (ESF) gibi ölçümler yapılır.

Geometrik (uzaysal) çözümlemeyi açıklamak için kullanılan faydalı bir yöntem de **frekans modellemesi**dir. Bu yöntemde objelerin boyutu (Δ) transvers bir dalganın yarısının, dalganın tümü ise bir çizgi çiftinin karşılığıdır (Şekil 1.57). Objenin boyutu küçüldükçe dalga boyu küçülür, frekans (uzaysal frekans, F) artar. Frekans bir birimdeki dalga sayısı olduğundan (F=1/2 Δ) değişkenlerden birisi (F veya Δ) biliniyorsa diğeri saptanabilir. Örneğin birim mm olarak kabul edildiğinde, Δ= 0,10 mm ise 2Δ= 0.20 mm ve çözümleme 1/0.20=5 siklus (çç)/mm olur. 10 çç/mm uzaysal frekansı (F) olan bir yöntemin çözümlediği obje boyutu ise Δ=1/2F: 1/2x10: 0.05mm olur.

Bir görüntüleme sisteminin çözümleme kapasitesinin analizi

Bir görüntüleme sisteminin çözümleme kapasitesi, Fourier analiz esasına dayalı **modülasyon transfer fonksiyonu (MTF)** adı verilen bir grafikle gösterilir. Bu grafikte modülasyonu temsil eden dik kenar görüntü kontrastının subje kontrastına oranını gösterir ve en büyük değeri birdir. Horizontal kenar ise objenin boyutunu temsil eden uzaysal frekansı gösterir.



Şekil 1.59 DQE uzaysal çözümlemenin fonksiyonu olarak sistemin giriş SNR değerinin ne kadarını, çıkış SNR değerine yansıttığını gösterir. Bu örnekte sistemin en büyük değeri %60'lar civarındadır ve uzaysal frekans arttıkça düşmektedir.

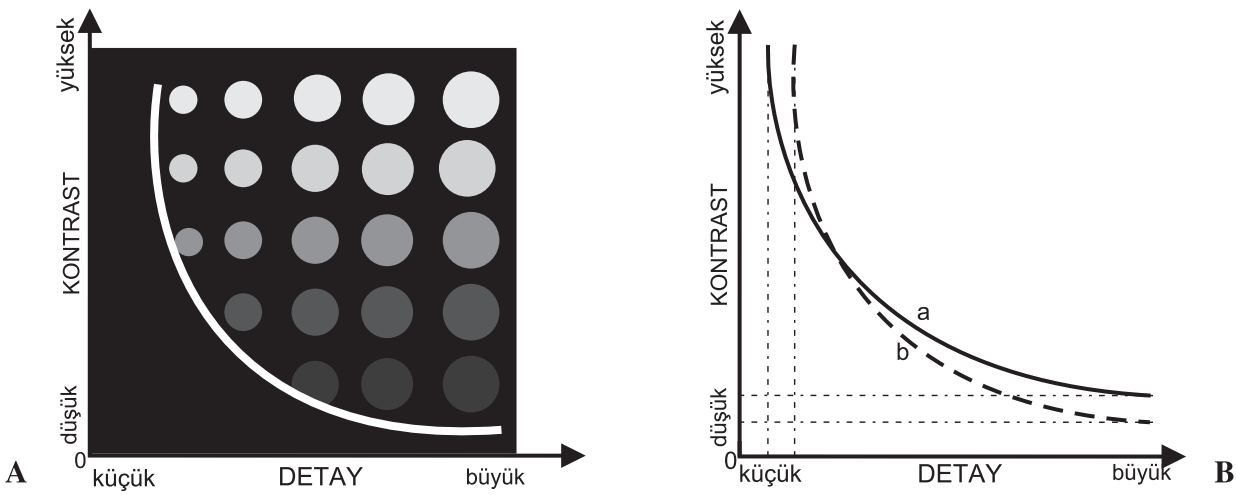
MTF, bir görüntüleme sistemi tarafından kaydedilen bir objenin, boyutunun (uzaysal frekans) fonksiyonu olarak kontrastının ne kadarını gösterilebildiğini verir. Sistemin çözümleme yeteneğinin tam bir tanımlamasıdır ve stimulusun boyutuna göre sistemin cevabını gösterir.

MTF, her uzaysal frekansta, yöntemin giriş ve çıkış değerlerinin (sinyal amplitüdleri) arasındaki orandır (Şekil 1.58). Düşük uzaysal frekanslarda MTF bire yakındır ve göreceli olarak büyük yapıların görülebilirliğinin çok iyi olduğunu gösterir.Yüksek uzaysal frekansta, MTF sıfıra yakındır ve küçük yapıların görülebilirliğinin iyi olmadığını gösterir.

Bir görüntüleme zincirinin MTF'si o zinciri oluşturan halkaların MTF'lerinin çarpımıdır. Belirli bir uzaysal frekans için fokal spotun MTF değeri 0.9, ekranınki 0.7 ise görüntüleme sisteminin bu uzaysal frekanstaki MTF'si bu değerlerin çarpımına eşittir (0.9 x 0.7 = 0.63).

Bir görüntüleme zincirinin MTF'si, çocukların oynadığı sözcük iletme oyunu ile örneklenebilir. Bu oyunda çocuklar (bir görüntüleme zincirini oluşturan, ekran, film, banyo vb), geniş bir halka şeklinde otururlar. Oyun, çocuklardan birinin yanındakinin kulağına bir ifadeyi (sisteme giriş sinyali/subje kontrastı) fısıldaması ile başlar. Kulağına fısıldanan ifadeyi dinleyen çocuk (görüntüleme zincirinin bir komponenti) onu anlayabildiği şekliyle yanındakinin kulağına iletir. Kulağına söylenen ifade bu çocuğun giriş sinyali, yanındakinin kulağına ilettiği ifade ise bu çocuğun çıkış sinyalidir. İfadedeki değişiklik çocuğun MTF'sidir. Bu değişiklik çocuğun işitme ve anlama yetisi (sistemin subje kontrastını görüntü kontrastına çevirme yetisi) ve sesin yüksekliği (objenin boyutu = uzaysal frekans) ile doğru orantılıdır. İfade ne kadar az değişmişse çocuğun MTF'si o kadar yüksektir. Bu işlem son çocuğa kadar böyle devam eder. Son çocuk kendisine gelene kadar oldukça değişmiş olan cümleyi anladığı şekliyle açıklar (sistemin çıkış sinyali). En son çocuğun söylediği şey ilk söylenen ifadeye ne kadar yakınsa sistemin MTF'si o kadar iyidir. En yüksek değer, ilk ifadenin aynen tekrar edilmesidir (görüntü kontrastının obje kontrastına oranının en yüksek değeri). Bu oyunda çocuk sayısı arttıkça (görüntüleme zincirinin sayısı) ifadenin değişimi de artar. Çocuklardan birinin ifadede yaptığı değişikliği diğer çocukların düzeltme olanağı yoktur; dolayısıyla bir görüntüleme zinciri en zayıf halkası kadar güçlü olabilir, diğer halkalar bu zayıflığı düzeltemez.

MTF geniş bir uzaysal frekans yelpazesinde sistemin sinyal transferinin ölçüsüdür. Uzaysal çözümlemeyi kantitatif olarak ölçer. Yüksek uzaysal frekanslarda yüksek MTF değeri veren bir sistemde, gürültü oranı yüksekse küçük objeler görülmeyebilir. Sinyalin artması ve gürültünün düşmesi (yüksek SNR), küçük yapıların görülebilirliğini artırır. Bir görüntüleme



Şekil 1.60 Kontrast.detay eğrileri. A. Kontrast.detay fantomunun radyografisi yapılmış ve değişik boyut ve kontrasttaki objelerin görülebilirliği grafiklenmiş. Küçük ve kontrastı düşük objelerin görülmesi zor. Objelerin boyutu büyüdükçe ve kontrastı arttıkça görüntülenebilirliği artıyor. Çizginin altında ve dışında kalan daireler görülmüyor. B. İki farklı sistemin (a ve b) karşılaştırılması. Sistem a'nın uzaysal çözümlemesi diğerinden yüksek, sistem b'nin ise uzaysal çözümlemesi düşük, fakat kontrast çözümleme yetisi daha yüksek.

sisteminin SNR performansını bütünüyle değerlendirmek için "**Detective Quantum Efficiency (DQE)**" değeri kullanılır.

MTF uzaysal çözümlemenin ölçüsüdür; DQE ise uzaysal frekansa bağlı olarak sistemin SNR transfer yetisini gösterir ve doz etkinliğinin iyi bir göstergesidir (Şekil 1.59).

DQE = SNR^2 çıkan / SNR^2 giren

Bu formülün açık şeklinde, x-ışınının soğurulma miktarı (kuantum saptama etkinliği-QDE), MTF ile ölçülen sinyal profilinin genliği (amplitüd) ve gürültü değerleri vardır. Bu nedenle bir görüntüleme sisteminin uzaysal ve kontrast çözümleme özelliklerinin birlikte değerlendirilmesinin en iyi yolu sistemin DQE değerine bakmaktır.

MTF ve DQE değerleri % ile ifade edilir. Bu değerlere hangi geometrik rezolüsyonda (uzaysal frekansta) ulaşılabildiği parantez içinde yanında belirtilir. Bununla birlikte bu değerler tek başına tam olarak sistemin performansını göstermez. Bir sistemin görüntüleme performansını tam olarak değerlendirebilmek için MTF ve DQE eğrilerine bakılmalıdır.

Kontrast ve boyut arasındaki arasındaki kalitatif ilişki ise en iyi kontrast-detay eğrileri ile gösterilir. Bunun için, içerisinde boyutu ve kontrastı dereceli bir şekilde değişen obje sıralarının bulunduğu fantomlar kullanılır (Şekil 1.60). Bu fantomların radyografisi yapılır ve röntgeogramda seçilebilen objelerin sınırları birleştirilerek bir eğri oluşturulur. Bir koordinatı kontrastı, diğeri boyutu gösteren bu parabole **kontrast-detay eğrisi** adı verilir.

FLOROSKOPİDE GÖRÜNTÜ KALİTESİ

Modern aygıtlarda uzaysal çözümleme, 23 cm'lik görüntü yükselticisinde 4-5 çç/mm, 14 cm'lik de ise 7 çç/mm'dir. Videokamera, görüntü yükselticisinin MTF değerini belirgin şekilde düşürür. Görüntü yükselticisinin çıkışına doğrudan bağlanan fotospot veya sine-kameranın çözümleme değeri, filmlerin ve optiğin MTF değerleri görüntü yükselticisininkinden yüksek olduğundan, yükselticinin çözümleme değerine eşittir.

Floroskopinin kontrast çözümlemesi, radyografiden düşüktür. Bunun nedeni ekspojur değerlerinin düşük olmasına bağlı SNR düşüklüğüdür. Kontrastı artırmak için SNR artırıldığında hastanın aldığı doz artar.

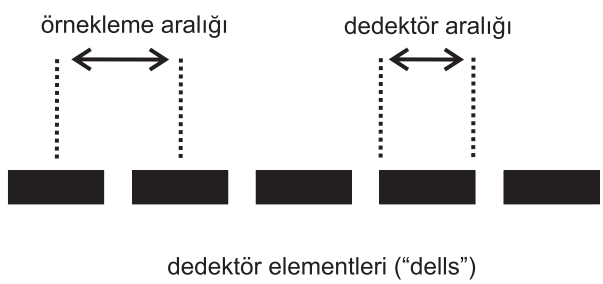
Floroskopinin hızlı görüntüleme yetisi zamansal (temporal) çözümleme olarak isimlendirilir. Zamana bağlı görüntü bulanıklığına lag adı verilir. Lag bir görüntü çerçevesindeki verilerin bir bölümünün bir sonraki çerçeveye taşındığını gösterir. Lag SNR'yi artırır, fakat temporal çözümleme düşer. Görüntü çerçevelerinin ortalamaları da alınabilir. Bir görüntüyü 6 çerçevenin ortalamasından yaptığımızda toplam fotonlar SNR değerini ancak $\sqrt{6}$= 2.5 kat artırır.

Video kameralarındaki lag'dan başka insan gözünün 0.2 sn'lik lag'ı vardır. Bu da 30 çerçeve/sn'lik bir gösterimde 6 çerçevenin göz beyin çifti tarafından bulanık olarak algılanacağını gösterir.

DİJİTAL RÖNTGENDE GÖRÜNTÜ KALİTESİ

Dijital radyolojide görüntü kalitesi kontrast, gürültü, çözümleme ve artefakt ile ilişkilidir. Dijital ve analog görüntü kalitesi konsept olarak birbirine çok benzer. Dijital görüntü kalitesi, ayrıca görüntü verilerinin ayrı ayrı birimlerden oluşması nedeniyle daha kolay kontrol edilebilir.

Görüntü kontrastı**,** lezyonun monitördeki intensitesi ile zemin arasındaki farktır. Dijital görüntülemede resim elementlerinin (pikseller) gri ölçek değeri veya intensitesi bir grup bit ile tayin edilir. Dijital bir radyolojik yöntemin kontrast çözümleme gücünü her piksel için kullanılabilecek bit sayısı belirler. Yüksek kontrast çözümleme gerektiren yöntemlerde daha fazla bite gereksinim duyulur. Örneğin US görüntüleri için 6-7 bit yeterli iken BT görüntüleri için 12 bit gerekir. Dijital görüntünün güçlü bir yanı, görüntünün pencere değerlerini değiştirerek kontrastın kolayca ayarlanabilmesidir. Kural olarak dijital görüntülerin kontrast sınırı yoktur.



Şekil 1.61 Dijital dedektör elemanlarında örnekleme aralığı ve dedektör aralığı.

Gürültü**,** düşük kontrastlı lezyonların görülebilirliğini sınırlar. Kontrastı ayarlanabilir bir dijital gösterimde, düşük kontrastlı lezyonların görülebilirliğini sınırlayan değer CNR'dir.

Uzaysal çözümleme, dedektör boyutu (açıklığı) ve örnekleme aralığına ("pitch") bağlıdır (Şekil 1.61). Dedektör açıklığı dedektörün yüzey alanıdır. Kolay anlaşılması için tek boyutlu düşünülür. Her dedektör saptadığı değerlerin ortalamasını verir. Bu nedenle örnekleme aralığı iki dedektörün merkezleri arasındaki mesafedir. Örneğin 35 cm'lik bir çizgide 2000 dedektör varsa örnekleme aralığı 35/2.000=175 μm olur. Örnekleme aralığı dijital görüntüleme yönteminin ulaşabileceği uzaysal çözümlemenin sınırlarını belirler.

Uzaysal çözümlemenin sınırları Nyquist frekansı olarak da bilinir. Bu değer aynen tekrarlanabilen en yüksek uzaysal frekansı tanımlar ve 1 / (2x örnekleme aralığı) formülü ile hesaplanır. Bizim örneğimizde sistemimizin çözümleyebileceği en yüksek değer: 1 / (2 x 0.175 mm) = 2.9 çç/mm olacaktır. Daha yüksek uzaysal frekansın varlığı aliasinge neden olur.

Anatomik yapılar periyodik bir özellik göstermediği için aliasing sorunu yoktur. Sadece düşük frekanslı ya da yanlış yerleştirilmiş gridler sorun olur ve yüzeyi dalgalanıyormuş hissi veren hareli ("moire") bir görünüm ortaya çıkar. Bu durum düşük görüntü rezolüsyonuna sahip, örneğin ev bilgisayar ekranlarında daha belirginleşir. Çözüm hareketli (Bucky) veya Nyquist frekansının çok üstünde sistemin çözümleyemeyeceği yükseklikte frekansa sahip gridler kullanmaktır. Ancak gridin frekansı arttıkça hastanın aldığı doz beligin şekilde artar. Sorun günümüzde gridden kaynaklanan ve artefakt oluşturan dar bant frekansları lokalize edip filtreleyen software programları ile çözülmeye çalışılmaktadır.

Dijital radyografide ulaşılabilen en yüksek uzaysal çözümleme dijital mamografidedir ve 5-9 çç/mm civarındadır. Ekran-film mamografisinde ise bu değer 20 çç/mm'ye kadar çıkar. Bu değere ulaşabilmek için dijital görüntünün piksel boyutunun 25 mikron olması gerekir. Böyle bir görüntünün matris boyutu 7.200 x 9.600 olur. Bu boyuttaki bir görüntüyü olduğu gibi gösterecek monitör yoktur. Ayrıca bu kadar büyük boyutlu matrisi olan görüntüleri saklamak da yer sorunu oluşturur ve pahalıdır. Buna karşılık dijital sistemlerin çoğunda aynı doz seviyelerinde kontrast çözümleme, analog görüntülerinkinden yüksektir. Ek olarak pencereleme olanağı ile kontrastın düzeltilebilmesi dijital yöntemlerin tanısal performanslarını artırır. Bu özellikleri bir çok klinik durumda dijital radyografinin uzaysal çözümlemesindeki düşüklüğü dengeler. Uzaysal çözümlemeyi artırmak için piksel boyutu düşürüldüğünde sinyal de azalacağından SNR değeri düşer.

Dijital floroskopide ve DSA'da matris boyutu genellikle 1.024^2 dir. Ulaşılan çözümleme kamera çözümlemesi tarafından belirlenir ve 1.000 çizgilik bir TV sisteminde tipik olarak 2 çç/mm'dir. FOV küçültülerek uzaysal çözümleme artırılabilir.

Her görüntüdeki gürültünün dağılımı rastlantısal olduğundan, gürültü seviyesi son subtrakte görüntüde diğer ana görüntülerden daha yüksektir. Bu yetersizlik zeminin (anatomik gürültü) kaldırılması ile kapatılmaya çalışılır.

KONTRAST MADDELER

Bir organın veya bir yapının radyografik olarak görülebilmesi için farklı yoğunluktaki bir madde ile çevrelenmiş olması gerekir. Vücuttaki organ ve dokular ya yağla (böbrekler) veya doğal olarak bulunan gazla (akciğerler) veya yumuşak dokularla (kemikler) çevrelendikleri için görülebilirler. Benzer şekilde, yumuşak dokuda patolojik olarak meydana gelen yağ, gaz ve kalsiyum tuzları da görülebilir. Bunlar bizim katkımız olmadan meydana gelen normal veya anormal radyografik görüntü örnekleridir.

Normalde kontrast bir madde ile çevrelenmemiş ve dolayısıyla görülemeyen organ ve dokular, kendilerinin ya da çevrelerinin kontrastı artırılarak görülür hale getirilebilir. Bu amaçla yoğunluğu ve/veya atom numarası oturduğu dokudan belirgin şekilde farklı olan maddeler kullanılır. Kontrast madde adı verilen bu maddeler bulundukları ortamın x-ışını soğurulma katsayısını değiştirerek kontrastını artırır. Bu maddeler fizyolojik olarak inert olmalı ve organizmaya zarar vermemelidir. Kontrast maddeler yoğunluklarına ve atom numaralarına göre radyolusent veya radyopak olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

Radyolusent kontrast maddeler hava, ve karbondioksit gibi gazlardır. Yoğunlukları azdır. Radyolusent kontrast maddeler içerisinde çabuk absorbe olması ve iyi tolere edilmesi nedeniyle en çok karbondioksit kullanılır. Radyolusent kontrast maddelerin kullanıldığı radyolojik incelemeler, yerlerini invaziv olmayan görüntüleme yöntemlerine bırakmıştır; günümüzde

sadece hava çift kontrastlı sindirim borusu incelemelerinde kullanılmaktadır.

Radyopak kontrast maddeler ise atom numarası yüksek maddelerdir. Ağır metal tuzları ve organik iyot bileşikleri olmak üzere ikiye ayrılır. Ağır metal tuzu baryum sülfattır ($BaSO_4$); başlıca sindirim sisteminde kullanılır, inerttir, absorbe olmaz. Organik iyot bileşikleri başlıca intravasküler yolla kullanılır. Miyelografi, histerosalpingografi, fistülografi ve benzeri birçok işlemde de kullanılırlar.

BARYUM

Mikronize baryum sülfat kullanılır; partikül boyutu 5-10 mikrondur. Değişik amaçlara göre farklı yoğunluklardaki süspansiyonları vardır. Seyreltik baryum, %40 w/w konsantrasyonunda baryum süspansiyonudur. Üst sindirim borusu ve ince bağırsak incelemelerinde kullanılır. Koyu baryum, %85 w/w konsantrasyonundadır. Çift kontrast çalışmalarında kullanılır. BT baryumu, %1.2 w/w'lik baryum süspansiyonudur. BT incelemelerinde sindirim borusunun opasifikasyonu için kullanılır.

Baryum sülfat süspansiyonlarının içine çöküntüyü ve köpüklenmeyi önleyecek, yüzey sıvamayı artıracak maddeler, tatlandırıcılar ve koruyucular eklenmiştir. Bazı preparatlar içerisinde mukozanın daha iyi sıvanmasını sağlamak için mukozal yüzeydeki proteinleri çöktüren tannik asit ilave edilmiştir. Bu maddeyi içeren preparatlar inflamatuar bağırsak hastalıklarının incelenmesinde kullanılmamalıdır.

Baryumun önemli bir yan etkisi yoktur. Sindirim borusu çalışmalarından kalan artığı, hasta kabızsa gaitanın daha da sertleşmesine neden olarak sorun yaratabilir. Aspirasyonu kimyasal pnömonite neden olabilir. Perforasyonda, peritona yayılımı sonucu yaygın fibroz gelişebilir.

İYOTLU KONTRAST MADDELER

Günümüzde kullanılan tüm iyotlu kontrast maddeler, sıkıca bağlanmış 3 iyot atomu içeren benzoik asit molekülleridir. Tüm kontrast maddeler iyot bağlı benzen halkası türevleridir (Şekil 1.62). İki ana gruba ayrılır: 1) Osmolaritesi yüksek olanlar (iyonik) ve 2) Düşük osmolariteli olanlar (noniyonik, iyonik).

Dolaşım sistemine verilen iyotlu kontrast maddeler ekstrasellüler aralığa geçer ve glomeruler filtrasyon yoluyla atılır. Renal fonksiyonu bozuk olgularda safra ve intestinal yolla atılım artar.

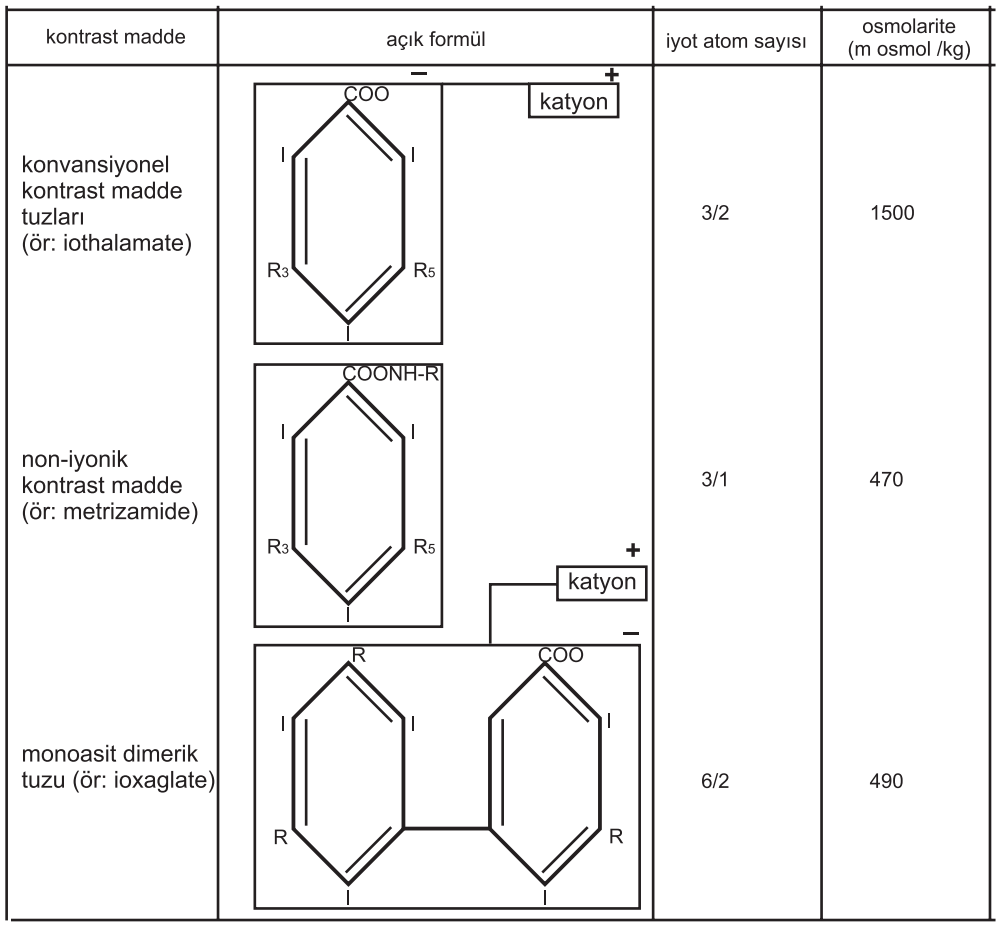
Kontrast maddelerin iyot içerikleri her ticari şekilde farklıdır. Noniyonik olanlarda maddenin iyot içeriği preparatın üzerinde belirtilmiştir. Örneğin Omnipaque 300, 300 mg/mL iyot içeriyor demektir. İyonik olanlarda ise preparatın içerdiği kontrast madde konsantrasyonu iyot tuzlarının ağırlığı ile gösterilmiştir; preparatın iyot içeriğini hesaplamak gerekir. Örneğin üzerinde 60 sayısı olan iyonik bir kontrast madde 600 mg/mL iyot tuzu içeriyor demektir. Bu tuz meglumine diatrizoate şeklinde ise iyot içeriği 282 mg/mL, sodyum diatrizoate şeklinde ise iyot içeriği 358 mg/mL olur.

Yüksek osmolariteli kontrast maddeler

Yüksek ozmolariteli kontrast maddeler, katyon tarafı sodyum veya "meglumine" (metilglukamin), anyon tarafı 3 iyot bağlı benzoat olan tuzlardır. Hepsinde C_1'e bir karboksil grubu (COOH), C_2, C_4 ve C_6 'ya ise iyot bağlanmıştır. Geriye kalan C_3 ve C_5 karbonlarına küçük yan zincirler veya aminlerden oluşan kökler (R_3 ve R_5) bağlanır. R_3 ve R_5 konumlarında amin olmadan, benzen halkasına 3 iyot atomu bağlamak olanaksızdır. R_3 ve R_5'teki yan zincirler aynı zamanda bileşiğin toksisitesini belirgin şekilde düşürür ve molekülün eriyebilirliğini artırır. Piyasadaki markalar arasındaki farklılık bu R_3 ve R_5 komponentlerindeki küçük modifikasyonlardan ileri gelir ve hiçbiri kullanımda belirgin bir üstünlük sağlamaz. Bunlar başlıca diatrizoik asit (diatrizoat) ve iotalamik asitin (iotalamat) sodyum veya sodyum-meglumin tuzlarıdır.

Piyasadaki yüksek ozmolariteli iyonik kontrast maddeler meglumin veya sodyum tuzlarıdır ve genellikle de bu iki tuzun değişik oranlarda karışımı şeklindedir. Meglumin tuzları sodyum tuzlarından daha az toksiktir ve viskozitesi daha yüksektir, fakat güçlü bir diüretik etkisi bulunduğundan idrardaki iyot konsantrasyonu sodyum tuzlarına göre daha azdır. Bu nedenle farklı klinik kullanımlar için farklı oranlarda karışım gerekir. Kontrast maddenin viskozitesi ısı ile yakından ilişkilidir. 20°C'taki viskozite 37°C'taki viskozitenin yaklaşık iki katı kadardır. Bu nedenle kontrast maddelerin ısısı vücut sıcaklığına yükseltilerek kullanılmalıdır.

Yüksek ozmolariteli iyonik kontrast maddelerin en önemli dezavantajı molar konsantrasyonlarının (ozmolaritelerinin) ileri derecede yüksek olmasıdır. Plazmadan yaklaşık 6 kat daha ozmolardırlar. Yan etkilerin birçoğu bu yüksek ozmolariteye bağlıdır. Yüksek osmolariteden, radyopak olan iyot bağlı anyon tarafı



Şekil 1.62 Konvansiyonel, iyonik olmayan ve düşük osmolariteli iyonik kontrast maddelerin kimyasal yapılarının karşılaştırması.

kadar radyopak olmayan katyon tarafı da sorumludur. Bu nedenle opasiteye katkısı olmayan, buna karşılık ozmolariteyi yarı yarıya artıran katyon tarafından kurtulma arayışı, düşük osmolariteli yeni kontrast maddelerin geliştirilmesine neden olmuştur.

Düşük osmolariteli kontrast maddeler

Osmolarite solüsyondaki partikül sayısına bağlıdır, partikül boyutu ile ilişkisi yoktur. Radyopasite, solüsyondaki iyot konsantrasyonu ile ilgilidir ve kontrast madde molekülündeki iyot atomlarının sayısına bağlıdır. İdeal bir kontrast maddenin radyoopasitesi yüksek, osmolaritesi düşük olmalıdır. Bu nedenle bir kontrast maddeyi değerlendirmede moleküldeki iyot atomlarının sayısının, solüsyondaki partikül sayısına oranı temel ölçüttür. Tüm yüksek osmolariteli monomerik kontrast madde tuzlarında bu oran (iyot/partikül oranı) 3/2 dir.

Bir kontrast maddenin iyot/partikül oranını artırarak, osmolaritesi, toksisitesi ve fizik özelliklerinden kaynaklanan sorunları azaltmak için birkaç farklı yöntem ileri sürülmüştür. Bunlardan birisi konvansiyonel monomerik iyonik tuzların iyonik olmayan derivelerinin oluşturulmasıdır. Düşük osmolariteli noniyonik kontrast maddeler bu yolla üretilmiştir. Diğer yöntem ise moleküldeki iyot miktarını artırmaktır. Bu yolla da düşük osmolariteli iyonik kontrast maddeler üretilmiştir.

Düşük osmolariteli noniyonik kontrast maddeler: Monomerik tuzların C_1 deki karboksil grubunun, örneğin amid $CONH_2$ gibi iyonik olmayan bir radikalle değiştirilmesi, iyot/partikül oranını 3/1'e yükseltir. Bu yöntemle geliştirilen ilk kontrast madde olan metrizamite (Amipaque), toz şeklinde hazırlama zorunluluğu ve çok pahalı olması nedeniyle intravasküler kullanımı yaygınlaşmamış, fakat yağda erir kontrast maddelerle (Myodil, Pantopague) yapılan miyelog-

rafiyi ortadan kaldırmıştır. Daha sonra aynı yöntemle üretilen, solüsyon şeklindeki ve metrizamide göre daha ucuz olan ikinci jenerasyon iyonik olmayan kontrast maddeler (İopamirol, İohexol, İopromide) günümüzde intravasküler ve intratekal yoldan yaygın olarak kullanılmaktadır.

Düşük osmolariteli iyonik kontrast maddeler: Bir kontrast maddenin iyot/partikül oranını artırmanın diğer yolu ise moleküldeki iyot miktarını artırmaktır. Moleküldeki iyot miktarı, 3 iyot bağlı benzen halkasından ikisini veya üçünü bir molekül şeklinde bağlayarak artırabilir (iyot/partikül oranı 6/2). Bu şekilde oluşturulan düşük osmolariteli kontrast maddeye örnek olarak Hexabrix verilebilir. Moleküldeki iyot miktarı konvansiyonel monomerik iyot tuzlarının katyonlarının (sodyum, meglumin) yerlerine, anyonları yapısında 3 iyotlu benzen halkası taşıyan sentetik organik katyonlar yerleştirerek de artırılabilir. Bu şekilde oluşturulan kontrast maddelerde de iyot/partikül oranı 6/2 dir. Bu şekilde iyot/partikül oranı artırılan kontrast maddeler taşıdıkları iyot miktarlarına göre konvansiyonel kontrast maddelerden daha fazla iyot içerirler, ancak non-iyonik değildirler.

Kontrast maddelerin kullanımındaki temel prensipler

Kontrast madde seçiminde temel sorun iyonik ve noniyonik kontrast seçimidir. Noniyonik kontrast maddelerin yan etkilerinin, iyonik kontrast maddelerinkine göre, tüm reaksiyonlarda 6, şiddetli reaksiyonlarda 9 kat az olduğu bildirilmektedir; buna karşılık iyonik kontrast maddelerden yaklaşık 10 kat daha pahalıdır. Hayatı tehdit eden şiddetli reaksiyonların nadir görülmesi ve iki grup kontrast madde arasında ölüm olayları ile ilgili kesin verilerin bulunmaması nedeniyle noniyonik kontrast maddelerin seçici kullanımı daha akılcı görülmektedir. Temel prensip olarak risk grubunda ve vasküler çalışmalarda non-iyonik kontrast maddeler, risk grubu dışındaki ekskretuar ürografi, VSÜG gibi incelemelerde iyonik kontrast maddeler kullanılmalıdır.

İV ürografi için normalde kullanılan kontrast madde miktarı 15-25 gr iyottur. Bu miktarın iki katına da çıkılabilir. Kullanılan kontrast madde miktarının üst sınırı genellikle 70 gr'dır. Meglumin güçlü bir diüretik olduğundan, sodyum tuzları tercih edilir. Düşük osmolariteli kontrast maddeler ise daha yüksek üriner sistem konsantrasyonu sağlar. Risk grubunda düşük osmolariteli kontrast maddeler kullanılmalıdır.

Yüksek osmolariteli kontrast maddelerle yapılan renal arteriografide görülen proteinüri, düşük osmolariteli kontrast maddelerle yapılan incelemelerde görülmez. Bu nedenle selektif renal anjiografilerde düşük osmolariteli kontrast maddeler kullanılmalıdır.

Merkez sinir sistemi incelemelerinde düşük osmolariteli kontrast madde kullanılmalıdır. Özellikle kan-beyin bariyerinin bozulduğu tümör, enfarkt gibi durumlar ile arteriyel spazmın eşlik ettiği anevrizmalarda bu seçim bir zorunluluktur. Düşük osmolariteli kontrast maddenin bulunmadığı durumlarda meglumin tuzları tercih edilmelidir.

Miyelografide yağda erir kontrast maddeler, yerlerini suda erir noniyonik kontrast maddelere bırakmışlardır. Bunlardan Iohexol'ün daha az epileptojenik olduğu ve servikal miyelografide ve sisternografide tercih edilmesi gerektiği bildirilmektedir.

Sodyum tuzları daha fazla vazodilatasyon yaptığından periferal arteriografide meglumin tuzları tercih edilir. Bununla birlikte ağrıyı tamamen elimine ettiğinden, günümüzde periferik arteriografide düşük osmolariteli kontrast maddeler kullanılmaktadır.

Periferal venografide de yüksek konsantrasyonun daha çok irritan olması nedeniyle düşük osmolariteli kontrast maddeler kullanılır. Hangi tür kontrast madde kullanılırsa kullanılsın, radyografi yapıldıktan hemen sonra damarların bol serum fizyolojik ile yıkanması ve ekstremitenin hareketi sağlanarak kontrast maddenin venlerden hızla uzaklaştırılması esastır.

Anjiyokardiyografi, koroner anjiografi ve aortografide de günümüzde düşük osmolariteli kontrast maddeler tercih edilmektedir.

Kontrast madde kullanımıyla ortaya çıkan reaksiyonlar intraarteriyal enjeksiyonlarda, intravenöz enjeksiyonlardan 3 kat daha az görülür.

Dijital radyografide yöntemin kontrast çözümleme gücünün yüksek olması daha az ve dilue kontrast madde kullanılmasına olanak sağlar.

KONTRAST MADDELERİN YAN ETKİLERİ ve TEDAVİSİ

Kontrast madde reaksiyonlarının görülme sıklığı oldukça yüksektir (%5-12). Bunların çoğu bulantı, kusma gibi küçük reaksiyonlardır. Hayatı tehdit etmeyen orta şiddetteki reaksiyonlar %1-2 oranında görülür. Ciddi seyirli reaksiyonların görülme sıklığı ise %0.1-0.05'tir. Mortalite oranının 1/75.000 civarında olduğu kabul edilmektedir.

Kontrast madde reaksiyonları 20-50 yaş arasında daha sık görülür. Bu durum, bu yaş grubunun immün sistemlerinin daha aktif olması ile ilgilidir. Genel durumları bozuk ve sistemik dirençleri düşük olduğundan yaşlılarda kontrast madde reaksiyonları daha ciddi seyirlidir.

Kontrast madde reaksiyonlarının patogenezi

Bu reaksiyonların patogenezi tam anlaşılmamıştır. Bu etkiler alerjik ve kemotaktik olarak ikiye ayrılır.

Reaksiyonların çoğu alerjik tiptedir. Bu tip reaksiyonların nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, kontrast maddenin doğrudan uyarısı ile mast hücreleri ve bazofillerden histamin salınımı sonrası geliştiğine ilişkin bulgular vardır. Etkilerin verilen dozla ilişkisi yoktur; bu nedenle test dozu vermenin bir yararı olamaz. Şiddetli reaksiyonlar genellikle enjeksiyondan hemen veya birkaç dakika sonra ortaya çıkar. Alerjik bünyesi olanlarda daha sık görülürler. Böyle olgularda 12 saat önceden başlayan kortikosteroid profilaksisi ile yararlı sonuçlar alındığı bildirilmiştir.

Kemotaktik reaksiyonlar kontrast maddenin osmolaritesi, Ca^{++} bağlama kapasitesi ve katyon konsantrasyonu gibi fizikokimyasal etkilerine bağlıdır ve kontrast maddenin enjekte edildiği damarda ve hedef organda ortaya çıkar. Eritrosit hasarı, endotelyal hasar (kan-beyin bariyerinde yıkılma), vazodilatasyon, hipervolemi ve kardiyak depresyon (hipervolemi ve miyokard kontraktibilitesinin depresyonu nedeniyle) görülebilir.

Bu yan etkilerin tümü kontrast maddenin dozu, konsantrasyonu, enjeksiyon yeri ve hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle bu etkiler düşük osmolariteli kontrast maddelerin kullanılması ile belirgin şekilde azaltılabilir. Renovasküler ve önemli bir kardiyovasküler hastalığı olanlarda ve genel durumu bozuk hastalarda kemotaktik reaksiyonların görülme olasılığı daha yüksektir.

Kontrast madde reaksiyonları

Hafif reaksiyonlar: Kusma, bulantı, ürtiker, enjeksiyon sırasında sıcaklık hissi ve enjeksiyon yerinde ağrıdır. Kontrast maddenin yüksek osmolaritesi ile ilgilidir; iyonik kontrast maddelerin enjeksiyonları sırasında görülür. Tedavi gerektirmez; hastaya emniyet telkin edilir ve 20-30 dakika gözlem altında tutulur.

Orta derecede reaksiyonlar: Tedavi gerektiren semptom ve bulguları vardır. Hayatı tehdit etmez. Şiddetli ürtiker, vazovagal reaksiyon, bronkospazm ve hafif larenjeal ödem şekillerinde görülür. Hasta, bulgular kaybolana kadar izlenmelidir. Ürtikerde diphenhydramine, brokospazmda beta-agonist inhalerler, larenks spazmında epinefrin kullanılır. Vazovagal reaksiyon ve hipotansiyon için ayaklar yukarı kaldırılmalıdır.

Şiddetli reaksiyon: Potansiyel olarak hayatı tehdit edici bulgular vardır. Enjeksiyonu izleyen 20 dakika içerisinde görülürler. Nadirdir, fakat hızlı tedavi gerektirir. Şiddetli bronkospazm ve şiddetli larenks ödemi ile başlar, şuur kaybı, nöbet geçirme ve kardiyak arreste kadar ilerler. Kardiyopulmoner resüsitasyon gerekebilir. Kontrast maddelerin yan etkileri ve tedavileri Tablo 1.9'da özetlenmiştir.

Tablo 1.9 Kontrast madde reaksiyonlarının tedavisi

Klinik Reaksiyonlar	Tedavisi
Küçük reaksiyonlar (Kol ağrısı, bulantı, kusma, sıcaklık hissi, terleme, baş ağrısı)	Hastaya emniyet telkin edilir, başka bir tedavi gerektirmez.
Hafif alerjik reaksiyonlar (Aksırma, göz yaşarması, yaygın eritem, ürtiker)	Hafif olgularda: İzleme veya H_1 reseptör blokeri bir antihistaminik (20-50 mg difenhidramin peroral/İM/İV) Şiddetli olgularda: H_2 reseptör blokeri bir antihistaminik (300 mg simetidin veya 50 mg ranitidin sulandırılarak İV yavaş yavaş)
Hipotansiyon	Oksijen (3L/dak), İV sıvı
Bronkospazm ve larenks ödemi	Oksijen (3L/dak), B2 agonist inhalasyonu (metaproterenol, terbutalin, albuterol: 2-3 defa). Bronkospazm tedavisine cevap vermeyen olgular ve larenks ödeminde 0.1-0.2 mg epinefrin subkutan
Anafilaksi benzeri reaksiyonlar	Oksijen (3L/dak), damar yolu açık tutulur, 0.1-0.2 mg epinefrin subkutan, antihistaminik (50 mg ranitidin sulandırılarak İV yavaş yavaş), kortikosteroid (500 mg prednizolon İV, 30 sn'den daha fazla sürede)
Vagal reaksiyon (Hipotansiyon ve bradikardi)	Oksijen (3L/dak), İV sıvı atropin (0.8-1.0 mg İV, toplam doz 3 mg olana kadar 3-5 dak. aralıkla tekrarlanabilir)

** Anafilaksi benzeri şiddetli reaksiyonların tedavisi yapılırken, anestezi ve reanimasyon uzmanı çağırılmalıdır.*

Kontrasta bağlı nefropati gelişimi

Kontrast madde verilmesini izleyen 48 saat içerisinde akut renal yetmezlik şeklinde görülür. Serum kreatinin seviyesi ilk 24 saatte artmaya başlar, 3-5. günlerde üst seviyesine ulaşır ve gittikçe düşerek 10-14. günlerde normal seviyesine iner. Bazı olgularda kalıcı hasar bırakabilir; günlük miktarın 400 mL'den az olduğu oligürik bir renal yetmezlik gelişir.

En önemli risk faktörü diyabet ve kronik renal yetmezliktir. Multipl miyeloma ve dehidratasyonda da risk artar. Kontrasta bağlı nefropatiyi önlemenin en etkin yolu yeterli bir hidrasyondur. Hastalara incelemeden 12-24 saat önce ve tetkikten sonra litrelerce su içmesi önerilir. İncelemeden bir gün önce ve inceleme gününde oral veya İV verilen N-acetylcysteine kontrast nefropatisini önlemede yardımcıdır.

Metformin kullanımı

Renal fonksiyonları bozuk olan diyabetli olgular, antihiperglisemik bir ilaç olan Metformin (Glucophage) kullanıyorlarsa kontrast madde verilmesi ile fatal laktik asidoz gelişebilir. Bu nedenle kontrast madde verilmesini izleyen 48 saat içerisinde bu ilaç kesilmeli, tetkikten 2 gün sonra yapılan kontrolde böbrek fonksiyonlarının normal olduğu belirlenirse devam edilmelidir.

Risk faktörleri

Bazı faktörlerin varlığında kontrast maddenin yan etki oluşturma olasılığı normalden yüksektir. Bunlara biz risk faktörleri diyoruz (Tablo 1.10). Risk faktörleri önemlerine göre büyük veya küçük olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu olgularda düşük ozmolariteli noniyonik kontrast maddeler kullanılmalıdır.

Tablo 1.10 Kontrast madde kullanımında risk faktörleri

Major faktörler
Yaş < 1 Y > 50-60 Y
Daha önceden kontrast maddeye karşı reaksiyon hikayesi
Alerji/Astım
Kardiyovasküler hastalıklar
Minör faktörler
Azotemi
Diyabetes mellitus
Dehidratasyon
Kan diskrazileri (orak hücreli anemi gibi)
Disproteinemi (miyelomatoz gibi)
Anksiyete

Risk grubunda kortizonla yapılan premedikasyon yan etkilerin görülme sıklığını azaltır, ancak tamamen ortadan kaldırmaz. Amerikan Radyoloji Birliği tarafında iki şekilde premedikasyon önerilmiştir. İlkinde kontrast maddenin verilmesinden 13, 7 ve 1 saat önce 50 mg prednizol oral olarak verilir. Kontrasttan 1 saat önce 50 mg diphenhydramine İV veya İM verilir. Düşük ozmolariteli noniyonik kontrast kullanılır. İkinci premedikasyon şeklinde kontrast maddenin verilmesinden 12 ve 2 saat önce iki defa ağızdan 32 mg methylprednisolone verilir. Diphenihydramine kullanımı duruma bağlıdır. Düşük ozmolariteli non-iyonik kontrast madde kullanılmalıdır.

Daha önceden kontrast maddelere karşı reaksiyon hikayesi olanlarda, kontrast maddelere karşı reaksiyon görülme olasılığı yaklaşık 10 kat artar. Böyle olgularda zorunluluk yoksa incelemeden vazgeçilmeli, yerine kontrast maddenin kullanılmadığı diğer radyolojik yöntemler seçilmelidir. Zorunluluk varsa premedikasyon yapılır.

İlaca veya bilinmeyen antijenlere karşı alerji hikayesi olanlarda kontrast maddeye karşı reaksiyon görülme olasılığı da normalden 4 kat daha fazladır.

Kalp yetmezliği ve ritm bozukluğu olanlarda reaksiyon görülme olasılığı normalden yaklaşık 5 kat daha fazladır. Bu olgularda enjeksiyon yavaş yapılmalıdır.

Orak hücreli anemide hipertonik iyonik kontrast madde irreversibl oraklaşmaya neden olur. Homosistinüri ve polisitemide trombozis ve emboli gelişebilir. Miyelomatozde ise muhtemelen renal tubulusların protein çökmesi ile tıkanması sonucu renal yetmezlik gelişir. Miyelomatozli olgularda hastada iyi bir hidrasyon sağlandıktan sonra ve yüksek doz kontrast madde vermekten kaçınılarak kontrastlı tetkik yapılabilir.

Yeni doğanlar, yaşlılar ve genel durumu bozuk hastalar ve diyabetliler de risk grubu içerisine girer. Bu grupta da inceleme sırasında dehidratasyondan kaçınılmalıdır.

Anksiyete de önemli bir risk faktörüdür. Böyle durumlarda 5 mg diazepam yararlı olabilir. En önemlisi hekim ve teknisyenin sakin olması ve hastaya emniyet telkin etmesidir. Paniğe yol açacak bir davranıştan kesinlikle kaçınılmalıdır.

İYONİZAN IŞINLARIN ZARARLI ETKİLERİ VE KORUNMA

RADYASYON BİYOLOJİSİ

İyonizan ışınların canlı organizmalar üzerindeki etkilerini inceleyen bilim dalına Radyobiyoloji adı verilir. Hücre canlı organizmanın en küçük birimidir ve büyük bölümü sudur. Hücrenin yapı taşları olan enzim, protein, RNA ve DNA gibi makromoleküller ve mitokondria ve ribozom gibi organeller sudan oluşan ortam içerisinde bulunurlar.

İyonizan ışınların dokuya enerji aktarımı

İyonizan ışınlar geçtikleri dokuya enerji aktarırlar. Biyolojik etkileri aktardıkları enerji ile orantılıdır. Bu aktarıma linear enerji transferi (LET) adı verilir. LET, ışının dokuyu geçişi sırasında, maddenin birim mesafesinin absorbe ettiği enerji miktarını (keV/μm) gösterir. Fotonlar maddeye başlıca, açığa çıkardıkları fotoelektronlar yoluyla enerji transfer ederler. Dokuda açığa çıkan bir fotoelektron yüzlerce iyon çifti oluşturabilir.

LET, partikül yüklerinin karesi ile doğru ve partiküllerin kinetik enerjileri ile ters orantılıdır. Nötron, proton, alfa partikülleri ve ağır iyonlar yüksek-LET radyasyonudur (3-200 keV/μm); fotonlar (gama ışınları dahil), elektronlar ve pozitronlar düşük-LET radyasyonudurlar (0.2-3.0 keV/μm). Yüksek-LET radyasyonları düşük olanlardan daha fazla biyolojik hasar meydana getirir.

Radyasyonun biyolojik hasarı söz konusu olduğunda hem absorbe olan total enerji miktarı (doz) hem de ışının biyolojik hasar oluşturma etkinliği (LET) göz önüne alınmalıdır. Radyobiyologlar farklı tipteki radyasyonların biyolojik hasar oluşturma etkisini mukayese edebilmek için görece biyolojik etkinlik terimini kullanırlar. Görece biyolojik etkinlik, düşük-LET için bire yakın (1keV/μm), LET değeri 100 keV/μm olan bir radyasyonda ise en fazladır. Yüksek-LET radyasyonları x- ışınlarına göre 3-8 kat yüksek görece biyolojik etkinlik değerine sahiptir.

İyonizan ışınların biyolojik etkileri

İyonizan ışınların maddeye aktardığı enerji ısı, eksitasyon ve iyonizasyon şeklindedir. Bu olaylar hücre içerisindeki makromoleküllerde veya su moleküllerinde görülebilir. Buna göre radyasyonun hücreye etkileri doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılır:

Doğrudan etki makromoleküllerde görülür. Eksite ve iyonize olan makromolekülün yapısı değişir. Makromoleküllerden enzimler gibi bir kısmının hücre içerisinde çok sayıda benzeri vardır. Işının etkisi ile yapısı değişen molekülün işlevi benzerleri tarafından yerine getirilir; böylece hücrede ışına bağlı bir değişiklik görülmez. DNA gibi makromoleküllerden ise hücre içerisinde ancak gerektiği kadar vardır, benzerleri bulunmaz. Bunlara anahtar molekül adı verilir. Işının anahtar moleküllerde oluşturduğu değişiklik, doğrudan hücrenin yapısını etkiler. Kromozomların yapısında bulunan ve kalıtsal karakterlerin geçişini sağlayan DNA'da meydana gelecek değişiklikler, derecesine göre genetik mutasyon veya hücrenin ölümü ile sonuçlanır. Işının etkilerinin bu şekilde açıklanmasına hedef teorisi adı verilir.

Dolaylı etki hücrenin temel maddesi olan su moleküllerinde görülür. Su molekülleri iyonize olur, serbest kökler ortaya çıkar. Bunların birleşmesiyle ortaya çıkan hidrojen peroksit şiddetli oksidan bir maddedir, hücre metabolizmasını bozabilir. Ayrıca oluşan serbest kökler makromoleküllerle birleşerek kimyasal yapılarını değiştirebilir. Böylece doğrudan etki ile oluşan değişiklikler dolaylı olarak ortaya çıkmış olur.

Hücresel radyasyon etkileri

İnsan hücreleri ya üremeyi sağlayan germ hücreleri ya da geriye kalan organ ve dokuları oluşturan somatik hücrelerdir. Hücrelerin metabolik fonksiyonları sitoplazmada cereyan eder, genetik bilgiler hücre çekirdeğinde bulunur. Bölünme evresi hücrenin radyasyona en duyarlı olduğu evredir.

DNA molekülleri hücre metabolizmasının kodlarını taşır ve hücre bölündüğünde tam olarak kopyalanır. DNA moleküllerindeki bir hasar genetik veya somatik bir hasarla sonuçlanabilir. Germ hücrelerinde genetik koddaki bir değişiklik (mutasyon) gelecek jenerasyonu etkileyebilir. Yüksek doz radyasyon hücrenin çoğalma kapasitesini kaybederek ölümüne neden olur.

Bir hücre besi yerinde radyasyon dozuna karşı canlı hücre fraksiyonunu gösteren grafiğe hücre survival eğrisi adı verilir. Radyobiyolojik lethal doz (LD_{50}) ışınlanan hücrelerin % 50 sini öldürecek dozdur.

Lenfoid doku ve hızla çoğalan dokular (spermatid ve kemik iliği ana hücreleri gibi) radyosensitiftir, sinir hücreleri en az radyosensitif hücrelerdir. Hızla çoğalan ve bölünme fazında olan hücreler ışına karşı daha duyarlıdırlar. Profaz, ışına en duyarlı olan mitoz evresidir.

Radyasyonun organizmaya etkileri

Radyasyonun organizmadaki etkileri ışınlamanın şekline ve dozuna göre değişir. Yüksek dozdaki etkisi doza ve dozun alındığı süreye bağlı olarak değişir. Bu etkiye deterministik etki adı verilir. Etkisi, bu faktörlere bağlı olarak hemen görülebilir veya latent bir devreden sonra ortaya çıkabilir. Bu latent devre, yüksek doz akut ışınlamada on beş günden başlayıp, az dozlardaki kronik ışınlamalarda yirmi yıla kadar değişebilir. Diğer etki dozdan bağımsızdır; kritik noktayı vurabiliyorsa tek bir foton bile etki gösterebilir. Dozdan bağımsız olan bu etkiye stokastik etki denir.

Deterministik etki: Yüksek dozlarda (>0.5 Gy -50 rad), radyasyonun etkisi deterministiktir ve başlıca hücre ölümüne neden olur. Deterministik etki eşik dozu ile birlikte ifade edilir. Bu eşik değerin altındaki dozlarda ışının tanımlanan deterministik etkisi görülmez. Deterministik etkinin şiddeti dozla artar.

Lenfositler radyasyona en duyarlı hücrelerdir ve 1Gy (100 rad) den düşük dozlarda sayılarında azalma gözlenir. Deride eritem, katarakt ve sterilite deterministik etkilerdir. Deride eritem, 5 Gy (500 rad) deri dozu ile oluşur, deri nekrozunun ise 30 Gy'de (3000 rad) ortaya çıkması beklenir. Katarakt oluşumu total doza ve bu dozun ne kadar sürede alındığına bağlıdır; Kataraktın 2 Gy'lik (200 rad) akut doz alımından 6 ay sonra ortaya çıkması beklenir. Uzun bir zaman diliminde alındığında katarakt oluşturma dozu 5Gy (500 rad) civarındadır. Gonad ışınlamasında 0.15-0.3 Gy'lik (15-30 rad) bir dozda sperm sayısı azalabilir ancak sterilitenin meydana gelmesi için kadında 3-4 Gy (300-400 rad) erkekte ise 5-6 Gy (500-600 rad) gerekir.

Diyagnostik radyolojide determinisitik etki görülmez. Bununla birlikte floroskopi süresinin çok uzun olduğu (saatler) ve çok sayıda film çekilen nörolojik ve kardiyak girişimsel işlemlerde eritem ve epilasyon gibi deterministik etkiler nadiren görülebilir.

Stokastik etki: Stokastik sözcüğünün sözlük anlamı rastlantısaldır. Radyasyonun stokastik etkisi karsinogenezis ve genetik hasardır. Radyasyona bağlı stokastik etkinin şiddeti radyasyonun dozundan bağımsızdır; radyasyon dozu etkinin sadece olasılığını arttırır.

Diyagnostik radyolojideki incelemelerde olduğu gibi düşük dozlarda (< 0.5 Gy=50 rad) stokastik etki öncelikli önem kazanır. Stokastik etkide eşik değer varlığı kabul edilmez. Radyasyondan korunma radyasyon dozunu (dolayısıyla stokastik etki olasılığını) en aza indirecek şekilde düzenlenir.

HASTANIN ALDIĞI DOZLAR

Hastanın aldığı doz ekivalan doz (H) ve etkin doz (E) ile ifade edilir. Ekivalan doz, alınan ışın dozunun, kullanılan ışının cinsine göre enerji aktarım değerlerinin göz önüne alınarak belirlenmesidir. Etkin doz ise bir röntgen incelemesinde tüm vücuttaki organların aldıkları dozun her organın ışına duyarlılığını da hesaba katarak ölçülmesidir.

Deri dozu

Bir radyolojik incelemede hastaya gelen radyasyon ekspojuru, giriş deri ekspojurudur. Derinin absorbe ettiği radyasyon giriş deri dozudur. Deri dozunu hesaplamak kolaydır. Bu değer hastanın aldığı riski göstermede iyi bir ölçüt değildir. Deri dozu, ışınlanan alanın boyutu, x-ışının penetrasyon gücü ve ışınlanan dokuların radyoduyarlılığı hakkında bir şey söylemez. Diyagnostik radyolojideki giriş deri dozları epilasyon, eritem gibi deterministik etkilerin eşik değerlerinin (2Gy veya 200 rad) genellikle çok altındadır. Voltaj arttıkça film üzerinde aynı dansiteyi elde etmek için tüp çıkış değerleri (mAs) azalır, bu da giriş deri dozlarının azalmasına neden olur.

Organ dozları

Birçok radyolojik incelemede deri dozu bilinirse birçok organın alabileceği olası dozlar hesap edilebilir. Organ dozları, deri dozlarından belirgin şekilde düşüktür. Görüntü alanının dışındaki organlar saçılma ile doz alırlar ve miktarları çok düşüktür. Bir röntgen incelemesinde absorbe edilen ışın dozu bazı radyografilerde mGy fraksiyonlarından başlar, bazı özel floroskopik incelemelerde Gy fraksiyonlarına kadar çıkar. Diyagnostik röntgen incelemelerinin büyük çoğunluğunda absorbe edilen doz 10 mGy'in epey altındadır. En sık istenen bazı radyolojik incelemelerde değişik dokuların absorbe ettiği doz Tablo 1.11'de gösterilmiştir.

Pelvisin doğrudan radyografisinin yapıldığı durumlarda embriyonun alacağı doz, deri giriş dozunun yaklaşık ön-arka projeksiyonda 1/3-1/4 ü, arka-ön projeksiyonda 1/6 sı, yan projeksiyonda ise 1/12 sidir.

Hastanın aldığı dozun hesaplanması

Diyagnostik radyolojide doz ölçümü çok değişik ölçütlerin varlığı nedeni ile karmaşıktır. Mamografi dışında hastanın alacağı dozun sınırı belirlenmemiştir. Flouroskopide birim sürede alınacak doz belirlenmiş-

Tablo 1.11 Sık yapılan bazı röntgen incelemelerinde farklı dokuların soğurulma dozları (veriler ABD'deki uygulamalardan alınmıştır)

Radyolojik İnceleme	Absorbe doz (mGy)			
	Kemik İliği	Meme	Uterus	Tiroid
Akciğer	0.04	0.1	*	0.07
Kraniyum	0.3	*	*	2
Boyun omurgası	0.1	*	*	4
Sırt omurgası	0.4	3	*	0.8
Bel omurgası	2	*	6	*
EÜ	1	*	8	*
Kolon tetkiki (skopi dahil)	10	*	35	*
Mamografi	*	2	*	*

** 0.01 mGy'den daha az*

tir, fakat floroskopi süresi sınırlandırılamayacağı için total doz sınırlaması yapılamaz.

Genellikle hamilelerde yapılmış radyografik incelemelerde alınmış olan dozun hesaplanması istenir. Alınan dozu hesaplayabilmek için için tüpün HVL değeri, hastanın kalınlığı, radyografinin sayısı ve projeksiyonları, kVp ve mAs değerleri bilinmelidir. Çoğu olguda radyografik incelemeden çok sonra konu gündeme gelir. Hastaya yapılan radyografinin ekspojur faktörlerinin hastanın dosyasına kaydedilmesi gerekir. Ayrıca radyografinin yapıldığı aygıtın kalite kontrol raporlarından, kullanılan ışının enerji seviyesinin yani HVL değerinin bulunması gerekir. Ülkemizde henüz ne ekspojur değerleri hasta dosyasına kaydedilir ne de radyoloji aygıtlarının düzenli kalite kontrolleri vardır. Bu nedenle hastanın aldığı dozu geriye doğru sağlıklı bir şekilde belirlemek olanaksızdır.

Bununla birlikte hesaplamanın nasıl yapıldığını göstermek amacıyla bir örnek verelim. Varsayalım ki ön-arka karın radyografisi yapılmış olan hamile bir kadında fetüsün aldığı doz soruluyor.

Hastanın karın kalınlığı yaklaşık 20 cm'dir. Hastanın dosyasında radyografinin 75 kVp ve 25 mAs ile yapıldığı yazıyor. Kalite kontrol kayıtlarından da 75 kVp'de çıkan ışının enerjisinin 3.0 mm Al HVL değerinde olduğunu saptadık.

Önce ilgili grafikten 75 kVp'lik bir ekspojurun 100 cm mesafedeki ekspojur değerini bulmamız gerekir. Bu değerin 7,9 mR civarında olduğunu belirledik. Daha sonra hastanın deri giriş dozu hesaplanmalıdır. Bunun için aşağıdaki hesaplama yapılır:

25 mAs (7,9 mR/mAs) x (100 cm/80 cm)^2 = 309 mR = 0.309 R (hastanın aldığı deri dozu) Buradaki 80 cm, 100 cm'lik mesafeden hastanın kalınlığı olan 20 cm çıkarılarak elde edilmiştir ve ışın kaynağının deriye olan uzaklığıdır.

Deri dozunu bulduktan sonra yapılması gereken şey ilgili tabloya bakarak 1 R deri giriş dozunun karşılığında ilgili organın aldığı dozu bulmak olacaktır. İlgili tabloda 3.0 mm Al HVL enerjideki bir ışın demetinin 1R deri giriş dozu başına uterus için 173 mrad gösteriyor. Öyle ise fetüsün aldığı doz: 0.309 R x (173 mrad/R) = 53,5 mrad (0.53 mGy) olmalıdır.

RADYASYON RİSKLERİ

Radyasyona bağlı kanserler

Kanser oluşturma olasılığı radyolojik tanıda kullanılan dozlardaki radyasyonunun ana riskidir. Bu açıdan kemik iliği, kolon, akciğer ve mide radyasyona çok duyarlı dokulardır; mesane, meme, karaciğer, özofagus ve tiroid orta derecede duyarlıdır. Radyasyonun kanser riski çocuklarda yetişkinlerden yüksektir. Radyasyon benign veya malign tümör oluşturabilir. Latent periyod lösemi için 5-10 yıl, solid tümörler için ise daha uzundur (dekadlar).

Eskiden yapılan radyasyonla akne ve tonsilit tedavilerinin tiroid kanserine neden olduğu saptanmıştır. Tiroid kanseri oluşumu çocuk ve kadınlarda erkeklerden daha fazladır. Radyasyonun karsinojen etkileri uranyum işçilerinde ve atom bombası veya reaktör kazaları kurbanlarından yaşayanlarda gözlenmektedir.

Kanser risk tahminleri

Günümüzde bu tahmin görece risk modeline göre yapılır. Bu modelde radyasyonun doğal olarak meydana gelen kanserli olguların sayısında yapması muhtemel artış miktarı tahmin edilir. Eskiden kullanılan mutlak risk modelinde ise ekspoze popülasyondaki kanser oluşumu olasılığının mutlak sayısı belirtilmekteydi.

ICPR ("International Comission of Radiation Protection") tarafından radyasyonun öldürücü kanser oluşturma risklerinin sievert başına % 4 (% 0.4/rem) olduğu tahmin edilmektedir. Bu değer tüm popülasyon için % 5/Sv'dir (% 0.5/rem). Çünkü genel popülasyon içerisine radyasyona daha duyarlı olan çocuklar da girmektedir.

Alınan dozun miktarı, profesyonel ekspojurdan daha yüksekse ve akut bir şekilde alınmışsa radyasyona bağlı kanser riski 2 kat artar.

Mamografide risk

Radyasyon ekpojurundan sonraki ana risk glandüler dokuda kanser gelişim olasılığıdır. Epidemiyolojik çalışmalar, atom bombası yaşayanları, floroskopi ile izlenmiş TB hastaları ve radyoterapi görmüş hastalar üzerinde yapılmıştır.

Radyasyona bağlı meme kanselerinin çoğunda ortalama glandüler doz 1-20 Gy (100-2.000 rad) civarındadır. 0.5 Gy (50 rad) dan aşağıda çok az veri vardır. Güncel risk tahminlerine göre, 45 yaşındaki1 milyon kadının ortalama glandüler dozu 1mGy (100 mrad) olduğunda bu grupta meme kanserinden ölüm sayısı 2 artar.

Genetik riskler

Genetik etki, germ hücrelerinde meydana gelen kromozom mutasyonları sonucu gelecek nesillerin etkilenmesidir ve gonadların radyasyon ekspojuruna bağlıdır. 1950 yıllarından önce genetik etki, radyasyon ekspojurunun en önemli riski kabul edilirdi. İnsanlarda radyasyonun genetik etkisi olduğunu gösteren epidemiyolojik bir veri yoktur ve risk hayvan deneylerine dayanarak tahmin edilmektedir.

Genetik etki ekspoze popülasyonun yaşı ile değişir; yaşlı popülasyon, genç popülasyondan daha düşük riske sahiptir. Çalışanlar için gonadal ekspojurda ciddi genetik riski % 0.8/Sv (% 0.008 /rem), tüm popülasyon için ise, çocuklar dahil olduğu için % 1.3 Sv'dir (% 0.013/rem).

Fetal riskler

ABD'de canlı doğumların yaklaşık %5 inde konjenital anomali görürülür ve bu durumda tıbbi x-ışını alımının konjenital anomali oluşturma risk etkisini değerlendirmek güçleşmektedir.

Gebe kadının ışın almasında fetal risk, gestasyonel döneme göre değişir. İlk 10 gün içerisinde önemli bir radyasyon ekspojuruna maruz kalındığında en olası sonuç erken intrauterin ölümdür. Fetüsün radyasyona bağlı konjenital anomalilere en duyarlı olduğu dönem ilk üç ay, özellikle de konsepsiyondan sonraki 20-40 gündür. Radyasyona bağlı en olasılığı yüksek fetal anomali mikrosefalidir ve en riskli dönem konsepsiyondan sonraki 50-70 gündür. Büyüme geriliği ve mental gerilik için riskli dönem konsepsiyondan sonraki 70-170. günlerdir. Konsepsiyondan 150 gün sonra radyasyonun en büyük etkisi çocukluk malignitelerinde artma riskidir.

Konjenital anomali riskleri 10 mGy'in (1 rad) altında ihmal edilebilir seviyededir. 0.1 Gy'e (10 rad) kadar, radyasyon riski gebelikteki normal risklere göre yok, ya da çok azdır. 0.1 Gy'den (10 rad) yüksek dozlarda konjenital anomali riski artar. Radyasyona bağlı konjenital anomali olasılığı nedeniyle küretaj, alınan dozun 0.1 Gy (10 rad)'ı geçtiği durumlarda düşünülmelidir.

İlk üç aydan sonraki dönemde fetüsün aldığı 10 mGy (1 rad) doz, çocukluktaki lösemi riskini % 40 arttırabilir. Çocukluk lösemisi görece olarak nadir bir hastalıktır, bu nedenle radyasyona bağlı çocukluk lösemisinin mutlak riski düşüktür.

RÖNTGENDE ALINAN DOZ

Radyografide alınan ışın dozları

Ekran film radyografisinde, yeterli bir röntgenogram oluşturmak için gerekli olan radyasyon miktarı sabittir. Örneğin 200 hızlı bir ekran-film sisteminde bir röntgenogram için yaklaşık 500 μR gerekir. Dijital sistemde ise böyle bir özel hız yoktur ve geniş bir ekspojur yelpazesi kullanılabilir. Dijital radyografide herhangi bir ekspojur seviyesi, uygun pencereleme ile tatmin edici görüntü oluşturabilir.

Dijital radyografi ile ekran-film radyografisini hastanın aldığı radyasyon dozu açısından karşılaştırmak çok yanıltıcı olabilir ve cevap sorunun nasıl sorulduğuna bağlıdır. Yöntem aşırı doza da, yetersiz doza da çok toleranslıdır ve teknik nedenlere bağlı film tekrarını (sert ve yumuşak filmler) azaltır. Flat-panel dedektörler, radyografik ekranlardan daha yüksek soğurulma değerine sahiptir ve aynı kalitedeki bir görüntü için daha az radyasyona gereksinim gösterir. Görüntü plakları, ekranlardan daha ince fosfor kullanır, bu da daha düşük x-ışını soğurulma değeri demektir, dolayısıyla görüntü plaklarında aynı kalitede görüntü elde etmek için ekran-filme göre daha fazla radyasyona gereksinimi vardır. Flat-panel dedektörlerinin tüm tiplerinde hastanın aldığı doz ekran-film sisteminden daha azdır, komputerize radyografide ise daha fazladır.

Dijital yöntemlerde dozun çok azaltılmasına rağmen, kalitesi düşük de olsa görüntü elde edilebilmesi, bazı incelemelerde dozun önemli oranda azaltılabilmesine olanak sağlar. Örneğin skolyoz ölçümünde görüntü kalitesi önemli değildir; doz azaltılarak gerekli ölçümleri yapmaya yeterli röntgenogramlar elde edilebilir.

Floroskopide ekspojur oranı

Floroskopik incelemede bir çerçeve görüntü için gerekli ekspojur değeri, aynı bölgenin radyografisi için gerekli olan değerden çok düşüktür; fakat floroskopik gözlem radyografiye göre çok uzun süren bir işlemdir. Bu nedenle floroskopide alınan doz o bölgenin radyografisinde alınana göre çok yüksek olur. Örneğin ortalama bir hastanın karın floroskopisinde doz, yaklaşık 45 mGy / d'dir. Bir karın radyografisinde hastanın aldığı deri giriş dozu 3 mGy'dir. Bu dozu bir dakikalık bir süre için hesaplarsak 900 mGy/dak yapar. Bu değer floroskopideki bir dakikalık değerin yaklaşık 20 mislidir. Örneklerde görüldüğü gibi floroskopide yüksek doz alma riski, floroskopik ekspojur değerlerinin belirgin şekilde düşük tutulmasını zorunlu kılar. Bu durumda floroskopik çerçevelere düşen foton sayısı çok azalır ve görüntülerde kuantum beneklenmesi (gürültü) artar. Bu kadar az fotonla yeterli bir görüntü oluşturabilmek için floroskopik görüntü alıcılarının parlaklık kazancının (gain) yüksek olması gerekir.

Floroskopide deri giriş ekspojur hızının azami yasal limiti ABD'de 100 mGy/dk'dır (10R/dk) ve tipik değeri 10-100 mGy/dk'dır (1-10 R/dk). Şişman hastalarda görüntü kalitesini sürdürebilmek için yüksek doz floroskopi yapılabilir. Bu seçenekte en yüksek ekspojur hızı 200mGy/dk'dır (20 R/dk) ve incelemeyi yapanlar görülebilir/işitilebilir uyaranlarla devamlı ikaz edilir. Fluororadyografi yapılırken, benzer bir doz sınırlaması yoktur.

Yüksek doz floroskopinin karmaşık, komplikasyonlu girişimsel işlemlerde olduğu gibi çok uzun süre kullanımı sonucu, hasta çok yüksek dozlar alabilir ve deride eritem, epilasyon ve hatta nekroz oluşabilir. Daha az doz alınması için yüksek kV-düşük mA, son görüntünün tutulması, geniş FOV kullanılması, daha az floroskopi-daha çok radyografi gibi teknikler kullanılır.

Dijital floroskopide doz, konvansiyoneldeki doz ile karşılaştırılabilir. Görüntü yükselticinin giriş dozunun tipik değeri her çerçeve için 0.01-0.02 μGy (1-2μR) dir. Dijital fotospot ve DSA'nın kendilerine has bir doz değeri yoktur, tersine bir görüntüyü geniş bir ekspojur aralığında oluşturabilirler. Ancak her ikisinde de görüntü oluşturmak için kullanılan dozlar dijital floroskopiden yüzlerce defa daha yüksektir, ancak genellikle ekran-film radyografisindeki dozun altındadır. Tek bir dijital fotospot veya DSA görüntüsü genellikle 1-2 μGy (100-200 μR) ile elde edilir. Bu değer ekran-film için gerekli olan 5 μGy (500 μR) in çok altındadır.

Mamografide doz

Memenin glandüler dokusu radyasyon nedenli kanser oluşumuna hassastır. Ortalama glandüler doz (OGD) mamografide tercih edilen doz ölçümüdür ve özel fantomlar kullanılarak belirlenir.

OGD, ekspojur değerlerine (kV ve mAs), memenin kalınlığına ve yapısına bağlıdır. Doz ölçümü için %50 glandüler doku, %50 yağ dokusu özelliğinde olan bir fantom kullanılır. Sıkıştırılmış memenin ortalama kalınlığı 4.2 cm'dir. OGD, bu kalınlıktaki memeyi temsil eden fantom üzerinden hesaplanır. Dozlar yıllık olarak, sertifikalı medikal fizikçiler tarafından hesaplanmalıdır.

Amerikan radyoloji kolejinin önerisi her bir gridli ekran-film görüntüsü için OGD'nin 3 mGy (300 mrad)'dan az olmasıdır. Grid kullanılmadığında bu değer 1 mGy'den (100 mrad) az olmalıdır. Uygulamada gridli çalışmalardaki tipik değeri 1.5-2 mGy'dir (150-200 mrad). Voltajı artırarak memenin aldığı doz düşürülebilirse de görüntü kontrastı da düştüğünden bu yöntem genellikle tavsiye edilmez.

ALINACAK DOZUN SINIRLARI

Radyoloji çalışanlarının alacağı dozun sınırları

Radyasyondan korumanın temel amacı deterministik etki olasılığını önleme ve stokastik etki olasılığını en aza indirmektir. Doz sınırlamaları tek tek organların ya da tüm vücudun aldığı radyasyon miktarlarını gösterebilir.

Radyoloji departmanı gibi radyasyon kontrollü alanlar, oldukça önemli miktarda doz alınabilecek bölgelerdir ve ilgili kurumun (atom enerji komisyonu) memurları tarafından kontrol edilmelidirler.

Radyoloji çalışanları için tüm vücut doz sınırı (ABD'de) 50 mSv/ yıl (5 rem/yıl) dır. ICRP bu değerin gelecek yıllarda 20 m Sv/yıl'a çekilmesini önermektedir. Bu miktarlara, çalışanın hastalığı dolayısıyla yapılan tıbbi işlemlerden alınan miktar ve doğal zemin radyasyonu dahil değildir.

Radyoloji çalışanları, personel dozimetreleri ile izlenmelidir. Radyoloji departmanında çalışan personelin maruz kaldığı gerçek ekspojur seviyesi görece düşüktür. Teknisyenlerin aldıkları tipik yıllık etkin doza karşılık gelen ekspojur değeri yaklaşık 0.2 mSv'dir (20 mrem). Bu değer radyoterapi teknisyenlerinde 1.5 mSv (150 mrem), nükleer tıp teknisyenlerinde ise 2 mSv'dir (200 mrem). Girişimsel radyoloji çalışanları gibi çok yüksek radyasyon ekspojuruna maruz kalan-

larda alınan yıllık dozun 5 mSv (500 mrem) geçmesi beklenmez.

Hamile bir radyasyon çalışanının fetüsünun bir ayda alacağı doz 0.5 mSv'i (50 mrem) geçmemelidir. Hamileler dozimetrelerini abdomen bölgesinde tutmalıdırlar. Fetüsün aldığı doz deri dozunun yarısı kabul edilir.

Toplum dozu

Doğal zemin radyasyonu ABD'de yaklaşık 3 mSv/yıl (300 mrem/yıl) dır. Doğal radyasyon kaynakları kozmik ışınlar, topraktan gelen radyoaktivite ve vücudun içindeki radyonüklidlerdir. Kozmik ışınlar enrjisi çok yüksek foton ve alfa partikülleridir (10^{10}-10^{19} eV), çoğu atmosferde tutulur ve % 0.05 den azı deniz seviyesine ulaşır. Kozmik ışınlar atmosferde yükseldikçe artar. Bu nedenle bir transatlantik uçuşta yaklaşık 30-50 μSv (3-5 mrem) doz alınır. Bu değer uzay uçuşlarında 10 μSv/saate (1 mrem/saat) yükselir.

Doğal radyasyona en büyük katkı evlerdeki radondan gelir. Radondan türeyen radyoaktif ürünler aerasollere yapışarak akciğere alınır ve bronş mukozasını ışınlayarak bronkojenik kanser riskini arttırır. Radon kaynaklı yıllık ortalama doz yaklaşık 2 mSv/yıl kadardır.

Toplumun tıbbi incelemelerden her yıl aldığı adam başı ortalama efektif doz yaklaşık 1 mSv'dir (100 mrem). İyonizan ışın kullanılan diyagnostik işlemler insan eliyle oluşturulan tıbbi radyasyonun en önemli kaynağıdır. Medikal ekspojurda en büyük pay BT'nindir. Görece dozu yüksektir ve son zamanlarda da gittikçe kullanımı artmaktadır. 1990 yılında İngiltere'de (UK) radyolojik işlemlerin sadece % 4'ü BT olduğu halde alınan dozun % 40'ı BT kaynaklıdır. 2000 yılında ABD hastanelerinde bu oran %10 olduğu halde alınan ışın dozunun yaklaşık 2/3'si BT den kaynaklanmaktadır. BT'den alınan doz miktarı çok dedektörlü BT ile daha da artacaktır.

KORUMA ÖNLEMLERİ

X-ışınlarının zararlı etkilerinden korunmanın temel prensibi ışınla olabildiğince az karşılaşmak, ışından uzak durmak ve ışının zorunlu geçmesi gereken yerler dışında organizmayı korumaktır. Uygulamada hastaların ve çalışanların koruması için değişik önlemler alınır.

Hasta koruması

Hasta dozu mümkün olduğu kadar aza indirilmelidir. ALARA ("as low as reasonably achievable") prensibi daima göz önünde bulundurulmalıdır. Gereksiz dozdan kaçınmada temel kural incelenen bölgeden gerekli bilgiyi, soğurulan dozu asgaride tutarak elde etmek, vücudun diğer bölgelerinin aldığı ışını olabildiğince aza indirmek ve gereksiz tekrarlardan kaçınmaktır. Bu amaca ulaşmak için yapılması gerekenler aşağıda önerilmiştir.

Radyolojik incelemelerde daima kolimasyon kullanılmalı ve ekspoze edilen alan küçük tutulmalıdır. Kolimasyon, hastanın aldığı primer ışını ve saçılmayı azaltır, görüntü kalitesini artırır.

Gonadal koruma yapılmalıdır. Gonad koruması, çocuklarda ve prodüktif çağdaki popülasyonda ışınlanan alan gonadlara yakınsa ve gonadal korumanın görüntüyü engellemeyeceği durumlarda yapılır. Gonad koruması ile testislerin aldığı doz %95, overlerin aldığı doz %50 azaltılır.

Hastanın ekspojuru mAS ve tüp voltajının karesi ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla ekspojur faktörlerinden daima kilovolt değeri yüksek tutulmaya çalışılır. Örneğin tüp voltajının 70'den 77 kVp'e çıkarılması ile hastanın alacağı doz yarı yarıya azalır. KVp'nin artırılması penetrasyonu artırır, soğurulmayı azaltır, ancak görüntü kontrastı düşer.

Filtrasyon düşük enerjili x-ışınlarını tutar, filtrasyon arttıkça ışın demeti sertleşir ve hastanın aldığı doz azalır. Ancak aşırı sertleşen ışın kontrastı düşürür. Floroskopi klavuzluğunda uzun süren girişimsel işlemlerde, derideki olası hasarı önlemek için iyi bir filtrasyon şarttır.

X- ışının intensitesi uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğu için kısa foküs-deri mesafesi hastanın giriş deri dozunu arttırır. Bu mesafe floroskopik incelemelerde 38 cm'den daha küçük olmamalıdır.

Floroskopik incelemeden daima kaçınılmalı ve mümkün olan her durumda floroskopi yerine radyografi yapılmalıdır. Bir akciğer floroskopisinde alınan doz akciğer radyografisinde alınan dozdan 100 kat fazladır. Halk arasında mikrofilm denilen ve tüberküloz taramasında kullanılan fotofluorografide ise akciğer radyografisinden 10 kat fazla X-ışını dozu alınır.

Ekspojurun doğru bir şekilde otomatik kontrolü filmin tekrarını önleyerek gereksiz doz alımına mani olur.

Çalışanların korunması

Yüksek zayıflama katsayısına sahip olan kurşun (yüksek yoğunluğu ve yüksek atom numarası nedeniyle) etkin bir koruyucudur. Diyagnostik radyolojide kullanılan kurşun gömlekler 0.25 veya 0.5 mm kurşun eşitidir. 0.5 mm kurşun gömlek radyasyon ekspojurunu en az 10 kat düşürür. Lens ve tiroid gibi organlar floroskopide yüksek doz alabilirler. Kurşunlu camlı gözlükler göze gelen dozu önemli oranda azaltır ve girişimsel radyolojik işlemlerde mutlaka kullanılmalıdır. Boyun, tiroidin aldığı dozu önemli ölçüde azaltan kurşunlu bir boyunlukla korunmalıdır. Sindirim sistemi floroskopisinde olduğu gibi, floroskopik gözlem sırasında hasta elle müdahale gerektiren durumlarda 0.25 mm kurşun eşiti bir materyalden yapılmış kurşun eldivenler kullanılmalıdır. Girişimsel radyolojide ve kardiyak kateter laboratuarlarında tavana monte veya taşınabilir, kurşun camlı radyasyon koruma bariyerleri kullanılmalıdır.

Diyagnostik radyolojide çalışma kuralları

Tüpün haubesinden olan sızıntı radyasyonu 1m mesafede 1 mGy/saat'den (0.1R/saat) az olmalıdır. Radyasyon ekspojurunu kontrol etmenin yöntemleri ekspojur süresini azaltmak, radyasyon kaynağını uzaklaştırmak ve uygun zırhlama yapmaktır.

Radyasyonun (primer ve/veya saçılan) intensitesi mesafenin karesi ile ters orantılı olduğu için mesafenin iki katına çıkarılması dozun 4 kat azalmasına neden olur. Genel bir kural olarak hastadan 1m mesafede, hastanın deri giriş dozunun %0.1'i alınır. Bu nedenle çalışırken daima hastadan mümkün olduğunca uzakta bulunmalı, oda içerisinde gereksiz hiç kimse bulunmamalıdır. Radyasyon çalışanları hastayı asla tutmamalı, bu iş kurşun gömlek giydirilmek şartıyla hastanın yanındakilere yaptırılmalıdır. Taşınabilir röntgenle yapılan radyografilerde teknisyen hastadan en az 2 m mesafede olmalıdır.

Floroskopi devamlı değil aralıklı yapılmalıdır. Son floroskopik görüntünün monitörde sabitlenmesi floroskopi süresini birçok durumda %50-80 oranında azaltır. Floroskopi süresince gerekli olmadıkça çalışanlar odada bulunmamalıdır.

Gebelerle, çocuk hastalar öncelikle korunmalıdır. Periyodik röntgen tarama (diş çürüğü araştırmak) azaltılmalı ve böyle işlemlerde hızlı filmler kullanılmalıdır. 40 yaşın altında zorunlu olmadıkça mamografi yapılmamalıdır. Oda dışındakileri korumak amacıyla x-ışını odalarının duvarları için 1.6 mm'lik kurşun kullanılır ve duvarlar 2 m yüksekliğe kadar zırhlanır.

Film tekrarı ortalama %4-6 (%1-15) dır. Taşınabilir röntgen radyografisinde bu oran artar. Bu nedenle taşınabilir radyografilerde varsa komputerize radyografi (görüntüleme plakları) tercih edilmelidir.

RADYASYON DEDEKTÖRLERİ (Şekil 1.63)

İyonizasyon odaları

İyonizasyon odaları içi gazla dolu odacıklardır. X-ışını fotonlarının gaz atomlarında oluşturduğu iyonizasyon ölçülür. Ekspojur (X), odanın içindeki hava kültesinde (m) serbest kalan tüm elektrik yükü (Q) ile belirlenir (X = Q/m).

İyonizasyon odalarında, serbest elektronları toplayabilmek için pozitif bir anot vardır. Açığa çıkan tüm elektronları toplayabilmek için odaya uygulanan voltaj yeterince yüksek olmalıdır.

Radyografide, iyonizasyon odalarında açığa çıkan elektrik yükü toplanır ve radyografik ekspojuru belirler. Bu değer R ya da C/kg ile ifade edilir. Floroskopide ise her saniye açığa çıkan elektrik yükü saptanır (I = Q/t). Serbest elektrik yükünün ölçümü, saniye, dakika ya da saatte röntgen cinsinden ekspojur hızını verir.

İyonizasyon odaları doğru ölçüm yapan dozimetri aygıtlarıdır ve tüplerin x-ışını çıkışlarını ("output") ölçmede kullanılırlar. Bu aygıtlar otomatik ekspojur kontrol sistemlerinde fototaymır, nükleer tıpta ise doz kalibratörü olarak görev yapar.

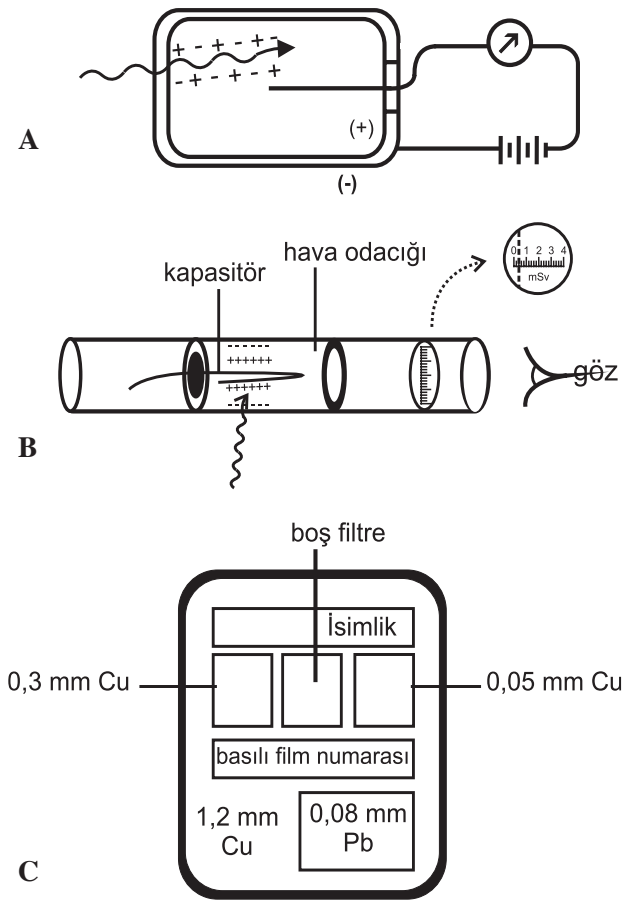
Cep iyonizasyon odaları

Büyük bir kalem şeklindedirler. İçlerinde hava odacığı vardır. Hava odacığının içerisinde kuartz fiberden yapılmış pozitif elektrik yüklü bir kapasitör bulunur. X-ışını ekspojuru oluşturduğu iyonizasyonla kapasitörün pozitif yükünün azalmasına neden olur. Lensler aracılığı ile her eksporjurda yükteki azalma izlenebilir.

Bu aygıtlarda alınan doz hemen okunabilir; kapasiteleri 0-2 mGy (200 mrad) arasındadır; kolayca tekrar yüklenip kullanılabilirler, ancak mekanik dayanıksızlıklarından dolayı (örneğin yere düşürmekle) çok doğru ölçüm yapamayabilirler. Girişimsel radyoloji ve kardiyak kateter laboratuarları gibi yüksek doz alınan yerlerde kullanılır.

Geiger sayaçları

Geiger sayaçları yüksek voltaj uygulanan iyonizasyon odalarıdır. Sayaca gelen fotonlar az sayıda serbest elektron oluşturur. Bu elektronlar uygulanan yüksek



Şekil 1.63 Dozimetreler. A. İyonizasyon odaları B. Cep dozimetreleri C. Film dozimetreleri.

pozitif potansiyel nedeniyle hızlandırılır ve enerji kazanırlar. Bu enerjisi yüksek elektronlar, odadaki gaz atomlarından daha fazla elektron sökerler. Sonuçta bir elektron açığı ortaya çıkar ve odaya gelen fotonun oluşturduğu elektrik yükü çok yüksek oranda yükseltilmiş olur.

Geiger sayaçlarında bu yükseltilmiş kayıtlar bir tık sesiyle işitilir. Sayaçlara, oluşan yük kayıplarını önleyerek stabilizasyonu sağlamak amacıyla soğutucu gazlar ilave edilir.

Geiger sayaçları çok duyarlıdırlar ve diyagnostik radyolojide 10^7 foton/mm^2 den fazla olan ekspojur değerlerini ölçebilirler. Bu sayaçlarla nükleer tıpta çok düşük dozlardaki radyoaktif kontaminasyon saptanabilir.

Film dozimetreleri

Radyasyonla çalışanların aldıkları ekspojur değerini belirlemek için film kullanılabilir. Film plakaları (beçleri) en ucuz ve en sık kullanılan doz ölçüm gereçleridir. Arasına küçük bir film yerleştirilmiş zarftan ibarettir. Zarfın üzerinde ışınların enerjilerini belirleyebilmek için farklı değerlerde filtreler bulunur.

Film dozimetresinde duyarlılık, ölçülen fotonun enerjisine bağlıdır. 60 kVp'lik bir fotona filmin cevabı, 1 MeV lik (Co 60 enerji seviyesi) bir fotona göre 100 kat daha fazladır (aynı ekspojurda olmasına rağmen). Bu artmış duyarlılık, filmin üzerindeki gümüşün k-yörügesinin enerji seviyesine (25 keV) bağlıdır.

Filmin cevabı x-ışınının enerji seviyesine bağlı olduğundan, sağlıklı ölçüm için kullanılan ışının enerjisini yaklaşık olarak bilmek gerekir. Bu amaçla filmin önüne 3 farklı filtre yerleştirilmiştir. Filtreler radyasyon kaynağının ürettiği ışının penetrasyon gücünü değerlendirerek enerjisini yaklaşık olarak hesaplamamızı sağlar.

Alınan dozu hesaplamak için film plağı banyo edilir. Banyo edilen filmin optik dansitesi ölçülerek alınan doz, ortalama foton enerjisine göre yaklaşık olarak hesaplanır. Film plaklarının saptayabildiği asgari doz yaklaşık 0.2 mGy'dır (20 mrad). Film plakları x-ışınlarında 100 μGy-15Gy (10 mrad - 1.500 rad), beta radyasyonda 500 μGy - 10Gy (50 mrad - 1.000 rad) aralığında sağlıklı ölçüm yapar.

Personel film dozimetreleri çalışanların aldığı ekspojurun sabit bir kaydının tutulmasını sağlar. Saptadığı değerlerin fotonun enerjisine bağlı olarak değişmesi yöntemin doğruluk oranını etkileyen bir dezavantajdır. Filmi karartabilecek ısı ve kimyasallar da doğruluk derecesini etkiler.

Termoluminesans dozimetri (TLD)

Yöntem termoluminesans olayına dayanır. TLD dozimetrelerinde iyonizan ışınla eksite olan elektronlar ısı ile serbest kalır ve ışık şeklinde yayılır. Bu ışık gelen ekspojurla orantılıdır.

Atom numarası (Z=8.3) vücut dokularına yakın olduğu için diyagnostik radyolojideki TLD'lerde lityum fluorid kullanılır (LiF). TLD'nin fotonun enerjisine göre verdiği cevap oldukça doğrusaldır ve filmden çok daha iyidir; ayrıca dinamik reynci de yüksektir: 0.01 mGy (1mrad)-10 Gy (1.000 rad).

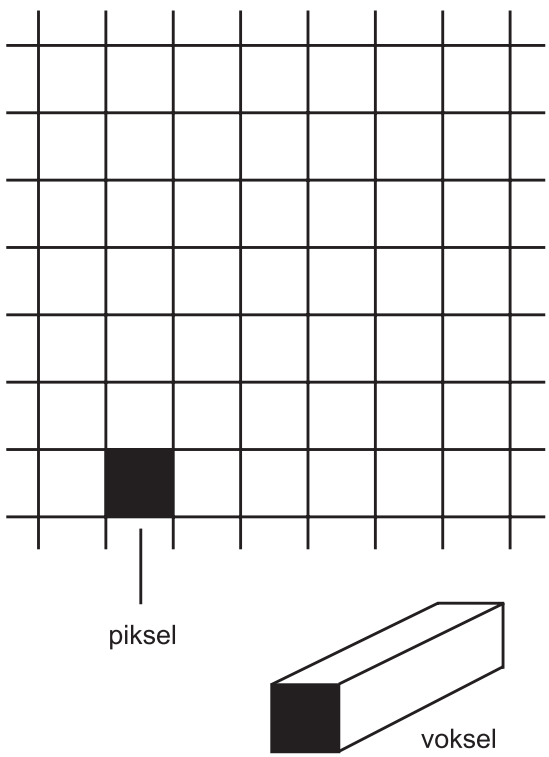
TLD, sıklıkla radyografide hastanın aldığı dozu ölçmede kullanılır. Personel dozimetresi olarak da (örneğin yüzük dozimetresi) kullanılabilir. Enerji cevabı doğrusal olduğu için radyasyon kaynağının enerji seviyesini belirlemeye gerek yoktur. TLD'nin ekspojuru saptama sınırı yaklaşık 0.2 mGy (20 mrad) dır. Tekrar tekrar kullanılır, ancak pahalıdır.

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Bir x-ışını yöntemidir. Vücudu kesitler şeklinde görüntüler (tomografi). Röntgenogramlardaki üst üste düşme (superpozisyon) ortadan kaldırılmıştır. Görüntüleri röntgenden çok daha ayrıntılıdır.

BT, x-ışınının bilgisayar teknolojisi ile birleşmesinin ürünüdür. Ana fikir 1917 yılında Radon tarafından ileri sürülen "eğer bir objenin her yönden sınırsız sayıda görüntüleri elde edilebilirse, kesit görüntüsü yapılabilir" hipotezine dayanmaktadır. Bir BT kesiti oluşturabilmek için, kesit düzlemindeki her noktanın x-ışınını zayıflatma değerini bilmek gerekir. Bu amaçla kesit düzleminin çepeçevre her yönünden x-ışını geçirilir. Yapılan ölçümler güçlü bilgisayarlarla işlenir. Bulunan sayısal değerler, karşılığı olan gri tonlarla boyanarak kesit görüntüleri elde edilir.

BT görüntüsü vücudun bir diliminin, BT numaralarından meydana gelmiş bir haritasıdır. İki boyutlu olan bu resim aslında üç boyutludur. Üçüncü boyutu, dilimin kalınlığı yapar. Röntgenden farklı olarak üçüncü boyut çok incedir (genellikle l-10 mm) ve resmin her tarafında eşittir. Görüntü resim elementi (piksel) denilen minik karelerin yan yana dizilimi ile oluşturulur. Pikselin yüzeyinin, kesit kalınlığı ile çarpımıyla ortaya çıkan hacme hacim elementi anlamına gelen voksel adı verilir. Pikseller, voksellerin ortalama x-ışını zayıflama değerini temsil eder (Şekil 1.64).



Şekil 1.64 Piksel ve voksel.

BT AYGITININ GELİŞİMİ (Şekil 1.65)

BT aygıtları x-ışını ile bilgisayar teknolojilerinin birleşmesinin ürünüdür ve x-ışını/jeneratör sistemlerini, x-ışını dedektörlerini, motorlu kontrol sistemlerini, çok güçlü bilgisayar teknolojilerini ve gelişmiş karmaşık rekonstrüksiyon algoritmlerini içerir.

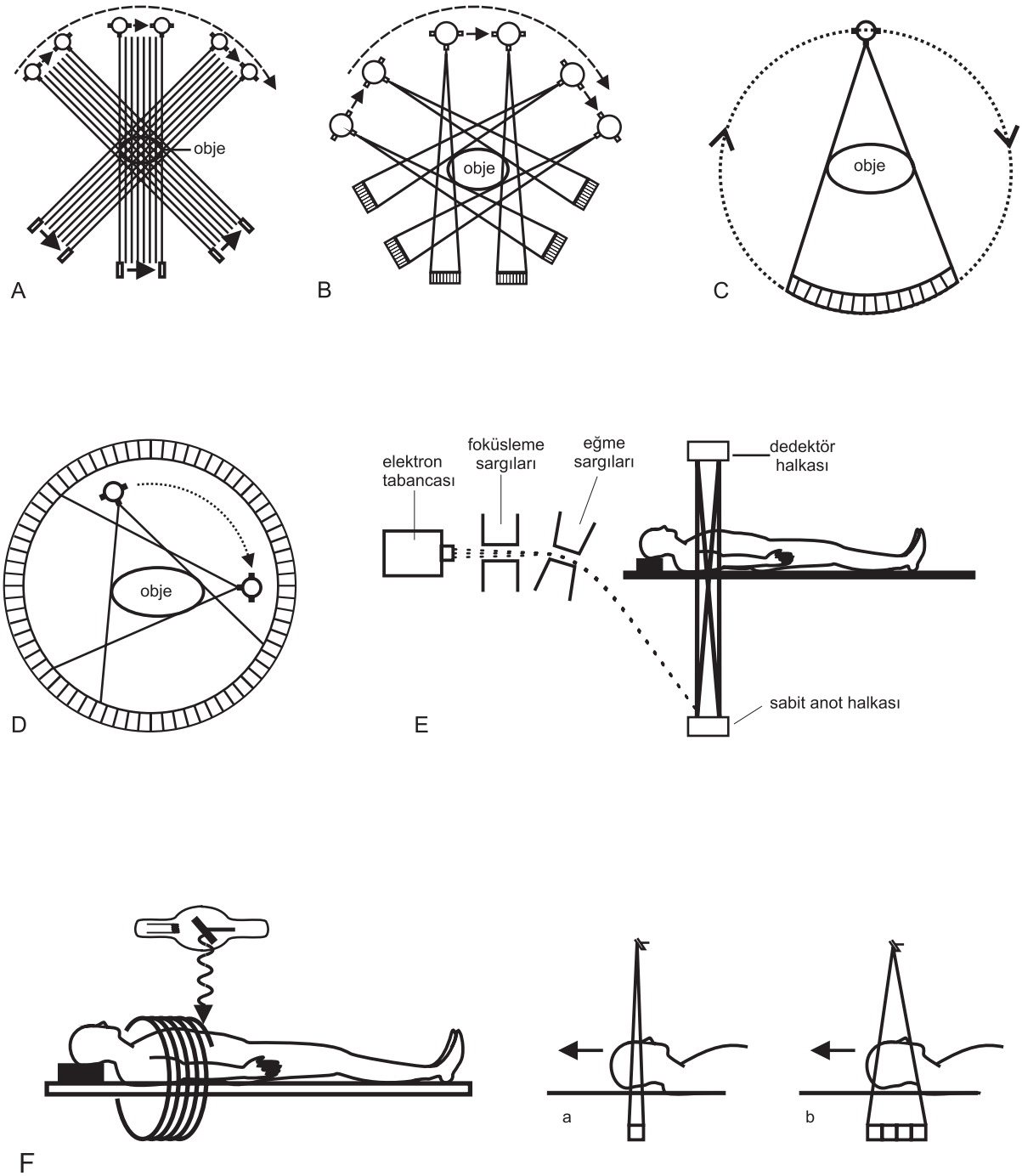
Günümüzdeki en gelişmiş BT aygıtları çok sıralı dedektör bloklarına sahiptir ve x-ışını tüpü ve dedektör bloğu devamlı dönerken hasta masası kaydırılarak (helikal) veri toplanır. BT aygıtlarının ilk jenerasyonları buna göre basit bir teknoloji kullanıyordu. İlk BT aygıtlarında kullanılan teknoloji adım adım ilerleyerek bugünkü düzeyine ulaşmıştır. Bu gelişimin izlenmesi BT teknolojisinin temel prensiplerinin anlaşılmasına yardımcıdır, bu nedenle bu bölümde özetlenmeye çalışılacaktır.

I. jenerasyon BT aygıtlarında ince bir ("pencil beam") ışın demeti kullanılmıştır ve iki ayrı kesit için veri toplayan iki adet NaI dedektörü vardır. Birbirine bağlı olan x-ışını ve dedektörler aksiyal planda kayarak ("translation") görüntülenecek alanı tek bir ışın demeti ile birbirine paralel çizgiler şeklinde (paralel ışın geometrisi) tarar. Sadece kraniyal inceleme yapabilen bu aygıtlarda 24 cm olan FOV'un bir taramasında (projeksiyon) 160 ölçüm ("ray") yapılır. Projeksiyonlar birer derece ara ile 180 dereceye kadar tekrarlanır. Her BT kesiti, 180 x 160 = 28.800 ışın ölçümü ile yapılır.

Tüp ve dedektör, her projeksiyon için derece, derece döner; taramayı alan üzerinde kayarak yapar. Bu tarama teknolojisine "rotate/translate" denir. Çok iyi kolime edilen tek bir demet kullanılması nedeniyle saçılma en aza indirilmiştir, ancak aynı nedenle tüpten çıkan x-ışınının büyük bölümü kullanılamaz. Dedektör maddesinin (NaI) uzun süren "afterglow" özelliği önemli bir dezavantajdır. Art arda ölçüm yapmak için

bir süre beklenmesi nedeniyle bir çift görüntü elde etmek 5 dakika sürer.

II. jenerasyon BT aygıtlarında tarama teknolojisi değişmemiştir ("rotate/translate"). Fark ışın geometrisinde ve dedektör sayısındadır. Işın demeti yaklaşık 10 derecelik bir yelpaze şeklindedir (yelpaze ışın geometrisi) ve karşısına 30 kadar dedektör sıralanmıştır. X-ışınından yararlanma oranı ilk jenerasyon makina-



Şekil 1.65 BT aygıtının gelişimi. A. Tek dedektörlü ve açılı tarama yapan I. jenerasyon, B. Dedektör sayısının birden fazla olduğu açılı tarama yapan II. jenerasyon, C. Tüp ve çok sayıda dedektörün birbirine bağlı olarak hasta çevresinde döndüğü III. jenerasyon, D. Dedektörlerin sabit, tüpün hareketli olduğu IV. jenerasyon, E. Kardiyak çalışmalar için geliştirilmiş elektron demetli V. jenerasyon, F. Helikal (spiral) BT; a) Tek dedektörlü VI. Jenerasyon, b) Çok sıralı dedektörlü (çok kesitli) VII. jenerasyon.

lara göre 30 kat artmıştır, ancak saçılma da artmıştır. Işın ve projeksiyon sayısı artmıştır. Bir kesit 600 ışın x 540 projeksiyon = 324.000 ölçümle yaklaşık 18 saniyede oluşturulur.

III. jenerasyon BT aygıtlarında tarama teknolojisi değişmiş, ışın yelpazesi genişlemiş ve dedektör sayısı artmıştır. Tüp ve ona bağlı yaklaşık 800 dedektör hastanın çevresinde 360 derece dönerek veri toplar ("rotate/rotate" teknoloji). X-ışını yelpazesi tüm görüntüleme alanını kapsayacak kadar genişlemiş, tarama ("translation") ortadan kalkmıştır; her projeksiyonda tüm öçümler aynı anda yapılır.

Hastayı geçen ışın değerleri, refererans dedektörlerin ölçtüğü değerlerle karşılaştırılarak x-ışınlarının zayıflaması hesaplanır. Dedektör zincirinin kenarına yerleştirilmiş referans dedektörler ışın yelpazesinin içinde fakat görüntü alanının dışındadır. Ölçüm yapan dedektörlerle referans dedektörleri ayrıdır. Dedektör kalibrasyonları yeterli değilse görüntü üzerinde arızalı dedektörün oluşturduğu daire şeklinde "ring" artefaktları ortaya çıkar. Sistemin kullanıma girdiği yıllarda bu artefakt yöntemin çok önemli bir dezavantajını oluşturmuştur. Teknoloji ilerledikçe dedektör kalibrasyonu mükemmelleşmiş ve bu sorun ortadan kalkmıştır. Bir kesit taraması ilk sistemlerde 5 saniyede yapılıyordu; yeni sistemlerde bu süre saniyenin yarısına kadar düşürülmüştür. Dedektörlerin ve ilgili elektroniğin pahalı olması sistemin maliyetini artırmıştır.

IV. jenerasyon BT aygıtları, III. jenerasyon aygıtlarında önemli bir sorun olan dedektör kalibrasyon yetersizliğine bağlı "ring" artefaktlarına çözüm bulmak amacı ile geliştirilmiştir. Bu sistemde yaklaşık 4800 dedektör gantri açıklığı çevresine bir halka şeklinde sabit olarak yerleştirilmiştir. Tüp bu dedektör halkası içerisinde döner. Tüp hareketli dedektörler sabit olduğu için bu teknolojiye "rotate/stationary" adı verilmiştir. Bu sistemde referans ölçümü ve transmisyon ölçümü aynı dedektörle yapılır; dolayısıyla ring artefaktı sorunu yoktur. Tüpten çıkan ışın yelpaze şeklindedir (ışın yelpazesi). Sabit olan dedektörün aldığı ışınların toplamı da tepesi dedektör olan bir yelpaze oluştur (dedektör yelpazesi). III. jenerasyon aygıtlarda tüm dedektörler aynı anda ölçüm yaparken bu sistemde her dedektör tüpün dönüşü süresince ölçüm yapmaya devam eder.

III. ve IV. jenerasyon BT aygıtlarında BT tüplerini besleyen yüksek voltaj kabloları tüpün rahat dönüşünü sınırlar. Bu bağlantı nedeniyle tüp her kesit taramasından sonra başa dönmek zorundadır. Bu sorun "slip-ring" teknolojisi ile çözülmüştür. Bu sistemde tüpü besleyen kablolar ortadan kaldırılmıştır. Yüksek voltaj, tüpün üzerinde kaydığı bir halka tarafından sağlanır. Bu nedenle, bu tip tarayıcılar hızlıdırlar, bir tek nefes tutmada birçok kesit alabilirler.

V. jenerasyon BT, kardiyak çalışmalar için geliştirilmiştir. Bu sistemde x-ışını tüpü yoktur. Bir elektron tabancasından çıkan elektronlar hasta çevresindeki halka şeklinde sabit olarak yerleştirilmiş tungsten anota çarptırılarak x-ışını üretilir. Sistem bu nedenle elektron demetli tarayıcı olarak da isimlendirilir. Tarama süresi 50 milisaniyeye düşürülmüştür ve kalbin çalışırken kesit görüntüsünü canlı olarak izlemek mümkündür (sine-BT). Sistemde hareket eden bir parça olmadığı için bu teknoloji "stationary/stationary" olarak adlandırılır. Sistem istenirse konvansiyonel BT gibi de çalıştırılabilir.

VI. jenerasyon, helikal BT'dir. Helikal BT "slip-ring" teknolojisini kullanır. Tüpün devamlı dönmesi sürecinde hasta masası kayar. Tüp tam dairesel döner, ancak hasta masası devamlı kaydığı için x-ışın demetinin incelenen vücut bloğunda izlediği yol zorunlu olarak helikaldir. Tarama süresi çok kısalmıştır. Tüm abdomen bir nefes tutma esnasında 30 saniyede taranır. Bu hız hareket artefaktını önler, verilen kontrast madde miktarını azaltır.

VII. jenerasyonun bir öncekinden farkı birden çok dedektör sırası kullanılmasıdır. Yönteme çok dedektör sıralı BT ("multiple dedector array-MDCT") adı verilir. Yöntemin çok sıralı dedektör kullanmasından çok, aynı anda çok sayıda kesit alması daha önemlidir. Bu nedenle çok kesitli BT ("multislices CT") daha doğru bir isimlendirmedir. Bu sistemde kesit kalınlığını, x-ışının kolimasyonu değil dedektör açıklığı belirler. Bu özellik BT teknolojisinde önemli bir farklılıktır. Tüpten çıkan x-ışını, kalınlığı kullanılan dedektör sırasınca belirlenen kalın bir yelpaze şeklindedir. Bu ışın şekline açık ışın geometrisi ("open beam geometry") adı verilir. Tüpten çıkan ışının en yüksek oranda kullanıldığı geometri budur. İnceleme süresi çok kısalmıştır. Helikal sistemlerde IV. jenerasyon değil III. jenerasyon teknolojisi tercih edilir. Bu tercihte, dedektör kalibrasyonlarının mükemmelleştirilmesi yanında dedektör sayısının ve ilgili elektroniklerin çok pahalı olması da etkindir. IV. jenerasyon sistemler maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle üretimden kaldırılmıştır.

Günümüzde dedektör sıra sayısı gittikçe artmakta-

dır. Aslında 1972 yılında EMI elektronik ve plak şirketi tarafından ilk yapılan BT'de aynı anda iki kesit alınıyordu. 1984'te kardiyak çalışmalar için geliştirilen elektron demetli BT'lerde yan yana iki anot halkası vardır ve iki kesit alır. Ancak multislays teknolojisinin öncüsü 1993 yılında geliştirilen 2-kesitli BT aygıtı (Elscint TWIN) kabul edilir. İlk gerçek multislays BT'ler 4x1 mm kesitli olarak 1998 yılında kliniğe girmiştir. Bunu 2000 yılında 8, 2001'de 16 ve daha sonra 32, 2003'te de 64 kesitli sistemler izlemiştir. Tüpün dönüş süresinin 0.5 sn ve altında olduğu bu sistemlerde kesit kalınlıkları da 1 mm'nin altına düşmüştür. Dedektör sıra sayısının önümüzdeki dönemde daha da artması beklenmektedir. Son zamanlarda buna ilaveten birden fazla x-ışını kaynağı kullanan sistemler geliştirilmiştir.

Multislays BT yöntemi ile z-aksındaki (longitudinal aks) çözümleme artmış, inceleme süresi kısalmış, incelenen hacim artmış ve üretilen x-ışınından yararlanma oranı artmıştır.

DEDEKTÖRLER VE X-IŞINI TÜPÜ

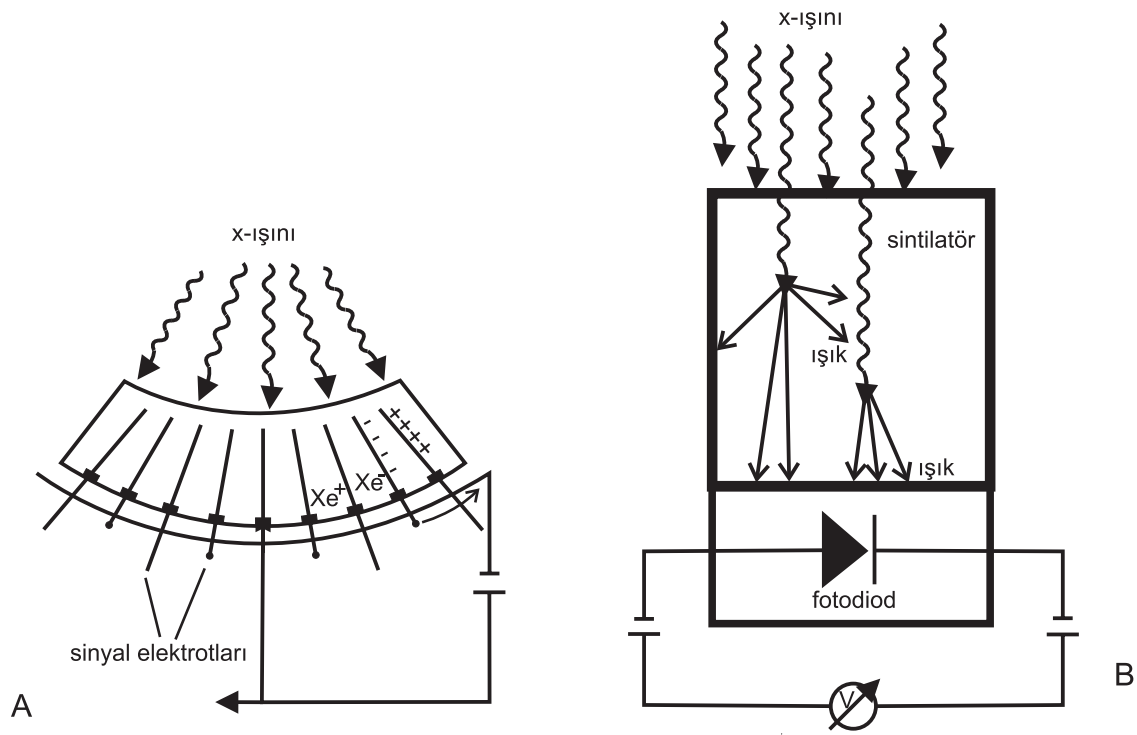
Dedektörler hastayı geçen radyasyonun intensitesini ölçer (Şekil 1.66). BT dedektörleri, yüksek x-ışını saptama etkinliğine, hızlı cevap yeteneğine sahip olmalı ve geniş bir dinamik reync içinde çalışmalıdır. Bir BT dedektöründe, gelen radyasyonun intensitesi ile orantılı bir elektrik sinyali oluşur. Bu sinyal dijitalize edilir ve bilgisayarda depolanır.

Xenon dedektörler

X-ışını etkinliğini artırmak için oldukça derin (6 cm derinliğinde) ve yan duvarları ince odacıklardır. İçlerinde 25 atm basınçlı xenon gazı bulunur. Sıkıştırılmış gaz,voltaj uygulanan iki elektrodla çevrelenmiştir. X-ışınının oluşturduğu iyonizasyon elektrodlarda toplanır. Saptanan bu voltaj yükseltilir ve dijitalize edilir. Elde edilen değer dedektöre çarpan x-ışınının miktarı ile doğru orantılıdır.

Dedektörün geometrik etkinliği, hastayı geçen x-ışınlarının dedektöre ulaşma oranı ile belirlenir. Odacıkları ayıran metal septalar çok incedir. Bu nedenle dedektörler arası ölü alan en aza indirilmiştir ve dededektörün geometrik etkinliği artmıştır. Gaz dedektörleri solid olanlardan daha stabildirler ve cevapları çizgiseldir, lag yoktur.

Gaz dedektörlerinin derinliği fazla olduğu için x-ışının foküslenmesi önemlidir, bu nedenle III. jenerasyon BT'lerde kullanılır, IV. jenerasyonda kullanılmaz; çünkü IV. jenerasyon dedektörlerine geniş açılardan x-ışınları gelir. Gaz dedektörleri günümüzde ucuz BT'lerde kullanılmaktadır.



Şekil 1.66 BT dedektörleri A. Xenon gaz dedektörleri B. Solid dedektörler.

"Solid-state" dedektörler

Solid dedektör, bir sintilatöre (sintilasyon kristalleri) sıkıca bağlanmış fotodedektörden (fotodiode) ibarettir. Sintilasyon kristalleri absorbe ettikleri x-ışınına karşılık ışık üretirler. Fotodiodlarda amorf silikon (a-Si) kullanılır. a-Si, ışık fotonlarını intensiteleri ile orantılı elektrik sinyallerine çevirir.

Solid dedektörler, dijital radyografide kullanılanlara çok benzer, ancak boyutları daha büyüktür. Tek sıra dedektörlerin boyutu 1.0 x 15 mm, çok sıralılarda 1.0 x1.0 mm, dijital radyografide kullanılanlarınki ise 0.10 x 0.20 mm civarındadır. Sintilator olarak kadmiyum tungstad ($CdWO_2$), yttrium ve gadolinum seramikleri (ör: gadolinium oksisülfit) veya başka maddeler (CsI, kalsiyum fluorid, bizmut germanat) kullanılabilir. Dansiteleri ve atom numaraları xenondan daha yüksektir. Bu nedenle daha iyi x-ışını soğurulma etkinliğine sahiptir.

Yüzeyleri düzdür, foküse olmadığı için değişik açılardan daha fazla x-ışını alır. Komşu dedektör elemanları arasında "cross-talk"ı önlemek için dedektörler arası mesafe açılır, bu da geometrik etkinliği bir dereceye kadar düşürür.

Solid yapıdaki dedektörler IV. ve yüksek teknolojili III. jenerasyon cihazlarda kullanılır. IV. jenerasyon BT'lerde, teknik nedenlerle ince dedektöre gereksinim olduğundan, sadece solid-yapı dedektörler kullanılabilir.

Çok sıralı dedektörler

Tek sıra dedektörlü sistemlerde dedektörün eni 15 mm'dir. Kesit kalınlığı 1-13 mm arasındadır ve kesit kalınlığı ışının kolimasyonu ile belirlenir.

Çok sıralı dedektör sisteminde dedektörlerin enleri dardır (ör: 16 sıralı dedektörlerde 1.25 mm). Dedektör sıraları birbirlerine sıkıca bağlanmışlardır. Kesit sayısını, aygıtın elektroniği ve sofware'i tayin eder. Örneğin 16 sıralı sistemlerde aynı anda en fazla 4 kanaldan gelen veri işlenebilir. Bu nedenle en fazla dört kesit alınabilir.

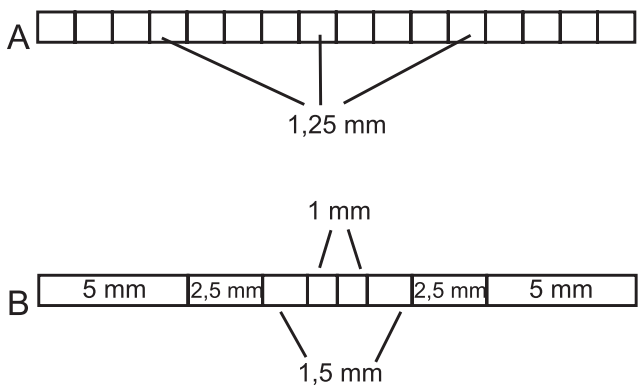
Kesit kalınlıkları entegre edilen dedektör sayısı ile belirlenir. Örneğin 16 dedektör sırası olan bir sistemde, 4 kesit alınıyorsa, kesit kalınlıklarını oluşturan dedektör sayıları 4x1, 4x2, 4x3 veya 4x4 olabilir. Bu kesitlerin kalınlıkları her bir kesiti oluşturan dedektörlerin enlerinin toplamına eşittir. En ince kesitin kalınlığı, bir dedektör boyutu kadar olabilir. Gruplandırılan dedektörler bir dedektörmüş gibi davranır. Gruptaki dedektörlerin verileri toplanarak değerlendirilir ve birbirinden ayrılamaz.

Sıralarda kullanılan dedektörlerin boyutları eşit olabileceği gibi (izotropik) farklı (anizotropik) da olabilir (Şekil 1.67). Üniversal diziliş dediğimiz şekilde tüm dedektörlerin boyutları eşittir. Bu diziliş şeklinde dedektörler arası septaların fazla olması, dedeksiyonu azaltan bir dezavantajdır. Progressif diziliş şeklinde ise, merkezde daha küçük (0.5 mm gibi) perifere gittikçe genişleyen (1.0-1.5-2.5-5.0 mm) dedektörler kullanılır. Melez diziliş adı verilen şekilde ise merkezdeki küçük boyutlu bir dedektör grubunu her iki yanda eşit boyutlu dedektörler çevreler. 16 ve daha fazla sıralı sistemlerde genellikle melez diziliş şekli kullanılır, ancak en küçük dedektör elementinin boyutu ve sayıları farklıdır. Her üretici firma kendi dedektör dizilişlerinin en iyisi olduğunu iddia eder. Sistemler değerlendirilirken tek bir ölçüt değil, z-aks çözümleme değeri, taranabilen hacmin boyutu ve alınan doz gibi birçok faktör birlikte göz önüne alınmalıdır.

BT'nin elektronik ve software teknolojisi hızla ilerlemektedir. Günümüzdeki 64 kanallı dedektör sistemlerinin dedektör boyutları 1 mm'nin altına düşmüştür ve hepsi birbirine eşit boyuttadır. Böyle bir sistemde bir defada 64 kesit almak mümkündür. 256 kanallı dedektör sistemlerinin prototipleri piyasaya sunulmuştur.

X-ışını tüpü

BT'de, yüksek voltaj, yüksek mA ve 0.5-2 sn'lik tarama zamanı kullanır. Sabit voltaj ve amper değerleri sağlaması için yüksek frekanslı güç kaynakları gerekir. 25 kW'nin altında 0.6 mm'lik, 60 kW güce kadar 1.0 mm'lik foküs kullanılır.



Şekil 1.67 Çok sıralı dedektör sistemleri A. Üniversal diziliş; dedektör boyları eşit (izotropik) B. Progressif diziliş; dedektör boyları farklı (anizotropik)

BT tüplerinin ısı yüklenmesi genellikle yüksektir ve anot ısı kapasitesinin yüksek olması gerekir. Modern aygıtlarda tüpün ısı kapasitesi 3 MJ'den büyüktür ve ısı kaybetme hızı yüksektir.

Topuk etkisinden kurtulmak için x-ışını tüpleri kesit düzlemine dik yerleştirilirler. X-ışını sertleşme artefaktını azaltmak için bakır ve alüminyum filtreler kullanılır. BT'de kullanılan x-ışınının HVL değeri 10 mm Al civarındadır.

VERİ TOPLAMA

Kesit kalınlığı

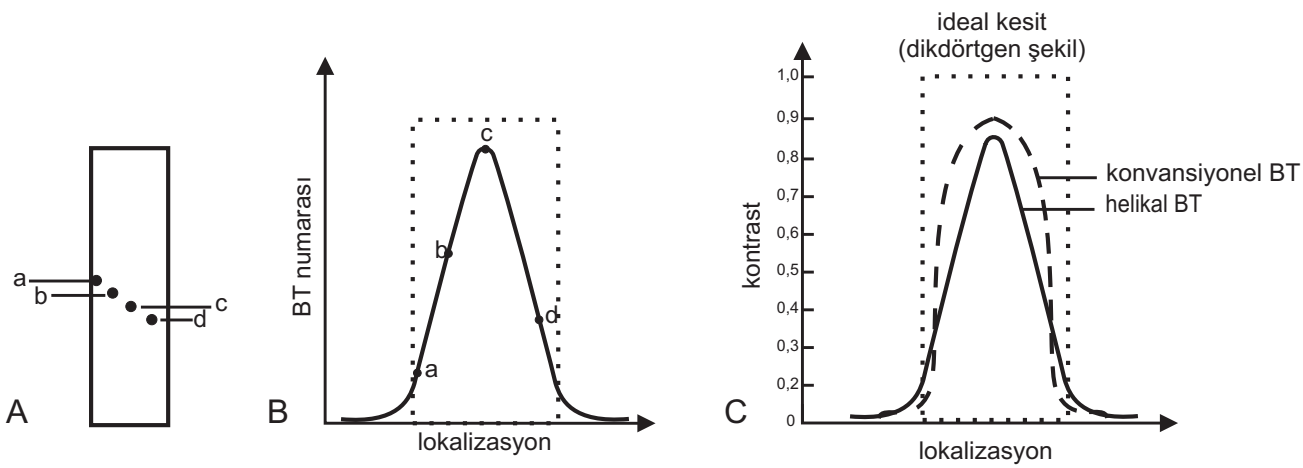
Tek sıra dedektörlü sistemde kesit kalınlığı ışın demetinin kolimasyonu ile ayarlanır. Kesit kalınlığı arttıkça kesite düşen foton miktarı da aynı oranda artar, dolayısıyla SNR ve kontrast artar, ancak uzaysal çözümleme düşer. Bu nedenle kesit kalınlığı inceldikçe kontrastı devam ettirebilmek için ekspojur faktörleri (mAs) artırılmalıdır.

Kesit kalınlığı teorik olarak her tarafta eşit kabul edilse de çözümleme açısından eşit gibi davranmaz. Kesit içerisindeki yapıların BT numaraları konumlarına göre farklıdır. Kesitin merkezindeki yapıların kontrastı, kenarlarındakilerden daha yüksektir (Şekil 1.68). Bu etki kesit duyarlılık profili ile tanımlanır. Kesit duyarlılık profili, sistemin kesit düzlemine dik yöndeki (z aksı) çizgi yayılım fonksiyonudur ve kesit kalınlığının daha doğru tanımlayıcısıdır. Konvansiyonel aksiyal BT'de kesit duyarlılık profilinin şekli, dedektörün enine, fokal spot boyutuna, kolimatörün penumbrasına, projeksiyon sayısına ve daha az etkili olan diğer faktörlere bağlıdır. Helikal taramada hastanın hareketi nedeniyle kesit duyarlılık profili hafifçe kabalaşır. Pratikte kesitlerin dikdörtgen şeklinde kesit duyarlılık profiline sahip olduğu kabul edilir.

Dedektörlerin birleştirilerek tek dedektör gibi fonksiyone edilebildiği çok sıralı dedektör sistemlerinde, kesit kalınlığını dedektör grubunun genişliği belirler. X-ışınının kalınlığı penumbra alanı kesit kalınlığının dışında kalacak şekilde ayarlanır. Böylece dedektör sıraları arasında sensitive profilindeki farklılık ve dolayısıyla görüntüdeki artefakt etkisi azalır, buna karşılık hastanın aldığı doz biraz artar.

Kesit konumu

Tek tek ardışık kesit alan konvansiyonel sistemlerde kesitlerin birbirlerine göre konumu, masanın hareketi ile belirlenir. Masa iki kesit arasında kesit kalınlığı kadar hareket ediyorsa kesitler birbirlerine sırt sırta dayanır, aralık veya üst üste binme yoktur. Bu tip taramaya devamlı ("continue") tarama adı verilir. Masanın hareketi kesit kalınlığından az ise kesitler üst üste biner. Örneğin kesit kalınlığı 10 mm, masanın hareketi 5 mm ise her kesit bir önceki kesitin yarısını kapsayacak şekilde yapılıyor demektir. Bu tarama şekline üst üste binme ("overlapping") şeklinde tarama adı verilir. Masanın hareketi kesit kalınlığından fazla ise arada taranmamış bir kesim kalıyor demektir. Örneğin



Şekil 1.68 Kesit duyarlılık profili (KSP). A. Küçük objelerin kesit içerisindeki konumları B. Aynı objelerin kesit duyarlılık profilindeki konumları. Merkezdeki obje (c) en yüksek BT numarasına (yüksek KSP), kesitin kenarındaki ise (a) en düşük BT numarasına (düşük KSP) sahip. C. Konvansiyonel aksiyel BT'de ve helikal BT'de kesit duyarlılık profilleri; konvansiyonel BT'nin kesit duyarlılık profili helikal BT'ye göre ideal kesit duyarlılık profiline daha yakın.

kesit kalınlığı 10 mm, masanın hareketi 15 mm ise iki kesit arasında 5mm'lik bir mesafe kalıyor demektir. Bu tarama şekline de aralı tarama denir. Reformasyon görüntülerinin kaliteli olması için ince kesitlerle üst üste tarama yapılmalıdır.

Helikal taramalarda ise kesit konumunu tanımlamak için kolimatör alanı (pitch) faktörü tanımlanmıştır. Kolimatör alanı (p), tüpün 360° dönüşünde masanın aldığı yolun (T-mm), izosenterde kolimatör açıklığına (C-mm) bölünmesiyle elde edilir (p=T/C). Çok kesitli BT'de C tek sıralı sistemde olduğu gibi x-ışınının kolimasyon açıklığıdır ve bir defada alınan kesitlerin kalınlıkları toplamına eşittir. Örneğin 4 kesitli bir sistemde 4x1 mm'lik 4 kesit alınırken masa 6 mm kayıyorsa alan faktörü p=6/ (4x1) = 6/4 = 1.5'tir. Dedektör boyutunun 0.75 mm olduğu 16 dedektörlü bir sistemde 16 dedektör de fonksiyone edilmiş ve masa 18 mm kayıyorsa alan faktörü yine p = 18 / (16 x 0.75) = 18/12 = 1.5 olur.

Alan, hastanın aldığı radyasyon dozunu, görüntü kalitesini ve inceleme süresini belirler. Alan faktörü 0.75-1.5 arası arasında değişir; 1.0 kesintisiz, birden küçük değerler üst üste binme şeklinde, birden büyük değerler ise parsiyel tarama demektir. Alan faktörü arttıkça hız artar, hastanın aldığı doz düşer. Önemli bir veri kaybı olmadan yapılacak taramanının alan değeri 1.5'tir. Alan faktörü birden büyük olduğunda kesit çepeçevre 360 derece taranmaz, 1.5 alan değerinde minumum 180° tarama gerekir, 60° de yelpaze genişliği eklenince bu değer 240° ye çıkar. 240 derecelik bir tarama ile alanın 240/360 = 0.66'sı taranmış olur. Alan faktörünün 1.0 olduğu tam taramaya göre böyle bir taramanın alan faktörü 1.5 olur (1 / 0.66 = 1.5).

Dört kesitli sistemler kullanıma girdiğinde tanımlanmış olan hacim "pitch" faktörü, masanın hareketinin tek kesitin kalınlığına bölünmesiyle elde edilir. Karışıklığa neden olduğu için bu tanım artık kullanılmamaktadır.

KESİT YAPMA (tomografik rekonstrüksiyon)

BT görüntüleri dokunun x-ışınlarını çizgisel zayıflatma (lineer atenuasyon) katsayısının (μ) haritasıdır. Toplanan verilerden bir görüntü oluşturmak için görüntü matrisi içerisindeki her vokselin çizgisel zayıflama katsayısını saptamak gerekir. Bu değer BT numarası (veya HÜ) olarak ifade edilir. Tüpten çıkan x-ışınlarının intensitesi I_0, hastadan geçen ışınların dedektör tarafından ölçülen değeri I_t ise, bu iki değerin arasındaki ilişki aşağıdaki formül ile gösterilir:

$$I_t = I_o . e^{-\mu t}$$

t: ışının geçtiği kalınlık,
μ: lineer zayıflama katsayısı

μt değeri ışının geçtiği yol boyunca hastanın anatomisi tarafından belirlenir. Formül hastanın anatomisi esas alınarak yeniden düzenlenirse şu şekilde yazılabilir:

$$\mu t = I_n (I_{o/} I_t)$$

ln= tabanı (e) 2.78... olan normal logaritma

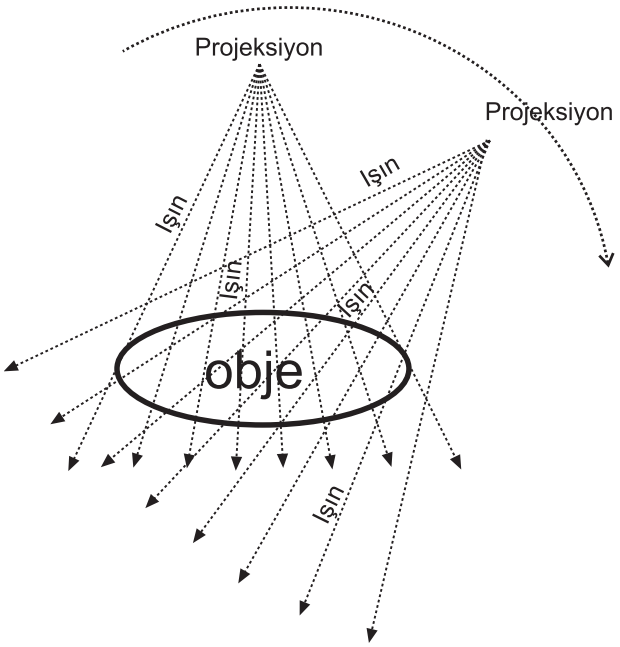
Voksellerin değeri hesaplandığı için kalınlık (t) her yerde eşittir ve sonuçta t hesaplamadan çıkarılır, rekonstrüksiyonda sadece μ değeri kullanılır. Görüntülerin yapıldığı temel veri μ değeridir ve bu nedenle görüntü makinaya değil hastanın anatomik özelliklerine bağlıdır. Bu durum tüm görüntüleme yöntemlerinde aranan bir özelliktir ve BT'nin klinikteki yararlılığının önemli bir parçası buna bağlıdır. Örneğin ekran-film görüntülerinde I_0'ın azlığı ya da çokluğu görüntünün açık ve koyu olmasına neden olur; BT'de böyle bir etkisi yoktur, sadece görüntünün gürültüsü etkilenir.

Ray ve view (dedektöre gelen ışın demeti ve projeksiyon): sinogram

Bir dedektör tarafından yapılan bir ölçüm bir ışın'dır ("ray") (Şekil 1.69). Aynı anda ölçülen ışınların tümüne projeksiyon ("view") denir. Işınların projeksiyon içerisindeki geometrisi yelpaze şeklindedir. Bir BT tarayıcısı, çok sayıda projeksiyonla çok sayıda ışın ölçümü yapar.

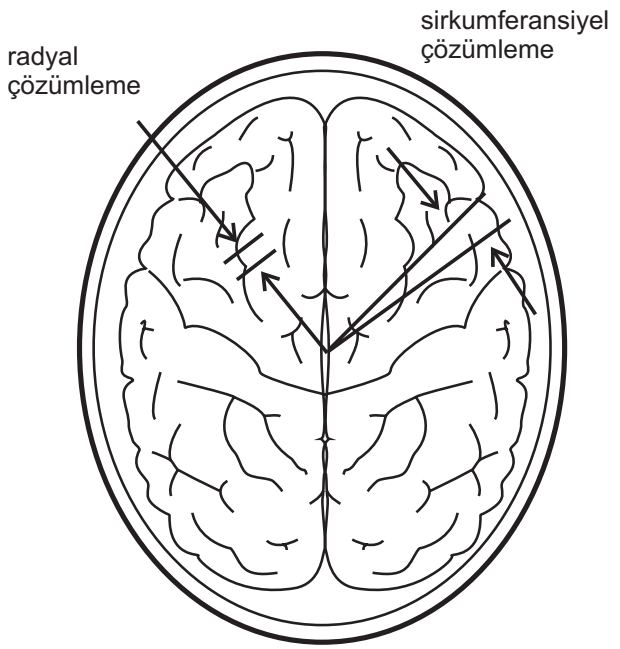
Bir BT kesiti için toplanan verilerin, rekonstrüksiyon yapılmadan önceki iki boyutlu görüntüsüne sinogram denir. Sinogramın horizontal kenarını ışın ("ray") sayısı, vertikal kenarını projeksiyon ("view") sayısı oluşturur. Modern aygıtlarda ray sayısı 800, projeksiyon sayısı 1000 civarındadır. Bu durumda sinogramda 800.000 veri noktası bulunuyor demektir. Bir kesitte 512 x 512 piksel olduğunu kabul edersek piksel başına düşen veri miktarı 800.000 / 205.000 = 3.9 olur. Pratikte BT görüntülerindeki her piksele düşen işlenmemiş veri sayısı 3.2-3.9 arasında değişir.

"Ray" sayısı görüntünün merkezinden çevreye doğru olan (radiyal) yöndeki, "view" sayısı ise dairesel (sirkumferansiyal) yöndeki uzaysal çözümlemeyi



Şekil 1.69 Işın ("ray") ve projeksiyon ("view").

etkiler (Şekil 1.70). Işın sayısının azlığı çözümlemeyi düşürür, kenar bulanıklığı artar. Projeksiyon sayısının azlığı ise "view aliasing"e neden olur; özellikle periferde yerleşik keskin kenarlı yapılar ters dansitede gölge artefaktı oluşturur.



Şekil 1.70 Radiyal (merkezden çevreye doğru olan) ve sirkumferansiyel (dairesel) çözümleme. Işın sayısı arttıkça radiyal çözümleme, projeksiyon sayısı arttıkça sirkumferansiyal çözümleme artar.

İnterpolasyon (helikal)

Helikal hareket nedeniyle kesit verileri tam dairesel olarak toplanamaz. BT rekonstrüksiyon algoritmi bu hareketi helikal değil sirküler (tam dairesel) olarak kabul eder. Bu uyumsuzluk, helikal verilerin interpolasyonu (~ortalaması) ile çözümlenir.

İnterpolasyon, seçilen rekonstrüksiyon planının her iki tarafındaki verilerin ağırlıklı ortalamasının alınmasıdır (Şekil 1.71). Ağırlık, projeksiyon açılarına göre hesaplanır. İnterpolasyon rekonstrüksiyon süresini uzatır. Konvansiyonel BT'de iki komşu kesitin sınırındaki bir objenin kontrastı, düşük kesit duyarlılık profili nedeniyle düşerken, helikal BT'de interpolasyon nedeniyle bu etki görülmez.

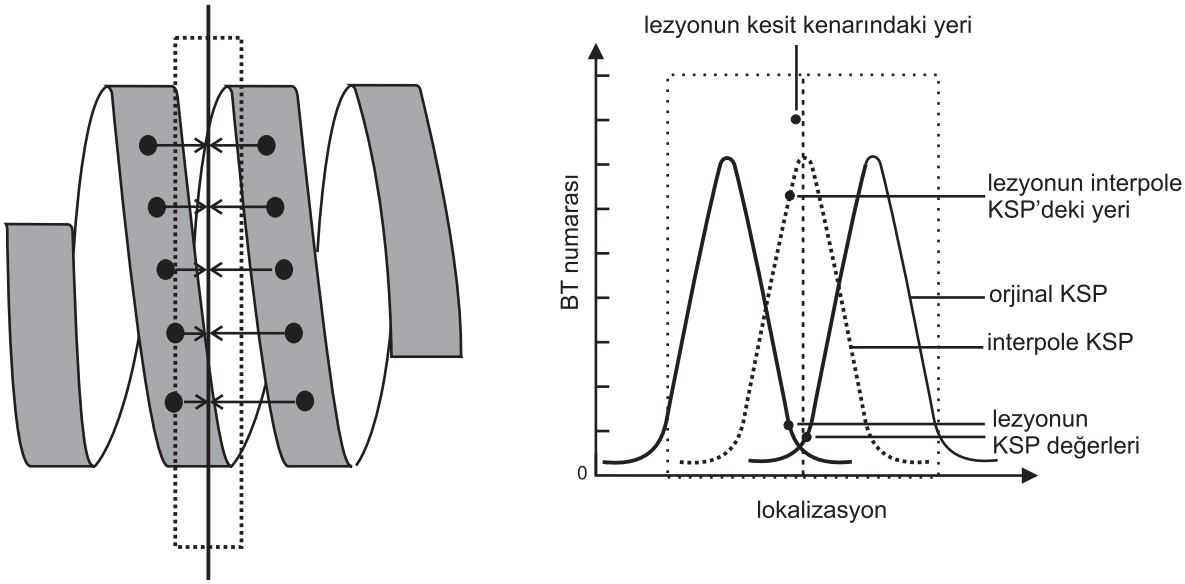
Helikal taramada tarama süresince veri toplama kesintisizdir. Z-aksı boyunca herhangi bir düzlemde görüntü rekonstrüksiyonu yapılabilir. Bu rekonstrüksiyon veri toplanırken belirlenen kesit kalınlığında yapılır. Örneğin 1 mm aralıklarla rekonstrüksiyon yapılabilir, fakat kesit kalınlığı 6 mm olarak seçilmişse daha ince kesit yapılamaz.

Helikal BT'de örneğin 1 mm aralıklarla görüntü rekonstrüksiyonunu aksiyal çözümleme artımı olarak değerlendirmemek gerekir. Hastanın uzun aksı yönündeki uzaysal çözümlemesini kesit kalınlığı belirler. Örneğin kesit kalınlığı 5 mm olan bir taramada 1 mm aralıklarla rekonstrüksiyon yapılıyorsa bu uzaysal çözümlemesinin 1 mm olduğu anlamına gelmez. Uzaysal çözümleme 5 mm'dir, ancak rekonstrüksiyon 1 mm ara ile yapılıyordur. Teknik bir ifade ile örnekleme alanı (pitch) 1 mm, ancak örnekleme açıklığı (aperture) 5 mm'dir.

Kesitlerin çok ince, örneğin 1 mm aralıklarla açılması ile, bir önceki kesitin kenarında olan bir nesne ikinci açılan kesitte kesitin ortasına gelir. Bu da nesnenin düşük kesit duyarlılık profil değerinin yükselmesi, kontrastının artması demektir. Bu nedenle ince aralıklarla görüntülerin açılması ile birçok nesne daha iyi görülebilir. Örneğin akciğerin bir BT kesitinde görülen şüpheli bir lezyonun, ince aralıkla açılan ikinci kesitte bir damarın uzantısı olduğu görülebilir.

Geri projeksiyon rekonstrüksiyonu

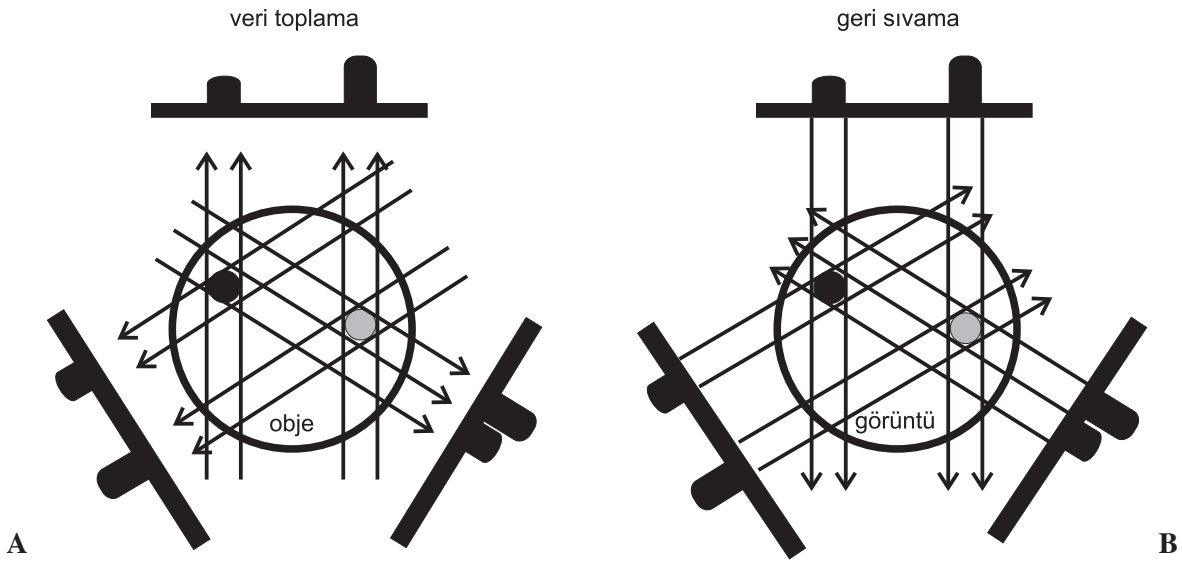
Sinogramın görüntüye çevrilmesi yöntemidir. Ham verilerin ön işleminden sonra bir BT rekonstrüksiyon algoritmi kullanılır. Birçok rekonstrüksiyon yöntemi



Şekil 1.71 İnterpolasyon A. Hastadan helikal hareketle toplanan veriler seçilen bir düzlemde rekonstrükte edililir. Rekonstrükte kesitin kalınlığı helikal tarama kalınlığına eşittir. B. Orijinal kesitlerde kesit kenarında lokalize olduğu için düşük KSP veren nesne, interpole kesitte yüksek KSP verir.

vardır. Bunlardan klinikte en sık kullanılanı filtre edilmiş geri projeksiyon ("filtred back projection") yöntemidir. Yöntemin esası veri toplama basamaklarının geriye çevrilerek uygulanmasıdır (Şekil 1.72).

Bilgisayar her ölçümde ışına göre açıyı ve dedektörün pozisyonunu bilir. Görüntülerde temel veri her vokselin lineer zayıflama kat sayısı (μ) dır. Veri toplama sürecinde her ışının ("ray") geçtiği yoldaki zayıflama değeri (μ), dedektörlerce saptanır. Geri projeksiyon sürecinde bu değer, saptandığı yol üzerinde geriye doğru sıvanır. Her ray'ın μ değeri rayın geçtiği her piksele yerleştirilir. Her yönden sayısız ışın verilerinin sıvanması sonucu ortaya çıkan çakışmalar voksellerin zayıflama değerini belirler. Pikseller bu



Şekil 1.72 A. Veri toplama. B. Görüntü oluşturma: Toplanan veriler geriye doğru sıvanır. İşlem, veri toplama geometrisinin matematiksel olarak tersine çevrilmesidir.

değerlerin karşılığı olan gri tonlarla boyanarak görüntü oluşturulur.

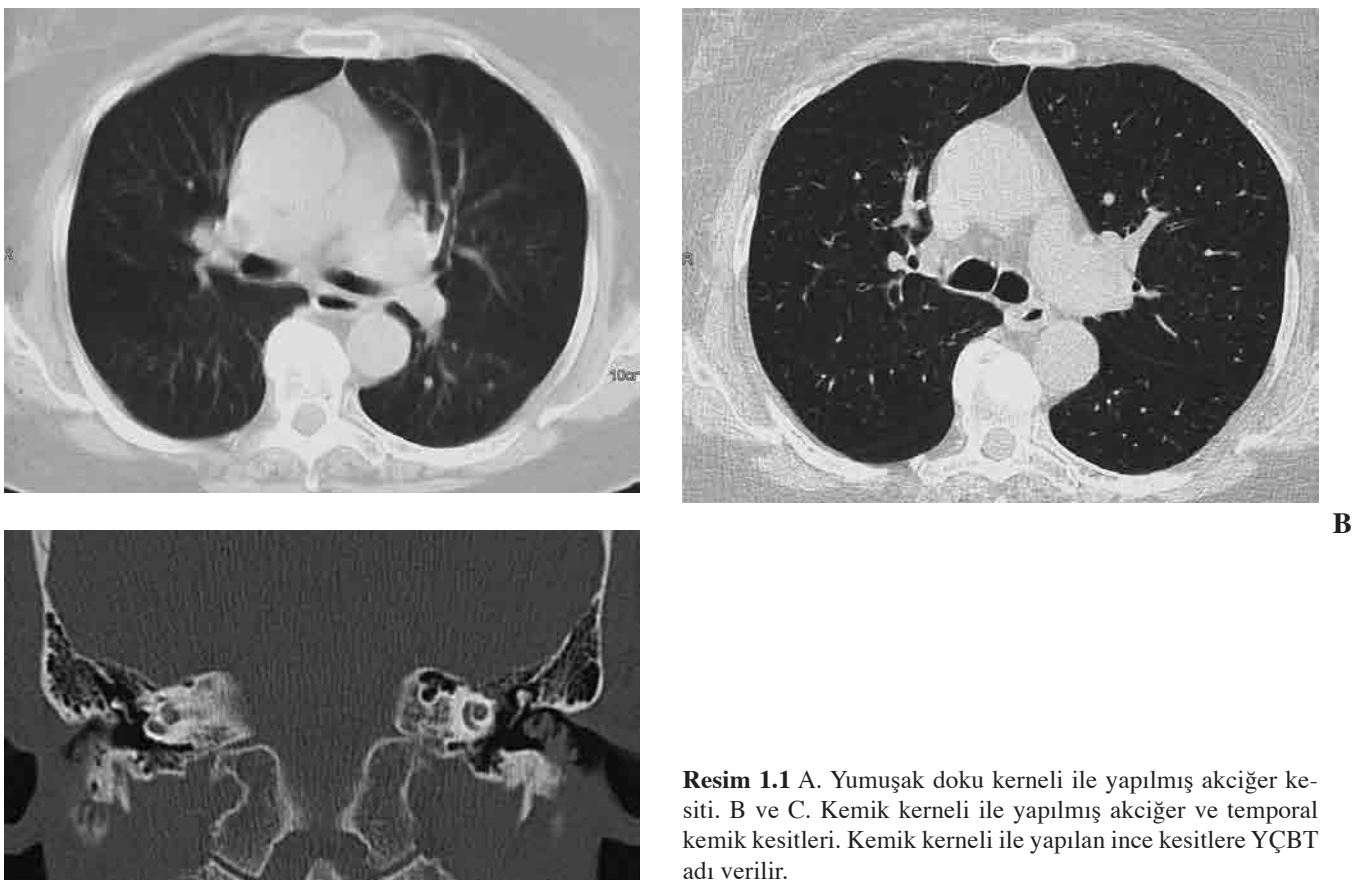
Basit geri projeksiyon, trigonometri esaslı matematik bir işlemdir. İşlemin esası veri toplarken yapılan işlemin tersine çevrilmesidir. Basit geri projeksiyonda kenar bulanıklığı meydana gelir. Bu bulanıklığı gidermek için işlenmemiş veriler imaj matrisi üzerine geri projekte edilmeden önce matematiksel olarak filtre edilir. Bu işleme filtreli geri projeksiyon rekonstrüksiyonu denir.

Matematiksel filtrasyon, projeksiyon verilerini bir konvolüsyon kerneli ile konvolve eder. Konvolüsyon bir integral hesabıdır. Kernel, filtreleme fonksiyonunu uzaysal alanda yapar, ancak frekans alanında düşünülür (frekans modellemesi). Uzaysal alanda açıklanan bir fonksiyonu (mm) uzaysal frekans alanına (siklus/mm, bazen mm^{-1} olarak ifade edilir) çevirmede Fourier Transform (FT) yöntemi kullanılır.

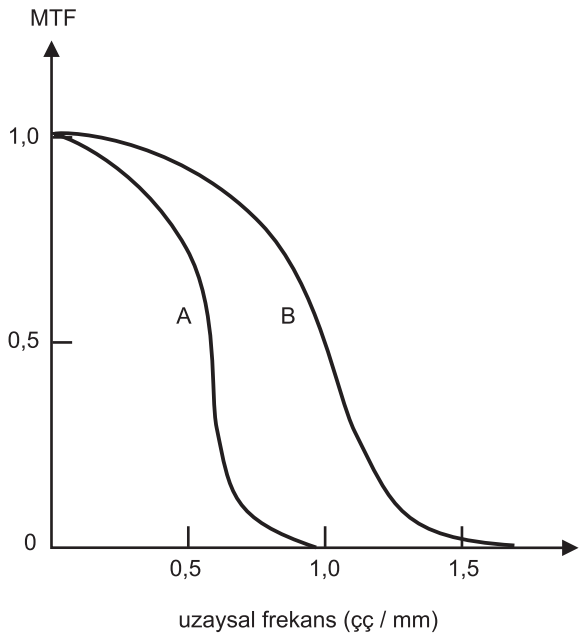
BT görüntüsünün farklı karakteristiklerini belirginleştirmek için çeşitli konvolüsyon filtreleri vardır. Bunların en önemlileri Dr. Lakshminayanan (Lak), Shepp-Logan ve Hamming filtreleridir. Her filtre amacına uygun şekilde farklı frekansları filtreler. Rekonstrüksiyon filtreleri konvolüsyon filtrelerinden geliştirilmiştir. Klinikte kullanılan filtreler kemik ve yumuşak doku filtreleridir. Filtre yerine kernel terimi de kullanılır.

Kemik kerneli, yüksek frekansı daha az filtreler, sonuç olarak noise artar. Görüntüler yüksek kontrastlı, keskin ayrıntılı fakat gürültülüdür (Resim 1.1). Yumuşak doku kerneli, yüksek uzaysal çözümlemenin değil yüksek kontrast çözümlemenin önemli olduğu yerlerde (örneğin karaciğerde metastaz araştırması) kullanılır. Yüksek frekansı filtreler, görüntüler gürültüsüzdür ancak uzaysal çözümleme düşer. Kemik ve yumuşak doku kernellerinin MTF değerleri Şekil 1.73'de gösterilmiştir.

Frekans limiti BT'de yaklaşık 1 siklus (çç)/mm'dir. Bu değer floroskopininkine eşit, ekran-film sistemindekinden yaklaşık 5-7 kat düşüktür. BT üreticileri siklus (lp)/mm, değerini siklus (çç)/cm'e adapte etmişlerdir.



Resim 1.1 A. Yumuşak doku kerneli ile yapılmış akciğer kesiti. B ve C. Kemik kerneli ile yapılmış akciğer ve temporal kemik kesitleri. Kemik kerneli ile yapılan ince kesitlere YÇBT adı verilir.



Şekil 1.73 Yumuşak doku (A) ve kemik (B) kernellerinin MTF eğrileri.

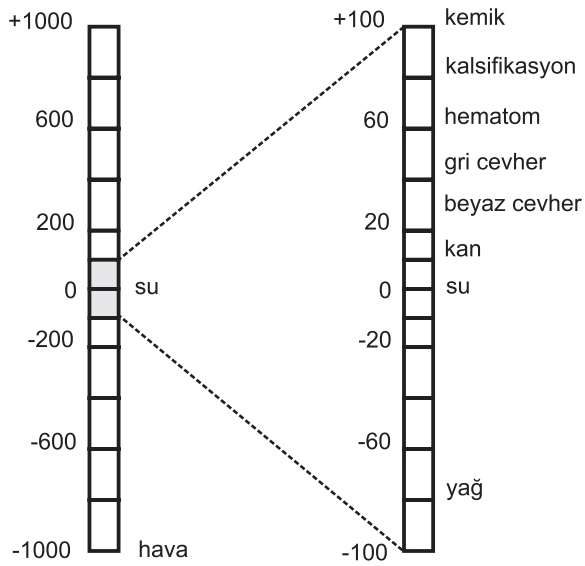
BT numarası (Hounsfield üniti, HÜ)

Geri projeksiyon rekonstrüksiyonu sonucu görüntüdeki her piksel, üstlü çarpımlarla ifade edilen küsuratlı sayılarla doldurulur. Bu şekildeki sayılar bilgisayarın işlemesi için uygundur, ancak görüntünün gösterimi için uygun değildir. Birçok bilgisayar görüntülerini tam sayılardan yapar. Bu nedenle, görüntüler yapılmadan önce bu ayrıntılı ve karmaşık sayılar gösterim için tam sayılara çevrilir. Bu sayılara BT numarası adı verilir. BT numaraları pratikte lezyonların dansitelerini ölçmemizi sağlar. Numaralar referans olarak su dansitesine göre belirlenir. BT numaraları bir ucunda beyaz, diğer ucunda siyahın bulunduğu gri bir ölçekle boyanarak görüntü oluşturulur.

$$BT_{(x,y)} = 1000 \times \frac{\mu_{(x,y)} - \mu_{su}}{\mu_{su}}$$

(x,y) = piksel
$BT_{(x,y)}$= BT numarası (HÜ)
$\mu_{(x,y)}$ = pikselin rekonstrüksiyon numarası
μ_{su} = 0.195 (BT şartlarında suyun zayıflama değeri)

BT numarası cetveli (Hounsfield ölçeği) -1000 (hava) ile başlar, 3000'e kadar çıkar. Su 0, yumuşak dokular -300 ile 100 değerleri arasındadır (Şekil 1.74).



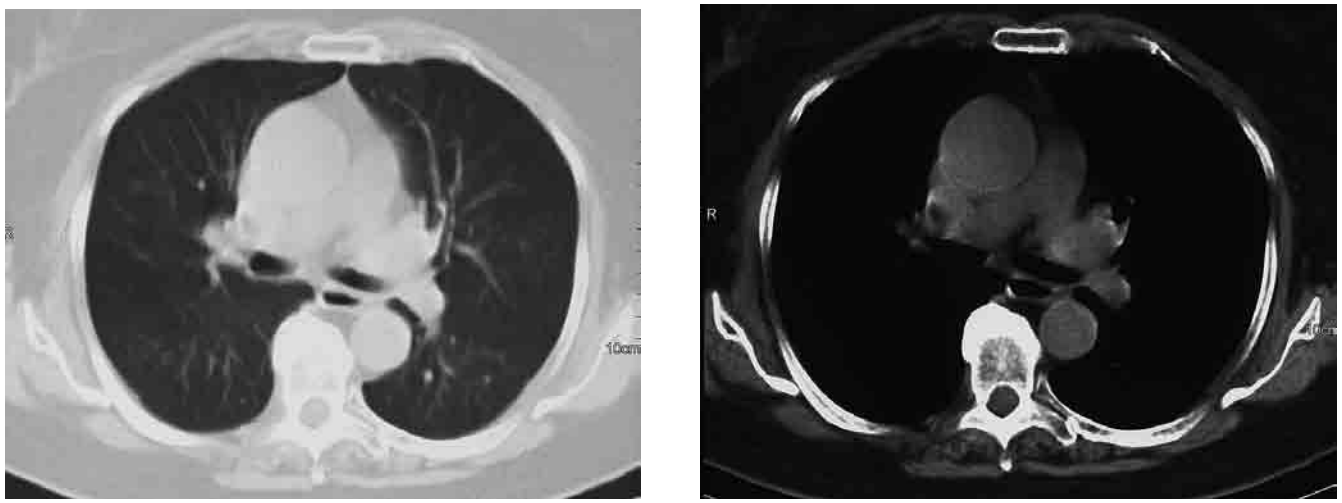
Şekil 1.74 BT numaraları (Hounsfield ölçeği).

BT de kullanılan x-ışınının ortalama enerjisi yaklaşık 75 keV'dir. Bu enerjideki ışınların dokulardan geçen kesiminin büyük çoğunluğunu Compton saçılması oluşturur. Bu oran yaklaşık olarak kas dokusunda % 91, kemikte %74, yağda %94'tür. BT numaraları ve dolayısıyla BT görüntülerinin kontrastı, dokuların Compton saçılmasını etkileyen fiziksel özelliklerine bağlıdır. Compton saçılmasının miktarını dokunun dansitesi (g/cm^3) ve elektron dansitesi belirler. Elektron dansitesi kabaca atom numarasınının (Z) atom ağırlığına bölünmesi ile elde edilir (Z/A). Yumuşak dokuları yapan karbon, azot ve oksijenin ortalama elektron dansiteleri 0.5, hidrojenin ise 1.0 dir. Bu nedenle yağ gibi hidrojenize doku BT de çok iyi gösterilir. Bununla birlikte kontrastın oluşmasında dansite (gr/cm^3) baskın rol oynar.

BT floroskopik rekonstrüksiyon

BT floroskopide biyopsi iğnesinin veya drenaj kateterinin girişinin izlenebildiği yalancı canlı görüntüler oluşturulur. Yöntem konvansiyonel BT tekniğine benzer. Aynı bölgenin art arda görüntüleri yapılır. Aynı kesit yüksek doz alacağından ekspojur değerleri düşürülür (konvansiyonel BT'de 150-400 mA, BT-floroskopide 20-50 mA).

Yöntemde her görüntü bir öncekiden bağımsız değildir. Örneğin gantri rotasyonu 1 sn olan bir ünitede saniyede 6 görüntü oluşturuluyor ise her görüntü 360/6=60° ile yapılır. Her görüntü 1/6 (%17) yeni bilgi taşır ve bu bilgi %83 eski bilgi ile birleşerek gö-



Resim 1.2 BT de pencereleme. Bir tarama ile toplanan verilerin değişik pencere genişliği ve seviyesinde işlenerek elde edilen farklı görüntüleri. A. Akciğerin bronkovasküler yapıları görüntülenirken toraks duvarı ve mediyastendeki oluşumlar seçilemiyor. B. Toraks duvarı ve mediyastinal yapılar görüntülenmiş, fakat akciğer yapıları seçilemiyor.

rüntü meydana getirilir. Veri toplama süresi 1 sn'dir, fakat görüntü saniyede 6 defa yenilenir. Temporal çözümleme yüksek olmasına rağmen düşük ekspojur değerleri ile çalışıldığı için doz fazla değildir.

Floroskopik görüntülerin her yenilenmesinde yeniden rekonstrüksiyon yapılmaz. Yukarıdaki örneği izlersek 1/6 sn (17 msn) süresinde tüpün 60 derece dönüşü ile toplanan veriler, kendisinden önceki 5 kesitin verilerinden oluşan rekonstrüksiyon üzerine piksel piksel eklenir ve en eski çerçevenin verileri atılır. İşlem her yeni veri katılımıyla bu şekilde devam eder. Saniyedeki çerçeve sayısı daha fazla da olabilir.

GÖRÜNTÜ İŞLEME

Hastadan veriler toplanıp kesit görüntü rekonstrüksiyonu yapıldıktan sonra, elde edilen görüntünün tanıya yardım etmek amacıyla işlenmesidir ("post-processing"). Bu işlemler pencereleme gibi elde edilen görüntünün işlenmesi olabileceği gibi hacim verilerinden yeni görüntüler oluşturmak veya görüntüleri farklı şekillerde yeniden yapılandırmak şeklinde de olabilir.

Pencereleme ("windowing ve leveling")

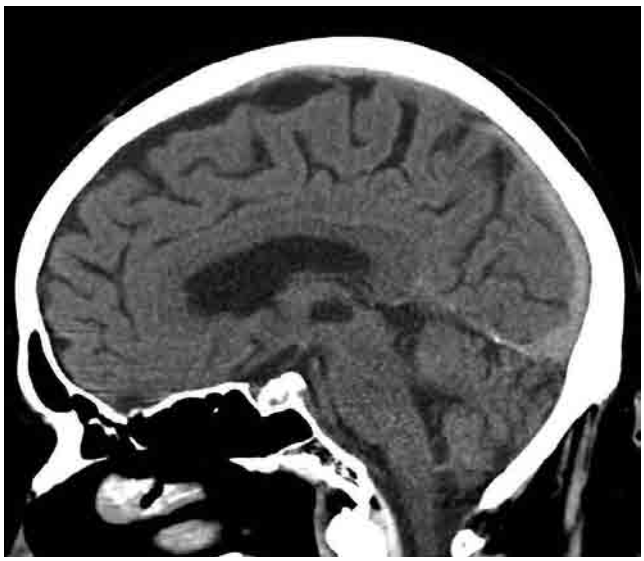
Tipik bir BT görüntüsü 12 bit (4096 gri ton) gri ölçek değerine sahiptir. Tarama sonucunda pikselin aldığı BT numarasının karşılığı bu 4096 tondan biridir. Sistemimizin Hounsfield ölçeği -1.000 ile +3095 ise her HU değeri bir gri tona karşılık gelir. İnsan gözü belirli bir ışıkta ve pupillası sabitken 30-90 gri ton ayırt edebilir. Bu değeri 100 kabul ettiğimizde gri cetvelimiz boyunca ardışık 40 değer gözümüz tarafından bir gri ton olarak algılanır. Böylece 40 piksel farklı tonda olmasına rağmen aynı görülür ve birbirinden ayrılamaz. Bu sorunun çözümü için ilgilenilen alan belirlenerek gri tonların tümü o bölgede kullanılır. Hounsfield ölçeği üzerinde, gri ölçeği dağıtmak için seçilen bölgeye pencere, üst ve alt sınırları arasındaki mesafeye pencere genişliği, alanın tam ortasındaki değere de pencere merkezi veya seviyesi adı verilir. (Resim 1.2).

Pencerelemenin esası tüm gri tonları incelenecek alanda kullanmak ve böylece incelenen bölgedeki dokular arasındaki kontrastı artırmaktır. Pencere genişliği daraldıkça incelenen kesimin kontrastı artar. Pencere değerlerinin dışındaki yapılar arasında kontrast kalmaz, beyaz ve siyah tonlar içerisinde kaybolurlar. Pencere merkezi pencelenen kesimdeki gri tonlamanın merkezidir ve Hounsfield ölçeğinde suyun BT numarası olan sıfırın karşılığıdır. Görüntünün genel parlaklığı pencere seviyesi ile belirlenir. Monitördeki BT görüntüleri pencereleme yapılarak incelenir ve uygun görüntüler filme aktarılır.

Değişik düzlemlerde yeniden yapma (multiplanar reformasyon-MPR)

Z aksının çözümlemesi kesit kalınlığı ile sınırlı olduğu için MPR görüntüsünün uzaysal çözümlemesi düşüktür. Uzaysal çözümlemesi yüksek bir reformasyon yapılacaksa z değeri düşürülmelidir (örneğin 1 mm).

İnsan vücudundaki aksiyal düzlemin sağdan sola



A



B

Resim 1.3 ÇKBT ile yapılan ince aksiyel taramadan elde edilmiş reformasyon görüntüleri. Aksiyel taramadaki voksel boyutları izotropik olduğundan reformasyon görüntülerinin çözümlemesi yüksek. A. Kraniyumun sagital, B Karnın koronal reformasyon görüntüleri.

uzanan aksına x, önden arkaya uzanan aksına y, bu iki aksın yaptığı düzleme dik uzanan aksına da z adı verilir. X ve y akslarınca oluşturulan aksiyal kesit voksellerinin x-z akslarınca yeniden reforme edilmesi ile koronal, y-z akslarında reforme edilmesi ile de sagital kesitler elde edilir (Resim 1.3). Oblik ya da kavisli düzlemlerde de reformasyon yapılabilir.

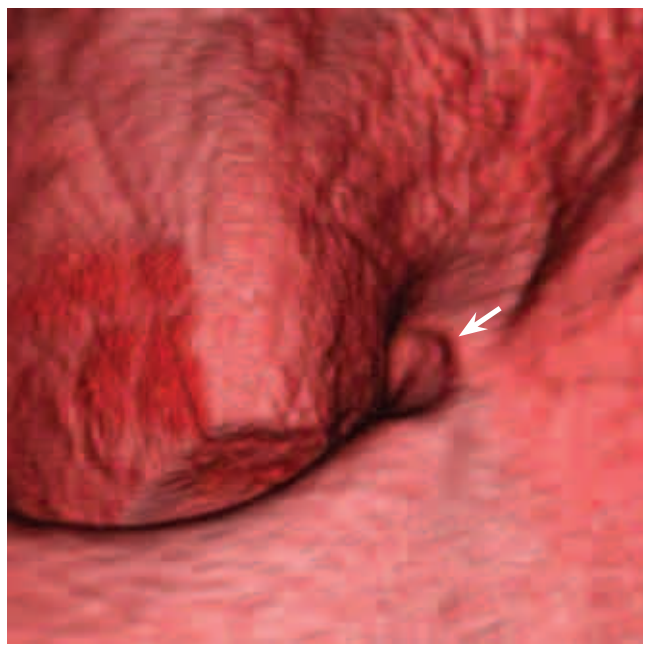
Üç boyutlu gösterim (hacim rekonstrüksiyon teknikleri)

Kraniyofasiyel cerrahi, radyoterapi, aortik stentleme gibi işlemlerin planlanmasında kullanılır. İki yöntemi vardır: hacim hesaplama ("volum-rendering") ve reprojeksiyon. (Resim 1.4)

Hacim hesaplama ("volum-rendering") tekniğin-



A



B

Resim 1.4 3B reformasyon görüntüleri. A. Sanal kolonoskopide polip görünümü (ok). B. Sanal gastroskopide tümöral yapı (ok).



Resim 1.5 ÇKBT ile yapılan BTA reformasyonları. A. Periferik anjiografi. B. Abdominal aortogram.

de önce görüntüde segmentasyon yapılır. Bunun için ilgilenilen objenin HU numarası belirlenir, vokse llerde bu değer varsa 1 yoksa 0 kabul edilir. Böylece elimizde sadece ilgilendiğimiz yapının vokselleri kalır. Çevresiyle kontrast farkı yüksek olan objede bu işlem kolay yapılır. İlgilendiğimiz yapı segmente edildikten sonra bir bilgisayar programı segmente verileri belirlenen açılardan reforme eder. Bu işlem sadece yüzeydeki voksellerle de yapılabilir (yüzey hesaplaması- "surface rendering"). Reforme görüntü gölgelenebilir, boyanabilir, vb işlemler yapılabilir. Bu konuda sinema endüstrisinin çok ileri teknolojik seviyesinden yararlanılır. BT görüntülerinin SNR'lerinin sınırlı olması nedeniyle bazı segmentasyon işlemlerinde zaman kaybettirici müdahalelere gereksinim duyulur. Bu nedenle yönteme ilgi azalmakta ve daha çok reprojeksiyon tekniği kullanılmaktadır.

Reprojeksiyon tekniğinde zaman kaybettirici segmentasyon işlemine gerek yoktur. Yöntemde, belirlenen bakış açılarından radyografik projeksiyonlara benzer görüntüler elde edilir. Volum veri setinden bakış açısına göre vokseller seçilir ve o yöndeki tüm voksel değerleri toplanır. Genellikle her "ray"in azami BT numarası görüntülenir, bu nedenle bu yönteme azami intensite projeksiyon-MİP adı verilir. Benzer şekilde düşük BT numarası taşıyan vokseller de görüntülenebilir (asgari intensite projeksiyonu). Olay gerçekte bir 3 boyutlu görüntüleme değildir; değişik açılardan yapılan görüntüler sine modunda gösterilerek 3- boyutluluk sağlanmış olur.

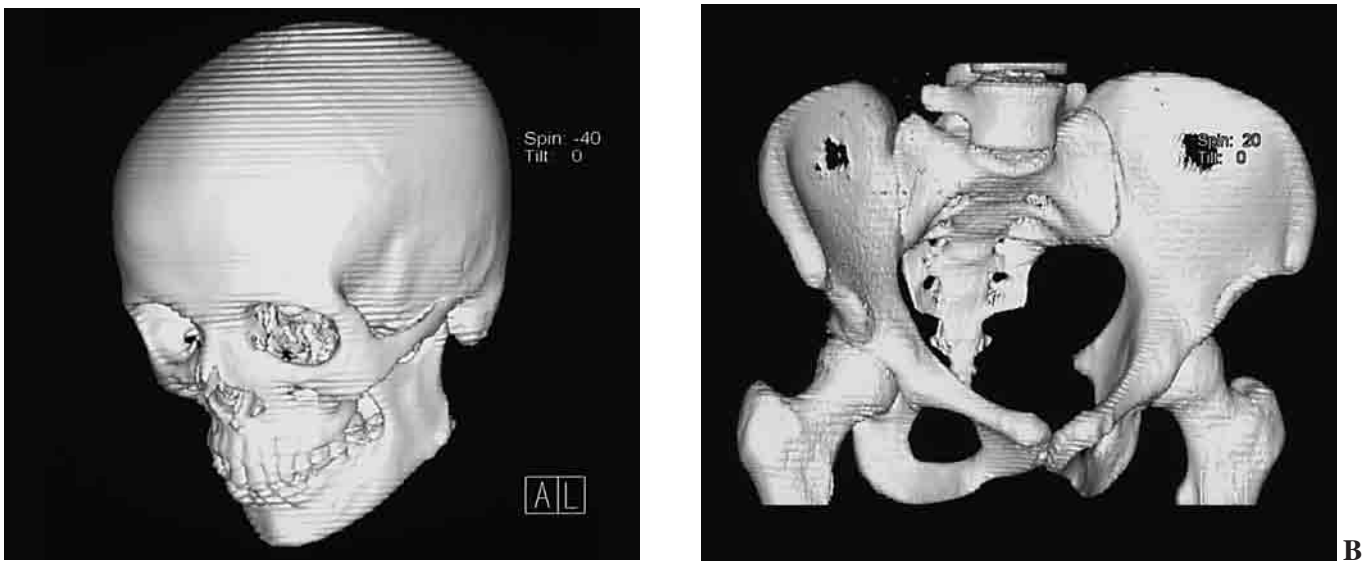
Bu tekniklerinin en önemli klinik uygulaması anjiografidir. BT-anjiografi (BTA) adı verilen bu yöntemde kontrastlı damar kesitlerinden MİP yöntemi ile anjiografik görüntüler elde edilir (Resim 1.5).

Üç boyutlu reformasyonların diğer kullanım alanları kranyum ve pelvis gibi küresel kemik yapıların, kırıklarına bağlı deformasyonların gösterilmesi ve sanal endoskopilerdir (Resim 1.6). Mukozal yüzeyin gösterildiği sanal kolonoskopi ve bronkoskopi ile reformasyon yöntemlerinin klinik kullanımı ve değeri tartışmalıdır.

Değişik kesit kalınlığında inceleme

Çok sıralı dedektörlü sistemlerde mümkün olan en ince kesitle tarama yapıldığında, elde edilen kesit verileri istenildiği sayıda birleştirilerek kalın kesitler şeklinde incelenebilir. Bu durumda oluşan görüntünün gürültüsü azalır. Birleştirilmiş görüntü aynı kalınlıktaki tek kesit görüntüden daha kalitelidir. İnce kesitlerin ekspojur değerleri azaltılmıştır; dolayısıyla çok sayıda kesit almak dozu fazla artırmaz.

Yöntem akciğer kanseri taraması gibi incelemelerde önemli yararlar sağlar. İnce kesitlerin geometrik



A B

Resim 1.6 3B reformasyon görüntüleri. A. Kraniyum, B. Pelvis.

çözümlemesi yüksektir, lezyonların saptanabilirliği ve hacim ölçümlerinin doğruluk oranları artar. Birleştirilmiş görüntüdeki şüpheli bir lezyon, ince kesitlere dönülerek ayrıntılı olarak incelenebilir. Tersine ince kesitlerde şüpheli görülen küçük bir lezyonun, birleştirilmiş kesitte örneğin bir damar yapısı ile devam ettiği saptanabilir.

GÖRÜNTÜ KALİTESİ

Radyografi ile karşılaştırıldığında BT'nin uzaysal çözümlemesi düşük, kontrast çözümlemesi yüksektir. Ortalama uzaysal çözümleme değerleri radyografide 7 çç/mm, dijital radyografide 5 çç/mm ve BT'de 1 çç/mm'dir. Buna karşılık, x-ışını yöntemleri içerisinde en iyi kontrast çözümlemeye sahip olan yöntem BT'dir. Kontrast çözümleme değeri radyografide %5, BT'de % 0.5'tir. Kontrast çözümleme SNR oranına bağlıdır. Aynı FOV'da uzaysal çözümlemeyi artırmak için matris boyutu artırılır, doz artırılmazsa SNR, dolayısıyla kontrast düşer. Uzaysal ve kontrast çözümleme arasında bir uzlaşı vardır. SNR, piksel boyutu, kesit kalınlığı ve doz arasındaki ilişki aşağıdaki formül ile gösterilir.

$$\text{Doz} \sim \text{SNR}^2 / (\Delta^3 \cdot T)$$

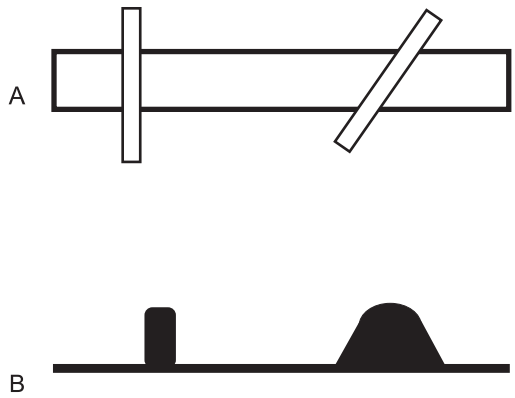
Δ: piksel boyutu,
T: kesit kalınlığı

Uzaysal çözümleme

Uzaysal çözümleme komşu objeleri ayırabilme yeteneğidir ve voksel boyutunun bir fonksiyonudur. Vokselin boyutu pikselin yüzeyi ile kesit kalınlığının çarpımı ile hesaplanır. Piksel minik bir kare şeklindedir ve bu karenin boyutunu görüntü alanının (FOV) ve matrisin boyutu belirler. Pikselin boyutu görüntü alanınının matris boyutuna bölünmesi ile elde edilir. Örneğin FOV'u 25 cm ve matris boyutu 512 x 512 olan bir kraniyal kesitte piksel boyutu 0.5 mm'dir. Bir çizgi çifti 2 pikselden oluştuğundan uzaysal çözümleme 1 çç/mm olur. BT aygıtlarında azami matris değeri ile çalışılır, matris boyutu artırılamaz. Piksel boyutu ancak FOV küçültülerek düşürülebilir. Matris boyutu BT-floroskopide temporal çözümlemeyi artırabilmek için örneğin 256 x 256'ya düşürülebilir.

Vokselin hacmini belirleyen diğer ölçüt kesit kalınlığıdır. Kesit kalınlığı z aksındaki dedektör açıklığı ile belirlenir. Kesit kalınlığı arttıkça uzaysal çözümleme düşer. Kesit kalınlığının daha bilimsel tanımı kesit duyarlılık profilidir. Bu profil aslında kesit içerisindeki yapıların z aksındaki çizgisel yayılım fonksiyonudur (LSF). Helikal alan ("pitch") değeri arttıkça kesit duyarlılık profilinin genişliği artar, uzaysal çözümleme düşer.

Uzaysal çözümlemenin diğer bir bileşeni kenar bulanıklığıdır. Kenar bulanıklığını etkileyen temel faktör fokal spot boyutudur. Radyografide olduğu gibi, fokal spot boyutu küçüldükçe kenar bulanıklığı azalır ve uzaysal çözümleme artar. Radyografiden farklı olarak



Şekil 1.75 BT'de kesit düzlemine dik ve eğik iki dens yapının profillerinin görünümü. Dik yapının profili dar, eğik yapının profili kenar keskinliğinin azalması sonucu geniş.

BT'deki gantri geometrisinden kaynaklanan zorunlu magnifikasyon (magnifikasyon faktörü yaklaşık 2.0) nedeniyle fokal spot boyutunun geometrik çözümleme üzerindeki etkisi daha da belirginleşir. İstemli ya da istemsiz hareketler kenar bulanıklığının diğer bir nedenidir. Kesit düzlemine eğik seyreden opasifiye damar gibi yüksek dansiteli objelerin kenarlarında da bulanıklık oluşur, geometrik çözümleme düşer (Şekil 1.75).

Uzaysal çözümlemeyi etkileyen diğer nedenler ışın ve projeksiyon sayısıdır. FOV'u değiştirmemek şartıyla ışın sayısını artırmak uzaysal çözümlemeyi belirgin şekilde artırır. FOV sabitken dedektör "pitch" değeri azaldıkça ışın sayısı artar. Projeksiyon sayısının artması ile de artefaktsız, çözümlemesi artmış görüntüler elde edilir.

Uzaysal çözümleme rekonstrüksiyon kernellerinin seçiminden de etkilenir. Kemik kernellerinde geometrik çözümleme yüksek, yumuşak doku kernellerinde düşüktür. Uzaysal çözümlemeyi etkileyen faktörler Tablo 1.12'de sunulmuştur.

Kontrast çözümleme

Bir BT görüntüsündeki kontrast, dokular arasındaki BT numarası (HU) farklılığıdır. Kontrastı etkileyen en önemli faktör gürültüdür. Gürültü voksele gelen foton sayısı ile ters orantılıdır. Foton sayısı ekspojur değerleri (mAs) ve voksel hacmi artırıldığında artar. mAs değerinin 2 katına çıkarılması SNR'yi yaklaşık % 41 oranında artırır, dolayısıyla kontrast artar. Voksel hacmini artıran tüm faktörler voksele düşen foton miktarını artıracağından SNR oranını yükseltir. Buna karşılık incelenen objenin boyutunun artması daha fazla zayıflama nedeniyle foton sayısı azalacağı için kontrastı düşürür. Gantrinin dönüş hızının artması ile gelen foton sayısı azalır. Kemik kernelinde gürültü artar kontrast düşüktür, yumuşak doku kernelinde görece olarak kontrast yüksektir. Pencere genişliği daraldıkça kontrast artar, ancak gürültü de belirgin hale gelir.

İdeal şartlar altında çevresinden 5 HU kadar kontrast farkı olan bir lezyon saptanabilir. Bu fark zayıflamadaki % 0.5'lik farka karşılık gelir. Modern BT aygıtlarında ortalama gürültü değeri 3 HU (zayıflamada % 0.3'lük fark) kadardır. Dolayısıyla gürültüsü artmış görüntülerde, yumuşak doku tümörleri gibi kontrast farklılığı az olan lezyonların görülebilmesi tehlikeye girer. Kontrast çözümlemeyi etkileyen faktörler Tablo 1.13'de gösterilmiştir.

Tablo 1.12 BT'de uzaysal çözümlemeyi etkileyen faktörler*

Dedektör "pitch" (yan yana iki dedektörün merkezleri arasındaki aralık) ↓: ↑
Dedektör açıklığı (bir dedektörün aktif elementinin genişliği) ↓: ↑
Projeksiyon sayısı ↑: ↑
Işın sayısı ↑: ↑↑, (dedektör pitch düştükçe ray sayısı artar)
Fokal spot boyutu ↓: ↑
Obje magnifikasyonu (~ 2.0) ↑: ↓ (fokal spot bulanıklığını artırır)
Kesit kalınlığı ↑: ↓
Helikal pitch ↑: ↓ (kesit duyarlılık profilinin genişliği artar)
Rekonstrüksiyon kerneli: kemik= ↑, yumuşak doku= ↓
Piksel matrisi ↑: ↑
Hasta hareketi ↑: ↓
FOV: piksel boyutunu belirler ↑: ↓

*↓: *düşük,* ↑: *yüksek*

Tablo 1.13 BT'de kontrast çözümlemeyi etkileyen faktörler*

mAs ↑: ↑
Doz ↑: ↑
Piksel boyutu (FOV) ↑: ↑
Kesit kalınlığı ↑: ↑
Rekonstrüksiyon filtreleri: kemik = ↓, yumuşak doku = ↑
Hasta boyutu ↑: ↓
Gantry dönüş hızı ↑: ↓

*↓: *düşük,* ↑: *yüksek*

ARTEFAKTLAR

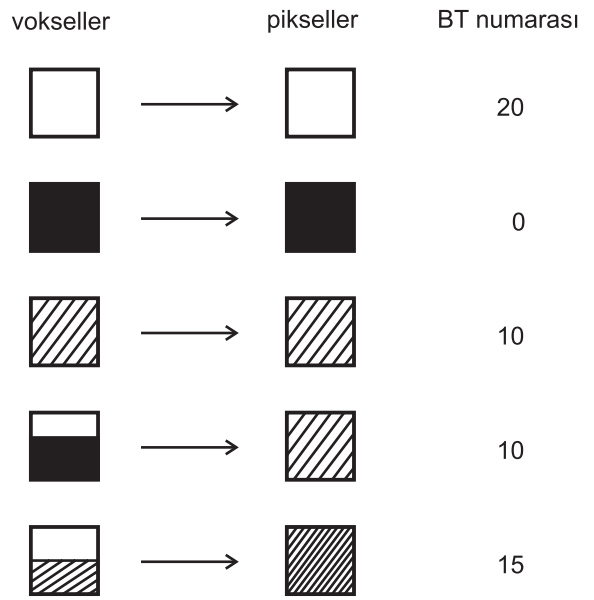
Parsiyel hacim ortalaması artefaktı

Her pikseldeki BT numarası o pikselin vokselinin ortalama μ değeri ile orantılıdır. Vokselde tek bir tür doku yerine örneğin kemik ve hava gibi belirgin farklı BT numarasına sahip yapılar varsa sonuç tüm yapıların μ değerlerinin ortalaması şeklinde olur, ne hava ne kemik görülür, ortalama bir değerin gri ölçek değeri ortaya çıkar (Şekil 1.76).

Parsiyel hacim ortalaması örneğin verteks gibi kesite paralel uzanan genişçe yuvarlak yapıların sınırında daha belirgindir. Parsiyel hacim etkisi, kesit kalınlığı azaltılarak düzeltilebilir. Helikal BT'de işlenmemiş verilerden uygun görüntüler rekonstrükte edilerek parsiyel hacim etkisi ortadan kaldırılabilir.

Hareket artefaktları

Tarama zamanının uzun olmasına bağlıdır. Bu sürede istemli veya istemsiz (kalp gibi) hareket sorundur. Az hareket kenar bulanıklığına neden olur. Belirgin hareket veri toplama aşamasında verilerin bir vokselden diğerine kaymasına ve rekonstrüksiyon yanlışlıklarına neden olur. Rastlantısal veya hastanın hapşırması gibi beklenmeyen hareketlerde hareket yönünde çizgi artefaktları oluşur.



Şekil 1.76 Parsiyel volüm etkisi. BT kesitlerindeki pikseller, vücuttaki karşılıkları olan voksellerin içini dolduran doku yoğunluklarının ortalamasıdır. Vokselin içerisindeki yapılar ayrı ayrı görüntülenemez.

Yıldız artefaktları

Metal implantlar gibi yüksek dansiteli yapılardan ışın geçemeyeceği için dedektör hiçbir şey kaydetmez. Filtreli geriye projeksiyon sakatlanır ve sonuçta yıldız artefaktı ortaya çıkar. Bu durumda rekonstrüksiyon algoritmi yüksek dansiteli yapılardan çevreye doğru çizgiler ortaya çıkarır.

Işın sertleşmesi artefaktı

X-ışınının polikromatik yapısından kaynaklanır ("beam hardening"). Düşük enerjili fotonlar öncelikle absorbe edildiklerinden ışın daha penetran hale gelir ve zayıflama katsayısının olduğundan az hesaplanmasına neden olur. Bu artefaktı azaltmak için sofware algoritmler geliştirilmiştir. En belirgin şekilde yüksek kontrast farkı olan yüzeylerde ortaya çıkar; örneğin dens kemik ve beyin yüzeyi gibi. En sık posterior fossada petroz kemikler arasında görülür (Resim 1.7).

Ring artefaktı

III. jenerasyon BT'lerde, bir veya daha fazla dedektörün fonksiyon dışı kalması sonucu daire şeklindeki çizgilerdir. Dedektör kalibrasyonlarının mükemmelleştirilmiş olması nedeniyle günümüzde görülmez.

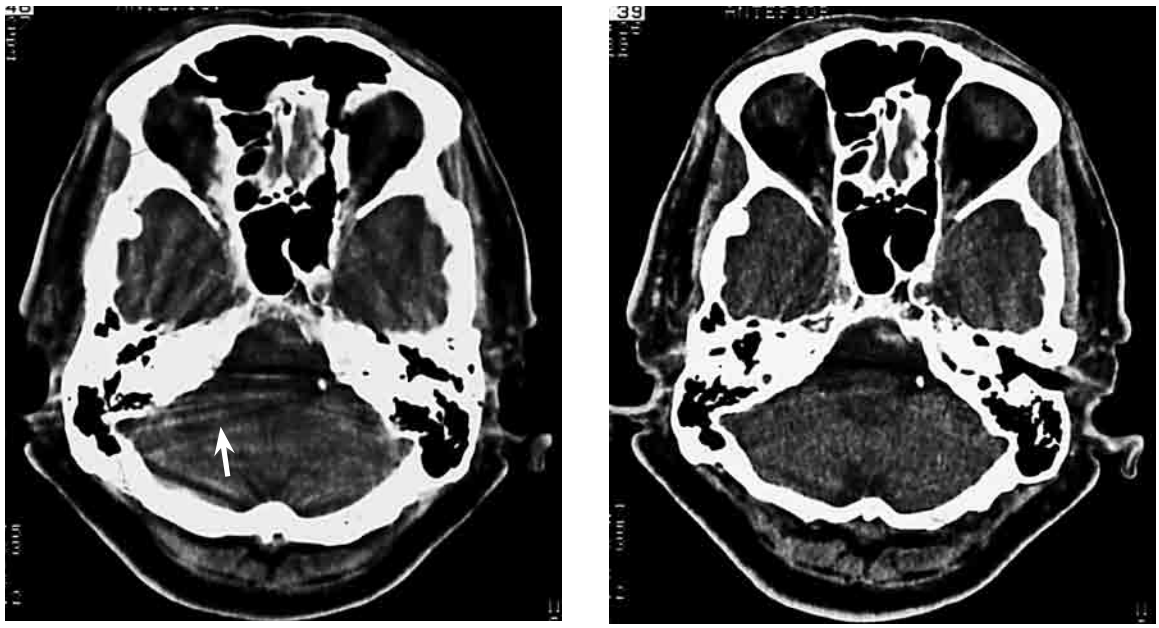
HASTANIN ALDIĞI DOZ

BT'de radyasyon dozunun dağılımı radyografidekinden belirgin şekilde farklıdır. Işın çok iyi kolime edilmiştir, ışının geçtiği doku hacmi radyografiden çok azdır. Işının geçtiği doku 360° her yönden ışınlandığı için aldığı doz her tarafta eşittir, radyografide ise gittikçe azalır. BT görüntüleri için yüksek SNR oranına gereksinim duyulur, doz yüksektir. Örneğin PA göğüs röntgenogramında ekspojur değerleri 120 kV- 5 mAs, BT'de ise 120 kV- 200 mAs'dır.

Normalde insanın eni kalınlığından farklıdır. Aynı mAs değeri kullanıldığında ince yerlerde SNR yüksek, kalın yerlerde düşük olur. Ölçüm 360° yapıldığından sonuçta düşük SNR'nin gürültüsü tüm görüntü üzerine oturur. Bunu önlemek için gantrinin birkaç rotasyonundan sonra kalın yerlerde otomatik olarak mAs artırılır, ince yerlerde düşürülür. Böylece SNR yüksek tutularak gürültü önlenir.

Doz ölçümü

BT aygıtlarında doz profili aksiyel kesit boyunca her



A B

Resim 1.7 Hiperdansite artefaktı. A. Kesit kalınlığı 10 mm. Petroz kemikler arasında siyah çizgilenmeler şeklinde hiperdansite artefaktları görülüyor (ok). B. Kesit kalınğı 3 mm'ye düşürüldüğünde artefarkt kaybolmuş.

yerde eşit değildir, yüzeyde derinden daha fazla olabilir; kraniyal BT de yüzey/ merkez doz oranı 1/1 iken bu değer vücutta 2/1 dir.

Saçılma nedeniyle, BT kesitinin doz profili mükemmel bir dikdörtgen değildir ve kesit kenarlarının dışına taşar. Radyasyon doz profili, kesit duyarlılık profilinin analogudur. Kesitin dışındaki dokular da ekspoze olduğundan kesit sayısı arttıkça doz da artar.

Aygıt üreticileri, BT dozlarını BT doz indeksi ("CT dose index"-CTDI) ile belirlemişlerdir. Burada tek bir BT kesitinin aksiyal doz profilinin integrali kesit kalınlığına bölünür. CTDI, başı (16 cm çapında akrilik) ve vücudu (32 cm çapında akrilik) temsil eden fantomların içine kalem tipi iyonizasyon odaları konarak ölçülebilir. Bu ölçümler yüzeyden (CTDI periferal) ve derinden (CTDI santral) yapılır. Periferal ölçümün 2/3'ü, santral ölçümün 1/3'ü toplanarak $CTDI_w$ değeri bulunur. X-ışını vücutta daha fazla zayıfladığı için vücut taramasındaki CTDI değerleri kraniyal taramadakinden düşüktür.

CTDI dozları hastanın ışın riskini sayısal olarak göstermez, çünkü kesit kalınlığını, kesit sayısını ve organların radyasyona duyarlılığını hesaba katmaz.

Organ dozları

Tipik bir kraniyal BT incelemesinde (120 kVp, 300 mAs) hastanın en yüksek doz alan herhangi bir bölgesinin aldığı miktar 40 mGy'dir (4 rad). Vücutta ise 120 kVp, 250 mAs değerlerinde bu miktar 20 mGy'dir (2 rad). BT floroskopide floroskopi süresi ve seçilen tekniğe bağlı olarak yüksek deri dozu alınabilir. BT-floroskopi işleminde 20 mAs kullanılır. Bu normal bir kesitte verilen dozun (200mAs) 1/10'udur.

Lensin aldığı doz 40 mGy'dir (4 rad). Bu değer katarakt dozunun (2 Gy, 200 rad) çok altındadır. Deri dozu 20-40 mGy'dir (2-4 rad) ve eritem seviyesinin çok altındadır. Fetüs doğrudan ekspoze olursa, 120 kVp-250 mAs değerlerinde embriyo dozu 15 mGy (1.5 rad) olur. Embriyo, doğrudan ışın geçen bölgeden 8 cm uzakta ise bu dozun en çok %10'unu alır.

Etkin dozlar

Deterministik etkinin görülmemesi nedeniyle, temel radyasyon riski kanser endüksiyonudur. Hastadaki kanser riski, doza ve ekspoze olan organların ışına duyarlılıklarına bağlıdır ve en iyi etkin doz ölçütleri ile belirlenir.

BT'deki etkin dozlar konvansiyonel radyografidekinin çok üstündedir. Teknik değiştirilmeden uygulandığında çocukların aldığı etkin doz yetişkinlerinkine göre kraniyal BT'de 4 kat, vücut BT'de 2 kat daha fazladır. Bunun nedeni dozun birim kütleye yüklenen enerji olması ve çocuk yapılarının küçük olmasıdır. Pediyatrik ve küçük olgularda düşük doz BT yapılmalıdır.

ABD'de yapılan x-ışını incelemelerinin yaklaşık %10'u BT'dir; buna karşılık hastaların aldığı x-ışını dozunun % 65'inin BT'den kaynaklandığı hesaplanmaktadır.

Hastanın dozları

Hastanın etkin dozu (ve riski) hastaya yüklenen total enerji miktarı ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla tüp akımı ve tarama zamanı ile artar. Tüp voltajını 80'den 140'a çıkardığımızda hasta dozu 5 kat artar. Etkin doz kesit kalınlığının kesit sayısı ile çarpımı ile bulunur.

Helikal BT'de pitch 1.0 olduğunda radyasyon dozu konvansiyonel BT'deki aralıksız taramaya eşittir. Hasta dozu "pitch" değeri ile ters orantılıdır; 1.5 pitch, 1.0'e göre dozu % 67 azaltır, 2.0 ise yarı yarıya azaltır. Buna karşılık alan değeri 0.75 olduğunda alınan doz % 133 olur. Çok dedektör sıralı BT'de hasta dozu, ekspojur değerleri ve tarama uzunluğu (kesit kalınlığı x kesit sayısı) aynı kalmak koşuluyla helikal BT'dekine eşittir. Çok sıralı dedektör teknolojisinde doz hesaplanırken dedektör alan değerini değil kolimatör alan değerini kullanmak gerekir:

Doz (helikal) = Doz (aksiyal - CTDI) x (1 / kolimatör alan değeri)

Kontrastsız ve kontrastlı çalışmalarda doz iki kat artar. Multifaz çalışmalarda da faz sayısı kadar artar.

Bazı aygıt üreticileri "dose lenght product" oluşturmak için ağırlıklı CTDI yi total tarama uzunluğu (kesit kalınlığı x kesit sayısı) ile çarparlar. Bu "dose lenght product" hastaya yüklenen total doz (enerji) ile doğru orantılıdır ve BT'de görece risk endikatörü gibi kullanılabilir.

Manyetik Rezonans (MR)

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme, BT gibi bir kesit görüntüleme yöntemidir. Görüntüleri, BT'de olduğu gibi dijitalize edilen sinyallerden gelişmiş bilgisayar programları ile oluşturulur. MR'nin kullandığı enerji radyo dalgalarıdır. Radyofrekans (RF) olarak isimlendirilen bu enerji, elektromanyetik radyasyon yelpazesi içerisinde yer alır. Veri kaynağı hücre sıvısı ve lipidler içerisinde yoğun olarak bulunan moleküllerdeki hidrojen çekirdeğidir (protonlar).

Manyetik rezonans olayı ilk defa 1946 yılında birbirinden ayrı olarak çalışan Bloch ve Purcell isimli bilim adamları tarafından tanımlanmış ve bu buluş araştırıcılara fizik dalında 1951 yılı Nobel ödülünü kazandırmıştır. Keşfinden bu yana laboratuar yöntemi olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. MR spektroskopları ile yapılan bu çalışmalarda karmaşık moleküller analiz edilir ve dinamik kimyasal süreçler incelenir; ancak sinyallerin geldiği yer saptanamaz. Görüntü oluşturulabilmesi için alınan sinyallerin yerinin saptanması gerekir.

Manyetik rezonans olayını görüntüleme yöntemi olarak ilk kullanan isim tartışmalıdır. Bu alanda ilk çalışmaları yapan ve tümörlerin görüntülenebileceğini saptayan isim, ataları Kayseri'den göçen bir Ermeni olan Raymond Damadian'dır. Bununla birlikte manyetik rezonansın bir görüntüleme yöntemi olarak ilk defa 1973 yılında Paul Lauterbur tarafından uygulandığı kabul edilir. Nitekim 2003 yılı Nobel Tıp odülü, bu alandaki çamlışmalarından dolayı Paul Lauterbur ve Sir Peter Mansfield'e verilmiştir.

Bir radyoloji uzmanı için radyogramlarda çözülmesi gereken sorun siyah kesimlerin neden siyah, beyaz kesimlerin neden beyaz olduğudur. X-ışını yöntemlerinde bunu açıklamak kolaydır; beyazlık ve siyahlık röntgen filmi üzerine düşen x-ışını miktarına, dolayısıyla dokunun x-ışınını zayıflatma derecesine bağlıdır. MR görüntülerindeki beyazlık ve siyahlık ise bu kadar kolay açıklanamaz. Aynı nesne bazı MR görüntülerinde siyah görülürken diğerlerinde beyaz görülür. Beyazlık ve siyahlık sadece dokuya ait özelliklere göre değil görüntüleme tekniklerine göre de değişir. Dahası, dokuya ait özelliklerin görüntülere yansıması, aygıtın manyetik alanının gücü ile de değişiklik gösterir. Fizik prensiplerinin de diğerlerininkinden çok karmaşık olması MR'yi anlaşılması en güç radyolojik yöntem konumuna getirmiştir.

TEMEL FİZİK

Atom, madde ve manyetizma

Atom çekirdeğinin temel yapıları olan nükleonlar (proton ve nötronlar) kendi aksları etrafında dönerler. Bu dönüşe spin hareketi denir. Spin hareketi nükleonun çevresinde bir manyetik alan meydana getirir. Manyetik bir çubuk (dipol) gibi davranan bu nükleonlar manyetik alana duyarlıdır.

Normalde nükleonlar birbirinin etkisini ortadan kaldıracak şekilde dizilmişlerdir. Bu nedenle çift sayılı proton ve nötronları olan çekirdeklerde bir manyetik moment yoktur. Buna karşılık tek sayıda proton, tek sayıda nötron veya her ikisinin de tek sayıda olduğu çekirdeklerde manyetik dipol momenti vardır ve bu nedenle bu tür çekirdeklerde manyetik rezonans olasıdır. Biyolojik yapılarda, bu özelliğe sahip atomlar Hidrojen (tek proton, nötron yok), Karbon-13 (6 proton 7 nötron), Sodyum 23 (11 proton 12 nötron) ve Fosfor-31'dir (15 proton, 16 nötron).

Çekirdeklerdeki bu manyetizma, atomun dış yörüngelerindeki elektronlar tarafından da etkilenir. Bu etki, atomun manyetik duyarlılığını (manyetik susceptibilite) belirler ve ileride göreceğimiz kimyasal şift olayının nedenidir. Manyetik duyarlılık ("susceptibility"), manyetik alana konulan bir maddede meydana gelen manyetizasyonun yönünü ve derecesini tanımlar. Manyetizasyon, dışarıdan uygulanan manyetik alanın tersi veya dış manyetik alanla aynı yönde olabilir. Diamanyetik, paramanyetik ve ferromanyetik olmak üzere üç tür manyetik duyarlılık vardır:

Diamanyetik atomların dış yörüngelerinde çift sayıda elektron vardır. Normalde bu elektronlar birbirlerinin ters yönünde hareket eder ve bu nedenle de birbirlerinin oluşturdukları manyetizmayı nötralize ederler. Böyle bir madde güçlü bir manyetik alan içerisine konulduğunda eletronların dizilişleri değişir ve atomda, yönü dış manyetik alanın yönüne ters olan küçük bir manyetizasyon oluşur. Bu nedenle diamanyetik etki hafifçe negatif duyarlılıktır ve uygulanan manyetik alanın tersinedir. Karbon ve hidrojenin diamanyetik karakteristiği nedeniyle, kalsiyum, su ve birçok organik madde, bu tür manyetik duyarlılık gösterir.

Paramanyetik atomların en dış yörüngelerinde tek sayıda elektron vardır. Elektronun oluşturduğu manyetizasyon nötralize edilemez. Böyle bir maddenin kendiliğinden manyetizma göstermesi beklenir; ancak atomlar birbirlerinin manyetizasyonunu ortadan kaldıracak şekilde dizildiğinden pratikte bu etki görülmez. Böyle bir madde güçlü bir manyetik alan içerisine konulduğunda, atomlardaki elektronların manyetizasyonları belli bir düzene girer ve bir manyetizasyon gösterirler. Bu etki hafifçe pozitif duyarlılıktır ve lokal manyetik alanı artırır. Moleküler oksijen -O_2 (dış yörüngesinde çift sayıda elektron bulunmasına rağmen), bazı kan yıkım ürünleri ve gadolinium esaslı kontrast maddeler paramanyetik duyarlılıktadır.

Ferromanyetik atomlar paramanyetik etki gösteren atomlar gibi davranırlar, ancak dış manyetik alana ileri derecede duyarlıdırlar. Çok zayıf dış manyetik alanda bile güçlü manyetizma üretirler ve dış manyetik alan kaldırıldığında da manyetizmaları devam eder. Ferromanyetik maddeler superparamanyetiktirler ve eksternal manyetik alanı belirgin şekilde artırırlar. Demir, kobalt ve nikel ferromanyetik madde örnekleridir. Bu maddeler birçok durumda kendiliklerinden manyetizma gösterirler.

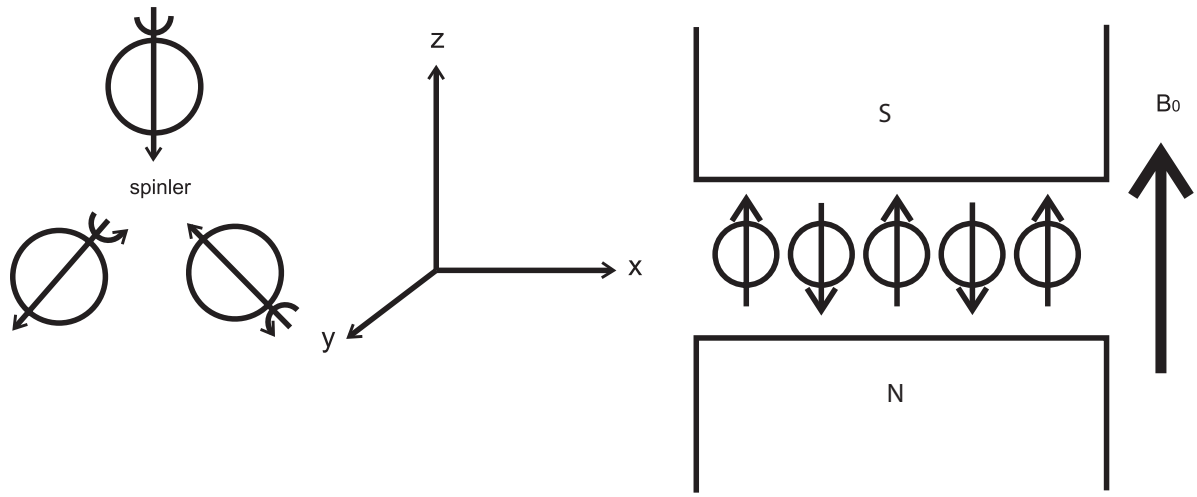
Hidrojen atomu, çekirdeğinin tek protondan ibaret olması nedeniyle en güçlü manyetik dipol hareketine sahip elementtir. Suda ve yağda yoğun olmak üzere insan vücudunda bol miktarda bulunur. Yumuşak dokunun bir milimetre küpündeki hidrojen atom sayısı 10^{19}'dur. Güçlü manyetik dipol momenti ve vücutta çok bulunması nedeniyle hidrojenden elde edilen sinyal diğer herhangi bir atomdan elde edilenden yaklaşık 1000 misli daha fazladır. İşte bu nedenlerle MR görüntülemede sinyal kaynağı olarak hidrojen çekirdeği kullanılır.

Bir manyetik alanın koordinatları ve manyetizasyon vektörleri üç boyutlu koordinat sistemi ile açıklanır. "z" aksı manyetik alan çizgilerine (B_o) paralel, "x" ve "y" aksları birbirlerine ve "z" aksına diktir.

Presesyon hareketi

Normal şartlarda dokudaki hidrojen dipolleri rastlantısal dizilirler ve dokunun net manyetizasyonu sıfırdır (Şekil 1.77). Doku güçlü bir manyetik alan içine konduğunda bu dipoller dış manyetik alan vektörüne paralel ve antiparalel konuma geçerler. Paralel konum daha az enerji gerektirir. Bu nedenle düşük enerji konumundaki paralel dipollerin sayısı, yüksek enerji konumundaki antiparalel dipollerin sayısından çok az olmak üzere fazladır. Bir Tesla* gücündeki bir manyetik alanda bu fark milyonda birkaç dipolü geçmez. Bu fark dokunun denge ("equilibirium") manyetizasyonunu (M_0) oluşturur ve dış manyetik alanın (B_o) gücüne paraleldir. MR ölçümlerinin ana kaynağı bu M_0 değeridir.

Protonlar manyetik alanda paralel ve antiparalel konum alırken aynı zamanda kendi çevrelerinde de



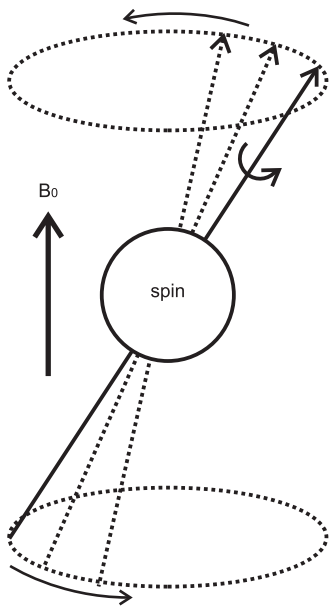
Şekil 1.77 A. Spinlerin doku içerisindeki rastlantısal durumları. B. Üç boyutlu koordinat sistemi. C. Manyetik alan içerisindeki spinlerin parelel ve antiparelel dizilişleri. Parelel duruşlu spin sayısı, çok az almakla birlikte daha fazladır ve bu yönde net bir manyetizasyon ortaya çıkar (B_o)

dönerler. Bu dizilişte dipol moment vektörleri tam dik değildir. Dönüş hareketi bu nedenle manyetik alan çizgilerinin çevresinde topacın dönüş hareketi gibi bir seyir gösterir. Bu dönüşe presesyon ("precession") adı verilir (Şekil 1.78). Presesyon hareketinin hızı ("precessional" frekans) uygulanan manyetik alanın gücüne bağlıdır. Manyetik alan ne kadar güçlü ise presesyon frekansı da o kadar yüksektir.

Presesyonal hareket rezonans olayının temelidir. İncelenen bölgedeki hidrojen çekirdekleri ancak kendi frekanslarındaki bir radyofrekans (RF) pulsu ile uyarılabilir, yani rezonansa getirilebilir. Manyetik alan gücü ile presesyon frekansı arasındaki bu ilişkiye Larmor kuralı, ve bir dipolün presesyon frekansına da bazen Larmor frekansı adı verilir. Larmor frekansı şu formülle gösterilir:

$$\omega = \gamma . B_o$$

ω = *Presesyonel frekans (MHz)*
B_o = *Manyetik alanın gücü*
γ = *Sabite ("gyromagnetik" katsayı, her çekirdek için ayrı bir değerdir. Örneğin Hidrojen için 42.6 MHz/ Tesla, Karbon-13 için 10.7 MHz /Tesla'dır).*



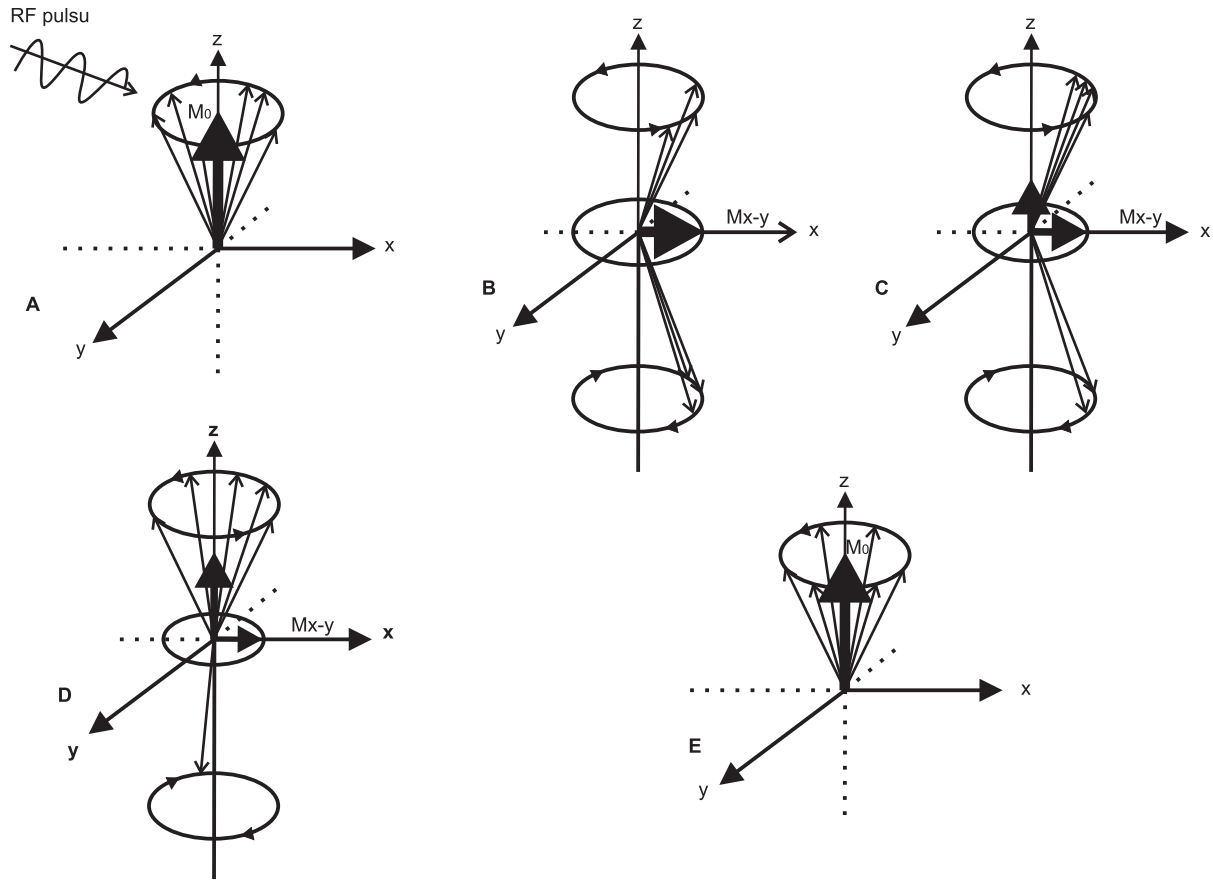
Şekil 1.78 Manyetik alan içerisine yerleştirilen dokudaki dipollerin topacın dönüşüne benzer presesyon hareketi. Presesyon olayı güçlü bir manyetik alanda ortaya çıkar; spin hareketi ise her zaman vardır.

Doku manyetizasyonunun ölçümü

Bir hacim dokudaki tüm hidrojen çekirdeklerinin manyetik dipollerinin vektör toplamı dokudaki net manyetizasyondur (M), şiddeti ve yönü olan bir vektörü vardır. Bir manyetik alan içerisinde olmayan bir dokunun net manyetizasyonu sıfırdır. Doku bir manyetik alan ($B_{o)}$ içine konur ve 5-10 sn bekletilirse net manyetizasyonu (M) denge konumuna ($M_{o)}$ gelir. $M_{o,}$ B_o ile doğru orantılıdır ve bu vektörlerin gösterdikleri longitudinal yön +z aksı olarak isimlendirilir. Ana manyetik alan gücünün kendisinden milyonlarca defa daha güçlü olması nedeniyle net manyetizasyonu bu yönde iken ölçmek zordur. Dokunun manyetizasyonu ancak B_o yönüne dik bir düzlemde (x-y düzlemi) ölçülebilir.

Presesyon yapan spinlere enerji aktarımı ancak kendi frekanslarındaki (Larmor frekansında) bir RF pulsu ile mümkündür. Bu enerji aktarımı, MR'deki rezonans sözcüğünün ifade ettiği olaydır. Bu olayın iki sonucu vardır: 1) Ortamda bulunan ve M_o'ı oluşturan paralel konumdaki spinler antiparalel konuma geçerler. Antiparalel konuma geçen spinlerin oranı aktarılan enerjinin miktarı ile orantılıdır. 2) Ortamdaki paralel ve antiparalel tüm spinler aynı faza geçerler. Aynı fazda olmak, tüm spinlerin vektörlerinin aynı yönü göstermesi demektir.

Paralel ve antiparalel spin sayısını eşitleyecek güç ve sürede bir RF pulsu gönderdiğimizde z aksı boyunca var olan manyetizasyon miktarı her iki yönde eşit olacağından birbirinin etkisini ortadan kaldırır, M_o ortadan kalkar. Her iki yöndeki spinler aynı fazda olacakları için bunların x-y düzlemlerindeki izdüşümleri bir vektör oluşturur (Şekil 1.79). Bu izdüşüm vektör transvers manyetizasyondur (M_{x-y}). Bu vektör M_0 vektörüne dik olduğu için, bunu sağlayan güç ve süredeki radyo dalgası atımına 90 derecelik RF pulsu denir. RF pulsu kesildiğinde de iki olay meydana gelir: 1) Antiparalel konuma geçen spinler aldıkları enerjiyi çevrelerine aktararak daha düşük enerji seviyesindeki paralel konumlarına dönmeye başlarlar. Bu olay M_o'ın kademeli olarak tekrar kazanımıdır. 2) 90^0 pulsu ile x-y düzlemine aktarılan M_o vektörü (M_{x-y}), puls kesildikten sonra transvers planda Larmor frekansında presesyona devam eder. Faradayın endüksiyon yasası gereğince dönen bir manyetik çubuk elektrik akımı oluşturur. Uygun yere bir sargı yerleştirilirse bu dönüşün oluşturduğu elektrik, Larmor frekansında alternasyon yapan bir akım şeklinde ölçülebilir. x-y düzleminde başka bir manyetizasyonun olmaması bu ölçümü kolaylaştıran önemli bir etkendir. Ölçülen bu alternatif akım MR sinyalidir.



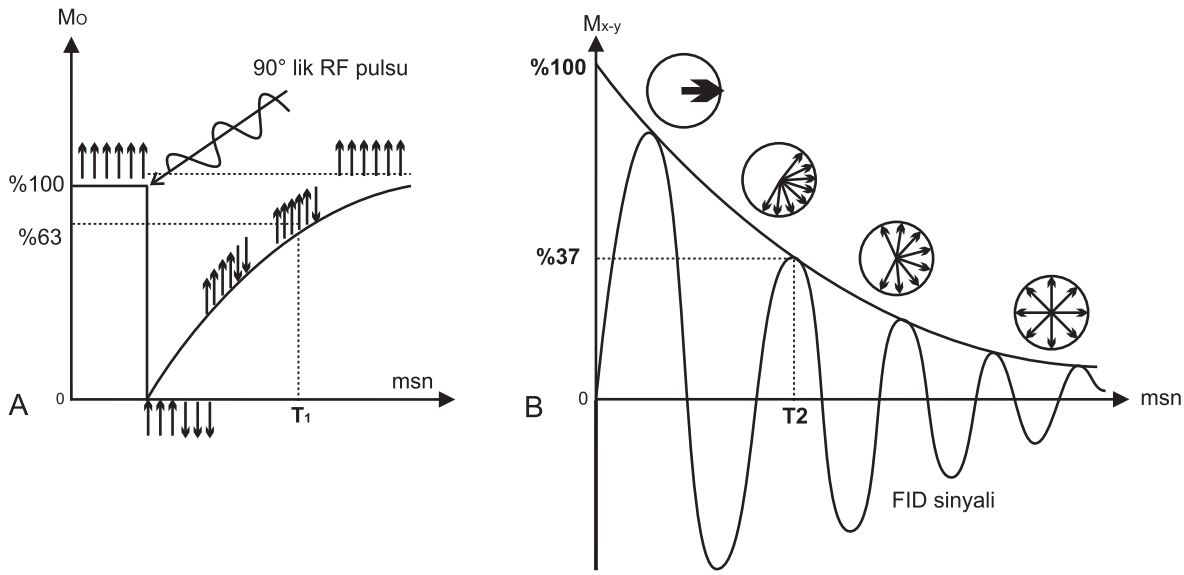
Şekil 1.79 Doku manyetizasyonu ölçümü. A. Manyetik alana yerleştirilen dokuda spinler paralel ve antiparelel yönde dizilirler. Düşük enerji seviyesindeki spinler daima biraz fazladır ve bu fazlalık z yönünde bir manyetik vektör oluşturur (M_o). B. Dışarıdan bir RF pulsu gönderildiğinde M_o'i oluşturan spinlerin yarısı antiparelel konuma geçer ve tüm spinlerin fazları aynı olur. Bu durumda ortamda hiç longitidünal manyetizasyon (M_o) kalmaz ve aynı fazdaki paralel ve antiparelel spinlerin x-y düzlemindeki izdüşümleri bir vektör oluşturur (M_{x-y}). Bu vektör transvers manyetizasyondur. C ve D. Zamanla parelel konuma geçiş devam ederken, spinler arasındaki faz durumu da hızla kaybolur (defaze olur). E. Sonuçta tüm antiparalel spinler paralel konuma geçer ve tümüyle defaze olurlar. Tümüyle defaze olma olayı, longitüdinal manyetizasyonun geriye kazanılmasından daima önce tamamlanır.

Aynı fazda presesyona başlayan spinlerin faz durumu zaman geçtikçe bozulur. Defaze olayı ile birlikte sinyal zayıflamaya başlar, defaze olma tamamlanınca da sinyal biter. Defaze olma hızı spinlerin içinde bulundukları moleküler ortama göre değişir; ama her zaman longitudinal manyetizasyonunun denge konumuna gelmesinden öncedir.

T1 T2 ve T2* relaksasyonları (Şekil 1.80)

T1: 90° pulsundan hemen sonra longitudinal manyetizasyon değeri sıfırdır. Yani paralel ve antiparalel konumdaki spinlerin sayısı eşitlenmiş, dolayısıyla M_o ortadan kalkmıştır. RF pulsu kesildikten sonra yüksek enerji düzeyindeki (antiparalel dizilişli) dipoller çevrelerindeki makromoleküllere enerji transfer ederek düşük enerji düzeyindeki (paralel) konumlarına geçmeye başlarlar. Klasik fizik açısından enerji transferi, protonların frekansı ile çevre molekül kafesinin vibrasyon frekansları örtüştüğünde en etkin şekildedir.

Bu şekilde enerji transferi yaparak B_o yönünde tekrar dizilen dipoller longitudinal manyetizasyonun (M) tekrar büyümesine neden olur. Bu olay bir yeniden kazanımdır ("recovery"). M'nin kazanım hızı M_o ile arasındaki farka bağlıdır. 90° pulsundan hemen sonra bu fark en fazla olduğu için "recovery" hızı da en yüksek değerdedir. M değeri M_o 'a yaklaştıkça kazanım hızı düşer. Longitudinal manyetizasyonun yeniden kazanım hızı longitudinal ("spin-lattice") relaksasyon süresi (T1 olarak tanımlanır. T1 bu sürecin tümü değil longitudinal manyetizasyonun yaklaşık 2/3'ünün



Şekil 1.80 T1 ve T2 relaksasyonları A. 90 derecelik RF pulsu ile M_o tümüyle M_{x-y}'e çevrilir. Puls kesildikten sonra antiparelel konumdaki dipoller enerjilerini çevreye vererek parelel konuma geçmeye başlarlar. Longitüdinal magnetizasyon gittikçe artmaya başlar ve başlangıçtaki Mo seviyesine ulaşır. Bu kazanımın %63'ünün tamamlandığı süre dokunun T1 değeri olarak kabul edilir. B. Puls kesildikten hemen sonra dipoller aynı anda presesyona başlarlar ve aynı fazdadırlar. Zaman geçtikçe dipoller arasındaki bu parelellik gittikçe bozulur (dipoller defaze olmaya başlar) ve sonuçta tüm dipollerin karşıt yönleri göstermesiyle sinyal kaybolur. Bu sürenin %37'si dokunun T2 değeri olarak kabul edilir. Bu süreçte x-y düzleminin yanına bir sargı yerleştirilirse, dönen manyetizasyon vektörü gittikçe azalan amplitüdde bir alternatif akım olarak saptanabilir.

(%63) yeniden kazanımı için geçmesi gereken süredir. Farklı dokuların T1 değerleri, farklı konsantrasyon ve boyutta makromolekül içermeleri nedeniyle farklıdır.

T2: Transvers manyetizasyon, bir vokseldeki transvers düzleme projekte olan tüm dipollerin toplamından oluşan bir vektördür. 90° pulsundan hemen sonra transvers manyetizasyonun miktarı pulstan önceki longitudinal manyetizasyona eşittir. RF pulsu kesildikten sonra transvers manyetizasyon x-y düzleminden başlayarak B_o yönünü gösteren z aksı çevresinde presesyon yapmaya başlar. Dipoller bu süreçte hep aynı hızda dönmez. Zaman geçtikçe dipollerin dönüş hızlarında meydana gelen farklılıklar nedeniyle aralarındaki mesafe değişir. Bu olayın adı defaze olmaktır. Dipoller defaze oldukça vektörü oluşturan dipol sayısı azalacağı için transvers manyetizasyonun miktarı da azalır. Defaze olma olayı ilerler ve öyle bir noktaya gelir ki her dipolün tam ters yönü gösteren bir dipol karşılığı oluşur. Bu durumda transvers manyetizasyon değeri sıfırdır. Dokunun yapısından kaynaklanan bu geri döndürülemez sinyal kaybının hızı T2 relaksasyon süresi (spin-spin relaksasyon süresi) olarak tanımlanır. Bu süre transvers manyetizasyonun tamamen bitmesi değil, 90° pulsundan hemen sonraki orijinal değerinin % 37'sine inmesi için geçen süredir. Bu olay bir serbest sönümlenme ("free induction decay"-FID) olayıdır. Elde edilen sinyale de bu nedenle FID sinyali denir.

Transvers faz kaybının birçok nedeni vardır. Nedenlerden biri statik manyetik alanın ($B_{o)}$ tam uniform olmamasıdır. Diğer bir neden, sinyalleri lokalize etmek için kontrollü olarak uyguladığımız manyetik gradiyentlerdir. Bu iki olay da doku ile ilişkisi olma yan dış (ekstrensek) nedenlerdir ve uygun RF pulsları ve gradiyentler uygulayarak geriye döndürülüp ortadan kaldırılabilir veya çok küçültülebilir. Örneğin SE puls sekanslarında uyguladığımız 180 derecelik puls bu nedenlerin etkilerini azaltır. Defaze oluşun diğer bir nedeni dokunun kendi yapısından kaynaklanır. Bunlara iç (entrensek) nedenler denir. Bunlar dokudaki dipoller arasındaki küçük boyutlu etkileşimler ve moleküller veya daha yavaş hareket eden makromoleküller tarafından oluşturulan ve mikroskopik seviyede rastlantısal dalgalanmalar gösteren manyetik çevredir. İç neden kaynaklı defaze oluş düzeltilemez.

Dokuların T2 değerlerinin farklılıkları başlıca makromoleküler yapılarındaki farklılıklardan kaynaklanır. Birçok dokuda transvers manyetizasyonun

kaybı longitudinal manyetizasyonun yeniden kazanılmasından çok daha çabuktur; T2 T1'den çok daha kısadır. Dokuların T2 değerleri genellikle T1 değerlerinin % 10-20 si kadardır. T2 /T1 oranı bire yakınsa incelenen örnek sıvıya, çok küçükse katıya benzer yapıdadır. T2 değeri hiçbir zaman T1 değerinden uzun olamaz. T1 relaksasyon süreleri B_o ile doğru orantılı olarak artar; T2 relaksasyon süreleri genelde uygulanan manyetik alan gücünden bağımsızdır.

Sinyal kaybının çok küçük bir bölümünden longitudinal geri kazanım (T1 recovery) sorumludur. Sinyal kaybının ana nedeni voksel içerisindeki dipollerin defaze olmasıdır.

T2*: Defaze olmayı hızlandıran dış nedenlerin düzeltilmediği şartlarda faz kaybı daha kısa sürede olur. Bunun nedeni geriye döndürülebilir ve döndürülemez nedenlerin her ikisinin birden etkilemesidir. Bu zaman sabitesine T2* adı verilir. Manyetik alan inhomojenitesi dış nedenlerle olabileceği gibi metalik cisimler, hava, diş implantları veya kalsiyum gibi dokuya ait nedenler tarafından da oluşturulabilir. T2, Spin Eko (SE), T2* ise Gradiyent Eko (GRE) puls sekanslarındaki sinyal kayıp şekilleridir.

Relaksasyon sürelerinin anlamı

MR sinyalleri 10^{-14} m boyutundaki hidrojen çekirdeklerinden gelir. Görüntü oluşturmada temel ölçüt olarak kullandığımız T1 ve T2 relaksasyon sürelerini belirleyen ise bunları çevreleyen 10^{-8}-10^{-6} m boyutundaki makromoleküllerdir. Hidrojen çekirdeklerinin yerel çevrelerine karşı bu duyarlılıkları, normal ve/veya anormal dokular arasındaki kontrastın oluşmasını sağlar.

Distile su (veya BOS), tümüyle su moleküllerinden oluşur. Su molekülleri hafiftir ve termal enejileri nedeniyle oda veya vücut ısısında hızla hareket ederler. Dolayısıyla böyle bir ortamda, yüksek enerji seviyesindeki (antiparalel) eksite bir hidrojen çekirdeğinin enerjisinin bir bölümünü çevreye kolayca vererek düşük enerjili konuma (paralel) geçme olasılığı çok düşüktür. Bu nedenle distile suyun T1 değeri çok uzundur (3sn). Distile suyun T2 değeri de çok uzundur. Bunun nedeni ise su moleküllerinin hızlı hareket etmeleri sonucu hiçbir bölgede dikkate değer bir manyetik alan oluşamaması, dolayısıyla defaze olayının çok yavaş olmasıdır. Gerçekten de distile suda defaze olayı çok yavaş olduğundan transvers manyetizasyonun başlıca kayıp şekli longitudinal geriye kazanım (T1) şeklindedir. Bu da T2 değerinin T1 değerine yaklaşık eşit olması demektir.

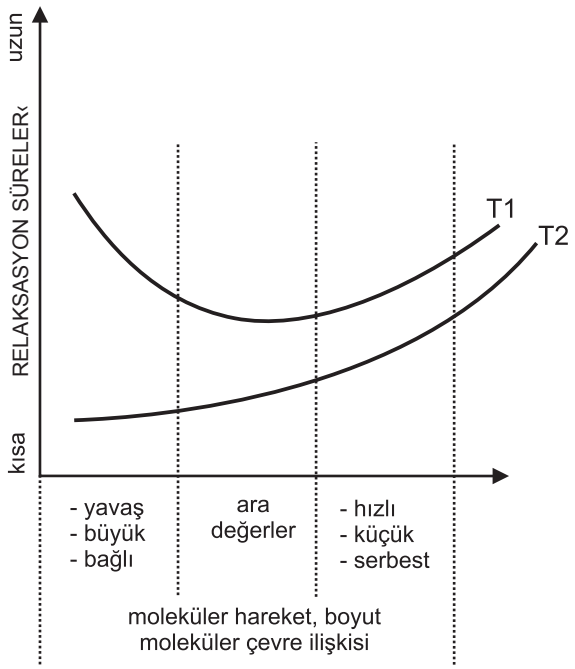
Ekstraselüler ödem, düşük konsantrasyonda makromoleküller içeren sudur. Suyun çok azı hidrasyon tabakaları şeklinde makromoleküllere bağlanır veya onların çevrelerinde bulunur, büyük çoğunluğu makromoleküllerden uzak serbest su şeklindedir. Bu makromoleküller, eksite hidrojenlerin enerjilerini vererek relaks durumuna geçmeleri için bir mekanizma oluşturur. Dolayısıyla dokunun ortalama T1 değeri distile suya göre biraz kısalır. Dilüe makromoleküller oldukça statik nonuniform manyetik bir çevre oluşturduklarından dipol-dipol etkileşim de artar. Bu da çevrelerindeki hidrojen çekirdeklerinin daha hızlı defaze olmalarına neden olarak T2 değerini kısaltır.

Sellüler doku, yüksek konsantrasyonda makromolekül içeren sudur. Makromoleküllerin çevresindeki hidrasyon tabakasında bulunan su fraksiyonu artmıştır. Bu nedenle T1 ve T2 değerleri de dilue makromolekül içeren sıvılara göre daha kısadır.

Buraya kadar anlatılanlardan, bir dokuda su moleküllerini çevreleyen makromoleküller arttıkça, T1 ve T2 değerlerinin kısalmaya devam edecekleri beklenir. Bu beklenti T2 değeri için doğrudur. Makromoleküllerinin sabit olduğu, kas gibi rijid yapılı dokularda, T2 değerleri kısalır. Rijid moleküller, hidrojen dipollerini defaze eden güçlü yerel manyetik alanlar oluştururlar. Fakat suyu çevreleyen yapıların rijiditesi arttıkça T1 değeri kısalacağı yerde tersine uzar. Bunun nedeni rijid doku yapısının alanı kilitlemesi ve eksite hidrojen çekirdeklerinden doku ağına enerji aktarımı için çok az sayıda kanal bırakmasıdır.

Özet olarak bir genelleme yapılırsa küçük moleküllerin T1 ve T2 değerlerinin uzun, orta boy moleküllerin her iki değerinin de kısa, büyük ve yavaş hareket eden veya sıkı bağlı moleküllerinin ise T1 değerlerinin uzun T2 değerlerinin kısa olduğu söylenebilir (Şekil 1.81). Biyolojik dokuların moleküler boyutu genellikle orta ve küçük gruptadır; dolayısıyla T1 ve T2 değerleri arasındaki ilişki aynı oranda devam eder.Bazı dokuların T1 ve T2 değerleri Tablo 1.15'de gösterilmiştir.

Patolojik yapıların genellikle ödem ve/veya artmış kan akımına bağlı olarak su içerikleri artar, makromoleküllerin çevrelerindeki su oranı azalır. Buna bağlı olarak T1'in yeniden kazanımını sağlayacak enerji değişim olasılığı azalır, T1 uzar. Aynı nedenle moleküler dinamik hızlanır, manyetik inhomojenite azalır. Sonuçta hidrojen çekirdeklerinin dipol-dipol etkileşimi veya farklı manyetik çevrelerle ilişki şansı azalır, dolayısıyla T2 uzar.



Şekil 1.81 Moleküllerin hareket, boyut ve çevre bağlarına göre T1 ve T2 relaksasyon sürelerinin değişimi.

Kontrast maddeler (Gadolinum içeren kompleks makromoleküller) serbest protonları çevrelerine bağlayıp bir hidrasyon tabakası oluşturarak spin-lattice enerji transferini kolaylaştırır ve denge konumuna hızla dönüşü sağlar, dolayısıyla T1 süresi kısalır.

T1 ve T2 (T2*) değerlerinin sinyal üzerine etkileri

T1, longitudinal manyetizasyonun denge konumuna gelme süresidir. Bir görüntüleme sekansında RF pulsları ardışık olarak birden çok sayıda uygulanır. Pulslar arasındaki süre, T1 değerinden kısa seçilirse, ikinci RF pulsu gönderileceği zaman kısa T1 değerine sahip dokuda, uzun T1 değerine sahip dokuya göre daha fazla longitudinal manyetizasyon bulunur. Daha fazla longitidunal manyetizasyon daha fazla transvers manyetizasyon, dolayısıyla daha fazla sinyal demektir. 90° lik pulstan hemen sonra (spinlerin defaze olarak T2 farklılığı oluşturmasına izin vermeden) ölçüm yapılırsa T1 değeri kısa olan dokuda daha fazla sinyal ölçülür. Buradaki sinyal farklılığı T1 değerleri arasındaki farktan kaynaklanır. Bu fark ise ancak RF pulsları arasındaki süre ("time to repetation-TR") kısa tutularak ortaya çıkarılmıştır. TR uzun tutulursa tüm dokularda yeniden kazanım tamamlanacağı için T1 farklılıkları ortadan kalkar.

T2 (veya T2*) relaksasyonu, longitudinal manyetizasyon transvers düzleme aktarıldıktan hemen sonra başlar. Kısa T2 değerine sahip dokular uzunlara göre daha hızlı defaze olur ve sinyali daha önce biter. Sinyalin kaydedildiği an (TE süresi) kritiktir. Bu noktada bazı dokuların sinyali bitmiştir, hiç sinyal alınamaz; hızlı defaze olan dokulardan daha yavaş defaze olan (T2 değeri daha uzun) dokulara göre daha az sinyal alınır. T1 ve T2 ölçütleri birbirlerine karşıt çalışırlar.

T1 değeri bir yeniden kazanım, T2 değeri ise bir kayıp olarak ("decay") düşünülmelidir. Görüntü oluşturmada bu iki ölçütün hangisinin baskın olacağı RF pulsları arasındaki sürelerle belirlenir. Bu süreleri değiştirerek görüntünün T1, T2 veya her ikisinin de etken olmadığı proton dansitesi ağırlıklı olması sağlanabilir.

MR sinyalinin şiddeti dokudaki proton sayısı ile ilgilidir. Organizmadaki yumuşak dokuların büyük bölümü sudur. Normalde yumuşak dokuların su içeriklerinde %15 oranında farklılıklar görülür. MR görüntülemede bu farklılıklardan da yararlanılır. Kemikler su içerikleri az olduğu için çok küçük sinyaller gönderirler, yani MR sessizdirler. Böyle bir bölgeye komşu yumuşak dokulardan değişikliğe uğramamış düzgün sinyaller alınır. Bu yeteneği, BT'ye göre MR'nin en önemli üstünlüklerinden birisidir.

MR görüntülerinde sinyalin çok olduğu bölgeler parlak (daha beyaz) görülür. BOS gibi T1 ve T2 değeri uzun dokular, T1AG'de koyu, T2AG'de parlak görülür. Yağ gibi her iki değeri de kısa olan dokular ise T1AG'de parlarken T2AG'de görece olarak düşük sinyal intensitesindedir. Suda ve yağda proton konsantrasyonu yüksektir; bu nedenle proton ağırlıklı görüntülerde her ikisi de parlak görülür.

Tablo 1.15 Bazı dokuların T1 ve T2 değerleri (msn olarak)

Doku	T1 değerleri		T2 değerleri
	0.5 T	1.5 T	
Yağ	210	260	80
Karaciğer	350	500	40
Kas	550	870	45
Beyaz cevher	500	780	90
Gri cevher	650	900	100
BOS	1.800	2.400	160

Akım, MR sinyallerinde değişikliğe neden olan diğer bir ölçüttür. Stimüle çekirdeklerin görüntüleme sürecinde damar içinde hareket etmeleri sinyal farklılıklarına neden olur.

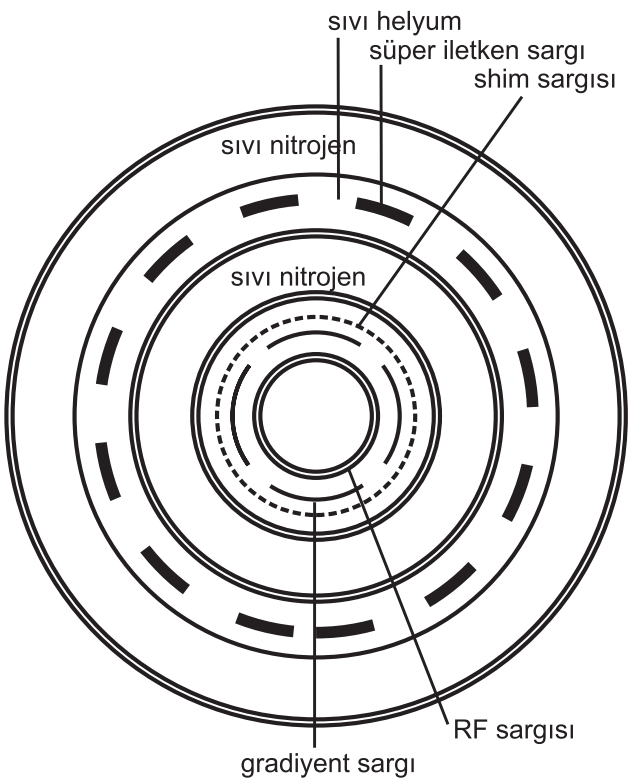
MR AYGITI

MR görüntüleme aygıtının ana parçaları: ana magnet (mıknatıs), gradiyent sargıları, RF yayan ve saptayan sargılar ve bilgileri depolayan, işleyen ve görüntüleyen bilgisayarlardır.

Ana magnet (Şekil 1.82)

Ana magnet, dokuda ölçülebilen manyetizasyon oluşturmak için gerekli olan, güçlü, zamansal ve uzaysal üniformitede manyetik alanı (B_0) sağlar. Ana magnet "permanent", "resistiv" veya "superconductive" tipte olabilir. Permanent ve resistiv magnetlerde manyetik alan gücünün üst sınırı 0.3-0.5T'dır. Süperkonduktiv magnetlerde ise bu sınır klinikte 3.0 T'dır.

Permanent magnetler demir, nikel ve kobalt karışımından yapılır ve bu metallerin ferromanyetik özelliğine dayanır. Atnalı, çift atnalı veya iki kutuplu şekilde dizayn edilmişlerdir. Manyetik alan gücünün üst sınırı 0.35 T civarındadır. Hasta manyetik alana dik uzanır. Alan üniformitesi düşüktür. Bu tip magnetler diğerlerinden çok ağırdır (100 Ton civarında). Ancak soğutucu gaza ve elektriğe gereksinimleri olmadığı için işletme masrafları düşüktür.



Şekil 1.82 MR aygıtının mıknatıs bloğunun kesiti.

Rezistiv ve süperkonduktif magnetlerde manyetik alan elektrik akımı geçiren bobin şeklindeki sargılar tarafından oluşturulur. Hasta 1 m çapındaki bobin içerisine ana manyetik alana paralel uzanır. Rezistiv tipleri permanent mıknatıslara göre daha güçlü manyetik alan (0.5 T'ya kadar) üretirler. Ancak çok fazla ısı ürettikleri için bu tip magnetlerle güçlü manyetik alan oluşturmak pratik değildir. Hava veya solid (demir) çekirdekli olabilirler. Solid çekirdekli hibrit rezistiv mıknatıslar permanent ve rezistiv mıknatısların bazı avantajlarını birleştirdikleri için pratikte daha çok kullanılmaktadırlar. Acil bir durumda sistem kolayca kapatılabilir. Yüksek elektrik sarfı ve düşük alan homojenitesi (30-50 ppm/ 10 cm^3) bu tip magnetlerin dezavantajıdır.

MR aygıtlarında en çok kullanılan süperkonduktif tip magnetler ise hava çekirdeklidir ve özel iletkenler (niobium-titanium alaşımı) kullanılmıştır. Alan gücü 0.3 T'dan başlayarak 3.0 T ve daha yükseğe çıkabilir. Süperiletkenliği sağlamak için sistem +4K (-269 ^oC)'den daha aşağı değerlere kadar soğutulur. Soğutmada helyum-nitrojen kriyojenleri kullanılır. Zamanla yenilenmeleri gereken bu pahalı maddeler sistemin işletme giderlerini arttırır. Sıcaklığın yükselmesi ile süperiletkenlik özelliği ortadan kalkar. İletkenliğin bozulması ile artan direnç aşırı ısınmaya neden olarak manyetik alanı yok eder ("quench"). Sonuçta kriyojenler kaynayarak patlar ve sistem hasarlanabilir.

MR aygıtlarında üretilen manyetik alan güçlü ve homojen olmalıdır. Güçlü ve homojen bir manyetik alan sağlayan süperkonduktif magnetlerde homojeniteyi daha da arttırmak için "shim" sargıları denilen başka bir superkonduktif sargı daha kullanılır. İyi bir "shimming" ile statik manyetik alan 10-20 cm çaplı bir hacimde 1 ppm (part per million)'den daha az, 50 cm çapındaki bir hacimde ise birkaç ppm'lik bir değişiklik gösterir.

Manyetik alan gücü arttıkça, artan signal/gürültü oranı (SNR) nedeniyle daha ince kesit alınabilir. İnceleme süresi de alanın gücü ile orantılı bir şekilde kısalır, ancak bazı görüntü artefaktları ve hastada enerji depolanması da artar. Alan şiddeti ile lezyonların demonstrasyonu arasında önemli bir ilişki yoktur. Bununla birlikte hematomun alan gücü yüksek,

beyin kontüzyonunun ise alan gücü düşük aygıtlarla daha iyi gösterildiği bildirilmiştir. Alanın gücü MR-Spektroskopi için önemlidir; literatürde 0.5-1.0 T gücündeki aygıtlarda da yapılabildiğini bildiren çalışmalar varsa da pratikte 1.5T ve daha yüksek güçteki aygıtlarda yapılabilir. Yüksek alan gücüne sahip MR aygıtlarının kuruluş ve işletme giderlerinin yüksek olması bir dezavantajdır. Yüksek manyetik alan gücünün T1 değerini belirgin şekilde uzatması da çözülmesi gerekli bir sorundur. Yüksek alan güçlerinde geometrik çözümleme, düşük alan güçlerinde ise kontrast çözümleme yüksektir.

Gradiyent sargıları

Gradiyent sargılarının görevi, sinyal lokalizasyonu yapabilmek amacıyla manyetik alanı her üç düzlemde de kontrollü olarak değiştirmektir. Gradiyentin sözlük anlamı eğimdir ve çalıştırıldıklarında ana manyetik alan üzerine eğimli küçük bir manyetik alan eklenir. Biri kesit düzlemini belirleyen, diğerleri sinyalin bu düzlemde nereden geldiğini belirleyen toplam üç gradiyent sargısı vardır. Bunların oluşturduğu manyetik alanların ana manyetik alanın üzerine eklenmesi ile alanın Larmor frekansı, dolayısıyla çekirdeklerin presesyon frekansları dereceli olarak değişir.

Gradiyentlerin güçleri 60 mT/m ve üzerine kadar çıkabilir. Aksiyal gradiyent Helmholtz sargıları ile, x ve y yönlerindeki gradiyentler ise eyer (“saddle”) tipi sargılarla oluşturulur. Gradiyentler, 500 mikrosaniyeden daha düşük sürelerde açılıp kapatılır. Çok küçük de olsa oluşturdukları girdap elektrik akımları (“eddy curent”) diğer sargıları ve yakınlarındaki elektronik aksamı etkileyerek görüntü kalitesini bozan artefaktlara neden olur. MR aygıtındaki gürültü, gradiyent sargıların çalıştıklarında ana magnete çarpmaları ile meydana gelir.

Radyofrekans sargıları

Radyofrekans sargıları RF pulsunu üretir ve ve hastadan gelen sinyalleri saptar. RF pulsunun frekansı yaklaşık 1 MHz -10 GHz arasındadır. Yayan ve saptayan sargılar, ayrı ayrı olabileceği gibi tek bir sargı şeklinde de olabilir. RF yayan sargılar genellikle daha büyüktür ve magnet boşluğunun veya vücut alıcı sargısının iç kenarına yerleştirilir. Eksite edilen protonların eğim açılarının uniform olması için uniform bir RF alanı gerekir. Büyük sargılar genellikle daha uniform bir RF alanı oluştururlar.

Alıcı sargılar ise hastadan gelen MR sinyallerini ölçmede kullanılır. Genellikle tüm vücudu çevreleyen büyük bir verici sargı ile birlikte her bölge için ayrı alıcı sargılar kullanılır. Her bölge için alıcı ve verici olarak kullanılan özel şekilli sargılar da geliştirilmiştir. Küçük lokalize alıcı sargıların temel özelliği incelenen bölgeden gelen sinyalin artması, sadece o bölge incelendiği için gürültünün düşmesidir; dolayısıyla SNR artar. Bu tür sargıların faz dizilişi (array) ile incelenen alan bir yöne doğru uzatılılabilir. Yüzey sargıları duyarlılığı artırır, ancak derinden gelen sinyalin intensitesi hızla düşer.

Aygıtın zırhlanması (“shilding”)

Ana magnetin oluşturduğu manyetik alan, çevreye doğru gücü gittikçe azalan halkalar şeklinde yayılır. “Fringe field” adı verilen bu alan manyetizmaya duyarlı yapıları etkiler. Bu yapılar kalp pili gibi insanların taşıdığı elektronik aygıtlar olabileceği gibi görüntü yükseltici, gama kamera ve renkli TV monitörleri gibi gereçler de olabilir. İstenmeyen bu etkileri önlemek için çevreye taşan bu manyetik alanın sınırlandırılması işlemine zırhlama denir. Zırhlama, ya magnet yumuşak demirle kaplanarak (pasif şilding), ya da ana manyetik alanın tersine çalışan sargılar eklenmesi ile (aktif şilding) yapılır. Pasif şildingde aygıtın ağırlığı önemli ölçüde artar; günümüzde aktif şilding tercih edilir.

Görüntüleme sürecinde protonların ürettiği son derece zayıf sinyal radyonun FM kanallarının frekanslarına çok yakındır. MR sinyalinin bu etkilerden de korunması gerekir. Bu amaçla MR ünitesinin yerleştiği odanın duvarları bakır yapraklar ve/veya bakır tel kafesle kaplanır (Faraday kafesi) ve bu işleme RF şilding adı verilir.

TEMEL PULS SEKANSLARI

MR’de görüntü protonlardan gelen sinyallerden yapılır. Görüntünün elde edilmesi için ortamda yeterli sinyali üretebilecek bir proton yoğunluğu bulunması şarttır. Bununla birlikte sadece proton yoğunluğu farkından oluşturacağımız görüntüler tanı için yeterli bir kontrast farkı sağlamayabilir. Doku kontrastını artırmak için başka ölçütlerden yararlanmak gerekir. Bu ölçütler protonların relaksasyon süreleridir (T1,T2,T2*). Görüntüler oluşturulurken bu ölçütlerden biri daha ağırlıklı olarak kullanılır ve görüntü o ölçütün ismiyle belirtilir: T1A, T2A, proton dansite (PD) ağırlıklı gibi. Hangi şekilde elde edilirse edilsin MR görüntüleri, bazı istisnalar dışında bu görün-

tülerden birinin özelliklerini taşır. T1A görüntülerde anatomik detay yüksektir, T2A görüntüler dokuların karakterizasyonunda ve dolayısıyla hastalıkların saptanmasında daha duyarlıdır.

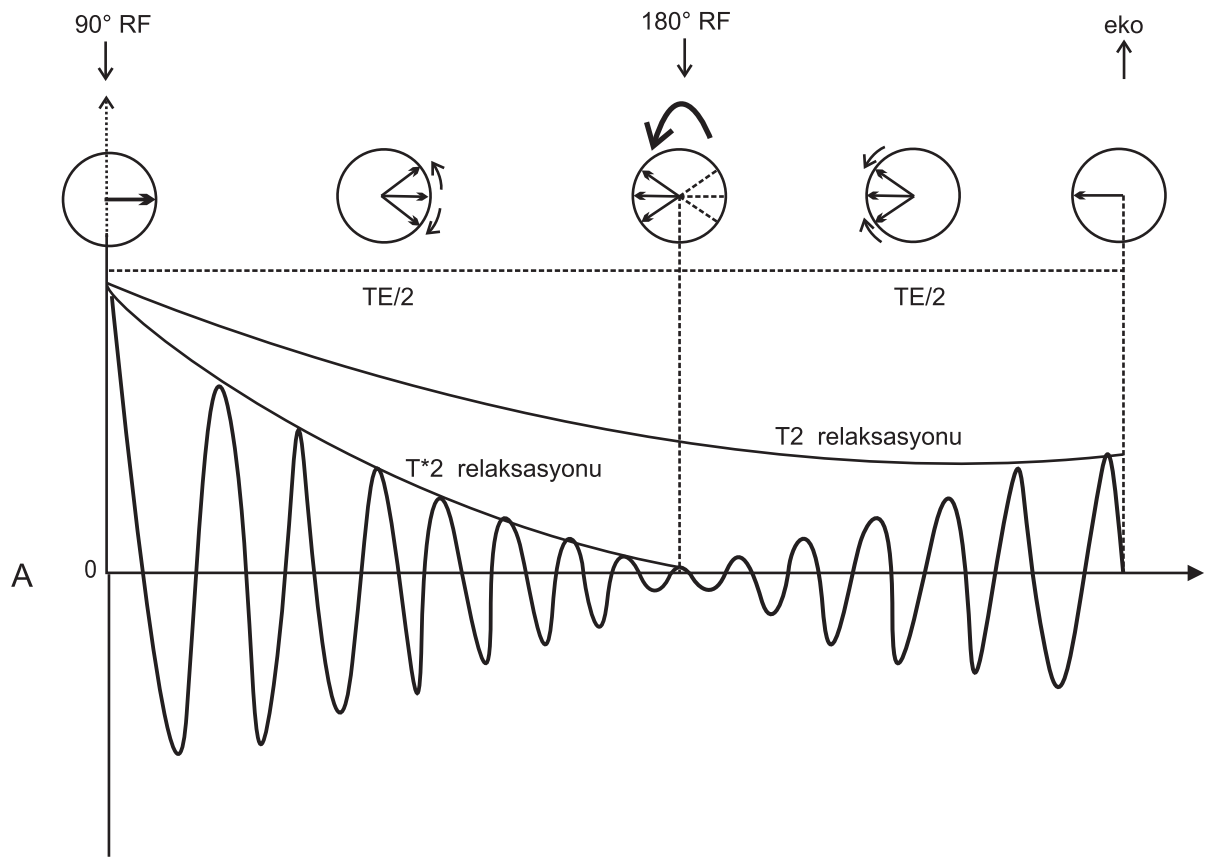
MR'deki görüntü kontrastı, dokuların proton yoğunluk farkıyla birlikte RF pulsunun enerjisi ve gönderilme aralıkları ve sinyalin dinlendiği ana bağlıdır. Bu faktörlerin değişik şekillerde kombinasyonları görüntü elde etmek için kullandığımız puls sekanslarını oluşturur. MR görüntülemede Spin Eko (SE), "İnvertion Recovery" (IR) ve Gradiyent Eko (GRE) adlarıyla anılan, sinyal gönderme ve alma şekillerinin farklı olduğu, başlıca 3 temel sekans, yani görüntüleme yöntemi vardır. IR temelde bir SE sekansıdır ve IR spin eko olarak da isimlendirilir.

Spin Eko (SE)

MR görüntülemenin ana sekansıdır. Biri 90, diğeri 180 derecelik iki RF pulsu kullanılır (Şekil 1.83). Önce 90 derecelik puls ile longitudinal manyetizasyon transvers düzleme aktarılır. Bundan kısa bir süre sonra (birkaç mili- veya birkaç on mili saniye) spinleri refaze etmek için 180° lik ikinci puls gönderilir. 180 derecelik pulsun görevi defaze olmaya başlayan spinleri refaze ederek elde edilecek sinyali şiddetlendirmektir. İki puls arasındaki süre kadar sonra, spinler refaze olarak bir sinyal (eko) oluşturur. Görüntü, bu ekoların ölçülmesiyle üretilir. Bir görüntünün oluşturulmasında 90° veya 180° pulslardan oluşan puls treni birçok defa tekrarlanır.

SE puls sekansında görüntülerin ağırlığı TR ("time to repetition") ve TE ("time to echo") süreleri ile ayarlanır. TR, 90° lik pulslar arasındaki, TE ise 90° lik pulsun orta noktası ile eko sinyalinin en yüksek noktası arasındaki süredir. Bu sürenin tam ortasında 180 derecelik RF pulsu bulunur.

T1'i kısa olan dokularda longitudinal manyetizasyon daha erken kazanılır. TR kısa tutulursa ikinci bir 90° puls ile yatırılmaya hazır daha çok longitudinal manyetizasyon bulunur. Bu da transvers planda ölçü-



Şekil 1.83 SE sekansı; 90 ve 180 derecelik RF pulsları ile. 180 derece pulsu x.y düzleminde presesyon yapan spinleri aynı düzlemde tam bir takla attırarak ters yöne çeviriyor. Bu olay, protonların konumlarından doğan manyetik alandaki inhomojeniteyi düzeltir.

lecek daha fazla sinyal demektir. Bu nedenle T1 ağırlığını ortaya çıkarmak için TR değerleri kısa tutulur (Şekil 1.84). TR uzatılırsa, T1 değeri uzun olan spinler de geriye dönmek için zaman bulur ve T1 değeri uzun ve kısa dokular arasında bir kontrast kalmaz. Bu nedenle T1 etkisini yok etmek için uzun TR değerleri seçilir.

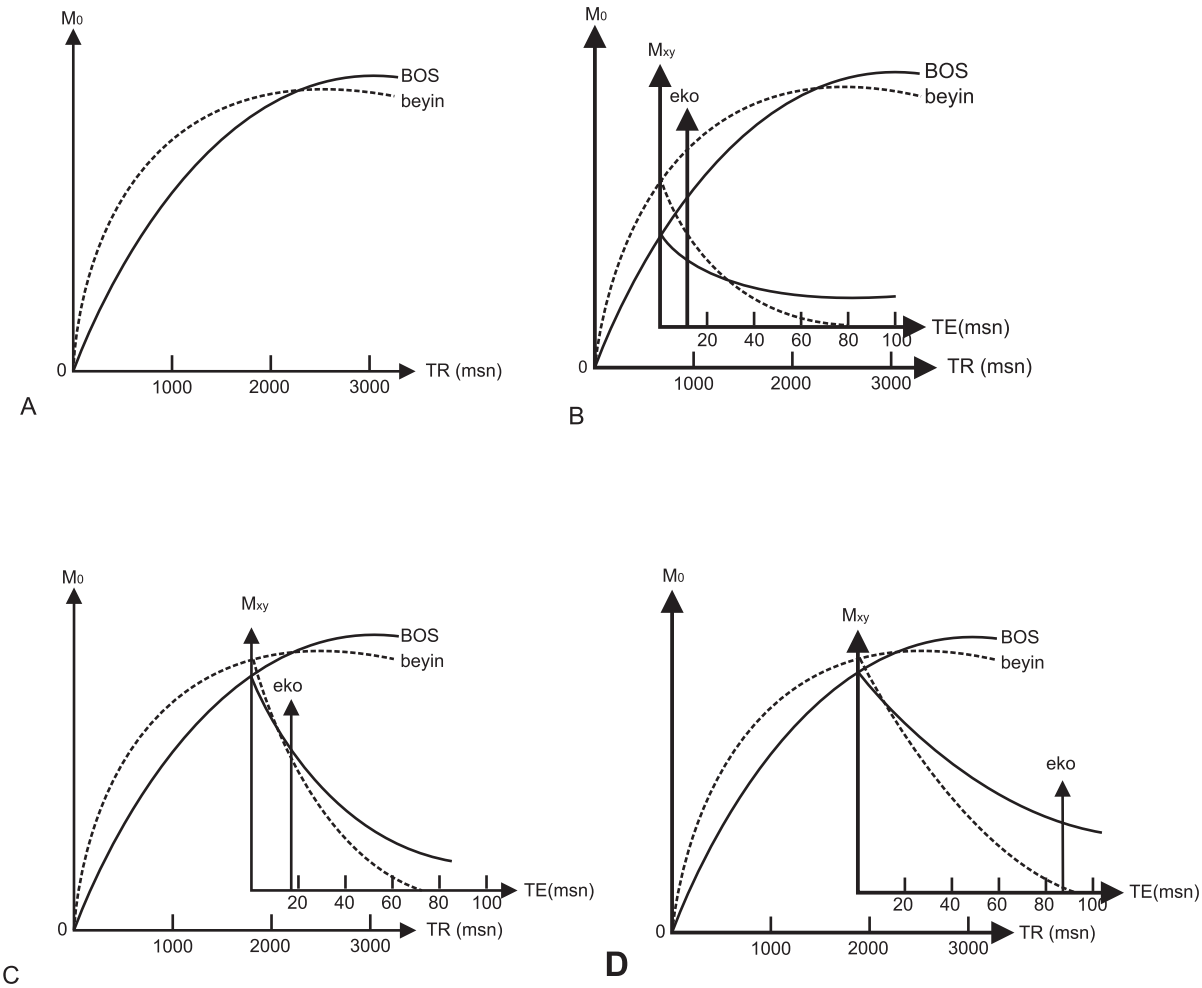
TR değerlerini uzun seçtiğimiz puls sekanslarında görüntüler ya T2 ya da proton ağırlıklıdır. T2 ağırlığını TE'nin süresi belirler. TE nin uzun seçilmesi transvers manyetizasyonun defaze olmasına daha çok zaman bırakır. Böylece dokuların arasındaki T2 farklılığı belirginleşir. Görüntüler T2A olur.

TR değerini uzun seçtiğimizde TE değerini kısa tutarsak, uzun TR T1 ağırlığı, kısa TE de T2 ağırlığı en aza indireceğinden böyle bir puls sekansı ne T1 ne de T2A olur (Tablo 1.16). Böyle bir sekansta kontrast, başlıca dokular arasındaki proton yoğunluğu farkına bağlıdır (Resim 1.8). Bu görüntülere spin-dansite veya proton-dansite ağırlıklı veya dengeli ("balanced") görüntüler adı verilir. Bu görüntüler pratikte asimetrik çift eko yöntemi ile elde edilir. İlk eko (TE ≤ 20 msn) spin-dansite ağırlıklı görüntüyü, ikinci eko (TE ≥ 80 msn) ise T2A görüntüyü verir.

Bir SE görüntülemede yukarıda anlatılan bir vokselden gelen sinyalin bağlı olduğu ölçütler aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$\mathbf{Sinyal_{SE}\,(TE,TR) = [N\,(H)]\ x\ (e^{-TE/T2})\ x\ (1\text{-}e^{TR/T1})}$$

N (H)= Proton sayısı



Şekil 1.84 SE sekansında T1, T2 ve PD ağırlıklı görüntülerde kontrast oluşumu. A. Beyin dokusu ve BOS'un T1 relaksasyon eğrileri. B. T1 ağırlıklı görüntüde doku kontrastı, T1 relaksasyon farkını yansıtıyor. C. PD ağırlıklı görüntüde T1 relaksasyon farkı çok azalmış iken 90o RF pulsu gönderiliyor ve T2 farklılığı ortaya çıkmadan sinyal kaydı yapılıyor; ne T1 ne de T2 ağırlığı var. D. T1 relaksasyon farkı çok azalmış, TE süresi uzun tutulan dokular arasındaki T2 farklılığı ortaya çıkıyor; görüntü T2 ağırlıklı

Tablo 1.16 SE sekansında TR ve TE değerlerinin görüntü kontrastına etkisi

TR	TE	
	kısa (<40 msn)	uzun (>75 msn)
kısa (<750 msn)	T1A	kontrast oluşmaz
uzun (>1500 msn)	PD ağırlıklı	T2A

TR ne kadar uzunsa (veya dokunun T1 değeri ne kadar kısaysa) transvers düzleme aktarılacak o kadar çok manyetizasyon var demektir. Bu nedenle TR uzarsa (veya T1 kısalırsa) S/N oranı artar. TE nin uzatılması ise sinyalin şiddetini azaltacağı için S/N oranını düşürür. TE'nin çok uzun tutulmasının S/N oranını düşürerek görüntüyü bozacağı göz önünde tutularak uygulamada uygun bir süre seçilir.

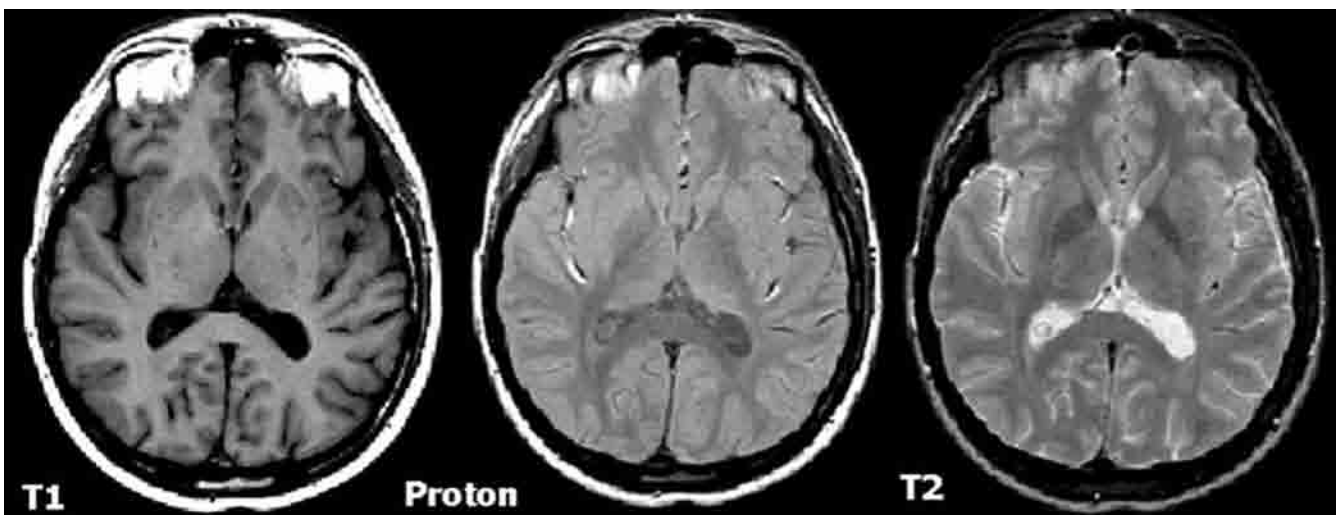
IR ("Invertion recovery")

IR görüntülemede, doku manyetizasyonu önce 180°'lik RF puls ile tersine çevrilir. "Time to Inversion" (TI) denilen bir süre sonra 90°'lik bir puls gönderilir. Bu puls ile TI süresinde kazanılan longitudinal manyetizasyon transvers düzleme aktarılır. Bundan sonrası SE sekansınıda olduğu gibidir: x-y düzlemine 180° lik puls uygulanır ve sinyal (eko) ölçülür (Şekil 1.85).

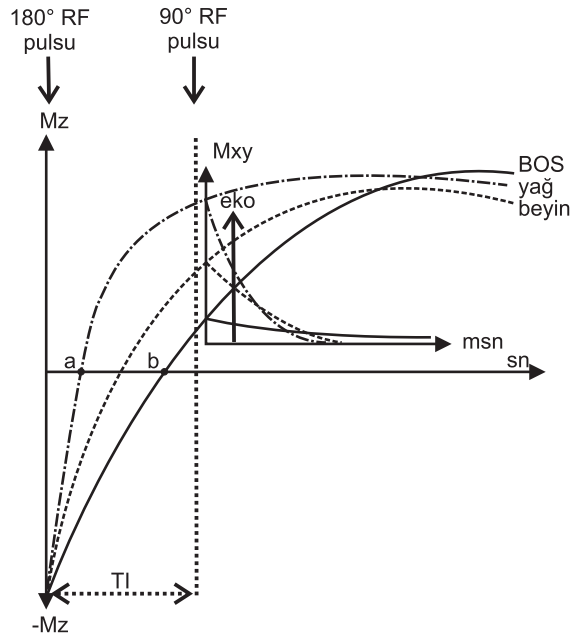
IR puls sekansının en önemli özelliği T1 faktörünün –1 ve +1 arasında değişmesi, yani SE sekansına göre 2 misli fazla olmasıdır. Bu genişlik nedeniyle dokular arasındaki T1 kontrastı belirginleşir. TR ve TI süreleri T1-ağırlığını, TE süresi T2 ağırlığını kontrol eder. Sekans temelde T1A'dır. T2 ağırlığın işe karışarak kontrast karmaşası yaratmasını önlemek için TE değeri olabildiğince küçük tutulmalıdır.

Sekansın TR değeri başta uygulanan 180°'lik pulslar arasındaki süredir. Bu değer longitudinal manyetizasyonun miktarını tayin eder. Yüksek T1 kontrastı yanında SNR'nin yüksek olması nedeniyle görüntülerde anatomik detay mükemmeldir, ancak süre uzundur. IR görüntülemede hesaplamaya TI da gireceğinden bir sekansta alınan kesit sayısı, SE sekanslarındaki sayının yaklaşık yarısı kadardır. Standart T1A IR puls sekansında TR ≥1500 msn, TI = 300-600 msn, TE < 30 msn'dir.

IR sekansının klinikteki temel kullanım amacı bazı dokulardan gelen sinyallerin baskılanmasıdır. Sekansın başlangıcında uygulanan 180 derecelik RF pulsuyla tümüyle –z aksına çevrilen doku manyetizasyonu zamanla +z aksına döner. Bu dönüşün süresi her doku için farklıdır ve longitudinal manyetizasyonun eksiden artıya geçerken sıfır olduğu bir nokta vardır. 90 derecelik RF pulsu tam bu sıfır noktasında uygulanırsa transvers düzleme yatırılacak manyetizasyon olmayacağı için o dokudan sinyal alınamayacaktır. Her doku için farklı sürelerde olan bu sıfır noktasına "bounce point" veya "null point" adı verilir. Sekansın bu özelliği yağın (STIR) ve suyun (FLAIR) baskılanması amacıyla kullanılır.



Resim 1.8 T1A, PDA ve T2A SE görüntüleri.



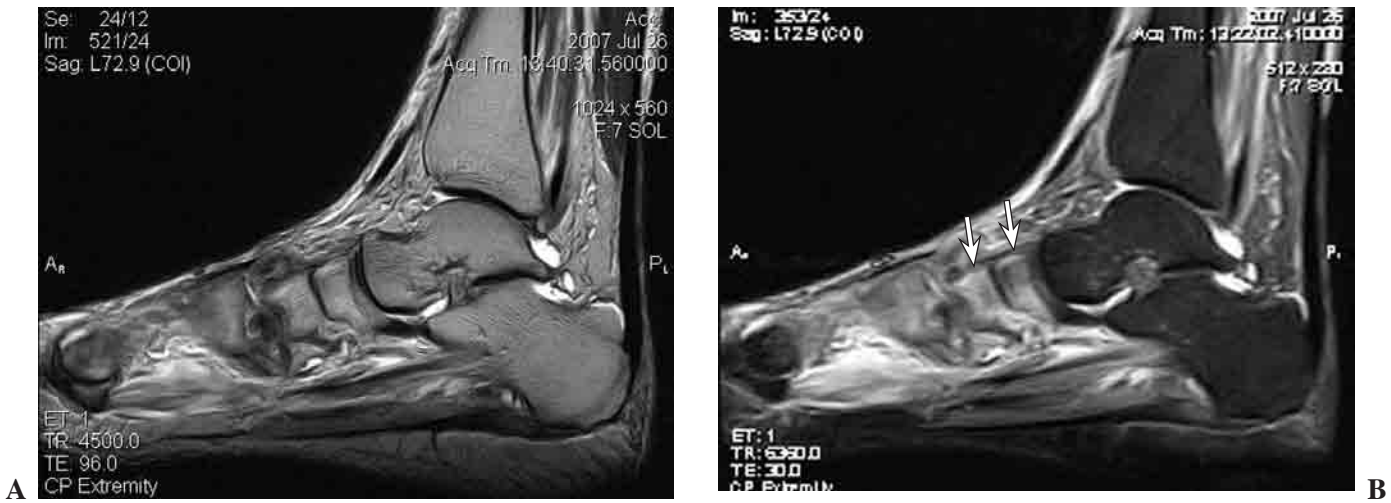
Şekil 1.85 IR sekansı. Beyin ve BOS arasındaki T1 relaksasyon farkı daha da belirginleştirilmiştir. TE kısa tutulduğu için transvers manyetizasyon farklılığı ortaya çıkmaz; kontrast doğrudan dokuların T1 farklılığına bağlıdır. 90° RF pulsu a noktasında uygulanırsa yağ dokusundan, b noktasında uygulanırsa BOS'dan transvers düzleme yatırılacak longitidünal manyetizasyon olmayacağıı için sinyal alanamaz. Bu şekildeki sekanslarla yağ dokusu ve sıvıdan gelen sinyaller baskılanır.

STIR ("**s**hort **t**au **i**nvertion **r**ecovery"): Yağ baskılama tekniğidir. İsminden de anlaşılacağı gibi TI değeri kısadır. 90 derecelik RF pulsu yağın longitudinal manyetizasyonunun sıfır olduğu noktada uygulanır. Bu süre TI= ln (2) x T1 formülüne göre hesaplanır. İkinin normal logaritması (ln) 0.693'tür. Yağın T1 değeri ise 1.5 T'da yaklaşık 260 msn'dir.Bu değerlere göre yağ baskılamak için gerekli TI değeri 0.693 x 260=180 msn olur. Tipik bir STIR sekansında TR=2500 msn, TI ise 140-180 msn'dir. Görüntü T1, T2 ve proton ağırlıklarının tümünün katkıları ile oluşur ve görüntüler daha çok T2A SE görüntülerini andırır. T1 değeri uzun olan dokular, kısa olanlardan daha parlak görülür. STIR görüntülerde T2 ağırlığı artırmak için TE değeri hafifçe artırılabilir (40-60 msn). Görüntü kontrastında TR süresinin rolü çok azdır. Kemik iliği tutulumlarının araştırılması yöntemin en sık kullanım alanlarından biridir (Resim 1.9).

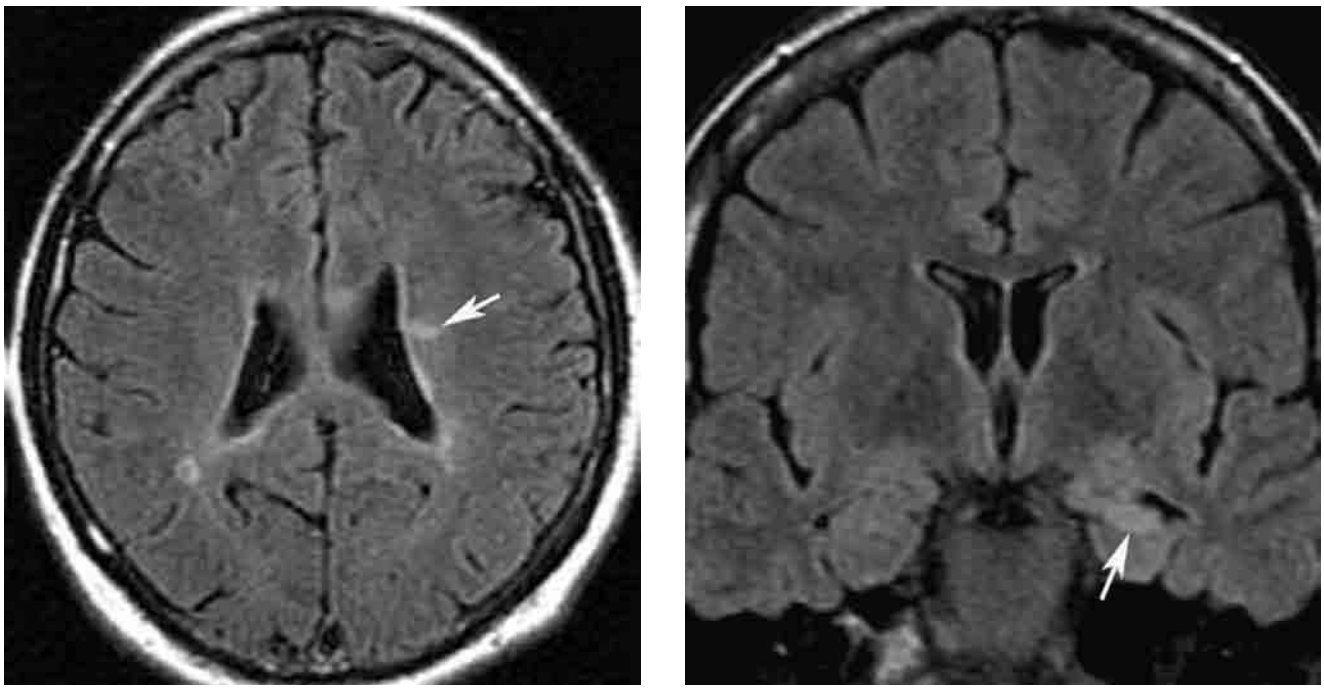
FLAIR ("**f**luid **a**ttenuated **i**nvertion **r**ecovery"): Su baskılama tekniğidir. TI değeri uzundur. TI değerini hesaplamak için suyun T1 değerini (3200 msn) 0.693 ile çarpmak gerekir. Bu değer pratikte 1700-2500 msn aralığında seçilir. Nöroradyolojinin standart yöntemidir. Beyindeki, özellikle periventriküler yerleşimli lezyonlar T2A sekanslarda BOS'un beyazlığı ile karışabilir. FLAIR yöntemiyle sudan gelen sinyaller baskılanarak iskemi, demiyelinizan hastalıklar, subaraknoid kanama, menenjit, difüz aksonal hasar (travma) ve benzer lezyonlarda ek bilgiler elde edilir (Resim 1.10).

Gradiyent Eko (GRE)

GRE sekansları hızlı görüntü elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Görüntü alma süresi saniyeler veya on



Resim 1.9 STIR yağ baskılama. A. T2 SE görüntüsü, B. Yağ baskılama. Normalde yağlı iliğin hiperintensitesi içerisinde fark edilmeyen ödem, yağ baskılamalı lezyonda belirgin (oklar).

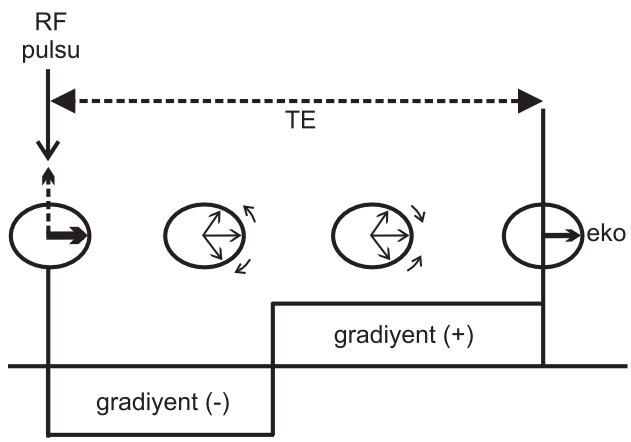


Resim 1.10 FLAIR görüntüleri. A. MS plakları, B.Hipokampal skleroz. BOS baskılandığı için komşu hiperintens alanlar daha iyi görülüyor (oklar).

saniyelerle ölçülecek kadar kısaltılmıştır. Bu kısalma, sekansın TR değerinin kısaltılması ve 180 derecelik pulsun kaldırılması ile sağlanır. GRE puls sekanslarının temel fikri, SE sekanslarındaki 180º pulsunun yerine gradiyent çeviricilerin konmasıdır (Şekil 1.86). Gradiyent çeviriciler lokal manyetik alanı gradiyentin uygulandığı yönde hafifçe artırır veya azaltır. Buna bağlı olarak alandaki protonlar daha hızlı defaze olurlar. Bu gradiyentin süre ve güç bakımından eşiti olan bir gradiyent ters yönde uygulanırsa defaze protonlar refaze olarak sinyal üretirler (gradiyent eko). Bu işlem SE görüntülemedeki 180 derece pulsunun yaptığı işin analoğudur.

Manyetik alan ne kadar homojen olursa olsun mükemmel değildir. 90 derecelik pulstan sonra presesyona başlayan protonlar bu inhomojeniteden etkilenir. Örneğin bir proton yanındakine göre farklı güçteki dış manyetik alandan dolayı daha hızlı presesyon yapabilir. SE sekansında 180 derecelik puls M_{x-y}'yi tam ters yöne takla attırarak tüm presesyon yapan protonların dış alan inhomojenitesine eşit şekilde maruz kalmalarını sağlar. Böylece manyetik alan inhomojenitesinin defaze olayındaki etkisi, her tarafta eşitlenerek ortadan kaldırılmış olur. GRE sekanslarında 180 derece pulsu bulunmadığı için manyetik alanın inhomojenitesi nötralize edilemez. Defaze ve refaze olayı aynı yönde yapıldığı için alan inhomojenitesi tersine artar. Dolayısıyla GRE sekanslarında ölçülen, dokunun T2 değeri değil T2* değeridir.

Longitudinal manyetizasyon vektörünün RF pulsuyla saptırılma derecesine sapma açısı veya vuruş



Şekil 1.86 Gradiyent eko (GRE) sekansı. Transvers düzleme aktarılan manyetizasyon, aynı güçte fakat zıt polaritedeki gradiyentin peş peşe uygulanmasıyla defaze ve refaze edilerek eko oluşturulur. GRE sekanslarında defaze ve refaze olayı aynı yönde yapıldığı için doku inhomojenitesi düzeltilemez.

açısı ("flip angle-FA") adı verilir. En fazla transvers manyetizasyon, 90 derecelik FA ile elde edilir. RF pulsu ile manyetik momenti açılandırmak belirli bir zaman alır. Bu süre onlar ve yüzlerle ifade edilen mikrosaniyeler kadardır. Bu süreyi azaltabilmek için GRE sekanslarında, küçük FA'lar kullanılır. Böyle bir puls ile ortamda bulunan longitudinal manyetizasyonun tümü saptırılamaz ve geriye oldukça işe yarar miktarı kalır. Bu nedenle sinyal ölçümlerinden sonra beklemeye gerek kalmadan puls sekansları hemen tekrarlanabilir. Sonuçta TR değerleri on milisaniyeler, total görüntüleme zamanı ise saniyelerle ölçülebilecek kısalığa indirilebilir.

GRE sekanslarında doku kontrastını belirleyen en önemli değişken FA'dır (Tablo 1.17). İstenen kontrasta göre FA'nın değeri birkaç dereceden başlayıp 90 derecenin üstüne kadar çıkabilir. Kısa TR seçildiğinde protonları eksite etmek için zaman az olacağından FA küçük olmalıdır. FA açısı küçüldükçe (belirli bir seviyeye kadar) oluşan transvers manyetizasyonun miktarı artar. Küçük FA'da (< 90°), M_{xy} düzlemine daha az manyetizasyon aktarılır, fakat her eksitasyon süresi başına düşen transvers manyetizasyon miktarı daha fazladır. Örneğin 45° FA ile, 90° FA'da üretilen sinyalin yarısı değil %70'i üretilir.

GRE sekanslarındaki TR değeri SE sekanslarındaki değerlerden daima daha kısadır. TR değerinin görüntü kontrastına katkısı çok azdır. TR, T1 ağırlığı değil sekansın hızını ve kesit sayısını belirler.

Üretici firmaların değişik akronimlerle isimlendirdiği çok sayıda GRE sekansı vardır ve her yıl bunlara yenisi eklenmektedir. Çok sayıdaki bu sekansları teker teker incelemek olanaksızdır. Sekanslar farklı ortak özellikleri göz önüne alınarak çok çeşitli şekillerde sınıflandırılmışlardır. En basit sınıflandırma şekli uzun ve kısa TR sekansları olarak iki ana gruba ayırmaktır. Kısa TR'li sekansların içerisinde transvers manyetizasyonun yok edildiği ("spoiled") ayrı bir grup vardır.

Tablo 1.17 GRE sekansında FA ve TE değerlerinin doku kontrastına etkisi

FA	TE	
	kısa (<15msn)	uzun (>30 msn)
büyük (>500)	T1A	kontrast oluşmaz
küçük (<400)	PD ağırlıklı	T2A

Bu gruba inkoherent sekanslar adı verilir. Koherent sekanslarda ise transvers manyetizasyon refoküse edilir.

Uzun TR'li (>200 msn) GRE sekansları: >200 msn TR ve >45 derece FA değerleri ile elde edilen görüntüler SE görüntülerine benzer. Temel fark T2 yerine T2* değerinin ölçülmesidir. TE değerinin uzatılması görüntünün T2 ağırlığını artırmaktan çok T2* ve T2 değerleri arasındaki farkları vurgular. T1A görüntü elde etmek için TE değeri kısa tutulur (<15 msn).

FA küçültülürse (<30 derece) transvers manyetizasyonun amplitüdünün düşmesine bağlı olarak dokular arasındaki T1 farklılığı azalır. Bu durumda TE değeri kısa olursa görüntüler proton ağırlıklı, uzun olursa T2* ağırlıklı olur. Uzun TR'li GRE sekanslarının SE sekanslarına göre, manyetik duyarlılığa bağlı kontrastı vurgulaması dışında bir üstünlüğü yoktur.

Kısa TR'li (<50 msn) denge-durumlu ("steady-state") presesyon: Tüm standart MR sekanslarında TR değerleri, longitudinal geri kazanımın tamamlanmasına izin verecek uzunlukta değildir. Her puls uygulamasında geride longitudinal manyetizasyonun bir bölümü kalır. Bu duruma parsiyel satürasyon adı verilir. Çok kısa TR değerlerinde de (T2* sönüm sabitesinden daha kısa) transvers manyetizasyonun tümünün sönümlenmesi için zaman kalmaz ve bir bölümü sonraki TR uygulamasına kalır. Bir sekansta bir pulstan diğerine ortamda transvers ve longitudinal manyetizasyon kalıyorsa buna denge-durumunda presesyon adı verilir. RF pulsunun her tekrarında ortamdaki transvers manyetizasyonun bir bölümü longitudinal manyetizasyona, longitudinal manyetizasyonun bir bölümü de transvers manyetizasyona çevrilir. Ortamda dinamik bir denge içerisinde transvers ve longitudinal manyetizasyon komponentleri her zaman vardır.

Denge-durumlu presesyon yöntemlerinde her RF pulsu ile oluşturulacak transvers manyetizasyonun miktarını ve görüntü kontrastını TR, TE ve FA değerleri belirler. Sekansta kısa veya çok kısa TR kullanıldığından görüntülerdeki kontrastın temel belirleyicisi FA değeridir.

Küçük FA değerlerinde (5-30 derece) longitudinal ve dolayısıyla oluşan transvers manyetizasyonun amplitüdleri düşüktür. Dokuların T1 ve T2* farklılıkları belirginleşmez. Görüntü, kısa TE değerlerinde daha belirgin olmak üzere PD ağırlıklıdır.

Orta FA değerlerinde (30-60 derece), artan longitudinal manyetizasyon, transvers manyetizasyonun da artmasına neden olur. Uzun T1 değerine sahip dokularda daha fazla satürasyon görülür ve dolayısıyla görüntülerde bir miktar T1 ağırlığı ortaya çıkar. Aynı şekilde uzun T2* değerine sahip dokular yüksek amplitütte sinyal üretirler. Sonuçta görüntü hem T1 hem T2* ağırlığı taşır. Doku kontrastını belirleyen, dokuların T2/T1 oranları arasındaki farktır. Üretilen sinyal bu oranın karekökü ile doğru orantılıdır. Örneğin böyle bir sekansta beyinin gri/beyaz cevher ayırımı iyi değildir; çünkü T2/T1 oranları birbirine yakındır. Buna karşılık BOS'un T2/T1 oranı beyin dokularınkinden çok yüksek olduğundan beyin dokusu/BOS kontrastı yüksektir.

Büyük FA değerleri (75-90 derece) seçildiğinde TR değeri çok kısa olduğu için, longitudinal geri kazanım için zaman kalmaz ve tama yakın satürasyon olur; T1 kontrastı düşer. Denge-durumundaki transvers manyetizasyon artacağı için T2* kontrastı artar ve PD ağırılığı azalır. Bu sekansta doku kontrastı başlıca T2* ağırlığı ile oluşturulur.

Yukarıda anlatılan FA değerlerinin etkileri TE değerinin asgaride (<5 msn) tutulduğu şartlarda ortaya çıkar. TE değeri uzadıkça T2* sönümlenme sabitesi farklılıkları belirginleşir ve görüntünün T2* kontrastı artar.

Transvers manyetizasyonu yok eden ("spoiled") GRE sekansları: Çok kısa TR ile elde edilen dengedurumlu GRE sekanslarında FA değeri küçük tutulduğunda longitudinal manyetizasyon farkları ortaya çıkamaz, büyük tutulduğunda ise T2* etkisi baskındır. Bu durumda T1A görüntü elde edilemez. T2* etkisini baskılamak için TR değerini uzatmamız mümkün değildir. Bu etki ilave bir RF pulsu uygulayarak ya da gradiyentler kullanarak ortamdaki transvers manyetizasyonun yok edilmesiyle ("spoiled") büyük oranda ortadan kaldırılır. Bu durumda elde edilen görüntü T1 ağırılıklı olur. Kısa TR, kısa TE ve orta-geniş FA değeri ile T1 kontrastı en üst seviyede görüntüler elde edilir. Süre çok kısa olduğu için bu sekansla anatomik detayı çok iyi üç boyutlu incelemeler yapılabilir. Sekans GRE olduğu için kontrast maddelerin oluşturduğu kontrast farkı SE sekanslarınınkinden daha yüksektir. Buna karşın manyetik alan inhomojenitelerine ve kimyasal şift gibi diğer suseptibilite artefaktlarına duyarlılığın artmış olması ve SNR'nin düşüklüğü sekansın dezavantajlarıdır.

GRE sekansları, manyetik alanın dıştan kaynaklanan inhomojenitesini düzeltecek 180 derecedeki pulsa sahip olmadıkları için alan inhomojenitesine çok duyarlıdırlar. Manyetik alandaki bu inhomojenite genellikle farklı manyetik duyarlıktaki dokuların sınırlarında görülür. Alanda manyetik homojenitenin olmaması farklı presesyonlara ve dolayısıyla net manyetizasyonun hızla azalmasına neden olur. Bu da sinyalde azalma ve sinyal kaybı demektir. GRE sekansları bu özelliği nedeniyle, kanamanın saptanmasında SE sekanslarından daha duyarlıdır. Hemoglobinin içerisindeki demirin oluşturduğu lokal manyetik alan çevredeki spinleri defaze eder. Yöntemin manyetik suseptibilite etkisine duyarlı olmasından kontrast madde ile yapılan perfüzyon çalışmalarında ve kandaki deoksihemoglobinin görece miktarını hesaplayan fonksiyonel MR sekanslarında (BOLD) yararlanılır.

GRE puls sekansları, pratikte genellikle temel fizik kurallarının baş harflerinden oluşan akronimlerle tanımlanır. Uygulamada çok sayıda alternatif bulunduğu için sekansların sayısı gittikçe artmaktadır.

GÖRÜNTÜ OLUŞTURMA

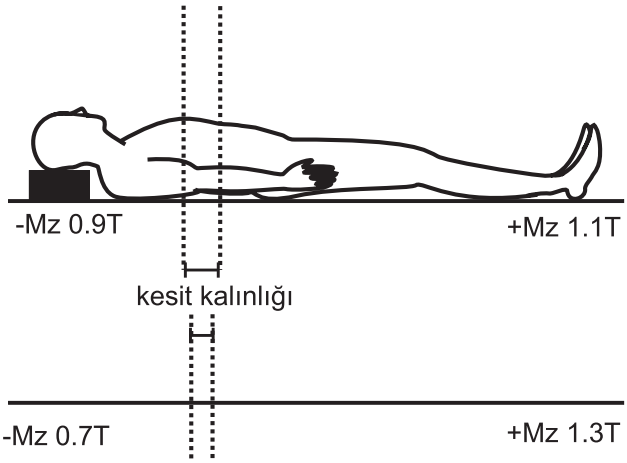
MR'de görüntüyü oluşturabilmek için sinyalin nereden geldiği bilinmelidir. Bu amaçla RF pulsu ile birlikte manyetik alan gradiyentleri uygulanır. Kesit seçici, frekans kodlama ve faz kodlama olmak üzere üç çeşit gradiyent vardır. Bu gradiyentler manyetik alanı doğrusal bir şekilde değiştirirler.

Önce kesit seçici gradiyent uygulanarak görüntülenecek kesit düzlemi belirlenir. Daha sonra diğer iki gradiyent bu düzleme ve birbirine dik şekilde uygulanır. Bu gradiyentler alandaki protonların fazlarını ve frekanslarını daha önceden belirlenen şekilde değiştirirler. Alanın faz ve frekans kodları önceden bilinmiş olur. Saptanan sinyalin fazı ve frekansına bakılır ve nereden geldiği saptanır. Görüntüyü sinyalin amplitüdünden oluştururuz, fazı ve frekansı ise sinyalin adresidir.

Gradiyentlerin pik amplitüdü alanın eğimini belirler. Bu değer tipik olarak 1-50 mT/m arasındadır. Pik değere ulaşma hızına "slew" hızı adı verilir. Slew hızı 5-250 mT/m/msn arasındadır. Bu süre ne kadar kısa ise o kadar iyidir.

Kesit seçme

Kesit seçici gradiyent kesit almak istediğimiz düzleme dik yönde uygulanır (örneğin aksiyal kesit için z yönü). Bu yöndeki manyetik alan doğrusal bir şekilde



Şekil 1.87 Kesit alma. Manyetik alan üzerine kesit alınacak düzleme dik aksta bir gradiyent eklenir. Gradiyentin gücü ne kadar fazla ise kesit kalınlığı o kadar ince olur. RF pulsunun bant genişliği de kesit kalınlığını etkiler; bant genişliği daraldıkça kesit kalınlığı incelir.

değiştirilir (Şekil 1.87). Kesit almak istediğimiz bölgeye, almak istediğimiz düzleminin B_O değerinde bir RF pulsu gönderilir. Bu durumda sadece o düzlemdeki protonlar rezonansa girer, komşu kesimlerdeki protonlar eksite olmazlar. Bu işleme selektif eksitasyon adı verilir.

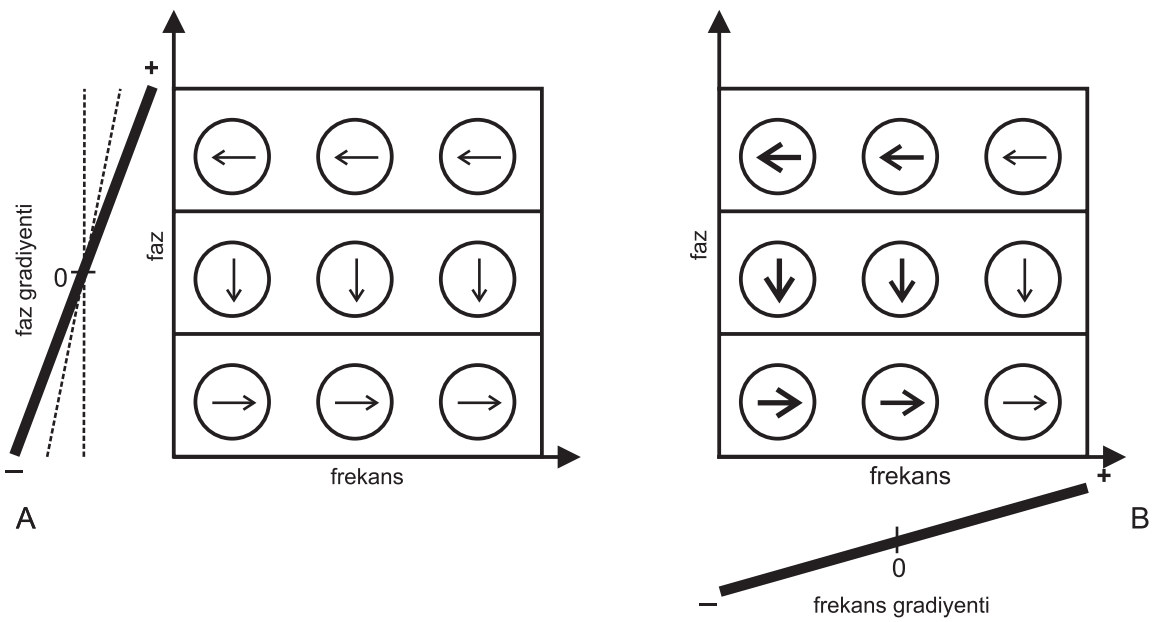
İncelenecek kesitin kalınlığı, kesit seçme gradiyentinin şiddeti ve RF pulsunun bant genişliği (BW) ile ayarlanır. Kesit kalınlığı gradiyentin şiddeti ile doğru, BW ile ters orantılıdır. Dar BW-düşük gradiyent ile geniş BW-yüksek gradiyent aynı şeklide etki eder. Kesit kalınlığının aynı kalması için RF bandındaki daralma, kesit alma gradiyentindeki azalmayla birlikte olmalıdır.

Kesit seçici gradiyentin oluşturduğu faz bozulmasını düzeltmek için gradiyentin uygulama süresinin yarısı kadar bir süre, aynı şiddette ters gradiyent uygulanır. X-y düzlemine uygulanan 180° lik pulstan sonra faz bozulması olmadığı için ters gradiyente gerek yoktur.

Kesitte sinyalin geldiği yerin saptanması

Selektif eksitasyonla seçtiğimiz kesitte görüntü oluşturabilmek için yapılması gereken ikinci işlem, kesit düzlemini voksellere ayırmak ve her vokselden gelen sinyalin geldiği yeri belirlemektir.

Bunun için kesitin her iki yönüne, birbirine dik gradiyentler uygulanır. Genellikle x yönüne uygulanana frekans kodlama veya sinyalin kaydı sırasında uygulandığı için okuma (“readout”), y yönünde uygulanana ise faz kodlama gradiyenti adı verilir (Şekil 1.88).



Şekil 1.88 Faz ve frekans kodlama ile sinyalin geldiği yerin saptanması. Selektif eksitasyonla belirlenen kesitte, sinyallerin nereden geldiğini saptayabilmek için bir yönde sinyalin fazlarını (A) diğer yönde ise frekanslarını (B) kontrollü olarak değiştirecek gradiyentler uygulanır. Uyguladığımız gradiyentlerin derecesine göre voksellerden gelecek sinyallerin faz ve frekans değerleri önceden bilinir. Faz kodlama gradiyenti, her seferinde gücü değiştirilerek faz kodlama yönündeki basamak sayısı kadar tekrar edilir, frekans kodlama gradiyenti sabittir, değişmez.

Gradiyentlerin ortası sıfır her iki ucu en yüksek ve en düşük pik değerlerindedir.

Frekans kodlama gradiyenti ile kesitin x boyutundaki frekans değerleri tedrici olarak değişir. Bu yöndeki her noktanın frekans değeri uyguladığımız gradiyentin şiddetine bağlı olarak önceden bilinir. Böylece görüntünün x boyutu, kademeli olarak bildiğimiz oranlarda değişen frekanslardaki sütunlara ayrılmış olur. Örneğin 256 x 256 matris sayısına sahip bir görüntüde sütun sayısı 256'dır. Böyle bir matriste sinyaller 256 ayrı frekansta toplanır. Her sütunda ölçülen sinyal, sütunun y boyutu boyunca her noktasından gelen sinyallerin toplamıdır.

Faz kodlama gradiyenti kesit düzleminin dik kenarı (y aksı) boyunca uygulanır. Faz farkı sinyalin (dalganın) başlama noktaları arasındaki zaman farkıdır ve gradiyentin çok kısa bir süre açılıp kapanması ile sağlanır. Her sıra için puls sekansı ve birlikte faz kodlama gradiyenti tekrarlanır. Örneğin ilk uygulamada gradiyent pik değerindedir, orta çizgide sıfırdır, en alt sırada eksi pik değerindedir. Orta sırada gradiyent değeri her zaman sıfırdır. Faz kodlamanın son sırasında, uçlarda gradiyent yine pik değerindedir, ancak artı ve eksi değerler yer değiştirmiştir.

Frekans kodlama ile bir yönde, faz kodlama ile diğer yönde bantlara ayrılan görüntü alanında, uygulanan gradiyentlerin şiddetlerine göre voksellerin faz ve frekans değerleri önceden bilinir. Ölçülen sinyaller taşıdıkları bu değerlere bakılarak lokalize edilir. Gerçekte bir MR görüntüleme üniti, rezonans yapan doku protonlarından gelen sinyallerin zamanını (fazını) saptayabilen bir metronom ile frekansını saptayan çok kanallı radyo kombinasyonu gibi davranır.

Veri toplama, depolama ve görüntüye çevirme

BT'de görüntüler vücudu geçen x-ışınlarının atenüasyon değerlerinden hesaplanır. Saptanan değer ışının geçtiği dokuyu temsil ettiğinden lokalizasyonda bir sorun yoktur. MR'de ise, BT'den farklı olarak, görüntü ölçüm sürecinde oluşmaz. MR'de her RF pulsundan sonra saptanan sinyal, her ne kadar faz ve frekansla kodlanmış lokalizasyon bilgileri taşıyorsa da, karmaşık tek bir sinyalden ibarettir (Şekil 1.89). Bu sinyal bu şekliyle kullanılamaz; faz ve frekans komponentlerine göre analiz edilerek geldikleri noktalar ile birlikte amplitüdü saptanmalıdır. Görüntü sinyalin amplitüdü ile oluşturulur.

Analiz işlemi için sinyaller (ham veriler) önce dijitalize edilerek bir frekans depolama alanına (k-alanı) yerleştirilir. K-alanı pozitif ve negatif uzaysal frekans değerlerinden oluşan bir matristen ibarettir; merkezindeki frekans değeri sıfırdır. Alanın matris sayısını yatay eksende (x) frekans kodlama, dikey eksende (y) faz kodlama basamağı sayıları belirler. Her sinyal kaydı k-alanında, bir sıraya yerleştirilir. Alanın doldurulması için puls sekansı, faz kodlama basamak sayısı kadar tekrar edilmelidir. Her faz kodlama basamağındaki ölçüm bir skendir ("view"). Skenler, sinyal saptanırken uygulanan frekans kodlama gradiyentine bağlı olarak farklı frekansları kapsar. Her sken örneklenir (dijitalize edilir) ve sayısal değerlere çevrilir. Bu veriler ham veri matrisinin (k-alanının) "line"larını oluşturur. Ham veri matrisinde her örnekleme noktası bir sütuna, her sken bir sıraya (line) karşılıktır.

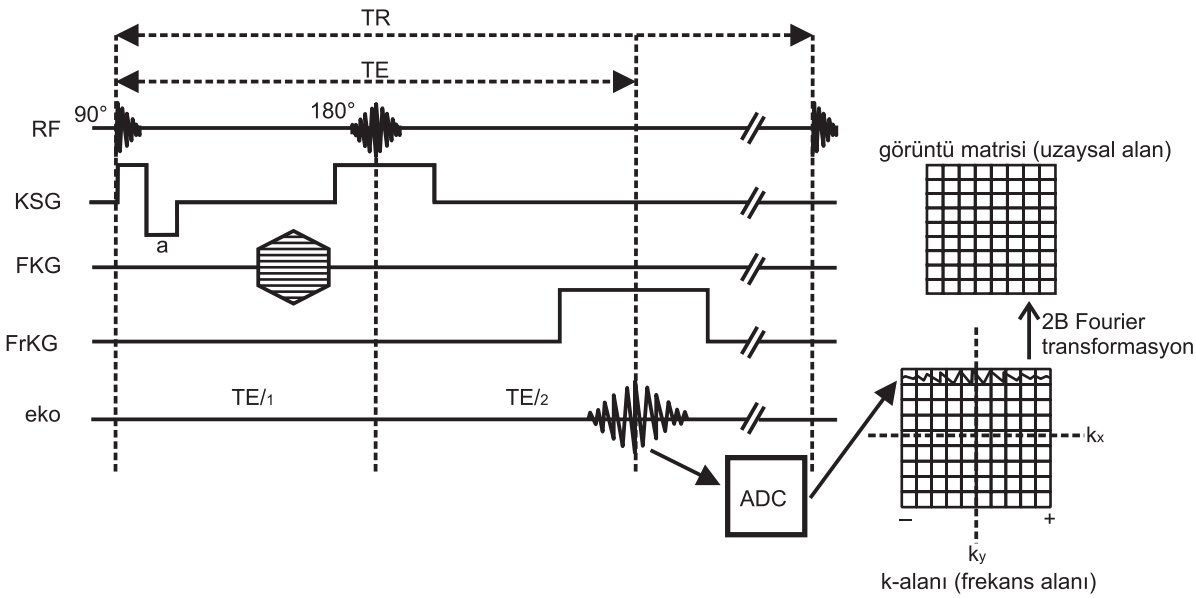
Tüm gradiyentlerin orta noktaları sıfır, her iki uçları artı ve eksi pik değerlerindedir. Gradiyentin en yüksek olduğu noktalarda defaze olayı en fazla olduğu için sinyal amplitüdü en düşük seviyededir. Buna karşılık gradiyentlerin orta noktalarında değer sıfır olduğundan gradiyent uygulamasına bağlı defaze olayı görülmez ve sinyal amplitüdü etkilenmez. Sonuçta k-alanının merkezine yüksek amplitüdlü-düşük frekanslı sinyaller, periferine ise yüksek frekanslı-düşük amplitüdlü sinyaller yerleşmiş olur.

K-alanının merkezi, görüntünün kontrastını ve ana yapılarını belirleyen verileri, periferi ise kenar ve detay bilgilerini (çözümleme) taşır (Resim 1.11). K-alanın her noktasının görüntüdeki karşılığı olan nokta ile bir ilişkisi yoktur; tersine görüntünün tümü ile ilgili bilgiler taşır. Bu noktanın bilinmesi MR görüntüsünün elde edilişinin, BT görüntüsünün elde edilişinden farkının anlaşılmasında önemlidir.

K-alanı bu şekilde doldurulduktan sonra sıra bu verilerin analiz edilerek görüntüye çevrilmesine gelir. Bunun için matematiksel bir analiz yöntemi olan Fourier Değişim yöntemi kullanılır. Bu yöntemle frekansların taşıdığı amplitüdler saptanır. Her sıra ve her kolon ayrı ayrı Fourier değişimdan (2B FT) geçirilerek voksellerin taşıdığı sinyal amplitüdleri saptanır ve piksellerin gri ölçek değerlerine çevrilerek MR görüntüsü elde edilir.

Görüntüleme süresi

MR görüntülemede görüntü oluşturma süresi önemlidir. Görüntüleme süresi uygulanan puls sekansının TR'sine, faz kodlama gradientinin basamak sayısına (N_{pe}-"number of phase") ve her basamaktaki veri toplama sayısına (N_{aqs}-"number of acquisition") bağlıdır. Görüntü süresi ile bu değerler arasındaki ilişki şu formülle gösterilir.



Şekil 1.89 Bir SE sekansında sinyal elde etme. MR sekansları, daha basitleştirilmiş benzer diyagramlarla gösterilir. Zamanlama soldan sağa doğrudur. Yukarıdan aşağıya doğru oluşturulan sıralar olayı açık şekilde göstermek için yapılmıştır, çizgiler üzerindeki olaylar aynı sütunda ise aynı anda meydana geliyor demektir. 90° RF pulsu ile birlikte kesit seçme gradiyenti (KSG) çalıştırılır. Her gradiyent dipollerin fazını az veya çok bozacağı için zorunlu olan bu istenmeyen defaze olayını düzeltmek için kısa bir süre ters gradiyent çalıştırılır (a). Bunu faz kodlama gradiyenti (FKG) izler. Faz kodlama her sıra için ayrı ayrı yapıldığından, her sıra için farklı güçteki gradiyentleri gösteren farklı endeki çizgilerle gösterilir. Bunu 180° RF pulsu izler; pulsun etkileyeceği kesiti belirlemek için birlikte kesit seçme gradiyenti bir daha çalıştırılır. Bu noktadan TE/2 süre sonra, faz okuma gradiyenti (FrKG) çalıştırılarak ortaya çıkan sinyal okunur ve aynı anda ADC ile dijitalize edilir. Tüm görüntüleme alanından gelen ve farklı faz ve frekanslar içeren bu sinyal k-alanının bir sırasına yerleştirilir. Bir görüntü için bu işlem görüntünün faz kodlama basamağı sayısı kadar tekrar edilir. K-alanı bu şekilde doldurulduktan sonra sıralardaki her sinyal 2B Fourier transformasyon yöntemiyle analiz edilir ve faz ve frekanslarına göre sinyalin amplitüdleri belirlenir. Veri toplarken uygulanan faz ve frekans gradiyentleri ile hangi faz ve frekans değerlerinin hangi voksele karşılık geldiği önceden bilindiği için o değere sahip sinyalin amlitüdü o piksele yerleştirilerek görüntü oluşturulur.

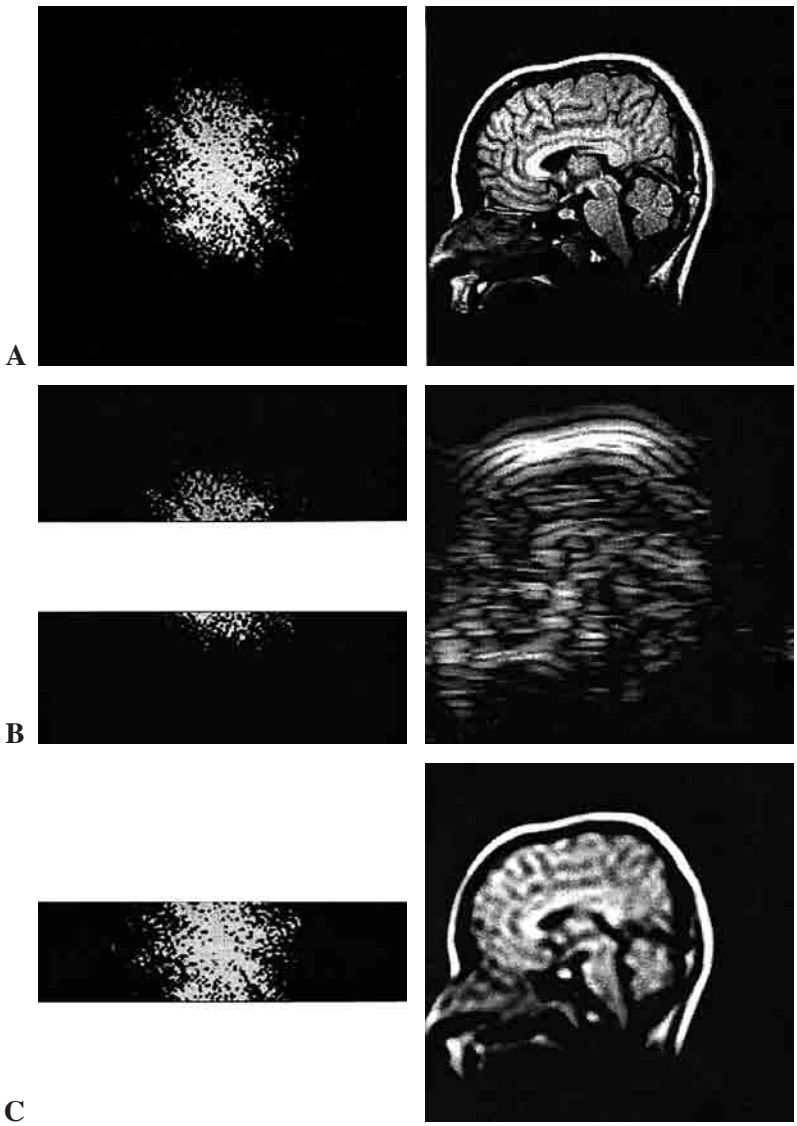
Görüntü Süresi: N_{aqs} x N_{pe} x TR

Formüle göre TR 500 msn olduğunda, matrisi 256x256 olan T1A bir SE görüntüsünde veri toplama sayısı (N_{aqs}) 2 ise inceleme süresi: 2x256x500 = 256 sn (≡ 4.26 dak)'dir.

$N_{aqs,}$ Sinyal/Gürültü oranını (SNR) artırmak için yapılan ölçüm sayısıdır. Tek ölçüm, SNR'si iyi bir görüntü oluşturmak için yeterli değildir. SNR'yi yükseltmenin en çok kullanılan yöntemi her faz kodlama gradiyent basamağında birden fazla ölçüm yapıp ortalamasını almaktır. Örneğin 4 ölçümle SNR ikiye katlanır.

Veri toplama süresini etkileyen diğer ölçüt ham veri matris boyutu ve özellikle faz kodlama basamak sayısıdır (N_{pe}). Matris boyutu çözümleme ve SNR'yi de etkiler. Kare şeklindeki bir ham veri matrisinde skenlerin (line'ların) sayısı örnekleme nokta sayısına (sütun) eşittir. Görüntü matrisinin boyutlarını genellikle sütun sayısı belirler. Örneğin sinyal 256 örnekleme noktasına ayrılarak yerleştirildiğinde ham veri matrisinde 256 sütun belirlenmiş olur. FOV aynı kalmak şartıyla matris boyutu arttıkça geometrik çözümleme artar. SNR değeri de vokselin hacmi ve sken sayısının (N_{pe}) karekökü ile orantılı olarak artar. Ham veri matrisi kare şeklinde olmak zorunda değildir, ancak görüntü matrisi daima kare şeklindedir.

MR görüntülemede, tek kesit için gerekli olan görüntüleme süresinde birçok kesit alınabilir. Bunun için eksite edilmiş kesitlerin relaksasyonları beklenirken farklı frekanslardaki RF pulsları gönderilerek başka kesitler de eksite edilir. Eksite edilen kesit sayısını sınırlayan faktörler başlıca TR ve TE dir. Belirli bir TR ve TE değerlerindeki SE veya GRE görüntü-



Resim 1.11 A. k-alanının görünümü. B. k-alanının merkezindeki verilerin kaldırılması görüntünün kontrastını düşürür. C. Periferindeki ham verilerin kaldırılması ise görüntünün uzaysal çözümlemesini düşürür.

lemede alınacak azami kesit sayısı TR/TE+Tc formülüne göre hesaplanır. Tc, frekans kodlama süresidir ve birkaç milisaniyeden birkaç 10 milisaniyeye kadar değişebilir. Bu değerin 40 msn olduğunu varsayarsak, TR'si 2000 msn, TE'si 80 msn olan T2A görüntülemede kesit sayısı 2000 / (80 + 40) = 16 olur.

Üç boyutlu veri toplama (3B Fourier değişim)

Bir hacim görüntüleme yöntemidir. Geniş bandlı nonselektif RF pulsu ile çalışılır.

Üçüncü boyuta da faz kodlama gradiyenti (PEG) uygulanır. Veri toplama süresi: TR x (z-aksındaki PEG basamak sayısı) x (y-aksındaki PEG basamak sayısı) x NEX formülünde görülebileceği gibi uzar.

İncelenen hacim izotropik veya anizotropik olabilir. İzotropikte voksellerin boyutu her yönde eşittir ve vokseller küp şeklindedir; anizotropik hacimde ise dikdörtgen prizma şeklindedir.

Bu yöntemle standart bir SE görüntüsü (TR 600 msn) almak çok uzun sürer (163 dakika!). Bu nedenle yöntem GRE sekansları ile kullanılır. Bir GRE yönteminde TR 50 msn olduğunda aynı süre 15 dakikaya düşer. Anizotropik voksel kullanmak PEG basamaklarını azaltarak bu süreyi daha da düşürür.

İzotropik 3B görüntülemenin avantajı her düzlemde rekonstrükte edilecek kesitlerin çözümlemesinin aynı olmasıdır. Rekonstrükte görüntülerin SNR oranları 2B kesitlerinkinden daha yüksektir. Bu özellik nedeniyle yüksek SNR'li çok ince kesitler rekonstrükte edilebilir. Hareket artefaktı olasılığının artması yöntemin dezavantajıdır.

Hızlı görüntü oluşturma

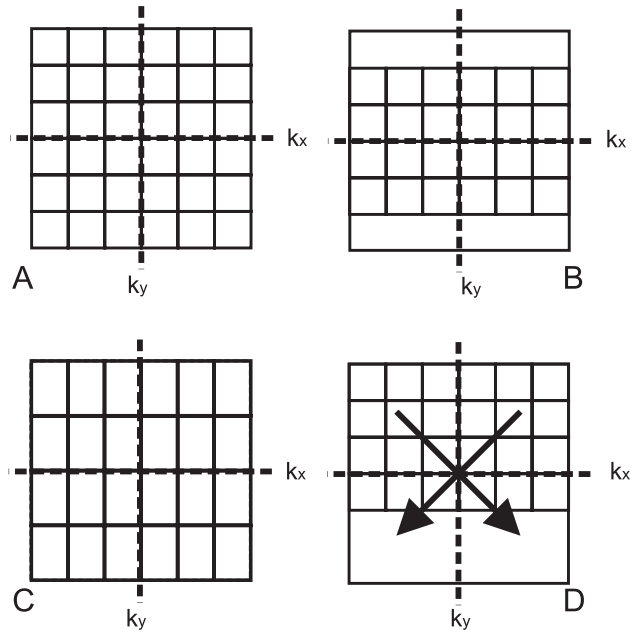
MR'de görüntüleme süresinin uzunluğu önemli bir sorundur. Bu süre aynı anda çok sayıda kesit alınması ile kısaltılmıştır. Tüm kesitlerin verilerinin sıralı değil de eş zamanlı olarak toplanması bu sürede oluşacak hareketin tüm kesitleri etkilemesi sonucunu doğurur. Bu nedenle inceleme süresini hala kısaltmaya gereksinim vardır.

MR'de görüntü oluşturmak için toplanan veri protonlardan gelen sinyaldir. Bu sinyalin ölçümü ne kadar fazla yapılırsa görüntünün diyagnostik kalitesi o kadar artar. Bu nedenle süre kısaltmak için yapılan her işlem görüntü kalitesini tehdit eder. Amaç görüntü kalitesinden en az ödün vererek en kısa veri toplama süresine ulaşmaktır.

Veri toplama süresinin kısaltılmasının en basit yöntemi NEX sayısını düşürmek ve multislays görüntüleme yapmaktır. Diğer bir önlem TR değerinin kısaltılması ve 180 derece pulsunun kaldırılmasıdır; GRE sekanslarında süre bu şekilde kısaltılmıştır. Süredeki bu kısalma görüntü parametrelerini değiştirdiği için görüntü kontrastının da değişmesine neden olur.

Görüntü kontrastında anlamlı bir değişiklik yapmadan veri toplama süresinin kısaltılmasının diğer bir yöntemi ise k-alanının boyutuna ve dolduruluş şekline müdahele etmektir. Bu amaçla şu düzenlemeler yapılabilir (Şekil 1.90):

1. Ham veri matrisi azaltılır: Faz kodlama basamak sayısı (sken sayısı) örnekleme noktasından (frekans kodlama sütunlarından) daha az tutulur. Daha az sayıda sken yapılması ölçüm süresini kısaltır, ancak faz kodlama yönünde çözümleme düşer. Çünkü örneklenmeyen sıralar interpolasyonla doldurulur. Buna karşılık az sayıdaki sıra nedeniyle voksel hacmi büyüyeceğinden SNR artar. K-alanındaki sıra/sütun oranı matris yüzdesini verir.
2. Dikdörtgen FOV: İncelenecek kesim abdomen ya da medülla spinalis gibi oval yapıda ise kare yerine dikdörtgen FOV kullanılır. Bu şekildeki bir FOV küçültülmesinde taranmayan sıra yoktur, dolayısıyla çözümleme düşmez. Görüntü dikdörtgendir. Faz kodlama basamağının azlığı eksik ölçüm yapılmasına değil, incelenen alanın küçülmesine bağlıdır. Birlikte ham veri matrisi de azaltılarak inceleme süresi daha da kısaltılabilir. Kare ham veri matrisinde düşük matris yüzde değeri çözümlemeyi düşürür, dikdörtgen FOV'da düşürmez, tersine SNR değeri artar.
3. Half-Fourier matris: Ham veri matrisinin özel bir simetrisi vardır. Bu nedenle matrisin yarısının örneklenmesi teorik olarak yeterlidir. Diğer yarı simetrik olarak rekonstrükte edilebilir. Çözümleme kaybı olmaz, çünkü tüm frekans bilgileri vardır ve veri rekonstrüksiyonu tamdır. Bununla birlikte sken sayısı yarıya düştüğü için SNR ikinin karekökü oranında azalır.
4. Paralel görüntüleme teknikleri: İlk tanımlanan tekniğin adı SENSE'dir ("sensitivity encoding"). Daha sonra değişik firmalarca geliştirilen SMASH, ASSET, iPAT gibi kısaltmalarla ifade edilen teknikler üretilmiştir. Bu yöntemlerde k-alanı faz kodlama ve kesit seçme yönlerinde paralel görüntüleme yapılarak doldurulur. Aynı anda çok sayıda faz dizilimli koil kullanıldığı için yüksek çözümlemeli görüntüler elde edilebilir.



Şekil 1.90 Hızlı görüntü oluşturmak için k-alanına müdahale şekilleri. A. Normal k-alanı B. Faz kodlama basamak sayısı düşürüldüğünde, çözümleme değeri de düşer, C. FOV'u dikdörtgen seçmek faz kodlama basamak sayısını düşürür, ancak çözümleme değerini düşürmez D. Half-Fourier matris. k-alanının kendine has simetrisi nedeniyle taranmayan kesim bu simetriden yararlanarak aynı verilerle doldurulur.

Hızlı SE sekansları: Genel adı "rapid acquisition with refocused echoes-RARE"dir. Turbo SE (TSE), "Fast" SE (FSE) gibi üretici firma isimleri ile anılır. Bu yöntemde bir TR süresinde bir değil çok sayıda 180 derecelik puls gönderilir. Her 180 derecelik pulsun ürettiği eko, faz gradiyenti çalıştırılarak k-alanında bir çizgiye yerleştirilir. 180 derecelik puls sayısına turbo faktör veya "echo train lenght-ETL" adı verilir. ETL sayısı 32'ye kadar çıkabilir.

İnceleme süresi turbo faktör oranında kısalır. Örneğin turbo faktörü 4 olan bir sekansta 1 ekonun alındığı sürede 4 eko alınacağı için süre 4 kat azalır (normal süresi 8.5 dakika iken, FSE de bu süre 2.1 dakikaya iner). Ayrıca her eko, k-alanının iki tarafına simetrik olarak yerleştirilerek veri toplama süresi yarı yarıya azaltılabilir. İnceleme süresindeki azalma mutlak değildir; 180 derecelik pulslar için gerekli süre nedeniyle kesit sayısı turbo faktörü ile ile ters orantılı olarak azalır.

Hızlı SE sekanslarında bir TR süresinde birden fazla eko oluşturulduğu için bir TE süresi belirlemek gerekir. Bu süreye etkin TE süresi adı verilir. Etkin eko zamanı 90 derecelik puls ile azami eko sinyali arasındaki süredir. Faz kodlayıcı gradiyentin en düşük amplitütte olduğu durumda defaze olayı minimaldir ve azami eko sinyali elde edilir. Etkin eko ile k-alanının merkez çizgisi doldurulur.

Sekansın görüntüleri konvansiyonel SE görüntülerine benzer. Ölçüm süresi çok kısaltılabildiği için tek nefes tutmada abdominal incelemeler yapılabilir. Konvansiyonel yönteme göre suseptibilite etkisine daha az duyarlıdır, dolayısıyla göreceli olarak beyindeki küçük kanamalar gözden kaçırılabilir. Yağ dokusu daha parlak görülür. RF puls zinciri nedeniyle absorbe edilen RF enerjisinin artıp müsade edilen seviyenin üstüne çıkması mümkündür.

Yöntemde çok sayıda 180 derecelik puls yerine tek puls kullanıp bu pulstan üretilen ekolarla k-alanının yarısı doldurulursa süre çok daha kısaltılmış olur ("**h**alf-fourier **a**cquisition **s**ingle-shot **t**urbo S**E**" – HASTE / Siemens). Hareket artefaktını elimine ettiği için koopere olmayan hastalarda ve pediyatride kullanılır. Görüntüler T2A'dır. Sekansın sonlarına doğru T2 değeri kısa olan dokuların eko üretememesi nedeniyle, faz kodlama yönünde aşağıya doğru çözümleme kaybı görülür.

Eko planar görüntüleme (EPI): Süre çok kısaltılmıştır. Single-shot ya da multishot yapılabilir. Single-shot teknikte bir 90° RF pulsunu faz ve frekans kodlama gradiyentlerinin uygulamaları izler. Görüntü bilgilerinin tümü bir TR süresinde toplanır. Önce 90 derecelik puls uygulanır, faz ve frekans gradiyentleri çalıştırılarak veri toplanmasına k-alanının periferinden başlanır. Hemen arkasından uygulanan 180 derecelik pulsla birlikte frekans ve faz kodlama gradiyentleri titreşim yapar şekilde hızla çalışmaya başlar. Oluşan ekolarla k-alanı zig-zag şeklinde (raster örneği) hızla doldurulur. Eko sayısına EPI faktör denir (tipik olarak 128). Eko gradiyentlerle oluşturulduğundan yöntem bir GRE yöntemidir. En yüksek ekonun oluştuğu süre efektif TE süresi kabul edilir.

Yöntemin SNR değeri ve çözümlemesi düşüktür (matrix 64x64 veya 128x64). Manyetik suseptibiliteye aşırı derecede duyarlıdır. Manyetik duyarlılık ve kimyasal şift artefaktları görülür. Veri toplama süresi 50 msn veya altındadır. Bu nedenle zamana bağlı fizyolojik olayların incelenmesinde (fonksiyonel MR, difüzyon/perfüzyon çalışmaları, çocukların beyin incelemesi, abdomende karaciğer ve böbreğin perfüzyonu) kullanılır.

EPI temelde bir "readout" modülüdür. Herhangi bir hazırlık puls sekansı ile birlikte kullanılabilir; dolayısıyla farklı kontrastlarda EPI sekansları elde edilebilir. Ancak görüntüler daima T2* ağırlığı taşır. Bu ağırlığın miktarı hazırlık pulsunun seçimine göre değişir. EPI diğer konvansiyonel yöntemlerle de kombine edilebilir (EPI-FID: PDA, EPI-SE: T2A, EPI-IR: T1A gibi).

MR puls sekanslarının sayısı, elde edilme yollarının ve ölçütlerinin çeşitliliği nedeniyle gittikçe artmaktadır. Temel amaç görüntü kalitesinden en az tavizle en kısa sürede görüntü elde etmektir. Üretici firmaların aynı amaçla çalışan sekanslara farklı isimler vermeleri konuyu ileri derecede karmaşıklaştırmıştır. Tablo 1.18'de büyük üretici firmaların aygıtlarında kullandıkları, aynı işlevi gören puls sekansların bellibaşlılarının akronimleri sunulmuştur.

KONTRAST MADDELER

MR kontrast maddeleri teorik olarak diamanyetik, paramanyetik ve süperparamanyetik maddelerden oluşabilir. Pratikte diamanyetik maddeler İV kontrast madde olarak kullanılmaz. MR'de kullanılan kontrast maddeler aktif paramanyetik veya süperparamanyetik maddeler içerir. BT'deki kontrast maddelerden farklı olarak MR kontrast maddelerinin kendileri görülmez; etkileri oturdukları dokuda protonların davranışlarını veya dokunun manyetik duyarlılığını değiştirmeye bağlıdır.

Tablo 1.18 Büyük üretici firmaların önemli puls sekanslarının akronimleri

Ana sekans	Alt sekanslar	Siemens	Philips	GE	Toshiba
SE	RARE	TSE	TSE	FSE	FSE
	IR-RARE	Turbo-IR	IR-TSE	FSE-IR	Fast-IR
	Single-shot RARE	HASTE	UFSE	SS-FSE	FASE
	GRASE	TGSE	GRASE	–	–
GRE	Spoiled GRE	FLASH	T1-FFE	SPGR	RF-spoiled FE
	Refoküse GRE	FISP	FFE	GRE	FE
	SSFP	PSIF	T2-FFE	SSFP	–
GRE (ultra-fast)	RAGE	Turbo-FLASH	TFE	FGRE	TFE
	MP-RAGE	T1-Turbo FLASH	IR -TFE	IR-ESPGR	Fast-FE
		T2-Turbo FLASH	Sat-TFE	DE-FSPGR	–

RARE: Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement
GRASE: Gradiyent and Spine Eco
SSFP: Steady-State Free Precession
RAGE: Rapid aquisition with Gradien Echo
MP: Magnetization prepared

Paramanyetik maddeler

Gadolinium şelatları ve manganez şelatı olmak üzere ikiye ayrılır. Gadolinium şelatları nonspesifik ekstrasellüler dağılım gösterirler. Manganez şelatı ise hepatositler tarafından tutulur.

Gadolinium şelatları: Gadolinium, dış orbitinde çift oluşturmamış 7 elektron taşıyan nadir yer elementidir. Gadopentat dimeglumin, gadodiamid, gadoterat meglumin ve gadoteridol farklı firmalar tarafından geliştirilmiş şelatlarıdır. En eskisi dietilentriamin pentaasetik asit (DTPA) ile şelat yapan gadopentat dimeglumindir (Gd-DTPA).

Bu maddelerin vasküler ve interstisyel bölmelerde dağılımı iyotlu kontrast maddelerin dağılımı gibidir. Dolaşıma verilen kontrast maddenin %95'i glomeruler filtrasyonla, %5'i hepatobiliyer ekskresyonla atılır. Şiddetli reaksiyon oluşturma oranı yaklaşık 1/350.000 dir; nefrotoksisitesi yoktur ve renal fonksiyonu bozuk hastalarda kullanılabilir. İyotlu kontrast maddelerden çok daha emniyetlidir. Baş ağrısı, bulantı, gibi minor reaksiyonlar olguların %1.5'unda görülür. Gebelerde kullanılmaması önerilir; süte geçtiğinden kontrast verilen anneler 24 saat emzirmemelidir.

Gadolinium-DTPA oturduğu dokunun T1 ve T2 değerlerini kısaltarak etki eder; T1 kısalması daha belirgindir. Bu nedenle kontrast madde T1A sekanslarda kullanılır. Beyinde davranışı iyotlu kontrast maddelere benzer. Kan-beyin bariyerinin bozulduğu bölgelerde tutulur. Kan-beyin bariyerinde bozulma oluşturmayan düşük greydli astrositom gibi lezyonlarda iyotlu kontrast maddelerde olduğu gibi tutulum olmayabilir. T1 değerini kısalttığı için kontrastlı yapılan incelemelerde görüntüleme süresi kısalır.

Mangafodipir trisodium (Mn-DPDP), manganezin zayıf bir şelatıdır ve İV verildikten sonra manganez ayrılır, serbest kalan manganez hepatositler tarafından alınır. DPDP'nin görüntülemede bir rolü yoktur; manganez iyonunun toksisitesini azaltır ve idrarla atılır. Beş adet eşlenmemiş elektronu nedeniyle güçlü paramanyetik etkiye sahip manganez T1 değerini belirgin şekilde kısaltır. Normal karaciğer parankiminin T1A görüntülerde intensitesi artar. İV 5 μmol/kg yavaş olarak verilir; 15 dk- 4 saat arasında karaciğerde sinyal intensitesi maksimal seviyededir.

Hepatoselüler orijinli fokal nodüler hiperplazi, adenom ve iyi diferansiye HCC gibi lezyonlar manganezi alır ve gecikmiş T1 görüntülerinde artmış sinyal intensitesinde görülürler; buna karşın hemanjiom, metastaz ve lenfoma gibi lezyonlar hepatosit içermedikleri için kontrast tutmaz. Pankreas, böbrekler, adrenal ve endokrin tümörlerin karaciğer metastazları da kontrast tutabilir. Temel kullanım alanı cerrahi planlanan olgularda, kolorektal kanserin karaciğer metastazlarının tam sayısını tespit etmektir.

Süperparamanyetik maddeler

Demir oksit partikülleri kullanılır. Büyük ve küçük partiküllü şekilleri vardır. RES tarafından tutulurlar.

Ferrumoksit: "Small" süperparamanyetik demir oksitlerin ("SPIO") ortalama partikül boyutu 50 nm'den büyüktür. Dolaşımdaki yarı ömürleri dakikalarla ölçülecek şekilde kısadır. Verilen dozun %80'i karaciğerde %6-10 kadarı dalakta birikir. Fagositik hücreler tarafından tutulur. Oturdukları dokunun T2 değerini düşürürler. Karaciğerin sinyal intensitesi 0.5-6 saatte azami derecede düşer ve 7 gün sonra normal seviyeye gelir. Malign tümör hücrelerinde fagositik hücreler yoğun değildir; bu nedenle hipointens karaciğer zemininde hiperintens kalırlar. Fagositik elementlere sahip olan FNH ve hemanjiom gibi lezyonların sinyal intensitesi düşer.

Ferrumoxstran: "Ultrasmall" süperparamanyetik demir oksit ("USPIO") partiküllerinin ortalama boyutu 50 nm'den küçüktür. Dolaşımdaki yarı ömrü 20 saatten fazladır ve dolayısıyla primer olarak lenf nodlarında yerleşebilir; SPIO'ların yarı ömürleri çok kısadır, bu nedenle lenf nodlarında birikemez. Karaciğerde ve dalakta yerleşir. Dokunun T1 değerini kısaltır. T1 tipi dolaşım kontrastı olarak da kullanılır; denge fazında MRA yapılır, tümör anjiogenezisini gösterir. Hepatik lezyonların karakterizasyonunda kullanılır; hemanjiom gibi perfüze lezyonlar T1A görüntülerinde hiperintens görülür.

GÖRÜNTÜ KALİTESİ

MR görüntülemenin temel amacı, tüm görüntüleme yöntemlerinde olduğu gibi varsa lezyonu saptamak, lokalize ve karakterize etmek, yoksa olmadığını söylemektir. Tanı için en iyi kalitede olan bir MR görüntüsünde lezyonla çevresi arasında yeterli ton farkı bulunmalı (kontrast), lezyonun kenarları belirsiz ve görüntü bulanık olmamalı (çözümleme), kumlu ve düzensiz, karlı televizyon ekranı gibi olmamalı (gürültü) ve nihayet anatomiye ait olmayan görüntüler içermemelidir (artefakt).

Kontrast

Lezyonların veya yapıların kontrastı saptanabilirliklerini belirler. Kontrastı, dokuya ait iç ve inceleme yöntemine bağlı dış faktörler etkiler. İç faktörler T1, T2, T2*, görece proton yoğunluğu, akım karakteristikleri ve komşu dokuların karakteristikleridir. Komşu doku karakteristiği derken dokular arasındaki kimyasal şift etkisi veya komşu lokalizasyondaki metalik klip, ferritin ve hemosiderin gibi incelenen alanın manyetik homojenitesini değiştiren faktörlerin varlığı kastedilir.

Dış faktörler operatör tarafından kontrol edilebilen parametrelerdir. Bunlar başlıca TR, TE, TI, FA, sekans tipi, voksel boyutu, ortalaması alınan veri toplama sayısı (NEX) ve kullanılan RF sargısının tipidir. İç ve dış faktörler arasında bir yere koyacağımız kontrast madde de kontrastı artıran önemli bir parametredir.

İç ve dış faktörler arasındaki karşılıklı etkileşim, incelenen bölgeyi, inceleme süresini ve görüntü kalitesini belirler. Dış faktörler, dokuda varolan kontrastın görüntü kontrastına çevrilmesini sağlar.

SNR

MR görüntülerinin mutlak (saf, başka faktörlere bağlı olmayan) kontrast duyarlılığı sonuçta sinyal/gürültü oranı (SNR) ile sınırlıdır. SNR, dokudan gelen ortalama sinyal yoğunluğunun, zeminden ölçülen sinyal yoğunluğundaki rastlantısal değişikliklere (standart deviasyon) bölünmesi olarak tanımlanır. MR görüntülemede SNR aşağıdaki formülle özetlenebilir:

$$\mathbf{SNR \sim I \times Voksel\ boyutu \times \frac{\sqrt{NEX}}{\sqrt{BW}} \times f\ (QF) \times f\ (B) \times f\ (kesit\ aralığı) \times f\ (rekonstrüksiyon)}$$

I: Puls sekansına bağlı sinyal intensitesi

Voksel boyutu: FOV, kesit kalınlığı ve matris boyutuna bağlı

NEX: Aynı voksel için sinyal toplama işleminin sayısı

BW: Alıcının ayarlandığı frekans band genişliği

f (QF): RF sargısının kalite faktörlerinin fonksiyonu

f (B): Manyetik alan gücünün fonksiyonu

f (kesit aralığı): Kesitlerin arasındaki aralığın fonksiyonu

f (rekonstrüksiyon): Rekonstrüksiyon algoritminin fonksiyonu

I, dokudan gelen sinyal intensitesini gösterir. Sinyal yoğunluğu vokseldeki transvers manyetizasyona bağlıdır. Transvers manyetizasyon ise RF pulsu ile longitudinal manyetizasyondan yaratılır. Sinyal, voksel haciminin lineer bir fonksiyonudur. Voksel hacmi de FOV, matris boyutu ve kesit kalınlığı ile hesaplanır. Voksel hacmi arttıkça, doğal olarak sinyal intensitesi artar.

Voksel hacmi, [FOV_x / Piksel sayısı (x)] x [FOV_y/ piksel sayısı (y)] x kesit kalınlığı (z) formülü ile hesaplanır. SNR, voksel hacmi ile doğrusal olarak artar. 256 x 256 matristen 256 x 128 matrise inmek SNR'yi 2 misli artırır.

Voksel hacminin azalması SNR'yi düşürür. Bu düşüş, N_{acq} artırılarak kısmen karşılanmaya çalışılır. SNR, N_{pe} ve N_{fe} değerlerinin kare kökleri ile ters orantılı olarak düşer. Doğal olarak N_{pe} değerinin artması görüntüleme süresini uzatır, N_{fe}'nin artmasının ise görüntüleme süresi üzerine etkisi yoktur; ancak N_{fe} artışı verilerin daha hızlı toplanmasını gerektirir.

NEX, eksitasyon sayısıdır. SNR, NEX'in karakökü ile orantılı olarak artar. Örneğin NEX 2 olduğunda SNR = $\sqrt{2}$ = 1.4 olur. SNR'yi iki katına çıkarmak için NEX 4 olmalıdır. 1/2 veya 3/4 NEX faz kodlama basamak sayısının azalması demektir; görüntüleme süresi kısalır, ancak SNR düşer.

BW, alıcının ayarlandığı band genişliğidir. Dar BW, merkez frekansın çevresinde dağılan frekansların az olduğunu ifade eder. BW ile SNR, kimyasal şift etkisi ve TE süresi arasında tersine bir orantı vardır. BW arttıkça bu üç ölçüt de azalır.

SNR ile BW arasında yaklaşık 1/ $\sqrt{}$BW ilişkisi vardır. BW'i 8 kHz den 4 kHz'e düşürdüğümüzde SNR yaklaşık % 40 oranında artar. BW, örnekleme süresi ("dwell time"-ΔT) ile ters orantılıdır: BW= 1/ΔT. Band genişliği azaldıkça örnekleme süresi uzar. Örnekleme süresinin uzaması ise gürültüdeki dalgalanmanın dengelenmesini sağlar; sinyale göre gürültü oranı düşer. SNR, örnekleme süresinin (ΔT) karekökü ile orantılı olarak düşer.

SNR değerini artırmak için dar BW ile çalışılmalıdır. BW daraldıkça kimyasal şift etkisi belirginleşir. Bu nedenle yüksek SNR için, kimyasal şift artefaktının görüntüyü bozmaması şartıyla dar BW tercih edilir.

RF sargısı kalite faktörü, RF sargısının duyarlılığını gösterir ve arttıkça SNR artar. Sargıdan doğan kayıplar SNR'nin düşmesine neden olur. Sargının incelenen bölgeye yakınlığı SNR'yi artırır, ancak incelenen alanda görüntünün üniformitesi bozulur. Vücut sargısı orta derecede, yüzey sargıları yüksek derecede kalite faktörüne sahiptir.

Manyetik alan gücü arttıkça SNR doğru orantılı olarak artar. 1.5 T'lik bir sistemde, 0.5 T sisteme göre, SNR'nin 3 misli artması beklenir.

Bir pikselin sinyal yoğunluğu, manyetizasyona, yani vokselin içindeki eksite spin sayısına bağlıdır. Manyetik alan gücü ne kadar yüksekse sinyal de o kadar yüksek olur. Yüksek manyetik alan gücünde uzaysal çözümleme artar. Yüksek alan gücü SNR'yi artırır ve daha ince kesit alınabilir. Ancak yüksek alan gücü RF soğurulmasını artırarak ısı oluşumuna neden olur, artefakt olasılığı artar, T1 relaksasyon süresi uzar. Bu uzama, longitudinal manyetizasyon saturasyonunu artıracağından T1 kontrast duyarlılığında azalmaya neden olur.

MR incelenmesinde her ölçülen sinyalin üzerine belirli bir miktar gürültü biner. Hasta ve sistem, her ikisi birden gürültü kaynağıdırlar. 1.0-1.5 T'lik aygıtlarda hasta kaynaklı gürültü daha belirgindir.

Çapraz uyarma ("cross-exitation"), komşu kesitlerdeki spinlerin satürasyonuna ve kontrast-noise oranının, dolayısıyla kontrastın düşmesine neden olur. Çözüm için kesitler arasında aralık bırakılır veya kesitler, sıra atlanarak uyarılır.

Veri toplama ve rekonstrüksiyon algoritimleri, SNR üzerinde çok etkindir. SNR'yi artırmak için nokta veri toplama, çizgi veri toplama, 2B Fourier transform veri toplama, 3B Fourier transform hacimetrik veri toplama gibi birçok yöntem kullanılır. Bu yöntemlerin tümünde eksite dokunun hacmi SNR'de temel belirleyicidir. Rekonstrüksiyon filtreleri de SNR'yi etkiler. Kenar keskinliğini artıran "high-pass" filtreleme SNR'yi düşürürken, "smooting" yapan "low-pass" filtrasyon SNR'yi artırır, ancak çözümleme düşer.

CNR

İki ayrı yapının benzer gürültü değerlerine sahip olduğunu varsayarsak, SNR leri arasındaki fark iki doku arasındaki kontrast/gürültü (C/N) oranını (CNR) verir.

$$\mathbf{CNR = SNR_a - SNR_b}$$

Bir incelemenin tanı değerini saptamada C/N oranı S/N oranından çok daha önemlidir. Yağ dokusuna gömülü kontrast madde tutan tümöral bir yapı yüksek

sinyal yoğunluğu nedeni ile saptanır. Ancak sinyal farklılığı olmadığı için çevreden ayrılamaz. Benzer şekilde beyaz cevher içerisinde T1A görüntülerde sinyal farklılığı olmadığı için ayrılamayan bir tümöral lezyon, puls sekansı değiştirilip T2A görüntü elde edildiğinde görülür hale gelir. Burada yapılan işlem lezyonun S/N oranı aynı kalırken beyaz cevher S/N oranını düşürmek, yani C/N oranında net bir artış sağlamaktır. SNR bir yapının saptanabilirliğini, CNR ise çevreden ayrılabilirliğini belirler. Komşu yapıları saptama ve birbirinden ayırabilme yeteneğine incelemenin çözümleme gücü adı verilir. Çözümleme gücü, SNR ve CNR değerlerinin her ikisi ile de ilgilidir.

Bir inceleme yönteminin çözümleme gücü lezyonun boyutuna ve lezyon ile zemin arasındaki C/N oranına bağlıdır. Bir lezyon ne kadar küçükse saptanabilmesi için C/N oranı o kadar yüksek olmalıdır. Büyük lezyonlarda C/N oranı düşük olsa da lezyon görüntülenebilir. Çözümleme gücünü artırabilmek için dokular arasındaki kontrastı etkileyen bazı ölçütler değiştirilebilir. Seçilen puls sekans, TR, TE (eğer uygulanıyorsa TI ve FA) değerleri ve daha az etkili olmak üzere kesitler arasında bırakılan mesafe değiştirilerek C/N oranı artırılabilir.

Dokunun T1 ve T2 değerlerini değiştirmek için kullanılan kontrast madde, lezyon ve çevresi arasındaki C/N oranını yükselterek incelemenin çözümleme gücünü artırır.

Uzaysal çözümleme

Bir nesnenin görülebilirliğini belirleyen en önemli ölçüt boyutudur. Nesnenin görüntülenebilir boyutunun sınırı voksel boyutudur. Genellikle MR, geniş FOV (> 25 cm) ve 0.5-1.0 mm'lik piksel boyutuyla, yüksek kontrastlı objelerde BT'ninkine hemen hemen eşit geometrik çözümleme sağlar. 25 cm FOV ve 256 x 256 matriste piksel boyutu 1 mm'dir. Küçük FOV, yüksek gradiyent gücü ve yüzey sargıları ile etkin piksel boyutu 0.1-0.2 mm'ye kadar düşer. Standart MR incelemelerinin kesit kalınlığı 5-10 mm'dir ve parsiyel hacim etkisi fazladır.

Voksel hacmi FOV, matris boyutu ve kesit kalınlığı ile kontrol edilir. Ayni FOV'da matris boyutu arttıkça piksel boyutu küçülür, dolayısıyla voksel hacmi azalır. Matris boyutu sabit kalmak koşuluyla FOV artarsa voksel hacmi artar. Kesit kalınlığı artınca da voksel hacmi artar. Voksel haciminin artması parsiyel hacim etkisinin artmasına ve dolayısıyla lezyon kenarlarının bulanıklaşmasına neden olur.

YAĞ SEKANSLARI

Yağ moleküllerinde bulunan protonların ($CH_{2)}$ relaksasyon süreleri kısa olduğundan yağ dokusu, konvansiyonel SE T2A görüntüler dışında hemen hemen tüm MR sekanslarında yüksek sinyal verir. Yağın artmış sinyali hiperintens görülen birçok lezyonun örtülmesine neden olur. Diğer dokuların daha iyi görülebilmesi için yağdan gelen sinyaller baskılanmak istenir. Bu amaçla değişik görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir.

Seçici baskılama yöntemi

Frekans seçici presaturasyon, kimyasal saturasyon isimleri de verilir. Yöntem yağdaki protonların diğer ortamlardaki protonlardan az da olsa farklı frekansta presesyon yapmaları temeline dayanır (kimyasal şift). Uygulanacak puls sekansının başında yağ dokusundaki protonların presesyon frekansında bir RF pulsu gönderilir. Bu puls yalnız yağdaki protonların manyetizasyonunu transvers düzleme aktarır. Hemen arkasından uygulanan defaze edici ("spoiler") bir gradiyentle bu transvers manyetizasyon ortadan kaldırılır. Böylece sekans başladığında ortamda yağa ait bir manyetizasyon kalmamış olur ve dolayısıyla da yağdan sinyal alınmaz.

En sık kullanılan yağ baskılama tekniğidir. Kontrast madde ile birlikte uygulanabilir. Bazen yağın presesyon frekansının selektif eksitasyonunun tam yapılamaması nedeniyle baskılama yetersiz olabilir. Yöntemin temeli kimyasal şift etkisine dayandığı için küçük teslalı aygıtlarda uygulanamaması da bir dezavantajdır.

Yöntem lipom, liposarkom gibi yağ orijinli tümörlerin tanısında ve hızlı SE sekansları ile birlikte kemik iliği ödeminin saptanmasında değerlidir.

Su eksitasyon yöntemi

Sadece su içeren dokuların uyarılması temeline dayanır. Buna uygun RF pulsları kullanıldığından, yağdaki protonlar eksite edilmez ve dolayısıyla sinyal vermezler. Frekans seçici bir presatürasyon işlemidir.

Yağı baskılayan ve suyu eksite eden bu yöntemler manyetik alan inhomojenitelerine aşırı derecede duyarlıdır. Hastanın kendisinin manyetik susebtibilite etkisi bile alanı etkiler. Bu nedenle ana manyetik alan, hasta yerleştirildikten sonra, ölçüme başlamadan önce şimlenmelidir.

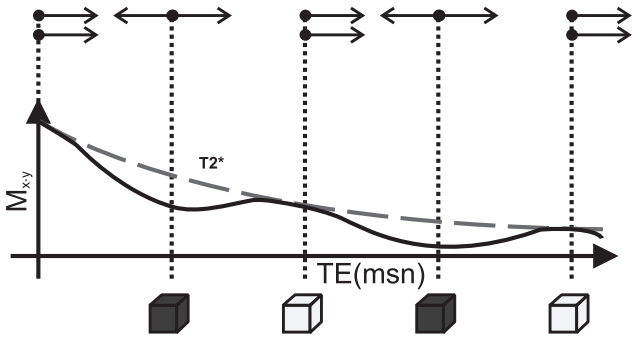
STIR

IR sekansında 90 derecelik eksitasyon pulsu, yağdaki protonların longitidunal manyetizasyonlarının sıfır olduğu anda ("null point") uygulanır. Bu noktada yağa ait longitudinal manyetizasyon bulunmayacağı için yağdan transvers manyetizasyon oluşmaz ve dolayısıyla yağdan sinyal alınamaz (Resim 1.12). Yağın protonlarının sıfır noktası cihazın gücüne göre değişir, 1.5 T'lık aygıtlarda bu değer 140-180 msn civarındadır.

STIR yağ baskılama tekniklerinin en basitidir. Düşük teslalı cihazlarda da uygulanabilir. Yöntem dokular arasındaki kontrastı da değiştirir. Bu değişiklik sekans parametreleri değiştirilerek ayarlanabilir. Yağ dokusundan başka, T1 değeri yağ dokusuna yakın olan diğer dokulardan (subakut hematom, kontrast tutan dokular gibi) gelen sinyallerin de baskılanması yöntemin dezavantajıdır. Optimal TI değerinin kişiden kişiye değişmesi, hatta aynı kişide farklı vücut bölgelerinde değişik olması nedeniyle baskılama tam olarak yapılamayabilir. Yöntemde SNR düşüktür.

Aynı fazda ve karşıt fazda ("in-phase/out-of-phase") görüntüleme

Yağ ve sudaki protonların presesyonlarının farklı olması fazlarının da farklı olması sonucunu doğurur. Bu faz farklılığı her iki gruptaki protonların siklik olarak aynı fazda ve karşıt fazda (180 derece) olmalarına neden olur. Bu iki durum arasındaki süre 1.0 teslalık aygıtlarda 3.4 msn, 1.5 T aygıtlarda 2.25 msn'dir. Bir vokselde su ve yağ protonları varsa aynı faz konumunda vokselden gelen sinyal artar, karşıt faz konumunda ise azalır (Şekil 1.91). Bu artma ve azalmanın derecesi vokseldeki yağ ve su protonlarının oranına bağlıdır.



Şekil 1.91 Aynı fazda ve karşıt fazda görüntüleme. Aynı fazda sinyal yükseliyor, karşıt fazda düşüyor.

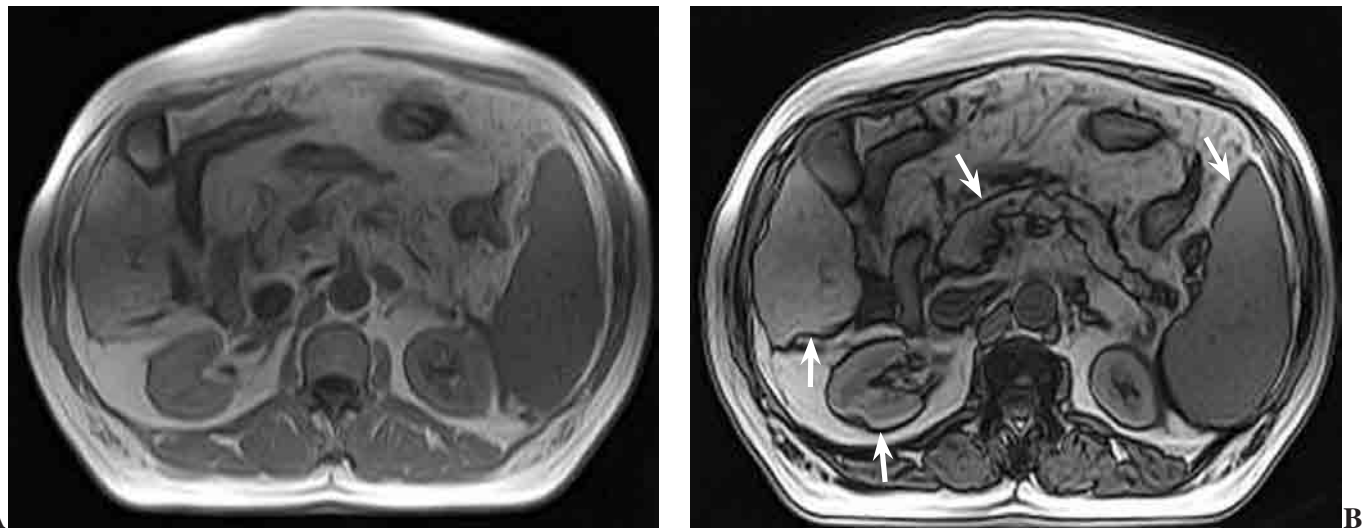
İncelemede genellikle "spoiled" GRE sekansları kullanılır. İncelenen bölgenin aynı ve karşıt fazda görüntüleri alınır. Örneğin 1.5 T aygıtlarda çalışılıyorsa TE değeri 4.2 msn seçildiğinde aynı faz, 2.1 msn seçildiğinde ise karşıt faz görüntüleri elde edilir. Mikroskopik seviyede yağ bulunan kesimlerde, karşıt fazda alınan görüntülerde sinyal kaybı görülür.

Parankimal organların sınırlarındaki vokseller, organı çevreleyen yağ ve organın parankim dokusunun karışımından oluşur. Bu voksellerde su ve yağ protonları birbirine yakın oranlardadır. Abdomen çalışmalarında, bu şekildeki parankimal organların sınırları, karşıt fazdaki görüntülerde voksellerdeki sinyal kaybı nedeniyle çini mürekkepi ile çizilmiş gibi siyah görülür (Resim 1.13).

Yöntem küçük miktarlardaki yağ dokusunu saptayabilir. Özellikle hormon salgılamayan adrenal kitlelerinde, adenom/adenom dışı ayırımında değerlidir. Yağın saptanması adenom tanısı koydurur. Karaciğerin yağlı dejenasyonunu da duyarlılıkla saptar. Uygulaması basit ve hızlıdır. Buna karşılık yağ sinyallerinin kısmen baskılanması, sudan gelen sinyallerin ve kontrast maddenin de baskılanabilmesi yöntemin dezavantajıdır. Yağa gömülü küçük tümörleri saptamak da zor olabilir.



Resim 1.12 STIR yağ baskılama görüntüsü. Küboid kemikte kemik iliği ödemi (ok).



Resim 1.13 Aynı (A) ve karşıt (B) fazlarda yapılan görüntüleme. Karşıt fazdaki görüntülerde parankimal organları çevreleyen yağa bağlı olarak sınır voksellerinde sinyal kaybı ve çini mürekkeple çizilmiş gibi siyah kenar görünümü (oklar).

Yağ baskılama tekniklerinin kullanım alanı çok geniştir. Yağın yüksek sinyalinin anormal yapıyı örtme olasılığı bulunan her yerde, çoğu zaman da kontrast madde ile birlikte kullanılır. Büyük FOV'lu kesitlerde alan inhomojenitesine bağlı olarak yağ baskılama her bölgede eşit olmayabilir. Bu durumu düzeltmek için, ilgilenilen bölge merkeze getirilebilir, inceleme planı değiştirilebilir, daha küçük FOV kullanılabilir ve/veya daha iyi bir şimming (shimming) yapılabilir. Görüntülerde bağırsak gibi havalı yapıların komşuluğunda artefaktlar görülebilir. Önemli bir sinyal kaynağı olan yağ dokusu baskılandığı için genel olarak görüntülerin SNR'leri düşüktür.

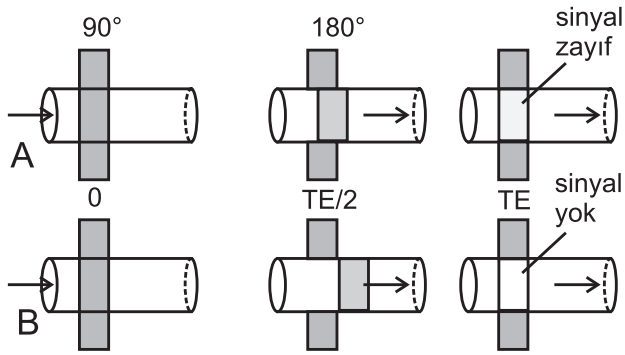
MR-ANJİOGRAFİ

MR harekete çok duyarlı bir yöntemdir. İstemli ya da istemsiz tüm hareketler durağan MR görüntülerini bozan artefakt kaynağıdırlar. Bu sorunu çözebilmek için çok hızlı veri toplayan sekanslar geliştirilmiştir. MR'nin harekete karşı bu duyarlılığından akımın değerlendirilmesinde yararlanılır. Akıma bağlı sinyal farklılıklarından MR-anjiografi görüntüleri elde edilir.

Hareket eden sıvıların (kan veya BOS) MR sekanslarındaki görünümü, akımın hızı, damarın kesite göre durumu, akımın şekli (türbülan / laminar) gibi akımla ilgili ve seçilen puls sekansı, veri toplama şekli gibi yöntemle ilgili birçok ölçüte göre değişir. MR incelemelerinde akım, uygulanan sekanslara bağlı olarak düşük veya yüksek sinyal intensitesinde görülür.

MR'de akım

Standart SE puls sekanslarında ilki 90°, ikincisi 180° olan iki RF pulsu uygulandıktan sonra sinyal ölçülür. Eksite edilen kesitteki damarlardaki kan, sinyal dinleme sürecinde kesit dışına çıkmış olacağından damar içinden alınan sinyal zayıflar ("washout effect"); akım çok hızlı ise hiç sinyal alınamaz ("flow void") (Şekil 1.92). Bu olay SE görüntülerde akımın hipointens görülmesinin bir nedenidir; diğer nedeni, akan kandaki spinlerin refokuse edilememesidir. Durağan spinler gibi refokuse edilip aynı faza getirilemediği için eko



Şekil 1.92 SE sekansında akım. A. Yavaş akımda "washout effect"; kan yavaş aktığı için 180 derecelik pulsu uygulandığında kesitteki kan tümüyle kesiti terk etmemiştir, sinyal elde edilir fakat zayıflamıştır. B. Hızlı akımda "flow void" etki; 180 derecelik puls uygulandığında kesit içerisinde refoküse edecek proton kalmamıştır, sinyal elde edilemez.

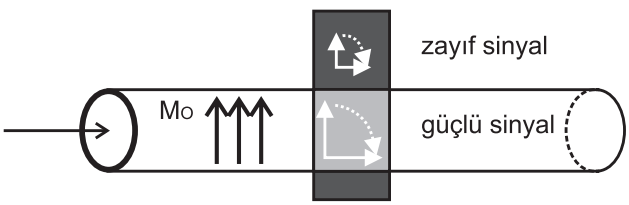
da üretemezler. MR kesitlerinde akımın sinyalsiz görülmesinin diğer bir nedeni olan bu olaya faz etkisi adı verilir.

Buna karşılık akımın hızı belirli bir seviyenin altına düşerse çevredeki durağan dokuya göre daha güçlü sinyal verebilir. Bunun nedeni akım zenginleşmesi ("flow related enhancement") olayıdır (Şekil 1.93). Kesitteki durağan dokularda ardışık eksitasyonlar sonucu kısmi bir saturasyon görülür. Kesite yeni giren kan ise tam manyetizedir ve yüksek sinyal verir. SE görüntülerde belirli bir hızdan sonra "washout" etki artar ve akım zenginleşmesi azalır (Şekil 1.94).

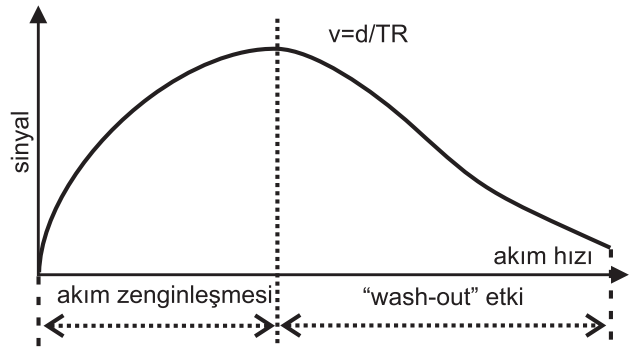
GRE sekanslarında eksite hacimdeki spinlerin "recovery"leri için yeteri kadar beklenmez, dokuda satürasyon olur ve sinyal şiddeti düşer. Böyle bir kesite dışarıdan giren kandaki spinler satüre olmayacağından ("full" manyetize) yüksek sinyal verirler. Bu olay özellikle GRE sekanslarında vasküler sistemin parlak görüntülenmesinin temel mekanizmasını oluşturur. Bu sinyalin amplitüdü, çevredeki hareketsiz dokudaki sature spinlerden 10 kat fazladır.

GRE görüntülerde akım zenginleşmesi, akım hızı ile doğru, kesit ya da hacim kalınlığı ve TR süresi ile ters orantılıdır. Akım zenginleşmesinin en belirgin olduğu hız kesit kalınlığını sekansın TR değerine bölerek elde edilir. Örneğin kesit kalınlığı 5mm, TR değeri 40 msn ise bu değer (v) = 5 mm/40 msn = 12.5 cm/sn olur. Puls sekans devam ettikçe kesite giren kan da kısmen sature olur ve sinyalleri gittikçe çevre dokunun sinyalleri ile eşitlenir. Aynı nedenle bu etki tek kesit alındığında daha belirgindir; akan kandaki spinlerin bir önceki kesitte satüre olma olasılığı yoktur. GRE sekanslarındaki akım zenginleşmesi arteriyel ve venöz akımlarda olduğu gibi BOS akımında da belirgindir.

Tanımladığımız akımla ilgili bu kurallar akımın longitudinal manyetizasyonda oluşturduğu değişiklere bağlıdır. Akım sadece longitudinal manyetizasyonda değişiklik oluşturmaz, transvers manyetizasyonda da akıma bağlı değişiklikler meydana gelir. Bir gradiyent alanda akan kanın spinleri akıma bağlı olarak duran dokulardan daha hızlı defaze olur. Bunun iki nedeni vardır. Birinci neden spinlerin gradiyent uygulanmış alanda hareket ederek daha fazla alan inhomojenitesine maruz kalmalarıdır. İkincisi ise protonların birbirlerine göre farklı hızda akmaları nedeniyle faz farkı oluşturmalarıdır.



Şekil 1.93 Akım zenginleşmesi. Kısa TR'ler nedeniyle durağan dokular satüre olur ve sinyal zayıflar. Kesitteki damara dışarıdan giren kan ise satüre değildir ve güçlü sinyal verir.



Şekil 1.94 Akımın hızına göre akım zenginleşmesi ve "wash-out" etki. Akım zenginleşmesinin en belirgin olduğu nokta (v), kesit kalınlığının (d) TR değerine bölünmesi ile hesaplanır.

Faz farkı SE görüntülerde akımın hipointens görülmesinin diğer bir nedenidir; durağan spinler gibi refokuse edilip aynı faza getirilemediği için eko da üretemezler. Türbulan akımda bu nedenle faz şifti daha belirgindir. Stenozların çıkışında görülen türbulan akım oluşturduğu defaze etki ile sinyalin belirgin kaybına ve stenotik segmentin olduğundan daha uzun görülmesine neden olur.

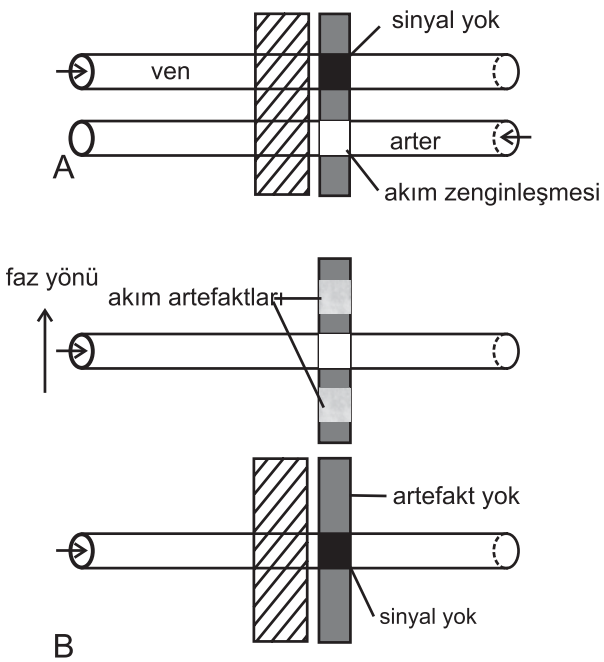
Akıma bağlı sinyal artımını belirginleştirerek yararlanmak MR anjiografinin temelidir. MR-anjiografinin, "Time-of-Flight" (TOF) anjiografi ve faz kontrast anjiografi (PCA) adlı iki temel yöntemi vardır. TOF tekniği longitudinal, PCA ise transvers manyetizasyondaki akıma bağlı ortaya çıkan değişiklikler üzerine kuruludur. Konvansiyonel anjiografide oldugu gibi kontrast madde vererek kontraslı MR-anjiografi de (K-MRA) yapılır. Yöntemlerin kısa bir karşılaştırması Tablo 1.19'da sunulmuştur. Kalp ve büyük damarların incelenmesinde ise genellikle siyah akım tekniği tercih edilir.

MR anjiografiler elde edilirken incelenecek bölgenin alt veya üstüne konan satürasyon bantları sayesinde incelenecek akıma karşıt yönde gelen akımlar

Tablo 1.19 MRA yöntemlerinin karşılaştırılması

	TOF		PCA	K-MRA
	2B	3B		
Üstün yönleri	Satürasyon sorunu 3B'den az, yavaş akım (BOS bile) hiperintens	Yüksek çözümleme SNR yüksek, ince kesit alınabilir "Cross-talk" etki yok Harekete daha az duyarlı	Satürasyona duyarlı değil Yavaş akıma duyarlı Akımın yönü ve hızı ile ilgili bilgiler verir.	EKG eşleşmesi gerekmez Satürasyon olmaz Geniş FOV
Zayıf yönleri	TE görece uzundur, türbulans sinyal yokluğuna neden olur. Harekete çok duyarlıdır.	Saturasyon sorunu var, iyi kontrast için akım hızlı olmalı. Çözüm: MOTSA*	İnceleme süresi uzun Akımın hızı bilinmeli, bilinmezse yanlış kodlama olur.	Kontrast madde kullanımı
Kullanım şekli	3B standart (2B "triggered": çok iyi görüntü) Karotiste ve renal arterlerde Karında venöz yapılar (2B) Periferik arterler (3B) (pratikte K-MRA kullanılıyor)		Yavaş akım Dural sinüsler Periferik arterler BOS akımı	Tüm arteriyel sistem

**"Multiple Overlapping Thin Slab Aquisition"*



Şekil 1.95 Akımdan gelen sinyali ortadan kaldıran presatürasyon bantları. A. Akımın kesite doğru olduğu yönde, kesitin önüne uygulanacak presatürasyon bantı ile kesite giren kan satüre edilerek sinyalsiz hale getirilir. B. Aynı yöntem hareket artefaktına neden olan damarın önüne uygulanırsa hareket artefaktı ortadan kalkar.

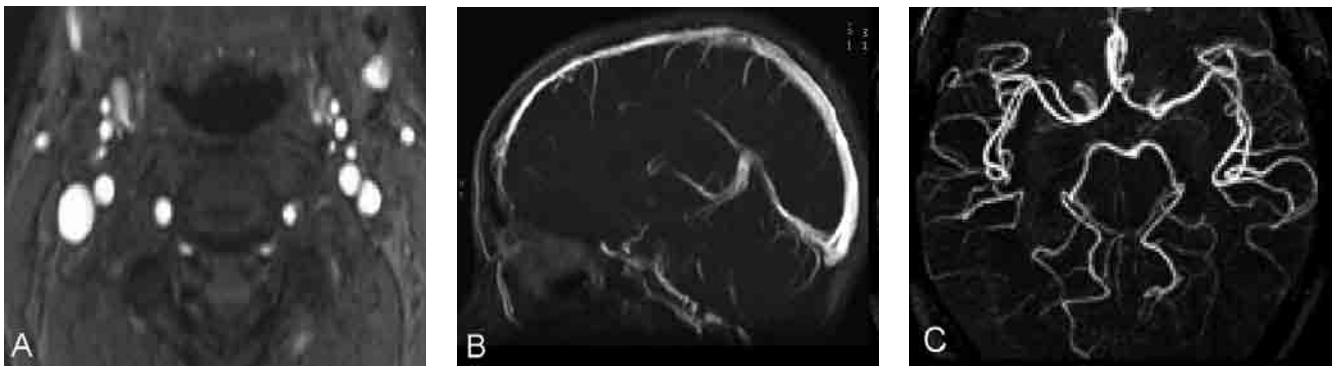
baskılanır. Böylece istenmeyen damarların görüntüyü karıştırması önlenmiş olur (Şekil 1.95).

TOF anjiografi

GRE sekansları kullanılır. 2B veri toplamada GRE teknikleri (GRASS-general elektrik, FISP-siemens) kullanılır. Bu sekanslarda anatomik kontrast yetersizdir, ancak yüksek kontrast parlak kan görüntüleri sağlar (Resim 1.14).

Yöntemin fizik kuralı kesite giren kanın yüksek sinyal vermesidir ("inflow ehancement", "flow related enhancemet"). Damar aksiyal olarak görüntülenir, akım kesit düzlemine dik gelir. Önce görüntülenecek kesitteki dokular, T1 değerlerinden kısa TR süresi kullanılarak satüre edilir. Bu sürede damar kesitindeki satüre kan kesit düzlemi dışına çıkar, yerine satüre olmamış manyetizasyonu denge fazında yeni kan gelir. Satüre olmuş zeminden sinyal alınmazken damara yeni gelen kan yüksek sinyal nedeniyle parlar.

Veriler ardışık ince kesitlerle (2B), bir hacimden (3B) veya ikisinin arasındaki bir yöntem olan, kalın doku bloklarından toplanabilir. Hacimden toplanan verilerle yapılan anjiogramlarda görüntülenen hacimde distale doğru gidildikçe satürasyonun artması ve kontrastın düşmesi sorundur. Bu sorun, incelenecek hacmin daha küçük bloklara bölünerek incelenmesi ile



Resim 1.14 TOF anjiografi. A. Anjiografik görüntünün yapıldığı aksiyal anjiografi kesitleri, B. Serebral venografi, C. Serebral arteriyografi.

çözülmeye çalışılmıştır. Distale doğru sekansın vuruş açısını artırmak da satürasyon sorunun çözümüne yardım eder. Böylece satürasyon nedeniyle düşen sinyal, transvers manyetizasyon miktarı artırılarak kompanse edilmeye çalışılır. Damar/zemin kontrastını artırmanın diğer bir yöntemi manyetizasyon transfer kontrasttır.

Elde edilen veriler azami intensite projeksiyon (MİP) algoritmi ile işlenerek 3B anjiografik görüntüler elde edilir. Bu yöntemde incelenen hacimdeki kesitler rekonstrükte edilir ve değişik projeksiyonlardan üç boyutlu olarak reforme edilir. Damarın kesite göre en iyi konumda olmaması nedeniyle damarın intensitesinde değişiklikler görülür.

Hacim görüntülemede SNR oranının yüksekliği küçük damarların daha iyi görülmesine yardımcıdır; fakat satürasyon sorunu nedeniyle ancak hızlı akım en iyi kalitede görüntülenebilir, yavaş akımı görüntülemek sorunludur. Bu nedenle satürasyonun en az düzeyde olduğu 2B görüntüler, yavaş akımlarda daha duyarlıdır ve intrakranial ve abdominal venöz yapıların gösterilmesinde kullanılır. Görüntü oluşturma süresi de daha kısa olduğundan hareket artefaktlarından etkilenmeyecek olan toraks ve abdominal damarlarda tercih edilebilir. Hacim görüntüleri ise başlıca intrakranial ve alt ekstremite distal arterlerinin incelenmesinde kullanılır. Periferik damarların inceleme süreleri uzundur. Örneğin aort bifurkasyonundan topuğa kadar olan damarların TOF görüntüleri 2 saatten fazla sürede alınabilir.

Akım kontrastı longitudinal manyetizasyon farklarına dayandığından T1 değeri çok kısa olan methemoglobin gibi kan ürünleri akım görüntüsü ile karışabilir (Resim 1.15).

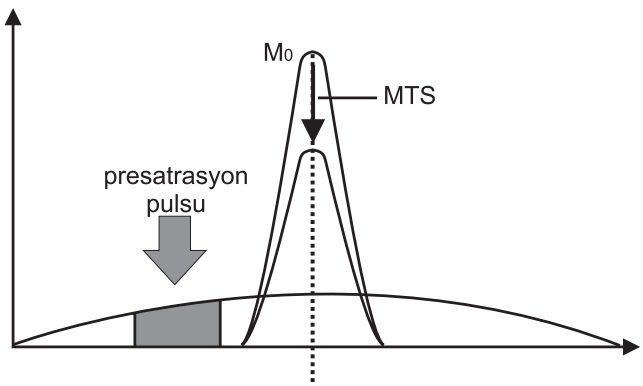


Resim 1.15 TOF anjiografilerinde methemoglobinin akım sinyali ile benzeşmesi. A. Ponsta kavernöz anjiom nedenli kanama, B. TOF anjiografide yüksek intensitesi nedeniyle lezyon anevrizma şüphesi uyandırıyor, C. PCA görüntüsü. Yöntem akıma duyarlı olduğu için kanama görülmüyor.

Manyetizasyon transfer kontrast: Genellikle TOF anjiografi ile birlikte uygulanan bir puls sekans varyasyonudur. Amacı durağan dokuyu satüre ederek akım kontrastının görece artmasını sağlamaktır. Manyetizasyon transfer kontrast, protein makromoleküllerindeki sıkıca bağlı protonlar ile çevrelerindeki serbest su protonları arasındaki etkileşimin sonucudur; iki grup arasında manyetizasyon değişimi olur.

Protein gibi makromoleküllerin büyük bir bölümünü hidrojen oluşturur. Hidrojen atomları bu makromoleküllere sıkıca bağlıdır ve serbest su içerisindeki hidrojenlere göre T2 süreleri çok kısadır ve rezonans frekansları da geniş bir band aralığı gösterir. Dokuya uyguladığımız Larmor frekansına yaklaşık 1.500 Hz'lik bir RF eki yaparak bu protonlar kısmen sature edilir. Makromoleküllerin protonlarındaki bu manyetizasyon çevrelerindeki serbest su protonlarına transfer edilebilir. Böylece durağan dokunun saturasyonu artar ve sinyal kaybı görülür (Şekil 1.96). Akım sinyali görece olarak artar. Bu da görüntü kontrastını iyileştirir. Sonuçta beyin, karaciğer, kas gibi protein içeriği yüksek yapılar baskılanarak akıma bağlı sinyal artımı vurgulanmış olur.

Teknik kalp, göz, gibi organların incelenmesinde, multiple sklerozun tanısında ve diz kıkırdağını incelemede yararlıdır ve bazı durumlarda bu yöntemle doku karakterizasyonu yapmak da mümkündür.



Şekil 1.96 Manyetizasyon transfer kontrast. Protein makromoleküllerine sıkıca bağlı olan protonların rezonans frekansları serbest sudaki protonlarınkinden, çok az olmak üzere, farklıdır. Bu bağlı protonlar rezonans frekanslarındaki RF pulsları ile satüre edilirler. Satüre edilen bu protonlar aldıkları manyetizasyonu çevrelerindeki dokuda bulunan serbest su moleküllerindeki protonlara aktararak onların da kısmen satüre olmasına neden olur. Böylece dolaylı olarak kısmen satüre olan durağan dokudan gelen sinyal düşer (manyetizasyon transfer supresiyon-MTS). Kesit içerisindeki damardaki akım bu olaydan etkilenmeyeceği için akımdan gelen sinyalle doku sinyali arasındaki fark artar ve dolayısıyla kontrast da artmış olur.

Faz kontrast anjiografi (PCA)

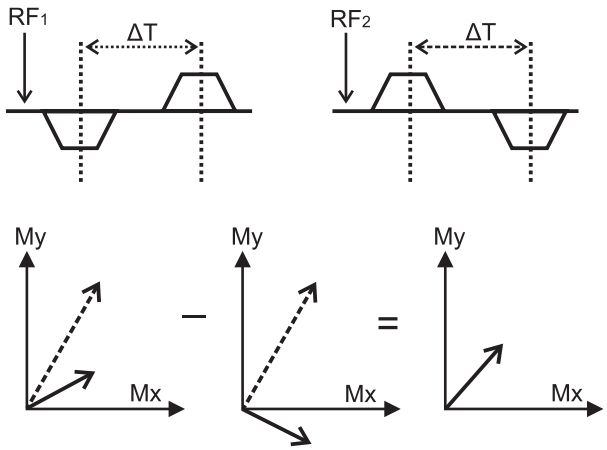
Duran spinlere bipolar bir gradiyent uygulanırsa, spinler önce defaze, sonra refaze olur ve sinyal elde edilir. Bu süreçte hareket etmiş olan spinlerde durum farklıdır. İlk gradiyent uygulandığında oluşan faz şifti akım nedeniyle hızlanır ve ters uygulanan gradiyentle tamamen kompanse edilemez. İkinci gradiyentin uygulanmasından sonra kalan faz şifti akımın hızı ile orantılıdır. Bu olay faz kontrast anjiografinin temelidir. Hız ne kadar fazla ise defaze olma o kadar fazla, akım kodlaması da o kadar parlak olur. Tersine akımlar siyah renkle kodlanırlar.

Yöntemin dayandığı fizik kural, akımın durağan dokuya göre daha hızlı defaze olmasıdır. Görüntü durağan doku ile akım arasındaki faz farkından oluşturulur. Gradiyent uygulaması ile bir dokuda oluşturulan faz bozulması, aynı şiddette ancak ters yöndeki bir gradiyentle düzeltilir. Akan kanda bu mümkün değildir, hatta uygulanan ikinci gradiyent akıma bağlı faz bozulmasını daha da artırır.

Faz değişikliğini saptamak için biri pozitif diğeri negatif olan bipolar gradiyent belirli bir ara (ΔT) ile uygulanır. Hemen arkasından gradiyentler tersine çevrilerek sekans tekrar edilir. Durağan spinlerde faz değişikliği görülmezken hareket eden spinlerde faz kaybı ortaya çıkar. İkinci sekans verilerini birincisinden çıkardığımızda, durağan spinlerden gelen sinyaller iptal olur, hareketli spinlerden gelenler belirginleşir (Şekil 1.97). Faz şiftinin derecesi hız kodlama süresine (ΔT) ve eksite hacim içindeki spinlerin hızına bağlıdır. Hız kodlama süresinin doğru seçimi ile bir çeşit aliasing olan "faz wrap error" (> 180° faz değişikliği) önlenir ve incelediğimiz hıza en uygun faz şifti aralığı seçilmiş olur.

Akımın oluşturduğu faz değişikliğinin yönü akım yönünü, miktarı ise ("magnitude") akım hızını gösterir. Anjiografik görüntüler her iki parametreden biri temel alınarak elde edilebilir. Magnitude görüntüler akıma duyarlıdır, ancak yönünü göstermez. Faz görüntüleri ise yön ve hız bilgilerini birlikte taşır.

Akımın intensite değişiklikleri faz şiftinin miktarına bağlıdır; en parlak pikseller bir yöne doğru en hızlı akımı, en koyu yerler de karşı yönde en hızlı



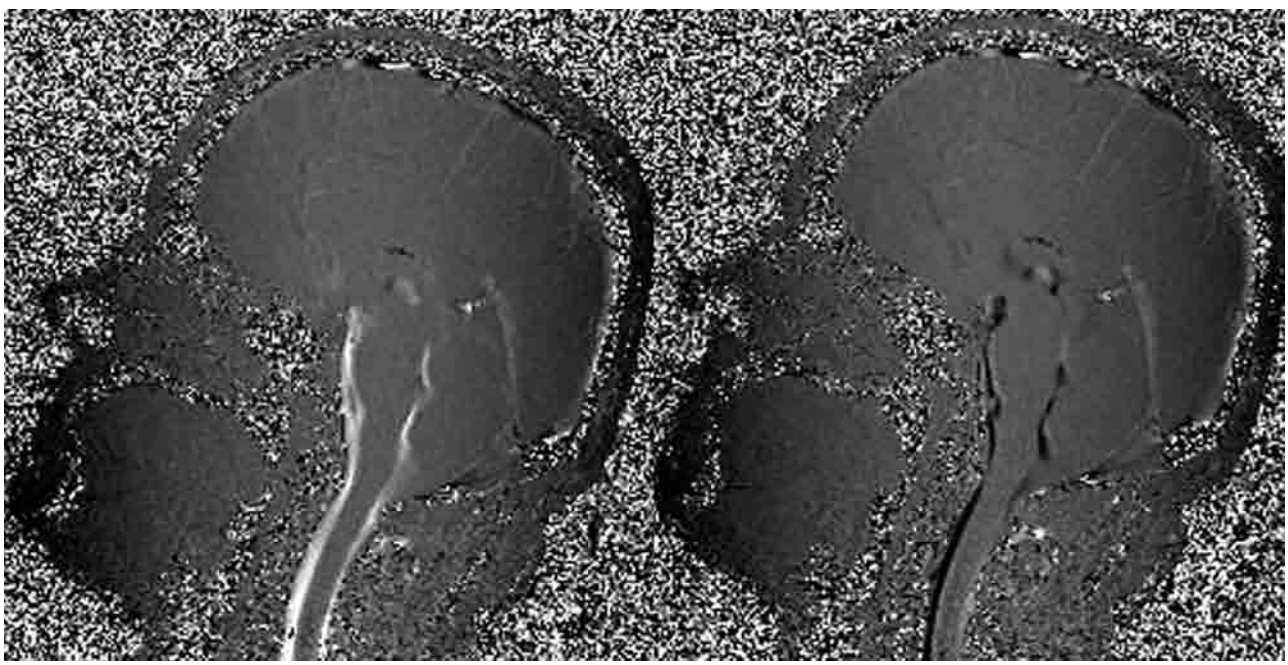
Şekil 1.97 Faz kontrast anjiografi. Kesite gönderilen ilk eksitasyon pulsundan sonra, birbirine zıt çalışan iki gradiyent belirli bir ara ile (ΔT) uygulanır. Durağan doku defaze ve refaze olur, faz farkı oluşmaz; ancak akan kandaki spinler defaze olur. Aynı sekans gradiyentleri tersine uygulayarak tekrar edildiğinde akan protonlardaki defaze olayı artarken durağan dokuda yine bir değişiklik olmaz. Bu iki verinin birbirinden çıkarılması ile durağan dokunun eksitasyon değerleri birbirini götürür ve doku silinir; akan protonların faz farkları eklenerek belirginleşir. Bu işlem DSA'daki subtraksiyon yöntemine benzer.

akımı gösterir, ölçeğin ortasında (orta gri) hız sıfırdır (Resim 1.16). Akım turbulansı da faz şifti oluşturur. Bu türbülans stenozların distalinde görüldüğü zaman stenoze segmentin olduğundan daha büyük görünmesine neden olur. Sekansın TE değeri kısaltılarak bu etki azaltılabilir. Bu etki stenoze segmentin uzunluğu değerlendirilirken göz önüne alınmalıdır.

TOF'tan farklı olarak PCA kantitatif bir yöntemdir ve düzgün kalibre edildiğinde akımın hızını ve yönünü doğru olarak söyler (Resim 1.17). İncelemede akım hızı uygulayıcı tarafından seçilir; doğru seçim iyi bir anjiografi elde etmek için önemlidir. Akım hızına göre düzgün kalibrasyon yapılmazsa akım yanlış kodlanabilir. Akım hızının yüksek girilmesi gürültüyü artırır, düşük girilmesi aliasinge neden olur. Yöntem yavaş akımı çok iyi görüntüler (Resim 1.18). 2B ya da 3B PCA görüntüler elde edilebilir.

Pratikte PCA'nın görüntüleme süresi TOF'tan daha uzun ve uygulaması daha sorunludur. Akım hızı görüntülemede kritik belirleyen olduğu için damarları kıvrımlı ve düzensiz olan olgularda kaliteli görüntü elde etmek zordur. Akımı kontrastsız görüntüleyen her iki yöntemde de türbülan akım sinyal kaybına neden olur. Sonuçta stenozlar olduğundan daha uzun ve daha dar görülebilir.

Renal arterler gibi küçük damar parçalarının görüntülenmesinde TOF veya kontrastlı MRA görüntülerinin hız ve debi ölçümü açısından tamamlayıcısı olarak kullanılır.



Resim 1.16 PC BOS görüntüleri. Sistol ve diyastolde BOS akımının birbirine ters yönde olması nedeniyle akım bir yönde sinyal artışı şeklinde, karşı yönde ise tam tersi sinyalsiz görülmektedir.

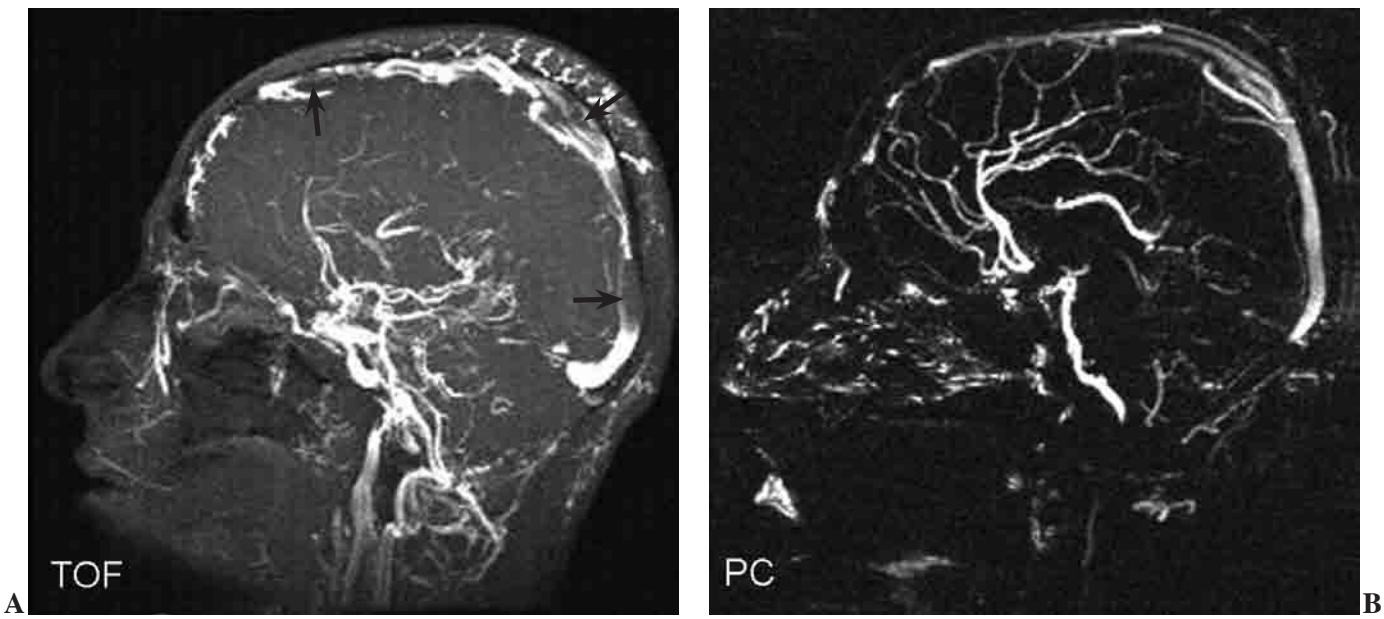


Resim 1.17 Normal basınçlı hidrosefalisi olan bir olguda A. T2, B. PC BOS akımı ve C. kantitatif değerlendirilmesi. Akım ölçümü serebral aquduktus düzeyinden elde edilmiştir. Maksimum hızlar 12 cm/sn üzerindedir. Bu değer, normal BOS-akım hızından oldukça yüksektir (normal sınırlar 3-5cm/sn).

Kontrastlı MRA

Yöntem konvansiyonal anjiografi gibidir; gadolinyumlu kontrast maddeler kullanılır. Kontrast madde kanın protonlarının T1 değerini kısaltır ve kan, T1A görüntülerde yüksek sinyal verir. Tek bir nefes tutmada geniş bir bölge taranabilir. Sinyal artımı ve görüntü kalitesi damar içerisindeki kontrastın konsantrasyonuna bağlıdır. Verilerin, kontrastın en yüksek konsantrasyonda olduğu zaman toplanması en iyi görüntü elde edebilmenin ön şartıdır. Bunun için k-alanı santralden ve hızla doldurulur. Kontrast madde konsantrasyonunun en yüksek olduğu zaman veri toplanması, kanın venöz sisteme geçerek görüntüyü bozmasını da önlemiş olur.

Yöntemin uygulanması için sistemin gradiyent performansı yüksek olmalıdır. Hızlı görüntüleme teknikleri gerekir. Anjiogramlar 3B T1A "spoiling" gradiyent GRE sekansaları ile elde edilir. İnceleme en düşük TR ve TE değerleri ile ve SNR'yi artırmak için 35-40 derecelik vuruş açısıyla uygulanır. 2B ve 3B



Resim 1.18 Yavaş akımın PC anjiyografi ile gösterilmesi. A. TOF anjiografide sagital sinüste satürasyona bağlı kodlanmayan alanlar (oklar), B. PC anjiyografide görüntüleniyor.

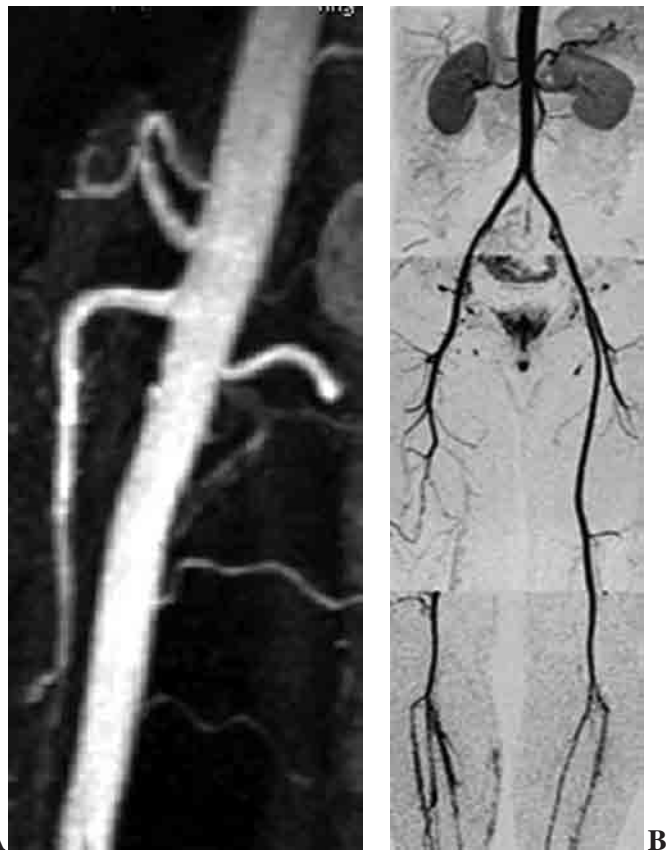
yöntemleri ile birlikte kullanılabilir. Satürasyon sorunu olmadığından geniş FOV ile çalışılabilir (Resim 1.19).

Sinyal kaynağı kanın kısalmış T1 değeri olduğu için, kontrastsız yöntemlerde sorun olan kıvrımlı damarlar ya da stenotik bölgeler sorun oluşturmaz. Görüntüleme düzlemi istenildiği gibi seçilebilir, damarın görüntüleme planına dik gelmesi gibi bir zorunluluk yoktur. Kontrast maddesi nefrotoksik değildir.

Siyah kan görüntüleme

Kanın sinyalsiz görüldüğü hızlı sekanslar kalbin ve büyük damarların görüntülenmesinde kullanılır. Görüntüler SE sekansı ile oluşturulur ve T1A'dır. Akımı siyah olarak görüntülemenin en çok kullanılan yöntemi çift IR pulsu uygulamasıdır. Siyah kan görüntüleme adı verilen bu yöntemde, damar lümeninden gelen sinyalleri baskılamak için iki tane IR manyetizasyon hazırlama pulsu kullanır. Birinci 180 derecelik puls seçici değildir ve incelenen hacimdeki tüm protonları tersine çevirir. Hemen arkasından gönderilen ikinci bir 180 derece pulsu ile sadece görüntülenen kesitteki protonların manyetizasyonları restore edilir. Görüntü, iki puls arasındaki süre kadar sonra uygulanan eko zinciri 8-16 arasında değişen hızlı SE sekansı ile oluşturulur. Bu süreçte kesite dışarıdan giren kan protonları inverte olduğu için eksite edilemez ve dolayısıyla sinyal vermez. Kesitteki diğer kesimlerden normal sinyal alınırken kesite giren kan sinyalsiz, siyah görülür.

Görüntüler MR sinyali olmadan elde edildiğinden görece olarak SNR düşüktür; bu nedenle küçük damarlarda değil kalpte ve büyük damarlarda değerlidir. Yöntem EKG ile senkronize ve nefes tutturularak uygulanır. En kolay ve hızlı yöntemdir. Damar duvarının, intramural hematomun ve diseksiyonun gösterilmesinde değerlidir.



A **B**

Resim 1.19 Kontrastlı MR anjiografi. A. Abdominal aorta, B. Alt ekstremite arterleri.

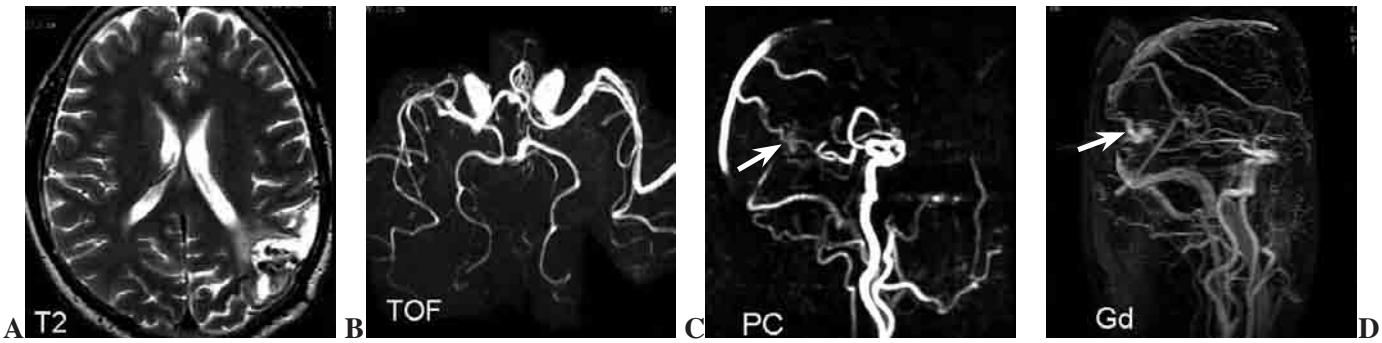
MRA'nın klinik kullanımı

Kontrastsız MR anjiografi akımın görüntüsüdür; bu bakımdan renkli Doppler yönteminin analoğudur. Kontrastlı MR'de ise akım bilgisi değil morfoloji görüntülenir; yani iyotlu kontrast madde anjiografisinin analoğudur. Kontrastlı MR anjiografide görüntü kalitesi akıma bağlı değildir, hızlı ve yavaş akımın ikisi de görüntü düzlemine bağlı olarak aynı şekilde görüntülenir. İnceleme süresinin kontrastsız anjiografiye göre daha kısa olması nedeniyle klinikte daha çok kontrastlı MRA uygulanır.

Aort anevrizma ve diseksiyonu, koarktasyon ve pulmoner arter anormallikleri MRA ile ayrıntılı olarak incelenebilir.

Karotid arter darlıklarında tarama testi olarak denenmektedir. Ancak türbülan akım nedeniyle darlıklar olduğundan daha fazla görülürler. Şiddetli stenoz tam tıkanma şeklinde görülebilir. Tarama için hacim görüntüleme yöntemleri kullanılır. Pratikte, kalsifik plak varlığı veya yüksek bifurkasyon gibi Doppler US'nin teknik olarak yetersiz uygulanabildiği veya şiddetli stenoz/trombüs ayırımının yapılamadığı durumlarda yararlıdır.

Beyinde büyük anevrizmalar saptanabilir. Küçük ve/veya tromboze anevrizmalar gözden kaçabilir. Türbülan akım, anevrizmanın boyutununun olduğundan küçük görülmesine neden olur. Anevrizmadaki trombus, içinde methemoglobin fazında kan varsa akım sinyalini bozar. AVM'ler MR ile görüntülenir (Resim 1.20).



Resim 1.20 AVM'de MR anjiyografi. A. T2-ağırlıklı görüntüde sol parietooksipital sulkusta AVM görülüyor. B. TOF anjiyografide lezyon gösterilemezken, C. PC anjiyografi görüntüsünde lezyonun her iki tarafı da görüntüleniyor (ok). D. Kontrastlı MR anjiyografide lezyon daha ayrıntılı görülüyor (ok).

DİFÜZYON AĞIRLIKLI GÖRÜNTÜLEME DAG)

MR görüntüleme harekete çok duyarlıdır. Örneğin frekans kodlama gradiyenti yönündeki kan akımı sinyal kaybına neden olur. Yöntemin harekete olan bu duyarlılığı güçlü gradiyentler kullanılarak dokudaki difüzyon hareketinin saptanmasına kadar genişletilebilir. Difüzyon hareketi de diğer hareketlerde olduğu gibi protonların defaze olmasını hızlandırarak sinyal kaybına neden olur. Sinyal kaybı hareketin hızı ile doğru orantılıdır.

Difüzyon, dokudaki su moleküllerinin rastlantısal hareketleridir. Çevrede sınırlayıcı bir yapı yoksa bu hareket her yöne doğru rastlantısal olarak devam eder. Bu tür difüzyona izotropik difüzyon denir. Hücre zarı gibi sınırlayıcı yapıların varlığında difüzyon yöne bağlı olmak zorundadır. Bu tür difüzyona da anizotropik difüzyon adı verilir. Normal dokulardaki sınırlanmamış difüzyon enfarkt gibi sitotoksik ödeme yol açan durumlarda hücre şişmesine bağlı olarak yavaşlar. Bu durumda dokudaki difüzyon sınırlanmıştır.

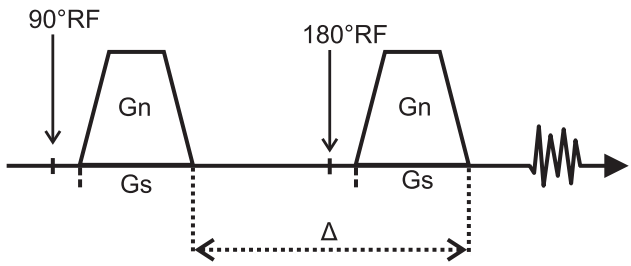
Difüzyon ağırlıklı görüntüler elde etmek için çok hızlı sekanslar kullanmak gerekir. Bu amaçla EPI ya da hızlı GRE sekansları kullanılır. Dokudaki difüzyonu ölçebilmek için kullanılacak sekansa, biri 180 derece pulsunun önüne, diğeri arkasına olmak üzere güçleri eşit olan iki adet güçlü gradiyent (difüzyon gradiyentleri) eklenir (Şekil 1.98). Eksite edilen protonlar birinci gradiyentle defaze, ikinci gradiyentle refaze edilirler. Bu süreçte protonlar hareket etmemişse defaze ve refaze olan miktar aynı olduğundan güçlü bir sinyal elde edilir. İki gradiyent arasında, ortamdaki protonlar hareket nedeniyle faz farkları oluşturmuşsa refaze olan miktarda azalma olur ve sinyal azalır. Difüzyonun neden olduğu bu sinyal kaybı eksponansiyaldir ve şu şekilde ifade edilebilir:

$$\textbf{Sinyal} = S_0 . \exp(-bD)$$

b = difüzyon ağırlık faktörü,
D = dokunun difüzyon katsayısı

Difüzyon ağırlık faktörü (b), difüzyonu ölçmek için puls sekansında uygulanan gradiyentlerin, sürelerinin ve diğer faktörlerin tüm etkilerinin toplamıdır ve sekansın difüzyona ne kadar duyarlı olduğunu gösterir. Örneğin beynin T2A görüntüsünde bu değer sıfırdır. Formülde görüldüğü gibi dokudaki difüzyon ve kullandığımız yöntemin difüzyon ağırlığı arttıkça sinyal hızla azalır.

Difüzyon ağırlıklı görüntülerin ana endikasyonu beyin enfarktlarının erken saptanmasıdır. Enfarktta dokuda sitotoksik ödem gelişir ve difüzyon sınırlanır. Difüzyonun normal olduğu kesimlerde difüzyona



Şekil 1.98 Diffüzyon ağırlıklı görüntüleme. EPI sekansında, 180°'lik RF pulsunun önüne ve arkasına eşit şiddette (Gn) ve sürede (Gs) aynı polaritede 2 güçlü gradiyent eklenir. Gradiyentler, diffüzyona bağlı hareketi belirleyebilecek kadar güçlü olmalıdır. Hareketin defaze etkisi nedeniyle difüzyonun belirgin olduğu kesimlerde sinyal düşer.

bağlı sinyal kaybı görülürken difüzyonu kısıtlanmış bölgeler hiperintens görülür.

Enfarktın tanısı ve yaşının saptanmasında difüzyon ağırlıklı görüntülerle birlikte "apparent diffusion coefficient"-ADC haritaları kullanılır. ADC haritaları elde etmek için biri difüzyon gradiyentli diğeri gradiyentsiz iki görüntü alınır. ADC değeri, bu iki görüntüdeki sinyal oranlarının negatif logaritmasıdır. Örneğin akut enfarktlı bir olguda, difüzyon gradiyenti uygulanmadan alınan görüntüde, enfarkt alanının ölçülen sinyal intensitesinin 10 olduğunu varsayalım. Difüzyon gradiyenti uygulandığında normal kesimlerdeki sinyaller belirgin düşerken, difüzyonun kısıtlanması nedeniyle enfarkt alanında bu düşüş daha az olur. Difüzyon gradiyenti uyguladığımızda enfarkt alanında ölçtüğümüz sinyal intensite değeri de 5 olsun. Bu durumda ikisi arasındaki oran 0.5, bu değerin negatif logaritması da 0.7 olur. Normal bir olguda ise ilk değeri yine 10 kabul edersek, difüzyon gradiyenti uygulandığında difüzyonda hiçbir kısıtlama olmadığı için sinyal belirgin şekilde düşer. Bu değerin 2 olduğunu kabul edersek sinyal oranı 0.2, negatif logaritması ise 1.6 olur. ADC değerleri sinyal oranlarının negatif logaritması ile ölçüldüğü için ADC haritasında enfarkt alanı siyah (0.7), normal kesim ise parlak (1.6) görülür.

Difüzyon ağırlıklı görüntülerde T2 parlaması denilen yüksek sinyal bazen tabloyu karıştırır. ADC haritalarında bu etki görülmez; akut bir enfarktın sınırlanmış difüzyonu siyah, diğer dokular ve eski bir enfakttaki sınırlanmamış difüzyon görece parlak görülür. Dolayısıyla DAG ile birlikte ADC haritaları kullanılarak enfarktın yaşı değerlendirilir. Akut enfarkt alanı DAG'da parlak ADC haritasında siyah, vakit geçtikçe DAG ve ADC görüntülerinde ara intensitede, eski enfarkt ise DAG'da siyah ADC haritasında parlaktır (Resim 1.21).

Difüzyon tensör görüntüleme

Anizotropik difüzyonun yönü ve büyüklüğü ADC ile tanımlanamaz. Tensör, matematiksel bir işlemdir ve üçten fazla elemana dayanarak tanımlanabilen vektörel niceliktir. Difüzyonal tensör, difüzyonu üç boyutlu ortamda tanımlayan matematiksel bir modelin gösterimidir.

Basit bir tensör oluşturmak için en az 6 yönde difüzyon gradyentinin (b = 800–1200) uygulandığı ve bir de (b = 0) uygulanmadığı toplam 7 ölçüm gerekir. Difüzyon tensörü, difüzyonun yönü konusunda bilgi verir, ADC gibi difüzyon oranını göstermez.

Tensör görüntüsü ve bilgisi elde etmek için çok kesitli "single-shot" EPI sekanslar kullanılır.

Paralel görüntüleme (SENSE faktör 1.5-3.0) veya PROPELLOR gibi tekniklerle birlikte uygulandığında görüntü distorsiyonları azaltılır ve daha kaliteli görüntüler elde edilebilir.

Difüzyon tensör görüntüleme ile beyaz cevherin ayrıntılı anatomisi incelenebilir. Özellikle beyaz cevherin asosiasyon, projeksiyon ve komissural fiberleri ayrıntılı olarak gösterilebilir. Beyaz cevherde ortaya çıkan dejenerasyon, miyelin yıkımı, tümöral infiltrasyon ve kitlesel itilme birbirinden ayrılabilir.

PERFÜZYON GÖRÜNTÜLEME

Kapiller sistem aracılığı ile dokunun perfüzyonu ile dokuya gerekli olan besin ve oksijen getirilir, karbondioksit gibi atıklar alınır. Konvansiyonel perfüzyon ölçümlerinde dolaşıma verilen radyoaktif veya kontrast madde gibi diğer ajanların zaman içerisindeki dağılımı izlenir, görüntülenir ve ölçülür

MR perfüzyon yönteminde de temel prensip aynıdır. MR'de yapılacak işlem, perfüze eden kanın relaksasyon değerlerini değiştirmektir. Bu amaçla konvansiyonel yöntemde olduğu gibi dışardan bir madde verilebilir. Bu yönteme eksojen MR perfüzyon yöntemi denir. Endojen yöntemde ise dışarıdan bir madde verilmez.

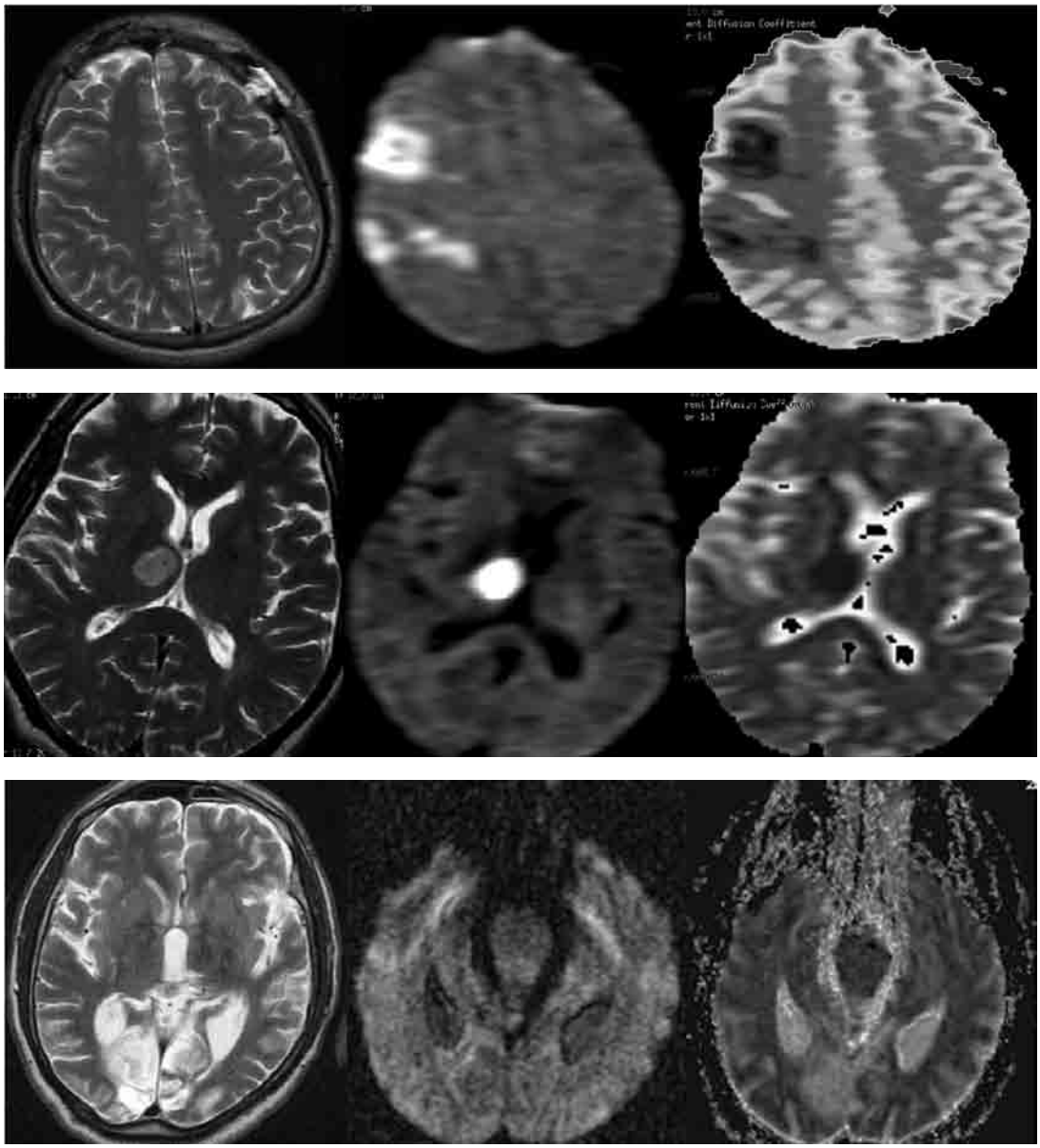
Eksojen MR perfüzyon çalışmalarında en sık kullanılan ajan gadoliniumlu kontrast maddedir (Gd-DTPA). Gadolinium ile kanın protonlarının relaksasyan parametreleri değişir ve $T2^*$ değeri kısalır. Dokuya serbestçe difüze olabilen, ^{2}H (deuterium) ^{3}He, ^{17}D ve ^{19}F gibi ajanlar da kullanılabilir.

Endojen yöntemde dışarıdan verilen bir madde yoktur, spesifik eksitasyonlarla dolaşan kanın kendisi kontrast oluşturur hale getirilir. Örneğin "black blood" perfüzyon yönteminde alan dışında işaretlenen protonlar incelenen bölgeyi perfüze ettiğinde sinyal intensitesini düşürür. Bu düşüş, zamana göre grafiklenerek değerlendirme yapılır.

Perfüzyon görüntüleme klinik pratikte sık olarak inmenin erken tanı ve izleminde, tümöral lezyonların evrelemesinde ve tümör dokusu ile radyasyon nekrozu ayrımında kullanılmaktadır (Resim 1.22).

Fonksiyonel görüntüleme

Kan oksijen seviyesine bağlı olan ve BOLD ("blood oxygen level-dependent") adı verilen bir fonksiyonel MR görüntüleme yöntemidir. Beyinin aktivite göste-

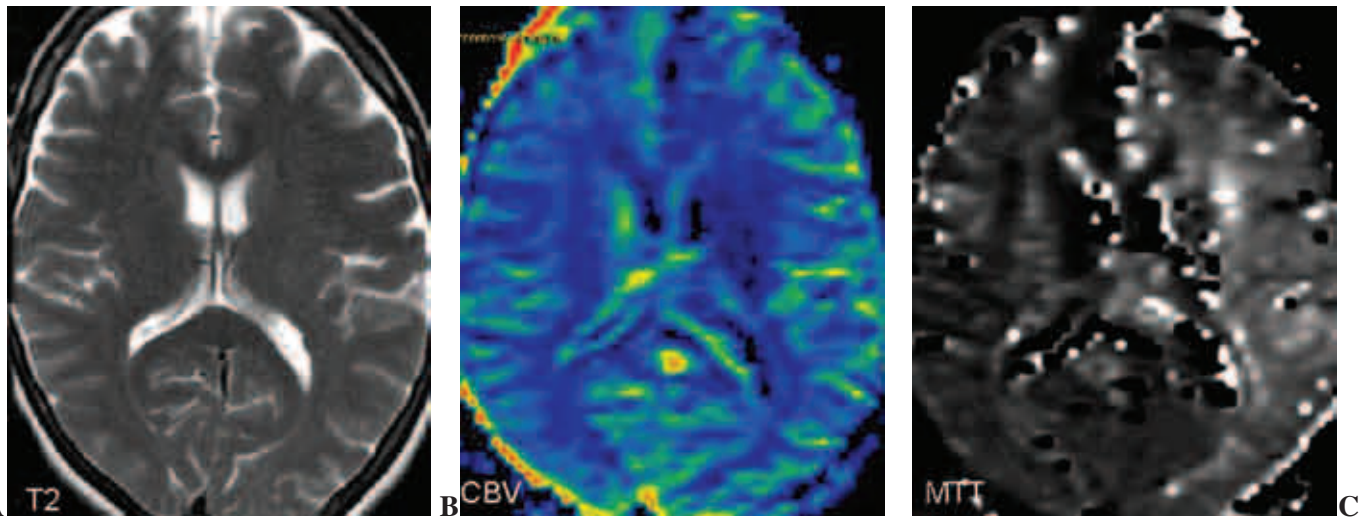


Resim 1.21 A**.** Sağ frontoparietal bölgede akut enfarkt. T2A, DAG ve ADC görüntüleri. T2A görüntüsü hemen hemen normal olan lezyonlar DAG'da hiperintens, ADC'de hipointens görülüyor. B**.** Sağ talamusta subakut enfarkt. T2AG'de hiperintens görülen lezyon DAG'da belirgin hiperintens, ADC görüntüsünde intensite, akut dönem enfaktına göre hafif yüksek. C**.** Her iki oksipital bölgede kronik enfarkt. T2AG'de belirgin hiperintens olan alanlar, DAG'da izo-hipointens, ADC görüntüsünde hiperintens.

ren alanlarında, kanda ortaya çıkan metabolik değişikliklerin oluşturduğu kontrast farkına dayanır.

Beyinde, nöral aktivitenin arttığı kesimlerde yerel dolanım artar. PET incelemeleri ile bu aktivasyon sürecinde bölgedeki venlerde kanın oksijen konsantrasyonunun arttığı gösterilmiştir. Bunun nedeni sinir hücrelerinin bir uyaran anında anaerobik metabolik işlemle cevap vermesidir. Bu evrede arteriyel oksijen kullanılmadığı için venöz kanda oksijen seviyesi artmış olur. Aktive olan bölgede yerel dolanım da artar.

Yerel dolaşımdaki bu değişiklikler, beyindeki anlık aktiviteleri belirlemede kullanır. Sinyal taşıyıcı kanın protonlarıdır. Hemoglobin, oksijenden zengin eritrositlerde oksihemoglobin, oksijenden fakir eritrositlerde ise deoksihemoglobin şeklinde bulunur. Oksihemoglobinli kanın T2 ve T2* değerleri daha uzundur.



Resim 1.22 Sol frontoparietal bölgede akut enfarkt. A. T2AG normal. B. Serebral kan hacim görüntüsünde (CBV) sol bazal çekirdeklerde hipovolemik alan izleniyor. C. Ortalama geçiş zamanı görüntüsünde (MTT) sol orta serebral arter alanında uzamış perfüzyon görülüyor.

Eritrositlerin oksijen içerikleri arttıkça çevrelerindeki plazma protonlarını da aynı şekilde etkilerler ve dolayısıyla bu kesimlerde sinyal artar.

BOLD görüntüleri için EPI sekansı kullanılır. Önce uyaransız görüntüler alınır. Bu görüntüler, uyarı yapıldıktan sonra elde edilen görüntülerden piksel piksel çıkarılır. Uyarılan alanlardan yüksek sinyal intensitesi elde edilir. Elde edilen BOLD verileri renkle kodlanarak anatomik MR görüntüsünün üzerine yerleştirilir (Resim 1.23)

Uyarı, parmak hareket ettirilmesi gibi fiziksel, parlak ışık ve ses gibi sensoriyel, iyi veya kötü ifadelerin tekrarı gibi kognitif olabilir. Fonksiyonel MR görüntülerinin SNR'sini artırmak için stimulus tekrar tekrar uygulanır ve BOLD görüntüler alınmaya devam edilir.

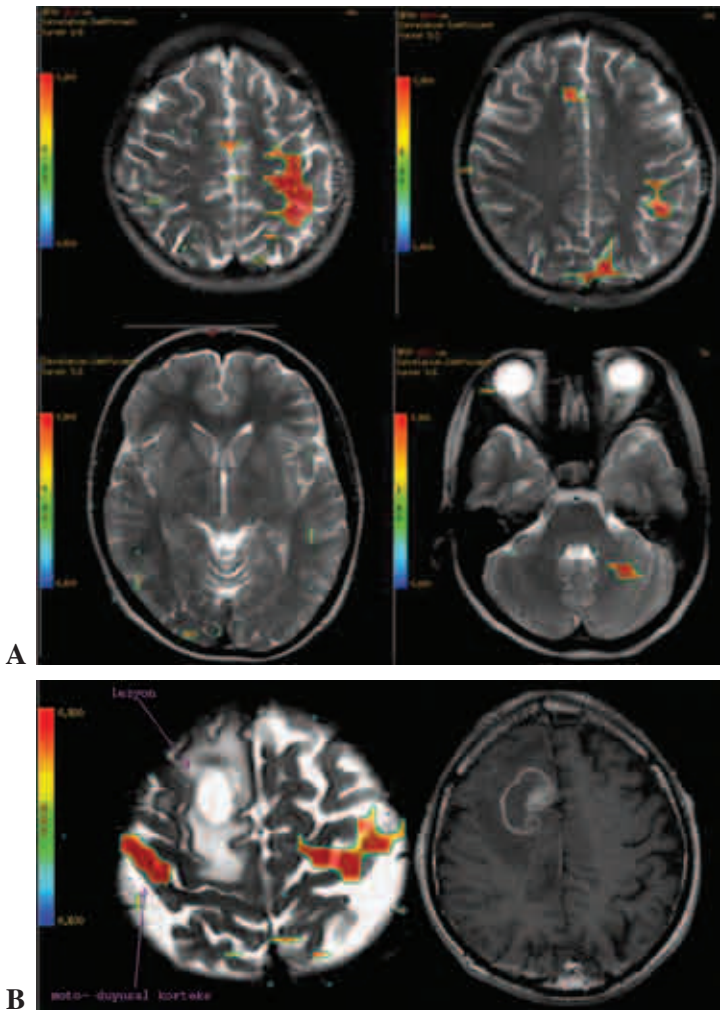
MR SPEKTROSKOPİ (MRS)

MR yönteminin en ilginç uygulamalarından biri de invivo spektroskopidir. MRS, kimyasal şift temeline dayanır. Kimyasal şift, protonların oluşturduğu manyetik alanın, çevrelerindeki elektronlar tarafından değiştirilmesidir. Bu etki nedeniyle kompleks moleküller içerisinde bulunan protonların presesyonu çevre bağlantılarına göre değişir. Bunun tipik örneği yağ baskılama tekniklerinin temeli olan ve kimyasal şift artefaktına neden olan su ve yağ protonlarının farklı presesyonlarıdır. Protonun yağdaki bağlantı şekillerinde bile (CH3,CH2 vb), daha az belirgin olmak üzere, presesyon farkları vardır. Moleküler yapılardaki protonların presesyon frekansları bilinirse, ortamda o moleküler yapının varlığı ve miktarı saptanabilir.

MRS birçok atomla yapılabilir. Ancak vücutta çok bulunması ve MR duyarlılığının yüksek olması nedeniyle en sık kullanılan atom hidrojendir. Hidrojen protonunun moleküler bağlarından kaynaklanan presesyon farklılığı çok küçüktür ve saptanması için güçlü ve homojen manyetik alanlara gereksinim vardır.

MRS'de ortamda bulunan küçük metabolit molekülleri saptanabilir. Metabolitteki protonların presesyon amplitüdleri, frekans değerlerine karşı bir grafik şeklinde yazdırılır. Kimyasal şift katsayısı 10^{-5}-10^{-6} gibi çok düşük değerlerde olduğu için genellikle milyonda birim (ppm) olarak ifade edilir. MR sinyallerinin çoğu su protonlarından geldiği için, diğer metabolitlerden gelen küçük amplitüd farklarını örtmemesi için sudan gelen sinyalin baskılanması gerekir. Hidrojen spektroskopisi ile kolin, kreatin, N-asetil aspartat (NAA) gibi metabolitler saptanabilir (Resim 1.24).

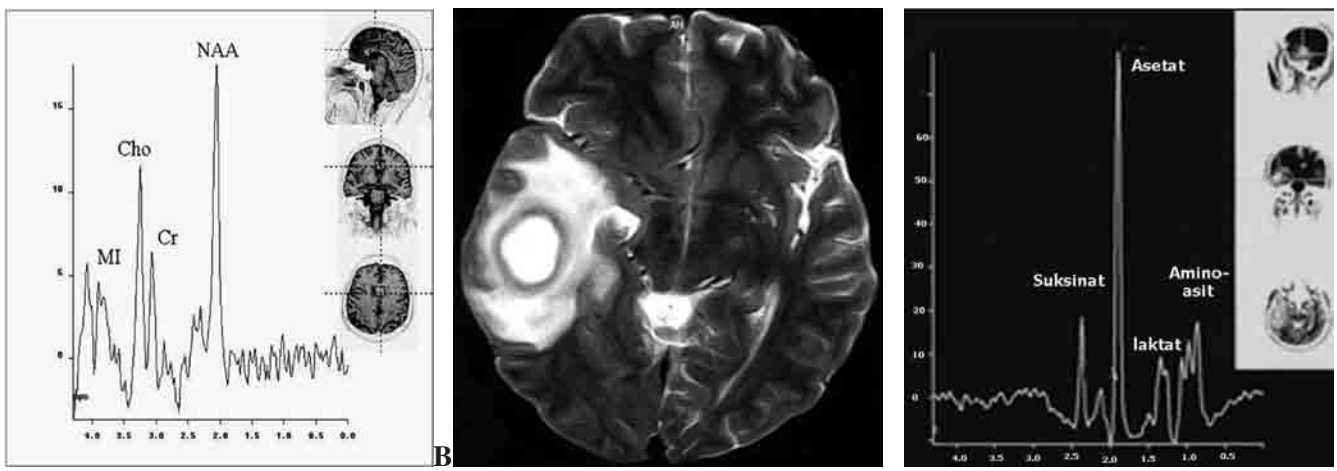
Fosfor (P-31) spektroskopisi ile adenozin trifosfat, fosfokreatin ve inorganik fosfor gibi değişik fosfat metabolitleri ölçülebilir. Önceleri ekstremiteler gibi küçük objelerde uygulanan bu yöntemle günümüzde 1.5 T'lık aygıtlarda organizmanın diğer kesimleri de incelenebilmektedir. Musküler distrofi gibi kas hastalıkları ve iskemik durumlar saptanabilir. Neonatal beyin incelenerek doğum asfiksisi, beyin atrofisi ve porensefalik kist gibi lezyonlar gösterilebilir. Hidro-



A

B

Resim 1.23 A. Fonksiyonel MR'de sağ el hareketine ait duyu-motor alanlar görülmektedir. B. Sağ hemisferinde tümöral kitlesi olan olguda el hareketi sonrası alınan fonksiyonel MR görüntüsünde sağ duyu-motor alanın posterolaterale doğru kaydığı görülüyor.



A B C

Resim 1.24 A. Normal beyin proton MRS. N-asetil aspartat (NAA), kolin (Cho), kreatin (Cr) ve miyoinozitol (MI) pikleri. B. Beyin absesi, D2AG. C. Beyin absesinin MRS'sinde, normal spektrumda olmayan, asetat, süksinat, aminoasit ve laktat pikleri görülüyor.

jen dışındaki atomlarla yapılan spektroskopide özel sargılar gerekir.

ARTEFAKTLAR

MR'de artefaktlar, görüntülenen anatomiyi doğru olarak temsil etmeyen pozitif ya da negatif sinyal intensiteleridir. Aygıta, hastaya ve sinyal işlemeye bağlı olabilirler. Bu bölümde sık karşılaşılan bazı MR artefaktları özetlenecektir (Tablo 1.14).

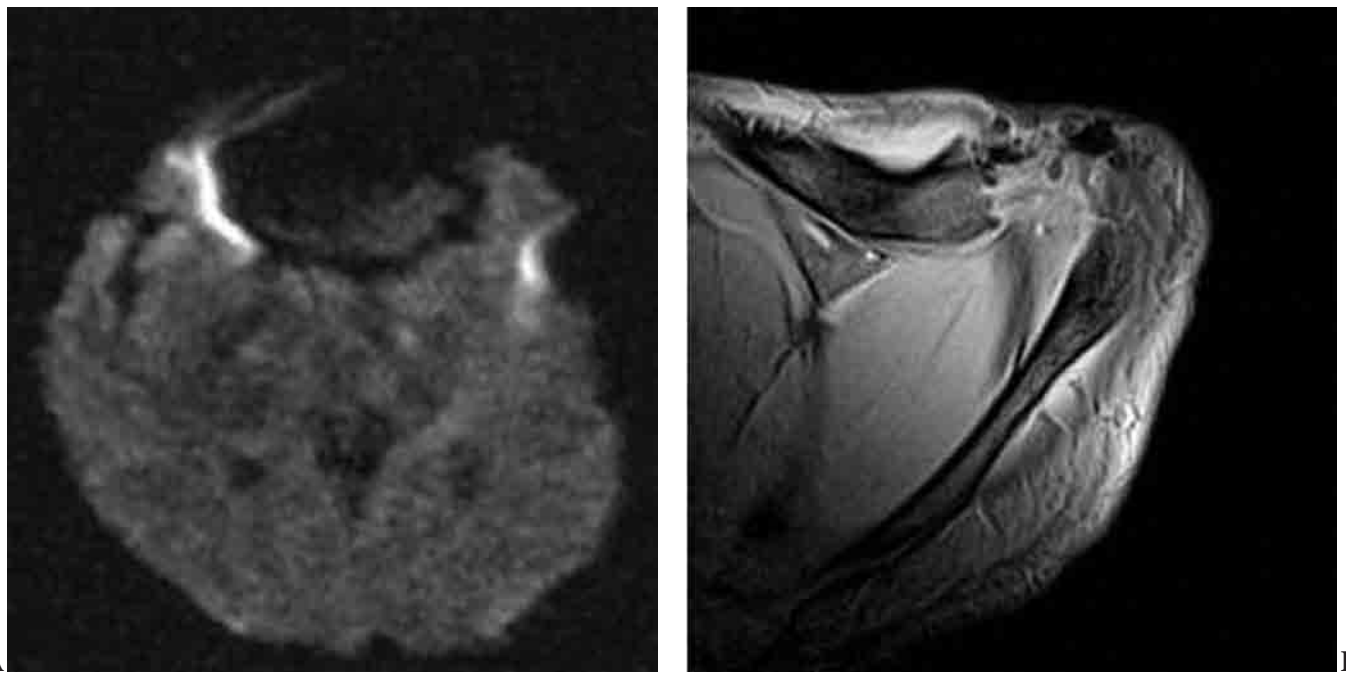
Manyetik duyarlılık ("susceptibility") artefaktı

Manyetik duyarlılık, bir dokuda oluşturulan internal manyetizasyonun eksternal manyetik alana oranıdır. GRE sekanslarında belirgindir. Manyetik duyarlılıktaki değişim manyetik alanın homojenitesini bozar. Bu bölgelerdeki protonlar farklı frekanslarda presesyon yapar ve çok hızlı defazing (T2*) nedeniyle sinyal kaybolur. En sık görülen manyetik duyarlılık doku-hava yüzeyindedir (akciğerler, sinüsler) (Resim 1.25). Herhangi bir metal de benzer etki oluşturur. Paramanyetik ajanlar (örneğin kontrast maddeler) zayıf bir manyetizasyon oluşturarak lokal manyetik alanı güçlendirir ve çevrelerinde T2* relaksasyonu azaltırlar.

Manyetik duyarlılığa bağlı görünümler kanamanın tanısı ve yaşının saptanmasında çok yararlıdır. Demir bileşiklerinin bazıları (deoksihemoglobin, methemoglobin, hemosiderin, ferritin) çevrelerindeki protonların T1 ve T2 değerlerini belirgin şekilde kısaltırlar. Bu etkinin derecesini birlikte bulunan serbest suyun miktarı, demiri taşıyan moleküllerin tipi ve yapısı, bulunduğu yer (intrasellüler/ekstrasellüler) ve manyetik alanın gücü belirler. Kanamanın evrelerine göre sinyal intensitesi farklıdır. Akut evrede kanama organize deoksihemoglobin evresindedir; T2 kısalır, T1 değişmez. Subakut evrede deoksihemoglobin methemoglobine çevirilir, daha sonra eritrositler lizise uğrar. Methemoglobin çevresinde hidrasyon tabakası oluşur, T1 değeri zamanla kısalır. Kronik evrede fagosite edilen hemosiderin lokal manyetik homojeniteyi bozarak sinyal kaybına neden olur.

Gadolinium esaslı kontrast maddeler paramanyetik özellikleri nedeniyle T2 değerini, çevrelerinde oluşturdukları hidrasyon tabakası ile de T1 değerini kısaltırlar. Oluşturduğu fokal inhomojenitenin yarattığı sorun verdiği artı bilgilere göre kabul edilebilir derecededir.

Manyetik duyarlılık artefaktını azaltmak için alınacak önlemler voksel boyutunu küçültmek ve TE süresini kısaltmaktır. Voksel boyutu küçüldükçe doğal olarak manyetik alan farklılığı olasılığı da azaltılmış olur. TE süresinin kısaltılmasıyla da manyetik farklılıkların sinyal farklılığına dönüşmesi engellenir. Bu artefakttan kurtulmak için yapılacak en köklü işlem, GRE sekansı yerine mümkünse SE sekansları kullanmaktır.



A B

Resim 1.25 A. DAG'da sinüsler düzeyinde hava-doku arayüzünde manyetik duyarlılık artefaktı, B. GRE görüntüde sol omuz eklemi çevresinde kanama odaklarının yaptığı manyetik duyarlılık artefaktı.

Tablo 1.14 MR'de artefaktlar

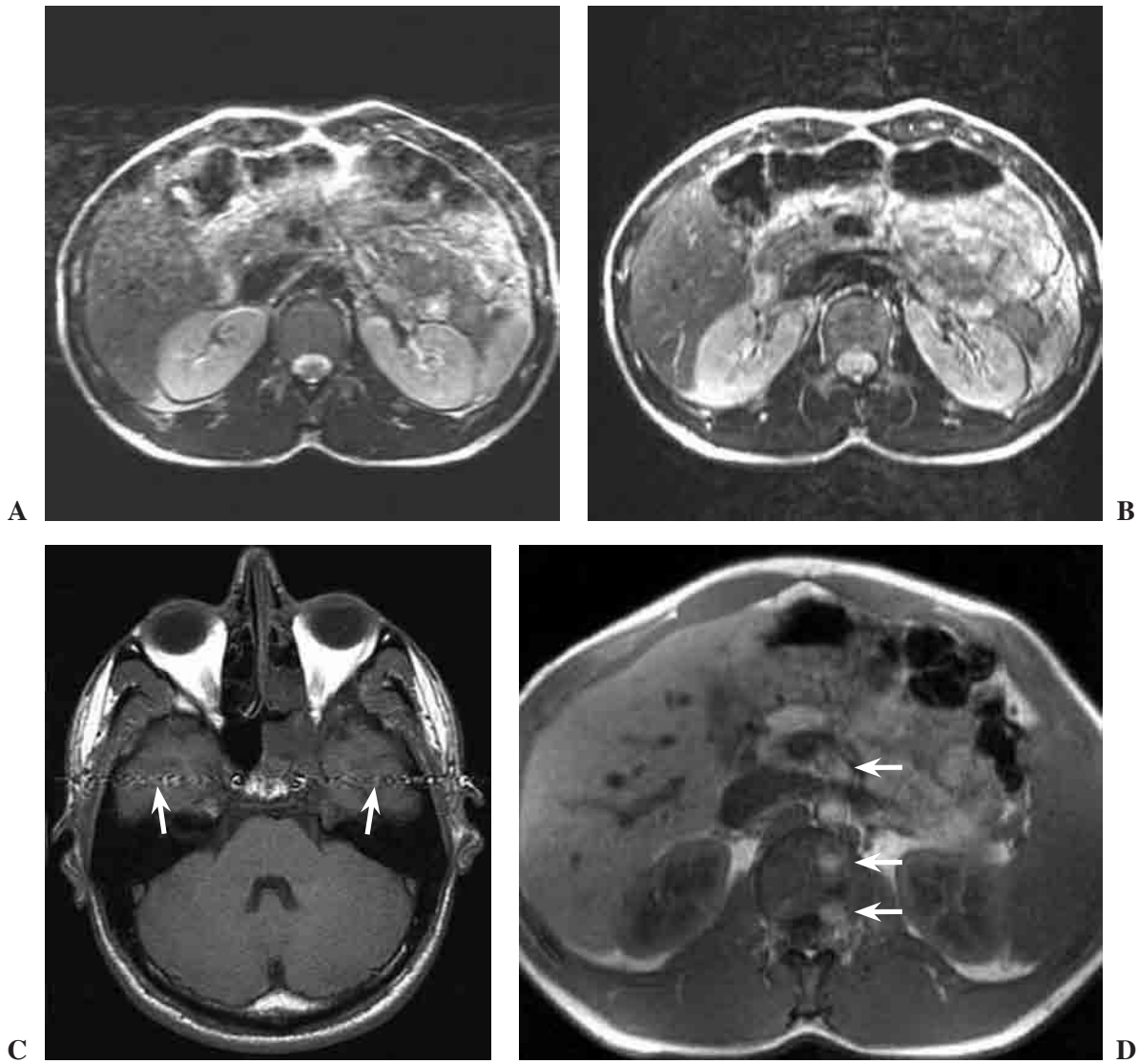
Adı	Nedeni	Görünümü	Çözümü
MANYETİK DUYARLILIK ("susceptibility")	• Farklı manyetik duyarlılığa sahip dokuların yüzeylerinde yerel bir alan gradiyenti oluşur • Bu bölgedeki spinler farklı frekanslarda rezonans yapar ve sinyal üretmez	• GE'de belirgin • Hava / doku yüzeyleri (paranazal sinüsler)	• SE sekansı kullanılır (180° puls alan inhomojenitesini azaltır) • Voksel boyutu küçültülür (FOV ↓) • TE ↓: artefaktın belirginliği ↓
HAREKET Hayalet ("ghosting") Sıvanma ("smearing")	• Hareket (solunum, kalp, akım, oküler, yutma, hasta) • Periyodik hareket: solunumda karın duvarındaki subkutan yağ • Periyodik olmayan hareket: göz • Kesite dik pulsatil akımın inflow parlaması: aort	• Faz kodlama yönünde • Karın duvarına paralel hiperintens duvar görünümleri (TR'ye ve hareketin periyoduna bağlı) • Göz ya da aort boyutunda hiperintens kolonlar	• Faz ve fazlama kodlama yönleri değiştirilir. • Akıma bağlı faz şifti düzeltilir: GRR • Presatürasyon bantları kullanılır • Yağ supresyonu yapılır • "Triggered" çalışılır
KİMYASAL ŞİFT	• Su ve yağ protonlarının kimyasal bağları nedeniyle farklı rezonans frekansında olması [1.5 T=147 Hz az ↓ (yağ), okuma band genişliği=78 hz/piksel: ~ 2 piksellik sift] • Doku sınırlarında su ve yağ içeriğindeki belirgin fark	• Frekans kodlama yönünde • Orbita, dalak, böbrek omurga/ omurilik • Yağ bulunduğu yerden 1-2 piksel yanda kodlanır (organın bir kenarı siyah, karşı kenarı beyaz çizgi şeklinde)	• Okuma band genişliği artırılır (gürültü artar). • Faz/frekans gradiyentlerinin yeri değiştirilir. • Su /yağ supresyonu yapılır. • STIR
Kimyasal şift kenarı	• Su / yağ protonlarındaki frekans farkı 1.0 T de RF pulsundan 3.4 msn sonra in- ve out-faz görüntülere neden olur.	• GRE görüntülerde • Out of faz görüntülerde organların kenarında çini mürekkep çizgileri	• Yalnız in-faz görüntüler kullanılır.
TRUNKASYON (budama) "ringing" "Gibbs" fenomeni	• Analog sinyalin örneklenmesi ve dijitalizasyonuna bağlı • Teoride okumada band genişliği sınırsızdır, ancak pratikte sınırlıdır; sonuç olarak bazı veriler budanır	• Görüntüde her yönde görülür • Özellikle intensite farkı belirgin doku yüzeylerine paralel düşük ve yüksek sinyallerden oluşan çizgilenmelerdir.	• Filtreler kullanılır (HANNING filtreleri) • Filtreler güçlü olursa çözümleme kaybolur • Faz kodlama sayısı artırılır
ALIASING "wrap-around"	• FOV'un dışındaki kesimin koile duyarlı bölge içinde olması • Okuma gradiyenti yönünde FOV dışındaki frekans Nyquist sınırını aşar • Faz kodlama gradiyenti yönünde en çok 360°'lik faz şifti olur, FOV dışındaki sıralarda faz şifti bu değeri aşar ve ters yönde düşük değer olarak kodlanır kalanlar 360°'yi geçer ve yanlış yere kodlanır	• Faz/frekans kodlama yönlerinde FOV'un dışında kalan yapılar görüntüde karşı kenara süperpoze olur. • 3B görüntülerde kesit seçme yönünde kenarlar iyi görüntülenemez	• FOV artırılır (görüntünün boyutları artar) • Örnekleme hızı artırılır • Faz /frekans kodlama yönleri değiştirilir • 3B: - kenarlara satürasyon bantı - kesit seçme yönünde örnekleme ↑ - özel koil

Hareket artefaktı

Solunum, kalp hareketleri, akım (kan, BOS), oküler hareketler, yutma ve hastanın hareketleri artefakta neden olur. En sık faz kodlama yönünde görülür (Resim 1.26). Faz kodlama çizgileri TR süresi kadar (3000 msn sürebilir) bir zaman farkıyla ayrı ayrı elde edilir. Çok az bir hareket bile faz değişikliğine neden olarak tüm FOV üzerinde artefakta neden olur. Frekans kodlama yönünde ise eko sinyalinin ortaya çıkışı, frekans kodlaması ve örnekleme aynı andadır ve birkaç msn sürer. Bu nedenle hareketin etkisi daha azdır.

"Ghosting" ("ghost" imaj, hayalet, görüntü) artefaktı respirasyon gibi periyodik fizyolojik hareketlere bağlıdır. Subkutan yağ gibi yüksek sinyal intensiteli dokulardan kaynaklanır. Faz kodlama yönünde objenin soluk bir kopyası çıkar. Örneğin abdomen çalışmalarında karın ön duvarının birden çok hayalet görüntüsü ortaya çıkar. Bu görüntüler arasındaki mesafe hareketin periyoduna ve TR değerine bağlıdır.

"Smearing", göz hareketleri gibi periodik olmayan hareketlere bağlı olarak ortaya çıkar. Görüntü planına dik pulsatil akımın, akım zenginleşmesi etkisi de bu tür artefakt nedenidir. Aortun kesit üzerine sıvanmış gölgeleri bu artefaktın tipik örneğidir. Harekete bağlı artefaktları önlemek için aşağıdaki önlemlerden amaca uygun biri veya birkaçı seçilebilir:



Resim 1.26 Faz kodlama yönünde hareket artefaktları. Faz kodlama yönü A. Horizontal, B. Vertikal. C. Kraniyal kesitte internal karotid artere ve D. Abdominal aksiyal kesitte aorta ait faz kodlama yönünde görülen pulsasyon artefaktları (oklar).

1. Faz ve frekans kodlama frekanslarının yerleri değiştirilir.
2. Kardiyak ve respiratuar tetikleme (geyting) yapılır (veri toplama süresi uzar).
3. Sinyal ortalaması alınır; anormal sinyalin etkisi azaltılır.
4. Uzun TE sekansları harekete duyarlıdır; T1 ve PD görüntüler tercih edilir.
5. Presaturasyon bantları kullanılır: Hareketin oluştuğu bölgeye, puls sekansı başlamadan hemen önce doku protonlarını satüre edecek RF pulsları gönderilir. Böylece artefakt oluşturacak sinyal ortadan kaldırılmış olur. Presaturasyon bantları karın kesitlerine görüntü planına paralel, sagital medulla spinalis çalışmalarında görüntü planındadır.
6. Hareket nedeniyle defaze spinleri refaze etmek için gradiyent eklenir. Örneğin kan akımının oluşturduğu faz şiftini kompanse etmek için uygun bir gradiyent eklenerek hareket eden ve durağan spinler aynı faza getirilir. (Gradiyent moment sıfırlama (nulling) tekniği). Bu teknikde TE uzar ve bu nedenle T2A görüntülerde kullanılır.
7. Yağdan kaynaklanan hayalet artefaktını gidermek için yağ baskılama yapılır.

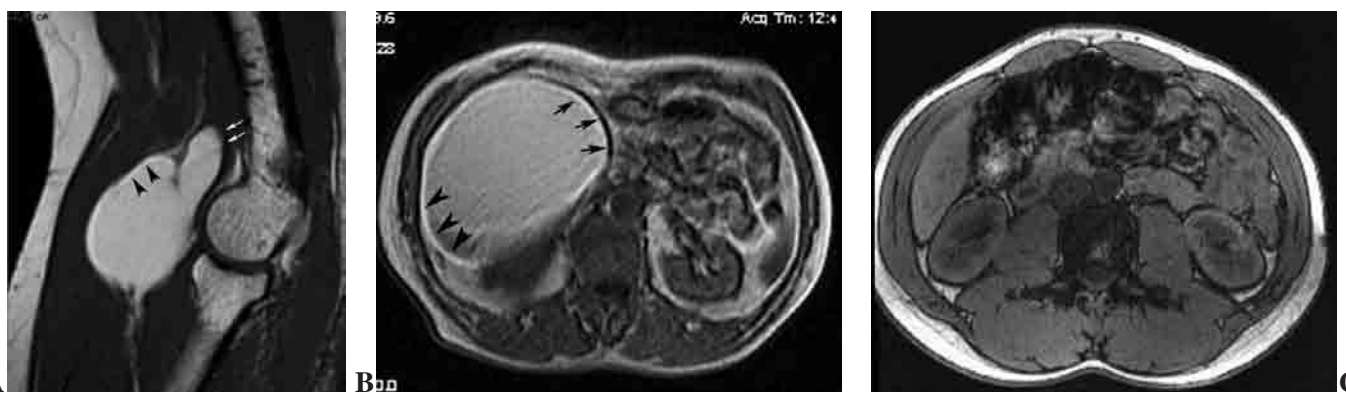
Kimyasal şift artefaktı

Çekirdeğin oluşturduğu manyetik alan elektronların oluşturduğu manyetik alandan etkilenir. Protonlar kimyasal bağlarına göre farklı presesyon gösterirler. Bu etkiye kimyasal şift etkisi adı verilir. MR sinyalinin kaynağı olan hidrojen vücutta en çok yağda ve suda bulunur. Suda oksijene, yağda karbona bağlıdır. Bu bağ farklılığı nedeniyle yağ ve su protonlarının arasındaki presesyon farkları görüntülerdeki kimyasal şift artefaktlarının nedenidir.

Rezonans frekansı manyetik alan gücü ile doğrusal bir şekilde arttığından, aygıtın gücü arttıkça kimyasal şift artefaktı da belirginleşir. Bu nedenle gücü düşük olan cihazlarda bu artefakt görülmez.

Kimyasal şift artefaktının nedeni veri toplama esnasında sistemin frekanslara göre kodlama yapmasıdır. Bu nedenle kimyasal şift artefaktı frekans kodlama yönünde görülür. Yağ ile suyun yan yana olduğu kesimlerde, yağdan gelen frekanslar daha düşük oldukları için, yağın bulunduğu piksellere değil yaklaşık bir-iki piksel öteye kodlanırlar (örnek: 1.5 T bir aygıtta yağ protonlarının presesyon frekansları, sudaki protonların presesyon frekanslarından 147 Hz düşüktür. Bir pikselin band genişliği 78 Hz ise yağdan gelen sinyalin kodlanacağı yer yaklaşık 2 piksel fark eder). Yağ ve su sınırında, yağın bulunduğu voksellerden sinyal gelmez. Bu voksellerdeki protonların sinyalleri bir yandaki vokseller içerisine kodlanacağı için, komşu piksellerden gelen sinyal de yapay olarak artar (Resim 1.27).

Sorunun çözümü için frekans kodlama gradiyentinin gücü ve RF frekans bandının genişliği ayarlanır. İncelemelerde güçlü gradiyent geniş bantla, zayıf gradiyent dar bantla çalışır. Geniş bantla çalışıldığında piksel başına düşen bant aralığı geniştir. Su ve yağın frekans farkları aynı piksel sınırları içerisinde kalırken, dar bantla çalışıldığında su ve yağ bir ya da birkaç piksel ayrılır. Bu nedenle kimyasal şift artefaktını önlemek için geniş bantla çalışılır. Güçlü gradiyent seçmek zorunda olmamız nedeniyle gürültü artar, görüntülerin SNR'si düşer.



Resim 1.27 A. ve B. Kimyasal şift artefaktları (oklar). C. Out-of faz GRE görüntülerde çini mürekkep artefaktları.

Yağdan gelen sinyalin baskılanması (STIR, yağ supresiyonu, selektif su eksitasyonu) ve/veya frekans ve faz gradiyentlerinin yerinin değiştirilmesi kimyasal şift artefaktını önlemenin diğer yöntemleridir.

Kimyasal şift artefaktının yalnız GRE sekanslarında görülen özel bir şekli yağla çevrili böbrek, pankreas gibi organların kenarlarının çini mürekkeple çizilmiş gibi görülmesidir. Nedeni su ve yağ protonları arasındaki frekans farkının siklik olarak ortaya çıkmasıdır. Örneğin 1.0 T gücündeki bir magnette bu fark 3.4 msn'dir. Bu aralıklarla su ve yağ protonları aynı fazda ve karşıt fazda olurlar. Su ve yağın birlikte ve eşit miktarlarda bulundukları voksellerde aynı fazdaki görüntülerde sinyal artarken, karşıt fazdaki görüntülerde sinyal kaybolur. Çini mürekkeple çizilmiş görüntüsü bu sinyal kaybına bağlıdır. Çözümü yalnız aynı fazdaki görüntülerin alınmasıdır.

Trunkasyon artefaktı ("ringing" artefakt, Gibbs fenomeni)

Görüntüdeki keskin kenarlı, yüksek kontrastlı yapıların geçişinde eşit aralıklı ve gittikçe zayıflayan parlak ve koyu paralel çizgilenmeler şeklindedir. Genelde beyin/kraniyum ve omurga/omurilik geçişinde görülür (Resim 1.28). Kesitin her yönünde görülebilir.

Analog sinyalin örneklenmesi ve dijitalizasyonuna bağlıdır. Teorik olarak okuma bant genişliği devamlıdır, belirli sınırları yoktur. Uygulamada ise örnekleme yapılırken sınırlar vardır. Artefaktın nedeni sinyaldeki devamlılığın aniden kesilmesine bağlı veri budanmasıdır (truncate = budama).

Veri toplama sürecinde frekans örnekleme sayısı k-alanının matrisi tarafından belirlenir. Örneğin 256 piksel için 128, 128 piksel için 64 ayrı frekans belirlenir. Ringing artefakt matris sayısı az olduğunda belirgindir.

Artefakttan kurtulmak için faz kodlama basamak sayısı artırılır, ancak veri toplama süresi uzar. Diğer bir önlem fazla güçlü olmayan filtreler (örneğin Hanning filtreleri) kullanmaktır.

Aliasing ("wraparound") artefaktı

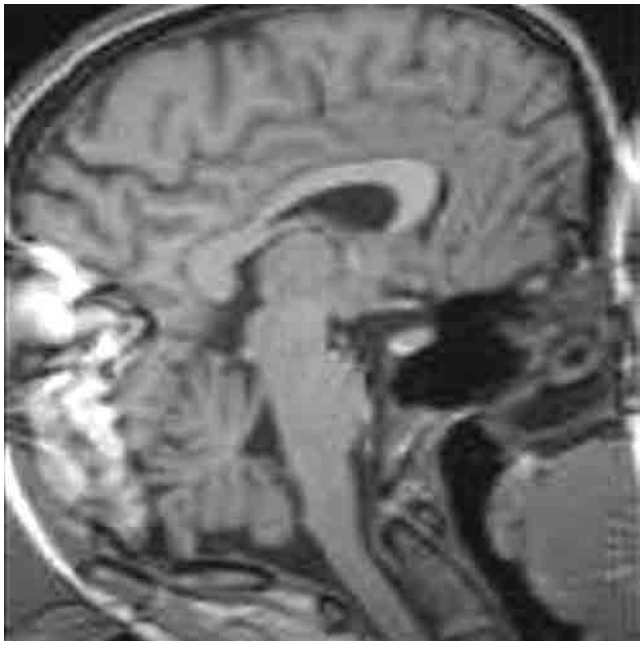
RF sargısının duyarlı olduğu kesit alanının içinde, ancak FOV'un dışında kalan anatominin, yanlış yerde görüntülenmesidir. Faz ve frekans kodlama yönlerinde FOV'un dışında kalan yapılar görüntüde karşı kenara süperpoze olur. Tipik örneği burnun oksipital bölgeye eklenmesidir (Resim 1.29).

Frekans kodlama yönünde örnekleme frekansı



A B

Resim 1.28 Trunkasyon artefaktı. A. Matrisi 128x256 olan görüntüde spinal kanal üzerinde izlenen artefakt (oklar). B. Matris 256x256'ya çıkarıldığında düzeliyor.



Resim 1.29 Aliasing artefaktı. Burun ve yüzün ön kesimindeki yapılar oksipital bölgeye kodlanmış.

(Nyquist örnekleme sınırı) FOV sınırında biter. Bu sınırın dışından gelen yüksek veya düşük frekansı örneklemek için daha yüksek bir Nyquist sınırı gerekir. Bu olmadığı için dışarıdan gelen, sınırın üzerindeki frekanslar aliasing nedeniyle karşı kenarda düşük frekans kolonlarına yerleştirilir.

Faz kodlama yönünde FOV alanındaki faz şifti 360 derecedir. Dışındaki kesimden gelen sinyal 360 dereceyi geçer ve karşı kenardaki düşük faz şifti sıralarına yerleştirilir.

Frekans kodlama yönünde Nyquist frekansının ötesindeki frekansları elimine eden low pass filtreler kullanılır. Faz kodlama yönünde ise basamak sayısı artırılır, ancak görüntüleme süresi uzar. Faz ve frekans kodlamanın yönlerinin değiştirilmesi de artefaktı önleyebilir.

YAN ETKİLER

MR'nin günümüzde kullanılan şekliyle önemli bir yan etkisi yoktur. Muhtemel yan etkiler statik manyetik alandan, manyetik alanı hızla değiştiren gradiyent uygulamalarından ve radyofrekanstan kaynaklanabilir.

Güçlü statik manyetik alan hastanın vücudunda veya çevresinde bulunan manyetize materyaldan yapılmış tüm yapılar için bir tehlikedir. Manyetize materyalden yapılmış metalik klipleri yerinden sökebilir; ancak günümüzde insan vücudunda kalacak hiçbir metal manyetize materyalden yapılmaz. Manyetize materyalden yapılmayan implantlar hızla değişen gradiyentler nedeniyle ısınabilir. Kalp pili benzeri manyetik alan oluşturan her türlü elektronik aygıt güçlü manyetik alan tarafından silinir.

Hastayla birlikte bulunan makas, bisturi gibi manyetize edilebilen materyal mıknatıs tarafından hızla çekileceğinden hastaya zararlı olabilir. Ayrıca manyetize banka, kütüphane ve kimlik kartları ve analog saatler güçlü manyetik alandan etkileneceğinden inceleme odasının dışında bırakılmalıdır.

MR'nin çok az mutlak kontrendikasyonu vardır. Kardiyak "pacemarker", implante nörostimülatör, koklear implant, göz içinde metal ve çok eskilerden kalmış ferromanyetik intrakranial anevrizma klibinin varlığı, MR incelemelerinin kontrendikasyonları olarak sayılabilir. MR incelemesi yapılacak olguların yaklaşık % 2-5'inde klostrofobi görülür. Böyle olgularda anksiyolitik ajanlar kullanılabilir, ancak açık MR alternatifi ile sorun kolayca çözülür. Genç ve çocuklarda da sedasyon gerekebilir.

MR'nin uzun dönemde biyolojik etkisi bilinmemektedir. Gradiyent sargılarla manyetik alanın hızla değiştirilmesi hiçbir zaman aritmi oluşturacak seviyeye çıkmaz. Radyofrekansın gözün lensi gibi yapılarda ısı artımı oluşturmasına 1°C'den fazla müsaade edilmez. 4.0 tesladan daha güçlü aygıtlarda hastalarda baş dönmesi, personelde dezoriyantasyon bildirilmiştir. Deneysel olarak tanıdaki manyetizasyon değerlerinin 10 ila 20 katı yüksek değerlerde biyolojik etki görülmektedir. 20 tesladan yüksek değerlerde membran permeabilitesinin arttığı ve çok yüksek gradiyent değişmelerinde gözde şimşek çakması, atriyal fibrilasyon (?), kemik iyileşmesinde durma (?) rapor edilmiştir.

Ultrasonografi (US)

Tanısal ultrasonografide kullanılan enerji, yüksek frekanslı sestir. Vücuda gönderilen ses doku yüzeylerinden yansır. Görüntüler yansıyan bu sesin amplitüdü ve dönüş süresi ile oluşturulur. Yankının geldiği derinliğin saptanabilmesi için ses kısa atımlar (pulslar) şeklinde gönderilir. İki atım arasındaki süre yankının kaydedilmesine yetecek kadar uzun olmalıdır. Bu yöntemin genel adı puls-eko sistemidir. Yankıdaki Doppler kaymasının frekans ve faz değerlerinden de akım bilgisi elde edilir.

Sesin kesintisiz olarak gönderilip, yankısının da başka bir transdusırla kesintisiz kaydedildiği sürekli dalga ("continous wave") Doppler yönteminde akımla ilgili çok duyarlı bilgiler elde edilir. Fakat bu bilgilerin nereden geldiği saptanamaz.

BT ve MR'ye göre ucuz bir yöntemdir, taşınabilir ve bilinen zararlı bir etkisi yoktur. Bu özellikleri nedeniyle genellikle radyolojide ilk uygulanan yöntem konumundadır. Bir yumuşak doku inceleme yöntemidir. Kemik ve hava US incelemeleri için engel teşkil eder. Çözümleme gücü sesin dalga boyu ile mukayese edilebilir boyutta olduğundan, yumuşak dokuların incelenmesinde çok başarılı bir yöntemdir.

TEMEL FİZİK

Sesin özellikleri

Ses, elastik madde içerisinde sıkışma ve gevşeme periyotları ile yayılan mekanik bir enerjidir. Bir sıkışma ve bir gevşeme periyodu bir ses dalgasıdır (λ). Bu şekildeki enerji yayılımına longitudinal dalga adı verilir. (Şekil 1.99). Bu tür yayılımda enerji yayılım yönünde akar, transvers yöne doğru enerji yayılımı minimaldir ve fizik önemi yoktur. Sesin yayılım hızı yayıldığı maddeye göre değişir ve

$$\mathbf{c=\lambda .\ f\ (m/sn)}$$

c: ses hızı,
λ: dalga boyu,
f: frekans

formülüyle gösterilir. Hızın değişmesi sesin dalga boyundaki değişikliğe bağlıdır, frekansı değişmez.

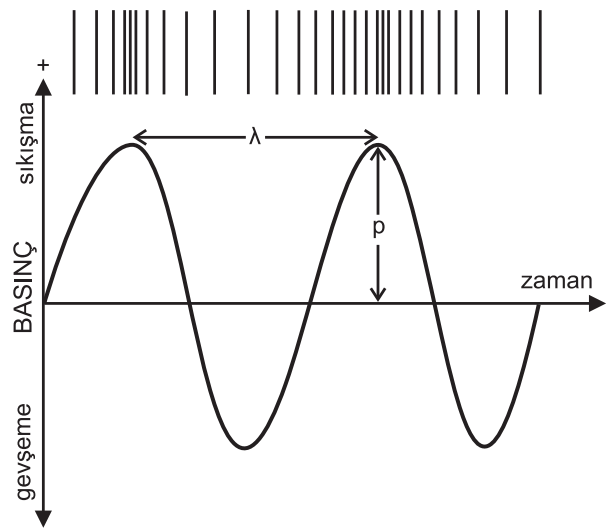
Sesin frekans birimi Hertz'dir (Hz). Hertz saniyedeki dalga sayısıdır; saniyede 1 dalga 1 Hz, 1000 dalga 1 kiloHertz (KHz), 1 milyon dalga ise 1 megaHertz'dir (MHz). Kulağımız 15Hz-20 kHz aralığındaki sesleri duyar. Bu değerlerin altı infrasonik, üstü ultrasonik sestir. Tanıda kullanılan ultrasonun frekansı genel olarak 2-15 MHz arasındadır. İntravasküler US gibi özel uygulamalar için daha yüksek frekanslar kullanılır.

Sesin dokudaki hızını maddenin sertliğini ve sıkıştırılmaya direncini gösteren elastiklik derecesi (B) ve dansitesi (ρ) belirler:

$$\mathbf{c\ (m/sn)= \sqrt{B/\rho}}$$

B: kg/ (m-sn^2)
ρ: kg/cm^3

Elastiklik, hücre ve moleküllerin arasındaki ilişki ve bağlanma şekilleri ile belirlenen bir doku karakteristiğidir. Dansiteyi ise dokunun atom konsantrasyonu belirler. Hava gibi sıkıştırılabilir ortamda ses hızı yavaştır; kemik gibi daha az sıkıştırılabilir yapılarda daha hızlıdır. Dansitesi düşük maddelerde de ses daha hızlıdır (Tablo 1.20). Yumuşak dokuda sesin hızı ortalama olarak 1540 m/sn kabul edilir. Farklı iki dokunun



Şekil 1.99 Ses dalgası madde içerisinde sıkışma ve gevşeme periyodları ile yayılır. Dalganın genliği (p) basıncı gösterir. λ: dalga boyu.

Tablo 1.20 Sesin ve maddenin akustik fizik açısından önemli özellikleri

	Dansitesi (kg/cm^3)	Sesin hızı (m/sn)	Akustik direnç Z (rayl)x10^6	Zayıflama katsayısı (dB/cm)
Hava	1.2	330	0.0004	–
Akciğer	300	600	0.18	40
Yağ	924	1450	1.34	0.5-1.8
Su	1000	1480	1.48	0.0002
Yum. doku	1050	1540	–	0.3-0.8
Böbrek	1041	1565	1.63	–
Kan	1058	1560	1.65	0.18
Karaciğer	1061	1555	1.65	0.4-0.7
Kas	1068	1600	1.71	–
Kemik (kafa)	1912	4080	7.8	13-26

sınırında ses hızının (dalga boyunun) değişmesi ultrasonik görüntü kontrastının ana nedenidir.

Ses enerjisi madde içerisinde yayılırken partiküllerde titreşim şeklinde yer değişikliğine ve yerel basınç değişikliğine neden olur. Simetrik bir dalgada gevşeme ve sıkışma periyotlarındaki basınç amplitüdleri (P) teorik olarak eşittir, ancak pratikte çoğu zaman sıkışma amplitüdü gevşeme amplitüdünden daha yüksektir. Sesin basınç birimi Paskaldır (Pa = N (newton)/m^2). Tanısal US'de kullanılan sesin pik basıncı, yerin atmosferik basıncının 10 katıdır ve yaklaşık 1 mega-Paskal (1MPa) kadardır.

Ultrasonun intensitesi (I) belirli bir alana belirli bir sürede akan enerjidir. İntensitenin ölçü birimi Watt/cm^2'dir. Bir Watt saniyede bir joule'lük bir enerji akımına eşittir. Radyodiyagnostikte kullanılan ultrason aygıtlarında üretilen sesin intensitesi 1-40 miliWatt/cm^2'dir.

İntensite basınç amplitüdünün karesi ile doğru orantılıdır ($I \sim P^2$). Ultrasonografide kullanılan sesin intensitesinin en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki fark çok büyüktür. Bu nedenle mutlak değerler yerine bu değerlerin logaritmik karşılıkları kullanılır. Göreceli olan logaritmik değerler desibel (dB) ile tanımlanır. Sesin görece intensite ve basınç farklılıkları desibel (dB) ile gösterilir.

$$\text{Görece intensite (dB)} = \log_{(10)} I_2/I_1,$$
$$\text{Görece basınç (dB)} = \log_{(20)} P_2/P_1$$

Diyagnostik US'de üretilen sesle ekonun arasındaki intensite farkı 1 milyon kat ya da daha fazladır. İntensite oranının 1.000.000 katı = 60 dB, 10.000 katı = 40 dB, 100 katı = 20 dB'dir.

Sesin doku ile etkileşimi

Ses demeti madde içerisinde ilerlerken sese davranışı farklı olan dokuların yüzeylerinden yansır, kırılır ve saçılır. Ses ile madde arasındaki etkileşimi maddenin akustik direnci (Z) belirler. Akustik direnci dokunun yoğunluğu ile elastisitesi belirler ve dokunun dansitesi ile sesin o dokudaki hızının çarpımına eşittir:

$$Z = (\rho/B)^{1/2}$$
$$Z = \rho.c$$

c (hız) = 1540 m/sn,
Z (rayls) = kg/m^2sn

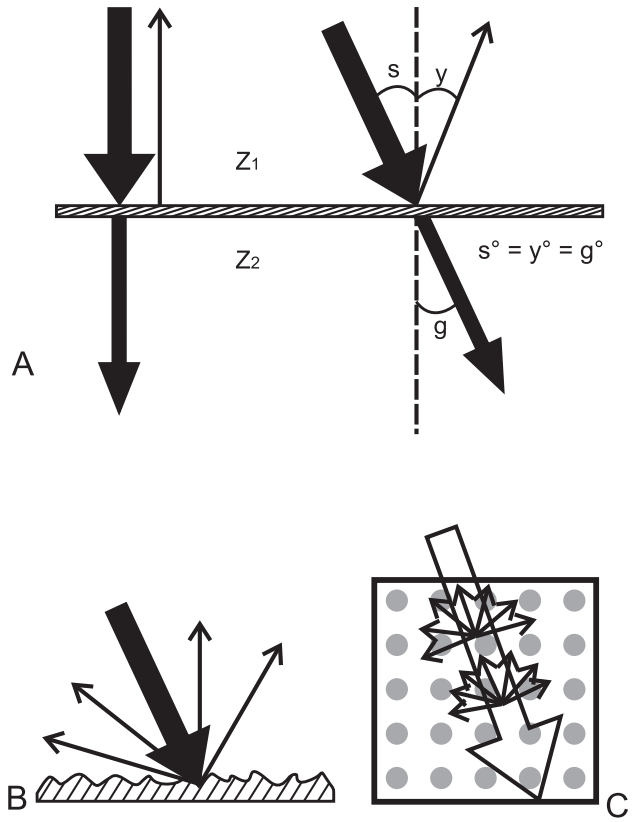
Yansımanın miktarını dokuların akustik direnç farkı belirler. Bu fark ne kadar fazla ise yansıma o kadar fazladır. Yumuşak dokular arasındaki yansıma çok az, yumuşak doku-kemik, yumuşak doku-hava yüzeylerinden yansıma çok fazladır (Tablo 1.21).

Yansımanın şeklini de doku yüzeyinin düzgünlüğü, sesin geliş açısı ve yansıtıcı yüzeyin sesin dalga boyuna göre boyutu belirler. Düzgün geniş bir yüzeye dik açıyla gelen ses dik açıyla, eğik gelen ses geliş açısına eşit bir açıyla yansır (Şekil 1.100). Bu şekilde yansımaya ayna yansıması ("specular reflection") denir. Yüzey düz değilse yansıma geniş açı ile her yöne doğrudur. Bu tür yansımaya difüz saçılma denir.

Yansıtıcı yapılar sesin dalga boyunda ya da daha küçük ise özel bir saçılma şekli ortaya çıkar. Hemen hemen her yöne doğru eşit miktarda (izotropik) olan

Tablo 1.21 Doku yüzeylerinden yansıma katsayıları

Doku yüzeyleri	Yansıyan intensite (%)
Karaciğer-Böbrek	0.0003
Karaciğer-Yağ	0.11
Yağ-Kas	0.15
Kas-Kemik	41
Kas-Akciğer	65
Kas-Hava	99



Şekil 1.100 Sesin yüzeylerden yansıması. A. Düzgün yüzeyden yansıma, B. Düzensiz yüzeyden yansıma, C. Karaciğer parankiminde olduğu gibi, yansıtıcı yüzeylerin sesin dalga boyundan küçük olduğu durumda yansıma her yöne saçılma şeklindedir.

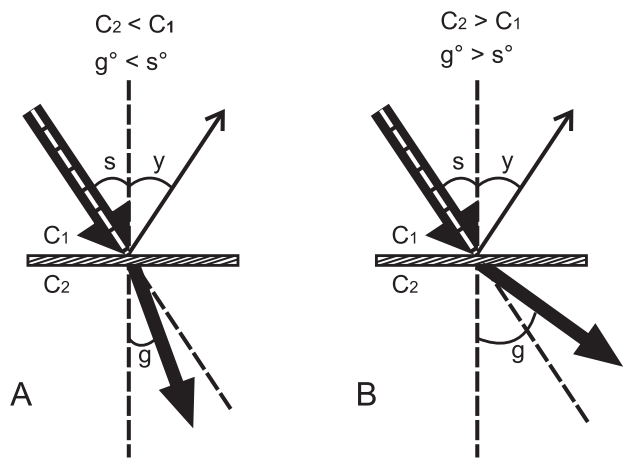
bu saçılma şekline Rayleigh saçılması denir. Bu saçılma, organların karakteristik parankim görüntüsünü oluşturur. Saçılan ekolar çok zayıftır. Bu tür saçılmada gelen sesin açısının önemi yoktur. Saçılma, yansıtıcı yüzeylerin boyutu, birim hacimdeki sayısı, yüzeyleri oluşturan dokular arasındaki akustik direnç farklılığı ve sesin frekansı arttıkça artar. Düz yüzeylerden yansımada ise sesin frekansının yansımanın miktarı üzerinde o kadar fazla etkisi yoktur.

Parankimal ekolar gri ölçek ultrasonografinin önemli bir ögesidir. Nasıl sudaki dalgalar küçük hareketlerin üst üste binmesiyle oluşuyorsa, bu ekolar da birbirleri üzerine eklenerek parankim görünümünü meydana getirir. Her organın parankim görünümü farklıdır. Bu görünümler dokunun mekanik yapısına bağlı olduğu kadar, kullanılan sesin akustik özelliğine de bağlıdır. Bu nedenle sinyalin yoğunluğu (veya ekojenite) ve yapısı, dokuları karakterize etmede başarılı değildir.

Yüzeylere dik gelen ses demetinin yansımayan kesimi, dik olarak yoluna devam eder. Eğik gelirse ve sesin hızı, yüzeyi oluşturan dokularda farklı ise, kırılır. Kırılmanın yönünü yüzeyi oluşturan dokulardaki sesin hızı belirler (Şekil 1.101). Geçtiği dokuda ses daha hızlı yayılıyorsa kırılma dışa (geliş açısından daha büyük açı ile), daha yavaş yayılıyorsa içe (geliş açısından daha dar açı ile) doğrudur. İki dokuda sesin hızı eşitse kırılma olmaz, ses geldiği doğrultuda yoluna devam eder. Kırılma görüntüde artefakta neden olur.

Ultrason demeti dokuda ilerlerken zayıflar (atenuasyon). Bu zayıflamanın başlıca nedeni soğurulmadır. Soğurulma ses enerjisinin ısı enerjisine dönüşümüdür. Soğurulma sonucu dokuda ölçülemeyecek kadar küçük miktarlarda ısı artışı olur. Saçılmanın zayıflamaya katkısı pratikte ihmal edilebilecek kadar azdır.

Zayıflama katsayısı (μ) ile gösterilir ve yayıldığı maddenin 1 cm'indeki görece intensite kaybıdır. Birimi dB/cm'dir. Zayıflama frekansla doğru orantılıdır (~ 0.5 (dB/cm) / MHz). dB logaritmik olarak değiştiği için sesin intensitesi mesafeye göre eksponansiyel olarak azalır. Sesin intensitesini % 50 azaltan (3-dB) doku kalınlığına US yarım değer kalınlığı (HVT) denir. Örneğin 5 MHz'lik bir ultrason demetinin intensitesi karaciğerde 6 mm, kasta 2 mm, kemikte ise 0.3 mm sonra yarıya iner. Gaz ve kemik ultrasonu hızla zayıflatır. Frekans arttıkça HVT değeri azalır.



Şekil 1.101 Sesin yüzeylerde kırılması. A.Yansıtıcı yüzeyin altındaki dokuda sesin yayılımı daha yavaşsa ses içe doğru kırılır. B. Alttaki dokuda sesin yayılımı daha hızlı ise kırılma dışa doğru olur.

SES ÜRETİMİ

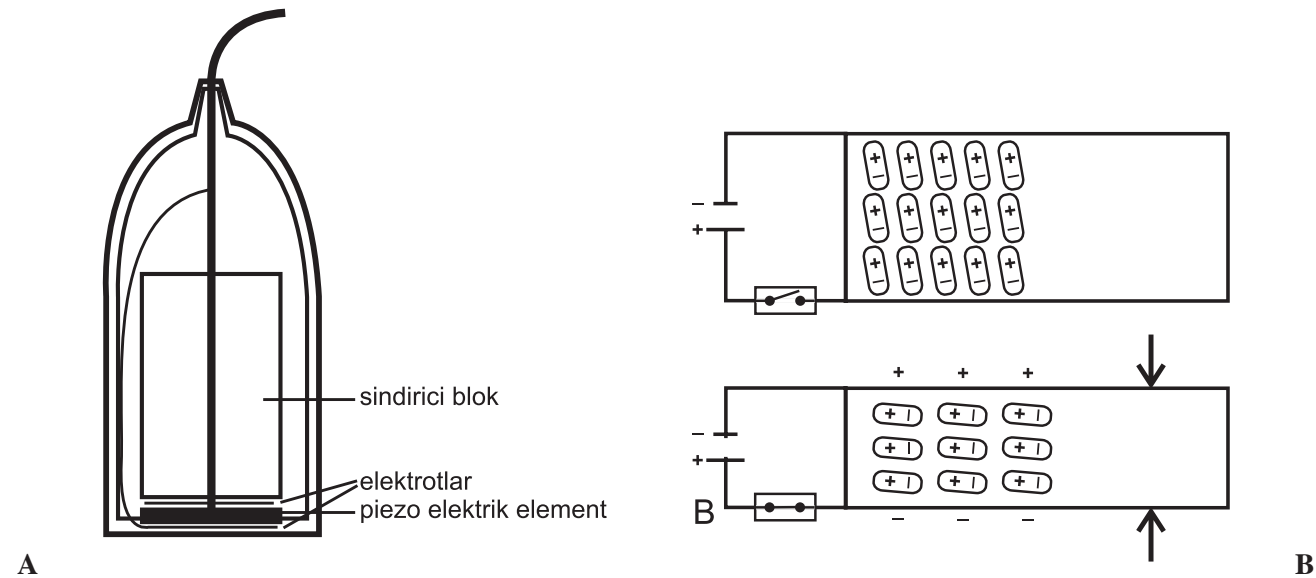
US incelemelerinde kullanılan ses piezo-elektrik olayı ile üretilir. 1880 yılında Pierre Curie tarafından keşfedilen piezo-elektrik (basınç-elektrik) olayı, quartz gibi bazı kristallerin, alternatif akım uygulandığında kasılıp gevşeyerek mekanik titreşimle ses üretmesi, basınç uygulandığında da olayın tersine dönerek elektrik üretmesidir.(Şekil 1.102) Olay mekanik ve elektrik enerjilerinin birbirine çevrilmesidir. Bu şekilde enerji çevirici maddelere transdusır (çevirici) adı verilir.

US aygıtlarında kullanılan transdusırler elektromekanik (piezo-elektrik) özellikli seramik elemanlardır. En yaygın kullanılan eleman kurşun zirkonat titanattır (PZT). Plastik polyvinylidine difluoride (PVDF) de kullanılabilir. Bu maddeler çok düzenli bir moleküler elektriksel dipol dizilimine sahiptirler. PZT seramiğinin normalde elektromekanik özelliği yoktur; Curi temperatürü denilen 328°- 365°C arasında ısıtılıp elektrik tatbik edilerek soğutulduğunda dipol dizilimi sağlanır. Bu şekilde elektromekanik özellik kazanan seramik özel şekillerde kesilerek transdusır elemanları elde edilir. Bu elemanların ve yardımcı düzeneklerin bulunduğu yapıya prob adı verilir.

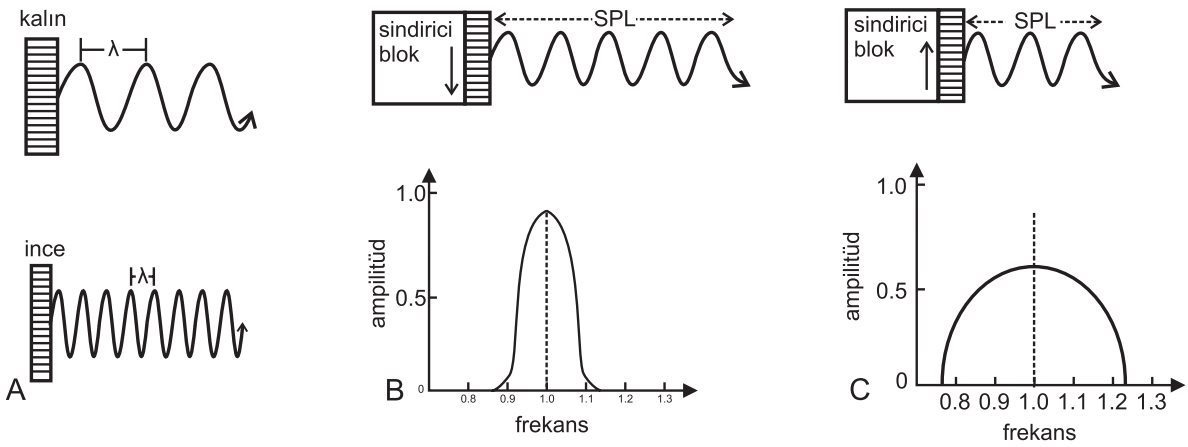
Transdusırın ürettiği sesin dalga boyu $\lambda=c/f$ formülüne göre, sesin seramikteki hızının (c) sesin frekansına (f) bölünmesi ile bulunur. Örneğin 5 MHz'lik bir transdusırda sesin transdusır elemanındaki hızı 4000 m/sn ise, üretilen sesin dalga boyu: 4.000 / 5.000.000 = 0.80 mm'dir. Ancak bu dalga boyundaki sesi üretecek transdusırın kalınlığının 0.4 mm olması gerekir. Çünkü bir transdusırın ürettiği sesin dalga boyu transdusır elemanının kalınlığının iki katından daha kısa olamaz.

US görüntülemesi için vücuda gönderilen ses demeti devamlı değil çok kısa atımlar (pulslar) şeklindedir. Bu pulsun aksiyal yöndeki uzunluğuna uzaysal puls uzunluğu ("spatial pulse length"-SPL) adı verilir. Pulsun uzunluğunu içerisindeki dalga sayısı belirler ve genelikle bir puls 2-3 dalgadan oluşur. Bu kısa pulslar transdusır elemanlarına 1μsn veya daha az süre, 150 V civarında elektrik tatbiki ile üretilir.

Transdusırlar elektrik impulsu ile eksite edildiklerinde zilin çalmaya devam etmesi gibi ses üretmeye meyillidirler. Buna bağlı olarak üretilen puls uzar. Üretilen sesin kısa pulslar şeklinde olabilmesi için üretiminden hemen sonra titreşimi kesecek bir düzenek gerekir. Bu görevi transdusırın hemen arkasına yerleştirilen ve transdusırın titreşimini durduran bir tabaka yapar. Sindirici blok ("damping block") adı verilen bu tabakanın kalınlığı arttıkça üretilen sesin puls uzunluğu kısalır. Pulsun kısalması ile birlikte sesin frekans saflığı bozulur, sesin band genişliği artar ("broad band").



Şekil 1.102 A.Tek transdusır elemanlı bir probun şeması, B. Transdusır elemanının iki yüzeyine elektrod yerleştirilip voltaj uygulandığında kristaller akıma göre yön değiştirerek kristal incelir, akım kesildiğinde eski haline gelir. Bu mekanik titreşim sese dönüşür. Bu olayın tersi de aynı şekilde etki eder; kristale çarpan ses dalgasının oluşturduğu titreşim de voltaja dönüşür. Ses dalgalarının transdusır elamanına yaptığı sıkışma ve izleyen gevşeme periyotları, bağlı devrede elektrik akımı oluşturur.



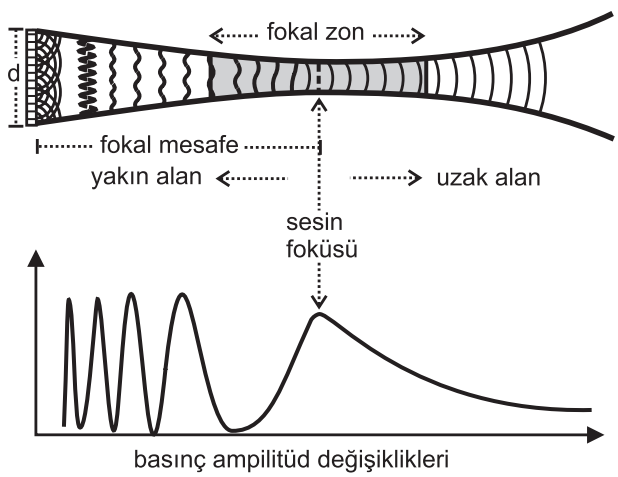
Şekil 1.103 Transduser kalınlığının ve sindirici blok etkinliğinin üretilen sesin frekansı, puls uzunluğu ve band genişliği üzerindeki etkisi. A. İnce transduserin ürettiği sesin dalga boyu daha küçüktür. B. Sindirici blokun etkinliği az (↓), pulsun uzunluğu (SPL) artmış, sesin frekans band genişliği dar. C. Sindirici blokun etkinliği fazla (↑), puls kısa, band genişliği artmış.

Sesin band genişliğini transdusırın Q faktörü belirler. Merkez frekansı f_o olan bir transdusırın Q faktörü = f_0 / band genişliği formülü ile tanımlanır. Band genişliği transdusırın ürettiği ses demetinin alt ve üst frekansları arasındaki genişliktir (Şekil 1.103). Yüksek Q faktörde bant genişliği dardır (sindirme az), puls uzundur. Q faktörü düşük olan transdusırlarda ise olay tersinedir. Dar bant Doppler incelemelerinde, geniş band gri ölçek görüntülemede tercih edilir.

Ses demeti

Ultrasonografik görüntülemede kullanılan ses çok kısa pulslar şeklinde üretilir. Üretilen her puls, transdusır yüzeyinden çıkan çok sayıdaki ses dalgasının karışımıdır ve ses demeti adını alır. Ses demeti ses dalgalarının birbirleri ile konstriktif ve destrüktif etkileşimleri sonucu oluşur. Etkileşen ses dalgaları aynı frekansta ve aynı fazda ise etkileri konstriktif, aynı frekansta ve ayrı (180°) fazda ise destrüktif, frekansı ve fazı farklı ise kompleks şekillerde olur. Konstriktif etkide ses demetinin amplitüdü artar, destrüktif etkide azalır, kompleks etkide ise dalgaların örtüşmesine göre bazen artar bazen azalır. Konstriktif ve destrüktif etkileşim ses demetinin şekillendirilmesinde ve yönlendirilmesinde çok önemlidir. Pulsun doku içerisindeki yayıldığı doğruya ise ses çizgisi denir. Ultrasonografik görüntü, incelenen alanın bu ses çizgileri ile taranmasıyla elde edilir.

Tek ve yassı bir transdusır elemanının ürettiği ses demeti üç boyutludur ve kesiti transdusırın boyutuna uyar (Şekil 1.104). Üretilen ses demeti belirli bir mesafe bu şeklini koruduktan sonra genişlemeye başlar. Transdusırın yüzeyinden genişlemenin başladığı noktaya kadar olan kesime yakın alan veya Fresnel zonu adı verilir. Distaldeki genişleyen kesim ise uzak alan veya Fraunhofer zonu olarak isimlendirilir. Tek elemanlı transdusırda demeti şekillendiren etken transdusırın çapı ve sesin frekansıdır. Transdusır elemanının çapı ve sesin frekansı arttıkça yakın alanın uzunluğu artar, ses



Şekil 1.104 Ses demetinin özellikleri. Transdusır elemanı tek ve disk şeklindedir. Ses transdusır yüzeyinde birçok noktadan oluşur ve su dalgalarının birbirine karışması gibi karışarak ses demetini oluşturur. Yakın alanın uzunluğu sesin frekansı ve transdusır elemanının çapı arttıkça artar. Yakın alanda sesin basınç değişiklikleri çok fazladır, uzak alanda monotonik olarak azalır.

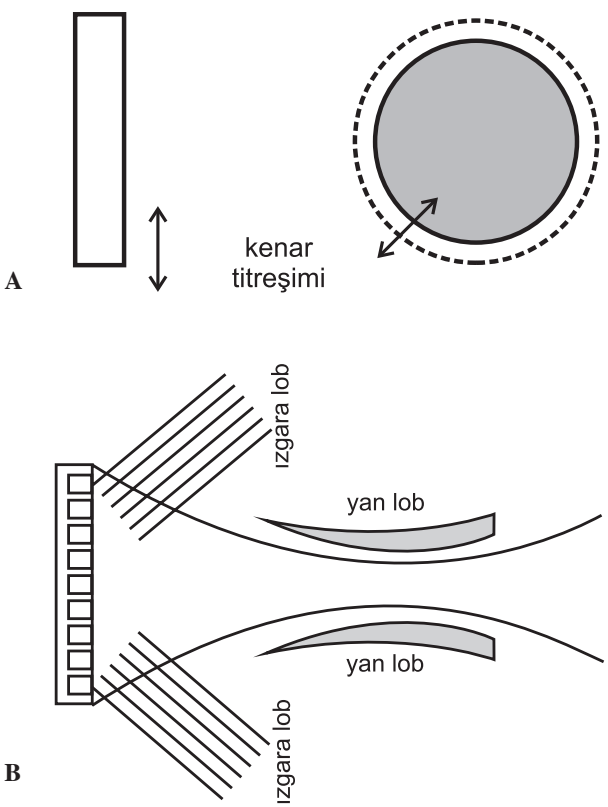
demetinin diverjansı azalır. Uzak alandaki sesin intensitesi, mesafe arttıkça monotonik olarak azalır.

Ses demeti doku içerisinde ilerledikçe doğal olarak atenüe olur ve dolayısıyla ekoları da zayıflar. Demet çapının daraltılması sesin intensitesini yaklaşık 100 kat artırır ve ekoları da aynı derecede şiddetlenmiş olur. Ayrıca US görüntülerinde lateral rezolusyon ses demetinin çapı ile ters orantılıdır. Bu nedenle ses demetinin çapı olabildiğince dar olmalıdır. Bu daralma ses demetinin foküslenmesi ile sağlanır.

Foküslemenin en basit yöntemi tek elemanlı transdusırlarda elemanın seçilen foküs mesafesine uygun olarak konkav halde üretilmesidir. Diğer bir yöntem transdusırın önüne sesi foküse edebilen akustik bir lens konmasıdır. Her iki yöntemde de foküs mesafesi sabittir. Günümüzdeki modern aygıtlarda çok sayıda transdusır elemanı kullanılır. Bu elemanların uyarılmaları arasında çok az süreler bırakarak ses demetleri foküse edilir ve yönlendirilir.

Foküslenen ses demetinin en dar olduğu kesime fokal zon adı verilir. Fokal zondaki ses demetinin kalınlığı, yakın alandaki azami ses demeti kalınlığının yarısından azdır. Fokal zonun uzunluğuna foküs derinliği, fokal zonun merkezinden transdusıra kadar olan uzaklığa ise transdusırın fokal mesafesi denir.

Tranduser elemanları sesi üretirken kasılıp gevşeyerek titreşir. Bu titreşim tüm transdusır yüzeyini kapsadığı gibi yanlarında da görülür. Yanların radiyal titreşimi ile çevresel ses yayılımı meydana gelir. Bu yayılım sonucu ana ses demetinin yanlarında dışa doğru yayılan ek ses demetleri oluşur. Bu demetlerden içte olana yan parça ("side lobe"), daha geniş açı ile yanlara doğru dağılan dış kesimine ise ızgara parça ("grating lobe") adı verilir (Şekil 1.105). Grating lob, çok elemanlı transdusırların kenarlarından oluşur. Görüntülemede işimize yaramayan ve artefakta neden olan bu yapılar Q faktörü yüksek transdusırlarda belirgin, Q faktörü düşük olan geniş band trandüserlerde düşüktür. Yan parçanın oluşumunu azaltmak için transdusırın eni küçültülür ve kenardaki transdusır elemanlarının eksitasyon dereceleri düşürülür. Bu durumda sesin amplitüdü düşer.



Şekil 1.105 Yan ve ızgara lobların oluşumu A. Transduserin yan ve ızgara lobların oluşumuna neden olan kenar titreşimi, B. Yan ve ızgara lobların ana ses demetine göre konumları.

Transdusırların dizilişi (problar)

Ultrasonografinin ilk klinik uygulamaları "compound" skenner denilen aygıtlarla yapılmıştır. Bu aygıtlarda bir kolun ucuna monte edilmiş bir transdusır elemanı, incelenen bölgeyi çizgisel şekilde tarıyor ve görüntü statik olarak bu tarama çizgilerinin birleşmesinden ortaya çıkıyordu. Bu yöntem yerini canlı ("real-time") görüntüleme yöntemlerine bırakmıştır. Bu yöntemlerde incelenen alan transdusırların ürettiği ses demetleri ile hızla taranır ve saniyede 15-60 defa yenilenebilen görüntüler oluşturulur. Modern US aygıtlarında saniyedeki çerçeve hızı çok artmıştır. Bu tarama uygulanan tekniğe bağlı olarak mekanik ve elektronik olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilir.

Mekanik taramada transdusır elemanı tektir. Tarama ya transdusır elemanının ya da arkasına konan akustik aynanın tarayacağı alana uygun açıyla titreşimi ile yapılır. Görüntüleme alanı (FOV), tabanı dar üçgen (sektör) şeklindedir. Ses demetlerinin foküsü sabittir, değiştirilemez. Mekanik taramanın diğer şekli birden fazla transdusır elemanının iç içe halkalar şeklinde dizildiği ("annular" diziliş) problarla yapılır. Bu problarda üretilen ses demetleri elektronik olarak foküse edilebilir. Mekanik transdusırler günümüzde yerlerini elektronik transdusırlara bırakmışlardır.

Elektronik transdusırlarda dikdörtgen prizma şeklinde kesilmiş transdusır elemanları Düz ("linear") ya

da hafif dışa eğimli (“curvilinear”) bir şekilde dizilirler. Tipik bir transdusırda 128-512 eleman bulunur. Her elemanın kalınlığı, genişliği ve yüksekliği vardır. Transdusırın aktivasyonu iki türlüdür: Sekansiyal ve fazlı (Şekil 1.106).

Sekansiyal aktivasyonlu transdusırlar: Bu problar içerisinde 256-512 transdusır elemanı vardır. Yaklaşık 15-20 eleman birden çalışarak bir ses demeti (A-line) oluşturur. Bu gruba bir yada birkaç eleman eklenerek oluşturulan yeni ses demetleri ile alan baştan sona taranır. Arkadan eklenen eleman sayısı kadar eleman çıkarılır, ses demetini üreten eleman sayısı aynı kalır. Lineer dizilişte transdusır elemanları düz bir çizgi üzerine yerleştirilmiştir ve görüntüleme alanı dikdörtgendir. Körvilineer dizilişte ise transdusır elemanları dışa konveks bir çizgi üzerine dizilmiştir ve görüntüleme alanı geniş tabanlı sektör şeklindedir.

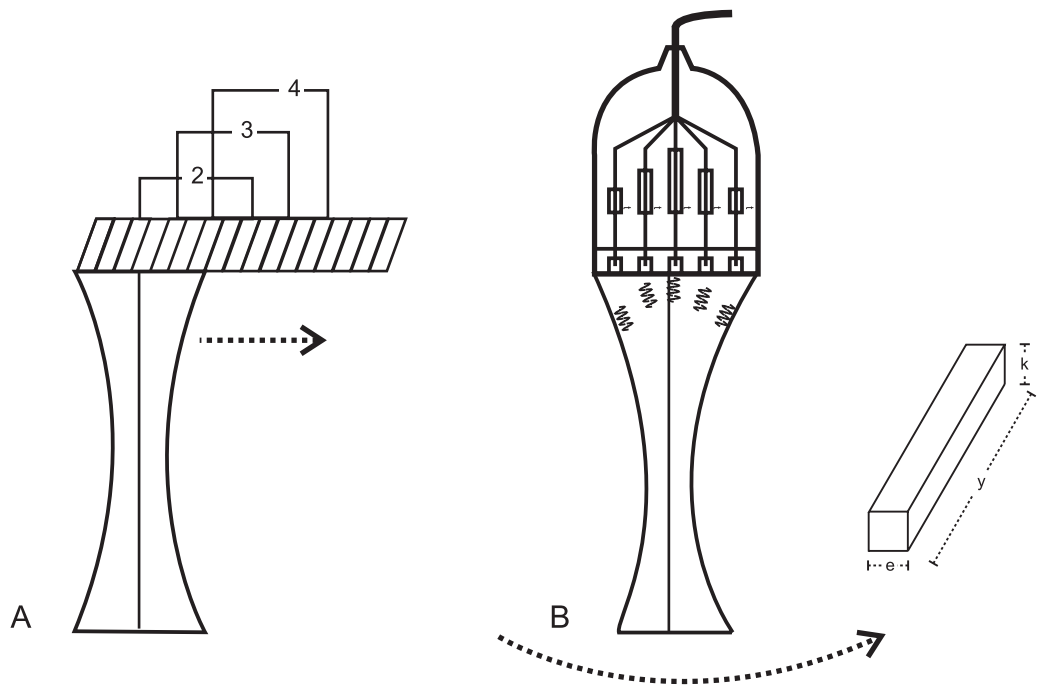
Faz aktivasyonlu transdusırlar: 64-128-256 elemandan oluşur. Taban genişliği 3-5 cm’dir. FOV’u körvilineer transdusırlardan dardır ve sektör şeklindedir. Ses demeti tüm elemanların aktivasyonu ile oluşur, ancak aktivasyondaki kademeli gecikmelerle ışın demeti yönlendirilerek görüntüleme alanı bir uçtan diğer uca kadar taranır. Aynı kademeli zamanlama, alınan ekolara da uygulanır.

Multifrekans (geniş band) transdusırlar

Günümüzdeki aygıtlarda kullanılan gelişmiş transdusırlardır. PZT çubukları sindirme materyali içine gömülür. Transdusır elemanlarının önünde konvansiyonel transdusırlardakı destek tabakası (“matching layer”) olmadığı için transdusır dokuya daha yakındır ve dolayısıyla etkin bir ses geçişi gerçekleşir. Band genişliği merkez frekansın % 80’ine kadar çıkar. Böyle geniş bandlı bir puls, kısa vuruşlu (1-3 siklus) yaklaşık 150 V’luk kare dalga elektrik akımı ile elde edilir. Bu transdusırlar geniş bir band aralığındaki ekoları da alabilir. Bu özelliği nedeniyle düşük frekanslı ses demeti gönderip yüksek frekanslı harmonik ekoları kaydedilebilir ve harmonik görüntüleme yapılabilir.

EKOLARIN SAPTANMASI VE İŞLENMESİ

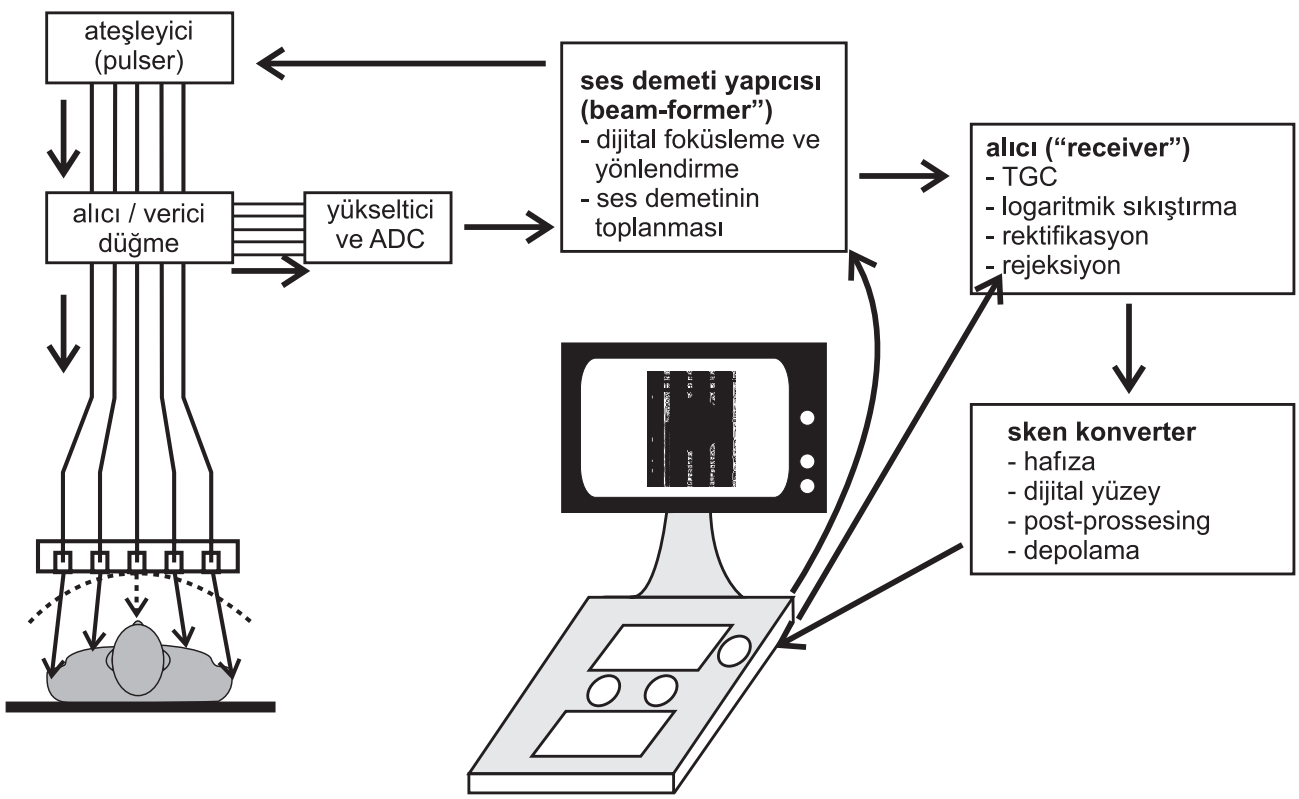
US aygıtları dijital ve analog yöntemlerin değişik kombinasyonlarını ihtiva eder. Aygıtlarda işlemler gittikçe daha fazla dijital yöntemlerle yapılmaktadır.



Şekil 1.106 A. Lineer ve B. faz dizilişli çok elemanlı problar. Lineer dizilişli problarda ses demeti belirli bir sayıda elemanın birlikte ateşlenmesi ile üretilir. Ateşlenen transduser eleman sırasının başına bir iki eleman ekleyip gerisinden aynı sayıda çıkarmak suretiyle tüm alan hızla taranır. Faz dizilişli transduserlerde ses demeti, elemanların tümünün ateşlenmesiyle oluşturulur. Ses demeti, elemanların ateşlenmelerindeki çok az gecikmelerle foküse edilir ve yönlendirilir. Yanında tek transduser elemanının boyutları görülüyor (e: m, k: kalınlık, y: yükseklik).

Günümüzdeki modern aygıtlar tümüyle dijital teknoloji kullanır. Ses demeti, bilgisayar destekli elektronik düzeneklerle oluşturulur ve alınır. Her şeyin zamanlaması ve yönetimi bilgisayar kontrolü altındadır. Modern bir US aygıtında bulunan ana düzenekler şunlardır: (Şekil 1.107)

1. Demet şekillendirici ("beam former"): Transdusır elemanlarının uyarılmasında elektronik gecikmeyi yöneterek verici ve alıcı foküslemeyi ve demet yönlendirmesini yapar. Modern aygıtlarda dijital şekli kullanılır. Dijital bir demet şekillendirici, her transdusır elemanının kendisine ait alıcı/verici anahtarlarını, analog-dijital çeviricileri (ADC) ve dijital-analog çeviricileri (DAC), önyükselticilerini ve TGC devrelerini kontrol eder. Bu gereçler genellikle probun içerisinde, transdusır elemanlarına yakın konumdadır.
2. Pulser (transmitter): Demet şekillendiricinin komutlarına uygun şekilde transdusırlara elektrik voltajı uygular.
3. Verici/alıcı ("transmit/ receive") anahtar: Pulser ile senkronize çalışır. Pulser yaklaşık 150 V'luk vuruş yapar. Transdusırın eko alış değeri ~1V- ~2 μV civarındadır. Anahtarın görevi bu kadar farklı duyarlılıktaki işlemlerin birbirlerini etkilemelerini önlemektir.
4. Ön-yükseltici (pre-amplifier): Transdusıra gelen ekonun basıncı ve dolayısıyla ürettiği voltaj çok küçüktür. Ön yükselticinin görevi bu değeri işlenebilir sinyal seviyesine yükseltmektir. Bu yükseltmeyi derinliği göz önüne alarak yapar. Bu işlem sabit bir "time-gain compansation –TGC"dir.
5. Analog-Dijital Çevirici (ADC): Tipik örnekleme hızı 20-40 MHz, çıkışı 8-12 bittir.
6. Eko alımı: Bir yansıtıcıdan kaynaklanan ekolar kenardaki transdusır elemanlarına merkezdekilerden geç ulaşır. Bu nedenle dinleme fazında transdusır elemanları gecikmeli olarak aktive edilir. Ayrıca ekolar derinliğin bir fonksiyonu olarak faz farkı gösterirler. Her elemanın saptadığı ekoların fazlarına göre sıralaması yapılır. Buna dinamik alış foküslemesi adı verilir. Faz sıralaması yapıldıktan sonra aktif transdusır elemanlarından gelen tüm sinyaller toplanır. Bu çıkış sinyali bir PRP'de, gönderilen bir ses demeti yönünden dönen akustik bilgidir. Bu bilgi işlenmek için alıcıya gönderilir.



Şekil 1.107 Ultrasonografi aygıtında görüntü oluşturan sistemin ana parçaları. Veri toplama ve demet oluşturma işlemleri dijitaldir. Her transduser elemanının ayrı ayrı sahip olduğu düzenekler bağlantıları ile gösterilmiştir.

7. Alıcı (“receiver”): Saptanan sinyalleri işleyerek görüntüye hazırlar.
8. Tarama çeviricisi (“scan converter”): Dijital arayüzeydir, monitördeki görüntüyü oluşturur ve görüntü hafızası görevi yapar.

Modern US aygıtlarında probların içerisinde, her transdusır elemanının bir transmitteri ve alınan ekoların oluşturduğu çok düşük akımı yükseltecek bir önyükselticisi ve yükseltilmiş sinyali dijitalize edecek ADC vardır.

Puls üretimi

Pulse-eko işleminde zamanın büyük çoğunluğu dinlemek içindir. Her transdusır elemanının kendi elektrodu vardır. Ses ana vuruş (“main bang”) ile üretilir. Bir puls-eko sekansı bir A-line (“amplitud modulated”) görüntü verisi oluşturur. Görüntü için çok sayıda A-line oluşturmak gerekir.

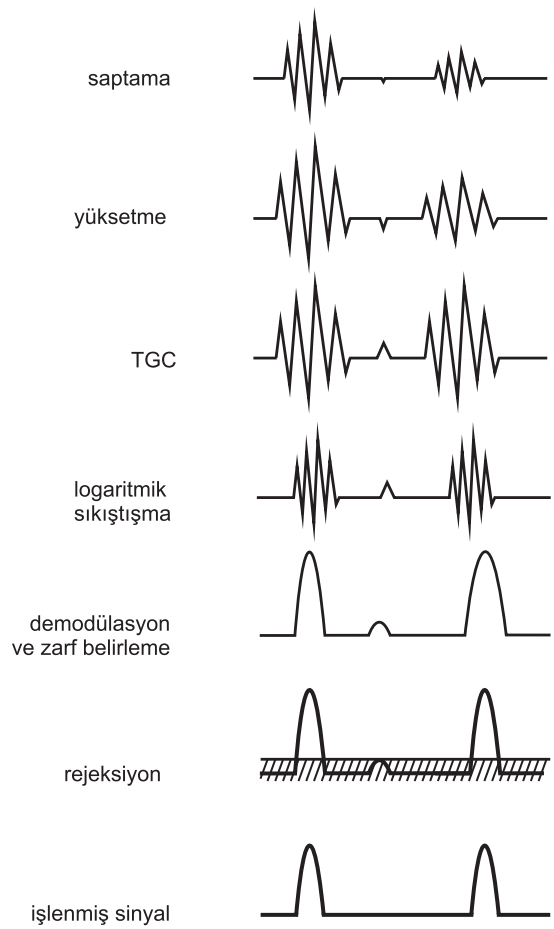
Saniyede tekrarlanan puls sayısına “pulse repetation frequency-PRF” adı verilir. PRF = 2000-4000 (2-4 kHz) arasındadır. Pulslar arasındaki süre ise “pulse repetation period-PRP” adını alır. PRP ve PRF arasındaki ilişki şu formülle ifade edilir: PRP = 1/PRF. PRF arttıkça PRP ve derinlik düşer. Yüksek frekansta derinlik az olduğu için yüksek PRF, düşük frekansta ise derinden gelen ekoları kaydedebilmek için düşük PRF gerekir.

Pulstaki dalga sayısının transdusır frekansına oranı puls süresini verir. Örneğin 2 dalgadan oluşan bir pulsun merkez frekansı 2 MHz ise puls süresi l mikrosaniye kadardır. “Duty cycle” (%) ise transdusırın puls gönderme süresinin oranıdır ve puls süresinin PRP’ye bölünmesi ile elde edilir. Tipik değeri % 0.2-0.4’tür. Geriye kalan zaman (% 99.5) ekoları dinlemek içindir.

Alıcı (“receiver”)

Ekoları işleyen ve dijitalizasyona hazırlayan bir düzenektir. Alıcıda yapılan işlemler sırasıyla şöyle özetlenebilir: (Şekil 1.108)

1. “Time gain compansation- TGC” ve dinamik frekans ayarlanması: Ses demeti derinlere indikçe yansıma ve soğurulma nedeniyle hızla zayıflar, dolayısıyla aynı yapıdaki bir yansıtıcı yüzey eğer derinde lokalize ise ekosu yüzeydekine göre çok zayıf olacaktır. Kaliteli bir görüntü elde etmek için ekoların amplitüdü, derinliğe bakılmaksızın eşit yansıtan yüzeylerden eşit değerde olacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu işleme “time gain compansation- TGC” denir. TGC prob içerisinde, alıcıda veya her iki yerde yapılabilir. Alıcıdaki TGC, probdakinden farklı olarak sabit değil, kullanıcı tarafından ayarlanabilir şekilde kontrol konsolu üzerindedir.
2. Dinamik frekans ayarlaması ise, geniş band alıcılarında alıcının frekans duyarlılığını zamana göre ayarlama işlemidir. Gönderilen geniş frekans bandlı ses demetindeki yüksek frekanslı kesim derine inemez. Erken ekolar yüzeyel bölgeden dönen yüksek frekanslı kesimdir. Dinamik frekans ayarlaması ile erken gelen yüzey ekoları yüksek frekansa, derinden gelenler düşük frekansa ayarlanır.
3. Dinamik yelpazenin (“reync”) sıkıştırılması: Dinamik yelpaze, bir elektronik düzeneğin, aldığı eşik sinyal seviyesi ile sinyale doyum seviyesi arasındaki aralığı ifade eder. Doyum seviyesinin üzerindeki amplitüdler, ayrı bir sinyal olarak kaydedilemez. US sisteminde geniş dinamik reyncden etkilenen kesim analog-dijital çevirici (ADC) ve göste-



Şekil 1.108 Sinyal alımı ve işlenmesi.

rimdir. 8-bitlik ADC'li bir alıcının dinamik reynci $\log_{(20)} 256 = 48$ dB'dir ve 50-dB sinyali dijitalize edemez. Video monitör ve filmde ise dinamik reync yaklaşık 100/1-150/1 kadardır. Bu nedenle TGC sonrası sinyal 20-30 dB düşürülmelidir. Bunun için logaritmik amplifikasyon kullanılır. Gelen sinyalin en zayıf kesimleri en fazla amplifiye edilir, sinyalin gücü arttıkça amplifikasyon düşürülür.

4. Rektifikasyon, demodülasyon ve zarf belirleme: Rektifikasyon negatif amplitüdü pozitife çevirir, demodülasyon ve zarf belirleme ise ekonun rektifiye edilmiş amplitüdünü düzgün tek bir pulsa çevirir.
5. Gürültü rejeksiyonu: Sinyalin gürültü oluşturan ve işe yaramaz kesimlerini keserek belirli bir eşik değerin üstünün dijitalizasyonuna izin verme işlemidir.

Bu işlemlerden birincisi ve sonuncusu incelemeyi yapan tarafından ayarlanır. TGC genellikle derinliğe göre dizilmiş artırıcı-azaltıcı düğmelerle yapılır. Gürültü rejeksiyonu ise gönderilen sesin intensitesini ayarlayan düğmeyle otomatik olarak yapılır.

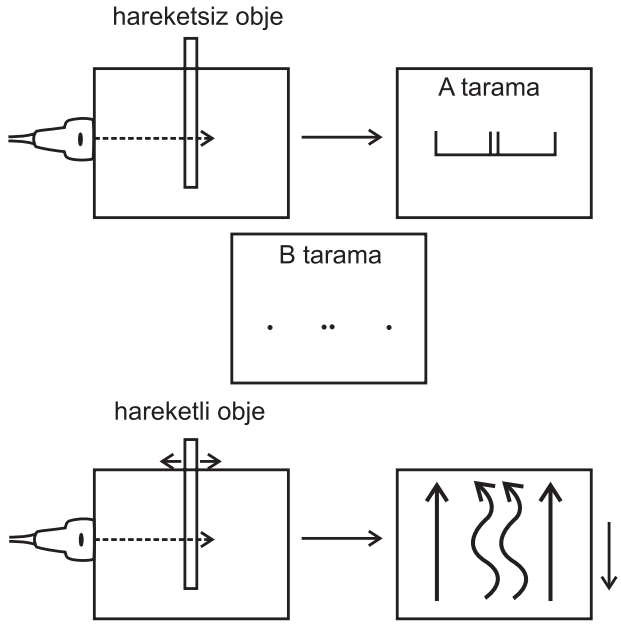
Alıcı tarafından alınan ve işlenen sinyaller sken çeviricisi ("converter") denilen düzenekle monitördeki görüntüye çevrilir. Transdusırın oriyante olduğu yön, koordinat bilgisayarı tarafından kaydedilir ve bu bilgi sken çeviriciye aktarılır. Dijital bilgiler sken konverter hafızasına (~500 x 500 piksel) yerleştirilir. Son görüntü 512 x 512 x 8 bit/piksel (1/4 MB) dir. Renkli görüntülemede piksel değeri 24 bite (3 byte) çıkar.

GÖRÜNTÜLEME ŞEKİLLERİ

US'de saptanan ekoların amplitüd farklılıkları ve geldikleri yer A-mode, B-mode ve M-mode olarak isimlendirilen üç farklı şekilde gösterilir (Şekil 1.109). "A" amplitüd, "B" brightness (parlaklık), "M" de motion (hareket) sözcüklerinin baş harfleridir.

A-mode (A-tarama): Bu yöntemde yankı bir grafik şeklinde kaydedilir. Yankıların amplitüdleri yankının şiddetini, yankılar arasındaki mesafe de yapıların vücut içerisindeki derinliklerini verir. Kullanım alanı çok azalmış olan bu yöntemin en iyi örneği gözde hassas mesafe ölçümleridir. A-taramada veriler kantitatiftir, incelenen kesim görülmez. Günümüzdeki modern aygıtlarda yoktur.

B-mode (B- tarama): Bu yöntemde yankılar şiddetleri ile orantılı parlak noktalar şeklinde kaydedilir. A-taramadaki amplitüdün, şiddeti ile orantılı parlak



Şekil 1.109 Vuruş-yankı sistemleri.

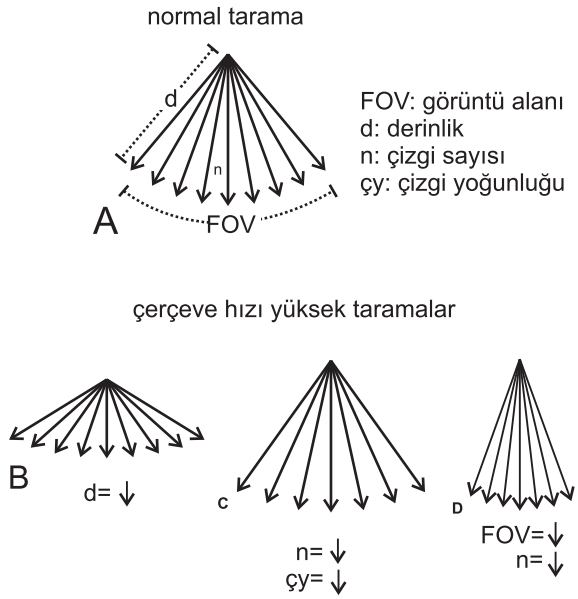
noktalara çevrilmesi ile elde edilir. Bu parlak noktalar A-çizgisi piklerinin tepeden görünüşü olarak tanımlanabilir. İncelenen alan A-tarama çizgileri ile hızla taranarak, monitörde değişik parlaklıkta noktalardan oluşan iki boyutlu canlı kesit görüntüleri izlenebilir. Bu yöntemin günümüzdeki adı iki boyutlu (2B) görüntülemedir.

M-mode (M-tarama): Bu yöntemde hareketli yapılardan yansıyan ekolar zaman / pozisyon grafiği şeklinde kaydedilir. Bir ses çizgisi üzerindeki B-tarama verilerinin zamana karşı yazdırılmasıdır. Kalbin inceleme yöntemidir (ekokardiyografi). Günümüzde önemini yitirmiştir.

İki boyutlu (2B) görüntüleme (B-mode)

2B görüntülemede bir çerçeve, N sayısında (genellikle 100 ya da daha fazla) A-çizgisi ile yapılır. Çizgi sayısı arttıkça görüntü kalitesi artar, temporal çözümleme düşer (Şekil 1.110). Sesin dokudaki yayılımının belirli bir zaman alması nedeniyle bir görüntünün N sayısının bir üst sınırı vardır. Birim alandaki çizgi sayısına ("line density") uzaysal örnekleme denir. Uzaysal örnekleme linear array transdusırlarda derinlikle değişmez, sektör veya trapezoid transdusırlarda derinlik arttıkça düşer.

Giden ses demetinin foküslenmesi çerçeve hızını düşürür. Her fokal zon için ayrı ses demetleri üretilir.



Şekil 1.110 A. Çerçeve hızı ve görüntü parametreleri ilişkisi. Çerçeve hızının artması ya derinliğin (B) ya ses demeti sayısının (C) ya da FOV'un (D) düşmesi ile dengelenir.

Bu nedenle çerçeve hızındaki düşme fokal zon sayısının yaklaşık olarak katları kadardır.

Dijital veriler değişim masasına gönderilir. Burada görüntünün parlaklık ve kontrast ayarı ("windowing") yapılır. Dijital matris, DAC aracılığı ile analog video sinyallere çevrilerek monitöre gönderilir. Görüntü monitörünün piksel dansitesi, görüntünün çözümlemesini ve kalitesini belirler.

Monitördeki görüntünün büyütülmesine "zoom" yapma denir. Görüntünün büyütülmesi iki şekilde yapılabilir: 1) "Read zoom": dondurulan görüntüyü büyütür, çözümleme artmaz, 2) "Write zoom": seçilen bölgeyi ayrıntılı tarar, çözümleme artar.

Monitördeki görüntü daima yenilenerek oluşturulur, son resim dondurulur. Son görüntülerin hafızaya alınarak canlı olarak tekrarlandığı "cine-loop" fonksiyonları da vardır.

Tipik bir US kesiti 640x480 veya 512x512 pikselden oluşur. Her pikselin ise 8 bit derinliği (256 gri ölçek seviyesi) vardır. Her resim yaklaşık 1/4 MB'dır. Canlı görüntüleme için 10-30 çerçeve/sn hız gerekir. Bu da yüzlerce MB demektir. Renkli Doppler'de saklama kapasitesi artar, çünkü renkler için 24 bit gerekir.

Monitördeki görüntüler üzerinde mesafe, alan ve hacim ölçümleri yapılabilir. Aksiyel çözümleme her zaman daha iyi olduğu için mesafe ölçümü aksiyal yönde, lateral yöndeki ölçümden daha duyarlıdır.

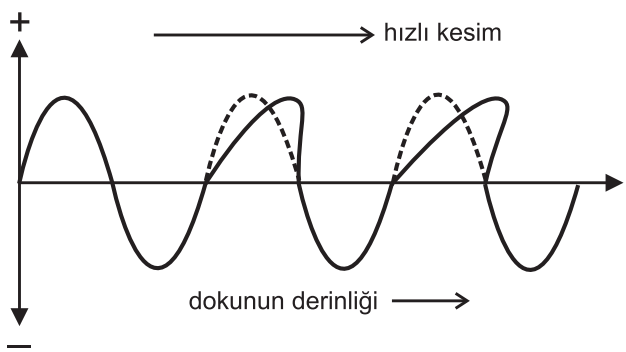
US kontrast maddeler: Kapsüllü hava kabarcıklarıdır (3-6 μm çapında); hava, nitrojen veya perfluorokarbon gazı içerirler. Kapsülü insan albümininden yapılmıştır ve enjeksiyondan sonra gazın belirli bir süre kapalı kalmasını sağlar. Hava kabarcıkları çok küçük boyutludur. Patlamadan yeterli süre dayanabilirlerse, doku tarafından tutulmaları da saptanabilir (perfüzyon çalışması).

Gaz kabarcıklarının kontrast madde olarak kullanılmalarının nedeni, gaz ile yumuşak dokular arasında belirgin akustik direnç farkı olması ve kabarcıkların komprese edilebilirliğidir. Kabarcıkların boyutu sesin dalga boyundan küçük olduğundan her yöne saçılmaya neden olur. Komprese edilebilirliği ise dönen ekoların frekansının yüksek olması sonucunu doğurur (harmonik etki). Bu nedenle kontrastlı çalışma tekniği standart B-mode tekniğinden ayrılır.

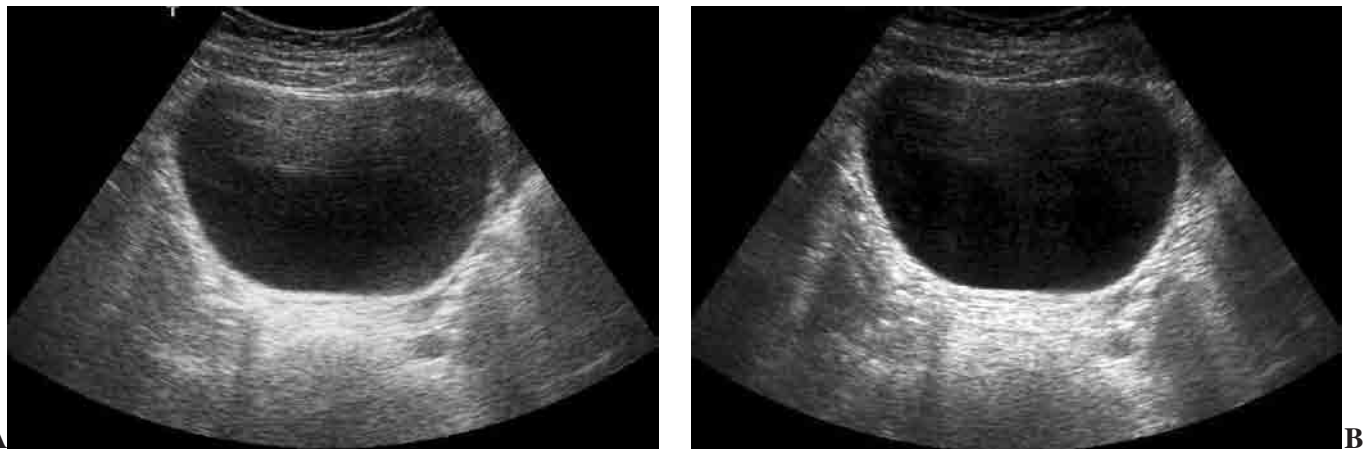
Hava kabarcıkları ses demetlerinin etkisi ile patlar, bu nedenle inceleme süresince kontrast madde vermeye devam edilir.

Harmonik görüntüleme: Harmonik frekanslar, sesin maddede yayılması sırasında ortaya çıkar. Merkez frekansı f_0 MHz olan bir puls, $2f_0$, $3f_0$, $4f_0$ gibi yüksek frekanslı harmonikler oluşturur. Ana ses demeti aynı zamanda birinci harmonik olarak isimlendirilir. Bu nedenle ana sesten sonra ortaya çıkan ilk harmoniğe 2. harmonik denir.

Ses dalgasının yüksek basınçlı (sıkışan) kesimi, düşük basınçlı (gevşeyen) kesiminden daha hızlı yayılır (Şekil 1.111). Sıkışan kesimler frekansı yüksek harmonikler oluşturur. Dokuda oluşan harmonik, ses dalgasının bu şekilde distorsiyone olmasına bağlıdır. Bu distorsiyon kontrast madde olarak kullanılan kapsüllü gaz kabarcıklarında çok belirgindir. Gaz kabarcıkları akustik basınç değişikliklerine bağlı olarak titreşirler.



Şekil 1.111 Harmonik frekansların ortaya çıkışı.



Resim 1.30 Normal mesane A. B-mode görüntüsü B. Harmonik görüntü. Harmonik görüntüde mesane ön kesimindeki reverberasyon artifakları siliniyor.

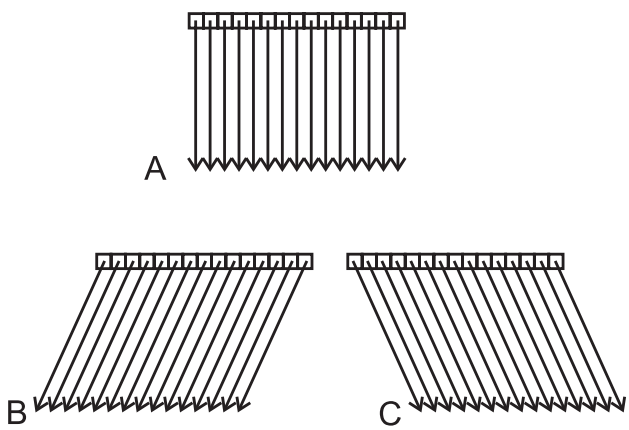
Bu titreşim, ses dalgasının belirgin distorsiyonuna ve yoğun harmonikler oluşmasına neden olur.

Harmoniklerin frekansları ana sesin frekansının katlarıdır. Ses demeti dokuda ilerledikçe distorsiyonu artar ve harmonikler ortaya çıkar. Derinlerde, harmonikler içerisindeki yüksek frekans fraksiyonu azalır. Harmonik görüntülemede hem miktarı en fazla hem de frekansı en düşük, dolayısıyla penetrasyonu en yüksek olan ilk harmonik (ikinci harmonik) kullanılır. Önce vücuda normal frekansında ses gönderilir, ancak alıcı (multifrekans transdusır) yüksek frekanslı harmoniklere ayarlanır. Gönderilen düşük frekanslı sesin ekoları alınmaz. Sonuçta, standart bir incelemede sorun olan yakın alan artefaktları ortadan kalkar (Resim1.30). Saptanan ekonun frekansı yüksek olduğundan harmonik görüntülemede doku farklılıkları daha belirgindir. Kontrast çözümleme artar. Harmonik ekoların çoğu ses demetinin ortasında oluştuğu için lateral çözümleme artar, side lob artefaktı azalır. Yöntem en çok, düşük frekans kullanılan abdominal incelemelerde yararlıdır.

Kontrast madde ile birlikte yapılan harmonik görüntülemede subtraksiyon yapılarak kontrast maddenin daha belirgin olarak izlenmesi sağlanabilir. Bunun için bir ses demeti yerine arka arkaya iki ses demeti gönderilir. Bu iki ses demeti birbirinin karşıt fazlarındadır. Dokudan dönen karşıt fazdaki ekolar birbirlerini yok eder. Sadece kontrast madde olarak kullanılan hava kabarcıklarından kaynaklanan harmonik frekanslar saptanır. Yöntem DSA'nın analoğudur. Bu yöntemle kontrast maddenin duyarlılığı artar ve kabarcıkların doku tarafından alınması (perfüzyon) saptanabilir. Yöntemin dezavantajı iki demet arasındaki sürede hareket artefaktı oluşması ve iki demet kullanıldığı için taramanın yavaşlamasıdır.

Uzaysal bileşik tarama ("spatial compound imaging"): US görüntüsünün kendine has karlı bir görünümü vardır. Bu görüntü gri tonlardaki nokta/beneklerden oluşur. Bu nokta/beneklerin boyutları ve şekilleri görüntünün değişik kesimlerinde farklıdır, ancak görüntüden görüntüye değişmez.

Uzaysal bileşik taramada, elektronik yönlendirme yapılarak aynı alan değişik açılardan taranır ve görüntüler birleştirilir (Şekil 1.112). Böylece görüntüdeki noktalı görünümlerin bölgelere göre farklılığı ortadan kalkar, gürültü azalır, kontrast ve kenar keskinliği artar. Görüntüler daha yumuşak geçişli ve düzgün yapıdadır ve daha az karlı görünümdedir.



Şekil 1.112 Uzaysal bileşik görüntüleme A. Normal tarama B ve C. Ek iki ayrı yönde tarama. Bu şekilde değişik açılardan veriler toplanarak ortalaması alınır ve görüntü yapılır.

Bu yöntemde akustik gölge ve akustik zenginleşme belirgin değildir. Bu bir dezavantaj olabilir. Yöntemde daha fazla tarama yapılıp veriler birleştirildiği için süre uzar, çerçeve hızı düşer.

Genişletilmiş FOV görüntüleme ("extended FOV imaging"): Tansdusırın pozisyonu inceleme sırasında bir yöne doğru kaydırıldığında oluşan yeni görüntünün monitördeki görüntüye eklenmesidir. Sken konverterin görüntü matrisini pozisyona göre yenilemesiyle elde edilir.

Üç boyutlu (3B) görüntüleme

3B görüntüleme bir seri 2B görüntüden elde edilir. Bunun için elde edilen 2B görüntülerin bulundukları yerler bilinmelidir. 2B görüntüler, transdusırın değişik hareketleri ile elde edilir. Veriler elde edildikten sonra, yüzey görüntüleme, azami intensite projeksiyon, multiplanar imaj reformasyon gibi yöntemlerle 3B rekonstrüksiyonlar yapılır. Bu yöntem obstetrik US'de kullanılmaktadır.

Elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler 3B rekonstrüksiyonu hızlandırmıştır. Bu şekilde hızlı 3B rekonstrüksiyonlarla incelemenin canlı 3B görüntüler şeklinde oluşturulmasına dört boyutlu (4B) görüntüleme adı verilmiştir. 2B transdusırların kullanıma girmesiyle 4B görüntülemenin daha kolay ve daha gelişmiş olarak yapılacağı beklenebilir.

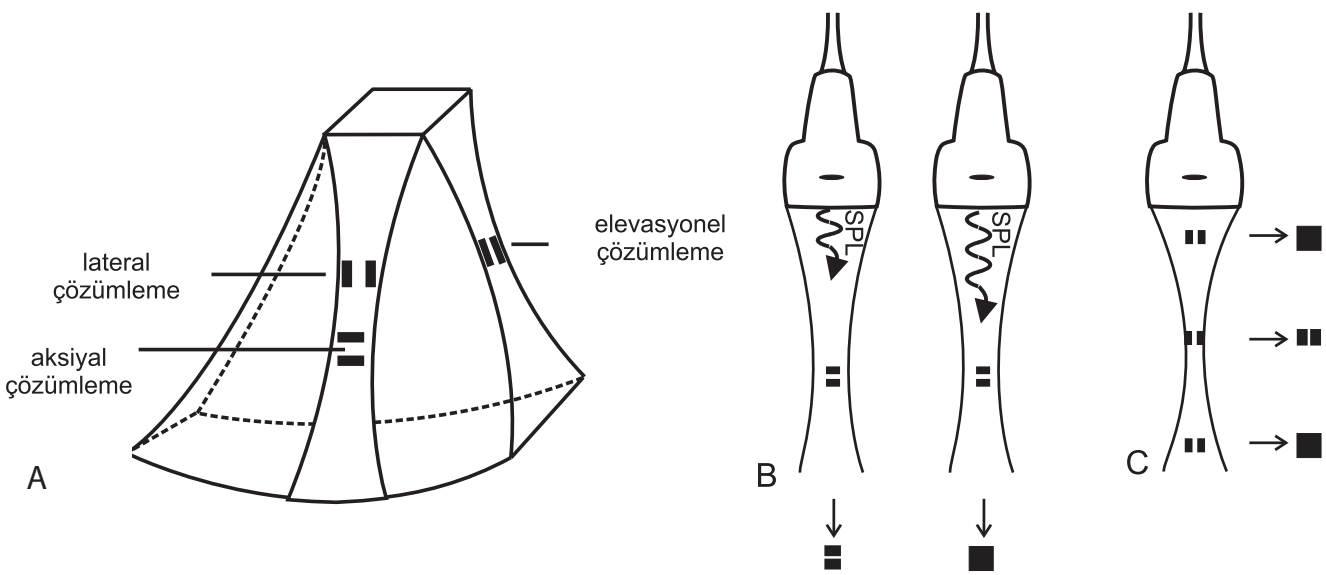
GÖRÜNTÜ KALİTESİ

Görüntü kalitesi, US aygıtının üretim karakteristiklerine, seçilecek inceleme ölçütlerine ve uygulayıcının ustalığına bağlıdır. Uzaysal çözümleme, kontrast çözümleme ve gürültü başlıkları altında incelenir.

Uzaysal (geometrik) çözümleme (çözümleme)

Ses demetinin uzaysal çözümleme gücü pulslarının hacmi ile belirlenir. Puls ne kadar küçükse uzaysal çözümleme o kadar iyidir. Pulsun uzunluğu aksiyal yönde, eni lateral yönde, derinliği ise kesit kalınlığı yönündeki (elevasyonel) uzaysal çözümlemeyi belirler (Şekil 1.113). Aksiyal çözümleme puls uzunluğuna bağlıdır ve derinlikten bağımsızdır. Lateral ve elevasyonal çözümleme ise ses demetinin kalınlığı, dolayısıyla transdusırın eni ve yüksekliği tarafından belirlenir ve derinlikle yakın ilişkilidir. Transdusıra yakın alanda ve fokal zonun distalinde düşüktür ve genelde aksiyel çözümlemeden 3-5 defa daha kötüdür.

Aksiyal çözümleme arka arkaya, birbirine yakın olarak yerleşmiş iki reflektör noktayı ayırt edebilme yeteneğidir. İyi bir aksiyal çözümleme için dönen ekolar ayrı ayrı saptanabilmeli, üst üste binmemelidir. İki reflektör arasındaki mesafenin ayrılabilmesi için sesin puls uzunluğu (SPL), bu mesafenin yarısı kadar olmalıdır. 1/2 SPL'den daha yakın yapılar birbirinden ayrılamaz.



Şekil 1.113 A. Utrasonografik bir kesitin görünümü ve uzaysal çözümleme. B. Aksiyel çözümleme = SPL/2 C. Lateral ve elevasyonel çözümleme. Ses demetinin kalınlığı tarafından belirlenir.

SPL, her pulsun içindeki dalga sayısı (genelde 3 puls) ile sesin dalga boyunun çarpımına eşittir. Pulsun içindeki dalga sayısı daha etkin bir sindirme bloğu ile azaltılır. Dalga boyu ise frekansı artırarak kısaltılır. Örneğin 5MHz'lik bir probda aksiyal çözümleme = 3 x 0.31 = 0.93 mm/2 = 0.47 mm'dir. Üretilen en kısa pulsun bir dalga boyuna eşit olduğunu kabul edersek aksiyal çözümleme en fazla sesin dalga boyunun yarısı kadar olur. Dolayısıyla dalga boyu kısaldıkça aksiyal çözümleme artar. Aksiyal çözümleme teorik olarak derinlikle değişmez.

Lateral çözümleme yan yana iki yakın noktayı ayırabilme yeteneğidir. Işın demetinin çapı derinlikle değiştiğinden lateral çözümleme derinlikle değişir. En iyi lateral çözümleme fokal zondadır ve bu noktada ses demetinin çapı transdusırın çapının yarısıdır.

Lineer transdusırlarda aktive edilen transdusır grupları etkin transdusır genişliğini oluşturur ve tek element gibi davranır. Foküsleme ile her ses demetinde değişik derinliklerde fokal zonlar oluşturulur.

Faz dizilişli transdusırda demet yönlendirme ("beam steering") ile gönderici/alıcı foküslemesi yapılır. Birden fazla foküsleme yapılabilir. Her fokal zon için ayrı bir ses demeti kullanılır. Fokal zon sayısı arttıkça ses demeti boyunca lateral çözümleme artar, ancak daha fazla puls sekansı nedeniyle süre uzadığı için çerçeve hızı ve/ya her görüntüdeki tarama çizgi sayısı azalır.

Genel olarak frekans arttıkça ses demeti inceldiğinden yüksek frekanslı transdusırların lateral çözümlemeleri daha iyidir. Transdusırlardan yayılan geniş bantlı ses demetinin yüksek frekans fraksiyonu erken soğurulur ve derinlere daha düşük frekanslar ulaşabilir. Bu nedenle geniş bandla yapılan incelemelerde derinlik arttıkça aksiyal ve lateral çözümlemesinin her ikisi de düşer.

Elevasyonel çözümleme kesit kalınlığı yönündeki çözümlemeyi tanımlar. Bu boyut, görüntüleme düzlemine diktir ve transdusır elementlerinin yüksekliğince belirlenir. Görüntülerde elevasyonel çözümlemesi gözlemek zordur.

US aygıtları, tüm ekonun ses demetinin ortasından geldiğini varsayar. Bu yanılgı ses demetinin kalınlığınca tüm verilerin üst üste düşmelerine neden olur. Bu nedenle US görüntüsündeki herhangi bir nokta dokunun o kesitindeki yapıların toplamını temsil eder. Vücut içerisindeki yapıların çoğunluğu sferik yapıda olduğundan, görüntülerde kenar keskinliği belirgin değildir.

Elevasyonal çözümlemeyi iyileştirmek için elevasyonel fokal zon oluşturulur. Bunun için transdusırın yüksekliği akustik lens şeklinde konkavlaştırılır.

Çok elemanlı problarda transdusır elemanları probun kalınlığı boyunca sıralanır. Sıraların sayısı genellikle 5-7 arasındadır. Böyle bir tansdüser "1.5 dimentional" (1.5 D) olarak isimlendirilir. 1.25D transdusırların sıra sayısı daha az, 1.75D transdusırların daha fazladır. Bu sıraların sayısı artırılır ve bilgisayar desteği eklenirse 3B görüntüleme yapılabilir. Gerçek anlamda iki boyutlu olan 2B transdusırler geliştirmiştir. Bu tür transdusırlar ile ses demeti elevasyonel boyutta elektronik olarak foküslenebilir. Bunun için transdusır sıraları faz farkları ile uyarılır. Elevasyonal foküsleme çerçeve sayısını düşürür.

Kontrast çözümleme ve gürültü

Kontrast, sinyal amplitüdündeki farktır. Zayıflama farklılığı, kontrast madde (mikro kabarcıklar), harmonik görüntüleme/inversiyon harmonik görüntüleme ve Doppler görüntüleme teknikleri gibi birbiriyle ilişkisiz birçok faktöre bağlıdır. Bunların dışında uzaysal çözümleme ile de yakından ilişkilidir.

Kontrast çözümleme gücü ekonun amplitüdü ve dokunun zayıflama değeri tarafından belirlenir. Bu nedenle geometrik çözümlemeyi artıracak olan frekansın yükseltilmesi ile eko amplitüdünü yükseltecek olan frekansın düşürülmesi arasında bir denge kurulması zorunludur. Kesit geniş ve kalınlığı fazla ise (lateral ve elevasyonel boyut) küçük boyutlu objeler, ekoları ortalanarak gözden kaçabilir.

Bir lezyonun görülebilmesi (etkin çözümleme), ekonun amplitüdü ile yakından ilişkilidir. Yüksek kontrast çözümlemesi için, gürültü de düşük olmalıdır. Derindeki yapılardan kaynaklanan ekolar yeteri kadar güçlü olsalar da, transdusıra gelinceye kadar soğurulma nedeniyle zayıflar. Bu ekoların amplitüdü, zamana göre ses intensitesinin ("gain") yükseltilmesi (TGC) ile artırılır. Geynin artırılması, birlikte gürültüyü de artırır. Sonuçta düşük SNR nedeniyle görüntü "karlı" bir görünüm alır ve lezyon görülemez. İntensitenin arttırılması aynı seviyedeki güçlü ekoların yayılmasına ve dolayısıyla lateral çözümlemenin düşmesine de neden olur.

Hastadaki detayın görülebilmesi kontrastın gürültüye oranına (CNR) bağlıdır. Kontrast sinyal amplitüdlerindeki farktır. Gürültünün başlıca kaynağı sistemdeki elektronik yükseltmedir. Bazen elektrik dalgalanmalarından ya da iyi çalışmayan bir transdusır elementinden kaynaklanabilir. Temporal ve uzaysal ortalama alma gibi postprosesing işlemleri CNR'yi artırır, ancak

çerçeve hızı ve uzaysal çözümleme düşer. Gönderilen sesin gücü ve/veya PRF artırılırsa kontrast çözümlemesi iyileşebilir, ancak ses gücü açısından transdusırın bir kapasitesi vardır. Ayrıca yüksek enerji aktarımı biyolojik hasara neden olacağından sınırlandırılmıştır.

GÖRÜNTÜLERİN YORUMLANMASI

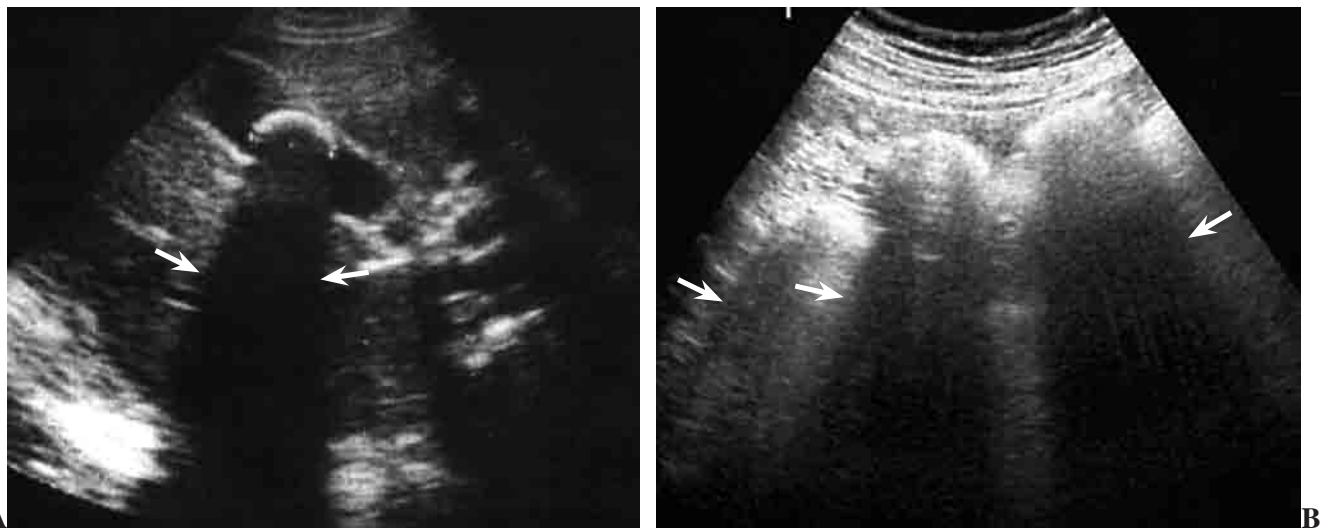
Akustik gölge

Bir yüzeyin arkasına sesin geçmemesine veya çok az geçmesine bağlıdır. Lineer problarda paralel, konveks problarda radiyal bir anekoik-hipoekoik gölge şeklindedir. Ortaya çıkış nedeni sesin soğurulması ve yansımasıdır. Fibroz doku ve bir dereceye kadar yağ dokusu yumuşak dokuya göre daha fazla absorbandır. Bu nedenle yağlı karaciğerin arkasına ses daha az geçer. Özellikle ileri evre karaciğer yağlanmasında diyafragma bu nedenle seçilemez. Skar dokusu ve skirö meme kanserlerinin akustik gölgeleri de fibroz doku artımına bağlıdır. Anjiomiyolipom gibi sesi belirgin derecede zayıflatan yumuşak dokuların arkasında parsiyel gölgelenme olabilir.

Akustik gölgenin en sık ve tipik nedeni safra kesesi ve böbrek taşları ve yumuşak doku kalsifikasyonlarıdır. Ancak bunlardaki akustik gölgenin nedeni sadece kalsifik dokuların soğurması değil, aynı zamanda yumuşak doku/taş (kalsifikasyon) sınırından sesin önemli bir kesimini de yansıtmalarıdır. Yansıyan oran ne kadar olursa olsun arkaya görüntü oluşturacak kadar ses geçemez. Taşlarda bu oran % 50 civarındadır. Gaz/doku sınırı sesin hemen tamamını yansıtır, sesin hiç geçmesine izin vermez. Ses hiç geçmemekle birlikte gaz/doku yüzeyinin refleksiyonları nedeniyle bu gölgenin içi reverberasyon artefaktları ile dolar. Gölgenin üstüne oturan reverberasyonların oluşturduğu gürültüye benzer bu görünüm nedeniyle, doku / gaz yüzeyinin arkasındaki gölgelere kirli, taşın arkasındakilere de temiz gölgeler adı verilir (Resim 1.31). Düz yüzeylerde gölge kirli olabilir; konveks yüzeylerde yanlara yansıma nedeniyle gölge genellikle temizdir.

Akustik gölgenin meydana gelebilmesi için yansıtıcı yüzey, ses demeti genişliğinin büyük bölümünü (örneğin dörtte üçünü) engelleyecek boyutta olmalıdır. Daha küçük olan yapılar, arkaya eko oluşturacak kadar sesin geçmesine izin verir. Bu durumda akustik gölge ortaya çıkmaz. Ses demetinin genişliği fokal zonda en dar olduğu için taş araştırılırken, incelenen kesiminin akustik gölgenin en belirgin olarak ortaya çıkacağı fokal zonda olmasına dikkat edilmelidir. Genellikle 5 mm'den küçük taşlar gölge vermeyebilir, ancak US aygıtlarında çözümlemenin artması ile bu sınır aşağılara çekilmiştir. Yumuşak doku içerisindeki çok küçük kalsifikasyonlar bile gölge verebilir. Hatta yüksek teknolojili ve yüksek çözümlemeli aygıtlarda böbrek sinüsündeki, muhtemelen fibröz dokulardan kaynaklanan çok ince akustik gölgeler taş veya kalsifikasyon şüphesi yaratarak sorun oluşturur. Yüksek frekansta gölge daha belirginleşir.

Akustik gölgenin diğer bir nedeni de kenar gölgesi ya da kırılma gölgesi dediğimiz şeklidir. Kist kenarlarının arkasında görülür. Fetüsün başının kenarlarında, memede yüzeyel Cooper ligamentlarının kenarlarında



A B

Resim 1.31 Akustik gölge. A. Taşın arkasındaki temiz gölge (oklar), B. Bağırsak gazlarının arkasındaki kirli gölge (oklar).

ve safra kesesinin boynundaki gölgeler bu mekanizma ile oluşur.

Akustik zenginleşme

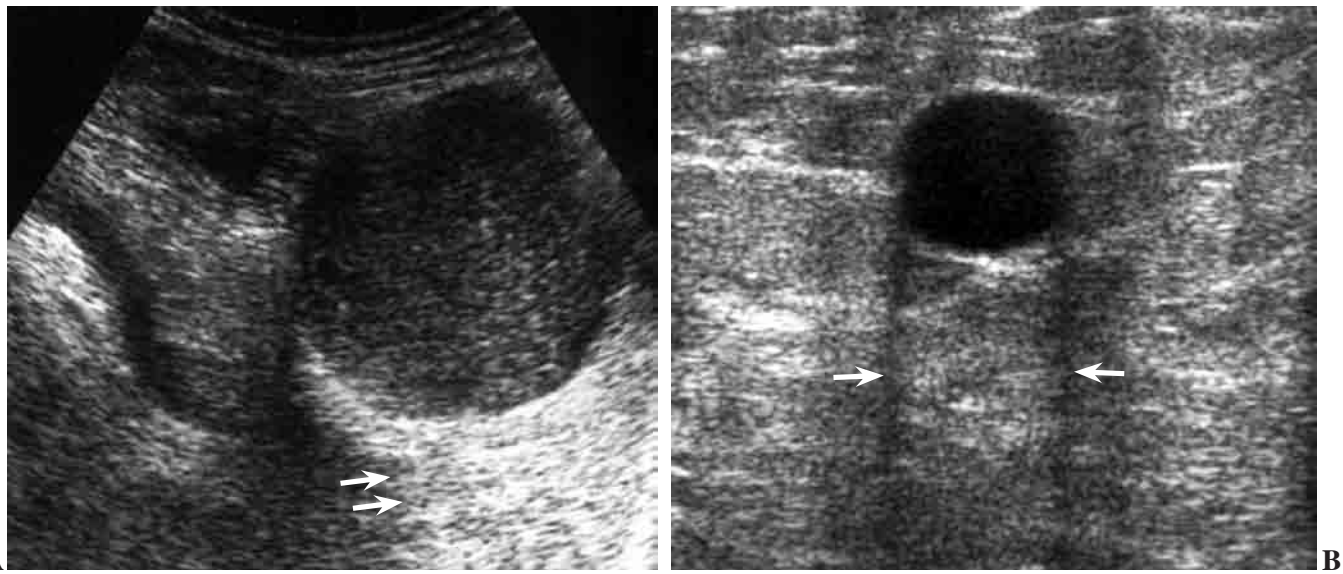
Akustik gölgenin tersidir. Çevrelerine göre daha sıvı yapıdaki oluşumların arkalarına daha fazla ses geçmesine bağlıdır. Nedeni sıvıların yumuşak dokulara göre sesi daha az zayıflatmasıdır. Daha fazla ses geçtiği için bu bölgeden gelen ekolar görece daha güçlü olur ve dolayısıyla bu bölge daha parlak ve daha ekojen görülür. Arka duvar zenginleşmesi, akustik artım veya arka duvar yankılanması da denilen bu görünüm, önündeki yapının içeriğinin, sesi çevreye göre daha az zayıflattığını gösteririr (Resim 1.32). Tipik örneği kistlerdir. Kistin distalinden yansıyan ses, parankimden yansıyan sesten fazla olacağı için kistin distalindeki parankim daha parlak (ekojen) görülür. Kistin arkasındaki akustik zenginleşmenin kenarlarında tipik olarak kırılma gölgeleri mevcuttur.

İçleri ekojenik materyalle dolu olsa bile nekroze tümörler, pü, kan ürünleri gibi sıvı yapılar, arkalarındaki akustik zenginleşme ile tanınır. İçeriği ekojen olan hematometrokolpos ve yüzeyel yerleşimli olduğu için reverberasyon artefaktları tarafından örtülmüş kistik bir oluşum, arkalarındaki akustik artıma bakarak tanınabilir. Bu durumun en uç örneğini karaciğer hemanjiomları verir. Karaciğer hemanjiomları, içlerindeki damar yumağının sayısız reflektif yüzey oluşturması nedeniyle ekojen görünümdedirler; fakat içleri kan dolu olduğu için arkalarında akustik zenginleşme görülür.

Ekojenite

US görüntüleri, dokuların mekanik özelliklerindeki farklılıklardan yapılır. Yağın dışında kalan yumuşak dokuların dansitesi hemen hemen aynıdır. Bu nedenle yumuşak dokular arasındaki akustik direnç farklılığı başlıca elastisite farklılığından kaynaklanır. Elastisiteyi belirleyen hücreler değil, hücreleri bir arada tutan stromal kollajen dokudur. Parankimal organların eko yapısı arasındaki fark ve lezyonların görülebilirliği başlıca bu kollajen yapısındaki değişikliğe bağlıdır. Karaciğer sirozu gibi stromal yapıyı değiştiren hastalıklar orgaların parankim yapısının görünümünün değişmesine neden olur.

Ekojenite yansımanın genliği ile orantılıdır. Yansıma ise yüzeyi oluşturan dokuların akustik direnç farklılıklarına bağlıdır; bu fark ne kadar fazla ise yansımanın genliği o kadar yüksek olur. Hava/yumuşak doku, yumuşak doku/kemik yüzeyleri en güçlü yansıtıcılardır. Yumuşak dokular içerisinde de fibröz doku ve yağ dokusu görece daha yansıtıcı yüzeylerdir. Retroperitoneal yağda veya fibrozda olduğu gibi bu dokuların saf hali ekosuzdur. Bu yapıların sulu bir ortamda doku içerisine karışması ile reflektif yüzeyler oluşur. Fibröz dokunun mikroskobik seviyede perivasküler iskeleti oluşturması bunun tipik örneğidir.



Resim 1.32 A.Kistik bir yapının arkasında akustik zenginleşme (oklar). B. Hipoekoik bir yapının kenarlarında kırılma görülüyor (oklar).

Yansıtıcı yüzeylerin doku içerisindeki konsantrasyonu da ekojeniteyi belirleyen önemli bir faktördür. Yansıtıcıların konsantrasyonunun azalması dokunun su içeriğinin artması ile olur. Tipik örneği kalp yetmezliği gelişmiş bir hastada karaciğer ekojenitesinin düşmesidir. Malign tümörler de, nekroz ve kalsifikasyon gelişmeden önceki evrede su tutma sonucu reflektif yüzeylerin görece azlığı sonucu hipoekoiktir. Akut inflamasyonda da aynı nedenlerle ekojenite düşer. Örneğin lokal akut pankreatit ve böbrekte akut lobar nefroni alanları hipoekoiktir. Reflektif yüzeylerin konsantrasyonlarının arttığı kesimler de hiperekoik görünür. İnfantil polikistik böbrek ve karaciğer hemanjiomları reflektif yüzeylerin artmasına bağlı ekojenite artmasının örnekleridir.

Peritonda asit toplanmasında sıvının sesi zayıflatma katsayısının düşüklüğü nedeniyle incelenen organların ekojeniteleri belirgin şekilde artar. Sıvının durumuna göre karaciğerde bölgesel ekojenite artışı ortaya çıkarak tanıda sorun yaratabilir.

ARTEFAKTLAR

Anatominin yanlış görüntülenmesi ve/veya görüntüdeki anatomiyle ilişkisiz bir yapıdır. Aygıta ve kullanana bağlı olabileceği gibi sesin doku ile etkileşimine de bağlı olabilir. Değişken ve geçici olmaları ve belirgin görünümleri nedeniyle kolayca farkedilebilirler. Bazıları tanıya önemli katkılar sağlar.

US görüntüleri fiziksel varsayımlar üzerine oturur. Bu varsayımlar şunlardır: 1) Ses düz bir çizgi boyunca yayılır. 2) Ses hızı sabittir. 3) Her reflektör tek eko üretir. 4) Kesit kalınlığı son derece incedir. Bu varsayımlar çoğu zaman doğrudur ve görüntüler bunlara göre oluşturulur. Bu varsayımlardan sapıldığında yapıların görüntüleri asıllarından farklı olur. Buna görüntü artefaktları adı verilir.

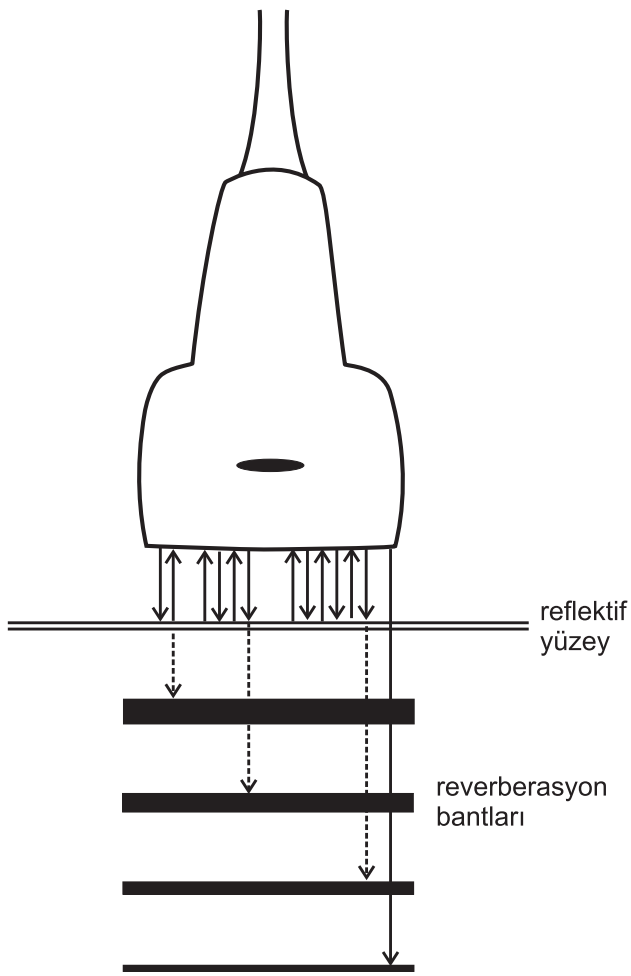
Ultrasonografik görüntüyü oluşturan iki temel ölçüt ekonun genliği ve dönüş süresidir. Ekonun genliği görüntüdeki ekojeniteyi, dönüş süresi ise geldiği yeri belirler. US aygıtı saptadığı ekoyu sesi gönderdiği yönde, dönüş süresine göre hesapladığı bir derinlikte lokalize eder. Saptadığı bu ekonun nasıl bir mekanizmayla (kırılma, yansıma, saçılma) oluştuğunu ve hangi yönden geldiğini bilemez. Bu nedenle sesin kırılması ve/veya güçlü reflektif yüzeylerden değişik açılarla yansıtılması artefakt görüntülere neden olur.

US artefaktları, ya bir yüzeyin yanlış yerde kodlanması (ayna hayali artefaktı), ya da yapıya uygun olmayan bir ekojenitede gösterilmesi (akustik gölgelenme, akustik artım) ile ilgilidir. Genellikle, çok belirgin değildirler ve karışıklığa neden olmazlar. Akustik gölge ve akustik artım ise tanıya büyük katkı sağlar.

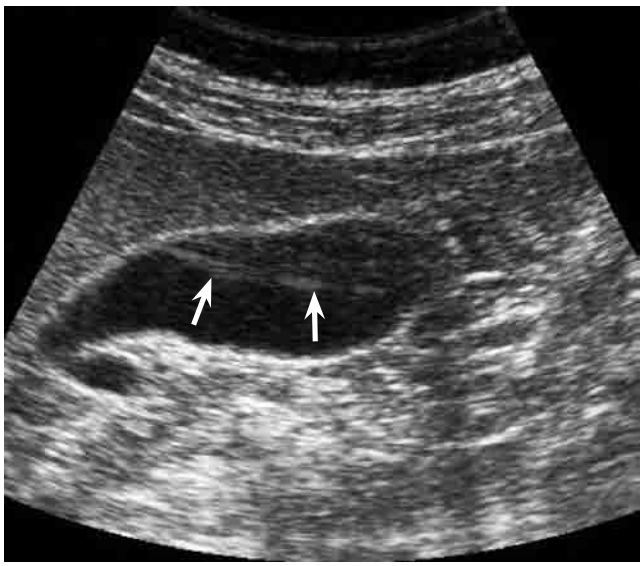
Reverberasyon artefaktı

Reflektif yüzeylerden gelen ekonun bir bölümünün transdusır yüzeyinden geri dönerek tekrar reflektif yüzeye çarpması ile oluşur (Şekil 1.114). Yüzeye ikinci defa çarpan bu pulsun transdusıra dönüş süresi ilk ekonun iki katıdır. Bu nedenle reflektif yüzeyin arkasında yüzeyin daha zayıf ekolu bir görüntüsü oluşur. Bu görüntü reflektif yüzeyin transdusıra uzaklığına eşit mesafede oluşur. Transdusır ile reflektif yüzey arasındaki yankılanmalar birçok kere tekrarlanacağı için görüntüdeki reverberasyon artefaktı, reflektif yüzeyin distale doğru gitikçe zayıflayan kopyaları şeklindedir.

Reverberasyon artefaktı sıvılar ve yoğun akustik gölgeler gibi düşük ekojenitedeki bölgeler üzerinde



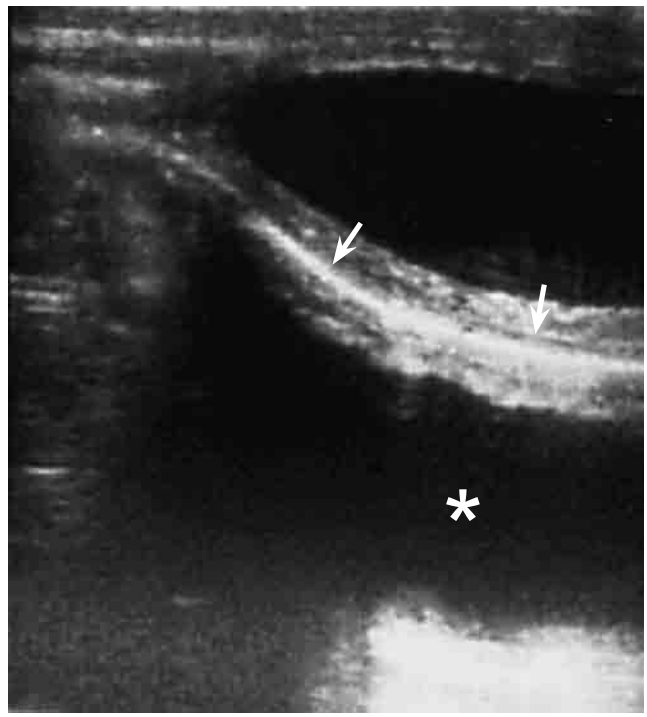
Şekil 1.114 A. Reverbersiyon artefaktı. B. Mesanede yakın alan artefakı.



Resim 1.33 Safra kesesinin üst kesiminde reverberasyon artefaktı (oklar).

belirgindir (Resim 1.33). Örneğin mesanenin üst kesiminde görülen paralel çizgilenmeler karın ön duvarındaki yüzeylerin reverberasyon artefaktlarıdır. Yakın alan ("near field") artefaktı olarak da isimlendirilen bu artefaktlar mesanede olduğu gibi safra kesesinin ve kistik yapıların üst tarafında da görülür. Safra çamuru veya debrise benzer görünümler oluştururlar. Safra çamuru ve debris aşağıda toplanır. Bu artefaktlar ise üst kesimde lokalizedir. Karın duvarının reverberasyon artefaktı şişman hamilelerde ön duvarda yalancı plasenta görünümüne neden olur. Karaciğerin ön kesimindeki, örneğin metastaz gibi küçük hipoekoik oluşumlar da reverberasyon artefaktları ile örtülebilir.

Reverberasyon artefaktlarının kistik veya hipoekoik alanlar üzerindeki görünümünü tanımak kolaydır. Tanıda en önemli nokta, artefakta neden olan güçlü reflektif yüzey ile artefakt görünümü arasındaki mesafenin, reflektif yüzey ile transdusır arasındaki mesafeye eşit olmasıdır. Bu özellik, reverberasyon artefaktlarının pelviste sıvı koleksiyonuna benzer görüntü oluşturduğu durumlarda tanıya yardım eder (Resim 1.34). Buradaki reflektif yüzey, rektosigmoid kolondaki gazdır. Reverberasyon artefaktı gazın oluşturduğu yoğun akustik gölge üzerinde oluşur. Gazın oluşturduğu şiddetli reflektif yüzey yalancı kistik oluşumun ön kenarını, bu yüzeyin reverberasyonu ise arka kenarını yapar. Artefakta bağlı bu psödokistik oluşumu gerçek bir sıvı koleksiyonundan ayırmak çok zor olabilir. Transdusırın açısını değiştirmek veya mesaneyi boşaltmakla görünüm küçülür veya kaybolur. Bazen



Resim 1.34 Rektum gazının (oklar) oluşturduğu reverberasyon artefaktı. Mesanenin arkasında psödokist görünümü (*).

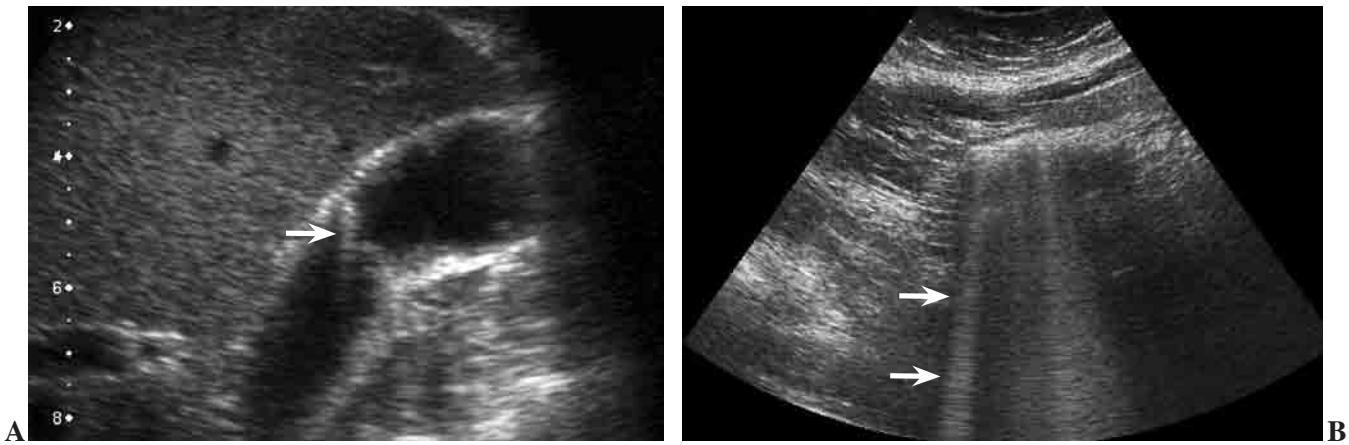
diğer kesit-görüntü yöntemlerine başvurmak gerekebilir.

Reverbarasyon artefaktının çözümü için genellikle ses intensitesi azaltılır ve artefaktın üzerine oturduğu kistik yapı yakın alandan çıkarılır.

Kuyruklu yıldız ("comet-tail") artefaktı

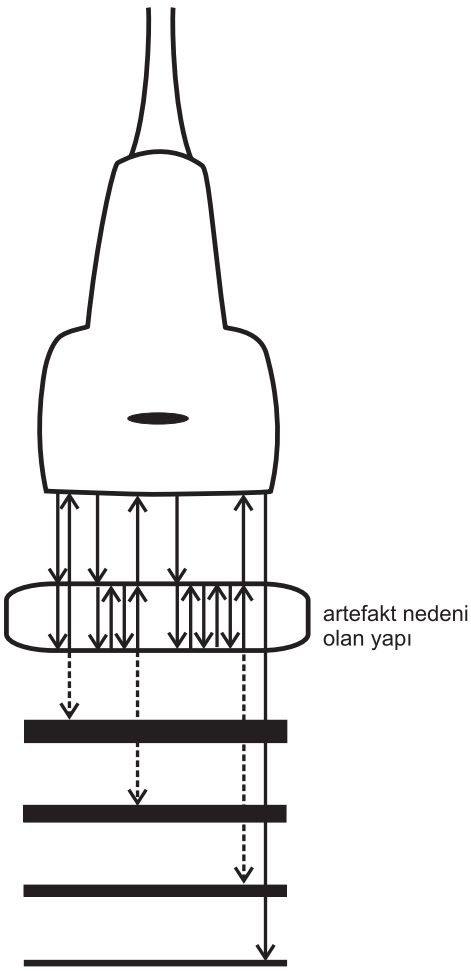
Bir tür reverberasyon artefaktıdır. Reflektif iki yüzey arasında sesin gidip gelmesi sonucu ortaya çıkar. Reflektif yüzeyin gerisinde eşit aralıklı, gittikçe solan paralel çizgilenmeler şeklindedir. V-şekilli artefakt veya zil çalma ("ring-down") artefaktı adı da verilir (Resim 1.35).

Ses demeti, zil gibi titreşim yapacak bir yapıyla karşılaştığında ortaya çıkar (Şekil 1.115). Örneğin karaciğer içerisindeki saçma tanesine çarpan ultrason demeti, saçmanın titreşimine ve uzun süre ses üretmesine neden olur. Saçma tanesinin boyutu küçüktür. Titreşimi ile ürettiği ekoların arasındaki mesafe kısadır. Art arda transdusıra dönen ekolar ekojen yapının arkasında sıkışık ekolardan oluşan bir kuyruk görünümü oluşturur. Bu kuyruk, güçlü reflektif yüzeyler oluşturan bağırsaktaki köpüklü sıvı-gaz karışımlarının arkasında da görülür. "Copper-7" tipindeki IUCD, safra yollarındaki gaz ve sıklıkla adenomiyomatoziste görülen



Resim 1.35 A. Safra kesesi duvarındaki kolesterol kristallerinin oluşturduğu "ring-down" artefaktı (ok), B. Bağırsak gazının arkasındaki "ring-down" artefaktı (oklar).

safra kesesi duvarındaki kolesterol kristallerinin "ring down" artefaktlarında, titreşim veya yansıma kısa sürdüğünden, kuyruk daha kısadır.



Şekil 1.115 Kuyruklu yıldız artefaktı.

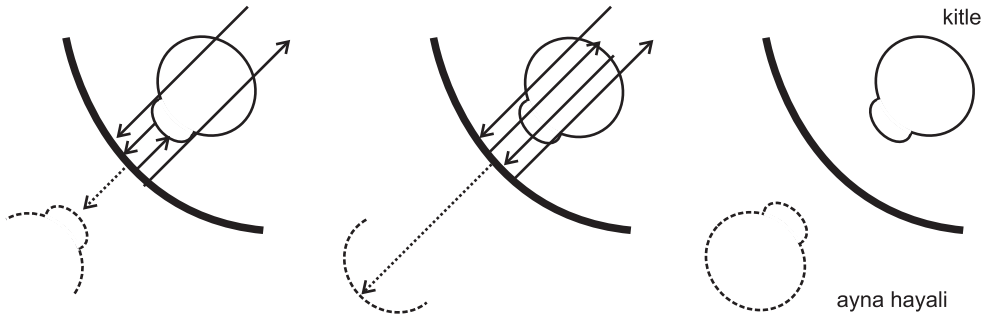
Ayna görüntüsü ("mirror-image") artefaktı

Işığın bir aynadan yansıması gibi ses de düzgün yüzeylerden yansır. Yüzey düz ise görüntü aynen, eğik ise distorsiyon göstererek oluşur. Güçlü reflektif yüzeyin önünde bir nesne varsa, nesneden geçen ses reflektif yüzeyden yansır. Yansıyan sesin bir bölümü nesnenin yüzeylerinden tekrar yansır. Yansıyan ekoların transdusıra ulaşmasındaki gecikme, objenin reflektif yüzeyin arkasında görüntülenmesine neden olur. Bu nedenle bu artefakta çoklu yansıma ("multipath reflection") artefaktı da denir.

Gaz en iyi akustik aynadır ve sesin tamamanı yansıtır. Ayna görüntüsü veya ayna-hayali artefaktının nedeni diyafragma veya rektal gaz gibi şiddetli yansıtıcı özellikteki düzgün yüzeylerdir (Şekil 1.116). Sağ üst kadranda, akciğer ile komşu yumuşak doku arasındaki yüzey ayna artefaktının en sık nedenidir. Akciğerin ayna gibi davrandığı 3 artefakt vardır: 1) Karaciğerin supradiyafragmatik duplikasyonu (Resim 1.36). 2) Kalın olduğu yerlerde diyafragmanın duplikasyonu, 3) Fokal hepatik lezyonların supradiyafragmatik duplikasyonu. Örneğin karaciğerde diyafragmaya yakın yerleşimdeki bir hemanjiomda, ses demeti önce diyafragmaya çarparak transdusıra döner. Aygıt görüntüyü ekonun dönüş süresine göre lokalize eder. Diyafragmanın arkasında hemanjiomun bir ayna hayali oluşur.

Boyundaki incelemelerde trakea, içindeki hava nedeniyle güçlü bir reflektif yüzey oluşturur. Karotid arterin hayalet artefaktının nedeni sesin güçlü reflektif yüzey olan damar duvarından yansımasıdır. Renkli Dopplerde gözlenen bu artefaktlar daha zayıf olarak spektral Dopplerde de gözlenir.

Lezyonla birlikte görüntülendiğinde ayna hayali



Şekil 1.116 Ayna hayali artefaktı.

artefaktını tanımak kolaydır. Artefakt kaynağı kesit dışındaysa tanı zorlaşır. Örneğin pelvik incelemede, mesanenin kesit dışında kalan daha derindeki alt kenarının rektum gazı ile oluşturduğu reflektif yüzeyden yansıyan ekolar mesanenin kesitteki görüntüsünden daha büyük psödokistik bir görünüm oluşturur. Böyle bir durumda mesaneyi boşalttıktan sonra incelemenin tekrarı sorunu çözer.

Kırılma (“refraction”) artefaktı

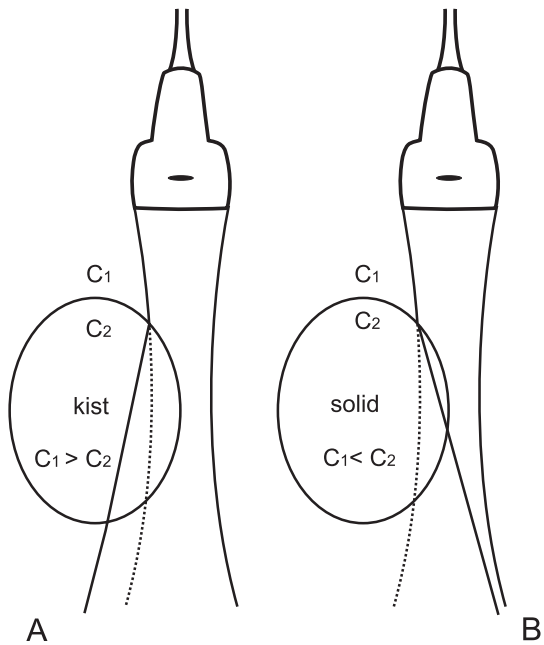
Kırılma sesin reflektif yüzlere eğik çarpması sonucu ortaya çıkar. Kırılma ve yansıma oranlarını bu eğimin derecesi tayin eder. Ses, örneğin hızlı yayıldığı solid bir ortamdan daha yavaş yayıldığı kistik bir ortama geçerse kırılma merkeze doğru (konverjan), tersi olursa dışa doğrudur (diverjan) (Şekil 1.117).

Küçük boyutlu kistik oluşumlar sesi bir mercek gibi foküse ederler. Sesin bu şekilde kırılarak foküse olması küçük kistik yapıların arkasındaki akustik artımın bir bölümünden sorumludur. Dışa doğru kırılma ise kenarların arkasında kırılma gölgesine neden olur. Mesane duvarından kaynaklanan böyle bir kırılma gölgesi, uterus üzerine gelerek incelemeyi güçleştirebilir.

Kırılan ses demetinin taradığı alanda bulunan bir nesne ses demetinin içerisinde imiş gibi algılanıp sesin gönderildiği yönde lokalize edilir. Bu durum karaciğer parankim ekolarının safra kesesi tabanında lokalize edilerek yanıltıcı olarak safra çamuru görünümüne neden olur (Resim 1.37).



Resim 1.36 Karaciğer parankiminin ve diyafragmaya komşu ekojen yapının (hemanjiom ?) supradiyafragmatik bölgedeki ayna hayali artefaktı.



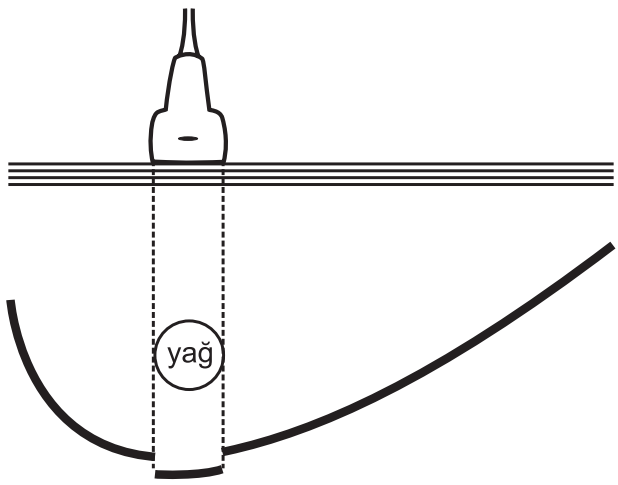
Şekil 1.117 Kırılma artefaktı A. Bir doku yüzeyinde, alttaki dokuda ses hızı daha düşükse ses demeti içe doğru kırılır. B. Sesin geçtiği dokuda ses daha hızlı yayılıyorsa kırılma dışa doğrudur.



Resim 1.37 Safra kesesi içerisinde karaciğer parankiminin kırılma artefaktı (ok).

Kırılma gölgesinin kısmen etken olduğu kabul edilen diğer önemli bir görünüm, dermoid kistler içerisindeki saç yumaklarının yaptığı ekosuz gölgelenmelerdir. Dermoid kist tanısı yalnız başına bu ekosuz gölge görünümü ile konabilir.

Kistik bir yapının kenarında kırılma daha derinden gelen ekoların yer değiştirmelerine de neden olur. Karaciğerdeki kistik bir yapının neden olduğu böbrek kenarının veya diyafragmanın kırılmış görünümleri ve fetüsta oksipital kemiğin depresyon kırığı görünümü, kırılma artefaktları örnekleridir. Ancak böyle olgularda ultrason demetinin sadece dış kesiminin değil tümünün kırılması söz konusudur.



Şekil 1.118 Hız ötelemesi artefaktı.



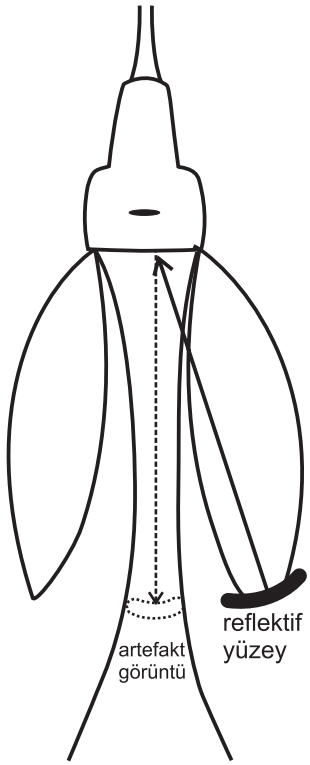
Resim 1.38 Kırılma artefaktı. Mesane içerisindeki foley kateteri balonunun duvarı çift görülüyor.

Duplikasyon artefaktı: Kırılmanın neden olduğu diğer bir artefakt şeklidir. Abdomende orta çizgiden yapılan aksiyal kesitlerde gözlenir. Ses demeti karın ön duvarındaki yağ ve rektus kasının arka duvarının oluşturduğu yüzey tarafından kırılır. Bu artefakt nedeniyle superior mezenterik arter, gestasyon kesesi, Copper-7 tipi IUCD ve Foley kateteri gibi oluşumlar çift görülürler (Resim 1.38).

Hız ötelemesi ("speed displacement") artefaktı: Kenarların kırılmış görünümüne neden olan diğer bir artefakttır. Ses hızının farklı olduğu dokuların yanlış yerde görüntülenmesidir. Örneğin yağlı dokuda ses yayılım hızı çevreye göre % 5 daha yavaştır. (Yağda sesin hızı 1450 m/sn, yumuşak dokuda 1.540 m/sn'dir. [(1.540-1450)/1540] x 100 = % 5.8). Yağlı yapı ve arkasındaki yapılar % 6 oranında daha uzağa lokalize edilir. Bu nedenle karaciğerde liposarkom gibi yağlı bir tümörün arkasındaki diyafragma parçası kırılmış şekilde daha distalde görülür (Şekil 1.118).

Aks dışı ("off-axis") artefaktı

Ultrasonik ses demeti merkezden çevreye doğru gittikçe azalan intensitede bir demet şeklindedir. Buna karşın, özellikle küçük elemanlı lineer veya faz dizilişli transdusırlarda, elemanların oluşturduğu ses demetlerinin kenarlarında yan ve ızgara lob adı verilen, seslerin karıştığı bir alan meydana gelir. Komşu transdusır elemanlarının yan ses demetleri üst üste binerek ana ses demetinin periferinden daha yüksek intensi-



Şekil 1.119 Aks dışı artefaktı.

teye ulaşır ve sesin kenarının merkezde imiş gibi algılanmasına neden olurlar. Karşılarına özellikle konkav şekilli bir güçlü reflektif yüzey çıktığında, ekolar transdusır tarafından ses demetinin gönderildiği yönde lokalize edilirler (Şekil 1.119). Safra kesesine komşu gazın kese içerisinde çamur görüntüsü vermesi tipik örneğini oluşturur. Bu artefakta yan ("side") ve ızgara ("grating") lob artefaktları da denir.

Kesit kalınlığı artefaktı

Ses demetinin kesit kalınlığı yönündeki boyutu incelenen bölgedeki kistik oluşumun genişliğinden daha fazla olduğunda, kistin dışındaki yapılardan kaynaklanan ekolar kistin içine projekte olarak kistik yapının ekojenitesinin artmasına neden olabilir. Bu artefakt nedeniyle basit bir kist, komplike kist izlenimi verebilir. İncelenen bölge foküse edilerek bu artefakt önlenebilir.

Elevasyonel foküsun proksimal ve distalindeki alanlardaki küçük yapılar sinyalin parsiyel hacim etkisi ile kaybolabilir.

"Ambiguity" artefaktı

PRF yüksek olduğunda PRP düşer ve derinden gelen ekolar ikinci pulstan sonra alınır ve transdusıra yakın bir yapıdan geliyormuş gibi kodlanır. Derin yapılar yüzeyde görülür.

DOPPLER US

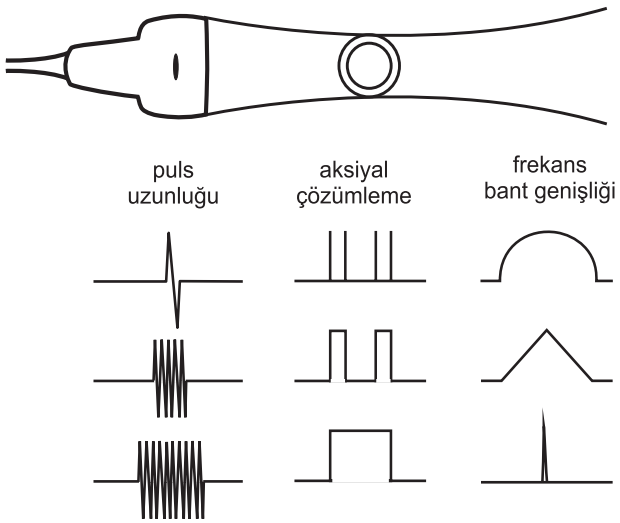
Doppler kayması, Johan Christian Doppler isimli Avusturyalı bir fizikçi tarafından 1842 yılında tanımlanan bir gözlemdir. Sabit frekanslı bir ses kaynağı yaklaştıkça daha tiz (artmış frekans), uzaklaştıkça daha pes (azalmış frekans) olarak işitilir. Aynı olay kaynak sabit, dedektör hareketli olduğunda da gözlenir. Ses frekansındaki harekete bağlı bu değişime Doppler kayması adı verilir. Kan akımının niteliğini değerlendirmede ve niceliğini saptamada temel yöntem konumundaki Doppler ultrasonografi yöntemi, bu fizik kurala dayanır.

TEMEL FİZİK

Doppler bilgisi hem sürekli salınan ses demeti hem de puls şeklinde üretilen ses ile elde edilebilir. Görüntü elde etmek için sesin puls şeklinde gönderilmesi gerekir. Uyarılan transdusır elemanlarının ürettikleri ses bir dalga boyu/frekans spektrumu şeklindedir (Şekil 1.120). Bu spektrumun genişliği üretilen pulsun boyutu ile ilişkilidir; puls kısaldıkça spektrum genişler. Pulsun kısalması görüntünün çözümlemesini arttırır, uzaması sesin frekans bandını daraltır. Doppler ölçümleri dar frekans bandı ile daha hassas yapılır. Doppler incelemelerinde iyi bir aksiyal çözümlemeyle birlikte hassas Doppler ölçümlerine gereksinim duyulur. Bu nedenle, gri ölçek görüntüsü ve Doppler bilgileri aynı ses demetinden elde ediliyorsa bu iki parametre arasında bir denge gözetmek zorunludur.

Doppler US ile akım incelenirken eko kaynağı kanın şekilli elemanlarının (eritrositlerin) yüzeyidir. Gönderilen sesin dalga boyu eritrosit yüzeyinden çok büyük olduğu için temel olay saçılmadır. Parankim görüntüsünün de nedeni olan bu tip saçılma "Rayleigh-Tyndall" saçılması olarak adlandırılır. Bu tür saçılmanın miktarı ses demetinin frekansının 4. kuvveti ile doğru orantılıdır. Akan eritrositlerden saçılan ses üst üste binerek transdusıra ulaşır. Bu nedenle Doppler US'de, gerekli penetrasyonu sağlamak şartıyla olabildiğince yüksek frekans seçilmelidir.

Doppler US ile kan akımı değerlendirilirken te-



Şekil 1.120 Sesin puls uzunluğu, aksiyel çözümleme ve frekans bant genişliği arasındaki ilişki. Kısa puls en iyi çözümlemeye sahip. Damarın dört yüzeyi de seçiliyor; fakat frekans bandı çok geniş. Orta ve uzun pulslarda aksiyal çözümleme düşüyor, frekans bandı daralıyor.

mel prensip damara belirli bir açıyla gönderilen ses demetinin frekansının, akımın yönüne ve hızına göre değişmesini saptamaktır. Gönderilen ses demetinin frekansındaki değişim Doppler eşitliği ile gösterilir (Şekil 1.121).

$$f_d = 2f_0 . v . \cos 0 / c$$

f_d: Doppler kayması

f_0: transdusırın frekansı

v: akımın hızı

cos: kosinus (cos 0°=1, 30°=0.87, 45°=0.707, 60°=0.5, 90°=0)

0: ses demetinin açısı

c: sesin dokudaki hızı (1540 m/sn)

Doppler eşitliğine göre Doppler kayması transdusırın frekansı, kan akımının hızı ve ses demetinin damar duvarı ile yaptığı açının kosinüsü ile doğru orantılıdır. Kosinüs değeri, açı daraldıkça artar.

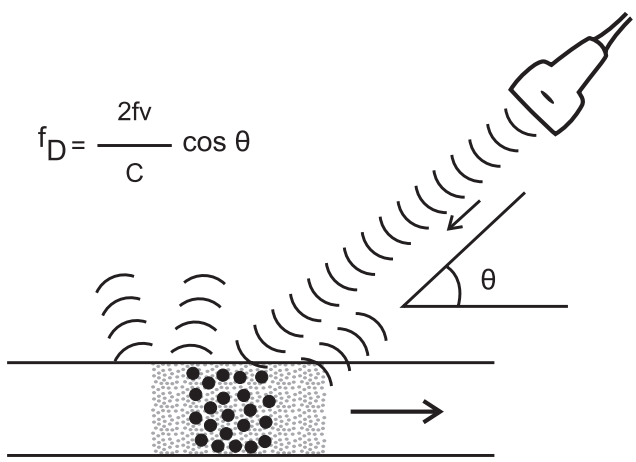
Doppler eşitliğinde bilemediğimiz tek değişken kan akımının hızıdır (v). Diğer faktörler önceden belli olduğundan Doppler frekans kayması kan akım hızı ile doğru orantılıdır.

Hızı belirlemede kan damarı ile ses demeti arasındaki açı (0 açısı) önemlidir. Açı ne kadar darsa Doppler kayması o kadar yüksektir. 90°'lik bir açının kosinüsü sıfır olduğundan, ses demeti akım yönüne dik olduğunda Doppler kayması sıfırdır, yani saptanamaz. Bu nedenle açı arttıkça ölçümlerin hassasiyeti azalır. 60°'den geniş açılarla yapılan incelemelerde hız ölçümlerindeki hatalar belirginleşir. Açının çok dar olması da sorundur. Damar duvarına 30 dereceden dar bir açıyla gelen sesin büyük bölümü yansır. Bu nedenle akım hızı ölçülürken Doppler açısı 30-60 derece arasında olmalıdır.

Doppler frekans kayması, eşitliğimizde görüldüğü gibi, transdusır frekansı ile doğru orantılıdır. Bu iki değer arasında yaklaşık 1/1000 oranında kaba bir ilişki vardır. Frekanstaki kayma pratikte genellikle 0.2-15 kHz arasındadır. Bu değer kulağın işitebileceği sınırlar içerisindedir. Gelen ekolardan çözümlenerek alınan bu frekans değişikliğinin zamana göre değişimleri ya ses olarak dinlenir, ya da bir grafik şeklinde yazdırılır (spektral Doppler). Akım bilgisi renkli Doppler yönteminde renklerle gösterilir.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Doppler US klinikte devamlı dalga Doppler, spektral Doppler ve renkli Doppler olmak üzere başlıca 3 şekilde uygulanır. İncelenen damarın da birlikte görüntülendiği spektral Dopplere dupleks Doppler, renkli Doppler ile birlikte yapılan şekline de tripleks Doppler denir.



Şekil 1.121 Doppler kayması.

Devamlı Dalga ("Continuous Wave-CW") Doppler

Doppler verilerini değerlendirmenin en basit yöntemidir. Aygıtın probunda biri devamlı ses dalgası üreten, diğeri devamlı bir şekilde dönen ekoları saptayan sırt sırta yerleştirilmiş iki transdusır vardır. Ses dalgası kesintisiz olduğundan yöntemin aksiyal çözümlemesi yoktur, yani sesin nereden geldiği bilinemez. Ses demetinin geçtiği yol üzerindeki tüm akımlar saptanır. Dar frekans bandı kullandığı için doğruluk değeri yüksektir.

Akıma bağlı olarak saptanan frekans değişikliği ses şeklinde verilir. Dinleyerek akımın hızı, pulsatilitesi ve türbülansı değerlendirilir. Kulak en duyarlı ses ayırıcısı olduğundan deneyimli bir hekim için yöntemin tanı değeri çok yüksektir. Örneğin karotid arter darlıkları bu yöntemle çok iyi incelenebilir. Bu nedenle en gelişmiş renkli Doppler aygıtlarında bile hoparlörler varlıklarını sürdürmektedirler.

Ses spektrumunun analizi kalitatiftir ve tümüyle subjektiftir. Değerlendirme ustalık ister. Sadece akımın varlığını saptamak ise basit bir işlemdir ve ustalık gerektirmez. Bu nedenle obstetrikte çocuk kalp seslerini, vasküler cerrahide periferik dolaşımı araştırmada oldukça sık kullanılmaktadır.

Puls Doppler

Gönderilen sesin atımı (pulsu) (SPL) uzundur (5-25 dalga). Buna bağlı olarak aksiyal çözümleme düşüktür, fakat frekans kaymasını saptamada doğruluk oranı yüksektir. Gönderilen pulslar inceleme süresinin çok az bir kesimini kapsar, sürenin büyük bölümü ekoları saptamaya ayrılmıştır. Dolayısıyla yapılan iş örneklemedir. Bu nedenle Doppler incelemesi ile frekans kaymasının tüm bilgisi elde edilemez. Bu örneklemenin doğru olabilmesi için örnekleme hızının (PRF), ölçülecek akım hızının en az iki katı olması gerekir. Saptanabilecek en yüksek akım hızı, PRF arttıkça, sesin frekansı düştükçe ve Doppler açısı arttıkça artar:

$$\Delta f_{max} = PRF / 2 = 2f_o.v_{max.} \cos \theta / c$$

$$v_{max} = c.\ PRF / 4f_{o.} \cos \theta$$

Δf_{max}: *Doppler kayması*
v_{max}: *en yüksek akım hız*

Doppler kaymasının frekansı PRF değerinin yarısından fazla olduğunda "aliasing" görülür. Aliasing, örnekleme yetersizliğine bağlı olarak frekans kaymasının gerçek değerinin ölçülememesidir. Doğru bir ölçüm için bir dalganın en az iki defa ölçülmesi gerekir. Daha az bir örneklemede spektrumdaki yüksek frekanslı sinyaller faz kayması ile düşük frekanslı sinyaller olarak görülür. Doppler frekansındaki 180°'lik faz değişikliği akımın transdusıra göre yön değiştirdiğini gösterir. Bu durumda damarın merkezindeki yüksek hızlı akım tersine akan yavaş akım görüntüsü verir.

Spektral Doppler

Pratikte B-mode görüntüleme ile integre edilerek kullanılır ve *dupleks Doppler* yöntemi adını alır. Doppler ve B-mode yöntemlerinde en iyi ses karakteristikleri birbirlerinin karşıtıdır. Doppler bilgisini daha duyarlı taşıyacak uzun pulsların üretimi ayrı birkaç transdusır elemanı ile yapılır.

Kan akımının Doppler analizi için incelenecek damarın B-mode görüntüsü üzerinde önce bir örnekleme alanı ("gate") işaretlenir. Bu alanın boyutu belirli sınırlar içerisinde değiştirilebilir. Daha sonra bu alana gönderilecek ses demetinin açısı belirlenir. İncelemeye başlanır. Dönen ekolardan çıkarılan frekans farkı, monitörde B-mode görüntünün yanında frekans (kHz)/zaman grafiği şeklinde canlı olarak yazdırılır. Uygulamada frekans değerleri ses demetinin açısına göre otomatik olarak hıza çevrilir ve spektrum genellikle hız/zaman (cm/sn) grafiği şeklindedir. Dupleks-Doppler, M-mode US'nin analoğudur ve inceleme temelde bir zamansal çözümleme (temporal çözümleme) yöntemidir.

Doppler grafik spektrumlarında zaman, saniyelere bölünmüş horizontal çizgi (x ekseni) üzerinde, frekans veya hız ise kHz veya cm/sn olarak dik çizgi (y ekseni) üzerinde gösterilir. Kan akım yönü horizontal çizginin alt ve üst tarafları ile belirlenir. Genellikle ses demetine yaklaşan akım çizginin üstünde, uzaklaşan akım altında yazdırılır.

Akım içindeki hız dağılımı grafik bantının genişliğini belirler, hız çeşitlendikçe bant genişler. Akım bantı ile taban çizgisi (horizontal çizgi) arasında kalan boşluğa spektral pencere adı verilir. Örnekleme hacmindeki akım hızı çeşitlendikçe bant genişleyerek bu pencereyi küçültür veya doldurur. Akım üniform oldukça tersine bant genişliği daralır ve pencere genişler.

Akan eritrositlerin miktarları ise sinyalin amplitüdünü belirler ve grafiğin z yönünde gösterilir. Akım

hızı grafiği iki boyutlu olduğundan z eksenindeki dağılım ancak grafik bandının parlaklığı şeklinde gösterilebilir. Bandın parlak kesimleri o frekansta ya da hızda akan şekilli eleman miktarının göreceli olarak çok olduğunu gösterir. Doppler sinyalinin amplitüd ve frekans komponentleri Fourier değişim yöntemi ile analiz edilerek Doppler spektrumu denilen, amplitüde göre frekans dağılımı profili elde edilir. Monitörde hız (frekans)/zaman grafiğinde belirli bir anda akan kanın hız farklılıkları, y eksenini x ekseninin, z eksenini de y ekseninin yerine koyarak amplitüd/hız (frekans) grafiği şeklinde yazdırılabilir. Monitörde ayrıca pik hız, ortalama hız gibi akıma ait birçok sayısal değer de gösterilebilir.

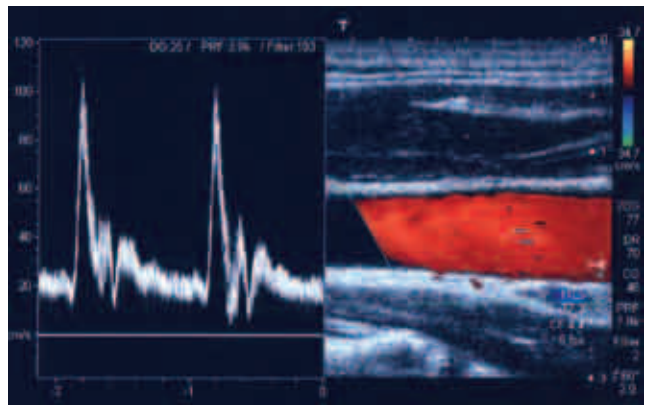
Dupleks Dopplerde B-mode yöntemi ile kan damarlarının patomorfolojisi incelenir. Daralma, trombüs, aterosklerotik plak ve plağın durumu (ülsere, plak içinde kanama vb. gibi) B-mode görüntülerle demonstre edildiği için, yöntemin görüntü kalitesi yüksek olmalıdır. Görüntü kalitesi başlıca aygıtın geometrik çözümlemesine, duyarlılığına (düşük ekoları saptama yeteneği) ve dinamik reynçine (aygıtın saptayıp görüntüleyebildiği eko intensite spektrumunun genişliği) bağlıdır. Geometrik çözümlemesi, duyarlılığı ve dinamik reynç değerleri yüksek aygıtlarda görüntü kalitesi yüksektir. Doppler incelemesini yapacak kişinin aygıta hakim olması da sonuçların doğruluk oranlarını belirgin şekilde yükselten önemli bir faktördür.

Renkli Doppler (RDUS)

Akıma ait Doppler bilgisi, dokuya gönderilen bir puls çizgisi boyunca birçok örnekleme alanı (gate) alınarak elde edilir. Spektral Dopplerdeki tek örnekleme alanına karşılık RDUS'de "multigate" örnekleme yapılır. Bu alanlardan gelen bilgiler yönü ve hızına göre renklendirilip, damar görüntüsünün içine yerleştirilirse Renkli Doppler görüntüleri elde edilir.

Renkli Doppler görüntüleri akım hakkında kalitatif bilgiler verir. Bu nedenle pratikte çoğunlukla yalnız başına değil, hız-zaman spekturumu ile birlikte kullanılır ve renkli dupleks Doppler veya tripleks Doppler yöntemi adını alır (Resim 1.39).

Renkli Doppler görüntülemede, B-mode ve Doppler bilgileri aynı ses demetinden elde edilebileceği gibi, her ikisi için ayrı ses demetleri de kullanılabilir. Tek ses demeti kullanıldığında ekoların amplitüdlerinden B-mode görüntüler oluşturulurken, demetteki frekans değişikliği akım hızını, faz değişikliği ise akım yönünü belirlemede kullanılır. Farklı ses demetleri kullanıldığında B-mode görüntüler kısa pulslar, renkli görüntüler ise uzun pulslar kullanılarak elde edilir. Tek ses demeti kullanılan yöntemlerde çerçeve hızı yüksek, fakat görüntü kalitesi farklı ses demeti kullanan sistemlere göre düşüktür.



Resim 1.39 Renkli dupleks Doppler US. Normal ortak karotid arterde akım.

Renkli görüntülemede akımın yönü (kırmızı veya mavi renkler), faz kayması ile belirlenir. Renkli Doppler görüntüleri aslında bir spektral görüntülemedir. Spektral değerler grafikle değil renklerle ifade edilir. Akımın hızı ve şekli ile ilgili bilgiler ise renk tonlarıyla (renk saturasyon kodlaması) veya farklı renklerle (değişik renk kodlaması) gösterilir. Renk saturasyon kodlamasında transdusıra göre akımın yönü mavi veya kırmızıdır; akımın hızı rengin tonları ile belirtilir. Açık, parlak tonlar hızlı akımı, koyu tonlar yavaş akımı gösterir. Değişik renklerde yapılan kodlamada ise farklı hızlar farklı renklerle kodlandığı için "aliasing"i tanımak daha kolaydır. Yöntemin akımın farklılığını saptamadaki duyarlılığı geometrik çözümlemesinin karşılığıdır.

Renkli Dopplerin görüntüleri güzeldir, akım hakkında yararlı bilgiler verir; fakat her zaman spektral Dopplerin yerini tutmaz. Spektral Dopplerde küçük bir örnekleme hacmindeki akım defalarca incelenir ve Doppler frekans şiftinin tüm spektrumu ayrıntılı bir şekilde belirlenir. Renkli Dopplerde ise çok geniş bir alan incelenir, saptanan ortalama frekans şiftidir. Renkli Doppler genelde kantitatif değil kalitatif bir yöntemdir. Bu nedenle akımın değerlendirilmesinde ve stenozun derecelendirilmesinde mutlaka dupleks Doppler yöntemine başvurulur.

RDUS tüm Doppler bilgilerini içermez, çünkü zaman faktörü yoktur. Renk, frekans ortalamasını temsil ettiğinden spektral kabalaşma izlenemez, ancak farklı

renkle kodlanacağından ters akım saptanabilir. Bazı aygıtlarda spektrum genişliği hakkında renk kodlarının üzerine eklenen sarı ve yeşil renkle (varians) kabaca bir fikir sahibi olunabilir.

Faz-şift otokorelasyon yöntemiyle A-çizgileri ve bir çizgi içindeki pulslar arasında korelasyon yapılarak zamana karşı faz değişiklikleri belirlenir. Art arda gelen iki pulsun zaman açısından korelasyonu ile reflektörün (akan kanın şekilli elemanları) hareketi ölçülür. Bu yöntemde kısa pulslar kullanılır; iyi bir aksiyal çözümleme verir, aliazing etkisi daha azdır, yüksek hızlar ölçülebilir.

Renkli akım görüntülemenin sınırlamaları şunlardır: 1) Gürültü ve yavaş hareket eden solid yapılar kan hücrelerinden gelen küçük ekoları bastırır. 2) Uzaysal çözümlemesi gri ölçekten düşüktür, büyük damarlardaki hız varyasyonlarını çok iyi gösteremez. 3) Otokorelasyon tekniğinde hız ölçümünün doğruluğu sınırlıdır.

"Power" Doppler

Renkli Doplerde görüntü oluşturulurken kullanılan ölçüt ortalama Doppler kayma frekansıdır. Power Dopplerde ise görüntü Doppler sinyalinin entegre gücü (amplitüdü) ile oluşturulur. Bu güç Doppler kaymasını oluşturan eritrositlerin sayıları ile ilişkilidir. Görüntüdeki renklerin tonu ve parlaklığı Doppler sinyalinin gücünü gösterir.

Frekans ve faz şifti kullanılmadığı için akımın hızı ve yönü ile ilgili bilgi yoktur. Dolayısıyla görüntüde Doppler açısının da etkisi yoktur; aliasingden de bahsedilemez. Yöntemde gürültünün daha az olması, kullanılabilir dinamik reynci genişleterek aygıtın duyarlılığını arttırır; yöntemin yavaş akımlara duyarlılığı artar. Bilgilerin daha uzun sürede toplanması nedeniyle çerçeve hızı düşüktür, harekete (yapının, hastanın, transdusırın) çok duyarlıdır.

Power Dopplerde görüntü Doppler sinyalinin gücü ile oluşturulduğu için, gri ölçek görüntülemede olduğu gibi, derinlerden gelen sinyaller daha zayıftır. Bu nedenle renkler derinlere doğru değişir.

İNCELEME ÖLÇÜTLERİ

Doppler US'de kullandığımız 2 ölçütümüz vardır: 1) Frekans kayması: Kan akımının hızını belirler. Dönen sesin frekansı, gönderdiğimiz sesin frekansından yüksekse Doppler kayması pozitif, tersi ise negatif olarak kabul edilir. 2) Faz kayması: Doppler kaymasının faz değişikliği. Transdusıra göre akımın yönünü belirler.

Frekans seçimi

Doppler kayması (F_d), transdusırın frekansı ile doğru orantılıdır. Yüksek frekanslı transdusırlar akıma duyarlılığı arttırır, fakat yüksek frekanslarda penetrasyon azalır; derin yapılar incelenemeyebilir ve PRF yetersizse "aliasing" ortaya çıkabilir. Frekans seçiminde bu noktalara dikkat edilmelidir.

Örnekleme boyutu ("gate")

Örnekleme alanının uygulayıcı tarafından ayarlanabilen bir hacmi vardır. Derinliği pulsun uzunluğuna (içindeki dalga sayısına), eni ise ses demetinin kalınlığına bağlıdır. Tipik bir Doppler pulsunda 5-20 arasında dalga bulunur. Örneğin 3.5 MHz'lik bir transdusırdan 5 dalgalık pulslar üretiliyorsa en küçük örnekleme hacminin derinliği 1 mm olabilir. Ses demetinin kalınlığı da odak noktasından 2 mm ise, en küçük örnekleme hacmi 1 mm derinliğinde 2 mm eninde elipsoid bir yapı olacaktır.

Dupleks Dopplerde örnekleme hacmi damarın görüntüsü üzerinde işaretlenir. Alınan Doppler sinyalinin yoğunluğu bu hacim içindeki saçıcı yüzeylerin sayısı ile orantılıdır. Örnekleme hacminin boyutu arttıkça hız spektrumu genişler. Pik hızlarının ölçümü akım konusunda daha değerli bilgiler verdiğinden, damar merkezine yerleştirilmiş dar örnekleme hacmiyle çalışmak genellikle tercih edilir.

Renkli Doppler görüntülemede yan yana birçok örnekleme hacminden alınan akım bilgilerinin renkli ölçek ile görüntülenmesi söz konusudur. İncelenen alan genişledikçe örnekleme süresi uzayacağından çerçeve hızı ("frame rate") düşer.

Örnekleme hızı ("pulse repetition frequency"-PRF)

Birim zaman içerisinde gönderilen puls sayısıdır. Doppler bilgileri bu pulslarla örneklenir. Shannen örnekleme teorisine göre doğru bir ölçüm için örnekleme hızı, saptanacak Doppler kaymasının en az iki katı olmalıdır. Saptanabilecek Doppler kaymasının en yüksek frekansı PRF/2'dir. Bu değere Nyquist frekansı, bu sınırlamaya da Nyquist sınırlaması adı verilir. Nyquist frekansı şu formülle hesaplanır:

$$V_{max} = c.\ PRF / 4\ F_{0.}\ Cos\ 0$$

Formülde görüldüğü gibi sesin dokudaki hızı (c) sabit olduğundan, ölçülebilecek en yüksek Doppler frekansını arttırabilmek için PRF değerini ve inceleme açısını arttırmak ve düşük frekanslı transdusırlar kullanmak gerekir. Nyquist sınırlamasını aşan Doppler kayma hızlarının, ters yönde yavaş akım şeklinde görülmesine "aliasing" denir.

Aliasing olayı en iyi sinemadaki örneği ile açıklanır. Western filmlerinde haydutların kovaladığı posta arabalarının tekerleklerinin önce normal dönerken, araba hızlanınca tersine ve yavaş döndüğünü hepimiz fark etmişizdir. Bu olayın nedeni tekerleğin dönüş hızının, saniyede alınan film kare sayısının (çerçeve hızı) yarısından yüksek olmasıdır. Örneğin saniyede 24 kare alınan bir çekim sırasında tekerleklerin dönüşünün doğru şekilde görüntülenebilmesi için teker dönüş hızının saniyede 12'yi geçmemesi gerekir. Bu nedenle hareket eden bir arabanın tekerleklerinin dönüş yönü ve hızı başlangıçta normal olarak izlenirken, araba hızlanıp teker dönüş hızı örnekleme hızının (saniyede alınan film kare sayısı) yarısını aştığında tekerlekler yavaş bir hızla tersine dönüyormuş gibi görülmeye başlar.

Doppler uygulamalarında Nyquist sınırlamasını aşan hızlar ters yönde düşük hızlı akımlar şeklinde görülür; hız-zaman grafiğinde grafiğin tepeleri (yüksek hızlar) kesilerek çizginin altına geçer, renkli Dopplerde karşı yöndeki düşük hızı temsil eden renk kodu ile gösterilir.

Genellikle eski aygıtlarda uygulayıcı tarafından değiştirilebilen PRF, modern makinelerde örnekleme hacim derinliklerine göre otomatik olarak ayarlanır.

Duvar filtreleri

Damar duvarı belirgin bir yansıtıcı yüzeydir. Pulsasyonların bu yüzeyleri yavaş hareket ettirmesi sonucu yüksek amplitüdlü, düşük frekanslı Doppler kayması ortaya çıkar. Doppler aygıtı sinyallerin nereden geldiğini (respiratuar veya kardiyak, damar duvarı, akan kan) ayırt edemez. Bu sinyaller yüksek amplitüdleri ve düşük frekansları ile kolayca tanınırlar. Damar duvarından kaynaklananlarına, sürekli dalga Dopplerdeki ses karakteristiği nedeniyle "wall thump" etkisi adı verilir.

Damar duvarından kaynaklanan bu istenmeyen etkiyi ortadan kaldırmak için, Doppler aygıtlarında duvar filtresi adı verilen devreler vardır. Yüksek frekansları geçiren düşük frekansları zayıflatan bu filtrelerle "wall thump" etkisi büyük oranda azaltılır. Genel olarak filtreleme ile 50-1600 Hz aralığındaki frekanslar tutulur. Filtre seçimi, kandan gelen Doppler bilgilerinin kaybına yol açmayacak şekilde yapılmalıdır. Kardiyak amaçlı kullanımlar dışında yüksek değerler gerekmez. Abdominal uygulamalarda 50-100 Hz'lik filtreler yeterlidir.

Çerçeve hızı ("frame rate")

Bir görüntünün oluşturulma hızıdır. Birimi, çerçeve sayısı/sn'dir. Renkli Dopplerde çalışılan alanın (Doppler penceresinin) büyümesi çerçeve hızını düşürür. İncelenen bölgenin daha çok çizgiyle taranması (daha yüksek geometrik çözümleme) ve daha uzun örnekleme süresi ("dwell time") kullanılması (yüksek Doppler doğruluğu) da çerçeve hızını düşüren etkenlerdir.

Çerçeve hızının seçimi incelemenin amacına göre yapılır. Kardiyak incelemelerde zamansal çözümleme (temporal çözümleme) önemlidir, dolayısıyla çerçeve hızı yüksek olmalıdır. Abdominal ve periferik vasküler uygulamalarda ise akım karakteristiği önemli olduğundan, duyarlılığı artıran ölçütlerden vazgeçerek çerçeve hızını artırmanın bir anlamı yoktur.

Renkli Doppler tekniği

Tanı değeri yüksek bir renkli Doppler incelemesi için birçok ölçütün bilinçli bir şekilde kullanılması gerekir. Uygulayıcı öncelikle B-mode "gain", Doppler "gain" ve Doppler rejektini ayarlamasını bilmelidir. Renk "noise"ine neden olmamak şartıyla en yüksek Doppler "gain"i ve en düşük rejeksiyonu kullanmak gerekir.

Yavaş akımda yüksek frekanslı transdusırlar kullanılmalıdır. En düşük değerli duvar filtreleri seçilir. PRF düşürülür. Örnekleme süresinin ("dwell time") uzaması da yavaş akıma duyarlılığı arttırır.

Derindeki akımı ölçmede, yeterli penetrasyonu sağlayacak frekansı seçmek gerekir. Bu nedenle göreceli olarak düşük frekanslı transdusırlar kullanılır. Ancak düşük frekansta da yavaş akıma duyarlılık azalır. Bu durumda örnekleme zamanının uzatılması yardımcı olabilir, ancak örnekleme zamanının uzatılması ile derin yapılardan puls dönüş süresi uzar. Bu durumda PRF'nin zorunlu olarak düşürülmesi gerekir. Bu da çerçeve hızının düşmesine neden olur. Çerçeve hızının düşmesi abdomen incelemelerini güçleştirebilir. İnceleme penceresi mümkün olduğunca küçük tutularak çerçeve hızı artırılabilir.

Küçük damarların görüntülenmesi için yüksek geometrik çözümlemeye gerek yoktur. Sistemin çözümleme sınırının altındaki damarlar bile renkle kodlanır ve büyükmüş gibi görülürler; birbirine yakın küçük damarlar ayrılamaz. Renkli Dopplerin çözümleme sınırlamasından dolayı damar çapları duyarlı bir şekilde ölçülemez. Renkli Dopplerle küçük damarlar saptandıktan sonra duyarlı bir akım ölçümü için spektral analiz yapılmalıdır.

Renkli Doppler yapan bir hekim aygıtının aliasing görüntüsünü iyi bilmelidir. Aliasing, deneyimli birisi için incelemeyi engellemez; akım hızının kullanılan hız limitlerini aştığını gösterir. Aliasingi türbulansa bağlı ters akımdan ayırmak için renk geçişlerine bakılır. Türbulansta akım tersine dönmeden önce bir sıfır noktasından geçeceği için renk geçişlerinde ince bir siyah çizgi ortaya çıkar. Aliasinge bağlı renk değişiminde ise böyle bir geçiş bandı görülmez, renk doğrudan karşıt renge dönüşür. Aliasing, pik hızın sağlıklı bir şekilde ölçülebilmesini engellediği için spektral incelemede sorun yaratır.

HEMODİNAMİK

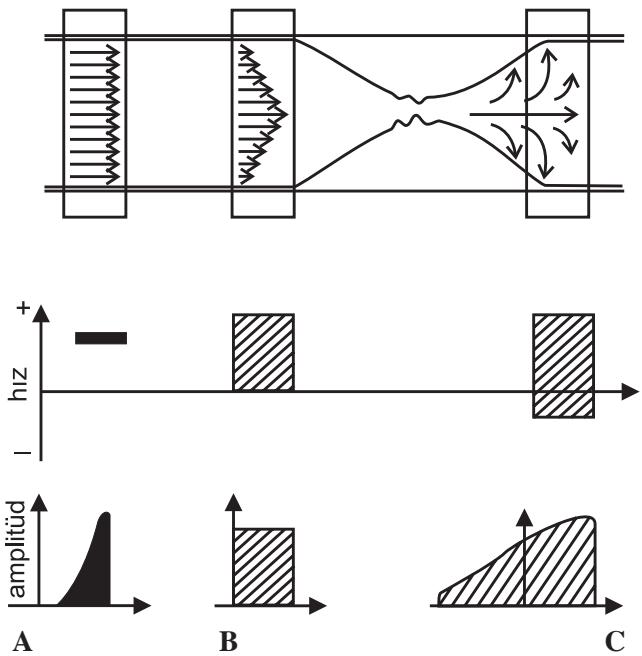
Doppler ile elde ettiğimiz verileri anlamak için kan basıncı, akım ve hız arasındaki ilişkiyi iyi bilmemiz gerekir. Kan plazma ve hücrelerden oluşan bir sıvıdır. Kanın viskozitesi hematokrit ile doğrudan ilişkilidir. Akım hızı düştüğünde de viskozite belirgin şekilde artar.

Akımı, damarın uçları arasındaki basınç farkı ve damar direnci belirler: Akım = basınç farkı / direnç. Akıma direnç ise damarın çapı, uzunluğu ve kanın viskozitesi ile ilişkilidir: Direnç = viskozite x uzunluk / çap^4. Direnci belirleyen en önemli faktör damarın çapıdır ve damar çapının dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır. Yani çapın yarıya inmesi direnci 16 kat artırmaktadır. Çap yarıya indiğinde akım hızı iki kat artırılmalıdır.

Arteriyel akım

Akım karakteristiği arter ve venlerde farklı olduğu gibi her organ sistemine giden damarlarda da değişiktir. Grafik spektrumda ve renkli Doppler incelemelerinde farklı görünümler veren "plug", laminar ve türbülan olmak üzere başlıca üç tür arteriyel akım örneği vardır (Şekil 1.122).

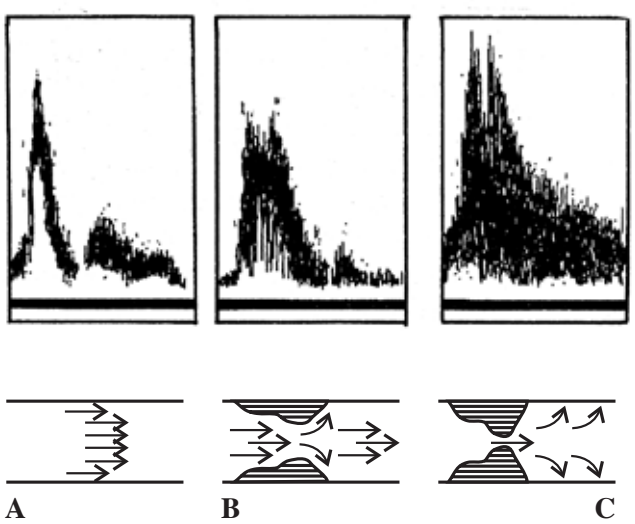
"Plug" akım, aort ve büyük damarlar içerisindeki düzgün akım şeklidir. Tıpa veya tıkaç anlamına gelen İngilizce "plug" sözcüğü, akımın bir şişenin ağzındaki tıpa gibi lümeni eşit hızda doldurduğunu tanımlamak için kullanılır. Grafik spektrumunda "plug" akımı ince bant ve boş pencere ("spektral window") ile karakterizedir. Renkli Dopplerde ise damar lümenini dolduran renk, her tarafta aynı tondadır.



Şekil 1.122 Arteriyel akım şekillerinin spektral karakteristikleri. A. "Plug" akım. Lümenin her tarafında eşit hız. Hız ve amplitüd spektrumu dar. B. Laminar akım. Damar duvarına komşu kesimlerde göreceli yavaş akım. Hız ve amplitüd spektrumu geniş. C. Türbülan akım. Jet ve tersine akım. Hız ve amplitüd spektrumu geniş ve tersine akım var.

Laminar akım, 5 mm ve daha küçük çaplı damarlarda görülen normal akım şeklidir. Bu tür akımda lümenin ortasındaki akım hızlı, duvara yakın perifer bölgelerdeki akım ise sürtünme etkisi nedeniyle yavaştır. Laminar akım grafiğinde bant genişliği "plug" akımdan biraz daha kalındır ve biraz küçülmekle birlikte açık bir pencere görülmeye devam eder. Bu düzgün grafik spektrum, düz seyreden, çap ve lümen düzensizliği göstermeyen normal damarlarda görülür. Spektrumun şekli çap ve lümen düzensizliğinde veya damarın dallandığı kesimlerde akımın türbülan olması nedeniyle değişir. Renkli Dopplerde laminar akımın merkezi duvara yakın kesimlere göre daha açık tonlarda görülür.

Türbülan akım, hız dağılımının çok geniş olduğu ve hatta ters akımların bulunduğu akım şeklidir.



Şekil 1.123 Laminar ve türbülan akımlarda bant genişliği ve pencerenin durumu. Damar daraldıkça pik hız artıyor, bant kalınlaşıyor ve "pencere" doluyor. A. Laminar akım, B. Türbülan akım, C. Daha dar bir segmentteki türbülan akım.

Normalde geniş bir yere giriş ve dar bir yerden çıkışlarda görülen bu akım, damarda kenar ve çap değişikliği oluşturan örneğin aterosklerotik plaklara bağlı daralmalarda karşımıza çıkar. Türbülan akımın grafik karakteristiği bandın belirgin şekilde genişlemesi ve dolayısıyla pencerenin ortadan kalkmasıdır (Şekil 1.123). Türbülan akım daha da belirginse, lümen içerisinde ileri-geri akımlar ortaya çıkar. Bu durumda grafikte pencerenin doluşundan başka bant kenarının düzensizliği artar ve bant, taban çizgisinin karşı tarafına taşar. Pencerenin dolması akım karmaşasının kaba bir işaretidir. Türbülans kısa bir mesafe sonra kaybolur. Bu nedenle bir damar değerlendirilirken, dar segmenti atlamamak için tüm uzunluğunca incelenmelidir. Renkli Dopplerde türbülans her iki rengin karışımı ile karakterizedir.

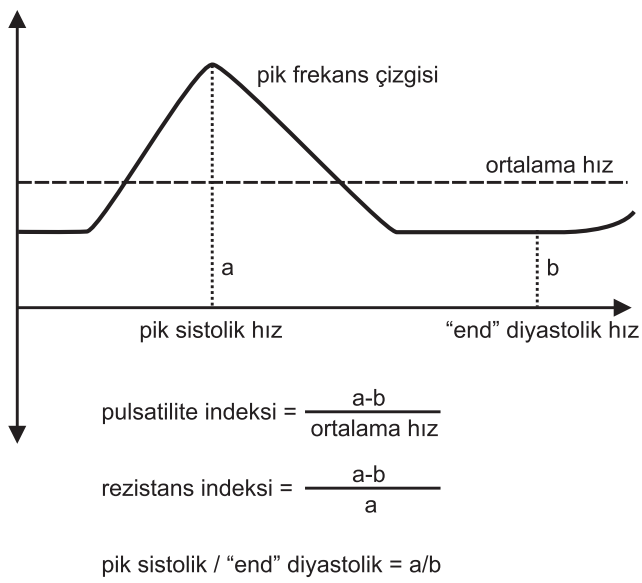
Türbalans, akımın hızına, kanın dansitesi ve viskozitesine, ve damarın çapına bağlıdır. Bu ölçütler arasındaki ilişki Reynolds sayısı (Re) ile açıklanır (Re = hız x çap x dansite / viskozite). Reynold sayısı normal akımın türbülan akıma dönüşünün sınırını belirler. Bu sayı büyük damarlarda 2000'i, arterlerde 1000'i, arteriyel dallarda 200'ü aştığında akımda türbülans ortaya çıkar.

Akımın değerlendirilmesi

Doppler US ile akım karakteristikleri incelenirken önemli olan nokta damardaki normal akım örneğinin iyi bilinmesidir. Akan kanda şekilli elemanların hızları farklı olduğu gibi akım yönleri de her zaman damar duvarına paralel değildir. Bunun nedenleri: a) sürtünme nedeniyle duvara yakın akımın daha yavaş olması, b) lümen düzensizliklerinin akım hızını bölgesel olarak değiştirmesi, c) türbülan akımın Doppler açılarının devamlı değişmesi, d) akımın devamlı değil pulsatil karakterde olmasıdır. Bu nedenle Doppler US ile vasküler hastalıklar incelenirken damarın değişik kesimlerdeki akımlar örneklenmelidir.

Doppler US ile elde edilen akım bilgileri niteliksel veya nicelikseldir. Akımdaki değişiklikleri göreceli olarak değerlendirmek amacıyla yapılan ölçümler ise yarı niceliksel akım bilgileri verir. Doppler US ile elde edilen niteliksel akım bilgileri akımın varlığı, yönü ve şeklidir. Akımın hızı ve hacmi ise niceliksel akım bilgileridir. Pik sistolik/diyastol sonu hız indeksi, Rezistans indeksi (RI) ve Pulsatilite indeksi (PI) de yarı niceliksel akım bilgileridir (Şekil 1.124).

Akım hızının saptanması Doppler US'nin ana işlevidir ve Doppler eşitliğinden kolay ve oldukça doğru bir şekilde hesaplanır. Doppler açısı 90° olduğunda kosinüs sıfır olacağından var olan akım saptanamaz. Renkli Doppler görüntülemenin önemli bir üstünlüğü B-mode ile görüntülenemeyecek kadar küçük damarların parlamalar şeklinde yerlerini belirleyerek dupleks Dopplerle ölçüm yapılmasına olanak vermesidir. Akım hacmi ise, damarın bir kesitinden değişik hızlarda akan kanın tümünü temsil eder. Bu nedenle eğer



Şekil 1.124 Akımın yarı kantitatif değerlendirilmesinde indeksler.

biz lümendeki tüm farklı hızları ölçebilirsek akım hacmini formülüne göre hesaplayabiliriz: Akım (cm^3/sn) = Ortalama hız (cm/sn) x kesit yüzeyi (cm^2).

Kesit yüzeyi sistol ve diyastolde değişir. Bu yüzey her zaman dairesel şekilde değildir. Ortalama hız hesaplama yöntemlerindeki hata payları da yüksektir. Bu nedenle akımın hacim ölçümünün duyarlılığı düşüktür. Dolayısıyla Doppler US'deki akım hacim değerleri sadece sınırlı bir yaklaşımı ifade eder.

Yarı niceliksel Doppler US verileri akıma direncin değerlendirilmesi amacıyla yapılan hesaplamalardır. Ölçülen direnç, akıma karşı tüm etkenlerden kaynaklanan dirençlerin toplamıdır ve damarın Doppler spektrumundan hesaplanabilir. Vazokonstrüksiyonda artan direncin, vazodilatasyondan sonra azaldığı görülür. Ekstremitelerde egzersiz sonrası, splanknik damarlarda yemek sonrası direnç azalır. Transplante böbrekte vasküler rejeksiyonda ve intrauterin büyüme geriliğinde de direnç artar.

Direnç, akımı kendi içerisinde değerlendiren bazı endekslerle gösterilir. Bu endekslerin açısal düzeltme ye veya damar çapı ölçümlerine gerek göstermeden Doppler spektrumu üzerinden hesaplanabilmesi büyük kolaylıktır. Pratikte bu amaçla, rezistans indeksi ve pulsatilite indeksi kullanılır.

Bu indeksler oldukça kaba olmakla birlikte anormal akımın değerlendirilmesinde yararlıdır. Pik sistolik/diyastol sonu hız oranı obstetrikte umblikal kord ve uteroplasental akımın değerlendirilmesinde kullanılır. Rezistans indeksi, payda hiçbir zaman sıfır olmayacağından daha duyarlı kabul edilir ve özellikle renal transplantların incelenmesinde kullanılır. Pulsatilite indeksi ise ortalama hız dikkate alındığından daha duyarlı gibi görülür; ancak ortalama hızın elde ediliş yöntemi konusunda tartışmalar ve zorluklar olduğundan kullanımı yaygın değildir.

ARTEFAKTLAR

"Aliasing"

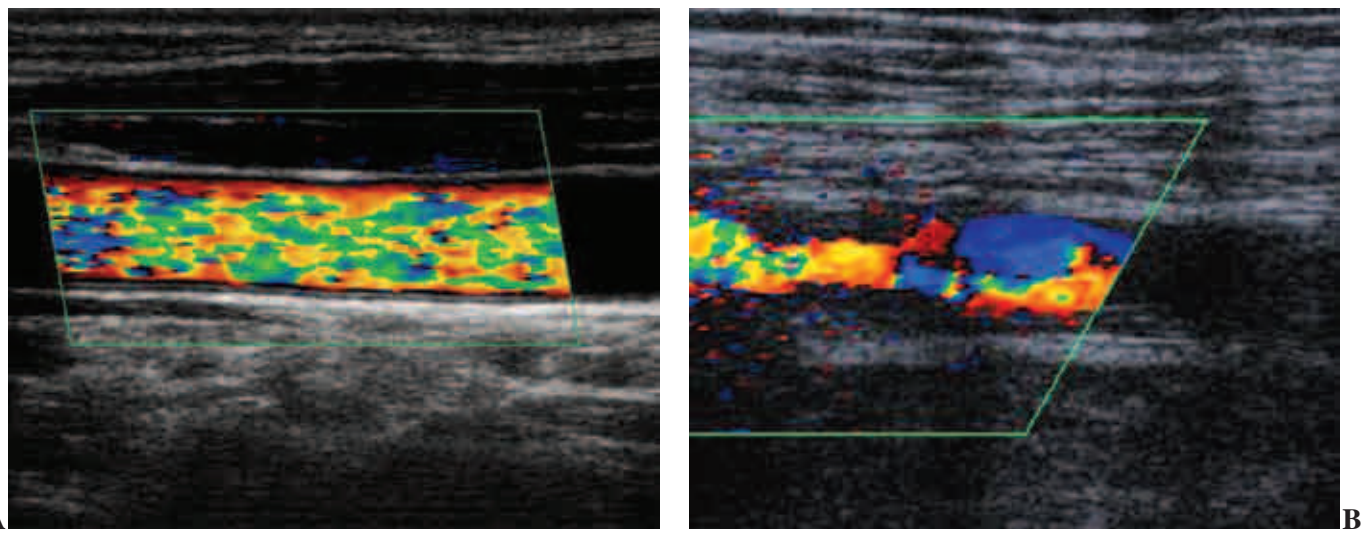
Yavaş örneklemeden doğar. Spektral Dopplerde sıfır çizgisinin ters tarafında düşük hızlı akım spektrumu şeklinde görülür. Renkli Dopplerde renk mozayiği (şiddetli aliasing) veya her iki yöne akımı gösteren renklerin karışımı (hafif aliasing) şeklindedir. Şiddetli aliasingi saptamak kolaydır. Hafif aliasing tersine akımla karışır. Ayırım, tersine akımı çevreleyen siyah çizginin aliasingde görülmemesiyle yapılır (Resim 1.40).

Spektral Dopplerde sıfır çizgisini aşağıya çekmekle aliasing düzeltilebilir. Pratikte aliasing'i önlemenin en kolay yolu PRF'i arttırmaktır. Derin incelemelerde PRF istenildiği kadar artırılamayacağından düşük frekanslı transdusır seçmek ve/veya 0 açısını arttırmak aliasingi önlemeye yardım eder.

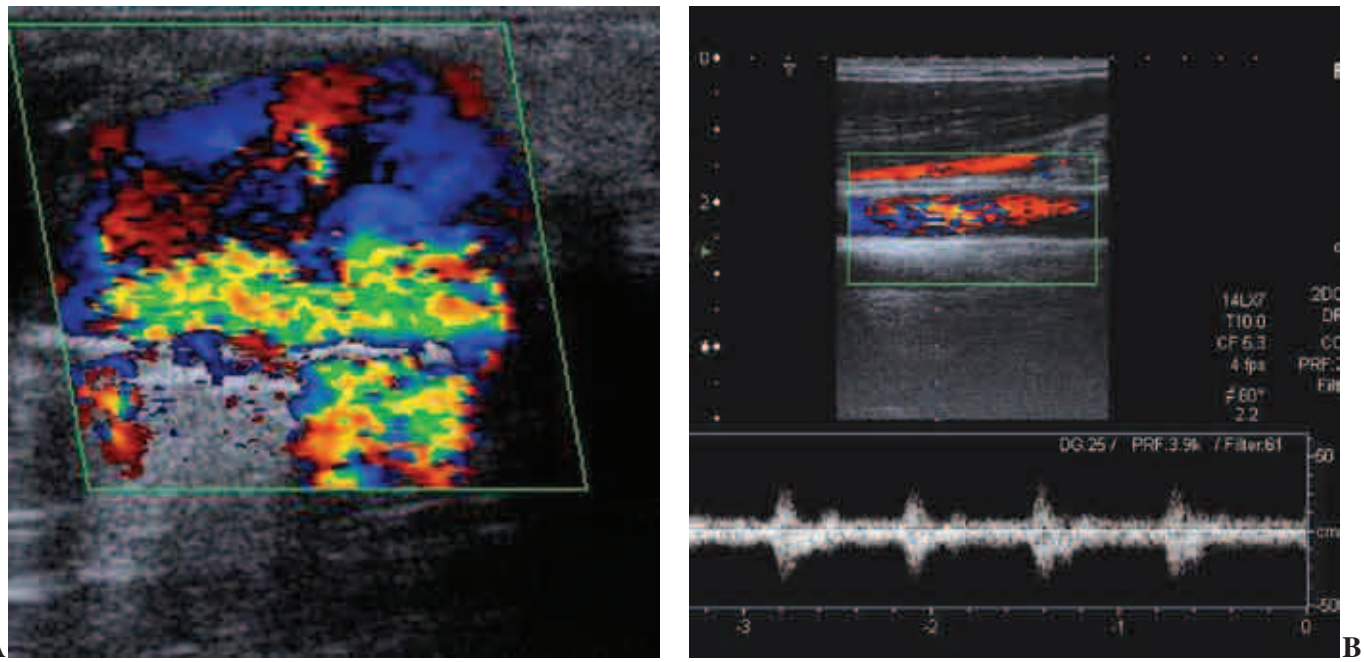
Sürekli dalga Dopplerde örnekleme yapılamadığı için aliasing görülmez.

Uygulama açısına bağlı artefaktlar

Ayna görüntüsü artefaktı, yüksek uygulama açıların-



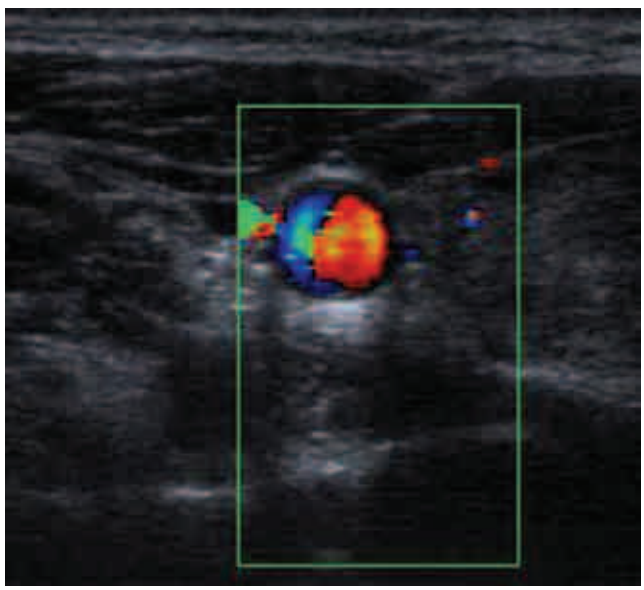
Resim 1.40 A. Aliasing artefaktı. B. Tersine akım. Tersine akımda renk piksellerini çevreleyen siyah çerçeve, aliasing artefaktında görülmüyor.



Resim 1.41 Dopplerde ayna hayali artefaktı. A. Renkli Dopplerde, B. Spektral Dopplerde.

da, özellikle düşük SNR'de, zayıf Doppler sinyallerini saptamak amacıyla kazanç (gain) artırıldığında gözlenir. Spektral Dopplerde sıfır çizgisinin her iki tarafında benzer hız eğrileri şeklinde görülür (Resim 1.41).

Renkli Doppler görüntülemede geniş uygulama açılarında damar duvarına paralel olmayan akımlar sorun yaratırlar. Bu akımlar yan yana komşu kırmızı ve mavi bölgeler veya kırmızı mavi renk karmaşası şeklinde görüntülenir. Damar lümeni aynı anda her iki yöne birden akım varmışçasına kırmızı ve mavi bölgelere ayrılabilir. Bu tip bölünme daha çok helikal akımların var olduğu venöz bileşimlerin aksiyal kesitlerinde ortaya çıkar (Resim 1.42). Portal ven, internal karotid arterin başlangıç kesimi ve dilate tortiöz damarlar bu tip artefaktın en sık görüldüğü damarlardır.



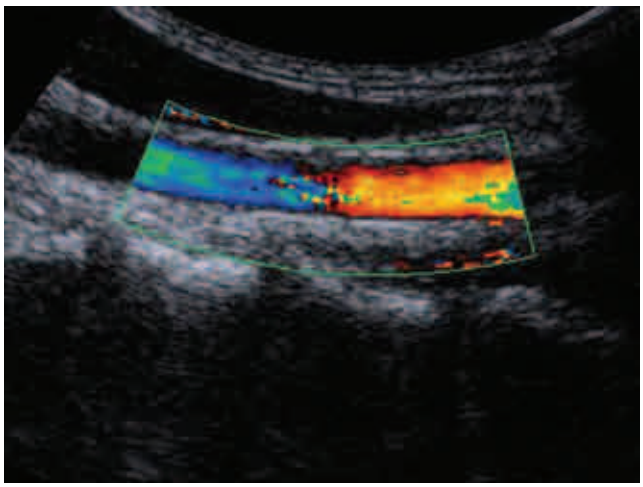
Resim 1.42 Portal vende uygulama açısının genişliğine bağlı akım artefaktı. Damar duvarına paralel olmayan akımlar farklı renkle kodlanıyor.

Sektör transdusırlerda ses demeti ve cilt yüzeyi arasındaki açı merkezde yüksektir, uçlara doğru azalır. Cilt yüzeyine paralel seyreden bir damar, sektör probla incelendiğinde her iki uçtaki Doppler açıları birbirinin tam karşıtı olduğundan akım, bir uçta mavi, diğer uçta kırmızı görülür (Resim 1.43).

Derinlik ikilemi

Eğer PRF gereğinden daha yüksekse derin dokulardan gelen sinyaller bir sonraki pulsun gönderilmesinden sonra transdusıra ulaşırlar. Geç dönen bu sinyalleri ikinci pulsun ekosu imiş gibi algılayan sistem, sinyalleri çok daha yüzeyel konumda lokalize eder ve akımın olmadığı bir alanda akım görüntüsü ortaya çıkar.

Sıklıkla düşük frekanslı transdusırlarda yüksek PRF ve yüksek Doppler kazançları kullanıldığında ortaya çıkar. Derinden gelen ekolar, zayıflama nede-



Resim 1.43 Sektör transdusırle oluşan renk kodlama artefaktı

niyle belirli bir eşik seviyesinin altında kaldığından derinlik ikilemi pratikte önemli bir sorun oluşturmaz.

B-mode benzeri ayna görüntüsü artefaktı

İki güçlü yansıtıcı arasında ses dalgasının yansıması bu iki yapı arasındaki alanın distalde, özellikle trakea ve akciğer gibi ekosuz alanların üzerinde ayna görüntüsü şeklinde oluşmasına neden olur. Subklavian arter, karotis ve brakial arter çalışmalarında bu tip artefaktlar görülür.

"Color-overwrite" artefaktı

Akıma duyarlığın artırıldığı şartlarda ortaya çıkar. Hastanın hareketi veya solunum hareketlerinin dokuda oluşturduğu frekans kayması, çok yavaş akımın frekans kaymasına yakın değerde olabilir. Aygıt bu göreceli küçük frekans kaymalarını ya gri ölçek ya da renkli olarak yazmak zorundadır. Yumuşak dokudan dönen ekoların amplitüdü akımdan dönenlerden çok yüksektir. Yüksek amplitüdlü ekolar gri ölçek ile kodlanır. Hipoekoik veya anekoik alanlardan gelen düşük amplitüdlü ekolar ise renkle kodlanır. Örneğin karotis artere komşu kistik bir kitle anevrizma imiş gibi renklenebilir.

Venöz sistem incelemelerinde sistem düşük hızlara ayarlanmış olduğundan transdusırın küçük bir hareketi bile yumuşak dokularda renk karmaşasına neden olur ("color-out").

AKUSTİK GÜÇ VE BİYOLOJİK ETKİ

Güç (power), enerjinin oluşum, soğurulma ya da akış hızıdır. Birimi watt (W)'dır ve 1 joule/sn olarak tanımlanır. İntensite, birim alandan geçen enerji akımıdır ve birimi W/cm^2 veya mW/cm^2 dir. 100 mW/cm^2'nin altındaki güçlerde hiçbir etki görülmez. Bununla birlikte iki indeks vardır:

Termal indeks (TI): Biyolojik dokuların absorbe ettiği enerji ısı artımına neden olur.

Diyagnostik incelemelerde bu değer 1°-2° santigrad olabilir. En çok yumuşak doku-kemik sınırındaki kemikte ısı artımı görülür.

Mekanikal indeks (MI): Ses dalgasının negatif kesiminin dokuda oluşturduğu kavitasyondur. H ve OH gibi serbest kökler oluşturarak DNA'yı etkileyebilir. Kısa pulslar daha etkindir. Diyagnostik amaçlı kullanım, yumuşak dokudaki MI seviyesinin (1 kW/cm^2) çok altındadır.

Radyonüklid Görüntüleme (RG)

Organizmaya verilen radyonüklidlerin incelenecek organ veya dokudaki dağılımını görüntü şeklinde saptama yöntemine Radyonüklid (radyoizotop) Görüntüleme (RG) adı verilir. Radyonüklidler vücuda yalnız başına veya incelenecek organ ve/veya lezyon tarafından tutulacak bir farmasötiğe bağlanarak verilebilir. Radyonüklidin organizmadaki dağılımının görüntülenmesi ile hem anatomik hem fonksiyonel bilgiler, bu dağılımın zamana göre değişiklerinin saptanması ile de fizyolojik bilgiler elde edilir. Radyonüklidin organizmadaki dağılımı, radyasyonun parlamalar halinde ışığa çevrildiği (sintilasyon) dedektörlerle saptanır. Bu nedenle yönteme sintigrafi adı da verilmektedir.

Sintigrafik görüntüleme röntgen görüntülemeye benzer. Röntgen görüntülemede kullandığımız ışın x-ışınıdır, sintigrafide ise çekirdek parçalanması sonucu ortaya çıkan gama ışınıdır. Röntgende görüntüyü, dokuyu geçen x-ışınlarının zayıflama farklılıklarından oluştururuz; olay bir transmisyondur. Sintigrafide ise görüntü radyonüklidin yaydığı gama ışınları ile oluşturulur; olay bir emisyondur.

RG görüntüleri, bir radyofarmasötiğin ilgili organ veya dokudaki dağılımının haritasıdır. Radyoaktif madde oturduğu dokudan foton yaymaya devam eder. Bu aktivitenin görüntülenmesine statik çalışma, zamana karşı yazdırılışına ise dinamik çalışma denir. Dinamik çalışmalarla fonksiyonel anormallikler saptanabilir. Biyokimyasal, metabolik ve fonksiyonel değişimlerin in vivo olarak saptanabilmesi yöntemi farklı kılan özelliklerdir. RG, kullandığı radyoaktivitenin türüne göre ikiye ayrılır.

Tek foton kaynakları ile görüntüleme: Gama kaynağı radyonüklidlerin ilgili organ ve dokudaki birikimini haritalar. Bu şekildeki görüntülemeye planar sintigrafi denir. Bu yönteme bilgisayarlı tomografi düzeneği eklendiğinde radyonüklid tutulumunun kesit görüntüleri yapılabilir. Teknolojisi BT'ye benzeyen bu yönteme de tek foton emisyon tomografisi ("Single Photon Emission Computed Tomography-SPECT") adı verilir.

Pozitron kaynakları ile görüntüleme: Çekirdeklerinde aşırı pozitif yük bulunan radyonüklidler kullanılır. Böyle radyonüklidler gama ışını değil, pozitif yüklü pozitron yayarlar. Pozitron negatif yüklü elektronun antipartikülüdür, serbest kalamaz; hemen yakınındaki elektronla birleşerek birbirine tam 180 derece ters yönde ve herbiri 511 keV enerjisinde iki gama ışını yayar. Kesit görüntüler, aynı anda saptanan birbirine dik bu iki gama ışınını lokalize ederek oluşturulur. Yöntem bir kesit görüntüleme yöntemidir ve pozitron emisyon tomografisi ("Positron Emission Tomography-PET") adını alır.

TEMEL FİZİK

Atom, güneş sistemine benzer şekilde bir çekirdek ve çevresinde dönen elektronlardan oluşur. Çekirdekte pozitif yüklü protonlar ve yüksüz nötronlar vardır. Proton ve nötronların ağırlıkları birbirine eşit kabul edilir. Elektronlar negatif yüklüdür. Ağırlıkları protonların aşağı yukarı 1/1850'i kadar olduğundan, atom ağırlığı çekirdekteki proton ve nötronların ağırlıkları toplamı olarak kabul edilir. Elektronlar çekirdeğin çevresinde orbit adı verilen değişik uzaklıktaki yörüngelerde dönerler. Atomun bu şekilde tanımı 1913 yılında Bohr tarafından yapılmıştır.

Atom çekirdeğinin proton sayısına atom numarası (Z), proton ve nötron sayısının toplamına da atom ağırlığı (A) adı verilir. Atom numarası küçük olan elementlerin çekirdeğindeki proton ve nötron sayıları birbirine eşittir. Atom numarası arttıkça çekirdekteki nötron sayısı artmaya başlar. Bu artış çekirdeğin enerji seviyesini artırarak daha az kararlı (stabil) olmasına neden olur. Kararlı konuma geçmek zorunda olan bu çekirdekler, enerji fazlalarını ya partikül (alfa, beta, pozitron) veya foton (gama ışını) şeklinde yayarlar. Bu olaya radyoaktivite denir. Enerji salınımı sonunda kararlı bir element değil, yeni bir radyoaktif element ortaya çıkabilir. Bu şekilde bozunma stabil bir element ortaya çıkana kadar devam eder. Doğada kırktan fazla radyoaktif madde vardır. Bunlar Uranyum, Toryum ve Aktinumdan türerler. Bu tür radyoaktiviteye doğal radyoaktivite denir. Stabil elementlerin çekirdekleri nötron gibi subatomik parçacıklarla bombardıman edilerek radyoaktif hale getirilebilir. Buna da yapay radyoaktivite adı verilir. Radyoaktif parçalanma kontrol edilemez ve değiştirilemez.

Bir elementin farklı çekirdek yapısı gösteren var-

yantlarına nüklid, nüklidlerin radyoaktif olanlarına radyonüklid denir. Radyonüklidlerde atom ağırlığı elementin sembolü ile birlikte yazılır (I-131, P-32, Co-60 gibi). Bir radyonüklid aktivitesinin yarıya inmesi için geçen zamana fiziksel yarılanma ömrü (T1/2) adı verilir. Radyoaktivitenin klasik ölçü birimi Curie (Ci)'dir. Bir radyoaktif maddede saniyede parçalanan çekirdek sayısı $3.7x10^{10}$ ise bu maddenin radyoaktivitesi 1 Curie'dir. SI birimi ise Becquerel'dir. Bir radyoaktif maddede saniyede bir çekirdek parçalanıyorsa, bu maddenin radyoaktivitesi bir Becquerel'dir. Buna göre bir 1 Curie = 3.7×10^{10} Bq, 1 μ Ci (mikroCurie) = 37.000 Bq'dir. Pratikte kullanılan boyutlarda 10 mCi = 370 mBq'dir

Radyonüklid görüntülemede kullanılan radyonüklidlerin çoğu yapay olarak elde edilir. Bunlar genellikle gama ışını kaynağıdır. Gama ışın yayımı sıklıkla zorunlu beta ışın yayımı ile birliktedir. Bazı radyonüklidler beta ışını yayımından kısa bir süre sonra γ ışını salar. Bu süre içerisinde o nüklidin "metastable" olduğu söylenir ve bu durum elementin sembolüne eklenen "m" harfi ile belirtilir. Bu nüklid gerçekte bir izomerdir ve bu şekildeki ışın salınımına da izomerik transisyon adı verilir (Nükleer fizikte isomer, aynı proton ve nötron sayısına, fakat farklı enerji seviyesine sahip nüklidleri tanımlar). Teknisyum (Tc-99m), İndium (In-111m) metastable radyonüklid örnekleridir. Mo-99 (Molibdenum) beta ışını yayarak Tc-99m'e, yarılanma ömrü altı saat olan Tc-99m de gama ışını yayarak Tc-99'a dönüşür.

Radyoaktif parçalanma sonucu ortaya çıkan alfa (α) ve beta (β) partikülleri yeteri kadar penetran olmadıkları için görüntülemede kullanılamaz. Diyagnostik radyolojide yalnız gama (γ) ışın kaynağı olan radyonüklidler kullanılır. Radyonüklid görüntülemeye son yıllarda girmiş olan Pozitron Emisyon Tomografisinde (PET) kullanılan radyonüklidler ise C-11, O-15 ve F-18 gibi pozitron (e^+) kaynağıdırlar.

Gama ışınlarının enerjileri elektron volt (eV) ile ölçülür. Radyonüklid görüntülemede kullanılan radyonüklidlerin yaydığı gama ışınlarının enerjileri 100-300 KeV'dir. En yaygın kullanılan radyonüklid olan Tc-99m'in gama enerjisi ise 140 KeV'dir.

Görüntülemede kullanılan radyonüklidlerin fizik ve biyolojik yarı ömürleri incelemenin bitiminden sonra olabildiğince kısa olmalı, sadece istenen ışını yaymalı (gama ışını, PET için pozitron) ve vücut için zararsız farmasötiklere bağlanabilmelidir.

Morfolojik bilgiler taşımakla birlikte daha çok fonksiyonel bilgilerle yüklü sintigramlar, radyolojik tanı yöntemlerinin vazgeçilmez tamamlayıcısıdır. Bu yöntemle biyokimyasal, metabolik ve fonksiyonel bilgiler elde edilebilir. Birçok diyagnostik protokol RG'siz hazırlanamaz. Bu nedenle Batıda olduğu gibi ülkemizde de radyoloji uzmanları, radyonüklid görüntülemenin ne olduğunu, yapabildiklerini ve yapamadıklarını ve kilinikteki yerini bilmek zorundadır.

Radyofarmasötikler

Radyonüklid bağlanmış bileşiklerdir. Bağlandığı bileşik radyonüklidin vücuttaki dağılımını belirler. Birçok radyofarmasötik doğal biyolojik maddelerin analoğu gibi davranır ve fizyolojik işlemlerle lokalize olur. Örneğin Tc-99m-perteknetat iodid molekülünün analoğudur ve tiroid, tükrük bezleri mide ve böbreklerde tutulur. Tc-99m iminodiasetik asit bilirübinin analoğudur ve karaciğer hücrelerince aktif olarak alınır ve safra sisteme salgılanır.

PET'de kullanılan F-18 FDG glukozun analoğudur. Hücreye girip fosforile olduktan sonra fizyolojik olarak hapsedilir. Bu nedenle 45-90 dakika sonraki konsantrasyonu dokunun glikoz kullanım derecesini verir. RG görüntülemede kullanılan belli başlı radyofarmasötikler Tablo 1.22 de verilmiştir.

RG AYGITI VE GÖRÜNTÜ OLUŞUMU

Yöntem organizmaya verilen radyonüklidin dağılımının dedektörlerle saptanması ve görüntü şeklinde oluşturulması temeline dayanır. Bu işlem sintilasyon kameraları (gama kamera) ile yapılır. Sintilasyon kameralarının başlıca 3 bölümü vardır (Şekil 1.125). 1) Sintilasyon dedektörleri, fotomultiplier tüpler, kolimatör, 2) Yükselticiler ve diğer elektronik aygıtlar, bilgisayar, 3) Görüntü kayıt gereçleri.

Sintilasyon dedektörleri ve fotomultiplier tüpleri ("PMT")

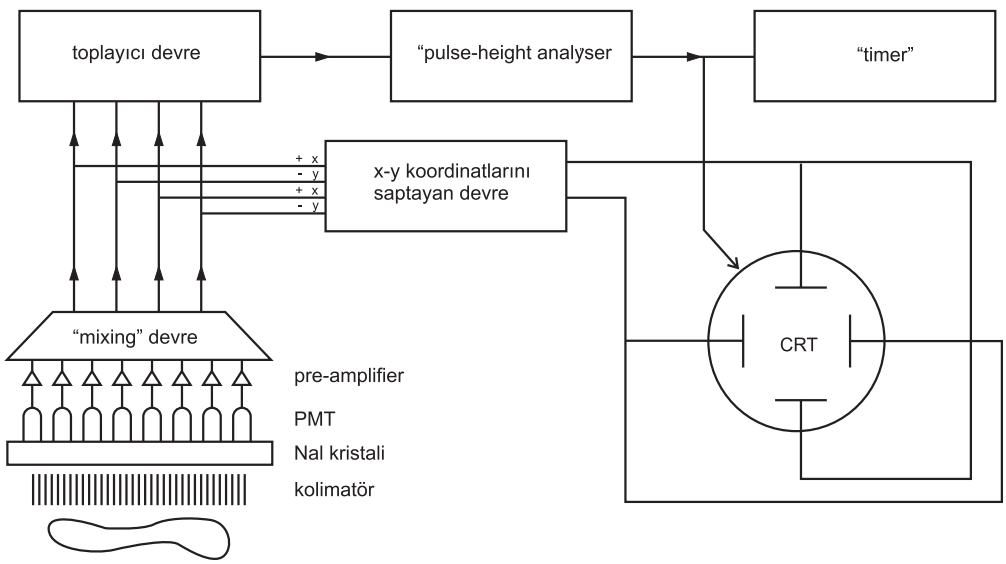
Işığa geçirgen olan, yüksek atom numaralı kristaller kullanılır. Bu kristal gama fotonunu soğurur ve enerjisini çok sayıda görülebilir ışık fotonuna çevirir. Bu olaya sintilasyon, böyle maddelere de sintilatör adı verilir. İyi bir sintilatör, üzerine düşen gama ışın fotonlarını yüksek oranda absorbe etmeli (QDE değeri yüksek olmalı), absorbe ettiği fotonun enerjisinden olabildiğince çok ışık fotonu üretmeli (çevirim etkinliği yüksek olmalı) ve oluşturduğu sinyal hızla sönüm-

Tablo 1.22 RG incelemelerinde sık kullanılan radyofarmasötikler ve tutulum mekanizmaları

İnceleme	Radyofarmasötik	Tutulum mekanizması
Kemik	Tc-99m MDP	Kristallere adsorbsiyon
Karaciğer-dalak	Tc-99m kolloid	RES fagositozu
Karaciğer-safra	Tc-99m IDA	Hepatositlere aktif transport
Böbrek	Tc-99m DTPA	Glomeruler filitrasyon
	Tc-99m MAG3	Glomeruler filitrasyon ve tubuler sekresyon
Meckel tarama	Tc-99m perteknetat	Aktif iyon transportu
Tiroid	I-123	Aktif transport
Beyin	Tc-99m HMPAO	Lipofilik pasif transport
Akciğer perfüzyonu	Tc-99m MAA	Kapillerde blokaj
Akciğer ventilasyonu	Xenon-133 gaz	Bölmelerde tutulum
Miyokart perfüzyonu	Tl-201 klorid	ATP transport sistemi
"Blood pool" sken	Tc-99m -eritrosit	Bölmelerde tutulum
Lökosit işaretleme	In-111- lökosit	Enfeksiyon/inflamasyon alanına lökositlerin geçişi
	Tc-99m HMPAO	" " " " "
Tümör görüntüleme	F-18 FDG	Glikoz taşıyıcıları ile hücre içine
	GA-67 sitrat	Bilinmiyor (demir reseptör teorisi)
	In-111	Antijen-antikor kompleksi
	Oncoscint monoklonal antikor	" " "

lenmelidir. RG'de bu amaçları en iyi karşılayan sintilatör talyum ile aktive edilmiş sodyum iodür (NaI: Tl) kristalidir. PET görüntülemede ise sintilatör olarak lutetium orthosilicate (LSO), gadolinium oxyorthosilicate (GSO) veya bismuth germanate (BGO) kullanılır.

Gama kameralarda kullanılan NaI: Tl kristalleri 25-50 cm çapında, köşeli veya yuvarlak şekillidir. Kristale çarpan gama fotonları kristalin atomlarını eksite eder. Eksite olan elektron normal konumuna geçerken aldığı enerjiyi görülebilir ışık şeklinde yayar.



Şekil 1.125 Gamma kamera aygıtının bölümleri.

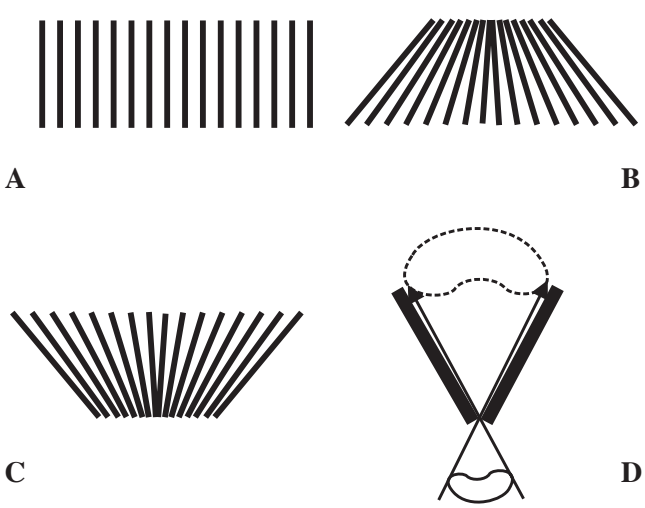
Kristale çarpan gama ışınlarının ışık quantumlarına dönüşmesi nedeniyle olay bir sintilasyondur. Sintalatörün kalınlığı ile duyarlılığı artar, ancak çözümleme düşer; bu nedenle düşük enerjili radyofarmasötiklerle çalışırken ince sintilatörler kullanılır.

Sodyum iyodid kristalinde oluşan sintilasyonlar kristal üzerine dizilmiş fotomultiplier tüpler (PMT) tarafından enerjileri ile orantılı olarak elektrik enerjisine çevrilir. Eskiden küçük yüzeyli kameralarda 19 kadar PMT kullanılırken, günümüzdeki geniş yüzeyli kameralarda bu sayı 91'e kadar çıkmıştır. Fotomultiplier tüpleri besleyen elektrik voltajının çok sabit olması gerekir. Voltajdaki küçük oynamalar foton enerjilerini saptamada büyük yanlışlara neden olur.

Kolimatörler

Dedektörün önünde kolimatör bulunur. Kolimatörün görevi organizmadan gelen gama ışınlarını geldikleri yere göre dedektör üzerine yönlendirmek ve saçılmasını önlemektir. Bu aygıt fotograf makinelerinin objektiflerine benzetilebilir. Paralel, konverjan, diverjan ve "pinhole" olmak üzere başlıca 4 çeşit kolimatör vardır (Şekil 1.126). Kolimatörlerin çoğu kurşundan yapılır, septaları da kurşundandır. Kolimatörün performansı delik veya kanallarının sayısına, çapına, uzunluğuna ve septaların kalınlığına bağlıdır. Düşük enerjiler için kullanılan ince septalı, çapı küçük, çok delikli kolimatörler daha etkilidir.

En sık kullanılan kolimatörler paralel kanallı olanlardır. Bunlarda kanallar kristal yüzeyine dik olarak dizilmişlerdir. Her kanal ancak karşısındaki kesimden kendisine dik gelen gama ışınının geçmesine izin verir; açıyla gelen fotonlar kolimatörden geçemez. Kolimatör gelen gama ışınının kaynağına ne kadar yakınsa yerleşim yeri gerçek yerine o kadar yakın olur; çözümleme kolimatör kaynağa yaklaştıkça artar.



Şekil 1.126 Kolimatörler A. Paralel, B. Konverjan, C. Diverjan ve D. "Pin.hole" kolimatörler.

Diverjan kolimatörde, kolimatör septaları kristalden objeye doğru açılarak dizilmişlerdir. Bu tip kameranın yüzeyi kristalden geniştir; görüntü orijinalinden küçük olarak oluşur. Konverjan tip kolimatörlerde ise septalar tersine kristalden objeye doğru daralarak dizilmişlerdir. Bu kolimatörlerde obje magnifiye edilir. "Pinhole" kolimatörler tiroid gibi ince organların yüksek çözümlemeli görüntülerini elde etmek amacıyla kullanılır.

Sinyalin ve geldiği yerin saptanması

PMT'nin katotu üzerine düşen bir ışık fotonunun meydana getirdiği elektronlar PMT içerisindeki dynodlar tarafından yükseltilerek çok sayıda elektrona çevrilir. Buna rağmen elde edilen sinyal milivolt seviyesindedir. Elde edilen sinyalin voltajı çok düşük olduğundan işlenmeden önce yükseltilmesi gerekir. Bu yükseltme ön-yükselticide (pre-amplifier) yapılır.

PMT'lerden gelen sinyaller ayrıca her sintilasyonda bütün tüplerin çıkış sinyallerinin toplamını hesap eden toplama devresi ile hesaplanır. Bu toplanmış çıkış sinyali "z pulse" adını alır ve kristalin absorbe ettiği total enerji ile orantılıdır. Z pulsunun amplitüdü "pulse height analyser" (PHA) ile ölçülür. Her sintilasyonun şiddetini analiz eden bu devre, daha önceden saptanmış bir enerji seviyesindeki sinyallerin işleme alınmasına izin verir. Bu enerji aralığına "window" (pencere) denir. Pencere, kullanılan radyonüklidin enerjisine göre ayarlanır. Örneğin Tc-99m enerjisi 140 keV'dir. Teknisyumla yapılan çalışmalarda genellikle pencere %20 olarak tespit edilir. Bu durumda PHA, ancak enerjisi 126-156 keV olan gama ışınlarını değerlendirmeye alır. Geniş pencere kullanmak saçılan radyasyonları da hesap edeceği için çözümlemesinin düşmesine neden olur; buna karşılık inceleme süresi kısalır.

PMT ile saptanan fotonun enerjisi PHA tarafından kabul edilmişse, bu bir sayım olarak kaydedilir. Bir sintilasyonda meydana gelen ışığın şiddeti çarpan fotonun enerjisi ile doğru orantılıdır. Sintilasyonun amplitüdü ölçülerek spesifik enerji seviyesindeki fo-

tonlar seçilebilir. Gama ışınının enerjisi ile, oluşan ışığın şiddeti arasındaki ilişki, iyi bir görüntü oluşturmada önemli bir faktördür. Dedektöre gelmeden önce saçılan, dolayısıyla enerji kaybeden gama ışınları görüntü kalitesini bozarlar. Bunların oluşturduğu düşük amplitüdlü sintilasyonlar sistem tarafından rejekte edilerek görüntü kalitesi korunur.

Kristal üzerindeki sintilasyonların yeri, pozisyon saptayıcı matrisle tayin edilir. Bu aygıt tüm PMT'lerden gelen sinyallerin amplitüdlerini aynı anda karşılaştıran bir elektronik devresidir. Sintilasyona en yakın PMT sintilasyonun en çoğunu alır. Pozisyon saptayıcı matris tüm PMT'lerden gelen sinyallerin şiddetini ölçerek kristaldeki sintilasyonların x ve y koordinatlarına göre yerini saptar.

Zamansal çözümleme

Bir gama kameranın fotonları sayım hızı, kameranın elektronik donanımına ve sodyum iyodid kristalinin yapısına bağlıdır. Sodyum iyodid kristalinde fotonun sintilasyona dönüşmesi için geçen süre içinde kristale ulaşan ikinci fotona cevap alınamaz, foton yok sayılır veya bu fotonun etkileri birincisi üzerine eklenerek yanlış sonuca neden olur. Oluşan yanlış sonuç pencere ile ayarlanan değerden daha büyük olursa PHA tarafından kabul edilmez. Sonuçta kameranın sayım hızı değişir. Bu nedenle ikinci fotonun saptanması için bir süre geçmesi gerekir. Bu süreye ölü zaman veya çözümleme zamanı adı verilir. Sayım hızı, kameranın zaman çözümleme (temporal çözümleme) gücünü gösterir. Günümüzdeki birçok kameranın ölü zamanı yaklaşık 1.5-2.5 mikrosaniye kadardır ve bu değer nedeniyle en yüksek sayım hızı saniyede 50.000-60.000 kadardır. Statik görüntü için fazla önem taşımayan bu hız, radyonüklid anjiografi gibi kantitatif dinamik çalışmalarda önemli bir faktördür.

Bir dedektörün enerji seviyesi farklı olan iki fotonu ayırabilme yeteneğine enerji çözümlemesi denir. Dedektörlerin enerji çözümlemesi kullanılan radyonüklide, kristalin yapısına ve aygıtın elektronik donanımlarına bağlıdır. Enerji çözümlemesinin yüksekliği aygıt seçiminde önemli bir ölçüttür.

Görüntü kaydı

Her sayım bilgisayar ekranında bir nokta olarak görülür. Sintilasyon zamanı ve yeri bir bilgisayarın belleğine kaydedilip, daha önceden saptanan sayım sayısına ulaşıldıktan sonra da görüntü oluşturulabilir. Görüntünün elde edilmesi için önceden belirli bir sayım miktarı veya belirli bir süre saptanır. Organlarla ilgili detayların istendiği statik çalışmalarda yüksek sayım miktarı belirlenir. Kaliteli bir görüntü küçük FOV'lu bir kamerada 300.000-500.000 sayımla elde edilir. Bu sayı geniş FOV'lu kameralarda 1.000.000'a kadar çıkar. Dinamik çalışmalarda ise çok kısa sürelerde görüntüler elde etmek gerekir, bu nedenle sayım sayısı düşüktür.

Ekrandaki görüntü röntgen filmi üzerine kaydedilebileceği gibi renkli olarak bir kâğıt üzerine de geçirilebilir.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Radyonüklidin ilgili organdaki dağılımının görüntüsü morfolojik bilgiler verir. Böyle bir çalışma ile örneğin karaciğerin boyutu ve şekli saptanır, varsa yer kaplayan lezyonlar gösterilir; ancak, radyonüklid tutulumu RES hücrelerinin bir fonksiyonu olduğundan görüntü fonksiyonel bilgiler de taşır. Tutulumun zaman içerisinde gösterdiği değişiklikler, hızlı görüntüler veya zaman/aktivite grafikleri şeklinde çalışılarak fonksiyonel bilgiler artırılabilir. Sisteme çok güçlü bilgisayarların entegrasyonu ile, kardiyak çalışmalarda olduğu gibi çok ayrıntılı fonksiyonel bilgiler elde edilebilir.

Kalp için kardiyak "gating" yapılır. EKG sinyalleri veri toplama sistemine bağlanır. EKG çizgisinin ardışık aynı noktalarındaki sayılar toplanarak görüntü oluşturulur. Kardiyak siklus bu şekilde görüntülendikten sonra kalp hareketleri canlı olarak izlenebilir.

RG görüntüleri ya röntgenogramlarda olduğu gibi iki boyutlu ya da BT'de olduğu gibi kesit görüntülerdir. İki boyutlu görüntülere planar sintigrafi, kesit görüntülere ise kullanılan radyonüklide göre SPECT veya PET adı verilir.

Planar sintigrafi

Röntgenogramların analoğudur; gelen gama ışınları iki boyutlu bir görüntü şeklinde haritalanır. Görüntüler, incelenen bölgenin tümünden dedektöre gelebilen fotonlarla oluşur. Derinlik boyutundan gelen sintilasyonlar üst üste düşer. Karaciğer, dalak, akciğer, beyin gibi büyük organlarda derinlerden gelen fotonlar dedektöre ulaşamaz. Bu nedenle organların sintigrafik görüntüleri en azından ön, arka, sağ ve sol yanlardan alınır (Resim 1.44). Gerekirse özel pozisyonlarla da çalışılabilir.



Resim 1.44 İskelet sintigramı. Ön ve arka olmak üzere iki projeksiyonda veri toplanır. A. Dedektör önde iken omurga arkada olduğu için aktivitesi iyi görülmüyor. B. Dedektör hastanın arkasında omurgadaki aktivite belirgin.

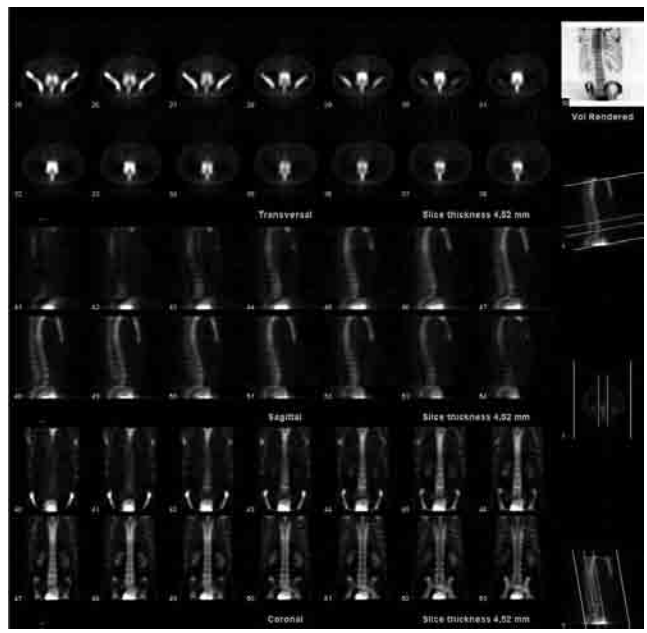
Üst üste düşmenin ortadan kaldırılması ve derindeki lezyonların daha iyi gösterilmesinin diğer bir yöntemi tomografidir. Bu amaçla istenen düzleme foküse edilmiş dedektörler kullanılır. Bu düzlemdeki aktivite sağlıklı bir şekilde saptanırken diğer kesimlerden gelen aktivite zemin aktivitesi içinde kaybolur. Yöntem bilgisayarlı bir emisyon tomografisidir. Gama ışını kullanılan bu yöntemi, pozitron ile yapılan ve çift fotonun oluştuğu incelemelerden ayırmak için, adına tek foton sözcüğü eklenerek, bilgisayarlı tek foton emisyon tomografisi denilmiştir ("single photon emission computed tomography" – SPECT). Tomografi eklenmesi ile sintigrafinin tanı yeteneği yaklaşık %20 oranında artar.

SPECT

SPECT'in en büyük avantajı derindeki dokulardan gelen sinyallerin, çevresindeki yapılardan gelen sinyallere karışmasını önlemesidir. Böylece görüntülerde daha iyi kontrast çözümlemesi elde edilir. Bunun anlamı birbirine yakın konsantrasyonda radyoaktivite tutan komşu iki alanın daha iyi ayırt edilebilmesidir. Tomografik gama kameralarda dedektör hasta etrafında 360 derecelik rotasyon yapabilme özelliğine sahiptir. Bu rotasyon hareketi sirküler olabileceği gibi hastaya daha yakın geçmesi için eliptik de olabilir. Dedektör sayısının birden fazla olduğu sistemlerde rotasyon daha kısa sürede tamamlanır.

Hastadan bilgi toplanması "step and shoot" yöntemi ile yapılır. Dedektör daha önce belirlenen açılarda durarak sabit sürede planar görüntüler alır. Bunlara projeksiyon açısı adı verilir ve sayıları 32-128 arasındadır. Örneğin çift kameralı tipik bir çalışmada 60 projeksiyon basamağında 5 sn süre ile veri toplanır. Her görüntünün bitiminde dedektör bir sonraki projeksiyon açısına ilerler, ancak hareketi esnasında hastadan gelen sinyalleri kabul etmez. Bu işlem daha önce belirlenen görüntü sayısına ulaşıncaya kadar devam eder. Çalışılan organa göre rotasyon açısı 180° veya 360° olarak seçilir. Sonuçta farklı açılardan elde edilen görüntüler bir araya getirilerek kesitler oluşturulur. Bu işleme rekonstrüksiyon adı verilir. Veriler genellikle 64 x 64 matrisle rekonstrükte edilir. Sayım çok yoğunsa matris boyutu 128 x 128 olabilir. Diğer radyolojik yöntemlerde olduğu gibi kesit oluşturma işlemi esnasında karmaşık matematiksel hesaplamalar yapılır. Aksiyal, koronal ve sagital düzlemler yanında herhangi bir düzlemde oblik kesitler oluşturmak da mümkündür (Resim 1.45). Tomografik imajların kalitesi hastadan toplanan bilgilerin çeşitli şekillerde işlenmesi ile artırılabilir.

Derinden gelen fotonların yüzeyden gelenlerden daha çok zayıflaması nedeniyle, özellikle tomografik kesitlerde derinlerden gelen sayımlarda belirgin düş-



Resim 1.45 İskelet SPECT. Aksiyel sagital ve koronal kesitler. Resmin sağ üst kesiminde düz sintigram, altında tomografik kesitlerin geçtiği yerleri gösteren skenogramlar.

me görülür. Bunun için çok çeşitli zayıflatma düzeltme şemaları önerilmiştir. Bu şemalara göre toplanan sayımda zayıflatma düzeltmesi yapılarak görüntüler rekonstrükte edilir.

SPECT kameralarındaki kristal kalınlığı artırılarak güçlü annihilasyon radyasyonlarını da saptar hale getirilmiştir. Böylece gama kameralara PET fonksiyonları da yüklenmiştir. SPECT yönteminde diğer çalışmalar PMT'lerin kaldırılması yönündedir. Bunun için sintilasyon kristalleri ışık dedeksiyonu ile birlikte yeni bir konfigürasyonda yapılmaya çalışılmaktadır. Diğer bir alternatif de semikondüktör dedektörlerle fotonu doğrudan elektrona çevirmektir. Bu gelişmeler sonucu gama kameralar boyut olarak küçülecek (örneğin 25 cm kalınlık, 2.5 cm'ye inecek), hafifleyecek ve dolayısıyla dedektör hastaya daha yakın olarak konuşlandırılıbilecektir.

RG görüntülerinin yorumlanması

Bir RG görüntüsünü yorumlamadan önce kullanılan radyofarmasötiği bilmek gerekir. Kullanılan farmasötik sintigramların kenarlarında belirtilmiştir. Birden fazla görüntü varsa zamansal ilişki araştırılır. Görüntülerin planar veya tomografik, durağan veya dinamik olup olmadığına karar verilir. Sintigramlar alınırken hastanın pozisyonunu (ön /arka, oturarak/yatarak vb.) bilmek gerekir. Hastanın yaşı, cinsi ve radyofarmasötiğin enjeksiyon yeri de bilinmelidir.

Sintigramın sayım sayısı yol göstericidir. Sayım sayısı yüksek görüntüler genellikle Tc-99m ile yapılmıştır. Ancak çalışma dinamik yapılmışsa örneğin saniyede 1-5 çerçeve alınmışsa Tc-99m kullanılmış olsa bile sayım sayısı düşüktür. Aynı bölgenin bir seri görüntüsü varsa ya dinamik çalışılmıştır, ya da SPECT yapılmıştır. SPECT görüntülerde sayım sayısı dinamik görüntülerden fazladır.

Bu aşamalardan sonra incelemenin endikasyonuna bakılır ve sayımın dağılımı incelenir. Doğru bir değerlendirme yapılabilmesi için, görüntünün oluşmasında çok önemli rol oynadığından, teknik faktörler iyi bilinmelidirler.

Radyonüklid görüntülemede lezyonlar artmış veya azalmış aktivite alanları şeklindedir. Radyoaktivitenin arttığı bölgelere sıcak alan, pozitif aptek ("uptake") veya hiperaktivite, azaldığı bölgelere ise soğuk alan, negatif aptek veya hipoaktivite alanları adı verilir.

KLİNİK KULLANIMI

Radyonüklid görüntüleme hem morfolojik hem fonksiyonel bilgiler veren bir yöntemdir. Morfolojik bilgiler radyofarmasötiğin doku ve organlardaki dağılımının görüntülerinden elde edilir. Bu görüntülerde organın boyut değişikliği ve radyofarmasötiğin dağılımı değerlendirilir. Görüntülemede kullanılan radyofarmasötikler ya organda veya lezyonda lokalize olurlar. Organ tarafından tutulan farmasötiklerle yapılan çalışmalarda lezyonlar düşük aktivite alanları şeklinde görülür. Örneğin sülfür kolloidle yapılan sintigrafide, farmasötik RES hücreleri tarafından tutulduğundan karaciğer ve dalaktaki yer kaplayan lezyonlar hipoaktif görünümdedirler. Beyinde ve iskelet sisteminde ise radyofarmasötikler lezyonda birikerek hiperaktif görüntü oluşturur. Her iki şekilde de aktivite dağılımı heterojen görünümdedir.

Bir organdaki yer kaplayan lezyonların çoğunlukla aynı görünümü vermesi ve karakterize edilememesi yöntemin dezavantajıdır. Özgüllüğünün düşüklüğü yanında geometrik çözümlemesinin diğer yöntemlerden düşük olması da konvansiyonel sintigrafinin morfolojik bilgiler elde etmek amacıyla kullanımını önemli ölçüde sınırlar. İncelenen bölgeye göre değişmek üzere belirli bir boyuttan küçük lezyonlar sintigrafi ile saptanamaz. Lezyonların derinde yerleşmesi ve verilen aktivitenin yetersiz oluşu da çözümleme gücünü azaltan diğer nedenlerdir. SPECT ve PET çalışmalarında çözümleme daha iyidir. Planar sintigrafi ile görülemeyen lezyonlar, çalışma SPECT ile devam ettirilirse görüntülenebilir.

İnflamasyon ve enfeksiyon sintigrafisi: Radyonüklid görüntülemenin ilginç klinik uygulamalarından birisi de inflamasyon çalışmalarıdır. Bu amaçla gallium-67 (Ga-67) işaretli lökositler ve işaretli antikorlar kullanılır.

Ga-67 plazmada proteinlere, özellikle de transferine bağlanır. İV olarak verilen Ga-67'nin ilk 24 saat içinde %20-30'u böbrekler yoluyla atılır. Kalan kesim kolondan ekskrete edilir. Radyofarmasötik normalde karaciğer, dalak, kemik iliği, iskelet sistemi, böbrekler ve kolonda toplanır. Ayrıca nazofarenkste, parankimal bezlerde, tükrük bezlerinde, memede ve genital organlarda da birikir.

Ga-67 vücuttaki inflamatuar lezyonlarda ve tümörlerde birikir. Mekanizması yaygın araştırmalara rağmen anlaşılamamıştır. Sintigramlar İV enjeksiyondan, inflamatuar lezyonlar için 24, 48 ve 72; tümörler için 4-6 saat sonra alınır. Hasta sırtüstü yatar ve görüntü-

lemede anterior ve posterior projeksiyonlar kullanılır. Tüm vücut çalışması ve bölgesel çalışma yapılır. Radyonüklidin önemli bir kısmının kolondan atılması sonucu feçesle karışan radyoaktif madde görüntüyü bozabilir. Bu nedenle incelemeden önce laksatif veya lavmanla kolonlar boşaltılmalıdır.

Ga-67 akut veya kronik inflamasyon odakları tarafından tutulduğundan inflamasyonun yeri ve yaygınlığı saptanabilir. Yeteri kadar tedavi edilmiş, inaktif inflamatuar lezyonlarda gallium tutulmaması nedeniyle gallium sintigrafisi ile tedavinin etkinliği izlenebilir.

Akciğerin inflamatuar lezyonlarında Ga-67 aktif inflamasyonun derecesi ile orantılı bir şekilde toplanır. Pnömoni, apseler, granülomatöz hastalıklar, miliyer tüberküloz, değişik interstisyel hastalıklar, pnömokonyozis ve idyopatik fibröz bu grup içerisinde sayılabilir. Pnömosistis carini pnömonisi gibi fırsatçı enfeksiyonlarda radyografik görünüm ortaya çıkmadan önce gallium görüntüsü ile akciğerde difüz aktivite artımı saptanabilir. Plevral ve perikardiyal inflamasyonlar da benzer şekilde Ga-67 ile gösterilebilir. Enfekte olmayan pulmoner enfarktlarda Ga-67'nin tutulmaması, enfarktı inflamasyondan ayırmada yardımcı önemli bir özelliktir.

Galliumun 24 saatteki ekskresyonunun büyük bir bölümü böbrekler yoluyla olur. Bu evrede böbreklerde simetrik vizualizasyon görülecektir. Aktivitenin 48 saat sonra da devam etmesi anormaldir ve prerenal, renal veya postrenal bir anormalliği gösterir. Böbreğin tüm tümöral ve enfeksiyöz yapıdaki lezyonlarından başka hipotansiyon, dehidratasyon, azalmış kardiyak atım ve renal arter stenozunda da böbreklerde aktivite tutulumu artar.

Ga-67 neoplazik lezyonların büyük bir bölümü tarafından tutulur. Hodgkin ve non-Hodgkin lenfoma, akciğer kanseri, hepatoma, kemik tümörleri, seminoma, testiküler teratom, melanom ve baş-boyun, meme, gastrointestinal ve genital sistem tümörleri, Ga-67 ile saptanabilen tümörlerdir. Yöntemin lenf nodu tutulumunu saptaması lenfadenopatinin bulunduğu yere ve boyutuna bağlı olarak değişir. Mediyastinal ve servikal tutulum yüksek oranda saptanırken diyagrafmatik, paraaortik ve ilyak nodların yaklaşık yarısı saptanabilir. Bir santimden küçük lenf nodları saptanamaz; yaklaşık dört santim ve daha büyükleri kolaylıkla saptanabilir. Hepatomayı, sirotik psödotümörden (rejenerasyon nodülleri) ayırmada Ga-67 çalışması yararlı bir yöntemdir. Hepatomalar %90, psödotümörler %10 oranında hiperaktiftirler. Metastaz veya apse de hiperaktif görüleceğinden hepatomayı bu lezyonlardan yalnız başına Ga-67 çalışmasıyla ayırmak mümkün değildir.

İşaretli lökositler ve antikorlarla yapılan çalışmalarda hastadan alınan kan örneğinden lökositler izole edildikten sonra Tc-99m veya In-111 HMPAO ile işaretlenerek tekrar hastaya verilir. Görüntü diğer lökositler gibi enfeksiyon odağına giden işaretli lökositlerden salınan ışınlardan oluşturulur. Enfeksiyon odağı hiperaktif görülür. Yöntemin duyarlılığı %85-90 civarındadır. Osteomiyelit, apseler, divertikülit, pankreatit ve post-operatif infeksiyonlarda kullanılırlar. Ülseratif kolit ve regional enteritin alevlendiği devrelerde hiperaktivite gözlenir. Granülositlere ve immünglobinlere spesifik antikorlarla da çalışılmaktadır. Ancak antikorların üretim maliyetleri çok yüksek olduğundan kullanımları yaygın değildir.

POZİTRON EMİSYON TOMOGRAFİSİ (PET)

Yeni bir RG yöntemidir. Kullanılan radyonüklidler pozitron kaynağıdır. Pozitron kaynağı radyonüklidler, proton sayıları nötrondan fazla olduğu için kararlı değildir. Fazla olan protonlar bir pozitron salarak nötrona dönüşür ve çekirdek kararlı hale geçer. Pozitron kaynağı radyonüklidler olarak karbon-11, nitrojen-13, oksijen-15, fluorine-18, bakır-64, gallium-68 ve rubidium-82 sayılabilir. İncelemeler C-11 methionin, O-15 su, N-13 aminoasit, F-18 deoxyglukoz gibi pozitron kaynağı izotoplarla işaretlenmiş, organizmanın kullandığı fizyolojik maddelerle yapılır. Güçlü bilgisayarlar yardımıyla kesit görüntü alan bu yönteme bu nedenle Pozitron Emisyon Tomografisi (PET) adı verilmiştir.

PET uygulamalarında kullanılan radyonüklidler çok kısa ömürlüdürler; dolayısıyla bunların bir yerde üretilip başka bir yere taşınması zordur. PET uygulamalarının yapılabilmesi için yakın bir yerde radyonüklid üretimi yapacak siklotron bulunması gerekir. Her iki sistemin de fiyatları ve işletme giderleri çok yüksektir. Son yıllarda Sr-82 (strontium) ve Ge-68 (germanium) jeneratörleri kullanılarak, pozitron yayan radyonüklidlerden Rb-82 (rubidium) ve Ga-68 (gallium) siklotronsuz elde edilebilir hale gelmiştir.

PET yöntemi uzun süre araştırma amacıyla kullanılmıştır. Yöntemle, serebral kan akımının ve oksijen metabolizmasının ölçümü, serebral kan hacmi, glikoz ve yağ asiti metabolizması, aminoasit transportu, nörotransmitter sentezinin değerlendirilmesi ve nöroreseptör yoğunluğunun ölçümü yapılabilir. Şizofrenler-

de frontal lobun glikoz tüketiminin düştüğü, manik fazda ise ileri derecede arttığı gösterilir. Nöroleptik ilaçların farmakolojik etkinlik gösterebilmeleri için nöroreseptörlerin %80'ini bloke etmeleri gerektiği ve şizofrenik olgularda nöroleptik ilaçlarla tedaviden önce bile, nukleus kaudatusta dopamin reseptör yoğunluğunun yüksek olduğu PET ile elde edilen verilerdir. Değişik biyokimyasal maddelerin ve ilaçların pozitron kaynağı radyonüklidlerle işaretlenerek verilmesiyle, hastalıkların fizyopatolojisinin aydınlatılmasına çalışılmaktadır.

F-18-FDG PET/ PET-BT

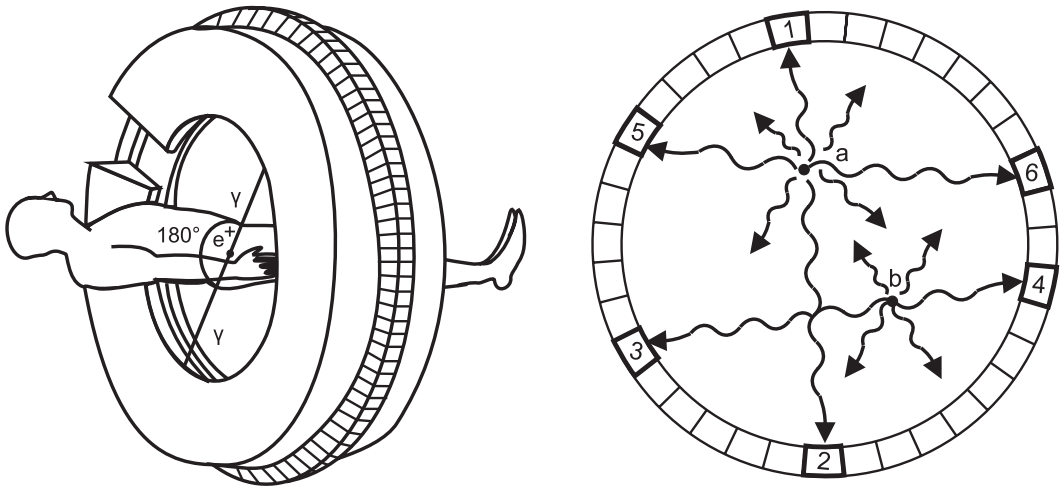
Günümüzde yarılanma ömrü oldukça uzun olan fluorine-18, PET'in klinik kullanıma girmesini sağlamıştır. Klinik kullanım için üretilen aygıtlar, F-18 kullanımı üzerine temellendirilmiştir. Yöntemin uzaysal çözümlemesinin düşük olması nedeniyle, BT gibi kesit görüntüleme yöntemleri ile birleşik şekilleri (PET-BT) daha çok kullanılmaktadır. PET'in günümüzdeki klinik kullanımının yaklaşık %80'i onkolojidedir. Tümör hücrelerinin mitoz hızı yüksektir, metabolik aktiviteleri ve dolayısıyla glukoz transportu artmıştır. Glikozdan farklı olarak FDG, birçok dokuda metabolize olmaz, birikir. Nörolojide Alzheimer ve epilepsi gibi hastalıkların tanısı, kardiyolojide miyokardın canlılığının saptanması, ve nedeni bilinmeyen ateşte ve immünosupressif olgularda enfeksiyon ve inflamasyon odaklarının araştırılması diğer sık kullanım alanlarını oluşturur.

Temel fizik

PET uygulamalarında kullanılan radyonüklidler pozitron adı verilen pozitif yüklü beta partikülü yayarlar. Fluorine-18 (f-18) yarılanma ömrü 109 dakika olan bir pozitron kaynağıdır. Vücuda, 2-fluoro, 2-deoksi, D-glikoza (FDG) bağlanarak (F-18 FDG) verilir. Pozitron ve elektronun anti-maddesidir, serbest olarak bulunmaz ve hemen yolu üzerindeki bir elektron ile birleşerek kaybolur (annihilasyon olayı) ve birbirine zıt yönde iki foton ortaya çıkar. PET sisteminde saptanan her biri 511 keV enerji taşıyan bu fotonlardır. Gama ışını kullanılmasına rağmen bu ışının doğrudan çekirdekten çıkmaması, yöntemin gama kameradan farklı olan önemli bir özelliğidir.

PET'te kullanılan gama ışınının oluşumu farklı olmakla birlikte, saptanması gama kameralarda olduğu gibidir; gelen ışınlar yine bir sintilatör ile saptanır. Sintilatör olarak bizmut germanat (BGO) kullanılmıştır. BGO'da sintilasyon sönümlenmesi görece uzundur. Bu nedenle günümüzde daha hızlı sintilasyon yapabilen lutetium oxyorthosilicate (LSO) ve gadolinium oxyorthosilicate (GSO) tercih edilir. Bu kristaller hastayı çepeçevre saracak şekilde dizilmişlerdir (Şekil 1.127). Böylece her yönden gelen fotonları saptayabilirler. Günümüzdeki dedektörler genellikle 4x4 mm'lik LSO kristallerinden oluşan 8 x 8 veya 13 x 13'lük bloklar şeklindedir. Dedektör halkasının aksiyal FOV'u 16.2 cm'dir. Böyle bir gantride yaklaşık 24.000 ayrı kristal vardır ve sistemin rekonstrüksiyon çözümlemesi 4.2 mm civarındadır. Dışarıdan gelen fotonların algılanmaması için sistem zırhlanmıştır.

PET sisteminde hastadan aynı anda 180° açı ile gelen fotonlar algılanır, diğerleri reddedilir. Bu iki sintilasyon 6-12 nano-saniye içerisinde saptanmalıdır. Bunun algılanabilmesi için gama kameralarda olmayan



Şekil 1.127 PET aygıtının şeması.

elektronik üniteler devreye sokulmuştur. Bu şekildeki zaman bağımlı saptamaya elektronik kolimasyon adı verilir; sistemde soğurulma kolimatörü yoktur.

Fotonların enerjisinin yüksek olması nedeniyle soğurulma ve saçılma sorun oluşturmaz. Gelen fotonların lokalizasyonu fotonların dedektöre ulaşma sürelerindeki farklılıklar da değerlendirilerek yapılır. Aynı noktadan gelen fotonlardan dedektöre yakın olan daha çabuk, uzak olan daha geç algılanır. Bu fark sistem tarafından algılanarak kaynak noktası doğru lokalize edilir. PET sisteminin uzaysal çözümlemesi 4-5 mm'dir. Bu değerin 2 mm'ye indirilmesi için çalışılmaktadır.

İnceleme tekniği

Metabolik aktiviteyi sınırlamak için hastalar incelemeden 4-6 saat önceden aç olmalıdır. Kan şekeri 150 mg/dl'den az olmalıdır. 24 saat önceden fizik aktivite sınırlanır. Radyonüklid verildikten sonra kas aktivitesini önlemek için hiç aktivite yapılmaz. Mesane boş olmalıdır, pelvik incelemelerde boşalttıktan sonra gerekirse serum fizyolojik ile yıkanır. Doz İV olarak 0.22 mCi/kg'dır; toplam doz 10-20 mCi civarındadır. Taramaya 60 dakika sonra başlanır; bu süre içerisinde verilen radyofarmasötik hücreler tarafından alınır ve kandan temizlenir.

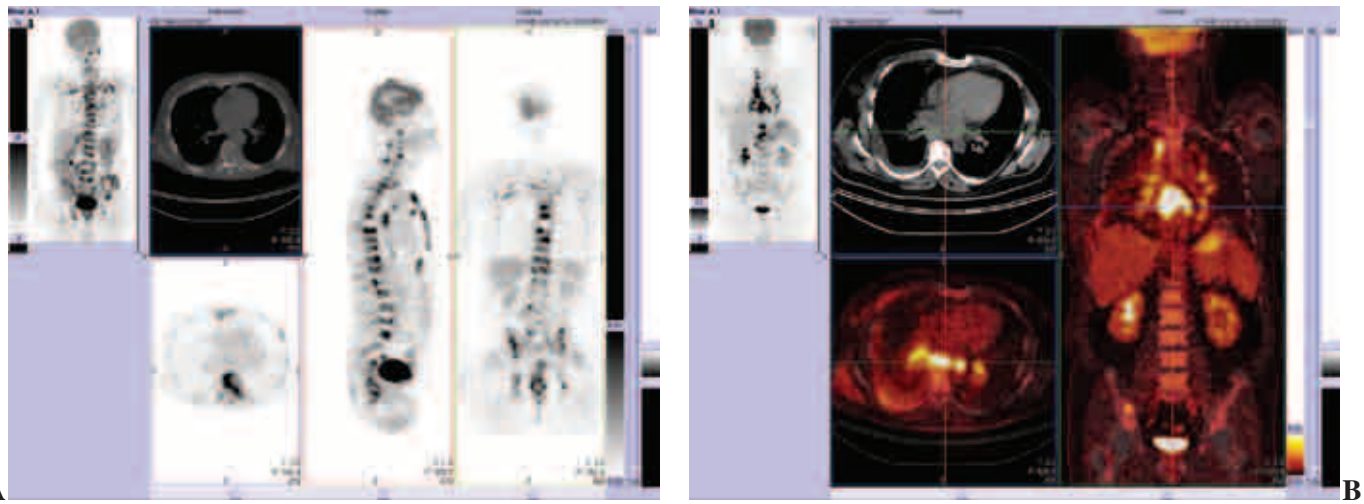
Zayıflama derinden gelen fotonlarda daha çok, toraksta daha azdır. BT verilerinden görüntülenen vücut parçasının geçirgenlik haritası çıkarılıp PET verileri buna göre düzeltilebilir. Bu şekilde düzeltilmiş görüntüler artefaktlıdır; bu nedenle düzeltilmiş ve düzeltilmemiş görüntüler birlikte değerlendirilmelidir. Abdomen incelemelerinde BT görüntüleri için abdomene kontrast madde verilmişse düzeltme işlemini bozabilir.

Görüntülerin değerlendirilmesi

PET görüntüleri, aksiyal koronal ve sagital reformasyon görüntüleridir. Zayıflaması düzeltilmiş ve düzeltilmemiş görüntüler ve PET-BT görüntüleri birlikte değerlendirilir (Resim 1.46). Değerlendirme gözle, standardize aptek değeri (SUV) ile ve glikoz metabolizma hızının hesaplanması ile yapılır.

Verilen F-18 FDG hücre zarından normal glikoz gibi geçer, fosforlanır ve FDG-6 fosfat olur; fakat hücre içinde metabolize olmaz ve birikir. Karaciğer bu durumun istisnasıdır. Karaciğerdeki konsantre fosfataz enzimi nedeniyle defosforilasyon olayı gerçekleşir ve verilen radyofarmasötik karaciğerden temizlenir.

F-18 FDG'nin birikimi kanlanmanın ve metabolik aktivitenin derecesine bağlıdır. Metabolik aktivite beyinde yüksektir. Kan şekeri seviyesi ve insülin miktarı da dokudaki birikim üzerinde etkilidir. Glükozun tersine tubuluslarda reabsorbe olmadığı için FDG'nin idrardaki konsantrasyonu yüksektir. Kalpte miyokardın metabolik aktivitesine bağlı olarak artar, yemekten sonra bu artış daha belirgindir. Paraspinal, mediyastinal, boyun ve supraklaviküler bölgelerdeki yağ dokusu (kahverengi yağ) diğer bölgelere göre daha çok FDG tutar. Bu tutulum özellikle hasta üşümüş ve stresli ise daha belirgindir. Bu nedenle hastalar sıcak ve sedate olmalıdır. Sindirim borusu, timus, meme,



Resim 1.46 F-18-FDG PET ve PET-BT görüntüleri. A. Aksiyel, koronal, sagital PET ve aksiyel BT görüntüleri. B. PET, BT ve PET-BT görüntüleri.

tükrük bezleri, kemik iliği ve karaciğerde tutulum değişkendir. Karaciğer tutulumu ayrıca enzim yüksekliği nedeniyle heterojendir.

F-18-FDG incelemesinde amaç bir lezyon ya da yapının metabolizmasını belirlemektir. Radyofarmasötik ne kadar çok tutuluyorsa metabolizma o kadar yüksek demektir. Metabolizmanın ölçümü aşağıdaki formüle göre yapılır:

$$\text{Standardize tutulum değeri (SUV)} = \frac{\text{foküste ölçülen aktivite } (\mu Ci/cm^3)}{\text{verilen doz } (\mu Ci) / \text{vücut ağırlığı (gr)}}$$

SUV birimsiz bir değerdir ve 0.5-2.5 arasında ise tutulumun fizyolojik aktiviteye bağlı olduğu kabul edilir; 2.5-3.0 arasında ise malignite olarak değerlendirmek gerekir. Bu değerler üzerinde yağsız vücut ağırlığı, hidrasyon durumu, insülin seviyesi, kan şekeri seviyesi ve çevre organların durumu etkilidir.

Hiperaktivite, operasyon yeri ve kırık iyileşmesi yanılgılara neden olur. Memenin lobuler kanseri, tükrük bezi tümörleri, düşük greydli lenfoma, aşırı nekroze tümör ve lenf nodları yalancı negatif sonuç verebilir. Protez gibi yüksek zayıflama değeri olan yapılara komşu bölgelerde, zayıflama düzeltme uygulandığında yalancı pozitif sonuçlara neden olan hiperaktif alanlar ortaya çıkar. Timik ribaund, osteofitler ve enjeksiyon yerindeki ekstravazasyon da yalancı pozitifliğin nedenleridir.

Klinik kullanımı

Klinikte en sık tümör evrelemesinde kullanılır. Akciğer kanserinin evrelemesinde olduğu gibi birçok tümörün evrelenmesinde duyarlılığı ve özgüllüğü BT'den yüksektir. Evrelemede olduğu gibi tümörlü hastaların izlenmesinde de önceliklidir. BT ve MR ile tümör kitlesinin küçülüp küçülmediği saptanabilir. PET ise tümör metabolizmasındaki değişikliği belirleyerek tedavinin etkili olup olmadığını saptar ve etkisizse çok daha erkenden ilaç değişimine olanak sağlar. Metabolizmasına bakılarak tümör rekürrensi radyasyon nekrozundan kolaylıkla ayrılabilir.

PET'in klinikteki önemli bir kullanım alanı da koroner cerrahi adaylarının daha duyarlı bir şekilde belirlenmesidir. Miyokart enfarktüsü geçirmiş bir hastada talyum-201 tutmadığı için nekroze kabul edilmiş kalp kasının PET incelemesinde glikoz tükettiği saptanabilir. Böylece cerrahi için ümitsiz kabul edilmiş olan olgulara bir şans daha verilebilir. Kalp kası normal şartlarda enerji kaynağı olarak yağ asitlerini kullanır. Miyokard distresinin PET bulgusu, miyokardda enerji kaynağı olarak yağ asitlerinden çok glikozun tercih edilmesidir. Bu metabolik değişimin saptanmasıyla risk altındaki hastalar belirlenebilir.

Alzheimer hastalığı, multipl enfarkt demans, Parkinson ve Huntington hastalığı ile birlikte görülen demans gibi değişik nedenli demansların ayırıcı tanısını yapmak ve fokal epilepsi odağını saptamak da F-18 PET'in nörolojik uygulamalarıdır.

YAN ETKİLER VE KORUNMA

Radyonüklid görüntülemede kullanılan enerji türü gama (γ) ışınlarıdır. Çekirdekten salınan gama ışınları, x-ışınları gibi dalga boyları kısa, dolayısıyla enerjileri yüksek elektromanyetik radyasyondur ve iyonizandır. Bu nedenle röntgen bölümünde x-ışınları için anlatılan tüm yan etkiler ve korunma prensipleri sintigrafik incelemeler için de geçerlidir. Ayrıca sintigrafide kullanılan enerji kaynağının ışın yaymaya devam eden radyoaktif madde olması korumada kontaminasyon gibi ek ve önemli bir sorunu gündeme getirmektedir.

Radyoloji teknisyenlerinin yıllık ortalama dozu 100-150 mrem, RG teknisyenlerininki ise 200-300 mrem'dir. PET teknisyenlerinde doz RG teknisyenlerinden 2-4 misli fazladır.

Hastaların aldıkları doz Tc-99m çalışmalarında 150 mrem'den başlar. 5 mCi'lik Ga-67 sitrat çalışmasında alınan doz 2 mrem'dir. PET-BT incemelerinde bu değerlerden daha yüksek doz alınır.

Hamilelerde sintigrafik çalışmanın mutlak kontrendikasyonu yoktur. Risk/yarar hesabı iyi yapılmalıdır. Verilen radyofarmasötiğin hızlı ve tam atılması için hastalar çok iyi hidrate edilmelidir. Mümkün olduğunda yarım dozla çalışılmalıdır. PET-BT çalışmalarında BT incelemesi 40 mA ile yapılmalıdır.

Emziren annelere yapılan sintigrafik incelemelerin bazılarında kullanılan radyofarmasötiğe göre değişen sürelerde emzirme durdurulur. Bu süreler Tc-99m'le yapılan çalışmalarda genellikle 6-24 saat, Tl-201'de 2 hafta, Ga-67'de 4 hafta ve F-18 FDG'de 12 saattir.

Sintigrafik işlemlerde çalışanın aldığı dozun azaltılması için inceleme süresi mümkün olduğunca kısa tutulmalı, hastadan uzak durulmalı ve kullanılan foton enerjisi yüksek olduğu için hem kaynak hem enjektör zırhlanmalıdır.

Perkütan Biyopsi ve Tedavi Girişimleri

PERKÜTAN İĞNE BİYOPSİSİ

Girişimsel işlemlerin tanı amaçlı uygulaması olan perkütan iğne biyopsisi radikal bir tanı yöntemi olarak gittikçe daha sık kullanılmaktadır. Tanıya varmak için hazırlanan diyagnostik protokollerde temel tanı yöntemi konumundadır. Radyoloji uzmanlarının günlük pratiğinde önemli bir yeri vardır.

İğne biyopsisi yeni bir tanı yöntemi değildir. İlk transtorasik iğne biyopsisi 1883 yılında Leyden tarafından yapılmıştır. Son yıllarda lezyonların ve ona ulaşılabilecek emniyetli yolların US ve BT gibi kesitgörüntü yöntemleriyle açık bir şekilde görüntülenebilmesiyle yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır. Gelişen teknoloji sayesinde iğnelerin incelmesi ve esnekleşmesi sonucu komplikasyonların azalması da yöntemin yaygınlaşmasını sağlayan diğer bir nedendir. Günümüzde radyolojik tanı yöntemlerinin kılavuzluğunda yapılan perkütan iğne biyopsisi, doku tanısının gerekli olduğu her durumda başarı ile uygulanan radikal bir tanı yöntemi konumuna gelmiştir. Karaciğer, pankreas, peritoneum, adrenal bezi, pelvis, göğüs, kemik, ekstremite ve boyun, perkütan iğne biyopsilerinin en sık olarak uygulandığı bölgelerdir.

İğne biyopsisi yapısı bilinmeyen, örneğin benign veya malign tümör, apse gibi kitle lezyonlarında kesin tanı koymak amacıyla yapılır. Cerrahi yolla tedavi edilemeyecek olan şüpheli malignitelerde kesin tanı koymak için biyopsi gerekir. Malignite şüphesi olan bir lezyonda operasyon planlanıyorsa biyopsiye ihtiyaç duyulmaz. Akciğerin küçük hücreli kanserlerinde olduğu gibi, hücre tipinin tedaviyi tümüyle değiştireceği tümörlerde, hücre tipini saptamak için biyopsi zorunludur. Paratiroid adenomunda olduğu gibi şüpheli benign kitlelerde cerrahiden önce tanıyı kesinleştirmek amacıyla da yapılır. Enfeksiyöz infiltratlardan ve sıvı kolleksiyonlarından tanı ve kültür amacıyla örnek almak perkütan biyopsinin diğer bir endikasyonudur.

İğne biyopsisi düzeltilemeyen kanama diyatezlerinde kontrendikedir. Lezyona ulaşabilmek için, örneğin İVC ve/veya aortu geçmek zorunluluğu gibi emniyetli bir yol yoksa biyopsi yapılamaz. İnce iğne kullanılıyorsa lezyonu örten mide veya bağırsak kangalları kontrendikasyon oluşturmaz. Pulmoner hipertansiyon, konjestif kalp yetmezliği kontrol edilemeyen öksürük ve pnömonektomi akciğer biyopsileri için engeldir. Amfizem veya biyopsi için bül geçme zorunluluğu pnömotoraks olasılığını artırır. Koopere olmayan hastalarda önlenemeyen hareketleri nedeniyle işlem hiç uygulanamaz; uygulanırsa kanama ve pnömotoraks riski çok artar.

KILAVUZ YÖNTEMLER

Perkütan iğne biyopsisine kılavuzluk eden radyolojik yöntemler floroskopi, BT ve US'dir. Kılavuz yöntem seçiminde birçok faktör etkilidir. Amaç en iyi sonucu en az komplikasyonla elde etmektir. Seçimde en önemli etken radyoloğun deneyimidir. Radyolog hangi yöntemde daha deneyimli ise onu tercih edecektir. Lezyonun daha iyi görülebilir olması, boyutu, yerleşim yeri yanında, hastanın vücut yapısı ve maliyet de bu seçimde göz önünde bulundurulması gerekli diğer faktörlerdir.

Akciğer dışındaki bölgelerde uygulanacak perkütan iğne biyopsisinde kılavuz yöntem olarak US ve BT kullanılır. Boyun kitlelerinin tümünde US; akciğer, pelvis, adrenal bezi ve retroperitoneal kitlelerin büyük çoğunluğunda BT tercih edilir. Karaciğer ve böbrek biyopsilerinin çoğunluğunda US, pankreas biyopsilerinin çoğunluğunda ise BT kılavuz yöntem olarak seçilir.

Floroskopi

Havanın doğal kontrast oluşturması nedeniyle en sık akciğer biyopsilerine kılavuzluk yapar. Belirgin kenarlı parankimal kitle lezyonlarının biyopsisinde tercih edilir. İşlem süresince lezyon ve iğneyi izleyebilme olanağı vermesi, yöntemin avantajıdır. Sınırları belirgin olmayan ve bu nedenle floroskopik olarak belirgin bir şekilde çevreden ayrılamayan lezyonlarda floroskopi iyi bir kılavuz yöntem değildir. Küçük plevral lezyonlar da floroskopi ile iyi görülemezler. Floroskopi, çevre yapılar nedeniyle yaklaşımı güç olan apikal, hiler veya mediyastinal yerleşimli ve ulaşım yolları kritik olan lezyonlarda da kullanılmaz. Böyle durumlarda hem lezyonların kenarlarını hem de biyopsi yolunu emniyetle belirlemesi nedeniyle kılavuz yöntem olarak BT kullanılmalıdır. Florosko-

pinin kılavuz yöntem olarak seçildiği birçok durumda bile lezyonun yerleşim yeri ve komşulukları hakkında BT ile değerli bilgiler edinilir. Bu nedenle günümüzde birçok olguda floroskopinin yerine BT kılavuzluğu tercih edilmektidir. Plevral tabanlı veya toraks duvarındaki lezyonlarda US, başarı ile kullanılan ucuz ve basit alternatif bir yöntemdir.

US

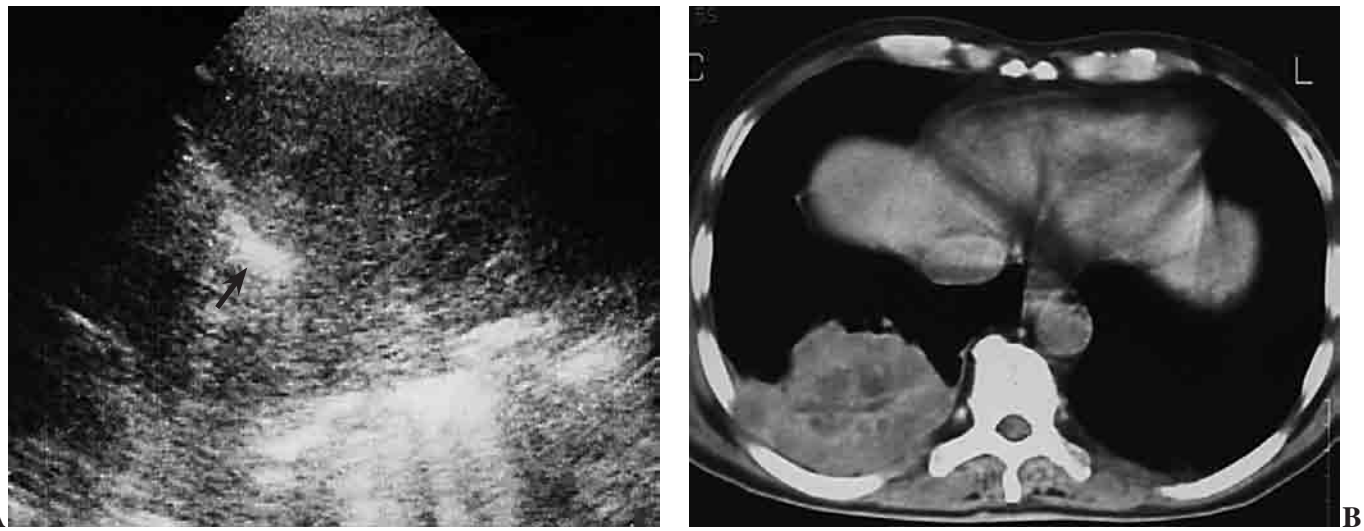
Kılavuz yöntem olarak US'nin avantajları hızlı, ucuz, portabl olması, iyonizan radyasyon içermemesi ve her zaman el altında bulunan bir yöntem olmasıdır. Aksiyal, longitudinal veya oblik planlarda kılavuzluk edebilmesi ve daha da önemlisi floroskopiye benzer şekilde işlem sırasında iğnenin ve hedefin gözlenebilmesi yöntemin diğer önemli avantajlarıdır.

US kılavuzluğunda perkütan biyopsi işlemi başlıca üç şekilde yapılır. Birincide ortasında iğnenin geçeceği yarığı bulunan özel problar kullanılır. İkinci şekilde problara iğnenin eğiminin ayarlanabildiği biyopsi ataçmanları takılır. Üçüncüsü ise iğnenin, prob kılavuzluğu olmadan transdusırın görüntüleme düzleminden lezyona ilerletildiği serbest el adı verilen yöntemdir. Bu yöntemde radyolog işlem sırasında iğnenin projeksiyonunu diğer elindeki probla devamlı kontrol edebilir.

İşlem sırasında hastanın ve hekimin rahat pozisyonda olması önemlidir. Yüzeyel katmanları daha iyi görüntülediği için genellikle lineer dizilişli problar kullanılır. Pencerenin dar olduğu durumlarda sektör problar kullanılmalıdır. Faz dizilişli sektör problarla iğne mekanik problardan daha iyi görülür. Lezyonun en iyi görüntülendiği nokta, cildin sterilizasyonundan önce, girişim yeri olarak işaretlenir. İğneye kılavuzluk edecek problar steril örtülerle kaplanabilir. Ancak bu işlem hem zaman kaybettirir hem de görüntüyü bozar. Alternatif olarak biyopsiden önce prob betadin veya alkolle, biyopsi sonrası da Cydex solusyonları ile silinebilir. Bu şekilde yapılan sayısız biyopsi işleminde ne enfeksiyon ne de probun zarar gördüğü saptanmıştır. Akustik geçişi sağlamak için steril jel kullanılır.

US kılavuzluğunda yapılan biyopsilerde iğne, floroskopide olduğu gibi her zaman açık bir şekilde görüntülenemez. Hatta bazen işlem boyunca iğneyi görmek bir sorun olur. İğnenin görülebilirliğini saptayan en önemli faktör işlem sırasında iğnenin ses demetine göre pozisyonudur. İğne ses demetinin içinde ise genellikle ucu görülebilir (Resim 1.47). İğne görülmüyorsa radyolog iğnenin pozisyonunu transdusırle kontrol etmelidir. Görülememesi iğnenin yanlış pozisyonda olması demektir. Bu durumda iğne ya başlangıçtan beri ses demetinin dışındadır veya ilerlemesi sırasında demetin dışına çıkmıştır. İğnenin ileri ve geri hareket ettirilmesi, çevresindeki doku planlarını iterek hareket ettireceğinden, iğnenin trasesinin görülmesini sağlar.

İğnenin görülebilirliğindeki diğer etken lezyonun bulunduğu organın ekojenitesidir. Karaciğer, dalak, böbrek gibi göreceli hipoekoik organlarda iğne daha kolay görülür. Tersine, retroperitoneal yağ dokusu ve meme gibi ekojenik yapılarda, kendisi de ekojen olan



Resim 1.47 US rehberinin toraks biyopsisi. A. Toraks duvarına dayanmış periferik tip akciğer tümöründe US rehberinde ince iğne biyopsisi. İğne ekojen olarak görülüyor (ok). B. Kitlenin BT görünümü.

iğnenin görülmesi zordur. Bu etken US rehberliğinin obezlerde tercih edilmemesinin nedenlerinden biridir.

Teflon kaplı iğneler veya iğnenin yüzeyini çentikleyerek düzensizleştirme gibi iğne modifikasyonları, iğnenin solid organlar içerisindeki görülebilirliğini minimal derecede artırır. Buna karşılık Rotex iğnesinde olduğu gibi tirbuşon şeklinde mandrenler, birçok reflektif yüzey taşıdıkları için iğnenin çok iyi görülebilmesini sağlar. Aslında floroskopi kılavuzluğunda yapılan akciğer biyopsilerinde, alınan materyalin miktarını artırmak üzere geliştirilmiş olan bu mandrenler, bu akustik özellikleri nedeniyle US kılavuzluğunda yapılan işlemlerde başarı ile kullanılmaktadır.

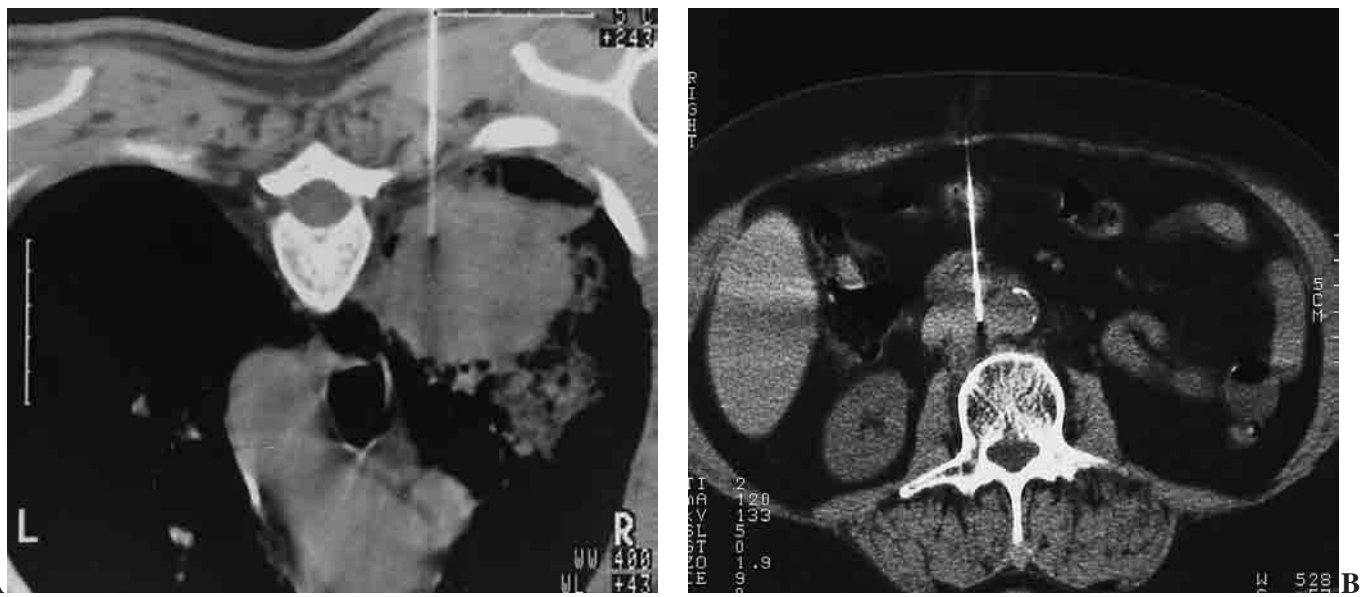
US kılavuzluğunda biyopsi, yüzeyel lezyonlarda ve ince veya orta yapılı hastalardaki derine yerleşmemiş lezyonlarda tercih edilir. Derine yerleşmiş lezyonlarda veya obez şahıslarda, lezyon iyi görüntülenemediği için US etkin bir şekilde kullanılamaz. Benzer şekilde kemiğin veya akciğer ve bağırsak gibi hava içeren bir yapının arkasındaki lezyonlarda da lezyon görülemeyeceği için US kılavuzluğu seçilemez. Yöntemin başarısının uygulayıcıya çok bağlı olması, buna karşılık öğrenme sürecinin göreceli olarak uzunluğu yöntemin diğer dezavantajlarıdır.

BT

Vücudun birçok bölgesinde emniyetle uygulanan başarılı bir biyopsi kılavuz yöntemidir. BT ile lezyon, ulaşılacak yollar ve iğne ucu mükemmel bir şekilde görüntülenir. BT özellikle derin abdominal, retroperitoneal, pelvik, kas-iskelet lezyonları ve bazı torasik lezyonlarda tercih edilir.

BT kılavuzluğunda biyopsi tekniğini öğrenmek, US yönteminden daha kolaydır. Bu yöntemle önce lezyon ve ona ulaşılacak yolların en iyi görüntülendiği kesit seçilir. Girilecek bölgeye kıvrımlı bir tel yapıştırılarak cilt üzerinde işaretlenir. Kesit tekrarlanarak, ciltteki opak markıra göre belirlenen giriş noktası ile lezyonun örnek alınacak kesimi arasındaki mesafe ve açı ölçülür. Giriş bölgesi sterilize edilir. İğne belirlenen açıda, kesite paralel olmak üzere belirlenen derinliğe kadar sokulur. Biyopsi yapılacak lezyon solunumla hareket ediyorsa iğneyi sokarken hastanın nefesi tutturulur. İğne içerideyken hasta yüzeyel solunum yapmalıdır. İğne kesite paralel ve ışın demetinin ortasında ise iğne ve ucu çok iyi görüntülenir. Işın demetine eğik pozisyonda ise ucunu görüntülemek için eğimin yönüne ve derecesine göre ileri veya geri birkaç kesit daha almak gerekir. Böyle bir durumda kesitlerde gördüğümüz iğnelerin uçlarından hangisinin gerçekte iğne ucu olduğu, sivrileşerek değil birdenbire sonlanmasından ve ucundan distale doğru uzanan US'deki akustik gölgeye benzer siyah çizgi artefaktının varlığından anlaşılır (Resim 1.48).

BT kılavuzluğunda yapılan perkütan biyopsilerde işlem sırasında iğnenin gözlenememesi yöntemin dezavantajıdır. Ancak yöntemin çözümlemesinin yük-



Resim 1.48 BT klavuzluğunda biyopsi A. Torakal kitle. İğnenin ucunu belirleyen siyah çizgi artefaktı görülüyor. B. Paraaortik lenf nodu biyopsisi

sekliği ve lezyonun derinliğinin ve ulaşım yollarının çok ayrıntılı şekilde hesaplanabilmesi çoğu zaman iğnenin istenen noktaya ulaşmasını sağlayarak bu dezavantajı dengeler. Yöntemin diğer yöntemlere göre maliyetinin yüksek olması da bir dezavantajdır. BT kılavuzluğunda yapılan akciğer biyopsilerinde iğne floroskopik yönteme göre daha uzun süre içeride kaldığı için pnömotoraks olasılığı da daha yüksektir.

UYGULAMA

Hastaların hazırlanması

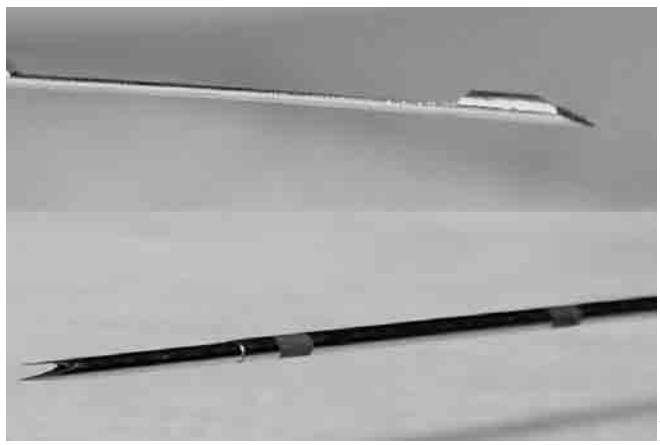
Radyolojik yöntemlerin kılavuzluğunda yapılan biyopsilerin çoğu poliklinik hastalarına uygulanır ve lokal anestezi ile yapılır. Hasta çok endişeli olmadıkça parenteral sedatif veya analjezik kullanmaya gerek yoktur. İşlemden önce ve işlem sırasında hastaya psikolojik destek verilir. Birçok hasta işlem sırasında duyacağı ağrıdan, birçoğu da işlemin sonuçlarından (kanser olasılığı gibi) endişe ederler. Duyacağı ağrının çok hafif olacağı ve lokal anesteziklerle kontrol edilebileceğini bilmek hastayı rahatlatır. Hastaya yapılacak işlemin ne olduğu, ne amaçla yapıldığı, yapılış şekli, olası komplikasyonlar ve tedavi şekilleri açıkça anlatılmalıdır. İşlemden sonra hastalar genellikle departmanda 1-2 saat gözlem altında tutulurlar. Kalın iğneler kullanılmışsa bu süre daha da uzatılabilir. Alınan örneğin hızla boyanabilme olanağı varsa hasta departmanda iken sonuç alınmalı, sonuç tatmin edici değilse, gerekirse işlem tekrarlanmalıdır. Patolojisi hemen çıkan olgularda radyolog tanısı konan hastalığın prognozunu, tedavi alternatiflerini ve benzeri bilgileri yeteri kadar bilmiyorsa sonucu hastaya söylememelidir.

İğne seçimi

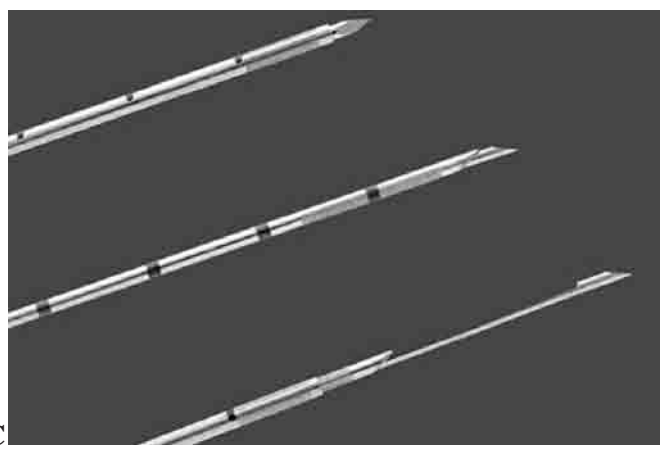
Biyopsi iğneleri sitolojik ve histolojik (patolojik parça alan) örnek alma amaçlı olmak üzere temelde ikiye ayrılabilir (Resim 1.49). Sitolojik örnek 20-22 gauge çaplı Chiba veya değişik isimlerde adlandırılan aspirasyon iğneleri ile alınır. Aspirasyon iğneleri içte keskin uçlu iğne dışta aspirasyon kanülünden oluşurlar. Aspirasyon kanülünün uç kesimi *eğimli kesici uçlu* veya *küt kesici uçlu* şekillerde olabilir. Bir süre burgulu kesici uçlar da denenmiş ancak belirgin bir üs-



A



B



C

Resim 1.49 A.Aspirasyon biyopsisi iğnesi. Üstte iğne ve kanül bir arada, altta sadece kanül kısmı görülüyor, B. Üstte yarım kor (yarım silindirik), altta tam kor (tam silindirik) parça alan doku biyopsi iğneleri, C. Koaksiyel tipte yarım kor parça alan biyopsi iğneleri. En üstte künt keskin uçlu kanül görülüyor; içinde trokar iğnesi var. Ortada kanül içerisinden sokulacak yarım kor parça alan iğne, kapalı pozisyonda. Altta kanül içinden gönderilen iğne açılmış.

tünlüğü gösterilememiştir. Kanama olasılığını artıracağından, eğimli kısmın uzunluğunun fazla olmaması tercih edilir. Üretici firmalar bazı kanüllerinin distal kesimlerini US'de daha ekojen görülmesi için mikroçentikli tarzda üretmektedirler.

Aspirasyon iğneleri koaksiyel tipte de olabilir. Koaksiyel iğnelerin diğerlerinden farkı en dışta künt keskin uçlu bir kanüle sahip olmalarıdır. Bu dış kanül biyopsi boyunca lezyon bölgesinde kalır ve içinden geçen aspirasyon iğnesinden kısadır. Koaksiyel sistemle bir girişte birden çok sayıda aspirasyon yapılabilir.

Histolojik örnek alan iğneler aldığı doku parçasına göre, tam kor (tam silindirik) ve yarım kor (yarım silindirik) parça alanlar olarak iki ana tipe ayrılır. Tam kor parça alan iğnelerin aldıkları doku daha bütündür ve birim uzunluk için aldığı doku hacmi %50-60 daha fazladır. Tanı için, difüz organ tutulumlarında olduğu gibi daha fazla miktarda örneğe gereksinim duyulduğunda tercih edilirler. Histolojik örnek alan doku biyopsi iğnelerinin koaksiyel tipte olanları da mevcuttur.

Parça alan doku biyopsi iğnelerinin üzerinde elle kurulan yaylı bir ateşleme mekanizması mevcuttur. Kurulu iğne, biyopsi yapılacak doku kesiminin proksikmaline ilerletildikten sonra ateşlenir. Ateşleme mekanizması iğne ile birlikte veya ayrı olabilir. İğne ile birlikte olanlar daha pratik, fakat daha pahalıdır. Ateşleme mekanizması ayrı olan iğnelerin mekanizması lezyona girdikten sonra kurulur. Bu iğnelerin ateşleme mekanizmaları, çok sayıda kullanıma imkân verecek şekilde kaliteli mekanik yapıya sahiptir.

İğnenin boyutunun ve tipinin seçimi biyopsi yapılacak lezyona bağlıdır. Eğer biyopsi, hücre tipi daha önceden bilinen bir malign tümörün rekürrensini veya metastazını saptamak amacıyla yapılıyorsa, sitolojik tanı yeterli olacağından ince iğneler kullanılır. Hücre tipi bilinmeyen malign lezyonların çoğunda ve benign lezyonlarda tanı için doku parçasına gereksinim olduğundan geniş iğneler kullanılmalıdır. Lenfoma bu tip biyopsi için tipik bir örnektir. Geniş iğneler kullanılsa bile lenfoma olgularının ancak yarısından azında doğru bir histolojik tipleme yapılabilir. Bu nedenle yöntem, lenfoma rekürrensini araştırmada tiplemesinden daha başarılıdır.

İğne seçiminde etken olan diğer bir farktör lezyona ulaşılacak yolların durumudur. Dalak gibi vasküler organlarda veya bağırsak luplarını geçmek zorunluluğu olan durumlarda, hemoraji ve infeksiyon riskini azaltmak için ince iğneler tercih edilmelidir. Koagulopatisi olan olgularda da ince iğne kullanılır.

Örnek alma yöntemleri

Birçok biyopsi işlemi hasta sırtüstü rahat bir pozisyonda yatarken yapılır. Bazen lezyonu uygun bir pozisyona getirebilmek için oblik, lateral dekübitus ve yüzüstü pozisyonlar gerekli olabilir. İğneye hâkim olmak için lezyona ulaşmada en kısa yol tercih edilmelidir. Yüzeyel yerleşmiş karaciğer hemanjiomlarında ise, kanama riskini azaltmak için araya normal karaciğer dokusu sokmak gerektiğinden, kısa yol kullanılmaz.

Tek iğne tekniği: En sık kullanılan bu teknikte tek bir iğne ile lezyona birçok kere girilerek örnekler alınır. İğnenin ucu lezyona girdikten sonra enjektörün pistonu geri çekilerek negatif basınç oluşturulur. Negatif basınç devam ederken iğne kendi çevresinde döndürülerek birkaç defa itilir ve çekilir. Alınan örnek bir lamın üzerine püskürtülür, içeriğindeki parçalar histolojik tanı için ayrılarak serum fizyolojik içerisine atılır. Lam diğer bir lam ile yayılır ve sitolojik analiz için alkol içerisine atılarak veya doğrudan patoloji laboratuvarına gönderilir. Aspire edilen maddenin içerisinde kan olmaması sitolojik tahlil açısından önemlidir. İğnenin içerisindeki ile birlikte enjektöre çok az gelen doku örneği yeterlidir.

İki iğne tekniği: Bu yöntemde örnek alınacak kitle içerisine iki iğne sokulur. İlk iğne ya *kılavuz* (*ortak eksenli* "*coaxial*" teknik) ya da *referans* (*ardıl* "*tandem*" teknik) görevi yapar. Ortak eksenli teknikte kitle içerisine önce örneğin 18 numara gibi geniş çaplı bir iğne sokulur. Mandreni çıkarıldıktan sonra bu iğnenin içerisinden daha küçük çaplı örneğin 21 numara daha uzun bir iğne sokulur. Bu ikinci iğne ilk iğnenin ucundan daha ilerilere uzanır. İğne ucunun lezyonun içinde olduğu kullanılan kılavuz yöntemle saptanabileceği gibi lezyonun gösterdiği direnç nedeniyle de hissedilebilir. Normalde ince iğne ile birden fazla aspirasyon yapılır ve en sonunda büyük iğne ile de örnek alınarak işlem bitirilir. Ortak eksenli tekniğin, lezyona tek ponksiyonla ulaşılması nedeniyle kanama riskinin azalması ve hastaya daha az rahatsızlık verilmesi gibi önemli avantajı vardır. Derindeki lezyonlarda dıştaki kalın iğne daha kolay yerleştirilebileceğinden ortak eksenli teknik tercih edilir. Ucundaki 2 cm'lik kesimi daha fazla sitolojik materyal almak amacıyla tirbuşon şeklinde dizayn edilmiş iğnelerle (Rotex) yapılan biyopsiler bir ortak eksenli iğne tekniğidir. Ortak eksenli iğne tekniği akciğer biyopsilerinde bazen sadece kalın olan göğüs duvarını geçmek amacıyla kullanılır.

Ardıl (“tandem”) iğne tekniği ise çok sık kullanılmaz. Bu yöntemde önce lezyon içerisine ince bir iğne yerleştirilir. İkinci bir iğne ile aynı yön ve derinlikte birçok örnekleme yapılır. Lezyonun değişik kesimlerinden örnek alabilmesi yöntemin avantajıdır.

BÖLGESEL BİYOPSİ TEKNİKLERİ

Akciğer

Hasta çok endişeli olmadıkça premedikasyona gerek yoktur. Biyopsi yapılacak lezyon önce iki yönlü akciğer röntgenogramı ile lokalize edilir. Hemen tüm akciğer lezyonlarına, boyutuna ve yerleşim yerine bakılmaksızın çift plan floroskopi ile biyopsi yapılabilir. Önce hastaya lezyona ulaşmak için en uygun olan pozisyon verilir. Lezyon floroskopik olarak lokalize edilir ve giriş noktası saptanır. Plevraya kadar lokal anestezi yapılır. İğne kostaların üst kenarından sokulmalı ve lezyona doğru eğimsiz, dik bir açıyla ilerletilmelidir. Bu sırada hastanın nefesini tutması ve hiç hareket etmemesi gerekir.

İğnenin lezyona girmesi hissedilebileceği gibi floroskopik olarak da gözlenir. İğnenin lezyon içerisindeki pozisyonu floroskopik olarak her iki planda kontrol edilmelidir. Normalde lezyonun ortasından örnek alınır. Ancak nekroze tümörlerde çevredeki tümör dokusundan örnek almak gerekir. Pnömotoraks komplikasyonu kullanılan iğnenin çapından daha çok plevranın tekrar delinmesine bağlı olduğundan lezyon içerisinde iğnenin pozisyonu değiştirilirken plevrayı tekrar delmemeye özen göstermek gerekir.

Floroskopik girişimin başarısız olduğu ve floroskopik olarak lezyonun iyi görülemediği durumlarda, nekroz alanlarını tümör dokusundan ayırabildiği için nekrotik tümörlerde, şiddetli akciğer hastalığı nedeniyle ekstraplevral yaklaşımın zorunlu olduğu durumlarda kılavuz yöntem olarak BT kullanılır. Mediyastinal lezyonlarda ekstraplevral yolu genişletmek için akciğerleri iki yana itmek amacıyla mediastene serum fizyolojik enjekte edilir. Süperpozisyonları ve komşulukları nedeniyle zor ve riskli lezyonlarda da BT tercih edilir. BT kılavuzluğu işlemin doğruluk oranını artırır, ancak zaman alıcı ve pahalı bir yöntemdir ve pnömotoraks oranının da –belki de riskli olgularda kullanılması nedeniyle- yüksek olduğu (%60) bildirilmiştir.

Plevral tabanlı lezyonlarda ise US kılavuzluğunda yapılan biyopsi, ucuz, kolay ve işlem sırasında iğnenin izlenmesine olanak veren alternatif bir yöntemdir.

Karaciğer

Karaciğer biyopsilerinin büyük çoğunluğu US kılavuzluğuyla yapılır. Lezyonun yerleşim yerine göre, subkostal veya interkostal yol kullanılır. Plevral geçiş olmadığı için uygun olan her durumda subkostal yol tercih edilir. Ancak derindeki lezyonlarda, lezyona ulaşmak için hastanın derin inspiriumla karaciğerini aşağı indirmesi ve biyopsi süresince bu şekilde kalması zorunluluğu bu yöntemin uygulamasını zorlaştırır. İnterkostal yaklaşımda ise hasta nefesini derin inspiriumda değil, rahat olduğu bir noktada tutar. İnterkostal yaklaşımda plevral geçiş olasılığı dezavantajdır. Plevral geçiş ağrıya neden olur. Havanın US’de kolayca seçilmesi nedeniyle akciğerin delinmesi gibi bir tehlike yoktur. BT kılavuzluğu, nefesle kesit seviyesi değişeceğinden, özellikle küçük lezyonlarda tercih edilmez. Eğik girişimlerde, iğnenin ucunun görülebilmesi için birçok kesit alınması gerekliliği yöntemi kullanışsız kılan nedenlerden birisidir.

Karaciğer biyopsilerinde de diğer biyopsilerde olduğu gibi lezyona ulaşmak için en kolay, en emniyetli ve en kısa yol seçilir. Bu kuralın bir istisnası hemanjiom gibi kanama olasılığı yüksek lezyonlardır. Subkapsüler yerleşmiş hemanjiomlarda kanama riskini azaltmak için lezyona parankimal taraftan yaklaşmak gerekir.

Adrenal ve Retroperitoneum

Adrenal biyopsisinin temel endikasyonu en sık görülen iki adrenal kitlesinin (nonfonksiyone adenom ve metastaz) ayırımını yapmaktır. Kılavuz yöntem olarak genellikle BT kullanılır. Hasta çoğunlukla yüzüstü yatar. Bu pozisyonda posterior sulkuslara girmekten kaçınmak için iğneye yukarıya doğru eğim vermek gerekir. Alternatif olarak hasta yan dekubitus pozisyona çevrilir. Aşağıda kalan diyafragma, hareketleri azalıp daha yüksek pozisyonda kalacağından bu pozisyonda adrenale doğrudan ulaşmak mümkün olabilir. Sağ adrenale hasta sırtüstü yatarken transhepatik yolla da ulaşılabilir. Adrenal bezi, mide, kolon ve dalak tarafından örtüldüğü için bu pozisyon sol taraf biyopsilerinde kullanılmaz.

Retroperitoneal biyopsilerin en önemli endikasyonu lenfadenomegalilerdir. Yerleşim yeri nedeniyle BT kılavuzluğu tercih edilir. Tanı için fazla dokuya gereksinim olduğundan parça alan iğneler kullanılmalıdır.

Pankreas

Pankreas kanseri biyopsilerinde doğruluk oranı düşüktür. Bu sonuç büyük olasılıkla tümörden değil çevresinde oluşan desmoplastik reaksiyon veya inflamasyondan veya tümörün içerisindeki normal pankreas dokusundan örnek alınmasından kaynaklanır. Normal pankreas dokusu kontrast madde tutacağından biyopsi bolus şeklinde kontrast madde verildikten sonra tümörü gösteren hipodens alanlardan yapılmalıdır. Kılavuz yöntem olarak US seçilmişse doku örneği benzer şekilde, hiperekoik değil tümörü temsil eden hipoekoik bölgelerden alınmalıdır.

Presakral kitleler

Kombine anteroposterior rezeksiyonlu kolorektal kanser olgularında presakral rekürrens BT-kılavuzluğunda yapılan biyopsi ile saptanır. Hasta yüzüstü yatar. İğne, transgluteal olarak siyatik çentiğin içerisinden sakrumun ön kenarına paralel olacak şekilde horizontal düzlemde ilerletilir. Siyatik sinir BT kesitlerinde siyatik çentiğin 1/3 ön kesiminde ayrı bir yapı olarak seçilir. Görülemeyen olgularda siniri korumak için, iğne siyatik çentiğin arka yarısı içerisinden mümkün olduğunca kemiğe yakın ilerletilmelidir. Gluteal kasların geçişi ağrılı olacağından uzun bir iğne ile iyi bir lokal anestezi şarttır. Ortak eksenli iki iğne tekniği kaslardan tek geçiş olanağı verdiği ve daha fazla doku örneği sağladığı için tercih edilir.

Servikal kitleler

Tiroid ve paratiroid kitlelerinden ve lenf nodlarından örnek alınır. Kılavuz olarak yüksek frekanslı US probları kullanılır. Biyopsi için kesici olmayan konvansiyonel ince iğneler (21-25 "gauge") yeterlidir.

Kemik biyopsileri

Temel endikasyonları primer ve ikincil kemik tümörleri, osteitis, septik artrit ve diskittir. Lezyon genellikle BT ile lokalize edilir. Sinir, damar ve viseral organlar gözetilerek bir giriş noktası ve yolu belirlenir. Kemik biyopsilerinde geniş çaplı (14-16 G) iğneler kullanılır. Bu iğneler, keskin sivri uçlu sert bir trokar ve dışında uç kesimi çentikli ve keskin olan bir kanülden ibarettir. Trokar ile periost geçildikten sonra trokar çıkarılır, kanül burgu şeklinde döndürülerek kemik içerisinde ilerlenir.

Periferal uzun kemik biyopsilerinde kemiğe kortekse dik olarak girilir. Böylece iğnenin ucunun kayması önlenmiş olur. Lezyona ulaşmada en kısa yol tercih edilmelidir. Skapula, kostalar, sternum ve kalvarial kemikler gibi yassı kemiklerde iğneye 30-60 derecelik eğim verilerek girilir. Pelvis kemiklerine sakral kanal ve sinirleri koruyarak posterior girişim uygulanır. Vertebral korpus biyopsilerinde, servikal kesim için anteriordan, torasik bölge için transpedikülar ve interkostovertebral yol, lomber segmentlerde ise posterolateral ve transpedikülar giriş tercih edilir.

Septik osteitis büyük komplikasyonudur; kaçınmak için steriliteye azami özen gösterilmelidir. Hematom, nöral ve vasküler hasar, pnömotoraks ve refleks simpatetik distrofi diğer komplikasyonlarıdır.

SONUÇLAR

Biyopsi sonuçlarının doğruluk oranı deneyimli radyolog, kaliteli ekipman ve deneyimli patolojist ile yakından ilişkilidir. Kanser olgularında yalancı negatif sonuçların birçok nedeni vardır. Güç yerleşimdeki küçük boyutlu lezyonlara ulaşılamaması yanında, hemorajik lezyonlarda sadece kan, nekrotik tümörlerde sadece nekroze materyal alınması ve bazı olgularda tümör yerine tümör çevresindeki fibrotik veya inflamatuar dokudan örnek alınması yalancı negatif sonuçların nedenleridir.

İnce iğne aspirasyon biyopsisinin akciğer kanserinde duyarlılığı %64-97 arasında bildirilmiştir. Sonuçlar arasındaki bu farklılık yöntemin radyolog, ekipman ve patolojist kalitesi ile yakından ilişkili olmasına bağlıdır.

BT kılavuzluğunda yapılan biyopsi sonuçlarının doğruluk oranı yüksek ve komplikasyon oranları azdır. Vücudun hemen her yerinde uygulanabilir. Yöntemin genelde duyarlılığının %91.8, özgüllüğünün ise %98.9 olduğu bildirilmiştir. Bölgesel olarak değerlendirildiğinde yöntemin doğruluk oranının retroperitoneumda %82.1'e düştüğü, ekstremitelerde ise %100'e çıktığı görülür. Toraks ve retroperitoneal bölgede yöntemin doğruluk oranı diğer bölgelerden daha düşüktür. Bunun bir muhtemel nedeni bu bölgelerde kılavuz yöntem olarak BT'nin ancak güç olgularda seçilmesidir. Örneğin toraksta kılavuz yöntem olarak floroskopi kullanılır. BT kılavuzluğu ulaşılması tehlikeli ve zor olan lezyonlarda ve/veya küçük lezyonlarda kullanılır. Böyle olgularda yöntemin doğruluk oranının düşük olması doğaldır. Retroperitoneal bölgedeki düşük doğruluk oranının nedeni ise biyopsi yapılan olguların büyük bölümünün lenfomalı olmasıdır. Lenfomada uygun kemoterapiye başlamak için

histopatolojik tipleme şarttır. Yapılan biyopsilerin yarısından çoğunda alınan materyal bu amaç için yetersizdir. Buna karşılık lenfomanın rekürrensini veya relapsını saptamak amacıyla yapılan biyopsilerin doğruluk oranları çok yüksektir.

US kılavuzluğunda yapılan biyopsilerde ise doğruluk oranları, lezyonların yerleşim yeri, boyut ve histolojik tiplerine göre değişmek üzere %66-97 arasında rapor edilmiştir. Örneğin değişik histolojik yapıda ve değişik yerleşimdeki 3 cm'den küçük lezyonlarda bu oran %92'dir. Doğruluk oranı lezyonun boyutu ile artar. Örneğin bu grupta 1 cm'den küçük lezyonlarda doğruluk oranı %79 iken, 2-3 cm arasındaki lezyonlarda bu oran %93'e çıkar. Karaciğerde ise doğruluk oranı %96 civarındadır.

Komplikasyonları

En önemli komplikasyonlar pnömotoraks ve kanamadır. Vazovagal reaksiyon da sık görülür. Akciğer biyopsilerinde pnömotoraks oranı yaklaşık %25 civarındadır. Pnömotoraksların büyük bir bölümü asemptomatiktir ve kendiliğinden rezorbe olur. Ancak semptomatik olan küçük bir bölümünde toraks tüpü koymak gerekir. Biyopsiden 2 saat sonra ekspiriumda kontrol göğüs röntgenogramı alınır. Pnömotoraks yoksa, hasta 24 saat yalnız kalmamak koşuluyla, evine gönderilebilir. Ciddi bir pnömotoraksın biyopsiden 4 saat sonra ortaya çıkması çok nadir bir olasılıktır.

Toraks biyopsilerinde nadir, fakat önemli bir komplikasyon da *hava embolisidir*. İğnenin ucununun pulmoner bir ven içerisine girmesi sonucu gelişen bu komplikasyonu önlemek için akciğere girdikten sonra iğnenin dışarıdaki ucu hiçbir zaman mandrensiz açık bırakılmamalıdır.

Akciğer biyopsilerinde görülen hemoptizi genellikle önemsiz ve kendiliğinden geçen bir komplikasyondur. Diğer bölgelerdeki kanama ve yerel hematomun durumu BT ile kontrol edilir.

Biyopsilerde kullanılan iğnenin boyutu ile komplikasyon ve doğruluk oranları arasında yakın ilişki vardır. Büyük iğnelerle yapılan biyopsilerde doğruluk oranları yüksektir, ancak komplikasyon oranları da yükselir. Örneğin 21 numara iğnede komplikasyon oranı %0.3 iken, 15 numarada bu oran %3'e yükselir. Ancak 18 numara iğne ile 21 numara iğne arasında komplikasyon oranı bakımından bir fark bulunmamıştır. Bu nedenle daha fazla materyal olanağı veren 18 numara iğnelerin, daha küçük boyutlu iğneler yerine emniyetle kullanılabileceği ileri sürülmektedir.

Perkütan biyopsi komplikasyonu olarak bildirilen iğne trasesisine tümör implantasyonu ise son derecede nadirdir ve pratik bir önemi yoktur.

TEDAVİ GİRİŞİMLERİ

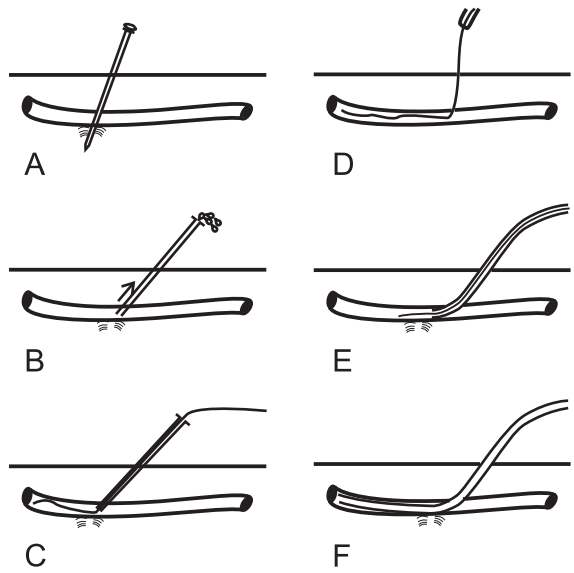
Günümüzdeki ileri teknoloji ürünü olan görüntüleme yöntemleri ile vücudun çok ayrıntılı görüntüleri elde edilmektedir. Teknolojideki ilerlemeler sonucu iğne, kateter ve kılavuz tel gibi gereçler daha iyi kontrol edilebilir ve hastaya daha az zarar verecek şekilde üretilmektedir. Bu gereçlerle birlikte lezyonların ve ona ulaşılacak yolların açık bir şekilde görüntülenmesi, birçok girişimin başarı ile uygulanabilmesini sağlar. Stent gibi yapay kanalların, koil veya tutkal gibi tıkayıcı materyallerin icadı ile birlikte gittikçe artan sayıda ve çeşitlilikte tedaviye dönük girişimler yapılmaya başlanmıştır.

Günümüzde damarsal veya damar dışı alanlarda tedavi amaçlı birçok ince girişim yapılmaktadır. Bu girişimler cerrahiye göre çok daha az invaziv olduğundan gittikçe artmış ve girişimsel radyoloji adı verilen bir dalın doğmasına yol açmıştır. Girişimsel radyoloji birçok olguda cerrahiye alternatiftir; birçok olguda ise hastanın durumunu düzelterek cerrahiyi kolaylaştırır. Bu alanda çalışan radyologlar radyolojik bilgilerinin yanı sıra genel cerrahi ve hasta bakımına ait temel prensipleri çok iyi bilir ve uygularlar. Girişimsel radyoloji uygulamaların başarılı bir şekilde yapılabilmesi için çok iyi bir malzeme bilgisi ve preoperatif planlama ve işlemde görüntüleme yöntemlerinden en etkin şekilde yararlanabilme becerisi gerekir. Tedavi bölgesindeki manipülasyonların uzaktan uygulanması ve değişik malzemelerin doku ile etkileşiminlerinin ve davranışlarının farklı olması nedeniyle zamanla şekillenen kendine özgü el becerisi şarttır.

Radyolojik girişimlerde sintigrafi dışındaki tüm radyolojik yöntemler kılavuz olarak kullanılabilir; ancak girişimsel radyolojinin temel gereci anjiografi üniteleridir. Günümüzde anjiografi tanıdan çok girişimsel işlemler için yapılmaktadır. Modern girişimsel radyoloji birimlerinde anjiografi üniteleri tümüyle dijital, subtraksiyon yapabilen, tek veya iki düzlemde görüntü alabilen gelişmiş aygıtlardır. Yapılacak işlemler, çok iyi bir izlem gerektirir. Bu nedenle anjiografi üniteleri gelişmiş hasta işlem aygıtları ile donatılmıştır. Birçok işlemde anestezi gerektiğinden anestezi cihazları da bulunur. Damar dışı girişimlerde kullanılmak üzere çözümleme gücü yüksek US aygıtı da bu-

lunmalıdır. Anjiografi ünitesine hastaların işlem sonu izlendiği birkaç yataklı gözlem odası da eklenmiştir. BT kılavuzluğu ile de birçok girişim yapılır. MR'de girişim yapılabilmesi için aygıtın ve gereçlerin amaca özel üretilmeleri gerekir.

Radyolojik girişimler damarsal ve damar-dışı olmak üzere iki gruba ayrılır. Damarsal işlemler tıkanma, anevrizma gibi doğrudan damarın anormalliklerini düzeltmek amacıyla yapılır. Damar girişimleri temelde tıkayan ve açan olmak üzere ikiye ayrılır. Tıkama işleminin adı embolizasyon, açma işleminin adı ise anjioplastidir. Damar-dışı girişimlerde vücuda perkütan olarak girilir. Perkütan yapılan girişimlerde ya doğrudan lezyon içerisine girilerek tedavi edici maddeler verilir veya apse gibi birikimler boşaltılır, darlıklar genişletilir, taş çıkarılır.



Şekil 1.128 Seldinger yöntemi ile arter kateterizasyonu A. İğne ile damar geçilir, B. İğne geriye doğru çekilerek lümen içerisine yerleştirilir, C. İğnenin içerisinden kılavuz tel sokulur, D. İğne çekilir kılavuz tel damar içinde bırakılır, E. Kılavuz tel üzerinden kateter sokulur, F. Kılavuz tel çıkarılır, kateter damar içerisindedir.

Giriş yöntemleri

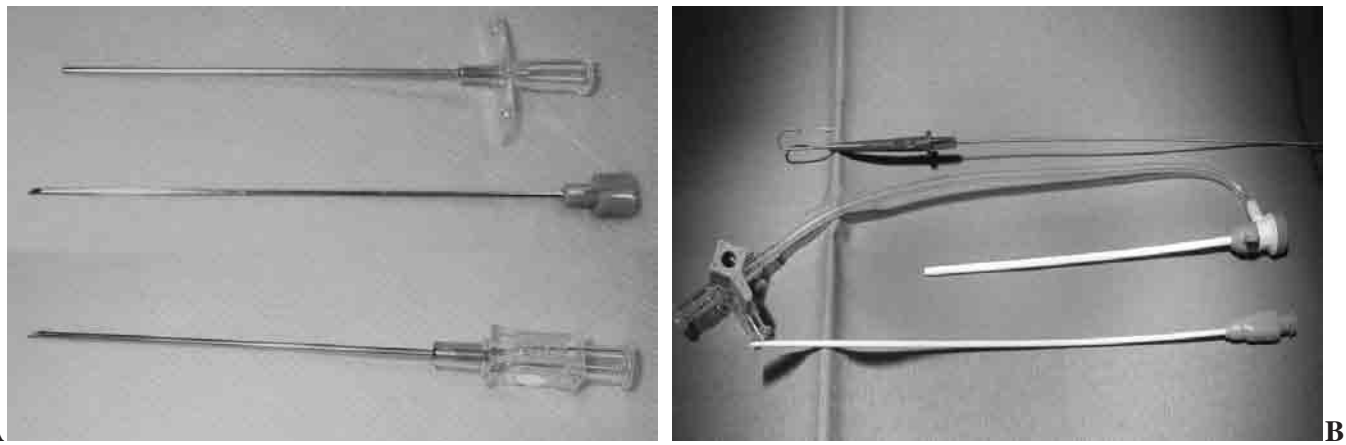
Girişimsel işlemler için ya damar yolu kullanılır veya lezyona perkütan olarak doğrudan ulaşılır. Damara giriş Seldinger yöntemi ile yapılır. Seldinger yönteminde iğne ile girişten sonra, iğne içerisinden kılavuz tel geçirilip iğne çıkartıldıktan sonra tel üzerinden kateter sokulur. Bu yöntemde kılavuz tel kullanılması giriş yerini genişletme ve kateter değiştirme olanağı sunar. Damar dışı girişimlerde ise iğne ile doğrudan girilerek işlem yapılabilir; üzeri kılıflı bir iğne ile (trokar yöntemi) veya Seldinger yöntemi ile girilebilir.

Seldinger yöntemi: Yöntemin esası damara, trokarı dışında künt keskin uçlu bir kanülü bulunan bir iğne ile girmek, daha sonra trokarı çekip kanül içerisinden bir kılavuz tel sokarak kanülü çıkarıp yerine telin üzerinden ilerletilen kateteri yerleştirmektir (Şekil 1.128). Damarı kateterize etmede kullandığımız bu yöntem, apse drenajı, nefrostomi vb damarsal olmayan girişimlerde de kullanılır. Bu yönteme, ilk uygulayan İsveçli radyoloğun adından dolayı Seldinger tekniği adı verilmiştir.

Damar girişimlerinde genellikle femoral arterden girilir. Femoral yolun seçilmesinin nedeni damarın çapının geniş olması, bölgenin manipülasyon yapmaya ve işlemden sonra hemostazı durdurmak amacıyla kompresyona uygun olması ve giriş yerini belirleyen nirengi noktalarının varlığıdır. Diğer giriş kapılarına göre komplikasyon oranı daha azdır. Sağ el kullanımı daha fazla olduğu için sağ femoral arter tercih edilir.

Standart femoral arter girişinde iğne damara femur başının ortasına gelen kesiminden girmeli, deri giriş yeri ise femur başının alt kenarı seviyesinde olmalıdır. Bu durumda giriş çizgisi damarın uzun aksı ile yaklaşık 45-60 derecelik bir açı yapmış olur. Giriş yerine ve perivasküler alana lokal anestezi yapılır. Damarın pulsasyonu sol elin parmakları ile hissedilir. Bazı radyologlar damarı sol elin 2. ve 3. parmakları arasında sabitlemeye çalışırlar.

Damara girmek için 18-G Seldinger iğnesi kullanılır (Resim 1.50). İğne hızla itilerek femoral arterin ön ve arka duvarı geçilir. Bu yönteme *çift duvar tekniği* adı verilir. İğnenin yerinde iken serbest bırakılan ucunun nabızla birlikte hareket etmesi damara girildiğini gösteren bir işarettir. İçteki iğne çıkarılarak kanül yavaş yavaş geriye doğru çekilir. Kanülden pulsatil güçlü bir akımın gelmesi damar içerisinde olduğumuzu gösterir. Kılavuz tel sokularak damar içerisinde ilerletilir. Kılavuz telin hiçbir dirençle karşılaşmadan kayarak ilerlemesi gerekir. Telin ilerletilmesi daima floroskopik gözlemle yapılmalı ve dirençle karşılaşıldığında diseksiyona neden olabileceği için asla ilerletilmemelidir. Telin floroskopik kontrolle yeteri kadar ilerlediği belirlendikten sonra kanül çıkartılır. Kateter sokulmadan önce tel üzerinden sokulacak dilatatörle dışındaki kılıftan oluşan vasküler kılıf ("sheath") yerleştirilir. Kılıf işlem boyunca damarın zarar görmesini engeller, kateter manipülasyonlarını kolaylaştırır.



Resim 1.50 A Üstte iki parça Seldinger iğnesinin künt uçlu kanülü ve iğnesi. Altta eğik keskin uca sahip tek duvar giriş iğnesi, B. Damara girişte kullanılan, kılavuz tel, kılıf ve dilatatörden oluşan vasküler kılıf sistemi. Kılıfın tepesinde basınçlı kanın dışarı çıkmasını engelleyen valv mekanizması vardır. Buradan çıkan yan yol ve musluk sistemi ile işlem sırasında kılıf yıkanır.

Damara girmek için diğer bir yöntem *tek duvar tekniğidir.* Bu yöntemde damara, vene girermiş gibi, sadece bir duvarı delinerek girilir. Bu iğnenin kanülü yoktur ve keskin uç eğimi Seldinger iğneye göre daha uzundur. Bu teknikte iğne, pulsatil arteryel akım gelinceye dek yavaşça ilerletilir. Kanama olasılığını azaltması nedeniyle, özellikle heparinize veya trombolitik tedavi yapılacak hastalarda avantaj gibi görünse de çift duvar tekniğinin bu olgularda komplikasyonu arttırdığına dair bir veri yoktur. İğnenin uç kesiminin uzun ve keskin olması nedeniyle kılavuz telin subintimal diseksiyon yapma olasılığı yüksektir. Bu teknik özellikle cerrahi greftlere perkütan girişte ve venöz girişlerde kullanılır.

Femoral arterlerden nabız alınamadığı durumlarda aksiler/brakial arterlerden girilir. İnen aorta daha yakın olduğu için sol taraf tercih edilir; daha az damar çıkışı geçilir ve serebral emboli riski azalır. Aksiller girişlerde işlemden sonra, kanama kontrolü amacıyla damarı komprese etmek daha zordur. Periferal nabızların yeterli olmadığı durumlarda translomber yol da kullanılabilir. Kanama kontrolünün yapılamadığı bu yöntemde kateteri kontrol etmek de zordur.

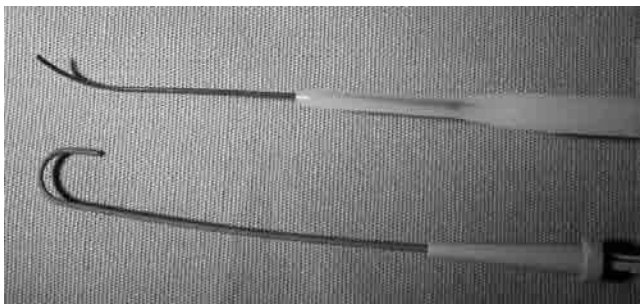
Seldinger tekniği apse drenajlarında da temel giriş yöntemidir. Apse lokalize edildikten sonra deri anesteziye edilir. Apsenini yerine göre 4, 6, 8 inçlik Seldinger iğneleri kullanılabilir. İğne ile girilip kılavuz tel yerleştirilir. Giriş yeri, kılavuz tel üzerinden sokulacak dilatatörlerle 8, 10, 12 F'e kadar genişletilir. Dilatasyona uygun (8-16 F) kateter yerleştirilerek aspirasyon ve tedavi yapılır.

Trokar tekniği: Yüzeye yakın büyük apse ve sıvı birikintilerini boşaltmak için uygun bir yöntemdir. Boşaltılacak lezyon US ve BT gibi kesit görüntüleme yöntemleri ile saptandıktan sonra deri anesteziye edilir ve 20-G iğne görüntüleme yöntemlerinin kılavuzluğunda lezyon içerisine sokulur. Kültür için 2.5 mL kadar bir sıvı örneği alınır. Lezyonun kollabe olmaması için daha fazla aspire etmemek gerekir. İğnenin hemen yanından bistüri ağzı ile bir delik açılır ve buradan 8-16 F'lik drenaj kateteri taşıyan trokar sokulur. İçerisindeki iğne çıkarılır ve sıvı aspire edilerek kavite serum fizyolojikle yıkanır.

Kılavuz teller

Kateterin üzerinden geçtiği tellerdir. Sert bir çelik yapı üzerine sarılmış paslanmaz çelik bir yaydan oluşur. Bu iki yapıyı ince filaman şeklindeki emniyet teli bir arada tutar. Bu yapıdaki kılavuz tellerin çoğu kayganlığı artırmak için teflonla kaplanmıştır. Merkezleri nikel-titanyum alaşımından yapılmış nitinol adı verilen kılavuz teller de mevcuttur. Nitinol tellerin bir kısmının dış kısımları hidrofilik bir organik madde ile kaplanmıştır. Bu madde suyu absorbe ettiğinde çok kaygan hale gelir. Nitinol teller esnek ve kırılmaya karşı çok dirençlidirler. Damar darlıklarını daha kolay geçer.

Kılavuz tellerin standart uzunluğu 150-180 cm'dir. Bu uzunluk 100 cm'lik kateterlerin değiştirilmesi için yeterlidir. Kateter değiştirilmesine olanak veren kılavuz teller 220-250 cm uzunluğundadır. Dış çapları 1/1000 inç ile belirtilir ve çapları genellikle 0.018-



Resim 1.51 Üstte uç kesimi açılı hidrofilik, altta J uçlu teflon kılavuz tel.

0.038 inç arasındadır. Daha küçük boyutlu damarlar için 0.010 inçe kadar düşen çapları vardır. Kılavuz tellerin uçları, intimayı zedelemesini (diseksiyon) önlemek ve/veya yönlendirmek amacıyla düzeltilebilir kıvrımlı şekilde yapılmıştır. Bu kıvrımın tipi 45 veya 90 derece açılı veya "J" şeklindedir (Resim 1.51). Ucu düz kılavuz tellerde diseksiyon daha fazla görülür.

Kateterler

Tanı ve tedavide kullanılan kateterler farklıdır (Resim 1.52). Tanı kateterlerinin genişleri büyük damarlarda kontrast madde bolusu oluşturmak amacıyla kullanılır, yan delikleri vardır ve kontrast madde 10 mL/sn hızla verilebilir. Daha ince olanlarının delikleri uçlarındadır ve küçük damarların incelenmesinde kullanılır, daha düşük debide kontrast verirler. Anjiografik tanı kateterlerinin, boyutları, şekli, opasitesi, tork kapasitesi (sapından ucunun bükülerek yönlendirilebilmesi), distal ucunun yumuşaklığı kullanılacağı amaca göre yapılandırılmış ve isimlendirilmiş birçok çeşidi vardır. Örneğin ucu kendi üstüne kıvrık olanlara domuz kuyruğu ("pig-tail") kateter adı verilir. Diğer sık kullanılan kateter tipleri Sim, Picard, kobra, RDC, hook ve 45 derece kateterlerdir.

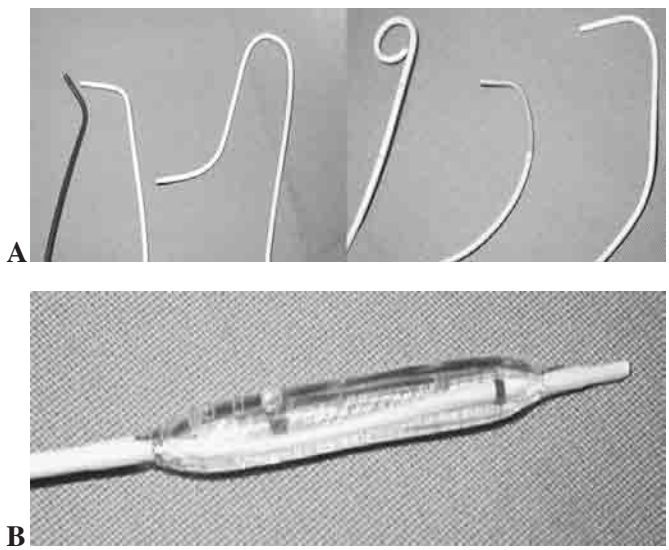
Tedavi kateterleri ise amaçlarına göre balon kateterler, mikrokateterler, koaksiyal infüzyon kateterleri, aterektomi kateterleri, kılavuz kateterler ve vasküler dışı işlemlerde kullanılan drenaj kateterleri olarak sınıflandırılır. Balon kateterleri PTA'da ve tıkama balonu amacıyla kullanılır. Mikrokateterler partikül, koil ve sıvı embolizan ajanlarla birlikte kullanılır. İnfüzyon kateterleri özellikle trombolitik tedavi için geliştirilmişlerdir. Drenaj kateterleri ise damar-dışı girişimlerde apse ve koleksiyonların boşaltılmasında kullanılırlar.

Kateterlerin boyutu "French" (F) ile ifade edilir. F, kateterin çevresinin mm olarak uzunluğudur. Bu değeri üçe bölerek kateterin dış çapının mm olarak karşılığı bulunur. 3 ve daha küçük F değeri olanlara mikrokateter denir. Mikrokateterler çok küçük damarlarda kullanılır, distal uçlarında platin bir opak işaret vardır, diğer kesimleri opak değildir. İç çaplarının boyutu bir inch'in 1/1000'i ile gösterilir. Kateter uzunluğu cm ile ifade edilir; abdominal çalışmalarda kullanılan katerelerin boyutu 65 cm'dir; arkus aortografi için 100 cm'lik kateterler kullanılır.

Kateterler kullanım amaçlarına göre değişen farklı materyallerden yapılmıştır. Kateter yapımında en çok poliüretan ve polietilen gibi termoplastik maddeler kullanılır. Poliüretanla naylonun karışımı ile yapılan kateterlerin F değerleri düşük olmakla birlikte debileri görece olarak yüksektir. Teflondan yapılan kateterler çok serttir ve sürtünme katsayıları düşüktür. Örgülü kateterlerin etli kısmında telden bir ağ vardır; bu tür kateterlerin tork yetenekleri yüksektir.

Kateterler ve kılavuz teller kullanılmadan önce denenmelidir. Değişik firmalarca üretilenler uyumsuz olabilir. Kateterin temel ölçütleri ambalajları üzerinde belirtilmiştir.

Kılavuz kateterlerin iç çapları geniştir, içlerinden normal veya mikrokateterler gönderilir. Uç kesimle-



Resim 1.52 A. Uç şekillerine göre en sık kullanılan kateter tipleri. Soldan sağa sırasıyla ucu 45 derece açılı kateter, 90 dereceye yakın açılı Picard, Sim, Pigtail, Kobra ve RDC kateterler. İlk üç kateter daha çok supraaortik damar çıkışlarının kateterizasyonunda kullanılır. Pigtail kateter aortogramlar için uygun çok delikli yapıya sahiptir. Kobra kateter ve RDC kateter abdominal aortadan çıkan damarlara girmek için geliştirilmiştir, B. PTA balon kateteri. Balon sıvı ile şişirilmiş.

ri yumuşaktır, diyagnostik kateterlere göre daha az şekillendirme yapılabilir. Uçları kateterize edilecek damara göre üretilir. Tedavilerde kullanılırlar. Kateter tedavi edilecek ana damara yerleştirilir, içerisinden geçecek kateter ve teller için destek görevi yapar. Geniş çapları nedeniyle içindekilerle birlikte tedavi boyunca kontrol anjiografi yapılmasına olanak sağlar. İç kesimlerinde trombüs oluşmaması için işlem boyunca basınçlı serum fizyolojik ile yıkanır.

Balon kateterlerin büyük grubunu dilatasyon amaçlı anjioplasti kateterleri, diğer kesimini ise tıkama balonları ve trombozu temizleyici Fogarty balonları yapar. Anjioplasti balonları serttir, büyük boyutlu olanları çok iyi sönmez. Çok rijit olanları, yüksek basınçta biraz daha genişleyen cinsleri de vardır. Bu ikincilerle damarı biraz daha genişletmek mümkün olabilir. Tıkama ve Fagorty balonları ise çok yumuşaktırlar.

Balon kateterlerde balonun çapı ve uzunluğu dışında balon patlama basıncı ve kateterin şaft kalınlığı (3F, 4F, 5F), seçilecek balon tipini belirlemede önemli ölçütlerdir. Anjioplasti ve tıkama balonları dışında nörovasküler uygulamalarda kullanılan, anevrizma boyun modelleme balonları da mevcuttur. Bu balonlar şişirildiği zaman damarın şeklini alırlar. Özellikle anevrizma koil embolizasyonunda, koil sargılarının ana artere sarkmadan boyun bölgesinden geçmesine yardımcı olurlar. Bu balonlar serebral vazospastik damar tıkanıklıklarını açmak için de kullanılmaktadır.

Girişimlerde kullanılan ilaçlar

Girişimsel radyolojik işlemler için hasta genellikle sedatize edilir. Sedatize veya ağrı medikasyonu yapılmış olguların kan basıncı, kardiyak siklus ve kanın oksijenasyonu EKG ve puls oksimetre ile devamlı izlenmelidir. Sedatize olgularda bilinç açık olmalıdır. Böyle bir sedasyon midazolam ve fentanilin küçük dozlar ile sağlanabilir. Midazolamın etkisi 1-2 saat sürer ve 0.15mg/kg'dan az olmak üzere toplam 0.5-2.0 mg IV olarak verilir. Fentanil ise hemen başlayan ve yarım ile bir saat süren etkisi olan bir farmasötiktir ve 1-3 μg/kg hesabıyla 15-75 μg IV olarak verilir.

Girişimsel işlemlerde hastanın kanama ve pıhtılaşma değerleri iyi bilinir ve çok yakından izlenir. Özellikle tromboliz işlemlerinde pıhtılaşma değerlerinin izlenmesi ve gerektiğinde düzeltilmesi için müdahele edilmesi gerekir. Coumadin vitamin-K'ya bağlı sentezlenen pıhtılaşma faktörlerini engeller. Heparin ise antitrombin III ile birleşmek suretiyle trombinin aktivitesini ortadan kaldırır. Böylece fibrinojen fibrin haline çevrilemez. Hastanın pıhtılaşma durumu parsiyel tromboplastin zamanı (PTT) ve protrombin zamanı (PT) ile izlenir. 1 mL rekalsifiye kanın pıhtılaşması için geçen süre PTT, tromboplastinin varlığındaki süre ise PT'yi verir. Bu nedenle PTT intrensek pıhtılaşma sistemini, PT ekstrensek pıhtılaşma sistemini gösterir. PT'nin normal değeri 3 sn'nin altındadır. Warfarin ve heparin kullanımı, karaciğer hastalığı, vitamin K eksikliği (paranteral beslenme, safra obstruksiyon, malsoğurulma, antibiyotikler) bu değerin uzamasına neden olur. PTT'nin sanal değeri ise 6 s'nin altındadır; Lupus antikoagulan ve hemofilide bu değer uzar. Kanama zamanı ise normalde 8 dakikadan düşüktür. Trombosit sayısı 50.000/mm^3'ten az ise bu değer uzar.

Aspirasyon, drenaj ve biyopsi gibi girişimler pıhtılaşma zamanlarının belirgin uzadığı durumlarda yapılmamalıdır. Heparin ve Coumadin PT ve PTT değerlerinin her ikisini de uzatır. Heparine bağlı uzama heparin verilmesinin kesilmesinde 3-6 saat sonra normale döner. Bu süre IV protamin titrasyonu ile dakikalar seviyesine düşürülebilir. Coumadine bağlı uzama ise günde 3 defa IV K vitamin ile birkaç gün içerisinde düzelir. Taze plazma ile dakikalar içinde değerler normale gelir. Aspirine bağlı kanama zamanı uzamasında trombositlerin agregasyonu azalmıştır, PT/PTT değerleri normaldir. Kanama zamanı aspirin kesilirse haftalar sonra, konsantre trombosit verilirse dakikalar içerisinde normale döner.

Antikoagulasyon için günümüzde yeni ilaçlar kullanılmaktadır. Dalteparin düşük moleküler ağırlıklı heparindir. Derin ven trombozun tedavisinde 15.000-18.000 U günde ikiye bölünerek verilebilir. PT ve PTT üzerine etkisi minimal veya yoktur. Etkisi 1 mg/100 U dozundaki protamin ile düzeltilir. Enoxaparin de etki mekanizması ve antidotu dalteparine benzer düşük moleküler ağırlıklı bir diğer heparin preparatıdır. Düşük moleküler ağırlıklı heparnoid (danoparoid) ve rekombinant hirudin (lepirudin) heparine bağlı trombositopeni gelişen olgularda kullanılır. Clopidogrel (Plavix) ise trombosit agregasyonunu önleyen bir ilaçtır. Kanama süresini normalin iki katına çıkarır. İlaç kesildikten sonra etkisi 7-10 gün sürer.

DAMAR DARLIKLARININ GENİŞLETİLMESİ ve STENT KOYMA

Perkütan translüminal anjioplasti (PTA)

Damar darlıklarının genişletilmesine anjioplasti, kateter aracılığı ile yapıldığı için de perkütan translüminal

anjioplasti (PTA) adı verilir. PTA, floroskopik kontrol altında daralmış segmentin balonlu bir kateter ile genişletilmesidir. Bu işlem sırasında intimada kırılmalar olur, damarın media katmanı gerdirilir. İntimal kırıklar hiperplazi ile iyileşir. Daralan damarların büyük çoğunluğunda neden aterosklerozdur; konjenital defekt, fibromusküler displazi, arteritis ve diğer nedenli damar daralmalarında da PTA uygulanır.

Balonun çapı ve uzunluğu damarın çapına ve hasta segmentin uzunluğuna uygun olmalıdır. Balon 5-10 atmosfer basınçla şişirilmeye dayanıklı ve önceden belirlenen çapı geçmeyecek şekilde yapılmıştır. İşlem sırasında balon %50'lik kontrast madde ile doldurulur.

Daralmış ve tıkanmış damarların durumu önce anjiografi yapılarak incelenir. Anjiografiden sonra kılavuz tel darlığın distaline geçirilir. Balonlu kateter tel üzerinden ilerletilir ve balonun merkezi darlığın seviyesine getirilerek şişirilir. Balon bu kesimde 30 saniye veya daha fazla kalır. Şişirme ve söndürme tekrarlanabilir. Balon söndürüldükten sonra anjioplasti anjiografi ile kontrol edilir ve tetkike son verilir. Anjioplastiden üç-dört gün önce hastaya verilmeye başlanan aspirine üç-dört ay veya ömür boyu devam edilir. İşlem sırasında heparinize edilen hastalarda genellikle işlem sonrası 24 saat heparine devam edilir.

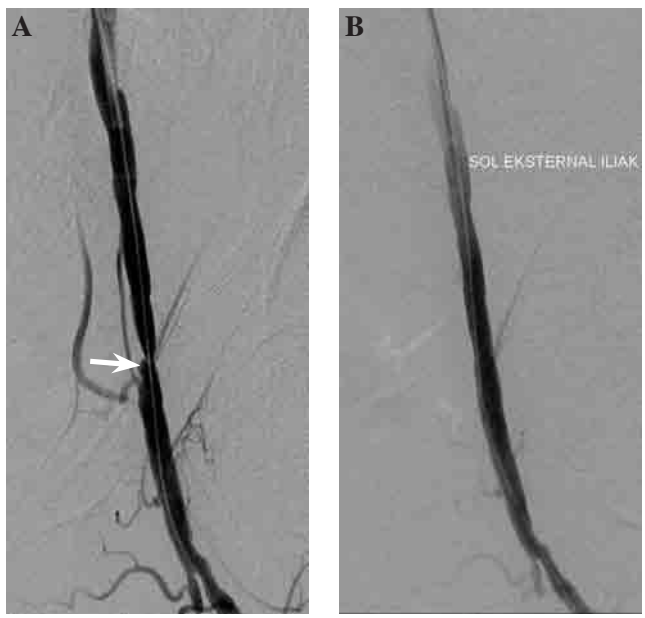
Alt ekstremite: PTA'nın temel endikasyonu semptomatik darlıkları genişletmektir. Klaudikasyon veya istirahat ağrısı, atrofi, iyileşmeyen yaralar PTA'nın endikasyonlarıdır. İliak arterlerdeki izole stenozlar PTA ile başarılı bir şekilde açılabilirler. Ortak ilyak arterdeki tam tıkanıklıkta başarı oranı düşüktür. Bazılarına göre böyle olgularda PTA kontrendikedir. Superfisiyal femoral, derin femoralin başlangıç kesimi ve popliteal arter darlıkları PTA için çok uygundur. Superfisiyal femoral arterde 10 santime kadar olan tıkanmalar başarılı bir şekilde açılabilir. Daha uzun segmentlerde dilatasyon olanaklı ise de, uzun vadede sonuçlar başarılı değildir. Uygun kateterle tibial arter darlıkları bile dilate edilebilir.

İşlemden önce aspirin ve 10 mg nifedipine verilir. Semptom olan taraf seçilir. Lezyon geçildikten sonra 5.000-10.000 U heparin verilir. Genişletme işleminden önce diyagnostik bir anjiogram elde edilir. Çok belirgin olmayan darlıklarda darlığın proksimal ve distali arasındaki basınç farkı ölçülür. Bu fark istirahatte 10 mm'den, vazodilatatör verildikten sonra 20 mm Hg'den daha yüksekse veya bu fark sistolik basıncın %10'unu geçiyorsa darlık önemlidir, PTA yapılır. Vazodilatatör olarak IA nitrogliserin veya priskolin verilebilir.

Balon boyutu darlığın bulunduğu damara göre seçilir. Ortak ilyak arter için 8-10 mm, eksternal ilyak arter için 6-8 mm, süperfisiyal femoral ve renal arter için 4-6 mm, popliteal arter için ise 3-4 mm çaplarında balonlar kullanılır. İşlem sürecinde kılavuz tel daima darlığın distalinde kalmalıdır. Anjioplasti işleminden sonra anjiogram ve basınç ölçümleri tekrarlanır. Diseksiyon veya trombüs gibi akımı azaltan durumlarda işlem sonu heparinizasyon devam etmelidir.

Damar ne kadar proksimalde ve geniş, dar segment ne kadar kısa ise PTA o kadar başarılıdır (Resim 1.53). İzole lezyonlar birçok darlığı olan olgulara göre daha iyi sonuç verir. Diyabetik hastalarda sonuçlar diyabeti olmayan olgulardan daha kötüdür. Ekstremiteyi kurtarmak amacıyla yapılan girişimlerin sonuçları iyi değildir.

PTA sonuçları darlığın bulunduğu damara göre ve darlık nedenine göre değişir. İşlemin başarı oranı (başlangıç başarısı) ilyak ve renal arterlerde %95, femoral-popliteal arterlerde %90 dır. Damarın 5 yıl açık kalma oranı ilyak arterlerde %70-80, femoral arterde %70, renal arterde fibromusküler displazide %95, aterosklerozda %70-90'dır. Ostial lezyonlarda başarı oranları düşüktür.



Resim 1.53 DSA görüntülerde, A**.** Sol eksternal iliak arterde intimal plaklara bağlı aterosklerotik düzensizlikler ve %50'den fazla hemodinamik olarak anlamlı kısa segment darlık görülüyor (ok). B**.** Darlık bölgesinin balon dilatasyonu sonrası görünümü.

Diğer bölgeler: PTA'nın en sık kullanıldığı yer koroner anjioplastidir. PTA, renovasküler hipertansiyonda, renal arter darlıklarında başarı ile kullanılır. Deneyimli ellerde sonuçlar cerrahiye eşittir. PTA'dan sonra renal arter en az 8 ay açık kalırsa uzun süreli tedavi ümit edilebilir. Fibromüsküler displazi ve kısa segmenti tutan ateroskleroza bağlı renal arter darlığı olan hipertansiyonlu olgularda renal anjioplasti seçilecek ilk tedavi yöntemi olmalıdır. Transplante böbrekte gelişebilen arter darlıklarında, skar dokusunun cerrahiyi aşırı derecede zorlaştırması nedeniyle, çok değerlidir.

Bu klasik uygulamalar dışında PTA ile aortik darlıklar, impotansa neden olan internal ilyak arter darlıkları, viseral anjina nedeni olan mezenterik ve çöliak arter darlıkları da dilate edilir. Subklavian ve baziler arter darlıklarında, greft ve anastomotik stenozlarda da PTA ile dilatasyon yapılabilir.

PTA'nın komplikasyonları, damara giriş yerinde, kanama, tromboz, psödoanevrizma; incelenen damarda ve distalinde, emboli, tromboz, diseksiyon, perforasyon ve tıkanma; kateterin kendisinde ise balonun yırtılmasıdır. Tromboz, diseksiyon ve lezyonun distaline geçememe yöntemin akut komplikasyonlarıdır. Stenoz 3 ay-1 yıl arasında intimal hiperplaziye bağlı olarak tekrarlayabilir. Bir yıldan sonra başka bir yerde stenoz ortaya çıkabilir. Giriş yeri komplikasyonları dışında arteriyel rüptür, distalde emboli ve renal PTA'da renal enfarkt ve renal yetmezlik gibi komplikasyonlar görülebilir. Bunlarda emboli %3-5 oranında görülür ve sanıldığı kadar önemli değildir. Giriş yerinde hematom oluşumu sıktır.

Subintimal anjiyoplasti: Özellikle femoropopliteal bölgenin uzun segment kronik tıkanmalarında denenmektedir. Tıkalı segmentin proksimalinden intima ile media arasına uygun kılavuz tel ve kateter ile girilerek bilinçli bir şekilde diseksiyon yapılır. Diseksiyon tıkalı segment boyunca ilerletilir ve dar segmentin distalinden tekrar lümen içine geçilir. Gerçek lümene geçildiği kateterden kontrast madde verilerek doğrulanır. Kılavuz tel üzerinden ilerletilen uzun balonlar ile yaratılan diseke lümen dilate edilir. Nadiren subintimal giriş ve çıkış bölgelerini stentlemeye gerek duyulur.

Subintimal anjiyoplastinin bazı avantajları mevcuttur. İlki yaratılan lümenin aterom plağı içermemesidir ki uzun dönem açık kalma açısından önemlidir. İkincisi uzun segment tıkanıklıklarda yöntemin daha başarılı olmasıdır. Plak rüptürünün daha az yapılması ve buna bağlı olarak embolik komplikasyonların az olması diğer bir avantajıdır. İyi standardize edilmiş bir tekniğe sahip olunsa da teknik başarı oranları %36-80 arasında değişmektedir. Uzun dönem açık kalma oranları % 36 ile % 58 arasında değişmektedir. Bu değerler özellikle bacak kurtarma amaçlı girişimler için tatmin edici düzeydedir.

Intravasküler stent koyma

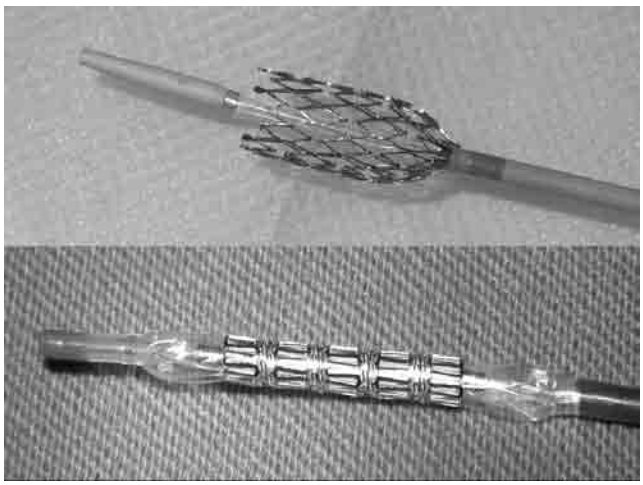
İntravasküler stentler genelde perkütan balon anjioplastinin sık görülen elastik olarak geri kapanma ve intima diseksiyonu sorununu çözmek için kullanılır. Damar darlıklarında stent koymanın temel endikasyonları uzun segment stenozları, tam tıkanıklık, etkisiz veya başarısız PTA, PTA'dan sonra tekrarlayan stenoz, stenozda ülsere aterom plağı ve ostial lezyonlardır. Stenozun %30'dan fazlasının kalması, basınç farkının 5 mmHg'dan daha fazla olması, sert kalsifik plak ve PTA'yı izleyen geniş bir diseksiyon flepinin varlığı PTA'nın etkisiz veya başarısız olduğunu gösteren bulgulardır.

İntravasküler stentlerin en popüler olduğu alan koroner arterlerdir. İliak ve renal arterlerde de başarı ile kullanılmaktadır. Femoro-popliteal arterlerdeki uygulamaların sonuçları cesaret vericidir. Renal arterlere konulan stentlerin uzun sürede 2/3 oranında açık kaldığı bildirilmektedir. Transjugüler intrahepatik portosistemik şant (TIPS) işleminde şant, greftle sağlanır. Vasküler stentlerin diğer bir kullanım alanı da İVC ve SVC'deki malign orijinli obstrüksiyonlardır.

Stentlerin yüzeyi haftalar içerisinde endotelle örtülür. Bu işlem tamamlanmadan önce, yavaş veya türbülan akıma bağlı olarak stent içerisinde trombüs oluşabilir. Stentin tümüyle endotelize olması, sadece anastomoz yerleri endotelize olabilen cerrahi greftlere üstünlüğüdür. Trombüs oluşumu ve aşırı intimal hiperplaziye bağlı daralma, yöntemin en önemli başarısızlık nedenleridir. Trombüs formasyonu antikoagülan tedavi ile önlenebilir.

Stentler: Anjioplasti ile yapılan genişletmenin yeteri kadar devamlı olmadığı durumlarda açıklığı sağlamak için kullanılan dayanıklı silindir şeklinde kafeslerdir. Kendiliğinden genişleyenler ("self-expanding") ve balonla genişletilenler ("baloon-expandable") olmak üzere ikiye ayrılır (Resim 1.54). Kendiliğinden genişleyenler paslanmaz çelik veya nitinol'den yapılmıştır; büyük boyutlarda üretilebilirler.

Çelik stentlerin en bilinen ticari örneği Wallstent'tir. Nitinol tipte üretilen kendiliğinden genişleyen birçok stent mevcuttur. En bilinenleri S.M.A.R.T, Symphony,



Resim 1.54 Stent örnekleri.Üstte üzerindeki kateteri geri çekince serbestleşen kendinden açılan stent, altta balon üzerine yüklenmiş balon ile açılan stent.

Sinüs, Luminex stentlerdir. Bu stentler yerleştirilmeden önce genellikle, yerleştirilecek bölgenin stent çapına uygun olacak şekilde balon ile dilatasyonu gerekir. Stentler, üzerindeki kılıfın çekilmesiyle damar içinde hızla serbestleşir ve gerçek çapına ulaşırlar. Çok esnek olmaları, zorlu kink ve damar kıvrımlarını rahatça geçmelerini ve açıldıklarında pürüzsüz şekilde damar şeklini almalarını sağlar. Nitinol olanların radiyal güçleri daha azdır. Sert kalsifik ostial lezyonlarda tercih edilmezler.

Balonla genişletilen stentler tantalyum veya paslanmaz çelikten yapılmıştır; diğerlerinden daha az esnektir. Balon üzerine yüklenmişlerdir. Kısa boylu stentlerdir. Boyları 1-5 cm arasında değişir ancak bazı firmalarda 7 cm'ye kadar uzunlukta olanları da mevcuttur. Bu türün ticari örnekleri Strecker, eski ve yeni jenerasyon Palmaz stentlerdir. Renal, femoropoliteal, koroner gibi küçük damarlarda tercih edilirler. Özellikle kalsifik ostial lezyonlarda daha başarılıdırlar. Büyük çapta olanları aort arkusundan çıkan büyük damarların tıkayıcı lezyonlarında başarı ile uygulanmaktadır. Çok ileri darlıklar hariç, darlık bölgesi ön dilatasyona gerek duyulmadan tek seferde kolayca stentlenebilir. Venöz tıkanmalarda da kullanılabilirler. Eklem bölgelerinde tüm metal stentlerde kırılma riski vardır. Balonla genişletilen stentlerde bu risk daha yüksektir.

Stentlerin bir bölümünün içleri politetra fluoroetilen ile kaplanmıştır. Bunlara stent grefleri adı verilir. Bu tür stentler lümen içindeki kanın dışarıya sızmasını önler. Periferik arterler için kapalıyken şaftı 7-12 F, aort için 24F'e kadar değişen boyutlarda stentler kullanılır. Koroner arterler ve femoropopliteal düzey için ilaçla kaplı stentler geliştirilmiştir.

İliak arter stentlerinde 5-yıllık açık kalma oranı %90'nın üzerindedir. Bu değer PTA'nın sonuçlarından iyidir. Diğer damarlarda bu iki yöntemin başarısını belirleyecek kadar yeterli veri henüz yoktur.

EMBOLİZASYON

Damarın bazı maddelerle tıkanması işlemidir. Genel olarak arterler tıkanır, bazı durumlarda venöz sistem de tıkanabilir. Temel endikasyonları, kanamaların durdurulması, AVM gibi vasküler anomalilerin hemodinamiklerinin ortadan kaldırılması, tümörlerin küçültülmesidir. Hipersplenizm, priapizm ve varikosel tedavisi diğer uygulama alanlarıdır.

Damarın proksimalden tıkanması cerrahi olarak damarı bağlamanın karşıtıdır. Kollateraller akımı önleyemeceği için kanamanın kontrolünde etkisiz olabilir. Distal embolizasyon ise genellikle nekroza neden olur. Tümör, vasküler lezyonlar, varisler ve preoperatif olarak yapılan devaskülarizasyonda kalıcı embolizasyon yapılır. Sindirim borusu kanamalarında ise vazopressin infüzyonu kanamayı durdurmaya yetmemişse gelfoam ile geçici embolizasyon yapılır. Elektrokoagülasyon ve direkt perkütan embolizasyon diğer embolizasyon yöntemleridir.

Embolizasyon kateteri olabildiğince selektif yerleştirilmeli çevredeki normal vasküler yatak embolize edilmemelidir. Embolize edilen bölgede akım yavaşladığı için embolize materyal geriye doğru taşabilir. Bunu önlemek için ya floroskopik kontrol altında embolize materyal az miktarda verilir, ya da balonlu kateterler kullanılır. Balonlu kateterle arterin proksimali tıkanarak reflü önlenmeye çalışılır. Opak olmayan embolik materyal mutlaka kontrast madde ile birlikte verilip dağıldığı alan floroskopik olarak kontrol edilmelidir.

Santral sinir sistemi, aşağı gastrointestinal sistem ve periferal ekstremite damarlarında, daha önce cerrahi uygulanmış alanlarda ve ateroma gibi nedenlerle vasküler yetmezliği olan bölgelerde embolizasyon çok dikkatle yapılmalıdır. İşlemden önceki ve sonraki durum alınan anjiogramlarla belgelenmelidir.

Embolizasyon materyali

Embolik materyal damarda geçici veya kalıcı tıkan-

maya neden olabilir. İdeal embolik madde toksik olmayan, trombojenik, kateterden injeksiyonu kolay, radyoopak, hızlı ve kalıcı etkili ve steril olmalı; farklı şekil ve boyutlarda hazırlanabilmelidir. Günümüzde kullanılan maddelerden hiçbiri bu özelliklerin tümünü taşımaz. Bu nedenle embolizasyon materyali embolizasyonun tipine ve radyologin tercihine göre belirlenir.

Gelatin "sponge"lar geçici tıkanma yapar. Daimi tıkama yapan embolik materyalin başında değişik boyutlarda üretilmiş çelik tel sargılar ("coil") gelir. Bu tür koiller proksimal tıkamada kullanılır. Daha distaldeki bir tıkama için platinden yapılmış mikrokoiller kullanılır. Kateter uçlarına monte edilen ayrılabilir balonlar büyük damarların tıkanmasında, özellikle pulmoner AVM'lerde ve karotid-kavernöz fistülün kapatılmasında tercih edilir. İnternal karotid arterin petrozal ve kavernözal anevrizmalarında, test oklüzyonu gereken olgularda da kullanılır. Polivinil alkol (Ivalon) distal tıkama oluşturan 50-1000 μm boyutunda partiküllerdir; albümin-kontrast madde karışımı içerisinde suspansiyon şeklinde verilir.

Mutlak alkol doku nekrozuna neden olur; şantı ve reflüyü önlemek amacıyla damarın proksimali balonla tıkanarak verilir. Malign tümörlerde doz 1mL/kg'dır. Koagulasyon nekrozuna neden olur. Solid organ nekrozlarında kullanılır.

Plastik polimerler ise (cyanoacrylate) dokuya ve katetere hızla yapışan kuvvetli yapıştırıcılardır; AVM'lerin tıkanmasında lipiodol ile karıştırılarak kullanılır. Günümüzde kullanılan embolizasyon materyali Tablo 1.23'te sunulmuştur.

Akut kanamalar

Embolizasyon, genel durumu kötü veya koagülopatili olgularda cerrahinin alternatifi olarak kullanılır. Cerrahi olarak ulaşılamayan masif kanamalarda hayat kurtarıcı olabilir. Yöntem gastrointestinal kanamaların kontrolünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sol gastrik, hepatik, gastro-duodenal ve gastroepiploik arterler selektif olarak embolize edilir. Bu bölgede zengin kolleteral ağı nedeniyle enfarkt nadirdir.

Tablo 1.23 Embolizasyonda kullanılan maddeler ve özellikleri

Madde	Yapısı	Tıkanan kesim	Opasitesi	Tıkama süresi
Makrokoil (0.035-0.038 inç)	Paslanmaz çelik Platin	Proksimal	Mükemmel	Kalıcı
Mikrokoil (0.010-0.018 inç)	Platin	Proksimal	Mükemmel	Kalıcı
Polivinil alkol süngeri	Denatüre etanol partikülleri	Distal, partikül boyutuna göre arteriyoler seviyeye kadar	Kontrast madde ile karıştırılır	Geçici
Ayrılabilir balon	Silikon balon	Tıkanacak boyuta göre şişirilir	İzoozmolar kontrast madde ile şişirilir	Kalıcı
Tutkal	Cyanoacrylate'ın polimerizasyonu	Distal, polimerizasyon hızına göre	Ethiodal ve tantalum tozu ile karıştırılır	Kalıcı
Onyx	Etilen vinil alkol kopolimer (EVOH), Dimetil sülfoksil içerisinde çözülmüş	Distal, polimerizasyon hızına göre	Tantalum tozu	Kalıcı
Alkol	Sklerozan madde	Distal, kapiller seviyeye kadar	Kontrast tozla karıştırılır	Kalıcı
Gelatin sünger	Pürifiye edilmiş domuz derisinden derive	Proksimal, parçaların boyutuna göre	Opak değil, kontrastla birlikte enjekte edilebilir	Geçici
Mikrosfer	Akrilik polimer	Distal, kürelerin boyutuna göre, arteriyoler seviyeye kadar	Kontrast madde ile karışıktır	Bilinmiyor

"Mallory-Weiss" yırtıkları, peptik ülser, tümör, travma, anevrizma, vasküler malformasyon ile biyopsi veya cerrahiye bağlı iatrojenik kanamalar embolizasyonla durdurulabilir. Perkütan transhepatik yolla portal vene girilerek varis kanamaları kontrol edilebilir. Travmatik, postoperatif ve biyopsi sonucu oluşan hepatik kanamalarda embolizasyon uygulanabilir. Renal arterler kolayca kateterize edilerek branş arterleri embolize edilebilir. Epistaksis, hemoptizi ve jinekolojik kanamalar da embolizasyonla kontrol edilebilir.

Tümörler

Tümör embolizasyonu küratif, preoperatif veya palyatif amaçla uygulanır. Hemanjiom, paratiroid adenomu ve benign kemik tümörlerinde embolizasyonun sonuçları küratiftir. Preoperatif embolizasyonun başlıca uygulama alanı renal adenokarsinomlardır. Cerrahiden günlerce önce yapılan embolizasyon operatif kan kaybını azaltır; ameliyat süresini kısaltır; tümörün çıkarılması sırasında malign hücrelerin dağılma olasılığını düşürür. İnoperabl malignitelerin ve metastazların embolizasyonu yaşam süresini uzatır ve hastanın genel durumunu düzeltir. Bu amaçla radyoaktif emboliler de kullanılabilir. Malign endokrin tümörlerin hormonal etkilerinin bu yöntemle ortadan kaldırılması hastanın kliniğini önemli ölçüde düzeltir. Vasküler nazofarenks tümörlerinde embolizasyonla başarılı sonuçlar alınır (Resim 1.55).

Vasküler anomaliler

Vasküler malformasyonlar, arteriovenöz şantlar, vasküler orijinli benign tümörler ve belirli boyuttaki anevrizmalar embolizasyonla tedavi edilebilirler. Arteriyovenöz malformasyonlarda cerrahi zor ve tehlikeli olabilir. Bu nedenle yöntem yalnız başına veya cerrahi ile birlikte uygulanabilir. Pulmoner arteriyovenöz malformasyonların embolizasyonunda emboli materyalinin sistemik dolaşıma geçmemesine dikkat edilmelidir. Bu nedenle pulmoner embolizasyonda sıvı veya partikül değil ayrılabilir balon ve koiller kullanılır. Patent duktus arteriozus ve patent foramen ovale gibi şantlar, damar çaplarına göre %20-40 oranında genişleyen tıkayıcı ve trombojenik özellikte çelik kafeslerle (Amplatzer) kapatılır.

Hepatik arteriyel embolizasyon

Karaciğerde en sık yapılan işlem embolizasyondur. Tümörlerde ve travmada kanamayı durdurmak amacıyla yapılır. Karaciğerin hem portal hem arteriyal sistemden kanlanması enfarkt oluşmadan embolizasyon yapılmasına izin verir. Tümörlerde amaç yaşam sü-



A B

Resim 1.55 Hipervasküler nazofarenks tümöründe embolizasyon. A.Embolizasyondan önce eksternal karotid anjiografi. B. Embolizasyondan sonra tümörün vaskülarizasyonu kaybolmuş.

resini uzatmak ve varsa endokrin semptomları gidermektir. Hepatik arter akımının kesilmesi primer veya ikincil hepatik neoplazmlarda iyi sonuç verir. Tümör karaciğerin %50-75'ini tutmuşsa embolizasyon kontrendikedir. Hepatoselüler karsinom, nöroendokrin tümörler, melanom, sarkom ve kolorektal kanser metastazları embolize edilirler. Hepatoselüler kanserlerde yapılan embolizasyonla birlikte lipiodol de verilerek tümörün boyut değişikliği izlenebilir. Normal veya sirotik karaciğer lipiodolü 1 hafta tutarken, HCC 1 yıl tutar. Travmaya bağlı durdurulamayan kanamalar koille embolize edilebilir.

Cerrahi yolla hepatik arterin bağlanması hızlı teşekkül eden kollateraller nedeniyle başarılı olmaz. Embolizasyonda hepatik arterle birlikte perifer dallar embolize edildiğinden revaskülarizasyon uzun süre alır. Karaciğer tümörünün boyutunu küçültmek, lokal semptomları gidermek, tümörün büyümesini yavaşlatmak, endokrinal tümör metastazlarında hormonal aktiviteyi azaltmak hepatik embolizasyonun endikasyonlarıdır. Embolizasyon, anjiografide vasküler görülen tümörlerde daha başarılıdır.

Bazen yöntem preoperatif olarak tümörün vaskülarizasyonunu azaltmak amacıyla uygulanır. Travmayı veya biyopsi gibi bir işlemi izleyen ve hemobiliye neden olan arterio-safra fistüllerin ve multipl AV şantların (Osler-Weber-Rendu hastalığı) oklüzyonunda da hepatik arter embolizasyonu yapılabilir.

Kateter olabildiğince lezyona yakın konmalıdır; kateterin ucu sistik arterin ayırım yerini geçmelidir. Bu her zaman mümkün olmayabilir. Embolik materyal kontrast madde ile karıştırılarak floroskopik kontrolle yavaş yavaş verilir. Embolizasyon materyali olarak kemoterapötiklerle birlikte 100-500 μm boyutlarında polivinil alkol partikülleri ve gelatin mikrosferler kullanılır.

Dalak embolizasyonu

Travmada ekstravazasyonu önlemek için koil ile embolizasyon yapılabilir. Hemolitik anemi, splenik ven trombozu, portal hipertansiyon, tümörler, infiltratif hastalıklar, miyelofibroz ve polisitemia vera splenomegaliye ve hipersplenizme neden olabilir. Anemi, trombositopeni ve splenomegali bulguları veren hipersplenizmde tedavi splenektomidir. Genel durumu bozuk, koagülopatisi olan ve bu nedenle cerrahinin uygulanamadığı olgularda embolizasyon alternatif bir yöntemdir. Embolizasyonda 355-500 μm boyutlarında polivinil alkol partikülleri ve 500-700 μm boyutlarında gelatin mikrosferler kullanılır. Dalağın %60-70'i nekroze edilir. İşlemin komplikasyonu olarak apse gelişimi sıktır. Embolizasyonu izleyen günlerde embolize organda nedeni bilinmeyen gaz görünümleri ortaya çıkar.

Priapizm

Spontan priapizmde medikal tedavi etkisiz olabilir; cerrahi tedavi kalıcı impotans oluşturur. Bu durumda en uygun yöntem kalıcı olmayan materyalle embolizasyondur.

Portal embolizasyon

Perkütan transhepatik portografi ile gastro-özofajeal varislere selektif injeksiyonlar yaparak damarların oblitere edilmesi yöntemidir. Akut kanamalı hastalarda balon tamponadı veya vazopressin injeksiyonu kanamayı durdurmuyorsa veya transözofajeal skleroterapi yapılamıyorsa portal embolizasyon, alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir. Yöntem zordur ve ince teknik gerektirir. Bu nedenle özel merkezlerde uygulanmaktadır.

Anjiogram veya US ile girilecek dal belirlendikten sonra 40 cm uzunluğunda 5F'lik polietilen kateterle kılıflanmış iğne, intrahepatik portal ven dalına sokulur. İğne çekilerek kateter variköz venlere doğru itilir. Gerekirse kateter 7F'lik ile değiştirilir. Distal venler embolize edildikten sonra ana ven bloke edilir. Bu amaçla jelfoam, Lyodura, %50 dekstroz ve mutlak alkol kullanılabilir. Yöntemin başarı oranı %73 olarak bildirilmiştir. %40-65 olguda ortalama dört ay sonra tekrar kanama olması yöntemin dezavantajıdır.

Portal ven embolizasyonu varis kanaması dışında günümüzde daha çok sağ lobektomi yapılacak olgularda, sol lob hipertrofisi sağlayarak hastayı opere edilebilir hale getirmek için uygulanmaktadır. Bu amaçla genellikle sağ lob veya sağ lobla birlikte segment IV embolize edilir.

Adrenal venöz obliterasyon

Adrenal ven yaralanmalarında sürrenal bezinde enfarkt geliştiği eskiden beri bilinmektedir. Cushing sendromunda ve adrenal adenomanın oluşturduğu primer aldosteronizm olgularında hipertonik dekstroz ve mutlak alkol gibi sklerozan sıvılar kullanılarak, adrenal ven embolizasyonu yapılabilir. Metabolik kriz ve ölüm olayları bildirildiği için yöntemin çok iyi seçilmiş olgularda uygulanması gerekir.

Varikosel

Testiküler venin embolizasyonu ile varikoseller oblitere edilirse buna bağlı infertilite düzelebilir.

Arteriyovenöz malformasyonlar

Normalde arteriyel yolla embolize edilirler. Bazen venöz yol embolizasyon için daha uygun olur. Venöz yolla embolizasyonda pulmoner emboli olasılığı yüksektir.

Embolizasyonun komplikasyonları

Kontrast madde reaksiyonları embolizasyonun genel komplikasyonudur. Uygulamadan hemen sonra erken görülen komplikasyonlar; ağrı, bulantı, ateş, normal yapıların embolize edilmesi, emboli materyalinin vasküler yapılar içinde kaybı, pulmoner embolizasyon ve emboli materyaline reaksiyondur. Özellikle büyük hacimde doku iskemisine neden olan embolizasyonda, postembolik sendrom adı verilen ağrı, ateş, lökositoz, bulantı ve genel bir düşkünlük halinden ibaret bir-iki gün süren bir tablo ortaya çıkar. İstenmeyen kesimlerdeki doku nekrozu, enfarkte endokrin dokudan hormonal maddelerin serbest kalması, dehidratasyon ve masif doku nekrozu nedeniyle gelişen renal yetmezlik de post-embolik sendromla birlikte geç görülen komplikasyonları oluşturur.

İLAÇ İNFÜZYONU

Başlıca verilen ilaçlar kanamalarda vazokonstrüktörler, spazmalarda vazodilatatörler ve trombüs eritilmesi için verilen trombolitik maddelerdir. Vazokonstrüktör olarak sindirim borusu kanamalarında 0.2-0.4 U/dak vazopressin (pitressin) verilir. Koroner arter hastalığı, hipertansiyon ve aritmi ilacın verilmesinin kontrendikasyonudur. Vazodilatatörlerden düz kas gevşeticisi olan papaverin mezenterik iskemide 1 mg/dak dozunda verilir. Periferal spazmın çözülmesinde ise doğrudan kas gevşetici olan Tolazoliyane (priscolin) 25mg IA, nitrogliserin 100μg IA ve IV, ve kalsiyum kanal blokeri olan nifedipin ise dil altına 10mg dozda verilir.

Trombolizis

Trombolitik ajan olarak streptokinaz, ürokinaz (UK) ve alteplase (rt-PA) vardır. Antijenik yan etkisi nedeniyle streptokinaz artık kullanılmamaktadır. rt-PA'nın da çok daha pahalı olmasına rağmen ürokinaza bir üstünlüğü yoktur. UK renal hücre kültüründen elde edilir; dozu 100.000 U/saat'tir, yarılanma ömrü 10 dakikadır, tedavi etki süresi 24 saattir, %10 oranında kanama görülür.

Trombolizisin temel endikasyonları arteriyel greftin trombozu, damarda akut trombüs (özellikle alt ekstremite arterlerinde akut gelişen tromboz veya emboli), pulmoner arterde emboli ve aksiller-subklaviyan, portal, superior mezenterik venlerin ve IVC trombüsleri ve diyaliz şant trombozlarıdır. İşleme başlamadan önce daima tanısal bir anjiogram elde edilmelidir.

Trombolizis tekniği düşük doz, yüksek doz ve puls sprey çok yüksek doz olarak sınıflandırılır. Düşük doz tekniğinde 100.000 UK 4 saat süreyle verilir, anjiogram tekrarlanır daha sonra 125 U/saat devam edilir. Puls sprey tekniğinde ise boluslar şeklinde saatte toplam 600.000 U verilir; bolusların arası 30 sn'dir ve her bolusta 5000 U verilir.

Koaksiyal kateter ile infüzyon en iyi yöntemdir. Bunun için 5F kateter trombüsün proksimal kesimine yerleştirilir. Bu kateter içerisinden çok delikli infüzyon teli (Katzen) trombüsün distaline sokulur. UK her iki yoldan verilmeye başlanır.

Trombüsün taze olması (<3 ay), trombüs çevresinden akım varlığı ve trombüs içerisine kateterin yerleştirilmesi başarılı bir girişimi sağlayan faktörlerdir. İnfüzyona başladıktan 12 saat sonra trombolizis görülmezse ve önemli komplikasyonlar gelişirse işleme son verilir. Trombozun %95'inin eritilmesi ve yeterli kan dolaşımının sağlanması başarı kabul edilir. Pıhtı eritildikten sonra daima altındaki lezyon tedavi edilmelidir. Başarı oranları greft trombüslerinde %90, damar trombüslerinde %75'dir. Ürokinaz infüzyonu ile birlikte hasta heparinize de edilir. Hastalar yoğun bakım ünitelerinde izlenmelidir.

Doku plazminojen aktivatörü (t-PA) vücuttaki hücrelerden, özellikle de endotelden salgılanır. Tedavide kullanılan şekli rekombinant gen teknolojisiyle üretilir ve alteplase veya rekombinant t-PA (rt-PA) adı altında piyasaya sürülmüştür. Başlangıçta 5-10 mg verilir, daha sonra 0.25-0.5 mg/sn hızla infüzyonla devam edilir. Alınan cevaba göre toplam doz 50-100 mg arasındadır.

Aktif kanama, intrakraniyal lezyonlar (inme, tümör, yeni cerrahi) gebelik, enfekte trombüs ve cansız ekstremite yöntemin mutlak kontrendikasyonlarıdır. Cansız ekstremitede revaskülarizasyon aşırı laktik asit ve miyoglobin açığa çıkmasına ve akut renal yetmezliğe ve kardiyovasküler kollapsa neden olur. Kanama

diyatezleri, kardiyak trombüs, malign hipertansiyon yakında geçirilmiş büyük bir cerrahi ve lohusalık görece kontrendikasyonlarıdır.

Trombolizisin komplikasyonları kanama, distal embolizasyon, perikateter trombozisidir. UK verilmesinin sonlandırılmasına, cerrahi girişime veya transfüzyona neden olacak kadar kanamalara büyük kanama adı verilir ve %7 oranda görülür. İntrakraniyal kanamalar veya giriş yerinden masif kanamalar bu tür kanamalardır. Daha küçük kanamalar da %7 oranında görülür. Komplikasyonlar nedeniyle %10 olguda işlem durdurulur.

Kemoterapötik infüzyon

Selektif arteriyel kateterizasyon yapılarak kemoterapötiğin doğrudan tümörü besleyen damar içine verilmesidir. Başlıca primer ve metastatik karaciğer tümörlerinde, kemik neoplazmlarında, sarkom, melanom ve pelvik neoplazmlarda uygulanır.

Konstriktör maddelerin infüzyonu

Farmakolojik aktif maddelerin selektif olarak arteriyel veya venöz yolla verilmesi, arteriografi veya venografinin kalitesini yükseltmek gibi diyagnostik bir amaç taşıyabileceği gibi, birçok vasküler lezyonun tedavisinde de kullanılabilir. Gastrointestinal kanamalarda vazopressin verilir. Vazopressin infüzyonunun mide kanamalarında başarısı yüksektir.

Dilatatör maddelerin infüzyonu

Tolazolin, histamin, papaverin, rezerpin ve prostoglandinler selektif olarak verilerek arteriografilerin diyagnostik kalitesi arttırılabilir. Bu maddelerin bazıları mezenterik iskemi, Raynaud hastalığı, ergotizm, donma ve ateroskleroz gibi iskemik ve vazospastik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Kısa sürede başarılı sonuçlar alınmasına rağmen, uzun vadeli tedavinin çok başarılı olduğu söylenemez.

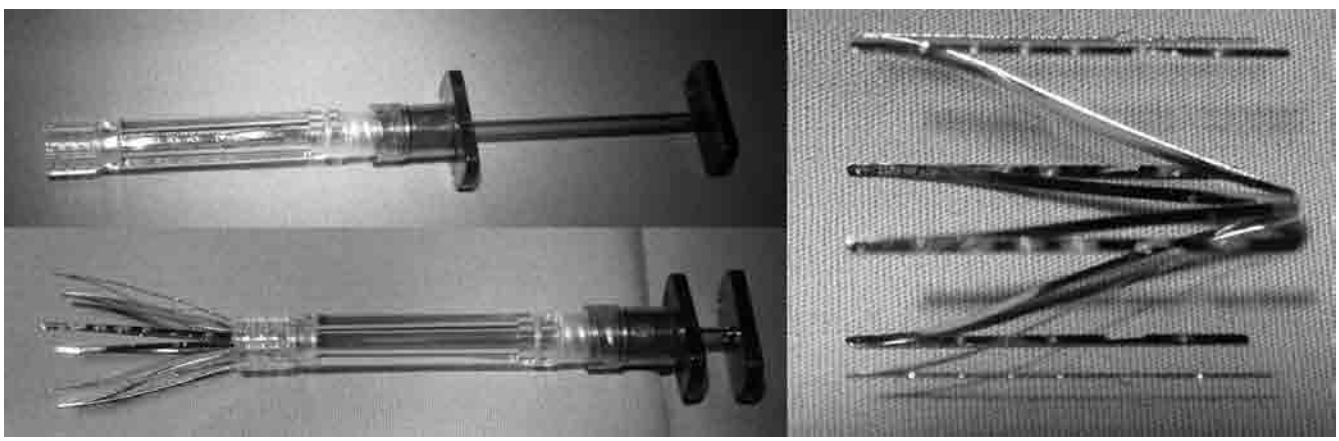
DAMAR PROTEZLERİ

IVC Filtreleri (Resim 1.56)

Temel endikasyonu derin ven trombozu ve/veya pulmoner embolizimdir. Bu olgularda filtre koyma endikasyonları, antikoagulasyonun yetersiz olması, kontrendike olması veya komplikasyonlarının gelişmesi ve IVC içerisinde yüzen trombüs varlığıdır. Pulmoner rezervi düşük olgularda, pulmoner venöz trombolizis ve embolektomi geçirmiş olgularda çok sayıda veya spinal yaralanması olanlarda da koruyucu olarak takılır; ancak koruyucu kullanım şekli tartışmalıdır.

Önce tek duvar aspirasyon tekniği ile sağ femoral vene girilir. IVC venogram elde edilerek renal ven seviyesine (L_1-L_2 seviyesi) kadar damarın açık olduğu gösterilir. Filtrenin kendisi de trombozise neden olabileceğinden renal ven seviyesinin altına yerleştirilir (Resim 1.57). Renal ven seviyesinin üzerine yerleştirmenin gerekli olduğu durumlar, İVC'nin renal vene kadar trombozla dolu olması, renal venden İVC içine trombüs taşması, hamilelerde uterus tarafından sıkıştırılma olasılığıdır.

Olguların %10'unda filtre yerleştirilmesine bağlı trombüs gelişir, %3 olguda filtreye rağmen pulmoner emboli görülür. Filtrenin yerleştirilen yerden ayrılması %1'den az olguda görülen bir komplikasyondur. Giriş yerinde hematom gibi komplikasyonlar da görülebilir.



Resim 1.56 Plastik taşıyıcısına yüklü vena kava filtresi. Filtreler itilerek serbestleştirilir.



Resim 1.57 IVC filtresi. A. Filtreyi yerleştirdikten sonra yapılan kontrol venografi. B. Filtrenin tam açılmış şekli. Kontrast maddenin üriner sistemden atılmasına bağlı olarak toplayıcı sistemler görülüyor. Solda çift toplayıcı sistem

Son yıllarda geçici, çıkartılabilir filtreler geliştirilmiştir. Bu filtreler antikoagülan tedavinin kısa süreli, sakıncalı ya da kontrendike olduğu durumlarda yerleştirilir. Son bir ay içerisinde venöz tromboemboli geçirmiş olgularda cerrahi uygulandığında yeterli antikoagülasyon yapılamayacağı için geçici filtreler iyi bir çözüm gibi görülmektedir. Bu filtreler bir ay süre ile durabilir, gerekirse bırakılabilir, ancak bir aydan sonra çıkarılması risklidir ve genellikle de mümkün değildir.

Transjuguler intrahepatik portsistemik şant (TIPS)

Normalde portal ven basıncı 5-10 mm Hg, portosistemik basınç farkı (örneğin sağ atrium ile portal ven arasındaki) ise 3-6 mm Hg'dır. Portal ven basıncının 11 mm Hg'yı, portosistemik basınç farkının da 6 mm Hg'yı geçmesi portal hipertansiyondur ve varis ve kanama gibi komplikasyonlara neden olur.

TIPS'in temel endikasyonu, endoskopik olarak durdurulamayan varis kanamaları ve tedaviye rağmen asiti düzelmeyen (refrakter asit) portal hipertansiyon olgularıdır. Diğer endikasyonları transplantasyonu bekleyen olgularda zaman kazanmak ve Budd-chiari sendromudur. Şantın intrahepatik olması, transplantasyonlarda sorun oluşturan konvansiyonel portokaval şantlara göre önemli bir üstünlük sağlar.

TIPS temelde bir "side-to side" portokaval şanttır. İşlemden önce US, BT veya anjiografi ile portal venin açık olduğu gösterilir. İşlem öncesi parasentezle asitin azaltılması girişime yardımcı olabilir. Giriş yolu olarak sağ internal jugular ven tercih edilir. İşlemin amacı porto-sistemik basınç farkı 12 mm Hg'nın altına düşürmek ve varisleri dekomprese etmektir.

Portal ven trombozu, polikistik karaciğer hastalığı,

hepatik yetmezlik, şiddetli hepatik ensefalopati, karaciğerde büyük hipervasküler tümör varlığı, şiddetli sağ kalp yetmezliği ve aktif enfeksiyon işlemin kontrendikasyonlarıdır.

Sağ internal jugular venden girilerek hepatik ven basıncı ölçülür ve venogram yapılır. 9F'lik bir anjiografik kılıf sağ veya orta hepatik ven içerisine ilerletilir. Bu kılıf içerisinden sokulan ucunda 16-"gauge" iğne taşıyan 7.5F'lik kateterle (Colapinto transjuguler iğne) US veya floroskopi kılavuzluğunda öne doğru ilerleyerek karaciğer dokusu içerisinden geçilir ve sağ portal vene girilir. Portal venin ekstrahepatik segmentine girmemeye özen gösterilmelidir. İğne, kılavuz telle değiştirilerek sokulan kateterden basınç ölçümleri ve portografi yapılır.

Hepatik ven ile portal ven arasındaki yol PTA balonları (8 mm) ile genişletilir ve 10 mm'lik stent (Palmaz veya Wallstent) yerleştirilir. Stent, basınç farkı 10 mm Hg'nın altına düşene kadar genişletilir. Asitli olgularda bu değerin 15 mm Hg'nın altına düşmesi yeterlidir, daha fazla düşmesi hepatik ensefalopatiye neden olabilir. Tekrar venografi yapılarak özofagus varislerinin dolup dolmadığına bakılır; eğer doluyorsa koille varisler embolize edilebilir.

Karaciğer içerisindeki işlemler US ile izlenir.

İşlemin teknik başarı oranı %95 civarındadır. Stentin bir yıl açık kalma oranı ise %20-66 arasında (ortalama %50) değişir. Bu oran ek girişimler ile %72-83'e kadar çıkarılabilir. Olguların yaklaşık %10'nunda varis kanamaları tekrarlar.

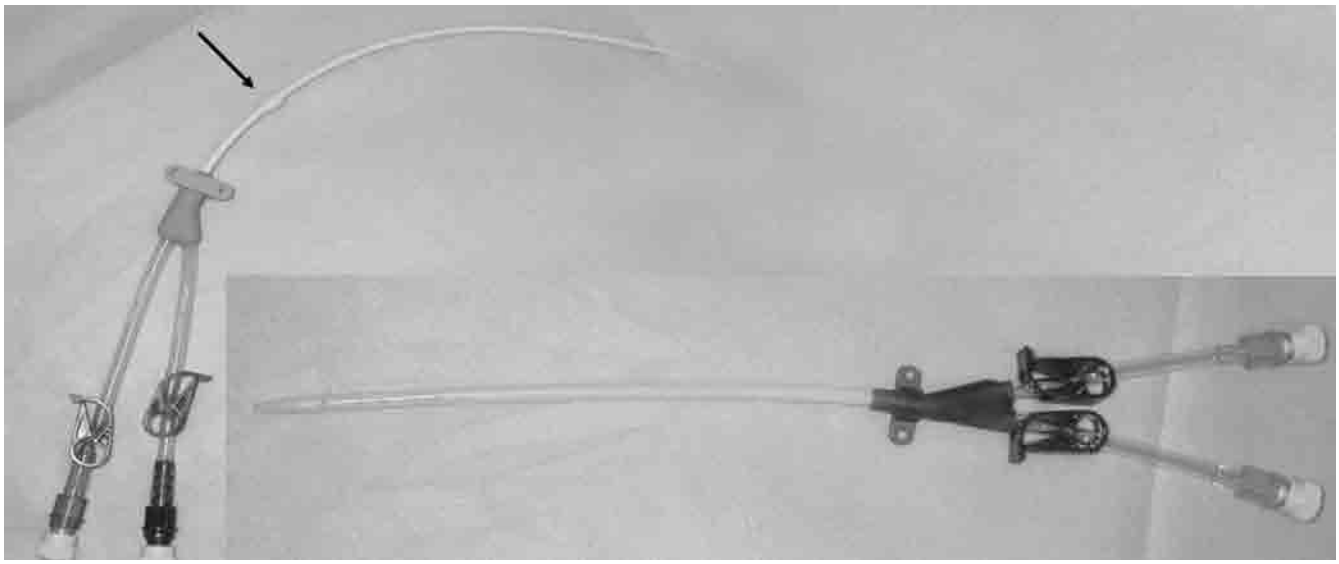
İşlemin komplikasyonları hepatik ensefalopati (%10), kanama (%1-2 intraperitoneal kanama, %5'ten az oranda hemobilia) şant trombozu veya stenozu (%10-15) ve sepsistir (%2-5). Hepatik ensefalopati, basınç farkının 10 mmHg'dan daha aşağı düşürüldüğü olgularda sık görülür.

Akımın olmamasına veya portal uçta 50-60 cm/sn'den daha düşük olması, karaciğer içerisindeki portal venlerde hepatopedal akım görülmesi, tekrar asit saptanması, varislerin gelişmesi ve umblikal venin rekanalizasyonu şantın yetersiz olduğunu gösteren bulgulardır.

Santral venöz yol açma

Santral venöz yol açma, birçok malign, enfeksiyöz ve kronik hastalıkta tedavinin sürdürülebilmesi için mutlak gerekli girişimlerden biridir. Başlıca endikasyonları kemoterapi uygulamaları, total parenteral besleme, İV tedaviler, kan ürünlerinin verilmesi, plasmaferez ve hemodiyalizdir. Bu girişimlerin görüntüleme eşliğinde yapılmasıyla işleme bağlı morbidite ve mortalitede anlamlı düşüşler gözlenmiş ve birçok merkezde santral venöz yol açma girişimleri girişimsel radyologların günlük mesailerinin önemli bir kısmını doldurmaya başlamıştır.

Santral venöz kateterler, ultrasonografi ve floroskopi kılavuzluğunda ana venlerden girilerek yerleştirilir (Resim 1.58). Kateterlerin distal ucu atriokaval bileşkede ya da atrium içindedir. En sık kullanılan



Resim 1.58 Santral venöz kateter örnekleri. İlk kateter tünelli diyaliz kateteri. Kateter üzerindeki dakron bant, tünel içinde çevresinde fibroz bir bariyer oluşmasını sağlar (ok). İkincisi iki lümenli kısa süreli uygulanan santral kateter.

venler internal ve eksternal juguler venler ile subklavian vendir. Erken ve geç dönem komplikasyonları daha az görüldüğü için internal juguler ven tercih edilir. Sağ internal juguler venden yerleştirilen kateterler damar duvarına daha az temas ederek kalbe ulaştığından semptomatik stenoz ve trombüs gelişme ihtimali düşüktür.

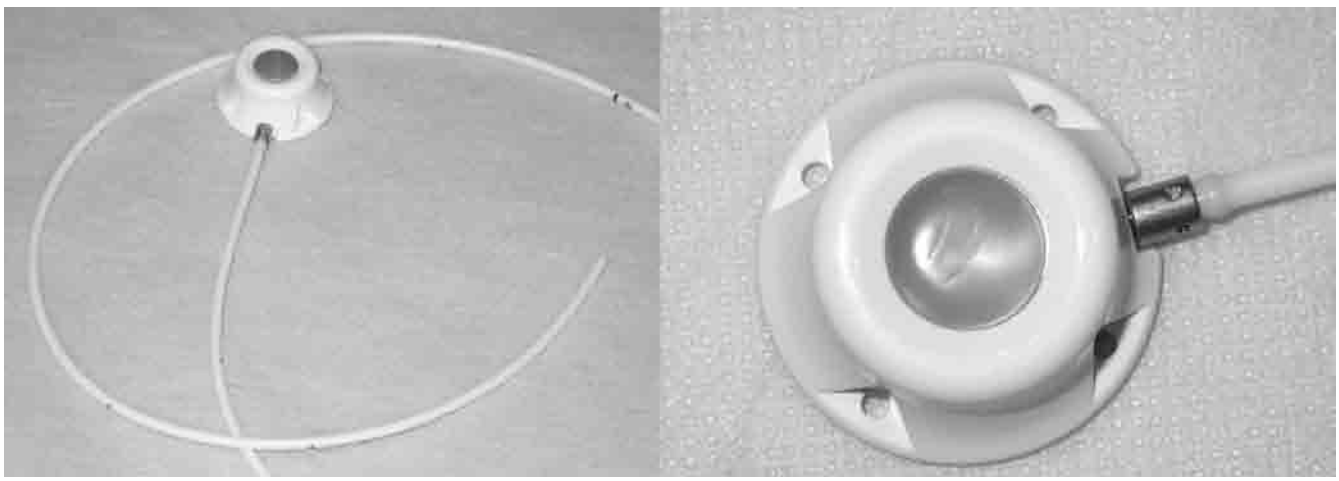
Subklavian venden yerleştirilen kateterlerde, birinci kaburga ile köprücük kemiği arasındaki kostoklavikular ligamentın yaptığı basıya bağlı olarak kateter yorulması veya kırılması ("pinch-off "sendromu) gelişebilir. Kateterin sıkışması ve kırılmasını önlemek için subklavian ven girişi kostoklavikuler bölgeden önce olmalıdır. Pnömotoraks, semptomatik ven stenozu ve trombotik komplikasyon, subklaviyan girişinde jugular girişe göre daha çok görülür. Bu iki ven kapalı ise femoral venler kullanılabilir. Femoral ven girişlerinde enfeksiyon riski yüksektir.

Kateterler tünelli olmayan kısa dönem kateterler ve tünelli kalıcı kateterler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Kısa dönem kateterlerin periferden yerleştirenleri 4-7 F çapında uzun kateterlerdir ve antekubital, bazilik ve aksiler venlerden cut-down veya perkütan teknikle takılırlar. Küçük çocuklarda safen venden de takılabilir. Genellikle düşük akımlı medikal tedavi için tercih edilirler. Santral kateterler ise acil hemodiyaliz ihtiyacında ve yoğun IV tedavi alacak hastalarda yerleştirilir. İV infüzyon tedavisi için 7 F çap yeterlidir; diyaliz için kateter çapının en az 12 F olması ve en az 250-400 ml/d akıma izin vermesi gereklidir. Ortalama kullanım süresi femoral yolda 1 hafta, subklavian ve internal jugular yolda 2 haftadır.

Kalıcı kateterler sık veya sürekli İV infüzyon tedavisi alan ve diyalize giren olgularda tercih edilir. Hastada 6 aya kadar kalabilirler. Tünelli kateterlerde kateter damar dışına çıktıktan sonra 8-15 cm'lik subkutan bir seyirle küçük bir insizyondan cildi terk eder. Bu tür kateterlerin tünel içerisinde kalan kısmında, fibröz doku oluşumunu uyararak kateterin yerinden oynamasını engelleyen ve enfeksiyona karşı bariyer oluşturan bir dakron cuff kılıf mevcuttur.

Portlar rezervuar ve kateterden oluşan, tamamı cilt altında ve kapalı bir sistemdir (Resim 1.59). Aralıklı uzun dönem IV tedavi planlanan, genellikle onkoloji hastalarında tercih edilir. Kateter cilt dışına çıkmadan subkutan doku içine yerleştirilen rezervuara bağlanır ve cilt kapatılır. Enfeksiyon riski en düşük hasta uyumu en yüksek santral venöz yoldur. Vücudun dışında gözüken bir parça mevcut olmadığından kozmetiktirler. Günümüzde diyaliz amacıyla geliştirilmiş çift rezervuarlı port kateterler de kullanılmaya başlanmıştır.

Görüntüleme eşliğinde yapılan santral venöz yol açma girişimlerinin komplikasyonları konvansiyonel tekniğe göre çok düşüktür. İşlem anında pnömotoraks, hematom arteryel yaralanma, aritmi, hava embolisi gibi komplikasyonların toplamda oranı %1-3 düzeyini geçmez. Erken dönemde (ilk 30 gün) erken enfeksiyon, kateter çevresinde trombüs ve kateter kenarından sızıntı gibi komplikasyonlar oluşabilir. Geç dönemde katetere bağlı enfeksiyon, kateterin tıkanması, venöz tromboz, venöz erozyon, enfeksiyon, kateter kırılması (pinch-off), portun ters dönmesi (Twiddler sendromu) gibi komplikasyonlar gelişebilir. Cilt giriş yeri ve tünel enfeksiyonlarında kateteri çıkarmadan



Resim 1.59 Rezervuar ve kateterden oluşan port kateter.

öncelikle antibiyotik tedavisi denenmelidir. Bakteriyemi ve sepsis mevcutsa kateterin çıkartılması gereklidir. Kateter ve çevresinde gelişen trombotik komplikasyonlar kateteri çıkarmadan girişimsel radyolojik yöntemler ve trombolitik uygulama ile birçok olguda giderilebilmektedir.

DAMARSAL EKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ

İntravasküler yabancı cisimler

İntravenöz kateter koyarak hastaların izlenmesi ve parenteral beslenmenin yaygınlaşması, vasküler yapılar içerisinde yabancı cisim kalma olasılığını artırmıştır. Bunlar kılavuz tel, kateter, anjiografik iğne ve dilatatör parçaları, yanlış yerleştirilmiş koil ve balon veya balondan sıyrılmış stent gibi maddelerdir. İntravasküler cisimler basket, balonlu kateter, mıknatıs, endoskopi ve biyopsi forsepsleri gibi gereçlerle çıkartılırlar. Bu amaçla en sık kullanılan gereç kementtir ("snare") (Resim 1.60).

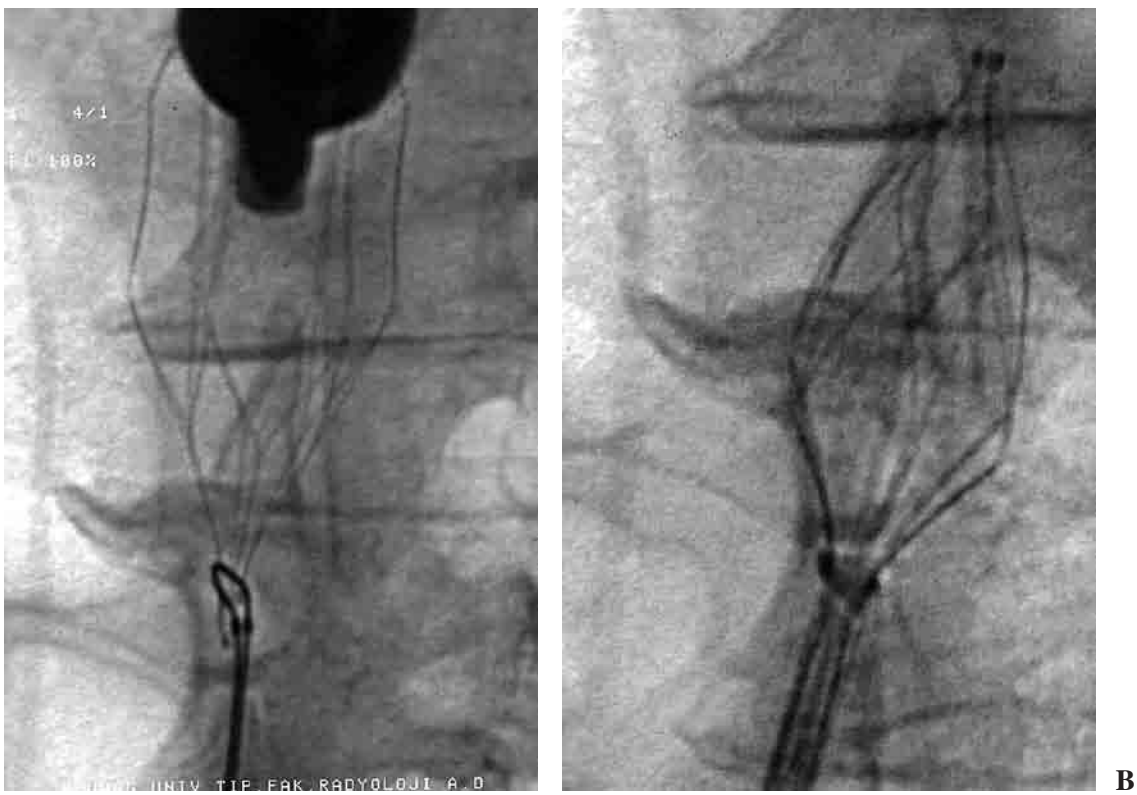
Perkütan trombektomi

Perkütan trombektomi arter, ven, vasküler greftlerdeki masif akut trombüsü yumuşatıp, parçalayıp aspire etmeyi içine alan endovasküler bir tekniktir. En sık kullanıldığı yerlerden biri pulmoner arter trombüsleridir. Bu işlem ya trombüsü ince cidarlı, geniş lümenli kılavuz kateterle parçalayıp aspire ederek ya da mekanik trombektomi cihazlarını kullanarak yapılır. Her iki yöntem trombolizis ile birlikte uygulanabilir.

Diseksiyon (%5) ve distal emboli (%5-30) işlemin beklenen komplikasyonlarıdır. Akut olgularda başarı şansı %66-90 arasında değişmektedir.

Perkütan aterektomi

Aterosklerotik plakların özel kateterlerle mekanik yolla çıkartılmasıdır. Genellikle kısa bir segmenti tutan eksantrik yerleşimdeki kalsifiye plaklar aterektomi için uygundur. Bu amaçla direksiyonel veya rotasyonel tıp aterektomi kateterleri kullanılır. Rotasyonel tip kateterler uzun segmenti tutan lezyonlarda daha etkindir. Patolojik proçesin ortadan kaldırılması, intimal yırtık oluşturmaması, adventisiyel tabakanın gerilmemesi ve histolojik değerlendirme için materyal alınabilmesi yöntemin perkütan translüminal anjioplastiye göre potansiyel üstünlükleri gibi görülmektedir. Bununla birlikte yöntem günümüzde çok fazla kabül görmemiştir.



A B

Resim 1.60 İVC filtresinin kement ile çıkarılması. A. Filtre kement ile yakalanıyor ve B. Kateter içerisine çekiliyor.

ÜRİNER SİSTEM GİRİŞİMLERİ

Renal kist aspirasyonu

Renal kist aspire edilir ve biyokimyasal ve sitolojik olarak incelenir. Büyük boyutlu basit kistlerde kisti ortadan kaldırmak amacıyla kist ablasyonu yapılabilir. Bunun için önce kistografi yapılarak kistin toplayıcı sistemle bağlantısının olmadığı belirlenir. Daha sonra kist boşluğuna %50 asetik asit veya %99 absolü alkol gibi bir sklerozan ajan verilir.

Perkütan kateter nefrostomisi

Üriner trakt obstrüksiyonlarında renal dekompresyon gerekebilir. Obstrüksiyonla birlikte infeksiyon varsa, obstrüksiyon iki taraflı ise, böbrek tek veya transplante ise dekompresyon zorunludur. Böyle hastalarda birlikte bulunan birçok patolojik olay cerrahi girişimi önler. Bu olgularda perkütan yolla toplayıcı sisteme girilerek dekompresyon yapılır; alınan örnek sitolojik ve mikrobiyolojik olarak incelenir. Perkütan kateter nefrostomisinin endikasyonları şunlardır: 1) Üreter obstrüksiyonları, 2) Toplayıcı sistem ve üreter darlıklarının genişletilmesi, 3) Tümör şüphesinde fırça biyopsisi yapmak, 4) Üreteral stent yerleştirmek, 5) Veziko-vajinal ve veziko-kutanöz fistüllerin kapanmasını kolaylaştırmak için idrar akımının yönünü değiştirmek

Perkütan kateter nefrostomisinde toplayıcı sisteme US kılavuzluğunda veya İV kontrast verildikten sonra anjiografi ve/veya BT kılavuzluğunda girilebilir. Giriş yeri olarak 12. kostanın altından, postero-lateralden girilerek orta veya alt arka kalikslere girmeye çalışılır. Derin lokal anesteziyi takiben Seldinger tipi bir iğne ile toplayıcı sisteme girildikten sonra iğne içerisinden kılavuz tel sokulur. Tel üzerinden geçirilen dilatatörlerle giriş yolu genişletilerek yan delikleri olan, "pigtail" tipi ucu kıvrık bir kateter toplayıcı sistem içerisine yerleştirilir. Kateter uzun süre kalacaksa genellikle her 3 ayda bir değiştirilir.

Üriner sistem taşlarında girişimler

Üriner taşlarda başlıca 3 temel girişim vardır: 1) Perkütan kateter nefrostomisi sonrası küçük taşlar mesaneye itilebilir, 2) Aynı yöntemle verilen kimyasal maddelerle taşlar eritilir, 3) Perkütan nefrostomi yolundan nefroskop yerleştirilerek safra sisteminde olduğu gibi basket veya forseps kateter yardımı ile taşlar çıkartılır.

Taşın çıkarılması için yolun çok geniş olması gerekir ve bu nedenle genellikle genel anestezi altında uygulanır. Taş, US ve/veya floroskopik olarak saptandıktan sonra taşın çıkarılmasına en uygun yol belirlenerek 18 numara Seldinger iğnesi ile toplayıcı sisteme girilir. Giriş yeri seri dilatatör kullanılarak 30F boyutuna kadar genişletilir. Bu amaçla balonlu kateterden de yararlanılabilir. Dilatasyondan sonra ucu taşın yakınına gelecek şekilde 30F bir kılıf ve içinden nefroskop yerleştirilir. Daha sonra forseps veya basket kateterler ile taş çıkarılır.

Bu yöntemle 1.5 cm büyüklüğündeki kaliks, pelvis ve üst üreter taşları çıkartılabilir. Daha büyük taşlar nefroskop içinden çalışan pnömatik veya ultrasonik litotripsi cihazları ile parçalanır. Taş çıkartılmasında başarı oranı yaklaşık %85–95 civarındadır. Bazı hastalarda taşların çıkartılması birkaç seans sürebilir. Bunun için nefrostomi Foley tipi kalın bir kateterle açık tutulmalıdır. Yöntemin en ciddi komplikasyonları sepsis ve kanamadır.

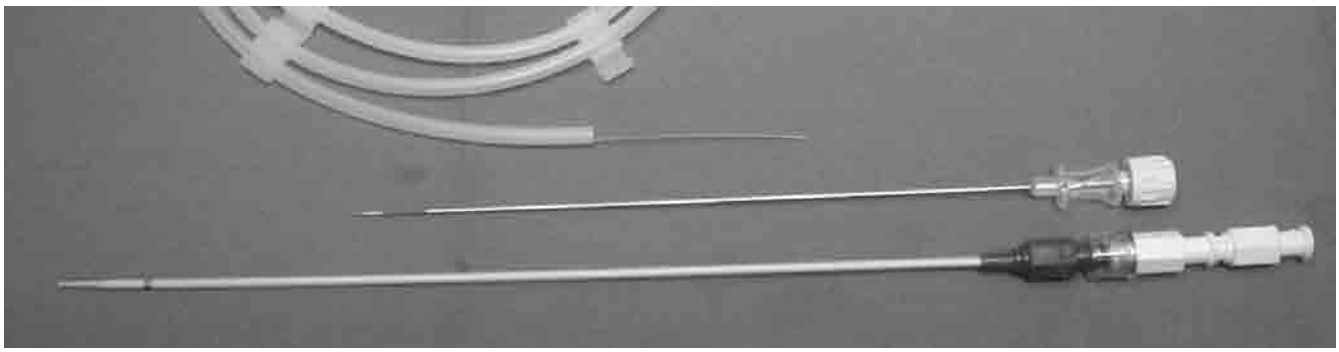
Üreterik girişimler

Üreterik açılma ve retroperitoneal ürinom oluşumu genellikle iatrojeniktir. Jinekolojik operasyonlarda pelvik üreter, çoğunlukla üreter taşı çıkarılması amacıyla uygulanan operasyonlarda ise yerine göre üreterin herhangi bir kesimi açılabilir. Böyle olgularda üriner drenajı normal yolla sağlayabilmek ve bu sırada üroepitelyal dokunun büyüyerek defekti kapatmasını hızlandırmak ve sikatrisyel daralmanın derecesini azaltmak amacıyla *üreteral stent* yerleştirilir. Diğer endikasyonlar, operasyon öncesi üreterin lokalizasyonu ve operasyon şansı olmayan veya ertelenen üreter darlıklarıdır. Üreter stentinin renal pelvisteki ve mesanedeki uçları kıvrıktır ve bu nedenle "double J" stent adı verilir. Lezyonun durumuna ve yerleşim yerine göre stent retrograd veya antegrad yoldan yerleştirilebilir.

Ureterolitotomi, abdominal ve pelvik cerrahi, retroperitoneumdaki inflamatuar ve neoplastik proçesler üreteral darlığın en sık nedenleridir. Böyle bir darlık balonla dilate edilebilir. Dilatasyon darlığın yerine göre antegrad veya retrograd yolla yapılır. Bazı olgularda dilatasyondan sonra stent yerleştirmek gerekebilir.

SAFRA SİSTEMİ GİRİŞİMLERİ

Safra sistemde girişimsel radyoloji kabaca iki gruba ayrılır. Birincisinde safra kanalı dışarıya bağlayan,



Resim 1.61 Biliyer girişim seti. Üstte 0.018 inç tel ve 21G iğne. Altta 19G metal, üzerinde 4F plastik kılıfı, onun da üzerinde 6F dış kılıfdan oluşan olan koaksiyal intraduser sistemi.

daha önceki cerrahiden kalan bir yol vardır; ikinci grupta girişimler perkütan yolla yapılır. En sık yapılan perkütan safra işlemleri safra drenajı, stent yerleştirilmesi ve kolesistostomidir.

T-tüp aracılığı ile yapılan uygulamalar

Operatif kolanjiografiye rağmen safra kanalda %3-4 oranında taş kalabilir. Bunların büyük çoğunluğu T-tüp aracılığı ile çıkarılabilir. 14F boyutundaki bir T-tüple bu işlemler daha kolaydır.

Floroskopik kontrol altında T-tüpe kılavuz tel sokularak T-tüp çekilir. Kılavuz tel üzerinden 10F vasküler kılıf yerleştirilir; içerisinden metalik ekstraktör ve taşı içine alacak sepet (basket) sistemi sokularak taşın distalinde açılır. Floroskopik kontrol altında taş metalik ekstraktör ile kırılarak sepet içine alınır. Bundan sonra kateter, sepet ve içindeki taş, tümü birden çekilerek taş dışarıya alınır.

Beş milimetre ve daha küçük taşlar ya spontan olarak düşer veya sfinkterin 12-15 mm balon ile dilatasyonu ardından balon kateterle arkadan itilerek papilladan bağırsak lümenine düşürülür. Bu yöntemle 7-8 mm'ye kadar olan taşlar çıkarılabilir; daha büyük taşların çıkartılmadan önce parçalanması gerekir.

Hastaların yaklaşık yarısında kanalın temizlenmesi için birçok defa işlemin tekrarı gerekir. Yapılacak işlemin sayısı; taşların sayısına, boyutuna, T-tüpün çapı ve karın içindeki seyri ve koledoktaki yerleşim yeri gibi faktörlere bağlıdır.

Bu yöntemle taşın çıkartılmasında başarı %90 oranındadır. Komplikasyon oranı %4'tür. Komplikasyon olarak kolanjit, pankreatit, yalancı pasaj ve safra birikimi sayılabilir. Taş çıkartılmasından başka, bu yöntemle yanlışlıkla çıkmış T-tüpler tekrar yerleştirilebilir, safra darlıklar dilate edilebilir veya eksternal dekompresyon amacıyla uzun süre bırakılan kateter ve tüplerin çevresinde oluşan kabuk çıkartılabilir.

Perkütan safra kanal girişimleri

Malign safra obstrüksiyonların palyatif olarak açılması, malign lezyona brakiterapi için yol açmak, tıkanma sarılığının preoperatif dekompresyonu, tıkalı safra sisteminde enfeksiyonların tedavisi, darlık dilatasyonu, endoskopik olarak safra drenajın yapılamadığı durumlar, kanalda kalan taşın çıkartılması, çalışmayan biliyo-enterik anastomozun düzeltilmesi, safra yolu yaralanmaları ve kaçakları yöntemin temel endikasyonlarıdır.

Uygulamadan önce varsa koagülopati düzeltilir ve koruyucu antibiyotik tedavisine başlanır. Premedikasyon yapılır. US ve floroskopi kılavuzluğu altında, aseptik teknikle 21-22G iğne ile uygun safra yolu içerisine girildikten sonra 0.018 inçlik yumuşak uçlu kılavuz tel ile ekstrahepatik safra yollarına ilerlenir. İğne çıkartılır, tel üzerinden 19G metal, üzerinde 4F plastik kılıfı, onun da üzerinde 6F dış kılıfı olan koaksiyal intraduser sistemi yerleştirilir (Resim 1.61). Sistemin metal kısmı safra yoluna girmez, üzerindeki kılıflar ilerletilir. Kateter sistemi istenildiği gibi yerleştirildikten sonra iç kılıf, metal ve tel 0.035 inçlik kılavuz tel ile değiştirilir. Drenajı yapacak olan kateterin çapına göre kılavuz tel üzerinden dilatasyon yapılır. Genellikle 7-8F çok delikli eksternal drenaj kateteri kullanılır. Oddi sfinkteri distaline geçilmişse eksternal-internal çok delikli kateter kullanılır.

Bu işlemin temel endikasyonu palyatif amaçlı malign safra obstrüksiyonlardır. Akut infeksiyon bulgusu olmayan böyle hastalarda kılavuz tel ve kateter ikilisi ile darlık geçilerek duodenuma ulaşılır. Eğer ilk denemede darlık geçilemezse eksternal drenaj için kateter

birkaç gün darlığın proksimalinde bırakılır. Bu işlem genellikle darlığa eşlik eden ödemin çözülmesini ve daha sonraki denemelerde kateterin duodenuma geçirilmesini sağlar. Darlık bir defa geçildikten sonra internal ve/veya eksternal drenaj başlatılır. Önce üç-beş gün eksternal drenaj yapılır. Daha sonra kateterin proksimal ucu kapatılarak antegrad şekilde internal drenaj başlatılır. Başlangıçta kateter günde iki defa serum fizyolojikle yıkanır. Kateterin yan delikleri hepatik kanallarda ve koledokta olmalıdır. Üç-beş gün sonra karaciğer içerisinde yerleşik bir yol açılmış olur. Kateter periyodik olarak, hastaya rahatsızlık vermeden değiştirilebilir. Aktivitesi fazla olan hastalarda uzun bir plastik veya metalik stent konabilir. Bu stent ya kateterin üzerinden itilerek dışarıdan ya da ERKP aracılığı ile içerden veya her iki yöntemin kombinasyonu ile yerleştirilir.

Kateter endoprotezlere alternatif olarak, yerleştirilmesi daha kolay ve lümeni daha geniş olan plastik veya metalik endoprotezler (stent) geliştirilmiştir (Resim 1.62). Bu stentlerin genellikle pahalı olması bir dezavantajdır. Malign tıkanıklıklarda bu metalik stentler yerleştirilir. Bunun için önce balon dilatasyonu yapılır. İşlem ağrılıdır, derin sedasyon veya anestezi gerekebilir. Stentin gözeneklerinden ve alt/üst kenarlarından tümör büyüyerek zamanla stenti tıkayabilir.

Akut süpüratif kolanjitli bir hastada, başlangıçtaki dekompresyon periyodundan sonra, darlık varsa aynı yöntem uygulanır. Benign darlıklarda eksternal/internal drenaj sağlanıp karaciğer içerisinde yerleşik bir yol açıldıktan sonra kılavuz tel aracılığı ile balonlu kateter sokulup darlık genişletilebilir. Genellikle benign safra darlıklar için yapılan safra-enterik anastomozlar, inflamatuar nedenli olduklarından kolayca çalışamaz hale gelebilir. Bu darlıklar da aynı yöntemle genişletilebilir ve stent yerleştirilebilir. Safra kanalda kalmış taşların transhepatik olarak çıkarılması perkütan safra drenaj ve postoperatif basket yöntemlerinin kombinasyonu ile yapılır.

Perkütan kolesistostomi

Temel endikasyonu yoğun bakım ünitelerinde sepsise bağlı olarak gelişen taşsız kolesistitlerdir. Bu olgularda US ile tanı konamaz. Kolesistiti düşündürür açıklanamayan ateş, safra kesesinin geniş olması ve duvarının kalınlığı ile birlikte çamur içermesi kolesistostomi endikasyonunu oluşturur. Bazen yoğun bakım hastalarına profilaktik uygulama yapılabilir.

Girişimde kılavuz yöntem olarak US kullanılır. Kateter ve tellerin çok iyi izlenmesi nedeniyle, floroskopi işleme büyük katkı sağlar. Karaciğer US ile taranarak uygun bir giriş yeri saptanır. Safra kaçağını en aza indirebilmek için keseye karaciğer dokusundan girilmelidir. Deri anesteziye edilir. US rehberliğinde kese içerisine 22-G spinal iğne yerleştirilir. İğne kateter kılıflı ise iğne çekilir, kateterin ucunun kese içerisinde olduğu US ile kontrol edilir. Alternatif olarak iğneden kılavuz tel, daha sonra da kateter geçirilerek de girilebilir. Daha sonra kateter drenaj torbasına bağlanır. Drenajın yapılamadığı durumlarda sadece aspirasyon yapılmasının da yararlı olduğu bildirilmiştir.

Taş olmayan olgularda kateter 3 hafta kadar kalabilir. Kateter klempe edilerek hastanın internal drenajının yeterli olup olmadığı kontrol edilir; yeterli ise



Resim 1.62 Klatskin tümörlü bir olguda perkütan stent yerleştirilmesi. A. Genişlemiş intrahepatik safra yollarına perkütan yolla girilir ve kılavuz telle darlık geçilerek duodenuma ulaşılır. B.Kılavuz tel üzerinden ilerletilen balonlu kateterle tümörün yaptığı darlık genişletilir. C. Darlığın olduğu kesime metalik stent yerleştirilir.



Resim 1.63 Psoas absesinin BT kılavuzluğunda retroperitoneal yolla drenajı.

drenaj kateteri çekilir. Kolesistitli olgular hasta düzeldikten sonra cerrahiye verilir.

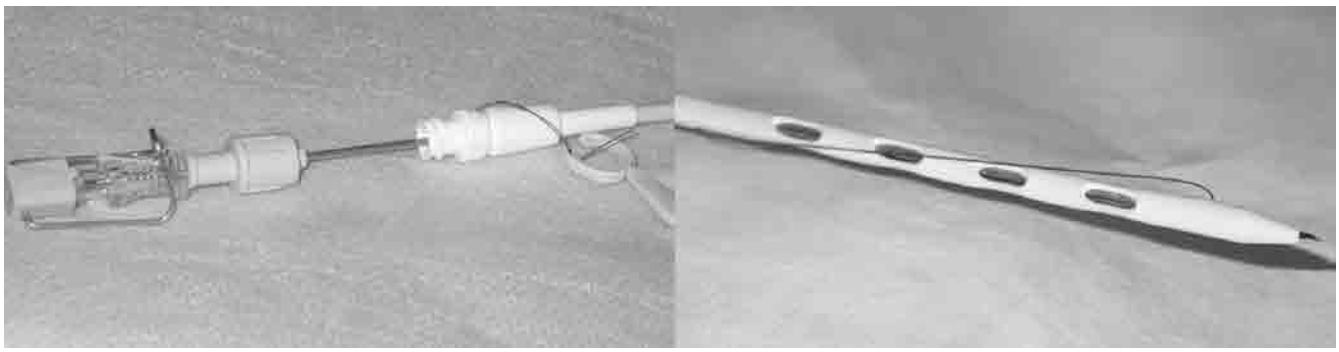
APSE DRENAJI

Organlardaki obstrüksiyonları drene ve dekomprese etmekte kullanılan bu yöntemler aynı zamanda organizmanın birçok yerindeki kist ve apselerin drenajında da kullanılır. Abdominal apselerin boşaltılması için US veya BT kılavuzluğu gereklidir. Bazen floroskopi kullanılır. Hangi aygıtın kullanılacağı lezyonun yerine, boyutuna ve türüne bağlıdır. Abdomende mümkün olan her durumda, transperitoneal yol yerine ekstraperitoneal yol kullanılmalıdır (Resim 1.63). Uygun olgularda cerrahiyi ve dolayısıyla genel anesteziyi ortadan kaldırması, yöntemin önemli bir üstünlüğüdür. Perkütan apse drenajına karar verildikten sonra, önce varsa koagülopati düzeltilmelidir. Uygun analjezi ve sedasyon yapıldıktan sonra 18 numara iğne ile girilerek apse materyali aspire edilir ve kültür amaçlı örnek alınır. İğnenin içerisine kılavuz tel sokularak iğne çekilir. Dilatatörlerle giriş yolu genişletildikten sonra drenaj kateteri yerleştirilir. Kateter apse materyalini boşaltacak kadar kalın ve yan delikli, uç kısmı kolayca geri gelmemesi için "pig-tail" tipinde olmalıdır (Resim 1.64). Drenaj torbasına bağlanan kateter deriye sıkıca tespit edilir. Apse içeriğinin viskozitesini azaltmak ve lokülasyonu önlemek için kateterden serum fizyolojik verilir. Kateter genellikle 7 ila 10 gün yerinde bırakılır.

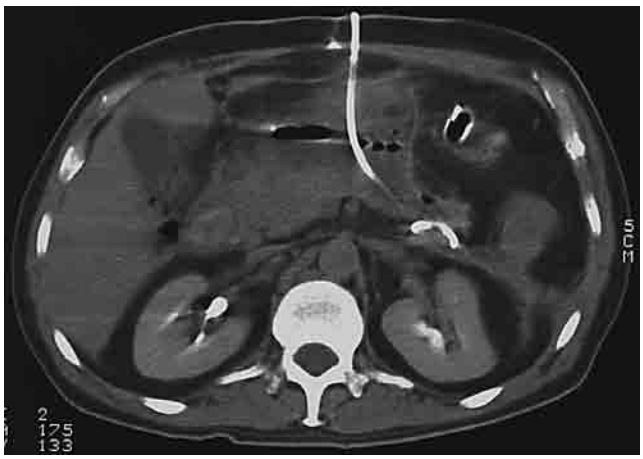
Üniloküler apselerin perkütan drenajı ile genellikle tam bir iyileşme sağlanır. Komplike olgularda ise perkütan drenaj apse boyutlarını küçülterek ve hastanın genel durumunu düzelterek cerrahiyi kolaylaştırır. Komplike apselerin başında pankreatik apseler gelir (Resim 1.65). Nekrotik doku ve debris fazla olduğundan bu olgularda drenajı sağlamak için çok kalın (20-24F) kateter gerekebilir. Çift veya daha fazla kateter yerleştirilebilir. Apandisit, kolonik divertikülitis ve Crohn hastalığında görülen enterik apseler genellikle fistülle beraberdir. Drenajla hastanın durumu düzeltildikten sonra fistül cerrahi olarak tamir edilir.

Karaciğer apseleri perkütan yolla başarı ile drene edilirler. Kılavuz yöntem olarak BT ve US kullanılır (Resim 1.66). Amip apselerinin tedavisi metronidazol ile yapılır. Olguların yaklaşık %5-15'i oral tedaviye direnç gösterir. Bu olgularda oral tedavi devam ederken yapılan perkütan drenaj hızla iyileşmeyi sağlar.; %90'dan daha fazla oranda dramatik bir iyileşme sağlanır.

Tubo-ovariyan apselerin tedavisi geniş spektrumlu antibiyotik ile yapılır. Tedaviye dirençli olgularda apse koleksiyonu BT-kılavuzluğunda anterior veya posterior (transgluteal) yolla drene edilir. US kılavuzluğunda transvaginal yol alternatif drenaj yöntemidir.



Resim 1.64 Abse drenaj kateteri. İlk resimde kateterin arka kesimi görülüyor. Kateter içine giren iki metal yapıdan içteki trokar iğnesi dışındaki metal düzleştiricidir. Kateterin tepesindeki (hubundaki) ipi çekince uç kesim pigtail şeklini alarak kateterin yerleştiği alandan kolay çıkmasını engeller. İkinci resimde kateterin uç kesimindeki oval geniş delikleri görülüyor.



Resim 1.65 Pankreatitli bir olguda pankreas absesinin BT kılavuzluğunda perkütan drenajı

Ampiyem, tümörle tıkalı bronşun distalinde gelişen akciğer apsesi ve mediyastinal apseler de perkütan yolla drene edilebilirler. Eskiden dokunulmaz kabul edilen dalak apseleri de günümüzde perkütan yolla başarıyla drene edilebilmektedir.

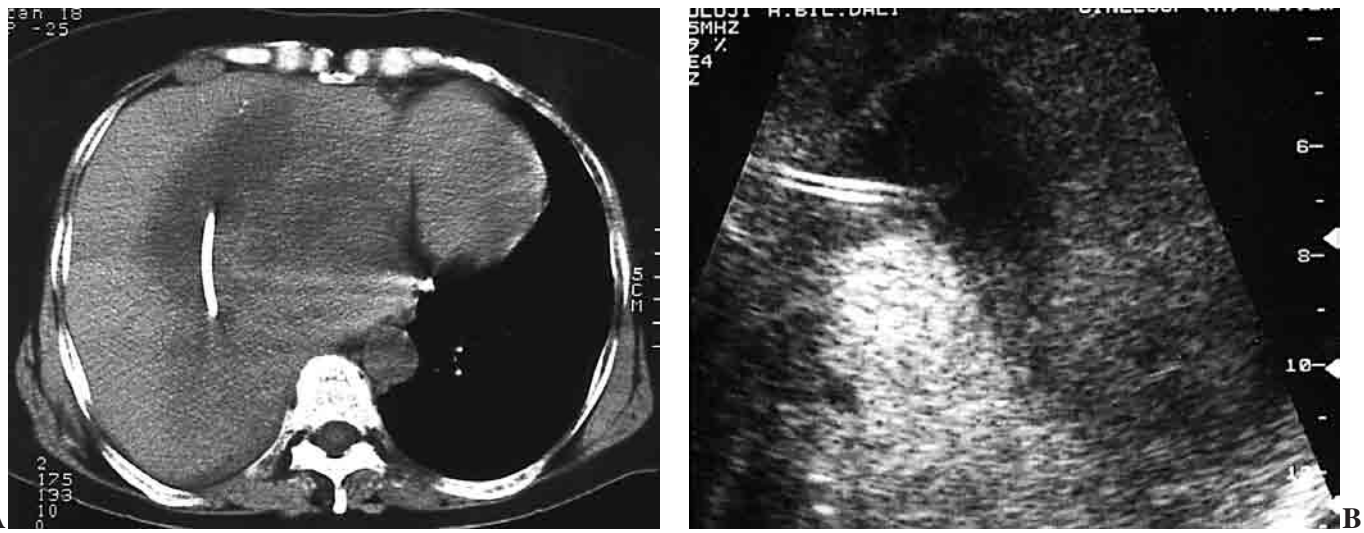
Enfekte olmayan sıvı koleksiyonları da apsede olduğu gibi, perkütan yolla drene edilirler. Renal transplantasyon, retroperitoneal lenf nodu diseksiyonu ve derin vasküler cerrahiden birkaç hafta sonra ortaya çıkan lenfosel perkütan drenajla tedavi edilir. Olguların çoğunda yalnız başına drenaj yeterlidir. Drenajın bir haftadan sonra da devam ettiği olgularda tetrasiklin, alkol, sodyum tuzları ve Betadine gibi sklerozan ajanlar kullanılır. Yöntemin başarı oranı %85-90'dır.

Posttravmatik veya postoperatif hematomlar enfekte olduklarında ağrı, baskı gibi rahatsız edici bulgular verdiğinde ve bakteriyemili olgular da drene edilir. Bu amaçla geniş kateter kullanılır. Likefiye kesimi drene etmek kolaydır. Organize hematom drene edilemez. Bu durumda kateterden verilecek ürokinaz gibi trombolitik ajanlar hematomu eriterek etkili bir drenaj sağlar.

Malign plevral sıvılar perkütan yolla drene edilebilir. Rekürren sıvı gelişimi plevranın sklerozisini gerektirir. Steril talk ve tetrasiklin en sık kullanılan sklerozan ajandır. Karaciğer, böbrek, dalak ve peritondaki benign kistler de perkütan yolla drene edildikten sonra skleroze edilir.

Bilioma ve ürinomada ise perkütan drenaj yanında bunları oluşturan safra ve idrar kaçaklarını önlemek gerekir. Bu amaçla safra sistemde T-tüp, perkütan veya endoskopik yol; üriner sistemde ise perkütan nefrostomi kullanılır.

Enfekte olmayan pankreas psödokistinin drenajı yaklaşık %85 olguda başarılıdır. Visköz olmayan ve debris içermeyen olgularda ince kateterler yeterlidir. Koleksiyonun pankreatik kanal ile ilişkisi kesilene kadar kateter yerinde kalmalıdır. Bu ilişkinin kesildiği birçok olguda spontan rezorbsiyon görülür. Böyle olgularda ince iğne aspirasyonu da yeterli olabilir. Kist 1-2 haftadır devam ediyorsa veya semptomatik ise drene edilmelidir. Drenaj retroperitoneal veya transperitoneal yolla yapılır. Cerrahide yapıldığı gibi kisti mideye endoprotez bir kateterle bağlamak (transgastrik yol) alternatif bir drenaj yöntemidir.



Resim 1.66 Karaciğer absesinin A. BT, B. US kılavuzluğunda drenajı.

Küçük amip apseleri, inflamatuar sellülit ve mikroapselerde perkütan drenaj uygulanmaz.

Hidatid kistlerin perkütan drenajı

Hidatid kistler ya radyolojik olarak boşaltılır, ya cerrahi olarak çıkarılır ya da mebendazole ile medikal olarak tedavi edilir. Tedavi şeklini hidatid kistin morfolojisi belirler. Bu açıdan hidatid kistin radyolojik görünümleri 5 tipe ayrılmıştır. Basit kist görünümündeki tek lezyonlar Tip I, bu kistlerden germinatif membranı ayrılmış olanlar Tip II, multiseptalı ve multüloküler olanlar Tip III, heterojen kistik kitle Tip IV ve kalsifiye duvarlı lezyonlar da Tip V olarak sınıflandırılır. İlk 3 tipte perkütan drenaj uygulanır; son iki tipi perkütan tedavi için uygun değildir.

Perkütan drenaj yapılacak hastalara işlemden önce profilaktik olarak bir hafta boyunca günde iki defa olmak üzere 20 mg/kg albendazole verilir. Muhtemel hiperduyarlılık reaksiyonu için anestezi hazır olmalı ve işlemden hemen önce yine profilaktik olarak 200 mg hidrokortizon verilmelidir.

Boyutu 6 cm'den küçük olan kistler 19-G iğne ile drene edilir, 6 cm'den büyük olanlarda 6F kateter yerleştirilir (Resim 1.67). Kistin hacminin 1/3'ü kadar hipertonik tuzlu su veya yarısı kadar alkol verilir. Verilen kimyasallar içeride 20 dakika tutulur ve bu süreçte hasta döndürülerek kistin duvarları ile teması sağlanır. Daha sonra verilen materyal alınır.

İşlemin önemli ancak %1'den az görülen komplikasyonu anaflaksi ve şoktur, nadiren dissemine intravasküler koagülasyon da görülebilir. Safra fistül gelişebilir. Uzun süren drenajlarda bakteriyel enfeksiyon eklenebilir.

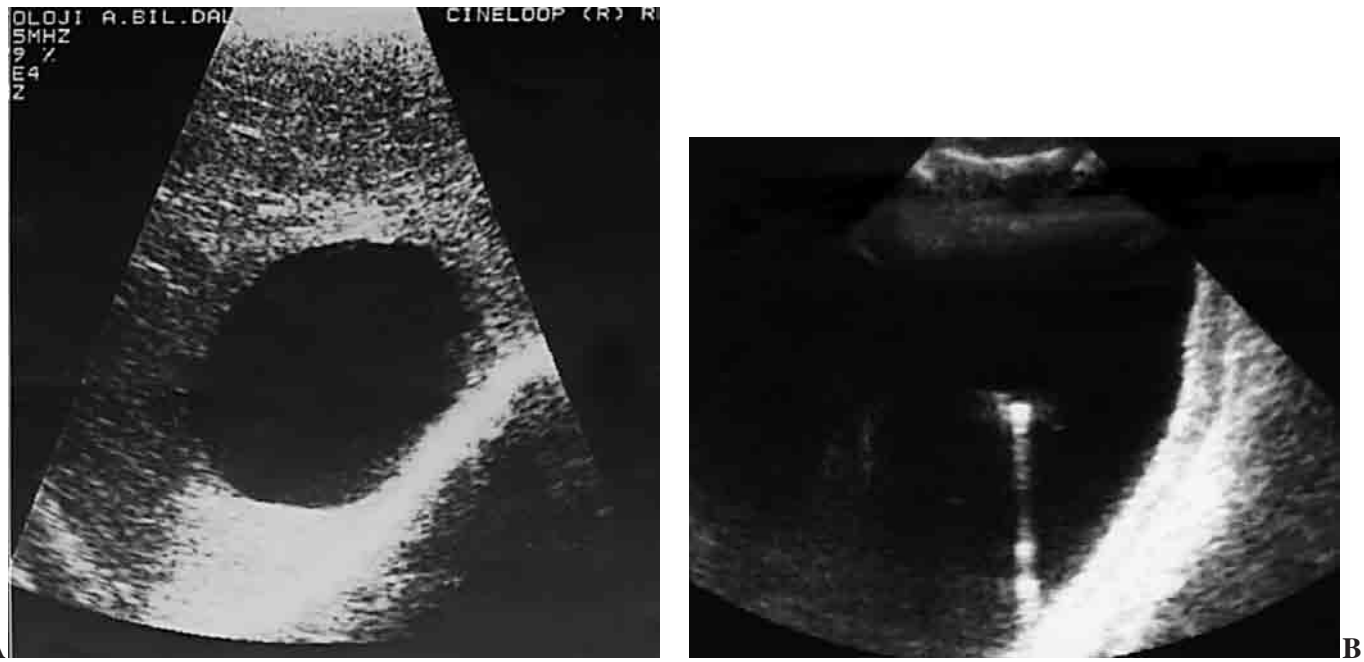
DİĞER BÖLGELER

Santral sinir sisteminde BT önderliğinde biyopsi ve apse drenajı yapılabilir. Kistik ve nekrotik tümörler drene edilerek kitle etkisi azaltılır.

Gastrointestinal sistemde darlık ve dar anastomozlar dilate edilebilir. Stent yerleştirilebilir ve yabancı cisimler çıkartılabilir. Özofagus striktürünün dilatasyonu, gastrointestinal sistemin en önemli girişimsel yöntemidir. Bu işlem balonlu kateter aracılığı ile yapılır.

Fallopiyan tüp rekanalizasyonu

Histerosalpingografi veya laparoskopi ile tüplerin interstisyel veya proksimal istmik kesimi (uterus kavitesinden yaklaşık 3 cm uzağa kadar) tıkalı olgular bu işlem için adaydır. Bu kesimdeki obstrüksiyonlar genellikle amorf debris veya ince yapışıklıklara bağlıdır ve kateter teknikleri ile tedavi edilebilir.



A B

Resim 1.67 Karaciğer hidatit kistinde US kılavuzluğunda perkütan tedavi. A. Hidatit kistin ponksiyon öncesi görünümü. Düzgün kenar ve arka duvar yankısı görülüyor. B. Ponksiyonda iğnenin görünümü.

Eksternal servikse yerleştirilen histeroketten endometriyum kavitesine, içerisinden 5.5F'lik kateter taşıyan 9.0F'lik bir kılıf sokulur. Önce dilüe kontrast madde ile histerosalpingografi yapılır. Daha sonra kateter tüpün proksimaline kadar ilerletilerek tüp içerisine yüksek basınçla kontrast madde enjekte edilir. Obstrüksiyon açılmazsa kateter içerisinden sokulan değişik şekil ve boyuttaki kılavuz tellerle manipülasyon yapılarak obstrüksiyon açılmaya çalışılır. Kılavuz tel geçerse yüksek basınçlı kontrast madde verilerek salpingografi yapılır ve daha geniş kateterle enjeksiyon tekrarlanır. Obstrüksiyon açıldıktan sonra yapılacak bir kontrol histerosalpingografisi ile işleme son verilir.

Geçmişte laparotomi, tubal rezeksiyon ve reimplatasyon veya invitro fertilizasyonla çözümlenen olgular günümüzde bu yöntemle başarılı bir şekilde tedavi edilebilmektedir. Tüpleri açılan olgulardan yaklaşık %58'i bir yıl içerisinde gebe kalır. Tüplerin tekrar tıkanma olasılığı %25 civarındadır.

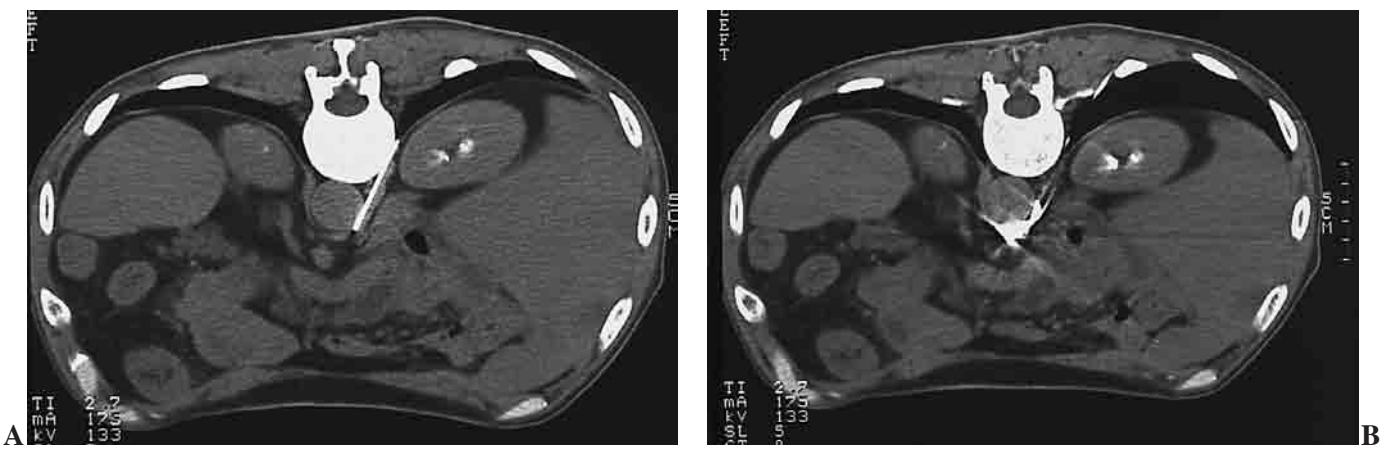
Olguların %5-10'unda tüp perforasyonu bildirilmiştir. Ektopik gebelik oranı değişik çalışmalarda %0-13 arasındadır. Enfeksiyon olası ise de tedaviyi gerektirecek pelvik enfeksiyon oranı çok düşüktür (%0.5'ten az). Kılavuz yöntem olarak floroskopi kullanıldığından hasta ışın alır. Ancak alınan doz diyagnostik sınırlar içerisindedir (yaklaşık 1 rad = 10 mGy).

PERKÜTAN TÜMÖR TEDAVİSİ

Bazı ilaçların ve radyoaktif partiküllerin lezyona doğrudan ulaştırılması ancak görüntüleme yöntemleri kılavuzluğunda yapılan girişimlerle mümkündür. Trigeminal nevraljide Gasserian ganglionun perkütan teknikle termokoagulasyonu, pankreas kanserlerinde tümör içine US kılavuzluğunda perkütan yolla İyot-131 yerleştirilmesi, kolanjiokarsinomada aynı şekilde Iridyum-192 telleri implatasyonu, tümör infiltrasyonuna bağlı dayanılmaz ağrılarda çöliak ganglionunun alkol injeksiyonu ile blokajı (Resim 1.68), hormon aktif pituiter tümörlere radyoaktif madde yerleştirilmesi bu yöntemin belli başlı örneklerini oluşturur.

Perkütan alkol enjeksiyonu

Görüntü kılavuzluğunda perkütan tedavinin en başarılı örneklerinden biri karaciğerdeki küçük hepatosellüler karsinomların perkütan absolü alkol injeksiyonuyla tedavisidir. Karsinoid, islet hücreli tümör gibi vasküler tümörlerin ve kolorektal karsinomların tek metastazlarında da uygulanır. Yöntem 3 cm'den küçük tek hepatosellüler karsinom olgularında başarılıdır. 4-5 cm boyutunda birden fazla lezyonda da injeksiyon yapılabilir. Histolojik çalışmalar 3 cm'den küçük lezyonlarda tümörün hemen tümüyle nekroze olduğunu, daha büyüklerinde ise periferde canlı tümör dokusu kaldığını göstermiştir. Yöntemin limitasyonu, peritümoral ablasyon alanını objektif belirleyememesidir. Büyük lezyonlarda injekte edilen alkolün çevreye ve dolaşıma geçme olasılığı yüksektir. Kılavuz yöntem olarak US veya BT kullanılır. Görüntülerin kılavuzluğunda 20-G iğne tümörün merkezine yerleştirilir. İğnenin yerleştirilmesinin tekrarlanmadan yapılmasına özen gösterilmelidir. 15-30 ml etanol yavaşça verilir ve iğne çekilir. Genel olarak işlem 3 defa veya tümör kaybolana kadar tekrarlanır.



Resim 1.68 Rezektabl olmayan pankreas başı karsinomunda çöliak pleksusun BT kılavuzluğunda alkol injeksiyonu ile blokaji, A. Pron pozisyonda paravertebral yolla çöliak köke ulaşılıyor. B. Kontrast madde vererek iğnenin pozisyonu kontrol ediliyor.

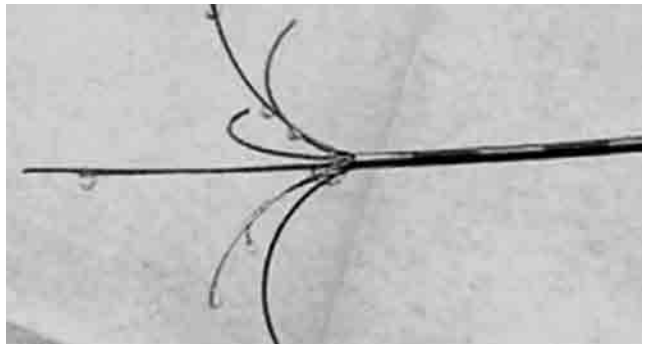
Sonuçlar cerrahideki gibidir. Lezyon ne kadar büyükse tedavi etmek o kadar zordur. Kapsülleri olmadığı için ve alkolün çok iyi difüzyon göstermemesi nedeniyle metastazların tedavisi daha güçtür. Küçük komplikasyon olarak hemen her hastada ağrı ve ateş görülür. Kanama büyük komplikasyonudur.

Radyofrekans ablasyonu (RFA)

En sık karaciğer tümörlerinin tedavisinde kullanılır. İki temel endikasyonu vardır: Hepatosellüler karsinom ve kolon kanseri metastazları. Boyutu 4 cm'den küçük olan kitlelerde ve tümör sayısı üçü geçmeyen olgularda başarı şansı daha yüksektir (%90). Boyut 4-5 cm arasında ve lezyon sayısı 5'e kadar olan olgularda ablasyon başarısı % 70'lere düşer. Daha büyük lezyonlarda küratif ablasyon şansı çok daha düşüktür ve yöntem palyasyon amaçlı uygulanabilir. Yöntem bir seansta birden fazla kitleye uygulanabilir. Cerrahi uygulanacak olgularda tümör sayısını azaltır. Rekurrenslerde de uygulanabilir. Karaciğer transplantı öncesinde yapılmasının sağ kalım oranını arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Tedavi birden fazla seans sürebilir. Primer kanser duruyorsa karaciğerdeki metastaza müdahale edilmez. Yöntem akciğer, meme, kemik ve böbrek tümörlerinde de kullanılır.

Isı ile ablasyon düşük-orta frekanstaki elektromanyetik enerji kaynaklarının yarattığı ısı etkisi ile oluşan koagulasyon nekrozudur. RF dışında mikrodalga ve laser fotokoagulasyon metodları da kullanılmaktadır. RF ablasyonda yaklaşık 500 kHz frekanstaki alternatif akımla çevredeki doku elektrolitlerinde hızlanma ve ardından dokuda ısı artışı meydana gelir. Sıcaklık 50-55 derece üzerine çıkınca protein denatürasyonu gerçekleşir. Derecenin 110-115 düzeyine yükselmesi durumunda dokuda kaynama ve sonunda kömürleşme olur.

RFA aygıtının üç temel parçası vardır: İğne elektrodlar, elekrik jeneratörü, topraklama plakası. Elektrod metal bir iğne şeklindedir. İğne elektrodlar tümörün içerisine US veya BT kılavuzluğunda yerleştirilir. Bazı modellerinde elektrodlar iğnenin içerisinde ince teller şeklindedir; iğnenin ucu kitle içerisine yerleştirildiğinde içerisindeki teller itilerek uçları tümör içerisine şemsiye gibi açılır. İğnelerin birçoğunda soğutulmuş serum ile mikro perfüzyon yapılan kanal sistemleri mevcuttur. Soğuk perfüzyon iğnenin hemen yakınındaki dokuda ısının aşırı yükselmesini engelleyerek kömürleşmeye engel



Resim 1.69 RF ablasyo aygıtının doku içine yerleştirilen elektrotunun doku içerisindeki açılmış hali görülüyor. Elektrotun uçlarında görülen su damlaları soğutmak amacıyla yapılan mikroperfüzyonu göstermektedir.

olur (Resim 1.69). Kömürleşme elektromanyetik iletimi durdurarak enerjinin yayılmasını engellediğinden istenmeyen bir durumdur. Giriş yerine lokal anestezi yapılır. Topraklama plakası hastanın sırtının veya uyluğunun altına yerleştirilir ve akım verilir. Hastaya işlem boyunca intravenöz sedatif ve anestezik ajanlar verilir.

Ablasyon alanı çevresindeki ince bir bant dışında normal dokular zarar görmez. Lezyonun vasküler yapılara 1cm'den daha yakın olması ısının kan akımıyla kaybolmasına (''heat sink'') yol açtığından etkili ablasyonu önleyebilir. Safra yolu darlıklarına yol açacağından merkezi lezyonlarda RF ablasyon yapılmaz. Subdiyafragmatik ve subkapsüler ekzofitik lezyonlarda laparoskopik veya açık intraoperatif yaklaşım daha etkindir.

Yöntemin dokuyu ısı ile yakması nedeniyle tümöre gelen damarlar da koterize olur ve kanama çok az görülür. Ölü tümör dokusunun yerini zamanla skar dokusu alır. Komplikasyon olarak nadiren safra yollarının ve safra kesesi, bağırsak gibi komşu organların yaralanmaları görülebilir.

Hastaya fazla rahatsızlık vermeyen bu yöntemde çoğunlukla genel anesteziye gerek duyulmaz ve yöntem poliklinik hastalarına uygulanabilir. İşlemden sonra 3-5 gün post-ablasyon sendromu diye isimlendirilen soğuk algınlığına benzer halsizlik, ateş vb bulgular görülebilir. Plevral efüzyon ve lokal ağrı sık görülen diğer yan etkilerdir. Mortalite düşük düzeyde olup (0.2% - 0.5%) sepsis, karaciğer apsesi, peritoneal kanama, safra yolu striktürü, intestinal perforasyon ve kardiyak komplikasyonlara bağlı gelişebilir.

Radyolojik Tanı Algoritmi, Radyogramların Değerlendirilmesi

Algoritm'in sözlük anlamı: Bir sorunun yanıtını bulmak amacıyla uygulanan değişmez talimat listesi, bir problemin basamak basamak çözülmesidir. Diyagnostik protokol, "decision making", "decision tree" ve "flowchart" sözcükleri de aynı anlamda kullanılır. Radyolojik tanı yöntemlerinin temel özellikleri Tablo 1.24'de sunulmuştur.

RADYOLOJİK TANI

Radyolojik tanı yöntemleri fizyolojik bilgiler de vermekle birlikte öncelikle morfolojik bilgilerle yüklüdür. Morfolojik bilgiler temelde patolojik anatomiyi tanımlar. Hastalıkların organ veya dokuda oluşturduğu yapısal ve fonksiyonel değişikliklere lezyon denir; ancak bu terim pratikte daha çok yapısal değişiklikleri anlatmak amacıyla kullanılır.

Tablo 1.24 Radyolojik tanı yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntemler	Enerjisi	Klinik Kullanımı	Güçlü Yanları	Zayıf Yanları
Röntgen	X-Işını	• Doğal kontrastla çevrili yapılar (Akciğerler, kemikler, meme) • Kontrast madde ile incelemeler (Sindirim borusu, idrar yolları, damarlar)	• Anatomik bütünlük • Aygıtlar her yerde bulunabilir • İşlem basit ve ucuz	• Görüntüleri ayrıntılı değil • X-ışınının zararlı etkileri
BT	X-Işını	• Travma • Yer kaplayan lezyonlar (tümör evrelemesi), özellikle göğüs ve karında	• Ayrıntılı görüntü (kesitler) • Tüm yapıları görüntüler	• X- ışınının zararlı etkileri • Röntgene göre pahalı
MR	Radyofrekans ve Manyetizma	• Merkez sinir sistemi • Eklemler (spor hekimliği) • Damarlar • Kanser evrelemesi (daha ayrıntılı görüntüler), özellikle kanserin çevre işgalinin değerlendirilimesinde	• Yumuşak dokuyu en ayrıntı gösteren yöntem • Her düzlemde kesit görüntü alabilmesi • Kemiğe yakın yumuşak doku çok iyi görüntülenir • Akım kontrastsız görüntülenir • İyonizan ışın yok	• Kalp pili vb aygıtı olanlar incelenemezler • Harekete duyarlı • Kalsifikasyon ve SAK iyi görüntülenemez • Akc. parankimi incelenemez • Klostrofobi • En pahalı yöntem
US	Yüksek frekanslı ses	• Yumuşak dokular • Parankimal organlar • Kistik yapılar • Damar darlıkları ve damarlanma (Doppler)	• İşlem basit ve ucuz • İyonizan ışın yok • Hasta yatağı başında inceleme	• Gaz ve kemik incelemeye engel • Sonuçlar incelemeyi yapana aşırı derecede bağlı
RG (SPECT, PET)	γ-ışını	• Kemik metastazlarının araştırılması • Kardiyak, renal incelemeler • Onkolojide evreleme • Demanslarda ayırıcı tanı	• Fonksiyonel bilgiler verir	• Morfolojik çözümleme gücü düşüktür

Hastalıkların organ veya dokularda oluşturduğu değişiklikler yerel ya da yaygın olabilir. Yaygın tutulumda genellikle tüm organ ya da dokuda boyut, şekil ve uygulanan tanı yöntemine has kontrast değişiklikleri vardır. Örneğin karaciğerde yağlanma, karaciğeri büyütebileceği gibi US'de ekojenite artışına, BT'de ise yoğunluk azalmasına neden olur. Ancak radyolojide lezyon dendiğinde daha çok yerleştiği organdan farklı görülen yerel anormallikler kastedilir. Lezyonun radyolojik olarak saptanmasını sağlayan temel özellikler kontrast ve normal anatomik oluşumlardaki yer ve şekil değişiklikleridir.

Radyolojik yöntemlerin temel işlevi, varsa anormalliği saptama ve saptadığı anormalliğin ne olduğunu söyleme, yani karakterize etmedir. Radyolojik yöntemlerin saptama yetileri, karakterize etme yetilerinden çok yüksektir.

Saptama

Bir yöntemin saptayabileceği en küçük boyut yöntemin kullandığı teknoloji ile belirlenir. Buna yöntemin geometrik çözümleme gücü denir. Örneğin BT ve MR gibi yöntemlerde, bir vokselin hacminden daha küçük yapılar görüntülenemez. Buna karşılık konvansiyonel röntgende böyle bir sınırlama yoktur ve iyi bir teknikle memede çok küçük mikrokalsifikasyonlar saptanabilir.

Bir yapının görüntülenebilmesinin diğer şartı yöntemin kullandığı enerjiye verdiği yanıtın çevresindeki yapılardan farklı olmasıdır; buna kontrast adı verilir. Bir lezyonun görülebilmesi için röntgen ve BT'de X-ışınlarını farklı oranda tutmalı, MR'de sinyal şiddet ve süreleri farklı olmalı, US'de sesi farklı oranlarda yansıtmalı, sintigramlarda radyonüklidi farklı oranlarda tutmalıdır.

Bir lezyonun kontrastı ne kadar yüksekse görülebilirliği o kadar artar. Örneğin aynı yapıdaki bir lezyon karaciğere göre akciğerde daha iyi görülür; çünkü akciğerdeki hava lezyonla daha büyük bir kontrast oluşturur. Akciğerdeki lezyon, kalsifikasyon gibi yüksek yoğunluklu yapılardan oluşuyor ise görebileceğimiz boyut daha da küçülür. Kontrast madde lezyonun veya çevresinin kontrastını artırarak görülebilirliği artırır.

Saptanan lezyonun boyutları ve çevre ile olan ilişkisinin bilinmesi tümör evrelemesi ve özellikle cerrahi açıdan önemlidir. Bu konuda en başarılı yöntemler BT, MR ve US gibi kesit görüntü yöntemleridir. MR, damarsal yapıları kontrastsız ve kemiğe yakın yumuşak dokuları artefaktsız görüntüleyebilmesi nedeniyle BT'den daha üstündür. En iyi tümör evrelemesi BT ve MR ile yapılır.

Karakterize etme

Lezyon saptandıktan sonra cevaplanması gereken soru lezyonun ne olduğudur. Saptanan lezyon karakterize edilmeli ve histopatolojisi söylenmeye çalışılmalıdır. Bunun için yöntemlerin doku karakterizasyonu yapabilmeleri gerekir. Günümüzde kullanılan beş temel rayolojik yöntemde de doku karakterizasyonu umulduğu gibi başarılı değildir. Röntgen beş ana yoğunluğu birbirinden ayırabilirken, BT, kontrast çözümlemesi çok arttırarak daha fazla yoğunluk farkı saptayabilir. BT ile hematom, ödem gibi röntgende yumuşak doku yoğunluğundan ayrılamayan oluşumlar görüntülenebilir. MR ise yumuşak dokunun incelenmesinde kontrast çözümleme bakımından BT'den üstündür. Ayrıca MR ile matür fibroz da ayırt edilebilir.

Lezyonun kanlanması: Lezyonların karakterizasyonunda önemli bir ölçüt kanlanma miktarı ve şeklidir. Bunun için kontrast maddenin zamana göre dağılımı incelenir. Lezyonda seçilen bir bölgedeki kontrast tutulumu miktar/zaman eğrisi olarak yazdırılır. Bu şekilde yapılan çalışmaya perfüzyon çalışması adı verilir. Perfüzyon çalışması BT'de kontrast madde ile, MR'de kontrast madde ile veya doğrudan hazırlık sekansları ile, RG'de ise radyonüklidin bolus şeklinde verilmesi ve dinamik görüntüleme ile yapılır. Lezyonun kanlanma miktarı bu şekilde yapılan perfüzyon grafikleri ile incelenebileceği gibi, arteriyel, kapiller ve venöz fazlarda ve geç fazda yapılan kesitlerle de incelenebilir. Ulaşılabilir bir lezyonun vasküler olup olmadığını belirlemenin en kolay yolu Doppler US'dir.

Doku karakterizasyonundaki bu sınırlamaya rağmen radyolojik değerlendirmelerimizde çoğunlukla tanı koyarız ya da ayırıcı tanı listesini birkaç seçeneğe indirebiliriz. Bunun nedeni saptadığımız lezyonun radyolojik görünümünü anatomi ve patoloji bilgimize göre yorumlayıp hastaya ait klinik ve laboratuar verileri ile birleştirmemizdir. Bu nedenle iyi bir radyolog olabilmek için sadece radyoloji bilmek yetmez; patoloji ve klinik de iyi bilinmelidir.

Perkütan biyopsi: Diyagnostik radyoloji yöntemleri benign/malign ayırımı yapmada başarılı olmadığı gibi, dokunun histopatolojik yapısını söylemekte de çoğunlukla başarılı değildir. Bu nedenle radyolojinin temel tanı yöntemi konumuna gelmiş olan perkütan iğne biyopsisi tanıda önemli bir yer tutar. Tanı yöntemlerinin rehberliğinde yapılan ince iğne aspirasyon biyopsileri ile benign/malign ayırımı yapılabilir. Daha büyük iğnelerle doku parçaları alınarak histopatolojik tanı da konabilir. Histopatolojik tanının gerekli olduğu durumlarda,

en zararsız ve en ekonomik yöntemle lezyon görüntülendikten sonra doğrudan biyopsi yapılmalı, çözümlemesi daha yüksek diğer yöntemlere başvurulmamalıdır.

YÖNTEMLERİN SEÇİMİNDE TEMEL KURALLAR

Bir hastalığın tanısında birçok yöntem ve birçok uygulama şekli olduğu için algoritmik bir yaklaşım geliştirmek zoru nludur. Bu yaklaşımda düşünülmesi gereken 3 temel ölçüt vardır: Yararlılık, zararsızlık, ekonomi.

YARARLILIK

Yöntemler seçilirken göz önüne alınması gereken hususların başında yöntemin yararlılığı gelir. Seçimde en önemli nokta en doğru sonucu veren yöntemin öncelikle kullanılmasıdır. Yararlılık, Amerikan Radyoloji Koleji tarafından üç başlık altında toplanmıştır. Bunlardan birincisi hasta ile ilgili bilgileri arttırması, ikincisi hastanın tedavisini değiştirmesi, üçüncüsü ise hastalığın sonucunu değiştirmesidir. Hasta hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak hastalığın sonucu üzerinde çok az etkili olabilir. Bu nedenle diyagnostik incelemelerin yararlılığı hastanın tedavisini ve/veya hastalığın sonucunu değiştiren bilgi olarak tanımlanabilir. Bir radyolojik tanı yönteminin yararlılığını belirleyen temel ölçüt tanısal etkinlik derecesidir.

Herhangi bir inceleme yönteminin tanısal etkinliğini değerlendirmek için gerçeği söyleyebilecek, yanılmazlığı çok yüksek olan bir standart ile karşılaştırmak gerekir. Böylece incelenen birey hasta ve hasta değil olarak sınıflandırılabilir. Bu standart sıklıkla, patoloji sonuçları, gerçeği saptadığı bilinen diğer incelemeler veya uzun süre izlemedir. Örneğin karotid dupleks sonografi sonuçları kateter anjiografi sonuçları ile karşılaştırılır. Bu standart referans inceleme yöntemine temel ("gold") standart adı verilir.

Herhangi bir görüntüleme sisteminin ilk amacı mükemmel diyagnostik performansa ulaşmaktır. İdeal bir inceleme yönteminin pozitif ve negatif sonuçlarının yanlışsız olması beklenir. Amaç gerçek pozitif ve gerçek negatif test sonuçları en üst seviyeye çıkarmaktır. Gerçek pozitif (GP), hastalıklı gruptaki pozitif test sonuçları, gerçek negatif (GN) ise hastalıklı olmayan gruptaki negatif test sonuçlarıdır. İyi bir diyagnostik performansın diğer bir ölçüsü de yalancı pozitif ve yalancı negatif değerlerin en az seviyede olmasıdır. Yalancı pozitif (YP) hastalıklı olmayan gruptaki pozitif test sonuçları, yalancı negatif (YN) ise hastalıklı gruptaki negatif test sonuçlarıdır. Kullandığımız inceleme yöntemlerinin az veya çok yalancı negatif ve yalancı pozitif sonuçları vardır. Bu sonuçları alışageldiğimiz şekilde 2x2 tablosu ile göstererek inceleme yönteminin tanısal etkinlik değerlerini saptayabiliriz (Tablo 1.25).

Tablo 1.25 Radyolojik yöntemlerde istatistiksel değerler

		Hastalık +	Hastalık –
İnceleme Sonucu	+	GP	YP
	–	YN	GN

Duyarlılık	: GP/GP + YN
Özgüllük	: GN/GN + YP
Pozitif Kestirim Değeri	: GP/GP + YP
Negatif Kestirim Değeri	: GN/GN + YN
Doğruluk Oranı	: GP + GN/Tüm olgular
Hastalığın Prevalansı	: GP + YN/Tüm olgular

GP: Gerçek Pozitif *GN: Gerçek Negatif*
YP: Yalancı Pozitif *YN: Yalancı Negatif*

Tanı yönteminin referans alınan bir standarta göre gerçek ve yalancı sonuçlarının istatistiksel analizi bize kullandığımız yöntemin tanısal performansını verir. Bu analiz sonucu elde edilen klinik açıdan önemli tanımlar şunlardır:

1. Duyarlılık (sensitivite): Gerçek hastalar içerisinden hastayı ayırt edebilme yeteneğidir (GP/GP+YN); gerçek pozitif oranı olarak da bilinir ve % ile belirtilir. Duyarlılığı yüksek bir test düşük YN değerine sahiptir. Çünkü YN oranı, 1-Duyarlılık oranına eşittir.
2. Özgüllük (spesifisite): Aranan hastalığı olmayan grup içerisinden o hastalığı olmayanı ayırt edebilme yeteneğidir (GN/GN+YP), gerçek negatif oranı olarak da bilinir. Spesifik bir test düşük YP değerine sahiptir; çünkü YP oranı 1- Özgüllük oranına eşittir.
3. Pozitif kestirim("predictive") değeri: Pozitif test grubu içinde hasta olanların oranıdır (GP/GP+YP). Pozitif bir test sonucu elde edilmesi durumunda, hastalığın olmasının tahmini olasılığıdır.
4. Negatif kestirim değeri: Negatif test grubu içerisinde hasta olmayanların oranıdır (GN/GN+YN). Negatif bir test sonucu elde edilmesi durumunda, hastalığın olmamasının tahmini olasılığıdır.

5. Doğruluk (“accuracy”): Testin toplam doğru tanı koyma oranıdır (GP + GN/GP + YP + GN + YN). Bu oranın uygulamada değeri azdır.
6. Hastalığın prevalansı: Tüm olgular içerisinde hasta olan bireylerin oranıdır. GP + YN/GP + YP + GN + YN. Prevalans aynı zamanda tanı yönteminin önsel olasılığıdır (“prior probability”). Tanısal performans hastalığın prevalansı ile bağlantılıdır.

Özellikle ölçüm yapılan ve sonuçların sayısal olarak verildiği testlerde kullanılan iki ayrıdeğer daha vardır: Doğruluk (“accuracy”) ve tekrarlanabilirlik. Doğruluk, ölçülen değerin gerçek değere ne kadar yaklaştığının oranıdır. Tekrarlanabilirlik ise tekrarlanan ölçümlerde çıkan sonuçların birbirine yakınlığının oranıdır.

Duyarlılık ve özgüllük

Bir radyolojik tanı yönteminin seçiminde en önemli ölçüt istenen radyolojik incelemenin duyarlılık ve özgüllük değerlerinin yüksekliğidir (en az % 80). Örneğin teknisyum pirofosfat ile yapılan kemik sintigrafisi, kemik metastazının saptanmasında duyarlılığı yüksek, ancak özgüllüğü düşük bir testtir; çünkü metastaz dışındaki birçok benign kemik lezyonu da aynen metastaz gibi sıcak alanlar oluşturur. Bunlar yalancı pozitif sonuçlardır ve yalancı pozitif sonuçlar da yöntemin özgüllüğünü belirgin şekilde düşürür. Kemik röntgenogramları kemik sintigramlarından daha yüksek özgüllüğe sahiptir; çünkü metastazı olmayan bir kemikte kemik surveyin yalancı pozitif sonuç vermesi, yani metastaz varmış görünümü vermesi beklenmez. Buna karşılık duyarlılığı radyonüklid görüntülemeye göre belirgin şekilde düşüktür; yani metastazı olan birçok olguda kemik röntgenogramları normal görülebilir ki buna biz yalancı negatif oran diyoruz. Yalancı negatif oranın yüksekliği testin duyarlılığını düşürür.

Duyarlılık ve özgüllük hastalığın prevalansından etkilenmediği halde, doğruluk prevalansa bağımlıdır. Duyarlılık ve özgüllük sabit kalsa bile doğruluk hastalığın prevalansından etkilenir.

Duyarlılık ve özgüllüklerine göre radyolojik yöntemlerin seçiminde temel kurallar şunlardır:

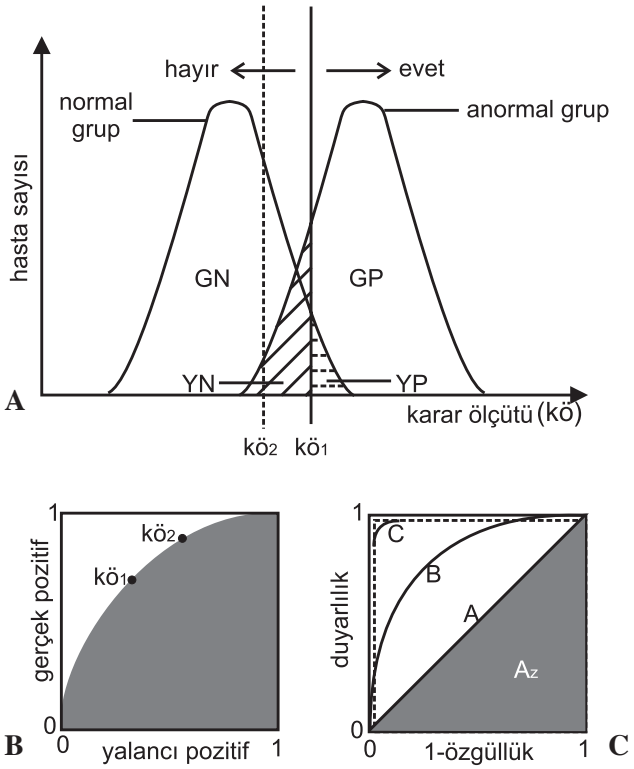
1. Tedavi edilmemesi ciddi sonuçlar doğuracak olan, ancak hastalık olmadığı halde yapılacak tedavinin zararsız olduğu hastalıklarda duyarlılığı yüksek bir tanı yöntemi seçilir. Özgüllük değerinin görece düşüklüğü önemli değildir. Bu duruma örnek hipotiroididir. Hipotiroidili bir çocuğun tedavi edilememesi ciddi sonuçlar doğurur, ancak olmadığı halde hipotirodi tedavisi morbiditeyi artırmaz.
2. Tedavisi ciddi sonuçlar doğuran olgularda ise özgüllüğü yüksek olan tanı yöntemleri tercih edilmelidir. Bu durumun tipik örneği akut karın nedeni olan akut apandisitdir. Yalancı pozitif bir sonuca dayanarak yapılan bir appendektomi morbiditeyi ciddi olarak artırır.
3. Tarama testlerinde kullanılacak yöntemlerin duyarlılığı yüksek olmalıdır. Yöntemin özgüllüğündeki yetersizlik, seçilecek olgulara uygulanacak özgüllüğü yüksek bir yöntemle giderilir. Bu durumun tipik örneği mamografidir.

“Receiver” operatör karakteristik (“ROC”) eğrisi

Tanısal etkinliğin değerlendirildiği test değerleri her zaman pozitif ve negatif gibi iki kategorili değildir; çoğu zaman böbrek üstü bezindeki yer kaplayan lezyonların MR incelemesinde olduğu gibi sinyal intensitesi şeklinde devamlıdır. Bu şekilde devamlı değerler alan bir yöntemde hastalığın varlığı ve yokluğu belirlenen bir eşik değere göre belirlenir. Bu eşik değer değerlendirici tarafından belirlenir ve değişkendir. Eşik değerin değiştirilmesi gerçek pozitif, gerçek negatif, yalancı pozitif ve yalancı negatif değerlerinin tümünü ve dolayısıyla testin duyarlılık, özgüllük ve kestirim değerlerini değiştirir (Şekil 1.129).

Bu şekilde sürekli değerler üzerinden tanı konan sistemlerde yöntemin tanı performansı (duyarlılık ve özgüllüğü) seçilen eşik değere göre değişir. Böyle bir sistemde seçilen eşik değere göre sistemin tanı performansı ROC eğrileri ile değerlendirilir. ROC eğrisi, GP oranına (Duyarlılık) karşı YP oranını (1-Özgüllük) gösteren bir paraboldür. Eşik kriteri değişkendir. Tanı koymak için kullanılan eşik kriteri bazı olguları atlayacak kadar çok yüksek, bazı olguları da olmadığı halde pozitif kabul edecek kadar çok düşük olabilir. Eşik kriteri gevşedikçe duyarlılık ve YP oranı sıfırdan bire doğru artar. Çok yüksek eşik kriteri seçiminde duyarlılık ve YP oranı sıfırdır; çok düşükte ise her ikisi de bir olur. Eşik kriterlerinin seçimi duyarlılığı artırma ihtiyacı ile yalancı pozitif sonuçlarını en aza indirme arasında bir uzlaşmayı gerektirir.

ROC eğrisi altındaki alan (A_z) görüntüleme performasının tümünün bir ölçüsüdür. Bu alanın en yüksek değeri birdir (%100). Rasgele bir tahminin ROC



Şekil 1.129 ROC eğrisi iki sistem ve/veya iki değerlendiricinin tanı yetilerini karşılaştırma yöntemidir. A. Seçilen eşik değere göre incelenen grubun normal ve anormal olarak ayrılması ve incelemenin gerçek ve yalancı pozitif ve negatif değerleri. B. Seçilen farklı iki eşik değerin ROC eğrisi üzerindeki konumu. C. Farklı ROC eğrilerinin yorumu. ROC eğrisi sol üst köşeye ne kadar yaklaşıyorsa sistemin yetisi o kadar yüksektir. En iyi değer noktalı çizgi ile gösterilmiştir. ROC eğrisinin altında kalan alanın (A_z) büyüklüğü sistemin yetisinin kantitatif ölçütüdür. ROC eğrisinin iki koordinatının en üst değeri 1 olduğundan A_z'nin en üst değeri 1, en kötü değeri ise 0.5'dir. 0.5 değerinde karar ölçütünün (kö) ayırıcı özelliği yoktur, karar tamamen tahmine dayanıyor demektir.

eğrisi, 0.0 noktasından 1.0 noktasına uzanan düz bir çizgidir ve A_z alanı 0.5'dir (%50). Görüntüleme performansı arttıkça ROC eğrisi yukarıya sol üst köşeye doğru yaklaşır ve A_z alanı artar.

ROC analizi iki görüntüleme yöntemini karşılaştırmanın bilimsel ve iyi bir yöntemidir. Herhangi bir görüntüleme yönteminde görüntü kalitesi arttıkça ROC eğrisi sol üst köşeye doğru hareket eder. Bir radyolog bir konudaki performansını değerlendirmek için ROC eğrisine bakabilir. Örneğin bir mamografi merkezinde ROC eğrisinde yalancı pozitif oranı yüksek görülüyorsa negatif biyopsi sonuçları artar.Bu durumda eşik değer yeniden gözden geçirilerek durum düzeltilmeye çalışılır. ROC analizindeki güçlüklerden biri duyarlılık ve özgüllüğü hesaplayabilmek için klinik gerçeğin bilinmesi zorunluluğudur.

Kestirim değerleri

İnceleme yöntemlerinin etkinliği (duyarlılık, özgüllük) yanında inceleme sonuçlarının güvenilirliği de önemlidir. Diyagnostik bir testin duyarlılığının ve özgüllüğünün hesaplanmasında testin hatasız bir şekilde yorumlandığı var sayılır. Testin hastalığı saptamadaki değişkenliği veya testin yorumundaki değişkenlik hesaba katılmaz. Bu değişkenliğin derecesi testin güvenilirliğini belirler.

Bir testin duyarlık ve özgüllüğünün yüksek olması, test sonuçlarına göre konan tanıların kesinlikle güvenilir olmasını getirmeyebilir. Bir testin pozitif ve negatif sonuçlarının güvenilebilirlik derecesi, kestirim değerleri ve olabilirlik oranları ile anlaşılır. Bir incelemenin, pozitif sonucunun hastalığı gösterme oranına pozitif kestirim değeri, negatif sonucunun hastalığı göstermeme oranına ise negatif kestirim değeri denir. Pozitif kestirim değeri tüm pozitif sonuçların içinde gerçek pozitif olguların oranını gösterir. Negatif kestirim değerse tüm negatif sonuçların içinde gerçek negatiflik oranı ile temsil edilir.

Kestirim değerleri üzerinde duyarlılık ve özgüllük oranları etkili olmakla birlikte ana etken aranan hastalığın prevalansıdır. Duyarlılık ve özgüllük hastalığın prevalansından etkilenmediği halde, kestirim değerleri prevalansa bağımlıdır. Prevalans arttıkça pozitif kestirim değeri artmakta, negatif kestirim değeri azalmaktadır.

Hastalık prevalansı incelenen populasyona göre değişir; hastanenin genel veya referans hastanesi olup olmaması da prevalansı değiştirir. Genel olarak araştırılan hastalığın incelenen grup içerisindeki prevalansı arttıkça inceleme yönteminin pozitif sonuçlarının güvenilirliğini artar, negatif sonuçlarının güvenilirliği azalır. Bu nedenle iyi bir klinik ve laboratuar inceleme ile seçilerek gönderilen olguların pozitif sonuçlarına, seçimin yetersiz yapıldığı olgulardan çok daha fazla güvenilir. Prevalansın inceleme sonuçlarındaki bu etkisinin bilinmesi sonuçların değerlendirilmesinde de çok önemlidir. Örneğin, referans hastanesindeki bir çalışma sonuçlarını literatürde okuyan bir klinisyen, aynı sonuçları genel amaçlı bir hastanenin radyoloji departmanından beklememelidir.

ZARARSIZLIK VE MALİYET

Yöntemlerin seçiminde yararlılık ilkesinden sonra gelen parametre zararsızlıktır. Zararsızlık içerisinde yöntemin invaziv olmaması da önemli bir yer tutar. Bundan sonra seçilen yöntemin ekonomik olması istenir. Yukarıdaki şartlar eşit olduğunda daha ekonomik olan yöntem tercih edilmelidir. Zararsızlık ve ekonomi konularını birlikte ilgilendiren önemli ölçütler, seçilen yöntemin en kısa yoldan sonuca götürmesi ve benzer bilgileri taşıyan yöntemlerin aynı amaç için kullanılmamasıdır.

Radyolojik bir tanı yönteminin seçiminde, o incelemenin maliyeti ve o incelemeden doğan, örneğin radyasyon ekspojuru gibi zararlar da göz önünde tutulmalıdır (Tablo 1.26). Seçimde temel prensip eşit veriler sağlaması şartıyla maliyeti ve radyasyon ekpojuru en düşük yöntemin seçilmesidir.

Tablo 1.26 Diyagnostik radyoloji yöntemlerinden alınan ortalama ışın dozu (ABD'de)

İnceleme	Yakl. Maliyet (ABD Doları)	Yaklaşık Alınan Doz (Gonad/mrad)
RADYOGRAFİ		
Göğüs	75	10
Düz karın	75	250
İVP	200-300	1000-2000
LS Vertebra	75-150	500 (k)-2500 (e)
Ekstremite	50-75	5-10
Kraniyum	100-150	5
Pelvis	75-100	100 (k)-2500 (e)
Kolon	200-300	1000 (k)-1500 (e)
Üst GİS	200-300	1000 (k)-1500 (e)
Anjiografi	500-1500	Çok değişken
SİNTİGRAFİ		
Karaciğer sint.	250-250	100
Akciğer sint. (vent./perf.)	400-600	150
ULTRASON		
Abdomen	250-500	0
BT		
Kraniyum	500-700	5
Vücut	600-850	500 (e)-10.000 (k)
MR	1000-1200	0

e: erkekte,

k: kadında

Değişik radyolojik incelemelerin fiyatları bu yöntemleri isteyen klinisyen tarafından genellikle bilinmez. Radyoloji departmanları klinisyenleri bu bakımdan bilgilendirmelidir. Benzer şekilde değişik incelemelerden alınan radyasyon dozu da klinisyen için bir sırdır. Genellikle klinisyenlerin çoğu radyasyonun zararlı olduğunu bilir; ancak değişik radyolojik incelemelerle alınan doz hakkında bilgi sahibi değildir.

Bebekler ve genç çocuklar dışında radyasyonun temel etkisi gonadlar üzerinedir. İyonizan radyasyonun normal genetik mutasyon oranını arttırdığı ve mutasyonların çoğunun ise istenmeyen sonuçlar doğurduğu bilinmektedir. 25 rad'lık bir gonad dozu mutasyon oranını iki misli arttırır. Ayrıca radyasyonun somatik ve genetik etkilerinin kümülatif olduğuna inanılır. Bu konudaki akılcı yaklaşım, tüm radyasyon ekspojurlarının potansiyel olarak zararlı olduğunun bilinmesi ve tetkikin yapılıp yapılmamasına radyolojik incelemeden umulan yarar ile riskin karşılaştırılarak karar verilmesidir.

YÖNTEMLERİN PLANLANMASINDA GENEL KURALLAR

Radyolojik inceleme yöntemlerinin çeşitliliğindeki artış nedeniyle klinisyen hastasına isteyeceği incelemelerin sırasını, doğru bir şekilde saptamak zorundadır. Uygun sıralama hastanın riskini minimale indirir, hastanın hastanede kalma süresini azaltır ve benzer bilgileri veren gereksiz birçok incelemeyi önler. Bu konudaki temel prensipler şu şekilde özetlenebilir:

1. Kolona verilen kontrastın ince bağırsağa verilen kontrasttan daha çabuk temizlenmesi nedeniyle sindirim borusunun distalinin çalışmaları proksimal çalışmalardan önce yapılmalıdır (Örneğin kolon tetkikleri, mide tetkiklerinden önce olmalıdır).
2. Sindirim borusundaki baryumun yoğun görünümü nedeniyle intravasküler kontrastla yapılan incelemeler daima baryumlu çalışmalardan önce yapılmalıdır (Örneğin baryumlu kolon tetkikleri ekskretuar ürografiden sonra yapılır).
3. Bilgisayarlı tomografi çalışmalarında bağırsağa çok dilue kontrast madde verilir. Yoğun kontrast belirgin artefakt oluşturur. Bu nedenle eğer aynı hastaya sindirim borusu tetkiki ve BT yapılacaksa BT daima baryumlu çalışmalardan önce yapılmalıdır.

4. Bazı klinik durumlarda hepsinde kontrast madde kullanılacak birden fazla tetkik gerekebilir. Bu durumda en belirleyici yöntem önce seçilmelidir. Örneğin, torasik aortta akut diseksiyon düşünülen bir olguda cerrahi bir girişim planlanıyorsa torasik aortgrafi, dinamik BT-anjiografiye tercih edilmelidir.
5. İyotla tiroid sintigrafisi yapılacak olgularda İV iyotlu kontrast madde verilerek yapılan incelemeler daha sonraya bırakılmalıdır. Tersi olursa İV verilen iyotlu kontrast madde, radyoaktif iyotla yapılacak tiroid sintigrafisinin haftalar hatta aylarca yapılmasını engeller. Tiroidin incelenmesinde sadece anatomik bilgi araştırılıyorsa o zaman iyotlu kontrast madde verilmesine rağmen sintigrafi teknisyumla yapılabilir.
6. Hastaya birden fazla radyonüklidle sintigrafi yapılacaksa enerjisi düşük radyonüklidli çalışmalar öne alınır. I-131 ve Ga-67 gibi enerjisi yüksek radyonüklidlerle yapılan çalışmalar daha sonraya bırakılır.
7. Baryum abdomende yapılan sintigrafileri engeller. Bu nedenle mümkün olan her durumda radyonüklid görüntüleme çalışmaları baryumla yapılan çalışmalardan önce yapılmalıdır.

Primeri bilinmeyen adenokarsinom metastazlarında primer araştırılması

Bir kanser olgusunda lenf nodu tutulumu veya karaciğer gibi organ metastazları primer tümörden önce görülebilir. Bu oldukça sık karşılaştığımız bir durumdur ve primerinin araştırılmasını gerektirir. Primeri araştırmaya karar verdiğimizde araştırmayı nereye kadar götüreceğimiz konusu daima tartışmalıdır. Bazı klinisyenler fizik muayeneden ve idrar tahlili, gaitada gizli kan araştırılması ve göğüs röntgenogramı gibi birtakım basit testlerden sonra palyatif tedavi yapmayı tercih ederler. Diğerleri ise özofagus mide duodenum, ince bağırsak, kolon tetkikleri ve ürografi gibi mümkün olan her radyolojik yönteme başvurarak primeri bulmaya çalışırlar. Ancak bu şekilde yapılan incelemelerin sonuçları genellikle başarısızdır ve bu yolla primer odakların ancak %10'u saptanabilmektedir.

Metastazı olan hastaların onkolojistler tarafından gittikçe daha agresif şekilde cerrahi, radyasyon ve medikal yolla tedavi edilmesiyle birlikte, hasta sahiplerinin de hiçbir şey yapılmamasına karşı reaksiyon göstermeleri nedeniyle klinisyen metastazın primerinin bulunması için gittikçe artan bir baskı ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu durumda abdominal ve pelvik BT yapılması önerilmelidir. Yapılan çalışmalarda BT ile primerlerin yaklaşık 1/3'ünün saptanabildiği gösterilmiştir. Ayrıca baryumlu çalışmalar ve ürografi yerine bu şekilde yapılacak bir BT çalışması maliyet bakımından düşük, daha az zaman gerektiren ve hastaya daha az rahatsızlık veren bir tetkiktir. BT özellikle pankreas, böbrekler, adrenaller, karaciğer ve overleri çok iyi değerlendirir. Pankreasın özellikle gövde ve kuyruk kesimi tümörleri okkült kanserlerin en sık yerleşim yeridir ve BT bu bölgelerin non-invaziv olarak incelenmesinde en etkili yöntemdir.

Adenokarsinom metastazlarında prognoz kötüdür ve uygulanacak tedavinin şekli primerine göre değişmez. Buna karşılık prostat, meme, tiroid, nöral krest ve germ hücreli tümör metastazlarında tedavi primere göre değişir. Bu olgularda serum human koryonik gonadotropin, alfa fetoprotein, prostat spesifik antijen ve asit fosfataz gibi özgüllüğü yüksek testler seçilmelidir. Bu testlere fizik muayene, idrar tahlili, gaitada gizli kan araştırılması ve göğüs röntgenogramları eklenir. Kadınlarda bu listeye gerekirse mamografi de eklenmelidir.

RADYOLOJİK TANI ALGORİTMİ

Algoritmik yaklaşımın amacı en zararsız yoldan, en ekonomik şekilde, en çok veriyi toplayarak tanıya ulaşmaktır. Bunun için çözülmesi gereken, örneğin sarılık, abdominal kitle gibi problemler, açık bir şekilde ortaya konur. Algoritmik yaklaşım genellikle bir tablo şeklinde hazırlanır. Her sağlık biriminin araç-gereç olanakları değişik olduğundan bu yaklaşım kesin bir kural şeklinde her merkezde uygulanamaz. Radyoloğun uzmanlığı da bu seçimde önemli bir etkendir. Bazı olgularda alerjik yapı, ekonomik durum gibi faktörler de seçimi etkiler. Bu nedenle algoritmik yaklaşım her merkezde ve her hastada farklı olacaktır.

Algoritmik yaklaşım genellikle klinisyenler arasında karışık ve yersiz bir yöntem olarak kabul edilir ve daha da önemlisi klinisyende profesyonel karar verme yetkilerinin tehdit altında olduğu izlenimini doğurur. Bu nedenle radyolog çok dikkatli ve akıllı olmalı ve seçimde çok etkin olduğu izlenimini vermemelidir. Klinisyene değişik yöntemlerin üstünlüklerini, yetersizliklerini ve o konudaki yenilikleri anlatarak hastaya en uygun yöntemin seçimine katkıda bu-

lunmasını sağlamalıdır. Klinisyenle iyi ilişki radyoloji uzmanlığının temel kuralıdır.

Konsültan radyoloji uzmanı

Radyoloğun konsültanlık pozisyonu ilk defa 1979 yılında Vermond Üniversitesinde uygulanmaya başlanmış, daha sonra Albert Einstein tıp okulunda Baker ve arkadaşları radyoloji konsültan servisi kurmuşlardır. Bu servisin hastane içerisinde kurulmasıyla tanıya gitme süresi kısalmış ve her hastaya uygulanan radyolojik inceleme sayısında belirgin bir azalma görülmüştür.

Değişik klinik sorunların çözümü için algoritm şemaları hazırlanır. Bu algoritm şemaları değişmez kurallar değildir ve bireysel tanı problemlerine uygun olarak modifiye edilmelidir. Bu modifikasyonların etkili ve ekonomik yönden yararlı olabilmesi için gecikmeden yapılması önemlidir. İşte radyolojik konsültasyon servisleri bu amaca hizmet eder. Radyoloğun önerileri bir öğüt niteliğinde olmalı ve emir verici ve sınırlayıcı öğeler taşımamalıdır. Bu servisin başarılı olabilmesi için hastane idaresinin ve servis şeflerinin bu programı desteklemesi şarttır.

Diyagnostik radyoloji yöntemlerinin çeşitliliği ve her yöntemin duyarlılık, özgüllük ve prediktif değerlerinin farklılığı yanında yararlılık ve maliyet gibi birçok faktörün varlığı böyle bir servisi gerekli kılmaktadır. Bu şekilde yapılacak bir çalışma ile hastanın hastanede kalış süresi kısaltılmakta ve ekonomik yönden büyük yararlar sağlanmaktadır. Günümüzde böyle bir servis olmadan klinisyen tarafından yapılan seçimler, genellikle bilinçli bir seçimden daha çok sezgi ve daha önce geçirilmiş deneyimlere dayanmaktadır.

RADYOGRAMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE RAPOR YAZMA

Radyogramların değerlendirilmesi ve rapor yazma diyagnostik radyolojinin ana işlevidir. Tanıya varmak için gerekli bulguları gözden kaçırmamak ve görünümleri yanlış algılamamak için radyogramların belirli bir disiplin içerisinde değerlendirilmesi gerekir. Rapor ise radyologin klinisyenle iletişimini sağlayan temel araçtır. Çoğu zaman klinisyen hastasını gönderdiği radyologi sadece raporlarından tanımakta ve değerlendirmektedir. Konumu büyük ölçüde klinisyenin değerlendirmesi ile belirlenen radyolog bu nedenle, başarılı olmak için konuya gereken önemi vermek zorundadır.

DEĞERLENDİRME ŞARTLARI

Radyolojik tanı yöntemleri ile elde edilen görüntülere genel olarak radyogram denir. Röntgenogram sözcüğü X-ışını ile elde edilen projeksiyon görüntülerini tanımlar. Projeksiyon radyografisi görüntü başına en fazla bilgi taşıyan yöntemdir. Radyolojik görüntüler, ya röntgen filmi üzerinde transparan görüntüler şeklindedir veya monitörlerdedir. Monitörlerdeki görüntüler doğrudan değerlendirilebileceği gibi transparan görüntüler şeklinde film üzerine basılarak negatoskoplarda incelenir. Monitörlerde değerlendirme, negatoskopların karşılığı olan birden fazla bilgisayardan oluşan işleme ve raporlama istasyonlarında ("workstation"lar) yapılır.

Radyografik görüntü, radyogramı geçen ışığın intensitesinin (I_t) uzaysal dağılımıdır. İntensite ile ifade edilen bu ışık haritası gözümüzden bağımsızdır. İntensitenin gözümüzce algılanan şekli luminanstır. Luminansın intensiteden farkı, işin içine gözün algılama yetisinin karışmasıdır. Örneğin gözümüz ışığın spektrumunda sarı-yeşil kesime daha duyarlı ise intensitede hiçbir değişiklik olmadığı halde bu bölgeler mavi ışık yayan kesimlerden daha parlak görülür. Dolayısıyla luminans, bakanın algıladığı intensite ölçütüdür. Luminansın standart ölçü birimi "nit" dir. (Nit: bir metrekarelik yüzeye dik gelen 1 candela (cd) şiddetindeki ışığın intensitesi: cd/m^2.) Filmlere negatoskop ("view box") dediğimiz üniform ışık yayan kutuların üzerinde bakılır. Tipik bir negatoskopun luminansı 3000 nittir; ancak bu değer 1.500-7.000 nit arasında değişir, bazen daha fazladır.

Bir filmden geçen ışığın kantitatif tanımı için transmissivite (geçirgenlik) terimi kullanılır. Negatoskopa takılan bir filmde bir bölgeden geçen ışık intensitesinin (I_t), o bölgeye gelen ışık intensitesine (I_0) oranı geçirgenliği (transmissivite) verir (I_t / I_0). Transmittans, transparensi veya ışık penetrasyonu terimleri de eş anlamlıdır. Bir radyogramdaki değişik bölgelerin geçirgenlikleri arasındaki fark genelde 0.001-0.5 arasındadır. Tipik bir radyogramın ortalama geçirgenliği 0.1 civarındadır. Bu değer, negatoskop ışığının %10'unun radyogramı geçtiğini gösterir.

Radyogramların üzerindeki görüntülerin seçilebilmeleri kontrastlarına ve kenar keskinliklerine olduğu kadar radyogramların incelendiği şartlara da bağlıdır.

Bu şartlardan ilki negatoskopun ışığının yeterli yoğunlukta ve üniform olmasıdır. Yetersiz ışıkta, özellikle ekspojur faktörleri yüksek olan radyogramlardaki görüntüleri seçmek olanaksızdır. Bu durumda ya ışık şiddeti ayarlı negatoskoplar kullanılmalı veya negatoskopun yanında parlak ışık kaynağı bulunmalıdır. Çok parlak ışıklı bir negatoskop ise ekspojur faktörleri yetersiz radyogramlar üzerindeki görüntülerin seçilmesini engeller.

İkinci önemli nokta negatoskop ışığının radyogramın kenarlarından taşmamasıdır. Işıklı negatoskop yüzeyinin radyogramdan geniş olması sonucu, kenarlardaki parlak ışık gözü alarak radyogram üzerindeki görüntülerin saptanmasını zorlaştırır. Radyogram üzerindeki çok parlak alanlar da, daha az olmak üzere, aynı şekilde etki eder. Örneğin bir göğüs röntgenogramında mediastenin parlaklığı komşu akciğer parankiminin iyi şekilde değerlendirilmesini önler. Bu etkileri ortadan kaldırmak için storlu negatoskoplar veya değişik boyutlarda maskeler kullanarak incelenecek bölgenin homojen aydınlıkta olması sağlanır. Yaygın olarak kullandığımız negatoskoplardaki her biri ayrı düğme ile kontrol edilen parçalı aydınlatma, kabaca bu etkiyi sağlamayı amaçlar.

Üçüncü önemli önlem, radyogramın değerlendirildiği odanın homojen bir şekilde hafif aydınlatılmış olmasıdır. Değerlendirme sırasında okuma lambası gibi fokal aydınlatma yapan parlak ışık kaynağı bulunmamalıdır. Odanın çok iyi havalandırılmasına özen gösterilmelidir.

Radyogramların değerlendirilmesinde, yukarıda belirtilen ön şartlardan başka, değerlendirme sürecinde de dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Değerlendirme sırasında radyogramlar göz hizasında ve radyologin detayları rahatça görebileceği standart bir uzaklıkta olmalıdır. Radyoloğun hareketli olması ve radyogramlara değişik uzaklık ve açılardan bakabilmesi önemlidir. Örneğin düşük kontrastlı objeler uzaktan daha iyi görülebilir. Mikrokalsifikasyon gibi yüksek kontrastlı küçük yapıları daha iyi görebilmek için büyüteç kullanmak gerekebilir.

Değerlendirme sürecinde en önemli öğe radyoloğun performansıdır. Radyolog yorgun olmamalı ve konsantrasyonunu bozacak iç ve dış etkenlerden korunmuş olmalıdır. Bu amaçla radyogramlar konsantrasyonu bozacak dış etkenlerden korunmuş mekânlarda değerlendirilmelidir. Hasta muayenesinin analogu olan radyogram değerlendirilmesine, muayenede gösterilen özen gösterilmeli, hasta muayenesi sırasında dış müdahalelere nasıl izin verilmiyorsa, radyogramların değerlendirilmesinde de dış müdahalelere izin verilmemelidir.

Monitörden değerlendirme

Değerlendirme monitörleri, negatoskopa takılmış radyogram gibi görüntüleme zincirinin son halkasıdır. Monitörler görüntüyü doğru gri ölçekte distorsiyonsuz, keskin kenarlı ve en iyi kalitede göstermelidir. İki tür monitör teknolojisi vardır: 1) Katot ışın tüpü (CRT): Braun tüplü ve elektron demeti yönlendiricili konvansiyonel monitörlerdir. 2) Likit kristal display (LCD): Ekranı likid kristalden oluşan düz-panel monitörlerdir. Daha hafif, daha az yer kaplayan, düz panel olduğu için görüntüsü distorsiyone olmayan ve manyetik alan üretmeyen LCD'ler hızla CRT'lerin yerlerini almaktadır.

Radyolojik görüntüler 625/525 çizgili standart monitörlerde izlenebilir; ancak çizgi sayısı en az 1.294/1.023 olan yüksek çözümlemeli monitörler tercih edilir. Titreşimsiz görüntü elde etmek için yenilenme hızı 79 Hz (saniyede 76 görüntü oluşturmalı) olmalıdır. Bir işleme ve değerlendirme istasyonunda en az iki monitör bulunmalıdır.

Monitörlerde yapılan değerlendirme ile film sorunları elimine edilir. Film kaybı on kat azalır. Film tekrarı % 5'ten % 0.8'e düşer.

DEĞERLENDİRME AŞAMALARI

Radyogramların değerlendirilmesinde görme, tanımlama ve yorumlama olmak üzere üç evre vardır. Görme ve tanımlamada radyoloji fiziği ve radyolojik anatomi bilgisi belirleyicidir. Fizik, görüntünün vücut içindeki izdüşümünün anlaşılmasında, anatomi görüntünün normali ya da anormali temsil ettiğinin belirlenmesinde etkindir. Bu evrede radyogramlardaki normal dışı görünümler yorum yapmadan objektif olarak ve eksiksiz saptanarak tanımlanır. Yorumlama evresinde ise saptanan ve tanımlanan görüntüler hastaya ait klinik ve laboratuar verilerinin ışığında, patoloji bilgileriyle birleştirilerek tanıya varmaya çalışılır. Şimdi bu evreleri sırasıyla incelemeye çalışalım.

Görme

Negataskoptaki veya monitördeki görüntüyü geçerek göze ulaşan ışık intensitesi, gözleyenin göz-beyin kompleksi tarafından parlaklık farklılıkları şeklinde

algılanır. Radyolojik görüntünün üç temel karakteristiği vardır: kontrast, uzaysal çözümleme ve bunları da kapsayan saptanabilirlik. Kontrast ve çözümleme standart tekniklerle araştırılabilir ve ölçülebilir. Saptanabilirlik ise gözlemciden ve lezyonun bulunduğu anatomik zeminden belirgin şekilde etkilenir ve teknik olarak tanımlanması zordur.

Görüntüleme sisteminin gözlemci tarafı, yani göz-beyin kompleksi tam anlamıyla tanımlanamayacak kadar karmaşıktır. Bununla birlikte bu yeteneği değerlendirmek için bazı ölçümler tanımlanmıştır. Örneğin görme keskinliği, gözlemcinin birbirine komşu yüksek-kontrastlı nesneleri ayırabilme yeteneğinin ölçüsüdür. Görme keskinliği, göz muayenesindeki gibi belirli bir mesafeden nesnelerin seçilebilmesi şeklinde ölçülebilir. Gözün çözümleme gücü lensin geçirgenliğinin bozulması, gözün hareketi ve bir dereceye kadar da kırma kusurlarına bağlı olarak azalır.

Lezyon saptanabilirliğinde etkin olan diğer ölçütler negatoskop parlaklığı, ışığın üniformitesi, odanın loş ışıklandırılmasıdır. Röntgenogramların kenarından taşan negatoskopun parlak ışığı örtülmelidir. Böylece gözün algıladığı dinamik reync düşer ve düşük kontrastlı objelerin görülebilirliği artar.

Radyolojik verilerin dedektörü gözdür. Bir görüntünün yararı, ne kadar çözümleme gücü yüksek olursa olsun, sonuçta insanın gözünün görmesi ve gördüğü şeyi beynin algılaması ile sınırlıdır. Göz-beyin birimi görüntü kalitesinin standartını ve görülebilecek en küçük boyutu belirler. Göz bir fotoğraf makinasına benzer. Pupilla diyaframın, lens lenslerin, retina da filmin karşılığıdır. Retinada bulunan 3 milyon kon aydınlıkta görmeyi sağlar ve detay görmeden sorumludur,100 milyon basil ise karanlıkta görmeyi sağlar.

Değerlendirmenin ilk basamağı olan görme, santral ve periferik olmak üzere ikiye ayrılır. Keskin görmeden sorumlu olan santral görme, fovea santraliste bulunan konlarla sağlanır, ancak görülen alan küçüktür. Retinanın diğer kesimlerindeki basiller periferik görmeden sorumludur, görülen alan geniştir, ancak görüntü keskinliği yoktur. Fovea sentralisteki konlarının her birinin sinir bağlantısı ayrıdır. Retinanın diğer kısımlarında ise yaklaşık 200 reseptörün bir sinir bağlantısı vardır. Fovea sentralis detaya, periferal alan ise harekete duyarlıdır.

Çözümleme: Görme keskinliğinin sınırını fovea sentralisin merkezindeki yaklaşık 0.3 mm'lik bir alanda bulunan konların çapı ve yoğunluğu belirler. Konların çapı yaklaşık 1.5 mikrondur. İnce detayın görülmesini sağlayan bu alanda yaklaşık 35.000 kon bulunur. Keskin görme ile gözün azami çözümleme gücü 30 çç/mm'ye çıkar. Bu değerin elde edildiği bakış mesafesi yaklaşık 10 cm'dir. Normal negatoskopa bakış mesafesinde (yaklaşık 30 cm) bu değer 5 çç/mm'ye düşer. Bu çözümlemede çizgilerin kalınlığı yaklaşık 1.5 mikron kadardır. Bu değer fovea santralisteki konların boyutu ile uyumludur.

Görme açısı, bakılan objenin kenarlarını lensin merkezine birleştiren çizginin arasında kalan açıdır. Obje göze yaklaştıkça retinadaki izdüşümü de büyür ve retinaya düşen ışık artar. Işık görme keskinliğini artıran en önemli öğedir. Retinadaki gölgenini büyümesi ise aynı miktardaki kon üzerine daha küçük bir bölgenin gelmesi demektir. Bu durum görüntüleme yöntemlerinde matris boyutu değişmeden FOV'un küçültülmesinin yaptığı etkiyi yapar; çözümleme artar. Bu nedenle detay araştırılırken göz filme yaklaştırılır ve parlak ışık kullanılır. Bu sınırın üzerinde bir çözümleme gücüne gerek olduğunda retineaya düşen alan büyüteç aracılığı ile daha da küçültülebilir.

Kontrast: Gözün kontrast ayırma yetisi objelerin uzaysal frekansının bir fonksiyonudur. Göz-beyin kompleksinin kontrasta en duyarlı olduğu boyut 1-5 çç/mm'dir. Uzaysal frekans 4 çç/mm olduğunda kontrast ayırma yeteneği en yüksektir. Bu değer 10 çç/mm'ye doğru hıza azalır. İnsan gözünün en fazla 32 gri tonu ayırt edebildiği söylenir. Ancak bu değer tonların yan yana olup olmaması ve ışığın derecesi gibi şartlara göre 30-40 arasında değişir. Kontrast ayırımı konlar tarafından yapılar. Konlar % 2'lik bir kontrast farkını ayırabilir. Basillerin ise bu yetisi ancak % 20'ler civarındadır.

Radyolog nasıl görür: Radyogramlara önce global bakılır. Buna rağmen deneyimli bir radyolog yaklaşık 0.2 sn'de kalbin şekli, diyafragmaların durumu gibi büyük boyutlu objeleri değerlendirir. Bir akciğer nodülünün değerlendirmesi ise yaklaşık 10-20 sn sürer. Nodülün araştırılması ve analizi için gözün birçok defa fiksasyonu gerekir. Bir röntgenogramın değerlendirilmesinde göz 30-60 defa fikse olur.

Röntgenogramların genel bakıştan sonra, santral fiksasyonlarla raster örneğine benzer şekilde taranması önerilir. Örneğin negatoskoptaki bir göğüs röntgenogramında şüpheli bir gölge hakkında karar vereceğimiz zaman yaptığımız ilk iş, röntgenogramı gözümüze yaklaştırarak gözümüzü o noktaya fikse edip dikkatle bakmaktır. Fakat pratikte böyle olmadığı, söylenmesine rağmen yapılmadığı araştırmalar-

da gösterilmiştir. Genellikle tanı genel bakışla konur. Radyogram önce tümüyle periferik görme ile algılanır; daha sonra fovea santralisin gerekli yerlere fiksasyonu ile bölge bölge keskin görme sağlanır. Santral görme için yapılan bir vizual fiksasyonda görülen alan 2 derece kadar küçüktür. Bu nedenle 35 x 47.5 cm'lik bir radyogramı santral görme ile inceleyebilmek için yaklaşık 300 defa vizual fiksasyon gereklidir.

Bir objenin şekil olarak algılanmasını sağlayan özellikler kenar, simetri ve boyuttur. Kapalı kenar, simetrik yapı ve küçük boyut objenin zemininden ayrı bir şekil olarak algılanmasını kolaylaştırır. Görüntünün kontrastı, boyutu ve şekli ise vizual fiksasyonu sağlayan özellikleridir. Vizual fiksasyon, öncelikle ani açılanmalar yapan keskin kenarlı objeler üzerinde olur. Boş bir zemindeki yüksek kontrastlı tek bir obje, benzer yapıdaki birçok objeden daha çabuk dikkati çeker.

Tanımlama

Radyogramların değerlendirilmesinde ikinci aşama görülen lezyonun tanımlanmasıdır. Lezyondan lezyo na farklılıklar olmakla birlikte bir lezyonun tanımlanmasında genellikle kullanılan ölçütler Tablo 1.27'de özetlenmiştir. Bunların dışında, örneğin ultrasonografide kullanılan akustik gölge, arka duvar yankılanması gibi radyolojik yönteme has ölçütler de vardır.

Boyut, tek yönlü radyogramlarda birbirine dik iki boyutun, iki yönlü radyogramlarda ve kesit görüntülerde ise üç boyutun metrik karşılıkları ile belirtilir. Eskiden sık kullanılan pirinç tanesi, nohut gibi standart boyutlu bir nesneye benzeterek boyut belirleme, daha tanımlayıcı olmakla birlikte, boyut değişikliklerini belirtmede yetersiz kaldığı için günümüzde tercih edilmemektedir.

Tablo 1.27 Radyografik patolojileri tanımlama ölçütleri

Boyut
Şekil
Kenar
belirgin / belirsiz
düzgün / düzensiz
Yoğunluk, intensite, ekojenite, aktivite
Yapı
solid / kistik
homojen / heterojen
kalsifikasyon / gaz
Kontrast davranışı
derecesi, şekli, zamanı
Yerleşim yeri

Şekil, genelde, yuvarlak, küresel, üçgen, dikdörtgen, çizgisel gibi geometrik bir şekle benzetilerek tanımlanır. Çizgisel şekilli lezyonların seyirleri eğik, spiral gibi tanımlarla belirtilir. Bazı lezyonları karakterize eden özel şekiller ise genellikle çevredeki çok bilinen objelere benzetilerek *bulgu ("sign")* olarak tanımlanır (*nilüfer çiçeği işareti*, *menisküs işareti* gibi).

Kenarı değerlendirmede iki ölçüt vardır. Önce kenarın belirgin olarak seçilip seçilmemesine bakılır; ikinci ölçüt düzgünlüktür. Bir lezyonun kenarı düzgün ya da düzensizdir; keskin sınırlı olabilir ya da sınırları açıkça seçilemiyordur. Tipik kenar görünümleri de benzetmelerle tanımlanmaya çalışılır. Örneğin multipl myelomdaki keskin kenarlı kemik defektleri *zımba ile delinmiş gibi*, akciğer kanserinin düzensiz kenarı *fırçamsı*, meme kanserinin düzensiz kenarı ise *spiküler* olarak tanımlanır. Kemik lezyonlarının kenar özelliği geçiş zonu başlığı altında önemli bir tanı ölçütüdür.

Yoğunluk (dansite), x-ışını kullanılarak üretilen radyogramlardaki (röntgenogram, BT kesitleri) lezyonları tanımlamada kullanılır. Yoğunluğun analoğu, manyetik rezonansta intensite, ultrasonda ekojenite, sintigrafide ise aktivitedir. Yüksek değerler hiper, düşük değerler hipo, eşit değerler ise izo ön ekleri ile belirtilir. İzo değerlerde referans yapı mutlaka belirtilmelidir (dalak ile izointens gibi).

Yapıyı tanımlamada en sık homojenite-heterojenite ve solid-kistik ölçütleri kullanılır. Kalsifikasyon ve gaz gibi tanı için çok önemli nesnelerin varlığı araştırılmalı, varsa kalsifikasyonun boyutu ve şekli belirtilmelidir.

Kontrast davranışı önemli bir tanı ölçütüdür. Bir lezyonun kontrast davranışı, kontrastı tutup tutmaması; tutuyorsa derecesi, şekli ve zamana karşı gösterdiği değişikliklerle tanımlanır. Örneğin vaskülaritesi fazla olan lezyonlar belirgin kontrast tutar. Karaciğer hemanjiomunda periferden merkeze doğru kontrast tutulumu ve bu işlemin 3 dakikadan daha geç sürede tamamlanması tipiktir.

Yerleşim yeri tanıda, çoğu olguda en önemli ölçütlerden birini oluşturur. Yerleşim yeri lezyonların karakterizasyonunda önemlidir. Dördüncü ventrikülün arkasına komşu orta çizgi kitlelerinde öncelikle medulloblastom, epifize lokalize bir kemik lezyonunda ise öncelikle kondroblastom düşünülür.

Doğru tanım, doğru tanının ön şartıdır. Eksik ve yanlış tanımlama, yanlış yoruma neden olarak yanlış tanıya götürür. Örneğin soliter bir akciğer lezyonunda küresel şeklin ve fırçamsı kenar özelliğinin göz ardı edilmesi, malignite olasılığının ayırıcı tanı listesinde ya düşünülmemesine ya da alt sıralara düşmesine neden olur.

Yorumlama

Radyogramların değerlendirilmesinde son aşama saptanan ve tanımlanan bulguların klinik ve laboratuar verileri ile birleştirilerek tanıya varılmasıdır. Safra kesesi taşı veya bir Colles kırığında görünümler çok tipik olduğundan tanı ilk aşamada konur. Birçok bulguda da tanıya sadece lezyonu tanımlayan ölçütlerle varılabilir. Bu şekilde tanı konan olgularda kullanılan ölçütlerin özgüllüklerinin çok yüksek olması gerekir. Örneğin kondroblastomda yerleşim yeri ölçütü çok spesifiktir ve dışlayıcı bir ölçüt yoksa tanı koydurabilir. Çoğu zaman görünüm ve tanımlama ile tanıya varmak olanaksızdır. Radyolojik bulguların özgüllüğünün düşük olduğu böyle olgularda tanı için klinik ve laboratuar verilerine gereksinim duyulur. Radyolojik tanı için gerekli bilgiler genellikle yaş, cins, ırk (zenci vb), memleket (fluorozis, mezotelyom vb), meslek (akroosteolizis, pnömokonyoz vb), ailevi hikâye, semptomatoloji muayene bulguları ve laboratuar verileridir. Örneğin akciğerlerinde hipervaskülerizasyon saptanan bir yeni doğanda siyanoz varlığı transpozisyonu, yokluğu ventriküler septal defekt gibi soldan sağa şantı düşündürür. Yorumdaki bu önemli işlevi nedeniyle radyolojik inceleme istek formlarında gerekli klinik ve laboratuar bilgilerinin verilmesi sağlanmalıdır. İstek belgelerinde verilen klinik bilgi yetersizliği yorumu doğrudan etkileyeceğinden raporda mutlaka belirtilmelidir.

Birçok olguda istek belgesinde verilen bilgiler tanıya varmak için yetersiz kalır. Böyle durumlarda klinisyenle yüz yüze veya telefonla doğrudan iletişim kurarak tanıya varmaya çalışılır. Çoğu zaman hastadan anemnez almak ve hatta hastayı muayene etmek gerekebilir. Özel muayenehanelerde bu olanağın her zaman bulunması önemli bir avantajdır. Hastanelerin radyoloji departmanlarında ise radyogramların üretilmesi ile değerlendirilmesi farklı zamanlarda olduğu için böyle bir durumda hastayı tekrar çağırmak zorunda kalınmaktadır. Tanıda gecikmeye ve zaman kaybına neden olan ve hasta tarafından hiç de hoş karşılanmayan böyle bir durumu önlemek için hasta departmanı terk etmeden önce radyogramlar ilgili radyolog tarafından gözden geçirilmelidir. Radyoloğun hastayı görme olanağının bulunmadığı travmalı olgularda, belirgin olmayan kırıkların saptanmasında önemli olan hematom, ekimoz gibi yerleşim yeri bulguları radyografiyi yapan teknisyen tarafından radyoloğa bildirilmelidir.

Yorumlama aşamasında, hastaya daha önce yapılmış radyolojik incelemeler gözden geçirilmelidir. En iyi konsültan hastanın önceki radyogramlarıdır. Ancak bu şekilde lezyonların ilerlediği veya gerilediği söylenebilir. Daha önceki incelemelerin dikkatle gözden geçirilmesi raporlama tutarlılığı sağlayacağı gibi dalgınlıkla yapılabilecek eksik değerlendirmeleri de önleyeceğinden, radyoloğun prestiji açısından çok önemlidir.

DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ VE YANLIŞLARI

Radyogramlardaki normal dışı görünümlerin doğru ve eksiksiz saptanabilmesi için değerlendirmenin belirli bir disiplin içerisinde yapılması gerekir. Radyogram önce teknik, yönden değerlendirilir. Örneğin bir göğüs röntgenogramında hastanın pozisyonu, solunum durumu ve ekspojur faktörleri değerlendirmede göz önünde tutulması gerekli ölçütlerdir. Teknik yönden yetersiz bir radyogramı değerlendirmeye kalkışmak akıllıca bir hareket değildir.

Radyolojik bulguları atlamadan eksiksiz saptayabilmek için radyogramların her tarafı belirli bir sırayla gözden geçirilir. Örneğin bir göğüs röntgenogramında yumuşak dokular, kemik yapılar, diyafragma ve altları, akciğer, kalp ve mediastinum sırayla incelenir. Bu sıranın nereden başladığının bir önemi yoktur; önemli olan sıraya uyarak gözden geçirilmedik bir alan bırakılmamasıdır.

Akciğer ve beyin gibi oldukça simetrik organlarda, simetrik kesimler karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Örneğin tek başına bir lezyon görüntüsü vermeyen bir apeksteki yoğunluk artımı, ancak her iki apeks karşılaştırıldığında saptanabilir.

Radyogramların iki radyolog tarafından kontrollü olarak değerlendirilmesi hata payını en aza indirir. Zaman ve eleman yetersizliği nedeniyle çoğu zaman uygulama olanağı bulamadığımız bu yöntem, mümkün olan her durumda uygulanmaya çalışılmalıdır.

CAD uygulamaları ikinci radyolog fonksiyonu görerek prediktif değerleri önemli oranlarda artırmaktadır.

Radyogramların değerlendirilmesindeki yanlışlıklar daha çok görme ve yorumlama aşamalarında karşımıza çıkar. Bir oluşumun bir görüntü olarak algılanmasında en önemli etkenler radyoloğun beklentileri, bilgisi ve deneyimidir. Hekim olmayan birinin bir göğüs röntgenogramında ya kalp ve mediastinumun beyazlığını ya da akciğer alanlarının siyahlığını anormallik olarak algıladığını hepimiz görmüşüzdür. Yalnız beklenenler değil, karşıtları da görülür. Beklentiler, bilgi ve deneyim, sadece radyogramın önemli kesimlerinin araştırılmasına neden olur. Radyogramları değerlendirirken görememe yalancı negatif ("under-reading"); yanlış görme ise yalancı pozitif ("over-reading") sonuçlara neden olur. Pratikte görememe yanlış görmeden daha sıktır.

Görememe

Diyagnostik radyolojideki en büyük problem yüksek görememe oranıdır. Deneyimli radyologlar bile tanı için önemli bulguların %10-40'ını göremez. Örneğin ilk değerlendirmede normal rapor edilen akciğer kanserli olguların %30'unda retrospektif olarak lezyonun görülebildiği saptanmıştır. Radyogramları değerlendiren radyologların göz hareketlerini inceleyen bir çalışmada, radyogramların büyük kesiminin santral görme ile araştırılmadığı gösterilmiştir. Yetersiz bakışın nedenleri çoğu zaman şunlardır:

1. Radyogramlara rapor odasında en iyi şartlarda konsantre olarak bakmak yerine, anormal şartlarda kısa bir göz atışla karar verme: Koridorlarda pencerelere tutularak göz gezdirilen değerlendirme şekli, bir hekimin, hele hele bir radyoloğun değil ancak hastaların yapacakları bir hareket olabilir.
2. Bir lezyon görüldüğünde ona fikse olmak ve radyogramın diğer kesimlerini yeteri kadar araştırmamak: Diğer bir neden bir şey görüp ona fikse olmak, başka bir şey aramamaktır. Bir anormallik görülür, diğer taraflara bakmaya gerek duyulmaz ve değerlendirme bitirilir. Acelecililiğin ve radyogramlara sistematik bakma alışkanlığının olmadığı böyle bir değerlendirme şekliyle tanı için önemli bulgular gözden kaçırılabilir. Örneğin miliyer bir akciğer görünümünde, boyun yumuşak doku şişliği gözden kaçırılırsa tiroid kanseri metastazı atlanarak öncelikle miliyer tüberküloz düşünülebilir. Böyle bir yanlışa düşmemek için radyogramları incelerken bir lezyon görüldüğünde unutulmalı veya kapatılmalı ve radyogramın diğer kesimleri dikkatle araştırılmaya devam edilmelidir. Yalancı negatifliğin artmasının nedeni olan bu eksikliğin giderilmesinde CAD yöntemi yardımcı olabilir.
3. Radyogramları klinik bilgi olmadan değerlendirme: Bir göğüs röntgenogramının yüzeyinin tümünün vizuel fiksasyonla incelenmesi zaman darlığı ve göz yorgunluğu nedeniyle çoğu zaman olanaksızdır. Örneğin ilk kostalardaki kırık çizgilerini, gerekli klinik bilgi verilmemişse saptamak olanaksızdır. Böyle bir kırık ancak istek belgesinde verilecek travma hikâyesi ve hematom ve ekimoz gibi lokalize edici bilgiler sonucu, vizual fiksasyonun ilgili bölgelere yapılmasıyla saptanabilir. Travmalı olgularda yerleşim yeri bulgularının bilinmesinin yalancı pozitif oranını değiştirmeden, kırık saptama oranını yükselttiği gösterilmiştir.

Görüp pozitif bulgu kabul etmeme

Radyogramların değerlendirilmesinde yanlışlığın ikinci kaynağı, kesin karar verilemeyen durumlardır. Radyogramlardaki her görüntü açık olarak bir lezyonu temsil etmez. Artefaktlar, üst üste düşen yapılar ve anatomik varyasyonlar anormalliği taklit edebilir. Yalancı pozitif sonuca neden olan bu belirsizliklerden korunmak için radyolog çoğu zaman bu görünümleri daha önceki deneyimlerine dayanarak bir eşiğe göre değerlendirir. Yani yeteri kadar anlamlı kabul edilmeyen görünümler pozitif bulgu olarak kabul edilmez. Lezyonları atlamaya neden olacak bu durumu önlemenin yolu eşik değerinin aşağı çekilmesidir. Eşik değer aşağı çekildiğinde kaçınılmaz olarak yalancı pozitif oran artarak yöntemin özgüllüğü düşer. Araştırmalar değerlendirme yanlışlarının, görememeden daha çok, görüp fakat pozitif bulgu olarak kabul etmemekten, kaynaklandığını göstermiştir.

Görüp anormallik olarak kabul etmemenin diğer bir nedeni "satisfaction of search" veya "satisfaction of meaning" denilen durumdur. Daha önce görülen şeyler tanı için yeterli kabul edilmiştir. Yeni bir bulguya gerek yoktur.

Bir şeyi görmek ona bir anlam yüklemeyi zorunlu kılar. Bazı lezyonlar ona bir anlam yükleyecek kadar karakteristik değildir veya anlam yüklemek için yeterli bilgi ve görgü birikimi yoktur. Bu durumda yapılacak şey onu yok saymaktır.

Yorumlama yanlışları

Görülen ve tanımlanan lezyon, klinik ve laboratuar verilerinin yardımıyla yorumlanarak bir tanıya varılmaya çalışılır. Bu aşamada doğan yanlışlıklar; klinik bilgiyi dikkate almamak, klinik bilginin eksikliği ve yanlışlığı ya da bu bilgilerin değerlendirmedeki objektiviteyi bozmasından kaynaklanır. Bu faktörler şu başlıklar altında toplanabilir:

1. Görmek ve aynı anda tanı koymak: Bazen yeterli klinik bilgi verilmesine rağmen, radyolog gayri ciddi bir davranışla, klinik bilgilere bakmak bir yana, daha doğru dürüst tanımlamadan lezyonu gördüğü anda tanıyı söyler. Sansasyon yaratmanın dayanılmaz hafifliğiyle yapılan böyle bir değerlendirmenin çoğunlukla hüsranla sonuçlandığını maalesef kendi deneyimlerime dayanarak söyleyebilirim.
2. Klinik bilgi eksikliği veya yanlışlığı: Özellikle özgüllüğü düşük bulguların varlığında, tanıya varmak ancak sağlıklı ve yeterli klinik bilgi ile olanaklıdır. Örneğin karaciğerde yer kaplayan bir lezyon, infeksiyon bulgularının varlığında apseyi, yokluğunda nekroze tümörü temsil edebilir. Böyle bir olguda yetersiz ve yanlış klinik bilgi kolayca yanlış tanıya neden olur. Bu nedenle, özellikle radyolojik bulguların özgüllüğü düşük olduğunda klinik bilgi yetersiz veya güvenilmez ise ya hiç değerlendirme yapılmamalı, ya da sadece bulgular tanımlanarak yorum yapılmaktan kaçınılmalıdır. Klinik bilgi gerçek pozitif oranında istatiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmakta, ancak birlikte yalancı pozitif oranı da artmaktadır.
3. Klinik bilginin objektif değerlendirmeyi engellemesi: Klinik bilgi bazen değerlendirmenin sağlıklı yapılmasını engelleyebilir. Örneğin istek belgesinde, bir tarafında siyatik olduğu kuvvetle düşündüren bulgular yazılı bir olguda, şüpheli BT bulguları çoğunlukla pozitif bulgu olarak kabul edilir. Klinik bulguların tarafsızlığı bozarak yalancı pozitif oranı artırıp yöntemin duyarlılığını düşürmesini engellemek için radyogramların önce klinik bilgilere bakmadan değerlendirilmesi, klinik verileri aldıktan sonra radyogramların tekrar gözden geçirilmesi yararlı olabilir.

RAPOR YAZMA

Radyolojik incelemeleri değerlendiren radyolog değerlendirme sonuçlarını bir rapor haline getirerek klinisyene iletir. Radyoloji raporu, radyolog ile klinisyen arasındaki temel iletişim aracı olması yanında, hasta dosyalarının da önemli bir parçasıdır ve yasal bir dokümandır. Radyoloğun yeteneğinin yansıdığı radyoloji raporları, radyolojik yöntemlerdeki çeşitlenme ile birlikte eskisinden çok daha önemli konuma gelmiştir. Hasta kayıtlarına bakarak klinisyenin uygulamalarını sorgulamak, hastayla birlikte değerlendirme olanağı olmadığından (olsa bile zamanla kliniğin değişmesi nedeniyle), olanaksızdır. Halbuki radyoloji raporlarında yapılan bir yanlış, radyoloji arşivleri yanmadığı veya satılmadığı (!) sürece görülmeye devam edecektir. Bu nedenle radyogramların değerlendirilmesi ve rapor yazma, üzerinde önemle durulması gerekli bir konudur.

Bir radyoloğun en önemli işlevi, radyogramların sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi ve sonucunun amaca uygun, açık ve özlü bir rapor şeklinde klinisyene iletilmesidir. Mesleki konumu büyük ölçüde klinisyenin değerlendirmesi ile belirlenen radyologin, klinisyenle en önemli ve çoğunlukla tek iletişim kanalı olan rapor yazmaya gereken önemi vermesi gerekir.

Raporun bölümleri

Rapor, başlıca incelemenin adını ve nasıl yapıldığını, bulguları ve bulguların yorumunu içerir. Raporun başına çözülmesini istenen sorunun kısa bir özeti eklenebilir. Klinik sorunun yapılan inceleme ile çözülemediği olgularda, yorum bölümünün sonuna çözüm için gerekli olduğu düşünülen diğer inceleme örnekleri eklenebilir. Uzun raporlarda klinisyene kolaylık sağlamak amacıyla özet yapılabilir. Ayrıntılı bir radyoloji raporunun bölümleri Tablo 1.28'de gösterilmiştir.

Radyoloji raporu hastanın idantifikasyonu ile başlar. Hastanın adı ile birlikte yaşı, cinsiyeti ve protokol numarası yazılır. Bu bilgilerden sonra özellikle Kuzey Amerika ülkelerinin raporlarında geçen ancak ülkemizde pek yazılmayan, hastanın klinik sorununun

Tablo 1.28. Radyoloji raporunun bölümleri

Hastanın adı, yaşı, cinsiyeti, protokol no.
Klinik sorunun özeti (hikâye)
Radyolojik incelemenin adı ve tekniği
Radyolojik bulgular
Yorum ("comment"), sonuç ("conclusion"), izlenim ("impresyon")
Öneriler
Özet

özetlendiği bir hikâye bölümü vardır. Burada çözümlenmesi istenen sorun, örneğin sağ üst kadran ağrısı: safra taşı? /malabsorbsiyon? gibi birkaç sözcükle anlatılır. İstek belgesinin arkasına yazılmayan raporlarda böyle bir bölümün olması, hem radyoloğun raporu yazarken sorunu devamlı göz önünde tutmasına yardım eder, hem de raporu okuyacak üçüncü şahısların konuya oriyantasyonlarını sağlar.

Yapılan radyolojik işlemin adı ve nasıl yapıldığı, raporun teknik kesimini oluşturur. Bu bölüm çoğu zaman göğüs röntgenogramını (arka-ön) gibi incelemenin adı ve projeksiyonundan oluşan kısa bir başlıktır. Anjiografi gibi karmaşık girişimlerde ise bu kesim; işlemin nasıl yapıldığını, hangi damarların kateterize edildiğini, hangi damarlara enjeksiyon yapıdığını, verilen kontrast maddenin cinsini ve miktarını, ve kontrast maddeye reaksiyon gelişmişse reaksiyon türü ve yapılan tedaviyi içerir. Radyolojik işlemin nasıl yapıldığını anlatan teknik bölüm radyogramların değerlendirilmesinde yol gösterici olacağından her raporda yazılmalıdır. Örneğin ön-arka projeksiyonda elde edilen bir göğüs röntgenogramında kalp büyük görülür. Projeksiyonun belirtilmediği böyle bir inceleme standart olan arka-ön göğüs röntgenogramı gibi değerlendirilirse sonuç yanlış olacaktır. Omuz veya kalça eklemi gibi birçok projeksiyondan oluşan incelemelerde tüm pozisyonların teker teker yazılması okuyan için sıkıcı olabilir; ancak rapora kaynak olan materyali belirlemesi bakımından, elde edilen tüm radyogramların belirtilmesi gerekir.

Yapılan işlemin tanımlanmasından sonra bulgular bölümü gelir. Bu bölümde radyolog tanıya gitmeyi sağlayan ve hasta için anlamı olan tüm bulguları düzenli bir şekilde tanımlamalıdır. Tanımlamaya tanı için en önemli bulguyla başlanır. Eski kosta kırıkları gibi bazı rastlantısal bulgular tanımlanmaya değer; yaşlı bir hastadaki minimal spondiloz bulguları ise değmez. Böyle bir seçim yapmadan her bulgunun rapora yazılması anlamsız bir aşırı değerlendirmedir.

Tanımlanan ölçümler metrik değerlerle veya derecelendirilerek yazılır. Örneğin böbrek boyutu santim ile, kalp boyutu ise hafif, orta ve belirgin sıfatları ile derecelendirilerek yazılır. Patolojik sınırlarda değilse metrik ölçümlerin bir anlamı yoktur. Örneğin safra sorunu olmayan bir olguda normal görülen ortak safra kanalının boyutunun 5.5 mm olduğunu yazmak ben ultrasonografik incelemeyi titiz ve ayrıntılı yaparım mesajını vermenin ötesinde bir anlam taşımaz. Ancak safra yollarında dilatasyon olan bir olguda tam olmayan bir tıkanmayı saptayabilmek için safra yollarının zaman içinde gösterdikleri çap değişikliği anlamlıdır. Bu durumda safra yollarının genişliği metrik ölçümlerle izlenir. Kalp boyutu gibi birçok ölçüm tek bir anlam taşımaz; vücut boyutlarına göre oranları önemlidir. Radyolojik kantifikasyon, izlenen olgularda karşılaştırma yapma dışında, yaygın olarak kullanılmaz.

BT, MR gibi kesit görüntülerdeki bulgular rapor edilirken lezyonların görüldüğü kesitin numarası parantez içerisinde yazılmalıdır. Başarılı bir tanımlama, radyogramı görmeden sadece raporu okuyan bir hekimin, tanımlanan lezyonu gerçeğine uygun bir şekilde anlatabilmesi veya çizebilmesi ile ölçülür.

Pratikte rapor yazarken bulgular bölümünde, yalnız anormal olanlar değil, birçok normal bulgudan da bahsedilir. Radyogram üzerindeki tüm yapı ve oluşumların normal olduğunun teker teker belirtilmesi ile rapor, sonu normaldır ile biten birçok cümleden oluşan uzun ve anlamsız bir yazı niteliğine dönüşebilir. Radyogramın her tarafının değerlendirildiğini göstermek amacıyla yazılan böyle bir rapor, özellikle eğitim evresindeki asistanların radyogramların her tarafına bakmalarını sağlıyorsa yararlı olabilir. Ancak dikkatle araştırılmadığı halde, rapor yazma alışkanlığı olarak anormal bulgu dışındaki kesimlerin normal olarak tanımlanması radyoloğun güvenirliliğini sarsan kötü sürprizlerle sonuçlanabilir. Örneğin sağ üst kadran ağrısı ultrasonografik inceleme için gönderilen ve safra taşları saptanan bir olguda, çoğunlukla olduğu gibi yüzeysel bir bakışla böbreklerin normal olduğunu yazmak, her zaman küçük böbrek kistlerini atlama riski taşır. Böyle bir olguda küçük basit bir kistin klinik bir önemi yoktur, ancak başka bir merkezde saptanması radyoloğun güvenilirliğinin sarsılmasıyla sonuçlanır. Bu nedenle, bakmadan normal yazmak yerine, dikkatle araştırılmamış kesimlerden hiç bahsetmemek daha akıllıca bir davranıştır.

Bulgular bölümünü, yorum bölümü izler. İngilizcede bu bölüme yorum (“comment”), sonuç veya karar (“conclusion”) ya da izlenim (“impresyon”) başlıkları konur. Bizde ise bu bölümün başlığı genellikle sonuç ya da radyolojik kanı’dır. İki cümleden uzun raporlarda genellikle yorum bölümü bulunmaktadır.

Yorum, bulgular bölümünde tanımlanan verilerle hastaya ait klinik ve laboratuar verilerinin sentezi ile varılan sonucu içerir. Çoğu zaman bu sonuç safra taşı gibi yalındır ve yoruma gerek duyulmaz. Birçok olguda ise kesin tanı koymak olanaksızdır; bulguların ayrıntılı bir yorumu yapılır ve birden fazla olasılık bazen gerekçeleri ile birlikte sıralanır. Ülkemizde

çoğunlukla istek belgelerinde yeterli bilgi verilmediği için bu bölümde klinik veriler destekliyorsa öncelikle…… hastalığı düşünülmelidir benzeri tümcelerle sık sık karşılaşılabilir.

Pratikte yorum bölümü, sonuç başlığı altında raporun bir özeti gibi kullanılmaktadır. Bu durumda sonuç bölümü bulgular ve yorum bölümündeki verilerin bir tekrarı şekline dönüşür. Anlamsız tekrarlardan kaçınmak için yorum bölümü özet şeklinde kullanılmamalıdır, gerekli olduğu düşünülüyorsa uzun raporlarda, klinisyene okuma kolaylığı sağlamak amacıyla ayrı bir özet bölümü hazırlanmalıdır.

Yapılan radyolojik inceleme ile sorun çözülmemişse, sorun çözmede yardımcı olacağı düşünülen radyolojik incelemeler yorum bölümünün sonunda önerilebilir. Bu önerinin rapora yazılmaması, doğrudan hastanın hekimine bildirilmesi gerektiği de önerilmektedir. Raporu okuyacak hastayı şartlandırarak hekimini zor durumda bırakabileceği için bu öneriye uyulması yararlı olabilir.

Klinik bir sorunu çözen ayrıntılı bir rapor bilimsel bir makale ile çok yakın bir benzerlik gösterir. Raporun başında özetlenen klinik sorun (hikâye), makaledeki giriş bölümünün; incelemenin adı ve yöntemi, gereç ve yöntem bölümünün, bulgular ise bulgular bölümünün karşılığıdır. Rapordaki yorum bölümü de makaledeki tartışma bölümünün karşılığıdır ve makalelerde olduğu gibi bulguların analizini, klinik verilerle sentezini, ayırıcı tanıyı ve gerekli ise ek incelemelerin neler olması gerektiğini içerir. Uzun raporlarda, okuyana kolaylık sağlamak için konan özet bölümü, makale özetlerinde olduğu gibi tüm raporun bir özeti şeklindedir. Bazı yazarlar makale abstraktlarındaki gibi özet bölümünün raporun başına konması gerektiğini ileri sürmektedirler. Nitekim klinisyenlere gönderilen anket formlarıyla yapılan bir çalışmada, anket formunu cevaplayanların %32'si raporun başında, %29'u ise sonunda yazılmasını tercih ettiklerini bildirmişlerdir.

Normal rapor

Şimdiye kadar anlattıklarımız ayrıntılı bir radyoloji raporunu tanımlar. Ancak radyolojik incelemeler çoğu zaman patolojik bulgu içermez. İncelemenin normal olduğu böyle olguların rapor edilişi için birçok değişik şekil önerilmektedir.

Normal raporun en basit ve en etkileyici şekli normal inceleme yazılmasıdır. Ancak özellikle yaşlı olgularda radyogramlar tamamen normal değildir ve örneğin vertebralardaki osteofitik değişiklikler gibi fizyolojik yaşlanma olayına bağlı birtakım bulgular görülür. Bu durumda ya görülen bulgular tanımlandıktan sonra klinik anlamı olan bir anormallik saptanmamıştır tümcesi eklenir, ya da inceleme yaşa göre normal sınırlardadır şeklinde rapor edilir. Kontrol amaçlı incelemelerde ise, değişiklik varsa sadece değişen bulgular, değişiklik yoksa ……. tarihli radyograma göre anlamlı değişiklik yoktur tümcesi yazılabilir.

İstek belgesinde pnömoni araştırıldığı belirtilen bir olguda, normal olan göğüs röntgenogramı rapor edilirken normal inceleme; özellikle pnömoni ile uyumlu bir bulgu saptanmamıştır şeklinde yazmak, kilinisyene sorunu anlaşıldığı mesajını ileteceği için uygun bir rapor şeklidir. Ancak belgesinde belirtilmediği halde, normal göğüs röntgenogramlarını değerlendirirken çoğu zaman yaptığımız gibi akciğer alanlarında aktif infiltratif bir görünüm saptanmamıştır tümcesini içeren bir rapor doğal olarak aktif yoksa, acaba kronik bir şeyler vardı da yazıldı mı? sorusunu akla getireceği için yanlış bir rapor şekli kabul edilmelidir.

Pratikte birçok normal rapor, incelenen bölgedeki tüm oluşumların normal olduğunu belirten cümlelerden oluşan ve sonuç bölümünde de, normal…….. incelemesi tümcesi bulunan bir sayfayı aşan yazılar şeklindedir. Çoğu merkezde bu şekilde hazırlanmış normal raporlar bilgisayarlara yüklenmiştir ve gerektiğinde sadece hastanın identifikasyonu eklenerek bilgisayar çıktıları şekline getirilir. Normal inceleme tümcesi yerine normali bu şekilde uzun bir rapor halinde sunmak istemenin bir nedeni kısa raporun klinisyende yetersiz inceleme imajı yaratacağı korkusudur. Diğer nedeni ise kanımca, özellikle BT ve MR gibi 10-15 milyon TL (28.07.96 itibariyle!) gibi yüksek ücret ödeyen hastaya sadece normal inceleme cümleciğini içeren bir rapor vermenin, hastada ve/veya hekiminde uyandıracağı alınan parayı hak etmedi düşüncesini önlemektir. Radyolog hastaya verdiği iki sayfalık tamamen normal olan bir raporda çok dikkatli bir şekilde inceledim; her tarafa baktım ama bir şey bulamadım demek istemektedir. Yetersiz inceleme izlenimi yaratacağı korkusuyla yapılan böyle bir uygulamada, farklı hastaların normal sonuçlarının, bilgisayardan çıkmış uzun fakat aynı raporlarla iletilmesinin de klinisyende aynı etkiyi yaratacağı unutulmamalıdır.

Radyoloji raporlarının nasıl yazılması konusu genellikle radyologlarca tartışılmaktadır. Yapılan bir çalışma, bu raporların asıl muhatabı olan klinisyenlerin öncelikli tercihlerinin, bulguları ve sonucu içeren ayrıntısız rapor olduğu, çok ayrıntılı rapor şeklinin ise katılanların üçte biri tarafından tercih edildiğini göstermiştir. Normal inceleme şeklinde yazılan rapor şekli sadece tarama amacıyla istenen göğüs röntgenogramlarında tercih edilmiştir.

Yazım kuralları

Şimdiye kadar incelediğimiz raporu oluşturan bölümler ve bu bölümlerin içerikleri kadar raporun dili ve yazılış şekli de önemlidir. Bu konudaki öneriler aşağıda sunulmuştur:

1. Rapor açık, özlü ve amaca uygun olmalıdır. Kısalık esastır. Rapor tanı için önemli tüm pozitif bulguları ve ilgili birkaç negatif bulguyu içermelidir. Kısa rapor ekonomiktir ve etkin bir iletişim sağlar. Bir raporun güvenilirliği uzunluğu ile ters orantılıdır. Uzun raporlar ya okunmaz ya da eksik okunur. Bu durumda bazı önemli noktalar da okunmayarak atlanabilir. Rapor yazmayı "çok şey anlatıp bir şey söylememe sanatı" olarak düşünmek klinisyeni değil kendimizi aldatmaktır.
2. Raporun dili ve anlatımı, okuyacak olanların seviyesine göre olmalıdır. Raporlar radyologler tarafından değil klinisyenlerce okunur. Sadece radyologler tarafından bilinen işaretler klinisyenler için bir anlam taşımaz. Çoğu klinisyen "Westermark" işaretinin ne olduğunu bilmez.
3. Açık, kolay anlaşılır cümleler kullanmalı, karmaşık ifadelerden kaçınılmalıdır. Dilbilgisi ve yazım kurallarına dikkat edilmeli, yapılan işlemler için geçmiş zaman, diğer kesimlerde şimdiki zaman kipi kullanılmalıdır. Sonuç bölümünde yazılan safra taşları gibi kısa ifadeler dışında fiilsiz tümce kullanılmamalıdır.
4. Anlatımda kullanılan sözcükler çeşitlendirilmelidir. Örneğin devamlı "görülmektedir" veya "mevcuttur" sözcükleriyle sonuçlanan tümcelerden oluşan bir raporun hem okunması sıkıcıdır, hem de önemli bulguları da içerebilecek tümcelerden bazıları atlanabilir.
5. Tanımlamada uygun bir radyolojik terminolojiyi kullanmalı, özellikle histopatolojik terimler kullanılmaktan kaçınılmalıdır. Örneğin göğüs röntgenogramlarında "fibroz" yerine "düzensiz çizgisel opasiteler" terimi kullanılmalı, bu görünümün fibrozu temsil edebileceği yorum bölümünde belirtilmelidir.
6. Raporda geçen tüm bulgu ve yorumların kesinlik derecesi belirtilmelidir. Kesinlik derecesi yüksekten düşüğe doğru kesin, olası, şüpheli ve müphem (belirsiz) sıfatları ile belirtilir.

Özel rapor şekilleri

Şimdiye kadar anlatılanlar klasik rapor yazma ile ilgilidir. Radyolojik incelemelerden bazıları için bazı ülkelerde özel rapor şekilleri düzenlenmiştir. Örneğin Japonya'da birçok merkezde abdominal ultrasonografi raporları için, üzerinde üst abdomen anatomisinin şematik bir çizimi ve organların isimleri bulunan özel rapor kâğıtları bulunur. Böyle hazırlanmış raporlarda normal olan organlar, isimlerinin karşısına "N" harfi veya negatif işareti konarak belirtilir. Bunların patolojisi ise hem ilgili organ kısaca yazılır hem de çizime uygunsa anatomi şeması üzerinde çizilerek gösterilir. Genellikle bir sayfadan ibaret olan böyle hazır raporların altında inceleme sonucunun yazılacağı küçük bir kanı bölümü bulunur.

Bu tür raporların önemli bir avantajı, hedef organ dışında kalan yapılara da bakma zorunluluğu olan, yani bir bakıma hedef organ dışındaki bölgelerin tarama testi niteliğindeki, abdominal ultrasonografi gibi incelemelerde her yapının gözden kaçırılmadan kontrol edilmesini sağlamasıdır. Özellikle elle rapor yazmak durumunda olan iş hacmi yüksek departmanlarda yararlı olan bu tür raporlama şeklini tiroid, meme, skrotum gibi tek organ incelemelerinde uygulamak önemli bir yarar sağlamaz.

Hazır raporlar, karotis sisteminin Doppler ultrosonografisi gibi genellikle birçok ölçümden oluşan ve sonucunun bu ölçümlere doğrudan bağlı olduğu durumlarda da yararlıdır. Obstetrik ultrasografide bu tür raporlar aygıtın bilgisayarınca da hazırlanmaktadır.

Rapor formatlarının önemli bir yararı da, özellikle hastanelerde klinisyenin radyoloji departmanından yakınmalarının en önemli nedenini oluşturan, raporların gecikmesini ortadan kaldırmasıdır. Radyogramların üretimi ile raporların klinisyene iletilmesi arasındaki gecikme özellikle eğitim hastanelerinde belirgin olmak üzere hemen her hastanenin önemli sorunları arasındadır. Rapor yazılacak gerekçesiyle yapılan böyle bir gecikme, tanıyı geciktirmesi yanında zaman kaybına neden olarak hastaya da önemli bir ekonomik yük getirmektedir. Gecikmeyi önlemek için radyogramlar üretildiklerinde ilgili radyologlarca rapor edilmeli, eğitim için önemli olanlar seçilerek alıkonmalı, ancak bu durum hazırlanacak geçici raporla birlikte klinisyene bildirilmelidir. Son yılların büyük ivme kazanan radyolojideki bilgisayar uygulamaları, raporlama ve iletişimdeki gecikmeyi ortadan kaldırmaktadır. Örneğin sesten doğrudan yazıya çeviren "IBM Personel Dictation System" (IPDS) ile okunan raporlar bilgisayar aracılığı ile doğrudan rapora çevrilmekte, böylece raporların gecikmesinin ana nedeni ortadan kalkmaktadır. PACS sistemlerinin yaygınlaşması ile oluşturulan raporların, ilgili klinisyenin monitöründe anında izlenebilmesi mümkün olacaktır.

Yararlanılan Kaynaklar

Atlas SW. Magnetic resonance imaging of the brain and spine. New York: Raven Press, 1991.

Baker SR, Rosenberg ZS, Adel H. The operation of a ward-based radiology consultation service. Radiology 1984; 152: 331-333.

Ballinger PW. Radiographic positions and radiologic procedures. St Louis: Mosby, 1986.

Bernardino ME. CT-guided biopsy and needle selection, In: Mueller PR, ed. Interventional radiology, syllabus: A categorical cours in diagnostic radiology. RSNA publications 1991; 17-22.

Biehesheimer V, Buchmann F, Döhring W. The high-kV technique for lung examinations, an investigation using digital radiography. Medicamundi 1988; 33: 7-10.

Bitar R, Leung G, Perng R, Tadros S, Moody AR, Sarrazin J, McGregor C, Christakis M, Symons S, Nelson A, Roberts TP. Wants to Know but Is Afraid to Ask. Radiographics 2006; 26:513-537.

Boote EJ. Doppler US Techniques: Concepts of Blood Flow Detection and Flow Dynamics. Radiographics 2003;23:1315-1327.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology, 3.ed, Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2007.

Brownell GL, Budinger TF, Lauterbur PC, McGeer PL. Positron tomography and nuclear magnetic resonance imaging. Science 1982; 215: 4533.

Bryan GJ, Middlemiss JH. Diagnostic radiography. 2. ed, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1974.

Burns PN. Principles of US, In: Rifkin MD, ed. Ultrasound 1991. RSNA publications, 1991.

Bush WH Jr., McClennan BL, Svanson DP. Contrast media reactions: Prediction, prevention and treatment. Postgraduate Radiology 1993; 13: 137-147.

Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt ME, Boone JM. The essential physics of medical imaging. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2002.

Bushong SC. Radiologic science for technologists. St Louis: Mosby, 1984.

Castaneda-Zuniga WR, Tadavarthy SM. Interventional radiology. Baltimore: William and Wilkins, 1988.

Charboneau JW. US-guided biopsy, In: Mueller PR, ed. Interventional radiology, syllabus: A categorical cours in diagnostic radiology. RSNA publications, 1991; 9-16.

Charboneua JW, Reading CC, Welch TJ. CT and sonographically guided needle biopsy: Current techniques and new innovations. AJR 1990; 154: 1-10.

Chernin MM, Capp MP. Digital subtraction angiography: A brief introduction. Medical Review 1984; 12: 2-7.

Cody DD. Image Processing in CT. Radiographics 2002; 22:1255-1268.

Cooperberg PL. Artifacts in US, In: Rifkin MD, ed. Ultrasound 1991. RSNA publications, 1991.

Edelman RR, Warach S. Magnetic resonance imaging. New England Journal of Medicine, 1993; 328: 708-715.

Eraly PJ, Sodee DB. Principles and practice of nuclear medicine. New York: Mosby, 1985.

Foley WD, Erickson SJ. Color Doppler flow imaging. AJR 1991; 156: 3-13.

Gastaneda-Zuniga WR, Tadavarthy SM. Interventional radiology. Baltimore: William and Wilkins, 1998.

Gaylord GM, Davis LP, Baker SR. Diagnostic and interventional radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1989.

Goldberg BB, Wells PHT. Ultrasonics in clinical diagnosis. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1983.

Grainger RG, Allison AJ. Diagnostic radiology. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1986.

Grainger RG, Allison DJ. Diagnostic Radiology, 3.ed, New York: Churchill Livingstone, 1999.

Grossman CB. Magnetic resonance imaging and computed tomography of the head and spine. Baltimore: Williams and Wilkins, 1990.

Guebert GM, Pirtle OL, Yochum TR. Essentials of Diagnostic imaging. USA: Mosby, 1995.

Haaga JR. Percuutaneous lung biopsy, In: Mueller PR, ed. Interventional radiology, syllabus: A categorical cours in diagnostic radiology. RSNA publications 1991: 23-34.

Handee WR, Chaney EL, Rossi RP. Radiologic physics, equipment and quality control. Chicago: Year Book, 1977.

Hangiandreou NJ. B-mode US: Basic Concepts and New Technology. Radiographics 2003; 23:1019-1033.

Hassel SJ. Perspectives on benefit-cost analysis in medical care. AJR, 1977; 129: 753-757.

Heinrichs MA. Magnets, spins and resonances. Erlangen: Siemens AG, 1992

Hendrick RE, Kanal E, Osborn AG. Basic MR physics. In syllabus special course: MR 1990, RSNA publications, 1990.

Hertrich P. Practical Radiography. Germany: Publicis Corporate Publishing, 2005.

Huda W, Slone R. Review of Radiologic Physics, 2. ed, Philadelphia : Lippincott Williams&Wilkins, 2003.

Jacobson HG. Diagnostic radiology. JAMA 1981; 245: 2220-2221.

Kalender WA. Computed Tomography, 2.ed, Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2005.

Kirschner PT. Nuclear medicine review syllabus. New York: Society of Nuclear Medicine, 1980.

Konez O. Manyetik Rezonans Görüntüleme. İstanbul: Nobel&Güneş, 1995.

Kramer DM. Basic principles of magnetic resonance imaging. RCNA 1984; 22: 765-778.

Kremkau FW. Ultrasound: Physical principles and artifacts, In: Goldberg BB, ed. Categorical cours in ultrasound. RSNA publications, 1984.

Lee SH, Rao KCVG. Cranial computed tomography. New York: McGraw-Hill, 1983.

Lutz H, Meudt R. Manual of ultrasound. Berlin: Spring-Verlag, 1984.

Mahesh M. Digital Mammography: An Overview. Radiographics 2004; 24:1747-1760.

McClennan BL. Low-osmolarity contrast media: Premises and promises. Radiology 1987; 162: 1-8.

McCollough CH. X-ray Production. Radiographics 1997; 17:967-984.

McGahan JP. Interventional ultrasound. Baltimore: Williams and Wilkins, 1990.

McGahan JP. Interventional US: Aspiration/drainage techniques, In: Syllabus: special course ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 387-400.

McKetty MH. X-ray Attenuation. Radiographics 1998;18:151-163.

McNeil BJ, Keler E, Adelstein J. Primer on certain elements of medical decision making. Journal of Medicine, 1975; 293: 211-215.

Meredith WJ, Massey JB. Fundemental physics of radiology. 3. ed, Bristol: John Wright, 1977.

Merritt CRB. Computed radiographic imaging using photostimulable phosphors. Medicamundi 1986; 31: 45.

Meschan I. Analysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Mettler FA, Guibertau MJ. Essentials of nuclear medicine imaging. Orlando: Grune and Stratton, 1983.

Mitchell DG. Color Doppler imaging: Principles, limitations and artifacts. Radiology 1990; 177: 1-10.

Moss AA, Gamsu G, Genant HK. Computed tomography of the body. 2. ed, Philadelphia: W.B. Saunders, 1992.

Mueller PR, van Sonnenberg E, Becker GJ. Syllabus: A categorical course in diagnostic radiology; Interventional radiology. RSNA publications, 1991.

Nelson TR, Pretorius DH. The Doppler signal: Where does it come from and what does it mean? AJR 1988; 151: 439-447.

Oliver R. Radiation physics in radiology. Oxford: Blackwell Scientific, 1973.

Oppelt A. Imaging Systems for Medical Diagnostics. Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2005.

Phillips WC, Scott JA, Blasczcynski GI. How sensitiv is "sensitivity"; how specific is "specificity"? AJR 1983; 140: 1265-1270.

Phillips WC, Scott JA. Medical decision making: Practical points for practicing radiologists. AJR 1990; 154: 1149-1155.

Pooley RA, McKinney JM, Miller DA. Digital Fluoroscopy. Radiographics 2001;521-534.

Pooley RA. Fundamental Physics of MR Imaging. Radiographics 2005; 25:1087-1099.

Pykett IL, Newhouse JH, Buonanno FS, Brady TJ, Goldman MR, Kistler JP, Phost GM. Principles of nuclear magnetic resonance imaging. Radiology 1981; 143: 157-168.

Ritenour RE. Physics Overview of Screen-Film Radiography. Radiographics 1996; 16:903-916.

Scanlan KA. Sonographic artifacts and their origins. AJR 1991; 156: 1267-1272

Schild HH. MRI. Berlin: Schering AG, 1990.

Schueler BA. Clinical Applications of Basic X-ray Physics Principles. Radiographics 1998;18:731-744.
Schueler BA. General Overview of Fluoroscopic Imaging. Radiographics 2000;20:1115-1126.
Scoutt LM, Zawin ML, Taylor KJW. Doppler US, Part II. Clinical application. Radiology 1990; 174: 309-319.
Sorenson JA, Phelp ME. Physics in nuclear medicine. New York: Grune and Stratton, 1980.
Straub WH. Manual of diagnostic imaging. Boston: Little Brown, 1989.
Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.
Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: Diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987.
Taylor KJW, Burns PN, Wells PNT. Clinical applications of Doppler ultrasound. New York: Raven Press, 1988.
Taylor KJW, Holland S. Doppler US, Part I. Basic principles, instrumentation and pitfalls. Radiology 1990; 174: 297-307.
Taylor KJW, Jacobson P, Talmont CA, Winters R. Manual of ultrasonography. New York: Churchill Livinstone, 1980.
The international Commision on radiological protection. Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in diagnostic radiology. Oxford: Pergamon Press, 1989.
Valk PE, Bailey DL, Townsend DW, Maisey MN, eds. Positron Emission Tomography: Basic Science and Clinical Practice. London: Springer-Verlag,2003.
Walker JM, Margouleff D. A clinical manual of nuclear medicine. Norwalk: Appleton-Century-Crofts, 1984.
Wang J, Blackburn TJ. X-ray Image Intensifiers for Fluoroscopy. Radiographics 2000; 20:1471-1477.
Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani MG. Primer of Diagnostic Imaging, 3.ed, Mosby, 2003.
Wolbarst AB. Physics of Radiology, 2. ed, USA: Madison, 2000.
Yaffe MJ. Physics of Mamography: Image Recarding Process. Radiographics 1990; 10:341-363.
Young SW. Basics of MRI, in: Lissner J, ed. MR: State of the art. Vienna, ECR'91, 1991; 1-10.
Zhuo J. Gullapalli RP. MR Artifacts, Safety, and Quality Control. Radiographics 2006; 26:275-297.
Zwiebel WJ. Color duplex imaging and Doppler spectrum analysis: Principle, capabilities and limitations. Seminars in ultrasound, CT and MR 1990; 11: 84-96.

2. Bölüm

Solunum Sistemi

Akciğer

Plevra

Mediyasten

Diyafragma, göğüs duvarı

İNCELEME YÖNTEMLERİ

RÖNTGEN

Hava ve yumuşak dokunun oluşturduğu doğal kontrast nedeniyle akciğerler düz röntgenogramlarla incelenmeye çok uygun yapılardır. Bu nedenle röntgen, solunum sistemi radyolojisinde temel yöntem olma özelliğini hâlâ sürdürmektedir. MR ve BT'deki teknolojik gelişmelere rağmen günümüzde radyoloji departmanlarının iş yükünün yaklaşık %30'unu göğüs röntgenogramları oluşturur. Göğüs röntgenogramları sadece akciğerlerin değil, kalp dahil tüm toraks yapılarının değerlendirilmesinde genellikle ilk istenen radyolojik yöntemdir.

Floroskopi

Floroskopide hastanın ve hekimin aldığı ışın dozu yüksektir. Bu nedenle sık kullanılmamalı ve mümkün olan her durumda radyografi ile karar verilmelidir. Diyafragma açıklığını küçük tutarak ve hızlı çalışarak hastanın aldığı ışın dozu en aza indirilir. Ana endikasyonları, diyafragma hareketlerinin incelenmesi, hava hapsinin araştırılması ve periferdeki akciğer lezyonlarının yerleşim yerinin belirlenmesidir.

Floroskopiye göğsün tümüne kısa süreli bir bakışla başlanır, daha sonra lezyona konsantre olunur. Lezyonun büyüklüğü, şekli, kenarları, homojenitesi ve varsa pulsasyonu incelenir. Anevrizmatik lezyonlar umulanın aksine genellikle pulsasyon göstermezler. Daha sonra hasta döndürülerek lezyonun yeri ve çevre dokularla ilişkisi gösterilmeye çalışılır. Döndürülme ile hiler damarlar uzadığı halde lenf nodları yuvarlak olarak kalır.

Hastaya nefes alıp vermesi söylenerek floroskopiye devam edilir. İnspiriyumda kaburgalar yukarı, diyafragma aşağı doğru hareket eder. Lezyonun hareketi ile toraks yapılarının hareketleri arasındaki senkronizm lezyonun bu yapılara ait olduğunu gösterir. Arka mediyastendeki solunumla hareket etmeyen bir kitlenin, omurga ile ilişkili olduğu söylenebilir. Kalp ve mediyasten tek taraflı obstrüktif havalanma fazlalığında sağlam tarafa, kollapsta ise lezyon tarafına doğru yer değiştirir. Normalin aksine ekspiriyumda kalbin küçülmesi akciğerlerde hava hapsine bağlıdır ve larenks ve trakea obstrüksiyonlarında, amfizemde, astım atağında ve bebeklerin bronşiyolitinde görülür. Valsalva manevrası ile vasküler lezyonlar küçüleceği için diğer kitlelerden ayrılabilir. Koklama, öksürme ve burun çekme gibi manevralar diyafragma hareketlerini araştırmada değerlidir.

Floroskopide serbest plevral sıvıyı saptamak veya saptanan bir kitlenin fikse olup olmadığını göstermek amacıyla hastaya eğilmesi söylenir. Bu manevra ile intrakaviter cisimlerin hareketleri de gözlenebilir.

Göğsün floroskopisi, özofagusa baryum verilerek tamamlanır. Akalazya ve hiyatal herni gibi aspirasyon pnömonisine neden olabilecek özofagus hastalıkları bu şekilde saptanabilir. Ayrıca lenf nodu büyümesi gibi özofagusta basıya ve yer değişikliğine neden olan lezyonlar da gösterilebilir.

Floroskopi kalp ve büyük damarların pulsasyonlarının değerlendirilmesinde, kalsifikasyonların (özellikle mitral ve aort) saptanmasında ve kalbe yakın mediyastinal gölgelerin incelenmesinde de kullanılabilir. Kapak kalsifikasyonları floroskopide röntgenogramlardan daha iyi görülür. US'nin kliniğe girmesi ile floroskopinin kalpteki kullanımı hemen hemen tümüyle ortadan kalkmıştır.

Radyografi

Arka-ön (postero-anterior, P-A): Hasta ayaktadır. Işın kürek kemikleri arasına santralize edilir. Tüp-film uzaklığı en az 1 m'dir. Magnifikasyonu azaltmak ve kalbi olabildiğince gerçek boyutlarında göstermek amacıyla tüp-film uzaklığının 180 cm'ye çekildiği şekline teleröntgenogram denir. Günümüzde çoğunlukla tüm göğüs röntgenogramları aynı uzaklıktan (180 cm) çekildiği için teleröntgenogram ile arka-ön göğüs röntgenogramı arasında fark ortadan kalkmıştır.

Yan: Lezyonun olduğu taraf kasete yakın olmalıdır. Yerel bir lezyon düşünülmüyorsa sol yan standarttır. Arka-ön projeksiyonla beraber yan röntgenogramlar birçok ülkede göğsün standart incelemesinin bir parçasıdır. Arka-ön röntgenogramda diyafragma kubbeleri ile kalp ve mediyasten arkasında gizlenen lezyonlar, mediyastinal amfizem ve timus lezyonları, yan röntgenogramlarda daha iyi görülür. Ayrıca yan röntgenogramlar lezyonların segment, lob ve mediyastendeki yerleşim yerinin belirlenmesi için gereklidir.

Ön-arka (yatar pozisyonda ve grid kullanılarak): Mediyasten yapılarını ve iskelet lezyonlarını göstermek amacıyla istenir. Örneğin kaburga kırıkları, trakea ve ana bronşlar bu yöntemle daha iyi gösterilir. Bebeklerde ve çok rahatsız hastalarda da kullanılabilir. Serbest ve ankapsüle subpulmoner sıvıların ayırıcı tanısında da yararlıdır; yatar pozisyonda ankapsüle sıvının görünümünde bir değişiklik olmaz, serbest sıvı ise hemitoraks içersine dağılır.

Oblik: Yan röntgenogramda üst üste düşen lezyonları birbirinden ayırmada kullanılır. Obliklik derecesi 25° gibi düşük olmalıdır. Trakea bifurkasyonu oblik pozisyonda çekilen röntgenogramlarda daha iyi görülür. Trakeayı göstermek için *yüzücü pozisyonu* dediğimiz oblik röntgenogramlar kullanılır.

Apikolordotik: Hastanın yüzü tüpe dönüktür. Tüpe yukarı doğru eğim verilir ve/veya hasta geriye doğru eğik durur; ışın diktir. Köprücük kemiğinin ve birinci kaburganın ön uçlarının gölgeleri kalktığı için, akciğer apeksleri daha iyi incelenebilir. Işına dik gelmesine bağlı olarak kalınlıkları arttığı için orta lob ve lingular segment lezyonları da bu pozisyonda daha iyi görülür. Duyarlılığı yüksek bir yöntem değildir; BT'nin kliniğe girmesinden sonra nadiren gerek duyulur.

Yan dekübitus: Vücudun yatay pozisyonuna dekübitus adı verilir. Yan dekübitus göğüs röntgenogramı, masa üzerine yan yatmış bir hastaya çekilen göğüs röntgenogramıdır. Kaset hastanın önünde veya arkasındadır; ışın horizontaldir, masaya paralel gelir. Ana endikasyonu, aşağıda kalan taraftaki serbest plevral sıvıyı araştırmaktır. Ayrıca üst hemitoraksta ki küçük pnömotorakslar bu pozisyonda çok daha iyi görülürler. Bu yöntemle plevral boşluktaki 5 ml kadar sıvı ve 15 ml kadar hava görülebilir.

Bu pozisyonda normalde aşağıda kalan akciğer solunuma katılmaz; hacmi küçük, diyafragması yüksek pozisyondadır. Bu özellik nedeniyle bu inceleme; yabancı cisim aspirasyonundaki hava hapsini göstermek amacıyla da kullanılır. Her iki yan dekübitus röntgenogram alınır; obstrüksiyonun olduğu taraf aşağıya geldiğinde normalde olması gereken hacim küçülmesi olmaz, tersine hava hapsi görülür.

Hasta yatağında (portabl): Portabl röntgen aygıtlarının gücü düşüktür, ekspojur süresi zorunlu olarak uzundur. Hastalar genellikle nefeslerini gerektiği gibi tutamazlar. Bu nedenle elde edilen röntgenogramlarda hareket artefaktı sıktır.

Klinik durumlarının ağırlığı nedeniyle hastalara çoğunlukla gerekli pozisyon verilemez; görüntülerin dönük, kifotik ya da lordotik olma olasılığı yüksektir. Projeksiyonun ön-arka olması ve film-foküs mesafesinin görece kısalığı nedeniyle kalbin boyutu % 15-20 oranınında magnifiye olur. Normalda %50 olması gereken kalp-toraks oranının (KTO) üst sınırı, portabl göğüs röntgenogramlarında yaklaşık % 57'ye çıkar.

Hasta yatar pozisyonda olduğu için diyafragmalar yüksektir, dolayısıyla akciğerin hacmi küçülmüştür. Ayakta elde edilen röntgenogramlarda yer çekimine bağlı olarak dolaşım alt kesimlerdedir ve bu nedenle alt zonlardaki damar çapları normal şartlarda daha geniştir. Pulmoner venöz hipertansiyonda bu fizyoloji bozulur ve damar çapları eşitlenir, hatta tersine döner. Yatan hastalarda bu fizyolojik görünüm oluşmayacağı için portabl röntgenogramlarda pulmoner dolaşımla ilgili yorum yapmak olanaksızdır.

Belirgin miktarlarda olmayan serbest sıvı arka tarafta dağılarak gözden kaçabilir. Aynı şekilde çok belirgin hava kaçağı olmayan pnömotorakslar da akciğerin ön kesimlerinde yayılarak fark edilmeyebilir.

Anjiyografi: Damarsal lezyonların tanısında kateter anjiyografisi günümüzde yerini hemen tümüyle MR ve BT anjiyografiye bırakmıştır. Bu yöntemlerle tanı konulamadığı, ancak klinik şüphenin devam ettiği durumlarda kateter anjiyografisine başvurulabilir. Pulmoner emboli şüphesinin yüksek olduğu olgularda yerel trombolizis planlanıyorsa doğrudan anjiyografi yapılabilir. Bronkiyal arteriyografinin temel endikasyonu aktif kanamalarda embolizasyondur. Süperior vena kavografi ve azigografi yerini tümüyle BT anjiyografiye bırakmıştır.

BT

BT'nin solunum sistemindeki temel işlevi, bir projeksiyon yöntemi olan röntgenin, üst üste düşme ve yetersiz kontrast çözümlemesinden kaynaklanan sınırlamalarını genişletmektir. Röntgenin bu engelleri, BT'nin kesit görüntü alma ve yüksek kontrast çözümleme yeteneği ile aşılır.

Toraksın BT incelemesi konvansiyonel (standart) BT veya çok kesitli spiral BT (ÇKBT) aygıtları ile yapılabilir. ÇKBT ile incelenecek bölge, bir nefes tutuşta çok hızlı bir şekilde kesintisiz bir blok şeklinde taranır. Böyle bir inceleme ile solunumdan kaynaklanan hareket artefaktı olasılığı ortadan kalkar. Konvansiyonel BT'de her kesit bir nefes tutma periyodunda alınır. Ardışık nefes tutma periyodlarının genlikleri birbirinin aynısı olamaz. Bu farklılığın kaçınılmaz sonucu olan bazı yerlerin taranmayıp bazı yerlerin tekrar tekrar taranması olasılığı blok tarama ile ortadan kaldırılır.

ÇKBT'de kesit kalınlığı 0.5-10.0 mm arasında değişir. Veri spiral olarak toplandığından kesitler interpolasyonla yapılır. İnterpolasyon düzleminin istenilen aralıklarla seçilebilmesi nedeniyle, şüpheli küçük lezyonların çevre ilişkileri daha iyi belirlenerek, gerçek bir lezyon veya damarsal bir yapı olup olmadığına ka-

rar verilir. Çok ince kesit alabilmesi sayesinde vokseller bir küp şeklini (izomerik) alır. İzomerik vokscllerle z-aksında çözümlemesi düşmeyen, yüksek kalitede reformasyon görüntüleri elde edilebilir. Yöntemin hızlı kesit alma yeteneği sayesinde kontrastlı görüntüler istenilen dolaşım fazında alınabilir (çok fazlı görüntüleme); kontrast madde miktarı azaltılabilir.

Toraksın standart BT çalışmasında kalın kesitler (ör: 8 mm) kullanılır, tarama aralıksız yapılır ve kontrast madde verilmez. Lezyon incelenirken kesit kalınlığı düşürülebilir. Akciğer kanserini evrelemek amacıyla yapılan incelemede, kesitler en sık metastaz yaptığı yer olan böbrek üstü bezlerini de içine alacak şekilde devam ettirilmelidir. Kesitler mediyasten için 350-400 pencere genişliği, 30-40 pencere seviyesi; parankim için ise 1500-1600 pencere genişliği, -600 veya -700 pencere seviyesi ile incelenir ve filme basılır.

Akciğerin inspiriyum ve ekspiriyumdaki kesitlerinde damar yapılarının görünümleri değişir. Hava hapsini göstermek için ekspiriyumda alınan kesitler yardımcı olabilir. Standart akciğer incelemeleri kontrastsız yapılır. İV iyotlu kontrast madde endikasyonları şunlardır:

1. AVM düşünülen akciğer lezyonlarını saptamak,
2. Periferik akciğer nodüllerinin kontrast tutma profillerini saptayarak karakterize etmeye çalışmak,
3. Atelektazik segmenti, neden olan tümöral kitleden ayırmak (atelektazik segment tümör kitlesinden erken ve daha belirgin kontrast tutar),
4. Pulmoner arter embolilerini araştırmak,
5. Akciğer kanserinin evrelenmesinde mediyasten lenf nodlarını ayırt etmek,
6. Mediyasten kitlelerini karakterize etmek,
7. Aort anevrizmasını, diseksiyonunu veya travmaya bağlı hasarı araştırmak.

Yüksek çözümlemeli BT (YÇBT): Orijinal adı "high resolution computed tomography- HRCT"dir; yüksek rezolüsyonlu BT –YRBT adı da verilmiştir.

Akciğerlerin temel anatomik birimi sekonder pulmoner lobüldür. Difüz akciğer hastalıkları sekonder pulmoner lobülün değişik kesimlerini tutar. Tutulan bölge ayırıcı tanıda en önemli ölçüttür. Röntgenogram ve standart BT kesitleri ile sekonder pulmoner lobül gösterilemez. Bu nedenle difüz akciğer hastalıklarında YÇBT kullanılır.

YÇBT kesitleri alınırken, rekonstrüksiyon matriksi yüksek (1024x1024), kesit kalınlığı ince (1-3 mm), FOV küçük (25 cm), mA ve kVp değerleri yüksek (140-170 kVp/mA) seçilir ve görüntü rekonstrüksiyonu, kenarları belirginleştiren yüksek geometrik çözümlemeli kemik algoritmi ile yapılır.

YÇBT kesitleri, konvansiyonel BT ile saptanan anormal bölgelerden alınır. İnceleme difüz akciğer hastalığını taramak için yapılıyorsa aort arkusu ve karina seviyesinde ve sağ hemidiyafragmanın 2 cm üzerinden bir kaç kesit alınır. Sırtüstü yatan bir hastada akciğerin dependan kesimlerinde damarlar daha belirgindir. İnterstisiyel tutulumdan şüphelenilen bir olguda bu kesimleri değerlendirmek için hasta yüzüstü pozisyonda incelenir.

YÇBT difüz akciğer hastalıklarının erken dönemde saptanmasında duyarlılığı en yüksek olan radyolojik yöntemdir. Yöntemin özgüllüğü düşüktür; ayırıcı tanı için radyolojik görünüm klinikle birlikte değerlendirilmelidir. Yöntemin diğer endikasyonları, hastalığın ilerlemesi veya gerilemesinin izlenmesi ve biyopsi yerinin saptanmasıdır.

YÇBT ile bir kitlenin parankimal ve plevral uzantıları, vasküler yapılarla ilişkileri ve lenfanjitik yayılımı ayrıntılı olarak gösterilebilir. Ana bronşlar içerisindeki küçük vejetan kitleler, küçük periferik karsinomlardaki hava ve alveol bronkogramları da daha iyi görüntülenir. Ancak kitlelerin değerlendirilmesinde temel yöntem standart BT'dir.

Solunum sisteminde BT endikasyonları çok geniştir. Yöntemin uygulanmasında hiçbir sınırlama olmaması nedeniyle hemen her olguda röntgenden daha fazla bilgi sağlar. Temel endikasyonu, yer kaplayan lezyonların saptanması ve karakterize edilmesidir. Toraksta BT endikasyonları şu şekilde özetlenebilir:

1. Göğüs röntgenogramında görülen şüpheli bir lezyonun gerçekte var olup olmadığını, varsa ne olduğunu söylemeye çalışmak,
2. Göğüs röntgenogramı normal olmasına rağmen klinik ve laboratuar verilerinin akciğer tutulumunu işaret etmesi halinde akciğer lezyonunu araştırmak (örneğin sitolojisi pozitif olgularda kanser araştırılması),
3. Göğüs röntgenogramında görülen bir lezyonu daha ayrıntılı görüntülemek, çevre ilişkilerini belirlemek, saptanan bir nodülü karakterize etmek,
4. Akciğer kanserinde evreleme ve radyoterapi planlaması yapmak, tedavinin sonucunu izlemek,
5. Bronşektaziyi saptamak ve değerlendirmek,
6. Mediyasten ya da toraks duvarındaki lezyonları saptamak ve karakterize etmek,

7. Santral pulmoner emboliyi araştırmak,
8. Aort anevrizması, diseksiyonu veya travmasını değerlendirmek,
9. Akciğer röntgenogramı normal olmasına rağmen, varlığı tedavinin şeklini değiştirecek olan metastazları araştırmak,
10. Difüz interstisiyel akciğer tutulumunu saptamak ve seyrini değerlendirmek (YÇBT ile),
11. Akciğer biyopsilerine ve girişimlerine kılavuzluk etmek.

MR

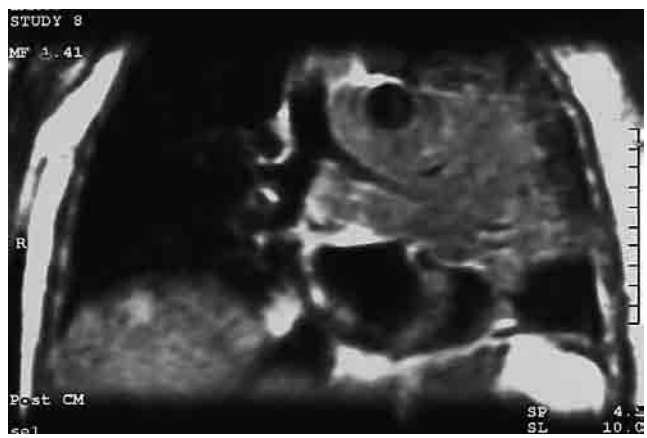
Görüntüleme tekniklerindeki ilerlemeler ve hareket artefaktlarının daha iyi kontrol edilebilmesiyle, toraks MR'nin görüntü kalitesinde belirgin düzelme olmuş ve dolayısıyla klinik kullanımı belirgin şekilde artmıştır. Mediyasten damarlarının incelenmesi ve karmaşık rezektiv cerrahinin planlanmasında MR artık standart olarak kullanılmaktadır. Multiplanar yeteneği nedeniyle MR; toraks girimi, apikal, perihiler, parakardiyak ve peridiyafragmatik bölgeler gibi anatomisi karmaşık olan yerlerde mükemmel görüntüler sağlar. Matür fibroz, hemoraji, yüksek protein içerikli sıvı gibi yapılar MR ile karakterize edilebilir ve obstrüktif atelektazi kompressif atelektaziden ayrılabilir. Tümörlerin tedaviye verdiği yanıt, sinyal değişiklikleri ile izlenebilir. Pulmoner damarların MR anjiyografisinde ve akciğerin parankimal görüntülenmesindeki ilerlemeler MR'nin torakstaki uygulama alanını genişletmektedir.

MR ile toraksın incelenmesinde SE sekansları standarttır. İncelemeye koronal T1AG ile başlanır. Bu kesitler anormal bölgeleri göstererek aksiyal kesitler için skenogram işlevi yapar. Daha sonra aksiyel T1AG ve T2AG'ler alınır. Görüntüleme EKG senkronizasyonu ve respirasyon kompansasyonu ile birlikte yapılır. Supraklaviküler bölge, brakial pleksus, süperior sulkus, göğüs duvarı ve diyafragma lezyonlarında koronal ve sagital T2AG'ler eklenir. Gerektiğinde yağ baskılamalı görüntüler eklenebilir. Akım, MR-anjiyografi yöntemleri ile değerlendirilir.

Ekspanse bir akciğer hacminin sadece %20'si parankimal doku ve dolaşan kandan ibarettir. Dolayısıyla akciğer parankiminin proton yoğunluğu ve buna bağlı olarak sinyal yoğunluğu düşüktür. Bir voksel içerisinde bulunan sayısız hava-yumuşak doku yüzeyi, güçlü manyetik duyarlılık etkisi oluşturur. Bu etkiye bağlı olarak T2 değeri kısalır ve akciğerler ileri derecede hipointens görülür. Bunların yanında hareketin oluşturduğu kenar bulanıklığı, MR'nin akciğer hastalıklarındaki kullanımını sınırlar. Bununla birlikte MR ile hiler kitleler komşu vasküler yapılardan ayrılabilir (Resim 2.1). Akım sinyal vermezken komşu yerleşimdeki kitle T2AG'de hiperintens olarak belirginleşir. Ana pulmoner arterler içerisindeki pulmoner emboliler tipik sinyal intensiteleri ile tanınırlar. Akciğerin AVM gibi vasküler lezyonları da saptanabilir. Lipoid pnömoniler de T1AG'de hiperintens görülür.

MR'nin toraksta kullanımını sağlayan özellikleri, T1AG ve T2AG ile doku karakterizasyonu yapabilmesi, yüksek yumuşak doku (özellikle yağ, yumuşak dokular) çözümleme gücü, doğrudan her düzlemde kesit alma yeteneği ve akımı kontrastsız görüntüleyebilmesidir. Temel endikasyonları şunlardır:

1. Arka mediyasten tümörlerinin omurilik kanalı ile ilişkisini belirlemek,
2. Bronkojenik kist şüphesi olan olgularda, içeriğinin T1AG'de hiperintens olduğunu göstererek tanı koymak (Resim 2.2),
3. Akciğer kanserlerinde perikart, aort, mediyasten ve göğüs duvarı invazyonlarını değerlendirmek,
4. Apikal ve diyafragmatik lezyonların çevre ilişkilerini ayrıntılı olarak saptamak, subkarinal bölgedeki ve aorto-pulmoner penceredeki lenfadenomegalileri ve hiler kitleleri göstermek,
5. Aort ve pulmoner arter dallarının doğumsal anomalilerini ve edinsel hastalıklarını incelemek,
6. Hodgkin hastalarında ışınla tedaviden sonra rekurrens araştırmak,
7. Pulmoner sekestrasyondan şüphelenildiğinde damar bağlantısını araştırmak.



Resim 2.1 Koronal MR kesitinde sol hiler kitlenin aort, bronş ve mediastinal yapılarla ilişkisi kontrast kullanmadan açık olarak görülebiliyor.



Resim 2.2 T1A oblik sagital MR kesitinde protein içeriği yüksek bronkojenik kistin hiperintens görünümü (ok).

Toraksta MR kullanımını sınırlayan nedenler, görece düşük geometrik çözümlemesi, kalsiyumu saptamadaki yetersizliği ve pulmoner parankimi görüntüleyememesidir. Harekete çok duyarlı olması yanında aygıtın magnetinin küçüklüğü ve manyetize materyelin inceleme odasına girememesi nedeniyle trafik kazaları, yoğun bakım hastaları ve koopere olmayan hastalalar MR ile incelenemezler.

US

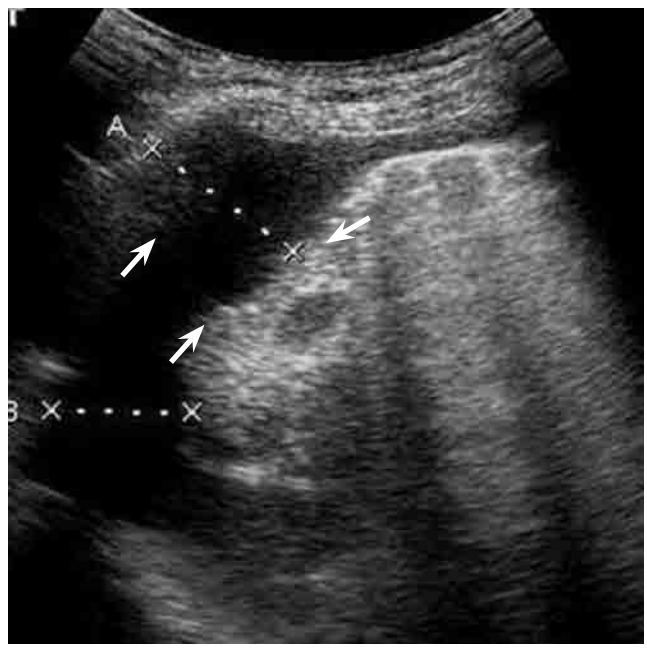
Temel endikasyon plevral sıvıdır (Resim 2.3). Plevral sıvı içerisindeki hareketli fibrin septaları saptanarak sıvının eksuda vasfı belirlenebilir, diğer yöntemlerle saptanamayan plevral septasyonlar görüntülenebilir. Diyafragmayı görüntüleyebilmesi nedeniyle subpulmoner ve subdiyafragmatik sıvılar birbirinden ayrılabilir.

Akciğerler US ile incelenemezler. Akciğerde yerleşik bir lezyon plevral tabanlı ise ve lezyon ile göğüs duvarı arasında havalanan akciğer alanı yoksa kaburga aralıklarından incelenebilir. Plevral sıvı varlığında sıvıya bitişik pasif atelektazi veya periferal akciğer lezyonları da aynı şekilde görüntülenebilir.

Periferdeki konsolide bir akciğer alanında havanın yerini sıvı ve inflamatuar hücreler alır. Konsolide akciğer hipoekoik görünümdedir. Konsolide kesim içindeki bronşlar açıksa, içlerindeki hava çizgisel parlak ekojeniteler şeklinde izlenir (Resim 2.4). Buna *ultrasonografik hava bronkogramı* adı verilir. Havalanan alveollerin yuvarlak şekilli benzer görünümlerine ise *ultrasonografik hava alveogramı* denir. Her iki olayda da parlak ekojen görünümlerin arkasında kuyruklu yıldız artefaktları oluşabilir. Konsolide alan içerisindeki bronşlar sıvı ile dolu ise dallı anekoik tübüler yapılar şeklinde görülürler. Bu görünüme *sıvı bronkogramı* denir (Resim 2.5).

Göğüs duvarına dayanan 5 cm'den küçük tümörlerin ekojeniteleri, daha büyük olanlara göre düşüktür. Nekrotik tümörler ekojenik duvarla çevrili hipoekoik yapılar şeklindedir. Periferik tip akciğer kanserlerinin plevra ve göğüs duvarı invazyonu yüksek doğruluk oranları ile saptanabilir. İnvazyonda ekojen plevral çizgi kaybolur ve solunumla normalde görülen plevra yapraklarının birbiri üzerinden kayma hareketi invazyon bulunan kesimde izlenemez. Santral yerleşimli tümörler, distalinden göğüs duvarına uzanan akciğer dokusu konsolide ise ve/veya plevral sıvı ile çevrelenmişse görülebilir.

Göğüs duvarına dayalı akciğer apseleri, düzensiz kalın bir kenarın çevrelediği, içinde debris ve havaya ait ekojenitelerin bulunduğu sıvı birikimi şeklindedir. Ampiyemden ayırıcı tanısı zor olabilir. Ampiyemde duvarlar daha düzgündür, komşu akciğer komprese



Resim 2.3 Plevral sıvının US görünümü



Resim 2.4 Ultrasonografik hava bronkogramı işareti. Sağ akciğer alt lobda pnömonik konsolidasyon. Bronşlarda havaya ait ekojen görünümler (oklar).



Resim 2.5 Sıvı bronkogramı işareti. Konsolide akciğer içerisindeki sıvı dolu bronşların US görünümü (ok).

ve displasedir ve floroskopide solunumla sadece iç duvarı yani viseral plevra hareket eder; apsede ise solunumla ekspansiyon gözlenir. Hidatid kistler, plevral tabanlı ise tanı konabilir.

Mediyasten lezyonları da (özellikle çocuklarda) incelenebilirler. Çocuklarda timik hiperplazi ön mediyasten kitlelerinden ayrılabilir. Ana vasküler yapıların konumları saptanabilir. Arka mediyasten kitleleri görüntülenebilir. Toraks duvarı lezyonları da US ile ayrıntılı olarak gösterilebilir.

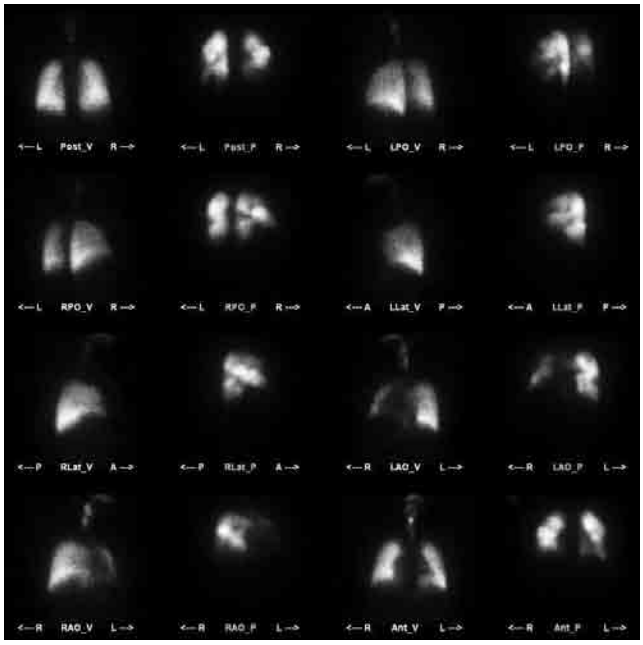
RG

Radyonüklid görüntülemede akciğerler, ventilasyon ve perfüzyon (V/Q) çalışmaları ile incelenir (Resim 2.6). Radyofarmasötik olarak ventilasyon için Xe-133, Xe-127 (xenon), Kr-81m (kripton) gazları ve teknisyumun gaz formu (technegas); perfüzyon için ise Tc-99m-makroaggregated albümin (MAA) kullanılır. MAA partikülleri insan serum albümininin ısı ile denatüre edilmesiyle üretilir.

Son yıllarda ventilasyon çalışması yerine inhalasyon sintigrafisi kullanılmaktadır. Burada Tc-99m-DTPA veya sülfür kolloid bir nebulizatörden geçirilir ve hastaya inhale ettirilerek ventilasyon fonksiyonu ile ilgili bilgi elde edilir.

Ventilasyon çalışması için yaygın olarak kullanılan Xe-133'ün foton enerjisi 80 keV, yarılanma ömrü 5-7 gündür. Kapalı bir sistem içindeki gazdan derin bir inspirasyondan sonra yaklaşık 100.000 sayımda ilk görüntüler alınır. Bu sintigramlarda zayıf ventilasyon bölgeleri düşük aktivite alanları şeklinde görülür. Daha sonra dört-beş dakika süresince solumaya devam edilerek gaz konsantrasyonu akciğerlerde azami düzeye getirilir. Bu evreye dengeleme fazı denir. Temizlenme fazında, oda havası solunarak ekspiriyum havası xenon absorbe edilen filtreye verilir. Bu işlemler sırasında seri görüntüler alınır. Sintigramlar, lezyon beklenen alanı en iyi gösterecek pozisyonda alınmalıdır. Paralel kanallı yüksek çözümlemeli kolimatörler kullanılır. Kripton gazının yarılanma ömrü çok kısadır ve xenon kadar yaygın kullanılmaz.

Perfüzyon çalışmasında kullanılan 20-40 μ çapındaki Tc-99m-MAA 8-10 μ çapındaki pulmoner kapillerlerde takılıp kalarak akciğerin görüntülenmesini sağlar. Perfüzyon defektleri arter obstrüksiyonuna, hava hapsinin neden olduğu alveoler hipoksiye, bronşiyal obstrüksiyona, pnömoniye, mitral stenozdaki pulmoner hipertansiyonun oluşturduğu vasküler diskrepensiye bağlı olabilir. Sintigramlar enjeksiyondan iki-üç dakika sonra alınmaya başlanır. Ön, arka, arka oblik ve yan pozisyonlar standarttır. Yüksek çözümleme kolimatörü kullanılır. İncelemede akciğer kapillerinin ancak 1/1000'den azı bloke edilebildiğinden dolaşım bozukluğu görülmez. Bununla birlikte pulmoner hipertansiyonlu hastalarda uygulanmamalıdır.



Resim 2.6 Ventilasyon-perfüzyon sintigrafisi. ilk sütun ventilasyon ikinci sütun perfüzyon görüntüleri. Her iki incelemede de belirgin bir defekt görülmüyor.

Normal bir akciğerde ventilasyon-perfüzyon oranı eşittir. Her iki yöntemde radyonüklidin akciğerde dağılımı uniformdur. Bu denge birçok hastalıkta bozulur. Ventilasyondaki azalma refleks olarak perfüzyonda bozulmaya neden olur. Perfüzyondaki azalma ise büyük veya çok uzun süren perfüzyon defektleri olmadıkça ventilasyonu bozmaz. Bu nedenle bir bül veya kollabe segment ventilasyon ve perfüzyonun birlikte bozulmasına neden olur, emboli ise yalnız perfüzyonu bozar, ventilasyonu değiştirmez.

RADYOGRAFİK ANATOMİ ve RÖNTGENOGRAMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Akciğerler kanın gaz değişimini sağlamak üzere yapılanmıştır. Gaz değişimi, alveollerden oluşan çok geniş bir yüzeyde kanın atmosferik hava ile karşılaşması ile gerçekleşir. Havayı bu yüzeye getiren yapılara havayolu adı verilir. Kan ise pulmoner arterlerle taşınır. Havayolu trakea ile başlar, ana bronşlardan başlayarak distale kadar asimetrik olarak ikiye ayrılarak devam eder ve alveollerde ve alveol kanallarında sonlanır. Kan ise bronşlara paralel seyreden pulmoner arterlerle taşınarak alveol duvarındaki kapiller ağa ulaşır. Kanın akciğerlerden kalbe dönüşü pulmoner venlerle sağlanır. Gaz değişimini gerçekleştiren aveoller ile birlikte kapiller ağ, akciğerin parankimini yapar. Parankim ve akciğer içerisindeki tüm yapılar bağ dokusundan yapılmış interstisiyum tarafından sarılır. İnterstisiyum akciğerin iskeletini oluşturur.

Trakea ve ana bronşlar

Larenksin altından, krikoid kıkırdak seviyesinden başlar. Başlangıcında orta çizgidedir, aşağı indikçe hafifçe sağa doğru yer değiştirir. Bu düzeyde sol tarafında aort basısı görülebilir. Trakea inspiriyumda uzar ve daralır, ekspiriyumda kısalır ve genişler; koronal çapının üst sınırı erkekte 25, kadında 21 mm'dir. Karina inspiriyumda yaklaşık bir santimetre yukarıya doğru yer değiştirir. Ekspiriyumda trakeanın aort arkının karşı tarafına doğru eğilme ve yer değiştirmesi normal bir bulgudur; bebeklerde bu yer değişikliği daha fazladır. Trakeanın sağ kenarının üst lob ile yaptığı yüzeye sağ paratrakeal çizgi adı verilir. Bu çizginin kalınlığı normalde 4 mm'yi geçmemelidir.

Trakea alt ucunda sağ ve sol ana bronşlara ayrılır. Bu ayırım yerinde bronşların alt kenarları, içeride karina adı verilen keskin bir sırt oluşturur. Karina açısı bireylere göre çok değişir. Normal değerler 50-100° arasındadır. Sağ ana bronş daha kısadır ve daha dik seyreder; başlangıcından hemen sonra verdiği sağ üst lob bronşundan sonra intermediyer bronş adını alır. Oldukça uzun bir segment olan intermediyer bronşun distalinden orta ve alt lob bronşları çıkar. Sol ana bronş daha uzun ve daha yatık seyirlidir. Sert çekilen göğüs röntgenogramlarında trakea, karina, ana bronşlar ve lob bronşları çok iyi görülürler. Ana bronşlardan sonra segmental bronşlar başlar.

Yan göğüs röntgenogramlarında ana bronşların ayırım bölgesi trakeanın alt ucunda artmış radyolusensi şeklinde seçilebilir.

Distal hava yolu

Trakeada at nalı şeklinde, bronşlarda ise bronşu çepeçevre saran kıkırdak iskelet vardır. Kıkırdak iskelet distale gittikçe azalır ve 12.-15. dallanma seviyesinde kaybolur. Kıkırdak iskelet bulunmayan bronşlar bronşiol adını alır. Bronşioller 1-3 mm çapındadırlar ve en son kesimine terminal bronşiol adı verilir. Terminal bronşiollerin distalindeki bronşların duvarlarında alvoller bulunur; gaz değişimine katılan bu yapılar respiratuar bronşiol adını alır. Respiratuar bronşioller alveol kanalları ve keseleri ile sonlanır. Trakeadan al-

veol seviyesine kadar yaklaşık 21-25 dallanma görülür. Terminal bronşiolden sonraki hava yoluna asinus adı verilir. Asinuslar ortalama 6 mm çapındadırlar. Asinusların 3-5 tanesi bir araya gelerek sekonder pulmoner lobülü yapar.

Sekonder pulmoner lobüller akciğerlerin temel birimleridir, 2-3 cm boyutlarındadır ve interstisiyumdan oluşan septalarla çevrelenmişlerdir. Bu kesimdeki interstisiyuma periferik interstisiyum denir. Septalar içerisinde venler ve lenfatik kanallar vardır. Pulmoner arterler ve bronşlar ise sekonder pulmoner lobülün merkezindedir. Bunları çevreleyen interstisiyuma santral veya aksiyel interstisiyum adı verilir. Periferik ve santral interstisiyumu, sekonder pulmoner lobül içerisindeki intralobüler interstisiyumun ince septaları birleştirir. Sekonder pulmoner lobüller genellikle poligonal şekillidir ve poligonal bir tabanla plevraya oturmuşlardır.

Sekonder pulmoner lobülden daha büyük akciğer biriminin adı segmenttir. Her segmentin bronşu ve arteri ayrıdır, ancak segmentler herhangi bir şekilde sınırlanmamışlardır. Sağ akciğerde 10, solda 8 segment vardır. Segmentlerin bir araya gelip viseral plevra ile çevrelenmesi ile akciğer lobları ortaya çıkar. Sağ akciğerde üç, solda iki lob vardır. Sağdakiler üst, orta ve alt, soldakiler üst ve alt lob adını alırlar. Sağ akciğerde, üst lobda apikal, anterior ve posterior; orta lobda mediyal ve lateral; alt lobda ise tepede süperior veya apikal, tabanda ise anterior, lateral, posterior ve mediyal olmak üzere 4 tane bazal segment vardır. Sol akciğerde, sağdaki orta lobun karşılığı üst lobun süperior ve inferior linguler segmentleridir. Üst kesimdeki apikoposterior segment ise sağdaki apikal ve posterior segmentlerin karşılığıdır. Sol alt lobun sağdan tek farkı mediyal bazal segmentinin olmamasıdır.

Lob ve segment dağılımında bazı anatomik varyasyonlar görülebilir. En önemlileri azigos lobu, süperior ve inferior aksesuar loblardır. Bunlar çevre akciğer dokusundan aksesuar bir fissürle ayrılırlar. Azigos lobu sağ üst lobun iç kesiminin, süperior aksesuar loblar alt lobların süperior segmentlerinin, inferior aksesuar lob ise sağ alt lobun mediyal segmentinin bir fissürle ayrılması sonucu ortaya çıkar.

Hiluslar

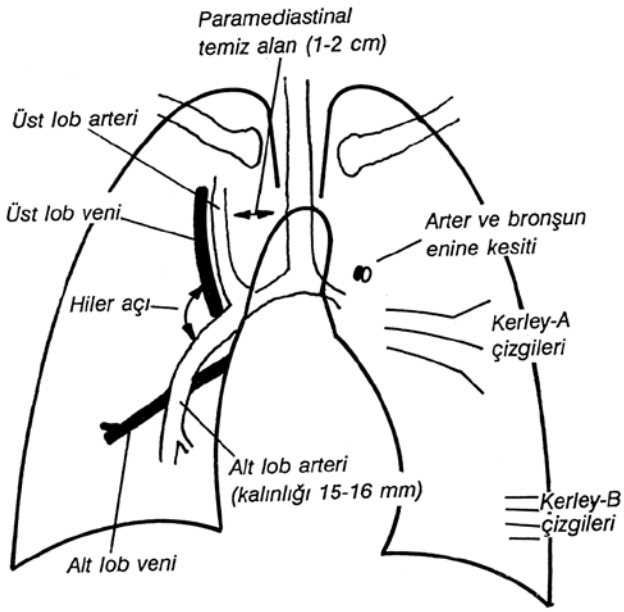
Mediyastenin akciğere uzantısıdır ve akciğerin köklerini yapar. Anatomik olarak arterler, venler, bronşlar, sinirler ve lenf dokusundan yapılmıştır. Bronşlar hava dolu olduğu için radyolusenttir. Sinirler ve lenfatik doku ise fazla yer kaplamaz. Alt lob venleri de hilusların altından geçtiğinden, röntgenolojik olarak hilus gölgeleri, başlıca üst lob ven ve arterleri ile alt lob arterleri tarafından oluşturulur.

Normalde her iki hilus eşit büyüklük ve yoğunluktadır. Anatomik olarak hiluslar eşit seviyededir; ancak radyolojik olarak %90'dan fazla olguda sol hilus daha yüksek, geriye kalanlarda ise eşit düzeydedir. Normalde sağ hilus soldan yüksek olamaz. Böyle bir durum her zaman anormaldir. Hiluslar arasındaki röntgenolojik seviye farkı sağ hilusta bronşun arterin üzerinde (epiarteriyel), solda ise arterin altında (hipoarteriyel) olmasıdır. Bronş hilus gölgesine katkı sağlamadığı için sağ taraf daha aşağı seviyeden başlıyormuş gibi görülür.

Yan röntgenogramlarda her iki hilus üst üste düşer. Yan röntgenogramda hilusun en belirgin yapısı oval bir opasite şeklinde görülen sağ pulmoner arter kesitidir. Bu yapının arkasında intermediyer bronş uzanır. İntermediyer bronşun arka duvarının kalınlığı 2 mm'yi geçmemelidir. Üst lob bronşları yuvarlak radyolusensiler olarak seçilir. Sağ üst lob bronşu soldan iki santimetre yukarıdadır. Sol bronş çevresi pulmoner arter ve venle çevrelendiği için çok daha iyi görülür. Bifürkasyon alanı, trakeanın distalinde radyolusensisi artmış bir alan olarak seçilebilir.

Düz röntgenogramlarda akciğerlerin arter ve venleri çoğu zaman birbirlerinden ayrılamaz. Üst loblarda venler, arterlerin dışında ve onlara paraleldir, alt loblarda daha horizontal seyrederler ve hilus gölgesine karışmadan daha aşağı düzeyden geçerek sol atriuma girerler (Şekil 2.1). Sağda üst lob venleri ile alt lob arteri arasında normalde geniş bir açı vardır. Buna *hiler açı* adı verilir. Hilusta yer kaplayan olaylarda bu açı kaybolur.

Alt lob arterleri üsttekilerden 1/2-1/4 oranında daha geniştir. Sağ alt loba giden ana arterlerin kalınlığının üst sınırı 15-16 mm'dir. Arterler enine kesitlerde yuvarlak opasiteler şeklinde görülürler; hilusa yakın kesimlerde radyolusent bronş kesitleri ile yan yanadırlar ve boyutları yaklaşık birbirine eşittir. Alt loba giden arterler normalde dışa konvekstir; dışa konkav görünüm anormal olarak değerlendirilmelidir. Üst lob damarları ile mediyasten arasında, 1-2 cm'lik bronko-vasküler gölgelerin çok az olduğu temiz bir alan bulunur.



Şekil 2.1 Akciğer arter, ven ve lenfatikleri

Lenf sistemi

Yerleşim yerlerine göre intrapulmoner, mediyastinal ve paryetal olarak gruplandırılır. Akciğer içinde gerçek anlamda lenf nodu yoktur; bronş bifurkasyonlarında lenfatik hücre kümeleri şeklindedirler, hilusa yakın kesimlerde gerçek lenf nodu görünümü alırlar.

Akciğerin lenf damar sistemi, subplevral, interlobüler, peribronşiyal ve kominikan lenfatiklerden oluşur. Kominikanlar, interlobüler ve peribronşiyal lenfatikleri birleştirirler ve hilusa doğru uzanırlar. Lenfatikler normalde görülmezler; sıvı, malign hücre ve toz partikülleri ile dolduklarında görülür hale gelirler.

Plevra

Paryetal ve viseral olmak üzere iki yaprağı vardır. Paryetal plevra göğüs duvarının iç yüzünü (kostal plevra), diyafragmanın üzeri (diyafragmatik plevra) ve mediyastenin yüzeyini (mediyastinal plevra) sarar ve hiluslarda viseral plevrayla devam eder. Normalde kalınlığı 0.2-0.4 mm'dir ve BT'de görülmez. Kalınlaştığı zaman kaburgaların iç yüzeylerinde bir çizgi şeklinde izlenebilir.

Akciğerlerin üzerini saran viseral plevralar akciğerlerin içerisine doğru girerek loblar arasındaki yarıkları (fissürleri) yapar. Fissürler röntgen ışınlarına paralel olduklarında, lobları çevreleyen viseral plevraların birbirine yaslanarak kalınlık oluşturması nedeniyle röntgende ince opak bir çizgi şeklinde görülür. Üst ve alt lobları ayırana büyük, sağ üst ve orta lobu ayırana ise küçük fissür adı verilir. Bunlar oblik (büyük) ve horizontal (küçük, transvers) seyreden fissürlerdir. Alt lobları diğer loblardan ayıran büyük fissürler arka-ön röntgenogramda görülmez. Yan röntgenogramda 4.sırt omuru seviyesinden başlayıp diyafragmanın ön ucuna doğru uzanır; sağ büyük fissür strenumun hemen arkasında, sol ise yaklaşık 4-5 cm gerisinde sonlanır. Sol büyük fissür sağdan biraz daha dik seyirlidir. Küçük fissür, normal erişkinlerin göğüs röntgenogramlarında %60 oranında görülebilir. Arka-ön röntgenogramda 6. kaburganın orta aksiler çizgiyi kestiği yerden başlar, 3. ve 5. ön kaburgalar arasında seyreder. Dış 1/3 bölümünde hafif yer değişiklikleri normaldir. Yan röntgenogramda hilustan başlar, yukarıya hafif konveksite göstererek öne doğru devam eder.

Göğüs duvarı ve kalbin kenarları ile diyafragma arasında kalan dar açılı plevral boşluklara sinüs adı verilir. Bunlar kostodiyafragmatik (kostofrenik) ve kardiyodiyafragmatik (kardiyofrenik) açı veya sinüs olarak isimlendirilir. Arka-ön göğüs röntgenogramında her iki tarafta, yan röntgenogramlarda ise önde ve arkada bulunurlar. Arka kostodiyafragmatik sinüsler plevral boşluğun en derin kesimidir, serbest sıvı birikiminde ilk önce bu sinüsler kapanır.

Her iki akciğer üst mediyastende orta çizgide, önde ve arkada birbirleri ile temas eder. Bu kesimler ışına dik geldiğinde üst sıra omurlar üzerinde vertikal ince radyopak çizgiler şeklinde görülürler. Daha sık görülen öndekine ön birleşme çizgisi, daha yukarıda olan arkadakine ise arka birleşme çizgisi adı verilir.

Plevranın mediyasten yapıları ile birçok ara yüz vardır. Bunlardan en büyüğü kalp ve aort ile yaptığı yüzeylerdir. Kalp ve mediyastenin anormalliklerinde bu yüzeylerin normal görünümleri değişir. Örneğin aort anevrizması, pulmoner arter anormallikleri, sol atrium oriküler apendiksinin büyümesi bu ara yüzlerde tipik deformasyonlara neden olur. Aortun, hemen altındaki pulmoner arterle arasında kalan boşluğa aorto-pulmoner pencere adı verilir. Akciğer kanserininin bu bölgedeki lenf nodlarına yayılmasıyla pencere dolar ve pencerenin normal çukurluğu konveksite şeklini alır

Plevra, omurganın her iki tarafında sağ ve sol paraspinal yüzler oluşturur. Spinal veya paraspinal yer kaplayan lezyonlarda bu yüzeyler dışa doğru itilir.

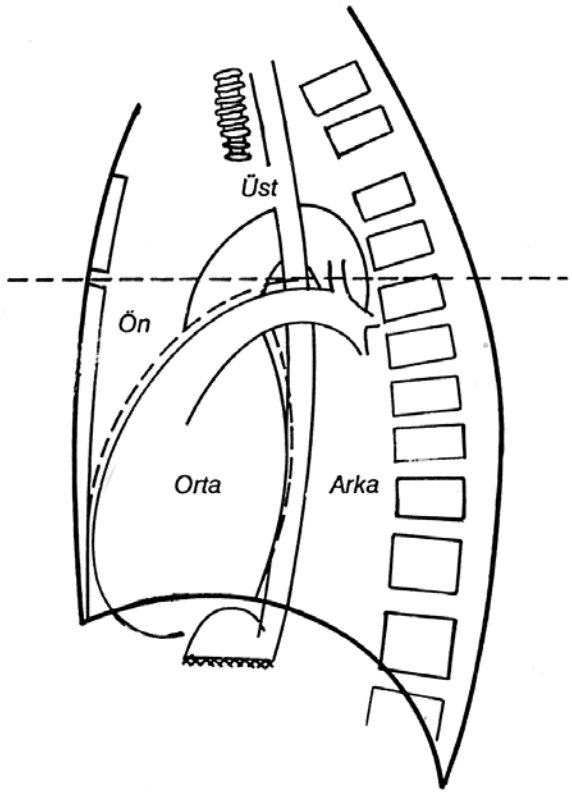
Diyafragma

Çevresi kas, ortası sağlam bir tendinöz dokudan yapılmış, göğüs ve karın boşluğunu birbirinden ayıran bir yaprak şeklindedir. Sağ hemidiyafragma 5. ve 6.

ön veya 10. ve 11. arka kaburgalar arası düzeyinde ve soldan 1-3 cm daha yüksektedir. Sol hemidiyafragma yaklaşık %10 oranında daha yüksek düzeydedir.

Sağ hemidiyafragmanın ön-iç kesiminde %5 oranında lokal tümsekleşme şeklinde bir anatomik varyasyon görülür. Buna yerel diyafragma evantrasyonu adı verilir. Derin inspiriyum yapan asteniklerde, amfizemde ve tansiyon pnömotoraksında diyafragmanın çok aşağı inmesine bağlı olarak kenarında dalgalanma şeklinde küçük çukurlanmalar görülür.

Yan göğüs röntgenogramlarında diyafragma çizgilerinin hangi hemidiyafragmaya ait olduğunu söylemek her zaman kolay değildir. Sol hemidiyafragmanın 1/3 ön kesimi kalbin oturması nedeniyle seçilemez; bütünüyle görülen hemidiyafragma sağ hemidiyafragmadır. Tam bir sol yan göğüs röntgenogramında sağ hemitoraks sola göre magnifiye olacağı için sağ kostodiyafragmatik sinüs soldan daha arkada görülür. Üst üste düşen iki sinüsten arkadaki sinüse uzanan diyafragma çizgisi sağ hemidiyafragmadır. Fundusun ve/veya splenik fleksuranın gazlı görünümleri sol diyafragmanın altındadır. Bu gaz görünümlerini kesen diyafragma çizgisi sağ hemidiyafragmaya aittir.



Şekil 2.2 Mediyastinumun bölümleri.

Mediyasten

Yanlarda akciğerlerin iç yüzeyleri boyunca uzanan mediyastinal plevra, üstte apertura torasika süperior, altta diyafragma, önde sternum, arkada omurlarla çevrilmiş alana mediyasten adı verilir (Şekil 2.2). Manibriyosternal açı ile torakal 4. ve 5. omurlar arasını birleştiren çizgi tarafından üst ve alt olmak üzere iki bölüme ayrılır. Alt mediyastenin önden arkaya doğru üç bölümü vardır. Sternumdan kalbi ve büyük damarları önden saran perikarda kadar olan kesimine ön mediyasten, kalbi ve büyük damarları içine alan ve arka sınırı kalbin ve trakeanın arka kenarına uzanan kesime orta mediyasten, daha gerideki bölümüne ise arka mediyasten adı verilir.

Mediyasten arka-ön göğüs röntgenogramlarında her iki akciğerin havalanan bölgeleri arasında kalan, kalbin ve büyük damarların oturduğu opak alandır. Ön ve arka duvarlarını yapan strenum ve omurların gölgeleri üst üste düşer. Bu pozisyonda büyük mediyasten kitleleri yanlara, havalanan akciğer alanlarına taşar. Mediyasten kitlelerinin iç kenarı daima mediyasten gölgesi içinde kaybolur. Akciğerlerin iç kesimlerinden çıkıp mediyastene yayılan lezyonlarla, mediyastenden çıkan lezyonların ayırımı zor olabilir. Akciğerden çıkıp mediyastene giren lezyonların mediyasten kenarı ile yaptığı açı dardır; mediyastenden çıkan lezyonların mediyasten tabanı daha uzun ve birleşim yerlerindeki açıları daha geniştir.

Yan göğüs röntgenogramında mediyasten sternumdan omurgaya, apertura torasika süperiordan diyafragmaya kadar uzanan alanı kaplar. Bu alan röntgenogramlarda tüm akciğerin bulunduğu bölgedir. Bir başka deyişle yan röntgenogramlarda intratorasik alanda görülen tüm lezyonlar akciğerde olabileceği gibi mediyastende de olabilir.

Mediyasten lenf nodları ön, orta ve arka olmak üzere üç gruba ayrılır. Ön grup retrosternal bir zincir şeklindedir. Manibrium sterni arkasındaki lenf nodları daha büyüktür. Orta mediyasten grubu kendi arasında paratrakeal, trakeobronşiyal, karinal ve bronkopulmoner (hiler) olarak ayrılır. Sağda trakeo-bronşiyal lenf nodlarının en altındakine azigos lenf nodu adı verilir. Arka mediyasten lenf nodları özofagus çevresindedirler. Paryetal lenf nodları ise kaburga aralıklarında ve diyafragma çevresindedirler; röntgenolojik olarak görülmezler. Amerikan Toraks Derneği, lenf nodu evrelemesinde standardizasyonu sağlamak için mediyasten lenf nodlarının yerleşim yerlerini yeniden sınıflandırmıştır.

Göğüs duvarı

Göğüs yumuşak doku gölgeleri deri, deri altı yağ dokusu, kaslar ve memelerden kaynaklanır. Toraksı çevreleyen kaslar arasındaki fasiyal planlar boyun, omuz çevresi ve yanlarda radyolusent çizgiler şeklinde görülür. Köprücük kemiklerinin ve ilk iki kaburganın ön kesimlerinin üstündeki deri kıvrımları, ışın tanjansiyal geldiğinde görülebilir. Bunlara, kemiklere paralel seyrettikleri için *eşlik eden gölgeler* adı verilir.

Gelişmiş sternokleidomastoid kası üst mediyasten kenarlarında gölge verebilir. Erkeklerde pektoral kas, kadında memeler akciğer alanları üzerinde yumuşak doku gölgeleri oluşturur. Özellikle büyük memelere ait gölgeler, yumuşak çekilmiş röntgenogramlarda akciğer alt zonlarında interstisiyel ödem ve hatta plevral sıvı izlenimi veren yoğunluk artımına neden olabilir. Mastektomiye bağlı meme gölgesinin yokluğu, dikkat edilmezse radyolusensi artımı nedeniyle tek taraflı havalanma artışı olarak yorumlanabilir.

Kadınlarda ve zayıf erkeklerde meme başı gölgesi nodül görünümü verebilir; karşı tarafta simetriğinin görülmesi ile tanınırlar. Meme başına benzer şekilde, göğüs duvarından dışarı doğru tümseklenen kitlelerin gölgeleri de akciğer içerisindeymiş gibi görülebilir. Hava ile çevrelenmiş olduklarından, kenarlarının gerçek akciğer kitlelerine göre daha keskin sınırlı ve kontrastının yüksek olması ve akciğer içerisinde olmadıkları için çevre akciğer işaretlerinde distorsiyon olmaması ayırıcı tanıda, yol göstericidir. Akciğerdeki bir kitle veya nodül görünümündeki çok keskin sınır, radyoloğu bu açıdan uyarmalıdır.

Göğüs röntgenogramlarının teknik değerlendirilmesi

Göğüs röntgenogramları değerlendirilirken önce röntgenogramların yeterli kalitede olup olmadığını araştırmak gerekir. Bu işe röntgenogramların teknik açıdan değerlendirmesi ile başlanır. Öncelikle ekspojur ölçütlerinin, hastanın pozisyonunun ve nefes almasının yeterli olup olmadığı ve ekspojur süresinde hareket edip etmediği belirlenir. Diyagnostik kalitede olmayan bir göğüs röntgenogramı değerlendirilmemelidir.

Doğru ekspojur faktörleri kullanılarak elde edilen bir göğüs röntgenogramında üst dorsal bölgedeki disk aralıkları görülmeli, kalbin arkasındakiler görülmemelidir. Kalbin ve diyafragma kubbelerinin arkasındaki kesimlerde damarlar seçilebilmelidir. Ekspojur faktörleri yetersiz olan röntgenogramlarda yaygın translusensi kaybı görülür. Buna bağlı olarak akciğerler normal olduğu halde, bronş-damar görünümlerinde artma izlenimi alınır. Ekspojur farktörlerinin fazla olması ise, tersine akciğerleri daha radyolusent yaparak küçük lezyonların gözden kaçmasına neden olur. Küçük boyutlu lezyonların gözden kaçırılmaması için bu şekilde sert çekilmiş röntgenogramlar parlak ışıkta da incelenmelidir.

Kaliteli bir göğüs röntgenogramı elde etmek için hastanın pozisyonu doğru olmalıdır. Hastanın duruşunun yeterli olup olmadığı röntgenogramlarda köprücük kemiği uçlarının pozisyonlarına bakarak değerlendirilir. Normalde köprücük kemiği uçları omurların spinöz çıkıntılarına eşit uzaklıktadır ve 4. ve 5. kaburgaların arka uçları üzerine düşer. Öne fazla eğilen hastalarda, kifotik hastaların göğüs röntgenogramlarındakine benzer şekilde, köprücük kemiği uçları bu düzeyden aşağıda; arkaya eğilenlerde ise tersine, apikolordotik röntgenogramlarda olduğu gibi bu düzeyden yukarıdadır. Köprücük kemiği uçları arasındaki mesafenin ortasından aşağı doğru çizilen dik bir çizginin omurların spinoz çıkıntıları üzerinden geçmesi gerekir, geçmemesi hastanın dönük olduğunu gösterir. Bunun sonucunda kalp ve mediyasten dönük tarafa doğru yer değiştirir ve iki taraf akciğer arasında radyolusensi farkı ortaya çıkar.

Yeterli kalitede bir göğüs röntgenogramı elde etmek için diğer önemli faktör, hastanın yeterli inspiriyum yapmış olmasıdır. Bunu belirlemek için diyafragmaların seviyesine bakılır. Yeterli inspiriyumda elde edilen bir göğüs röntgenogramında hemidiyafragmalar 5. ve 6. ön veya 10. ve 11. arka kaburgalar düzeyinde olmalıdır. Yetersiz bir inspiriyumda akciğerlerde bronş-damar görünümleri belirginleşerek, lezyon varmış izlenimi alınır. Aşırı inspiriyum ise tersine normal olan akciğerlerin amfizemli gibi görülmesine neden olur.

Göğüs röntgenogramlarını değerlendirirken son bakacağımız husus hastanın hareket edip etmemiş olduğudur. Hareket etmiş hastalarda yapıların kenar netliği kaybolur.

Radyolojik değerlendirme

Teknik değerlendirmeden sonra göğüs röntgenogramlarının değerlendirilmesine geçilir. Göğüs röntgenogramlarının değerlendirilmesi sistematik olmalıdır. Bunun için belirli bir sıra izlenir. Bu sıranın şekli değişik olabilir; ancak dikkat edilmesi gerekli olan nokta, değerlendirmede unutulmuş bir bölümün bırakılmamasıdır. Örneğin göğüs yumuşak dokularından başlanır ve sırasıyla kemik yapılar, diyafragma altları ile diyafragma ve sinüsler, kalp ve mediyasten ve akciğer alanları

incelenir. Akciğerler üç bölgeye ayrılır. Bunlara zon adı verilir; 2. ön kaburgaları birleştiren çizginin üstü üst zon, 2. ve 4. ön kaburgalar arası orta zon, 4. ön kaburgalardan aşağısı da alt zondur. Lezyonların yerleri oturdukları zonlar ile belirtilir. Ayrıca apikal, perihiler, parakardiyak, retrokardiyak, kostodiyafragmatik sinüse komşu, kardiofrenik açıyı kapatan, veya... kaburganın.... kesimi üzerine düşen gibi daha ayrıntılı bir yerleşim yeri tanımlanabilir.

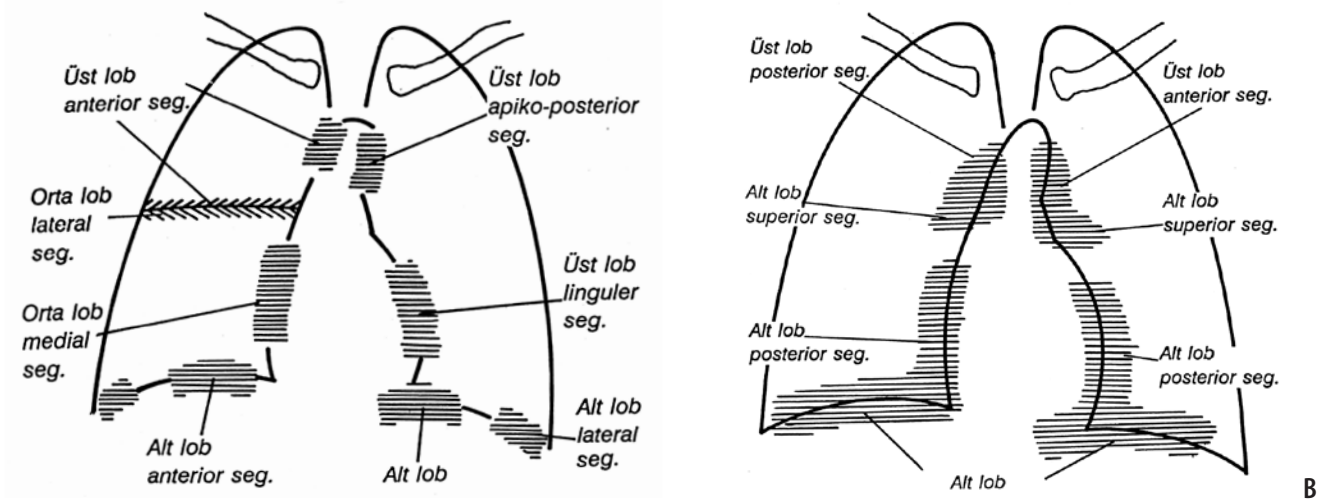
Akciğerde bronş-damar görünümleri, hiluslardan perifere doğru dallanarak küçülen ve seyrekleşen bir yapı gösterirler. Bir akciğer içten dışa doğru üç eşit parçaya bölündüğünde içte bronş-damar gölgeleri en yoğun, ortada daha seyrektir; en dışta ise sadece saç teli gibi çok ince bir kaç damar görülür. Normal olgularda bronşların bu görünüme katkısı çok azdır, görünümün çoğunluğunu pulmoner damarlar yapar. Bu normal görünümün tanınması pulmoner dolaşımın değerlendirilmesinde önemlidir.

Göğüsün röntgenolojik incelenmesi morfolojik bir muayenedir. Akciğerlerdeki normal oluşumların pozisyonları ve anormal gölgelerin varlığı röntgenolojik olarak, diğer muayene yöntemlerinden çok daha iyi saptanabilir. Anormalliğin değerlendirilmesinde temel nokta normalin iyi bilinmesidir. Göğüs röntgenogramlarındaki anormallik başlıca 3 şekilde görülür: 1) Göğüs duvarında, kemik ve yumuşak dokuda anormallik vardır, 2) Akciğerlerdeki veya çevresindeki normal oluşumların (damarlar, bronşlar, kalp ve mediyasten gibi) şekli, pozisyonu ve boyutları değişmiştir, 3) Akciğer alanlarında normalde olmayan radyopasite ve/veya radyolusensi artımı vardır.

Bir şeyi görebilmemiz çevresi ile kontrast oluşturmasına bağlıdır; kontrastı olmayan bir yapı çevreden ayrılamaz. Bir yapının röntgende kontrast oluşturması için x-ışınlarını çevreden farklı oranlarda tutması gerekir. İnsan organizmasındaki dokular, kemik ve yağ dışında, aşağı yukarı benzer atomlardan yapılmışdır; soğurulma katsayıları yaklaşık suya eşittir. Dolayısıyla yumuşak dokular farklı kontrastla çevrelenmedikçe görülemez ve farklı kontrastta çevrelendikleri için görülen iki yumuşak dokudan daha opak görüneninin kalınlığı daha fazla demektir. Normal akciğer röntgenogramlarında damarlar görüldüğü halde bronşların görülememesi bu fizik kurala bağlıdır. Radyolojik tanıda çok önemli olan siluet işareti ve hava bronkogramı bu kurala dayanır.

Bir röntgenogramda normalde görülmesi gereken bir yapının kenarının görülememesi bu kenara komşu alanda röntgenolojik kontrastın ortadan kalktığını ve kenarın aynı yoğunlukta bir madde ile çevrelendiğini gösterir. Bu bulguya *siluet işareti* adı verilir. Siluet işareti lezyonun varlığını ve yerleşim yerini gösteren önemli bir röntgen bulgusudur (Şekil 2.3).

Göğüs röntgenogramında kalbin kenarını tamamen veya kısmen silen bir opasite göğüste önde yerleşmiştir. Sağ orta lob, lingula, üst lob anterior segmentleri, ön mediyasten, oblik fissürlerin alt ucu ve plevral kavitenin ön kesiminde yerleşen lezyonlar komşu yapıların kenarını siler. Kalbin kenarı üzerine düşen fakat kenar çizgisini silmeyen bir opasite arkadadır; alt loblar, arka mediyasten veya plevral kavitenin arkasında oturabilirler. Çıkan aortun kenarını silmeyen bir opasite üst lobun arka segmenti, arka mediyasten veya plevral boşluğun arka kesimindedirler. Aort topuzunun sol kenarını silen bir opasite sol üst lobun apiko-posterior segmentinde, arka mediyastende veya komşu plevrada, silmeyen bir opasite ise ya çok önde ya da çok



Şekil 2.3 Akciğerde siluet işareti. A. Siluet işareti pozitif, B. Siluet işareti negatif

arkadadır. Torasik aortun distal kesiminin kenarı, alt lobun apikal ve arka segmentleri ile komşu plevra ve mediyastendeki lezyonlar tarafından silinir.

Siluet işaretinin hiluslara uygulanması ile kitleler lokalize edilebilir. Bir kitle hilusların üzerini örtüyor fakat içerisinde hiler damarlar seçilebiliyorsa hilusta değil, ön mediyastende veya alt lobların süperior segmentlerinde lokalizedir.

Siluet işaretinin aranmasında ilk şart, röntgenogramın teknik olarak yeterli olmasıdır. Siluet işareti eşit opasitedeki lezyonlara uygulanır; opasitesi eşit olmayan lezyonlarda geçersizdir. Kalbin sağ kenarı %5 olguda sağ hemitoraks içersinde değildir. Bu hastalarda sağ tarafta siluet işareti aranamaz.

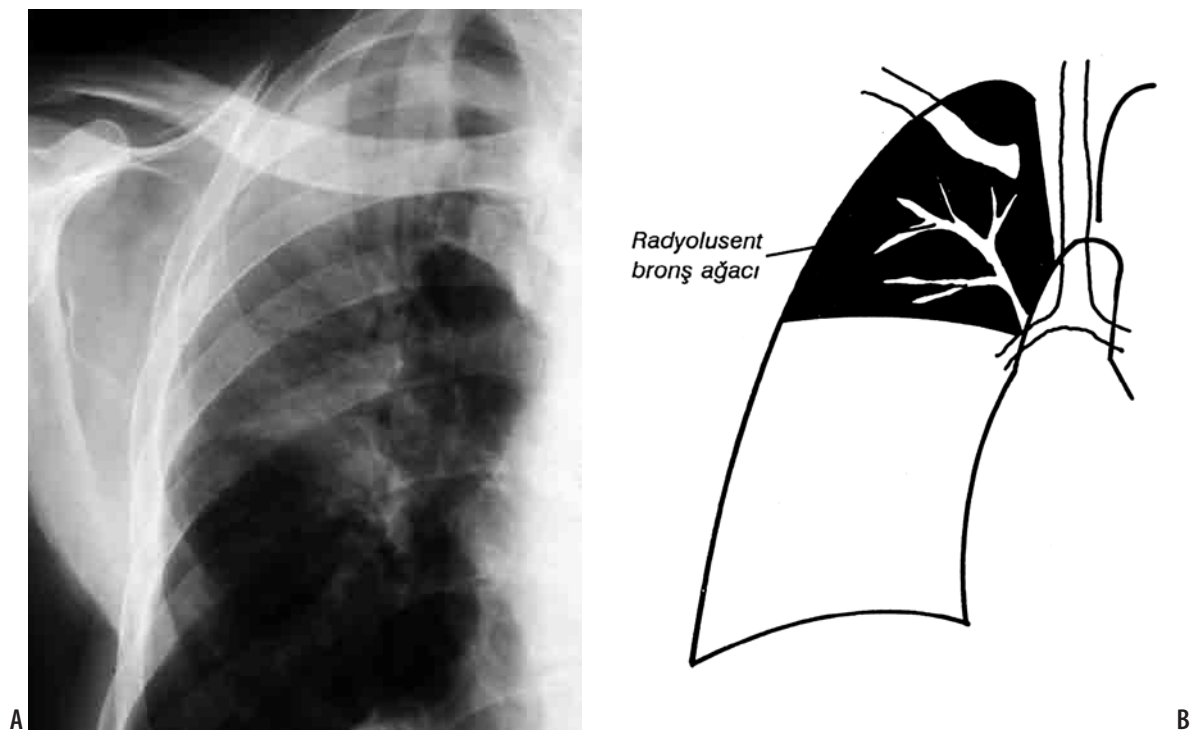
Bronşların çevrelerindeki hava, yerini su yoğunluğundaki oluşumlara (sıvı, hücre gibi) bırakırsa normalde görülmeyen bronşlar görülür hale gelir. Bu önemli bulguya *hava bronkogramı* denir (Resim 2.7). Göğüs röntgenogramlarındaki bir lezyonun içinde hava bronkogramı görülmesi, lezyonun akciğer içerisinde olduğunun kesin kanıtıdır.

Hava bronkogramı daima çevredeki alveollerin sıvı veya hücre ile dolduğunu (konsolidasyonunu) gösterir. Pnömonide, pulmoner ödemde, pulmoner enfarktta, hiyalen membran hastalığında görülür. Nadir olarak bronşioloalveoler karsinomada ve alveoler tip pulmoner lenfomada da görülebilir. Benzer mekanizma ile oluşan *hava alveologramı* konsolide bir akciğer içindeki havalanan alveolleri gösterir; hava bronkogramı kadar güvenilirliği yoktur. Bronşektazi ve kronik bronşitte bronş duvarlarının görülmesi çevre konsolidasyondan değil bronş duvarının belirgin şekilde kalınlaşmasındadır.

Röntgenogramlarda saptanan görüntü doğru bir şekilde tanımlanmalıdır. Tanımlamada örneğin fibroz gibi patolojik terimler yerine, çizgisel opasiteler gibi röntgenolojik terimler kullanılmasına özen gösterilmelidir. Daha sonra röntgenolojik görüntü ile hastanın klinik ve laboratuar verileri birleştirilerek tanıya varılmaya çalışılır. Tüm radyolojik yöntemlerde olduğu gibi göğüs röntgenogramlarının da duyarlılığı özgüllüğünden çok yüksektir. Farklı lezyonlar göğüs röntgenogramında çoğunlukla benzer görüntü verirler. Bu nedenle akciğerler değerlendirilirken sadece radyolojik görünüm ile histopatolojik tanı koymaktan kaçınılmalıdır.

Normal göğüs röntgenogramı ile birlikte görülen akciğer hastalıkları

Mükemmel bir tekniğe ve usta bir yorumcuya rağmen akciğer lezyonları göğüs röntgenogramları ile sapta-



Resim 2.7 Hava bronkogramı. A. Röntgen, B. Şematik görünümü.

namayabilir. Bu lezyonlar ya yöntemin çözümleme gücünden daha küçüktürler veya gizlenmişlerdir. Çapı 6 mm'den küçük olan tek akciğer lezyonu saptanamaz. Akciğer konveksiteleri üzerindeki veya komşu oluşumlarla kapatılan 2 cm boyutundaki lezyonlar bile görülemeyebilir. Buna karşılık örneğin miliyer yayılımda olduğu gibi çok sayıda ise, muhtemelen üst üste düşme nedeniyle 3 mm çapındaki lezyonlar bile görülebilir. Görülebilirlik kontrastla doğru orantılı olarak artar.

Hastalık bulunmasına rağmen göğüs röntgenogramının normal olmasının temel nedenlerinden biri lezyonların yöntemin çözümleme gücüne ulaşacak boyuta gelmemiş olmalarıdır. Bronkojenik karsinom veya tüberküloz buna örnek gösterilebilir. Bronkojenik karsinomda çok uzun süre, tüberkülozda ise yaklaşık 2-3 ay lezyonlar görülebilir boyutun altında kalabilirler. Miliyer tüberkülozda göğüs röntgenogramı haftalarca normal kalabilir. Hatta bazı olgularda ölümden önce bile göğüs röntgenogramları normale yakın görünümdedir. Difüz akciğer hastalıklarının erken döneminde de göğüs röntgenogramları normal görülür. Bunların büyük bölümünde laboratuar değerleri anormaldir. Romatoid artritte ise akciğerde belirgin lezyonlar olmasına rağmen laboratuar normaldir.

Hava yolu hastalıklarından; kronik bronşitte, kriz dışında astımda, hafif veya orta derecede amfizemde ve bronşektazi olgularının yaklaşık %7'inde göğüs röntgenogramları normaldir. Endobronşiyal kitleleri olan olgularda distalinde bir fonksiyonel anormallik gelişmemişse göğüs röntgenogramları normal görülür. Böyle olgularda ekspiriyum röntgenogramları genellikle anormaldir.

Akciğer tromboembolilerinin büyük çoğunluğunda akciğerler normaldir. Bulgu verecek kadar büyük bir damar tıkandığında bile, diyafragma yüksekliği ve pulmoner arter genişliği 24 saat sonra ortaya çıkabilir.

Bunların dışında sinir sistemi ve kas-sinir kavşağını tutan birçok hastalıkta, alveoler hipoventilasyon nedeniyle kandaki parsiyel oksijen basıncı düştüğü halde göğüs röntgenogramları normaldir. Böyle olguların bir bölümünde diyafragmatik paralizi gelişmişse her iki diyafragma yükselir ve akciğer tabanında atelektazi ve pnömoni sık görülür. Şiddetli ve uzamış hipoventilasyon kor pulmonaleye neden olur.

Sağda subpulmoner yerleşimde 200-300 ml plevral sıvı diyafragma kavsini taklit ederek dikkati çekmeyebilir.

AKCİĞERLER

ELEMANTER AKCİĞER LEZYONLARI

Akciğeri tutan birçok hastalık radyolojik olarak aynı veya benzer görünümler oluşturur. Radyolojik olarak tanımlanan bu görünümlere akciğerin elamenter lezyonları adı verilir. Bu lezyonların her biri bir grup hastalık tarafından meydana getirilir. Bu nedenle elamenter bir akciğer lezyonunun tanınması ayırıcı tanı listesini kısaltarak tanıya önemli katkı sağlar.

HİLUSLAR

Hilusların röntgen incelenmesinde penetre dozda alınan gridli röntgenogramlar tercih edilir. Hiluslar hafif oblik röntgenogramlarda daha iyi görülür. Hiler büyüklüğün damarsal bir yapıya ait olup olmadığı valsalva manevrasıyla elde edilen röntgenogramlarla saptanabilir.

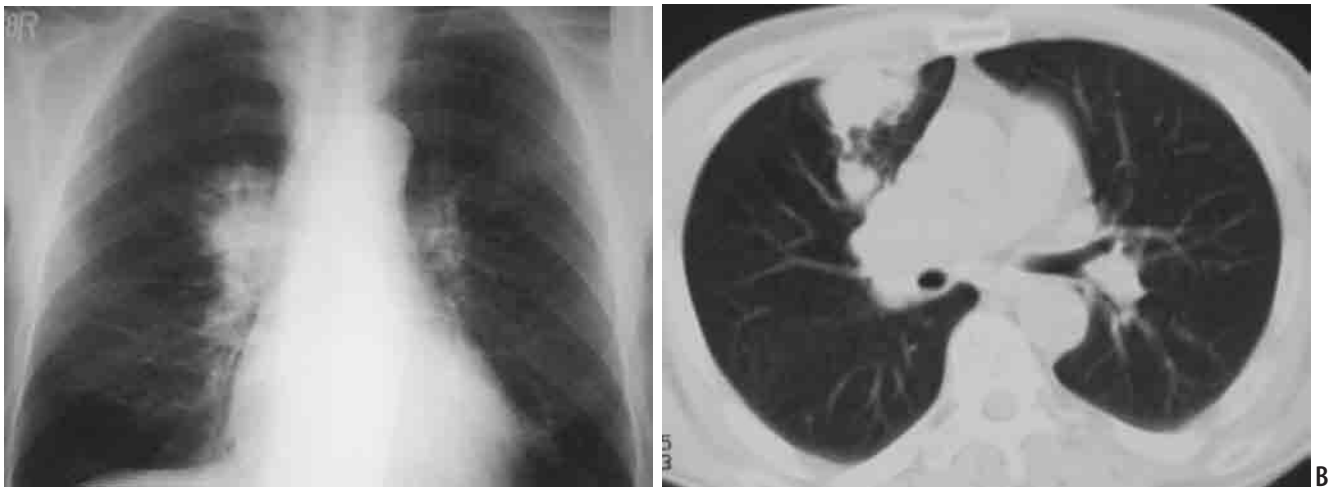
BT kesitlerinde hilusların ön kesiminde üst ve orta akciğer venleri bulunur. Üst lob arteri sağda bronşun ön dış tarafında, solda arkasındadır. Hiluslar kontrastlı BT ile incelenmelidir. Hiler damarları kontrastsız görüntüleyebilmesi nedeniyle MR, hilusun incelenmesinde değerli bir yöntemdir.

Göğüs röntgenogramında bir hilusta diğerine göre belirgin yoğunluk artımı, eğer kalsifikasyon yoksa, hilusta veya ön ve arkasında bir yer kaplayan lezyonun varlığını gösterir. Aynı şekilde hilusun dış kenar keskinliğinin kaybolması çevre akciğerde bir lezyonun varlığını düşündürmelidir. Üst lobların anterior, alt lobların süperior segmentlerindeki lezyonlar hilusa süperpoze olurlar (Resim 2.8).

Hilusun radyolojik görünümü pulmoner arterler ve üst lob venleri yapar. Hilustaki diğer anatomik yapıların hilus gölgesine katkıları yok denecek kadar azdır. Bu nedenle küçülmüş hilus görünümü doğrudan pulmoner arterleri küçülten bir nedene bağlıdır. Büyümüş hilus ise pulmoner arterlerin genişlemesine bağlı olabileceği gibi, hilustaki lenfatik yapının büyümesine veya hiler bronşiyal yapıdan kaynaklanan bir kitleye bağlıda olabilir.

Küçük hilus

İki taraflı küçük hilus nedenleri olarak Fallot tetralojisi, triküspit atrezisi, trunkus arteriyozus, ana damarların transpozisyonu sayılabilir. İngilizce isimlerinin baş harflerinden dolayı bunlara *4T grubu* adı verilir. Santral pulmoner embolide de iki taraflı küçük hilus görünümü vardır.



Resim 2.8 Sağ hiler kitle görünümü veren konsolidasyon. A. Sağ hilus normalden büyük görülüyor, B. Bu büyüklüğün BT'de sağ akciğer anterior segment konsolidasyonuna ait olduğu anlaşılıyor.

Tek taraflı küçük hilus nedenleri olarak akciğerlerin konjenital agenezi veya hipoplazisi, tek taraflı hiperlusent akciğer (MacLeod veya Swyer-James Sendromu), pulmoner arterin hilustan önceki segmentinin emboli veya invazyon nedeniyle tıkanması sayılabilir.

İki taraflı büyük hilus

En sık nedeni lenfadenopati ve vasküler genişlemedir. Normal bir olguda ekspiriyum röntgenogramında da hiluslar büyük izlenimi verir. Lenfadenomegali BT'de kontrast madde tutmayan, düzgün kenarlı yumuşak doku yoğunluğu şeklinde görülür. Antero-mediyal ve posterolateral yerleşimdedirler. BT ile hiler lenfadenopatiyi saptamak mediyastinal lenfadenopatiyi saptamaktan daha zordur. BT'de, hilusun ön, arka ve iç kesimlerindeki lenfadenopatiler dışındakilerden daha iyi görülür.

Hiler damarların genişleme nedenleri artmış akciğer kan akımı (soldan-sağa şant), pulmoner hipertansiyon (sol ventriküler yetmezlik, mitral kapak hastalığı, kor pulmonale, periferik pulmoner emboli) ve anevrizmatik dilatasyondur. İki taraflı hiler arter genişlemesi, hemen daima pulmoner segmentin ve sağ ventrikülün büyümesi ile birliktedir. Hilus büyüklüğünün damarsal yapılara ait olup olmadığına, hilusa gelen damarlar ile hilus opasitesinin ilişkisine bakarak karar verilebilir. Damarlar opasitenin kenarında sonlanıyorlarsa (*hilum konverjans işareti*) büyümüş hilus nedeni pulmoner arter genişlemesidir. Hiler opasitenin içerisinde damarların seyri görülüyorsa (*hilum "overlay" işareti*) büyüme vasküler nedenli değildir.

Ülkemizde pulmoner arter anevrizmalarının en sık nedenlerinden biri Behçet hastalığıdır (Resim 2.9). Behçet hastalığındaki anevrizmalar daha çok hiler damarlarda yerleşir. İki taraflı lobule hilus büyümesi şeklinde görülürler. Kateter ve kesit anjiyografi yöntemleri ile gösterilirler.

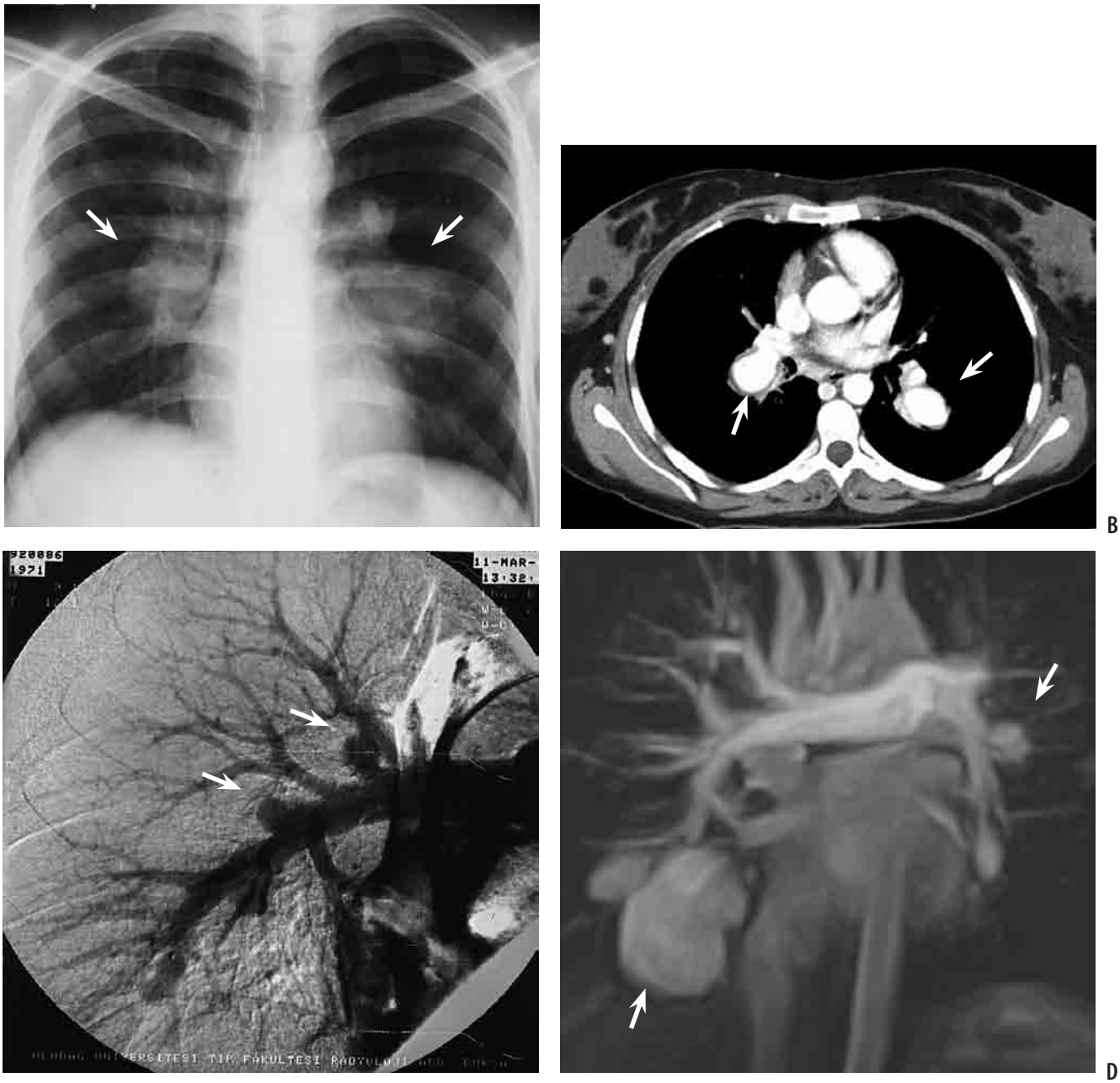
Tek taraflı büyük hilus

Nedenlerin başında bronşiyal karsinom gelir. Sert çekilen, özellikle gridli röntgenogramlarda trakea ve ana bronşlar çok iyi görülür. Dikkatli bir inceleme ile ana bronşlar ve lob bronşları içerisindeki hava sütununa projekte olan veya bronş lümenini kapatan yumuşak doku kitlesi görülebilir. Bronş adenomu benzer şekilde fakat daha düzgün kenarlı yumuşak doku kitleleri şeklinde görülür. Bu lezyonlar BT ile daha ayrıntılı gösterillir. Çocuklarda tek taraflı büyük hilus oluşturan en sık neden primer kompleksin hiler lenfadenopatisidir.

Pulmoner arter anevrizması tek taraflı hiler büyümenin nadir nedenidir. Pulmoner valvüler stenozda post-stenotik dilatasyona bağlı olarak sol hilus büyür. Pulmoner embolide embolinin yerine göre hilus büyük veya küçük olabilir. Emboli arterin hiler parçasından önce ise hilus küçük, distale dağılmış ve pulmoner hipertansiyon oluşturmuşsa büyük görülür.

KOLLAPS

Kollaps herhangi bir nedenle akciğer lob veya segmentlerinin hacmindeki azalmaya verilen isimdir. *Atelektazi* ise özellikle bir akciğer lob veya segmentinin tam ol-



Resim 2.9 Behçet hastalığında pulmoner arter anevrizmaları (oklar). Ayrı olgular. A. Göğüs röntgenogramı, B. BT, C. Dijital pulmoner anjiografi, D. MR-Anjiografi.

mayan genişlemesini tanımlamak için kullanılır. Kollaps fizyopatolojisine göre kontraksiyon, kompresyon ve obstrüksiyon kollapsı olarak üçe ayrılır. Bunlara sürfaktan yetmezliğindeki adeziv atelektazi eklenebilir.

Kontraksiyon kollapsına sikatrisiyel atelektazi de denir. Örneğin yetişkin tüberkülozunda fibronodüler evrede görülür ve üst loblarda sıktır (Resim 2.10). Kompresyon kollapsı dış bası nedeniyle gelişir. Kitle, plevral sıvı ya da pnömotoraksın basısına bağlı olabilir. Plevral sıvı nedeniyle gelişen periferik kollapsa pasif atelektazi adı da verilir (Resim 2.11). Obstrüksiyon kollapsı bronşun tam tıkanmasına bağlıdır. Tıkanma bronşun tümör, granulasyon dokusu, mukus birikimi ve yabancı cisim gibi içten tıkanmasına veya genişlemiş lenf nodları, mediyasten tümör, aort anevrizması ve kardiyak genişleme gibi dıştan basısına bağlı olabilir. Obstrüksiyon ne kadar hızlı olmuşsa kollaps da o kadar tamdır. Yavaş tıkanmalarda distalde biriken sekresyon ve üzerine oturan enfeksiyona bağlı olarak veya tümör infiltrasyonu nedeniyle hacim kaybı daha azdır.



Resim 2.10 Sağ akciğer üst zonda apikal bölgede yetişkin tüberkülozunun fibrozuna bağlı kontraksiyon kollapsı.

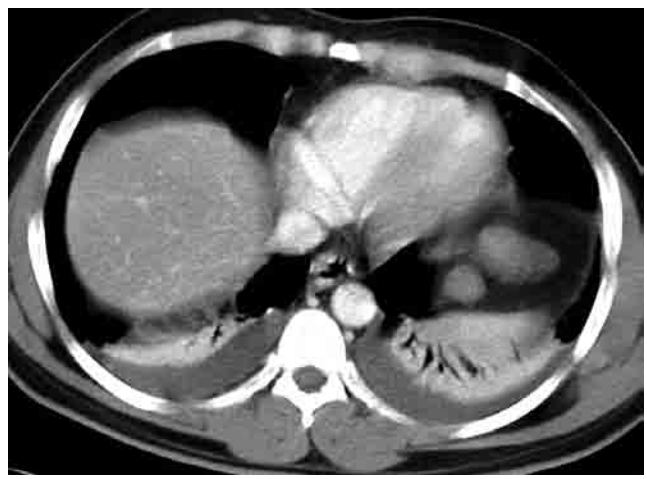
Yabancı cisimlerin 2/3'ü ana bronşlarda, 1/3'ü lob bronşlarında bulunur ve röntgende kollapstan daha çok hava hapsine neden olur. Lenf nodlarının basısına bağlı gelişen kronik orta lob kollapsına *orta lob sendromu* denir. Bu deyim diğer loblar için de kullanılabilir.

Bazen lob bronşu açık olduğu halde distalinde kollaps görülür. Bu durum çeşitli nedenlerle solunumun azalması sonucu, müküsün atılamayıp perifer bronşlarını tıkamasına bağlıdır ve periferal kollaps adını alır. Çok sayıda periferik bronşun tıkanması, lob bronşunun tıkanmasına benzer sonuç verir. Periferal kollaps en sık lobar pnömoninin erken evresinde görülür. Boğmaca, difteri, kızamık komplikasyon pnömonisi ve viral pnömonilerde de görülebilir. Ayrıca operasyon, göğüs travması, respiratuar depresanlar verilmesinden sonra, petrol aspirasyonu, pankreasın kistik fibrozi, bronşiyal astım, erken radyasyon pnömoniti ve bronşektazide de görülebilir. Reversibl bronşektazi veya psödo-bronşektazi periferal tip obstrüktif kollapsın bir komplikasyonudur.

Kollabe bir lobun bronşunun açık olması kollapsın periferik tipte olduğunu gösterir ve dolayısıyla bronş karsinomunu dışlayıcı bir bulgudur. Sık görülmeyen alveoler tip karsinom bu kuralın dışındadır; bu tip kanserde kollaps periferik tiptedir. Benzer şekilde pulmoner lenfomanın alveoler formunda da bronş açık olabilir.

Kollapsın radyolojik bulguları kollabe akciğer kesiminin büyüklüğüne, kollapsın tam olup olmamasına ve kollabe kesimin enfekte olup olmamasına göre değişir. Kollapsın doğrudan röntgen bulguları kollabe kesimdeki havalanmanın azalmasına bağlıdır; kollabe segmentte yoğunluk artar, bronş-damar yapıları bir araya toplanır ve kollabe segment fissürlere komşu ise fissürlerde yer değişikliği görülür. Kollabe kesime komşu akciğer alanında kompansatuar genişleme nedeniyle tersine bronş-damar görünümlerinde incelmeler ve dağılmalar izlenir. Bu değişiklikler, obstrüksiyon ne kadar tam ve hızlı gelişirse o kadar belirgindir. Hacim kaybına bağlı yoğunluk artımı, üzerine enfeksiyon eklenmedikçe belirgin olmayabilir; bu durumda hacim kaybını saptayabilmek için siluet işareti araştırılmalıdır.

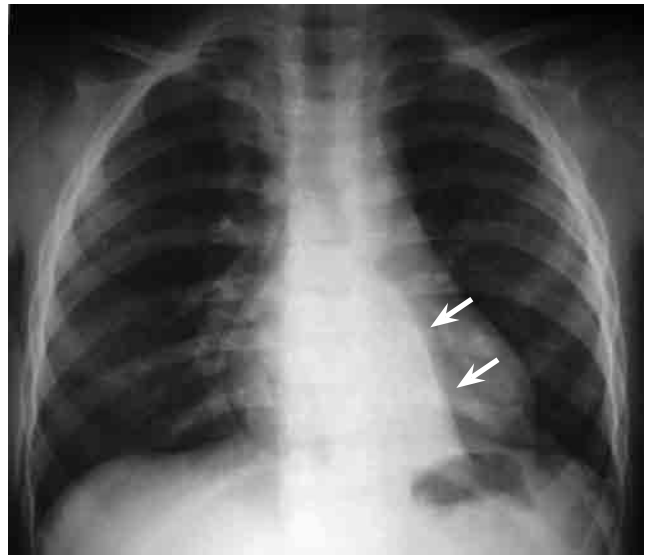
Kollapsın dolaylı röntgen bulguları hacim kaybına bağlıdır. Görülüp görülmemesi ve görünümü kollabe kesimin büyüklüğüne ve yerine göre değişir. Hacim kaybı ne kadar belirginse bulgular da o kadar belirgindir. Bir hemidiyafragmanın tek taraflı yükselmesi bir taraf akciğerin veya sağ orta ve alt lobların ikisinin birden kollapsında görülebilir. Üst ve orta lob kollapsında görülmez; alt lob kollapslarında da her zaman görülen bir bulgu değildir. Kollabe tarafa doğru trakeanın çekilmesi sadece üst lob kollapsında görülebilir. Kalbin yer değiştirmesi sık görülen bir bulgu değildir; büyük bir akciğer bölümünün kollapsını gerektirir. Bazen akciğerde belirgin bulgular olmadan da kalp-



Resim 2.11 İki taraflı plevral sıvıya bağlı komşu akciğerde pasif atelektazi.

te yer değişikliği görülebilir. Kaburga aralıklarında daralmayı önemli derecede hacim kaybı olmadıkça değerlendirmek zordur, özellikle çocuklarda sıklıkla yanlış pozisyona bağlıdır. Akciğer agenezisinde sonradan olanlara göre daha az belirgindir.

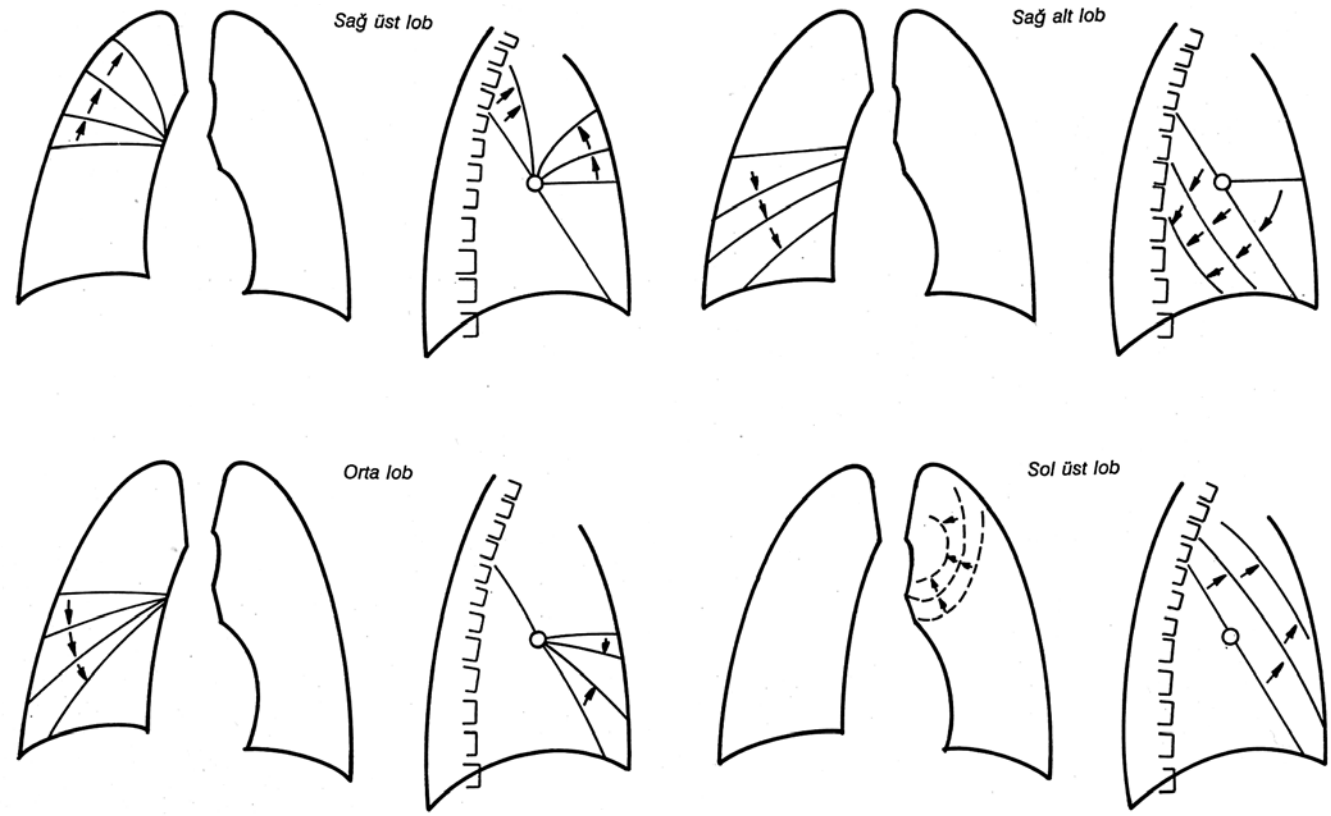
Hiler yer değiştirme üst lob kollapslarında kuraldır, alt lob kollapslarında da sık görülür, orta lob ve lingula kollapslarında genellikle görülmez. Alt lob kollapsında hilus gölgesinin diyafragmaya yaklaşması, hem hilusun aşağı çekilmesine hem de diyafragmanın yükselmesine bağlıdır. Kompansatuar fazla havalanma ise arka-ön göğüs röntgenogramında artmış radyolusensi ve vasküler işaretlerin dağılmasıyla tanınır. Bir taraftaki total kollapsta, karşı taraf akciğer mediyastenden karşıya herniye olur. Herniyasyon en sık çıkan aortun önünden, daha az sıklıkla kalbin arkasından ve aort arkusunun altından gelişebilir.



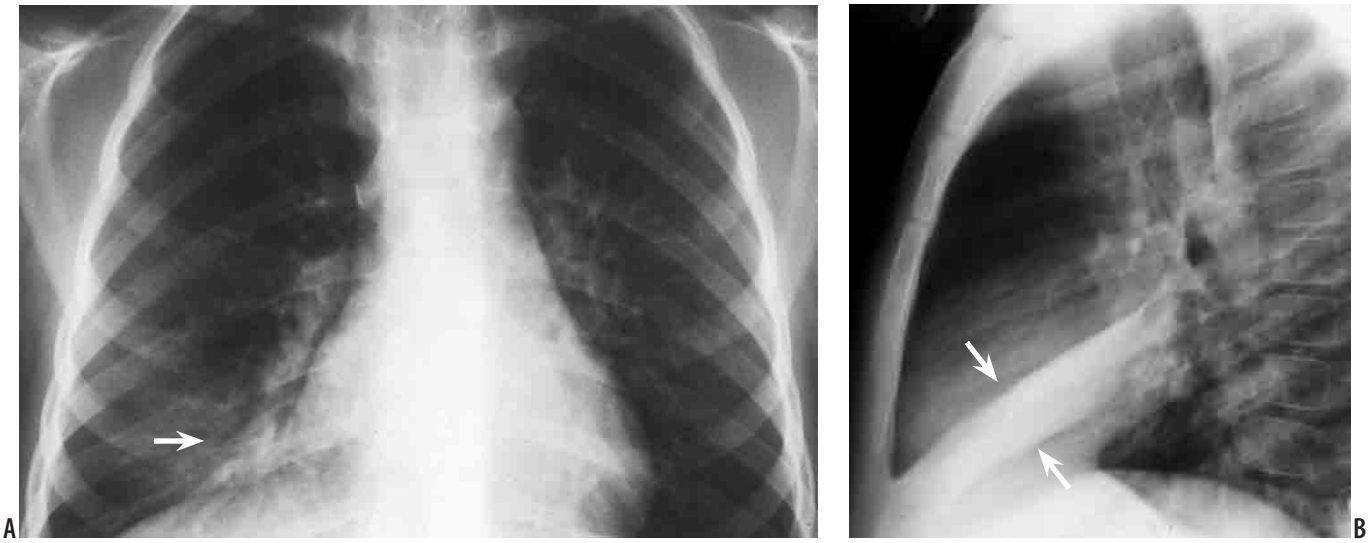
Resim 2.12 Sol alt lob kollapsı. Kollabe loba ait üçgen şeklinde keskin kenarlı yoğunluk artımı (oklar).

Lobar kollaps

Her lobun kollapsında yer değiştirme özel bir şekil gösterir (Şekil 2.4). Alt lob kollapsında loblar aşağıya arkaya ve mediyale doğru çekilir. Solda kalp yoğunluğu artar. Kalbin kenarı silinmez. Kollabe lobun kenarı penetre röntgenogramlarda kalbin arkasında düz bir çizgi şeklinde görülür (Resim 2.12). Buna karşılık inen aortun distal kesimi, komşu diyafragma kenarı ve yan röntgenogramda kalbin arka kenarı silinir. Sağ alt



Şekil 2.4 Lobar kollaps şekilleri



Resim 2.13 Orta lob kollapsı. A. Sağ hemidiyafragmaya komşu, kalp kenarını silen yoğunluk artımı (ok) B. Yan röntgenogramda kalp gölgesi üzerinde düzgün kenarlı kama şeklinde yoğunluk artımı (oklar).

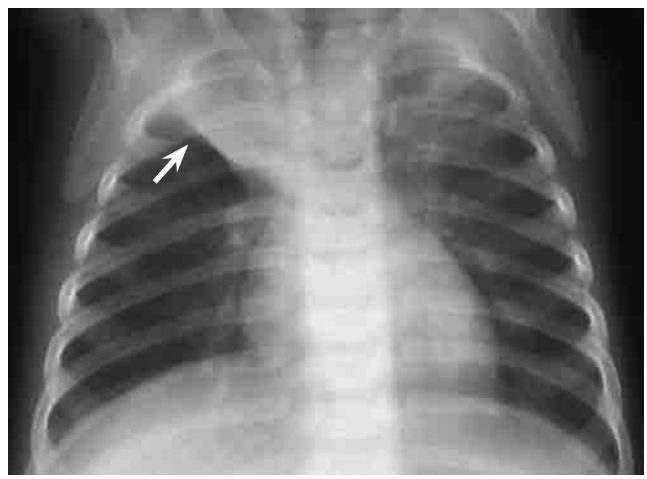
lob kollapsında büyük fissür içe doğru yer değiştirir ve bazen görülür hale gelir. Hilus, alt lob kollapslarında sıklıkla aşağı doğru çekilir. Yan röntgenogramlarda büyük fissür düz bir çizgi veya hafif konkav şekilde arkaya doğru yer değiştirir. Komşu diyafragma segmenti silinir. Sol alt lob kollapsı en iyi sol ön oblik pozisyonda görülür.

Orta lob ve lingula kollapsında küçük hacimleri nedeniyle kollabe akciğer kesimlerinin gölgesi belirgin değildir. Fakat değişmez bir kural olarak komşu kalp kenarını silerler (Resim 2.13). Genellikle dolaylı bulgular yoktur. Apiko-lordotik projeksiyonda elde edilen röntgenogramlarda orta lob ışına dik geleceğinden atelektazi daha belirgin görülür ve tepesi dış tarafta, tabanı kalbin kenarında olan opak bir üçgen şeklindedir. Yan röntgenogramda küçük ve büyük fissürlerin alt kenarları birbirlerine doğru yaklaşır ve eğilirler. Kollabe orta lob, genişliği kollapsın derecesine göre değişen bir kama veya bant şeklinde görülür. Lingula kollapsında büyük fissürün alt yarısında yukarı doğru minimal bir yer değiştirme izlenir.

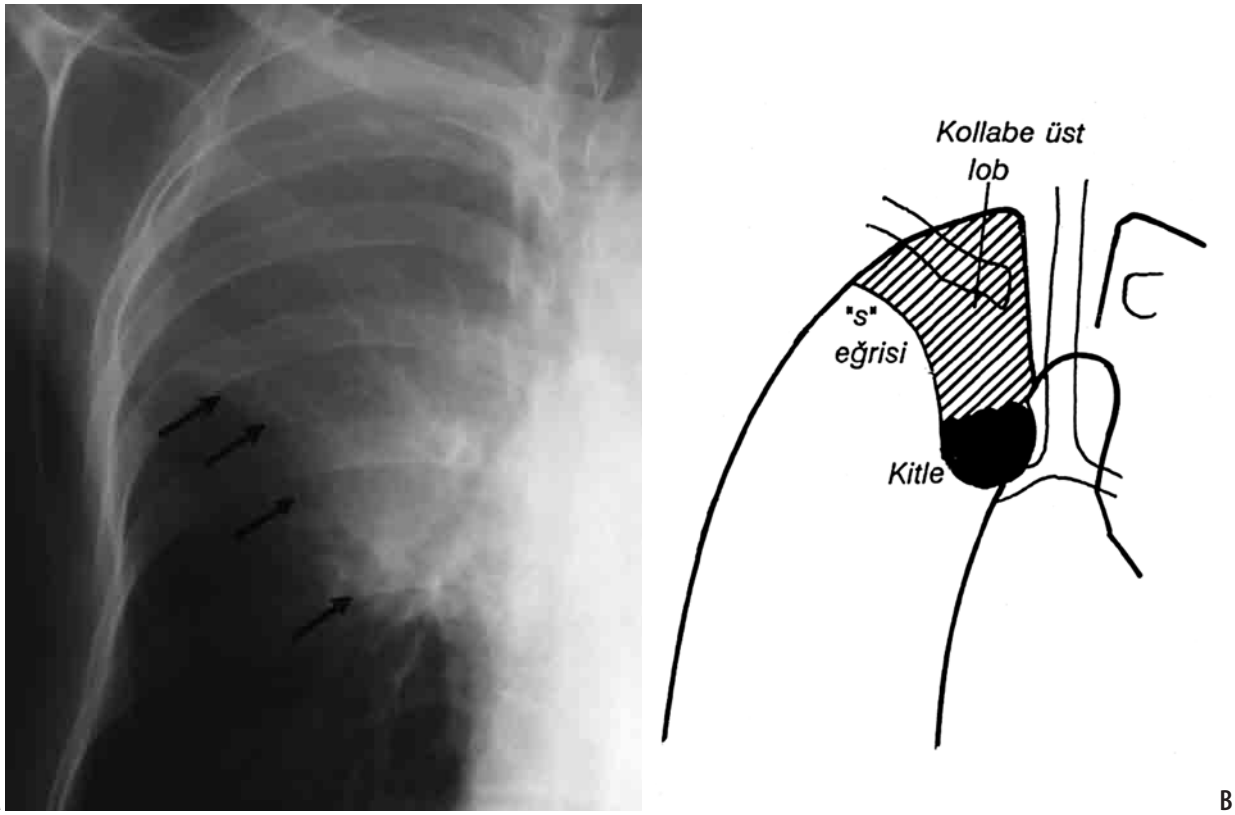
Sağ üst lob kollapsında küçük fissür yukarıya doğru yer değiştirir (Resim 2.14). Kollabe lob üçgen şeklindedir. Çok ileri kollapsta mediyasten gölgesi ile karışan kama şeklinde ince bir opak alan görülebilir. Yan röntgenogramda büyük fissürün üst bölümü öne doğru yer değiştirir ve kollabe lob orta çizgidedir.

Sağ üst lob bronşunu tıkayarak büyüyen hiler kitlelerde küçük fissürün dış kesimi yukarı çekilirken iç kesimi hiler kitle nedeniyle yukarıya doğru hareket edemez ve yerinde kalır. Distaldeki atelekteziyi ve merkezdeki kitleyi çevreleyen fissürün şekli "S" harfi gibi kıvrımlı bir görünüm alır. Buna *Morton'un* veya *Golden'in* "*S*" *eğrisi* adı da verilir (Resim 2.15). En sık sağ üst lob bronşundan çıkan bronkojenik karsinomun yaptığı bu görünümü genişlemiş lenf nodları, mediyastinal bir tümör veya bronşiyal metastazlar da yapabilir.

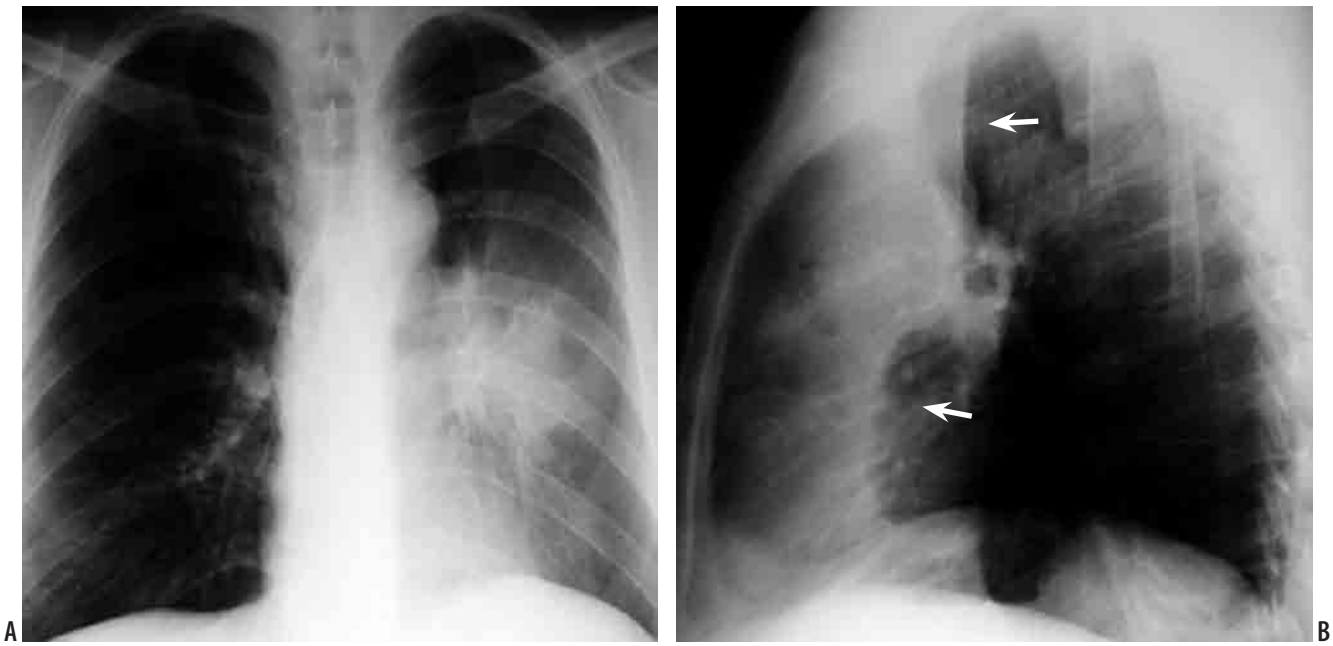
Sol üst lob kollapsında kollabe lob öne ve yukarıya doğru çekilir. Hilus çevresinde ve üst zonda sınırları seçilemeyen orta derecede bir yoğunluk artımı vardır (Resim 2.16). Sağdakinin tersine kollabe üst lobun keskin bir kenarı yoktur. Aort topuzu ve kal-



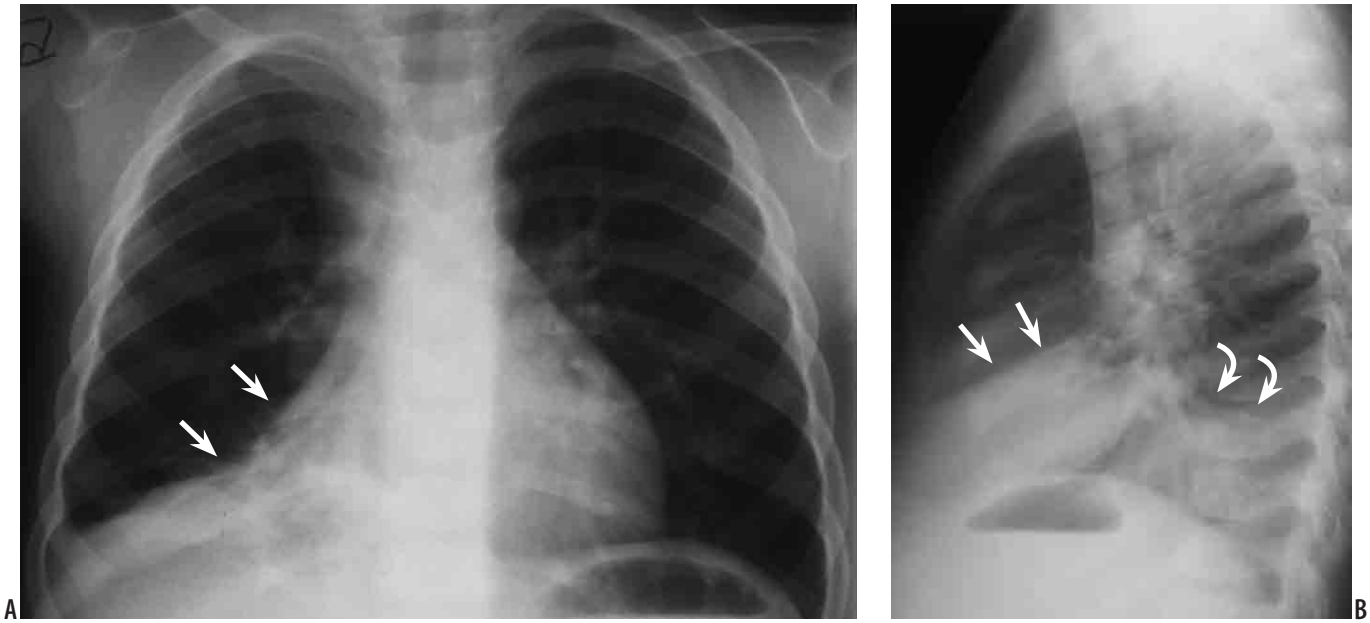
Resim 2.14 Sağ üst lob atelektazisi (ok). Küçük fissür düzgün bir şekilde yukarıya doğru yer değiştirmiş.



Resim 2.15 Morton'un "S" eğrisi. A. Santral tip bronş karsinomunda, küçük fissürün periferindeki üst lob kollapsına bağlı yer değiştirme "S"nin bir kavsini, kitlenin çevresinden dolanan proksimal kesimi ise diğer kavsini oluşturuyor, B. Şematik görünüm.



Resim 2.16 Sol üst lob atelektazisi. A. Arka-ön göğüs röntgenogramında sol hilusu çevreleyen sınırları belirsiz yoğunluk artımı. B.Yan röntgenogramda sol üst lobu çevreleyen büyük fissürün sternuma doğru yaklaşarak sol üst lobu çevrelediği görülüyor (oklar). Retrosternar alanda karşı akciğerin herniyasyonuna bağlı radyolüsensi artımı.



Resim 2.17 Sağ alt ve orta lobu kollapsı. Yabancı cisim aspirasyonu. A. İntermedier bronş obstrüksiyonuna bağlı olarak gelişen orta ve alt lob kollapsının kenarı arka-ön röntgenogramda keskin (oklar) olarak görülüyor. B. Yan röntgenogramda orta lob kollapsı kalp üzerinde (oklar), alt lob kollapsı ise arkada alt zonda yoğunluk artımı şeklinde görülüyor (kıvrık oklar).

bin üst kenarı silinir. Trakeada sola çekilme ve hilusta yükselme görülür. Alt lobun damarları normalden çok daha dik bir seyir gösterir. Yan röntgenogramda büyük fissür öne doğru yer değiştirmiş ve toraksın iç yüzüne paralel hale gelmiştir. Fissür öne doğru hafif konveks olabilir. Retrosternal temiz alan oblitere olabilir. Olaya lingula da katılırsa bu opasite daha aşağılara kadar iner.

Sol üst lob kollapsının daha nadir görülen bir şeklinde kollabe lob öne ve hilus üzerine toplanır. Sol alt lob genişleyerek yukarıdan aort kavsi ile kollabe segment arasına girer ve bir tarafında mediyasten, diğer tarafında kollabe üst lobun opasiteleri arasındaki görünümü radyolusent bir hilale benzer.

Kollaps, birden fazla lobda da görülebilir. Orta lobla birlikte olan sağ alt lob kollapsında kollabe kesimin kenarının keskin bir çizgi şeklinde olması, tek başına olan alt lob kollapsından ayırmaya yarayan bir bulgudur (Resim 2.17).

Total kollaps

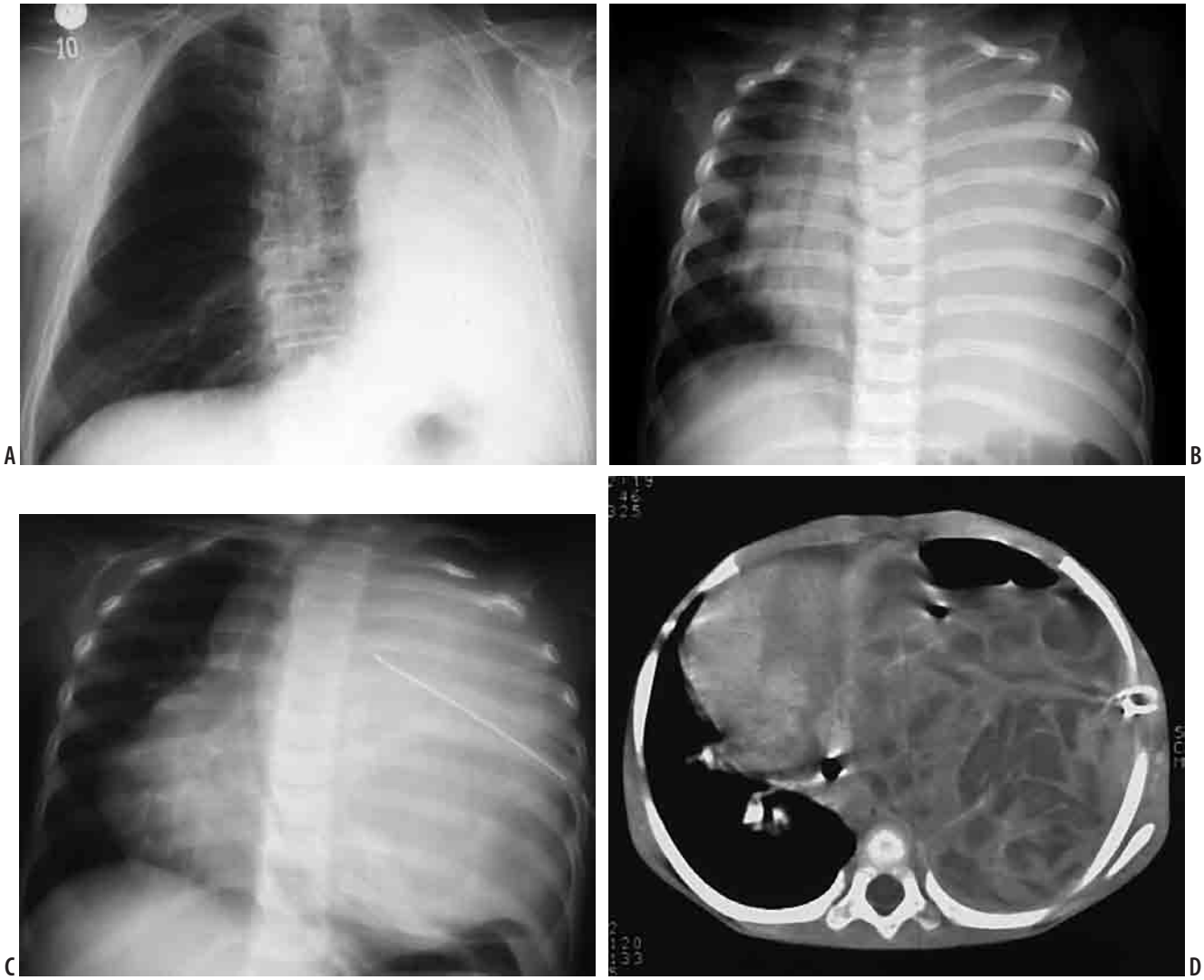
Arka-ön röntgenogramda *opak hemitoraks* şeklinde görülür (Resim 2.18). Bütün bir akciğer kollabe olursa yan rötgenogramda diğer akciğerin aşırı havalanması ile gizlenip gözden kaçabilir. Total akciğer kollapsı sol tarafta daha sıktır. Kollabe akciğer arkaya ve içe doğru yer değiştirir.

Opak hemitoraks görünümü yapan diğer nedenler tüm hemitoraksı dolduran plevral sıvı ve daha nadir görülmekle beraber, tüm lobları tutan pnömonik konsolidasyon veya tüm hemitoraksı dolduran kitledir.

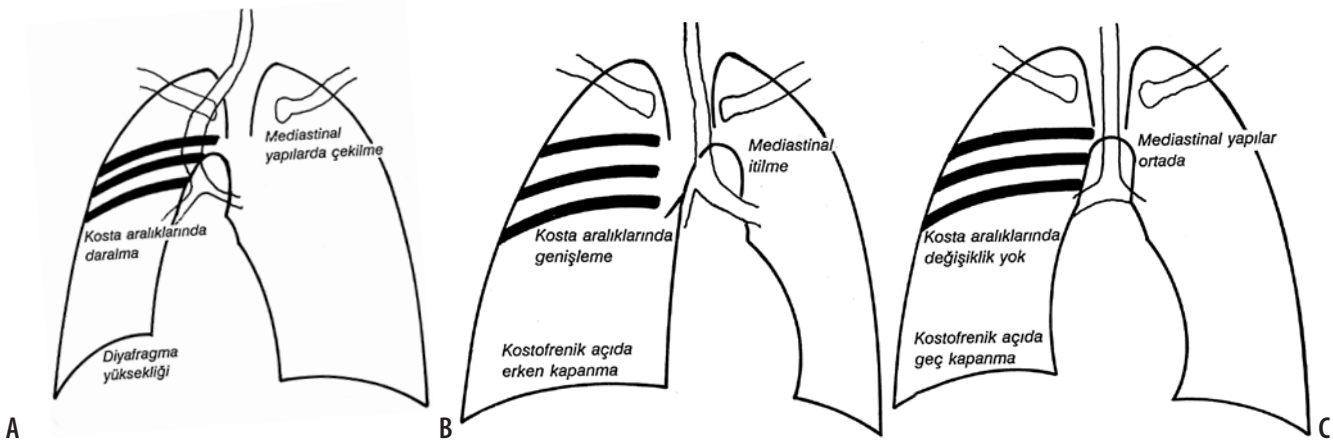
Total atelektazide ileri derecede hacim kaybına bağlı bulgular görülür. Bunlar kalp ve mediyastende tutulan tarafa yer değiştirme, kaburga aralıklarında daralma ve diyafragma yüksekliğidir (Şekil 2.5).

Tüm hemitoraksı opak hale getirecek miktardaki plevral sıvıda ise hacim kaybı değil, hacim artımı bulguları vardır. Buna bağlı olarak kalp ve mediyasten karşı tarafa doğru itilmiştir, kaburga aralıkları genişlemiştir ve diyafragma aşağı itilmiş ve hatta sıvı çok fazla ise tersine dönmüştür. Sıvı birikimi altındaki akciğeri kollabe eden bir nedenle birlikte ise hacim artımı bulguları görülmez. Belirgin plevral sıvı olmasına karşın mediyasten yapılarında yer değişikliğinin olmaması bronş obstrüksiyonunun bir bulgusudur ve genellikle karsinomayı düşündürür. Şiddetli fibrozda da benzer görünüm ortaya çıkar.

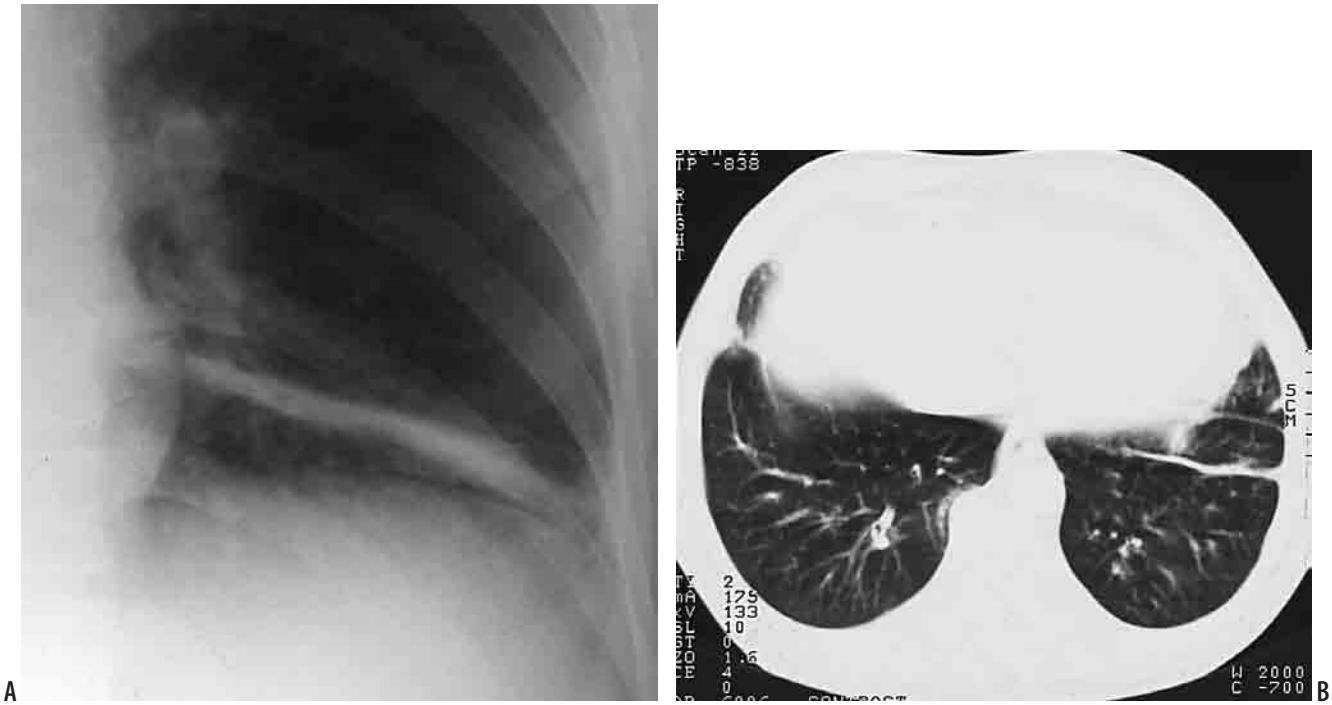
Total pnömoniye bağlı opak hemitoraksta ise hafif bir hacim artımı olabilir, ancak hacim kaybı ve hacim artımının radyolojik bulguları ortaya çıkmaz. Kostodiyafragmatik sinüste çok az da olsa havalanan bir akciğer kesiminin olması ayırt edici bulgusudur.



Resim 2.18 Opak hemitoraks nedenleri. A. Sol akciğerde total atelektazi. Kalp ve mediastinum sol akciğer içerisinde, atelektazik gölge içerisinde kaybolmuş. B. Plevral sıvı. Sol hemitoraksı tümüyle dolduran plevral sıvı kalp ve mediastinumu karşı tarafa itmiş. C. Plevral sıvıya benzer görünüm. Sol hemitoraksta plevral sıvı varlığı düşünülerek toraks tüpü konmuş. D. BT kesitinde toraksı dolduran kitle görülüyor. Göğüs röntgenogramında kostodiyafragmatik sinüse komşu küçük bir havalanan akciğer alanının varlığı uyarıcı bir bulgudur.



Şekil 2.5 Opak hemitoraks. A. Total kollaps, B. Plevral sıvı, C. Total konsolidasyon



Resim 2.19 Disk şeklinde atelektazi, A. Röntgen, B. BT görünümleri.

Segmental kollaps

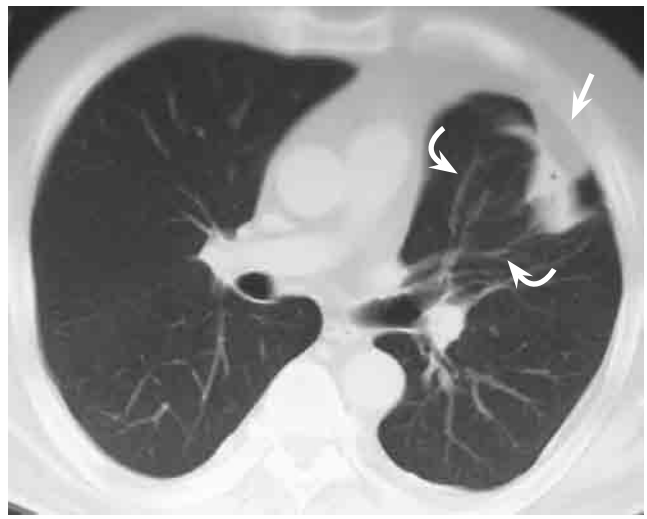
Bir veya birden fazla segment tutulabilir. Etyopatogenezi lobar kollapsa benzer. Kollabe kesimin hacmi loba göre çok küçük olduğundan ikincil kollaps bulguları görülmez. Yerleşimine göre siluet işareti pozitif olur. Loblardan farklı olarak segmentler arasında septa yoktur. Segment bronşunun obstrüksiyonunda, interalveoler kanallar ("Kohn" porları) ve distal bronşiyolleri alveollere bağlıyan kanallar ("Lambert" kanalları) aracılığı ile komşu akciğerden hava geçebilir ve dolayısıyla segment kollabe olmayabilir. Segmental kollaps en iyi BT ile gösterilir.

Subsegmental atelektazi

Tabak şeklinde ("plate-like") atelektazi, *disk şeklinde ("diskoid") atelektazi* ve tanımlayan radyoloğun adından dolayı *Fleischner çizgileri* de denir (Resim 2.19). Diyafragma hareketlerini engelleyen, abdominal cerrahi, büyük abdominal kitleler, genel anestezi, pulmoner emboli gibi nedenlere bağlı olarak bir grup alveolün kollabe olmasına bağlıdır. Alt zonlarda disk şeklinde bir tabakadır, 3-10 mm genişliğinde ve bir kaç santimetre uzunluğunda, genellikle horizontal olarak plevraya uzanan ince opak çizgiler şeklinde görülür.

Yuvarlak ("round") atelektazi

Alt lobların arka kesimlerinde görülür. Plevral tabanlı yuvarlak kitle görünümü verirler. Oturduğu plevra ile dar açı ile birleşir ve bu kesimde plevra kalınlaşmıştır. Çevre bronş-damar yapılarının atelektazik opasiteye doğru helikal bir seyirle uzandığı görülür (Resim 2.20). Atelektazik yuvarlak kitle görünümü ile ona



Resim 2.20 Yuvarlak atelektazi. BT kesitinde atelektaziye komşu plak şeklinde plevral kalınlaşma (ok) ve atelektazik kesim içerisine doğru uzanan distorsiyone bronkovasküler görünümler (kıvrık oklar).

kıvrılarak uzanan bronş-damar yapılarının görünümü *kuyruklu yıldıza* benzetilmiştir (*"comet sign")*. Kitle kontrast tutar, içerisinde hava bronkogramları görülür, çevre akciğer fazla havalanmıştır. Atelektazik segment gözlem altında iken büyümez.

Yuvarlak atelektazinin nedeni tam olarak bilinmez. Koyu proteinöz plevral sıvının plevrayı çekip katlamasıyla meydana geldiğine inanılır. Asbestoziste plevral plaklarla birlikte sık görülmesi bu tezi destekler.

ALVEOLER ÖRNEK

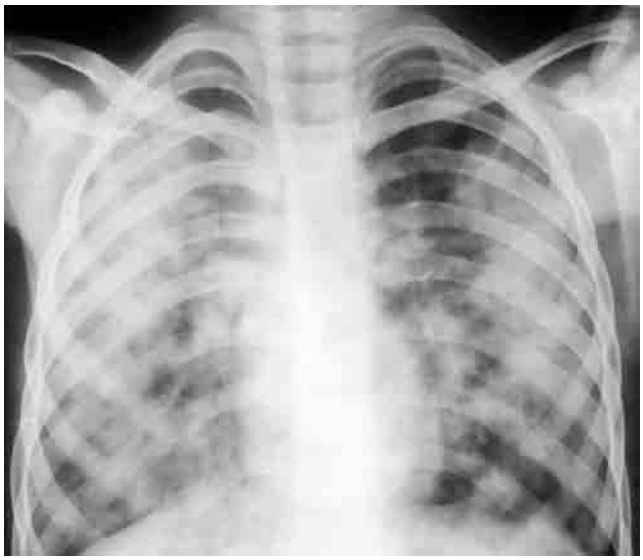
Bu tip akciğer lezyonlarında tutulan kesim alveollerdir; alveoller içerisindeki hava yerini sıvı ve/veya hücreye bırakır. Bu madde kan, transüda, eksüda veya neoplastik hücreler olabilir Radyolojik birimi 6-10 mm çapında sınırları iyi seçilemeyen opasitelerdir. Alveol dolumunu sınırlayan bir oluşum bulunmadığından ortaya çıkan opasitelerin kenarı keskin değil, tüylü görünümdedir (Resim 2.21). Bunlara interstisiyel nodülün karşılığı olarak *alveoler nodül* adı verilir. Lezyonlar birleşme eğilimindedir ve lobar veya segmental dağılım gösterirler. Hızlı gelişim, alveoler örneğin önemli bir özelliğidir.

Lobar veya segmental dağılım gösteren alveoler örneğin en sık nedeni pnömonik konsolidasyondur. Hastalık terminal hava yollarında asiner infiltrasyonla başlar ve çevrelerindeki sağlam asinuslara Kohn porları ve Lambert kanalları aracılığı ile yayılır. İnfiltrasyonun yayılımı düzensizdir ve arada kalan sağlam alveoller *hava alveologramı* görünümü verir. *Hava bronkogramı* karakteristik bulgusudur. Bu şekilde oluşan birleşme gittikçe homojenleşir, ancak konsolidasyonun kenarlarında alveoler nodüller ayrı ayrı seçilebilir.

Alveoler örnek yaygın şekilde de görülebilir. Yaygın alveoler örnek oluşturan nedenler Tablo 2.1'de sunulmuştur. En sık yaygın alveoler örnek oluşturan lezyon akciğer ödemidir. Akciğer ödemindeki perihiler *kelebek* veya *yarasa kanadı görünümü* yaygın alveoler, örneğin tipik örneğidir.

Akciğer ödeminin nedeni röntgene bakarak saptanamaz. Venöz konjesyon ve interstisiyel ödem bulguları akciğer ödemine eşlik eder; önemli bir özelliği hızlı seyir göstermesidir. En sık görülen kalp dışı nedenlerinden biri üremidir. Üremide oluşan pulmoner ödem görünümüne üremik akciğer adı verilir. Üremik akciğerde radyolojik görünüm kalp nedenli akciğer ödeminden daha yavaş değişim gösterir.

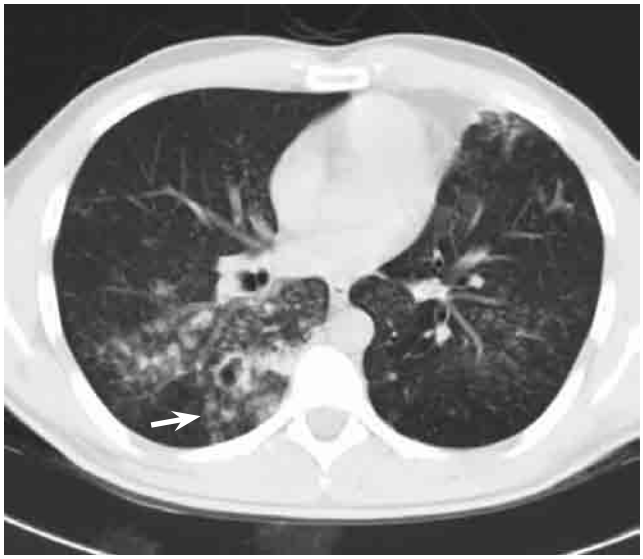
Yaygın alveoler örneğin diğer nedeni pulmoner kanamalardır. Pulmoner kanamalar bir kaç gün içerisinde rezorbe olur. İdiyopatik hemosideroz ve Goodpasture sendromunda tekrarlayan kanamalar vardır. Akut evresinde alveoler örnek gösteren kanama, kronik evrede interstisiyel örneğe dönüşür. Bu nedenle tekrarlayan kanamalarda interstisiyel ve alveoler örnek birlikte görülür.



Resim 2.21 Alveolar örnek. Pulmoner hemoraji

Tablo 2.1 Yaygın alveoler örnek nedenleri

Akut	Kronik
Sık	**Seyrek**
Pulmoner ödem	Sarkoidoz
Bazı tip pnömoniler	Tüberküloz, mantar hastalığı
Yeni doğanın respiratuar distresi (hiyalen membran, aspirasyon sendromu, geçici takipne)	Alveoler hücreli karsinom
	Lenfoma
	Alveoler proteinoz
Nadir	**Nadir**
Pulmoner hemoraji (travma, antikoagulan tedavi, idiyopatik hemosiderozis, Goodpasture sendromu)	Sprey pnömonisi
	Deskuamatif pnömoni
	Mineral yağ aspirasyonu
	Alveoler mikrolitiyaz
	Langerhans hücreli histiyostoz



Resim 2.22 Tüberkülozun transbronşiyal yayılımına bağlı alveoler örnek görünümleri (ok).

Erken evrede interstisiyel yapıda olan viral pnömoniler daha sonra alveoler forma geçebilirler. Yeni doğanda hiyalen membran hastalığı, aspirasyon sendromu ve geçici takipnede de alveoler örnek görülür. Alveoler örneğin diğer bir nedeni olan eozinofilik pnömonide, santral kesimlerin temiz, periferik akciğer alanları konsolidedir. Akciğer ödeminin tersi olan bu görünüme *tersine kelebek görünümü* denir.

Difüz alveoler örnek kronik hastalık bulgusu değildir; hastalığın genellikle başlangıcında veya alevlenme dönemlerinde ortaya çıkar. Alveoler örnek görünümleri verebilecek kronik hastalıklar, sarkoidoz, tüberküloz ve mantar enfeksiyonlarıdır. Sarkoidoz, tüberküloz ve mantar enfeksiyonları temelde interstisiyel formu daha çok görülen hastalıklardır. Ancak tüberküloz ve mantar enfeksiyonlarında vücudun direnci çok düşükse, alveoler örnek gelişebilir. Tüberkülozun transbronşiyal yayılımı alveoler örnek görünümleri yapar (Resim 2.22). Aspergilloz gibi fırsatçı enfeksiyonlar, bronşioloalveoler karsinom, lenfoma ve alveoler proteinozda da alveoler örnek görülür.

İNTERSTİSİYEL ÖRNEK

İnterstisiyum, akciğerin fonksiyon gören yapılarını taşıyan stromal dokusudur; bulunduğu yere göre 3'e ayrılır: 1) Santral (aksiyal) interstisiyum: Arter-bronş ikilisinin çevresini sararak sekonder pulmoner lobülün merkezine uzanır, 2) Periferal interstisiyum: Sekonder pulmoner lobülleri çevreleyerek interlobüler septaları yapar ve viseral plevranın altında uzanır (subplevral interstisiyum), 3) Parankimal (intralobüler) interstisiyum: Sekonder pulmoner lobülün içerisinde, alveolo-kapiller yatağı destekler.

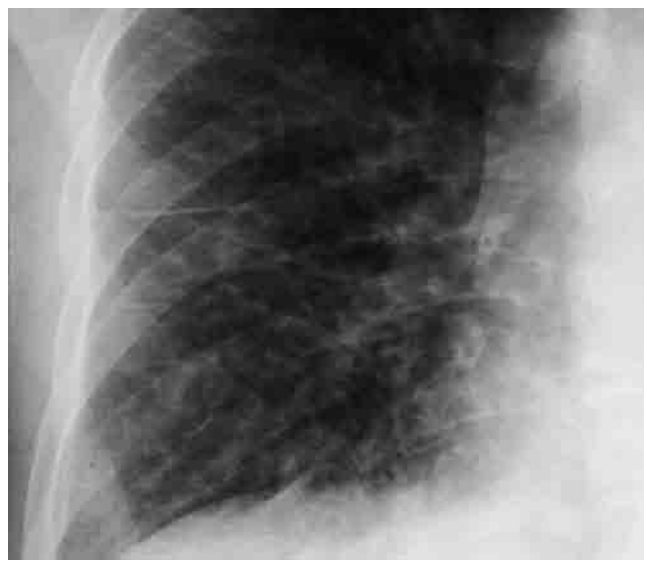
İnterstisiyel aralık, sıvı, kan, hücre (tümör ya da iltihap hücresi), partikül, fibroz doku ile dolarak belirginleşir. Sıvı artımı interstisiyel ödemi, kan hücre artıklarının birikimi hemosiderozu tümöral hücre artımı lenfanjitik karsinomatozu, partikül yüklenmesi pnömokonyozu, inflamatuar hücre artımı ve fibroz ise örneğin kollajen doku hastalıkları gibi birçok hastalığın interstisiyel tutulumunu temsil eder.

İnterstisiyel tutulumda alveoler örneğin tersine lezyonlar keskin kenarlıdır, birbirleriyle birleşme eğiliminde değildir ve görünümü yavaş değişir (Resim 2.23). Akut interstisiyel hastalıkta bile lezyonlar, semptomlar başladıktan en az bir hafta sonra ortaya çıkar. İnterstisiyel aralık düzgün, düzensiz ya da nodüler şekillerde kalınlaşır.

Röntgen görünümleri

Radyolojik görünüm tutulan interstisiyel bölmeye ve tutulum şekline göre değişir. Keskin kenarlı, opak küçük yapılardır ve oluşturdukları örneğe göre; retiküler, nodüler, retikülonodüler ve çizgisel olarak sınıflandırılır:

Retiküler örnek ince çizgilerin bir ağ görünmü verecek şekilde organizasyonudur. Genellikle akciğer difüz olarak tutulur. Ağ görünümü de çizgilerin arasında



Resim 2.23 İnterstisiyel örnek. Lenfanjitis karsinomatoza (mide kanseri metastazı).

kalan alanın boyutuna göre ince, orta ve kaba retiküler olarak sınıflandırılır.

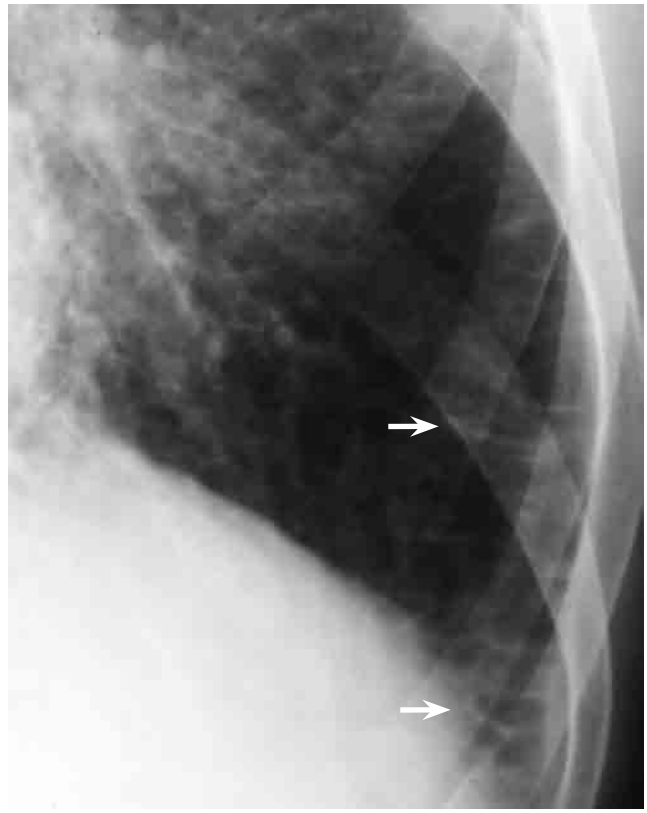
Nodüler örnekte interstisiyumda küçük sferik opasiteler görülür. Alveoler nodülün tersine interstisiyel nodüller homojen, eşit boyutlu, keskin kenarlı ve normal havalanmış alveollerle çevrilidirler. Damarların ve komşu yapıların kenarlarını silerler. Hava bronkogramı ya da alveologramı görülmez. Sarkoidoz, TB, eozinofilik granülom, pnömokonyoz, metastaz ve amiloidozda görülürler. Nodüler örnek, nodüllerin boyutuna göre mikronodüler ve nodüler olarak ayrılır. Mikronodüler örnek, uniform bir dağılım gösterirse granülomatöz bir olayı, özellikle tüberkülozu düşündürür; uniform olmayan dağılımda metastaz önce düşünülmelidir. Nodüler örnek ise genellikle metastazları temsil eder.

Retikülonodüler örnek ağ ve nodül görünümünün birlikte bulunmasına verilen isimdir. İnterstisiyel hastalıkların en sık karşılaştığımız radyolojik görünüm örneği olmasına rağmen, aslında sadece silikoz, sarkoidoz ve lenfanjitik karsinomatozun mikroskopik görünümü bu tanıma uyar. Bu örnekte genellikle aksiyal ve periferal interstisiyum birlikte tutulur.

Çizgisel örnek, birbiriyle çaprazlaşmayan ince çizgilenmeler şeklindedir. Aksiyal veya periferal interstisiyum tutulabilir. Asiyel interstisiyumun tutulumunda bronş-damar demeti kalınlaşır, damarların kenarları net seçilemez ve bronş duvarının kalınlığı artar (*peribronkovasküler kılıflanma*). Uzunlamasına çizgilenmelerde artma veya enine kesitlerinde bronş duvar kalınlığında artma şeklinde görülür.

Periferal interstisiyum tutulumunun tipik örneği *Kerley çizgileri*dir. İnterlobuler septaların kalınlaşmasını temsil eden bu çizgiler en iyi akciğerin alt kesimlerinde, kostodiyafragmatik sinüse komşu yerleşimde, 1-2 cm uzunluğunda birbirine paralel ince çizgiler şeklinde görülür. Bunlara *Kerley-B çizgileri* adı verilir (Resim 2.24). Akciğerin orta kesimlerindeki interlobüler septa kalınlaşmaları poligonal şekillidir. Bunların kırık çizgiler şeklindeki röntgen görünümlerine *Kerley C çizgileri* denir. *Kerley A çizgileri* ise interlobüler septaları santral aksiyel interstisiyuma bağlayan anatastomotik interstisiyel kanalların belirginleşmesidir ve hilusa doğru yönelmiş 2-6 cm uzunluğunda, sıklıkla açılanma gösteren çizgiler şeklindedirler. Akciğerlerin alt yarısında daha çok görülürler ve sayıları B çizgilerinden daha azdır.

Akciğer ödeminin her şeklinde Kerley çizgileri görülür. Kerley çizgileri daha çok venöz dönüşü zorlaştıran kalp hastalıklarında ortaya çıkar; ancak yetmezlik dışı nedenlerde Kerley-A çizgileri daha sıktır.



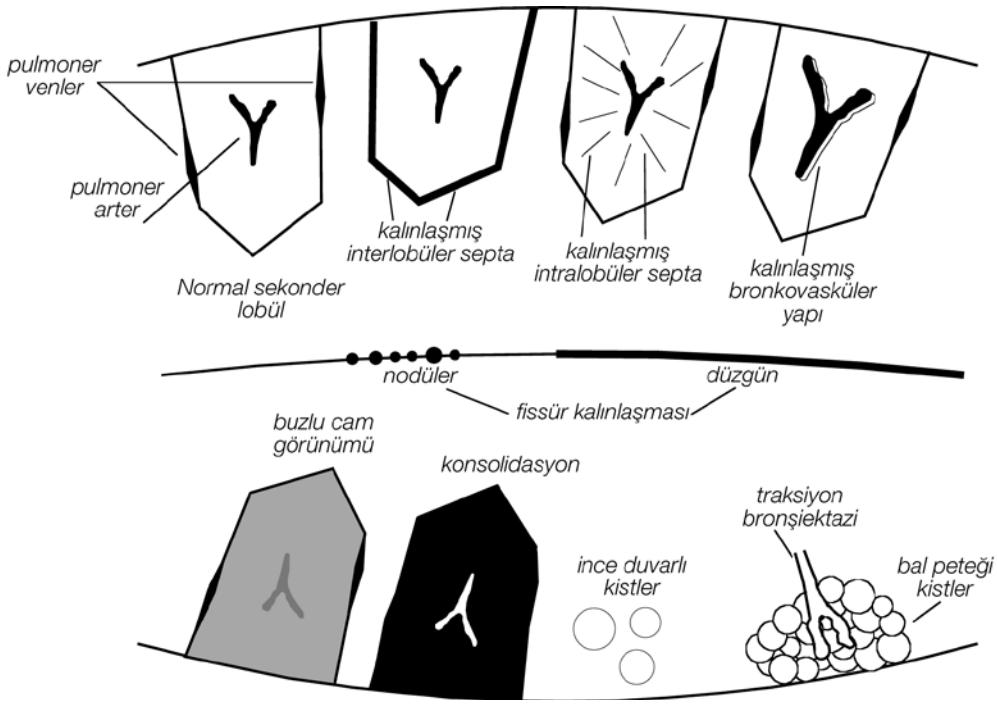
Resim 2.24 Kerley-B çizgileri. Plevraya dik, birbirine paralel ince çizgiler (oklar).

Kardiyak nedenli ödemde Kerley-A çizgilerinin daha az görülmesi muhtemelen pulmoner ödemin hızlı gelişmesine veya venöz basıncın çok yüksek olmasına bağlıdır.

YÇBT görünümleri

Normalde interlobüler septaların bazıları akciğer periferinde, önde ve mediyastinal yüzeyde, yüzeye dik gelen saç kılı gibi ince çizgiler şeklinde seçilebilirler. Lobüllerin merkezindeki arteriyel yapı, plevral yüzeyden 5-10 mm içeride, V veya Y şekilli çok küçük opasiteler olarak izlenebilir. Birlikte olan sentrilobüler bronşlar ancak plevradan 3 cm içeride görülebilir. Pulmoner venler viseral plevradan 2 cm kadar iç kesimde nokta veya ince çizgi şeklinde seçilebilir ve bulunduğu kesim interlobüler septayı gösterir. Peribronşiyal, sentrilobüler ve intralobüler interstisiyel yapı normal olgularda görülmez.

İnterstisiyel tutulum YÇBT ile daha ayrıntılı görüntülenir. Tutulumun ayrıntıları ayırıcı tanı listesini kısaltarak tanıya önemli katkı sağlar. İnterstisiyel tutulumun oluşturduğu bu tipik görünümler aşağıda özetlenmiştir. (Şekil 2.6)



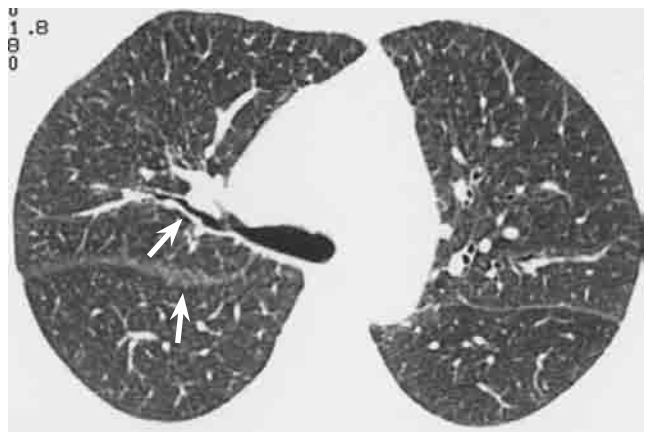
Şekil 2.6 İnterstisiyel hastalıkların YÇBT görünümleri

İnterlobüler septal çizgiler: Lobülleri çevreleyen ve normalde de bazen bir kaçının seçilebildiği septal çizgiler, öncelikle interlobüler interstisiyumu tutan, örneğin interstisiyel pulmoner ödem, idyopatik pulmoner fibroz, lenfanjitik karsinomatoz viral ve atipik bakteriyel pnömoni gibi hastalıklarda görülür hale gelir (Resim 2.25). İnterstisiyel başlayan viral pnömoniler alveoler şekle dönüşebilir. Lenfanjitik yayılımda kalınlaşmanın nodüler yapısı tipiktir ve bu görünüme *boncuk dizisi septum işareti* ("*beaded septum sign*") adı verilir (Resim 2.26).

İntralobüler çizgiler: İntralobüler (parankimal) interstisiyum kalınlaşır. Lobülün merkezinden periferine doğru uzanan çok ince çizgiler şeklinde görülebilir. Bu görünüm *örümcek ağına* benzetilmiştir



Resim 2.25 Lenfanjitik yayılımda interlobüler septaların kalınlaşmasına bağlı poligonal görünümler (oklar).



Resim 2.26 Boncuk dizisi septum işareti. İnterlobüler fissürlerde ve bronş çevrelerinde nodüler kalınlaşmalar (oklar).



Resim 2.27 İntralobüler (parankimal) intertisiyum kalınlaşması. Örümcek ağı görünümü.

(Resim 2.27). Bu tutulum genellikle fibrozu gösterir ve en sık idyopatik interstisiyel fibrozda ve interstisiyel pnömoninin diğer şekillerinde görülür. Pulmoner alveoler proteinoz gibi infiltratif hastalıklarda da görülebilir.

Fissürlerde kalınlaşma: Genellikle interlobüler septa tutulumunun doğrudan subplevral interstisiyuma yayılmasına bağlıdır. Tüm subplevral alan eşit tutulur; ancak iki subplevral alanının sırt sırta gelmesi ile daha belirgin görülür. Kalınlaşma düzgün veya nodüler olabilir. Düzgün kalınlaşma fissürler içerisindeki minimal sıvı birikiminden ayrılamaz ve en sık nedeni interstisiyel ödemdir. Nodüler kalınlaşma ise en sık sarkoidoz ve lenfanjitik karsinomatozda görülür.

Bronş-damar yapılarında kalınlaşma: Santral (aksiyal) interstisiyumun kalınlaşmasına bağlıdır (Resim 2.28). Peribronkovasküler kılıflanma şeklinde görülür. Damarların kenar netliği kaybolur, bronş duvarı kalınlaşır. Bu kalınlaşma interstisiyel ödemde düzgün, sarkoidozda nodüler, lenfanjitik karsinomatozda ise her iki şekilde olabilir.

Sentrilobüler belirginleşme: Aksiyal (peribronşdamar) interstisiyumun lobül içindeki kesiminin kalınlaşması, lobülün merkezinde nokta, Y veya V şekillerinde yoğunluk artımına neden olur. Bu görünümün en sık nedenleri pulmoner ödem, lenfanjitik karsinomatoz ve interstisiyel pnömonidir. Normalde lobülün merkezindeki bronşiyol görülmez, ancak genişler veya sentrilobüler interstisiyum kalınlaşırsa görülür hale gelir. Küçük hava yolu tutulmalarında bu bronşiyal yapı Y şekilli sıvı dolu genişlemiş dallanmalar şeklinde görülür. Bu görünüm *tomurcuklanmış ağaca* benzetilmiştir (Resim 2.29). Sekonder pulmoner lobüllerin merkezindeki sınırları seçilemeyen nodül görünümleri bronşiollerin ve çevresindeki parankimin tutulduğunu gösterir ve subakut hipersensitivite pnömonisi ve kriptojenik organize pnömoni gibi hastalıklarda görülür.

Subplevral çizgiler: Plevradan 1 cm içerde, plevraya paralel seyreden 1-2 mm kalınlığında ve 5-10 cm uzunluğunda çizgilerdir (Resim 2.30). Alt lobların arka kesimlerinde görülürler. Subplevral çizgi en sık asbestoziste daha az sıklıkta idyopatik pulmoner fibrozda görülür. Normal olgularda akciğerin aşağıda kalan bölgelerindeki geçici atelektazilere bağlı benzer görünümlerden ayırmak için yüzüstü pozisyonda kesit alınır. Subplevral çizgiler bu pozisyonda değişmez, geçici atelektazi ise düzelir.

Parankimal bantlar: Plevraya dayanan 2-5 cm uzunluğunda ince çizgilerdir. Dallanma ve incelme göstermezler. Bulundukları kesimde akciğer distorsiyonedir (Resim 2.31). Asbestoz, idyopatik fibroz ve sarkoidozda görülür.



Resim 2.28 Peribronkovasküler interstisiyum kalınlaşması (oklar). Mide tümöründe lenfanjitik yayılım. Hiler LAM ve bronkovasküler demet çevresinde perifere uzanan düzensiz kalınlaşma.



Resim 2.29 Aksiyel interstisiyumun lobül içindeki kesiminin kalınlaşması. Tomurcuklanmış ağaç görünümü (oklar).



Resim 2.30 Subplevral çizgiler (oklar). Geçici atelektazilerden ayırmak için yüzüstü pozisyonda kesit alınmıştır.

Balpeteği görünümü: Fibroz ve kistik oluşumların yaptığı görünüme *bal peteği* (“*honeycomb”*) *akciğer* adı verilir. Kistik lezyonlar 6-10 mm büyüklüğünde oval, yuvarlak veya düzensiz şekillidirler ve aynı olguda uniformite gösterirler (Resim 2.32). Yerel veya yaygın olabilirler; en sık alt lobların arka subplevral kesimlerinde yerleşirler. Kistler patolojik olarak bir bronşiolektazidir ve iç yüzleri bronşioler epitelle kaplıdır. Akciğerlerin yapısı bozulmuştur, sekonder pulmoner lobüller seçilemez.

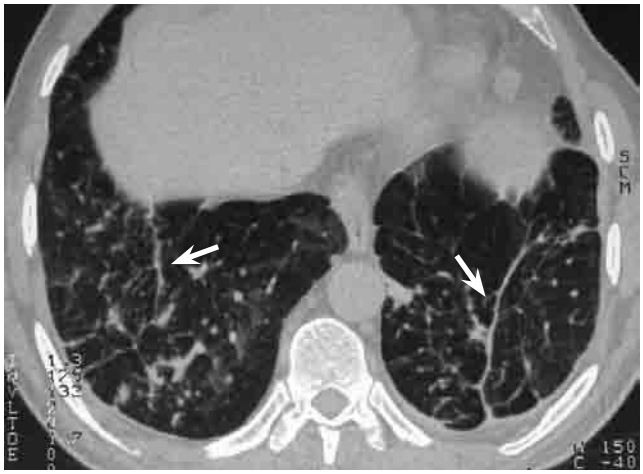
Değişik etyolojili interstisiyel hastalıkların son dönem fibrozunu temsil eder. İdiyopatik interstisiyel fibroz, eozinofilik granüloma (üst zonlarda), skleroderma (alt zonlarda), romatoid artrit (%1 olguda), sarkoidoz ve pnömokonyoz bal peteği akciğer görünümü oluşturan nedenlerdir. Bal peteği akciğer görünümü her hastalıkta aynıdır, görünümü ile ayırıcı tanı



Resim 2.32 Yaygın fibroza bağlı bal peteği görünümü (oklar). İnterstisiyel fibroz. Traksiyon bronşektazisi (kıvrık ok).

yapılamaz; ancak neden olan interstisiyel hastalığın akciğerin diğer kesimlerindeki bulguları yol göstericidir. Bal peteği akciğerin sık görülen komplikasyonu pnömotorakstır.

İnce duvarlı kistler: Eozinofilik granülomun akciğer tutulumunun geç evrelerinde ve lenfanjiyoleiyomiyomatozda görülür. 10 mm büyüklüğünde, ince duvarlı ve eşit boyutlarda kistlerdir (Resim 2.33). Balpeteği akciğerde kistler duvar duvara dayanır. İnce duvarlı kistler ise birbiriyle ilişkili değildir ve



Resim 2.31 Parankimal bantlar (oklar). Çevre akciğer işaretlerinin distorsiyone olduğu görülüyor.



Resim 2.33 Eozinofilik granülomda ince duvarlı kistler (oklar).

akciğerde özel bir yerleşim yeri göstermeden dağınık olarak bulunurlar; birlikte traksiyon bronşektazisi ve benzer yoğun fibroz bulguları görülmez.

Akciğer yüzeylerinde düzensizlik: Normal akciğerde bronş-damar demetin yüzeyi düzgündür. Benzer şekilde plevranın ve fissürlerin yüzeyleri de düzgün görülür. İnterstisiyel tutulumda bu yüzeyler çok ince, testere dişi gibi düzensizleşir. Bu görünüme *arayüz işareti ("interface sign")* denir (Resim 2.34). İnterstisiyel hastalıkların en erken ve en sık saptanan bulgusudur. Bu evrede göğüs röntgenogramları normaldir. En sık pulmoner ödem, idiyopatik pulmoner fibroz ve sarkoidozda görülür.

Mikronodüller: 1-3 mm boyutlarında, keskin kenarlı opasitelerdir (Resim 2.35). Granülomların veya tümör hücrelerinin interstisiyumda birikimiyle ortaya çıkar. Sarkoidoz, eozinofilik granülom, silikoz, miliyer TB, metastatik adenokarsinom ve lenfanjitik karsinomatozda sık görülür. Nodüllerin bronş-damar demeti, interlobüler septa ve subplevral kesimdeki dağılımına, lenfatik kanallar bu bölgelerde bulunduğu için, *perilenfatik dağılım* adı verilir. Mikronodüller, ince BT kesitlerinde damarların enine kesitleri ile karıştırılabilir; kalın kesitler bu ayırımda yardımcıdır.

Kalsiyum veya ağır metal içeren mikronodüller daha küçük boyutlarda iken görülebilirler. Bu grup içerisinde stannoz ve baritoz gibi atom ağırlığı yüksek pnömokonyozlar, alveoler mikrolitiyaz ve eskiden yapılan lenfanjiyografide kullanılan yağlı kontrast madde embolisi sayılabilir.



Resim 2.35 Miliyer TB'de interstisiyel nodül. Akciğerlerde yaygın keskin sınırlı üniform nodüller görülüyor.

Buzlu cam görünümü: Alveoler septa tutulumunu (parankimal interstisiyum) veya alveollerin tam olmayan dolumunu temsil eden bu görünüm erken interstisiyel veya hava aralığı tutulumunu gösterir. Akciğerlerin yoğunluğu bölgesel olarak *bulutlanma şeklinde* artmıştır (Resim 2.36). Bulutlanma çevre vasküler yapıların kenarlarını silmez ve hava bronkogramı görülmez. Bulutlanan alanın içerisindeki



Resim 2.34 Asbestoziste arayüz işareti ve subplevral çizgiler (oklar). İnceleme pron pozisyonda yapılmıştır. Mediyastinal ve visseral plevrada ve interlober fissürlerde düzensizlik ve kalınlaşmalar. Sağda daha belirgin olmak üzere akciğerin arkalarında subplevral çizgiler görülüyor.



Resim 2.36 Buzlu cam görünümü. Konjestif kalp yetmezliği.

akciğer işaretlerinin görülmesi nedeniyle görünüm buzlu cama benzetilmiştir. Tutulan lobüllerin arasında sağlam lobüllerin bulunması, yamalı bir görünüm verir. Hastalıkların aktif ve tedavi edilebilir dönemini gösterdiği için tanısı önemlidir.

Deskuamatif interstisiyel pnömonide, pnömosistitis jiroveci pnömonisinde, akut hipersensitivite pnömonisinde, non-spesifik interstisiyel pnömonide ve interstisiyel ödemde görülür. Birlikte balpeteği akciğer görünümü varsa, buzlucam görünümü mikroskopik seviyedeki fibrozu temsil edebilir.

Yapısal distorsiyon ve traksiyon bronşektazisi: Yaygın ve belirgin fibroz sonucu normal akciğer yapıları eğilip bükülür ve vasküler, plevral ve mediyasten yüzeylerinde düzensizlikler ortaya çıkar. Fibroza bağlı çekilmeler sonucu kartilaj dokusunun az olduğu segmental ve subsegmental bronşlarda düzensiz genişlemeler görülür. Bu değişikliklere *traksiyon bronşektazisi* adı verilir. Genellikle segmental ve subsegmental bronşlar tutulur. İntralobüler seviyedeki tutulum balpeteği akciğer görünümünün ortaya çıkmasına katkı yapar. Traksiyon bronşektazisi en sık idiyopatik pulmoner fibrozda ve interstisiyel pnömoninin diğer şekillerinde görülür. Uzun süren sarkoidozda da görülebilir.

Konglomere kitleler: Fokal fibrotik doku kitleleridir. Üst lobların parahiler kesimlerinde görülür. Genellikle büllerle çevrelenmişlerdir. Bu kitleler, bir araya toplanmış damarlar ve genişlemiş bronşlardan oluşur. En sık son dönem sarkoidozda görülür. Komplike silikozda görülen şekline *progresif masif fibroz* adı verilir. Radyasyon fibrozu da benzer görünüme neden olabilir.

İnterstisiyel tutulumda ayırıcı tanı

Difüz akciğer hastalıklarının ayırıcı tanısında lezyonların tuttuğu kesimler önemlidir. Tutulan interstisiyel bölüme göre, difüz akciğer hastalıkları santral, parankimal ve periferik olmak üzere 3 gruba ayrılır: 1) Santral dağılım (aksiyal interstisiyum tutulumu): Lenfanjitik yayılım, sarkoidoz, lenfoma, 2) Parankimal dağılım (alveoler septal interstisiyum tutulumu): Lenfanjitik yayılım, sarkoidoz, silikoz, ekstrensek alerjik alveolit, nörofibromatoz, vaskülit, ilaç toksisitesi (bleomycin, nitrofrontain), 3) Periferik dağılım (interlobüler septa ve subplevral interstisiyum tutulumu): Lenfajitik yayılım, sarkoidoz, idiyopatik pulmoner fibroz, romatoid akciğer, skleroderma.

Tutulan akciğer kesimi de tanıda önemlidir. Bu açıdan lezyonların üst/alt ve ön/arka dağılımına bakılır. Eozinofilik granülom, sarkoidoz, silikoz daha çok üst kesimi tutar. İdiyopatik pulmoner fibroz, kollajen vasküler hastalıklar, skleroderma ve asbestoz alt kesimi, asbestoz, silikoz ve pulmoner ödem ise daha çok akciğerin arka kesimlerini tutar.

SOLİTER PULMONER NODÜL (SPN)

Boyutu 3 cm'den küçük olan, düzgün kenarlı ve küresel şekilli tek akciğer lezyonuna SPN adı verilir. Neden sıklık sırasına göre periferik tip akciğer karsinomu, metastaz, granülom ve hamartomdur. Ülkemizde en sık görülen granülom tüberkülomdur. ABD'nde bazı bölgelerde endemik olan histoplazmoz, ülkemizde görülmez. Tüberkülomun çevresinde yaklaşık %80 olguda tüberküloza bağlı değişiklikler vardır. Hamartom yağ ve tipik kalsifikasyon (% 30) içerir, 4. ve 5. dekadda sık görülür ve SPN'lerin yaklaşık % 5'ini oluşturur. Kalsifiye bir hamartomda kural olarak yağ da bulunmalıdır. Akciğer metastazlarının yaklaşık %25'i soliterdir. Karsinoid tümör, A-V malformasyon, hematom, bronkojenik kist ve bazen SPN şeklinde görülür. Periferik pulmoner arter anevrizmaları da SPN görünümü verebilirler; floroskopide pulsatil olmaları ile tanı konur.

BT'nin yaygın kullanımı sonucu SPN ile gittikçe daha sık karşılaşılmaktadır. BT ile akciğerde 3 mm çapındaki lezyonlar saptanır. Yoğunluğu yüksek daha küçük nodüller de saptanabilir. YÇBT ve çok ince kesitli ÇKBT ile 1-3 mm boyutlarındaki lezyonlar görülebilir. SPN olduğu düşünülen bir olguda sırasıyla şu soruların cevapları aranmalıdır: 1) Görünüm gerçek bir nodül mü, ya da artefakt mıdır? 2) Gördüğümüz nodül gerçekten soliter midir? Çoğu olguda iki yönlü göğüs röntgenogramlarında kalp ve diyafragma gölgeleri arkasında kalan daha küçük başka nodüller mevcuttur. Bazen başka nodül olup olmadığına karar vermek için BT gerekebilir. Benzer şekil ve boyutta olan birden fazla nodül, ya metastaz ya da granülomdur ve radyolojik değerlendirme yöntemi SPN'den tümüyle farklıdır. 3) Lezyon akciğer içerisinde midir? Akciğer içerisindeki lezyonlar iki yönlü röntgenogramlarda daima havalı akciğer dokusu ile sarılıdırlar. Deri ve göğüs duvarı lezyonları akciğer içerisinde imiş gibi görülebilir. 4) Görülen lezyon bir nodül müdür? Nodül 4-30 mm çapında küresel bir opasitedir. Daha büyük boyutlu lezyonlar kitle olarak değerlendirilir ve 35 yaş üstünde çoğu olguda neden bronş karsinomudur.

Bu soruları cevaplayıp lezyonun gerçek bir SPN olduğuna karar verdikten sonra yapılması gereken iş nodülün gerçekten benign ya da şüpheli malign olup

olmadığına karar vermektir. Bu amaçla hastanın kliniği, lezyonun büyüme hızı, boyutu, kenar özellikleri, dansitesi, kontrast tutması ve olanak varsa FDG PET ile metabolizması değerlendirilir.

Klinik özellikleri

Klinik olarak en önemli belirleyici yaştır. 35 yaşın altındaki sigara içmeyen ve bilinen bir malignitesi olmayan olgulardaki nodüller benign kabul edilerek göğüs röntgenogramlarıyla büyüme hızı izlenebilir. 35 yaşın üzerinde ve sigara içen bir olguda görülen bir nodülün malign olasılığı yüksektir ve tipik kalsifikasyon veya yağ gibi benign ölçütler taşımıyorsa ya da en az iki yıl önceki röntgenogramları ile karşılaştırmada büyüme saptanmaması gibi bir veri yoksa doku tanısı elde edilmelidir. Toraks dışı malignitesi olan olgularda SPN'nin soliter bir metastazı temsil etme olasılığı vardır. Lezyon gerçekten soliterse cerrahi yönden brokojenik kanserden bir farkı yoktur, çıkarılabilir. Bilinen bir malignitesi olan olguda SPN 2 yıl sonra ortaya çıkmışsa genellikle primer olarak kabul edilir. Meme kanseri ve melanom bu kuralın dışındadır.

Büyüme hızı

Büyüme hızı *ikiye katlanma süresi ("doubling time")* ile değerlendirilir. SPN küresel bir lezyon olduğundan çapındaki % 25 oranındaki artış lezyonun hacmen ikiye katlandığını gösterir. Bir lezyonun ikiye katlanma süresinin çok kısa (< 1 ay) ve çok uzun (> 2 yıl) olması benignite işaretidir. Bu kuralın bazı istisnaları vardır. Örneğin büyük hücreli karsinomun bir alt grubu olan dev hücreli karsinom ve blastomda süre kısa, bazı adenokanserlerde ve karsinoidlerde de uzun olabilir. 35 yaş üzerindeki olgularda, kalsifiye olmayan SPN'lerde ikiye katlanma süresi için beklenmez, varsa iki yıl önceki radyogramları bu açıdan değerlendirilir. İzlem ancak çok kuvvetli benign karakter taşıyan lezyonlarda ya da invaziv tanısal bir işlemi tolere edemeyecek olgularda, ince BT kesitleri ile 3-6, 12 ve 24 ay ara ile yapılır.

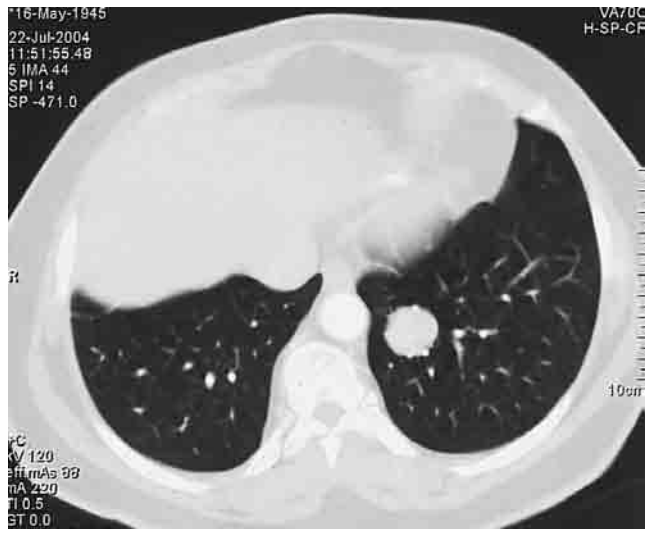
Boyut

Boyut benign/malign ayırımında güvenilir bir ölçüt değildir. Bununla birlikte lezyon ne kadar büyükse malignite olasılığı o kadar artar. Çapı 4 cm'i aşan lezyonlar malign kabul edilir, ancak tersi doğru değildir; birçok kanser olgusu saptandığında 2 cm'den küçüktür.

Kenar özelliği

Kenar özelliği en iyi ince BT kesitleri ile belirlenir. Kenar özelliğinin benign-malign ayırımında özgüllüğü düşüktür. Küresel düzgün bir kenar benignite işaretidir, ancak karsinoid tümör, adenokarsinom ve soliter metastazlar bu şekilde görülebilir (Resim 2.37). Küresel yapıda *çentik* ya da *lobülasyon* görülmesi malig-


A



B

Resim 2.37 Sol akciğer alt lobda karsinoid tümör. A. Göğüs röntgenogramında ve B. BT'de düzgün kenarlı SPN görünümü.



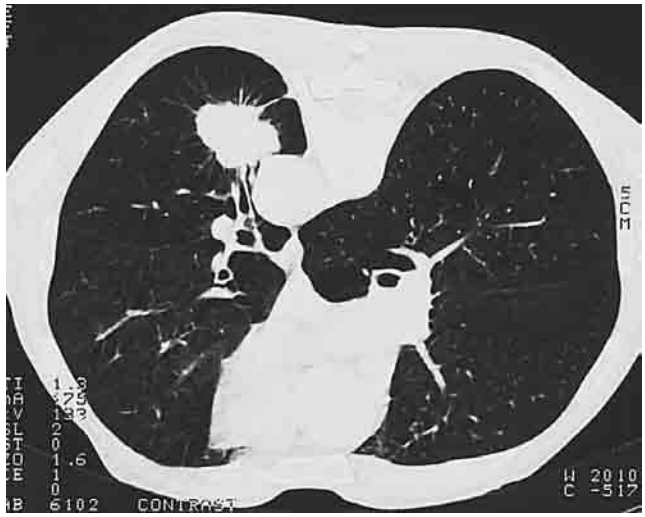
Resim 2.38 Periferik tip akciğer kanserinde lobülasyon.

niteyi düşündürür. Lobülasyon, tümörün kenarındaki bölgesel büyümeye ait tümsektir (Resim 2.38).

Işınsal kenar malignite işaretedir (Resim 2.39). *Korona radiata* adı verilen bu görünümün, mikroskopik incelemede malign tümörün oluşturduğu fibrozun çevre interlobüler septaları lezyon içine doğru çekmesi ile



Resim 2.39 Periferik tipte akciğer tümöründe ışınsal kenar.



Resim 2.40 Periferik tip akciğer kanserinde spiküler kenar ve plevral kuyruk.

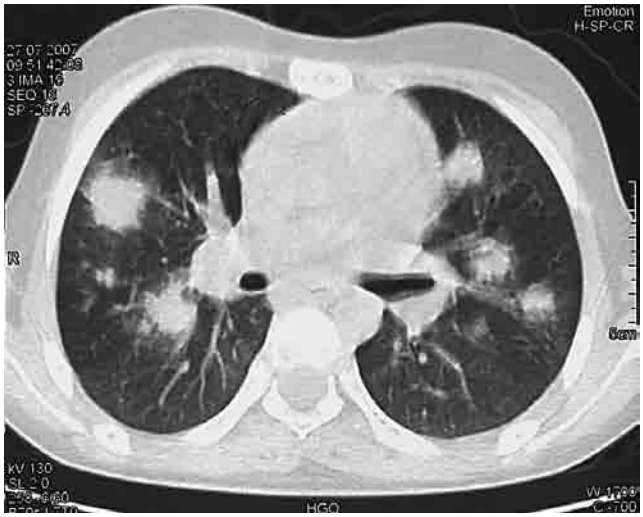
meydana geldiği görülür. Bu nedenle görünüm malign tümörlere has değildir, sikatrizasyon oluşturan benign tümörlerde de görülür. Işınsal kenar özelliği gösteren benign lezyonlar lipoid pnömoni, organize pnömoni, tüberkülom ve komplike silikozda görülen progressif masif fibrozdur.

Viseral plevraya yakın yerleşimli periferik lezyonlar korona radiataya benzer mekanizma ile plevrayı içeri doğru çeker. Lezyondan plevraya uzanan ince bir çizgi şeklindeki bu yapıya *plevral kuyruk* adı verilir (Resim 2.40). Malignite bulgusu olan ve özellikle bronşioloalveoler karsinomda görülen bu görünüm ayırt edici bir bulgu değildir ve yaklaşık 1/3 oranında benign lezyonlarda da görülür.

SPN'yi çevreleyen *buzlu cam halosu* immün sistemi baskılanmış nötropenik hastalarda invaziv aspergilozi düşündürmelidir (Resim 2.41). Halonun nedeni kanamadır. SPN'nin çevresinde küçük *satellit nodüllerin* varlığı lezyonun benign olduğunu kuvvetle düşündüren bir bulgudur (Resim 2.42). Bu bulgu genellikle TB gibi granülomatöz enfeksiyonlara eşlik eder. Bir lezyona giren ve çıkan damarların varlığı ise AVM yönünden çok anlamlıdır.

Dansite

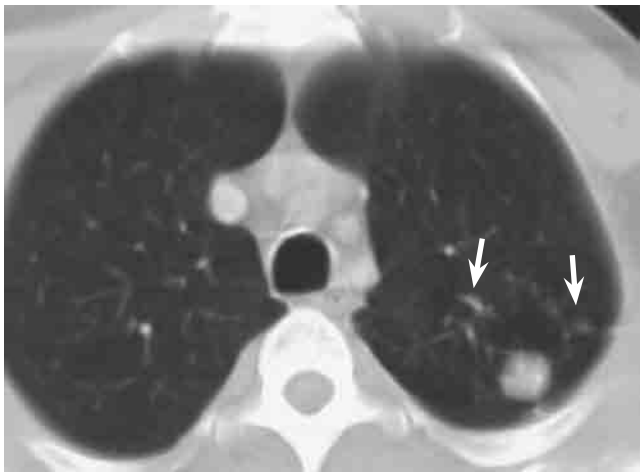
Dansite, SPN'lerin benign-şüpheli malign ayırımında en önemli ölçüttür. Bir SPN içerisinde yağ görülmesi pulmoner hamartom tanısı koydurur. Genel olarak kalsifiye lezyonların benign olduğu kabul edilir. Tümüyle kalsifiye veya merkezi kalsifiye bir nodül TB gibi iyi-



Resim 2.41 Aspergillozise ait nodüllerin çevrelerindeki buzlu cam şeklinde halo görünümleri.

leşmiş bir granülomu düşündürür. Lezyonu çepeçevre saran veya tabakalı olan kalsifikasyonlar da granülomlarda görülür ve malign olasılığını azaltır. Patlamış mısır gibi kalsifikasyon hamartom için tipiktir.

Malign lezyonlarda da kalsifikasyon görülebilir. Musin veya psammoma cisimcikleri yapan adenokarsinomlar mikroskopik seviyede, radyolojik olarak çok silik görülebilen noktalı kalsifikasyon içerirler. Malign nodüllerin yaklaşık % 10'unda BT'de kalsifikasyon saptanır. Malign lezyonların kalsifikasyon göstermelerinin bir nedeni de daha önce kalsifikasyon bulunan bir alanı içlerine almalarıdır (Resim 2.43). Özellikle sekel tümörlerinde görülen kalsifikasyonların bu mekanizma ile meydana geldiğine inanılır. Osteosarkom ve kondrosarkomun soliter metastazları da kalsiyum içerebilir.



Resim 2.42 Tüberkülom. Düzgün kenarlı kalsifiye nodül çevresinde tüberküloza bağlı fibrotik değişiklikler (oklar).



Resim 2.43 Sağ paravertebral lokalizasyonda periferik tip akciğer tümörü. Tümöre komşu akciğer dokusunda kalsifikasyon görülüyor.

İçerisinde hava bronkogramı ve/veya alveologramı bulunan ve dansitesi solid ve buzlu cam görünümünün karışımı şeklinde olan bir SPN, bronşioloalveoler tip adenokarsinom açısından çok şüphelidir. Böyle bir lezyon diğer malignite ölçütlerinin hiçbirisini göstermese de aksi isbat edilinceye kadar malign kabul edilmelidir.

Kontrast madde tutma özelliği

Kontrast madde verilmesinden sonra 2 dakika içerisinde yoğunluğu 15 HÜ'den fazla artan lezyonlar büyük bir olasılıkla malign kabul edilir. Bu şekilde kontrast tumayan bir SPN % 98 olasılıkla benigndir.

Kanser hücrelerinin glikozu alma oranları yüksektir. FDG PET'te 10 mm'den büyük bir SPN'nin glukoz tutması % 97 duyarlılık ve % 78 özgüllük ile malign olduğunu gösterir. Yöntemin yalancı negatif sonuçları karsinoid tümör ve bronşioloalveoler karsinom gibi tümörlerdeki metabolik hipoaktiviteye ve boyuta (< 10 mm) bağlıdır.

Soliter akciğer nodüllerinin benignite ve malignite ölçütleri Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Soliter pulmoner nodülde tanı algoritmi

Şüpheli lezyonlarda doğrudan torakotomiye gidilir. Biyopsi, benign olasılığı yüksek lezyonlarda ve cerrahiyi tolere edemeyecek hastalarda yapılır. 5 mm'den

Tablo 2.2 Benign ve malign pulmoner nodül özellikleri

	Benign	Malign
Yaş	< 35 yaş (hamartom hariç)	> 35 yaş
Cinsiyet	Kadın	Erkek
Semptom	Yok	Var
Boyut	Küçük (< 2 cm)	Büyük (> 2 cm)
Yerleşim	Özel bir yer yok (TB üst loblarda)	Üst loblarda (metastaz hariç)
Kenar	İyi sınırlı / Düzgün	İyi sınırlanmayan /Işınsal /Lobüle-umblikasyonlu
Kalsifikasyon	Çok önemli özellik: santral, belirgin (laminalı, multipl noktalı, patlamış mısır görünümü)	Çok nadir, ekzantrik, hafif
Kavitasyon	Duvarı ince (< 4 mm)	Duvarı kalın (>4 mm)
Çevrede lezyon varlığı (satellit lezyon)	Çok sık	Nadir
Plevral çekilme	Piramidal, progressif değil	Piramidal, progressif
İki yılda boyut değişikliği göstermemesi	Hemen hemen patognomonik	Çok az olasılık

küçük periferal lezyonlarda perkütan biyopsi başarısız olabilir. Bu durumda doku örneği video-asisted torakoskopik cerrahi (VATS) ile alınır. Santral yerleşmiş, büyük bronşlardaki lezyonlarda transbronkoskopik biyopsi yapılır. Benignite ölçütlerine sahip ya da biyopsi ile benign olduğu ispatlanmış olgularda hasta 2-3 yıl izlenir. Bu izlem, 6 aylık aralarla ya iki yönlü göğüs röntgenogramları ile ya da sınırlı sayıda BT kesiti ile yapılır.

Akciğerinde soliter nodülü olan bir olguda, iki yıldan daha eski röntgenogramlarla yapılan karşılaştırmada boyut değişikliği saptanmaması benignite ölçütüdür ve hasta izlenir. Sigara içmeyen 35 yaşından küçük olgularda iğne biyopsisi sonuçları negatifse lezyonun malign olma ihtimali %5'ten azdır. Sigara içen 35 yaşından büyük olgularda malignite şansı %50'den fazladır. Operasyonu kararlaştırılmış olgularda biyopsi yapılmasının anlamı yoktur.

KALSİFİKASYON

Toraks yapılarında değişik nedenli birçok kalsifikasyon görülür. Normal bir yaşlanma olayı olan kostokondral kalsifikasyonlar, akciğer ve üst karın bölgelerinde yanılgılara neden olabilir. Özellikle 1. kostokondral birleşim bu açıdan dikkatle değerlendirilmelidir. Görünümlerin simetrik olması önemli bir ayırıcı tanı ölçütüdür.

Mediyasten ve hiler lenf nodu kalsifikasyonları ülkemizde her zaman primer komplekse bağlanır. Birçok olguda dikkat edilirse plevraya yakın yerleşimli primer foküse ait küçük bir kalsifikasyon da görülebilir. Ülkemizde eskiden çok yaygın olarak görülen bu bulguların klinik bir önemi yoktur. Silikozda lenf nodlarının *yumurta kabuğu şeklinde* kenar kalsifikasyonu tipiktir. Bu şekildeki kalsifikasyon bazen sarkoidoza bağlı LAM'larda da görülür.

Akciğer parankimindeki yaygın kalsifikasyonun ülkemizdeki en sık nedeni reenfeksiyon tüberkülozudur. Bunlar düzensiz dağılmış benek şeklinde kalsifikasyonlardır ve birlikte TB'ye bağlı fibroz görülür. Genellikle bronkojenik yayılımın kalsifikasyonudur. Buna karşılık miliyer tüberkülozda kalsifikasyon çok nadirdir.

Suçiçeği pnömonisi geçiren yetişkinlerde de yaygın parankim kalsifikasyonu görülür. Diğer yaygın parankim kalsifikasyonu oluşturan enfeksiyonlar histoplazmoz ve koksidiodomikozdur. Histoplazmozda küçük nodüllerin ortasında *hedef tahtası* şeklinde kalsifikasyon görülmesi tipiktir.

Silikozda küçük pulmoner nodüller kalsifiye olabilir. Baritoz ve stannoz atom ağırlıklarının yüksek olmasından dolayı opak görülürler. Hiperparatiroidizm, renal yetmezlik, süt-alkali sendromu, hipervitaminozis-D gibi metabolik nedenli kalsifikasyonlar röntgende görülebilecek yoğunlukta değildir.

SPN'lerde santral yerleşen *laminalı, parçalı* veya *patlamış mısır* görünümünde yoğun kalsifikasyon benignite ölçütüdür. Bu tip kalsifikasyon gösteren soliter nodüller hamartom ve tüberkülomdur; ancak nadir de olsa karsinoid tip bronş adenomu, A-V malformasyon, plazmositom, amiloidoz ve primer pulmoner osteosarkomda da görülebilir. Malign tümörlerde bazen bulu-

nan çok hafif kalsifikasyon çoğunlukla röntgende değil BT'de görülür. Buna karşın sekel tümörlerin kalsifik bir foküsü içine aldığı durumlarda kitle içerisinde benign yapıda kalsifikasyon görülebilir. Osteosarkom, tiroid kanseri, overlerin kistadenokarsinomu, meme ve sindirim sisteminin kolloid karsinom metastazlarında da kalsifikasyon görülebilir.

Plevra kalsifikasyonları, hemotoraks, ampiyem ve plevral sıvı sekeli veya asbestoza bağlıdır. Asbestozda kalsifikasyon genellikle iki taraflı ve daha çok diyafragmatik plevrada ince kalsifik plaklar şeklindedir. Diğer nedenlere bağlı plevral kalsifikasyonlar ise yeteri kadar yoğunsa karşıdan *duvara atılmış çamur*, profilden ise göğüs duvarı ile arasında radyolusent bir çizgi bırakan *plak* şeklinde görülürler (Resim 2.44).

Göğüs röntgenogramlarında en sık görülen damar kalsifikasyonu aort kavsindeki hilale benzer aterom kalsifikasyonudur. Şiddetli pulmoner hipertansiyonda ana pulmoner arter dallarında kalsifikasyonlar görülebilir. IVK ve SVK'deki trombozlar kalsifiye olabilirler. Kalpte en sık perikart kalsifikasyonları görülür. Sıklıkla arka duvardadır. Konstrüktif perikarditle beraber görülebilir. Semptom ve bulgusu yoksa klinik önemi yoktur. Ventriküler anevrizma kalsifikasyonlarından yerleşimi ile ayrılabilir. Bazı olgularda koroner arter kalsifikasyonu görülebilir. Bu olgular genellikle asemptomatiktir. Kapak kalsifikasyonları en iyi floroskopide görülür; düz röntgenogramlarda görülmesi daha zordur.



Resim 2.44 Sol akciğerde plevral kalsifikasyon. Duvara atılmış çamur görünümü.

Bazen akciğerde ossifikasyon görülebilir. İdiyopatik pulmoner ossifikasyonda bir akciğer kesiminde ince, dallanan şekilde ossifikasyon görülür. Otopside görülen bu lezyonlar röntgende nadiren saptanır. Romatik mitral hastalığında, muhtemelen tekrarlayan interstisiyel ödeme bağlı, alt zonlarda ossifik nodüller görülebilir.

Alveoler mikrolitiyaz, nedeni bilinmeyen familyal bir hastalıktır. Akciğerlerde çok yaygın küçük kalsifikasyonlar vardır (Resim 2.45). Sert çekilmiş gridli röntgenogramlarla gösterilir. Çok yoğun kalsifikasyona karşın hastaların kliniği iyidir.

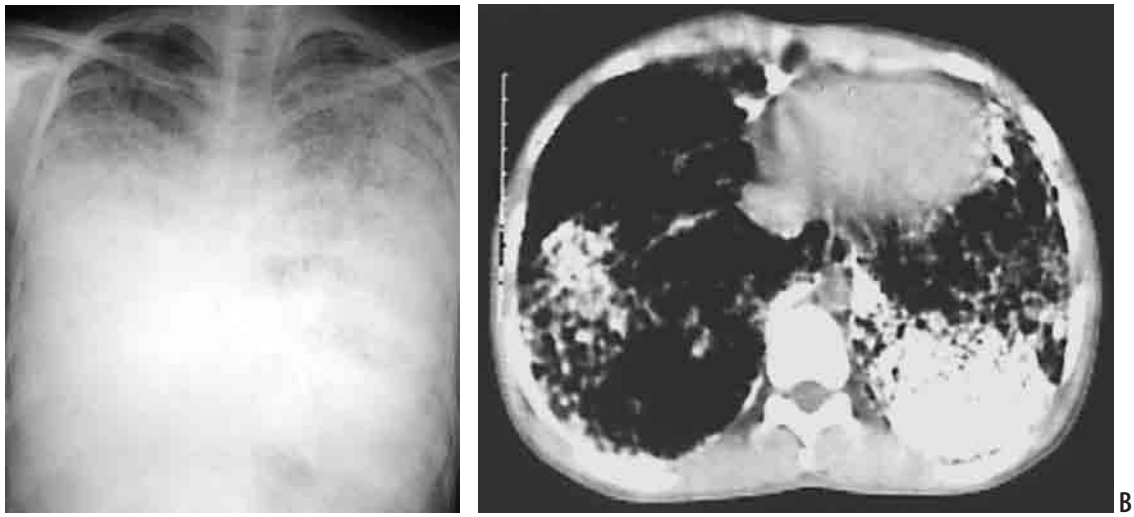
TB kaviteleri içerisinde *kavernolit* denilen kalsifikasyonlar, mediyastendeki timus, tiroid, teratom ve göğüs duvarı kalsifikasyonları da göğüs röntgenogramında görülen diğer kalsifikasyon örnekleridir.

RADYOLUSENSİ ARTIMI

Her iki akciğerde, tek akciğerde, loblarda veya daha distal kesimlerde ve birden çok alanda olabilir. Karşı taraftaki yoğunluk artımı nedeniyle normal akciğerin görünümü artmış radyolusensi izlenimi verebilir. Röntgenogram elde edilirken hastanın dönük olması, kasete yakın taraftaki akciğerin daha radyolüsent görülmesine neden olur. Mastektomili taraf ve Poland sendromlu olgularda pektoralis kas gölgesinin olmadığı taraf daha radyolüsenttir. Hiperlüsent akciğer nedenleri Tablo 2.3'de özetlenmiştir.

Akciğerin opasitesini, içerisindeki havanın miktarının, kan ve parankimden oluşan yumuşak doku miktarına oranı belirler. Normalde 11/1 olan bu orandaki artış akciğerlerin radyolusensisini artırır. Orantıya göre bu değişiklik ya havanın artması, ya da yumuşak dokunun azalması ile gerçekleşir. Yumuşak doku (parankim ve kan) azalmasının etkisi belirgin değildir, ancak ikisinin bir arada bulunması radyolusensi artımını daha da belirginleştirir.

Havalanma artışının nedeni akciğerde hava hapsidir, giren hava çıkamaz. Nedeni hava yolunun kısmi-obstrüksiyonudur. Obstrüksiyon santral ve periferik tipte olabilir. Santral tipte, hava yolunu daraltan bir lezyon vardır. İnspiriyumda giren hava, ekspiriyumda bronş daha da daralarak tam obstrüksiyon oluşturduğundan, çıkamaz. Buna *çek-valv mekanizması* denir ve tek taraflı pulmoner veya lobar havalanma fazlalığına neden olur. Konjenital lobar amfizem ve yabanci cisim aspirasyonu bu tip havalanma fazlalığı örnekleridir.



Resim 2.45 Alveolar mikrolitiyazis. A. Röntgen: Alt ve orta zonlarda belirgin olmak üzere, tüm akciğere yayılan ve kalbin kenarlarını silen miliyer kalsifik görünümler, B. BT görünümü.

Periferik tipte ise obstrüksiyon distal hava yollarındadır; amfizem, astım ve yenidoğanda görülen akut bronşiolit bu gruptadır.

Akciğerde radyolusensi artımının diğer nedeni damar yatağındaki kanın azalmasıdır. Akciğer kanlanmasındaki azlık hava/yumuşak doku oranını hava lehine değiştirerek radyolusensi artımına neden olur. Tipik örneği akciğer embolisidir. Tutulan damarın distalindeki alan radyolusent görülür. Buna *Westermark işareti* adı verilir. Akciğerde hava hapsi oluşturan nedenler, intraalveoler basıncı artırarak kan dolanımının da azalmasına neden olur. Böyle bir durumda radyolusensi artımının nedeni hem hava artımı hem de kanlanmanın azalmasıdır; tipik örneği amfizemdir.

Kompansatuar havalanma fazlalığında, lobektomi veya lobar kollaps gibi nedenlere bağlı hacim kaybı, komşu sağlam akciğerin fazla şişmesiyle doldurulur, obstrüksiyon yoktur.

Havalanma artışında tutulan akciğer kesimi genişler, bronş-damar demeti seyrekleşir ve hacim artımına bağlı olarak kaburga aralıkları açılır, diyafragma aşağıya, mediyasten karşıya itilir. Bu değişikliklerin derecesi havalanan kesimin boyutuna bağlıdır. Hava hapsi şiddetli ise dolaşan kan da azalarak damarların incelmesine ve bu seyrek görünümün daha da belirginleşmesine neden olur.

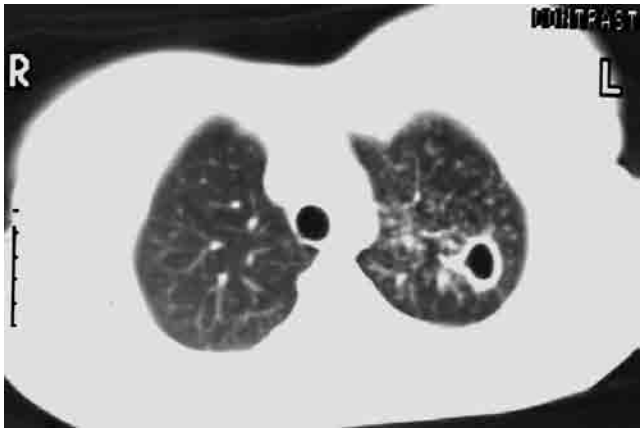
Tablo 2.3 Hiperlusent akciğer görünümü nedenleri

Tek Taraflı	İki Taraflı
Hiperaerasyon	**Hiperaerasyon**
Kompansatuar havalanma artışı	Larenks, trakea ve iki taraflı ana bronş obstrüksiyonu
Yabancı cisim aspirasyonu	Amfizem
Obstrüktif havalanma fazlalığı	Astım
Konjenital lobar amfizem	Akut bronşiyolit
Swyer-James Sendromu	**Hipovaskülarizasyon**
Büyük büller	Oligemi oluşturan konj. kalp hastalıkları
Hipovaskülarizasyon	Primer pulmoner hipertansiyon
Emboli	Multipl pulmoner emboli
Pnömotoraks	
Pozisyon	
Rotasyon	
Skolyoz	
Göğüs duvarı	
Mastektomi	
Poland sendromu	
Poliyomyelit	

KAVİTE

Belirgin bir duvarla çevrili boşluklara kavite denir. Akciğer kaviteleri radyolojik olarak belirgin duvarı olan, bronşla irtibatlı küresel radyolusent alanlardır. Yerleşim yeri, kenarı, duvar kalınlığı, sıvı seviyesi gösterip göstermediği ve çevre akciğerin durumu ayırıcı tanı ölçütleridir. En sık görülen tüberküloz, apse ve tümör kaviteleridir.

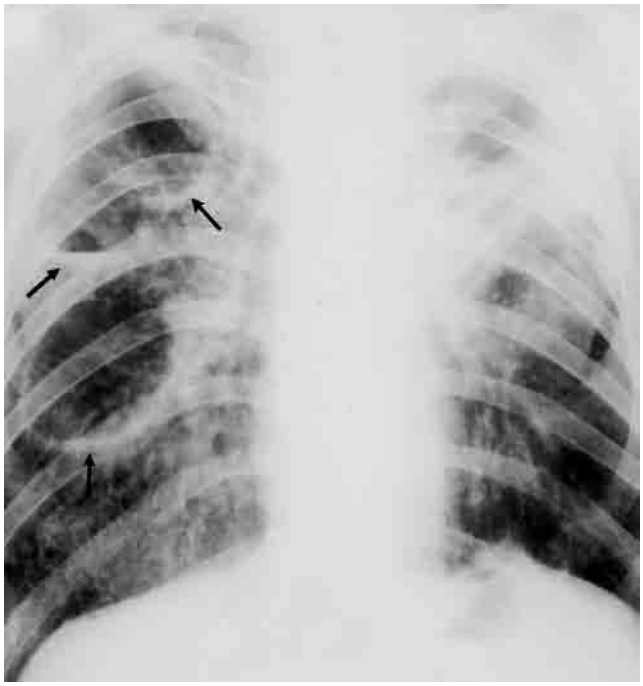
Tüberküloz kavitesine *kavern* adı da verilir (Resim 2.46). Üst lobların apikoposterior ve alt lobların apikal segmentinde yerleşir. Duvarı ince ve düzensizdir, ancak kaviteleşmenin başlangıcında duvar genellikle kalındır. Sıvı çok az veya hiç yoktur. Çevrede her zaman TB enfeksiyonuna bağlı satellit lezyonlar vardır. Bazı olgularda bronşundaki çek-valv obstrüksiyon



Resim 2.46 Akciğer TB'de kavite ve çevresinde minimal infiltrasyon.

nedeniyle genişleyerek *tansiyon kaviteleri* görünümü alır (Resim 2.47).

Akciğer apseleri, kalın duvarlı, sıvı seviyesi gösteren, iç ve dış yüzleri hafif düzensiz kavitelerdir (Resim 2.48). En sık stafilokok pnömonisinde görülür. Olguların %75'inde plevraya yakın yerleşimdedir. Aspirasyona bağlı olanlar en sık sağ alt lobda yerleşir. Sepsiste akciğer periferine yerleşmiş birden fazla apse kavitesi görülür.



Resim 2.47 Akciğer tüberkülozunda kavite. Sağ akciğer üst ve orta zonlarda içlerinde minimal sıvı bulunan üç tane kavite görülüyor. Özellikle en alttaki gergin duvarları ile tansiyon kavitesi görünümünde.

Bronş karsinomunda önceden var olan kitle içerisinde nekroz gelişerek kavite ortaya çıkar. Kavite kitle içerisinde eksantrik yerleşimlidir. Buna bağlı olarak duvar kalınlığı her tarafta eşit değildir. Duvarın iç yüzeyinden kavite içerisine doğru yumuşak doku protrüzyonları görülür (Resim 2.49). Skuamöz hücreli karsinomda kavite ince duvarlıdır. Metastazların bazılarında da kavitasyon görülebilir.

Mikotik kaviteler çok ince ve düzensiz duvarlıdır. Ayırıcı tanı özelliği yoktur. Hodgkin hastalığı, enfarkt, kistik bronşektazi, Wegener granülomatozu, romatoid nodüller, progressif masif fibroz ve hematom da sık olmamakla beraber kaviteleşebilir.

TB kaviteleri gibi uzun süre açık kalan bir kavite içerisinde aspergillus fumigatus'un oluşturduğu *mantar topu* gelişebilir. Hareketli olan bu yapılar kaviter boşluğu dolduracak boyuta yaklaştığında kavite duvarı ile top arasında hilal şeklinde bir radyolusensi ortaya çıkar. Bu görünüme *menisküs işareti* adı verilir (Resim 2.50). Hidatid kist için tanımlanan bu bulgu hematom, nekroze doku gibi diğer intrakaviter yabancı cisimlerde ve tüberkülom gibi soliter lezyonlarda da saptanmıştır.

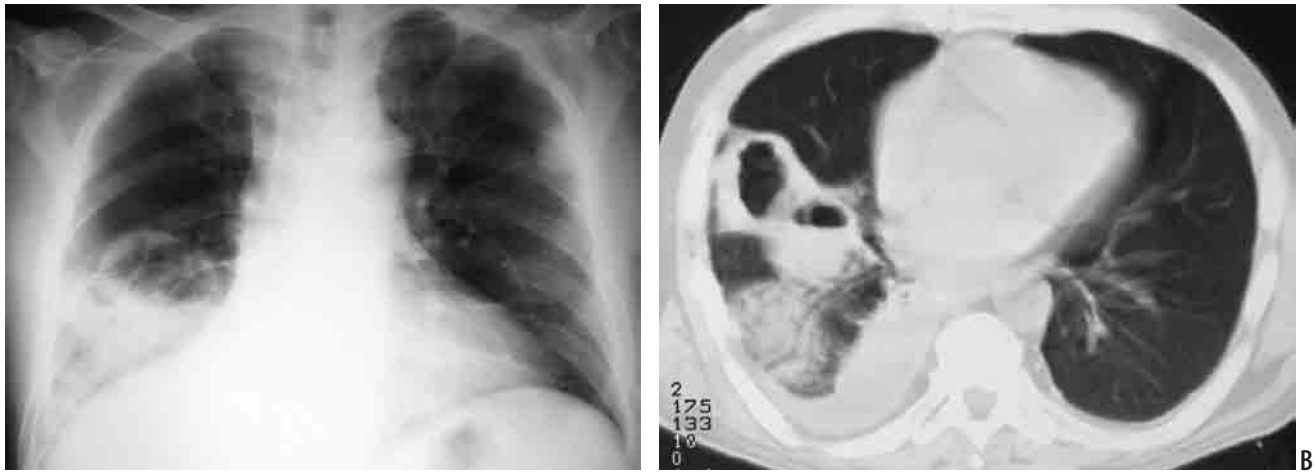
HAVAYOLU HASTALIKLARI

TRAKEA

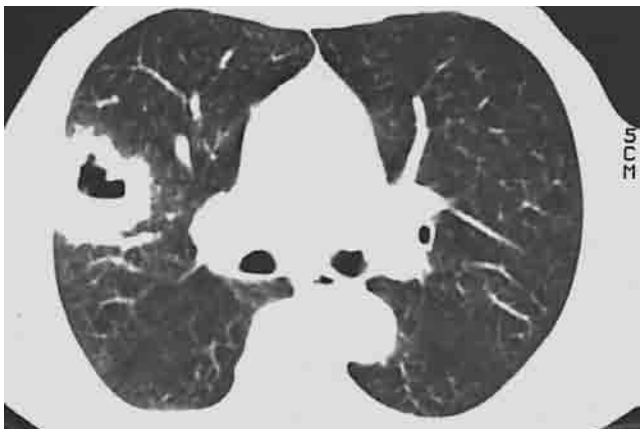
Trakeanın anatomik bütünlüğü iki yönlü röntgenogramlarla; anormallikleri ve yer kaplayan lezyonları ise BT ile incelenir. BT incelemesinde hasta sırt üstü yatar. Trakeanın servikal parçası omuzlar aşağı çekilerek, torakal parçası kollar yukarı doğru kaldırılarak çalışılır. Derin inspiriyumda nefes tutturularak kesitler alınır. Nefesini tutamayan yaşlılarda ağızdan yüzeyel solunum yaptırılır. Günümüzdeki ÇKBT aygıtları ile çok hızlı kesitler alınabilir. Valsalva manevrasında ekstratorasik trakea genişler. Zorlu ekspiriyumda ise trakea kollabe olur. Bu manevra ile anormal trakeal kollaps saptanabilir. Kalın kesitlerle çalışılır, lezyonlar ve çevre vasküler yapıları daha iyi göstermek için kontrast madde kullanılır.

Dış basılar

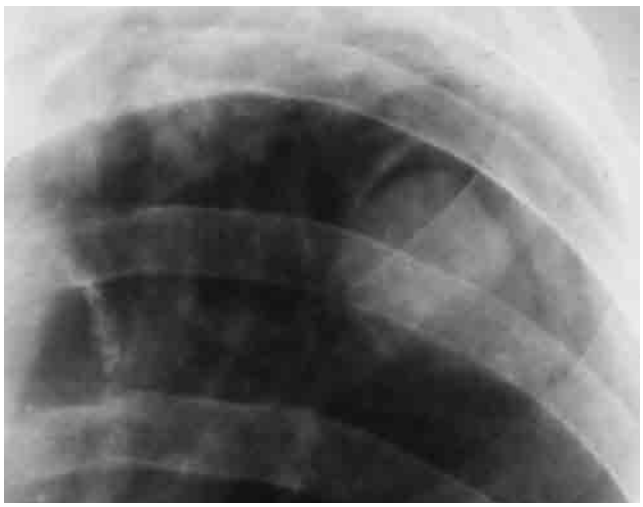
Trakea başlangıç kesiminde tiroid bezi ile komşudur. Büyük guatr, trakeada bası ve yer değişikliğine neden olur. Paratrakeal lenfadenomegaliler ve aort anevrizması da trakeaya bası yapar. Yaşlılardaki arteriosklerotik aort genişlemesi nedeniyle ark seviyesinde trakea sağa doğru yer değiştirmiştir. Aberan sol



Resim 2.48 Akciğer apseleri. Düzgün, kalın duvarlı sıvı seviyeleri gösteren kaviteler. A. Göğüs röntgenogramı. B. BT.



Resim 2.49 Tümör kavitesi. Kalın duvar ve duvarın iç yüzünde mural nodüllere ait düzensiz görünüm.



Resim 2.50 İntrakaviter mantar topu. Menisküs işareti. Apekste plevral kalınlaşma ve TB bulguları eşlik ediyor.

subklaviyan arter, çift aortik ark ve aortik halka gibi doğumsal anomaliler de trakea üzerinde bası oluştururlar. Aortik halka anomalisinde halkanın bastığı kesimde bronkomalazi ve trakeal darlık gelişebilir.

Trakeada boyut değişiklikleri

Trakea larenks obstrüksiyonlarında inspiriyumda; astım ve bronşiyolitte olduğu gibi yaygın bronşioler obstrüksiyonlarda ise ekspriyumda kollabe olur. Ekspiriumda görülen kollaps intratorasik basıncın artmasına bağlı olarak trakeanın intratorasik parçasındadır. Bu olgularda kalp paradoks olarak ekspiriumda küçülür.

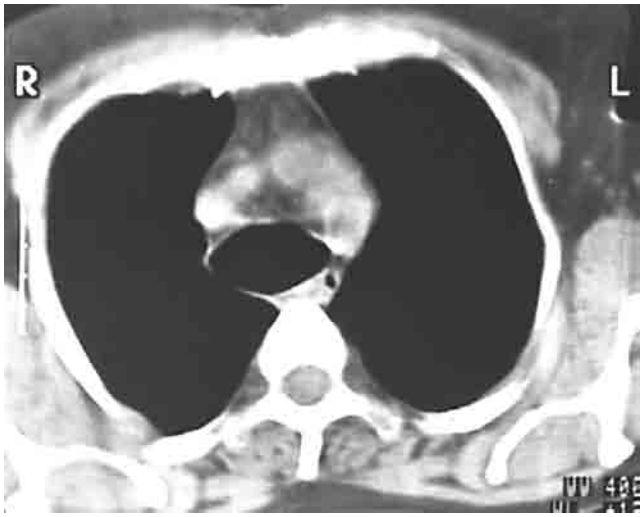
Trakeobronkomegalide ("Mounier-Kuhn" sendromu) trakea ve ana bronşlar genişlemiştir (Resim 2.51). Trakeanın çapı 35-50 mm veya daha fazladır. Trakea kıkırdakları arasındaki yumuşak doku dışarı doğru keselenmeler gösterir. Ehlers-Danlos sendromu ile de birlikte görülebilir.

Trakeobronkomalazide de trakeanın çapı artar, ancak duvarı yumuşak olduğundan inspiriyum genişler ekspiriyum da kollabe olur.

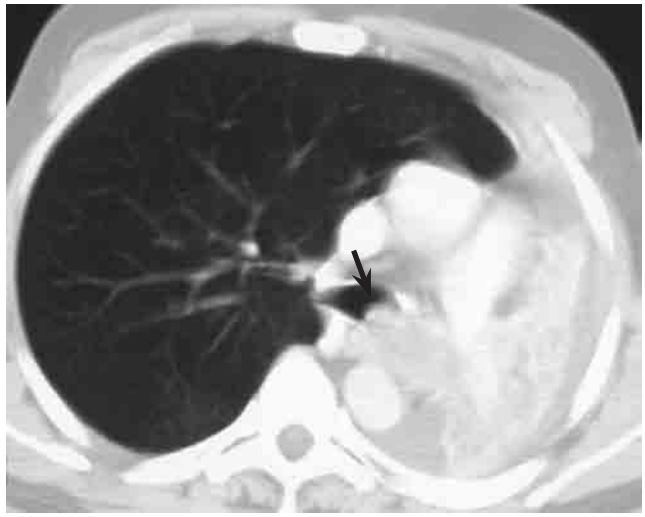
Amfizemde görülen *kılıç kını trakeada* ve trakeayı tutan amiloidozda ise trakea devamlı dar görünümdedir. Normalde trakeanın koronal çapı sagital çapından daha geniştir; kılıç kını trakeada bu ilişki tersine döner. Sklerozan mediastinitte trakeanın distali ve ana bronkuslar daralabilir.

Lokalize trakeal anormallikler

Neoplazm ve darlıklardır. Benign tümörler nadirdir. Bunlar pediyatrik yaş grubunda skuamöz hücreli papillom, fibrom ve hemanjiyom, yetişkinlerde ise kond-



Resim 2.51 Trakeobronkomegali. Trakeada belirgin genişleme.



Resim 2.52 Sol akciğer hilusunda sol ana bronş içerisine doğru büyüyen ve bronşu tam olarak tıkayan santral tip bronş karsinomu (ok). Sol akciğer tümüyle kollabe.

rom, papillom, fibrom ve hemanjiyomdur. Trakeada birden fazla dolma defekti papillomatozun bulgusudur.

Malign tümörlerden en sık skuamöz hücreli karsinom görülür. Silindirom da (adenoid kistik karsinom) trakeada görülen primer malign tümörlerdendir. Tümörler asimetrik, eksentrik ve sapsızdırlar; mediyastene yayılabilirler. Komşu yapıların tümörleri ise dıştan baskı yapabilir ve trakeayı invaze edebilir. Trakeanın metastazları en çok meme, melanom ve ürogenital sistem tümörlerinden kaynaklanır.

Trakeal kitleler ve yabancı cisim çek-valv tipi bir tıkanma mekanizmasıyla, akciğerlerde iki taraflı yaygın havalanma fazlalığına neden olabilir. Böyle olgularda kalp, amfizemde olduğu gibi, ekspiriyumda paradoks olarak küçülür.

Trakea darlıkları intübasyona, trakeostomiye ve boyun travmalarına bağlı olabilir. Sırt üstü yatar pozisyonda yapılan BT incelemelerinde darlık olduğundan daha dar görülür.

BÜYÜK BRONŞLAR

Ana bronşlarda inflamatuar darlıklar ve granülomlar görülebilir. Bronşiyal darlık oluşturan en önemli neden tüberkülozdur. Primer tüberkülozun lenf nodu bronşa bası yapabilir veya bronş mukozasında tüberküloz granülasyon dokusu gelişebilir. Tutulan bronş duvarında inflamasyona bağlı düzensizlik görülür. Böyle kalsifiye bir lenf nodunun bronşa yapışıp erode etmesi ile kalsifiye parçalar bronş içerisine geçer ve *bronkolitiazis* adı verilen bronş taşına neden olur.

Bronş karsinomasında tutulan bronşta daralma ve obstrüksiyon gelişir (Resim 2.52). Kitle duvardan lümene doğru büyüyerek lümeni *"V" harfi şeklinde kalem ucu* gibi daraltır. Sadece bronşun içine doğru büyüyen böyle kanserlerde, distalinde kollaps veya konsolidasyon gelişmemişse, göğüs röntgenogramları normal olabilir. Bu olgularda bronş içindeki kitle ancak bronşu gösterecek şekilde sert çekilen röntgenogramlarla gösterilebilir. Bir bölümü dışarıda olan bronş karsinomlarında bronşta basıya bağlı eğilme görülebilir. Floroskopide tutulan bronşta fiksasyon görülmesi karsinoma tanısı için önemli bir bulgudur.

Bir kitle içerisine giren bronşun açık olması genellikle benignite işaretidir. Benign yapıda olduğu halde kapalı bronş bulgusu veren tek hastalık silikoz veya kömür işçilerinin pnömokonyozudur; gelişen progressif masif fibroz bronşta obstrüksiyona neden olabilir.

Bronşun yuvarlak bir kitle ile kapanması genellikle benignite işaretidir. En sık bronş adenomunda görülür. Bununla birlikte hamartom, sarkom, nadiren metastaz ve bronş karsinomu da benzer görünüm oluşturabilir.

BRONŞİYAL ATREZİ

Genellikle segmental bronşları tutar. Yenidoğanda atrezik bronşun distalinde kalan akciğer alanı sıvı ile doludur ve opak kitle şeklinde görünür; daha sonra kollateral yollar (Lambert kanalları ve Kohn porları) aracılığıyla temizlenir ve lokal hava hapsi görünümü meydana gelir.



Resim 2.53 Sağ akciğerde parakardiyak lokalizasyonda bronkosel. Çevresindeki akciğerde bölgesel havalanma fazlalığı.

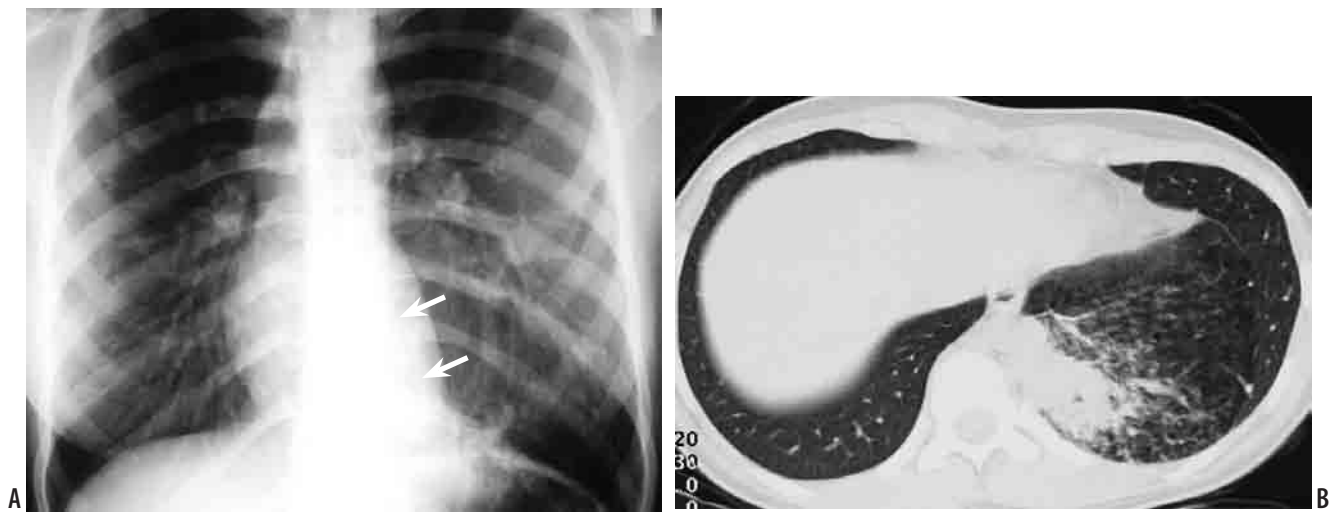
Atrezik bronşun distalinde kalan bronş ağacının mukusla dolarak genişlemesi ve kıvrımlı opak bir görünüm alması tipiktir ve *mukoid tıkaç, mukosel* veya *bronkosel* olarak adlandırılır (Resim 2.53). Bu görünüm yenidoğanda değil, daha ileri yaşlarda ortaya çıkar.

Yetişkinlerde görülen mukosel atrezi ve stenoza bağlı olabileceği gibi neoplazm gibi sonradan gelişen bronş obstrüksiyonuna da bağlı olabilir. Obstrüksiyonun distalindeki bronşlarda genişleme ve bronşiektatik değişiklikler ortaya çıkar. Genişleyen bronş ağacında mukusun birikmesi, mukosel (bronkosel) oluşumuna neden olur. Röntgende mukusla dolu duvarı kalınlaşmış "V" veya "Y" harfi şeklindeki opasiteler görülür. Bu görünüm *eldiven içerisindeki parmağa* benzetilmiştir. Röntgenolojik olarak saptanabilmesi için distalinde kalan akciğer kesiminin havalanması gerekir. Bunun için distal kesime hava kollateral kanallar aracılığı ile geçer. Çoğu olguda olduğu gibi mukus dolu dilate bronşun çevresinin kollabe akciğerle çevrili olması lezyonun görülebilmesini engeller. Böyle olgularda lezyon ancak BT ile gösterilebilir.

PULMONER SEKESTRASYON

Sistemik dolaşımdan kanlanan, trakeobronşiyal ağaçla bağlantısı olmayan, fonksiyonsuz aberan akciğer dokusudur. Diyafragma seviyesinde veya hemen altında aorttan köken alan, bir veya daha çok sayıda arterle beslenir. Pulmoner sekestrasyon, doğumsal bir anomali olmakla birlikte enfeksiyon gibi bir koplikasyonu gelişmemişse ve/veya birlikte, bulgu veren bir konjenital anomalisi yoksa adolesan ve genç yetişkinde rastlantısal olarak fark edilir (Resim 2.54).

Yenidoğan ve sütçocuğunda pulmoner sekestrasyonun US görünümü, toraksta karaciğer veya diyafragmanın yanında hafif hiperekojen kitle şeklindedir. Vasküler ilişkisi Doppler US ile gösterilebilir. Tanıda ve vasküler yapıların gösterilmesinde olguların çoğunda MR ve MR-anjiyografi yeterlidir. Plevral örtüsü ve venöz drenajına göre iki tipi vardır.



Resim 2.54 Akciğer sekestrasyonu. A. Röntgende kalbin arkasında sol paravertebral bölgede yoğunluk artımı (oklar). B. BT'de aynı lokalizasyonda nonhomojen konsolidasyon.

İntralober sekestrasyon

Viseral plevra içinde yer alır, ayrı bir plevrası yoktur. Venöz dönüşü normaldir (pulmoner venlere). Hemen daima alt loblarda, en sık sol alt lob mediyalinde görülür. Daha çok adolesan dönemde tanı konur. Tekrarlayan veya tedaviye dirençli pnömoniye yol açar.

Radyolojik olarak akciğer tabanında omurgaya komşu opasite şeklindedir. Tekrarlayan veya kronik enfeksiyon sonucu, bronşla bağlantısı gelişirse kistik alanlar içeren heterojen bir görünüm kazanabilir.

Ekstralober sekestrasyon

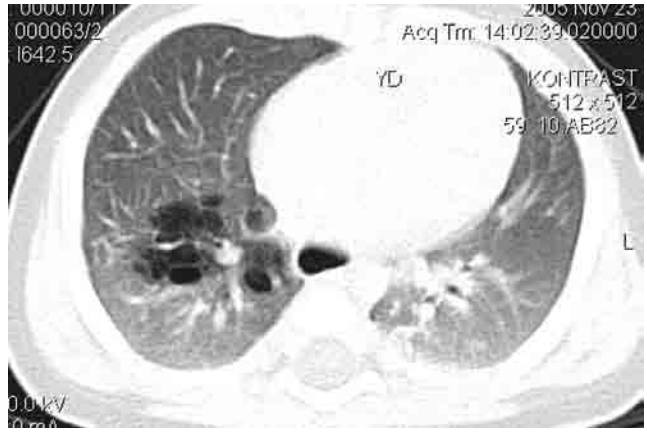
Alt lob ile diyafragma arasında yer alır; ekstratorasik de olabilir. Yaklaşık %90'ı solda görülür. Kendisine ait ayrı bir plevrası vardır. Venöz drenajı, başta azigos ven sistemine olmak üzere sistemiktir. Hayatın ilk altı ayında dispne, siyanoz, beslenme güçlüğü gibi belirtilerle ortaya çıkar.

Radyolojik olarak alt posteromediyal kesimde opak bir yapı şeklindedir. Başta diyafragma hernisi olmak üzere diğer anomalilerle (pulmoner hipoplazi, konjenital kistik adenomatöz malformasyon gibi) birlikteliği sıktır (%65). Sindirim borusu ile bağlantısı olabilir. Histopatolojik olarak, konjenital kistik adenomatöz malformasyon tip III'e benzer.

KONJENİTAL KİSTİK ADENOMATÖZ MALFORMASYON

Doğumsal bir hastalıktır. Terminal respiratuar bronşiyollerin hamartomatöz proliferasyonudur. Buna bağlı olarak alveol gelişimi engellenir. Tutulan akciğer kesimi kistik yapılar içeren solid bir doku halindedir. Kistler respiratuar epitelle döşelidir ve duvarlarında fazla miktarda düz kas ve elastik doku vardır. Lezyon genellikle trakeobronşiyal ağaçla ilişkilidir. Doğumsal akciğer lezyonlarının 1/4'ünü oluşturur. Hastaların %95'inde tek lob tutulur. Lezyonu besleyen ve drene eden vasküler yapılar normaldir. Çoğu olgu, yenidoğanda solunum zorluğu ile kendini gösterir. Yaklaşık %10'u bir yaşından sonra tekrarlayan pnömoniler ile ortaya çıkar veya yıllarca asemptomatik kalabilir.

Üç tipi vardır (Stocker'in eski sınıflaması) : 1) Tip I (%50): Bir veya daha fazla sayıda büyük kist ve bunun çevresinde küçük kistler vardır (Resim 2.55). Prognozu çok iyidir. Yaklaşık %5 oranında diğer konjenital anomaliler ile birliktedir. 2) Tip II (%40) : çapı 1-10 mm arasında değişen çok sayıda küçük kistten oluşur. Diğer konjenital anomaliler (renal, intestinal, kardiyak, iskelet) yaklaşık %50 oranında eşlik eder. 3) Tip III (%10) : Mikrokistlerden oluşur ve görünümü soliddir. Fetal hidrops ve polihidroamnioz sıktır. Prognozu en kötü olan tiptir.



Resim 2.55 Sağ akciğerde Stockerin eski sınıflamasına göre tip I konjenital kistik adenomatöz malformasyon.

Çocuk doğduğunda alınan ilk göğüs röntgenogramında kistler sıvı dolu olabilir. Zaman geçtikçe içlerindeki sıvı temizlenerek kistler ortaya çıkar. Tip I ve II'de kistler, keskin sınırlı, düzensiz şekilli radyolusent alanlar şeklindedir. Kistlerin arasında solid doku izlenir. Mediyasten karşı tarafa doğru itilebilir, komşu akciğer dokusunda atelektazi gelişir. Kist içinde hava-sıvı seviyesi varsa, diyafragma hernisini taklit edebilir; diyafragma hernisinden farklı olarak bağırsak gaz dağılımı normaldir.

AKCİĞER AGENEZİSİ, APLAZİSİ VE HİPOPLAZİSİ

Agenezide bir akciğer veya bir lob, bronşları ile birlikte yoktur. Aplazide ise akciğer dokusu yoktur, fakat rudimenter bronşu vardır. Hipoplazide bronş ve alveoller vardır, fakat az gelişmiştir. Genellikle sağ tarafta görülürler.

Total agenezide, tutulan hemitoraks küçük ve opaktır; kalp ve mediyasten yapılar agenezik hemitoraksın opasitesi içinde kaybolur. Sağ akciğer agenezisinde, kardiovasküler anomali insidansı daha fazla olduğu için, mortalite oranı daha yüksektir. Lobar agenezi tanısı arteriyografi ve bronkoskopi ile konur.

Pulmoner hipoplazi, toraks hacmini azaltarak akciğerin büyümesini engelleyen diyafragma hernisi, ekstralober sekestrasyon, oligohidroamnios gibi nedenlere bağlı olarak gelişir. Hipoplazinin olduğu he-

mitoraksın dansitesi normaldir veya artmıştır; kalp ve mediyasten o hemitoraksa doğru yer değişitirir. Yan rötgenogramda, ekstraplevral yağlı gevşek doku tarafından kalbin ve aortun örtüldüğü görülür (Resim 2.56). Bu dokuyu geriden, küçük fakat normal olan hipoplazik akciğerin paryetal plevrası sınırlar. Bu görünüm sağ üst lob kollapsının kenarına benzer, ancak hipoplazide bu çizgi diyafragmaya kadar uzanır ve şekli kollapstakinden farklıdır.

Doğumsal venolobar sendrom ("scimitar" sendromu)

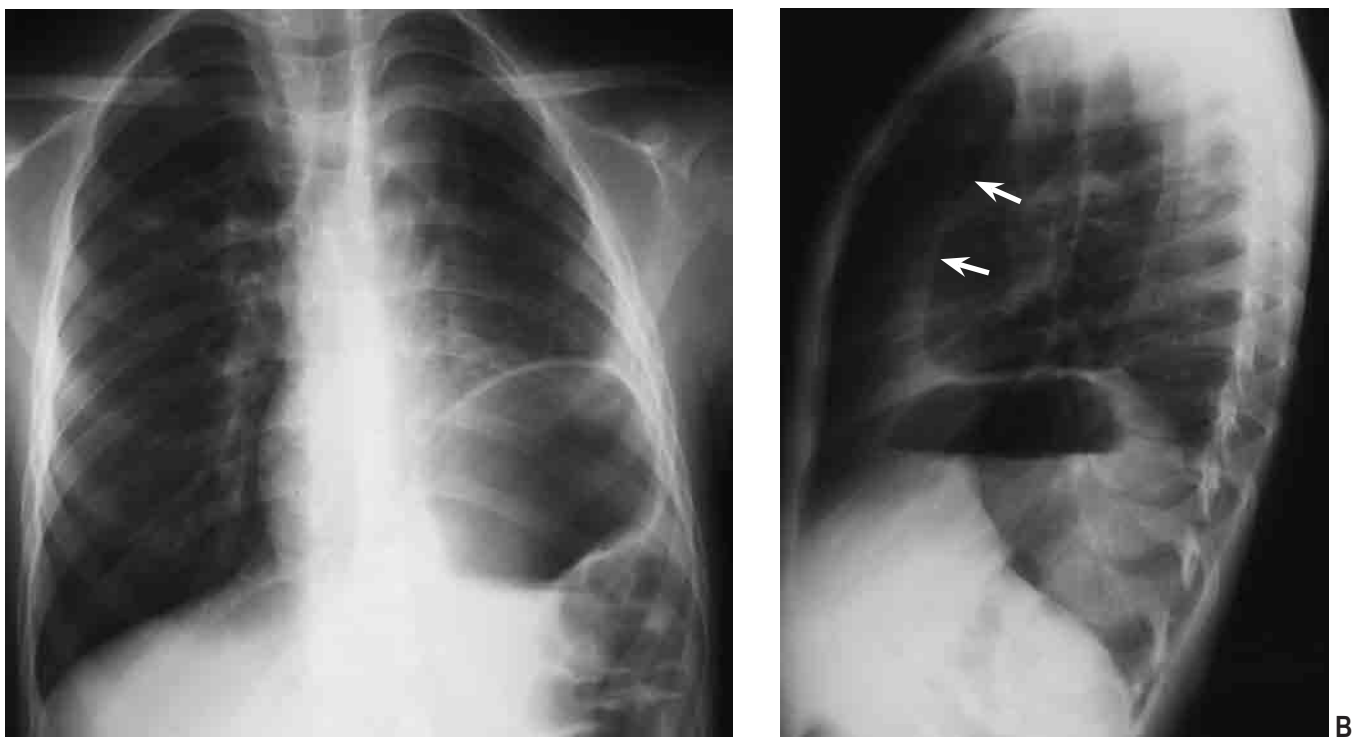
Genellikle sağ akciğerin orta ve alt loblarının agenezisi veya aplazisi ile birlikte venlerinin sistemik dolaşıma döküldüğü bir doğumsal anomalidir. Tutulan lobun pulmoner arteri kısmen veya tamamen olmayabilir; bu durumda lob aorttan sistemik bir damarla beslenir. Tutulan tarafta akciğer küçük kalır. Hipoplazik akciğerin pulmoner arteri küçüktür. Kalp ve mediyasten tutulan tarafa doğru yer değiştirir. Persistan pulmoner hipertansiyonla birlikte olabilir; birlikte kardiyak anomaliler bulunabilir (%25'inde atrial septal defekt).

Arka-ön göğüs röntgenogramında geniş anormal pulmoner ven, kalbin sağ yanında kalbe paralel inerek diyafragmayı geçer ve genellikle inferior vena kavaya dökülür. Venin bu görünümü, ucu kıvrık *palaya ("scimitar")* benzetilmiştir. Yan rötgenogramda, hipoplazik akciğerin ön ve arkasında genişlemiş ektraplevral yağlı gevşek doku görülür.

KRONİK BRONŞİT- BRONŞEKTAZİ

Kronik bronşit genellikle sigara içen erkeklerde görülen öksürük ve ekspektorasyonla karakterize klinik bir antitedir. Tanı klinik olarak konur. Radyolojinin işlevi, komplikasyonlarını ve birlikte bulunabilecek lezyonları saptamaktır.

Olguların yarısında göğüs röntgenogramı normaldir. Röntgende kronik bronşiti düşündüren bulgular, bronş-damar görünümlerinde artma ile akciğerin herhangi bir kesiminde görülebilen sınırları seçilemeyen küçük opasitelerdir. Peribronşiyal kalınlaşmalar ve amfizeme doğru gidiş varsa havalanma fazlalığı görülebilir. YÇBT'de bronşlarda distale doğru normalde görülen hafif daralmanın olmadığı ve bronşun tübüler bir şekil aldığı izlenebilir.



Resim 2.56 Hipoplazik akciğer. A. Arka-ön göğüs röntgenogramında sol akciğer küçük. Buna bağlı olarak sol hemitoraks küçülmüş ve sol diyafragma yukarıya doğru yer değiştirmiş. B.Yan röntgenogramda sternuma paralel uzanan ekstraplevral yağlı gevşek doku hipoplazik akciğeri keskin bir sınırla çevreliyor (oklar).

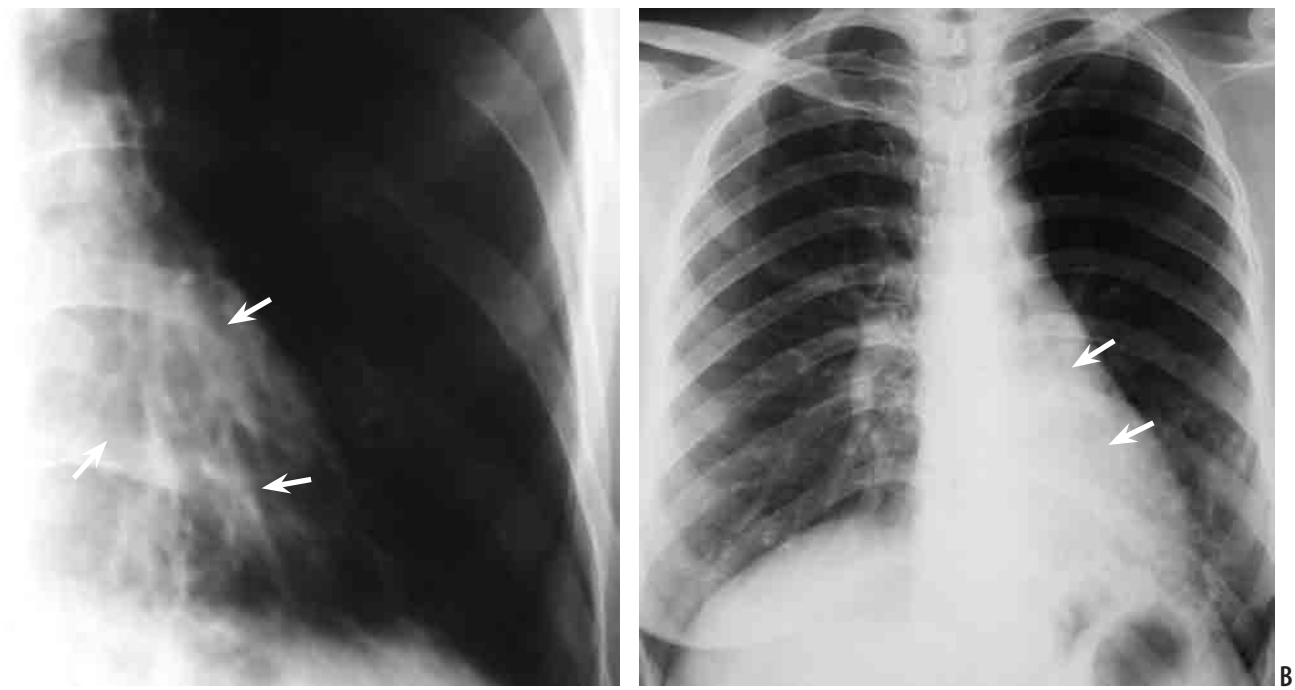
Bronşektazi, bronşların, geriye dönüşsüz genişlemesine verilen isimdir. Genellikle neden, büyük bronşların obstrüksiyonu sonucu distalinde gelişen şiddetli ve uzun süren enfeksiyonlardır. Uzun süren süpürasyon bronş duvarlarında harabiyete ve dilatasyona neden olur. Sonuçta distaldeki düzenli dallanma bozulur, dallanma sayısı azalır, kalan bronşlarda da düzensiz genişleme görülür.

Bronşların genişlemesi değişik şekillerdedir. Silindirik (tübüler, fuziform) şeklinde normal bronşlarda görülen, distale doğru gittikçe daralma yoktur. Bronş silindirik veya fuziform bir şekil alır. Bronşektazinin en hafif şeklidir; "reversibl" veya psödobronşektazi adı da verilir. Sakküler tipinde şiddetli inflamatuar bulgular vardır; tutulan bronşlar düzensiz genişlemeler şeklinde sonlanır. Kistik bronşektazide sıvı seviyesi gösterebilen değişik boyutlu küçük kistler görülür. Variköz bronşektazi bronşların proksimal kesimlerini tutar; neden allerjik aspergilliozistir. Bu tipte bronşun distali açıktır.

Bronşektazide göğüs röntgenogramı normal olabilir. Normal bir göğüs röntgenogramı bronşektazi tanısını dışlamaz. Tutulan kesimde az veya çok hacim kaybı olabilir (Resim 2.57). Röntgen bulguları bronşektazik değişikliğin şekline göre değişir. Genellikle bronşların duvarları kalınlaşmıştır, bronşlar geniş görülürler. Buna bağlı olarak *tren rayı* şeklinde paralel seyreden çizgisel opasiteler izlenir. Genişlemiş bronşların oluşturduğu hava bronkogramlarının bir araya toplanması tutulan segmentin veya lobun kollabe olduğunu gösterir. Kollabe bir lobdaki vasküler yapıların arasında kalan havalı akciğer kesimleri bu görünümü taklit edebilir. Dikkatli bakıldığında radiyal dağılan damarların arasında kalan bu alanların, genişlemiş bronşların tersine, çevreye doğru gittikçe genişlediği görülür.

Bronşlar sekresyonla dolarsa hacim kaybı nedeniyle birbirine yaklaşmış *parmak gibi* opak görünümler ortaya çıkar. Kistik bronşektazide sıvı seviyeleri gösteren ince duvarlı kistler vardır (Resim 2.58). Tutulan akciğer kesiminde kollaps belirginse kollapsın diğer bulguları ile birlikte komşu akciğer alanında kompansatuar havalanma fazlalığı ve genişleme görülür.

Bronşektazinin tanısı BT ile konur, YÇBT daha ayrıntılı görüntüler verir (Resim 2.59). Bronşektazi tanısında YÇBT'nin duyarlılığı ve özgüllüğü yüksektir. Silindirik bronşektazide bronşlar kesite paralelse bronş duvarlarında hafif düzensizliklerle birlikte, pe-



Resim 2.57 Bronşektazide düz röntgenogram bulguları, A. Sol retrokardiak bölgede bir araya toplanmış duvarları kalınlaşmış, genişlemiş bronşların oluşturduğu tren rayı görünümü (oklar), B. Sol alt lobda bronşektaziye bağlı kollaps (oklar) ve üst lobda kompansatuar havalanma fazlalığı. Sol parakardiak bölgede bronkopnömonik infiltrasyona bağlı nonhomojen küçük konsolidasyon alanları.



Resim 2.58 A. Sol akciğerde kistik bronşektazide bronkografik görünüm. B. Kistik bronşiektezide sıvı seviyesi gösteren kistik yapılar.

rifere doğru normaldeki daralmanın olmadığı görülür. Bu görünüm tren rayına benzetilmiştir. Genişlemiş bronşektazik bronşlar enine kesitlerde komşu pulmoner arterlerden geniş görülürler. Opak pulmoner arterle komşu yerleşimdeki geniş bronşun oluşturduğu bu görünüm *taşlı yüzüğe* benzetilmiştir.

Kesite paralel variköz bronşektazilerin genişlemiş kesimlerinin görünümü *boncuk dizisine* veya *tırtıla* benzer. Enine kesitlerde bronş geniş görülür. Kistik bronşektaziler ise genellikle sıvı seviyeleri içeren küçük kistlerin tipik görünümleri ile kolayca tanınır. Kistlerin görünümleri *üzüm salkımına* benzetilmiştir.

Dismotil silia sendromu

Bronşiyal epitelin silia fonksiyonu anormaldir ve yetersiz kalır. Buna bağlı olarak rinit, sinizüt, bronşektazi gelişir. Olgularda spermatozaların dismotilitesine bağlı sterilite gelişir. Hastalarda situs inversus ve dekstrokardi görülür. Sinüzit, situs inversus ve bronşektaziden oluşan üçlüye *Kartagener sendromu* adı verilir (Resim 2.60). Tanı klinik ve radyolojik bulgularla konur. Kesin tanı için burun mukozasından biyopsi yapılır.

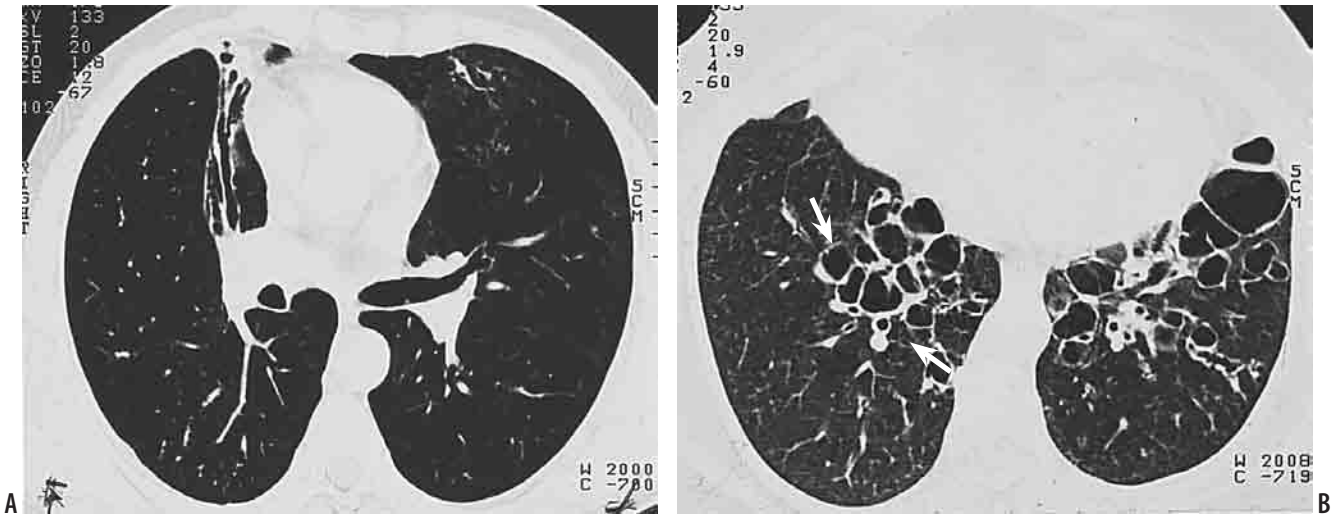
Kistik fibroz

Beyaz ırkın herediter bir hastalığıdır. Akciğer bulguları mukozada üretilen mukusun anormal şekilde koyu ve yapışkan olmasına bağlıdır. Bu koyu mukus plakları küçük bronşarı tıkayarak enfeksiyona neden olur. Tekrarlayan enfeksiyonlar sonucu bronşiyektaziler gelişir.

Radyolojik bulgular havalanma fazlalığı ve akciğerlerde, özellikle üst lobları daha çok tutmuş yaygın bronşektazidir. Tutulan bronşların distalinde atelektazi veya havalanma fazlalığı görülür. Hastalık ilerledikçe pulmoner hipertansiyon gelişir. Hiluslar büyümüştür. Bu büyüklük LAM (lenfadenomegali) ve/veya pulmoner hipertansiyona bağlı hiler damarın genişlemesine bağlıdır. İlerlemiş olgularda akciğerlerde yaygın fibroz gelişir.

Traksiyon bronşektazisi

Bu terim distal havayolları seviyesindeki şiddetli fibrozun bronşlar üzerindeki etkisini tanımlar. Bu şekildeki şiddetli fibrozun radyolojik görünümü bal peteği



Resim 2.59 A. Bronşektazide YÇBT bulguları, A. Sağ parakardiyak bölgede perifere kadar uzanan tren rayı görünümü, B. Taşlı yüzük görünümü (oklar).



Resim 2.60 Kartagener sendromu. Dekstrakardi ve her iki parakardiyak kesimde bronşektazik değişiklikler.



Resim 2.61 Bronşiyolit. Her iki akciğerde belirgin havalanma fazlalığı ve perihiler bölgelerde peribronşiyal doku artımı.

akciğerdir. Genişlemiş bronşlar perifere, plevral yüzeye kadar uzanırlar. Üst loblarda görülenlerde neden genellikle TB'dir. Alt loblardakiler ise genellikle idyopatik pulmoner fibrozun son evresinde görülür.

BRONŞİYOLİT

Kıkırdağı olmayan bronşların inflamasyonuna **bronşiyolit** adı verilir. Çocukların viral enfeksiyonlarında görülür ve şiddetli havalanma artışı ile birliktedir (Resim 2.61). Görünüm astımın akciğer görünümünden ayrılamaz. Yetişkinlerde de, gittikçe daha çok olmak üzere değişik nedenli bronşiyolitler tanımlanmaktadır.

Konstrüktif bronşektazi adı da verilen **bronşiolitis obliterans**, respiratuar bronşiyollerin tıkayıcı bir hastalığıdır. Bronşiyol duvarları mononükleer iltihabi hücreler ile infiltre edilir ve lümeni granülasyon dokusu ile doldurulur. Sonuçta fonksiyonel hava yolları tıkanır ve dispne ortaya çıkar. Hastalık idiyopatik olabileceği gibi, viral enfeksiyonlara, toksik duman inhalasyonlarına, ilaç reaksiyonlarına, organ transplantasyonlarına (akciğer, kalp-akciğer, kemik iliği), kronik aspirasyona ve kollajen doku hastalıklarına bağlı olarak da gelişebilir.

Yetişkinlerdeki konstrüktif bronşiyolit, çocukluk çağında geçirilmiş adenovirus enfeksiyonunun sekeli olabilir ve tek taraflı hiperlusent akciğer veya Swyer-James sendromu adını alır. Tutulan küçük bronşiyollerdeki obstrüksiyonun oluşturduğu çek-valv mekanizması ve distalindeki alveol duvarlarının tahribi ile periferal hava alanı belirgin şekilde genişler. Bu olay çocuklukta, akciğerin gelişimi sırasında olduğu için tutulan akciğer tam gelişemez, hipoplazik olarak kalır ve arteri de hipoplaziktir. Röntgende tutulan tarafta hemitoraks küçüktür, akciğerler küçük olmasına rağmen hiperlusenttir, damarları incelmiş ve seyrekleşmiştir ve hilusu da küçüktür. Ekspriyum röntgenogramlarında hava hapsi görülmesi ile hipoplazik akciğerden ayrılır. Bu hastaların çoğu asemptomatiktir, ancak bir kısmında dispne ve tekrarlayan aşağı solunum yolu enfeksiyonları görülür.

Şiddetli dispnesi ve belirgin havayolu obstrüksiyonu bulguları olan konstrüktif bronşiyolitli olgularda akciğer röntgenogramları normal olabilir. En sık görülen radyolojik bulgu, havalanma artışı ile birlikte görülen difüz retikülonodüler opasitelerdir.

Distal bronşiyollerin tutulumu en iyi YÇBT ile gösterilir. YÇBT'de, sekonder pulmoner lobüllerin merkezindeki "Y" veya "V" harfi şeklindeki bronş-arter ikilisinin görünümü belirginleşir. Ekspriyumda alınan kesitlerde tutulan bölgelerde hava hapsine bağlı radyolusensi artımı görülürken, normal bölgeler kollabe olacağından yoğunlukları yükselir. X-ışınının farklı zayıflama değerlerine bağlı olarak, farklı dansitedeki akciğer alanlarının yan yana bulunması, YÇBT'de *mozaik zayıflama* (atenuasyon) olarak isimlendirilir. Akciğer embolisinde tıkanan damarın distali de radyolusent görülür, ancak hava hapsi yoktur.

Mozaik zayıflamanın diğer nedenleri pnömosistitis karini (jiroveci) pnömonisi ve deskuamatif interstisiyel pnömoni gibi yamalı buzlu cam görünümü oluşturan hastalıklardır. Bunlarda da tutulan kesimde hava hapsi yoktur. Tutulan kesimdeki damarların normal çapta görülmeleri de dolaşımlarının normal olduğunu gösterir. Westermak işaretinde olduğu gibi radyolusensi artışının perfüzyon yetersizliğine bağlı olduğu durumlarda ise hiperlusent kesimler anormaldir ve içlerindeki damar çaplarının belirgin şekilde küçüldüğü görülebilir.

ASTIM-AMFİZEM

Astım, bronşların nöbetler halinde ve geriye dönen yaygın daralmasını anlatan klinik bir terimdir. Krizler arasında göğüs röntgenogramı normaldir. Kriz sırasında aşırı havalanma bulguları görülebilir. Radyolojinin işlevi, pnömotoraks ve pnömomediyasten, enfeksiyon ve mukus tıkaçlarına bağlı atelektazi gibi komplikasyonlarını araştırmaktır.

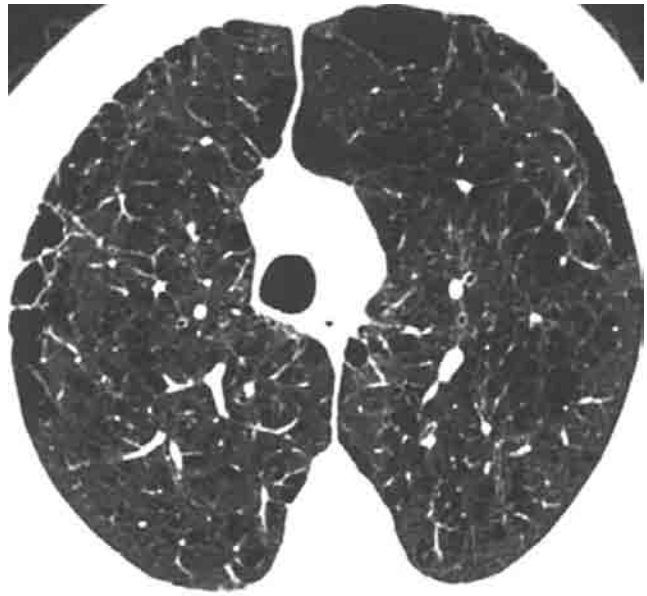
Amfizem terminal bronşların distalinde kalan hava yollarında, duvar harabiyeti ile birlikte görülen, ancak birlikte belirgin bir fibrozun bulunmadığı genişlemelerdir. Duvar harabiyeti olmadan görülen fazla havalanmaya ise *havalanma artışı* (*hiperaerasyon)* adı verilir. Amfizemin patolojik sınıflaması sekonder pulmoner lobül içerisindeki tutulan kesime göre yapılır.

Sentrilobüler amfizem en sık görülen şeklidir ve lobülün merkezi kesimindeki alveollerin genişlemesi ile karakterizedir; lobülün periferindeki hava aralığı korunur (Resim 2.62). Bu tip amfizem üst lobları daha fazla tutar.

Panlobüler amfizem lobülün içerisindeki tüm hava aralığının tutulmasına verilen isimdir. Respiratuar bronşioller, alveol kanalları ve alveollerin tümü tutulur. Bu tür amfizem sentrilobüler amfizemin aksine alt lobları daha çok tutar.

Paraseptal amfizem ise sekonder pulmoner lobülde interlobüler septalara yakın hava aralığını tutar, lobülün merkezi korunmuştur. Bu tür amfizemde üst lobların plevraya komşu alanlarının tutulması tipiktir (Resim 2.63). Amfizemli alanlar birleşerek apikal büller oluşturabilir. Bu büllerin rüptürü ile spontan pnömotoraks gelişebilir.

Parasikatrisiyel ya da irregüler amfizem ise fibrotik akciğer değişikliklerine komşu kesimde görülen amfizeme verilen isimdir (Resim 2.64). Sekonder pulmoner lobüldeki anatomik kesimlerle bir ilişkisi yoktur. En sık granülomatöz inflamasyonla birliktedir.

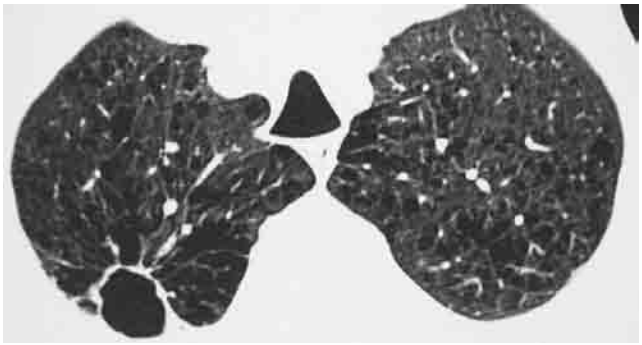


Resim 2.62 Sentrilobüler amfizem. Lobüllerin merkezi kesimlerindeki alveoller genişlemiş.

Obtrüktif amfizem ve kompansatuar amfizem olarak isimlendirilen olgular gerçekte bir havalanma artışıdır ve amfizem olarak isimlendirilmeleri yanlıştır. Obstrüktif tip hiperaerasyon bronşun ileri derecede daralmasına bağlıdır. İnspiriyumda giren hava ekspiriyumda çap daralmasına bağlı olarak çıkamaz. En sık nedeni çocukta yabancı cisim aspirasyonu ve endobronşiyal tüberküloz, yetişkinde bronş karsino-



Resim 2.63 Paraseptal amfizem. Plevraya komşu akciğer alanlarının tutulumu karakteristik.



Resim 2.64 Paraskatrisiyel amfizem. Sağ akciğer üst lob posterior kesimdeki fibroz çevresinde amfizem alanları.

mudur. Yenidoğanda görülen konjenital lobar amfizem de bu tür bir havalanma artışıdır. Bu hastalıkta lobun bronşunda kıkırdak halka anomalisi, yapışıklık, darlık veya baskı yapan anormal bir damar gibi bir sorun vardır. Kompansatuar hiperaerasyonda ise, kollabe lob, lobektomi, pnömonektomi gibi bir nedenle boşalan alan, komşu akciğerin fazla havalanması ile doldurulur.

Amfizemin radyolojik görünümleri farklı olan 2 ana grubu vardır: Pulmoner arterlerin azaldığı amfizem ve bronş-damar demetinin belirginleştiği, artmış akciğer işaretli amfizem. Klinikte bu iki tip arasında her zaman kesin sınırlar yoktur, olguların bir kısmında bulgular örtüşür.

Pulmoner arterleri azalmış amfizemde tutulum panlobülerdir. Akciğerlerde havalanma fazlalığı belirgindir. Periferal damarlar seyrekleşmiş ve incelmiştir. Kalp ve merkezi damarlar normal boyuttadır. Bül sık görülür. Klinik olarak parsiyel oksijen basıncı normaldir ve hastalar pembedir, siyanoz görülmez.

Artmış bronş-damar işaretli amfizemde ise tutulum sentrilobülerdir. Çizgisel akciğer işaretleri artmıştır. Bu görünüm küçük hava yolu kalınlaşmalarını ve kronik bronşit birlikteliğini temsil eder. Bül sık görülmez. Kronik hipoksemi sonucu hastalarda ikincil pulmoner polisitemi gelişir ve hastaların renkleri pembe değil mavi-mor olur.

Alfa-I antitripsin eksikliğine bağlı amfizemde alt zonlar daha çok tutulur. Bül ve bleblerin görüldüğü amfizem şekline ise büllöz amfizem adı verilir. Bül, akciğerde bir santimetreden büyük hava kistleridir. Blebler visserel plevra altındaki genellikle küçük boyutlu büllere verilen isimdir, röntgenogramlarda görülmeyebilir. Büllöz amfizemde büller ve blebler en iyi BT ile gösterilir.

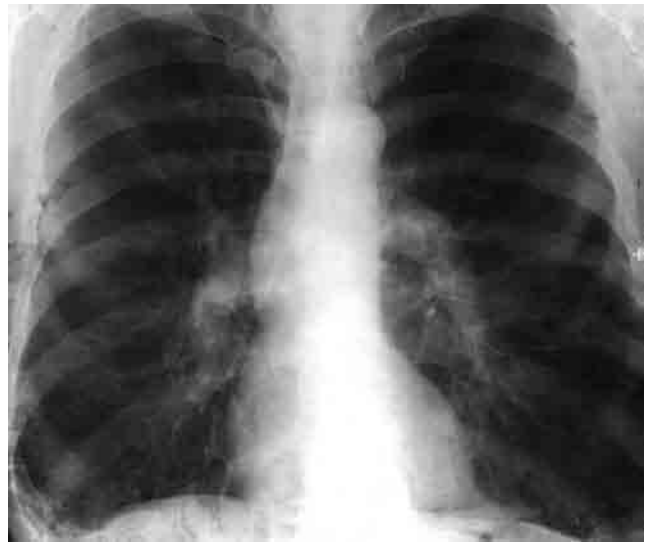
Röntgen bulguları

Amfizem tanısında göğüs röntgenogramı ile birlikte floroskopi de yapılabilir. Amfizemin en güvenilir dört röntgen bulgusu şunlardır (Resim 2.65): 1) Diyafragma hareketlerinde azalma, 2) Hiler damarlarda genişleme ile birlikte periferal damarlarda daralma, 3) Genişlemiş retrosternal alan, 4) Kalp boyutlarının solunumla paradoks değişiklik göstermesi. Normal olgularda kalp ekspiriyumda genişler, inspiriyumda küçülür; amfizemde ise hapsolan hava nedeniyle tersine ekspiriyumda küçülür, inspiriyumda büyür.

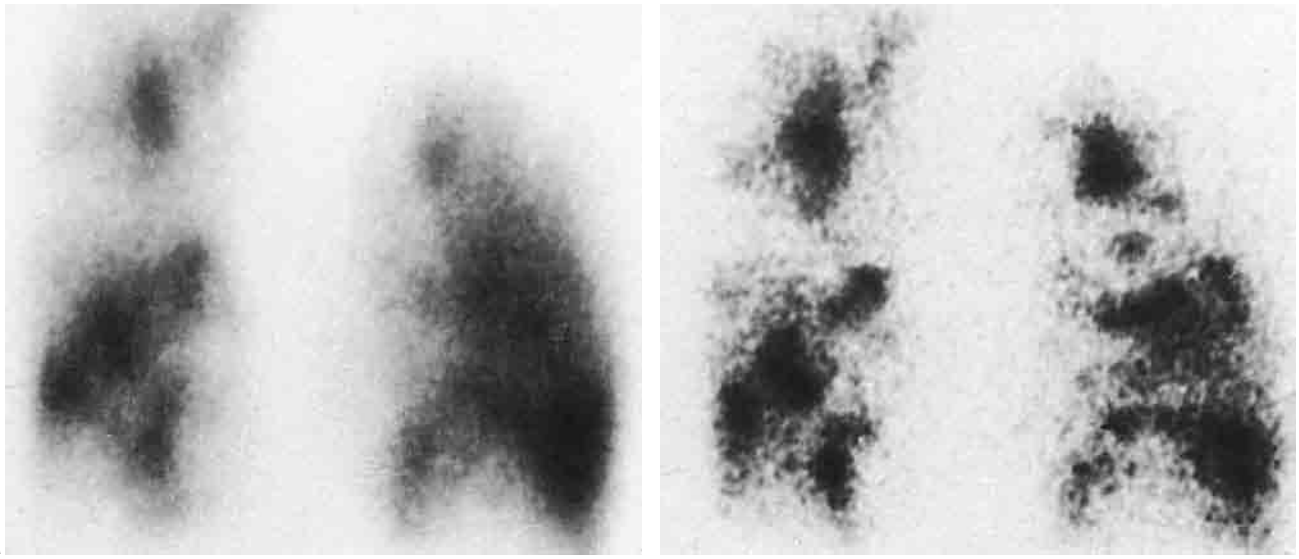
Bu dört ana bulgudan başka akciğerlerde radyolusensi artımı (sert çekime bağlı fazla kararma dışlanmak şartıyla), büllerin varlığı, göğüsün ön-arka çapında artma ve kifoz, strenumun öne doğru çıkıntı yapması, küçük vertikal duruşlu bir kalp görünümü, kor pulmonale, diyafragmaların aşağı pozisyonu ile birlikte periferlerindeki kaburgalara yapışma yerlerinin çekintili görünümü gibi bulgular amfizem tanısına yardım ederler.

Radyolojik tanı

Düz röntgenogramlar ve solunum fonksiyon testleri erken dönem amfizem tanısında yeterli değildir. Bulgular belirgin değilse konvansiyonel BT'de de gözden kaçabilir. Amfizem bulguları en erken YÇBT ile saptanır. İnce kesitler özellikle sentrilobüler amfizemin gösterilmesinde yararlıdır. Tutulan kesimler



Resim 2.65 Amfizemin röntgen görünümü. Hiler damarlarda büyüme, kalpte göreceli olarak küçük görünüm ve diyafragmalarda aşağı lokalizasyon ve çekintiler.



Resim 2.66 Amfizemde perfüzyon A ve ventilasyon B çalışması. Her iki sintigrafik görüntüde birbiri ile uyumlu defektif alanlar.

YÇBT'de duvarsız, düşük dansiteli alanlar şeklindedir. Bununla birlikte çok erken dönemdeki hafif değişiklikler ve 5 mm'den küçük amfizemli alanlar YÇBT ile gösterilemez.

Sintigrafide ventilasyon/perfüzyon çalışmaları hafif derecede amfizemi saptamada muhtemelen standart akciğer fonksiyon testlerinden daha duyarlıdır. Ventilasyon çalışmasının temizlenme fazında, aktivitenin akciğerde üç dakikadan daha uzun süre kalması obstrüktif akciğer hastalığını işaret eder. Radyonüklidin akciğerden homojen olmayan bir şekilde temizlenmesi de bölgesel obstrüksiyonun diğer bir bulgusudur.

Amfizem, astım, kronik bronşit ve bronşektazide ventilasyon defektleri o kesimlerdeki perfüzyon defektlerinden çok daha belirgindir (Resim 2.66). Başlangıçta perfüzyon defektleri segmental yapıda olabilir; alveoler duvar harabiyeti ve havalanma fazlalığı arttıkça segmental olmayan bir dağılım gelişir. Büllerde ilk inspiriyum sintigramında aktivite görülmez; dengelenme fazında aktivite tutulumu vardır, ancak temizlenme geç olur. Verilen radyofarmasötik alveoler duvardan geçerek sistemik dolaşıma katılıp hava yolu ile atılmadığı için inhalasyon sintigrafisinde bu bulgular saptanamaz.

Yenidoğanın lobar havalanma artışı (konjenital lobar amfizem)

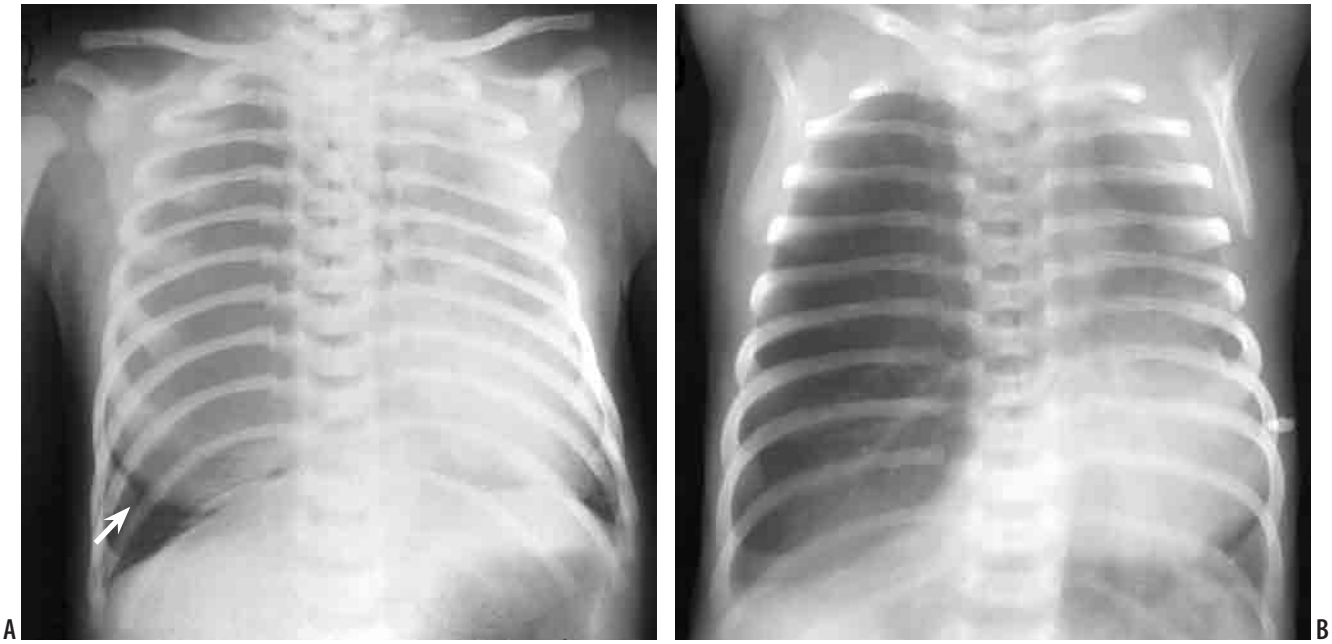
Bir lobun gittikçe artan aşırı havalanması ile karakterizedir. Alveol duvarları sağlamdır; bu nedenle amfizem adı verilmesi yanlıştır. Klinik tablo havanın içeri girmesine izin veren fakat çıkmasını engelleyen bronş obstrüksiyonuna bağlıdır. Etyolojisi tam bilinmez. Bronş kıkırdağının eksikliği, mukozal katlantı, mukus tıkacı, intramural fibroz veya bronşa dıştan bası gibi nedenler sorumlu tutulmuştur. Sırayla en sık sol üst, sağ orta ve sağ üst lobda görülür. Sol üst lobda görülenlerde konjenital kalp hastalığı bulunma olasılığı yüksektir (%20-50).

Antenatal olarak saptanamaz. Genellikle yenidoğan döneminde bulgu verir. Hayatın ilk bir kaç gününde, alveollerdeki sıvının temizlenmesinin yetersiz olması nedeniyle tutulan akciğer lobu opak görülebilir (Resim 2.67). Daha sonra hava hapsi nedeniyle lob gittikçe genişler, hiperlusent hale gelir ve üst loblarda ise retrosternal bölgeden karşı hemitoraksa herniye olur (Resim 2.68). Mediyasten karşıya itilir, komşu loblar kompresyona uğrar.

Hastaların bir bölümü kendiliğinden düzelir. Lobektomi semptomatik hastalarda uygulanır. Rezeksiyon çoğu zaman, bronşun anormal kesiminin distalinden yapıldığı için, spesmende anormal kesim yoktur ve patolojik neden çoğu zaman saptanamaz. Cerrahiden önce bronkoskopi yapılarak endobronşiyal bir lezyonun varlığı araştırılmalıdır.

SÜRFAKTAN YETMEZLİK HASTALIĞI

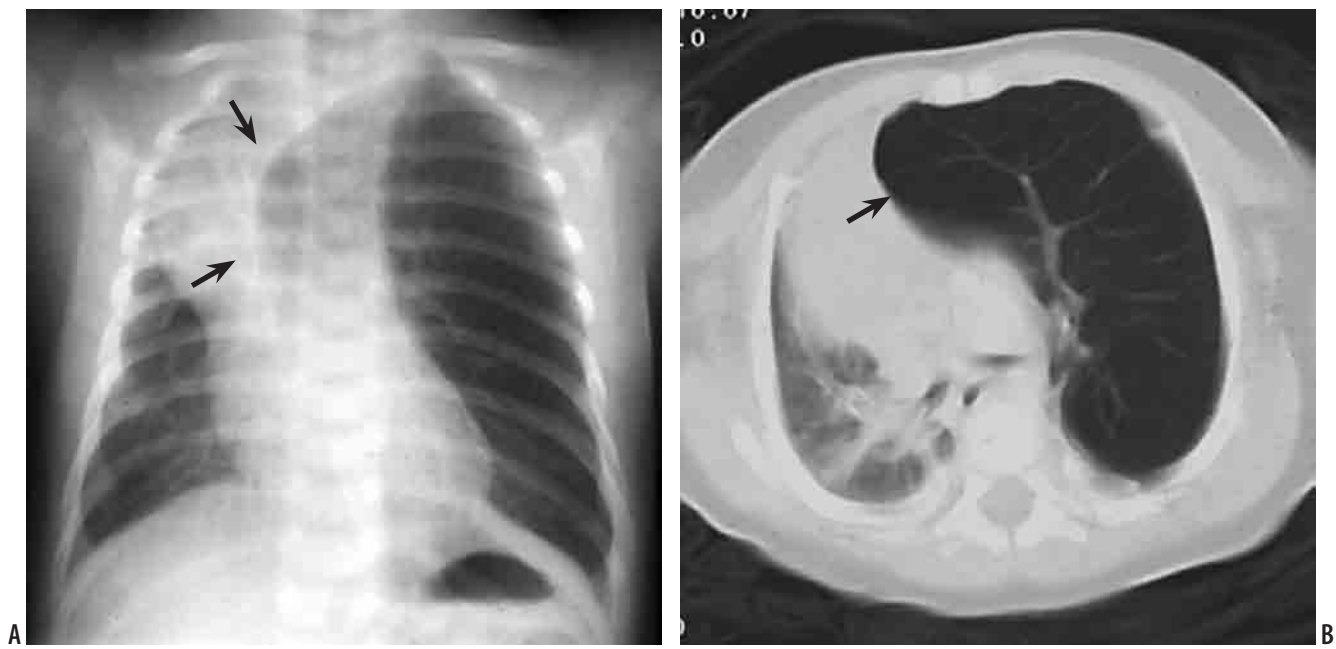
Hiyalen membran hastalığı ve respiratuar distres sendromu adı da verilir. Sıklıkla fatal olan bu hastalık prematürite ve perinatal anoksi ile ilgilidir. Genellikle



Resim 2.67 Konjenital loblar amfizem, A. Doğumdan hemen sonra alınan röntgenogramda sağ hemitoraksta amfizemli lob, içindeki sıvı nedeniyle opak görülüyor (ok), B. Kontrol röntgenogramında hemitoraksı doldurup üst mediyastenden karşıya herniye olan ve mediyastinal yapıları karşıya iten aşırı havalanmış lob.

2000 gr'ın altındaki çocuklarda, diyabetik annelerin çocuklarında ve sezaryenle doğanlarda görülür. Alveol duvarları başlıca fibrinden ibaret olan hiyalin bir membran ile kaplıdır. Alveoller kollabedir. Respiratuar bronşioller ve alveol kanalları genişlemiştir.

Röntgen bulguları genellikle doğumdan bir kaç saat sonra görülür hale gelir ve ilk 12 saat içerisinde daima vardır. Bu nedenle ilk 4 saat içersindeki normal akciğer görünümü tanıyı dışlamaz; 12 saat sonra elde edilen röntgenogram normalse hastalık olasılığı çok azdır.

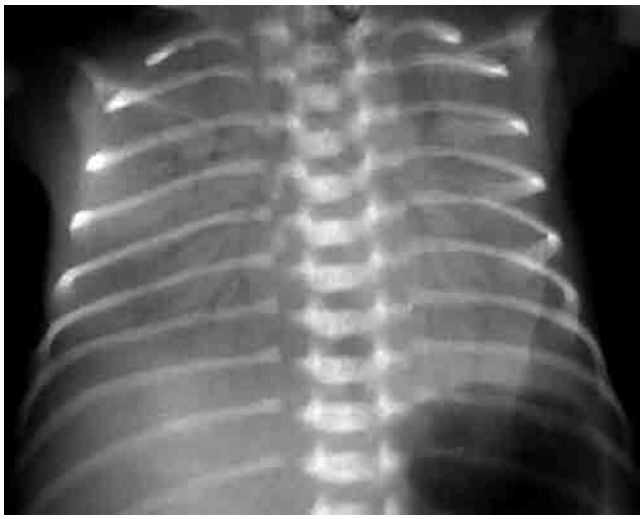


Resim 2.68 Sol üst lobda konjenital lobar amfizem. A. Röntgen. B. BT görünümleri. Aşırı havalanan sol üst lob önden karşı hemitoraksa geçmiş (oklar).

Röntgenogram tipik olduğundan tanımak kolaydır. Hastalığın tipik radyolojik görünümü, ince granüler opasiteler, akciğerde hacim kaybı ve hava bronkogramıdır (Resim 2.69). Opasiteler uniform dağılmış olmakla birlikte alt zonlarda daha belirgindir. Kalp genellikle büyüktür. İlerlemiş olgularda kalp kenarları silinir. Bazı olgularda görünüm gittikçe düzelir, diğerlerinde artar. Bu görünümler hiyalin membran hastalığına has değildir; histopatolojik incelemede %30 oranında pulmoner hemoraji, atelektazi, pnömoni ve basit immatürite gibi başka nedenler saptanmıştır.

Oksijen tedavisi yapılan olguların bir bölümünde görüntü daha bölgesel ve kaba yoğunluk artımı şeklini alır. Bu hastalarda yer yer kollaps ve amfizem alanları gelişebilir, interstisiyel ve mediyastinal amfizem görülebilir. Bu değişikliklerin büyük bölümü yapılan oksijen tedavisine bağlıdır. Hiyalin membran hastalığında değişik evreler bulunması nedeniyle tek bir röntgenle tanıya varmak daima yanıltıcı olabilir.

Hiyalin membran hastalığının görüntülerini değerlendirmek için normal ve prematür akciğerin ekspansiyonunu iyi bilmek gerekir. Normal yeni doğanda akciğerin tam ekspansiyonu ilk nefes almadan sonraki bir kaç dakika içerisinde tamamlanır. Prematürlerde ise bu ekspansiyon daha yavaş ve daha az uniform olabilir. Alt loblarda özellikle sol alt lobda atelektazik alanlar kalabilir. Prematürlerde akciğerin ekspansiyonu ilk sekiz saat içerisinde tamamlanır.



Resim 2.69 Sürfaktan yetmezlik hastalığı. Kalp konturlarını silen difüz yoğunluk artımı ve hava bronkogramları.

ENFEKSİYON VE ENFESTASYONLAR

PNÖMONİLER

Pnömoninin radyolojik bulgusu bronş-damar görünümlerinde artma ve konsolidasyondur. Bronş-damar görünümlerde artma hem arterlerin belirginleşmesi, hem de bronşların sekresyonla dolarak görülür hale gelmesine bağlıdır. Konsolidasyon terimi alveoller, bronşioller ve küçük bronşlar içerisindeki havanın eksuda, transüda, kan veya hücre ile yer değiştirmesi anlamına kullanılır. Örneğin pnömonilerde, pulmoner ödemde, pulmoner enfarktta ve bronko-alveoler karsinomada konsolidasyon görülür. Konsolidasyonlar küçük lokalize alanlar şeklinde yerleşirse yamalı konsolidasyon, büyük bir alanı kaplayacak şekilde ise homojen konsolidasyon adını alırlar. Her iki tip bir arada bulunabilir. Yamalı konsolidasyon daha çok alt zonlarda iki taraflı, homojen konsolidasyon ise üst zonlarda ve daha çok tek taraflı yerleşir.

Pnömoni akciğerin enfeksiyöz nedenli hastalığıdır. Enfeksiyon nedeni olan mikroorganizmalar akciğere hava yoluyla, hematojen yoldan ya da mediyasten, göğüs duvarı, üst karın bölgesi gibi komşu alanlardan doğrudan yayılım yolu ile ulaşabilir. Hava yoluyla gelen mikroorganizmalar akciğerde, makroskopik ve dolayısıyla radyolojik görünümlerine göre üç farklı pnömoni örneği oluşturur: Lobar pnömoni, lobüler pnömoni ve interstisiyel pnömoni.

Lobar pnömoni: Alveoller iltihabi hücre ve sıvı ile dolar. Bu nedenle alveoler pnömoni de denir. Hastalık distal hava aralığından başlar ve iltihabi eksüda anastomotik kanallar aracılığı ile yayılarak tüm segmenti tutar. Hastalık tedavi edilmezse yayılma devam eder ve tüm lob tutulur. Bronşlar korunduğu için konsolide kesim içerisinde hava bronkogramları görülür.

Lobar pnömoninin tipik örneği pnömokoksik pnömonidir. Pnömokoklarla meydana gelen pnömonide alt loblar ve üst lobların arka kesimleri sık tutulur (Resim 2.70). Olguların yaklaşık yarısında parapnömonik plevral sıvı görülür. Uygun tedavi ile konsolidasyon 10-14 gün içerisinde temizlenir. Yaşlılarda ve tutulan akciğerde altta yatan bir neden varsa bu süre 8-10 haftaya kadar çıkabilir. Hastalık bronkopnömonik konsolidasyon şeklinde de görülebilir. Çocuklarda görülen yuvarlak pnömoni de pnömokoklar tarafından oluşturulur (Resim 2.71).

Lobüler pnömoni: Erken evresinde tutulum lobüler bronşlar ve çevresindedir. Hastalık ilerledikçe eksudatif sıvı bronş boyunca distale ilerleyerek lo-



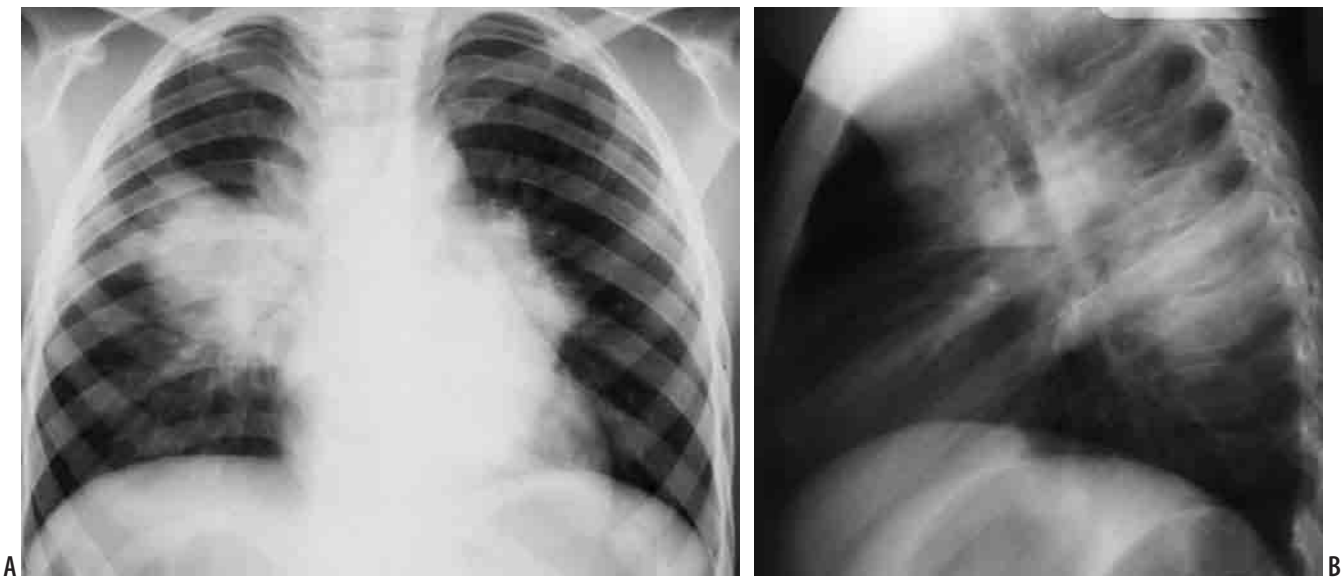
Resim 2.70 Sağ akciğer üst lobda primer pnömoni.

bülü doldurur ve lobül boyutunda bir konsolide alan oluşur. Kabaca lobül boyutlarındaki konsolidasyonlar, arada kalan sağlam lobüller ile birlikte yamalı bir görünüm verir. Bu görünüm *yamalı yorgana ("patchwork quilt")* benzetilmiştir (Resim 2.72). Bronşlar da tutulduğu için eksuda ile dolar ve hava bronkogramı oluşmaz. Lezyonlar birleşirse görünüm lobar pnömoniye benzer. Stafilokok pnömonileri bu şekilde görülür. **Bronkopnömoni**, büyük bronşları ve çevresindeki parankimi tutan miks tip bir pnömonidir.

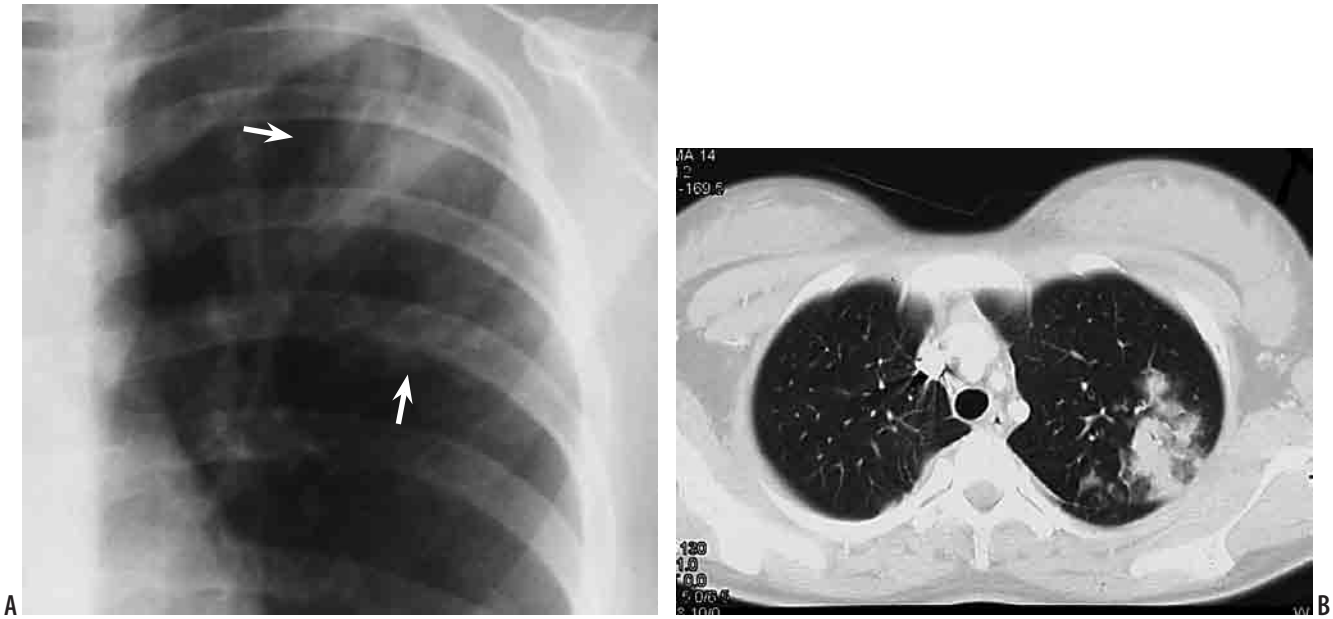
İnterstisiyel pnömoni: Bronş ve bronşiyol duvarlarında ve intersitisiyumda iltihabi kalınlaşma vardır. Radyolojik karşılığı peribronşiyal kalınlaşma ve retikülonodüler örnektir. Alveoler alan tutulmadığı için hava bronkogramları görülmez. Küçük hava yollarının tutulumuna bağlı olarak segmental ve subsegmental atelektaziler sık görülür. Viral pnömoniler interstisiyel tipte pnömoni yapar.

Çocuklarda sık görülür. Çocuklarda bronşioller çap olarak küçüktür ve az miktarda sekresyonla kolayca çek-valv tipi obstrüksiyon oluşur. Bu nedenle çocuklarda görülen interstisiyel tip pnömonilerde havalanma fazlalığı kuraldır.

Pnömonilerin morfolojik görünümlerine göre yapılan bu ayırım pratikte keskin sınırlarla birbirinden ayrılmaz ve aynı mikroorganizma değişik şekillerden biriyle hastalık oluşturabilir. Böyle bir ayırım tedavide de bir farklılık oluşturmaz. Tedaviye yön vermesi bakımından pnömonilerin, röntgenolojik olarak primer ve ikincil olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenmesi daha yararlıdır. Primer pnömonilerde alttaki akciğer dokusu normaldir, ikincil pnömonilerde ise



Resim 2.71 Yuvarlak pnömoni. A. Sağ hilus üzerine superpoze yuvarlak kitleye benzer yoğunluk artımı, B.Yan röntgenogramda sağ akciğer alt zon apikal segmentinde benzer görünüm. Görünüm yan röntgenogramda da yuvarlak kitleye benzer şeklini koruyor. Her iki röntgenogramda paratrekeal lenfadenomegaliyi düşündürür yoğunluk artımı.



Resim 2.72 Lobüler pnömoni. A. akciğer üst lobda yamalı konsolidasyon (oklar). B. BT görünümü.

pnömoninin geliştiği akciğer kesimi sağlam değildir veya aspirasyon gibi bir başka neden vardır.

Primer pnömoniler

Röntgenolojik olarak saptandığında en büyük boyutundadır; hasta gözlem altında iken genellikle lezyonlarda bir ilerleme görülmez. Konsolidasyonların alt bölgelerinin yoğunluğu daha fazladır. Bakteriyel ve viral pnömoniler primer pnömoni örnekleridir.

Primer pnömonilerde konsolidasyonun sınırları belirgin değildir. Tutulan bölgede genellikle hacim değişikliği yoktur. Post-operatif pnömoniler ve Friedlander pnömonisi bu kuralın dışındadır; birincisinde tutulan bölgede hacim kaybı, ikincisinde hacim artımı vardır. Viral pnömoniler ve primer TB pnömonisi dışında lenfadenopati görülmez. Konsolidasyon segmental dağılım göstermez. Lezyonlar genellikle 3-4 hafta içinde temizlenir.

İkincil pnömoniler

Pnömoninin yerleştiği akciğer parçası normal değildir. Alttaki anormallik fibroz, bronşektazi veya sekestrasyon olabilir veya bronş obstrüksiyonu nedeniyle bu akciğer parçasının drenajı bozulmuştur. Obstrüksiyon genellikle yetişkinlerde bronş kanserine, çocuklarda yabancı cisim aspirasyonuna bağlıdır. Aspirasyon pnömonileri de ikincil pnömoni olarak kabul edilir.

Ikincil pnömonilerde konsolidasyonun sınırları belirgindir. Tutulan kesimde genellikle hacim kaybı vardır. Bazı olgularda birlikte lenfadenopati görülür (bronş karsinomu). Bronş obstrüksiyonuna bağlı olanlar segmental dağılım gösterirler; konsolidasyon uzun süre devam eder ve lezyonlar zamanla artabilir.

Pnömonilerde röntgenolojik bulgular klinik bulgulardan sonra ortaya çıkar ve hastanın kliniği düzeldikten sonra da görülmeye devam eder. Pnömonilerin röntgenolojik görünümlerine bakarak etyolojik ajanı saptamak genellikle olanaksızdır; ancak bazı pnömonilerde ayırt edici özellikler bulunabilir.

Aspirasyon pnömonisi

Aspire edilen maddelere karşı farklı inflamatuar cevabı tanımlayan bir terimdir. En sık orofarenks ve gastrik sekresyon aspire edilir. Hastalar debil, bilinçsiz, özofagus anormalliğine bağlı yutma zorluğu ya da yutma fonksiyon bozukluğuna sahip olabilir. Mide içeriği solunum mukozası için şiddetli irritandır, bronş ve alveol duvarında doğrudan hasar meydana getirebilir. Aspirasyona bağlı olarak gelişen kimyasal pnömonit, aspire edilen maddenin asiditesi, hacmi ve partikül boyutu arttıkça şiddetlenir. Genç hastalarda pnömonit bulguları daha belirgin görülür. Büyük partiküller granülomatöz yabancı cisim reaksiyonu oluşturur.

Aspirasyon pnömonisinin röntgen görünümü yay-

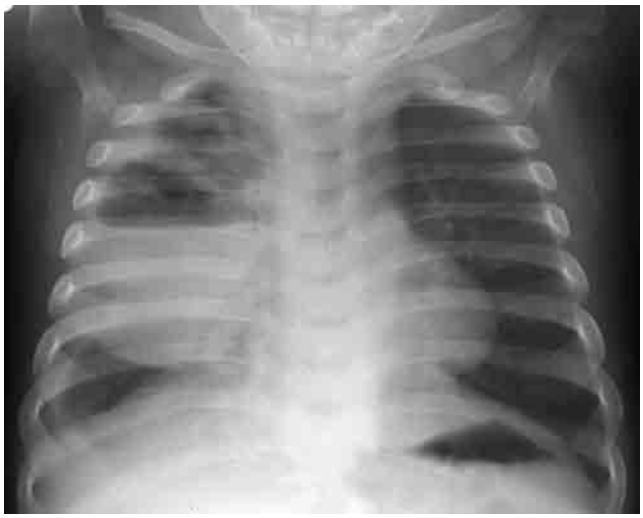
gın düzensiz opasiteler veya nodüllerdir. Bunlar bazal akciğer kesimlerinde uzun süre devam eden yamalı konsolidasyon şeklinde görülürler. Tutulum sıklıkla iki taraflıdır ve bazal ve perihiler bölgelerde belirgindir. Aspire edilen madde miktarı çoksa segmental atelektaziler görülebilir. Tekrarlayan kronik aspirasyonlarda muhtemelen peribronşiyal skar dokusunu temsil eden düzensiz retiküler interstisiyel opasiteler ortaya çıkar. Yemek partiküllerinin neden olduğu granülomatöz değişiklikler retikülonodüler örnek oluşturur.

Laksatif olarak devamlı mineral yağları veya yağlı burun damlaları kullanan yaşlılarda akciğer kanserini taklit eden soliter kitle lezyonu görülebilir. BT ile lezyonun yağ dansitesi saptanır ve anamnezle birlikte tanı konur.

Stafilokok pnömonisi

Etken stafilokokus aureus'tur. Yenidoğan döneminde, solunum yolu enfeksiyonlarından ölümlerin en sık nedenidir. Bir yenidoğanda pnömoni bulguları ile birlikte osteomyelitin görülmesi stafilokok enfeksiyonunu düşündürmelidir.

Röntgende lezyonlar yamalı konsolidasyonlar şeklindedir (Resim 2.73). Tüm lob da tutulabilir. Lezyonların görünümü hızla değişir. Olguların %90'ında plevra tutulur, ampiyem sıktır. Olguların %40-60'ında hastalığın ilk haftasında *pnömatoseller* ortaya çıkar. Bunlar, ince duvarlı hava kistleridir. İçlerinde sıvı düzeyi görülebilir. Bir-iki ay içerisinde kendiliğinden kaybolur. Pnömatosellerin patlaması pnömotoraksa neden olabilir. Hastalığın seyrinde apse gelişebilir.



Resim 2.73 Stafilokok pnömonisi. Tek taraflı pnömonik konsolidasyon ve plevral tutulum.

Stafilokok pnömonileri çocuklarda sıklıkla tek taraflıdır. Yetişkinlerde ise tutulum daha çok (%60) iki taraflıdır, plevral tutulum daha az görülür (%50) ve apse oluşumu daha sıktır (%25-75).

Mikroorganizmanın hematojen yolla yayılımında akciğerde periferde lokalize sınırları seçilemeyen opasiteler ortaya çıkar. Zamanla kenarları belirginleşen bu opasiteler kaviteleşir ve metastatik apseler meydana gelir.

TÜBERKÜLOZ

Mikobakterium tüberkülozisin etken olduğu spesifik bir pnömonidir. Primer tüberküloz ve reenfeksiyon tüberkülozu adı verilen, röntgen görünümleri farklı, iki ayrı tipi vardır. Primer tüberküloz, basille ilk karşılaşmada görülen enfeksiyondur. Reenfeksiyon tüberkülozunda organizma daha önce primer enfeksiyonu geçirmiştir. Hastalık, daha önceki lezyonların reaktivasyonu ve/veya reenfeksiyon nedeniyle gelişir. Yetişkinlerde görülen hastalığa ikincil tüberküloz, yetişkin tipi tüberküloz, post primer tüberküloz adları da verilir.

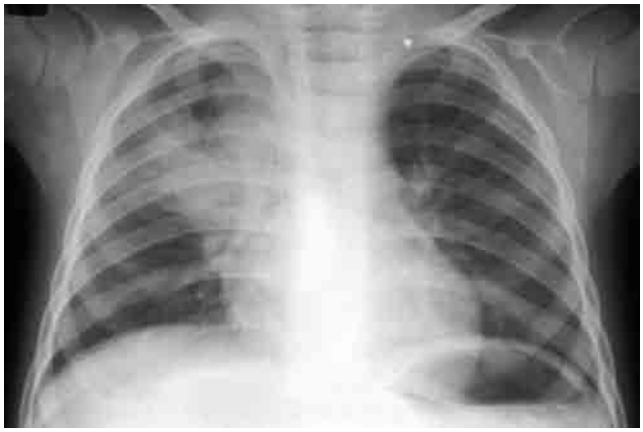
Primer tüberküloz

Tüberküloz basilinin organizmaya ilk girişinde oluşturduğu enfeksiyondur. Çocuklarda ve genç yetişkinlerde görülür. Solunum yolu ile akciğere yerleşen tüberküloz basili 1-7 cm çapında, homojen olmaya eğilimli, sınırları iyi seçilemeyen bir konsolidasyon yapar. Buna *primer fokus* adı verilir. Primer fokus kesin bir yerleşim yeri göstermez, fakat üst lobları ve plevral yüzeye yakın bölgeleri tutmaya eğilimlidir; göğüs röntgenogramlarında her zaman görülmeyebilir.

Primer tüberkülozun diğer önemli bir bulgusu lenfadenomegalidir, hiler veya orta mediyasten lenf nodları tutulabilir; en sık sağ tarafta görülür. Lenfadenomegali primer tüberkülozu reenfeksiyon tipinden ayıran en önemli röntgen bulgusudur. Bazen konsolidasyon görülmez, lenfadenomegali tüberkülozun tek bulgusu olabilir.

Konsolidasyon ve lenfadenomegali birlikte *primer kompleks* adını alır (Resim 2.74). Primer komplekslerin büyük çoğunluğu kalsifikasyonla iyileşir. Bir kısmında ise hastalık ilerler ve değişik röntgen görünümleri ortaya çıkar.

Lenf nodlarının bronşlara basısına bağlı olarak



Resim 2.74 Primer tüberküloz. Sağ perihiler bölgede primer foküse ait infiltrasyon, sağ trakeobronşiyal lenf nodlarında büyüme (primer kompleks).

segmental veya lobar kollaps görülebilir. En sık orta lob ve üst lobun anterior segmenti tutulur. Kollapsın uzun sürmesi tutulan kesimde bronşektazi gelişimine neden olur.

Bronş obstrüksiyonunun daha az sıklıkta görülen diğer bir nedeni de endobronşiyal tüberkülozun granülasyon dokusudur. Ancak bazen çek-valv tipi obstrüksiyon yaparak obstrüktif havalanma fazlalığına neden olur.

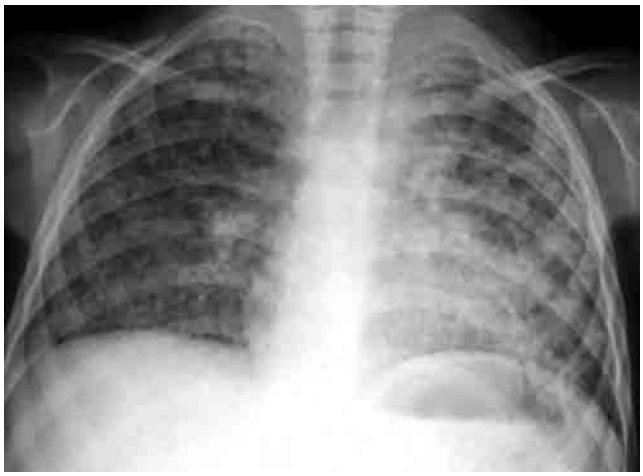
Basillerin infiltrasyon odağından hematojen yayılımı sonucu akciğerde miliyer tüberküloz ortaya çıkar (Resim 2.75). Miliyer tüberküloz, primer tüberkülozda yetişkin tipine göre daha sık görülür. Toplu iğne başı büyüklüğünde, uniformite gösteren, tüm akciğere simetrik olarak yayılmış opasiteler şeklindedir. Nadiren hastalık ilerleyerek reenfeksiyon tipi hastalık gelişebilir.

Çocukta görülen primer tüberkülozda plevral sıvı ve kaviteleşme nadirdir. Adölesan dönemi TB enfeksiyonunda toraks tutulumu tek başına plevral sıvı şeklinde olabilir. Tedavi edilmeyen olgularda en geç 6 ay içerisinde parankimde reenfeksiyon tipi tüberküloz bulguları ortaya çıkar. Primer tüberküloz lezyonlarının röntgende kaybolması bir yıl sürebilir.

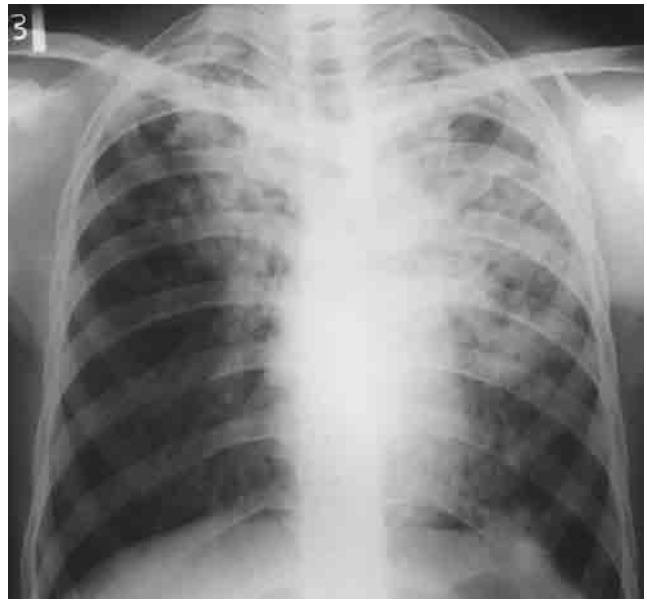
Reenfeksiyon tüberkülozu (ikincil TB, yetişkin tipi TB)

Sıklıkla üst lobların apikal ve arka, alt lobların süperior segmentlerini tutar. Hemen daima akciğerin arka yarısına yerleşir. Önde yerleşen lezyonlar tüberküloz yönünden bir daha gözden geçirilmelidir. Genellikle iki taraflıdır; sıklıkla bir tarafın üst zonu, karşı tarafın orta veya alt zonu tutulur. Tanıda tüberkülin testi önemlidir. Tüberküloza benzeyen fakat tüberkülin negatif olan olguların %59'unda tüberküloz olmadığı saptanmıştır.

Akciğerlerdeki lezyonlar eksüdatif ve fibroprodüktif tipte olabilir. Eksüdatif tip, yumuşak görünümlü, alveoler örnek gösteren, yamalı konsolidasyonlar şeklindedir (Resim 2.76) ve birleşerek tüberküloz pnömonisi yapabilir. Fibroprodüktif tipte lezyonlar



Resim 2.75 Miliyer tüberküloz. Her iki akciğerde homojen dağılmış, üniform miliyer opasiteler.



Resim 2.76 Akciğer tüberkülozunda bronkojen yayılım (sol orta ve alt zonda). Eksüdatif tipte TB infilitrasyonu.



Resim 2.77 Eksüdatif ve fibroprodüktif reenfeksiyon tüberkülozu.

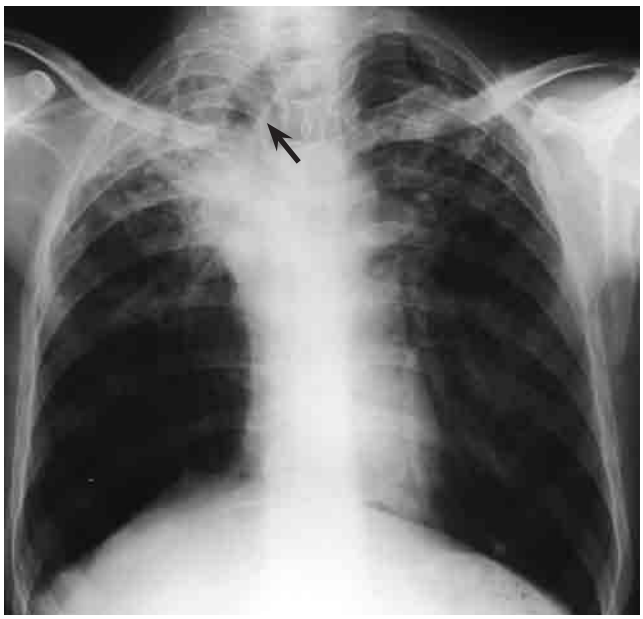
daha ziyade interstisiyumdadır; çizgisel ve nodüler, keskin kenarlı opasiteler şeklindedir (Resim 2.77). Fibroz nedeniyle normal akciğer yapılarında çekilmeler izlenir (Resim 2.78). Eksüdatif ve fibroprodüktif tip akciğer lezyonları bir arada görülebilir (Resim 2.79). Yetişkin tipi tüberkülozunun radyolojik görünümleri çeşitli şekillerde olabilir.

Kavitasyon sıktır (Resim 2.80). Tüberküloz kavitelerine kavern adı verilir. Kavernin duvarları orta kalınlıktadır, iç sınırları düzenli, dış sınırları düzensizdir, nadiren sıvı düzeyi gösterirler. Bronşiyal yayılım sık görülür. Lezyonlar yaygın asinar gölgeler şeklindedir birleşerek tüberküloz pnömonisi yapabilir.

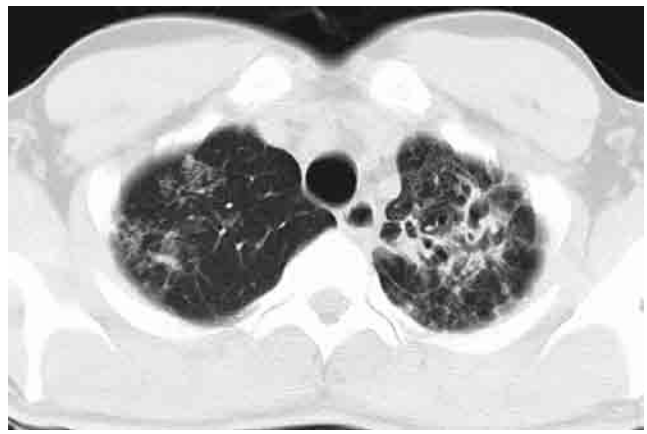
Bronşektazi gelişebilir. Bu ya enfeksiyonun doğrudan bronşları tutmasına ya da lenf nodlarının basısına bağlı uzun süre devam eden atelektaziye bağlıdır. Lenf nodu basısına bağlı olanlar sıklıkla sağ üst lob anterior segmentinde ve orta lobda görülür. Endobronşiyal tüberküloz görülebilir. Bronş içerisinde büyüyen granülasyon dokusu atelektazi veya obstrüktif havalanma fazlalığına neden olur. Çocukta sık görülen bu şekli yetişkinde seyrektir.

Tüberkülom genellikle soliter bir nodül şeklindedir. (Resim 2.81). Üst loblarda sık görülürler; plevral yüzeye yakın yerleşirler; 1-3 santimetre çapında, kenarları düzgün, sıklıkla tek lezyonlardır. Çevre akciğer dokusunda %80 olguda tüberküloz enfeksiyonuna bağlı değişiklikler izlenir. İçinde sıklıkla kalsifikasyon görülür. Bu özellikleri tümörden ayırımını sağlar. Miliyer yayılım genellikle hastalığın seyri sırasında vücut direncinin düşmesiyle ortaya çıkar (Resim 2.82).

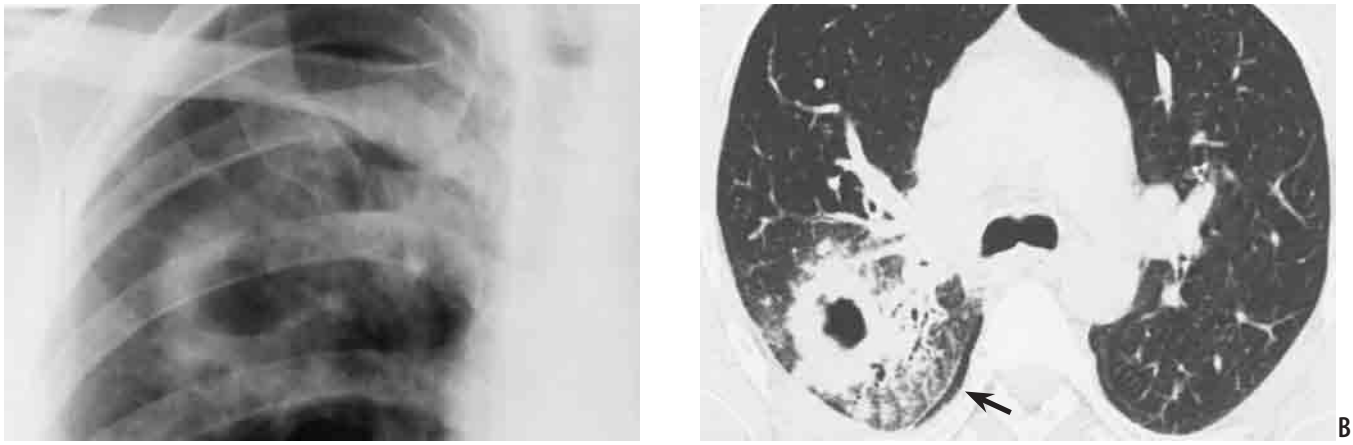
Tüberkülozun akciğer lezyonları genellikle birleşmezler. Kronik lezyonlar keskin kenarlıdır. Akut lezyonlar ise yumuşak görünümlüdür, kenarları belirgin değildir. Lezyonların bir yerde iyileşirken diğer yerde ortaya çıkması yetişkin tipi tüberkülozun önemli özelliğidir.



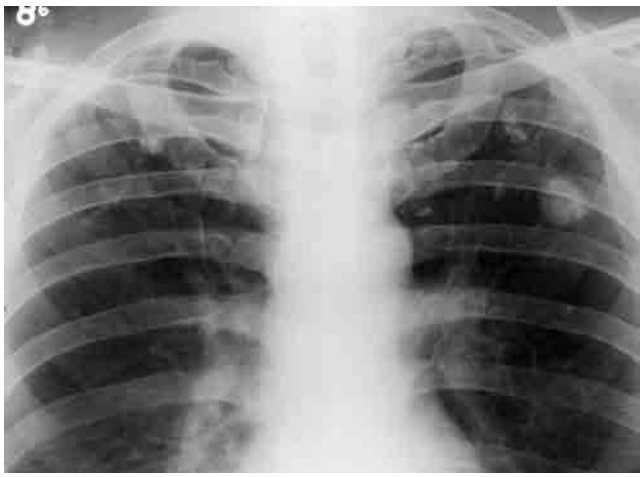
Resim 2.78 Reenfeksiyon tüberkülozunda fibroprodüktif görünümler. Sol üst zondaki lezyonlarda küçük kalsifik odaklar mevcut. Sağ üst zondaki fibroza bağlı olarak trakeada sağa doğru çekilme (ok).



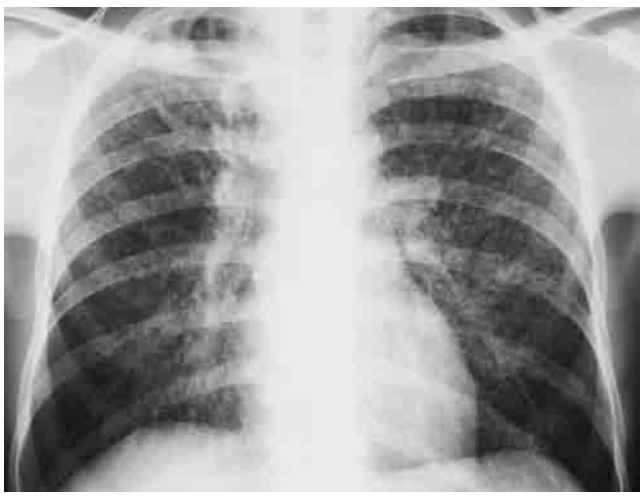
Resim 2.79 Reenfeksiyon tipi tüberkülozun YÇBT görünümü. Sol akciğer üst zonda fibroprodüktif değişikliklerle aynı zamanda sağ akciğer üst zonda ekssüdatif alveolar örnek.



Resim 2.80 Reenfeksiyon tipi tüberkülozda kavite. A.Röntgen. B. BT görünümü. Kavite çevresinde eksüdatif alveoler örnekler ve birlikte pnomotoraks görünümü (ok).



Resim 2.81 Sol üst zonda düzgün kenarlı kalsifiye tüberkülom. Çevresinde ve sağ üst zonda fibroprodüktif tüberküloza bağlı keskin kenarlı yoğunluk artımları.



Resim 2.82 Miliyer TB. Üniformite gösteren simetrik dağılmış lezyonlar.

ASPERGİLLOZ

Akciğerde farklı görünümlerde hastalıklara neden olan bir mantardır. En sık görülen türü aspergillus fumigatustur. Mantarın yaptığı hastalığın şekli hastanın immün durumuna bağlı olarak değişir.

Allerjik bronkopulmoner aspergilloz

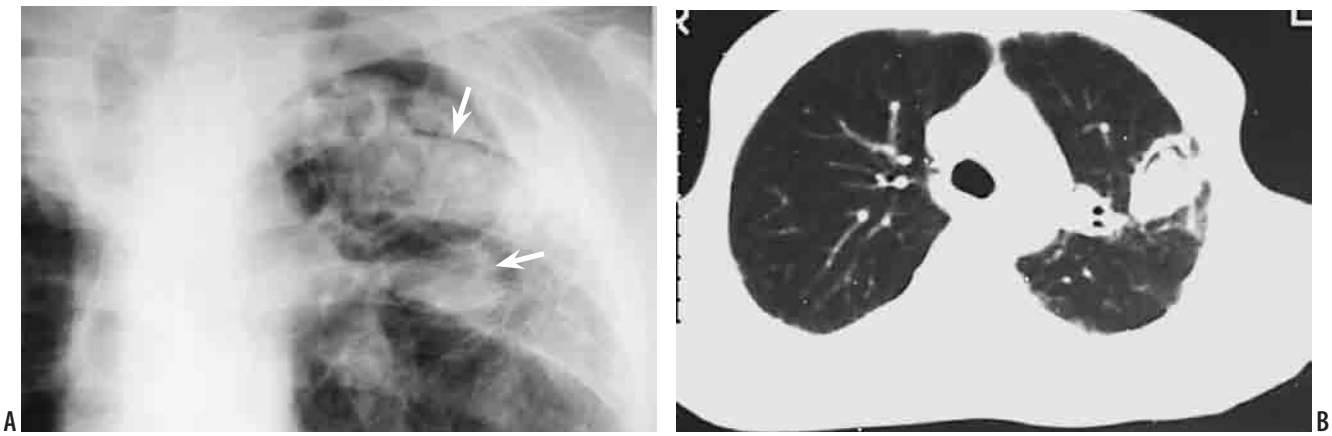
Hastalar etkene hipersensitiftir. Astım ve kistik fibrozlu olgularda görülür. Hipersensitive başlangıçta bronkospazma ve bronş duvarında ödeme neden olur, daha sonra duvarda hasar, bronşektazi ve akciğerde fibroz gelişir. Bronşektazi tipik olarak santral bronşarın proksimal kesimlerini tutar, distalinde mukus birikir. Mukus birikimi kalınlaşmış bronş duvarı ile birlikte *eldivenli parmak* görünümü verir. Birlikte parankimde yer değiştiren alveoler örnek görülür. Hastalığın kronik evresinde özellikle üst lobları tutan fibroz gelişir. Olgularda % 10 oranında kavite görülebilir.

Aspergillom (miçetom, mantar topu)

Mantarın, akciğerde daha önceden var olan bir kavite (TB, sarkoid, bül gibi) içerisinde saprofit olarak büyümesidir. Kavite içerisinde çoğalan mantar, mukus ve iltihabi hücrelere birlikte bir yumak yapar. Hastanın hareketi ile pozisyonu değişebilen bu yumak radyolojik olarak 3-6 cm çapında bir top görünümdedir (Resim 2.83). Top ile kavite duvarı arasında kalan hava, topu yukarıdan çevreler. Havanın bu görünümüne, şeklinden dolayı *hilal* veya *meniskus işareti* adı verilir.

İnvaziv aspergilloz

Kemik iliği transplantasyonu, lösemi tedavisi gibi immün sistemi ileri derecede baskılanmış olgularda görülür. Mortalite oranı yüksektir. Enfeksiyon, mantarın



Resim 2.83 Aspergillozda mantar topları. A. Miçetomlar (oklar). B. BT kesitinde kavite içerisinde mantar topunun yaptığı menisküs işareti. Ayrı olgular.

endobronşiyal çoğalımı ile başlar, daha sonra vasküler invazyona, tromboza ve akciğerde enfarkta neden olur. Bu tür enfeksiyonlara anjiyoinvaziv enfeksiyon adı verilir. Birlikte beyin, karaciğer, böbrekler ve sindirim borusu tutulabilir.

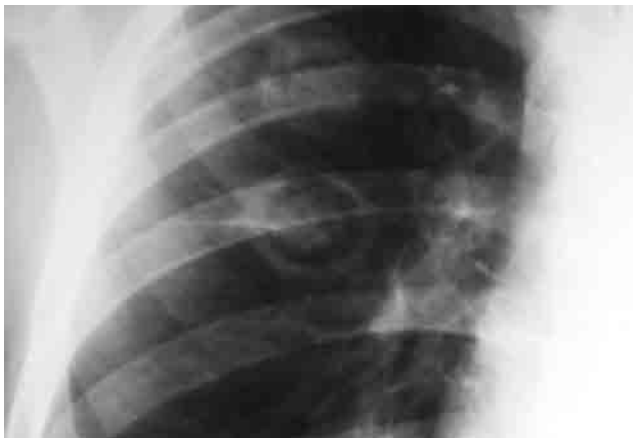
Radyolojik olarak yaklaşık % 40 olguda pulmoner nodüller görülür. Nodüllerin çevresinde *buzlu cam görünümünde bir halo* mevcuttur. Bu görünüm kanamaya bağlıdır. İki hafta içerisinde, nodüllerin yarısı kavitele-şir ve içlerinde hilal işareti oluşur (Resim 2.84). Hilal işaretinin ortaya çıkması granülositik reaksiyonun ve kanda granülositlerin arttığını ve dolayısıyla düzelmeyi gösterir. Buradaki hilal işaretini mantar topunun çevresindeki hilal işareti ile karıştırmamak gerekir. İnvaziv aspergillozisteki hilal işareti nekroze kesimin çevresinden ayrılması ile ortaya çıkar. Akciğerin başka kesimlerinde bronkopnömonik ve fokal konsolidasyon alanları görülebilir.

Hastalığın immün sistemin biraz daha az baskılandığı durumlarda ortaya çıkan, daha hafif şekline semi-invaziv (kronik nekrotizan) aspergilloz adı verilir. Radyolojik görünüm invaziv formuna benzer, ancak kavitasyon geç (6 ay sonra) görülür ve mortalite oranı da daha düşüktür.

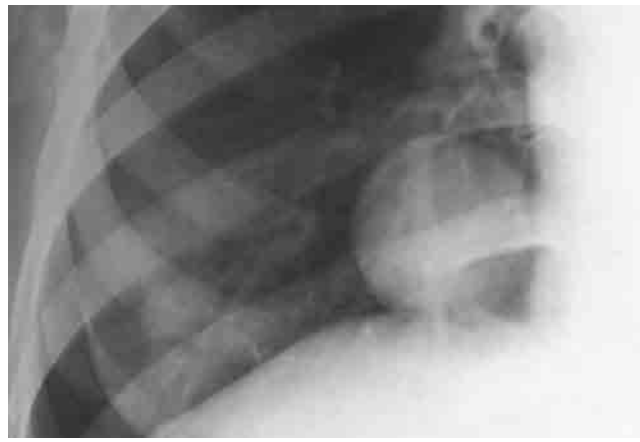
HİDATİD KİST

Etken ekinokokküs granülozustur. Ana konakçı köpektir, parazit köpeğin bağırsağında yaşar. Dışkı ile atılan yumurtalar insan barsağında açılır ve bağırsak duvarını geçerek dolaşıma katılır. En sık karaciğer ve akciğerde yerleşir.

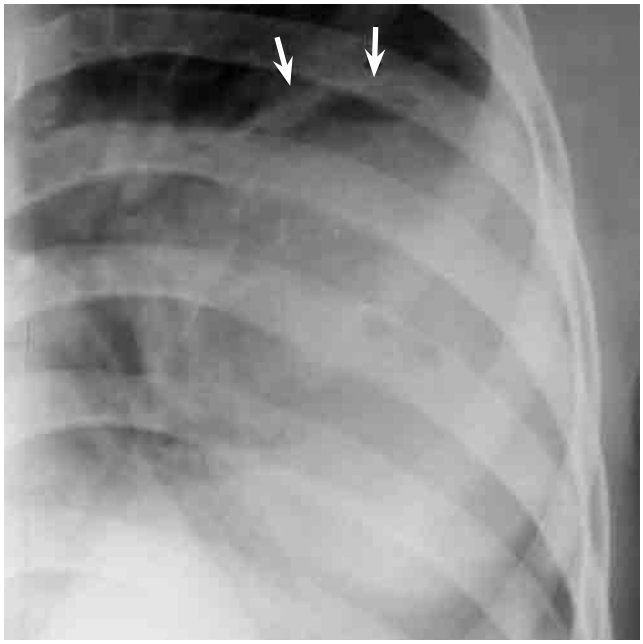
Akciğerde daha çok alt zonlarda, sağda iki defa daha sık görülür. Açılmamış şekli keskin sınırlı, homojen küresel bir opasite şeklindedir (Resim 2.85). Büyüklüğü 1-10 cm'dir. Daha büyük boyutlara da ulaşabilir. Yüzde 20-30 olguda birden fazla sayıdadır. Lezyonların üst tarafını çevreleyen hilal şeklinde radyolusensiye *hilal* veya *menisküs işareti* adı verilir



Resim 2.84 İnvaziv aspergillom kavitesi.



Resim 2.85 Açılmamış hidatid kistik



Resim 2.86 Hidatid kist. Sızıntı şeklindeki sıvı kaybı sonucu kist yoğunluğunun üstünde germinatif membranla doku arasına girmiş havanın oluşturduğu menisküs işareti (oklar).

(Resim 2.86). Bu görünüm, kistin hafif bir sızıntı sonucu hacim kaybetmesi ve kist duvarı ile çevre akciğer dokusu arasına hava girmesi sonucu ortaya çıkar.

Kistin bir bronşa açılmasıyla sıvı seviyesi gösteren bir kavite meydana gelir. Sıvı seviyesi üstünde kistin germinatif tabakalarının artıkları *sönmüş çadıra* benzer bir görünüm yapar. Buna *nilüfer çiçeği bulgusu* adı verilir (Resim 2.87). Açılmış kist enfekte olursa, kronik akciğer apsesine dönüşür. Karaciğerdekilerin tersine akciğer hidatid kistlerinde kalsifikasyon görülmez. Çok nadir olarak görülen kalsifikasyon çevredeki akciğer dokusundadır.

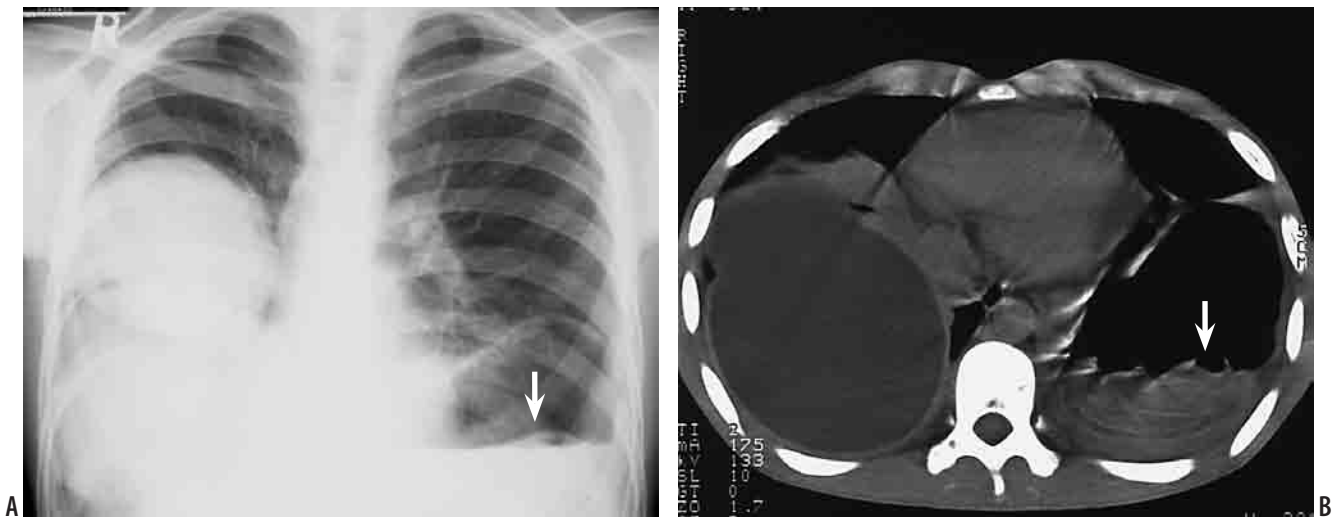
AKCİĞER NEOPLAZMLARI

AKCİĞER KANSERİ

Bronşiyal karsinomların üçte ikisi büyük bronşları tutar ve santral yerleşimlidir. Üçte biri periferde yerleşir. Santral yerleşimli olanlar erken semptom verir, fakat bölgesel lenf nodlarına çabuk yayılırlar. Bu nedenle çoğunlukla cerrahi girişimde bulunulmaz. Periferik tip bronşiyal karsinomada cerrahi girişim kolaydır; fakat geç semptom vermeleri nedeniyle erken saptanamazlar. Dolayısıyla cerrahiden sonra beş yıllık yaşam süresi her iki grupta da benzer oranlardadır.

Akciğer kanserlerinin %90-95'ini skuamöz hücreli karsinom, adenokarsinom, büyük hücreli karsinom ve küçük hücreli karsinom oluşturur. Skuamöz ve küçük hücreli karsinomlar daha çok santralde, diğerleri ise daha çok periferde yerleşiktir.

Adenokarsinomlar genellikle 4 cm'den küçük küresel veya oval şekilli periferik nodüllerdir. Bronşiol ve alveol epitelinden çıkar. Histolojik olarak bez yapısı gösterir ve musin salgılar. En sık görülen akciğer tümörüdür. Akciğer kanserlerinin yaklaşık % 35'ini yapar. Yaklaşık ¼'ü santrale yerleşir. Skar karsinomları genellikle adenokarsinomdur. Bronşioloalveoler karsinoma adenokarsinomun bir alt grubudur ve so-



Resim 2.87 Akciğerde açılmış ve açılmamış hidatid kistler. A. Röntgende sağda açılmamış kiste ait keskin kenarlı küresel opatise solda açılmış kistin sıvı seviyesi üzerinde sönmüş çadır görünümü (ok). B. BT görünümleri (ok).

liter bir lezyon olabileceği gibi iki taraflı yaygın konsolidasyonlar şeklinde de görülebilir. Çevredeki bronşiol ve alveol duvarları boyunca onları distorsiyone etmeden büyür.

Skuamöz hücreli karsinom, akciğer kanserlerinin % 25'ini yapar ve santral yerleşimdekiler lobar veya segmental bronşlardan çıkar. Bronş lümeni içerisine polipoid şekilde büyürken aynı zamanda duvar dışına da taşarak hiler kitle görünümü verebilir. Periferik şekilleri kaviteleşmeye meyilli büyük kitleler şeklindedir. Pankoast tümörlerinin büyük bölümü de skuamöz hücreli karsinomdur. Skuamöz hücreli karsinomların uzak metastazları sık değildir.

Büyük hücreli karsinom akciğer kanserlerinin %15'ini yapar. Histolojik olarak çekirdeği büyük, sitoplazması bol büyük hücrelerdir. Daha çok periferde lokalizedir; genellikle büyük boyuta erişirler; kavitasyon sık görülmez.

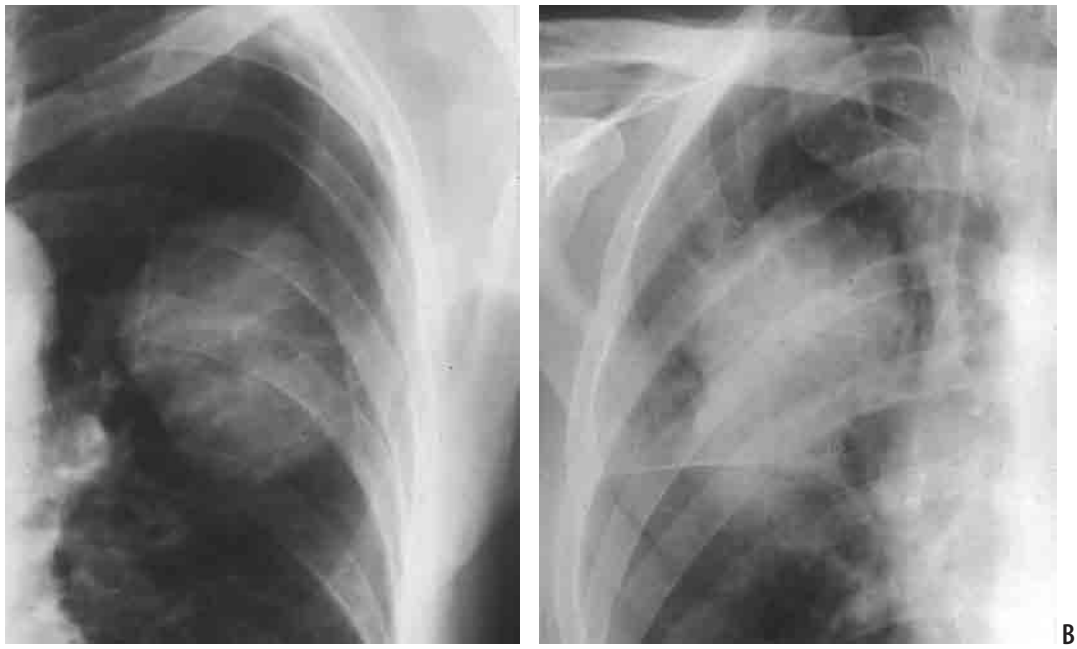
Küçük hücreli akciğer karsinomları erken yayılımları ile karakterizedir. Akciğer kanserlerinin % 25'ini yapar. Santral olanları ana bronş veya lob bronşlarındaki nöroendokrin hücrelerden çıkan en malign akciğer kanseridir. Kulchitsky hücreli kanserler veya KCC-3 adı verilir. Tipik karsinoid tümör KCC-1, atipik ve daha malign karsinoid de KCC-2 olarak isimlendirilir. Küçük hücreli kanserin, bronş içine uzanımından daha büyük bölümü duvar dışına yayılır. Kliniği ortaya çıkmadan önce lenf nodları ve çevre damarları invaze eder ve hematojen yolla tüm vücuda hızla yayılır. Olguların %10-15'inde hastalık saptandığında metastaz vardır, %50'sinde ise hastalığın seyrinde beyin metastazı görülür. Bu saldırgan karakterinden dolayı genellikle cerrahi uygulanamaz.

Akciğer kanserlerinde 5-yıl yaşam oranı % 10-15'tir. Sigara ile ilişkisi çok belirgindir. Asbest ekspojuru, radon ekspojuru, geçirilmiş Hodgkin lenfoma tedavisi, viral enfeksiyon ve lokal ya da difüz fibroz diğer risk faktörleridir. Asbest ekspojuru bronkojenik karsinoma yanında malign plevral mezotelyom, larenks karsinomu ve özofagogastrik karsinoma insidansını da artırır. Sklerodermadaki difüz interstisiyel fibrozisde özellikle bronşioloalveoler karsinom insidansı artar.

Radyolojik bulgular

Akciğer kanserlerinin radyolojik bulguları tümörün kendisine, çevrede yaptığı değişikliklere ve uzak yayılımlarına bağlıdır. Bu bulgular tümörün periferik ve santral yerleşimlerine göre farklıdır. Bu nedenle akciğer kanseri radyolojik açıdan periferik ve santral tip olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenir.

Tümörün kendisine ait bulgular her iki tip yerleşimde de hemen hemen aynıdır. Periferik tip bronşiyal karsinom genellikle yuvarlak bir yoğunluk artışı şeklinde görülür; ya SPN, ya da kitle şeklindedir (Resim 2.88).



Resim 2.88 Periferik tipte akciğer kanserleri. A. Düzgün kenar. B. Işınsal kenar.



A



B

Resim 2.89 A. Santral tip bronş kanseri. Kitlenin dış kenarından akciğer içerisine doğru fırçamsı uzantılar. Sağ paratrakeal bölgede lenfadenomegali, B. BT görünümü (ayrı olgu). Işınsal uzantılar ve üst lobda, oluşturduğu çek-valv tipi obstrüksiyona bağlı havalanma artımı.

Periferik tipteki akciğer kanserleri, SPN'lerin malign özelliklerini gösterirler. Bu tip tümörlerde tanı ölçütleri, klinik ve radyolojik yaklaşım SPN'lerde olduğu gibidir.

Santral tip bronşiyal karsinom ise hiler kitle şeklindedir. Kitlenin kenarından akciğer dokusuna doğru fırçamsı uzantılar görülür (Resim 2.89). Hiler büyüme kitlenin kendisine veya lenf nodu tutulmasına bağlı olabilir. Asimetrik hiler büyüme veya hiluslar arasındaki yoğunluk farkı bronş kanseri için çok anlamlı bulgulardır.

Tümörün kaviteleşmesi büyük kitlelerde daha sık görülür. Genellikle ekzantrik yerleşimli, kalın duvarlı (>4 mm) ve iç kenarları nodülasyon gösteren kavitelerdir (Resim 2.90). Skuamöz hücreli karsinomalarda kavitasyon diğer tümörlere göre daha sıktır. Bu kavitelerin duvarları daha ince ve iç kenarları daha düzgündür.

Tümörün çevrede yaptığı değişiklikler santral tip tümörlerde belirgindir. Periferik tümörlerde çevre ilişkisi genellikle komşu dokuyu invazyon şeklindedir. Santral tümörler ise çıktıkları veya komşu oldukları bronş içerisine doğru büyüyerek onu daraltabilir veya tümüyle tıkayabilir. Ana bronşlarda ve dallarındaki bu değişiklikler sert çekilmiş gridli göğüs röntgenogramları veya daha iyi bir şekilde BT ile gösterilebilir. Tümörün oturduğu bronşun distalinde obstrüksiyona bağlı olarak kollaps gelişir. Kollaps genellikle konsolidasyonla birliktedir (Resim 2.91). Bu olay bir ikincil pnömonidir ve bazı olgularda apse gelişebilir. Erken

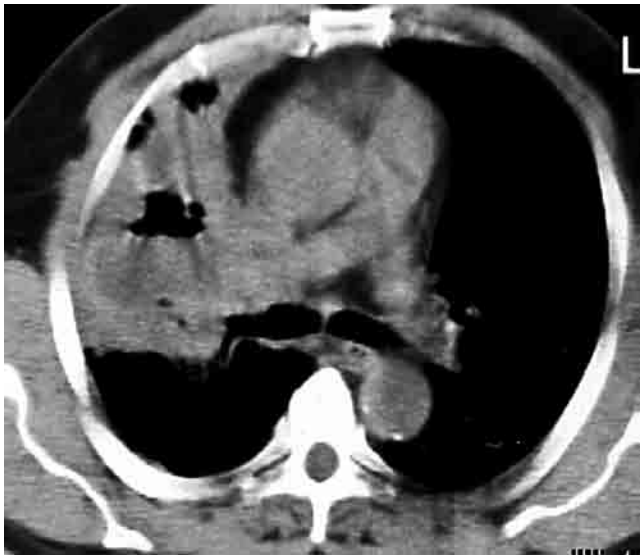


A



B

Resim 2.90 Tümör kavitesi. Kalın ve düzensiz duvar. Sıvı seviyesi yok. A. Röntgen, B. BT görünümleri.



Resim 2.91 Santral tip bronş kanseri. Bronş obstrüksiyonuna bağlı distalde (sağ üst lobda) kollaps ve konsolidasyon.

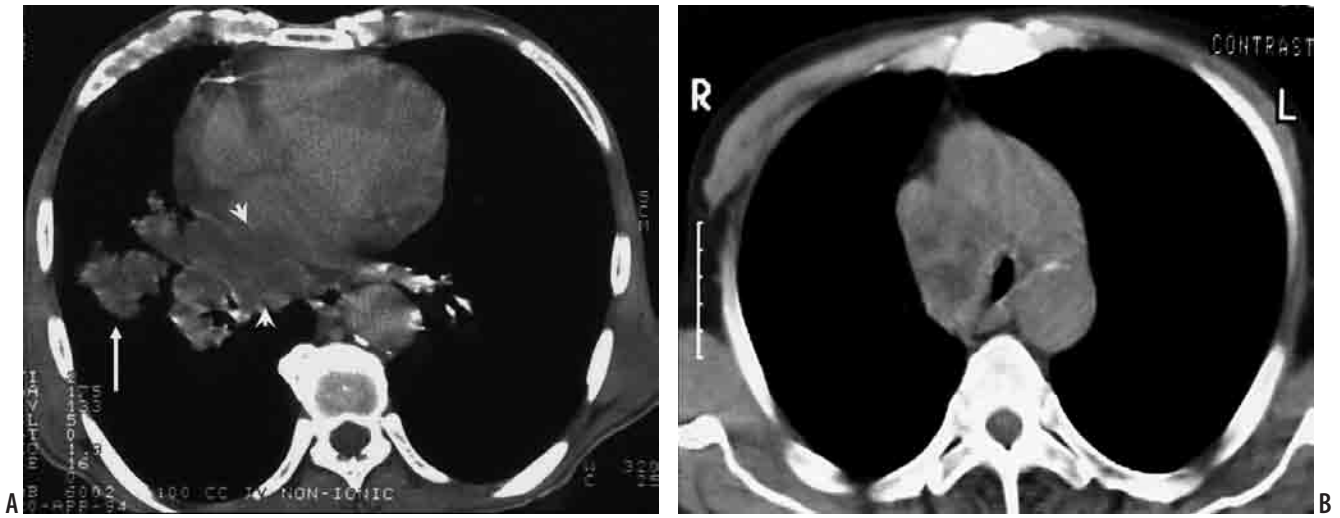
dönemde tıkanma genellikle tam değildir. Bu durumda çek-valv mekanizmasına bağlı olarak distalde obstrüktif havalanma fazlalığı gelişir. Obstrüktif havalanma artışı sık görülen bir radyolojik bulgu değildir, ancak bazen çok belirgin olur ve tutulan akciğer kesimini çok şişirerek mediyasteni karşıya itebilir. Bu görünüme *boğulmuş ("drowned") akciğer* adı verilir.

Sağ üst lobun bronşunu tam tıkayan hilus kitlelerinde, kitleyi ve distalindeki atelektazik alanı sınırlayan transvers fissür S şeklini alır. Bu görünüme ilk tanımlayanın adından dolayı *Golden'in S bulgusu* (*Morton'un S eğrisi*) adı verilir. Nadir görülen bir bulgu da tıkanan bronşun distalinde *mukosel* oluşmasıdır.

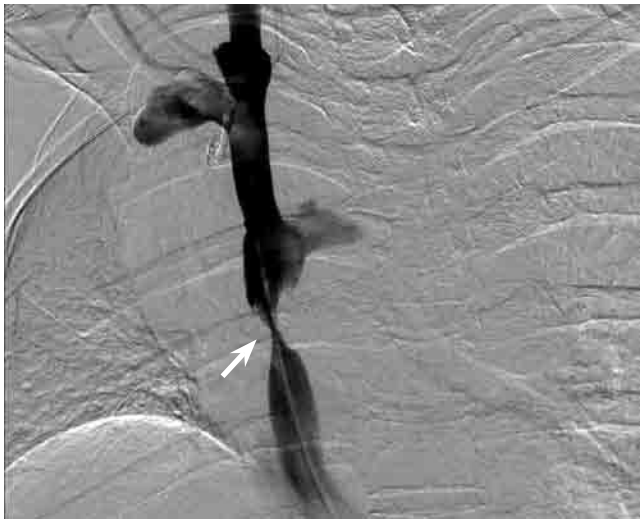
Santral yerleşimli tümörlerde veya lenf nodu metastazlarında akciğerin periferine doğru lenfatik yayılım görülebilir. Akciğer içerisindeki lenfatik kanallar tümör hücreleri ile dolar. Radyolojik olarak retükülonodüler interstisiyel örnek görülür. YÇBT kesitlerinde interstisiyumun boncuk dizisi şeklindeki tutulumu tipiktir. Bronş karsinomlarında büyümüş lenf nodları ile birlikte yayılım tek taraflı ve bazen tek bir lobda, metastazlarda ise genellikle iki taraflı ve simetriktir.

Akciğer kanserleri komşuluk nedeniyle önce mediyasteni tutar. Mediyastinal lenfadenomegali hemen her zaman akciğer kanserine eşlik eden bir radyolojik bulgudur (Resim 2.92). Sağ paratrakeal ve trakeobronşiyal lenf nodları sık tutulur. Alt lob karsinomlarında karinal lenf nodları tutulur ve özofagusa baskı yaparlar. Mediyastinal lenfadenopati, küçük hücreli kanser dışında, genellikle lenfomada olduğu kadar belirgin değildir.

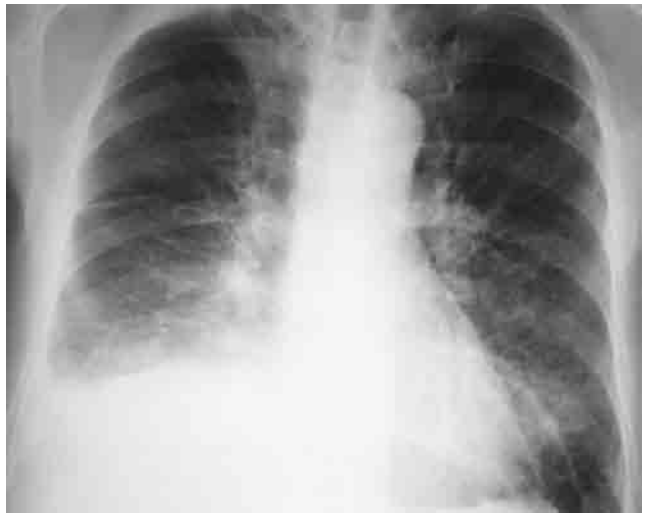
Mediyastinal invazyon tümörün doğrudan veya lenf nodundan kapsülü geçerek çevreye yayılımı şeklinde olabilir. BT'de mediyasten yağı kirli görünüm alır. Mediyastinal organlar da invaze olabilir. Özellikle küçük hücreli karsinomda ve daha az sıklıkla lenfomada süperior vena kavaya bası ve invazyona bağlı obstrüksiyon gelişir (SVK sendromu) (Resim 2.93). Metastaz veya invazyon nedeniyle perikardiyal sıvı toplanabilir. Bazen özofagusa doğrudan yayılım olur. Santral yerleşimli tümörlerde frenik sinir invazyonuna



Resim 2.92 A.Periferik tipte akciğer tümörü (büyük ok). Sağ hilusta büyümüş lenf nodları (küçük oklar). B.Sağ paratrakeal lenfadenomegali, trakeada kompresiyon görülüyor.



Resim 2.93 Superior venakavagrafi. Superior venakavanın sağ atriuma yakın kesiminde malign infiltrasyona bağlı darlık (ok).



Resim 2.95 Lenfanjitik karsinomatoz. Sağ akciğer alt zonda belirgin interstisiyel infiltrasyon ve minimal plevral sıvı.

bağlı diyafragma paralizisi görülebilir (Resim 2.94). Tutulan diyafragma yüksek pozisyondadır ve solunumla hareket etmez (Resim 2.95).

Belirgin (>1 cm) ve lobüle plevral kalınlaşma, ayrı plevral kitle veya mediyastinal plevrayı da tutacak şekilde çepeçevre kalınlaşma, plevranın malign invazyonunu düşündüren bulgulardır. Akciğer kanserine eşlik eden her plevral sıvı malign invazyonu göstermez. Kanserli olgularda santral lenfatik obstrüksiyon ve/veya postobstrüktif enfeksiyon benign yapıda plevral sıvı birikimine neden olur. Uzun süren bir torasentezden sonra tekrar biriken sıvılar, birlikte şüpheli bir akciğer lezyonu varsa tümörü düşündürmelidir. Akciğer enfarktında da uzun süre devam eden plevral sıvı görülebilir. İnvazyona bağlı sıvı birikimi non-rezektabilite ölçütü olduğundan karar vermek için sitolojik inceleme gereklidir.

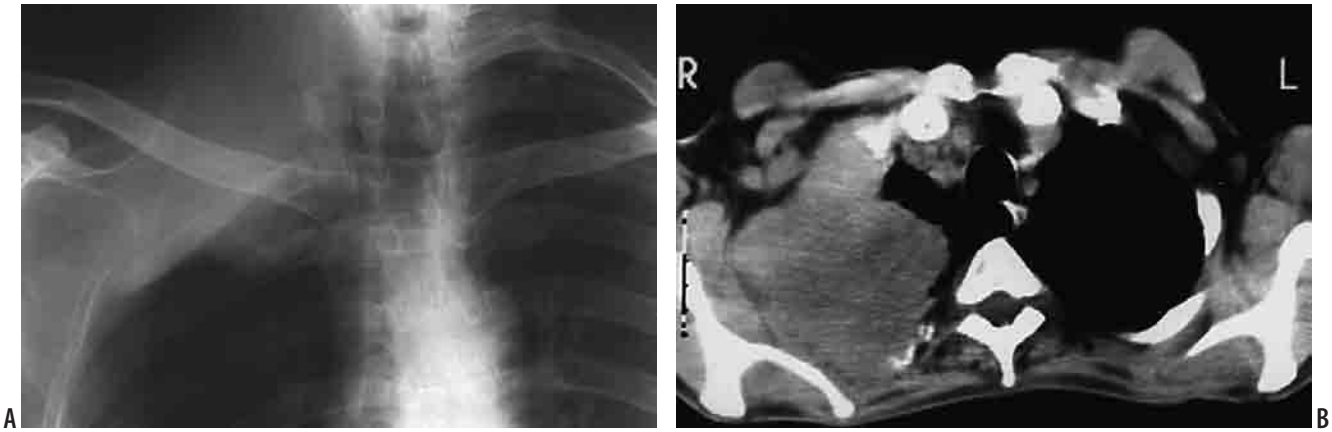
Pulmoner osteoartropati bronş karsinomları ile birlikte görülebilir. Periferik eklemler ağrılı ve şiştir. Komşu kemiklerde nodüler tipte periost reaksiyonu vardır. Birlikte çomak parmak görülür (Resim 2.96). Pulmoner osteoartropati plevral tümörlere daha sık eşlik eden bir bulgudur.



Resim 2.94 Frenik sinir tutulumu ve diyafragma paralizisi. Sol hiler kitle (santral tip bronş karsinomu). Kitlenin kenarlarında tipik ışınsal uzantılar.



Resim 2.96 Hipertrofik pulmoner osteoartropati. Çomak parmak ve falankslarda ve metakarplarda periost reaksiyonları görülüyor.



Resim 2.97 Pancoast tümörü. Sağda kaburga harabiyeti ve yumuşak doku kitlesi görülüyor, A. Röntgen, B. BT.

Pancoast tümörü

Süperior sulkus tümörü de denir. Histopatolojik olarak her tip hücre olabilir, ancak en sık görüleni skuamöz hücreli karsinomdur. Akciğer apekslerine yerleşir, üst kesimi subklavian arter tarafından çevrelenmiştir. Sağda daha fazla görülür (Resim 2.97). Birlikte üst kaburgalarda ve omurlarda kemik destrüksiyonu sıktır. Pulmoner semptomları yoktur. Simpatik zincirin tutulmasına bağlı olarak Horner sendromu (gözde miyozis, kuruluk ve pitozis) görülebilir. Brakial pleksusun tutulmasına bağlı olarak kola yayılan şiddetli ağrılar vardır.

Radyolojik tanıda apekslerde akciğeri çevreleyen yoğunluk artımı görülür. Normalde apeksleri çevreleyen plöroparankimal fibroz kep, düzgün ve simetrik bir kalınlık şeklindedir. Bir tarafta bu kalınlığın 5 mm'yi geçmesi veya seri radyogramlarda kalınlığın artması tümör yönünden anlamlı bulgulardır.

Tanı, kemik destrüksiyonu varsa göğüs röntgenogramı ile konur. BT ile tümörün boyutu ve kemik tutulumu daha ayrıntılı olarak gösterilir. Koronal MR kesitleri lezyonun yumuşak doku içerisindeki yayılımını ve invazyonunu en iyi gösteren yöntemdir.

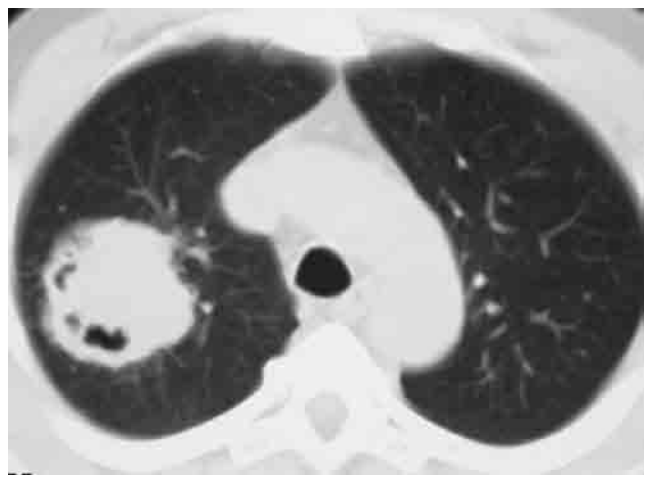
Bronşioloalveoler karsinom

Alveoler hücreli karsinoma veya pulmoner adenomatozis adı da verilir. Tümör hücreleri müküs salgılar. Büyük olasılıkla terminal bronş mukozasından çıkarlar ve akciğerin mikroanatomisini bozmadan büyürler. %60-90 olgu SPN olarak görülür. İç yapıları heterojendir, havalı kesimler ve buzlu cam görünümünde kesimler içerirler. Periferde yerleşenlerde plevral kuyruk vardır.

Bronşioloalveoler karsinom yaygın, çok sayıda yamalı infiltrasyonlar şeklinde de görülebilir (Resim 2.98). Tümörün multisentrik orijinli olduğu düşünülür. Klinik olarak inatçı öksürük ve bol miktarda mukoid balgam vardır. Radyolojik görünüm pnömonik konsolidasyonlara benzer. Kontrastlı BT kesitlerinde alveolleri dolduran düşük dansiteli mukoid materyel içerisindeki distorsiyone olmamış damarların görünümüne *BT-anjiyogram bulgusu* adı verilir. Bu bulgu spesifik değildir, hava aralığını dolduran lenfoma ve lipoid pnömonide de görülür.

AKCİĞER KANSERİNDE EVRELEME

Akciğer kanserinin cerrahisindeki ilerlemeler radyolojik yaklaşımı da değiştirmiştir. Günümüzde, radyoloğun akciğer kanserindeki en önemli rolü, tümörün cerrahi olarak çıkarılır olup olmadığına karar vermek-



Resim 2.98 Bronkioloalveoler karsinoma ait konsolidasyon içerisinde havalanan alveol kesimleri.

Tablo 2.4 Akciğer kanserinde TNM sınıflaması

Primer tümör (T)	
Tx	Saptanabilmiş tümör görünümü yok, balgamda malign hücre var
T0	Primer tümöre ait bir bulgu yok
T1	Tümör < 3 cm, akciğer veya viseral plevrayla çevrili, ana bronkusun distalindeki kesimden çıkıyor
T2	Tümör> 3 cm / viseral plevra invazyonu / bir akciğerden küçük olmak üzere atelektazi veya obstrüktif pnömoni. Tümör karinaya 2 cm'den uzak olmalı
T3	Göğüs duvarı tümörü, birlikte diyafragma,mediyasten plevra veya perikart invazyonu var / Karinaya 2 cm'den yakın bir tümör, ancak karina invaze değil
T4	Mediyasten veya kalp, büyük damarlar, trakea, karina,veya omur tutulumu / aynı lob içerisinde ayrı tümör nodülleri /malign plevral sıvı varlığı
Nodal metastaz (N)	
N0	Nodal metastaz yok
N1	Tümörün doğrudan invazyonu da dahil aynı taraf peribronşiyal veya hiler nodlara metastaz
N2	Aynı taraf mediyasten veya subkarinal nodlara metastaz
N3	Karşı taraf mediyasten veya hiler veya skalen veya supraklaviküler nodlara metastaz
Uzak metastaz (M)	
M0	Uzak metastaz bulgusu yok
M1	Uzak metastaz var / farklı loblarda ayrı tümör nodülleri

tir. Hemen hiçbir zaman cerrahi uygulanamayan küçük hücreli karsinom evrelemesinde sadece tümörün sınırlı veya yaygın olduğuna karar verilir. Sınırlı grupta hastalık bir hemitoraks içerisindedir, yaygın olanda ise karşı hemitoraksa veya toraks dışına yayılmıştır.

Radyolojik evrelemede de TNM sistemi kullanılır (Tablo 2.4). Bu sistemde T tümörün boyutu, çevre ilişkisi ve hava yolu içerisindeki yerleşimi ile belirlenir. Bu sisteme göre akciğer kanserleri IV evreye ayrılır (Tablo 2.5). I-IIIa evresindeki tümörler çıkarılabilir, III b ve IV evresindeki tümörler çıkarılamaz ("non-resectable"). IIIa evresinde anblok rezeksiyon yapılır.

Tablo 2.5 Akciğer Kanseri Evrelemesi

Evre Ia	T_1	N_0	M_0
Evre Ib	T_2	N_1	M_0
Evre IIa	T_1	N_1	M_0
Evre IIb	T_2	N_1	M_0
Evre IIIa	T_{1-2}	N_2	M_0
	T_3	N_{1-2}	M_0
Evre IIIb	T_{1-4}	N_3	M_0
	T_4	N_{1-3}	M_0
Evre IV	T_{1-4}	N_{1-3}	M_1

Tümörün boyutu ve çevre ilişkisi

Tümörün boyutu röntgenle saptanabilir; ancak çevre ilişkisini belirlemede kesit görüntü yöntemlerinin kullanılması gerekir. Bu amaçla kullanılacak ilk yöntem BT'dir. BT ile tümörün kemikte oluşturduğu destrüksiyon çok iyi saptanır (Resim 2.99). Ancak



Resim 2.99 Göğüs duvarına dayanan periferik akciğer tümöründe kemik yapıların ve yumuşak dokuların invazyonu (ok).

tümör mediyasten, toraks duvarı gibi çevre yapılara dayanıyorsa invazyon olup olmadığını söyleyebilmek zordur. Tümörle komşu yapı arasındaki yağ gibi doğal planların silinmemiş olması, yağ içerisine mikroskobik seviyede bir yayılım olsa bile, makroskopik bir invazyonun olmadığını gösteren güvenilir bir işarettir. Bu planların ortadan kalktığı durumlarda ise invazyonun varlığı söylenemez. Bunun nedeni bilgisayarla rekonstrüksiyon yöntemlerinin bir sınırlaması olan parsiyel hacim etkisidir (Resim 2.100). Böyle bir durumda komşuluğun boyutu ile invazyon olasılığı arasında kabaca doğru bir orantı olduğu söylenebilir. Örneğin aort çevresinin 1/4'ünden fazlasının sarılmasında veya mediyasten veya göğüs duvarı ile 3 cm'yi aşan bir komşulukta invazyon olasılığı yüksektir. Göğüs duvarı ve mediyasten invazyonunda MR'nin duyarlılığı yağın yumuşak dokularla oluşturduğu yüksek kontrast nedeniyle daha yüksektir. Örneğin BT ile saptanamayan perikard ve miyokart invazyonu MR ile saptanabilir. Damarların invazyonu da MR ile daha duyarlı olarak saptanır.

BT ile santral yerleşimli tümörleri, distalindeki atelektazi ve obstrüktif konsolidasyondan ayırmak çoğu zaman olanaksızdır. Bu konuda da MR'nin duyarlılığı daha yüksektir. Ancak distalinde konsolidasyonsuz sadece atelektazi olan olgularda, yüksek doz kontrastın bolus şeklinde verilmesi ile yapılan BT çalışmasında atelektazik akciğer yoğun ve erken kontrast tutarak tümörden ayrılabilir.

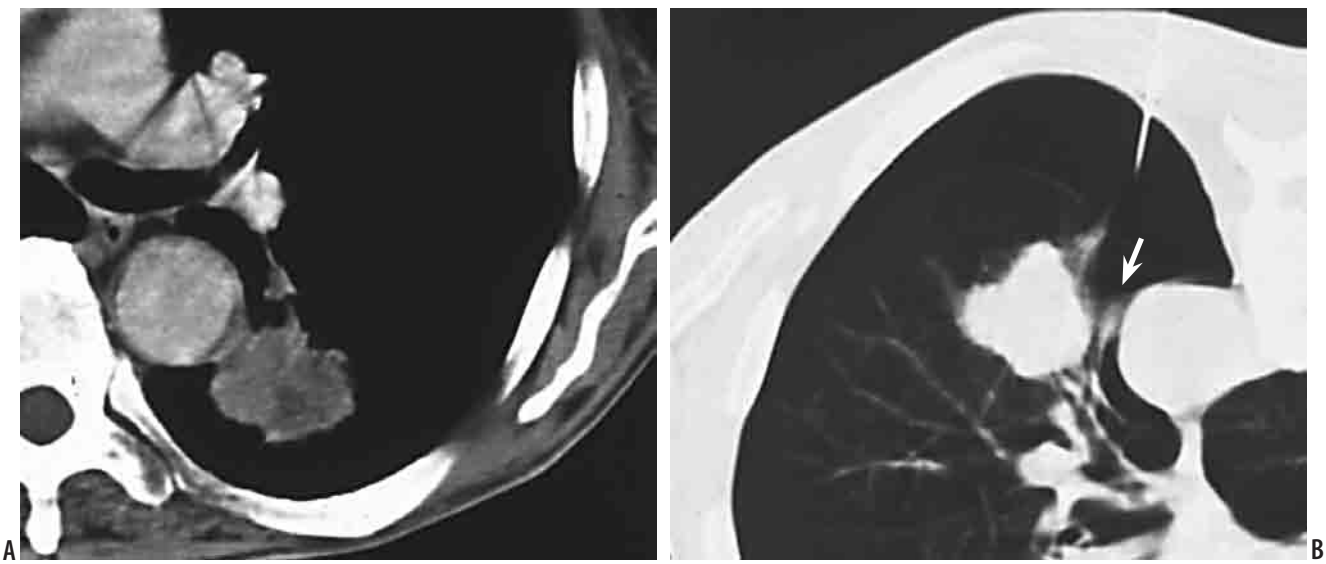
Lenf nodu tutulumu

Akciğer kanserlerinin evrelenmesinde ikinci ölçüt lenf nodu tutulumudur. Lenf nodu tutulumu sadece aynı taraf hilusunda ise N_1, aynı taraf mediyasten lenf nodları ve subkarinal lenf nodları tutulumu ile sınırlı ise N_2 ve karşı taraf hiler, mediyasten veya herhangi bir taraftaki skalen veya süpraklaviküler lenf nodları tutulmuşsa N_3 olarak evrelenir.

Akciğer kanseri evrelemesinde küçük hücreli kanserde olduğu gibi yaygın ve büyük boyutlu lenf nodu kitleleri varsa lenf nodu tutulumu kesindir. Hiç lenfadenomegali saptanmayan olgular da N_0 olarak kabul edilir. Önemli sorun büyümüş lenf nodları saptanan olgularda metastaz olup olmadığını söyleyebilmektir.

BT'nin ve MR'nin akciğer kanserinin evrelendirilmesindeki en önemli sınırlaması, lenf nodu tutulumunda duyarlılığının düşük olmasıdır. Nedeni bu yöntemler ile lenf nodunun iç yapısının değerlendirilememesidir. Lenf nodlarını değerlendirirken kullandığımız tek ölçüt boyuttur. Boyut ise lenf nodunda metastaz olup olmadığını söylemede duyarlılığı yüksek bir ölçüt değildir. Örneğin kanserli bir olguda saptanan lenfadenomegalinin benign olma olasılığı %20 -30, normal boyuttaki lenf nodunda kanser hücresi bulunma olasılığı %7'dir. Bu nedenle mediastinoskopi ile örnek alma, evrelemede temel standart olmaya devam etmektedir.

Mediyastende çapı 1 cm'den büyük lenf nodları lenfadenopati olarak kabul edilir. Ölçümde uzun de-



Resim 2.100 BT'de parsiyel volüm etkisi. Aorta ile sınırları seçilemeyen lezyonun (A), biyopsiden sonra gelişen pnömotoraks nedeniyle akciğerin kollabe olması sonucu aort duvarından ayrıldığı (B) görülüyor (ok).

ğil, kısa çap daha değerlidir. Lenf nodu tutulumu açısından küresel büyüme, normal oval şeklini muhafaza ederek büyümeden daha anlamlıdır. Bir santimetreden büyük lenf nodlarının metastazı göstermede duyarlılığı %64, özgüllüğü %62 civarındadır. Bir çalışmada 2-4 cm çapındaki lenfadenomegalilerin %37'sinin benign olduğu saptanmıştır. Bu değerler bölgesel olarak değişir. Örneğin histoplazmozun endemik olduğu ülkelerde, lenfadenomegalinin benign olma olasılığı ülkemize göre daha yüksektir.

Akciğer kanserli bir olguda, lenfatik drenaj bölgesindeki lenfadenomegalinin boyutu diğer kesimelerdeki lenf nodlarının boyutları ile karşılaştırılarak yöntemin duyarlılığı artırılmaya çalışılır. Drenaj bölgesindeki lenfadenomegali ile diğer kesimlerdeki lenf nodları arasındaki boyut farkı 5 mm'yi geçiyorsa bu bulgunun metastaz açısından pozitif kestirim değeri %95'tir.

Lenf nodu tutulumunda duyarlılığı en yüksek, invaziv olmayan yöntem FDG PET-BT'dir (Resim 2.101). MR'nin uzaysal çözümlemesi düşüktür, bir lenf nodu grubu bir kitle gibi görülebilir; kalsifikasyonu da gösteremez. Koronal kesit alması aorto-pulmoner ve karinal lenf nodlarını göstermesi bakımından avantajdır, ancak çok ince kesitlerle yapılan ÇKBT taramalarından yapılan kalitesi yüksek reformasyonlar MR'nin bu üstünlüğünü ortadan kaldırmıştır.

Uzak metastaz

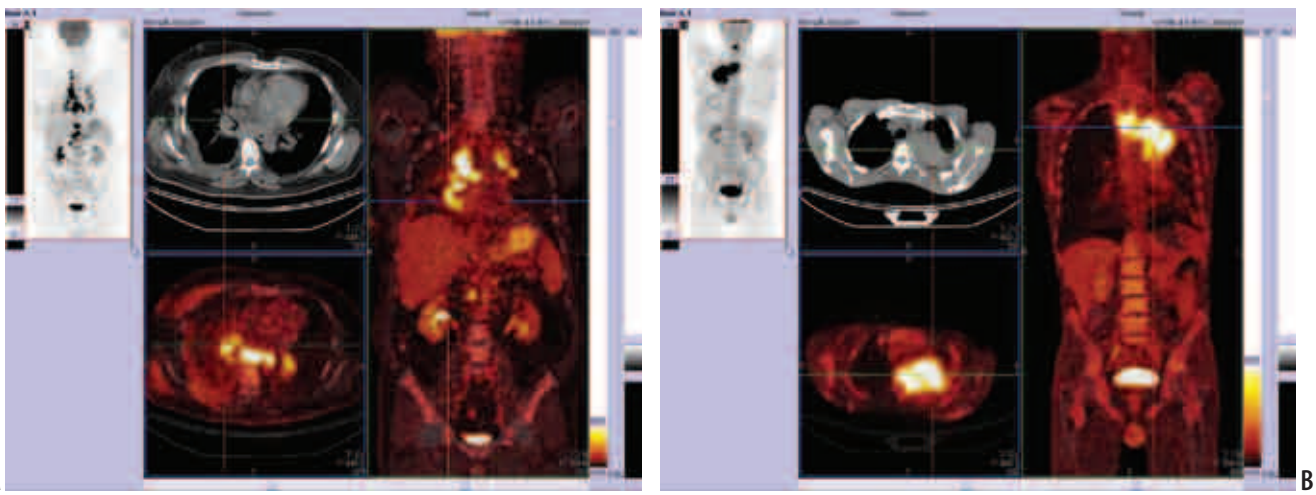
Bronş karsinomlarının uzak metastazları hematojen yolla olur. En sık iskelet tutulur. Lezyonlar genellikle litiktir. Falanks gibi uç kemiklerin tutulumu ve subperiostal korteks tutulumu tipiktir. Karsinoid tümör sklerotik tip metastaz yapar. Kemik metastazı sintigrafi ile araştırılır. FDG-PET'in duyarlılığı Tc-99m difosfonat sintigrafisininkine eşittir, ancak özgüllüğü yüksektir.

Beyin, böbrek üstü bezi ve karaciğer, akciğer kanserinin sık metastaz yaptığı yerlerdir. Akciğerden akciğere metastaz terminal devrede görülür. Beyin metastazları özellikle adenokarsinomlarda ve büyük hücreli tümörlerde çok sık görüldüğünden bu tip kanserlerde kraniyal kesit görüntüleme standarttır.

Akciğer kanseri nedeniyle tarama yapılan olguların yaklaşık % 10'unda böbreküstü bezinde kitle görülür. Ancak normal popülasyonda non-fonksiyone böbreküstü bezi adenomu görülme oranı da %5 civarındadır. Dolayısıyla küçük hücreli olmayan bir akciğer kanserli olguda, böbreküstü bezinde saptanan bir kitlenin adenom olma olasılığı metastaz olasılığından iki kat daha fazladır. Adenomu metastazdan ayırmak için BT, kimyasal şift MR, FDG-PET ve ince iğne aspirasyon biyopsisi yapılabilir. Yağdan zengin adenomlar kontrastsız BT'de 10 HÜ'den daha düşük dansitededirler. Yağdan fakir olanların ise kontrasttan temizlenme hızına bakılır; 15 dakika içerisinde kontrastın % 60'dan fazlası temizlenmelidir. FDG-PET'in metastazda duyarlılığı % 100'dür, ancak bazı adenomların da yüksek oranda glikoz almaları özgüllüğü düşürür; bu nedenle biyopsi hâlâ temel standarttır.

Akciğer kanserlerinin evrelenmesinde radyoloji

Akciğer kanseri için riskli olan grubu göğüs röntge-



Resim 2.101 Akciğer kanserinde FDG-18, PET-BT görünümleri. A. Sağ hiler kitle ve sol paratrakeal lenf nodu tutulumu, B. Sol akciğer üst zon paravertebral lokalizasyondaki kitle omurgayı invaze etmiş.

nogramları ile taramak etkili değildir; çünkü göğüs röntgenogramında saptanabilirlik sınırı 1 cm civarındadır. ÇKBT, de ise bu sınır 1-2 mm'ye iner. Kontrollü çalışmalarla özellikle düşük doz (normalde kullanılan 120 mA yerine 30-50 mA seçerek) ÇKBT ile yapılan taramaların akciğer kanserinin erken saptanmasında etkin bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Fiyatının yüksekliği nedeniyle sadece yüksek risk grubunda tarama yöntemi olarak kullanılması daha akılcıdır.

Akciğer kanserinin saptanmasında FDG-PET'in uzaysal çözümlemesi 1 cm civarındadır. 1cm boyutu aşan LAM'larda duyarlılığı %90, özgüllüğü % 80'dir. BT/MR'de bu değerler % 60-70 civarındadır. Bu nedenle nodal evrelemede en duyarlı yöntem olarak PET-BT kullanılır. Kesin histopatolojik tanı gereken yerlerde biyopsi yapılır.

Evrelemede temel yöntem BT'dir; MR, BT'nin tamamlayıcısı konumundadır. Akciğer parankimi veya viseral plevra ile çevrelenmiş bir tümörün evrelenmesinde MR'nin yeri yoktur. Karmaşık anatomiye sahip olan bölgelerde multiplanar kesit alma yeteneği nedeniyle MR daha başarılıdır.

Mediyastene doğrudan invazyondan şüphelenilen santral bronkojenik karsinomda MR ile tümörün yayılımı tam olarak saptanır ve trakeal karinanın rekonstrüktif cerrahi için uygun olup olmadığı belirlenmeye çalışılır (Resim 2.102). Atelektazi ile birlikte olan santral bronkojenik karsinomada atelektazik alan ile tümör ayırımı yapılabilir.

Multiplanar kesit alma yeteneği ve yüksek yumuşak doku kontrast çözümlemesi nedeniyle süperior sulkus tümörünün boyutları, çevre yayılımı ve invazyonu çok iyi saptanır. Aortopulmoner pencere tutulumunda koronal kesitlerle tümörün aort ve pulmoner ven invazyonu gösterilir. Göğüs duvarına ve omurgaya dayanan tümörlerde çevre invazyonunu, kalbe dayanan tümörlerde perikard (T_3) ve miyokard invazyonunu (T_4), kardiyofrenik açılara ve alt lobların iç kenarlarına yerleşik tümörlerde ise mediyastinal ve diyafragmatik invazyonu saptar (Resim 2.103).



Resim 2.102 Sol hilusta yerleşin bronş kanserinin mediastinal yapıları invazyonu (oklar). T2A aksiyel görüntü.



Resim 2.103 Sağ parakardiyakta kalbe komşu perikarda dayanmış kitle (ok).

Kimyasal şift görüntüleme ile yağ içeriği saptanarak böbreküstü bezi adenomlarına tanı konabilir, adrenaldeki kitlenin akciğer kanserinin metastazı olmadığı söylenebilir. Tedaviden sonraki izlemede rekürren tümör veya apseyi matür fibrozdan ayırır.

BENİGN TÜMÖRLER

Görülme sıklıkları bronş karsinomlarının %1'i kadardır. Üçüncü ve dördüncü dekadda sık görülürler, kadın/erkek oranı eşittir.

Bronş adenomu

En sık görülen benign akciğer tümörüdür, %90'ı ana bronşlardadır, %10'u periferde yerleşir. Adenomların %80-90'ı karsinoid, %10-20'si silindiromadır. Karsinoidler karaciğer ve kemiğe metastaz yaparlar. Kemik

metastazları sklerotiktir. Özellikle kemik metastazı yapanlarda çok nadiren *karsinoid sendrom* görülebilir.

Adenomlar bronş içerisine doğru büyüyerek obstrüksiyona neden olur, ancak duvarı infiltre etmez. Açılıp kapanan bronş obstrüksiyonlarına bağlı olarak, aynı bölgede tekrarlayan ikincil tip pnömoniler, adenomlara eşlik eden karakteristik bir bulgudur.

Hamartoma

Kırk yaşın üzerinde ve erkeklerde sıktır (Resim 2.104). Histolojik olarak fibröz doku ile çevrelenmiş kıkırdak dokusu bulunur. Değişik miktarlarda yağ, düz kas, serömüköz bez hücreleri ile, kalsifikasyon ve ossifikasyon vardır. Oran olarak kondroid elemanlar daha fazladır. Bronşiyal arterlerle beslenir. Yüzde otuzunda tümör içerisinde *patlamış mısıra* benzer kalsifikasyonlar görülür. Malign değişiklik göstermez.

AVM

Pulmoner arter ve venler arasında normal kapiller yatağın olmadığı anormal bir ilişki vardır. Birden fazla sayıda (%35) ve iki taraflı olabilir. Genellikle çocukluk döneminde klinik olarak sessizdir. Semptomlar, lezyonların sayısına ve boyutuna bağlıdır. Burun kanaması, dispne ve beyine paradoksal emboli görülür. Yaklaşık %60'ı Rendu-Osler-Weber hastalığı ile birliktedir.

Radyolojik olarak alt loblarda lobüle kenarlı, yuvarlak veya oval kitle şeklindedir. Besleyen ve drene eden damarların görülmesi ile tanı konur. Lezyonların çoğu doğrudan AVF'dir. Besleyen arter çapı 3 mm'den büyükse koil ile embolizasyon yapılır.

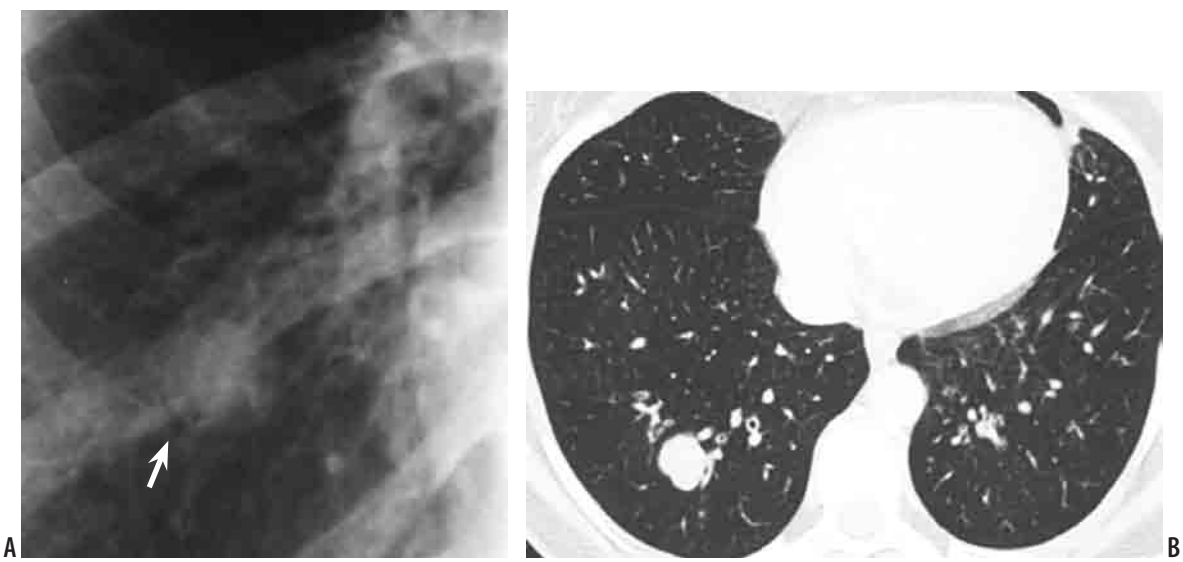
AKCİĞERE METASTAZ

Akciğerler kemik iliği ve karaciğerle birlikte vücuttaki en geniş kapiller ağa sahiptir. Dolayısıyla tümör hücreleri için doğal filtre görevi yapar. Akciğerlere ve toraksa metastaz en çok hematojen yolla olur. Ayrıca lenfanjitik ya da doğrudan yayılım yoluyla da metastaz oldukça sıktır.

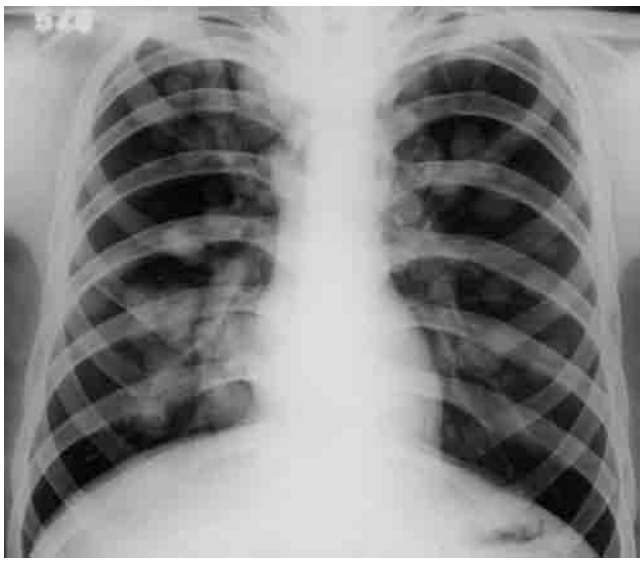
Hematojen yayılım

Hematojen yolla akciğere gelen tümör hücreleri ya nodül şeklinde büyür veya miliyer karsinomatoz şeklinde yayılır. Pulmoner nodüller en sık görülen şeklidir. Çocuklarda Wilms tümörü, nöroblastom, osteojenik sarkom ve Ewing sarkomu; yetişkinlerde akciğer, meme, böbrek, tiroid, kolon, uterus ve baş boyun tümörleri bu tür metastaz yapan tümörlerdir. Nodüllerin kenarları genellikle belirgin ve düzgündür. Rektosigmoid kolon tümörleri, osteojenik sarkom, renal hücreli karsinom ve melanom soliter pulmoner nodül şeklinde metastaz yapar.

Nodül şeklindeki metastazlar dolanımın en çok olduğu alt zonlarda ve periferde yerleşir. Bu tür metastazları primer nodüllerden ve hatta granülomlardan ayırmak için kesin ölçütler yoktur, ancak bazı bulgular yol göstericidir. İyi sınırlı bir periferik akciğer no-



Resim 2.104 Hamartom. A. Röntgende sağ akciğer alt zonda düzgün kenarlı yuvarlak yoğunluk artımı (ok). B. BT'de lezyonun sferik yapısı ve düzgün kenarı daha açık görülüyor.



Resim 2.105 Akciğerde tenis topu şeklinde metastaz (seminom).

dülünün merkezine giren bir arterin varlığı hematojen metastazı kuvvetle düşündürmelidir. Pulmoner infakt ve septik embolilerde de benzer görünüm mevcuttur. Osteojenik sarkom ve kondrosarkom gibi metastazı ossifiye vaya kalsifiye olan bir tümör değilse, nodüllerdeki belirgin kalsifikasyon granülom tanısı koydurur. Miliyer bir yayılımda uniformitenin bozulması metastaz lehine bir bulgudur.

Renal hücreli karsinom, seminom ve koryonepiteliom sıklıkla *tenis topu* görünümünde metastaz yapar (Resim 2.105). Kavitasyon metastazların %5'inden azında, en sık da skuamöz hücreli kanser metastazında görülür. Lezyonların büyüme hızları çok değişiktir. Tiroid kanseri metastazları yıllarca değişmeden kalabilir ve kalsifikasyon gösterebilir. Metastazlar bronş obstrüksiyonu yapmazlar. Hiler ve mediyastinal lenf nodlarında tutulma, plevral ve perikardiyal sıvı toplanması geç bulgulardır. Hemoptizi nadirdir. Osteojenik sarkom metastazı dışındakilerde pulmoner osteoartropati çok nadir görülür.

Tiroid, pankreas, bronş, prostat kanserleri ve koryonepiteliom metastazları akciğerde miliyer yayılım yapabilir. Bu şekilde yayılımın görünümüne *miliyer karsinomatozis* adı verilir (Resim 2.106). Miliyer karsinomatoziste lezyonlar 1-5 mm boyutlarındadır ve tüm akciğere yayılmışlardır. Tüberküloz gibi diğer miliyer görünüm yapan hastalıklardan lezyonların biraz daha büyük olması ve daha az uniformite göstermesi ile ayrılabilir.

Lenfanjitik yayılım

Bronş, meme, mide ve pankreas kanserlerinde sık görülür. Bronşiyal karsinom dışında hemen daima iki taraflıdır. Akciğerde yayılım olmadan önce, mediyasten lenf nodları tutulur, ancak birlikte lenfadenomegalinin bulunması şart değildir.



Resim 2.106 Miliyer karsinomatoz. A. Göğüs röntgenogramında üniform olmayan değişik boyutlarda keskin kenarlı nodüller, B. BT'de nodüllerin boyut ve dağılımındaki nonüniformite daha açık olarak görüntülenmiş.

İnterstisiyumun belirginleşmesine bağlı retikülonodüler kaba bir yapı ortaya çıkar. İnterstisiyel tutuluma ait diğer bulgular da mevcuttur. Tutulumun morfolojik deformasyon yapmaması ile fibroza bağlı interstisiyel tutulumdan ayrılır. Plevral kalınlaşma, ödem ve sıvı, plevranın da tutulduğunu gösterir. Hastalarda yavaş ilerleyen bir dispne ve balgamsız öksürük görülür.

Doğrudan yayılım

Tümörün çevre yapıları doğrudan invaze etmesidir. Mediyasten yayılım santral tip bronş kanserinden veya özofagus, pankreas ve mide kanserlerinden olabilir. Pancoast tümörleri ve periferik yerleşimli bronş karsinomu, torasik duvara doğrudan yayılım yaparak kemik destrüksiyonuna neden olur.

Metastazda kalsifikasyon

Tiroid tümörlerinin, overin papiller kist adenokarsinomlarının ve bazı tür bronkojenik karsinomların akciğer metastazlarında *psammoma formasyonu* ve dolayısıyla kalsifikasyon görülür. Benzer şekilde memenin ve gastrointestinal sistemin kolloid karsinomlarının akciğer metastazlarında da mukoid birikimi üzerine kalsiyum çökebilir. Bu tür kalsifikasyonlar granülomlardaki kadar yoğun değildirler ve ancak bir bölümü BT'de görülebilir. Osteosarkom ve kondrosarkom metastazlarında da ossifikasyon ve/veya kalsifikasyon görülebilir.

PULMONER DOLAŞIM BOZUKLUKLARI

PULMONER ÖDEM

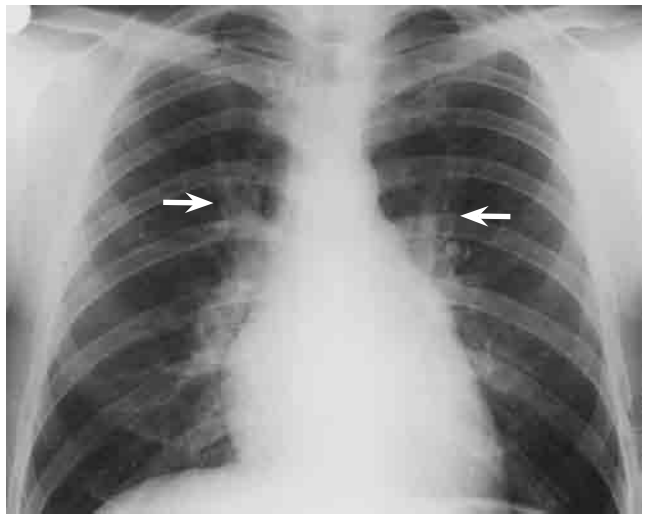
Pulmoner ödem, pulmoner dolaşımdan damar dışına lenfatik drenajın kapasitesinin üstünde sıvı sızması sonucu ortaya çıkar. Aşırı sıvı sızmasının iki temel nedeni hidrostatik basınç artımı ve alveoler kapiller permeabilitenin bozulmasıdır. Hidrostatik basınç artımı başlıca sol kalp yetmezliğine bağlı kapiller yatakta basınç artımıdır. Böbrek ve karaciğer hastalıklarında görülen hipoalbuminemide olduğu gibi plazma onkotik basıncının düşüklüğü bu etkiyi artırır. Meydana geliş mekanizmasındaki farklılıklar akciğer ödeminin radyolojik görünümlerini belirler. Bu nedenle akciğer ödemi başlıca iki başlık altında incelenir: Hidrostatik akciğer ödemi ve artmış kapiller permabiliteye bağlı akciğer ödemi.

Hidrostatik akciğer ödemi

Akciğer ödeminin en sık görülen şeklidir. Kapiller permeabilite normaldir. En sık nedeni sol kalp yetmezliğidir. Mitral stenoz diğer bir nedendir. Renal yetmezlikte ve aşırı sıvı yüklenmesinde de görülür. Hipoalbuminemide olduğu gibi onkotik basınç azlığı tablonun ortaya çıkmasına yardım eden bir faktördür.

Akciğerlerde venöz göllenme nedeniyle pulmoner venöz basınç artar. Pulmoner venöz hipertansiyonun radyolojik bulgusu venlerin genişlemesi ve pulmoner dolaşımdaki alan değişikliğidir. Normalde ayaktaki bir şahısta pulmoner dolaşım alt zonlarda belirgin, üst kesimlerde daha azdır. Bu nedenle normal göğüs röntgenogramlarında alt zonların damarları üst zondakilerden geniştir. Pulmoner venöz hipertansiyon geliştiğinde ekstravazasyon, öncelikle venleri dolu olan alt zonlarda ortaya çıkar. Daha fazla basınç artımı sonucu gelişecek interstisiyel ödemi önlemek amacıyla dolanım üst zonlara yönlendirilir. Bu yönlendirme alt lob damarlarının vazokonstrüksiyonu ile sağlanır. Sonuçta pulmoner venöz basınç artımının ilk bulgusu alt zondaki damarların çaplarında azalma, üst zondakilerin çaplarında genişlemedir. Bu görünüme *vasküler diskrepensi* adı verilir. Hilustan yukarıya doğru uzanan genişlemiş damarların görünümü *geyik boynuzuna* benzetilmiştir (Resim 2.107).

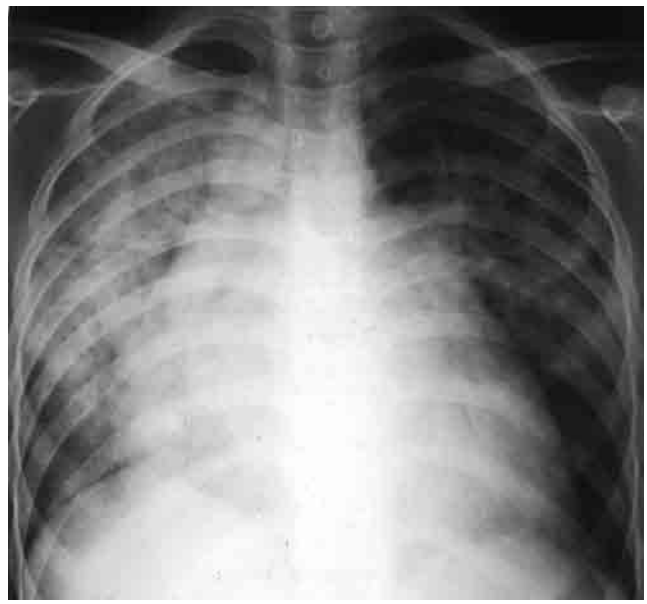
Bu önlemin ekstravazasyonu önleyemediği durumda sızan sıvı interstisiyel alanda birikir ve interstisiyel ödem gelişir (Resim 2.108). İnterstisiyel ödemin bulguları artmış sıvı birikimi nedeniyle interstisiyel aralığın genişlemesine bağlıdır. Bu genişlemenin düzgün olması diğer interstisiyel tutulumdan ayrılmasını sağlar. Ödem nedeniyle pulmoner damarların kenar keskinliği kaybolur, Kerley A, B ve C çizgileri ortaya



Resim 2.107 Pulmoner vasküler diskrepensi. Hiluslarda geyik boynuzu görünümü (oklar). Kalpte mitral konfigürasyona bağlı çift kontur ve çift dansite görünümü, sol orikülada belirginleşme.



Resim 2.108 Mitral kapak hastalığında interstisiyel ödem. Vasküler diskrepensi, damar kenarlarında silinme ve koskofrenik sinüslere komşu bölgelerde belirgin Kerley-B çizgileri. Transvers fissürde kalınlaşma.



Resim 2.109 Alveolar ödem. Sağ akciğerde daha belirgin görülüyor.

çıkar ve fissürler belirginleşir. Alt zonların x-ışınlarını geçirgenliği azalır. YÇBT kesitlerinde ödemin erken döneminde buzlu cam görünümü ortaya çıkar.

Sızıntının artması ile interstisiyel aralıktaki sıvı, hava aralığına geçmeye başlar ve alveoler ödem gelişir (Resim 2.109). Sıvının perihiler bölgelerde toplanmasına bağlı olarak *yarasa kanadı* veya *kelebek* şeklinde tipik akciğer ödemi görünümü ortaya çıkar. Kalp ve renal yetmezlikte ortaya çıkan bu görünümün nedeni tam olarak bilinmez. Eğer pulmoner venöz hipertansiyon korda tendinea rüptürüne bağlı mitral yetmezlikte olduğu gibi akut bir olaya bağlı ise, interstisiyel ödem gelişmeden doğrudan alveoler ödem görülebilir.

Venöz hipertansiyon giderek arteriyel kesime de yansır ve pulmoner arteriyel hipertansiyon ortaya çıkar; periferal pulmoner arterler daralır, santral kesimleri genişler.

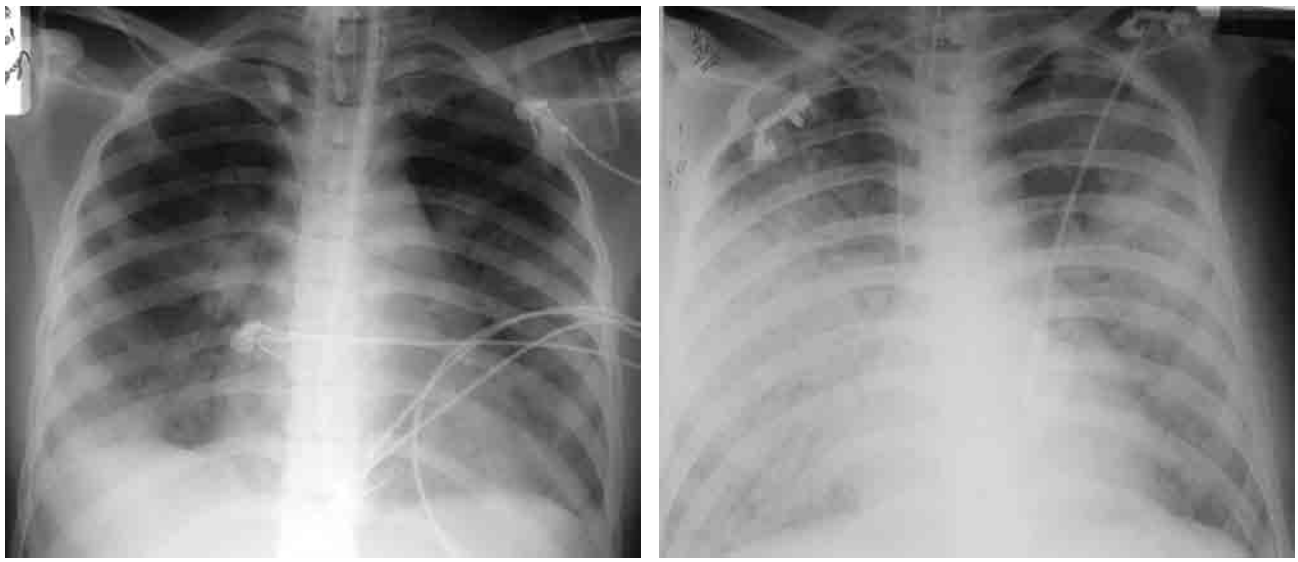
Pulmoner venöz hipertansiyon ve interstisiyel ödem bulguları sağ yetmezlik geliştiğinde, pulmoner kan basıncı düşeceğinden, kısmen düzelir.

Pulmoner venöz hipertansiyonda pulmoner ödemin radyolojik görünümleri ile venöz basıncın derecesi arasında uyum vardır. Swan-Ganz kateterleri ile yapılan pulmoner kapiller basınç ölçümünde mm Hg olarak bulunan değerler; göğüs röntgenogramı normal olduğunda 8-12, vasküler diskrepensi görüldüğünde 12-18, interstisiyel ödem bulgularında 19-25 ve alveoler ödem geliştiğinde ise 25'den yukarıdadır.

Kalp yetmezliği ve aşırı sıvı yüklenmesinde akciğer ödemi bulgularına kalpte büyüme ve plevral sıvı bulguları da eklenir. Ani gelişen kalp yetmezliklerinde ve aort stenozu gibi sol ventrikül çıkışının kronik olarak engellendiği durumlarda kalp büyük olmayabilir. Pulmoner venlerin kalbe girmeden önce örneğin kronik fibrozan mediastinit gibi bir nedenle obstrüksiyonunda da kalp büyük değildir. Uzun süre yatan hastalarda sıvı arka kesimlerde toplanır ve ödemin tanımlanan bu görünümü tam olarak ortaya çıkmaz. Pulmoner akımı yerel olarak değiştiren faktörlerin varlığında radyolojik görünüm değişir ve atipik görüntüler ortaya çıkar.

Artmış kapiller permeabiliteye bağlı akciğer ödemi

Pulmoner kapiller permeabilitenin değişik nedenlerle bozulması sonucunda alveoller içerisine proteinden zengin bir sıvı sızar ve solunum hızla bozulur. Sonuçta gelişen solunum yetmezliği akciğerlerin elastisitesindeki bozuklukla birlikte yetişkin tipi (adult) respiratuar distres sendromu (ARDS) adını alır. En sık nedenleri şok, şiddetli travma, yanık, sepsis, narkotik aşırı doz ve pankreatittir. Olayın başlangıcından 24-36 saat sonra takipne, dispne, siyanoz ve şiddetli hipoksi gelişir.



Resim 2.110 ARDS. A. Her iki akciğerde yamalı konsolidasyonlar. B. Konsolidasyonlar birleşerek daha büyük alveoler ödem alanları oluşturuyor. Ayrı olgular.

Radyolojik bulgular dispnenin başlangıcından 12-24 saat sonraları ortaya çıkar. İlk bulgular periferik yerleşimli bir kaç adet alveoler tipte yamalı infilitrasyondur (Resim 2.110). Opasiteler bir kaç gün içinde birleşerek, içlerinde hava bronkogramları görülen daha büyük konsolide alanlar meydana getirir. Basınçlı oksijen verilmesiyle bu alanların kısmen düzeldiği görülür, ancak bu düzelme histopatolojik seviyede bir düzelme değil, oksijen verilmesine bağlı bir düzelmedir. Bir hafta sonra akciğerde retikülo-nodüler kaba opasiteler ortaya çıkar ve görünüm aylarca değişmez ve pulmoner fibroz gelişir. Kalp boyutu, hidrostatik akciğer ödeminden farklı olarak büyük değildir.

ARDS'nin komplikasyonu olarak üstüne binen enfeksiyonu ödem görünümünden ayırmak zordur. Tabloya plevral sıvı eklenmesi enfeksiyon olasılığını düşündürür.

Akciğer ödemi birçok nedene bağlı olarak gelişebilir. Kafa travması, konvülsiyon ve artmış intrakranial basınç nörojenik, 3500 metreden yüksek zirvelere hızlı tırmanmayla yüksek basınç, zorlu doğum travayı sırasında amniyotik sıvının dolaşıma geçmesiyle amniyotik sıvı embolisi ve parçalı kırıklarda kemik iliğindeki yağın dolaşıma geçmesiylese yağ embolizmi nedenli akciğer ödemi ortaya çıkar. Bu nedenlerle gelişen akciğer ödemlerinde her iki ödem mekanizması ayrı ayrı ya da birlikte etkin olabilir.

PULMONER KANAMA

Pulmoner kanamanın travma, kanama diyatezi, enfeksiyon, ilaçlar, pulmoner embolizm, ARDS ve otoimmün hastalıklar gibi birçok nedeni vardır. Goodpasture sendromu, idyopatik pulmoner kanama, Wegener granülamatozu, sistemik lupus eritematozus, romatoid artrit ve poliarteritis nodoza akciğerde kanamaya neden olabilecek otoimmün hastalıklardır.

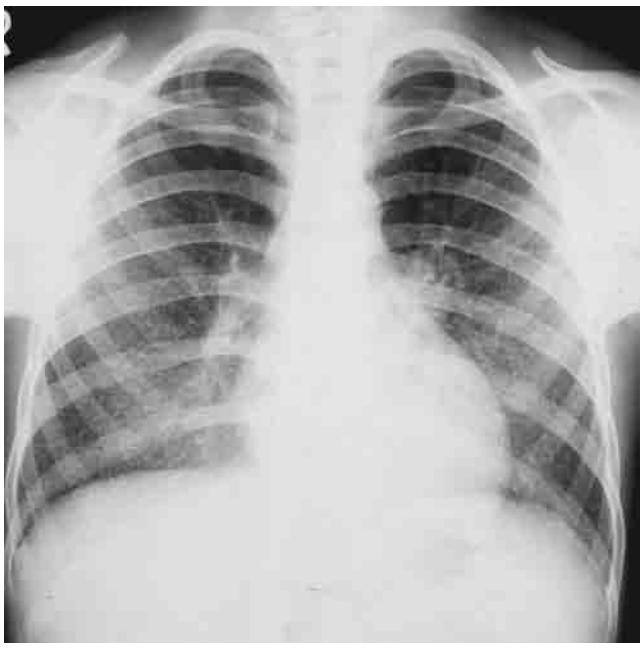
Göğüs röntgenogramlarında kanamaya bağlı her iki akciğere dağılmış yamalı yumuşak opasiteler görülür. Görünümü akciğer ödeminden ve yaygın pnömonik konsolidasyondan ayırmak zor olabilir. Radyografik görüntüsü hızla değişir. Birlikte hemoptizi görülebilir ve hematokrit düşer.

Goodpasture sendromunda alveoler ve renal glomeruler membrana karşı antikor gelişir; renal yetmezlikle birlikte akciğerlerde kanama görülür. Hastalık genellikle genç erkekleri tutar. İdiopatik pulmoner hemoraji ise sıklıkla çocuklarda görülür.

Akut kanama ataklarının tekrarlamasıyla interstisiyel aralığa taşınan kan artıkları reaktif fibroza neden olur. Hemosiderozis adı verilern bu tabloda akciğerlerde ince retikülo-nodüler örnek görünümü ortaya çıkar (Resim 2.111). Kanama atakları arttıkça akciğerdeki interstisiyel örnek de belirginleşir.

Bronşiyal arteriyografi ve embolizasyon

Durdurulamayan hemoptizilerde embolizasyon amacıyla yapılır. Hemoptizi nedeni TB kavitelerindeki Rasmussen anevrizması kanamaları, kistik fibroz ve tümördür. Akciğer transplantasyonlarından önce anatomiyi görmek için bronşiyal arteriyografi yapılır.



Resim 2.111 Akciğer hemosiderozisi. Tekrarlayan kanamalar sonucunda her iki akciğerde miliyer nodüler ve retikülo nodüler görünüm.

Önce inen aortografi yapılarak yol haritası belirlenir. Bronşiyal arterler aortadan %90 olguda 4. - 7. sırt omurlar seviyesinden çıkar ve arka-dışa doğru uzanır.; %40 olguda sağ bronşiyal arter tek, sol iki tanedir,%30 olguda her iki taraftaki bronşiyal arter tekdir, %25 olguda ise her ikisi de çifttir.

200-1000 ml/24 saat aralığındaki kanamaya masif hemoptizi denir. Kanama 600 ml/24 saati geçtiğinde embolizasyon yapılır. Teknik başarı %98'ler civarındadır, ancak olguların %15-25'inde ilk yıl içinde kanama tekrarlar.

PULMONER EMBOLİ

Tromboembolik akciğer hastalığı nekropsilerde en sık görülen ölüm nedenlerinden birisidir. Hastane ölümlerinin yaklaşık %15'inden sorumludur. Tedavi edilmeyen olguların morbidite ve mortalite oranları yüksektir. Çoğu olguda klinik bulgular spesifik değildir. Birçoğuna tanı konamaz. En sık radyolojik yanılgıya neden olan akciğer hastalığıdır. Subklinik olgular tanınmadan kalırlar ve görülme oranları sıktır. Derin ven trombozunun sık görülen bir komplikasyonudur. Risk faktörleri önemlidir. Derin ven trombozunun risk faktörleri pulmoner emboli için de geçerlidir. Pulmoner anjiyografi tanıda temel standarttır.

Akciğer tromboembolizmi, pulmoner arter tıkanmasına bağlı bölgesel dolaşım bozukluğudur. Olguların sadece %10-15'inde enfarkt gelişir. Bu durum, genellikle besleyici olan bronşiyal kan akımının sağlam kalmasına ve retrograd venöz doluma bağlıdır.

Emboli nedeni pelvis ve alt ekstremite venlerinde genellikle dolaşım yavaşlaması sonucu gelişen trombüslerin kopmasıdır. Pulmoner arter içerisinde trombüs oluşumu nadirdir.

Pulmoner embolilerin büyük çoğunluğu semptom vermez. Pulmoner arterlerin 2/3'ü tıkandığında akut pulmoner hipertansiyon bulguları gelişir. Klinik bulgular değişkendir. Bacakta tromboflebit, hemoptizi ve plevral frotmandan oluşan klasik triad kural değil istisnadır. Dispne ve göğüs ağrısı en sık görülen semptomlardır. Ağrı substernal ve plevral olabilir. Hemoptizi olguların yaklaşık %20-33'ünde görülür. Birlikte takipne ve taşikardi vardır. Böyle bulguları olan bir hastada obezite, diyabet, uzun süren yatak istirahati, doğum kontrol hapı kullanımı, bir malignite bulunması, kronik derin ven yetersizliği, gebelik, konjestif kalp yetmezliği veya yeni geçirilmiş alt ekstremite travması gibi predispozan faktörler varsa emboliden şüphelenilmelidir. Olguların oldukça büyük bir kesiminde klinik bulgu yoktur ve yaklaşık % 40 olguda göğüs röntgenogramları normaldir. Tıkanan damar büyük ve tıkanan damar sayısı çoksa röntgen bulguları ortaya çıkar.

Pulmoner emboliden şüphelenilen olgularda en duyarlı test plazma D-dimer seviyesidir. D-dimer fibrinin yıkım ürünüdür ve venöz trombozu gösteren çok duyarlı (% 98-100) bir testtir. Negatif olması, özellikle pulmoner emboli olasılığı klinik olarak zayıfsa, derin ven trombüsü ve pulmoner emboli olasılığını ekarte ettirir.

Göğüs röntgenogramlarının görevi pnömoni gibi benzer klinik veren nedenleri belirlemek, V/Q sintigrafisine gönderilecek olguları seçmek ve V/Q sintigrafiyi yorumlamada kılavuz olmaktır. Göğüs röntgenogramlarında pulmoner emboliye bağlı değişiklikler akciğer parankiminde, kalpte, pulmoner arterlerde, plevrada ve diyafragmalarda görülür. Akciğer parankim bulguları tutulan damarın veya damarların boyutuna göre değişir. Pulmoner enfarktın gelişip gelişmemesine bağlı olarak radyolojik görünüm farklıdır.

Enfarktsız pulmoner emboli

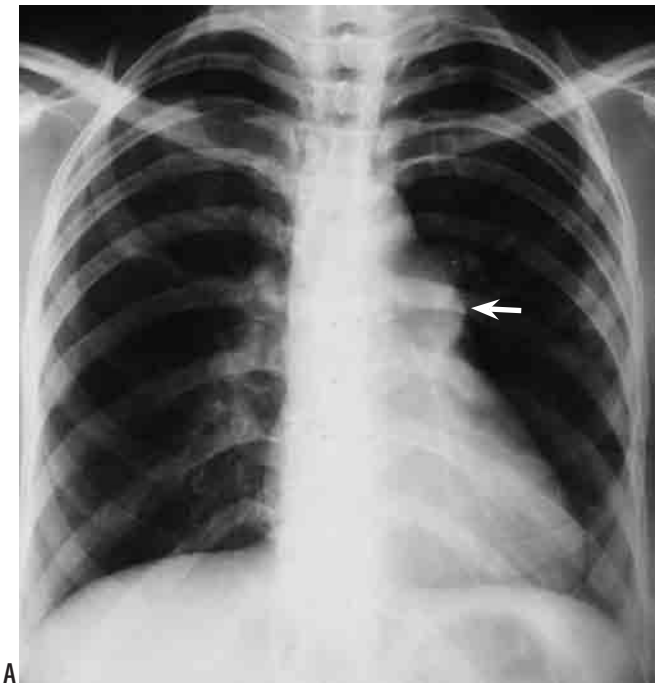
Büyük bir pulmoner arterin tutulumunda klinik ve röntgen arasında uyumsuzluk vardır. Tutulan tarafta diyafragma yükselir. Tıkanan damarın distalindeki bölgede vasküler yatağın küçülmesi ve oligemi ne-

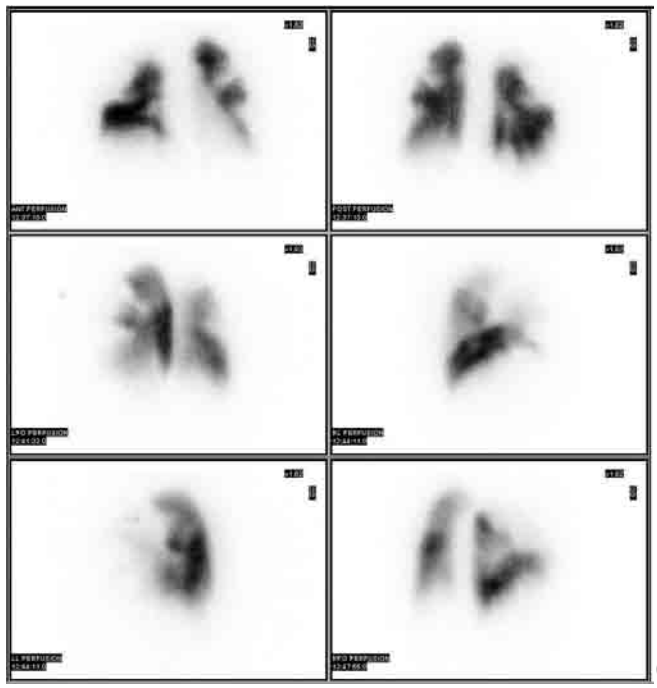
deniyle radyolusensi artımı izlenir. Buna *Westermark işareti* adı verilir. Hiler damarlarda genişleme geç bulgudur.

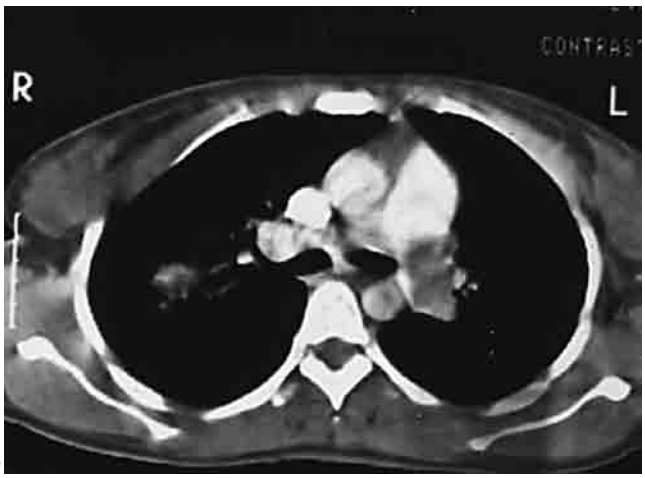
Periferal embolide ise çok sayıdaki küçük periferal dallar emboliyle tıkanmıştır. Böyle olgularda akciğerlerin görünümü normaldir veya bazı olgularda 1/3 dış kesimlerde yaygın radyolusensi artımı izlenir. Damarların %70'inden fazlası tıkanırsa pulmoner hipertansiyon gelişir ve hiler damarlarda genişleme görülür (Resim 2.112). Subsegmental atelektazilere bağlı *Fleischner çizgileri* adı verilen plevraya kadar uzanan, bir kaç santimetre uzunluğunda diskoid (veya tabak şeklinde) horizontal çizgisel opasiteler ortaya çıkar.

Pulmoner enfarkt

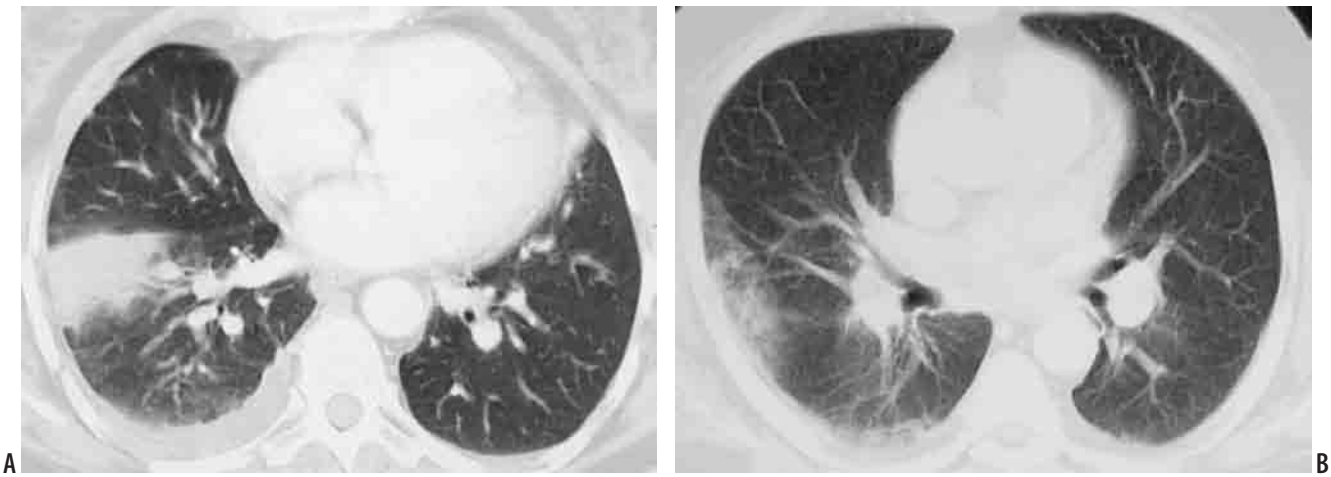
Pulmoner embolilerde enfarkt sık değildir, olguların yaklaşık onda birinde görülür. Bir akciğer segmentinde enfarkt geliştiğinde şiddetli bir alveolo-kapiller konjesyon, kanama ve daha sonra nekroz oluşur. Tutulan bölgede ventilasyon azalır ve atelektazi, infiltrasyon, plevral sıvı gibi radyolojik bulgular ortaya çıkar. Enfarktın akut döneminde hemen daima tabanı plevraya dayalı üçgene benzer yuvarlak kenarlı konsolidasyon görülür (Resim 2.113). Konsolidasyon içerisinde hava bronkogramı görülmez. Bu görünüme *Hampton hörgücü* adı verilir. Alt loblarda ve sağda daha sıktır. En sık yerleşim yeri arka bazal segmenttir. Birlikte plevral sıvı vardır. Başlangıçta lezyonun







Resim 2.112 Sol ana pulmoner arterde emboli, A. Röntgen: Pulmoner sektör belirgin (ok), sol akciğerde vasküler görünümlerde azalma, B. BT: Kontrastlı dinamik çalışmada sol pulmoner arterde, trombüse ait dolma defekti. Sağ akciğerde fokal konsolidasyon. C. Perfüzyon sintigrafisi: Her iki akciğerde çok sayıda emboliye bağlı yamalı aktivite tutulumu. Ayrı olgular.



Resim 2.113 Pulmoner embolide akciğer enfarktı. A. Plevral tabanlı üçgene benzer konsolide alan. B. Sağda daha geniş plevral tabanlı ince konsolidasyon. Ayrı olgular.

sınırları, çevresindeki kanama halkasına bağlı olarak keskin değildir, kanamanın rezorbsiyonu ile netleşir. Lezyon geç temizlenir (3-5 hafta). Kavitasyon görülebilir. Temizlendikten sonra yerinde parankimal skara bağlı çizgisel opasiteler ortaya çıkar. Bazı olgularda konsolidasyon 7-10 gün içerisinde temizlenir ve enfarkt görülmez.

Pulmoner emboli tanısında radyolojik yöntemler

Ventilasyon/perfüzyon sintigrafisi: Klinisyene değerli bilgiler verir. Normal ventile olan bölgede segmental perfüzyon defekti bulunması pulmoner emboli için çok anlamlıdır. Normal perfüzyon pulmoner emboliyi dışlatır. Röntgen ve ventilasyon (veya inhalasyon) çalışması normal olan, ancak perfüzyon çalışmasında en az 2 segmental veya 1 segmental defektle birlikte 2 veya daha fazla subsegmental defekti olan olgularda emboli olasılığı %90; 1 segmental defekti veya 2-3 subsegmental defekti olanlarda %75; subsegmental defekti 2'den az olanlarda ise %10'dan azdır. Perfüzyon defektleri ile uyumlu ventilasyon defektlerinde neden, öncelikli olarak ventilasyon bozukluğudur ve emboli olasılığı azdır.

Röntgenogramlarda infiltrasyon gibi bulgular varken bile perfüzyon çalışması diyagnostik bilgiler sağlayabilir. İnfiltrasyondan daha küçük bir perfüzyon defektinde pulmoner emboli ihtimali çok azdır. Perfüzyon defekti infiltrasyondan daha büyük ise pulmoner emboli olasılığı yüksektir. Ventilasyon çalışması normal olan bir hastada perfüzyon defekti olması pulmoner emboliye has bir bulgu değildir; vaskülit, pulmoner fibroz, konjestif kalp yetmezliği, primer pulmoner hipertansiyon, mitral kapak hastalığı benzer görünüm oluşturabilir.

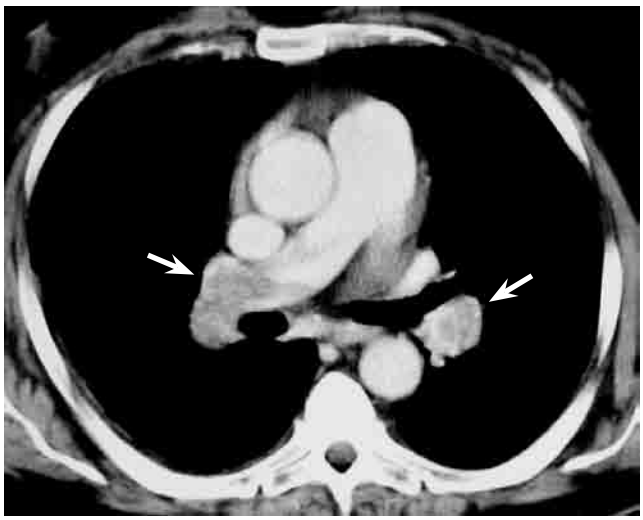
Sintigrafinin klinikte güncel yeri, tanının yüksek olasılıkla tahmin edilebildiği olgularda (örneğin yüksek olasılıkla normal ya da pulmoner emboli) tanının doğrulanmasıdır. Bunlar genellikle, göğüs röntgenogramı normal olan ve amfizem hikâyesi bulunmayan genç yetişkinlerdir.

BT: Büyük arterleri tutan olgularda tanıda temel yöntem konumundadır. En iyi sonuç ÇKBT ile alınır. 80-120 ml 300-350 I/ml non-iyonik kontrast madde bolus şeklinde verilir. Tüm akciğer ince kesitlerle taranır. Embolinin BT bulgusu damarda dolma defekti veya distali dolmayan damardır (Resim 2.114). Distalindeki akciğer alanında oligemi görülür. Yöntemin negatif kestirim değeri %95'in üzerindedir.

BT anjiyografinin duyarlılığı subsegmental dallardaki embolilerde düşer. Bu tür embolilerin tanısı klinik önem taşıyorsa kateter anjiyografi yapılır

US: Pulmoner emboli olgularında bacaktaki derin ven trombozunun tanısı Doppler US ile konur. Yöntemin akut derin ven trombüsünü saptamadaki duyarlılığı %95'e özgüllüğü ise %98'e, çıkar. Yalancı negatif sonuç nedenleri, trombüsün ya çok distalde veya pelvis içerisinde olması ve bacak ven sisteminin duplikasyonudur.

Derin ven trombüsünü saptamanın diğer bir yöntemi, akciğer embolisi için yapılan toraks BT'den sonra aynı seansta yapılan alt ekstremite taramasıdır. Hastaya akciğer embolisi taraması için verilen kontrastın başlangıcından 3 dakika sonra, diz altından



Resim 2.114 Pulmoner emboli. BT'de sağ pulmoner arterde daha belirgin olmak üzere her iki pulmoner arterde pıhtıya ait dolma defektleri (oklar).

diyafragmaya kadar olan kesim ÇKBT ile hızla taranır. Proksimal alt ekstremite ve pelvik venlerdeki trombüsün saptanmasında yüksek duyarlılığa sahip bu yönteme *dolaylı BT venografi* adı verilir.

Pulmoner anjiyografi: Kateter anjiyografisi pulmoner emboli tanısında %98-99 duyarlılık oranı ile temel standarttır. Akut olgularda hem tanı hem de tedavi (fibrinolizis) amacıyla doğrudan yapılabilir. Pulmoner anjiyografinin diğer endikasyonları pulmoner AVM ve psödoanevrizmanın tanı ve tedavisidir.

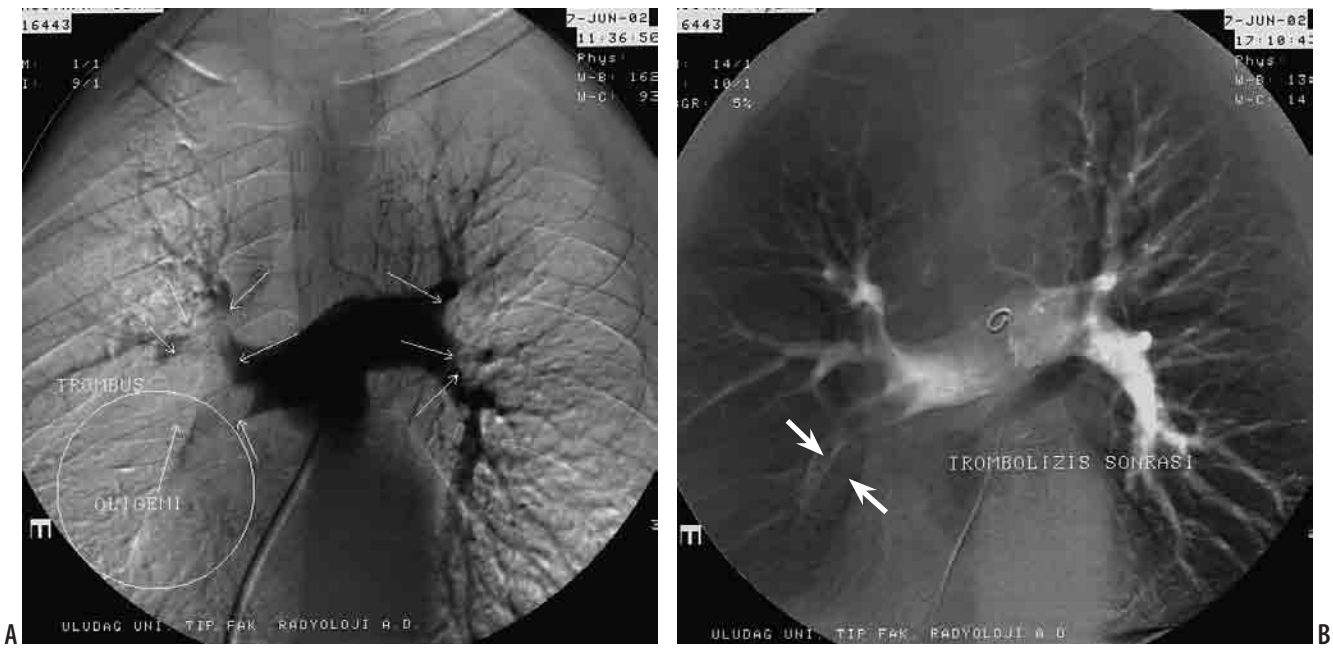
Akut emboli anjiyografide intralüminal dolma defekti şeklinde görülür (Resim 2.115). Kontrast maddenin embolinin çevresinden geçmesine bağlı olarak kontrastı *tren rayı* şeklini alır. Embolinin damarı tam tıkadığı durumlarda arter içerisindeki kontrast madde birdenbire kesilir ve damarın distali opasifiye olmaz ve dolayısıyla görülmez.

Kronik embolide emboli küçülür ve damarın bir duvarına doğru çekilir. *Muralize emboli* adı verilen bu yapı damar içerisinde ekzantrik dolma defekti şeklinde görülür, pulmoner basınç yükselir.

Pulmoner embolide trombolitik tedavi yapılır. Sistemik ve intraarteriyel yapılan tedavi arasında önemli bir fark yoktur. Trombektomi de yapılabilir.

Pulmoner embolide radyolojik tanı algoritmi

Periferik lezyonlar ve kronik olgularda tanı perfüzyon/ventilasyon çalışmaları ile konur. Sintigramlar mutlaka röntgenogramlarla birlikte değerlendirilmelidir. Sintigramlar normalse, ileri tetkik yapılmaz. Emboli olma



A B

Resim 2.115 Pulmoner embolide pulmoner DSA. A. Sağ akciğer alt lobu besleyen arterin başlangıcında trombüse bağlı ampütasyon. Her iki taraf pulmoner arter dallarında trombüslere bağlı amputasyonlar. B. Trombolizis sonrası aynı arterden pıhtının kenarından geçen kontrast maddenin tren rayı görünümü (oklar). Ampüte dalların çoğu açılmış.

ihtimali orta derecede olan olgularda BT-anjiyografi yapılır. Trombüs, kontrastlı BT kesitlerinde ve MR'de damar içerisinde pıhtı şeklinde görülür. Emboli olasılığı yüksek olgularda doğrudan antikoagülan tedaviye başlanır. Akut olgularda hem tanı hem de tedavi (fibrinolizis) amacıyla acil arteriyografi yapılır. Acil transkateter veya operatif tedavi yapılması gereken hastalara RG uygulamadan doğrudan anjiyografi yapılabilir.

PULMONER ARTERİYEL HİPERTANSİYON

Pulmoner arter basıncının 30 mm Hg'yı geçtiği durumda pulmoner arteriyel hipertansiyondan bahsedilir. Temel röntgen bulgusu hiler damarlarda belirgin genişleme, distaldeki damarlarda daralmadır. Uzun süren şiddetli olgularda birlikte sağ ventrikü büyümesi ve büyük pulmoner damarlarda BT'de mural kalsifikasyon görülür. Pulmoner hipertansiyonda göğüs röntgenogramında, sağda interlober pulmoner arterin çapı 16 mm'yi, BT/MR kesitlerinde ana pulmoner arter çapı 28.6 mm'yi geçer. Bu değerler hipertansiyon için eşik değer değildir, altında da pulmoner arteriyel basınç artmış olabilir.

Pulmoner arteriyel hipertansiyonun nedeni pulmoner akıma karşı oluşmuş dirençtir. Bu direnç artımının en sık nedenleri pulmoner venöz hipertansiyon, parankimal akciğer hastalıkları, göğüs duvarı deformiteleri, difüz plevral fibroz, pulmoner arteriyel hastalıklar ve idyopatik pulmoner vasküler hastalıktır. Pulmoner venöz hipertansiyonun radyolojik bulguları pulmoner arteriyel hipertansiyonun gelişimi ile geriler. Parankimal akciğer hastalıklarında, özellikle sentrilobüler amfizemdeki arteriyel hipertansiyonun nedeni kronik hipoksemiye bağlı artmış vasküler direnç ve refleks vazokonstrüksiyondur. Sonuçta pulmoner arteriyollerin çaplarında irreverzibl değişiklikler meydana gelir ve pulmoner vasküler yatakta yaygın tıkanma görülür.

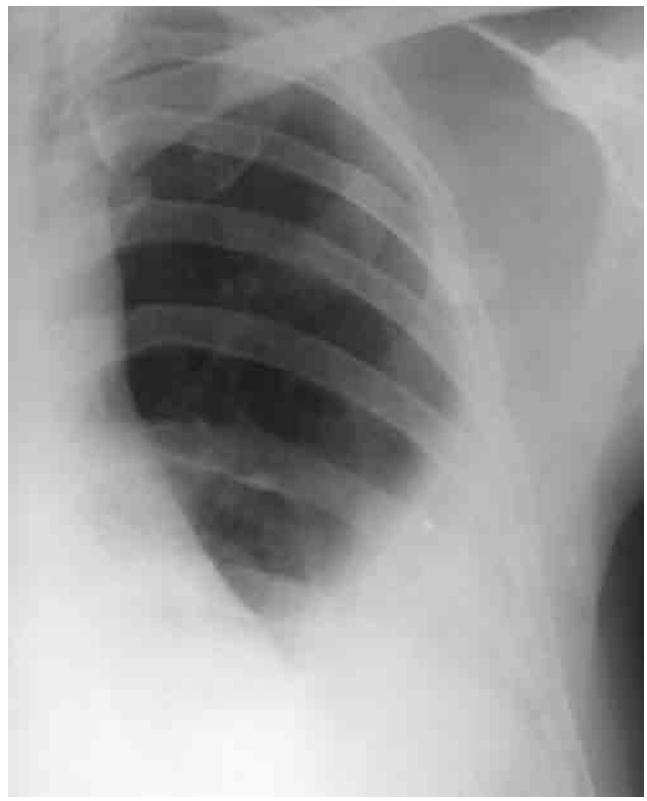
PLEVRA

PLEVRAL SIVI

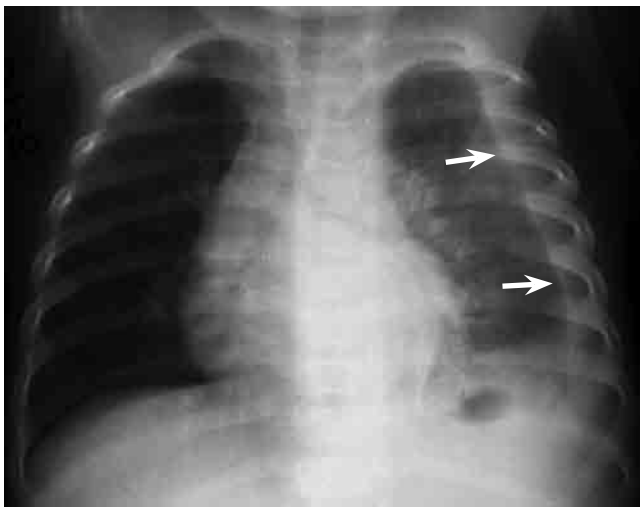
Plevral boşlukta toplanan sıvı transüda, eksüda, hemorajik veya şilöz yapıda olabilir. Transüda, artmış hidrostatik basınç ve/veya azalmış plazma onkotik basıncı sonucu meydana gelir. Kalp yetmezliğinde toplanan plevral sıvı hidrostatik basınç artımına bağlıdır; siroz ve nefrotik sendromda ise hipoalbüminemi sonucu düşük onkotik basınca bağlı olarak gelişir. Transüdanın protein içeriği düşüktür ve içerisinde inflamatuar hücre bulunmaz. Eksuda ise plevradaki kapiller ağın permeabilitesinin enfeksiyon, tümöral invazyon ve emboli gibi nedenlerle bozulmasına bağlı olarak gelişir; proteinden ve hücreden zengindir. Röntgenolojik olarak sıvının cinsini saptama olanağı yoktur, tümü aynı yoğunlukta gölge verir. Ayırıcı tanı alınan sıvı örneğinin analizi ile yapılır; protein içeriği 3 g/dl'den ve LDH seviyesi 200 IÜ'den düşük olan sıvılar transüda, yüksek olanlar ise eksudadır.

Serbest plevral sıvı

Genellikle konkavitesi hilusa doğru bakan ve göğüs duvarına doğru yükselen parabol şeklinde bir kenar veren homojen bir opasite görünümündedir (Resim 2.116). Yaklaşık 200 ml'den az serbest plevral sıvı arka-ön göğüs röntgenogramında saptanamaz; ancak yan röntgenogramlarda arka kostodiyafragmatik sinüste görülebilir. Az miktarda serbest plevral sıvı en iyi lateral dekübitus pozisyonunda görülür. Radyografik olarak plevral sıvının görülebilmesi için miktarları, dekübitus projeksiyonda 25 ml, arka kostodiyafragmatik sinüste 75 ml ve yan kostodiyafragmatik sinüste ise 175 ml'den fazla olmalıdır.



Resim 2.116 Plevral serbest sıvıya bağlı konveksitesi hilusa bakan homojen yoğunluk artımı.



Resim 2.117 Nadir görülen ve daha çok çocuk olgularda karşılaştığımız lameller sıvı. Sol hemitoraks dış duvarına paralel ince yoğunluk artımı (oklar).

Bazen çok az sıvı göğüs duvarına paralel uzanan bir kaç milimetre kalınlığında *lameller opasite* şeklinde görülebilir (Resim 2.117). Bu görünüme çocuklarda sık rastlanır.

Serbest sıvının diğer bir şekli de subpulmoner serbest sıvıdır. Yükselmiş diyafragmaya benzer. Ancak üst sınırının konveksitesi daha azdır ve kenarları diyafragma gibi keskin açı yapmaz. Sağdaki subpulmoner lezyonlarda transvers fissür diyafragmaya daha yakın görünümdedir. Solda mide gaz odacığı ile diyafragma arasındaki mesafenin genişlediği görülür. Mesafe normalde de geniş olabileceği için bu bulgunun duyarlılığı düşüktür. Plevral sıvının tanısında opasitelerin fissürlere doğru bir kaç milimetre bile olsa girinti yapması önemli bir bulgudur. Subpulmoner serbest sıvı yan dekübitus röntgenogramlarda göğüs duvarına doğru yayılır.

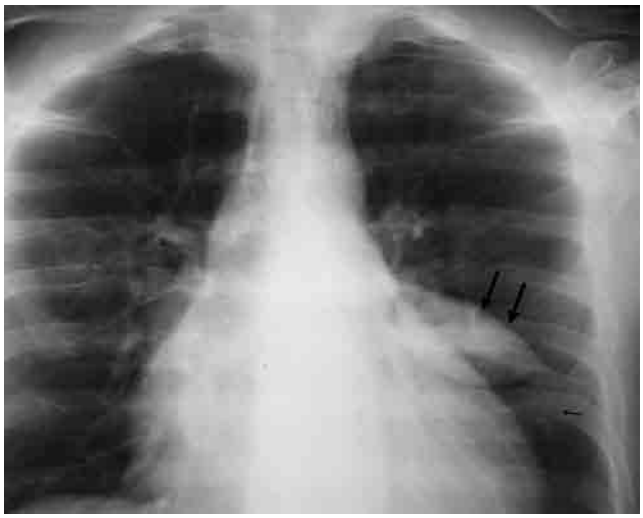
Bir hemitoraksı tümüyle kaplayacak miktarda plevral sıvı kalp ve mediyasteni karşı tarafa iter. Aşırı miktarda sıvıya rağmen kalp ve mediyastende yer değişikliği yoksa sıvının altında ana bronşu tıkayarak akciğerin kollapsına neden olan malign bir tümörün varlığı düşünülmelidir.

Plevral sıvı birçok hastalığa eşlik edebilir. Genç yetişkinlerde TB, bazen akciğerde röntgenolojik bir anormallik olmadan sadece oldukça fazla miktarda serbest sıvı şeklinde görülür. TB nedenli plevral sıvının lenfosit içeriği yüksek, glikoz konsantrasyonu düşüktür.

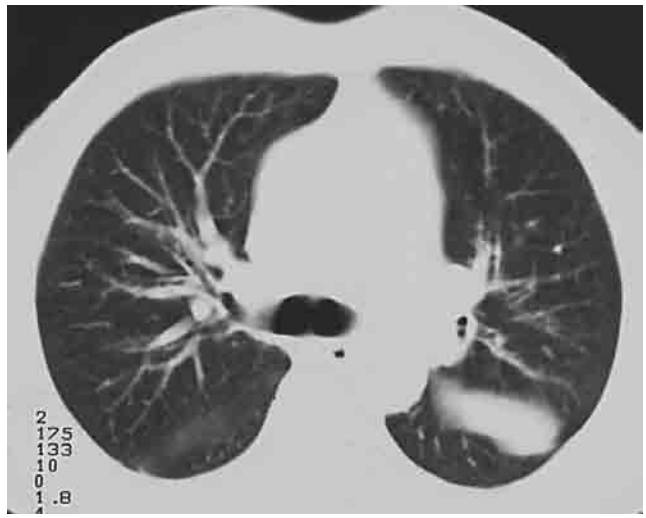
Ankiste plevral sıvı

Plevranın paryetal ve viseral yaprakları arasında yapışıklık varsa sıvı bu arada toplanır ve pozisyon değiştirme ile hareket etmez. Bunlara ankiste sıvı adı verilir. Ampiyem ankiste sıvı şeklinde görülür. Ankiste sıvı subpulmoner, kostal, mediyastinal ve interlober yerleşimde olabilir.

İnterlober ankiste plevral sıvı kalp yetmezliğinde sık görülür (Resim 2.118). Horizontal veya oblik fissürlerdedir. Uçları gittikçe sivrileşen oval opasiteler şeklindedir. Yetmezlik tedavisi ile hızla rezorbe olur. Bu nedenle *kaybolan tümör* anlamına, *vanişing tümör* veya *fantom tümör* adları verilmiştir.



A



B

Resim 2.118 İnterlober tipte ankiste plevral sıvı, A. Sol major fissürde oval şekilde ve kenarları iğ gibi gittikçe incelen düzgün kenarlı opak görünüm. Kalpte global büyüme, B. BT görünümü.

Ankiste plevral sıvılar akciğer lezyonları ile karışabilir. Ana plevral boşlukta sıvı varlığı tanıya yardım eden önemli bir bulgudur.

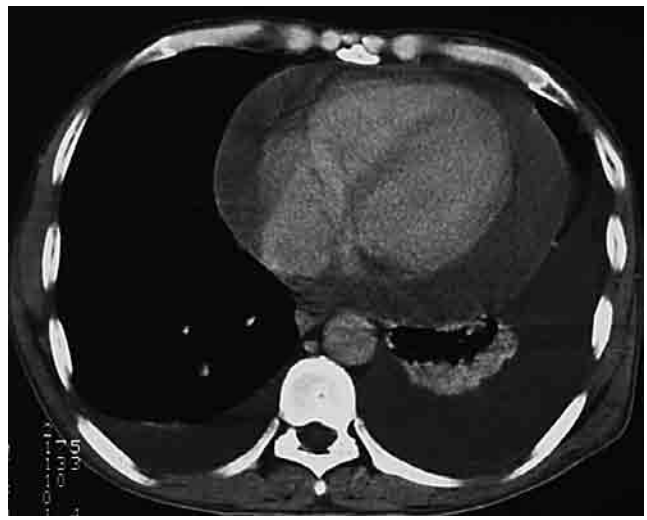
US: Plevra US ile transtorasik ve transabdominal yolla incelenir. Abdominal yaklaşımda karaciğer ve dalak akustik pencere olarak kullanılır. Plevral boşlukta sıvı varlığı derindeki havalanmayan yapıların incelenmesini kolaylaştırır. Örneğin plevral sıvıya komşu kollabe ve konsolide akciğer US ile ayrıntılı olarak gösterilebilir.

Transtorasik yaklaşımda, paryetal plevra viseral plevra ile birlikte, yüzeyden yaklaşık 1 cm derinde, normaldeki çok az plevral sıvıya ait ince hipoekoik bir çizginin ayırdığı paralel ekojen çizgiler şeklinde görülür. Solunumla alttaki ekojen çizginin, dışındaki çizginin üzerinde kaydığı görülür. Buna *kayma ("gliding") bulgusu* adı verilir. Arkada akciğer güçlü bir reflektif yüzey olarak izlenir ve distale doğru reverberasyon artefaktları oluşturur. Abdominal yaklaşımda diyafragma ekojen bir çizgi şeklinde görülür. Güçlü bir konkav ayna gibi davranan hemidiyafragmaların arkasında karaciğer ve dalağın ayna-hayali artefaktları oluşur. Bu artefakt plevral boşlukta sıvı olmadığını gösteren güvenilir bir bulgudur.

US ile çok küçük miktardaki plevral sıvı saptanabilir. Basit plevral sıvı anekoik görünümdedir. Bazen plevral kalınlaşma ve plevral kitle de basit sıvıya benzer şekilde hipoekoik görülebilir. Kompleks plevral sıvı debrise bağlı ekojen partiküller, bazıları ise septasyonlar içerebilir ve sıvının ekojenitesi artar. US'de saptanan septalar BT ile görülemeyebilir. Ekojen, yüzen partiküller veya debris içeren, septalı sıvıların eksuda, anekoik sıvılarda ise transüda olasılığı yüksektir. Bazen sıvı jelatinöz yapıdadır ve solunumla çok az hareket eder.

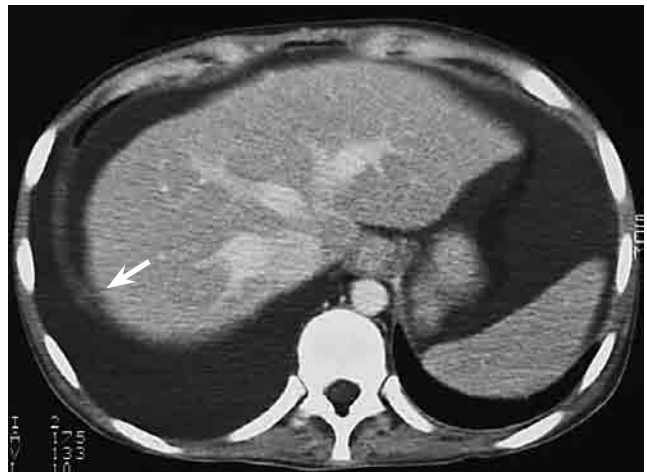
Loküle plevral sıvı, plevral kalınlaşma veya solid plevral tümörler benzer görünüm oluşturur. Plevral kitleler genellikle iyi sınırlı hipoekoik veya heterojen ekojenitedir. Solunumla hareket etmeyen internal ekoların varlığı plevral lezyonun solid olduğunu gösterir.

BT: Serbest plevral sıvının üst yüzeyi konkav şekilde görülür (Resim 2.119). Minimal sıvıyı plevral kalınlaşma veya plevral fibrozdan ayırmak her zaman kolay olmaz. Bu durumda dekübitüs pozisyonunda BT yapılmalıdır. Plevral sıvı ile peritoneal sıvının ayırıcı tanısı zor olabilir. Bu ayırım için 4 ölçüt tanımlanmıştır: 1) Diyafragmanın açık bir şekilde görülebildiği durumlarda sıvının yerleşim yeri ayırıcı tanıyı sağlar; periferdeki plevral sıvı, santraldeki peritoneal sıvıdır (Resim 2.120). 2) Diyafragma kruslarının öne itilmesi sıvının plevral boşlukta olduğunu gösterir (Resim 2.121). 3) Sıvı ile karaciğerin sınırı keskin değil bulanıksa sıvı plevral boşluktadır. 4) Sıvının karaciğerin *çıplak alanı ("bare area")* sınırında durması peritoneal olduğunu gösterir. Çıplak alan, karaciğerin peritonla kaplı olmayan, doğrudan diyafragmaya dayanan yüzeyine verilen isimdir.



Resim 2.119 İki taraflı serbest plevral sıvı, solda sıvının iç kesimindeki komşu akciğerde hiperdens görülen kompresyon atelektazisi ve birlikte perikardiyal sıvı.

BT ile plevral sıvının yoğunluğunu ölçerek biyokimyasal yapısını saptamak olanaksızdır. Eksüdatif



Resim 2.120 Sağda plevral ve peritoneal sıvı. Öndeki peritoneal sıvının karaciğerin çıplak alanına girmediği görülüyor (ok).



Resim 2.121 Sol pleral sıvı. Diyafragma krusu öne doğru itilmiş.



Resim 2.123 Sağ hemitorakst ankiste plevral sıvı (ampiyem?). Plevra yaprakları kalın ve kontrast tutuyor. Ankiste yapı içerisindeki sıvı seviyesi yapılan ponksiyona bağlı.

sıvılarda ve ampiyemde paryetal plevra kalınlaşmıştır ve belirgin kontrast tutar. Ekstraplevral bölge ödemli görünümde olabilir. Akut kanamalarda bazen sıvının hiperdens görünümü hemotoraks tanısı koydurabilir (Resim 2.122).

BT ile akciğerin periferindeki apselerin lokalize piyopnömotorakstan ayırıcı tanısı zordur. Piyopnömotoraks düzgün kenarlıdır ve sıvı seviyesi tek olan kaviteler şeklindedir (Resim 2.123). Kontrastlı çalışmalarda kapsülün boya tutması önemli bir ayırıcı tanı ölçütüdür. Apsede ise iç ve dış kenar düzensizdir ve birden fazla sıvı seviyesi bulunabilir.



Resim 2.122 Solda hemotoraks (ankiste). Depandan kesimde hiperdens hematom seviyeleri görülüyor. Ön mediyastende de seviye gösteren kanama var.

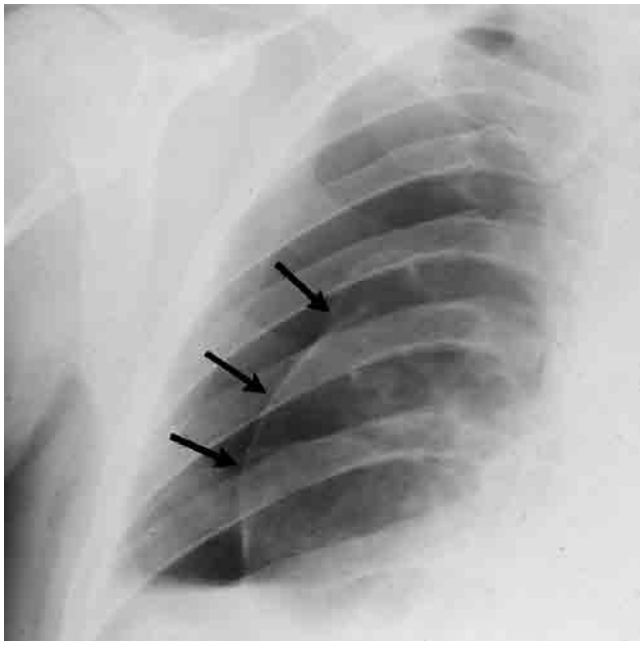
Belirgin plevral kalınlaşma ile birlikte görülen plevral sıvı maligniteyi düşündürür.

MR: Plevral sıvıların sinyal karakteristiklerine göre ayırıcı tanılarının yapılabileceği düşünülürse de solunumla sıvının hereket etmesi görüntüyü bozar. Bu nedenle sıvı loküle olmadıkça sinyal yoğunluğuna bakarak yapısı ile ilgili yorum yapmamak gerekir. Bu kuralın bir istisnası methemoglobin fazındaki hemorajik sıvıdır.

PNÖMOTORAKS

Plevral boşluk içerisine hava girmesidir. Bu hava, akciğerlerden, toraks dışından (yaralanmalarla), mediyastenden ve subdiyafragmatik bölgeden gelebilir. Hava girmesi ile plevral boşluktaki negatif basınç ortadan kalkar ve akciğer kollabe olur. Röntgende akciğer dokusunun bulunmadığı alan radyolusent görülür (Resim 2.124). Bu alanın genişliği kollapsın derecesine bağlıdır. İçerisinde damar, bronş gibi akciğer işaretleri yoktur. Kollabe olan akciğer, plevral yapışıklıklar yoksa, hilusa doğru toplanır ve ince opak bir çizgi şeklinde görülen viseral plevra ile sınırlanmıştır. Kollaps ileri derecede olmadıkça kollabe akciğer opak görülmez. Fazla kollaps olmamasına rağmen yoğunluk artımı kollabe kesimde konsolidasyonun varlığını gösterir.

Küçük pnömotorakslar ekspiriyum röntgenogramlarında daha iyi görülürler. Bazen hava kistleri, akciğerde pnömotoraksa benzer şekilde radyolusensi artımına neden olur. Böyle durumlarda pnömotoraks



Resim 2.124 Hidropnömotoraks,kollabe akciğerin kenarında visseral plevraya ait opak çizgi görülüyor (oklar).

tanısı koyabilmek için, viseral plevraya ait opak çizgi araştırılmalıdır. US'de normalde görülen plevral kayma hareketinin kaybolduğu izlenir.

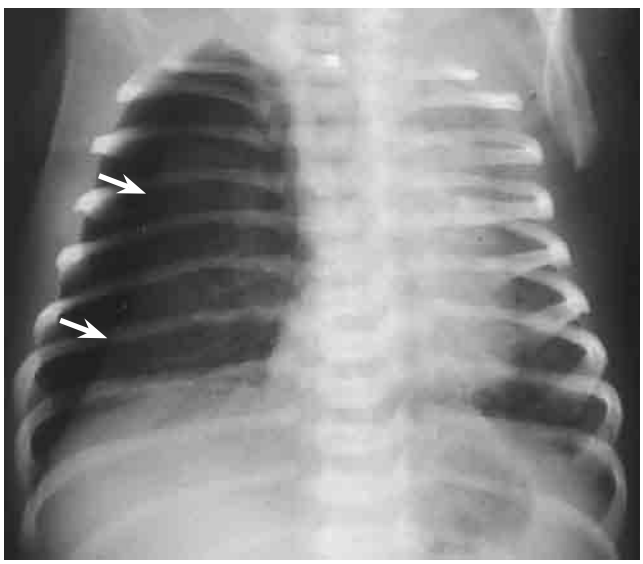
Akciğerden veya dışarıdan plevral boşluğa giren hava gittikçe artarsa kalp ve mediyasten karşı tarafa doğru itilir. Buna tansiyon pnömotoraksı adı verilir (Resim 2.125). Pnömotoraksta hemitorakstaki solunumu sağlayan negatif basınç ortadan kalkar. Buna bağlı olarak orta çizgi oluşumlarında negatif basıncın normal olarak devam ettiği karşı tarafa doğru hafif bir yer değişikliği beklenir. Bu nedenle hafif yer değiştirmeler tansiyon pnömotoraks olarak değerlendirilmemelidir.

Pnömotoraksla birlikte plevral boşlukta sıvı bulunmasına hidropnömotoraks denir. Bu durumda ayakta çekilen röntgenogramlarda daima sıvı seviyesi görülür.

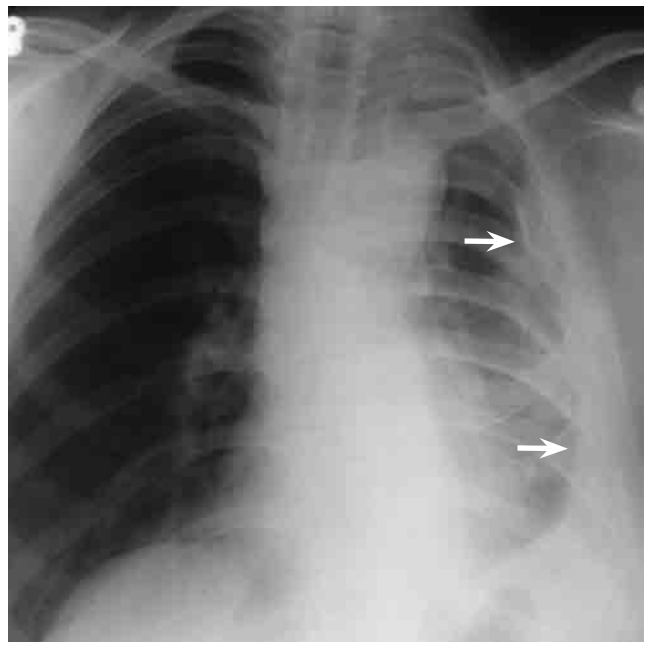
PLEVRAL KALINLAŞMA

Normal yetişkinlerde kostodiyafragmatik açıda, sıklıkla iki taraflı olan çok ince bir plevral kalınlaşma izlenebilir. Bu görünüm hikâyesi olmasa bile geçirilmiş bir plörezi sekeli olarak değerlendirilir ve klinik bir önem taşımaz. Benzer şekilde apeksleri çevreleyen ve *apikal kep* adını alan plevral kalınlaşma görülebilir. Komşu akciğerde apikal küçük büller sıklıkla bu görünüme eşlik eder. Yan röntgenogramda normalde sternumun aşağı arka kesiminde görülen ekstraplevral areolar dokuya ait gölge plevral kalınlaşma izlenimi verir.

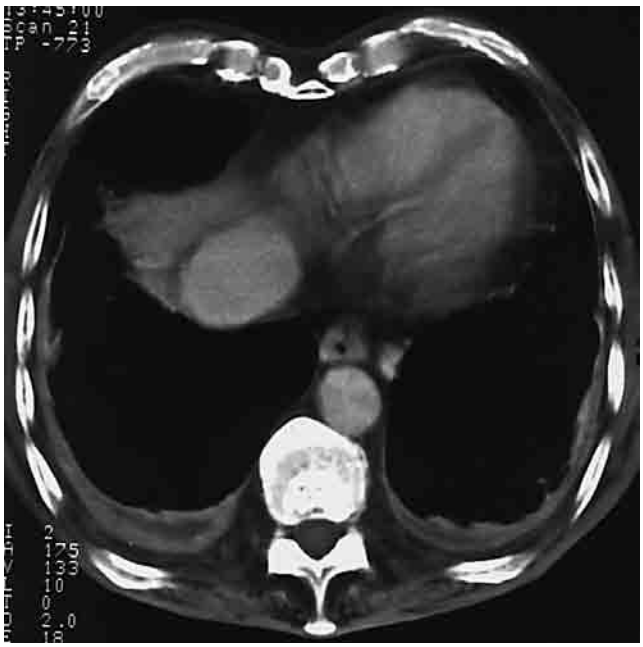
Tek taraflı yaygın plevral kalınlaşma plevral sıvı sekelidir. Özellikle ampiyem ve hemotoraks, plevral fibroz ile iyileşir. Bu şekilde kalın bir plevra bir akciğeri sarabilir (Resim 2.126). Buna fibrotoraks adı verilir. Fibrotoraks kalsifiye olabilir; 1-2 cm kalınlığa çıkarak akciğerin genişlemesini engellerse dekortikasyon ameliyatı yapılır. BT'de hiperdens kalınlaşma şeklinde görülür (Resim 2.127).



Resim 2.125 Tansiyon pnömotoraksı (oklar). Kalp ve mediastinal oluşumlar sola doğru itilmiş.



Resim 2.126 Sol hemitoraksta plevral kalınlaşma (oklar).



Resim 2.127 Plevral kalınlaşma. İki tarafta da kalınlaşmış hiperdens plevral yapraklar arasında minimal sıvı görülüyor.

Asbestoz difüz plevral kalınlaşma görülebilir. Kalınlaşma düzgündür ve plaklardan farklı olarak viseral plevrayı da tutar.

Akciğer lezyonları tarafından fissürlerin geçilmesi fungal enfeksiyonlara has bir özellik olarak tanınmıştır. Ancak bronkojenik karsinomlar ve tüberküloz infiltrasyonları da fissürü geçerek karşı akciğere yayılır.

PLEVRAL KALSİFİKASYON

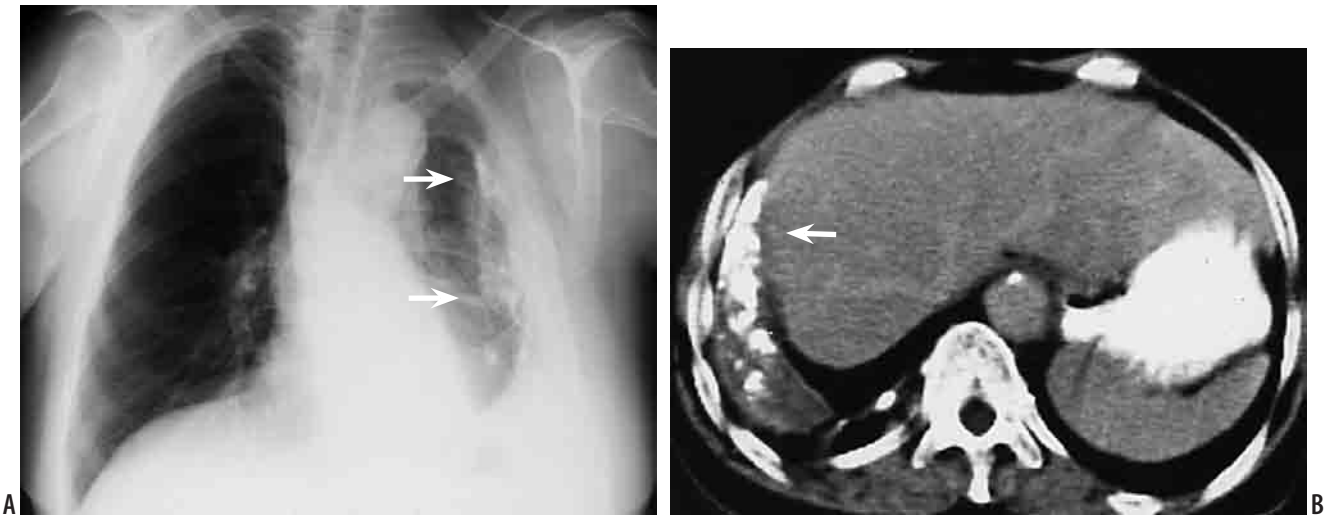
Plevra kalsifikasyonları hemotoraks, ampiyem ve plevral sıvı sonucu gelişir. Homojen olmayan belirgin yoğunluk artımı şeklindedir ve parankim lezyonlarından daha keskin kenarlı olması ile ayrılır. Karşıdan görünümleri *duvara atılmış çamura* benzer (Resim 2.128). Işına tanjansiyel geldiğinde göğüs duvarı ile arasında radyolusent bir çizgi görülür. Geniş alanları tutan plevral kalsifikasyon her iki tarafta yaygın olarak dağılabilir. Bu kadar dikkat çekici görünüme karşın hastanın asemptomatik olması tanıda önemli bir ölçüttür.

Asbestoz görülen plevral kalsifikasyonlar paryetal plevrada gelişen asbest plaklarının üzerine çöker. Kollajen yoğun bant şeklindeki bu plaklar 2-10 mm kalınlığındadır. Asbest ekspojurunu izleyen 20-30 yılda ortaya çıkar. Daha çok diyafragmatık plevrada ve kostal plevranın aşağı-arka-dış kesimlerinde yerleşir, sıklıkla iki taraflıdır.

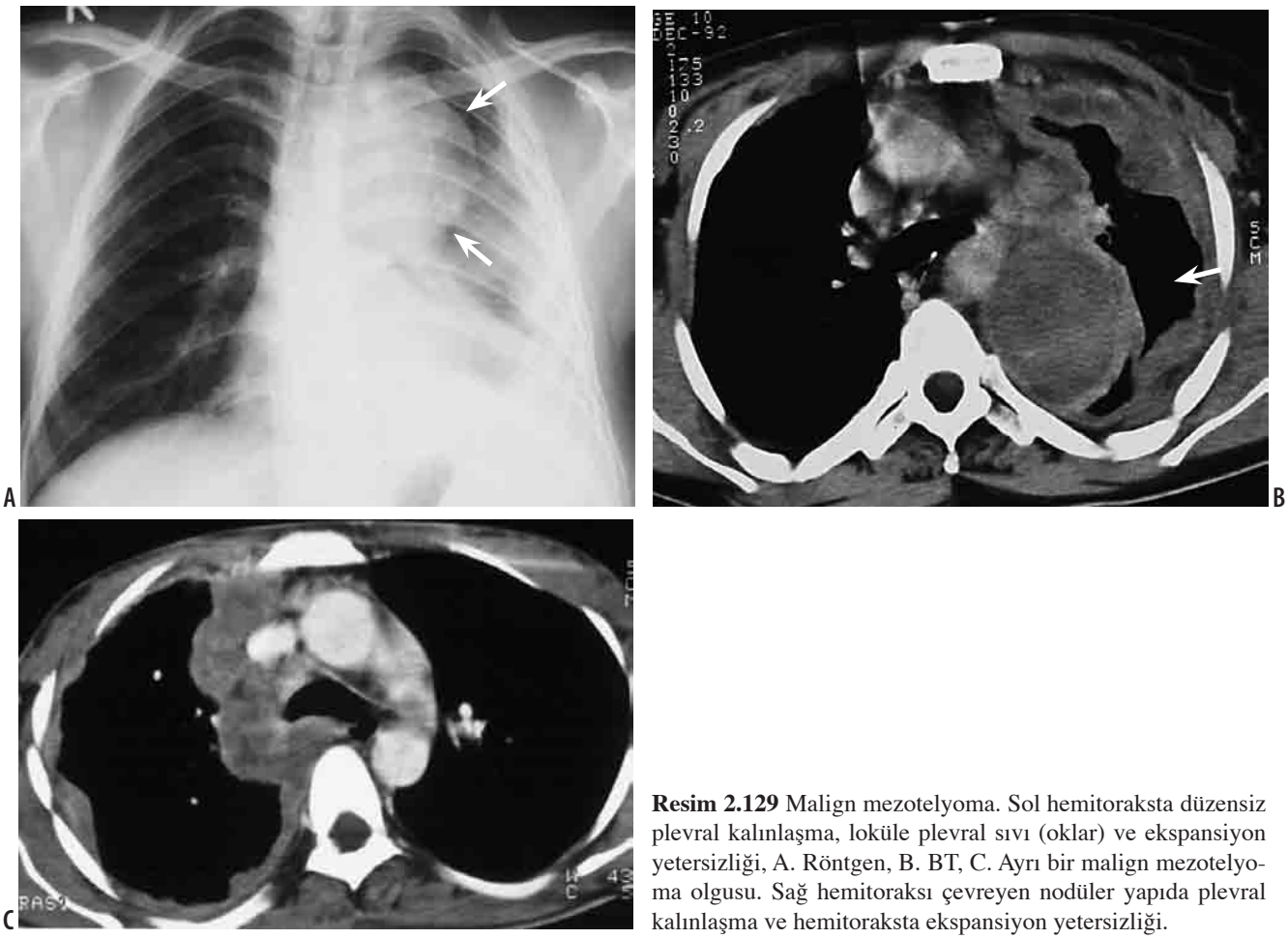
PLEVRAL TÜMÖR

Lokal benign mezotelyomlar (plevral fibrom*)* plevradan çıkan, çapları 2-15 cm arasında değişen, genellikle saplı, yuvarlak kitleler şeklindedir. Saplı olanları solunumla yer değiştirir. Yaklaşık % 20 oranında çevreye invazyon görülür. Malign mezotelyomdan farklı olarak invaze tümör lokalizedir. En sık pulmoner osteoartropati oluşturan tümördür.

Malign mezotalyomda plevra düzensiz ve nodüler şekilde bariz kalınlaşma gösterir. Plevranın kalınlığı 1



Resim 2.128 Plevral kalsifikasyon. A. Röntgen. Sol hemitoraksta plevral kalınlaşmaya eşlik eden duvara atılmış çamur görünümünde plevral kalsifikasyon (oklar). B. BT görünümü. Sağ kostodiyafragmatik sinüse komşu yoğun plevral kalsifikasyon (ok). Ayrı olgular.



Resim 2.129 Malign mezotelyoma. Sol hemitoraksta düzensiz plevral kalınlaşma, loküle plevral sıvı (oklar) ve ekspansiyon yetersizliği, A. Röntgen, B. BT, C. Ayrı bir malign mezotelyoma olgusu. Sağ hemitoraksı çevreyen nodüler yapıda plevral kalınlaşma ve hemitoraksta ekspansiyon yetersizliği.

cm'den fazladır. Yaklaşık % 20 olguda kalsifikasyon görülür. Tümör akciğeri çepeçevre sararak ekspansiyonunu engelleyebilir. Mediyastinal yüzeyin invazyonu sonucu karşıya yer değişikliği görülmez. Bu bulgu öncelikle mezoteliyomu düşündürmelidir. Olguların 3/4'ünde birlikte plevral sıvı vardır. Yaklaşık % 25 olgu sadece plevral kalınlaşma şeklinde, %15 olgu ise sadece plevral sıvı şeklinde görülür. Olguların yaklaşık yarısında aynı taraf hilusunda ve mediyastende LAM saptanabilir.

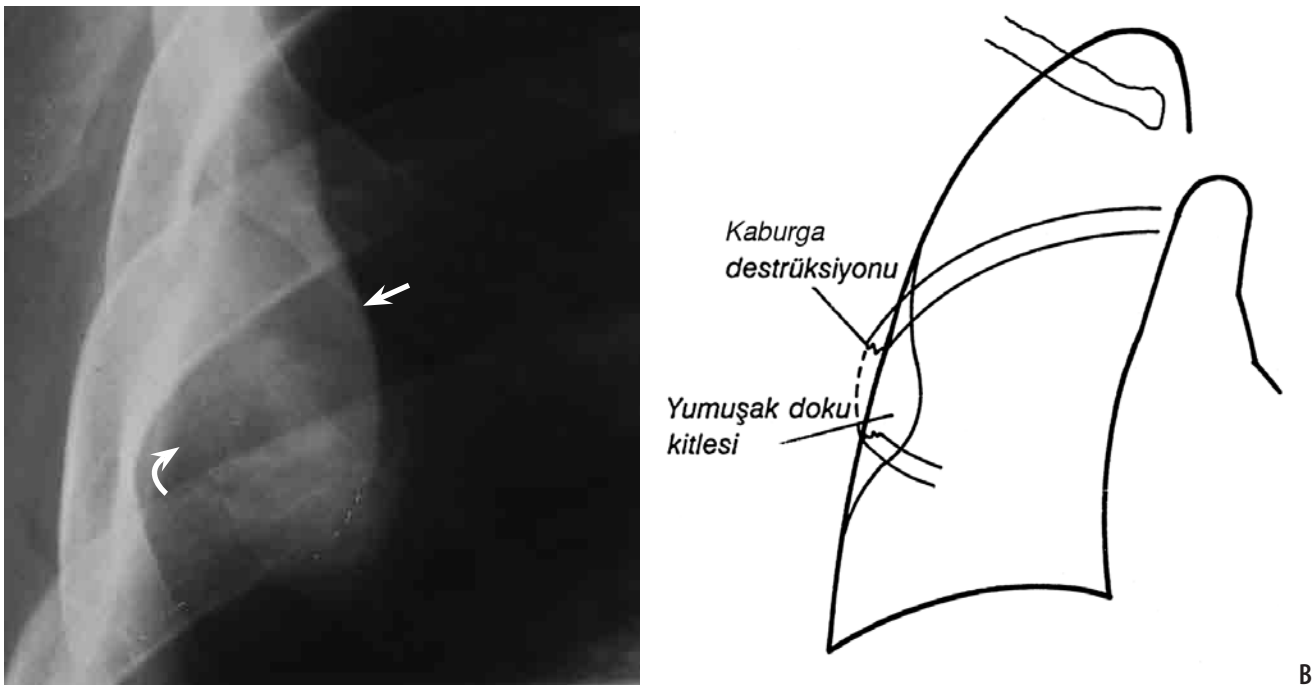
Malign mezotelyomun özellikle asbestozla ilgili olan difüz şekli, plevral kalınlaşma şeklinde görülebilir (Resim 2.129). Asbest ekspojuruna bağlı mezotelyom yaklaşık 30-40 yıl sonra ortaya çıkar. Bu tür mezotelyomların malignite derecesi yüksektir ve sıklıkla plevral sıvı ile birliktedir. Göğüs duvarını, mediyasteni ve perikardı invaze edebilir, akciğere metastaz yapabilir.

Asbestozda plevral plaklar ve kalsifikasyon BT'de röntgenden daha erken ve daha iyi görülür. Malign mezotelyoma has bir BT bulgusu yoktur. Plevrayı tutan herhangi bir malignite benzer görünüm oluşturabilir. Malign mezotelyomlarda %2-20 oranında görüldüğü belirtilen duvar invazyonu da en iyi MR ile saptanabilir. Fibröz mezotelyomlar diğer tümörlerden farklı olarak T2AG'de hipointens görülürler.

Mezotelyomdan başka plevrada görülen tümörler metastatik adenokarsinosm, invaziv timoma veya timik karsinomun yayılımı ve nadiren de NHL'dir.

EKSTRAPLEVRAL ALAN

Paryetal plevranın dışında kalan gevşek bağ dokusundan oluşmuş potansiyel bir boşluktur. Dıştan endotorasik fasiya ile sarılır. Paryetal plevra ile torasik duvar arasında uzanır. Bu bölgeye yerleşen yer kaplayan lezyonların röntgen görünümleri belirli özellikler taşır. Bunları şu şekilde özetleyebiliriz: 1) Keskin kenar, 2) Konveksitesi hilusa doğru bakan bir yumuşak doku kitlesi, 3) Yumuşak doku kitlesinin uçlara doğru gittikçe incelmesi. Kenar açılarının küntlüğü (periferik akciğer lezyonlarında bu açı dardır), 4) Lezyonun toraks duvarı boyunca



Resim 2.130 Ekstraplevral işaret, A. Yumuşak doku kitlesi (ok) ile birlikte kaburga destrüksiyonu (kıvrık ok), B. Şematik görünüm.

olan uzunluğunun eninden daha büyük olması, 5) Yumuşak doku şişliği ve/veya kaburga harabiyeti, 6) Lezyonun fluoroskobik incelemede göğüs duvarı ile birlikte hareket etmesi.

Bu bulguların saptanabilmesi için x-ışınının kitleye tanjansiyel gelmesi ve lezyonun yandan görülmesi gerekir. Bu bulgulardan gittikçe incelen keskin kenar özelliğine *ekstraplevral işaret* adı verilir (Resim 2.130). Kaburga harabiyeti olmadan bu bulguların hiçbirisi ekstraplevral lezyon için tanı koydurucu değildir. Tablo 2.6'da en sık görülen ekstraplevral lezyon nedenleri belirtilmiştir.

Tablo 2.6 Ekstraplevral lezyon nedenleri

Metastaz (kaburgaya veya yumuşak dokuya)
Kaburga kırığı
Kemik lezyonları (myeloma, fibröz displazi, eozinofilik granülom vb.)
Mediyasten kitleleri
Hematom
Lipom, nörofibrom gibi yumuşak doku kitleleri
Göğüs duvarı enfeksiyonları

MEDİYASTEN

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Röntgen

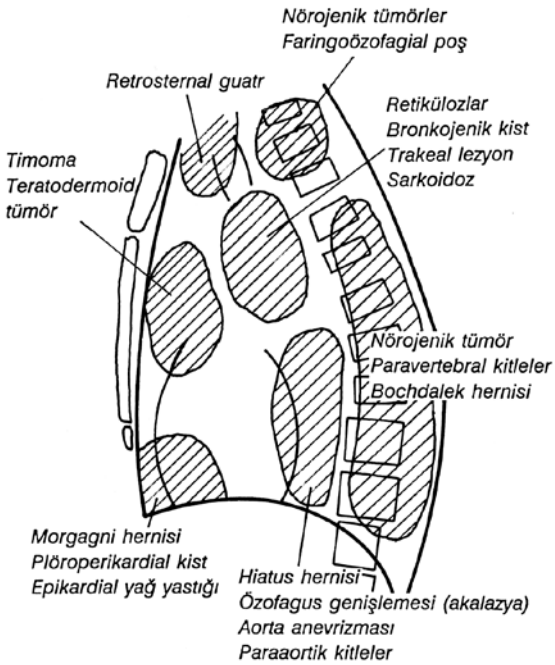
İki yönlü göğüs röntgenogramları mediyastenin ilk radyolojik inceleme yöntemidir. Mediyasten incelenirken özofagusa baryum verilmesi kesin bir kural olmalıdır. Böylece mediyastinal bir yapı olan özofagusun hastalıkları saptanabilceği gibi, mediyasten lezyonlar tarafından özofagusta meydana getirilen bası ve yer değiştirmeler de gözlenebilir.

Mediyastinal yer kaplayan lezyonların sagital plandaki yerleşimleri tanıda büyük önem taşır (Şekil 2.7). Mediyasten lezyonları değerlendirilirken her bölmede bulunan anatomik oluşumlar hatırlanmalıdır.

Kontrast çözümlemesi düşük bir yöntem olduğu için, mediyastinal yer kaplayan lezyonlar röntgenle çok iyi gösterilemez. Bu eksiklik kesit görüntüleme yöntemleri tarafından giderilir.

BT

Mediyastenin BT ile inceleme tekniği probleme uygun olarak düzenlenmelidir. Genellikle kontrast verilir. Konvansiyonel BT ile standart olarak kalın kesitlerle aralıksız tarama yapılır. Saptanan bir lezyonu



Şekil 2.7 Mediyastinal yer kaplayan lezyonlar

incelemek için kesit kalınlığı 3-6 milimetreye düşürülür. ÇKBT ile inceleme süresi çok kısalmıştır, çok ince kesitlerle çok hızlı tarama yapılabilir.

BT'de mediyastende görülen solid kitlelerin yoğunluğu 15-50 HÜ'dür. Çevreden ayrılabilen düzgün bir kenar ve kalsifikasyon benignite ölçütüdür, ancak malign teratomlarda kalsifikasyon görülebilir. Malign yapıdaki timomanın ve erken dönemde metastatik lenf nodlarının kenarları da düzgündür. Çevreye invazyon malignite ölçütüdür, ancak inflamatuar lezyonlar benzer görünüm verebilir.

Mediyastenin BT anatomisi: Üst mediyastende retrosternal bölgede vasküler yapıların önündeki alana prevasküler alan denir. Bu alanda yağ ve yumuşak doku yoğunluğu veya miks yoğunluk bulunur. Bu bölgede bulunan normal oluşumlar sol brakiosefalik ven ve timus bezidir. Timus bezi, 30 yaşından aşağı olgularda izlenebilir; 49 yaşından yukarı olguların ancak %17'sinde görülür. Genelde üçgen şeklinde arkasında çentiği bulunan bir yapıdır. Çentik nedeniyle iki bacaklı bir görünümdedir. Bu üçgenin eni 1-4 cm, bir bacağının boyutu ise 0.4-1.5 cm'dir. Bu bölgede lenf nodu görülmez. Pretrakeal alan, trakeanın önündeki lenf drenajının olduğu önemli bir alandır. Lenf nodlarından normalde sadece azygos lenf nodu görülür, çapı 5.5 mm'dir. Yanında bir veya iki nod bulunabilir.

Pulmoner arterle aort arasındaki aralığa aortopulmoner pencere denir. Bu bölgede lenf nodları, ligamentum arteriyozum ve nervus rekurrens vardır. Normalde bu oluşumların hiçbirisi BT kesitlerinde görülmez. Normal göğüs röntgenogramında bu percerenin yüksekliği 2-4 cm'dir. İki pulsatil yapı arasındaki bu bölgede harekete bağlı çizgi artefaktı sık görülür.

Subkranial alan, karinanın alt kesimindeki bölgenin adıdır. Burada 3-5 tane lenf nodu vardır. Normalde olguların %10'unda ancak bir tanesi görülebilir. Retrotrakeal alan ve arka mediyastenin sağ tarafı daima konkav veya düzgündür, konveks olması anormaldir. Azygos veni çoğunlukla, hemiazygos veni ise %25-50 oranında görülebilir.

Diyafragma kruslarının arkasında kalan bölgeye retrokrural alan denir. Burada aort, duktus torasikus, azygos ve hemiazygos venleri, interkostal arterler ve splanknik sinirler vardır. Bu bölgede görülen herhangi bir normal yapının çapı 6 mm'yi geçmemelidir.

MR

Arka mediyasten, toraks girimi, torakoabdominal bölge ve kalbe komşu lezyonlar ile perikard, miyokard, büyük damar varyasyonları MR ile çok iyi değerlendirilir. Mediyasten yağ dokusu ve büyük damarlardaki akım, mediyastenin MR görüntülerinde kontrast oluşturur. Mediyasten lenf nodları ve özofagus ara intensitededir (kasla izointens). Özofagusun ve bazen trakeanın mukozası T2AG'de hiperintens görülür.

Timus MR ile BT'den daha iyi görülür; çocuklarda kasla izointenstir. Yetişkinlerde yağ replasmanı nedeniyle intensitesi artar ve lenf nodlarından ve kastan daha intens hale gelir. 20 yaşından büyük olgularda timus MR'de BT'den daha büyük görülür. Bunun nedeni muhtemelen MR'nin mediyasten yağı ile timustaki yağ replasmanını birbirinden ayırabilmesidir.

MR'de kontrast kullanımı lezyonları zemindeki mediyasten yağ dokusu ile izointens hale getirerek örter. Kontrast gereksinimi olduğunda yağ baskılama teknikleri kullanılır. Lipom deri altı yağ dokusunun sinyal karakteristiklerini gösterir. Liposarkomda ise sinyal karakteristikleri değişiktir ve heterojendir.

Akut kanama diğer sıvılar gibi davranır; hematomun sinyal karakteristiği genellikle 7. günden sonra ortaya çıkar. Birçok kitle T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstir. Birçok nörolojik tümörde ise

sinyal yoğunluğu T2AG'de belirgin şekilde artmıştır. Hemorajik nekroz T1AG'de hiperintens görülür. Süpürasyon ve nekroz alanları T2AG'de hiperintenstir. Kalsifikasyon düşük sinyal yoğunluğundadır.

Fibroblastların yoğun olduğu dokular T1AG ve T2AG'de yağdan daha düşük intensitede görülürler. Kardiyak fibroma ve mediyastinal fibrozda görülen bu özelliğin fibroz doku için duyarlılığı oldukça yüksektir. Ancak mediyastinal fibroz MR'de her zaman bu şekilde görülmez; T1'in uzaması T2'nin kısalması fibröz doku için karakteristik olsa bile tüm fibroz dokular bu kurala uymaz ve bazı olgular T2'si uzun olduğu için diğer lezyonlardan ayrılamaz. Fibröz dokunun sinyal karakteristiği fibrozun eskiliğine, hidrasyonuna, kollajen oranına, hücre zenginliğine ve kalsiyum birikiminin miktarına bağlıdır.

Perikard T1AG'de, hiperintens yağ dokusu içerisinde hipointens bir çizgi şeklinde görülür. Komşu kitle lezyonunun perikardı invaze ettiği bu çizginin ortadan kalkması ile belirlenir. Kalp boşluklarının akım nedeniyle sinyalsiz görülmesi miyokard ve büyük damar invazyonunun daha iyi seçilebilmesini sağlar.

MR'nin mediyasten kitlelerini saptamada duyarlılığı yüksektir. Damarlar, yağ, kanama, değişik içerikli sıvı birikimleri ve yumuşak doku birbirinden ayrılabilir. Ancak MR sinyal karakteristikleri ile histopatolojik tanı koymak ve benign-malign ayırımı yapmak olanaksızdır.

US

İnceleme suprasternal ve parasternal yolla yapılır. Arka mediyasten kitlelerinde omurgaya komşu kaburga aralıkları kullanılır. Diyafragmaya komşu lezyonlar transabdominal olarak incelenebilir. Parasternal incelemede hangi taraf incelenecekse o tarafın aşağıya geldiği dekübitus pozisyonu kullanılır. Bu durumda ağırlık nedeniyle mediyasten sternumdan aşağı doğru yer değiştirerek daha geniş bir alanın incelenmesine olanak verir.

US ile mediyasten kitlelerinin solid, kistik veya damara ait olup olmadığı söylenebilir, içlerindeki kalsifikasyon gösterilebilir. Saptanan bir kitlenin kardiyak ve vasküler yapılarla ilişkisi söylenebilir. Lenfomada tedavinin etkinliği izlenebilir. Bebeklerde atipik ön mediyasten genişlemesinin timusa ait olup olmadığı kontrol edilebilir.

YER KAPLAYAN LEZYONLAR

Mediyastinal yer kaplayan lezyonlar yeteri kadar büyükse akciğere taşar. Mediyasten çizgisi ile birleşim yerinin açısı geniş, akciğerle sınırı keskin kitleler şeklinde görülür. Trakea, kalp, özofagus gibi mediyasten yapılarında bası ve yer değişiklikleri oluşturabilir. Çoğu zaman da rastlantısal olarak saptanırlar. Mediyastinal lenfadenomegali (LAM), bilinen bir hastalığın seyri esnasında ortaya çıkabilir.

Tanıda en önemli ölçüt lezyonların yerleşim yeridir. Bu nedenle mediyastinal yer kaplayan lezyonlar röntgende yerleşim yerlerine göre sınıflandırılarak incelenir. Mediyasten ön, orta ve arka olmak üzere üç bölüme ayrılır. Üst mediyasten lezyonları yerleşim yerlerine göre bu bölümler içerisinde incelenir.

ÖN MEDİYASTEN

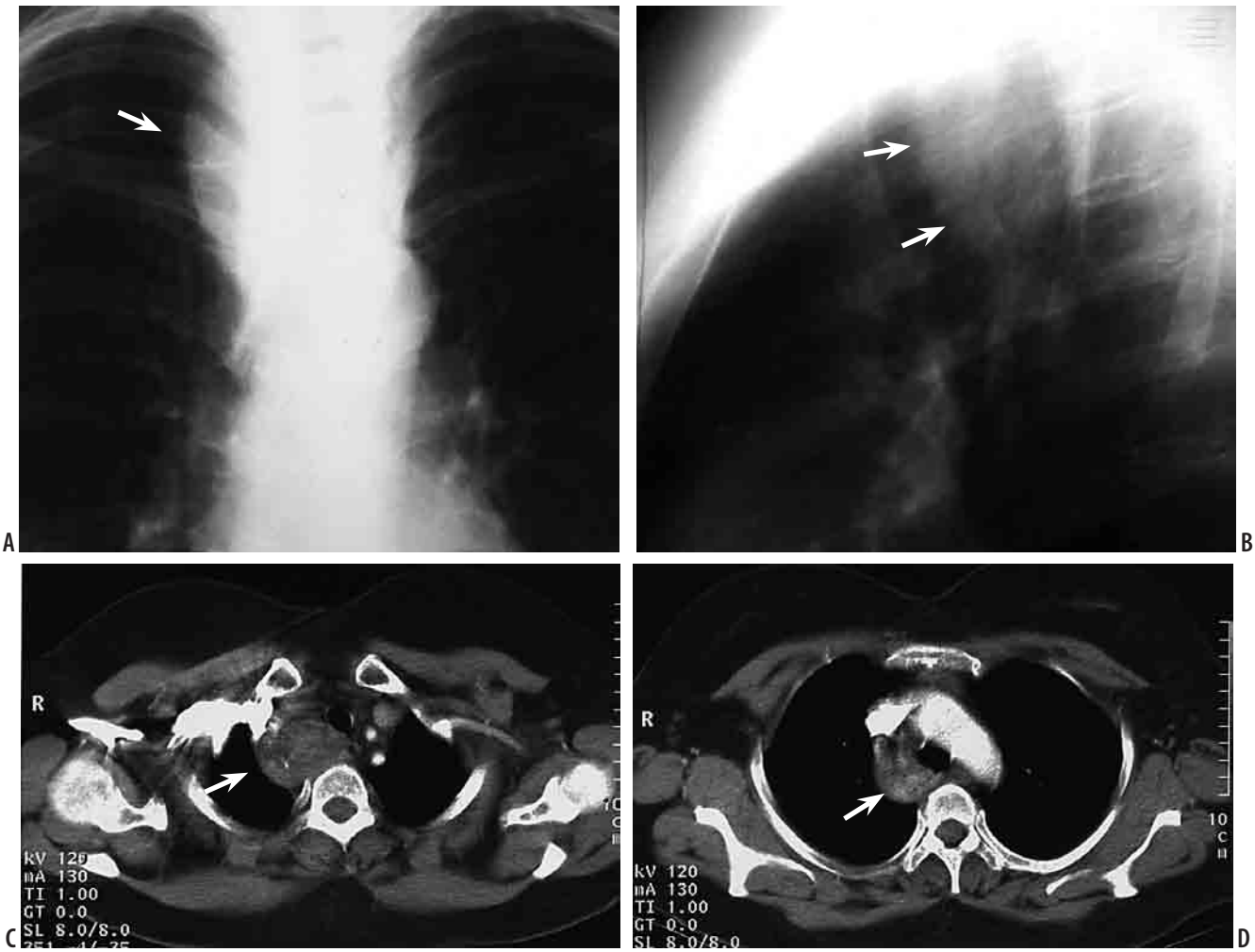
Ön mediyasten yukarıda boyunla anatomik devamlılık gösterir. Bu nedenle boyunda görülen anormalliklerin bir bölümü ön mediyastende devam eder. Bunun tipik örneği guatrdır. Çocuklarda görülen lenfanjiyom da çoğu olguda mediyastene uzanır.

Guatr

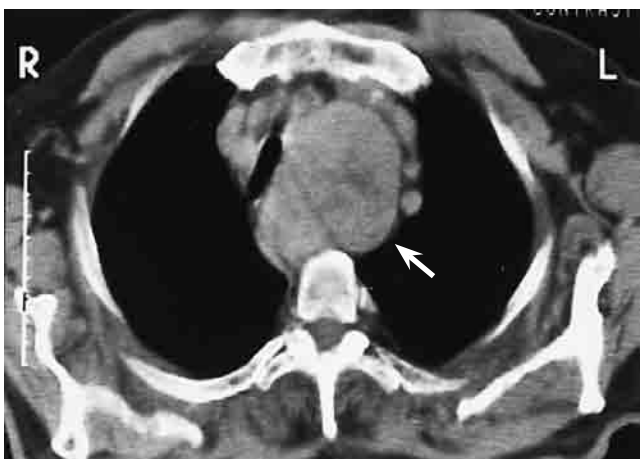
Büyük bir guatr göğüs röntgenogramlarında supraklaviküler bölgede kenarları çok iyi seçilemeyen yoğunluk artımına ve mediyasten gölgesinin genişlemesine neden olur. Trakeadaki yer değişikliği tanıya yardımcıdır. Nodüllerin kalsifikasyonları kitle içerisinde görülebilir. Kitlenin ön yerleşimi yan röntgenogramla gösterilir.

Bazen guatr aşağı doğru büyüyerek tanıda sorun oluşturur. Özellikle boyunda açık bir guatr görünümünün olmadığı durumlarda bu uzanımın tanısı zorlaşır. Aşağı uzanım % 80 olguda trakeanın önünden, % 20'sinde ise sağ-arkasındandır. Sağ arkadan uzanım gösterenler arka-ön göğüs röntgenogramlarında mediyastenin üst sağ kenarında kitle görünümü yapar (Resim 2.131). Yan röntgenogramda trakea arkasında mediyastinal kitle görünümündedir. Floroskopide kitlenin yutkunmayla yukarı doğru hareket ettiği ve baryumlu çalışmada özofagusa baskı yaptığı gözlenebilir.

BT'de yüksek iyot içeriği nedeniyle tiroid dokusunun dansitesi yüksektir, belirgin (>25 HÜ) ve uzun süre devam eden kontrast tutması tipiktir (Resim 2.132). MR, doğrudan aldığı koronal ve sagital kesitlerle kontrasta gerek kalmadan kitlenin tiroidle ilişkisini belirler.



Resim 2.131 İntratorasik guatr (oklar). A. Göğüs röntgenogramında sağ üst mediyastende düzgün kenarlı kitle görünümü. B. Yan röntgenogramda üst mediyastende kitlenin trakeayı arkadan ittiği görülüyor. C ve D. BT görünümleri. Kitle sağdan trakeanın arkasından aşağı doğru uzanıyor.

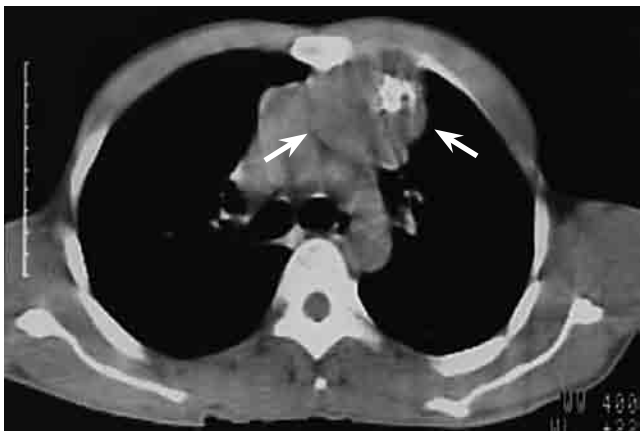


Resim 2.132 İntratorasik guatr. Trakenın sağında düzgün kenarlı ve geç evrede belirgin kontrast tutan kitle (ok). Trakea sağa itilmiş ve sıkışmış.

MR'deki sinyal değişiklikleri lezyonların yapısına göre değişir. Genelde lezyonlar T1AG'de normal tiroid dokusundan hipointens, T2AG'de ise hiperintenstir. Ancak kanama ve kolloid kist içerikleri T1AG'de hiperintens görülür. Fonksiyone nodüller normal tiroid dokusu ile izointenstirler. Radyonüklid görüntüleme ile mediyastinal guatrların yarısından azı gösterilebilir.

Lenfanjiyom

Yenidoğanda boyun kitlelerinin en sık nedenidir. Turner sendromu ve trizomi 13, 18, 21 ile birlikte sık görülür, yetişkinde nadirdir. Kistik, kavernöz şekline kistik higroma adı verilir ve mediyastene uzanır. Nadiren doğrudan ön mediyastende trakea ile büyük damarlar arasında görülebilir. Bu olgular tam rezeke edilemez, rekurrens sık görülür.



Resim 2.133 Timoma. Miyasteniya gravisli bir olguda prevasküler alanda kalsifiye bir tümöral kitle görülüyor (oklar).

Paratiroid

Paratiroid bezleri embriyolojik olarak timusla birliktedir; % 2 oranında embriyolojik dönemde timustan ayrılamaz ve ektopik olarak ön mediyastende timusa yakın yerleşimde kalır.

Primer hiperparatiroidi olgularında paratiroid adenomu boyunda US ile araştırılır. US ile saptanamazsa ektopik yerleşimde öncelikle ön mediyastende timus komşuluğu araştırılır. Bu amaçla BT, MR ve Tc-99m sestamibi sintigrafisi yapılır. Büyümüş paratiroidler MR'de T1AG'de hipointenstir ve çevre yağla konrast oluşturur. Fonksiyonel adenomlar T2AG'de hiperintens görülürler.

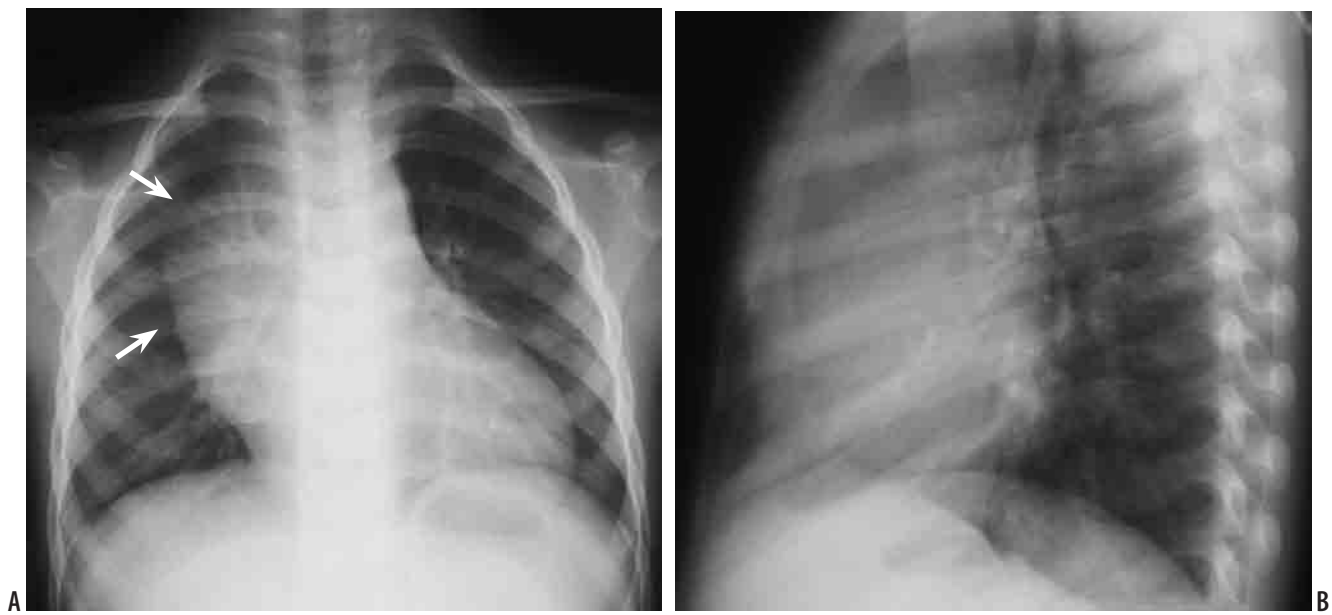
Timus

Normal bir yetişkinde eni dört santimi geçmez, kenarları düzgündür. Timus yerleşimindeki 4 cm'den büyük yuvarlak kitle şeklinde bir lezyon timoma yönünden çok anlamlıdır.

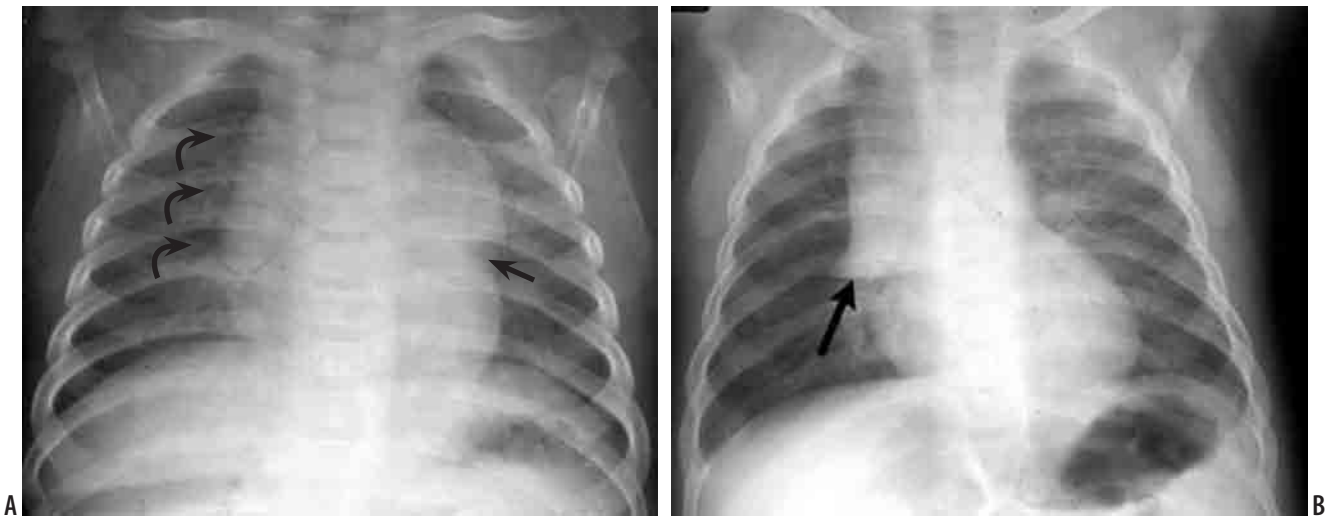
Timoma ve timik epitelyal neoplazmlar, lenfomadan sonra ikinci sıklıkta görülen primer mediyasten neoplazmlardır. Timik kitlelerde benign-malign ayırımı çevre invazyonuna bakarak yapılmaya çalışılır. Histolojik olarak benign yapıdaki timomalar kapsüllü olabileceği gibi kapsülsüz olup çevre invazyonu gösterebilir. Bu nedenle timomalarda radyolojik ve hatta histolojik olarak benign-malign ayırımı zordur.

Timomalar en sık 45-50 yaş arasında görülür, 20 yaştan aşağıda nadirdir. Miyastenia gravisle birlikte sık görülür. Diğer otoimmün hastalıklarla birlikte de görülebilir. Miyastenia gravisli olguların %10-28'i timoma ile birliktedir. Bunların yaklaşık yarısı malignidir. Kalsifiye bir timomaya genellikle miyastenia gravis eşlik eder (Resim 2.133). Timomalı olguların % 30-54'ünde ise miyestenia gravis vardır. Malign timomamaların ekstratorasik metastazları nadirdir.

Timus kitlelerinin diğer histopatolojik nedenleri, timik kist, timolipoma, timik karsinoid, timik lenfoma ve timik hiperplazidir (Resim 2.134). Timoma, lenfoma ve karsinoma kistik dejenerasyon gösterebilir. Timolipoma nadir görülür ve yağ içerikli, yumuşak büyük kitleler şeklindedir. Hodgkin hastalığında (HD),



Resim 2.134 NHL. Timus infiltrasyonu. A. Arka-ön göğüs röntgenogramında sağ hilustan dışarı doğru taşan kitle görünümü (oklar). B. Yan röntgenogramda retrosternal alanı doldurduğu görülüyor.



Resim 2.135 Göğüs röntgenogramında normal timus görünümleri. A. Çentik (ok) ve dalga işareti (kıvrık oklar). B. Yelken işareti.

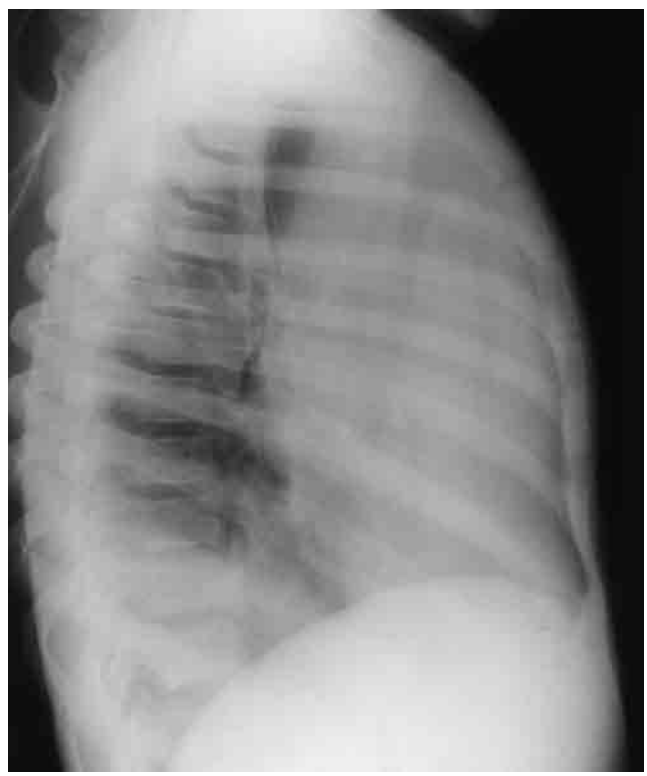
özellikle nodüler sklerozan tipinde, % 40-50 olguda timus tutulur.

Timoma MR'de oval, yuvarlak veya lobüle bir kitle şeklindedir; T1AG'de kasla, T2AG'de yağla izointenstir ve heterojen yapıdadır. Çevre invazyonu MR ile BT'den daha iyi saptanır.

Bebekte üst mediyasteni örterek yanılgıya neden olan büyük timus, kalp gölgesi ile birleştiği yerde yaptığı *çentik işareti* ile tanınır (Resim 2.135). Büyük bir çentikte görünüm *yelkene* benzer. Bazı olgularda kostokondral birleşimlerin basısına bağlı olarak timus kenarındaki ondüler görünüme *dalga işareti* adı verilir. Timik hiperplazi çocuklarda "*rebound" fenomeni* olarak gözlenir.

Lenfoma

Lenfomada, özellikle HD'nin sklerozan tipinde ön mediyasten lenf nodlarının tutulumu kuraldır. Mediyasten lenf nodu tutulumunun göğüs ön duvarına kadar uzanması HD için hemen hemen diyagnostiktir (Resim 2.136). Lenf nodları sternum arkasında bir zincir şeklindedir. Bunlardan manibrium sterni arkasındaki lenf nodu büyüktür ve lenfomalarda ve meme kanserinin metastazlarında kitle şeklini alır. Hodgkin hastalığında lenf nodlarının bölgesel tutulumu tahmin edilebilir bir sıra gösterir. %85 olguda hastalık saptandığında ön mediyasten tutulumu vardır. Bu oran non-Hodgkin lenfomada (NHL) % 40 civarındadır. NHL'de sıralı bir tutulum gözlenmez, ön mediyasten tutulumu da kural değildir. Arkada izole bir lenf nodu tutulumu NHL'yi düşündürür. Lenfomaya bağlı LAM'ların kalsifikasyon göstermemeleri önemli bir ayırıcı tanı kuralıdır. Bununla birlikte tedaviden, özellikle radyoterapiden sonra kalsifiye olabilirler. LAM başlangıçta ayrı ayrı nodlar şeklindedir. Hastalık ilerleyince birleşerek konglomere kitleler oluştururlar. Akciğere, perikarda ve plevral aralığa yayılım görülebilir.



Resim 2.136 Lenfomada ön mediyasten tutulumu. Retrosternal temiz alan oblitere.

Germ hücreli tümörler

Germ hücreli neoplazmlar (teratom, seminom, koriokarsinom, endodermal sinüs tümörü, embriyonel hücreli karsinom) ön mediyastende sık görülür. Bu tümörlerin mediyastende oluşmasının nedeni embriyolojik dönemde gonadal hücrelerin migrasyonundaki duraklamadır.Teratomlar kistik ve matür tiptedir, % 33- 50 olguda kalsifikasyon ve bazen diş görülür. En sık seminom görülür. Tümöral kitleler büyük boyutlara ulaşabilirler.

Mezankimal tümörler

Mediyastendeki mezankimal dokulardan (fibröz doku, yağ, kas, damar) çıkar. Tüm bu dokuların karışımı şeklindedir ve mezankimom (miksom) adını alır.

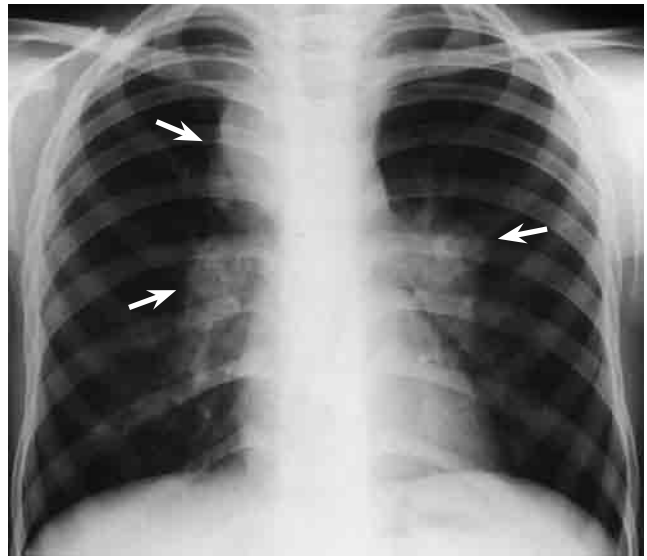
ORTA MEDİYASTEN

Lenfatik kitleler

Mediyastende normalde yer yer küçük lenf nodları görülebilir. Normal lenf nodlarının şekli ovaldir ve boyutları 1 cm'yi geçmez. Büyüyen lenf nodu küresel şekil alır ve LAM diyebilmek için kısa çapının 1 cm'yi geçmesi gerekir. BT'de LAM'lar birbirinden ayrı, boyanmayan, yuvarlak, düzgün veya hafif düzensiz kenarlı değişik büyüklükte kitleler şeklinde görülürler. İleri evrede lenf nodlarının sınırları seçilemez ve görünüm büyük bir kitleye benzer (Resim 2.137).



Resim 2.137 Mediastinal lenfadenomegaliler, Tüm mediastinal kompartmanlarda (Sağda plevral sıvı). Lenf nodlarının sınırları seçilemiyor.



Resim 2.138 Mediastinal lenfoma. Hiler ve orta mediastinal lenf nodlarında tutulma (oklar).

Orta mediyasten lenf nodları lenfoma, granülamatöz hastalıklar (TB, sarkoidoz), bronş karsinomu ve metazlarda tutulur. En sık neden lenfomadır (HD ve NHL). Lösemi de benzer görünüm verir. Önce paratrakeal lenf nodları tutulur. Lezyonlar daima iki taraflı ve asimetriktir (Resim 2.138). HD'de ön mediyasten tutulum kuraldır. Sıklıkla timus da infiltredir. Bu nedenle yan göğüs röntgenogramında retrosternal alan dolu olarak görülür. Lenfomada kalbin diyafragmaya oturduğu kesimde kalbi çepeçevre saran lenf nodu tutulumu tipiktir. Bu olguların yaklaşık yarısında önden veya arkadan ekstraplevral yayılım görülür.

Bronkojenik karsinomların bölgesel metastazları sıklıkla hiler ve mediyastinal lenf nodlarını tutar. Lenfomadan daha ileri yaşlarda görülürler. Çoğunlukla tek taraflıdır (Resim 2.139).

Granülomatöz lenfadenomegalilerin ülkemizdeki en sık nedeni tüberkülozdur. Reenfeksiyon tipinde değil, primer tüberkülozda görülür ve genellikle tek taraflıdır. Boynu tutan lenfadenit TB'de üst mediyastinal lenf nodları da tutulabilir. Histoplazmoz, ABD'de sık görülen lenfadenopati nedenidir, ülkemizde görülmez.

Sarkoidozda öncelikle hiler (bronkopulmoner) lenf nodları tutulur (Resim 2.140). Paratrakeal tutulma daha sonradır. Sağ paratrakeal ve iki taraflı simetrik hiler tutulum tipiktir. Lenfoma ve malign tutulumda lenf nodlarının birleşip konglomere kitle oluşturmasına karşılık sarkoidozdaki LAM'lar birleşmezler. Lenf nodları kalsifiye olabilir. Bazen bu kalsifikasyonlar lenf nodunun kenarında, silikozdaki gibi yumurta kabuğu şeklinde



Resim 2.139 Sağ hilusta bronş karsinomu (ok). Sağ trakeobronşial ve paratrakeal bölgede belirgin lenfodenomegali. Kitle etkisi nedeniyle trakea sola doğru itilmiş (kıvrık ok).

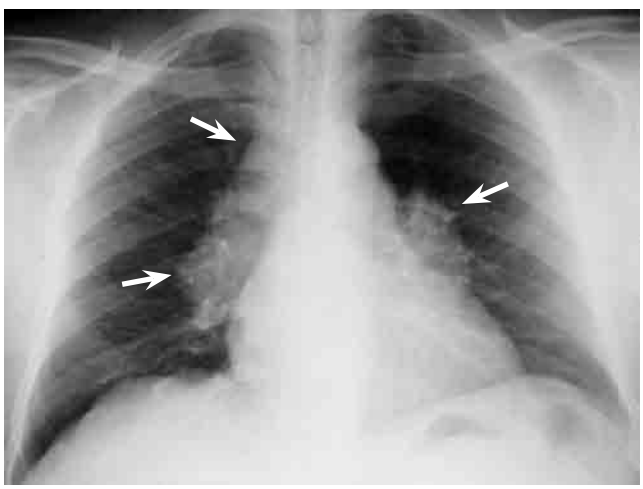
ince bir yapıdadır. Sarkoidozda ön mediyasten tutulumunun belirgin olmaması ayırıcı tanı ölçütüdür.

LAM radyolojik olarak ayrı ayrı büyümüş lenf nodları şeklinde görülebileceği gibi hastalığın ilerlemiş dönemlerinde konglomere kitleler şeklinde de görülebilir. MR, yağ ve damar yapılarını çok iyi gösterdiği için bu yapıların içerisindeki ve komşuluğundaki LAM'ı saptamada duyarlıdır. Subkarinal alan ve aorto-pulmoner pencere koronal kesitlerle açık bir şekilde görüntülenir. Kontrast madde kullanılmasına gerek duyulmaz. Buna karşın uzaysal çözümlemesi düşüktür ve ayırıcı tanıda önemli bir ölçüt olan kalsifikasyonları iyi gösteremez. Uzaysal çözümleme düşüklüğü nedeniyle ayrı ayrı lenf nodlarından oluşan bir küme konglomere bir kitle gibi görülebilir.

Lenfomada BT temel tanı yöntemidir. MR'de LAM'lar standart lezyon intensitesi (T1AG'de hipo-, T2AG'de hiperintens) gösterirler, ancak nodüler sklerozan HD'de fibroze bağlı olarak T2AG'de kesitlerde hipointensite görülebilir. Tedaviye cevap BT, MR, Ga-67 ve FDG sintigrafisi ile araştırılır. Tedaviden 6 ay sonra T1AG'de ve T2AG'de kesitlerin her ikisinde birden hipointens görülmesi rezidiv ve rekurrens olmadığını gösterir. T2AG'de kesitlerde hiperintensite görülmesi anormaldir. Bu sinyal artımı sadece tümör dokusunu değil, enfeksiyonu ve nekrozu da temsil edebilir, böyle bir durumda tanı biyopsi ile konur. Tümör dokusunun saptanmasında en duyarlı yöntem FDG sintigrafisidir. Nodüler sklerozan HD'de rezidü sıktır.

Süperior vena kava sendromu

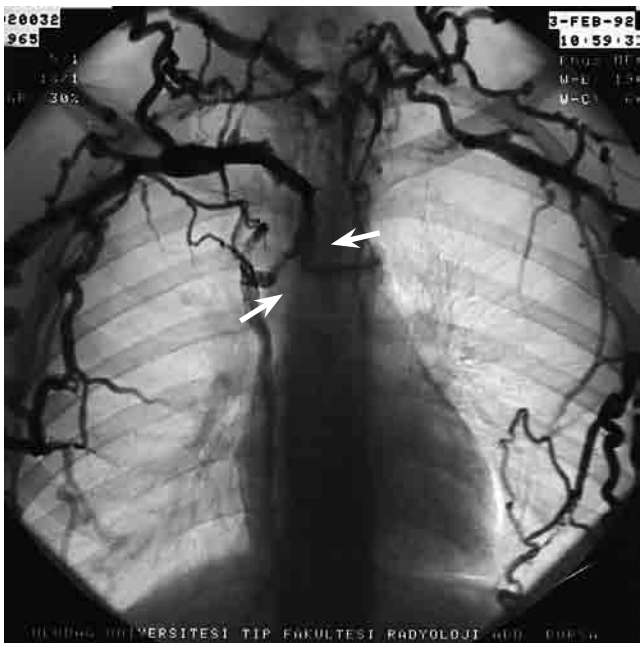
Süperior vena kava obstrüksiyonunun en sık nedeni (%80), genellikle sağ üst lob bronşundan çıkan bronş karsinomu metastazına bağlı komşu lenfadenomegalilerden kaynaklanan invazyondur (Resim 2.141). Mediyastinal lenfoma ve fibrozan mediastinit diğer obstrüksiyon nedenleridir. Ülkemizde ayırıcı tanıda Behçet hastalığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Tiroid,



Resim 2.140 Sarkoidozda simetrik hiler tutulum. Sağ trakeobronşial lenf nodlarında da büyüme görülüyor (oklar).



Resim 2.141 Sağ paratrakeal bölgedeki kitlenin superior venakavayı sardığı görülüyor (ok).



Resim 2.142 SVK sendromu, IV-DSA: Her iki antekübital venden verilen kontrast maddenin genişlemiş kolleterallerde uzun süre kaldığı, SVK'nun dolmadığı görülüyor (oklar).

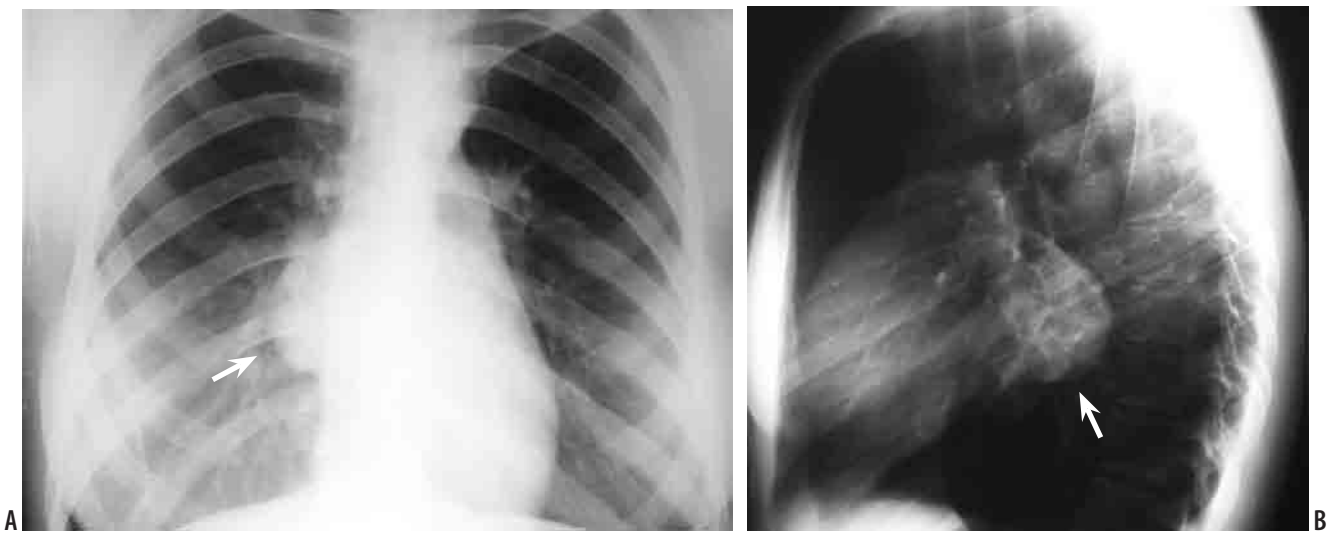
timus karsinomlarında veya metastazlarda da görülür. Benign süperior vena kava obstrüksiyon nedenleri fibrozan mediastinit, granülomatöz mediastinit multinodüler guatr, aort anevrizması, travma, radyasyon ve süperior vena kavanın primer trombozudur.

BT'de genişlemiş yüzeyel torasik kollateraller görülür ve obstrüksiyon nedeni gösterilebilir. Tıkanan damarı ve kolleteralleri göstermek ve girişim yapmak amacıyla venografi yapılır (Resim 2.142). İnceleme SVK'ya konulan kateterden veya her iki antekübital venden aynı anda kontrast madde verilerek yapılır. Tromboz, trombolitik tedaviyle eritilir. Bu tedavi sistemik antikoagülan tedavi ile desteklenir.

Primer subklavian ven trombozu, subklavian venin toraks giriminde sıkıştırılması sonucu ortaya çıkar. Sıkıştırma nedeni torasik çıkım sendromu nedenleridir. Klaviküla kırıklarının çevresindeki kallus ve yumuşak doku şişliğinin basısına bağlı olarak kolun şişmesine Paget-von Schrötter sendromu da denir.

Bronkojenik kist

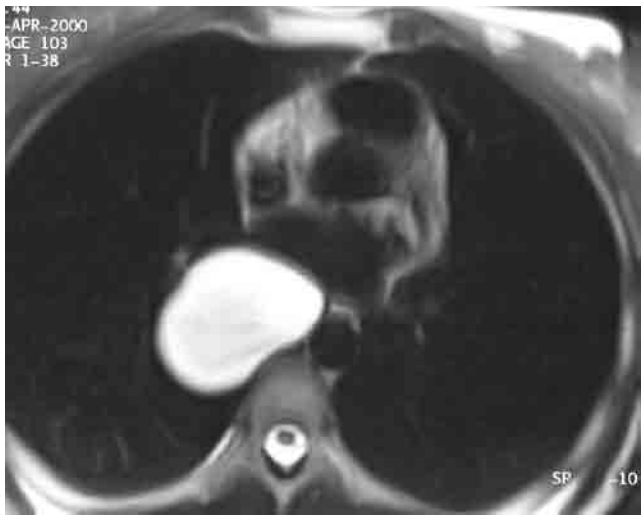
Enterik kistler gibi embriyolojik foregut kistleridir. Bronş epiteliyle döşelidir. Duvarında bazen kıkırdak da görülebilir. Karina ve ana bronşlar çevresine yerleşir, % 80-90'ı karina civarındadır. Sağ trakeal bölge ikinci sıklıkta görüldüğü yerdir. Bazen bu oluşumlara yapışıktır. Akciğerde görülen çok az bir bölümü 1/3 iç kesime yerleşir. Düzgün kenarlı kitleler şeklindedir, lobülasyon ve kalsifikasyon göstermezler. Arka-ön göğüs röntgenogramında hilus bölgesinden akciğere taşan kitle şeklinde görülürler (Resim 2.143). İçeriğinin biyokimyasına göre BT ve MR görünümü değişir. Kist içeriği seröz olanların sinyal karakteristiği sıvılara, örneğin BOS'a benzer (Resim 2.144). Müsinöz yapıda ya da protein içeriği yüksek olan sıvılar BT'de yoğun (>40 HÜ), T1AG'de hiperintens görülür (Resim 2.145).



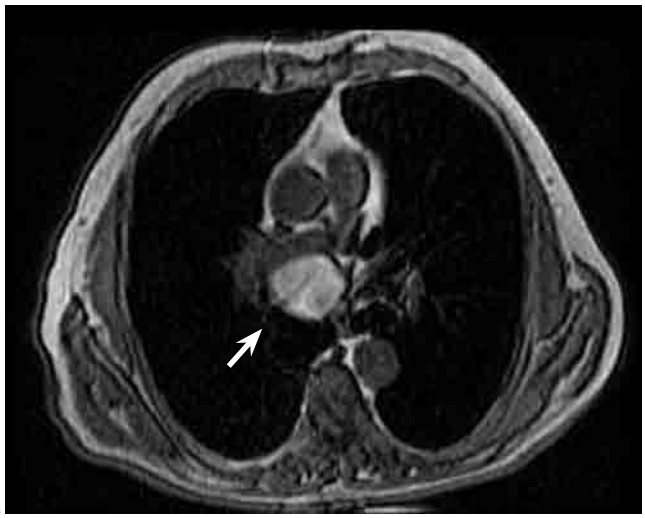
Resim 2.143 Subkarinal seviyede bronkojenik kist (ok). A. Sağ hilus tüzerine taşan düzgün kenarlı kitle (ok). B. Yan röntgenogramda düzgün kenarlı sferik kitle görünümü.

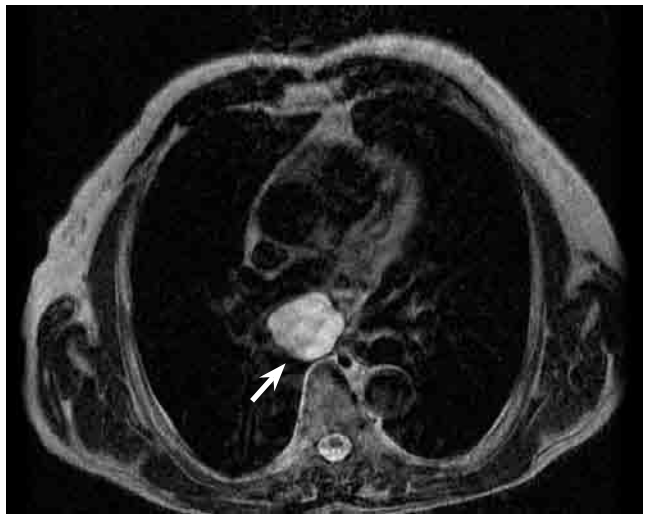






Resim 2.144 İçeriği proteinden zengin olmayan subkarinal bölgedeki bronkojenik kistin A. BT, B. T1AG, C. T2AG.





Resim 2.145 Protein içeriği zengin olan bronkojenik kistin MR görünümleri (oklar). A. T1AG, B. T2AG'leri. Kist her iki sekansta da hiperintens görünüyor.

Mediyasten kistlerin çoğu benigndir ve konjenital orijinlidir; çevreye bası oluşturmadıkça cerrahi gerekmediğinden ayırıcı tanı önemlidir. Bunlar bronkojenik kist, duplikasyon kistleri, nöroenterik kistler ve plöroperikardiyal kistlerdir. Kistlerin histopatolojik ayırımı sinyal intensitelerine bakılarak yapılamaz. Bu ayırımda morfoloji yol göstericidir. Bununla birlikte timik kistlerin T2AG'de kesitlerde çok hiperintens olmaları ayırıcı tanısına yardım edebilir.

Kardiyo-frenik açı opasiteleri

Perikardiyal kistler, arka-ön göğüs röntgenogramlarında kardiofrenik açıyı kapatan ve kalp yoğunluğu ile devam eden kitle görünümündedir. Sağda sola göre iki kat daha fazla görülürler. Şişmanlarda ve uzun süre kortikosteroid alanlarda perikardiyal yağ yastığı belirgindir ve röntgende kitle görünümü verirler. Morgagni hernileri de aynı yerleşimdedir. Çoğunlukla herniye olan kısım omentum olduğu için görünüm kitle şeklindedir. Bu üç lezyon sağ ön kardiyofrenik açı opasitelerinin en sık nedenidir. BT/MR'de yağ dokusunun saptanması ile ayırıcı tanı yapılır. Ülkemizde ayırıcı tanıda hidatid kist göz önünde bulundurulmalıdır (Resim 2.146).

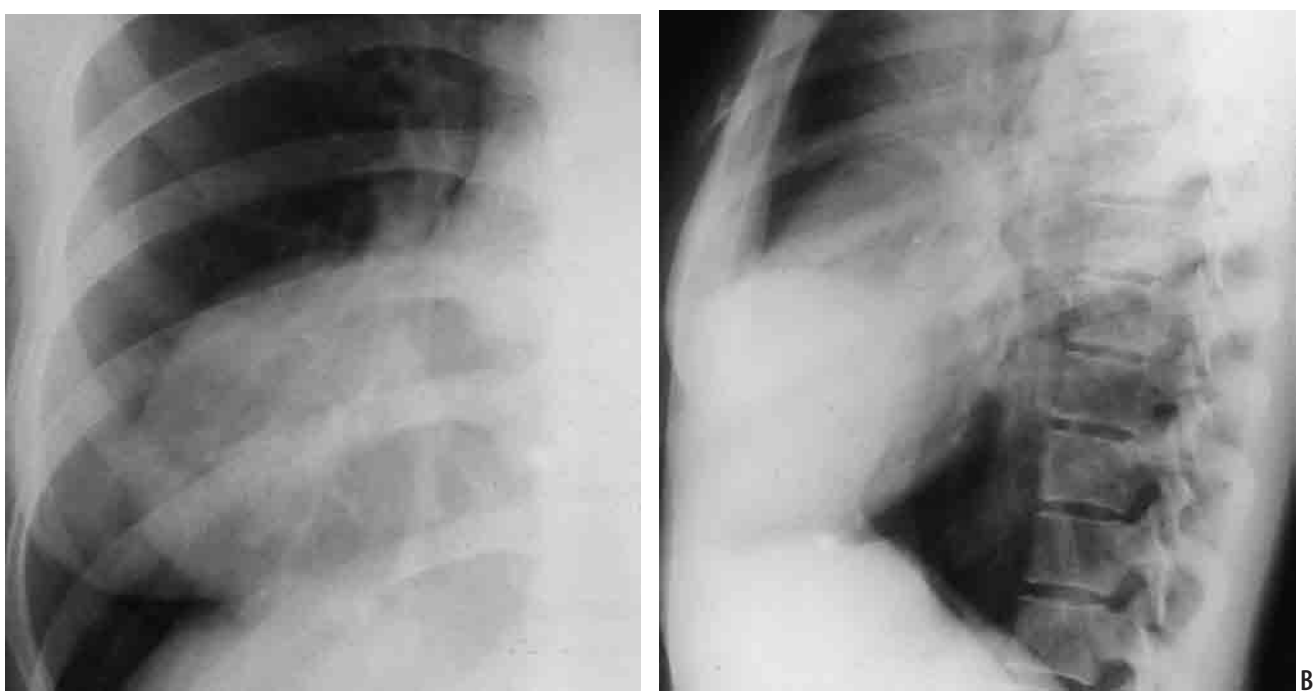
ARKA MEDİYASTEN

Nörojenik tümörler

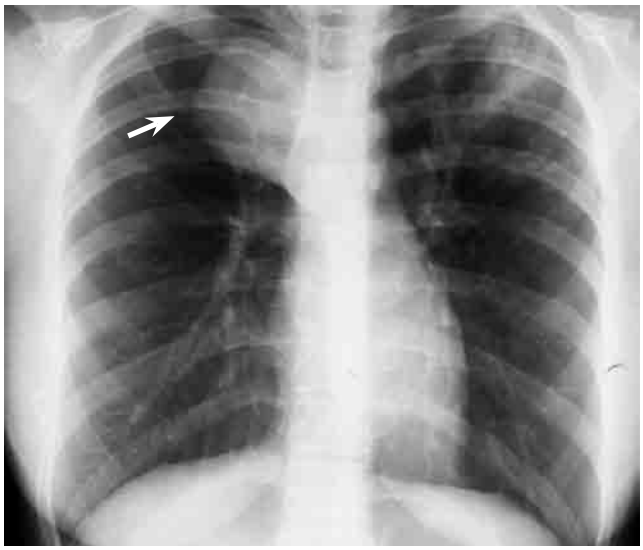
Arka mediyastende en sık görülen tümörlerdir. Çocuklarda nöroblastom, ganglionöroblastom ve ganglionörom görülür. Ganglionörom asemptomatiktir ve rastlantısal olarak adolesan döneminde saptanır. Yetişkinlerde daha çok nörofibrom ve schwannom görülür. Nörofibrom kapsüllüdür ve nöron içerir, schwannomun kapsülü yoktur ve nöron bulunmaz. Bu tümörler birden fazla sayıda olduklarında önce nörofibromatoz dışlanmalıdır. Birlikte görülen skolyoz ve omurga anomalileri tanıda yardımcıdır. Nörofibromatozisle birlikte bulunan lateral ve/veya anterior meningosel de paravertebral kitle görünümü verir.

Nörojenik tümörler düzgün kenarlı lobülasyon göstermeyen oval veya yuvarlak kitlelerdir (Resim 2.147). Nöroblastom bir kaç segment boyunca uzanan paravertebral bir kitle görünümündedir. Nörofibrom ve schwannom ise bir segment boyunda dar tabanlı kitlelerdir. Nörofibromalarda intervertebral foraminada genişleme görülebilir.

Nörojenik orijinli tümörlerin diğer bir grubu paragangliomalardır. Bunlardan kemodektoma en sık aortopulmoner pencerede, feokromositoma arka mediyastende yerleşir.



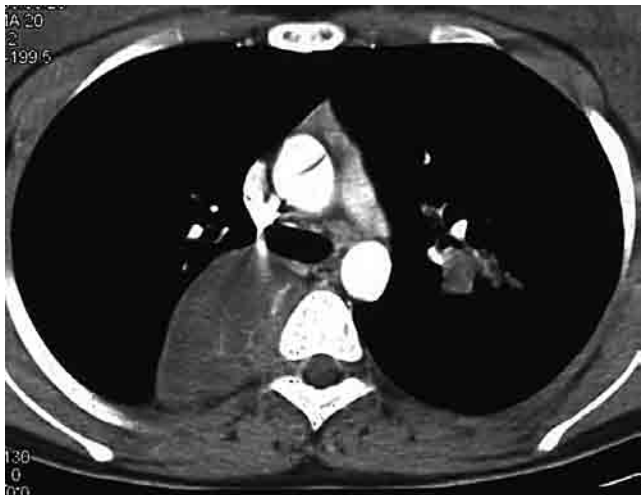
Resim 2.146 Sağ kardiyofrenik açı opasitesi. Düzgün kenarlı kitlenin operasyonda hidatid kist olduğu belirlendi.



A



B



C

Resim 2.147 Posterior mediyastende nörojenik tümör (ganglionörom). A. Arka-ön göğüs röntgenogramında üst mediyastene komşu düzgün kenarlı kitlenin, B.Yan röntgenogramda paravertebral lokalizasyonda olduğu görülüyor (ok). C. BT kesiti.

Arka mediyastendeki nörojenik tümörlerin spinal kanalla ilişkisi koronal ve sagital MR kesitleriyle ayrıntılı olarak saptanabilir. Nörofibromlar bazen, T2AG'de hipointens bir merkezi olan belirgin hiperintens görünümleri ile tanınabilir.

Nöro-enterik kist

Kalbin arkasında, özofagusa yakın komşuluğu olan düzgün kenarlı kitle şeklindedir. Birlikte omur anomalileri görülür. Anormal omurlar genellikle lezyonun bulunduğu seviyenin bir kaç segment üstündedir. Kistler nöral elemanlar içerirler.

Diyafragma hernileri

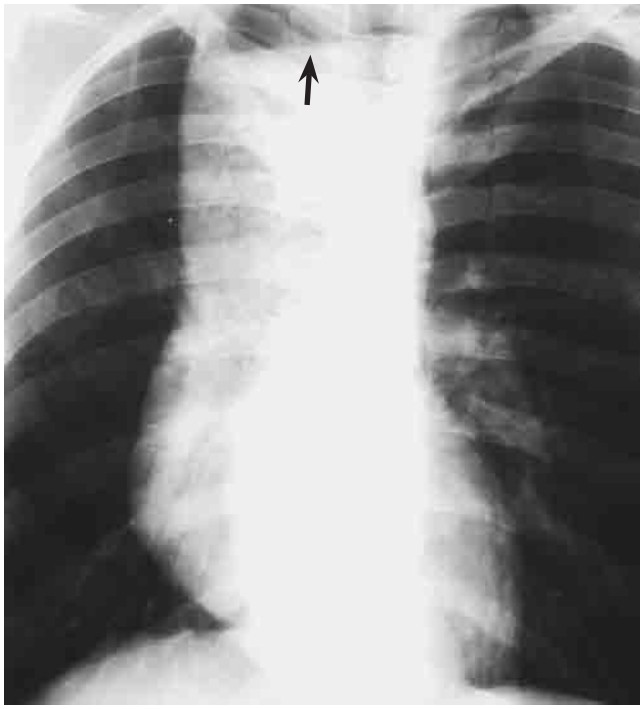
Paraözofajeal olanlar özofagusun alt ucu çevresindedirler. Redükte olmayanları arka-ön göğüs röntgenogramlarında solda kalp gölgesi üzerinde, yanda omurga önünde sıvı seviyesi içeren kistik kitle görünümü verebilir.

Akalazya

Özofagus çok genişler. Arka-ön göğüs röntgenogramlarında genellikle sağda sıvı düzeyi gösteren mediyasten genişlemesi şeklinde görülür (Resim 2.148).

Omurga kitleleri

Omurda harabiyetle birlikte çevresinde yumuşak doku kitlesi oluşturan hastalıklar, vertebra tüberkülozu, travmatik kırık hematomu ve metastazdır. Omurdan taşan yumuşak doku kitleleri omuriliğe bası yapabilir.



Resim 2.148 Akalazya. Üst mediyastenin sağında sıvı seviyesi (ok) gösteren düzgün kenarlı genişleme.

DİFÜZ MEDİYASTEN TUTULUMU

Difüz mediyasten tutulumunun röntgen bulgusu mediyastenin bütünüyle genişlemesidir. En sık neden mediyastinitdir.

Mediyastinit

Akut mediyastinit genellikle özofagus perforasyonu sonucu gelişir. Mediyasten genişler, hava ve hava-sıvı seviyeleri görülebilir. Birlikte sıklıkla plevral sıvı görülür. BT'de bu bulgulara ek olarak mediyasten yağının kirlendiği saptanır. Loküle sıvı birikimleri hızla apseye dönüşür.

Kronik sklerozan mediyastinit nedenleri histoplazmoz, TB, radyoterapi ve metisergid kullanımıdır. İdiopatik mediyastinal fibroz da kronik mediyastinit nedenlerindendir. Retroperitoneal fibroz gibi vücudun diğer kesilerindeki fibrozla birlikte görülür. SVK (süperior vena kava) sendromuna neden olur. Röntgende düzensiz kenarlı mediyastinal genişleme görülür. Birlikte kalsifiye LAM görünümleri olabilir. BT'de mediyastinal yağın fibrotik infiltrasyonu yağın yoğunluğunun artmasına neden olur. Artmış ve yumuşak doku şekline dönüşmüş yağ dokusu çevre mediyasten yapıların kenarlarını siler. Bu bulgular ayrıntılı olarak kesit görüntülerle saptanır.

Mediyastinal kanama

Mediyastinal kanamada da mediyasten genişler. Neden travma, genellikle de trafik kazasıdır. Kan sıklıkla plevral boşluğa geçer ve yatan hastada genellikle sol akciğer apeksini çevreleyen sıvı görünümü oluşturur. Kesit görüntülerde mediyastinal kan yağa göre yüksek dansitededir ve çevre yapıların kenarlarını siler.

Mediyasten lipomatoz

Mediyastende aşırı yağ birikimidir. Obezlerde, Cushing sendromlu ve kortikosteroid kullanan olgularda görülür. Bununla beraber olguların yaklaşık yarısında bir neden bulunmaz. Yağ birikimine bağlı klinik bir bulgu yoktur.

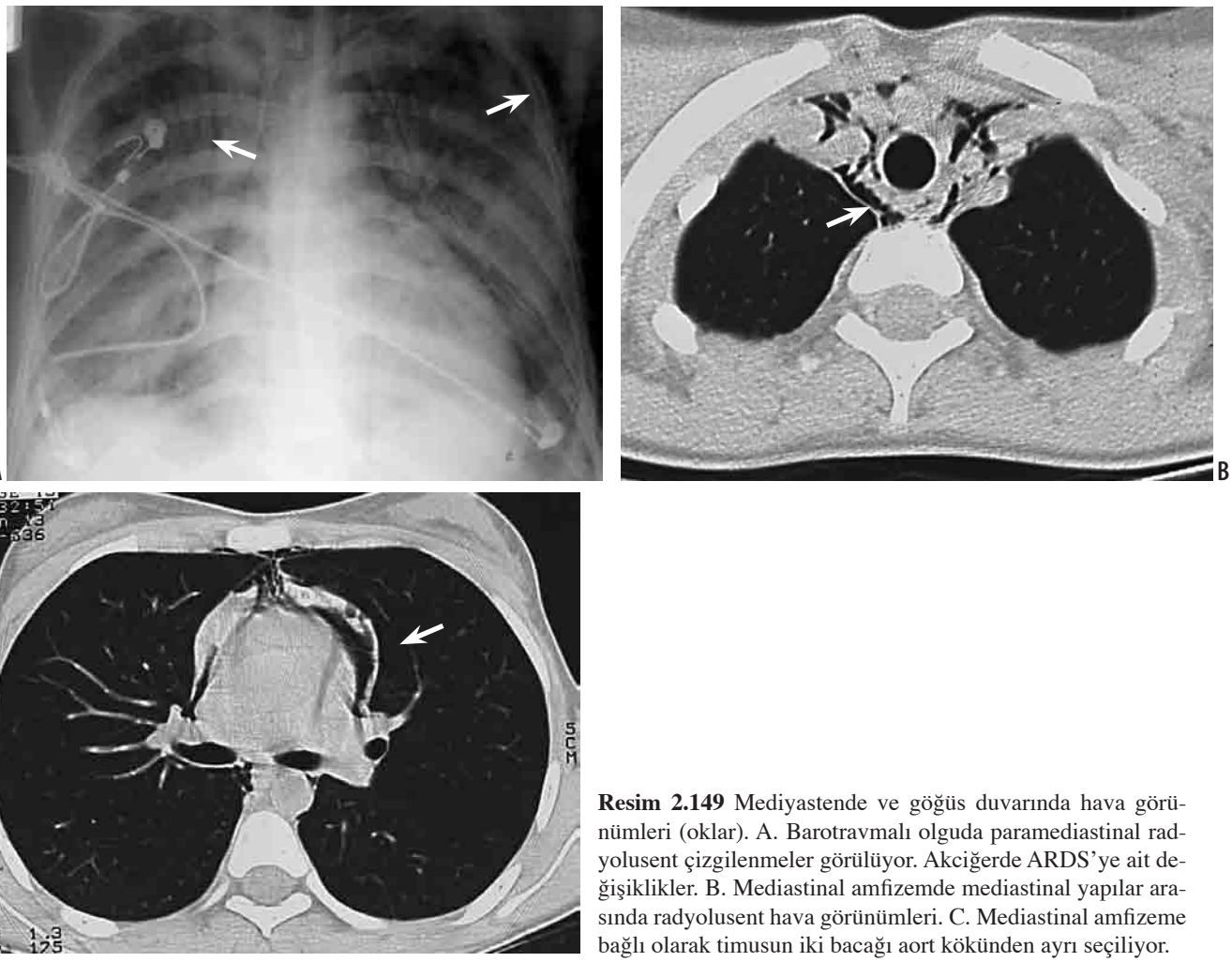
Röntgende mediyasten düzgün bir şekilde genişler. Yağ birikimi üst kesimlerde daha fazladır. Aşırı yağ birikiminde mediyasten kenarı lobülasyon gösterebilir. Bası etkisi çok az olduğu için trakeada yer değişikliği görülmez. Yağ birikimi omurganın yanlarında, kardiyofrenik açılarda ve göğüs duvarında da görülebilir. Biriken yağ homojendir ve yoğunluğu ve intensitesi deri altı yağından farksızdır. Yağ yoğunluğu - 20 ile -100 HÜ'dür.

Multipl simetrik lipomatoz adı verilen türünde paraspinal, perikardiyal ve ön mediyasten korunmuştur. Yağ birikintilerinin kitle etkisi bulunabilir.

Mediyastinal hava

Özofagus ve trakea yırtılmalarına, retropnömoperitonyuma ve boğmacada olduğu gibi interstisiyel amfizemin yayılmasına bağlı olabilir, ayrıca pnömotaraksla birlikte görülebilir.

Mediyastinal hava, vertikal radyolusent çizgilenmeler şeklindedir. Bu radyolusent görünümler boyun ve göğüs yumuşak dokusu içine yayılırlar (Resim 2.149). Kalp kenarı kendisini çevreleyen hava nedeniyle çok keskin görülür. Ön mediyastendeki hava, timusu çevreleyerek ayrı bir yapı olarak görülmesine neden olur. Kalbin alt kesiminde bulunan hava normalde görülmeyen kalbin oturduğu diyafragma kesimini görülür hale getirir. Bu görünüme *devam eden diyafragma bulgusu* adı verilir. Çok nadir görülen pnömoperikardiyum da bu görünümü taklit eder, ancak burada hava kalbin boyutu ile sınırlıdır.



Resim 2.149 Mediyastende ve göğüs duvarında hava görünümleri (oklar). A. Barotravmalı olguda paramediastinal radyolusent çizgilenmeler görülüyor. Akciğerde ARDS'ye ait değişiklikler. B. Mediastinal amfizemde mediastinal yapılar arasında radyolusent hava görünümleri. C. Mediastinal amfizeme bağlı olarak timusun iki bacağı aort kökünden ayrı seçiliyor.

DİYAFRAGMA, GÖĞÜS DUVARI

DİYAFRAGMA

Diyafragmanın incelenmesine röntgenle başlanır. Diyafragma hernileri en iyi sindirim borusunun kontrastlı çalışmaları ile gösterilir. Bu bölgeye yerleşmiş lezyonların diyafragmanın altında veya üstünde olduğuna röntgenle karar vermek zordur. Bu ilişki kesit görüntüleme yöntemleri ile daha açık gösterilebilir. Diyafragmalar aksiyal kesite paralel olduğu için diyafragmanın incelenmesinde sagital ve koronal MR kesitlerinin tanı değeri yüksektir. MR ile diyafragmatik defektler ve diyafragmaya komşu yer kaplayan lezyonlar çok iyi görüntülenir. ÇKBT ile yapılan reformasyon görüntüleri de aynı işleve sahiptir. Diyafragma hareketleri US ile izlenebilir. Diyafragma altındaki bir lezyonun diyafragma hareketleri ile ilişkisi canlı olarak gözlenerek daha kolay tanı konabilir.

Diyafragmanın pozisyon değişikliklerinin nedenleri Tablo 2.7'de gösterilmiştir.

Tablo 2.7 Diyafragmanın pozisyon değişiklikleri

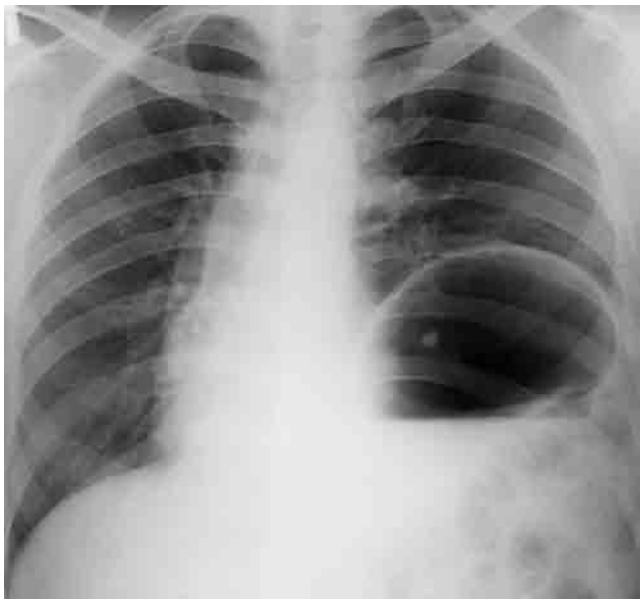
Diyafragma Pozisyonu	İki Taraflı	Tek Taraflı
Yukarıda	Piknik yapı Aşırı şişmanlık Gebelik Serbest asit Büyük abd. kitle Çok büyük karaciğer Gaz distansiyonu	Evantrasyon Paralizi Hemitoraksta hacim kaybı Akc. emboli/infart Subdiyafragmatik apse veya tümörler
Aşağıda	Amfizem Astım Bronşiolit	Hava hapsi (çocukta yabancı cisim aspirasyonu ve endobronşiyal tüberküloz, yetişkinde bronşiyal tümörler)

Diyafragmanın yüksek pozisyonu

İki taraflı: Piknik tiplerde, aşırı şişmanlarda ve gebelikte diyafragma fizyolojik olarak yüksek pozisyondadır. Serbest assit, intraabdominal büyük kitleler, ileri derecede büyük karaciğer ve intestinal gaz distansiyonlarında her iki hemidiyafragma normalden yüksek pozisyondadır.

Tek taraflı: Tek taraflı yüksek diyafragma nedenleri olarak evantrasyon, paralizi, bir hemitoraksta hacim kaybı, pulmoner emboli ve enfarkt, subdiyafragmatik apse ve subdiyafragmatik tümörler sayılabilir. Bunlardan evantrasyon ve paralizi röntgenografik ve fluoroskobik olarak benzer görünümdedir. Tutulan hemidiyafragma yüksek pozisyondadır ve solunumla hareket etmez veya paradoks hareket gözlenir. Kalpte karşı tarafa doğru hafif yer değişikliği vardır. Ancak evantrasyon hemen daima sol taraftadır (Resim 2.150); diyafragma, paralizilerde görülenden daha yüksek pozisyondadır; kalpteki yer değiştirme de paralizide olduğundan daha fazladır. Hemidiyafragma kâğıt gibi incelmiştir. Paralizi nedeni çoğunlukla göğüs röntgenogramında görülebilir; evantrasyonda bir neden yoktur.

Diyafragmayı yükselten tüm lezyonlar hareketlerini de azaltır. Subfrenik apse veya diyafragma ile temas eden diğer süpüratif olaylar diyafragmayı fikse ederler. Diyafragmanın yüksek pozisyonda olması ve diyafragma hareketlerinin bozulması akciğerin alt kesimlerinde disk şeklinde atelektazilerin oluşmasına neden olur. Bu atelektazik alanları enfarkt veya inflamasyonun skar dokusundan ayırmak zordur; disk şeklindeki atelektaziler geçici, diğerleri kalıcıdır.



Resim 2.150 Solda diyafragma evantrasyonu. Kalpte sağa doğru itilme.

Diyafragmanın aşağı pozisyonu

İki taraflı: Amfizem, astım ve bronşiyolitte diyafragma aşağı pozisyondadır. İnspiriyum ve ekspiriyumla fazla yer değişikliği görülmez.

Tek taraflı: Hava hapsinde görülür. Çek-valv tipi bir obstrüksiyon vardır. Böyle olgularda bronştaki tıkanıklık tam değildir. İnspiriyumda giren hava ekspiriyumda bronş çapının küçülmesine bağlı olarak çıkamaz. Hava hapsinin en sık nedeni çocuklarda yabancı cisim aspirasyonu ve endobronşiyal tüberküloz, yetişkinde bronşiyal tümördür.

Diyafragmanın *inversiyonu* (*tersine dönmesi*) nadir bir olaydır. Karaciğer sağ tarafı koruduğundan, sol tarafta görülür. Nedeni sol alt lobda yerleşen büyük kitle veya fazla miktarda plevral sıvıdır. Midenin fundusu aşağı ve içe doğru itilmiştir. Splenik fleksura ve dalak aşağı doğru itilir.

Doğumsal diyafragma hernisi

Plöroperitoneal membranların gelişiminde bozukluğa veya füzyon defektine bağlıdır. İki farklı şekli vardır. Diyafragma lezyonları içerisinde önemli yer tutan hiyatal herniler sindirim sistemi bölümünde incelenecektir.

Bochdalek hernisi: En sık görülen konjenital diyafragma hernisidir. Herniyasyon diyafragmanın her iki tarafında, arka-yan kesimlerdeki plöroperitoneal defektlerden olur. Sağda karaciğer olduğundan genellikle sol tarafta izlenir. Hastaların %25'inde diğer konjenital anomalilerle (en sık kalp anomalileri) birliktedir. Yenidoğanda şiddetli solunum zorluğuna yol açar.

Toraks içine genellikle ince bağırsak segmentleri girer. Hava içeren bağırsak segmentlerinin görünümü tipiktir; mediyasten karşıya itilir (Resim 2.151). Herniye ince barsağın uzunluğu ile orantılı olarak, karında gaz azlığı ve *kayık (skafoid)* karın görünümü ortaya çıkar. Bazı olgularda karın içerisindeki az sayıdaki bağırsak segmentinin, herninin olduğu taraftaki hemidiyafragmaya doğru uzandığı görülebilir. Nazogastrik sonda ile hem dekompresyon yapılır, hem de sondanın anormal seyri tanıya yardım eder. Suda erir opak madde ile yapılan sindirim sistemi incelemesinde, bağırsak segmentlerinin toraks boşluğu içerisinde görülmesi ile kesin tanı konur.



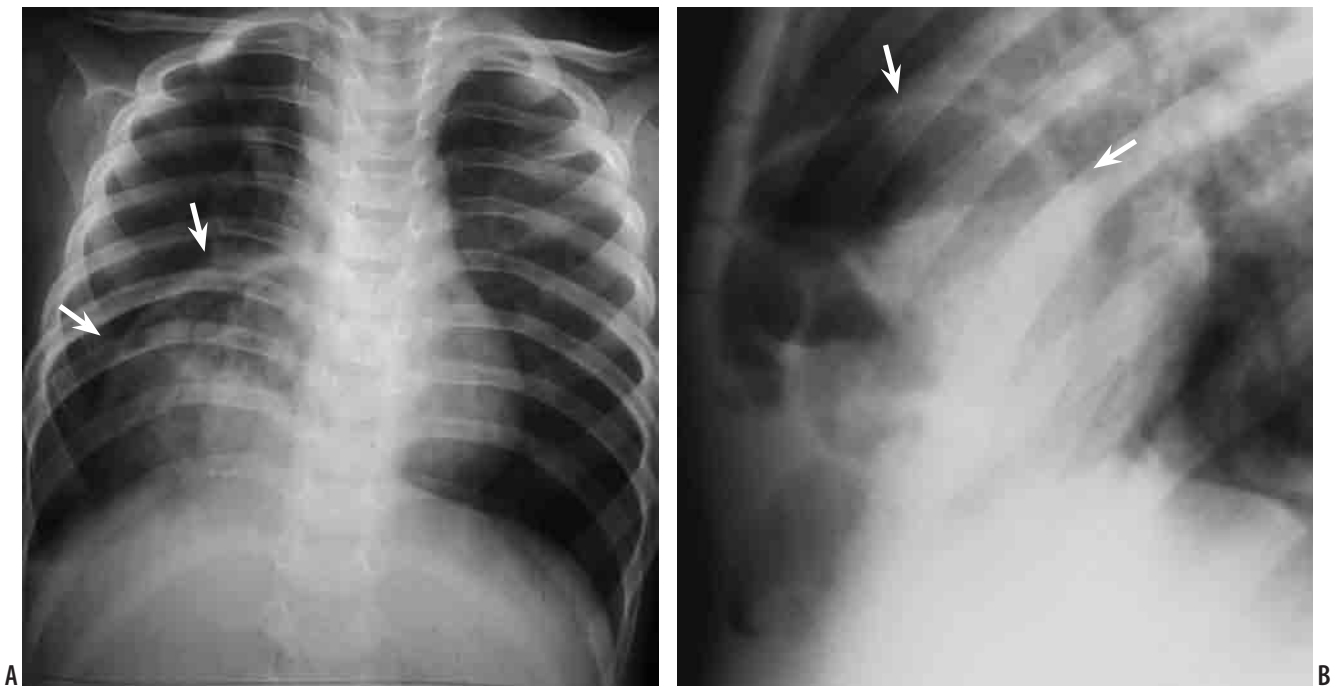
Resim 2.151 Bochdaleck hernisi. Sol hemitoraks içerisinde barsak ansları, kalp ve mediyastende karşıya itilme ve abdomende gaz azlığı.

Prognoz, alttaki akciğer hipoplazisinin derecesine bağlıdır. Erken semptom verenlerde, dolayısıyla erken tanı konanlarda hipoplazi daha şiddetli olduğu için prognoz daha kötüdür.

Morgagni hernisi: Herniyasyon parasternal bölgelerdeki diyafragma defektlerinden olur. Sık görülmez. Soldaki açıklık kalp ile kapatıldığından, herniyasyon hemen daima sağ taraftadır. Tanı genellikle ileri çocukluk döneminde konur. Yenidoğan döneminde de solunum zorluğuna yol açabilir.

Diyafragmatik defektten genellikle transvers mezokolon ya da kolon herniye olur. Yalnız omentum geçtiğinde önde ve kalbin sağ tarafında yumuşak doku kitlesi görünümü verir (Resim 2.152). Mide ve bağırsaklar geçerse sıvı düzeyi görülebilir. Mezokolon çekildiği için transvers kolonun ortası ters "V" şeklinde yukarı kalkar. Karaciğer herniye olursa tanı daha güçtür. US ile diyafragmatik defekt ve herniye olan organ saptanabilir.

Morgagni hernisini diyafragma eventrasyonundan ayırmak güç olabilir. Herninin ön üst kesimi yan röntgenogramda ön göğüs duvarına dayanır, eventrasyonda ise yüksek kesim genellikle daha geridedir.



Resim 2.152 Morgagni hernisi. A. Sağ parakardiyak bölgede kardiyofrenik açıyı kapatan heterojen yoğunluk artımı (oklar). B. Yan röntgenogramda ön kardiyofrenik açının kapandığı görülüyor (oklar). Heterojen yoğunluk artımı içerisinde bağırsak gazlarına ait radyolusent görünümler.

GÖĞÜS DUVARI

İnceleme yöntemleri

Röntgen, göğüs duvarının temel inceleme yöntemidir. Özellikle kemik lezyonlarının karakterizasyonunda değerlidir. Kemik lezyonlarında tanı röntgenle konur.

BT, kesit görüntü yöntemi olması ve tüm dokuları yüksek kontrast çözümleme yeteneği ile görüntüleyebilmesi nedeniyle lezyonların daha ayrıntılı olarak gösterilmesini sağlar. Lezyonların boyut, şekil, kenar gibi morfolojik değişiklikleri yanında; kalsifikasyon, yağ ve kaburga harabiyeti gibi karakterizasyonuna yardım eden bulgular da görüntülenir. Yumuşak dokular içerisindeki röntgenle görülemeyecek kadar hafif olan kalsıfikasyonlar BT ile gösterilebilir.

MR, tümörlerin duvar invazyonunu çok iyi gösterir. T1AG'de komşu subplevral yağın kesintiye uğraması ve tümör dokusunun sinyal intensitesinin göğüs duvarında da devam etmesi; T2AG'de ise artmış sinyal yoğunluğu ile birlikte göğüs duvarında kalınlaşma veya sadece sinyal artımı, göğüs duvarına dayanan bir tümörün duvar invazyonunu gösteren bulgulardır. T2AG'de görüntülerdeki hiperintensite spesifik değildir, inflamasyonu ve ödemi de temsil edebilir.

Supraklaviküler bölgede, brakial pleksus da MR ile incelenir. Pleksus tüm sekanslarda hipointens görülür. T1AG'de çevredeki yağın hiperintensitesi içerisinde belirgindir. Pleksusun mediyal 1/3'ü aksiyal kesitlerde, geriye kalan kesimi ise sagital kesitlerde daha iyi görülür. Travmalarda pleksustaki hasar MR ile saptanabilir.

US'de 7.5 mHz'lik problarla göğüs duvarı lezyonlarının iç yapısı ve çevre ilişkisi çok iyi görüntülenir. Solid kitlelerde nekroze olmayan kesimleri belirleyerek biyopsiye kılavuzluk eder.

Yumuşak doku

Dışta deri altı yağ dokusu, iç kesimlerde kas gölgelerinden oluşur. Kaslar arasındaki fasiyal planlar radyolusent çizgiler şeklindedir. Erkeklerde pektoral kas, kadında memeler akciğer alanları üzerinde yumuşak doku gölgeleri yaparlar. Gelişmiş sternokleidomastoid kası üst mediyasten kenarlarında gölge verebilir. Köprücük kemiğinin ve birinci ve ikinci kaburgaların ön kesimlerinin üstündeki deri kıvrımları, ışın tanjansiyal geldiğinde görülebilirler. Kadınlarda meme başı, yuvarlak akciğer lezyonuna benzer görünüm verebilir.

Göğüs yumuşak dokusunda en sık görülen tümör lipom, liposarkom, dermoid, fibrosarkom, hemanjiyom, sinir kılıfı tümörleri, rabdomiyosarkom ve metastazlardır. Çocuklarda ve genç yetişkinlerde görülen nadir bir göğüs duvarı neoplazmı Askin tümörüdür; göğüs duvarındaki primitif nöroektoderm kalıntılarından çıkar, malignite derecesi yüksek bir tümördür.

Bronkojenik karsinom, lenfoma ve malign mezotelyoma göğüs duvarını invaze edebilir. Göğüs duvarı invazyonunun temel bulgusu kemik harabiyeti ve yumuşak doku kitlesidir. Süperior sulkus tümörlerinin yaklaşık 1/3'ünde kaburga ve omur tutulumu görülür. Nörofibromatozda çok sayıda yumuşak doku tümörü ve kaburga çentiklenmesi izlenir.

Göğüs yumuşak dokusunda kalsifikasyon görülebilir. En sık görüleni tüberküloz lenfadenite bağlı kalsifikasyonlardır. Daha çok boyun yumuşak dokusundadır. Kalsinozis üniversalis, miyozitis ossifikans progressiva, sistiserkoz gibi sistemik olarak yumuşak dokuları tutan değişik nedenli kalsifikasyonlar göğüs yumuşak dokusunda da görülebilir.

Göğüs yumuşak dokuları içerisine gaz girmesine cerrahi amfizem adı verilir. Gaz, göğüs yumuşak dokularına ya göğüsün penetran yaralanmalarında olduğu gibi pnömotorakstan veya özofagus ve trakea perforasyonunda olduğu gibi mediyastinal amfizemden yayılır. Röntgende göğüs yumuşak dokularında vertikal siyah çizgilenmeler görülür. Klinik olarak palpasyonla krepitasyon alınır.

Toraksın BT incelemesinde, aksiller fossadaki normal lenf nodlarının boyutu 1-1.5 cm'dir. Bu bölgede lenf nodlarının 2 cm'den büyük olması anormaldir.

Kaburgalar

Arka kaburgaların iç kesimlerinde, alt kenarda kaburga çentiklenmesine benzer görünümler olabilir. Normal olan bu görünümler orta kesimde görülen gerçek kaburga çentiklenmelerinden ayrılmalıdır. Kaburga çentiklenmesinin nedeni kaburgaların alt kenarlarına paralel seyreden interkostal damar ve sinirlerin anormallikleridir. Aort koarktasyonu gibi kanın distal aort akışının engellendiği durumlarda, interkostal arterlerde oluşan debisi yüksek ters kollateral akımla oluşan kaburga çentiklenmesi 6 yaşından önce ortaya çıkmaz. İlk 2 interkostal bölge subklaviyan arterin kostoservikal dalından kanlanır. Bu nedenle ilk 2 kaburgada çentiklenme görülmez; 4.-8. kaburgalarda belirgindir. Nörofibromatoziste interkostal sinirlerden çıkan nörofibromlar da kaburga çentiklenmesine neden olur.

Kostokondral kalsifikasyonların süperpozisyonu akciğer lezyonları gibi görülebilir. Özellikle birinci kaburganın ön ucunun görünümü sıklıkla yanılgıya neden olur.

Göğüs röntgenogramlarında en sık görülen anomalilerden biri servikal kaburgadır. Tek veya iki taraflı olabilir. Bazen gelişmemiş birinci kaburga, servikal kaburga görünümü verebilir. Ayırıcı tanı omurların ve kaburgaların sayılmasıyla yapılabilir. Mongollarda sıklıkla on bir kaburga vardır. Kaburgaların ön uçlarının *çatal şeklini* alması (*bifid kaburga*) sık görülen anomalilerden birisidir. "Tietze" sendromunda ikinci kaburganın ön ucunda ağrılı bir şişlik vardır; akciğer normal görülür. Bazen bu bölgeye uyan hafif bir gölge artımı izlenebilir. Hastalık kendi kendini sınırlar.

Kaburga kırıkları göğüs travmalarında sık görülür. Travmada 1. ve 2. kaburgalarda kırık görülmesi, bu bölgenin diğer kesimlere göre daha korunaklı olması nedeniyle, travmanın şiddetli olduğunu gösteren bir bulgudur. Böyle bir durumda bu bölgeden geçen damar ve sinirlerde hasar araştırılmalıdır. 10., 11. ve 12. kaburga kırıklarında da karaciğer ve dalak yaralanması olasılığı yüksektir.

Bir hemitoraksta bir kaç komşu kaburgada aralarında mesafe bulunan birden fazla kırık varsa, kırıklar arasında kalan göğüs duvarı parçası göğüs kafesi ile fonksiyonel ilişkisini yitirir. Bu kesim göğüs duvarı ile birlikte davranamaz ve inspriumda genişleyemez, tersine içeri çöker. Ekspriumda ise yine göğüs kafesinin tersine, dışarı doğru yer değiştirir. Tutulan kesimin solunumudaki bu paradoks hareketine *yelken göğüs* adı verilir. Büyük bir alan tutulursa fonksiyonel ölü alanın hacmi artar ve dispne ortaya çıkabilir.

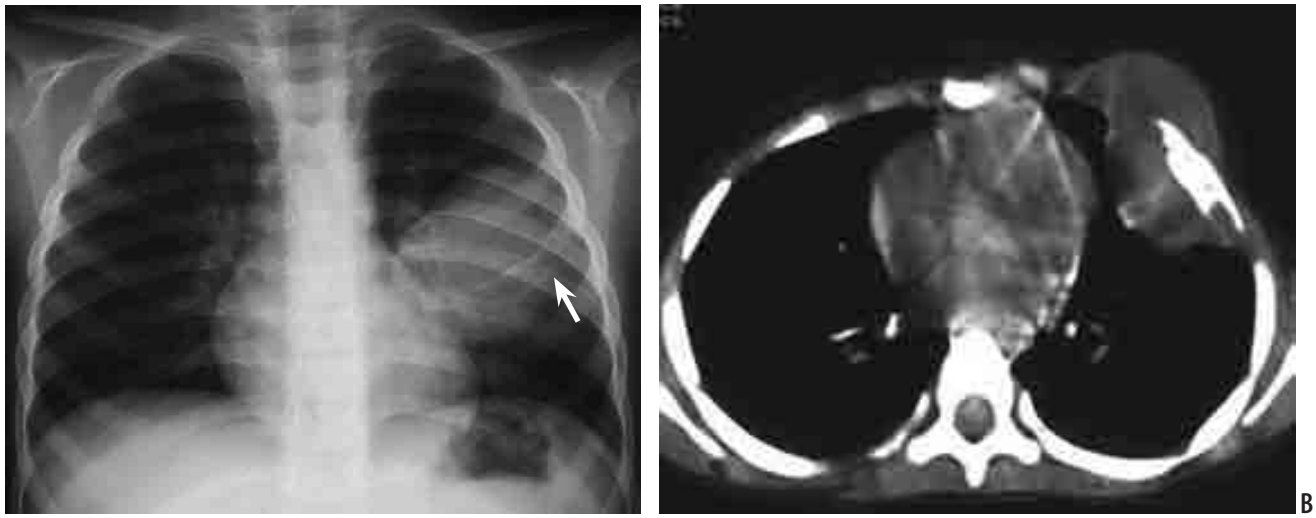
Kaburga kırıkları yatar pozisyonda çekilen ön-arka röntgenogramlarda daha iyi görülürler. Kronik öksürüğe bağlı kırıklar 6-9. kaburgalarda, orta aksiller çizgidedir ve sıklıkla iki taraflıdır. Cushing'li veya kortikosteroid alan hastalardaki spontan kırıklar ve osteomalazilerde psödofraktürler görülür.

Enfeksiyon ve malign lezyonlar kaburgalarda harabiyet yapar (Resim 2.153). Bunlar tüberküloz, aktinomikoz ve nokardiozis gibi enfeksiyonlar, Pancoast tümörü, miyelomatoz, metastaz gibi malign lezyonlardır. Fibröz displazi, anevrizmal kemik kisti gibi primer kemik lezyonları da kaburgalarda ekspansil lezyonlar oluşturur. Eozinofilik granülom, çocuklarda kaburgalardaki litik lezyonların sık nedenidir.

Göğüsün kemiklerinde en sık görülen primer tümör yetişkinde kondosarkom ve miyelom, çocukta Ewing sarkomudur. En sık metastaz yetişkinde meme kanseri ve adenokarsinomdan, çocukta nöroblastom ve lösemidendir. Renal hücreli karsinom ve tiroid kanserleri kaburgalarda ekspansil metastaz yapar. Her olguda ayırıcı tanıda osteomyelit göz önünde tutulmalıdır.

Köprücük kemiği ve kürek kemiği

Kleidokraniyal dizostoziste köprücük kemiği tam ya da kısmi olarak gelişmemiştir. Köprücük kemiğinın distal ucu romatoid artrit ve hiperparatiroidizmde sık tutulan bir bölgedir. Erozyon, romatoid artritte kenarlardan, hiperparatiroidizmde ise kemiği tüm kalınlığınca tutar. Bu nedenle romatoid artritte köprücük



Resim 2.153 Göğüs duvarı tümörü. A. Akciğer üzerine superpoze düzgün kenarlı kitle içerisinde ön kaburga harabiyeti (ok) görülüyor. B. Lezyon BT'de daha açık olarak izleniyor.

kemiğinın distal ucu kalem ucu gibi sivrileşir, hiperparatiroidizmde ise künttür.

Travmaya bağlı olarak köprücük kemiği kırıkları sık görülür. Doğum sırasında en sık kırılan kemiktir. En sık görülen primer malign tümörü Ewing sarkomu ve osteojenik sarkomdur. En sık görülen benign kemik lezyonu daha çok proksimal uçta yerleşen anevrizmal kemik kistidir.

Kürek kemiğinın hipoplastik ve yüksek pozisyondaki doğumsal anomalisine *Sprengel deformitesi* adı verilir. Bu deformite ile omovertebral kemik, servikal omurlarda füzyon, hemivertebra, kifoskolyoz ve kaburga anomalilerinin birlikteliği ise Klippel-Feil sendromu adını alır. Serratus anterior kasının innervasyonunun olmaması sonucu kürek kemikleri göğüs duvarından uzaklaşır; bu görünüme *kanatlı ("winged") kürek kemiği* denir. Kürek kemiğine en sık metastaz yapan tümörler bronş ve meme kanserleridir.

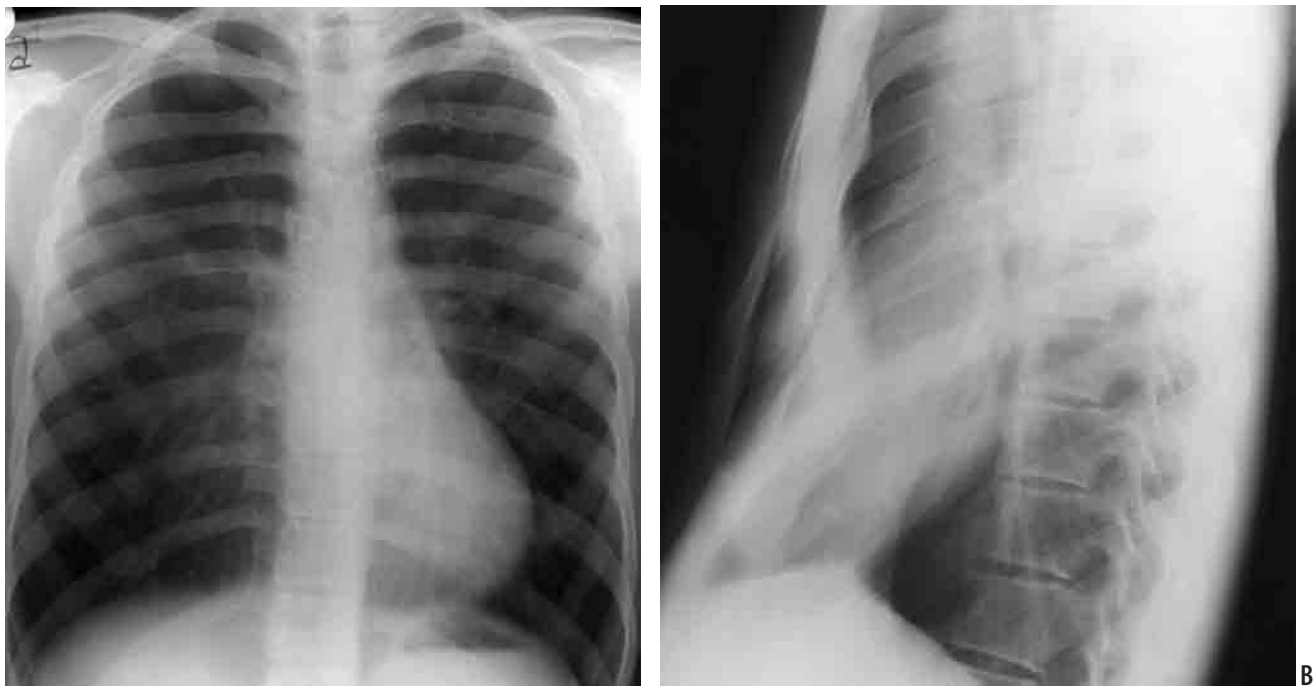
Sternum

Manibriyumda çift ossifikasyon merkezi mongollarda sık görülen bir bulgudur. Sternumun özellikle yan röntgenogramlarında kolayca tanınan pektus ekskavatus ve pektus karinatus isimli iki deformitesi vardır. Pektus ekskavatus deformitesinde, sternumun alt bölümü göğüs içerisine doğru çöker. Fizik muayenede ve yan göğüs röntgenogramlarında kolayca tanınan bu deformite, arka-ön röntgenogramlarda da değişikliklere neden olur (Resim 2.154): Kaburgaların arka kesimleri daha horizonal, önleri daha dik seyreder; kalp sola doğru yer değiştirir; sağ parakardiyak bölgede yoğunluk artımı görülür. Arka-ön göğüs röntgenogramında bu bulgular birlikte değerlendirilerek pektus ekskavatus düşünülmezse, röntgenolojik görüntü yanlış tanıya götürebilir.

Pektus karinatusta sternum öne doğru çıkıntılıdır. İzole bir anomali olabileceği gibi Fallot tetralojisi gibi konjenital kalp anomalileri, terato-dermoid gibi ön mediyasten tümörleri ve assenden aort anevrizması ile birlikte de görülebilir.

Sternumda plazmositom, kondrosarkom ve lenfoma gibi malign tümörlere bağlı kemik destrüksiyonu görülebilir. Sternumun tümöral lezyonları genellikle metastazdır; primer tümörleri çok nadirdir.

Sternum kırıkları ve sternomanibrial dislokasyon acil BT endikasyonlarının başında gelir ve % 25-45 mortalite oranına sahiptir. Bu yüksek oran birlikte görülen büyük damar yırtılmalarına bağlıdır. Damar zedelenmelerinde mediyastinal genişleme ile birlikte ekstravaze kan ve hematom görülür.



Resim 2.154 Pektus ekskavatus. A. Arka-ön röntgenogramda kalp hafif sola yer değiştirmiş, sağ paratrakeal bölgede kenarları seçilemeyen hafif yoğunluk artımı mevcut ve arka kostalar oldukça horizontal seyirli. B. Yan röntgenogramda sternumun alt kesiminin içeri doğru çöktüğü görülüyor.

Omurga

Omurga lezyonları göğüs röntgenogramlarında tanınabilir değişiklikler oluştururlar. En sık görülen röntgen bulgusu omur harabiyeti ve onu çevreleyen yumuşak doku kitlesidir. Arka-ön göğüs röntgenogramlarında mediyasten gölgesinin arkasından düzgün kenarlı artmış yumuşak doku yoğunluğu şeklinde görülür. Bu görünümün 3 temel nedeni vardır: Travma, metastaz ve TB. Çocuklarda bu görünümün en sık nedeni nöroblastomdur.

Travmada omur kırığına bağlı kemik hasarı ile birlikte hematomun oluşturduğu paravertebral yumuşak doku kitlesi görülür. Omurlar en sık metastaz alan aksiyel iskelet kesimidir. Metastazlarda da omur harabiyeti ve kollapsla birlikte yumuşak doku kitlesi görülebilir. Omurgayı tutan TB lezyonuna "*mal de Pott*" adı verilmiştir. Disk mesafesinden başlayan enfeksiyon komşu omurlarda harabiyet yapar. Birlikte bulunan soğuk apseye ait yumuşak doku kitlesi, arka-ön göğüs röntgenogramlarında kalp gölgesine süperpoze olur.

Paget hastalığı, kemik tümörleri ve konjenital malformasyonlar da omurlarda göğüs röntgenogramlarında tanınabilen değişiklikler yaparlar.

Doğumsal birçok anomalinin en belirgin tanı özellikleri aksiyal iskelette ve özellikle de omurgada görülür. Düz sırt sendromunda dorsal omurlardaki normalde görülen kifoz kaybolmuştur. Göğüs ön-arka çapı daralır. Kalp sola doğru yer değiştirir ve sistolik üfürüm duyulur.

Göğüs travması

Göğüs travmasında klinik değerlendirmeden sonra ilk istenecek radyolojik tetkik göğüs röntgenogramıdır. Göğüs röntgenogramında pnömotoraks, pnömomediyasten ve cilt altı amfizemi saptanabilir. Mediyastinal yer değiştirme varsa nedeni ve derecesi belirlenmeye çalışılır. Hastanın kliniği uygunsa kemik yapısını daha iyi değerlendirmek için ön-arka projeksiyonda toraks röntgenogramı alınır. Perikardiyal kanama şüphesi varsa US, mediyasten veya diyafragma yaralanmasından şüpheleniliyorsa BT, aort yırtığını düşündüren bulgularda ise acil BT anjiyografi ve gerekirse kateter aortografisi yapılmalıdır.

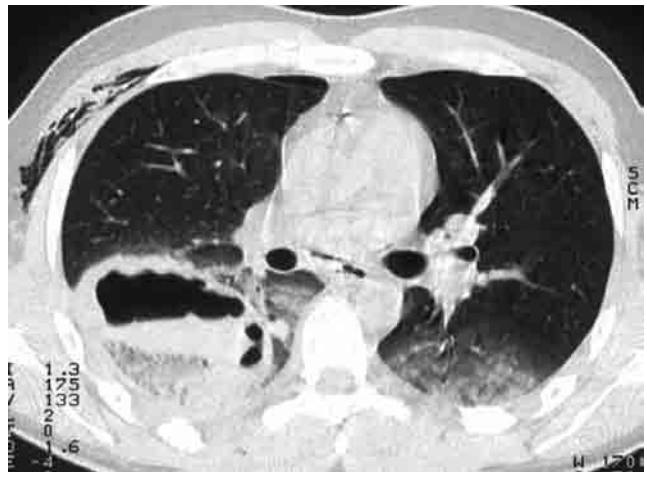
Perikardiyal kanamada KTO'da artma ile birlikte, epikardiyal yağ yastığında deplasman, mediyastende genişleme ve hepatomegali görülür.

Mediyasten yaralanmasında mediyasten gölgesi genişler. Birlikte pnömomediyasten görülebilir. Travmatik aort yırtılmasında ise mediyastinal genişleme ve aort kenarında tüylü görünümle birlikte solda apeksi çevreleyen kana bağlı apikal kep ve plevral sıvı görünümü vardır.

Diyafragma yırtığında, diyafragma yüksekliği ve herniye olan kesime bağlı olarak yoğunluk artımı ve varsa bağırsaklara ait gaz görünümleri saptanır.

Pulmoner kontüzyon genellikle künt göğüs travması sonucu görülür. Zedelenen akciğer kesimindeki alveoller kan ve ödem sıvısı ile dolar. Travmayı izleyen ilk 12 saatte tutulan akciğer kesiminde bu şekilde saçılmış alveoler örnekler görülür. Bu lezyonlar hızla birleşerek konsolide bir alan oluşturur. Bu durumda görünüm akut bir aspirasyondan ayrılamaz. Hastalarda nefes darlığı ve hemoptizi görülür ve endotrakeal tüpten aspirasyon yapılır. Görünüm komplikasyonsuz olgularda 24 saat sonra stabilize olur ve 2-7 gün içerisinde de rezorbe olur. İki günden sonra akciğer opasitelerinin artması aspirasyon pnömonisi ya da ARDS olasılığını düşündürmelidir.

Pulmoner laserasyon ise akciğerin travma sonucu yırtılması demektir. Akciğerin elastisitesi yırtığın genişleyerek hemen bir kist haline gelmesine neden olur (Resim 2.155). Oluşan bu kistik alanın yırtılan kapillerlerden gelen kanla dolması ile akciğer hematomu ortaya çıkar. Hematomla birlikte lasere alana havanın girmesi ile travmatik hava kistleri gelişir. Çevresindeki kontüze alanın temizlenmesi kistlerin daha açık olarak ortaya çıkmasını sağlar. Radyolojik olarak hava-sıvı ya da sıvı-sıvı seviyesi gösteren kistik yapılar şeklinde görülürler.



Resim 2.155 Toraks travması. Travma sonucu yırtılan akciğer alanında kist gelişimi. Toraks duvarında yumuşak doku içinde hava görünümü.

Şiddetli vücut travmalarında ortaya çıkan ARDS toraks travmalarında da görülebilir. Bu durumda yukarıda tanımlanan görümlere ARDS bulguları eklenir. ARDS'de, olayın başlangıcında akciğerler klinik ve radyolojik olarak normaldir. 24-36 saat sonra takipne, dispne, siyanoz ve şiddetli hipoksi gelişir. Bu evrede de akciğer röntgenogramı normaldir veya hafif perihiler interstisiyel ödem görülebilir. 24-36 saat daha geçtikten sonra mekânik ventilasyon ve oksijen verilmesine rağmen kanda oksijen satürasyonunun düştüğü izlenir. Bu evrede röntgende iyi sınırlanamayan yamalı infiltrasyonlar görülür. İnfiltrasyon alanları birleşmeye meyillidir. Bu evreden sonra röntgen görünümü stabildir, değişmez.

Yararlanılan Kaynaklar

Baert AL, Grenier P, Willi UV. Clinical Radiology: An update in new modalities for the general radiologist, categorical course ECR'93, Vienna 1993.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology, 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2007.

Caffey J. Pediatric x-ray diagnosis. 6. ed. Chicago: Year Book, 1972.

Caskey CI, Templeton PA, Zerhouni EA. Current evalution of the solitary pulmonary nodule. RCNA 1990; 28: 511-520.

Corcoren HL, Renner WR, Milstein MJ. Review of high resolution CT of the lung. Radiographics 1992; 12: 917-939.

Epstein DM. The role of radiologic screening in lung cancer. RCNA 1990; 28: 489-496.

Felson B. Chest roentgenology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Foster WL, Gimenez EI, Roubidoux MA, et al. The emphysemas: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 1993;13:311-328.

Fraser RG, Paré JAP. Diagnosis of diseases of the chest. Philadelphia: Saunders, 1977

Frija J. MRI of the mediastinum, lungs and plevra. MR: state of the art. Categorical cource ECR'91, 1991.

Gordon IRS, Ross FGM. Diagnostic radiology in pediatrics. London: Butterworths, 1977.

Gould MK, Maclean CC, Kuschner WG, Rydzak CE, Owens DK. Accuracy of positron emission tomography for diagnosis of pulmonary nodules and mass lesions: a mate-analysis. JAMA 2001;285:914-924.

Grainger RG, Allison AJ. Diagnostic radiology. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1986.

Greene R. Syllabus: A categorical course in diagnostic radiology, chest radiology, RSNA publications, 1992.

Hansell DM. Small-vessel diseases of the Lung: CT-Pathologic correlates. Radiology 2002;225:639-653.

Heitzman ER. The lung, radiologic-pathologic correlations. St Louis: Mosby, 1984

Hemmeyer SH, Goldwin JD, Tokasugi JE. Computed tomography of air-space disease, RCNA 1991; 29: 1065-1084.

Kazerooni EA. High-resolution CT of the lungs. AJR Am J Roentgenol 2001;177:501-519.

Kim EA, Lee KS, Johkoh T, et al. Interstitial lung diseases associated with collagen vascular diseases: radiologic and histopathologic findings. Radiographics 2002;22:151-165.

Kim EA, Lee KS, Primack SL, Yoon HK, et al. Viral pneumonias in adults: radiologic and pathologic findings. Radiographics 2002;22:S137-S149.

Koyama T, Ueda H, Togashi K, Umeoka S, Kataoka M, Nagai S. Radiologic manifestations of sarcoidosis in various organs. Radiographics 2004;24:87-104.

Leung AL. Pulmonary tuberculosis: the Essentials. Radiology 1999;210:307-322.

Lissner J. Imaging of the chest: an update. Categorical course ECR'91, Vienna, 1991.

Martinez S, Restrepo S, Carrillo J, Betancourt S, et al. Thoracic manifestations of tropical parasitic infections: a pictorial review. Radiographics 2005;25:135-155.

Mayo JR. High-resolution computed tomography: Technical aspects. RCNA 1991; 29: 1043-1049.

McAdams HP, Kirejczyk WM, Rosado-de-Christenson ML, Matsumoto S. Bronchogenic cyst: imaging features with clinical and histopathologic correlation. Radiology 2000; 217:441-446.

Meschen I. Analysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Müller NL, Miller PR. Computed tomography of chronic diffuse infiltratif lung disease. Am Rev Respir Dis. 1990; 142: 1208-1215, 1440-1448.

Müller NL. Computed tomograyhy in chronic interstitial lung disease, RCNA 1991; 29: 1085-1093.

Naidich DP, Zerhouni EA, Siegelman SS. Computed tomography and magnetic resonance of the thorax. New York: Raven Press, 1991.

Rabin CB, Baron MG. Radiology of the chest. 2. ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1980.

Ravenel JG. Lung cancer staging. Semin Roentgenol 2004;39:373-385.

Reed JC. Plain Film Patterns and Differential Diagnosis. 5 th ed. St Louis: Mosby, 2003.

Sider L. Radiographic manifestations of primary bronchogenic carcinoma. RCNA 1990; 28: 583-598.

Stitik FP. Staging of lung cancer. RCNA 1990; 28: 619-630.

Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.

Sweensen SJ, Viggiano RW, Midthun DE, et al. Lung nodule enhancement at CT: multicenter study. Radiology 2000;214:73-80.

Swischuk L. Imaging of the newborn, infant and young child. Baltimore: Williams annd Wilkins, 1989.

Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987.

Templeton PA, Caskey CI, Zerhouni EA. Current uses of CT and MR imaging in the staging of lung cancer. RCNA 1990; 28: 631-646.

Tuncel E, Yazıcı Z. Çocuk Hastalıklarında Radyolojik Bulgular, Bursa: Nobel & Güneş, 2002.

Tuncel E. Pulmonary air meniscus sign. Respiration 1984; 46: 139-144.

Waitches GM, Stern EJ. High-resolution CT of peripheral airways disease. RCNA 2002;40:21-29.

Wandtke JC. Bedside chest radiography. Radiology 1994;192:282-284.

Wang ZJ, Reddy GP, Gotway MB, et al. Malignant pleural mesothelioma: evaluation with CT, MR imaging, and PET. Radiographics 2004;24:105-119.

Webb WR, Müller NL, Naidich D. High-resolution CT of the lung. New York: Raven Press, 1992.

Webb WR. High resolution lung computed tomography: Normal anatomic and pathologic findings. RCNA 1991; 29: 1051-1064.

Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani MC. Primer of Diagnostic Imaging, 3. ed. Philadelphia: Mosby, 2003.

Wittram C, Maher MM, Yoo AJ, et al. CT angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. Radiographics 2004;24:1219-1238.

Worsley DF, Alavi A. Radionuclide imaging of acute pulmonary embolism. RCNA 2001;39:1035-1052.

Zylak CJ, Eyler WR, Spizarny DL, Stone CH. Developmental lung anomalies in the adult: radiologic-pathologic correlatian. Radiographics 2002;22:S25-S43.

3. Bölüm

Dolaşım Sistemi

Kalp

Damarlar

Kalbin US incelemesi, anjiyografisi ve girişimleri ülkemizde kural olarak kardiyologlar tarafından yapılır. Sintigrafik incelemeleri ise nükleer tıbbın temel uğraş alanlarından biridir. Pratikte kalbin sadece düz röntgen, BT ve MR incelemeleri radyoloji departmanlarında yapılır. Buna karşılık koroner arterlerin anjiyografisi ve girişimleri dışında tüm vasküler sistemin radyolololojisi radyologlar tarafından yapılmaktadır. Bu bölüm bu gerçekler ışığında özetlenmiştir.

KALP

İNCELEME YÖNTEMlERİ

Kardiyoloji pratiğinde düz röntgenogram olarak sadece teleröntgenogram istenir ve temel endikasyonu toraks yapılarının morfolojisini görmek ve kalbin boyutu ve şekli hakkında kaba bir fikir edinmektir. Üç yönlü teleröntgenograma nadiren başvurulur ve floroskopi hemen hemen hiç istenmez. Kardiyolojide temel röntgen yöntemi anjiyografidir.

RÖNTGEN

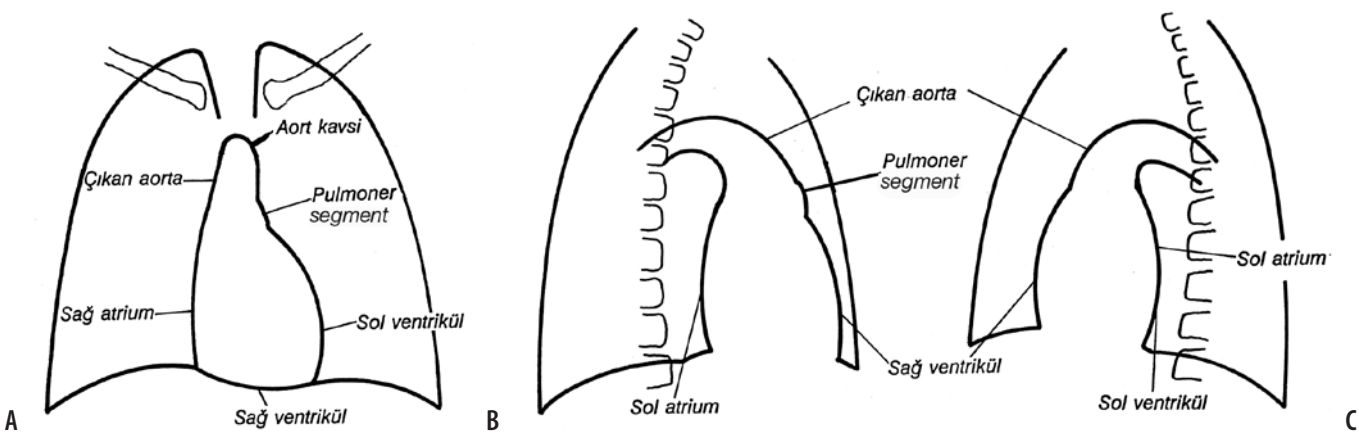
Kalp odalarındaki büyümenin daha iyi gösterilmesi amacıyla özofagusa baryum verilerek elde edilen arka-ön ve her iki oblik röntgenogramdan oluşan sete, üç yönlü baryumlu teleröntgenogram adı verilir. Sağ ve sol oblik röntgenogramlar, göğüs ön duvarı ile kalbin arasında kalan alanın genişliğine ve mide fundus gazının yerine göre birbirinden ayrılır. Sağ ön oblik röntgenogramda bu alan dar ve mide fundus gazı öndedir; sol ön oblikte ise alan geniş ve fundus gazı ortadadır.

Kalbin radyografik anatomisi

Kalbin radyografik anatomisi göğüsün arka-ön, her iki oblik ve sol yan röntgenogramlarında incelenir (Şekil 3.1). Arka-ön göğüs röntgenogramında sağ atrium kalbin sağ kenar çizgisini yapar. Yukarıda çıkan aort vardır. Bu bölgede atriuma doğru inen süperior vena kava normalde görülmez; genişlediğinde mediastenin sağında ince bir gölge olarak izlenir. Solda üstte aort kavsinin yaptığı bir konveksite vardır. Buna aort topuzu ("knob") adı verilir. Arteriyosklerotik olgularda, aortun uzaması ve genişlemesine bağlı olarak belirginleşir. Bu bölgede aterosklerotik kalsifik plakların görülme oranı yüksektir. Aort kavsinin altında normalde düz olan pulmoner segment vardır. Pulmoner segmentin bitiminden, diyafragmaya kadar uzanan konveks kenarı ise sol ventrikül yapar. Pulmoner segment ile sol ventrikülün birleştiği noktada sol atriumun oriküler apendiksinin uzantısı bulunur. Anatomik olarak bu bölgeye yerleşen oriküler apendiks normal göğüs röntgenogramlarında ayrı bir yapı olarak seçilemez. Diyafragma üzerine oturan sağ ventrikülün kenarı arka-ön röntgenogramda görülmez.

Yan ve oblik röntgenogramlarda kalbin ön kenarının büyük bir bölümünü sağ ventrikül yapar. Sağ ön oblikte üst kesimde pulmoner segment görülür. Pulmoner segmentten sonra, çıkan aortun ön kenarı başlar. Kalbin arka kenarı ise sağ ön oblikte tama yakın şekilde sol atrium tarafından yapılır. Sol ön oblik ve sol yan röntgenogramda, arka kenarın üst kesimi sol atrium, alt bölümü ise sol ventrikül tarafından yapılır.

Yaşın ilerlemesiyle birlikte aortta arteriyosklerotik değişiklikler ortaya çıkar; aort genişler, uzar ve



Şekil 3.1 Kalbin radyolojik anatomisi, A. Arka-ön, B. Sağ ön oblik, C. Sol ön oblik.

yoğunluğu artar. Adolesan veya genç bir yetişkinde yan röntgenogramlarda görülmeyen inen aort, yaşlı bir olguda diyafragmaya kadar yoğunluğu artmış bir şekilde izlenebilir. Aynı nedenlerle yaşlı olgularda üst mediyastenin sağ tarafında görülen gölge artımı genellikle arteriyosklerotik değişikliklere bağlı olarak genişlemiş ve yoğunluğu artmış brakiyosefalik trunkusa aittir.

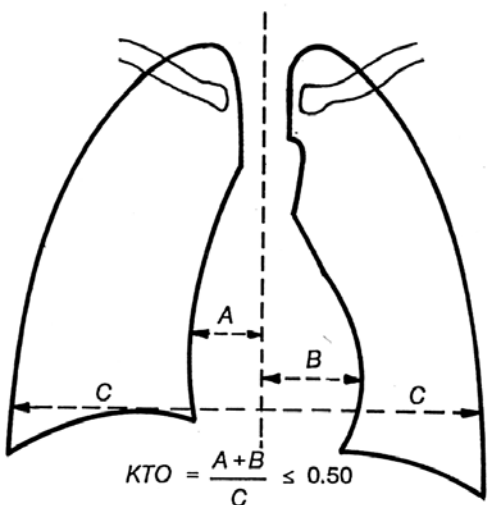
İnferior vena kava, yan röntgenogramlarda kalbin alt arka kesiminde küçük bir gölge şeklinde izlenebilir. Bazen bu gölge arka-ön röntgenogramlarda sağ kardiyofrenik açıda da görülebilir.

Günlük pratik içerisinde kalbin büyüklüğü kalbin toraksa oranına bakarak değerlendirilir. Buna *kardiyotorasik* oran (KTO) adı verilir (Şekil 3.2). Kalbin en büyük transvers çapının, toraksın sağ diyafragma kubbesi seviyesindeki içten içe, transvers çapına oranıdır. Kalbin en büyük transvers çapı, orta çizgiye her iki tarafta kalbin en geniş dış noktalarından çizilen diklerin toplamıdır.

Kalp boyutları, yaş, vücut yapısı ve bir dereceye kadar cinsiyetle ilgilidir. Normalde kardiyo-torasik oran 0.50'den küçük olmalıdır. Yeni doğan bebeklerde ve piknik tiplerde KTO 0.50'den büyük olabilir. Yetişkinlerde KTO gençlere göre daha büyüktür. Yetersiz inspiriyumda ve yatar pozisyonda elde edilen röntgenogramlarda da KTO büyük görülür.

Kalp odalarının büyümeleri

Kalp odalarının genişlemeleri arka-ön ve oblik röntgenogramlarda değişik şekillerde görülür. Her oda ile ilgili bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir.



Şekil 3.2 Kardiyo-torasik oran ölçümü.

Sol ventrikül büyümesi: (Şekil 3.3) Arka-ön göğüs röntgenogramında kalp apeksi aşağı doğru yer değiştirir. Aort kavsinin altındaki pulmoner segmente ait çukurlaşma belirginleşir. Kalbin sol kenarının konveksitesi artar ve sola doğru yer değiştirir. Sol ön oblik pozisyonda kalbin arka kenarının alt bölümü geriye ve aşağıya doğru iner ve omurgayı geçebilir; ön kenarın konveksitesi azalır ve düzleşir.

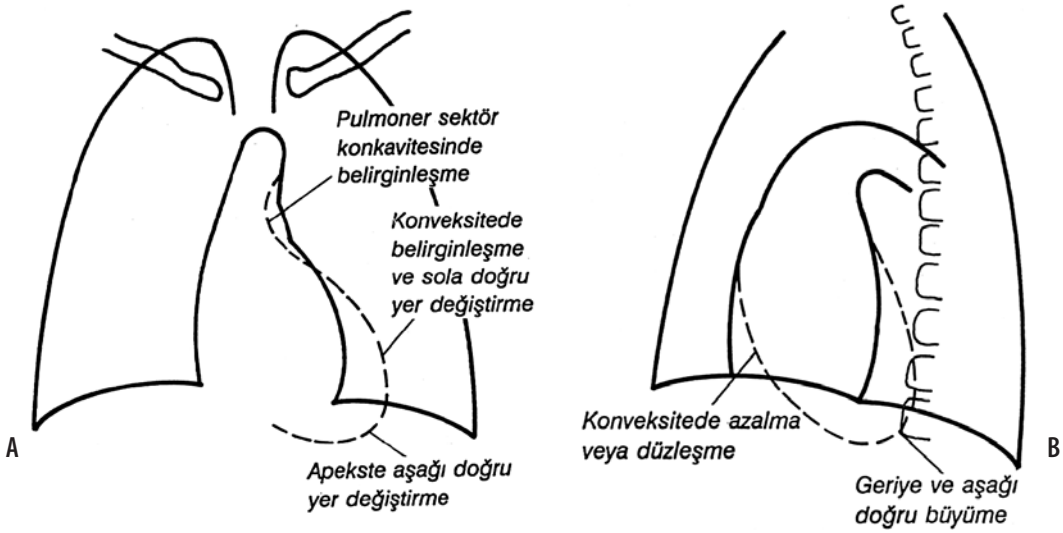
Sağ ventrikül büyümesi: (Şekil 3.4) Arka-ön göğüs röntgenogramında apeks diyafragma üzerine çıkar. Sağ ventrikül çıkış yolunun ("out-flow tract") belirginleşmesine bağlı olarak aort kavsi altındaki normal çukurluk dolar, pulmoner segment belirginleşir. Her iki oblik röntgenogramda kalbin ön kenarının konveksitesi artar ve göğüs ön duvarına yaklaşır. Sol ön oblikte kalbin arka alt kenarı konveksliğini yitirerek düzleşir.

Sağ atriyum genişlemesi: Sağ atriyum en iyi arka-ön göğüs röntgenogramında görülür ve kalbin sağ kenarını yapar. Sağ atriyum genişlemesinde bu kenar hafifçe sağa doğru yer değiştirir. Genişleme çok belirgin olduğunda, bu yer değiştirme vena kava süperior ile sağ atriyumun birleştiği noktadan dışa doğru rafa benzer düz bir çizgi şeklinde başlar, yer değiştirmenin derecesi artmıştır.

Sol atriyum genişlemesi: Arka-ön göğüs röntgenogramında kalbin arkasında *çift dansite*, sağ kenarında *çift kenar* görünümü vardır (Şekil 3.5). Sol kenarda oriküler apendiks belirgindir. Sol ana bronş yukarıya doğru itilir. Özofagus genellikle sağa bazen sola doğru yer değiştirir. Sol atriyum büyümesi en iyi sağ ön oblik pozisyonda görülür. Bu pozisyonda, kalbin arka kenarındaki sol atriyuma bağlı büyüme özofagusu geriye doğru iter. Sol atriyum büyüklüğüne sol ventrikül büyüklüğü katılmamışsa özofagustaki itilme alt kenarda bir dirsek yapar. Buna *dirsek işareti* adı verilir. Birlikte sol ventrikül de büyürse dirsek kaybolur ve özofagus geniş bir kavis şeklinde itilir. Sol ön oblikte kalbin arka kenarının üst bölümü geriye doğru büyür ve özofagusu iter.

Sağ atriyo-ventriküler büyüme: Röntgen görünümü, sağ atriyal ve sağ ventrikül büyüme bulgularının toplamı şeklindedir. Ancak sol ön oblik pozisyonda, kalbin ön kenarı daha belirgin görülür ve arka alt kenar sol ventrikül büyümesindekine benzer şekil alabilir.

Her iki ventrikül büyümesi: Bulgular sağ ve sol ventrikül genişlemelerinde görülenlerin toplamı şek-



Şekil 3.3. Sol ventrikül büyümesi, A. Arka-ön, B. Sol ön oblik.

lindedir. İki ventrikül büyümesinde çocuklarda sağ ventrikül, yetişkinlerde sol ventrikül bulguları daha belirgindir.

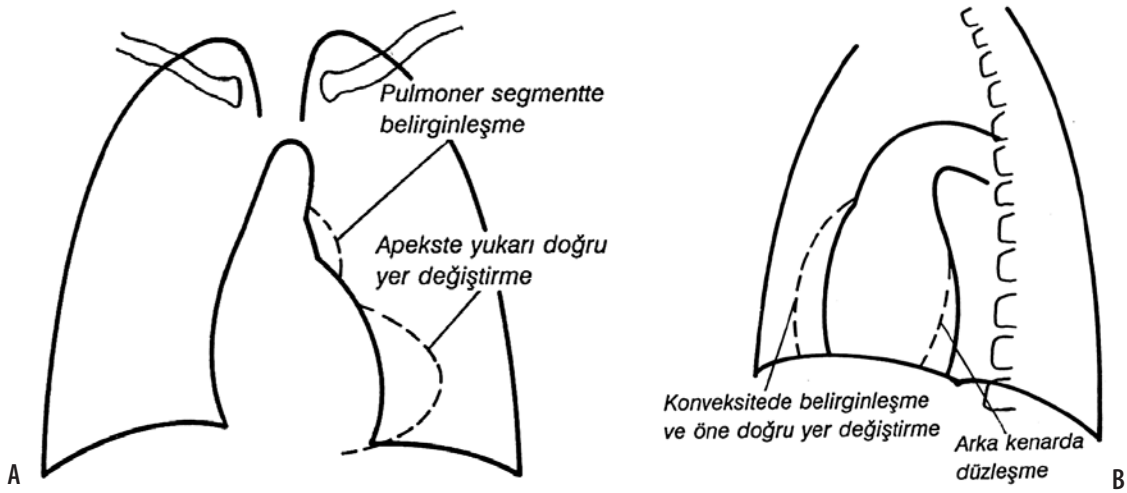
Aort kapak hastalığında kalbin şekli

Aort kapak hastalığında röntgende sol ventrikül büyümesinin bulguları vardır. Kapak kalsifikasyonu görülebilir. İlerlemiş olgularda yetmezlik öncesi, sol atriyum büyüklüğü görüntüye eklenebilir. Aort kapak darlığında başlangıçta sol ventrikül hipertrofisi vardır; ventrikül genişlemesi geç evrede görülür. Aort genişlemesi belirgin değildir ve *poststenotik dilatasyon* şeklindedir; çıkan aortun dış duvarında görülür (Resim 3.1). Floroskopide aort pulsasyonlarının genliği azalmıştır. Olguların %85'inde kapak kalsifikasyonu vardır; ancak yirmi yaşın altındaki olgularda nadirdir.

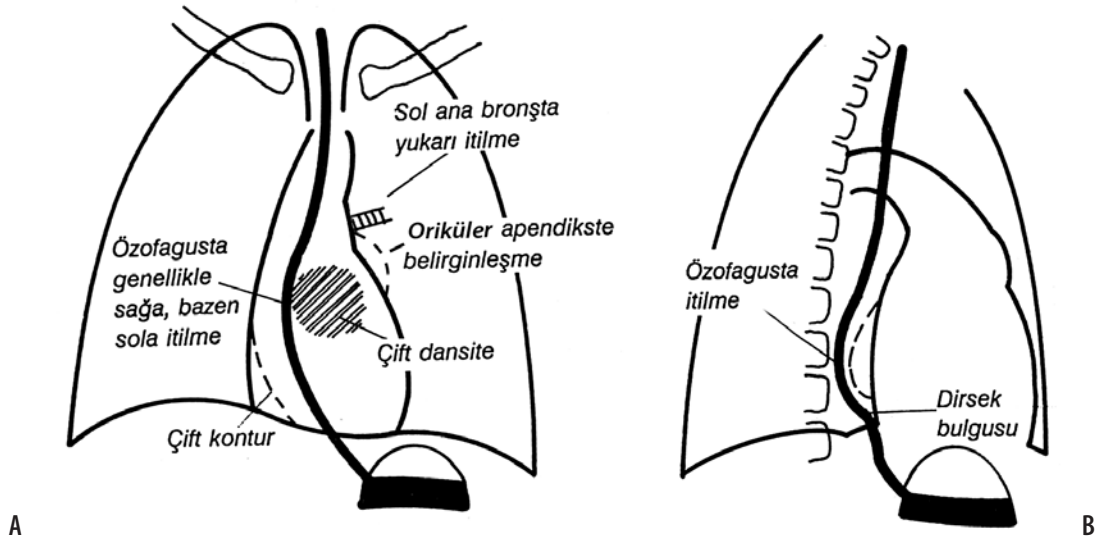
Aort yetmezliğinde ise sol ventriküler genişleme erken görülür. Bu nedenle hastalığın erken devrelerinde kalpte büyüme saptanır. Tüm çıkan aort ve aort topuzu genişler. Kalp sapı stenoza göre daha dar görünümdedir. Floroskopide aort pulsasyonları yüksek genliklidir.

Mitral kapak hastalığında kalbin şekli

Başlıca sol atrium büyüklüğüne bağlı değişiklikler gözlenir. Bunlardan sol ana bronkus basısı daralma yaparsa stridora, tam kollaps oluşturursa sol alt lob atelektazisine neden olur. Sol ventrikül saf stenozda



Şekil 3.4 Sağ ventrikül büyümesi, A. Arka-ön, B. Sol ön oblik.

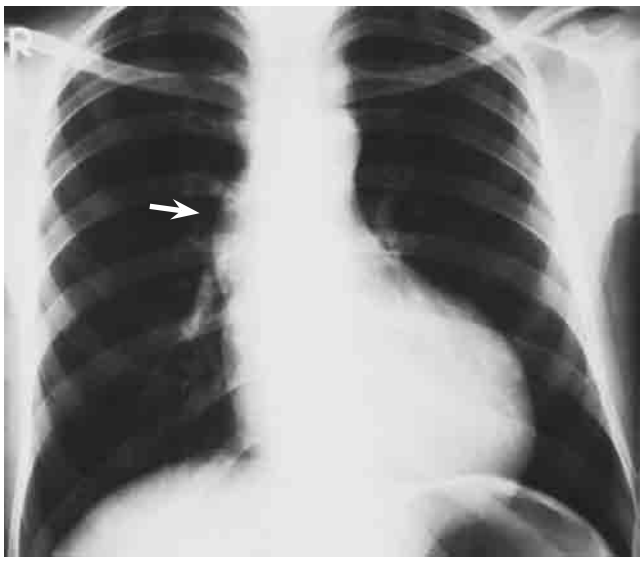


Şekil 3.5 Sol atrium genişlemesi, A. Arka-ön, B. Sağ ön oblik.

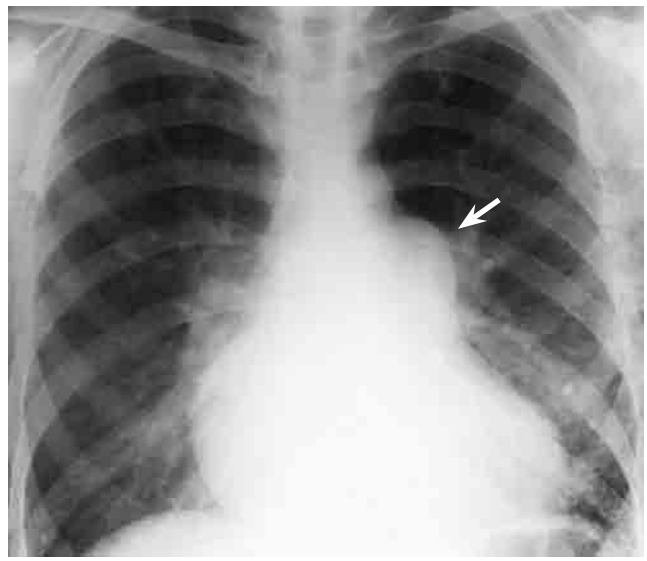
hipoplaziktir. Buna bağlı olarak aort topuzu da küçüktür; ancak birçok olguda küçük görünüm pulmoner segmentin aşırı belirgin olması nedeniyledir. Mitral yetmezlikte ise sol ventrikül büyür. Sol ventrikülün genişlemesindeki bu farklılık oblik röntgenogramlarda, *dirsek işareti* ile araştırılır.

Mitral stenoz ve yetmezlik arasındaki diğer farklar; yetmezlikte sol atriyumun daha büyük boyutlara ulaşması, akciğer damarlarındaki venöz basınç artmasına bağlı bölgesel çap değişikliklerinin (vasküler diskrepensi) geç ortaya çıkması ve belirgin olmamasıdır. Kapak kalsifikasyonunun görülmesi stenoz lehine yorumlanan bir bulgudur. Stenozlu ve kronik pulmoner konjesyonlu olguların %3-5'inde akciğerlerin alt zonlarında 5-10 mm çapında ossifikasyonlar görülür (Resim 3.2). Mitral kapak lezyonlarında stenoz ve yetmezlik arasındaki röntgenolojik farklılıklar Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

Triküspit ve pulmoner kapakların primer hastalıkları çok nadirdir. Genellikle fonksiyonel yetmez-



Resim 3.1 Aort kapak hastalığı (stenoz). Çıkan aortada poststenotik dilatasyon (ok) ve belirgin sol ventrikül büyümesi.



Resim 3.2 Mitral stenozda sol alt zonda daha belirgin görülen ossifikasyonlar (veya kalsifikasyon). Pulmoner sektördeki genişleme (ok) pulmoner hipertansiyonu gösteriyor. Mitral stenozun diğer akciğer bulguları izleniyor.

Tablo 3.1 Mitral stenoz ve yetmezlik arasındaki röntgenolojik farklar

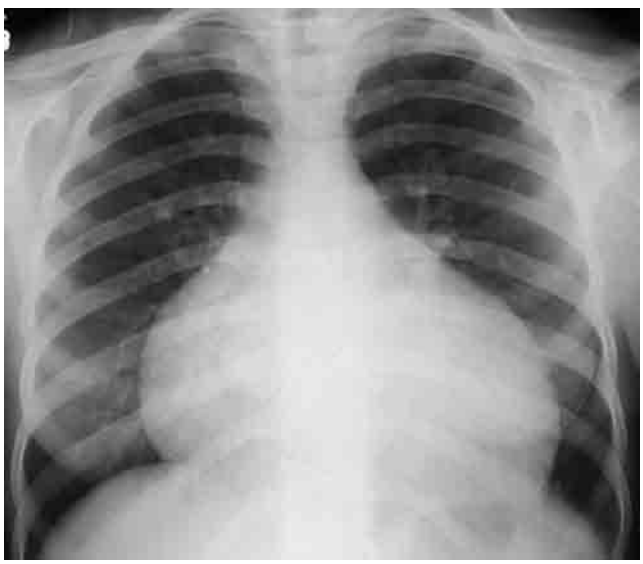
Özellikler	Stenoz	Yetmezlik
Sol atrium büyüklüğü	+	++
Sol ventrikül büyüklüğü	-	+++
Sağ ventrikül büyüklüğü	++	+
Vasküler diskrepensi	++ (erken)	+ (geç)
Kapak kalsifikasyonu	++	+

lik görülür. Röntgen görünümleri kapakların proksimalindeki boşlukların büyümeleri ile ilgilidir; tanıya götürücü bir özellik göstermezler. Birlikte birden çok kapak lezyonunda kalp bütünüyle büyür.

Perikardiyal sıvıda kalbin boyutu ve şekli

Perikardiyal sıvı toplanması inflamatuar ve malign nedenlere bağlı olabilir. Plevral sıvıda olduğu gibi, perikardiyal sıvının da biyokimyasını röntgenolojik olarak saptama olanağı yoktur. Röntgen bulgusu vermesi için sıvının en az 200 ml olması gerekir.

Perikardiyal sıvı toplanmasının düz röntgen bulguları şunlardır (Resim 3.3): 1) Kalpte simetrik büyüme, 2) Kalp kenarlarının normal girinti ve çıkıntılarının kaybı, 3) Kalp kenarlarının kalemle çizilmiş gibi keskinliğinin artması, 4) Kalbin en büyük transvers çapının kardiyofrenik açının hemen üstünde olması, 5) Yatarak alınan röntgenogramlarda kalp sapının genişlemesi ve 6) Kalpte birdenbire büyüme.



Resim 3.3 Perikardiyal sıvı. Kalpte simetrik büyüme ve düzgün ve keskin kenar.

Floroskopide kardiyak pulsasyon azalmıştır. Hasta ayakta ve yatarken incelendiğinde kalp sapında belirgin genişleme görülür. Özellikle görüntü yükselticiler kullanıldığında perikardiyal aralıkta epikardiyal yağ çizgisi görülebilir.

Perikardiyal sıvının röntgenle ayırıcı tanısı oldukça zordur. Miyokardiyal ödem ve miksödem de benzer görünüm oluşturur.

Koroner anjiyografi

Koroner arterlerin incelenmesinde temel standarttır; tarama testi olarak kullanılmaz. İnvaziv olmayan yöntemlerle koroner iskemi saptanan olgularda preoperatif olarak uygulanır.

Koroner anjiyografide koroner arterin selektif kateterizasyonundan sonra çok az bir kontrast madde ile damar ve akım test edilir. Daha sonra sol koroner artere 4-6 ml/sn hızla 7-9 ml, sağ koroner artere ise 3-5 ml/sn hızla 6-8 ml kontrast madde verilir. Her iki koroner arter için sağ ve sol oblik projeksiyonlar başta olmak üzere standart görüntüler alınır.

Anjiyokardiyografi

Anjiyokardiyografi kalp ve büyük damarların anatomisini ve fonksiyonunu kontrast madde aracılığıyla röntgenolojik olarak gösterme yöntemidir. Başlıca doğumsal kalp anomalilerinde ve kalp kapaklarının fonksiyonlarını değerlendirmede kullanılır.

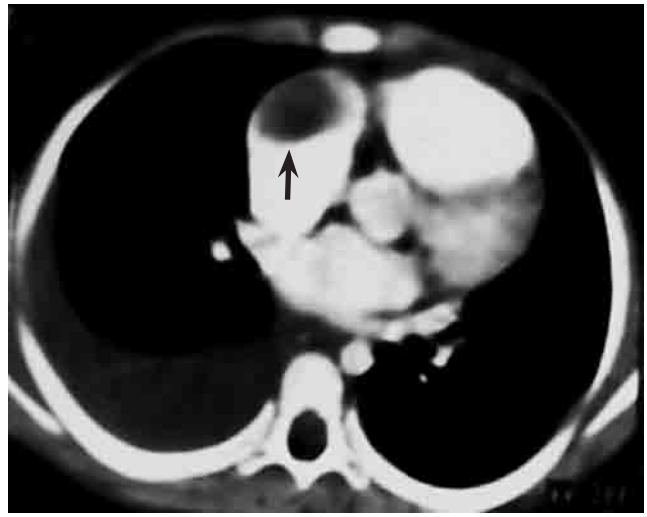
Anjiyokardiyografi genellikle, kalp odalarının basınçlarının ölçüldüğü ve oksijen satürasyonlarının saptandığı kardiyak kateterizasyonun ardından yapılır. Kontrast maddenin kateterlerden kalp odalarına enjeksiyonu otomatik enjektörlerle yapılır. Eskiden kullanılan ve tam boy film anjiyokardiyografisi adı verilen yöntemde hızlı kaset değiştiricilerle iki planda seri röntgenogramlar (6-12 film/sn) alınırdı. Daha sonra görüntülerin otuz beş milimetrelik filmlere veya videoya kaydedildiği sineanjiyokardiyografi yöntemi geliştirilmiştir. Günümüzde analog olan bu sistemler artık üretilmemektedir; yeni üretilen anjiyografi aygıtları tümüyle dijitaldir.

BT

Hareketli bir organ olan kalbin BT ile incelenmesinde kontrast madde bolus şeklinde verilir. Tek kesit alan eski teknoloji BT yöntemleri ile kalbin hareketsiz bir görüntüsünü elde edebilmek için EKG ile senkronize dinamik çalışmalar yapılır. Bu teknoloji ile kalp morfolojik olarak incelenir.



Resim 3.4 Perikardiyal sıvı. Kontrastla dolu kalp odalarını çevreleyen hipodens sıvı.



Resim 3.5 Sağ atriumda trombüse ait dolma defekti. (ok) Kontrastlı kesit. Sağda serbest plevral sıvı görülüyor.

Epikardiyal yağın üst kesiminde perikardın seröz bir tabakadan ibaret olan viseral yaprağı bulunur. Paryetal perikard ise fibröz bir yapıdır ve 1-5 mm kalınlığındadır. Perikardın paryetal yaprağı epikardiyal yağ ile mediyastinal yağ arasında hiperdens bir yapı olarak görülür. Perikard yaprakları arasında normalde 20-30 ml sıvı bulunur. BT ile 50 ml sıvı saptanabilir; 200 ml perikardiyal sıvı kalbin çevresini sarar (Resim 3.4). Perikardiyal sıvıyı saptamada duyarlılığı yüksek olsa da sıvı araştırmak amacıyla BT değil US kullanılır.

BT ile konstrüktif perikardit ile restriktif tip kardiyomiyopatinin ayırıcı tanısı yapılabilir. Eğer perikard kalınlığı 7 mm ve daha fazla ise olay konstrüktif perikarditir. Perikardiyal kalınlaşma yoksa olay restriktif kardiyomiyopati kabul edilmelidir. Perikartta kalsifikasyon görülebilir. Perikardın neoplazmları çok nadirdir. Lenfoma, lösemi, meme ve akciğer kanserleri ve malign melanomlar perikarda metastaz yapabilir.

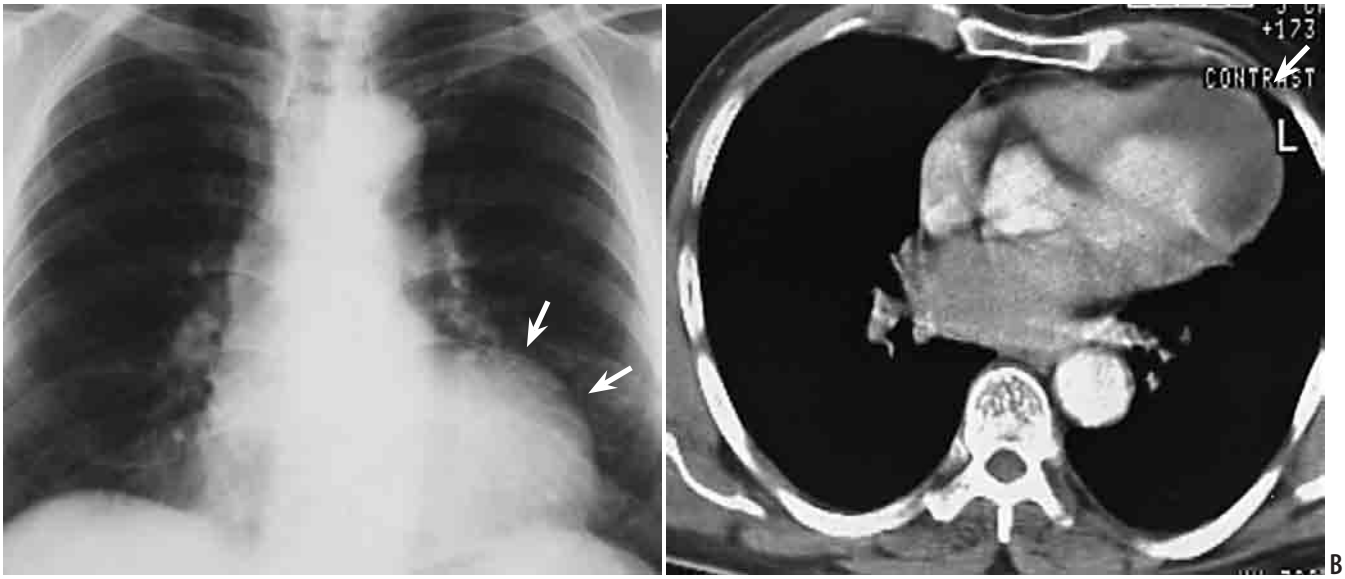
Atrial miksoma, intrakardiyak trombüs (Resim 3.5) ve sol ventriküler anevrizma (Resim 3.6) gibi lezyonlar BT ile saptanabilir. Ayrıca koroner arter greftinin açık olduğu gözlenebilir; aort anevrizması, diseksiyonu, anomalileri ve yaralanması saptanır.

Elektron demetli BT (EDBT) ve çok kesitli BT (ÇKBT)

Hareketli bir organ olan kalbin incelenebilmesi için çok hızlı kesit alan yöntemlere gereksinim vardır. Bu gereksinim 1990'lı yılların başından itibaren kalp incelemeleri için geliştirilmiş elektron demetli BT aygıtlarıyla ("ultrafast" BT) karşılanmaktadır. Çok hızlı kesit alan bu aygıtlarla, EKG ile senkronize çalışılarak 100 msn'de 1.5-3.0 mm kalınlığında 40-60 kesit alınabilir; sine-BT yapılarak duvar hareketleri, ejeksiyon fraksiyonları ve kapak hareketleri değerlendirilir.

Çok yer kaplayan ve pahalı olan EDBT'lerin yerini günümüzde aynı şekilde hızlı görüntü alan, konvansiyonel BT yapısında ÇKBT'ler almıştır. ÇKBT'ler hem hızlı görüntü alır hem de kesit kalınlığı çok incelmiştir. 64 kesitli yöntemlerde tüpün dönüş hızı 330 msn'ye kesit kalınlığı ise 0.5 mm'ye düşürülmüştür. İnceleme bir nefes tutuşta yapılır ve EKG senkronize çalışılır. Dedektör sıra sayısı günümüzde 128 ve hatta 256'ya çıkmıştır.

Çok ince kesitler alınabilmesiyle voksel boyutları her düzlemde eşit (izomerik voksel) hale gelmiştir. Kesit kalınlığına bağlı çözümleme kaybı bu kadar ince kesitlerle ortadan kalkar. Bunun sonucunda çözümleme kaybı olmadan koronal ve sagital veya istenilen düzlemlerde kaliteli reformasyon görüntüleri elde edilebilir (Resim 3.7). Bu gelişme, MR'nin istenilen düzlemde kesit alma üstünlüğünü dengelemiştir. Bu sayede aort anevrizması, diseksiyonu, yırtılması, anomalileri ve pulmoner arter embolileri çok daha iyi görüntülenebilir.

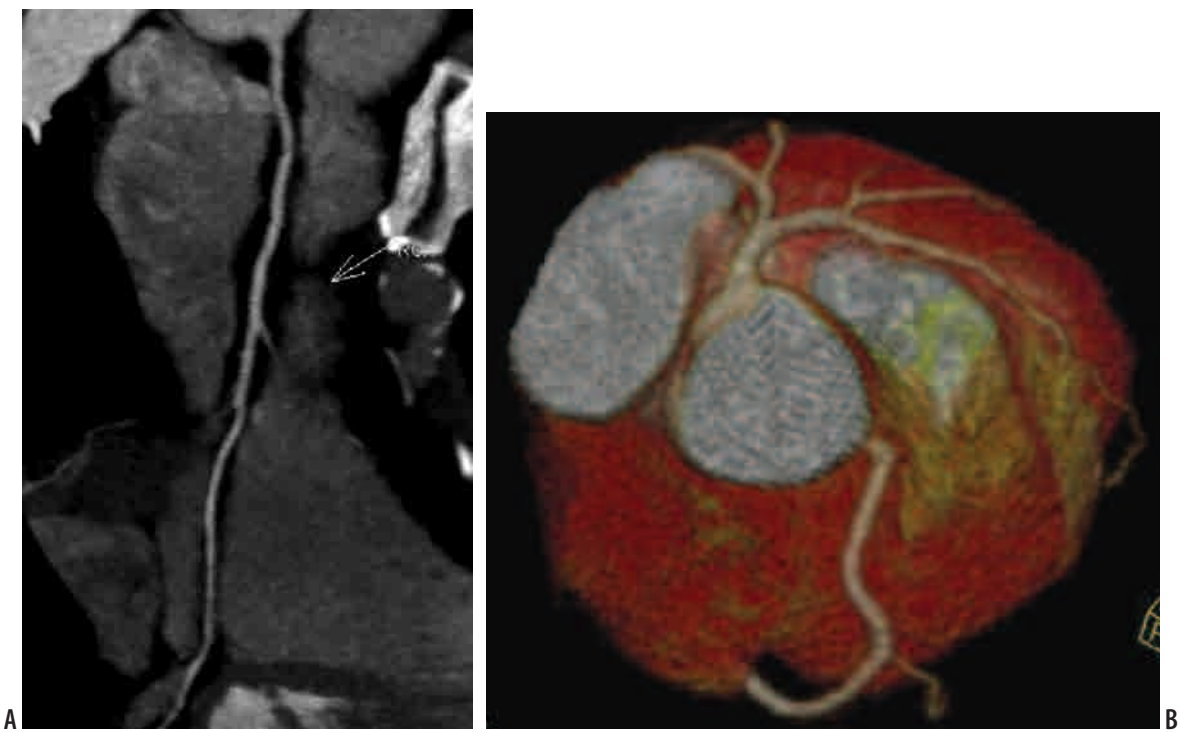


Resim 3.6 Sol ventrikül anevrizması. Kalp apeksinde anormal şekilli genişleme (oklar), A. Röntgen, B. Kontrastlı BT.

ÇKBT'nin SNR'si ve uzaysal çözümlemesi EDBT'den daha yüksek, inceleme süresi daha kısadır. EDBT'deki SNR düşüklüğü x-ışını intensitesinin sınırlı olmasına bağlıdır. EDBT'de, inceleme süresi daha uzun olmakla birlikte tek kesiti daha kısa sürede alabilmesi (zamansal çözümleme yüksekliği) nedeniyle hareket artefaktı daha azdır.

Koroner arter BT

Hızla veri toplanması ve yüksek çözümlemeli reformasyon yapılabilmesiyle koroner arterleri incelemek olanaklı hale gelmiştir. ÇKBT ile koroner arter kalsifikasyonları skorlanarak risk belirlenmeye çalışılır ve koroner arterlerin kesit anjiyografisi yapılabilir.



Resim 3.7 Normal koroner arterler. A. Sağ koroner arter, B. Koroner arterlerin 3B reformasyon görüntüleri

Koroner kalsiyum skorlaması: Koroner arter kalsifikasyonlarını saptamada radyografinin duyarlılığı düşüktür. Floroskopi kalsifikasyonu radyografiden daha duyarlı olarak gösteririr. Kalsifikasyonun gösterilmesinde en duyarlı yöntem BT'dir.

Koroner arter kalsifikasyonu intimada görülür ve ilerlemiş ateromatöz hastalık ve koroner arter daralması ile doğrudan ilişkilidir. Anjiyografide %50 damar darlığı olan olguların %75'inde kalsifikasyon saptanmıştır. Ciddi bir koroner arter hastalığı olmayan erkeklerin sadece %11'inde koroner kalsifikasyon görülür. Semtomatik grupta, tek damar hastalığı olanların %50'sinde, iki damarı hastalığı olanların %77'sinde ve üç damar hastalığı olanların %86'sında koroner kalsifikasyon saptanır.

Koroner kalsifikasyonla koroner hastalığı arasındaki bu ilişki, koroner arter hastalığı riskini belirlemek için bir kalsifikasyon tarama ve skorlama sistemi geliştirilmesine neden olmuştur. Skorlama için farklı yöntemler kullanılabilir.

Agatston yönteminde dansitesi 130 HÜ'den yüksek olan 2 mm^2'den geniş alanlar koroner kalsifikasyon olarak tanımlanır. Saptanan kalsifik alanlar, ölçülen yoğunluklarının karşılığı olan bir katsayı ile çarpılır. Bu katsayılar kalsifik alanın dansitesi 130-200 HÜ ise 1, 201-299 ise 2, 300-399 ise 3, 400 ve daha üzeri ise 4'tür. Her koroner arter bölgesindeki saptanan kalsifikasyonlar bu şekilde hesaplanarak toplanır. Damarların toplam değerleri de toplanarak koroner sistemin total kalsifikasyon skoru bulunur. Bu skora Agatston skoru adı verilir. Bu değer 0-10 ise risk çok düşük, 11-100 ise orta, 101-400 ise orta derecede yüksek, 400'den fazla ise çok yüksektir. Riskin çok yüksek olduğu son grupta stenoz ve gelecekte koroner sorun olasılığı çok yüksektir. Hiç kalsifikasyon saptanmayan olgularda negatif kestirim değeri %94-100 civarındadır. Koroner kalsiyum skorlaması ve yorumu Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Koroner kalsiyum skorlaması

Kalsiyum skoru	**Yorumu** (ASP: aterosklerotik plak, KAH: koroner arter hastalığı)
0	Saptabilir ASP yok, KAH olasılığı % 5'den az
1-10	Minimal ASP, ciddi KAH olasılığı çok az
11-100	Hafif ASP, minimal veya hafif KAH olasılığı
101-400	Orta ASP, orta derece tıkanma oluşturmayan KAH olasılığı
>400	Yaygın ASP, en az bir ciddi (>% 50) KAH olasılığı çok yüksek

Alternatif bir skorlama yöntemi *hacim skorlama* yöntemidir. Bu yöntemde, çevresi çizilerek ölçülen kalsifik alandaki eşik değeri geçen yoğunluğa sahip vokseller toplanır. Saptanan kalsifikasyondaki hidroaksiapatit kristallerinin miligram cinsinden karşılığının belirlenmesine ise *kütle skorlama* yöntemi denir.

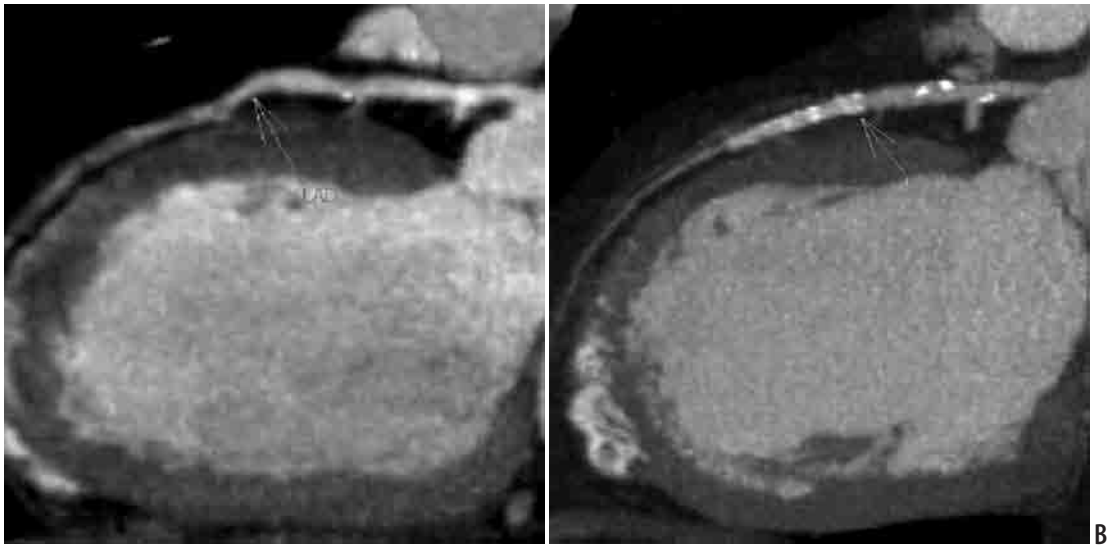
Koroner kalsiyum skorlaması günümüzde asemptomatik hastalarda koroner arter hastalığı riskini hesaplamak ve buna göre hastanın yaşamındaki risk faktörlerini modifiye etmek amacıyla kullanılmaktadır. Hastanın aldığı ışın dozu ve maliyet göz önüne alındığında, genel radyolojik algoritm açısından böyle bir uygulamanın doğruluğu tartışılabilir.

BT-koroner anjiyografi (BTKA): BTKA çok hızlı kesit alabilen ÇKBT aygıtları ile yapılır. EKG uyumlu çalışılır. Yüksek nabız hızı hareket artefaktına neden olacağı için kesit alma süresinde nabız 60-70/sn olmalıdır. Kalp atım sayısını bu seviyeye çekebilmek için oral veya İV beta blokerler verilir. İncelemede 100-150 ml kontrast kullanılır. Kontrast madde juguler veya periferik venler kateterize edilerek 4 ml/sn hızla verilir. Kontrast maddenin arkasından damar 25-40 ml serum fizyolojikle yıkanır. Taramaya başlama zamanı test bolusu verilerek kararlaştırılır veya taramaya kontrastın bitiminden hemen sonra başlanır. Kesitler, görüntü kalitesinin en yüksek olduğu noktada alınır. Bu nokta sol ventrikül ve koroner arter opasifikasyonunun pik noktada olduğu, ancak sağ ventrikül ve pulmoner arterin zayıf opasifiye olduğu zamandır. Kesit alınırken hastanın kolları yukarıdadır.

EKG senkronize çalışmada sistol süresince tüp akımı düşürülüp verilerin toplandığı diyastol fazında artırılarak hastanın aldığı dozda yaklaşık % 50'ye varan bir azalma sağlanabilir. Kesit kalınlıkları 1 mm veya altında olmalıdır. Rekonstrüksiyon yumuşak doku algoritmi ile yapılır. Elde olunan verilerden, gelişmiş bilgisayar programları aracılığı ile koroner arterleri en iyi şekilde gösterecek 2B ve 3B görüntüleri elde edilir.

BTKA ile koroner arterler, aterosklerotik plak, kalsifikasyon ve darlık derecesi açısından değerlendirilir (Resim 3.8). Darlık %50'yi aşıyorsa hemodinamik açıdan önemli, %75'i aştığında ciddi kabul edilir. Yoğun kalsifik plak veya stentin altındaki darlığı sağlıklı olarak değerlendirmek mümkün olmaz. Bu durumda o kesimdeki damar lümeni, distalindeki akımın debisine bakarak değerlendirilir.

BTKA, günümüzde koroner arter hastalığına benzer yakınmaları olan, ancak koroner arter olasılığı



Resim 3.8 Sol anterior dessandan koroner arterin multiplanar reformasyon görüntüleri. A. Damarda düzensizlik B. Stent yerleştirildikten sonra kontrol.

düşük olgularda uygulanır. Amaç bu hastaları daha invaziv bir yöntem olan katater anjiyografisinden kurtarmaktır. Hastada girişimle tedavi edilmesi düşünülen koroner arter hastalığı olasılığı yüksekse BTKA yerine kateter anjiyografisi yapılmalıdır. BTKA sonuçlarına bakarak doğrudan girişim yapılamayacağı için böyle olgularda iki defa hastaya yüksek miktarda kontrast madde ve yüksek ışın dozu verilmiş olur. Koroner greftlerin açık olup olmadığı da BTKA ile kontrol edilebilir.

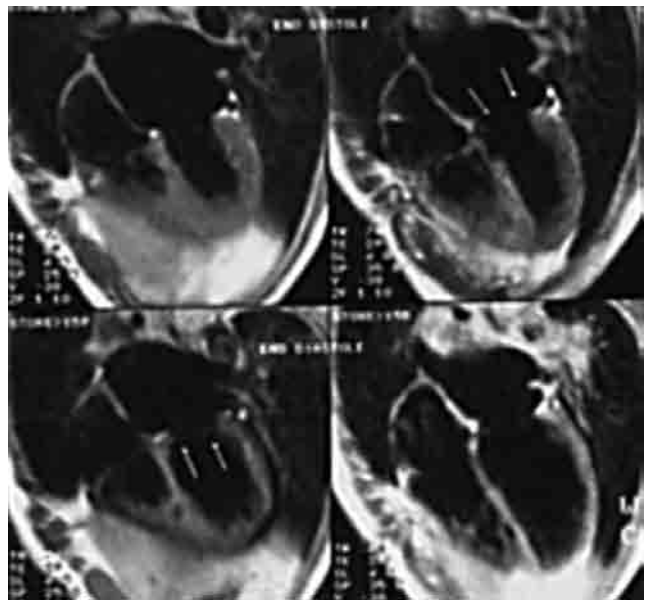
MR

Kalbin incelenmesinde kullanılan birçok radyolojik yöntemin verisi tek başına kardiyak MR ile elde edilebilir. Mükemmel anatomik görüntülerin yanında dinamik görüntüler elde edilerek fonksiyonel çalışmalar yapılır. Temel endikasyonları, doğumsal kalp hastalıkları, aort ve pulmoner arter hastalıkları, perikard hastalıkları, ventrikül ve kapak fonksiyonlarının değerlendirilmesi, kardiyomiyopatiler ve kardiyak kitlelerdir.

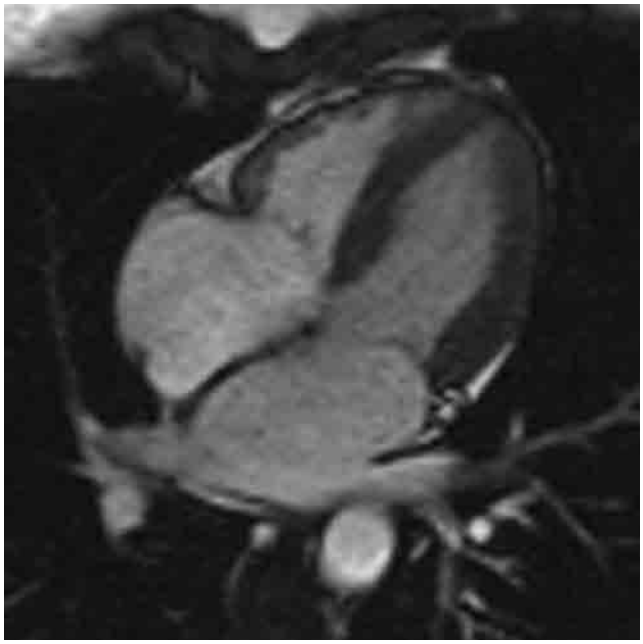
MR'nin sinyal karakteristiklerinin anlaşılması ve farklı seviyelerden farklı düzlemlerde elde edilen kesitlerin ve 3B reformasyon görüntü anatomisinin çok iyi bilinmesi, MR'nin faydalı kullanımı için kritik öneme sahiptir.

En iyi anatomik görüntüler T1A siyah kan yöntemi ile sağlanır (Resim 3.9). Akımı siyah olarak görüntülemenin en çok kullanılan yöntemi çift IR pulsu uygulamasıdır. GRE görüntülerinde ise akım parlak görülür ve lümen içindeki kontrast madde gibi davranır (Resim 3.10). GRE görüntülerde akım zenginleşmesi, akım hızı ile doğru, kesit ya da hacim kalınlığı ve TR süresi ile ters orantılıdır. GRE sekansında akımla birlikte miyokardın kontraktibilitesi de değerlendirilir.

Kardiyak MR'de EKG ile senkronize çalışılır ve kalp siklusunun belirli noktalarından kesitler alınır. Bu kesitlerin sıralı gösterimleri ile kalp hareketleri canlı olarak izlenip fonksiyonel değerlendirmeler yapılır. Kesit düzlemleri amaca göre istenilen seviyeden ve istenilen açıdan alınabilir. Örneğin kalp, 4 odanın



Resim 3.9 EKG senkronize kardiyak siyah kan MR görüntüleri.



Resim 3.10 EKG senkronize GRE (SSFP) sekans ile alınan sine beyaz kan görüntüsü.

izlenebildiği kesitlerle, aort ise sol ön oblik pozisyondaki görüntünün analoğu, uzunlamasına kesitlerle incelenir.

Kardiyak MR ile yapılan dinamik çalışmalar ile duvar hareketleri analiz edilebilir, duvar kalınlığı ölçülebilir, odaların hacimleri, atım hacimleri ve ejeksiyon fraksiyonları hesaplanabilir ve kapak hareketleri değerlendirilebilir. Diyastol sonu duvar kalınlığı sol ventrikülde 11 mm, sağ ventrikülde 7 mm'yi geçmemelidir.

Akan kanın stenotik bir kapaktan geçmesi *jet fenomenine*, genişlemiş bir kapaktan geçmesi de *regurjitasyona* neden olur. Her iki olguda da türbülans olayı nedeniyle faz kaybı ve dolayısıyla sinyal kaybı vardır. Jet fenomeninde akım yönünde, regürjitasyonda ters yönde, tepesi kapaklarda olan üçgen şeklinde sinyalsiz alanlar görülür. Bu alanların büyüklüğüne bakılarak kapak anormalliği derecelendirilir. Ölçülen alanların sağ ve sol ventrikül atım hacimleri ile karşılaştırmaları yapılır. Faz analizi kullanılarak yapılan hız kodlamalı sine-MR tekniği ile regürjite hacimle birlikte akım hızı ve akım hacimleri de hesaplanabilir. Bu teknikler birçok olguda anjiyografi ile bağlantılı olarak kullanılır.

Miyokardın doku karakterizasyonu T1AG ve T2AG ile kontrast madde vererek ve spektroskopi ile yapılır; neoplazik, infiltratif veya inflamatuar tutulum değerlendirilir. Akut miyokard enfarktüsünde enfarkt alanı uzun T2 değerleri nedeniyle yüksek sinyal verir. Komşu ventrikül boşluğunda da kanın yavaş akımı nedeniyle yüksek sinyal intensitesi görülür. Bu değişiklikler başlangıçtan dört saat sonra ortaya çıkar. Gadoliniumlu kontrast maddeler normal miyokardın sinyal intensitesini düşürerek normal ve zayıf perfüzyon alanları arasındaki kontrastı artırır ve enfarkt alanının daha iyi görülmesini sağlar.

Eski miyokard enfarktüsünde incelmiş ve hareketleri bozulmuş ventrikül duvarı izlenebilir. Mural trombüs yüksek sinyal intensitesi verir. Bu değişiklikler MR-sine incelemesi ile daha iyi gösterilebilir.

Hipertrofik ve konjestif kardiyomiyopati ekokardiyografiden daha iyi görülür. Miyokard kalınlığı ve oda genişlikleri açık ve doğru bir şekilde değerlendirilir. Septal defektler ve ana damar anomalileri gibi doğumsal kalp anomalileri gösterilebilir.

Normal perikart, düşük sinyal intensitesinde bir çizgi şeklindedir. Perikardiyal kalınlaşma, invazyon ve sıvı saptanır. Perikardiyal kist, perikardiyal yağ yastığı çok iyi gösterilir (Resim 3.11). İntra ve ekstrakardiyak kitleler izlenebilir.

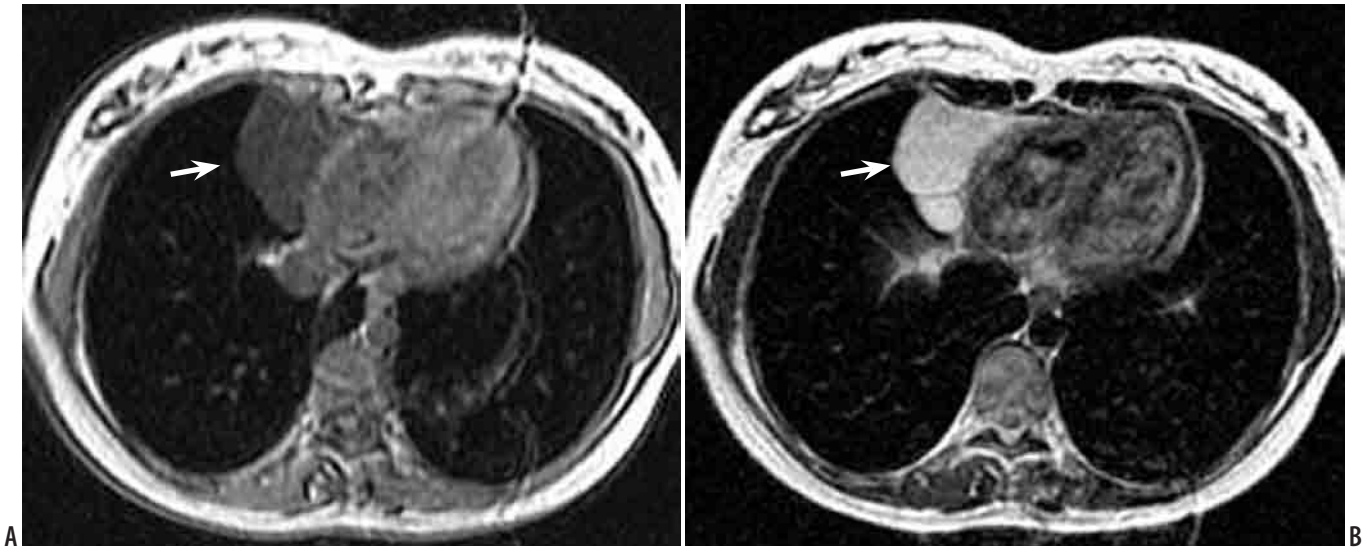
Koronerler ve koroner greftler görülebilir, koroner greftlerin açık olup olmadığı kontrol edilebilir, ancak koroner MR-anjiyografi, damarların kıvrımlı seyri, hareket ve çözümleme sorunu nedeniyle şimdilik klinikte standart kullanıma girememiştir.

US

Kalbin US incelemesine ekokardiyografi denir. Ekokardiyografide zaman-pozisyon (M-mode) ve iki boyutlu (B-mode) (Resim 3.12) görüntüleme yöntemleri vardır. Zaman-pozisyon tekniğinde kalbin hareketleri grafik şeklinde yazdırılarak oda genişlikleri ve kapak hareketlerinin ölçümleri yapılabilir. İki boyutlu B-Mode şeklinde ise kalbin morfolojisi canlı olarak izlenir. US'nin özel bir alanı kabul edilen ekokardiyografi çoğunlukla kardiyologlar tarafından yapılmaktadır.

Ekokardiyografi kalp hastalıklarında temel yöntemdir; genellikle EKG'den sonra standart olarak uygulanmaktadır.

Doğumsal kalp hastalıklarında atriyal, ventriküler veya duktal şantın varlığı ve boyutu real-time renkli Doppler görüntüleme ile doğrudan veya kalp odalarının boyutlarının ölçülmesi ile dolaylı olarak gösterilebilir. US bu olgularda kardiyak kateterizasyonun daha iyi yapılabilmesini sağlayan ön bilgiler verir. Obstrüktif kalp hastalıklarında obstrüksiyonun sağda, solda veya büyük arterlerde olup olmadığını gösterir.



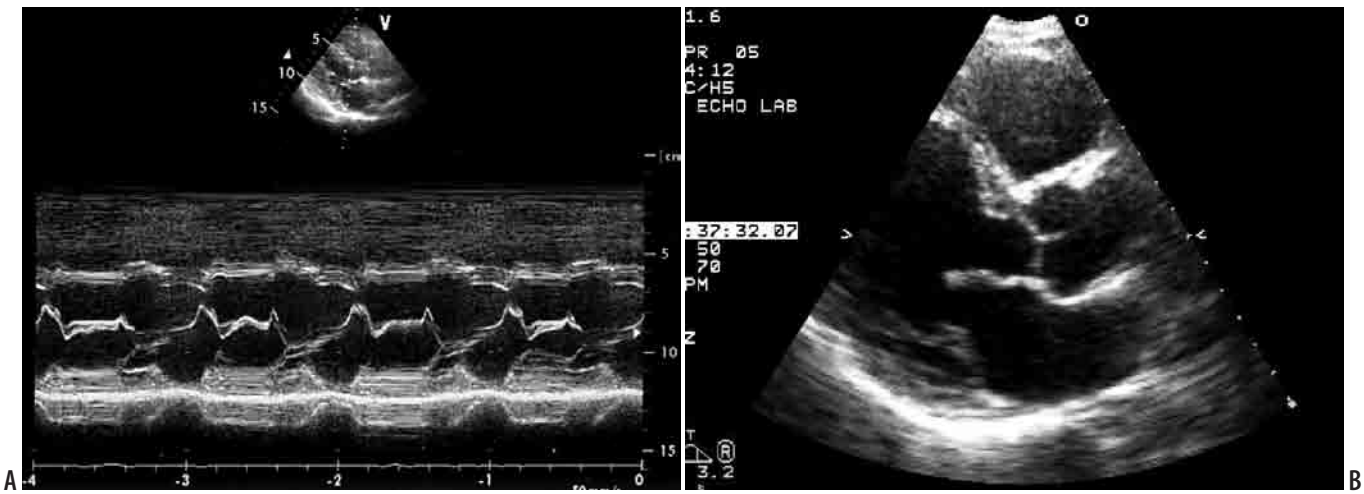
Resim 3.11 Perikaldiyal kist. A. Sağ parakardiyak bölgede T1AG'de hipointens, B. T2AG'de hiperintens kistik görünüm (oklar).

Obstrüksiyonun derecesini EKG ve fizik muayeneden daha iyi saptayabilir. Siyanotik ve kompleks doğumsal kalp hastalıklarında kardiyak kateterizasyon zorunlu olmakla birlikte genel durumu iyi olmayan bir bebekte ekokardiyografi ile anatomik tanı konarak kateterizasyon işlemi basite indirgenir. Her yaştaki olgularda ekokardiyografik veriler anjiyografik verilerin yerine geçebilir veya onları tamamlar.

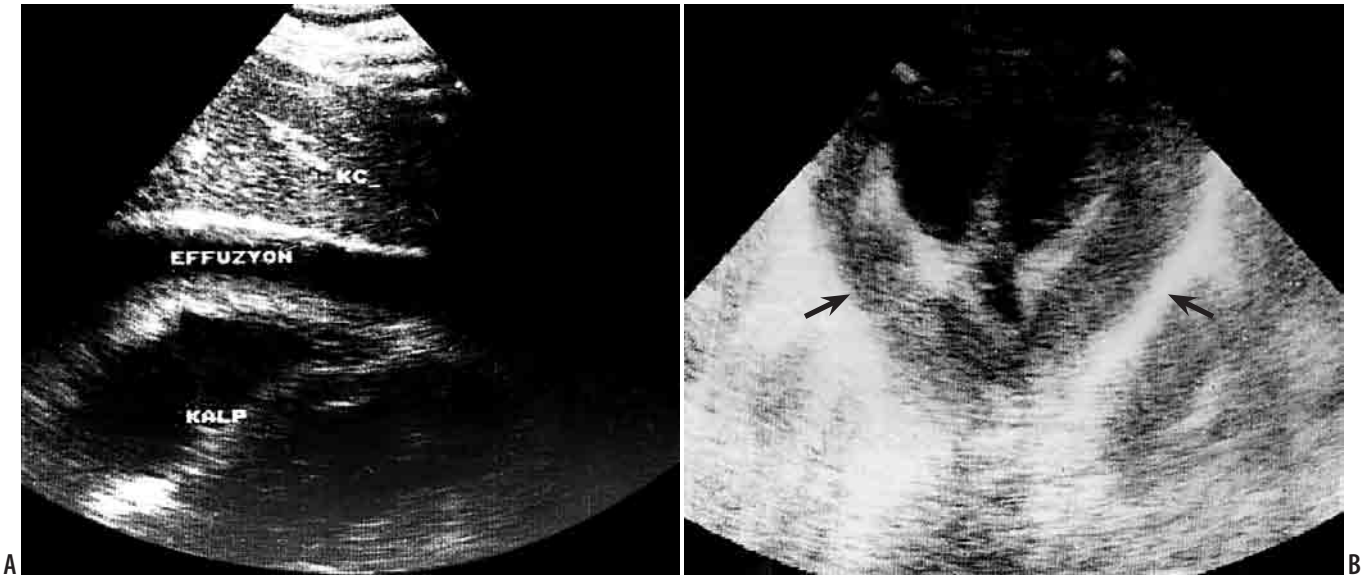
Perikardiyal sıvıyı saptamada duyarlı bir yöntemdir (Resim 3.13). US rehberliğinde perikardiosentez yapılabilir. Sıvı içerisindeki pıhtı, inflamatuar doku veya tümör nodülleri görülebilir, ancak sıvının yapısı hakkında bir şey söylenemez. Bununla birlikte cerahat, ekolar içeren hipoekoik görünümü ile anekoik sıvıdan farklı görülür. Perikardiyal kalınlaşma ve konstriksiyonun değerlendirilmesinde US'nin fazla bir yararı yoktur.

Miyokardiyal iskemi ve rezidüel kardiyak fonksiyon değerlendirilir. Duvar hareketlerindeki bölgesel anormallikler, ventriküler anevrizma ile birlikte bulunabilecek trombüsün saptanması, anevrizmektomi sonuçlarının değerlendirilmesi, miyokard enfarktüsünde tedaviye cevabın izlenmesi ve papiller kas disfonksiyonu, VSD ve psödoanevrizma gibi komplikasyonlarının saptanması ana endikasyonlarıdır.

Kardiyomiyopatilerde obstrüksiyonun varlığı veya yokluğu gösterilebilir. Konjestif, restriktif ve infiltratif



Resim 3.12 A. M-mode ekokardiyografi. B. İki boyutlu (2B) ekokardiografi.



Resim 3.13 Perikardiyal sıvı. A. Ksifoid altından proba kraniyal yöne doğru belirgin açı verilerek alınan transvers kesit. B. Ekojen perikardiyal sıvı (oklar). Hastadan perikardiyosentez ile pü boşatılmıştır.

kardiyomiyopatiler birbirlerinden ve koroner hastalığından ayrılabilirler. Seri ekokardiyografik çalışmalar bu hastalıkların seyirlerinin izlenmesinde ve tedaviye verdikleri cevabın değerlendirilmesinde yararlıdır.

Kalp kapakları ekokardiyografi ile ayrıntılı olarak görüntülenir. Kapakların hareketleri, deformiteleri, kalsifikasyonları saptanır ve orifis boyutları ölçülür. Bu yeteneğinden dolayı hastalığın izlenmesi ve tedavide seçilecek yöntemin saptanmasında kullanılır. Ekokardiyografi birçok edinsel valvuler hastalıkta kardiyak kateterizasyon endikasyonunu ortadan kaldırmıştır.

İntrakardiyak kitlelerin yeri, büyüklüğü, şekli ve hareketleri değerlendirilir. Trombüs, vejetasyon ve tümör ayırımı yapılabilir. Büyük trombüslerde antikoagülan tedavi uygulandığında seri incelemelerle trombüsün boyut değişikliği izlenir. Benzer şekilde endokardiyal vejetasyonların tedaviye cevabı izlenebilir. Miksomaların US görünümleri tipiktir. Çoğunlukla sağ atriumda, fossa ovalise komşudur ve intratrial septuma tutunur. Miksomalı olgularda yalnız US görünümleri ile cerrahi uygulanabilir.

Sağ atrium kitlesi olan her hastada inferior vena kavanın, hepatik ve renal dallarının incelenmesi önemlidir. Karaciğer veya böbrekten transvenöz olarak sağ atriuma geçen tümöral trombüs ve kitlelerde tedavi tümüyle farklıdır.

Miyokard içerisindeki kitlelerin (granülom, tümör) saptanması çok zordur. Perikardiyal kist veya mediyastinal tümör gibi parakardiyak kitleler görüntülenerek biyopsi yapılabilir.

Aortun intraperikardiyal kesimindeki diseksiyon, anevrizma veye hematom saptanabilir. Çocuklarda değerli olan suprasternal görüntü yetişkinlerde nadiren yardımcıdır. Aortik ark görülmez. İnen aortun kalbin arkasındaki kesimi görülebilir. Medikal tedavi planlanan diseksiyonlarda düz röntgenogramlar ve ekorkardiografi genellikle yeterlidir. Cerrahi uygulanacak olgularda MR veya aortografi gerekir.

RG

Radyonüklid görüntüleme kardiyolojinin temel tanı yöntemlerinden biridir. SPECT ve PET gibi yeni yöntemlerin pratiğe girmesi yanında yeni farmasötiklerin üretilmesi ve güçlü bir bilgisayar desteği sayesinde nükleer kardiyoloji hem kardiyolojinin hem de nükleer tıbbın en yoğun çalışma alanlarından biri haline gelmiştir. Nükleer kardiyolojik yöntemler, miyokard perfüzyon sintigrafisi (MPS), miyokardiyal enfarkt görüntüleme ve kardiyak sintianjiyografi olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir.

Miyokard perfüzyon sintigrafisi

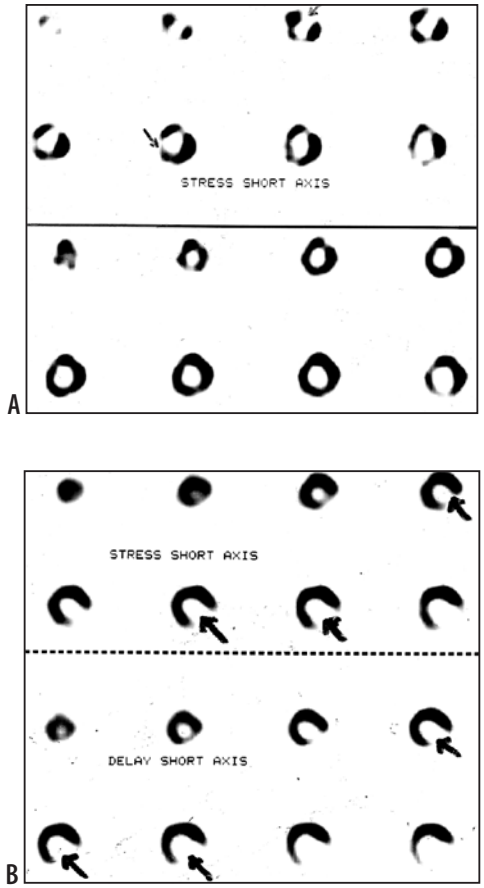
Nükleer kardiyolojik uygulamaların %90'ını oluşturur. Koroner hastalıkların tanısında duyarlılığı yaklaşık %90'dır. "By-pass" cerrahisinin gelişmesi testin önemini artırmıştır. İnceleme tercihan SPECT ile yapılır.

MPS'nde radyofarmasötiğin tutulumunu belirleyen faktörler bölgesel perfüzyon ve hücresel canlılıktır. Sık kullanılan bir ajan Tl-201'dir. Enerji düzeyi düşük (69-83 keV) ve yarı ömrü uzun (78 saat) olan Tl-201 miyokard hücresi tarafından aktif transportla tutulur. Düz sintigrafi için 2 mCi, SPECT için 3 mCi'lik aktivite yeterlidir. Tl-201, fiziksel özelliklerinden dolayı gama kameralar için ideal bir ajan değildir. Bu nedenle Tc-99m'le işaretlenen radyofarmasötikler geliştirilmiştir. En yaygın kullanılanları Tc-99m sestamibi ve Tc-99m tetrafosmindir.

MPS çalışmalarında görüntüleme egzersiz ve istirahat fazlarında yapılır. Egzersiz seviyesi hastanın kapasitesine göre belirlenir. Koşu bandı veya bisikletle yaptırılan egzersizle miyokardiyal kan akımı normalin 5-6 katına çıkar. Egzersiz yapamayan hastalarda aynı etkiyi sağlayacak ilaçlar kullanılır. Bu amaçla en sık kullanılan farmasötikler dipiridamol ve dobutamindir. Radyofarmasötik olarak Tl-201 kullanılıyorsa görüntüleme hemen, Tc-99m türevlerinde ise, azami tutulum geç olduğundan, 45 dakika sonra yapılır. İstirahat görüntülemeleri hasta dinlendikten sonra yapılır. Tc-99m sestamibi ile yapılan çalışmalarda çok yavaş tutulum gösteren iskemik alanların enfarkt olarak yorumlanmasını önlemek için ya stresten önce az dozla veya ertesi gün tam doz ikinci bir istirahat sintigrafisi yapmak gerekir. Tl-201'de ise genellikle ikinci enjeksiyona gerek kalmaz. Bu şekildeki yavaş tutulum gösteren çok şiddetli iskemik alanlara *"hibernating" miyokardiyum* adı verilir.

Normal MPS çalışmalarında miyokarddaki aktivite tutulumu homojendir. Egzersiz sonrası alınan görüntüler normalse istirahat fazında çalışma yapılmaz. İskemide egzersiz fazında görülen defektler istirahat fazındaki görüntülerde kaybolur; kaybolmaması enfarktı temsil eder (Resim 3.14). MPS ile kardiyomiyopatilerde perfüzyon, "by-pass" olgularında ise greftin çalışıp çalışmadığı araştırılır.

PET, miyokardın perfüzyon ve canlılığını değerlendirmede, SPECT'den daha duyarlı bir yöntemdir. Perfüzyon rubidium-82 ve azot-13 ile araştırılır. F18-FDG ile yapılan çalışmalarla ise miyokardın yağ asidi ve glükoz metabolizması değerlendirilir. Böylece PET ile iskeminin erken fazında oluşan metabolik değişiklikler gösterilir. Hücrenin canlılığının devam ettiği fakat alternatif metabolik yolların kullanıldığı dönem saptanabilir. Bu dönemde normalde yağ asidi kullanan miyokardın glükoz kullanmaya başladığı görülür. Bu kesimler FDG görüntülerinde normal veya artmış aktivite gösterirler.



Resim 3.14 Talyum-201 miyokard SPECT çalışması. A. Sol ventrikülün septa ve arterior duvarlarında iskemi. Egzersiz fazında ortaya çıkan defektler istirahat fazında kayboluyor. B. İnfero-lateral bölgede enfarkt. Egzersiz fazında ortaya çıkan defekt istirahat fazında da devam ediyor.

Miyokardiyal enfarkt görüntüleme

İskelet sintigrafisinde kullanılan Tc-99m-pirofosfat, akut miyokard enfarktüsünü saptamada da kullanılır. Miyositlerden açığa çıkan kalsiyum, fosfatlarla birleşerek distrofik kalsiyum oluşturur. Bu nedenle kalsiyumun serbest kaldığı enfarkt dokusu sıcak alanlar şeklinde görülür. Nekrotik dokuda radyofarmasötiğin birikimini, vaskülarizasyon derecesi saptar. Büyük enfarktlarda bazen görülen *halka ("doughnut") örneği*, çevredeki kollateral gelişimine ve ortadaki avaskülarizasyona bağlıdır.

Enfarkt alanını görüntülemede kullanılan diğer radyofarmasötik Tc-99m ya da In-111 ile işaretli antimiyozin antikorlarıdır. Enfarkt alanında açığa çıkan miyozin ile bağlanarak görüntü veren bu ajanlar hem pahalı hem de zor elde edildiklerinden standart uygulamaya girmemişlerdir.

Miyokard enfarktüsü sintigramlarda artmış aktivite alanı şeklinde görülür. Subendokardiyal enfarktın görünümü daha az spesifiktir ve difüz artmış aktivite alanı şeklindedir. Sintigramlar genellikle enfarktüsten sonraki 10-12 saatte pozitif bulgular verir ve 24-72 saatte bu bulgular gittikçe belirginleşir. Aktivite iki haftadan fazla devam eder. Olguların %10-40'ında aktivite üç ay sonra bile devam eder ve bu bulgu prognozun kötü olduğunu gösterir. İzleme sırasında enfarkt alanında aktivitenin tekrar yükselmesi veya yeni pozitif alanların ortaya çıkması yeni enfarktları temsil eder. Akut enfarkt görüntülemesi klinikte nadiren kullanılır; bazen sol dal bloklarında enfarkt araştırmak amacıyla uygulanır.

Miyokardiyal hasara neden olan, örneğin anstabil angina pektoris, miyokardiyal travma (kardiyoversion), radyoterapi ve kemoterapi, miyokard metastazı, valvuler kalsifikasyon ve ventriküler anevrizma gibi durumlarda yalancı pozitif sonuçlar alınır. Sternum ve kaburgalardaki süperpoze kırıklar, metastazlar ve meme kanserinin süperpozisyonu kardiyak lezyonları taklit edebilir.

Kardiyak sintianjiyografi

Başlıca "first-pass" ve "gated blood pool" isimli iki yöntemi vardır.

"First-pass" yöntemi: Radyofarmasötik olarak Tc-99m-perteknetat kullanılır. Tc-99m-sestamibi, tetrafosmin, pirofosfat, albumin, DTPA, sülfür kolloid de alternatif ajan olarak kullanılabilir. "First-pass" radyonüklid kardiyak anjiyografide, yüksek aktivitede ve küçük hacimdeki radyoaktif bolusun hızla geçişi kaydedilir. Bolus enjeksiyonunu izleyen 20-60 sn'de 25 çerçeve/sn hızında sintigramlar alınır. Bilgisayar yardımıyla zemin aktivitesi çıkartılır. Ventriküller üzerinden ölçülen sayımlardaki dalgalanmalar ventrikül hacimleri ile doğrudan ilgilidir. Kalp odalarındaki radyoaktiviteyi zemin aktivitesi olmadan ayrı ayrı izleyebilmek yöntemin avantajını oluşturur. Bu yöntemle sağ ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonları, pulmoner transit zamanı, bölgesel kalp duvarı hareketleri, intrakardiyak şantların büyüklüğü ve valvuler regürjitasyon saptanabilir. "First-pass" çalışması ile radyonüklidin ventriküllerdeki geometrik dağılımı ve zamansal değişiklikleri izlenir.

Sağdan sola şantlar, "first-pass" yöneminde pulmoner aktivitesi olmaksızın kalbin sol tarafında veya aortta aktivite görülmesiyle tanınabilir. İntrakardiyak şantın seviyesi radyonüklidin kalp odaları ve büyük damarlarda görülme sırasının saptanmasıyla anlaşılabilir. Şantın derecesi akciğerlerdeki ve sistemik dolaşımdaki radyonüklid miktarının veya sağ ve sol ventriküllerin aktivite eğrilerinin karşılaştırılması ile yapılabilir.

Soldan sağa şantlar, pulmoner damar yatağında radyonüklid aktivitesinin normalden daha erken olarak tekrar görülmesi ile tanınabilir. Şant nedeniyle akciğerlerde aktivite uzun süre devam eder, kalbin sol tarafında ve aortta aktivite düşüktür. Şantın yeri, kalp odaları, pulmoner dolaşım ve büyük damarlardaki zaman-aktivite eğrilerinin karşılaştırılması ile saptanabilir. Şantın derecesini söyleyebilmek için pulmoner zaman-aktivite eğrilerinin ayrıntılı analizi gerekir.

"Gated blood pool" yöntemi: Radyofarmasötik ajan olarak hastanın Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositleri kullanılır. EKG ile senkronize bilgi toplanır ve işlenerek hareketli görüntü haline getirilir. Yöntem "first-pass" metodundan daha fazla bilgi verir. En önemli dezavantajı tüm intravasküler alanın işaretlenmesi ve karaciğer, pulmoner ve dalak aktivitelerinin süperpozisyonları sonucu görüntünün kalitesinin bozulmasıdır. Görüntüler anterior, sol anterior oblik (45°) ve sol lateral (70°) projeksiyonlarda alınır. Çalışma egzersizle birlikte yapılıyorsa sadece sol anterior oblik pozisyon kullanılır.

Kalp odaları üzerinden elde edilen sayımlar oda hacimleri ile doğru orantılıdır. Sistol ve diyastol sonu sayımları arasındaki farklılık kalbin diyastol ve sistolü arasındaki hacim değişikliğini gösterir. Ventrikül fonksiyonunun bir göstergesi olan ejeksiyon fraksiyonu bu farkla ilgilidir ve DS-SS/DS formülü ile hesaplanır (DS = diyastol sonu sayım, SS = sistol sonu sayım). Ejeksiyon fraksiyonunun %50'den az olması genellikle anormal kabul edilir.

İskemik kalp hastalığında sol ventrikül dilatedir ve ejeksiyon fraksiyonu azalmıştır. Bazı inferior duvar enfarktlarında sağ ventrikülün ejeksiyon fraksiyonunda azalma ve dilatasyon tek bulgu olabilir. Konjestif kardiyomiyopatilerde her iki ventrikülde ejeksiyon fraksiyonu azalması ve dilatasyonu söz konusudur. Hipervolemiye bağlı konjestif kalp yetmezliğinde tipik olarak sol ventrikül genişlemiştir ve ejeksiyon fraksiyonu normaldir.

Artmış ejeksiyon fraksiyonları bazen idiyopatik hipertrofik subaortik stenoz (İHSS) gibi hipertrofik kardiyomiyopatilerde görülebilir. Restriktif perikardit ve mitral stenozunda ventrikül hacminde azalma ve ejeksiyon fraksiyonunda artma görülebilir. 100-150 ml'den fazla perikardiyal sıvı, kalp aktivitesini çev-

releyen halo şeklinde hipoaktif bir alan şeklinde görülür. Kardiyak tamponatta da ejeksiyon fraksiyonu artışı ve ventriküler hacim azalması söz konusudur.

Kronik obstrüktif pulmoner hastalıklarında olduğu gibi primer olarak sağ ventrikül tutulumu olursa, sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunda azalma ile birlikte sağ ventrikülde genişleme izlenir. Sol ventrikülün boyutu ve fonksiyonu normaldir.

Her iki yöntem ile duvar hareketlerini incelemek mümkündür. "Gated pool" yönteminde veriler daha zengindir ve miyokardın kontraksiyonu bölgesel olarak izlenebilir. Koroner arter hastalığı sonucu hasar gören miyokard bölgeleri fokal hipokinezi, diskinezi veya akinezi alanları şeklinde görülebilir. Miyokard hasarının yaygın olduğu durumlarda total ventriküler disfonksiyon saptanır. Primer kardiyomiyopatilerde tipik olarak segmental disfonksiyon olmadan ventriküler kontraksiyonda difüz azalma vardır. Hipertrofik kardiyomiyopatiler, anormal septal konfigürasyon ve hareket ile saptanabilir. Görsel olarak kalp odalarının büyüklükleri, miyokard kalınlığı ve büyük damarlar değerlendirilir.

Bisiklete binme gibi egzersizlere ventriküler yanıtın ölçülmesi koroner hastalığın tanısında oldukça duyarlı bir yöntemdir. Bu amaçla her iki yöntem de kullanılabilir. Normal şartlar altında ventriküller, egzersize cevap olarak ejeksiyon fraksiyonlarını en az %5 arttırabilmelidir. İskemik kalp hastalıklarının %90'ında egzersize ventriküler yanıt anormaldir. Bu anormallikler, ejeksiyon fraksiyon artışı yetersizliği (veya azalması) veya yeni bir anormal duvar hareketinin gelişmesi şeklindedir.

GÖĞÜS RÖNGENOGRAMINDA DOĞUMSAL KALP HASTALIKLARI BULGULARI

Doğumsal kalp hastalıkları arka ön göğüs röntgenogramları ile değerlendirilir. Sol yan ve her iki oblik röntgenogram ve floroskopi daha az değer taşır.

Düz röntgenogramları değerlendirmede hastanın yaşı, röntgenogramların kalitesi, klinik ve laboratuar verileri ve doğumsal anomalinin tipi önemlidir. Yeni doğanda ve bebeklerde kalp boyutunu, şeklini ve akciğer kanlanmasını ve hatta aortik arkın yerini değerlendirmek her zaman mümkün değildir. Bunun bir nedeni bebeklerde her zaman kaliteli röntgenogram elde edilememesi ve normalde büyük olan timus gölgesinin kalbin özellikle üst kesimini kapatmasıdır. İkinci neden ise anomalinin tipik bulgularının ortaya çıkması için yeterli zamanın geçmemiş olmasıdır. Bu nedenle büyük çocuklarda ve adolesanda göğüs röntgenogramı daha değerli bilgiler verir.

Elde edilen röntgenogramlar mediyasten ve akciğer kanlanması hakkında yeteri kadar bilgi verecek kalitede olmalıdır. Klinik, ekokardiyografi ve kateter verileri düz röntgenogramlardaki değişiklikleri yorumlamada büyük yardımcıdır. Pulmoner valvüler stenoz veya aort koarktasyonu gibi bazı doğumsal kalp hastalığı düz röntgenogramda tanınabilir. Bununla birlikte, birçok doğumsal kalp hastalığında düz röntgenogramla tanı konamaz, ancak soldan sağa şant gibi kaba bir sınıflandırma yapılabilir. Doğumsal kalp hastalıklarının yaklaşık %10'u düz röntgenogramlarla tanınabilir.

Doğumsal kalp hastalıklarının tanısı için göğüs röntgenogramlarında akciğer kanlanması, kalbin boyutu ve şekli, ana pulmoner arterin ve aortun pozisyonu, boyutu ve şekli değerlendirilir ve birlikte görülebilecek iskelet değişiklikleri araştırılır.

Akciğer kanlanması

Akciğer kanlanmasının derecesi tanıda çok önemlidir; ancak değerlendirme sübjektif olduğundan röntgenogramların kaliteli olması kritik öneme sahiptir. Doğumsal kalp hastalıklarının sınıflandırılmasında yararlı olacak 6 farklı tip pulmoner kanlanma görünümü vardır:

1. Normal kanlanma. Kalp yetmezliği, kalpte geniş bir şant ve ileri bir pulmoner stenoz yoksa genellikle akciğerlerin kanlanması normaldir. Bununla birlikte, bazı olgularda şiddetli doğumsal kalp hastalığı bulunmasına rağmen damarlanma normal görülür.
2. Artmış kanlanma. Santral ve periferik pulmoner arterlerde ve venlerde genişleme ile kendini gösterir. Sağlıklı bir şahısta akciğerlerin 1/3 dış kesiminde ve periferinde damar görülmez. Artmış kanlanma iki grup doğumsal anomalide görülür. Birinci grup ASD, VSD, PDA gibi basit soldan sağa şantlardır; bu hastalar siyanoze değildir. İkinci grupta ise büyük arterlerin transpozisyonu, total anormal pulmoner venöz dönüş gibi, akciğer damar yatağında obstrüksiyon olmadan, değişik şekillerde şantları olan anomaliler vardır. Bu grup hastalarda siyanoz görülebilir.
3. Azalmış kanlanma. Akciğer kanlanmasındaki azalmayı kaliteli bir röntgenogramda bile değerlendirmek çok zordur; sert çekilmiş röntgenogramlarda hiç değerlendirilemez. Sağlıklı bir yenidoğanda

kanlanma azalmış izlenimi verir. Bu durum, muhtemelen pulmoner arteriyollerin intrauterin yüksek dirençli durumundan henüz normale geçememesine bağlı fizyolojik bir olaydır. Sağ kalbin izole obstrüksiyonları, örneğin pulmoner kapak stenozlarında, obstrüksiyon çok şiddetli olmadıkça ve proksimalinde belirgin bir sağdan sola şant bulunmadıkça pulmoner oligemi saptanmaz.

4. Pulmoner venöz konjesyon ve ödem. Kalp yetmezliğine bağlıdır. Röntgen bulguları edinsel kalp yetmezliğinde görülenlerin aynısıdır. Küçük çocuklardaki interstisiyel ödemde Kerley-A çizgileri, yetişkinlerde ise Kerley-B çizgileri daha çok görülür.
5. Şiddetli pulmoner arteriyel hipertansiyon. Artmış pulmoner arteriyoler rezistansa bağlıdır. Santral pulmoner arterler genişlemiş, periferal pulmoner arterler daralmıştır.
6. Bronşiyal dolanımda artma. Azalmış pulmoner akımı kompanse etmek için, akciğere gelen sistemik kan artar. Buna bağlı olarak akciğerin 1/3 iç kesiminde düzensiz dağılmış birçok bronşiyal arter dalına ait retikülonodüler bir görünüm ortaya çıkar. Santral pulmoner arterler genellikle küçüktür. Normalde gördüğümüz lobar ve segmental arterlerin düzenli dallanması yoktur veya çok küçüktür. Doğumsal kalp hastalıklarında artmış bronşiyal sirkülasyonun ana nedenleri, pulmoner arteriyel kan akımında belirgin bir azalma ve aortik kanda desatürasyona neden olacak kadar belirgin sağdan sola şantın (örneğin şiddetli Fallot tetralojisi) varlığıdır.

Kalbin boyutu

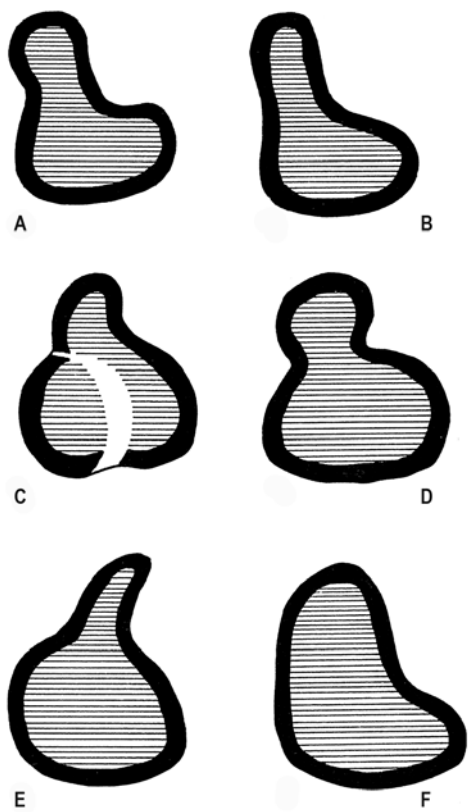
Kalbin boyutu doğumsal kalp hastalıklarında diyagnostik ve prognostik önemi olan bir ölçüttür. Kalp diyastolik dolum artımı ve pompa yetersizliği olmak üzere iki farklı hemodinamik nedenle genişler.

Diyastolik dolum artımı, dolum fazında kalp odalarına aşırı kan gelmesine bağlıdır. Bu durum ASD, VSD, PDA veya obstrüksiyonsuz total anormal pulmoner venöz drenaj gibi anomalilerde veya valvüler regürjitasyonda ortaya çıkar. Birinci grupta kalp odalarının tümü veya bir bölümü ile birlikte pulmoner damarlar belirgin şekilde genişlemiştir. Valvüler regürjitasyonda ise hem pompalayan hem de toplayan odalar genişlemiştir.

Pompa yetersizliği, kardiyomiyopati gibi primer bir olaya veya aort koarktasyonu, aortik ve pulmoner kapak darlığı gibi çıkış kanalı obstrüksiyonlarına bağlı olarak gelişir.

Kalbin şekli

Kalbin şekli, odaların birbirine göre değişik oranlarda büyümeleri sonucu ortaya çıkar. Bazı doğumsal anomalilerdeki kalp şekli, tanıda yararlı olan bazı ilginç benzetmelerle tanımlanır (Şekil 3.6). *Yumurta* şeklinde kalp transpozisyonu, *oturan ördek görünümü* persistan trunkus arteriyozusu, *bot* (*ayakkabı*) şeklinde kalp Fallot tetralojisini, "8" veya *kardan adam* görünümündeki kalp ise suprakardiyak total anormal pulmoner venöz drenajı tanımlar. Bu görünümler var olduğunda tanıda yararlıdır, ancak doğumsal kalp hastalıklarının çok az bir bölümünde bu şekilde tipik konfigürasyon ortaya çıkar.



Şekil 3.6 Konjenital kalp hastalıklarında tipik kalp konfigürasyonları; A. Tahta pabuç ("sabot") görünümü (Fallot tetralojisi), B. Oturan ördek görünümü (trunkus arteriozus), C. Kutu şeklinde dört köşe kalp (Ebstein malformasyonu), D. Kardan adam veya 8 görünümü (total anormal pulmoner venöz dönüş), E. Yumurta şeklinde kalp (büyük arterlerin transpozisyonu, F. "Corrected" transpozisyon. Genişlemiş kalp sapının konveks olan sol kenarını çıkan aort yapar.

Ana pulmoner arterlerin boyutu, pozisyonu ve biçimi

Ana pulmoner arterlerin belirgin genişlemesi, büyük soldan sağa şartlarda görülür. Pulmoner hipertansiyon gelişmişse bu görünüm daha da belirginleşir. Siyanoze bir çocukta artmış akciğer kanlanması ile birlikte, ana pulmoner arterlerin görülmemesi, büyük arterlerin düzeltilmemiş transpozisyonu için çok anlamlıdır. Persistan trunkusu olan bazı hastalarda, pulmoner arterler normal yerlerinden daha yukarıda trunkustan çıkarlar ve her iki pulmoner arterin seviyesi ve boyutu arasında belirgin farklılıklar görülebilir. Ana pulmoner arterlerde asimetrik boyut valvüler tip pulmoner stenozda görülür; poststenotik dilatasyon nedeniyle sol pulmoner arter daha geniştir.

Çıkan aortun ve dallarının pozisyonu, boyutu ve şekli

Sağ aortik ark, persistan trunkus arteriyozus ve Fallot tetralojisinde %10-30, triküspit artezisinde %15-20, büyük damarların düzeltilmemiş transpozisyonlarında %5 oranında görülür. Fallot tetralojisinde aort arkının sağda olduğu olgular, şiddetli sağ ventrikül çıkış kanal obstrüksiyonu gösterirler. Aortik arkın pozisyonu yenidoğanda ve bebekte kesin olarak saptanamayabilir. Bu durumda özofagusa baryum verilerek sağ aortik arka ait bası araştırılır. Assendan aortun pozisyonu önemlidir. Düzeltilmiş transpozisyonlarda kalbin sol üst kenarını yapar. Bu nedenle kalp sapı genişlemiştir. Düzeltilmemiş transpozisyonlarda ise çıkan aort genellikle orta çizginin hafif sağındadır ve ana pulmoner gövdenin önünde bulunur. Bu nedenle, arka-ön röntgenogramlarda vasküler sap dardır. Persistan trunkus arteriozusta, assendan aort genişlemiştir ve yukarıya doğru yükselir. Aort arkının sağda olduğu olgularda kalbin şekli *oturan ördek görünümü*ne benzetilmiştir.

İskelet bulguları

En önemli bulgu kosta çentiklenmesidir; genellikle 4. ve 8. kostalar arasında görülür. Genişlemiş interkostal arterlerin pulsasyonuna bağlıdır. On yaşın altındaki çocuklarda belirgin değildir. Doğumsal kalp hastalıkları ile birlikte görülen diğer kemik bulguları sternum deformiteleridir. Holt-Oram sendromu, Turner sendromu, Ellis-van Creveld sendromu gibi hastalıklar da sıklıkla doğumsal kalp anomalileri ile birliktedir.

Ayırıcı tanı

Doğumsal kalp hastalıklarında düz röntgenogramlarda ayırıcı tanı yapabilmek için önce akciğer kanlanması belirlenir. Hastanın siyanoze olup olmaması ikinci önemli ölçüttür. Bu iki ölçütle yapılan sınıflamada gruplardan birine giren anomalilerin ayırıcı tanısı, kalbin şekline ve hastanın kliniğine bakılarak yapılmaya çalışılır. Bu verilerle tanıya varılamazsa istatistiksel bilgilere başvurularak en olası tanı belirlenir.

Doğumsal kalp hastalıklarının istatistiksel verileri şunlardır: 1) En sık görülen siyanotik kalp hastalığı Fallot tetralojisidir, 2) Yenidoğanda siyanoza en sık neden olan anomali transpozisyondur, 3) En sık görülen soldan sağa şant sırasıyla VSD, PDA ve ortak atrioventriküler kanaldır. PDA prematürlerde sık görülür, 4) ASD, büyük çocuk ve yetişkin dönemde tanı konulan, daha çok kadınlarda sık görülen doğumsal kalp hastalığıdır.

Doğumsal kalp hastalıklarının sınıflandırması

Doğumsal kalp hastalıklarının sınıflandırmasını patologlar anatomik ve embriyolojik yönden, kardiyologlar siyanotik ve asiyonatik olmalarına göre klinik yönden yaparlar. Cerrahlar için her olgu tedavi yönünden farklı özellik taşıdığından, sınıflandırma yapmanın fazla bir önemi yoktur. Siyanozun varlığı oldukça önemlidir; genellikle sağdan sola şantı ve/ya büyük arterlerin anormal çıkışlı olduğunu gösterir.

Siyanoza bağlı sınıflandırma, şantın tersine döndüğü veya çok düşük hemoglobin değerleri nedeniyle siyanozun görülmediği olgularda yanıltıcı sonuçlar verebilir. Ayrıca röntgen istek belgesinde belirtilmemiş de olabilir veya yanlış değerlendirilebilir. Bu nedenle, doğumsal kalp hastalıklarının akciğerin kanlanmasına bakarak sınıflandırılması en objektif yöntemdir. Buna göre doğumsal kalp hastalıkları başlıca üç ana gruba ayrılabilir (Tablo 3.3). Artmış kanlanma, soldan sağa şantın bulgusudur. Azalmış kanlanma, akımın engellendiğini ve sağdan sola şantın varlığını gösterir. Normal kanlanmada sistemik ve pulmoner dolaşımlar arasında bir şant yoktur. Dördüncü bir grup olarak, çok nadir görülen ve pulmoner venöz kan akımını engelleyerek pulmoner hipertansiyona neden olan, doğumsal mitral stenoz gibi anomaliler sayılabilir.

ARTMIŞ KANLANMA

Artmış kanlanma ile birlikte görülen olguların hepsinde intrakardiyak veya ekstrakardiyak olan fonksiyo-

Tablo 3.3 Doğumsal kalp hastalıklarının akciğer kanlanmasına göre sınıflandırılması

Artmış kanlanma
Ventriküler septal defekt (VSD)
Atrial septal defekt (ASD)
Patent duktus arteriyozus (PDA)
Persistan ortak atrioventriküler kanal
Anormal pulmoner venöz dönüş
Büyük arterlerin transpozisyonu
Büyük arterlerin düzeltilmiş ("corrected") transpozisyonu
Trunkus arteriyozus
Aortopulmoner pencere (parsiyel trunkus)
Azalmış kanlanma
Fallot tetralojisi
Sağlam ventriküler septumla birlikte pulmoner stenoz
Pulmoner atrezi
Triküspit atrezisi
Ebstein malformasyonu
Pulmoner arter ana dallarından birinin stenozu
Normal kanlanma
Aort koarktasyonu
Doğumsal aort stenozu
Pulmoner venöz kan akımında engellenme
Doğumsal mitral stenoz
Pulmoner venlerin doğumsal stenozu

nel bir soldan sağa şant vardır. Pulmoner arterin kan akımı artmıştır. Bu grupta en sık görülen anomaliler VSD, ASD, PDA, persistan ortak atriyoventriküler kanal ve anormal pulmoner venöz dönüştür. Bu beş anomali doğumsal kalp hastalıklarının yarısından fazlasını oluşturur. Aortopulmoner pencere (parsiyel trunkus), büyük arterlerin transpozisyonu ve persistan trunkus arteriyozus daha az sıklıkta görülür.

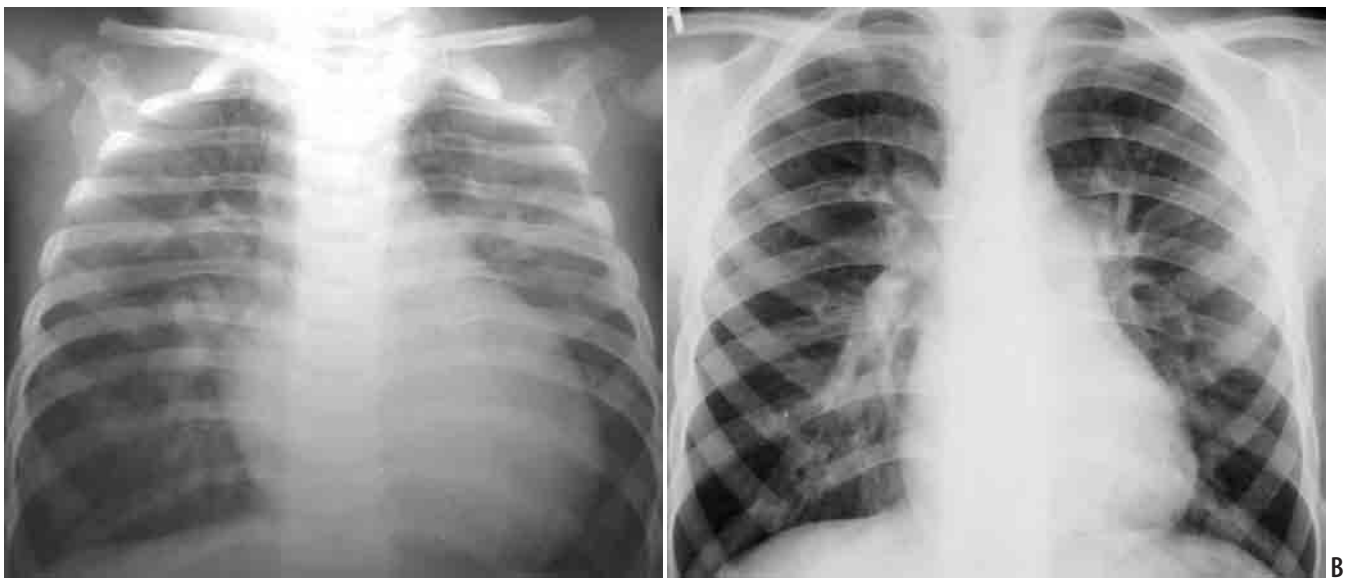
Soldan sağa şantla karakterize olan bu grup hastalıklarda transpozisyon, düzeltilmiş transpozisyon ve trunkus arteriyozus dışında kalanların ortak röntgen özelliği, ana pulmoner arterle santral ve periferik dallarının artmış pulmoner kan akımı nedeniyle genişlemiş olmasıdır. Transpozisyon, düzeltilmiş transpozisyon ve trunkusta da kanlanma artar, fakat diğer bulgular değişiktir.

Soldan sağa şant anomalilerinde ventriküllerin ve sol atriyumun boyutu ölçülerek ayırıcı tanı yapılamaz.

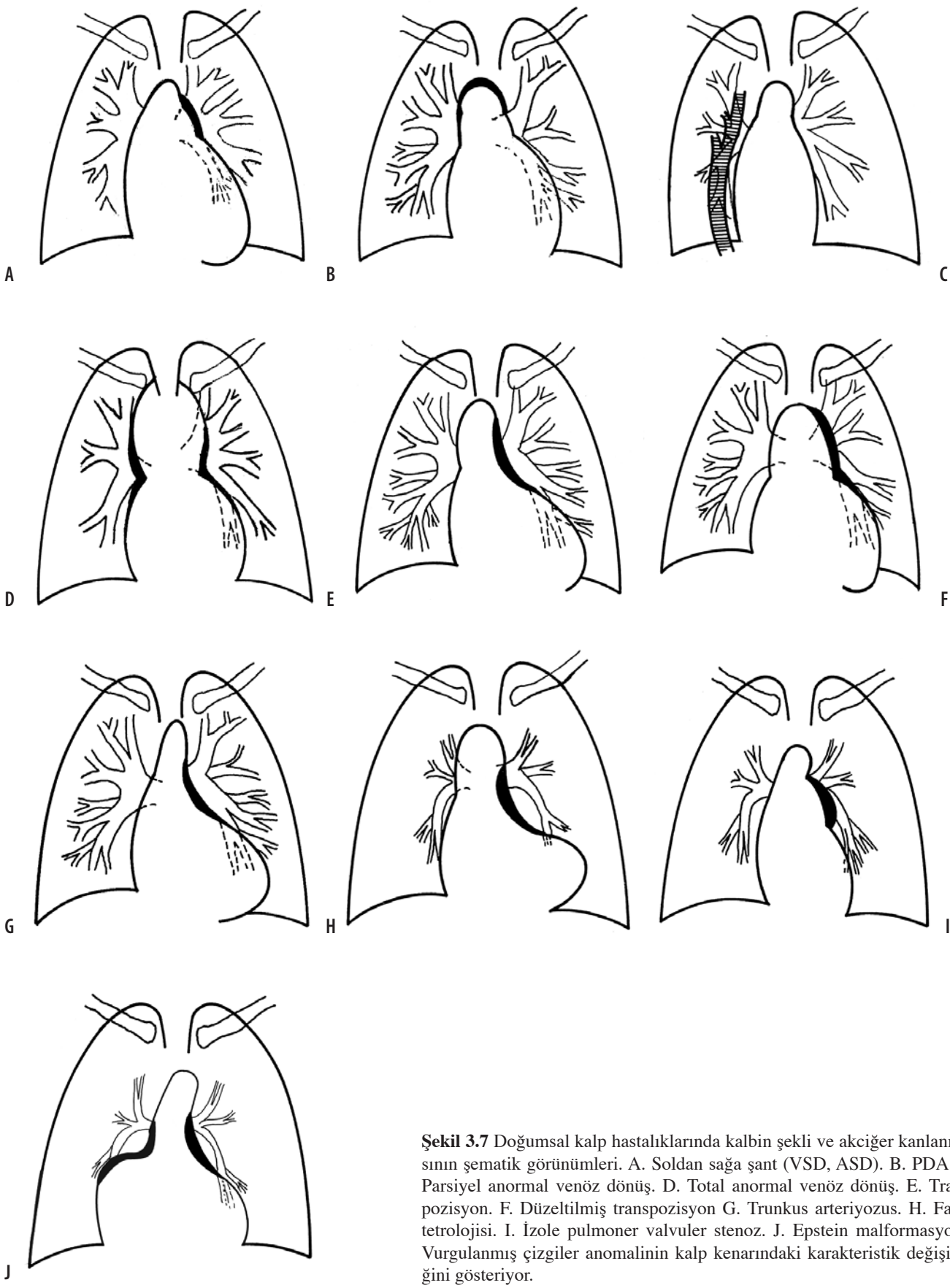
Doğumsal kalp hastalıklarının kalbin şekli ve akciğer kanlanmasına göre şematik görünümleri toplu olarak Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

VSD, ASD, ortak atriyoventriküler kanal, PDA, aortopulmoner pencere

VSD, ASD ve ortak atriyoventriküler kanal arasında kesin radyolojik farklar yoktur. Olguların tümünde akciğer kanlanması artar (Resim 3.15). Aort topuzu çoğunlukla hipoplaziktir. Floroskopide pulmoner arterlerin pulsasyonu belirgin şekilde artmıştır.



Resim 3.15 Soldan sağa şantlar. A. VSD. Akciğer kanlanmasında belirgin artma. KTO normalden büyük, pulmoner segment belirgin, B. ASD. Akciğer kanlanmasında artma.



Şekil 3.7 Doğumsal kalp hastalıklarında kalbin şekli ve akciğer kanlanmasının şematik görünümleri. A. Soldan sağa şant (VSD, ASD). B. PDA. C. Parsiyel anormal venöz dönüş. D. Total anormal venöz dönüş. E. Transpozisyon. F. Düzeltilmiş transpozisyon G. Trunkus arteriyozus. H. Fallot tetrolojisi. I. İzole pulmoner valvuler stenoz. J. Epstein malformasyonu. Vurgulanmış çizgiler anomalinin kalp kenarındaki karakteristik değişikliğini gösteriyor.

PDA'da ise aort topuzunda hipoplazi görülmez, tersine belirginleşmiştir. Santral pulmoner arterler genellikle VSD, ASD ve ortak atrioventriküler kanalda görülenden daha az genişlemiştir. Ayrıca pulmoner arterler floroskopide intrakardiyak soldan sağa şantlardaki kadar belirgin pulsasyon göstermez. Büyük olasılıkla neden, komplike olmamış PDA'da sistemik dolaşımdan pulmoner dolaşıma kan akımının devamlı olmasıdır. İntrakardiyak şantlarda ise kan akımı aralıklıdır. Bu bulgulara dayanarak, olguların yarısında PDA, diğer soldan sağa şantlardan ayrılabilir. Bununla birlikte, bebeklerde ve küçük çocuklarda aort topuzu iyi seçilemediğinden ayırım kolay değildir. Aorto-pulmoner pencerede (parsiyal trunkus), aort topuzu PDA'daki kadar belirgin değildir; pulmoner arterler ise intrakardiyak şantlardaki kadar pulsasyon göstermezler. Bu ayırt edici özelliklere rağmen yine de düz röntgenogramlarla bu grupta ayırıcı tanı yapılamaz.

Anormal pulmoner venöz dönüş

Anormal pulmoner venöz dönüşte bir veya birden fazla pulmoner ven; sağ atrium, süperior vena kava, inferior vena kava, hepatik ven, portal ven, koronal sinüs, sol ilyak ven, persistan sol süperior vena kava, duktus venozus veya azygos vene dökülebilir. Anormal ven veya venler çoğunlukla röntgenogramlarda görülmez. Birçok olguda röntgenogramlarda, pulmoner resirkülasyona bağlı santral ve periferik pulmoner arterlerin belirginleşmesinden (artmış kanlanma) başka bir bulgu yoktur. Böyle durumlarda anormal pulmoner venöz dönüşü, diğer soldan sağa şantlardan ayırt etmek olanaksızdır. Düz röntgenogramlarda karakteristik görünüm veren iki tip anormal pulmoner venöz dönüş vardır.

Birincisi parsiyel anormal venöz dönüştür. Sağ akciğerin tümünün veya bir kesiminin kanı, anormal olarak sağ diyafragma altında inferior vena kava, hepatik ven veya portal vene dökülür. Böyle olgularda, anormal venin kalbin sağ kenarına paralel olarak yukarıdan aşağı doğru diyafragma altına kadar seyrettiği görülür. Bu tip anormal venöz dönüş aynı taraftaki akciğer hipoplazisi ile birliktedir. Bu akciğer birçok olguda inen aorttan anormal arterler alır. Kalp tümüyle sağa doğru çekilmiştir. Pulmoner vaskülarite normal veya hafif artmış olabilir. Bu anomalide anormal venin görünümüne, palaya benzediği için "*scimitar*" *işareti* adı verilir.

İkinci tipte anormal ven dönüşü totaldir. Anormal venler sağda süperior vena kavaya, solda ise persistan sol süperior vena kavaya açılır. Buna bağlı olarak kalp "8" *veya kardan adam* görünümü almıştır. "8" in alt yuvarlağını kalp, üst yuvarlağını ise sağ ve sol süperior vena kavalar oluşturur. Bu görünüm aort topuzunu örter. Santral ve periferik pulmoner arter dalları belirgindir.

Büyük arterlerin transpozisyonu

Büyük arterlerin transpozisyonunda akciğer kanlanmasında her zaman artma vardır. Buna karşılık artmış kanlanmada beklenen ana pulmoner arter segmentindeki belirginleşme veya konveksite yoktur. Tersine ana pulmoner arter segmenti düz veya konkavdır. Artmış akciğer kanlanması ile birlikte pulmoner arter segmentinin konkav görünümü, transpozisyonun en karakteristik bulgusudur (Resim 3.16). Aortun pulmoner arterin doğrudan önünde seyrettiği olgularda, kalp sapı arka-ön röntgenogramlarda ince görülür. Görüldüğünde tipik olan bu bulgu, transpozisyon vakalarının büyük çoğunluğunda yoktur. Transpozisyon olgularında kalp belirgin şekilde büyüktür. Transpozisyonda kalbin şekli *yumurta şeklinde* kalp olarak tanımlanır.



Resim 3.16 Büyük damarların transpozisyonu. Kalp yumurta şeklinde büyük, kalp sapı dar, akciğer kanlanmasında belirgin artma

Büyük arterlerin düzeltilmiş transpozisyonu

Akciğer kanlanması ventriküler septal defekte bağlı olarak artar. Ventriküler septum bulunmayabilir. Çıkan aortun karakteristik pozisyonu görüldüğünde, düzeltilmiş transpozisyon için tanı koydurucudur. Çıkan aort dik olarak sol ve pulmoner arter segmentini kalbin sol kenarı üzerinde örter.

Trunkus arteriyozus

Trunkus arteriyozusta pulmoner arter normal olarak sağ ventrikülden değil, geniş bir ortak trunkustan çıkar. Bu ortak trunkus, yüksek tipte bir ventriküler septal defekte ata biner şekilde oturmuştur ve tek bir kapağı vardır. Aort gölgesinin normalden daha geniş ve akciğer kanlanmasının artmış olduğu olgularda, pulmoner damarlar sağ ventrikülün ekstrakardiyak damar çıkışıyla bir bağlantı göstermiyorlarsa bu anomaliden şüphe edilmelidir (Resim 3.17). Ana pulmoner arterin sağ ve sol ana dalları genellikle normalden daha yüksektir ve bazı olgularda belirgin asimetri görülebilir. Akciğer kanlanması artmıştır. Büyük arterlerin transpozisyonundaki gibi ana pulmoner arter segmenti genellikle düz veya konkavdır. Bu bulgular ayırıcı tanıda önemlidir. Persistan trunkus arteriyozusta olguların yaklaşık %25'inde aort arkusu sağ taraftadır. Kalp orta derecede büyüktür. Aort arkusu sağda olan olgularda kalbin konfigürasyonu *oturan ördek şeklinde kalp* olarak tanımlanır. Tipik olgular hayatın ilk haftalarında siyanoz ve konjestif kalp yetmezliği bulguları verir.

Eisenmenger fizyolojisi

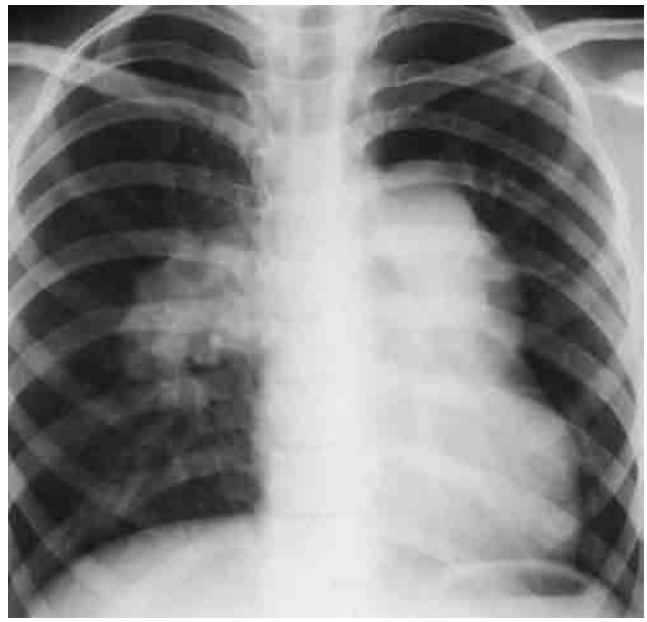
Soldan sağa şantların tümünde pulmoner hipertansiyon gelişerek şant tersine dönebilir. Bu durumda defektin cerrahi olarak kapatılması kontrendikedir ve hastanın ölümüne neden olabilir. Şantın bu şekilde tersine dönmesine Eisenmenger fizyolojisi adı verilir. Küçük pulmoner arterlerin fetal şekillerinin gerilemeyip doğumdan sonra da devam etmesi bazı soldan sağa şantlı çocuklarda pulmoner hipertansiyonun erken gelişiminden sorumludur. Pulmoner hipertansiyonun röntgen bulgusu hiler bölgelerde genişlemiş pulmoner damarlar, periferik kesimde ise *budanmış ağaç görünümü* veren azalmış damarlanmadır (Resim 3.18).

AZALMIŞ KANLANMA

Akciğer kanlanmasında azalma, pulmoner kan akımındaki engellenmeye bağlıdır. Obstrüksiyon pulmoner kapak, ana pulmoner arter segmenti, sağ ventrikül çıkışı veya triküspit kapak seviyesinde olabilir. Oldukça nadir olarak, pulmoner arter veya dallarında da görülebilir. Bu grubun çoğunluğunda septal defekt-



Resim 3.17 Trunkus arteriyozus. Pulmoner segment yok. Aort kavsi sağda izlenimi veriyor. Akciğer kanlanması artmış.



Resim 3.18 Şiddetli pulmoner hipertansiyon. Her iki hilusta kitle görünümü veren genişlemiş pulmoner arterler ve periferal pulmoner arter dallarında daralma. Pulmoner segment ileri derecede belirgin.

le beraber sağdan sola şant ve siyanoz vardır. En sık görülen anomali, ventriküler septal defektle birlikte pulmoner stenoz veya diğer adıyla Fallot tetralojisidir. Daha az sıklıkla görülenler sırasıyla; saglam ventriküler septumla birlikte pulmoner stenoz, pulmoner atrezi, triküspit atrezisi, Ebstein malformasyonu, periferik pulmoner arter stenozu ve ana pulmoner arter dallarının agenezisidir.

Fallot tetralojisi

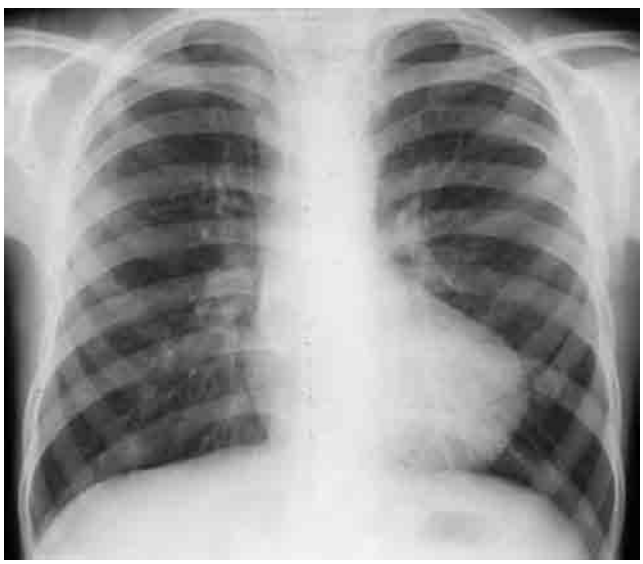
Tetraloji olarak adlandırılmasına neden olan 4 anomali şunlardır: 1) İnfindibuler tipte pulmoner stenoz, 2) Yukarı düzeyde ventriküler septal defekt, 3) Aort kökünün sağa doğru yer değiştirerek ventriküler septal defekt üzerine binmesi ("*overriding*" *aort*), 4) Sağ ventrikül hipertrofisi.

Düz röntgenogramlarda kalp apeksi yükselmiştir (Resim 3.19). Kalp normal boyuttadır. Pulmoner arter segmenti düzleşir veya konkavlaşır. Aort kavsi %25 olguda sağdadır. Akciğer kanlanması azalmıştır. Kalp bütünüyle "*coeur-en-sabot*" (*tahta pabuç*) görünümündedir. Akciğerde bronşiyal arterlerin kollaterallerine ait düzensiz damarlanma görülebilir. Tanımlanan bu tipik tablo Fallot tetralojisinde ancak %30 olguda vardır ve büyük çocuklardan daha çok infantlarda görülür. Birçok tetraloji olgusunda akciğer kanlanması normaldir. Bazılarında da belirgin olmamakla birlikte artmış görünümdedir. Bu olgularda düz röntgenogramlarla tanı koymak olanaksızdır.

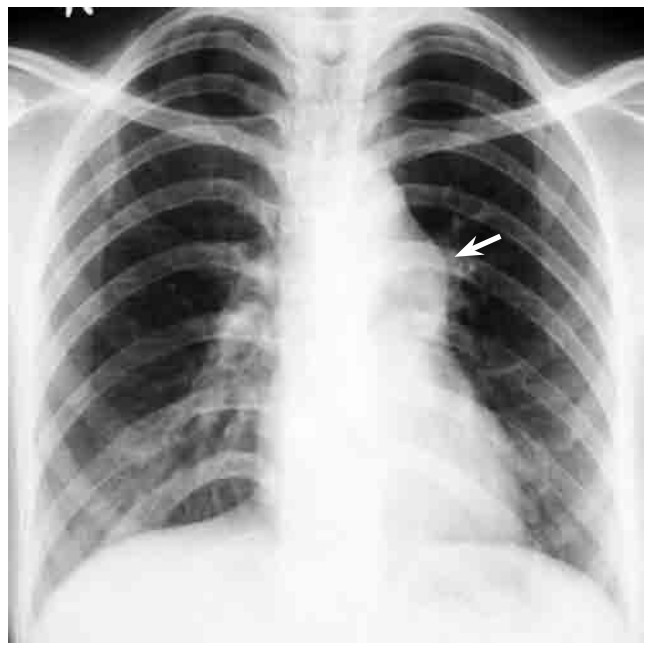
Sağlam ventriküler septumla birlikte pulmoner stenoz

İzole pulmoner stenoz diye de bilinir. Tetralojiye göre daha az sıklıkta görülür. Olguların yaklaşık yarısında birlikte ASD veya patent foramen ovale bulunur. Bu değişik kombinasyonlara *Fallot triolojisi* adı verilir. Pulmoner stenoz, Fallot tetralojisinde görülenin tersine hemen daima valvülerdir. Daha sonra tabloya hipertrofiye bağlı ikincil tipte bir infindibuler stenoz eklenebilir. Sağlam ventriküler septumla birlikte olan pulmoner stenozun düz röntgenogram bulguları tipiktir ve olguların çoğunda doğru tanı konabilir (Resim 3.20). Yüzde doksanınında pulmoner arterde poststenotik dilatasyon vardır. Bu bulgu iki yaşından küçüklerde görülmeyebilir. Dilatasyon pulmoner arterdedir. Bazen sol dal genişler; sağ normal kalır. Floroskopide genişlemiş pulmoner arterlerin pulsasyonunun arttığı izlenir. Akciğer kanlanması genellikle normaldir; yaklaşık %20 olguda azalma görülür. Bu olgularda şiddetli pulmoner stenozla birlikte sıklıkla ASD ve sağdan sola şant vardır (Fallot triolojisi). Akciğer kanlanmasında azalma ile birlikte poststenotik dilatasyon bu olguların tetraloji, pulmoner atrezi, triküspit atrezisi ve Ebstein malformasyonundan ayrılmasını sağlar. Bu anomalilerde akciğer kanlanmasında azalma ile birlikte pulmoner segmentte düzleşme veya konkavite görülür.

Fonksiyonel yönden önemli derecedeki pulmoner stenozlarda sağ ventrikül ve sağ atrium genişlemiştir.



Resim 3.19 Fallot tetralojisi. Kalpte tipik "Coeur-en-Sabot" görünümü ve akciğer kanlanmasında azalma.



Resim 3.20 İzole pulmoner valvuler stenoz. Pulmoner segmentte poststenotik dilatasyon (ok).

Pulmoner atrezi

Pulmoner atrezi, VSD veya nadiren normal ventriküler septumla beraber görülebilir. VSD ile birlikte olduğunda, akciğerin kanlanması inen aorttan çıkan genişlemiş bronşiyal arterler veya PDA aracılığı ile mümkün olabilir.

VSD ile birlikte pulmoner atrezi (psödotrunkus) tetralojinin ağır bir şekli gibidir. Normal ventriküler septumla birlikte iki tip pulmoner atrezi görülür. Her iki tipinde de ASD vardır. Birinci tipinde sağ ventrikül geniştir. Sağ ventriküldeki kan triküspit kapaktaki yetmezlik nedeniyle sağ atriuma regurjite olur. İkinci tipte ise sağ ventrikül boşluğu küçüktür ve triküspit kapakta yetmezlik yoktur. Bu olguların bir kısmında kan, sağ ventriküler persistan miyokardiyal sinüzoidler aracılığı ile koroner damarlara, oradan da aort yoluyla bronşiyal arterler veya PDA aracılığı ile akciğerlere gider. Normal ventriküler septumlu olgularda doğuştan ağır semptomlar vardır. Bu olgular genellikle bir kaç haftadan fazla yaşamazlar.

Pulmoner atrezi olgularında akciğer kanlanması ileri derecede azalır. VSD ile beraber olan pulmoner atrezi olgularında arkus aort yaklaşık %25 oranında sağ tarafta görülür. Böyle olguları röntgenle tetraloji ve triküspit atrezisinden ayırt etmek zordur.

Triküspit atrezisi

Bu anomalide her zaman ASD'nin varlığı gerekir. Kan sağ atriumdan sol atriuma, oradan da sol ventriküle geçer. Sol ventrikülden de ya VSD, rudimanter sağ ventrikül, pulmoner arter yoluyla, ya da bronşiyal arterler veya PDA aracılığı ile aorttan akciğerlere geçer.

Triküspit atrezisinde hemen her olguda, azalmış kanlanma ile birlikte pulmoner arter segmentinde konkavite görülür. Ağır Fallot tetralojisi ve pulmoner atreziden ayırıcı tanısı olanaksızdır. Sağlam ventriküler septumla birlikte ağır pulmoner stenozu olan bebeklerde poststenotik dilatasyon görülmez. Böyle olgular triküspit atrezisinden ayrılamayabilir. Her iki olguda da aort normal yerindedir.

Ebstein malformasyonu

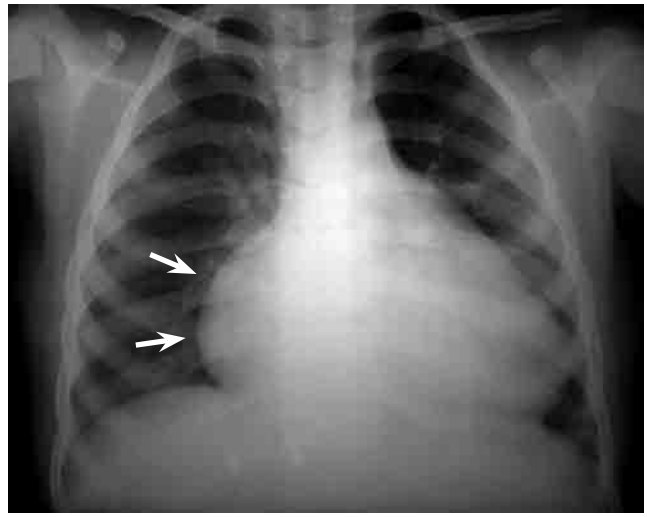
Bu anomalide triküspit kapaklar, sağ ventrikül içerisine doğru, normal yerlerinden daha aşağıda yerleşirler. Bazı olgularda triküspit halkası normal yerindedir. Kapakçıklar sağ ventrikül duvarı ve ventriküler septumdan çıkarlar ve bu membranöz yapı sepet veya perde gibi sağ ventrikül boşluğu içerisine sarkabilir. Buna bağlı olarak, sağ ventrikül boşluğunun bir kısmı anatomik ve fonksiyonel yönden sağ atriumun bir parçası haline gelir. Fonksiyonel sağ atrium ileri derecede genişler; fonksiyonel sağ ventrikül ise küçülmüştür. Triküspit orifisin genellikle dar ve yetmez olması ve fonksiyonel sağ ventrikülün diyastolik kapasitesinin ve atım hacminin azalması nedeniyle, pulmoner kan akımı azalır. Olgularda genellikle patent foramen ovale veya ASD'ye bağlı sağdan sola şant ve siyanoz vardır.

Ebstein malformasyonunda kalp belirgin şekilde genişler (Resim 3.21). Çok geniş olan sağ atriyumun üst kenarı basamak şeklinde düzleşmiş görülebilir. Pulmoner arter segmenti düzleşmiş veya hafif konkav görünüm almıştır. Akciğer kanlanması azalmıştır.

Ebstein malformasyonunun düz röntgenogram bulguları patognomonik değilse de, deneyimli bir radyolog yukarıda tanımlanan bulgularla tanı koyabilir.

Pulmoner arterin ana dallarının doğumsal yokluğu

Pulmoner arterin sağ veya sol ana dalının yokluğu oldukça nadir bir durumdur. Pulmoner arteriyel kanlanmada tek taraflı bir azalma vardır. Tutulan tarafta pulmoner arterin hiler ve periferik dalları görülmez. Buna karşılık düzensiz dallanma gösteren genişlemiş bronşiyal damarlar izlenebilir. Karşı taraf pulmoner arterde kompansatuar bir genişleme görülebilir. Tutulan tarafta toraks küçülmüştür. Mediyastinal yapılar tutulan tarafa doğru çekilir. Bu bulgular her zaman



Resim 3.21 Ebstein malformasyonu. Sağ atriumda büyüme (oklar) ve akciğer kanlanmasında azalma görülüyor.

pulmoner arterin ana dallarından birisinin agenezisini düşündürmelidir. Tutulan akciğerin bir veya birden fazla segmenti hipoplazik veya aplaziktir.

NORMAL KANLANMA

Akciğer kanlanmasının normal olduğu bu grupta aort koarktasyonu ve aort stenozu vardır. Bu iki doğumsal anomali torasik aort başlığı altında incelenecektir.

PULMONER VENÖZ AKIMDA ENGELLENME

Pulmoner venöz akımda obstrüksiyon oluşturan anomaliler venöz hipertansiyona neden olur. Obstrüksiyon sol ventrikül, mitral kapak veya pulmoner ven seviyesinde olabilir. Sol ventrikül seviyesindeki obstrüksiyon, herhangi bir nedene bağlı sol ventrikül yetmezliğinde görülür. Pulmoner venöz akımda obstrüksiyon oluşturan en önemli ameliyat edilebilir doğumsal anomaliler, doğumsal mitral stenozu ve pulmoner venlerin doğumsal darlığıdır.

Doğumsal mitral stenozu

İzole doğumsal mitral stenozunda röntgen bulguları, edinsel mitral stenozunun aynısıdır. Geç olgularda sol atrium dilatasyonu, mitral kapak kalsifikasyonu ve kronik pulmoner arteriyel ve venöz hipertansiyon görüldüğü zaman mitral stenoz tanısı koymak zor değildir. Bununla birlikte erken evrede sol atrium dilatasyonu hafiftir ve hiler damarlarda dolgunluk vardır. Bu evrede görünümü septal defekt gibi pulmoner hipertansiyon oluşturan doğumsal bir anomaliden ayırt etmek zordur. Mitral stenozunda pulmoner damarların görünümü, bazı doğumsal kalp hastalıklarındaki pulmoner arteriyel kan akımının artışına bağlı olarak ortaya çıkan pulmoner hipertansiyon görünümünden farklıdır. Mitral stenozda venöz konjesyon sonucu interstisiyel ödem gelişeceğinden, damarların kenarları kılıflanmaya bağlı olarak silik görülür. Bu görünüm yalnız arterleri ilgilendiren hipertansiyonda yoktur. Diğer bir önemli bulgu, mitral stenozuna bağlı pulmoner arteriyel hipertansiyonda, venöz basınç artımına bağlı olması nedeniyle genellikle pulsasyon gözlenmemesidir.

Pulmoner venlerin doğumsal stenozu

Nadir bir anomalidir. Genellikle doğumdan hemen sonra ağır pulmoner venöz hipertansiyonla ortaya çıkar. Erken tanı hayat kurtarıcıdır. Röntgende kalp normal büyüklük ve konfigürasyondadır. Akciğerlerdeki konjestif değişiklikler, pulmoner venlerin basit konjestiyonundan belirgin pulmoner ödeme kadar değişik derecelerdedir. Olay bazen yalnız bir taraf ana pulmoner veni veya bir lob venini ilgilendirebilir. Bu durumda bulgular yereldir. Bazen anormal ven dönüşlerinde venöz akımda obstrüksiyon görülür. Bu durumda venin drene ettiği bölgede konjesyon ve ödem gelişir.

DAMARLAR

Emme-basma tulumba şeklinde çalışan kalbin pompaladığı kan arteriyel sistemle perifere, emdiği kan ise venöz sistemle kalbe taşınır. Bu işlevlerine uygun morfolojilere sahip bu iki damar sistemi hemen hemen tüm diyagnostik radyoloji yöntemleri ile incelenebilir.

İNCELEME YÖNTEMlERİ

Düz röntgenogramlarla damarlar görüntülenemez. Ancak duvardaki, aterom veya trombüs kalsifikasyonları saptanabilir. Damarların asıl inceleme yöntemi anjiyografidir.

Anjiyografi, damarı radyolojik olarak görüntüleme yöntemlerinin tümüne verilen genel bir isimdir. Eskiden sadece damarların iğne veya kateterlerden iyotlu kontrast madde verilerek görüntülenmelerine verilen bu isim, günümüzde invaziv olmayan diğer damar görüntüleme yöntemlerini de kapsamaktadır. Diğer yöntemlerle yapılan anjiyografide, kontrast gerekiyorsa venöz yolla verilir ve görüntüler kesitlerin reformasyonu ile elde edilir. Kesit görüntü reformasyonları ile oluşturulan anjiyografilerden ayırmak için projeksiyon anjiyografilerine kateter anjiyografisi adı verilir.

Anjiyografik yöntemlerin hepsi vasküler sistemin morfolojisini inceler. Bu yöntemlerle damarların duvar kalınlıkları, intimal düzensizlik, lümen genişliği ve görünümü, dolma defekti, dolma fazlalığı, kalsifikasyon gibi patomorfolojik değerlendirmeler yapılır. Bu yöntemlerden Doppler US ve MR ile akım hızı ölçülebilir. MR'de de morfolojik görüntüler, Doppler US'de olduğu gibi, akım bilgileri ile oluşturulur; ancak akım hız değişiklikleri ile tanı konmaz. Kontrast madde ve radyonüklid verilmesi nedeniyle BT ve RG anjiyografileri, Doppler US ve kontrastsız MR anjiyografiden daha invazivdir.

Teknolojideki hızlı ilerlemeler sonucu invaziv olmayan yöntemler, tanı amacıyla yapılan invaziv anjiyografik incelemelerin yerini almaktadır. Günümüzde kateter anjiyografisi tanıdan çok sadece girişim amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Katater anjiyografisi

Anjiyografi genel anlamda arterlerin, venlerin ve lenfatik sistemin radyolojik incelemelerini içine alan bir terimdir. Daha daraltılmış bir tanımlama ile arterlerin anjiyografik incelenmesine arteriografi, venlerinkine venografi veya flebografi, lenfatik sisteminkine ise lenfanjiyografi ve lenfografi adı verilir. Ancak pratikte anjiyografi denildiği zaman kastedilen çoğu zaman arteriografi, bir dereceye kadar da venografidir.

Kateter anjiyografi konvansiyonel veya dijital olabilir. Dijital yöntemde hemen daima zemin subtraksiyonu yapıldığı için yöntem yaygın olarak dijital subtraksiyon anjiyografisi (DSA) adıyla anılır. Konvansiyonel anjiyografide görüntüler analogdur ve röntgen filmi üzerinde oluşur. DSA'da ise görüntüler dijitaldir. DSA'nın kontrast çözümlemesi konvansiyonelden yüksek olduğundan çok az ve dilüe kontrast madde ve dolayısıyla daha ince kateterler kullanılarak hasta daha az travmatize edilir. Film banyo işleminin ve ekspojur faktörlerine bağlı film tekrarlamalarının olmaması anjiyografi süresini kısaltır. Daha az ışın alınması ve daha az film sarfı ve film banyosunun ortadan kaldırılması nedeniyle işletme maliyetinin daha düşük olması DSA'nın diğer avantajlarıdır. DSA'nın uzaysal çözümlemesinin konvansiyonel anjiyografiden düşük olması diyagnostik kaliteyi etkilemez ve dolayısıyla pratikte bir dezavantaj oluşturmaz. Buna karşılık elde edilen verilerin işlenerek ("postprocessing"), anormalliğin daha iyi gösterilmesi gibi dijitalizasyonun birçok avantajına sahiptir. Günümüzde üretilen anjiyografi üniteleri dijitaldir, konvansiyonel anjiyografi terkedilmiştir.

Damara giriş yeri olarak sıklıkla femoral arter kullanılır. Brakial veya aksillerlerden de girilebilir. Kontrastın doğrudan aorta verildiği anjiyografiye aortografi, aort dallarından birine verilmesine selektif anjiyografi, kateterin daha da ilerletilerek küçük dallardan verilmesine de süperselektif anjiyografi adı verilir. Renal veya çöliak arterlerin kateterizasyonu selektif, sol gastrik ve gastroduodenal arterlerin kateterizasyonu da süperselektif kateterizasyon örnekleridir. Periferden kateter sokulamayan olgularda aorta perkütan yolla doğrudan girilerek lomber aortografi yapılabilir.

US

B-mode kesit görüntüleme ile damarın morfolojisi incelenir. Lümenin çapı ve intimal düzensizlik belirlenir. Aterom plakları ve plaktaki ülser, hemoraji ve kalsifikasyonlar saptanır.

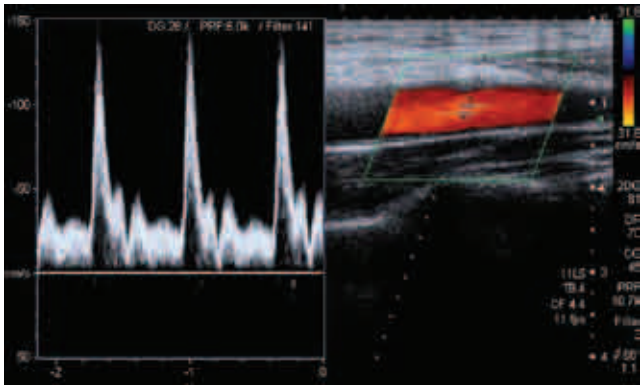
Doppler US akımı değerlendirir; akımın şeklini ve hızını belirler. Bu iki ölçüt damardaki darlığı ve derecesini gösterir. Veriler hız/zaman grafiği şeklinde yazdırılabileceği gibi renkli olarak da görüntülenebilir. Hız/zaman grafiğinde akımın şekli grafiğin şekli ile, hızı ise grafiğin yüksekliği ile saptanır.

Renkli Dopplerde hız renklerin tonu ile, akım şekli ise farklı renk kombinasyonları ve renklerin damar içerisindeki konumu ile belirlenir. Ölçümler spektral Dopplerde yapılır. Renkli Doppler akım hakkında kaba fakat hızlı bilgi verir. Damarların değerlendirilmesinde spektral Doppler, B-mode kesit görüntülerle birlikte kullanılır. Renkli Dopplerin önemli bir üstünlüğü B-mode ile görüntülenemeyecek kadar küçük damarların parlamalar şeklinde yerlerini belli ederek ölçüm yapılmasına olanak vermesidir.

Damarların incelenmesinde temel endikasyonu damar darlığını saptamak ve derecesini belirlemektir. Transplant rejeksiyonunda olduğu gibi doku perfüzyonunundaki değişiklikler, arterinde oluşturdukları direnç değişikliği ile saptanabilir. Subklaviyan "steal" sendromu, "twin-twin" transfüzyon sendromu ve portal hipertansiyonda akımın yönü saptanarak tanı konabilir. Saptanan bir lezyon, kanlanması belirlenerek karakterize edilebilir. Venöz sistemde trombüs araştırılması da Doppler US'nin önemli endikasyonlarından biridir.

Normal akımın Doppler US görünümü: Arteriyel akım pulsatil dalga formundadır ve sistolün başlangıcında dik bir çıkış, diyastolde ise daha az dik bir iniş eğrisi çizer. Düşük dirençli sistemleri besleyen arterlerde sistol çıkışı daha az diktir ve diyastol sonunda devam eden oldukça fazla miktarda akım vardır. İnternal karotid, renal, hepatik, umblikal, uteroplasental ve korpus luteum arterleri düşük dirençlidirler (Resim 3.22).

Yüksek dirençli arteriyel akımda ise sistolik ve diyastolik eğriler daha dik seyirlidir. Diyastol sonunda ya çok az bir akım görülür veya hiç yoktur (Resim 3.23). Yüksek dirençli alt ve üst ekstremite arterlerinde, istirahat halinde iken diyastolde tersine akım



Resim 3.22 Normal ortak karotid arter. Renkli dupleks inceleme. Düşük dirençli arteriyel akım örneği. Diyastolde belirgin akım.

izlenir. Böyle damarlarda ekzersizden sonra damar yatağında direnç azalır, tersine akım kaybolur ve diyastolik akım artar.

Venöz akım, arteriyel akımın tersine yavaştır, devamlıdır ve solunum ve/veya sağ atriyal kasılmaya bağlı olarak hafif dalgalanmalar gösterir; daha az pulsatildir. Portal ven akımı oldukça monotondur ve normalde hepatopedaldir ; inferior vena kava (İVK), süperior vena kava (SVK) ve hepatik venlerdeki akım kalp pulsasyonlarının etkisi nedeniyle daha pulsatildir (Resim 3.24). Boyun, üst ekstremite, abdomen ve alt ekstremite proksimal venlerinin çoğunda akım solunum fazı ile değişiklik gösterir.

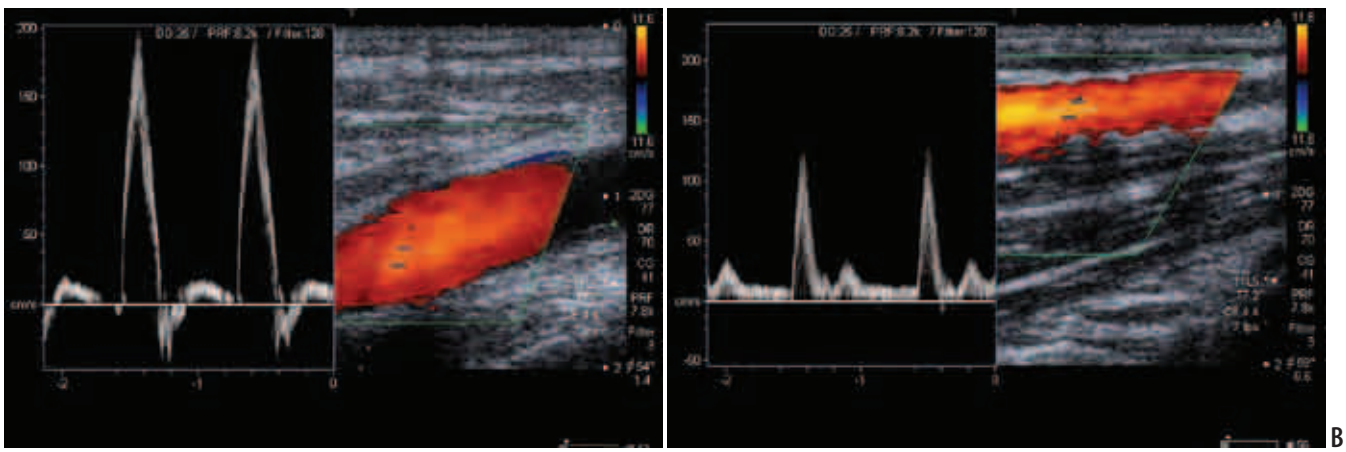
MR

Kesit görüntüleme yöntemi olarak MR büyük damarların diseksiyon veya büyük boyutlu anevrizma gibi lezyonlarını çok iyi gösterir; ancak damarların incelenmesinde MR'nin asıl üstünlüğü, Doppler US'de olduğu gibi akımı görüntüleyebilmesidir.

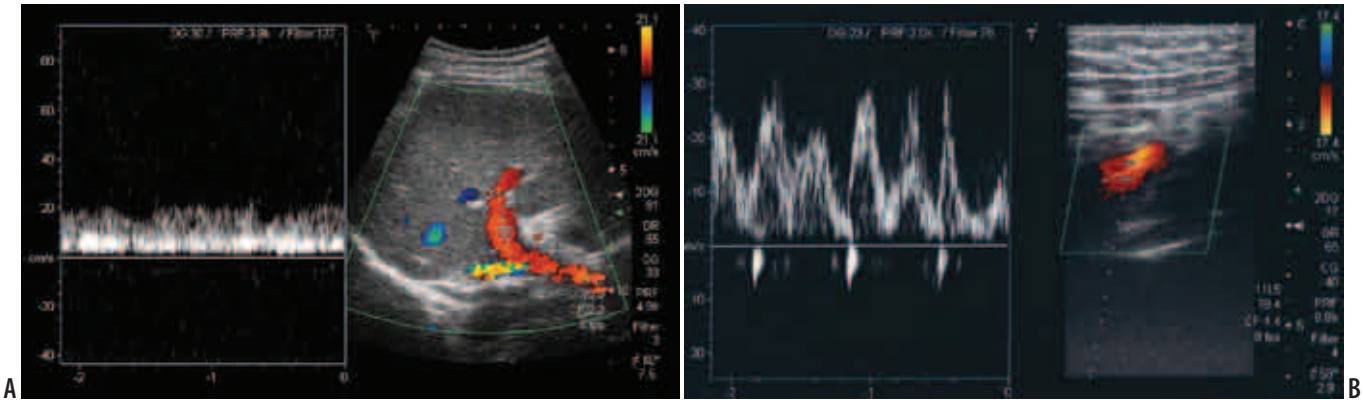
MR incelemelerinde akım, uygulanan sekanslara bağlı olarak düşük veya yüksek sinyal yoğunluklarında görülür. MR anjiyografi (MRA) yöntemlerinde GRE sekansları kullanılır ve akan kan parlak görünümdedir. TOF ve PCA olmak üzere iki temel yöntemi vardır. Bu yöntemlerde kontrast madde kullanılmaz. Kontrast madde verilerek yapılan anjiyografiye kontrastlı MR anjiyografisi (KMRA) adı verilir. Pratikte periferik damarlar daha çok kontrastlı çalışmalarla kalp ve büyük damarlar siyah kan görüntüleme yöntemi ile incelenir.

Kontrastsız MR anjiyografi, akımın görüntüsüdür; bu bakımdan renkli Doppler yönteminin analoğudur. Kontrastlı MR'de ise akım bilgisi değil morfoloji görüntülenir; yani iyotlu kontrast madde anjiyografisinin analoğudur. Kontrastlı MR anjiyografide görüntü kalitesi akıma bağlı değildir, hızlı ve yavaş akımın ikisi de görüntü düzlemine bağlı olarak aynı şekilde görüntülenir. İnceleme süresinin kontrastsız anjiyografiye göre daha kısa olması nedeniyle klinikte daha çok kontrastlı MRA uygulanır.

Aort anevrizma ve diseksiyonu, koarktasyon ve pulmoner arter anormallikleri MRA ile ayrıntılı olarak incelenebilir. Karotid arter darlıklarında tarama testi olarak denenmektedir. Ancak türbülan akım nedeniyle darlıklar olduğundan daha fazla görülürler; şiddetli stenoz tam tıkanma şeklinde görülebilir. Tarama için 3B yöntemleri kullanılır. Pratikte, kalsifik plak varlığı veya yüksek bifurkasyon gibi Doppler US'nin teknik olarak yetersiz uygulanabildiği veya şiddetli stenoz-trombüs ayırımının yapılamadığı durumlarda yararlıdır.



Resim 3.23 Normal brakiyal arterin Doppler spektrumu, A. Egzersizden önce, B. Egzersizden sonra. Egzersiz öncesi erken diyasnostik fazda tersine akım görülüyor, egzersizden sonra ise tersine akım azalmış.



Resim 3.24 Büyük venlerin normal Doppler Spektrumları, A. Portal ven, B. İVK.

Beyinde büyük anevrizmalar saptanabilir. Küçük ve/veya tromboze anevrizmalar gözden kaçabilir. Türbülan akım, anevrizmanın boyutununun olduğundan küçük görülmesine neden olur. Anevrizmadaki trombüs, içinde methemoglobin fazında kan varsa akım sinyalini bozar. AVM'ler MR ile ayrıntılı olarak görüntülenir.

BT

Toraks ve abdominal aort anevrizması, dissekan anevrizmalar ve aort koarktasyonu gibi büyük damar lezyonları, boyutu, duvar kalsifikasyonları ve içlerindeki trombüs veya intimal flepleri ile kontrastsız ve kontrastlı BT kesitleri ile ayrıntılı olarak görüntülenir.

Kontrastlı damar kesitlerinden MİP yöntemi ile damarların anjiyografik görüntüleri elde edilebilir. BT-anjiyografi (BTA) adı verilen bu görüntüler ÇKBT'lerin kliniğe girmesi ile çok kısa zamanda yüksek çözümleme ile elde edilmeye başlanmıştır. Yöntemde oldukça fazla miktarda kontrast madde kullanılması önemli bir sorundur. Renal yetmezlikli hastalarda kullanılamaz. İnceleme kreatinin seviyesinin 1.5 mg/dl'in üstüne çıktığı durumda yapılmaz.

BTA'da görüntü kalitesini kesit kalınlığı, "pitch" değeri ve damar içerisindeki kontrastın konsantrasyonunun yüksekliği belirler. ÇKBT'lerde kesit kalınlığı 0.625 veya 0.75 mm kadar ince seçilebilir ve optimal "pitch" değeri 1.5'dur. Kontrast madde konsantrasyonunun pik seviyesini birçok faktör etkiler ve bu seviyenin zamanını belirlemek çok zordur. Hastanın kardiyak atım hacmi, vücut ağırlığı, hastanın pozisyonu, enjeksiyon hızı enjeksiyonun yapıldığı yer, tarama yönü, taramaya başlama süresi ve kullanılan kontrastın türü optimal opasifikasyonu etkileyen faktörlerdir. Bu kadar fazla etken nedeniyle ideal standardizasyon mümkün değildir. Bu sorunun çözümü için test bolusu verilerek kontrastın en yüksek konsantrasyona çıktığı süre belirlenir ve kontrast verme hızı ve gecikme zamanı buna göre ayarlanır. Ancak bu durumda hastanın daha fazla ışın alması söz konusudur. Bu nedenle pratikte deneyimlerden yararlanarak ortalama bir yöntem tutturulur, yaşlı hastalarda gecikme zamanı 5-10 sn uzatılır.

BTA'nın endikasyonları, yüksek miktarda iyotlu kontrast kullanımı ve x-ışını nedeniyle sınırlıdır. Günümüzde en sık kullanıldığı yerler beyinde anevrizma araştırılması ve koroner anjiyografidir. Diğer kesimlerde MR anjiyografiye alternatif bir yöntem olarak kullanılır.

RG

Derin ven trombozunda MAA'nın ayak venlerinden verilmesi ile yapılan çalışmalarda trombüs olan tarafta takıntı, düzensiz dolma ve kollateraller gösterilebilir. Tc-99m ile işaretli eritrositler kullanılarak radyonüklid venografi yapılabilir. Trombüsü saptamak için trombüste lokalize olan Tc-99m veya I-123'la işaretli fibrinojen, In-111 ile işaretli trombositler, antifibrin antikorlarla da çalışılabilir.

Lokal arteriyel kan akımı Tl-201 veya Tc-99m-MİBİ'yi İV yolla veya MAA'yı İA yolla vererek değerlendirilebilir. Bu yöntemle iskemik ülser alanları ve greftlerin kanlanması incelenebilir. Radyonüklid anjiyografi, günümüzde vasküler sistem morfolojisini göstermekte kullanılmaz.

TORASİK AORT

Çıkan aort daima inen aorttan daha geniştir. Torasik aorttan baş ve üst ekstremiteye giden büyük damarlar,

interkostal arterler ve bronşiyal arterler çıkar. olguların %30'nda dallanmada anatomik varyasyon mevcuttur. En sık görülen anatomik varyasyonlar şunlardır: 1) Sol ortak karotid arter trunkus brakiosefalikustan çıkar (%20), 2) Sağ subklavian arter aberandır (%2), 3) Sol vertebral arter arkustan çıkar (%1), 4) Duktus divertikülü görülür (%9). Duktus divertikülünün kenarları lümenle çok geniş açı ile birleşir, kenarla yaptığı açı geniştir. Bu özelliği ile, aort kenarı ile yaptığı açısı dar olan anevrizmalardan ayrılır.

İnterkostal arterler 3-11. kaburgalar arasında her iki tarafa simetrik olarak uzanır. Spinal arterler bazen interkostal arterlerden çıkar. Bronşiyal arter ise oldukça varyasyon gösterir; en sık görülen şekli tek sağ ve birden çok sol bronşiyal arter bulunmasıdır.

İnceleme yöntemleri

Temel yöntem BT'dir. Özellikle ÇKBT, BT'nin klinik kullanımını artırmıştır. ÇKBT ile çözümlemesi yüksek sagital ve koronal reformasyon görüntülerinin yapılabilmesi MR'nin görüntülemedeki çok düzlem üstünlüğünü dengelemiştir. Anevrizmaların tanısı ve izlenmesinde, rüptüründe ve diseksiyonda değerlidir. Travmatik arkus yaralanmalarında henüz tek başına yeterli değildir.

MR'nin temel endikasyonu anevrizma ve diseksiyondur. Aortik kök BT'den daha iyi değerlendirilir. Hastaların hareketsiz olamamaları ve vücutlarına bağlı cihazlar nedeniyle travma olguları için uygun bir inceleme yöntemi değildir. İntramural hematom sinyal değişikliği nedeniyle çok iyi görülür.

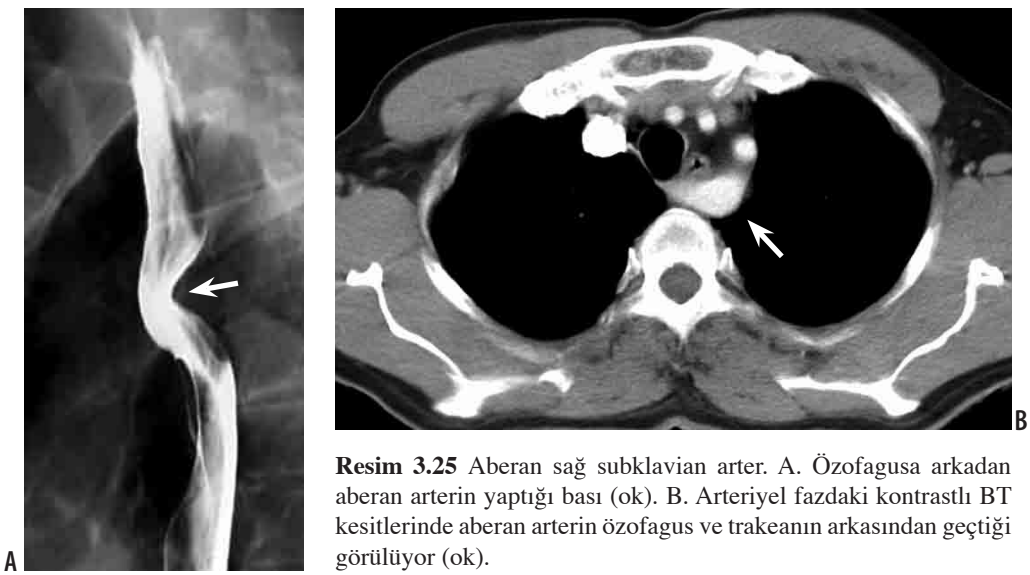
Aortografi, BT ve MR bulgularının açık olmadığı durumlarda, travmatik ark yaralanmalarında ve anevrizmanın preoperatif değerlendirilmesi amacıyla yapılır. Tanıda temel standarttır, ancak nadiren ilk tanı yöntemi olarak seçilir. Aortografi daima iki düzlemde yapılmalıdır. 7-8 F "pigtail" kateter kullanılır, 30-40 ml/sn'den toplam 60-80 ml Hypaque 76 veya eşit değerde non-iyonik kontrast verilerek en az 3/sn x 3 hızla radyografi yapılır, DSA'da daha yüksek hız seçilir.

Aort diseksiyonu transözofajeal US ile de incelenebilir. Özellikle kalp hastalığı bulunan olgularda kullanılan bu yöntem travmatik aort yaralanmalarının incelenmesine uygun değildir.

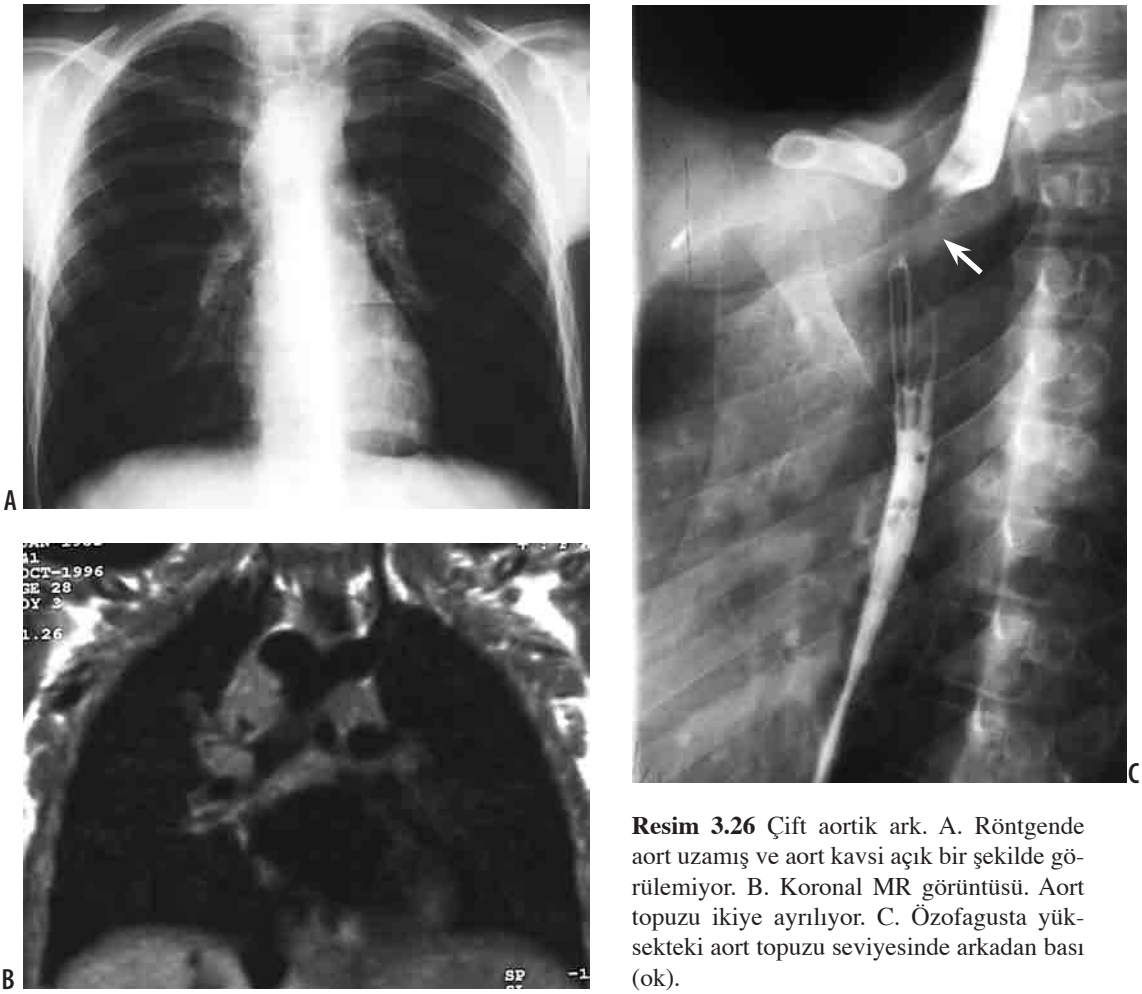
Doğumsal anomaliler

Sağ aortik arkusla birlikte büyük damar çıkışlarında ayna görüntüsü dallanma gözlenir. Bu anomali %98 olguda doğumsal kalp hastalığı ile birliktedir. Sağ aberan subklaviyan arter %80 olguda özofagusun arkasından, %15 olguda özofagus ile trakea arasından, %5 olguda ise trakeanın önünden geçerek bası oluşturur (Resim 3.25). Bazı olgularda başlangıç kesimi divertikül şeklinde genişler (Kommerell divertikülü). Bu divertikül yeteri kadar büyükse özofagusa basarak disfaji oluşturabilir.

Çift aortik ark veya sağ aortik ark ve sol ligamentum arteriozumdan oluşan halka özofagusun arkasından ve trakeanın önünden bası yapar (Resim 3.26). Sol pulmoner arterin sağ pulmoner arterden çıkarak özofagus ve trakea arasından geçmesine "pulmoner sling"



Resim 3.25 Aberan sağ subklavian arter. A. Özofagusa arkadan aberan arterin yaptığı bası (ok). B. Arteriyel fazdaki kontrastlı BT kesitlerinde aberan arterin özofagus ve trakeanın arkasından geçtiği görülüyor (ok).



Resim 3.26 Çift aortik ark. A. Röntgende aort uzamış ve aort kavsi açık bir şekilde görülemiyor. B. Koronal MR görüntüsü. Aort topuzu ikiye ayrılıyor. C. Özofagusta yüksekteki aort topuzu seviyesinde arkadan bası (ok).

denir; özofagusun önünde bası oluşturur. İnnominat arterin orta çizgiden çıkması trakeanın ön kesiminde bası oluşturur, özofagus normaldir.

Doğumsal aort stenozu: Doğumsal valvüler aort stenozunun röntgen bulguları edinsel olanı ile aynıdır. Değişik derecelerde sol ventrikül büyümesi ve aortik kapakta kalsifikasyon vardır. Çocuklarda kalsifikasyon oldukça nadir görülür. Diğer bir bulgu assendan aortun poststenotik dilatasyonudur. En iyi arka-ön ve sol anterior oblik pozisyonlarda izlenir. Subvalvüler aort stenozlarında ise poststenotik dilatasyon görülmez. Bu olgularda tek bulgu sol ventrikül büyümesidir.

Aort koarktasyonu

Aortun doğumsal darlığıdır, %70 olguda doğumsal kalp hastalığı ile birliktedir. Psödokoarktasyon yanlış bir isimlendirmedir; aslında koarktasyon vardır, ancak hemodinami bozulmamıştır. Aortik kıvrım adı da verilir. Çıkan aort uzamıştır, ark yüksektir, inen parça kıvrımlıdır.

Yetişkin tipindeki koarktasyonda darlık genellikle subklavian arterin hemen distalinde, ligamentum arteriozum bölgesindedir (Resim 3.27). Radyolojik bulgular hemodinamiğe ve hastanın yaşına göre değişir. Kaburga çentiklenmesi gibi tipik bulguları genellikle 6 yaşından sonra ortaya çıkar. Bebek ve çocuklarda koarktasyonun karakteristik röntgen bulgularının bir çoğu görülmez.

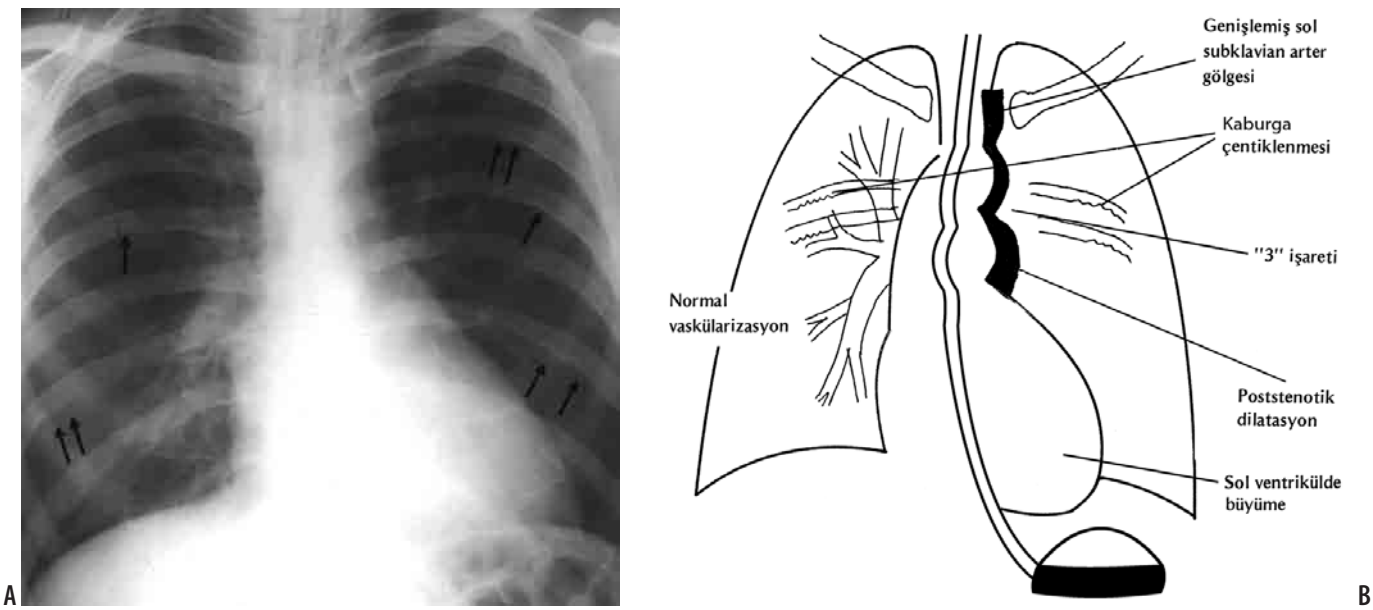
Röntgen bulguları ortaya çıkmış olgularda düz röntgenogramlarla olguların %85'ine tanı konabilir (Resim 3.28). Önündeki engel nedeniyle sol ventrikül hipertrofiyedir. Koarktasyonun proksimalindeki damarlar genişlemiştir. Genişlemiş sol subklaviyan arter üst mediyastenin sol kenarını genişletir. Koarktasyonun distalinde poststenotik genişleme görülür. Koarktasyonun darlığının üst ve altındaki bu geniş aort kesimleri, aort kavsi seviyesindeki mediyasten çizgisinde *3 rakamı* şeklinde yumuşak doku gölgesi yapar. Bu görünüm olguların %25'inde saptanabilir. Özofagusa baryum verilirse bu geniş aort kesimlerinin özofagustaki basıları *ters 3 görünümü* verir.



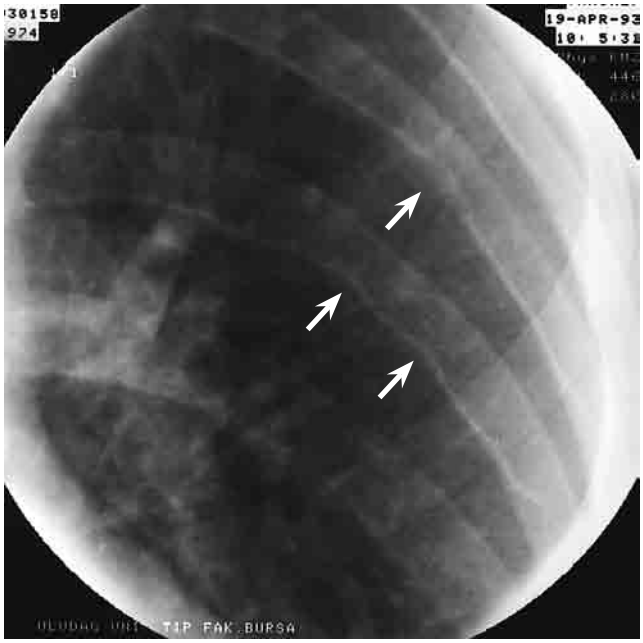
Resim 3.27 Aort koarktasyonu. A. DSA. Ligamentum arteriozum seviyesinde daralma (oklar). B. Aynı olgunun MRA görünümü.

Koarktasyonun en önemli bulgusu *kaburga çentiklenmesidir* (Resim 3.29). Koarktasyonun yaptığı obstrüksiyon nedeniyle kan, koarktasyonun distalindeki aortaya, subklaviyan arterlerden çıkan internal mamariyan arterler ve interkostal arterler aracılığı ile taşınır. İnterkostal arterlerin uçları ile mamariyan arterlerin uçları arasındaki ağızlaşmalar açılır ve yüksek basınçlı üst kesimden düşük basınçlı distal kesime doğru ters akım ortaya çıkar. İnterkostal arterlerdeki bu güçlü ters akımın pulsasyonlarının yaptığı erozyonlar kaburga çentiklenmesi görünümünü oluşturur.

Düz röntgenle tanı konan olguların %80'inde iki taraflı kaburga çentiklenmesi vardır. Genellikle 4.-8. kaburgalarda görülür. Arka kaburgaların 1/3'ü orta kesiminde alt kenardadır. Kaburga çentiklenmesi tanısını koyabilmek için birlikte kortikal kalınlaşma da olmalıdır. Genellikle 6 yaşından sonra görülür hale gelir ve yetişkinlerde daha belirgindir.



Resim 3.28 Aort koarktasyonu, A. Röntgen, B. Şematik görünüm. Röntgenogramda kosta çentiklenmeleri (oklar), sol ventrikül büyümesi ve üst mediastenin solunda genişlemiş sol subklaviyan arter gölgesi izleniyor.



Resim 3.29 Aort koarktasyonunda kaburgaların alt kesimlerindeki çentiklenmeler (oklar).

Kaburga çentiklenmesi nadiren tek taraflıdır. Bu durumda tutulan tarafa göre koarktasyonun yeri ve aortun dalları ile ilişkisi söylenebilir. Yalnız sağ tarafta görülmesi, koarktasyonun sol subklavian arter çıkımından önce olduğunu gösterir; yalnız solda görüldüğü olgularda, koarktasyonun distalinden çıkan anormal bir sağ subklavian arter vardır.

Kaburga çentiklenmesi aort koarktasyonundan başka Takayasu hastalığı, subklavian arter obstrüksiyonu, abdominal aort trombozu gibi diğer aortik obstrüksiyonlar ve siyanotik kalp hastalıklarında şiddetli pulmoner oligemi ile birlikte görülebilir. Ayrıca süperior ve inferior vena kava obstrüksiyonlarında da izlenebilir. Pulmoner ve interkostal arteriovenöz fistüller, nörofibromatozis, hiperparatiroidizm, aşırı hemopoez, kosta çentiklenmesi oluşturan diğer nedenlerdir. Bazı normal olgularda da kaburgalarda çentiklenme görülebilir.

Anevrizma

Anevrizmalar gerçek ve yalancı anevrizma olmak üzere ikiye ayrılır. Gerçek anevrizmada anevrizma duvarı bozulmamıştır ve tüm katmanları ihtiva eder. Yalancı anevrizmada anevrizma duvarında bir veya daha fazla duvar katmanı yoktur. Yalancı anevrizmaya psödoanevrizma adı da verilir. Gerçek anevrizmalar rugby topu gibi uçlara doğru incelen genişlemeler (fuziform) şeklindedir. Yalancı anevrizmalar ise çevresi yoğun fibröz doku ile sarılı, damar lümeni ile ilişkili keselenmeler şeklindedir. Travma ve cerrahi sonrası gelişen anevrizmalar ile mikotik (enfeksiyona bağlı) anevrizmalar yalancı anevrizmalardır. *Ektazi*, damarın anevrizma diyecek kadar belirgin olmayan yaygın genişlemesidir.

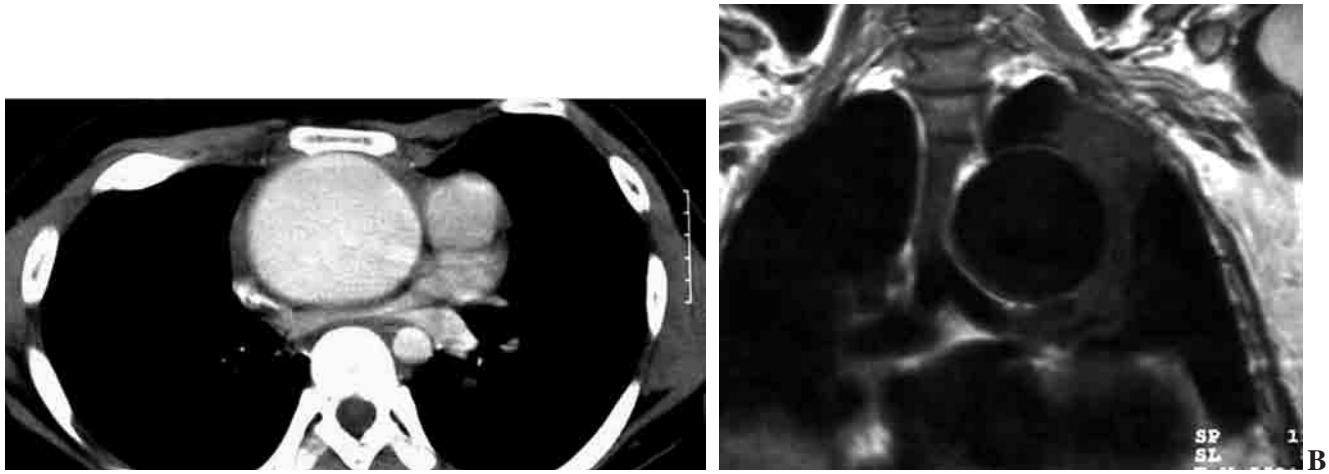
Aort anevrizmalarının büyük çoğunluğu asemptomatiktir ve rastlantısal olarak saptanır. Büyük boyutlu olup çevreye basan veya rüptüre olan anevrizmalar bulgu verebilir.

Çıkan aort, anevrizmaların en sık görüldüğü kesimdir (tüm anevrizmaların %60'ı). Ateroskleroz nedenli anevrizma en çok aort kavsinde ve inen aortta görülür. Kistik mediyal nekroz, bağ dokusu hastalıkları (Marfan sendromu, Ehlers-Danlos sendromu), sifilitik ve mikotik anevrizmalar en sık bu kesimi tutar. Travmatik anevrizmaların en sık görüldüğü yer ise, aortun diğer bölgelerine göre daha sabit olduğu istmus kesimidir.

Aort anevrizmasının en sık nedeni aterosklerozdur (%75); %90'ı fuziform, %10'u keselenme şeklinde genişlemelerdir (Resim 3.30, 3.31). Aterosklerotik nedenli anevrizmalar sıklıkla ana dallardaki darlıklarla birliktedir; torasik aort anevrizmalarında en sık tutulan dal sol subklavian arterdir. Keselenme şeklindeki bir anevrizmada psödoanevrizmadan şüphelenilir. İnen aortta sık görülür ve sıklıkla abdominal aortta devam eder.

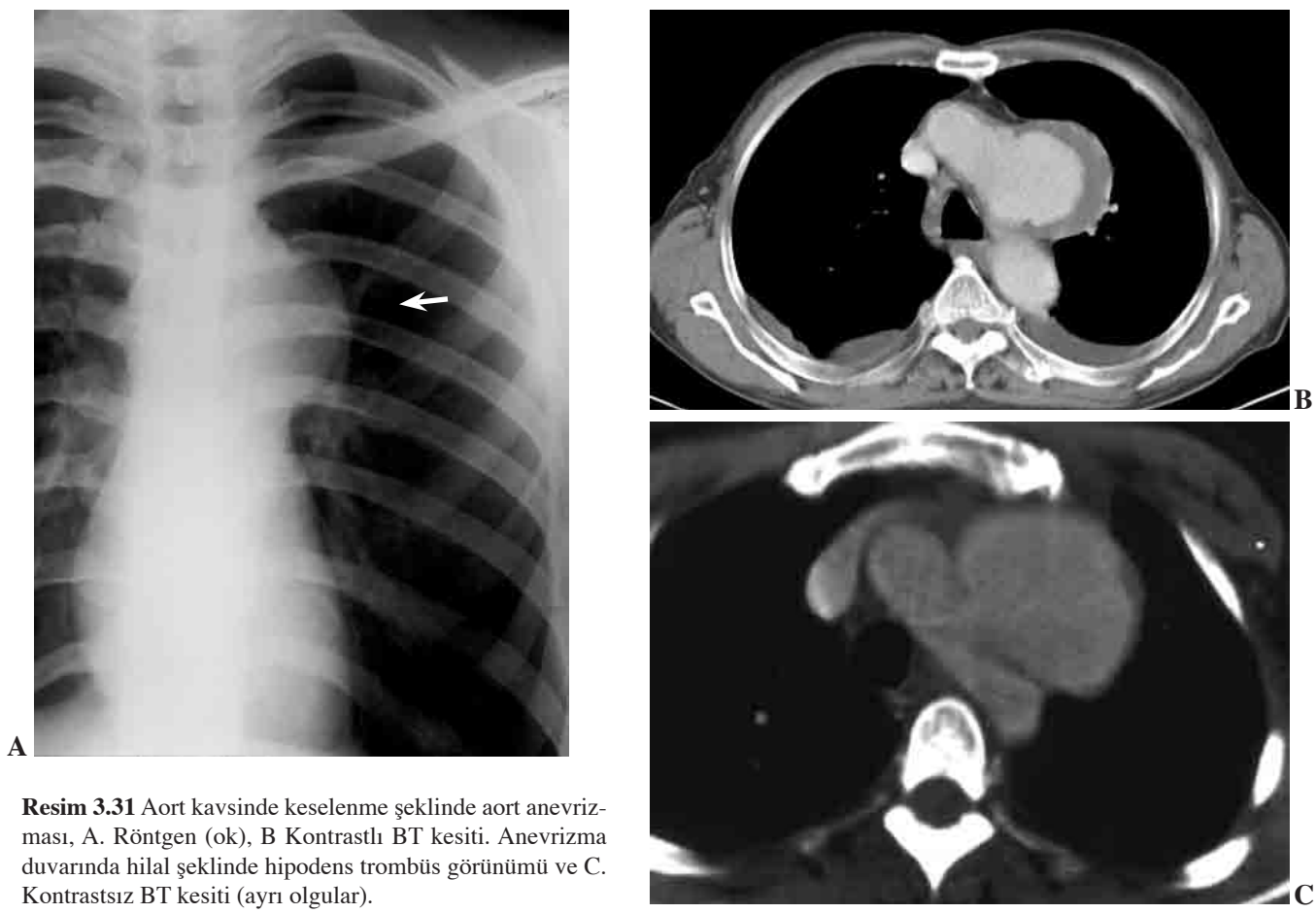
Aterosklerotik anevrizmalar zamanla genişleyerek yırtılabilir. Çapı 5 cm'den, özellikle de 6 cm'den büyük anevrizmaların yırtılma olasılığının yüksek olduğu kabul edilir. Anevrizma duvarında bölgesel bir genişleme (*anevrizma memesi*) görülmesi yırtılmanın yakın olduğunu gösteren bir bulgudur. Yırtılma çevre yapılar ve/veya damarlar içerisine olabilir (Resim 3.32). SVK ve pulmoner arter içerisine yırtıldığında aortokaval ve aortopulmoner fistüller meydana gelir.

Düz röntgenogramlarda aort duvarının kalsifiye olduğu görülür. Duvar kalsifikasyonları arasındaki mesafenin ölçümü ile anevrizmanın boyutu hakkında bir fikir edinilebilir. BT, anevrizmanın boyutunu tam olarak saptar ve duvar kalınlığını, trombüsü ve paraortik yapıyı çok iyi gösterir. Kateter anjiyografisi preoperatif olarak veya girişim amacıyla uygulanır. Ana dalların açık olup olmadığını ve lümeni çok iyi gösterir; ancak anevrizmanın boyutunu magnifikasyon, kontrast maddenin kanla tabakalaşması ve lümen içerisindeki trombüs nedeniyle doğru olarak saptayamaz. Radyolojik olarak daima anevrizmanın proksimal ve distal boyunları, çıkan damarların açık olup olmadığı ve varsa aberan damar gösterilmelidir.



Resim 3.30 Çıkan aort anevrizması. A. BT, B. Koranal MR görüntüsü. Aortta, düzgün kenarlı simetrik genişleme

Kistik mediyal nekroz hipertansiyon ve yaşlanmaya bağlı olarak gelişen musküler tabakanın (mediya) dejeneratif bir hastalığıdır; sinüsleri tutar ve aort yetmezliğine neden olur. Kollajen dokunun yapısında değişiklik oluşturan hastalıklarda da (Marfan sendromu, Ehlers-Danlos sendromu, homosistinüri) görülür. Sinüs tutulumu simetriktir. Buna bağlı olarak aort kökü genişleyerek *lale soğanı* görünümü alır. Çıkan aort en sık tutulan kesimdir. Diseksiyon sık görülen bir komplikasyondur, kalsifikasyon nadirdir. Ehlers-



Resim 3.31 Aort kavsinde keselenme şeklinde aort anevrizması, A. Röntgen (ok), B Kontrastlı BT kesiti. Anevrizma duvarında hilal şeklinde hipodens trombüs görünümü ve C. Kontrastsız BT kesiti (ayrı olgular).



Resim 3.32 Rüptüre torakal aort anevrizması. Lümeni çevreleyen yumuşak doku kitlesi ekstravazasyona bağlı hematomu temsil eder (oklar).

Danlos sendromunda kateter çok dikkatle yerleştirilmelidir; damarlar çok incedir, yırtılabilir.

Mikotik anevrizmalar keselenme şeklinde düzensiz ve hızlı büyüyen psödoanevrizmalardır. Çıkan aortta ya da istmus seviyesinde sık görülür. Stafilokoklar, streptokoklar ve salmonella enfeksiyonuna bağlı olarak gelişir. BT kesitlerinde anevrizma çevresinin kontrast tutması anevrizmanın enflamasyonunu gösterir. İmmün sistemi baskılanmış olgularda, İV uyuşturucu kullananlarda, endokarditlerde ve cerrahi sonrası görülür. Sifilize bağlı aort anevrizması çıkan aortu asimetrik olarak tutar, duvarında distrofik kalsifikasyon görülür. Primer enfeksiyondan 10-30 yıl sonra ortaya çıkarlar. Sifilizin eradike edilmesi nedeniyle günümüzde bu tür anevrizmalarla karşılaşılmaz.

Subklaviyan arter anevrizmaları mediyastinal kitle görünümü verir. Kitlenin kenarlarında kalsifikasyon bulunması uyarıcı bir bulgudur (Resim 3.33). Kesin tanı kontrastlı kesit görüntüleme ile konur.

Aort diseksiyonu

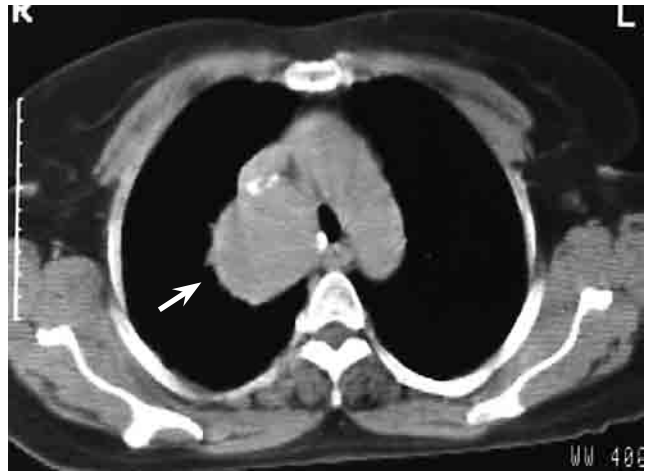
Aort diseksiyonu, aort duvarında mediyanın uzunlamasına yırtılarak kanın duvar içerisine girip duvarı diseke etmesiyle meydana gelir. Neden genellikle mediyal tabakanın nekrozudur. Diseksiyon hemen daima torasik aorttan başlar ve çoğu olguda abdominal aorta uzanır.

İntimanın yırtılması ile başlayan süreçte nekroze mediya tabakasına giren kan diseke ettiği iç tabakayı aort lümenine iterek yalancı bir lümen oluşturur. Her iki lümen diseke intima ve mediyadan oluşan bir fleple birbirinden ayrılır. Disekan anevrizma terimi yanlıştır, olay anevrizmatik dilatasyon değil diseksiyondur; ancak kronik diseksiyonda yalancı lümen bazen anevrizmatik dilatasyon gösterebilir.

Diseksiyona yatkınlık yaratan tüm hastalıklarda mediyal dejenerasyon saptanır. Hipertansiyon, yapısal kollajen hastalıklar, aort koarktasyonu, biküspit veya üniküspit kapak, gebelik ve kollojen doku hastalıkları en sık yatkınlık nedenleridir. Diseksiyon hemen daima semptomatiktir; %80-90 olguda göğüs ve/veya sırt ağrısı görülür. Ekstremitelerde kan basıncı farkı, nabız yokluğu, iskemi, nörolojik bulgular ve aort yetmezliği bulguları eşlik eder.

Aort diseksiyonunda tedavi ve prognozu belirleyen öğe tutulan aort kesimi olduğu için sınıflaması tutulan kesime göre yapılır. İki tür sınıflama vardır. Stanford sınıflamasında çıkan aort tutulmuşsa tip A (%60), inen aort tutulmuşsa tip B'dir (%40). DeBakey sınıflamasında ise çıkan ve inen aortun birlikte tutulması (%50) Tip I, sadece çıkan aortun tutulması (%10) Tip II, sadece inen aort tutulması (%40) Tip III olarak kabul edilir. Tip III, Stanford B'nin karşılığıdır. Bu tipte tedavi medikaldir; tansiyon kontrol altında tutulur. İskemi, rüptür veya yalancı lümenin anevrizmatik dilatasyonu gibi komplikasyonlar gelişirse cerrahi uygulanır. Stanford A tipinde tedavi cerrahidir.

Aort diseksiyonunda radyolojik incelemeler tanı, preoperatif değerlendirme ve kronik diseksiyonu veya postoperatif olguları izlem amacıyla yapılır. BT/MR gibi kesit görüntüleme yöntemleri hem lümeni, hem duvarı gösterir; kateter anjiyografisi ise lümeni,



Resim 3.33 Subklavian arter anevrizması (ok). Anevrizmanın iç duvarında lezyonun damarsal olduğunu düşündüren aterom plak kalsifikasyonu görülüyor. Trakea kitle ile sıkıştırılmış.

ana dalların lümenle ilişkisini çok iyi gösterir, duvar ve çevresi ile ilgili bilgi vermez. Radyolojik inceleme ile çıkan aortun tutulup tutulmadığı, diseksiyonun başlangıcı ve boyutu, koroner arterler, büyük damarlar, mezanterik, renal ve ilyak arterlerin tutulup tutulmadıkları, aortik regürjitasyonun varlığı, intimal flepin başlangıç ve bitiş yerleri, yalancı lümenin açık olup olmadığı ve aort dışında hematom (perikardiyal, paraaortik, duvar kalınlaşması) varlığı araştırılmalıdır.

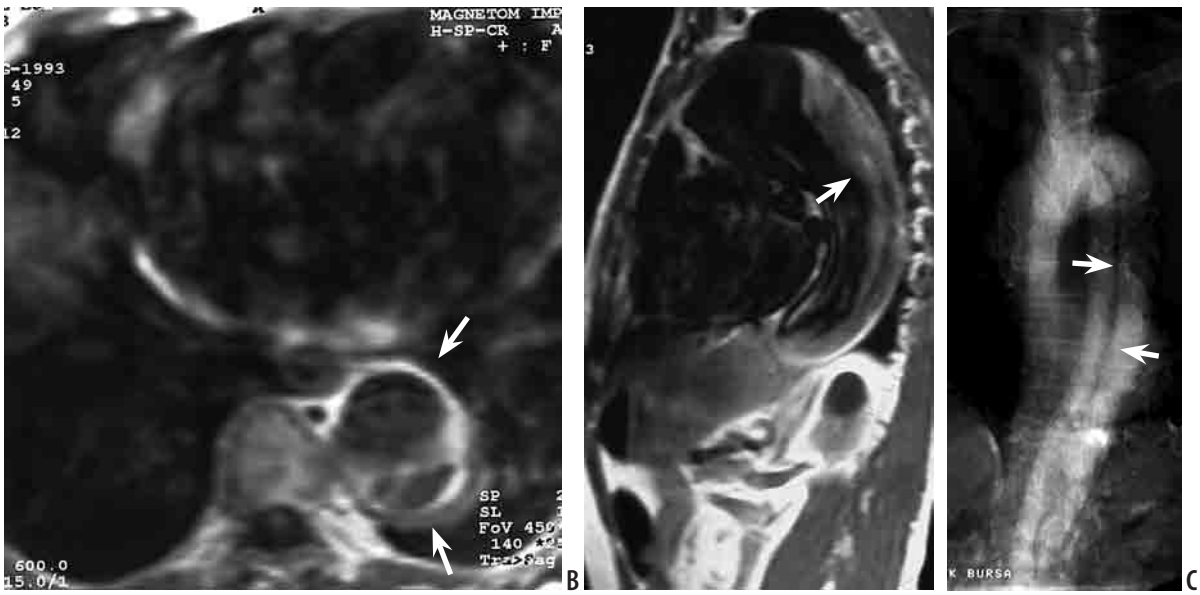
Kesin tanı intimal flepin saptanması ile konur. İntimal flep olguların %85-90'ında görülür ve görülmesi gerçek ve yalancı lümenlerin de görülmesi demektir. Yalancı lümen genellikle daha geniştir. Her iki lümende akım varsa, yalancı lümen bir veya daha fazla yerden gerçek lümene açılıyor demektir. Yalancı lümende veya her iki lümende birden trombüs oluşabilir, %25 olguda yalancı lümen trombozedir. Yalancı lümen gerçek lümeni komprese edebilir. Diseksiyon düzlemi spiral bir seyir gösterir; büyük diseksiyonlar önden dıştan başlar, sağ koroneri içine alır, arkusun üstünden arkaya dışa uzanır, sol renal arter ağzını kapatarak sol ilyak artere uzanır. Spiral bir seyir gösteren intimal flepin, opasifiye lümenler arasındaki radyolusent görünümü *kıvrılmış şerite* benzetilmiştir (Resim 3.34).

Kateter anjiyografisi tanıda temel standarttır ve genellikle preoperatif evrede yapılır. Yalancı lümenin tromboze olduğu durumlarda asıl lümenle bağlantısı yoksa yöntemin duyarlılığı düşer. Yöntemin en büyük avantajı ana dalların tutulumunu ve aort kapaklarının durumunu çok iyi göstermesidir. İntimal flepinin görüldüğü durumlarda aortun görünümü *çifte ağzına* benzetilmiştir. Yalancı lümen ve bu lümenle bağlantılı ana dallar geç opasifiye olur. Flep aort duvarından yaklaşık 1 cm içeridedir. Kateter yalancı lümende ise gerçek lümen opasifiye olmayabilir.

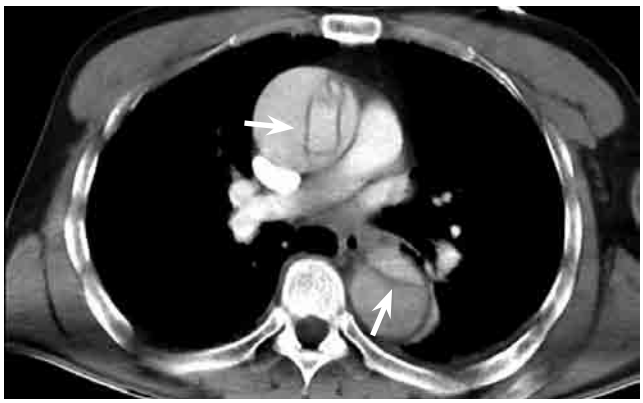
Tanımladığımız bu morfolojik değişiklikler BT ile de saptanır (Resim 3.35). Tromboze yalancı kanal, periaortik hematom, perikardiyal ve/ya plevral kan, izole aort duvarı hematomu (hiperdens duvar) BT ile daha iyi gösterilir. Koroner arterlerin, büyük arterlerin ve aortik kapakların durumunun ve yalancı lümenin giriş ve çıkış yerlerinin gösterilmesinde BT kateter anjiyografisi kadar başarılı değildir. BT'nin diseksiyon olgularındaki temel işlevi kliniği şüpheli olgularda tanı koymak ve kronik diseksiyon olgularını izlemektir.

MR'nin kesit görüntüleri ile BT ile saptanan morfolojik bulgular gösterilebilir. Duvar hematomu çok iyi görüntülenir. Faz kontrast anjiyografi ile gerçek ve yalancı lümendeki farklı akım hızları gösterilebilir. Sine MR ile ise aort yetmezliği saptanabilir.

Diseksiyon olgularında akut evrede aort genellikle normal boyuttadır. Göğüs röntgenogramları diseksiyonların %25'inde normaldir. Anormal göğüs röntgenogramı bulguları da diseksiyonu göstermez. Bu nedenle klinik bulgular tanıda daha değerlidir. Hastanın



Resim 3.34 Aort diseksiyonu. A. Aksiyal MR görüntüsünde inen aortta çift lümen görünümü (oklar). B. Sagital MR kesitinde arkadaki lümeni tromboze (ok) çift lümen görünümü. C. DSA. Aort ortasında radyolusent flep (oklar). Her iki lümende de akım var (ayrı olgular.)



Resim 3.35 Aort diseksiyonu. Çıkan ve inen aort içerisinde intimal flepe ait kurdele şeklinde radyolusent görünümler (oklar).

durumu klinik olarak değerlendirildikten sonra tipini belirlemek ve cerrahi olguları ayırmak için BT yapmak yanlıştır; kateter anjiyografisi yapılması zorunlu olan olgularda gereksiz kontrast madde yüklenmesi yapılmış olur. Bu ayırım için MR ve/veya transözofajial US yapılabilir.

Yalancı lümeni tromboze diseksiyon ile tromboz içeren anevrizma karışabilir. Diseksiyon uzun bir segmenti tutar, akut dönemde aort çapı geniş değildir. İntimal flepteki kalsifikasyon lümenin içerisinde görülür, anevrizmada ise aortun devamındadır.

Aort diskesiyonunun, intramural hematom ve penetre aortik ülserle ile birlikte olduğu klinik duruma *akut aortik sendrom* denir. Aort duvarındaki hematom vaza vazorumlardan kanamaya bağlı olarak gelişir ve kontrastsız BT'lerde *hiperdens aort duvar işareti* ile tanınır. Penetre aortik ülser ise genellikle aterosklerotik anevrizma ile birlikte görülür. İntimal ülser mediyaya penetre olur, duvarda rüptüre neden olabilir. Mortalite oranı yüksektir.

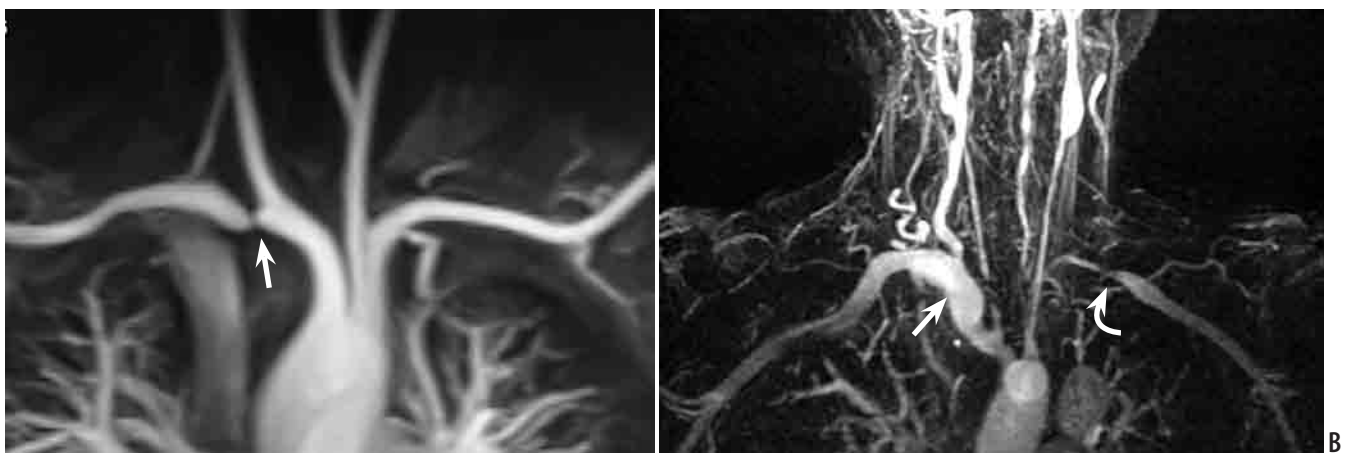
Çıkan aort diseksiyonlarında tedavi cerrahidir. Diğerlerinde girişimsel radyolojik düzeltmeler yapılabilir. Yalancı lümenin distalinin kapalı olduğu durumlarda buradan çıkan dallardaki iskemiyi önlemek için distalde flep fenestre edilerek gerçek lümenle ilişki sağlanır. Böylece yalancı lümende de akım sağlanmış olur. Aort yırtılması en sık olarak yalancı lümenin başlangıç yerinde görülür. İnen aorttaki olgularda bu kesim endovasküler greftle kapatılabilir.

Aortit

Aortun ve/veya büyük damarların inflamatuar hastalıklarıdır. En sık Takayasu arteriti (nabızsız hastalık) görülür. Mikotik ve günümüzde görülmeyen sifilitik tutulum yereldir ve anevrizma oluşumuna neden olur.

Takayasu arteriti, büyük elastik arterlerin mediya ve adventisiyalarının granülamatöz (dev hücreli) inflamasyonudur. Asyalı kadınlarda 10 kat daha fazla görülür. Olguların %90'ı 30 yaşın altındadır. Bu özelliği nedeniyle ileri yaşlarda görülen diğer arteritlerden ayrılır.

En sık torasik aort, büyük dalları ve pulmoner arterler tutulur. Erken fazda klinik bulgular vardır. Radyolojik olarak kesit görüntülerinde duvar kalınlaşması görülür. Anjiyografi bu dönemde bulgu vermez. Geç fazda uzun bir segmentte düzgün ve belirgin duvar kalınlaşması vardır. Fonksiyonel olarak aort koarktasyonuna benzer. Büyük damar çıkışları daralmış veya tıkanmıştır (Resim 3.36). Olguların yarısında pulmoner



Resim 3.36 Takayashu arteriti. MR anjiyografi görüntüleri A. Sağ subklavian arter çıkışında darlık (ok) ve darlığın distalinde poststenotik genişleme. B. Sağ subklavian arter başlangıcında düzensiz genişleme ve kıvrımlanma (ok). Sol subklavian arter başlangıcı tıkalı. Arter kollaterallerle distalden opasifiye oluyor (kıvrık ok).

arter tutulumu vardır. Yer yer anevrizmatik dilatasyonların görüldüğü dilate şekli daha nadirdir. Böyle olgularda aorta uzayarak, genişlemiş kıvrımlı bir görünüm alabilir (Resim 3.37).

Takayasu arteriti tutulan kesimlere göre tiplere ayrılır. Aortik arkusun tutulması Tip I, abdominal aortun tutulması Tip II, tüm aortun tutulması Tip III, pulmoner arterin tutulması ise Tip IV'dür.

Dev hücreli arterit ise 50 yaşın üstünde gelişen ve en sık orta boy arterleri tutan bir arterit şeklidir. Aort %10 olguda tutulur ve en sık çıkan aortta yerleşir. Anevrizma ve diseksiyona neden olabilir. Tanı temporal arter biyopsisi ile konur.

Travmatik aort yaralanması

Genellikle künt travmalara bağlı olarak gelişir. Penetran yaralanmalar daha azdır. Künt travmada mekânizmanın ani yavaşlamaya bağlı olduğu kabul edilir. Bu nedenle aort sabit kesimlerinden hasarlanır. En sık (%95) aortik istmusta, sol subklaviyan arter ile ligamentum arteriozumun arasında görülür (Resim 3.38). Diğer sık görüldüğü kesimler çıkan aortun proksimal kesimi ve inen aortun hiyatus seviyesidir. Olguların %5-10'unda büyük damar yaralanmaları ile birliktedir.

Travmatik aort yaralanmalarında eski istatistikler %85'inin hemen öldüğünü, geriye kalanların çoğunun ise ilk 3 gün içerisinde öldüğünü gösteriyordu. Günümüzdeki erken müdahale ve nakil şartlarının iyileşmeleri nedeniyle olguların %50'si hastaneye canlı gelebilmektedir.

Aort yaralanması sonucu tipik olarak psödoanevrizma ortaya çıkar. İntima, mediya ayrı ayrı veya birlikte veya tüm tabakalar yırtılabilir. Aort yaralanması olan olgularda her olgunun göğüs röntgenogramı hasta ilk geldiğinde standart olarak mutlaka çekilmiştir. Göğüs röntgenogramlarında mediyastinal genişleme veya sağ paratrakeal genişleme ve aort kenarının silinmesi mediyastinal hematom bulgularıdır. Sol apeksi çevreleyen opasite ise plevral boşluğu olan kanamayı gösterir. Bu görünüme *sol apikal kep* adı verilir. Mediyastinal hematom saptanmış olguların sadece



Resim 3.37 Takayashu aortiti. A. 10 yaşındaki bir çocukta torasik aortta genişeleme, uzama ve kıvrımlanma. B. Başka bir olguda, abdominal aortun DSA görüntüsünde, aortada düzensiz genişleme, infrarenal düzeyde darlık (ok), renal düzeyde anevrizma (kıvrık ok) mevcut. Anevrizmatik dilatasyondan çıkan sol renal arter orifisinde anlamlı darlık var, sağ renal arter izlenemiyor.



Resim 3.38 Künt travmalı olguda, selektif sol subklaviyan arter enjeksiyonuyla elde olunan DSA görüntüsünde, sol Subklavyan arterin distalinde istmus kesiminde rüptür sonucu psödoanevrizma (oklar).

%15'inde aort yırtığı vardır. Göğüs röntgenogramında mediyaseni normal görülen olgularda aort yaralanması olasılığı çok az olmakla birlikte hala vardır.

BT aort yaralanmalarında standart olarak uygulanan bir yöntemdir. Temel işlevi mediyastinal hematomun varlığını saptamaktır. Mediyastinal yağın normal görünümünü kaybetmesi önemli bir bulgudur ve anjiyografi yapılmasını gerektirir. Duyarlılığının ve negatif kestirim değerinin %100'e ulaşmasına rağmen henüz anjiyografinin yerini tamamen alamaz.

Aort yaralanmalarında kateter anjiyografisi temel standarttır. Bazı hekimler travmanın oluş mekânizmasına göre doğrudan anjiyografi endikasyonu koyarlar. Anjiyografide intimal yırtık yerinde lümen kenarı düzensizdir ve çizgisel dolma defekti görülür. %80 olguda istmusta psödoanevrizma vardır. İstmus divertikülünden keselenme şeklindeki görünümleri ve keselenmenin aort duvarı ile yaptığı dar açılanmaları ile ayrılır.

ABDOMİNAL AORT

Anevrizma

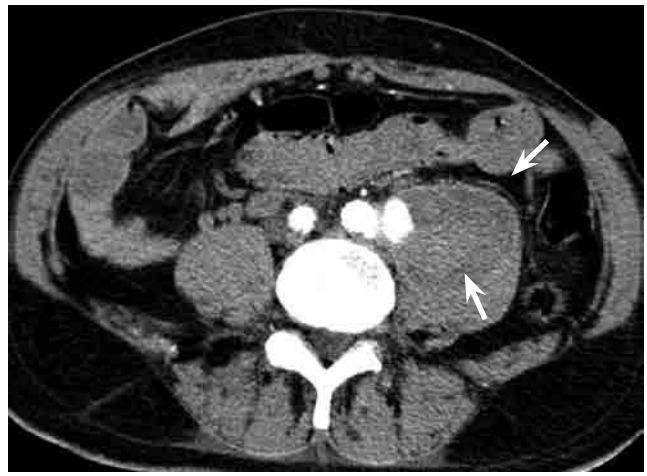
Abdominal aort anevrizmalarının %95'i renal arterin distalinden çıkar ve genellikle ilyak arterlere uzanır. En sık neden aterosklerozdur. Mikotik anevrizmalar kese şeklinde, düzensizdir ve hızlı büyür; %74 olguda enfeksiyon nedeni sallomonelladır. Ateroskleroz nedenli anevrizmalar füziformdur. Arter çapının 1.5 kat artması veya çapın 3 cm'yi geçmesi anevrizma olarak isimlendirilir. Bununla birlikte özellikle yaşlı arteriyosklerotik hastalarda, aortta fuziform genişleme ve uzama görülebilir (Resim 3.39). Çapın 5 cm'yi geçmesi ile yırtılma riski artar. Dış çapı 5 cm'yi geçmeyen anevrizmalar altı aylık veya bir yıllık aralarla kontrol edilmelidir; büyük olanlar ise genellikle rezeke edilir veya stentlenir. İliyak arter anevrizmalarının %99'u abdominal aorta anevrizması ile birleşir. Behçet hastalığında ise aorta ve büyük damarlarda, periferik arterlerde ve pulmoner sirkülasyonda rüptüre olmaya meyilli büyük boyutlu anevrizmalar ortaya çıkar (Resim 3.40).

Aort anevrizması kesit görüntülerde ekzantrik yerleşimli trombüs içeren genişlemiş aort segmenti şeklindedir (Resim 3.41). Trombüs genellikle aortun ön kesimine yerleşir ve kesit görüntüsü hilal şeklindedir. Taze trombüs US'de hipoekoik, BT'de hipodens ve MR'de T1A'da hiperintenstir. Trombüs organize oldukça ekojenitesi ve dansitesi artar, intensitesi düşer.

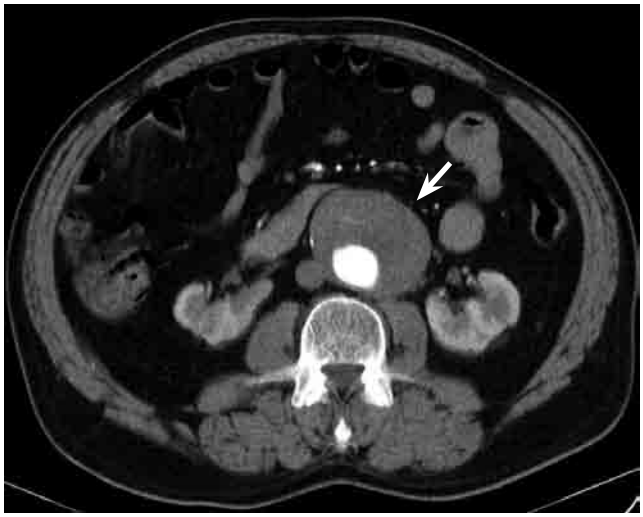


Resim 3.39 Abdominal aortada iliyak arterlerede uzanan atriyoskleroza bağlı, genişleme, kıvrımlanma ve yerel anevrizmatik dilatasyon (ok). MR anjiyografi.

Aort anevrizmasının komplikasyonları ekstravazasyon, psödoanevrizma, aortoduodenal fistül ve enfeksiyondur. Ekstravazasyon kontrastsız BT kesitlerinde erken evrede hiperdenstir, gittikçe izodens hale



Resim 3.40 Behçet hastalığı. Sol iliak arterde kısmen rütpüre psödoanevrizma görünümü (oklar).



Resim 3.41 Aort anevrizması. Kontrastlı lümeni çevreleyen geniş trombüs (oklar).

gelir ve 2-4 hafta sonra da hipodens bir görünüm alır. Anevrizmanın çevresi bazen belirgin kontrast tutan *periaotik fibröz doku* ile sarılabilir. Aortun çevresinde US'de hipoekoik difüz bir dokunun varlığında ayırıcı tanı listesinde, aort anevrizmasının ekstravazasyonu, retroperitoneal fibroz, lenfoma, retroperitoneal sarkom ve birleşmiş nodal metastaz (genellikle bağırsaktan, overden, testisten veya malign melanomdan) düşünülmelidir.

Düz röntgenogramlarda özellikle yan projeksiyonda aort duvarının kalsifiye olduğu görülür (Resim 3.42). Duvar kalsifikasyonları arasındaki mesafenin ölçümü ile anevrizmanın boyutu hakkında bir fikir edinilebilir. BT, anevrizmanın boyutunu tam olarak saptar ve duvar kalınlığını, trombüsü ve paraaortik yapıyı daha iyi gösterir. MR kesitleri kontrastlı BT kesitlerine benzer. Kontrast madde riskini ortadan kaldırması MR'nin avantajı, aterom kalsifikasyonlarını gösterememesi dezavantajıdır. Ekstravazasyon şüphesi olan anevrizmalarda taze hematomu daha iyi karakterize etmesi ve hastanın daha yakından izlenebilmesi nedeniyle BT tercih edilir. Klinik olarak stabil, diseksiyon şüphesi olan olgularda MR yapılır. MR ile diseksiyon ve boyutunu daha kolay gösterilir. BT ile benzer bulgular ancak kontrast madde kullanılarak elde edilebilir.

Kateter anjiyografisi preoperatif veya girişim amacıyla uygulanır. Ana dalların durumunu ve lümeni daha iyi gösterir. Trombüsü görüntüleyemediği için anevrizma boyutunu doğru olarak saptayamaz. Radyolojik olarak daima anevrizmanın proksimal ve distal boyunları mezanterik damarların açık olup olmadığı ve aberan damarın varlığı gösterilmelidir.



Resim 3.42 Yan lumbosakral omurga radyografisi abdominal aort duvarında yoğun aterom plak kalsifikasyonları. Üst kesimde kalsifikasyonlar anevrizmaya uyar şekilde öne doğru genişlemiş (oklar).

Aorto-ilyak tıkayıcı hastalık

Ateroskleroza bağlıdır. Değişik şekillerde görülürler. İnfrarenal tipinde tıkanma seviyesi renal arterin hemen altındadır. Distal aorto-ilyak hastalık bifurkasyonu ve ilyak arterleri tutar (Resim 3.43). *Küçük aort sendromu* distal aortun aterosklerotik stenozudur ve sigara tiryakisi genç kadınlarda görülür. Multi segment tutulum ise sıklıkla infrainguinal tıkayıcı hastalıkla birliktedir.

Klinik olarak alt ekstremitede klodikasyon, femoral nabızlarda azalma ve impotans görülür. Erkeklerdeki bu tabloya *Leriche sendromu* adı verilir.

Hastalık genel olarak PTA ve metalik stent yer-



Resim 3.43 A. Kontrastlı MR aortografide renal arterlerin distalinde tıkanma. Tıkanmanın distali kolleterallerle doluyor. B. Bir başka olguda, DSA görüntüsü. Tam tıkanma.

leştirme gibi girişimsel işlemlere çok iyi cevap verir. Darlığın proksimali ve distalinde kan basıncı ölçümleri yapılır. Aradaki fark 10 mm/Hg'den fazla ise dilatasyon yapılır. Dilatasyondan sonra yapılan ölçümlerde basınç farkı devam ediyorsa, damar duvarı düzensizse ve internal flep varsa stent yerleştirilir.

Abdominal aort koarktasyonu

Doğumsal veya edinsel olabilir. Genç, yetişkinler ve çocuklarda görülür. Klinik olarak renovasküler hipertansiyon (sık), klodikasyon ve abdominal anjina görülür.

Doğumsal olanlar torasik aort koarktasyonu, idyopatik hiperkalsemi sendromu (Williams sendromu), doğumsal rubella ve nörofibromatozisle birlikte görülür. Edinsel olanları Takayasu arteriti, FMD ve radyasyon tedavisine bağlı olarak gelişir.

Radyolojik olarak segmental tutulum sık görülür. Genellikle koarktasyon renal arterleri de içine alır. Diffüz hiperplazi daha az görülen şeklidir.

Diseksiyon

Genellikle torasik aort diseksiyonunun devamıdır (Resim 3.44). Tanı ve tedavide aynı kurallar geçerlidir.

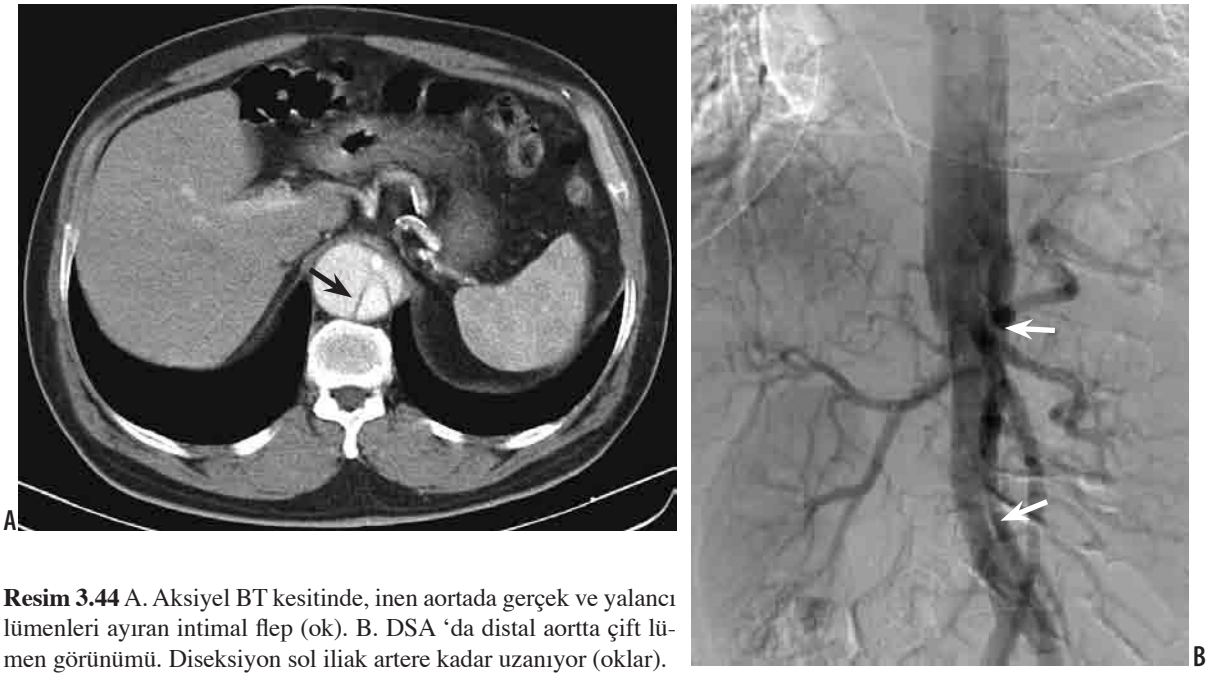
Aortik girişimler

Endovasküler stent/greft implantasyonu, aort anevrizması, darlık ve tıkanıklıklarının tedavisinde cerrahiye alternatiftir. Endovasküler girişimlerin avantajları, kan kaybının azlığı, yoğun bakımda ve hastanede daha az kalınması ve daha hızlı iyileşmedir.

Bifurkasyon greftleri başlıca anevrizma ve aortoilyak tıkayıcı hastalıkta kullanılır (Resim 3.45). Bu greftler "end-to-side" (yalnızca tıkayıcı hastalıkta) ve "end-to-end" olabilir. Tüp greftleri anevrizmalarda kullanılır. Endarterektomi ve aortofemoral by-pass ise, tıkayıcı hastalıkta yapılır.

"Onlay" ve "inverted-Y" greftler aortun dışındadır ve uç-uca veya uç-yana anostomoz yapılır. Tüp greftler ise aortun içerisine yerleştirilir ve aort duvarı greffte sütürlenir.

Greftin komplikasyonları tromboze olması, bükülmesi, enfeksiyon, tıkanma, embolizm, diseksiyonun arteriotomi yerinde hematom, kolon nekrozu ve anevrizma içerisine kaçaktır ("endoleak"). Anevrizma içerisine kaçağın 4 farklı tipi vardır: 1) Tip 1: Greftin üst ve alt uçlarından (perigreft "endoleak"), 2) Tip 2: Anevrizmadan çıkan dallardan ters akımla (grefle ilgisiz "endoleak"), 3) Tip 3: Segmental greftlerde

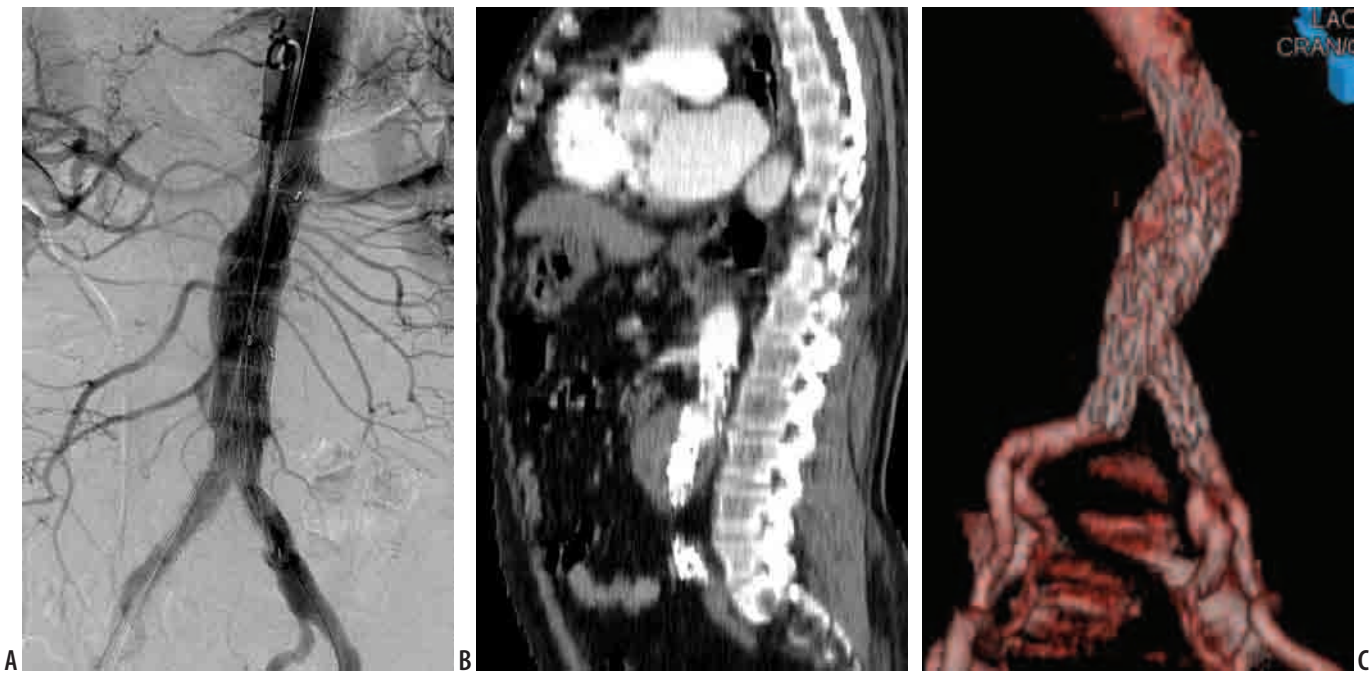


Resim 3.44 A. Aksiyel BT kesitinde, inen aortada gerçek ve yalancı lümenleri ayıran intimal flep (ok). B. DSA 'da distal aortta çift lümen görünümü. Diseksiyon sol iliak artere kadar uzanıyor (oklar).

segmentler arası ilişkinin bozulması veya materyalin defektine bağlı (fabrikasyon yırtığı veya modüler bağlantılarda bozukluk), 4) Tip 4 : Greftin materyelindeki mikroskopik deliklerden (greft porozitesi). Ayrıca belirlenemeyen nedenli kaçaklar da vardır.

RENAL ARTER

Renal arter %65 olguda tek, %35 olguda birden fazladır. Renal arter önce ön ve arka olmak üzere ikiye ayrılır, daha sonra segmental, interlober, arkuat, interlobuler arter olarak dallanarak glomeruler arteriollere



Resim 3.45 Aort anevrizmasının stentle tedavisi. A. Stentli bir olguda DSA görünümü. Stentli başka bir olgunun B. Sagital kesit ve C. 3B reformasyon görüntüleri.

ulaşır. İnferior adrenal arterler sıklıkla, gonadal arterler %20 olguda, inferior frenik arter ise bazen renal arterlerden çıkar.

Sol renal ven sağdan 3 kat daha uzundur ve bu nedenle transplantasyon için sol böbrek tercih edilir. Sol renal ven aortun önünden ve SMA'nın altından geçer, sol böbreküstü bezi ve gonadal venleri alır; %35 olguda renal ven birden fazladır.

Renal anjiyografi endikasyonları

Tanı ve tedavi amaçlı yapılır. Tanı amaçlı arteriyografi endikasyonları renal hipertansiyon, damarsal nedenli hematüri, devaskülarize travma ve transplant vericilerinin incelenmesidir.

Renal venografinin endikasyonları; renovasküler hipertansiyonda renin örneklenmesi, renal ven trombozu tanısı, tümörün İVK ve renal ven içerisine uzanımının saptanması ve renal varisler gibi açıklanamayan hematüri nedenlerinin araştırılmasıdır.

Böbreğin damarsal girişimleri ise, renovasküler hipertansiyonda PTA yapmak ve/veya stent yerleştirmek, preoperatif tümör embolizasyonu ve değişik nedenlere bağlı aktif kanamayı durdurmak amacıyla yapılır.

Renal arter stenozlarında renal fonksiyon yetersiz olabilir. Böyle olgularda iyotlu kontrast madde önemli bir sorundur; olabildiğince az verilmelidir ve hasta çok iyi hidrate edilmelidir. En iyi önlem çok iyi bir hidrasyondur.

Renal arter darlığı

Renal arter darlığı kanda renin seviyesinin yüksekliği ile birlikte seyreden hipertansiyona neden olur. Renal arterlerinde darlık olan her olguda hipertansiyon gelişmez. Darlık nedeni yaklaşık %65-70 olguda ateroskleroz, %25 olguda FMD'dir. Arteritler (Takayasu, poliarteritis nodoza) abdominal aort koarktasyonu ve diseksiyonu, feokromositoma ve radyasyon tedavisi diğer nedenleri oluşturur.

Günümüzde renal arter darlığını araştırmada MRA tarama testi şeklinde kullanılmaktadır. Kateter anjiyografisi ile karşılaştırıldığında %50'yi geçen renal arter stenozlarında MRA'nın duyarlılık ve özgüllüğü %90'ı aşar. Renal arterler için MR protokolü, sagital lokalizer, aksiyal T2A görüntüler ve 3B gadoliniumlu MRA ve 3B faz kontrast MRA'dır. Faz kontrast görüntülerle renal arter stenozunun hemodinamiği değerlendirilir. Bu iki anjiyografi sekansı ile renal arter, böbrek hilusundaki dallandığı seviyeye kadar bütünüyle değerlendirilebilir.

Ateroskleroz renal arter darlığının en sık nedenidir. Çoğu olgu 50-60 yaş ve üzerindedir. Hipertansiyona ve renal yetmezliğe neden olabilir, ancak bu yaştaki hipertansiyonların büyük çoğunluğu idyopatiktir.

Aterosklerotik darlık, damarın girişinde ve proksimalindedir (Resim 3.46). Girişteki aterom plakları çoğu olguda aort duvarında duvarında da devam eder. Bu şekildeki darlık PTA'ya iyi cevap vermez; açık kalma oranı %30 civarındadır, metalik stent bu oranı yükseltebilir. Ana renal arterdeki darlıklarda PTA ile %80 olguda başarı sağlanır (Resim 3.47). Daha az sıklıkla olmak üzere distal ve periferal kesimlerde de ateroskleroza bağlı darlıklar görülür. Renal arter darlıkları sıklıkla iki taraftadır. Darlık olan damarda lümen çapı yarıdan daha aşağıya inmişse, pik sistolde darlığın iki tarafındaki basınç farkları %15'i geçiyorsa, poststenotik dilatasyon mevcutsa ve kollateraller gelişmişse renal arter stenozu hemodinamik olarak önemli demektir.

Renal arter darlıklarının genişletilmesinin iki ana endikasyonu hipertansiyon kontrolü ve renal fonksiyonun korunmasıdır. Renal venlerden renin örneklenerek ölçüm yapılır. Her iki taraftan ölçülen değerler arasında 1.5/1.0'den daha fazla bir fark varsa lateralizasyon pozitiftir ve bu hastalar revaskülarizasyon işleminden yarar görürler.



Resim 3.46 Renal arter stenozu. MR anjiyografi. Her iki renal arterin 1/3 başlangıç kesimlerinde darlık (oklar).

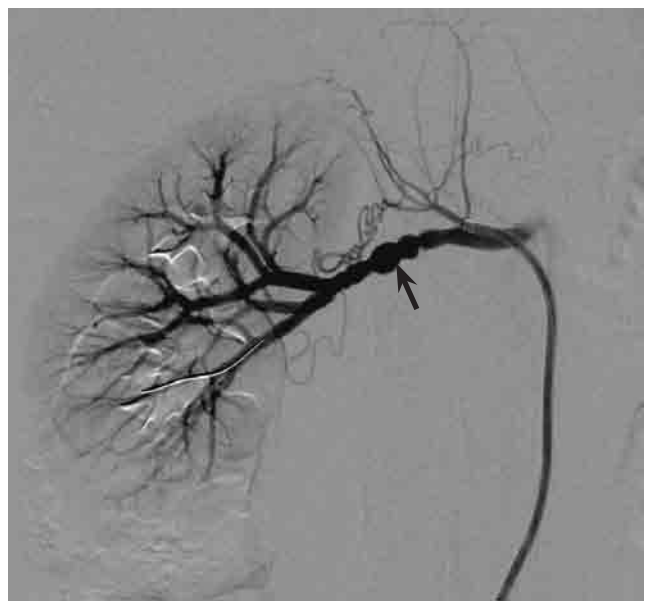


Resim 3.47 Renal anjiyoplasti (PTA) A. Anjiyoplastiden önce DSA'da sağ renal arter proksimalinde darlık. B. Balonla dilatasyon. C. Kontrol aortografide darlıkta belirgin genişleme (oklar).

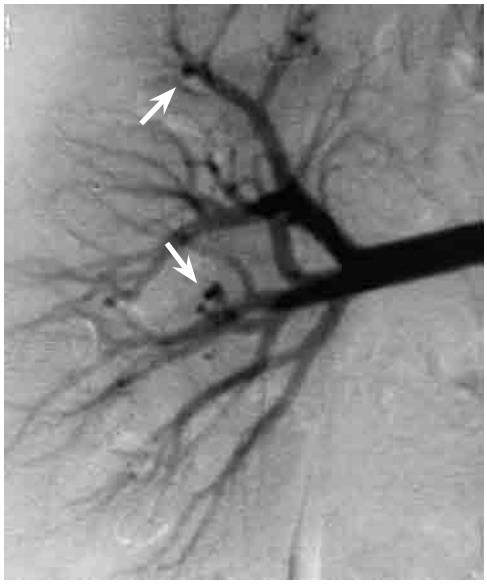
Hipertansiyon yönünden sonuçlar kür, düzelme ve etkisiz olarak 3 gruba ayrılır. Kürde (%20) tansiyon normale geriler ve hasta ilaç almayı keser. Tansiyonun düşmesi ve ilaç alımının azaltılması (yaklaşık olguların yarısı) düzelme olarak kabul edilir. Tansiyonun aynı kalması ve hatta bazı olgularda kötüleşmesi ise etkisiz sonuçtur. İşlemin %5-10 oranında komplikasyonları gelişebilir. En önemlisi renal arterin yaralanmasıdır. Renal arterin genişletilmesi ile tansiyonun düşmesi arasında bire bir ilişki yoktur ve genişlemeye bakarak sonuçlar tahmin edilemez.

FMD, orta ve büyük boy arterlerde kas ve fibröz elemanların proliferasyonudur. Tutulan katmana göre tiplere ayrılır. İntima ve adventisia tutulabilir; büyük çoğunluğunda (%85) media tutulur. FMD olgularının %60'ı renal arterde, %35'i internal karotid ve vertebral arterlerde, %3'ü ilyak arterlerde ve %2'si viseral arterlerde görülür. FMD'de renal arterin orta ve distal kesiminin tutulması tipiktir. Anjiyografide damarın daralma ve genişlemelerini temsil eden *ipe dizilmiş boncuk* görünümü olguların yaklaşık %85'inde görülür (Resim 3.48). Düzgün daralma daha az sıklıktadır (%10). Olguların yaklaşık yarısında tutulum iki taraflıdır.

FMD'de PTA'nın başarı oranı yüksektir (%98), stente gerek duyulmaz. Stent, diseksiyon gelişen olgulara konur. FMD, çocuklardaki renal arter darlığının en sık nedenidir. Renal arterde diseksiyon gelişmişse aksi ispat edilene kadar FMD'ye bağlı olduğu kabul edilmelidir. Renal arterlerin spazmı (psödostenoz) ve FMD'yi taklit eden damarın düzensiz spazmı ("standing wave") yanıltıcı görünümlere neden olur.



Resim 3.48 FMD'li bir olguda sağ renal arterin selektif DSA görüntüsü. Sağ anarenal arterde, ardışık darlık ve genişlemeler ile tipik *boncuk dizisi görünümü (ok).*



Resim 3.49 Selektif sağ renal DSA. Segmental ve subsegmental renal arterlerde PAN için tipik sakküler mikroanevrizmalar (oklar).

Renal arteri tüm boyunca gösterebilmek için değişik projeksiyonlardan görüntü almak gerekebilir.

Nörofibromatozis, çocuklarda renal arter darlığı oluşturarak hipertansiyona neden olabilir. Darlık, nörofibromların dıştan basısına ve/veya renal arter intimasının ve mediyasının disorganize proliferasyonuna bağlı olarak gelişebilir. Bazı olgularda anevrizmatik dilatasyon görülür.

Böbreğin arteriyel anevrizmalarının en sık nedeni ateroskleroz ve FMD'dir ve arterin ekstrarenal kesimlerini tutar. Poliarteritis nodozada (PAN) ise distal dallar tutulur (Resim 3.49). PAN, küçük ve orta boy arterlerin vaskülitidir. Otoimmün bir hastalıktır ve hepatit B virüsü ile birlikte görülür. Sistemik bir hastalıktır, böbrek tutulumu sıktır. Böbrekte perifer arter dallarında damarların dallanma yerlerinde çok sayıda, sakküler tipte 1-12 mm boyutlarında mikroanevrizmalar vardır. Nekrotizan vaskülite bağlı olarak damarlarda düzensiz darlık ve tıkanmalar görülür. Renal enfarkt gelişebilir. Ayırıcı tanı, diğer kollajen doku hastalıkları ve amfetamin bağımlılığı ile yapılır. Daima diğer organların, özellikle karaciğerin tutulup tutulmadığı araştırılmalıdır.

PERİFERİK ARTERLER

Damarları tutan hastalıklar genellikle tıkayıcı damar hastalıklarına neden olur. Yaşlı hastalarda tıkanmanın temel nedeni arteriyoskleroz ve embolidir. Gençlerde Takayasu hastalığı, kollajen damar hastalıkları, otoimmün hastalıklar, Burger hastalığı, ergotizm ve amfetamin kullanımı, popliteal arter sıkışması ve radyasyona bağlı olarak görülür.

Ateroskleroz

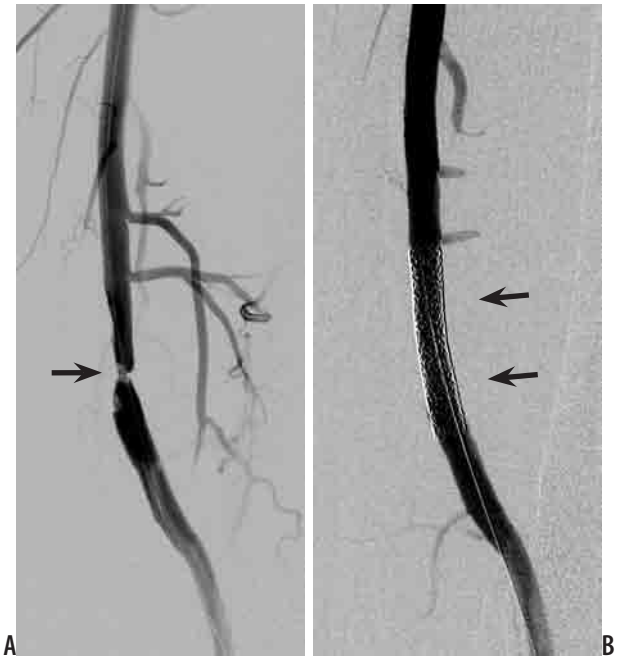
Bulgular intimal plak oluşumuna bağlıdır. Plaklarda ülser olabilir, subintimal kanama, tromboz ve/ya emboli gelişebilir. Hastalık genellikle simetriktir ve sıklıkla damarların çatallarını tutar. Alt ekstremitede en sık superior femoral arterde addüktör kanalda (Hunter kanalı) daha sonra ilyak arterde, tibial ve poplitealde, en az da ortak femoral arterde görülür. Üst ekstremitede en çok subklavyan arter çıkışları tutulur.

Aterosklerozun röntgenografik bulgusu aterosklerotik plaklarının kalsifikasyonlarıdır. Anjiyografide plakların yaptığı daralmalara bağlı olarak lümen düzensizdir (Resim 3.50). Diyabetli olgularda daha distal arterler tutulur ve daha çok kalsifikasyon görülür. Diyabette ayrıca mediyanın yoğun bir şekilde kalsifiye olur (Mönckeberg kalsifikasyonları).

Tedavi cerrahidir. Kısa darlıklar anjiyoplasti ile düzeltilebilir (Resim 3.51). Damar ne kadar büyükse anjiyoplasti sonuçları o kadar iyidir. Genellikle PTA yeterlidir, stent intimal düzensizlik ve diseksiyon gelişirse yerleştirilir. Bununla birlikte inguinal kanal



Resim 3.50 Arteriyoskleroz. Aorta ve distalindeki damarlarda çap ve kontur düzensizliği ve kıvrımlı görünüm, DSA.



Resim 3.51 A. Yüzeyel femoral arter orta kesiminde, duvar düzensizliği ve lümende anlamlı darlık görüyor (ok). B. Darlık bölgesi kendiliğinden açılan stent ile tedavi edilmiş (oklar).

üzerindeki darlıklarda stentin anjiyoplasti sonuçlarını iyileştirdiğini gösteren çalışmalar vardır. Bu bölgede kendiliğinden ya da balonla açılan stentler kullanılabilir, ancak ingüinal kanalın aşağısında gerekiyorsa sadece kendiliğinden açılan stentler kullanılmalıdır.

Aterosklerotik darlıkta, lümen %50'den fazla daralmış ise ve darlığın distalinde, pik sistoldeki basınç farkı 10 mm Hg'den daha yüksekse darlık hemodinamik olarak önemlidir.

Tedaviye aspirin ve trombosit inhibitörleri ile devam edilir. İşlemin %3-6 oranında hematom gibi minör komplikasyonları vardır. Tromboz ve rüptür majör komplikasyonlarıdır. Anjiyoplasti sonuçları stenozlarda tam tıkanmalara göre, proksimal damarlarda distal damarlara göre daha iyidir.

Tromboembolizm

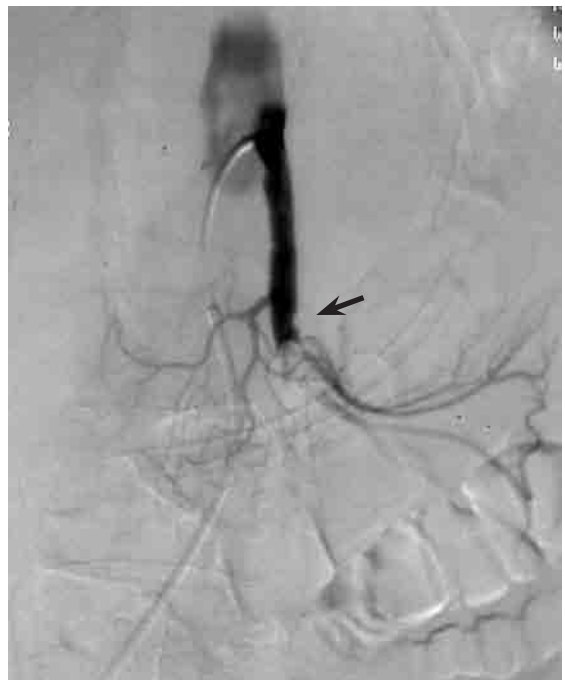
En sık neden kardiyak mural trombüstür. Ventriküler anevrizma, miyokard enfarktüsü ve atriyal fibrilasyonlu olgularda görülür. Anevrizmalardan da kaynaklanabilirler.

Emboli damarı tıkar, anjiyografide embolinin çevresini kontrast maddenin sarmasından dolayı açıklığı aşağıya doğru bakan hilal şeklinde dolma defekti görülür (Resim 3.52). Daha çok bifurkasyon kesimleri tutulur. Tutulum birden fazla yerdedir. Kollateraller gelişmemiştir. Birlikte şiddetli vazospazm görülür. Kardiyak nedenli olgularda iki taraflı tutulum görülebilir.

Kliniğine göre acil bir durumdur. Tanı ve tedavisi için vakit kaybetmemek gerekir. Tedavi cerrahi embolektomidir. Kliniği uygun olgularda kateterize edilerek trombolitik ajanlar verilebilir.

Arteritis

Değişik nedenli enflamatuar bir olaydır. Akut evrede arteriografi normal olabilir veya hafif lümen düzensizliği, damarda çap değişikliği, trombüs ve tıkanma görülebilir. Geç evrede progresyon ve iyileşme arasındaki dengeye bağlı olarak stenoz, uzun bir segmenti tutan daralma veya tıkanma görülebileceği gibi damar normal görünümüne de dönebilir. Birçok olguda arteritisin anjiyografi bulguları özgül değildir. Takayasu hastalığında aortayı ve özellikle servikal bölgeye giden ana damarların çıkışlarını tutan duvar kalınlaşması görülür. Stenozla birlikte tromboz ve oklüzyon gelişebilir. Aorta uzayabilir, genişleyerek tortuyöz



Resim 3.52 Selektif SMA DSA görüntüsünde, jejunal arter düzeyinde, emboli ve embolinin çevresini saran kontrast maddeye bağlı açıklığı aşağıya bakan hilal şeklinde dolma defekti (ok). Embolinin üst kesimindeki diğer üst jejunal arterler ve sağ kolik arterler de muhtemelen emboli nedeniyle izlenemiyor. Kollaterallerin olmaması olayın akut olduğunu gösteriyor.

bir görünüm alabilir. Burger hastalığı ise distali tutan trombotik bir tıkanmadır.

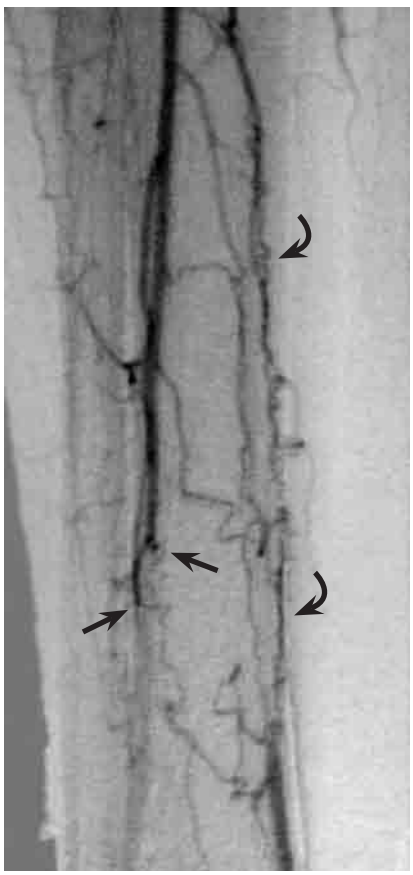
Burger hastalığı (tromboanjitis obliterans)

Nekrotize olmayan, etyolojisi bilinmeyen panarteritistir. 1908'de Burger tarafından tanımlanmıştır. Hastaların hemen hepsi sigara tiryakisidir ve %98'i erkektir. En sık 20-40 yaş arasında görülür. Klinikle-rinde klodikasyon vardır. Olguların %25'nde birlikte venöz tutulum da görülür. En çok alt ekstremitede olmak üzere distal arterler tutulur.

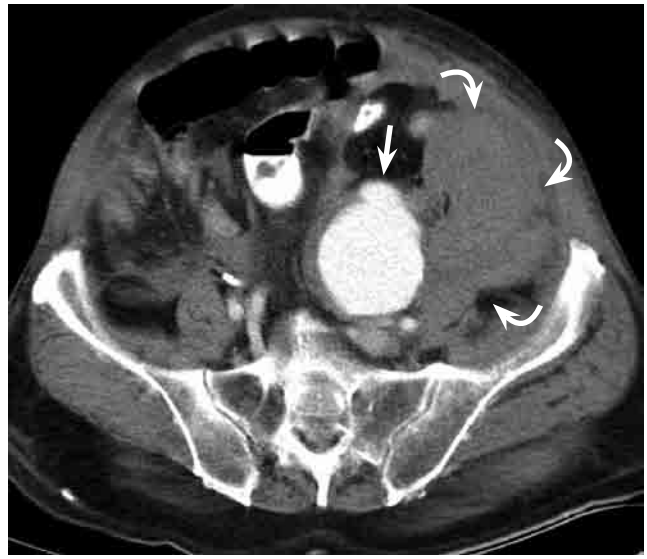
Tutulan arterlerde ani tıkanıklıklar görülür. Proksimal damarlar sağlamdır ve ateroskleroz bulguları yoktur. Tirbüşon şeklinde gelişmiş belirgin kollateraller tipiktir (Resim 3.53). Genellikle birden fazla ekstremite tutulur.

Aterosklerotik anevrizmal hastalık

En sık popliteal arterde, daha sonra ilyak ve femoral arterlerde görülür (Resim 3.54). Abdominal aort anevrizmasıyla birlikte sıktır.



Resim 3.53 DSA görüntüsünde alt ekstremite arterlerinde ani tıkanmalar (oklar) ve tirbüşon şeklinde kollateraller (kıvrık oklar), Burger hastalığının tipik görünümü.



Resim 3.54 Sol iliak arterde rüptüre anevrizma. Anevrizma kenarındaki anevrizma memesi (ok) görülüyor. Anevrizmaya komflu hemetom görünümü (kıvrık oklar)

Popliteal arter anevrizması en sık görülen periferal anevrizmadır. Olguların yaklaşık yarısında iki tarafta; %80 olguda başka bir damarda da anevrizma vardır. Anevrizmada duvar kalsifikasyonu görülebilir. Distalinde embolizasyon gelişebilir. Yırtılma nadirdir.

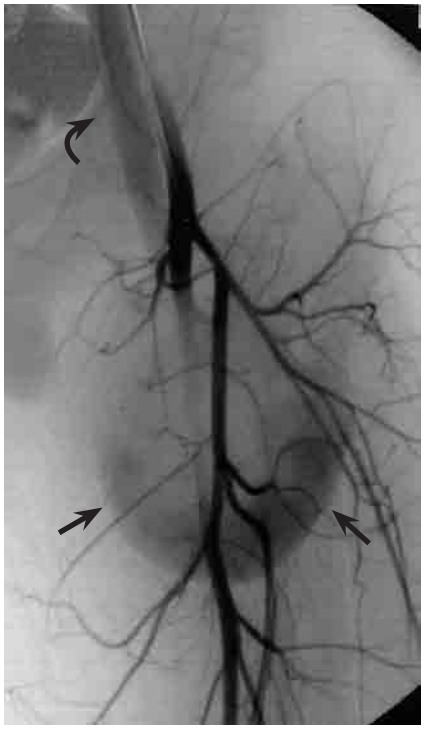
Fokal anevrizmatik dilatasyon olmaksızın, damarların diffüz olarak genişlemesine arteriyomegali adı verilir. Genellikle aorto-ilyak ve femoro-popliteal arterler tutulur. Hastalığa diffüz vasküler ektazi, arteriya magna ve ektazik ateroskleroz isimleri de verilmiştir.

Arteriyovenöz fistül (AVF)

Bir arterin bir vene doğrudan açılmasıdır. En sık neden, travmadır. Silah veya bıçakla yaralanma ve diğer penetran yaralanmalardan sonra görülür. Karaciğer ve böbrek biyopsilerinden sonra veya arteriografi için yapılan ponksiyon yerinde de görülebilir. Doğumsal şeklinde olduğu gibi, anjiyografide arterlerin doğrudan ven içerisine açıldığı izlenir (Resim 3.55).

Damarların sıkışması veya baskısı

Üst ekstremitede torasik çıkım sendromu, alt ekstremite popliteal sıkışma görülür. Torasik çıkım sendromunda üst ekstremitenin nörovasküler demeti skalen kası ile I. kaburga arasında sıkışır. Brakial pleksusun sıkışması nörolojik bulgulara, subklavian arterin sıkışması distalde iskemiye, venin sıkışması ise venöz



Resim 3.55 Bıçaklanma nedeniyle başvuran olgunun selektif olarak ana femoral arterden kontrast madde verilerek elde olunan DSA görüntüsünde, sol yüzeyel femoral arter yaralanması sonucu oluşan psödoanevrizma (ok) Femoral arterin distali çok zayıf opasifiye. AVF sonucu sol ana femoral ve eksternal iliak ven opasifiye (kıvrık ok).

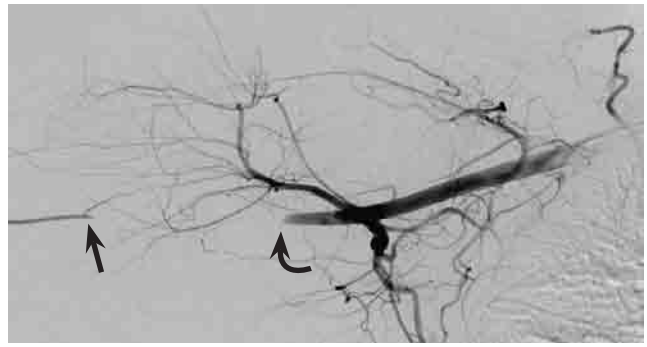
tromboza neden olur. Olguların %70'inde birlikte servikal kaburga görülür. Tanı için kolun en semptomatik olduğu pozisyonda arteriografi yapılarak sıkışma gösterilir. Normalde de bu pozisyonda sıkışma görülebilir. Baskı yerinde subklavian arter de hafif bir anevrizma oluşumu ve/veya mural trombüs, stenoz görülebilir.

Popliteal sıkışma, popliteal arterin veya venin gastroknemius kasının mediyal başı içerisinde sıkışmasıdır. Tanı popliteal arterin, ayak hareketlerine bağlı olarak içe yer değiştirmesi ve nabız kaybı ile konur.

Travma

Damar travması sonucu vazospazm, intimal yırtık ve düzensizlik, psödoanevrizma, mural hematom, diseksiyon, laserasyon, AVF ve distalde emboli görülebilir (Resim 3.56). Lezyona ve boyutuna göre gerekli olgularda koillerle emboloterapi ve stent greftleme yapılabilir.

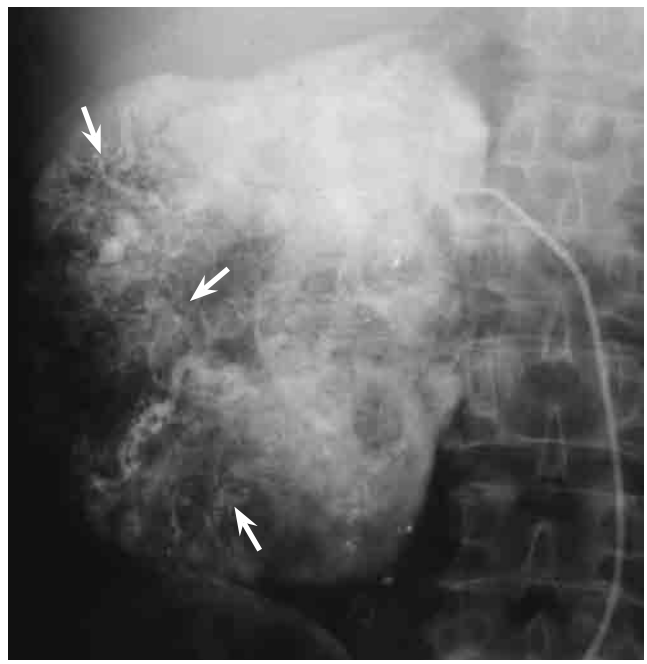
Dizi geriye disloke olmuş travmalı olgularda popliteal arter yaralanması ve tromboz olasılığı yüksek olduğundan arteriyografi yapılmalıdır.



Resim 3.56 Kol travması nedeniyle başvuran ve sağ kolunda hematom olan olgunun aynı gün selektif aksiller arter enjeksiyonuyla yapılan sağ brakial arter DSA'sında, brakial arterde intimal hasar nedeniyle tromboz ve oklüzyon (kıvrık ok) ve distalde minimal rekonstrüksiyon (ok) görülüyor. Olgu safen ven grefti ile tedavi edildi.

Tümör damarlanması

Tümörlerin anjiyografik bulguları, kitle etkisine bağlı olarak damarlarda yer değişikliği, patolojik damarlanma ve damarın tümör tarafından sarılmasıdır ("encasement"). Damarın tümör tarafından sarılması malign tümörlerin ve menenjiyomların bulgusudur. Tümör içerisinde anormal kontrast göllenmeleri ve vasküler tümörlerde görülen kapiller fazdaki yoğun tümör boyanması ("blush") da patolojik damarlanma örnekleridir (Resim 3.57).



Resim 3.57 Renal adenokarsinomda patolojik damarlanma. Tümör içerisinde yer yer geniş kapillerde kontrast göllenmesi (oklar).

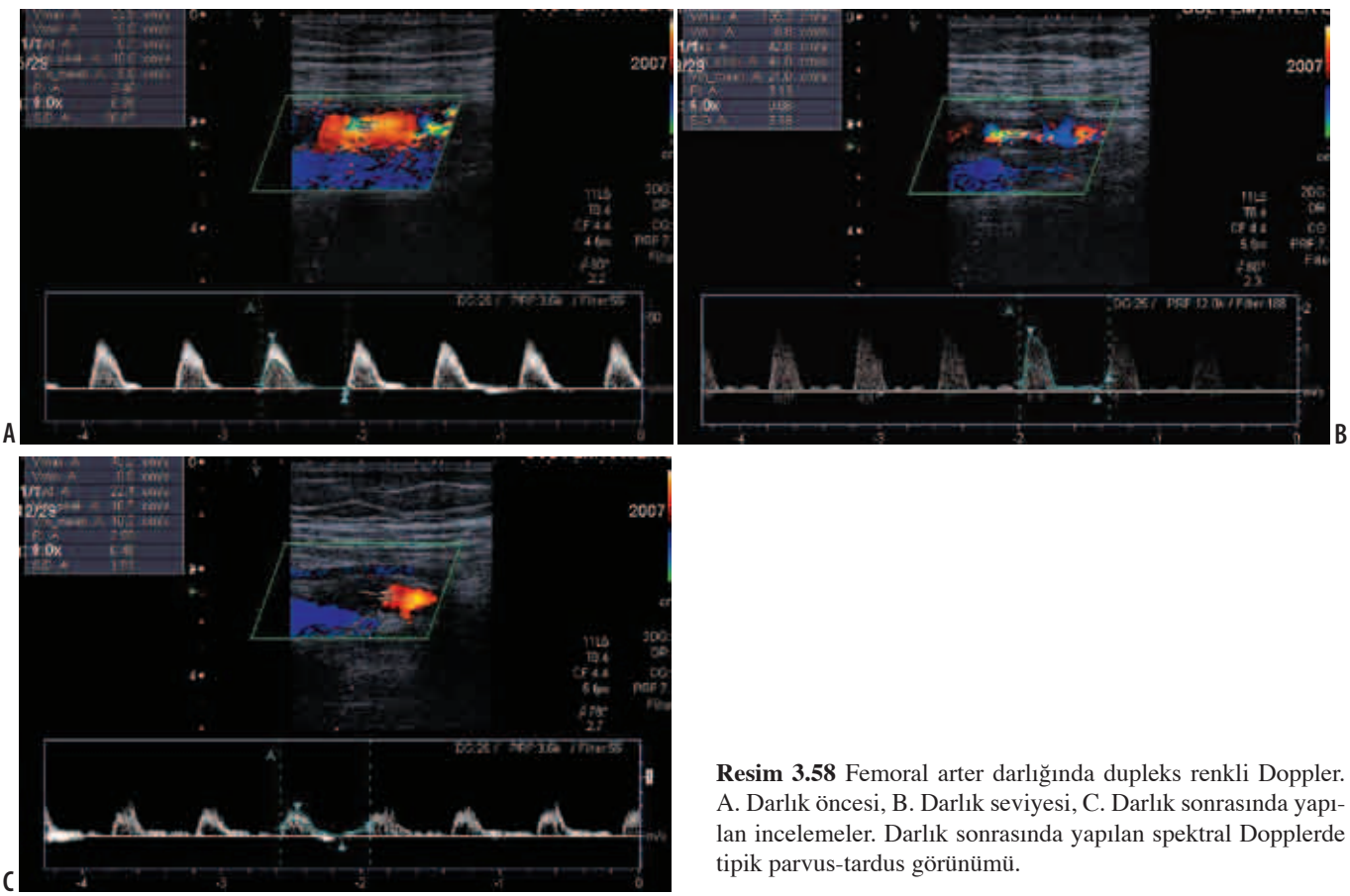
Daralmış arterlerde Doppler US

Arterin kıvrımlı şekil alması (tortiozite), atereosklerotik plak veya dıştan bası, damarı daraltarak akımın şeklini değiştirir. Damarlardaki bu değişiklikler veya distalindeki kılcal yataktaki direnç artımı akım hızını ve dalga şeklini değiştirir. Renal transplantta olduğu gibi, bir organ veya sistemdeki kan akımına direnç artımı, normalde görülen düşük direnç dalga formunun yüksek direnç formuna çevrilmesine neden olur.

Periferik arterlerin akım örneği trifaziktir. Birinci faz ventrikül kasılmasının karşılığıdır ve pik sistolik hızı verir. Hız damarlarda proksimalden distale gittikçe düşer. Örneğin femoral arterde pik sistolik hız 110 cm/sn iken, popliteal arterde 70 cm/sn'dir. İkinci faz sistol sonundaki tersine akımı gösterir. Bu akım distaldeki küçük damarlarda ve kapiller yataktaki direncin artmasına bağlıdır. Üçüncü faz geç diyastol fazıdır ve damarın elastikiyetine bağlı olarak az miktarda bir ileri akımı gösterir. Hemodinamik olarak önemli stenozların proksimalinde diyastolik akım ortadan kalkarak akım monofazik hale gelebilir.

Arteriyel darlık, darlık kesiminden geçen akımın hızını artırır ve şeklini bozar. Daralan damar kesiminde akım hızı artar. Akan kanın miktarının değişmemesi için örneğin damar çapı yarıya inmişse akım hızının iki misli artması gerekir. Bu ilişki, lümenin %95'ten daha fazla daralarak akım hızının birden düştüğü kritik noktaya kadar geçerlidir. Daralmış bölgede artmış akım hızına ek olarak akımın şeklinin de bozulduğu gözlenir. Spektral Dopplerde frekans (veya hız) bandının genişliğinde, şeklinde ve altındaki temiz alanın (pencere) boyutunda değişiklik görülür.

Arteriyel incelemede önce renkli Dopplerle akımın şekli algılanır, ölçüm yapılacak yerler belirlenerek spektrum elde edilir. Darlığın derecesini saptamak için darlığın proksimalinden, darlığın bulunduğu kesimden ve darlıktan sonraki 2 cm'lik alandan ölçümler yapmak gerekir. Darlığın proksimalinde akım laminardır ve darlık seviyesinde de genellikle laminar şeklini korur (Resim 3.58). Darlık seviyesindeki akımın pik sistolik hızı darlığın derecesini verir. Darlığın distalinde akım yayılır, türbülans ve girdap akımlar görülür ve bu durum spektral kabalaşmaya ve akustik pencerenin dolmasına neden olur. Hemodinamik olarak önemli



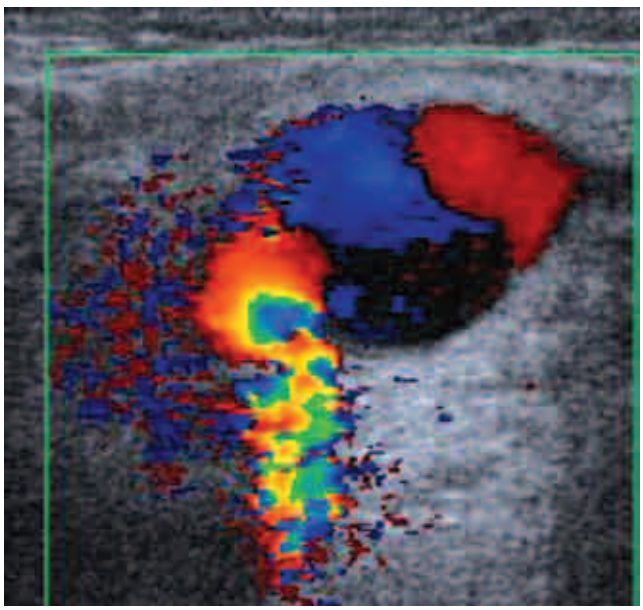
Resim 3.58 Femoral arter darlığında dupleks renkli Doppler. A. Darlık öncesi, B. Darlık seviyesi, C. Darlık sonrasında yapılan incelemeler. Darlık sonrasında yapılan spektral Dopplerde tipik parvus-tardus görünümü.

olan darlığın distalinden yapılan incelemede *parvus-tardus* dalga şekli görülür. Doppler sinyali düşer; akım hızı düşer (parvus) ve sistolik çıkış yavaşlar (tardus). Yöntem sızıntı şeklindeki çok az akımı değerlendiremez ve tam obstrüksiyon olarak kabul eder.

Arterio-venöz şantlarda Doppler US

Diğer bir karakteristik akım şekli, yüksek basınçlı arteriyel sistemin, düşük basınçlı venöz sistem içerisine doğrudan açılması ile oluşur. Tipik örneği anjiyografi, travma veya vasküler cerrahi sonucu gelişen psödoanevrizmalardır. Psödoanevrizmanın damara dar bir boyunla bağlandığı görülür. Burada akım belirgin şekilde bozulmuştur. Spektral kabalaşma çok belirgindir. Diyastol sonu akım artmıştır. Sistol ve diyastolde akım hızları artar. Arterin vene açıldığı yerin distalinde yüksek hızlı pulsatil bir akım görülür. Anevrizma boynundan yapılan incelemede sistolde kanın girmesini, diyastolde çıkmasını temsil eden tipik *ileri-geri ("to-and fro")* hareket gözlenir. Anevrizma içerisindeki akım, renkli Dopplerde *birbirine sarılmış iki renk sarmalı* halinde tipik bir görüntü *("yin-yang" görüntüsü)* verir (Resim 3.59).

Bu psödoanevrizmaların boyunları probla uzun süre komprese edilerek kapatılırsa anevrizma tromboze olur. Kompresiyon 20-30 dakika sürer ve kompresiyon yavaşlatılarak bitirilir. US rehberliğinde anevrizma içerisine 0.5-1.0 ml (1000 IU/ml) trombin enjeksiyonu ile tromboze etme süresi 20-30 sn'ye düşürülebilir. İlacın distale kaçmaması için çok dikkat edilmelidir.



Resim 3.59 Psödoanevrizma içerisindeki birbirine sarılmış iki renk sarmalı halinde yin-yang görüntüsü.

AV fistüller ve benzer vasküler malformasyonlarda akım arterden vene doğru devamlıdır. Besleyen arterde düşük dirençli akım saptanır, venöz tarafta yüksek hızlı pulsatil akım gelişir.

Alt ekstremite arterlerinde anevrizma sık görülmez. Boyutu 2 cm'den büyük anevrizmaların distal için emboli kaynağı olacağı varsayılarak çıkarılır.

VENÖZ SİSTEM

Venöz sistem US ve venografi ile incelenir. Büyük venler kesit görüntüleme yöntemleri ile de gösterilir.

Venografi (flebografi) venöz sistemi opak madde ile inceleme yöntemidir. Opak madde ya alt ekstremitede olduğu gibi ayak sırtındaki bir ven içine doğrudan iğneyle veya renal venografide olduğu gibi kateterle girilerek verilir. Venografi trombolitik tedaviye de öncülük eder. Arteriografide olduğu gibi venografide de DSA kullanılabilir. Başlıca venlerin açık olup olmadığını, trombüsü, venlere dıştan basıları ve kollateral dolaşımı göstermek amacıyla yapılır.

İnferior vena kava (İVK)

İVK tüm kesit görüntüleme yöntemleri ve venografi ile incelenir. Radyolojik incelemenin temel endikasyonu trombüstür. Trombüsler bacaktaki derin ven trombüslerinden kaynaklanır. Genellikle renal ve hepatik malign tümörlerden kaynaklanan tümöral trombüsler de sık görülür.

İVK trombozları US'de lümen içerisinde hiperekoik yapılar şeklinde görülür. Karaciğer akustik pencere olarak kullanıldığından proksimal kesim daha iyi incelenir. Orta ve distal kesimler gaz süperpozisyonları nedeniyle çok iyi görülemezler.

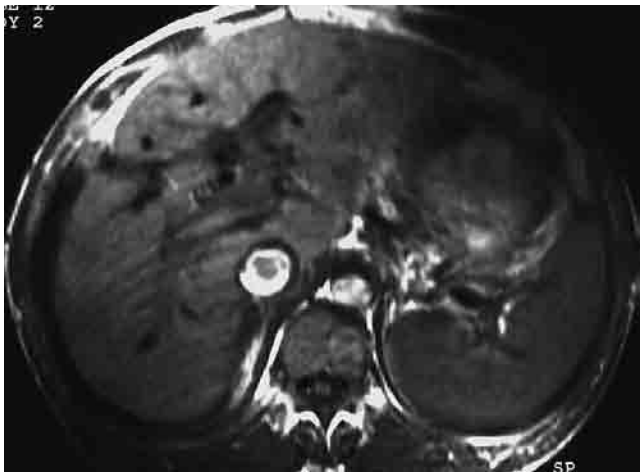
İVK trombozlarında ven normalden geniştir. Trombüs venin orta kesimini kaplar. Kontrastsız BT kesitlerinde trombüs hipodenstir ve İVK'nin komşu aorttan hipodens görülmesi tanı koydurucudur (Resim 3.60). Trombüsün bulunduğu kesimde venin geniş olması tümör trombüsü lehine bir bulgudur. Kontrastlı kesitlerde trombozu çevreleyen ince bir kontrast şeridi görülür. Septik trombüslerde gaz vardır. Tümöral trombüs oluşturan patolojiler, hepatoselüler kanser, böbrek ve sürrenal tümörleridir.



Resim 3.60 İVK'de trombüs. Kontrastlı BT kesitinde İVK lümeninde dolma defekti.

İVK içerisindeki trombüs MR kesitlerinde lümen içerisinde sinyal veren bir yapı şeklindedir (Resim 3.61). Tümöral trombüslerde trombüsün bulunduğu kesim genişler; trombüsün yaslandığı duvarın ayrı olarak görüntülenememesi duvar invazyonunu düşündürür. Tümöral trombüsün tanısında Doppler US değerlidir. İVK trombüslerinde temel yöntem US ve BT'dir. MR, iyotlu kontrast maddenin kontrendike olduğu veya BT bulgularının kesin olmadığı durumlarda kullanılır.

İliak venler ve İVK alt ekstremite venografisi sonrasında gösterilebilir ve yöntemin bir parçasıdır. Ancak abdominal venlerin gösterilmesinde bu yöntem yeterli değildir ve kontrast madde femoral ven yolu



Resim 3.61 İVK'de trombüs. T1A MR görüntüsünde trombüsün heterojen hiperdens görünümü.

ile verilmelidir. Temel endikasyonları doğumsal anomaliler, tümöre veya diğer nedenlere bağlı ilyak ven veya İVK obstrüksiyonu araştırmak ve İVK'ye filtre veya stent koyma girişimine öncülüktür.

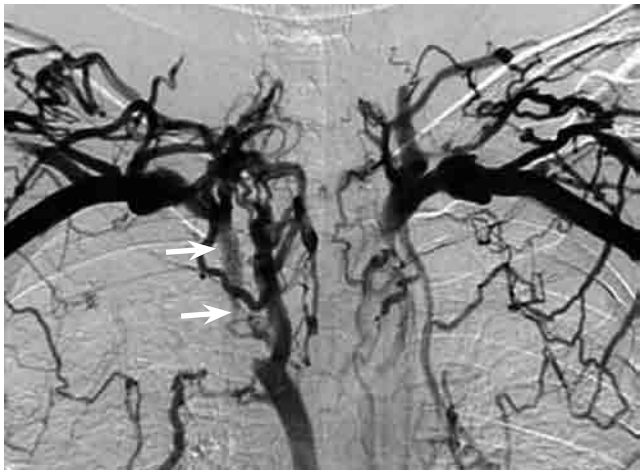
Renal arter stenozlarında renal vendeki renin seviyesini saptamak amacıyla renal ven kateterizasyonu yapılır. Renal tümörlerde ven içerisindeki trombüs kesit-görüntü yöntemleriyle gösterildiğinden renal venografi yapılmasına genellikle gerek kalmaz. Renal venografi splenorenal şant öncesi venin durumunu, sonrasında ise şantın açıklığını kontrol etmek amacıyla yapılır. Conn sendromundaki küçük adrenal tümörleri göstermek amacıyla uygulanan venografi, yerini BT'ye bırakmıştır.

Süperior vena kava (SVK)

SVK'nin venografik incelenmesi SVK tıkanmasını göstermek için yapılır. SVK sendromu denilen bu tıkanmanın en sık nedeni (%80), genellikle sağ üst lob bronşundan çıkan bronş karsinomu metastazına bağlı komşu lenfadenomegalilerden kaynaklanan invazyondur. Mediastinal lenfoma ve fibrozan mediastinit diğer obstrüksiyon nedenleridir. Ülkemizde ayırıcı tanıda Behçet hastalığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Tiroid veya timus karsinomlarında doğrudan invazyonla veya metastazlarda da görülür. Süperior vena kava obstrüksiyonunun benign nedenleri fibrozan mediastinit, granülomatöz mediastinit (histoplazmazise bağlı) multinodüler guatr, aort anevrizması, travma, radyasyon ve süperior vena kavanın primer trombozudur.

BT'de genişlemiş yüzeyel torasik kollateraller görülür ve obstrüksiyon nedeni gösterilebilir. Tıkanan damarı ve kolleteralleri göstermek ve girişim yapmak amacıyla venografi yapılır (Resim 3.62). İnceleme SVK'ye konulan kateterden veya her iki antekübital venden aynı anda kontrast madde verilerek yapılır. Tromboz, trombolitik tedaviyle eritilir. Bu tedavi sistemik antikoagülan tedavi ile desteklenir.

Primer subklavyan ven trombozu, subklavyan venin toraks giriminde sıkıştırılması sonucu ortaya çıkar. Sıkıştırma nedeni torasik çıkım sendromu nedenleridir. Klaviküla kırıklarının çevresindeki kallus ve yumuşak doku şişliğinin vene basısına bağlı olarak kolun şişmesine *Paget-von Schrötter sendromu* da denir.



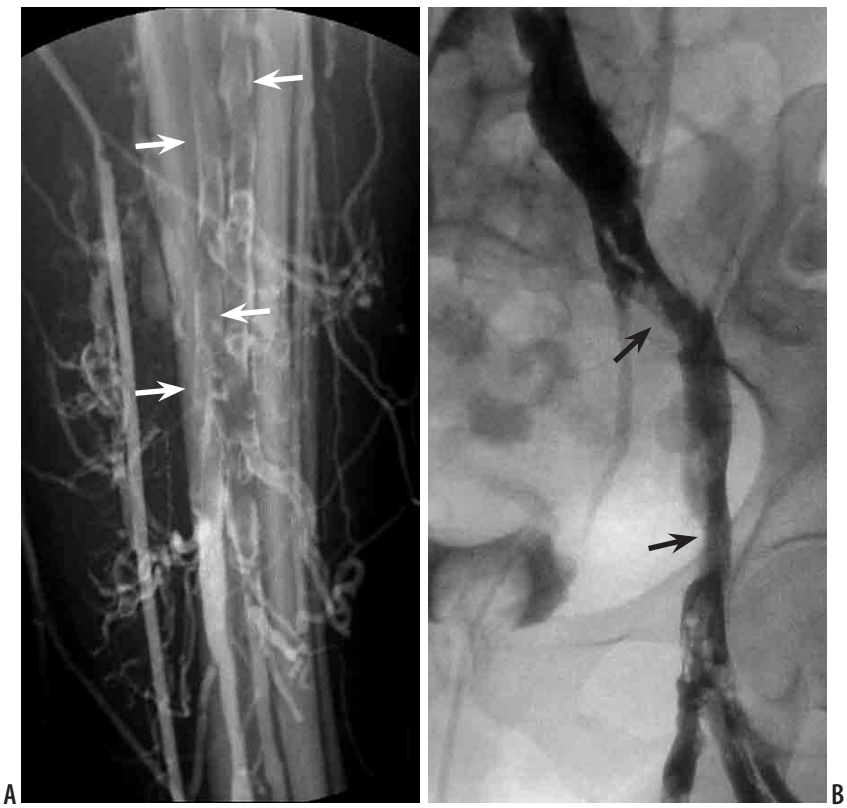
Resim 3.62 Üst ekstremite DSA venografisinde, SVK'de akciğer kanserinin invazyonuna bağlı tıkanma görülüyor (oklar). Venöz drenaj kollaterallerle sağlanıyor.

Alt ekstremite venleri

Alt ekstremite venleri derin ve yüzeyel olmak üzere iki gruptur. Fonksiyonları farklı olan bu iki sistem normalde komminikan venlerle birbirine bağlanırlar. Komminikan venler küçüktürler ve içlerinde akımı yüzeyden derine doğru yönlendiren valvler vardır. Patolojik şartlarda valvlerin yetmezliği sonucu akım derinden yüzeye doğru tersine döner.

Alt ekstremite venlerinin en önemli hastalığı derin ven trombozudur (DVT). Klinik önemi mortalite oranı yüksek olan pulmoner embolinin ana kaynağı olmasından ileri gelir. Olguların %40-80'inde tutulan ekstremitede kronik ağrı, şişme ve deri ülserlerinden oluşan posttrombotik sendrom ortaya çıkar. DVT, venöz obstrüksiyona neden olur ve oturduğu kesimdeki venlerde harabiyet oluşturur. Staz, hiperkoagülobilite ve venöz hasar *Wirchow triadı* adı verilen risk faktörleridir. DVT, çoğunlukla baldır venlerinden başlar; femoral-popliteal, pelvik, baldır ve intramusküler venlere yerleşir.

Alt ekstremite venografisinin endikasyonları DVT şüphesi, tekrarlayan varisler, bacakta etyolojisi bilinmeyen şişme ve venöz malformasyonlardır; en sık DVT'yi araştırmak amacıyla yapılır. DVT %30 olguda iki taraflı olduğundan her iki taraf da incelenmelidir. Akut trombüs kenarlarından ince kontrast madde kolonunun geçtiği santral dolma defekti şeklinde görülür (Resim 3.63). Kontrast maddenin intimadaki



Resim 3.63 A. Baldır venleri içerisinde trombüslere ait dolma defektleri. Dolma defektlerinin kenarında ince kontrast madde kolonları görülüyor. (oklar) B. DSA görüntüsünde, sol eksternal iliak arterde trombozun neden olduğu dolma defektleri görülüyor (oklar).

irritan etkisinin minimuma indirilmesi için venogramlar elde edildikten sonra venlerin serum fizyolojikle yıkanması ihmal edilmemesi gereken önemli bir teknik kuraldır.

Girişimsel tedavide ileofemoral trombüslere popliteal yoldan kateterle ulaşılarak trombolitik maddeler verilir. Pıhtı erimesi 12-24 saat sonra venografi ile kontrol edilir. Pıhtı erimişse altındaki anormallik venoplasti ve gerekirse stentle düzeltilir. Stent inguinal ligamentin alt kesimine konmaz. Üzerinden 4 haftadan az bir süre geçen taze olgularda başarı oranı %80-85'dir. Tromboz nedeni tümör değilse venin 2 yıllık açık kalma oranı %75'dir.

Birdenbire gelişen ve oluşturduğu belirgin staz ve ani basınç artımıyla bacakta arteriyel dolanımın azalmasına neden olan akut tabloya "*phlegmasia cerulae dolens"* adı verilir. Sol ilyak venin, sol ilyak arterin çaprazladığı bölgede arter tarafından semptomatik kompresyonuna ise May-Thurner sendromu denir.

DVT'de Doppler US

Alt ekstremite venlerinde görülen derin ven trombüslerinin tanısında temel yöntem olan venografi yerini US'ye bırakmıştır. Venografik incelemelerde değerlendirme farklılıkları %16'ya kadar çıkar. Kontrast maddeye bağlı venografi sonrası tromboz gelişimi de venografinin önemli bir komplikasyonudur.

Anatomi: Alt ekstremite venleri derin ve yüzeyel olmak üzere iki gruptur. Derin venler arterlere eşlik eder ve arterlerin ismi ile anılır. Baldır venleri arterlerine eşlik ederek dizin hemen altında birleşir ve popliteal veni yapar. Popliteal ven yukarıya doğru arterle birlikte seyrederek süperfisiyal femoral veni, o da derin femoral veni alarak ortak femoral veni yapar. Süperfisiyal femoral venin ismi, yüzeyel ven çağrışımı yapmaması için genellikle femoral ven şeklinde kullanılır. Femoral ven %25 olguda kısmen veya bütünüyle duplikedir.

Büyük ve küçük safen venleri bacağın yüzeyel ven sistemini oluşturur. Büyük safen veni iç malleol seviyesinden başlar bacağın ön-iç kesiminde seyrederek kasık bağı seviyesinde ortak femoral venle birleşir. Küçük safen veni topuğun dışından başlar baldırın arkasından yukarı doğru seyrederek genellikle popliteal vene, bazen de derin femoral vene veya büyük safen venine açılır. Baldırda ve uyluğun alt kesimlerinde yüzeyel ven sistemi derindeki ven sistemine küçük perforan venlerle bağlanır. Perforan venlerin kapakçıkları vardır ve akım yüzeyden derine doğrudur.

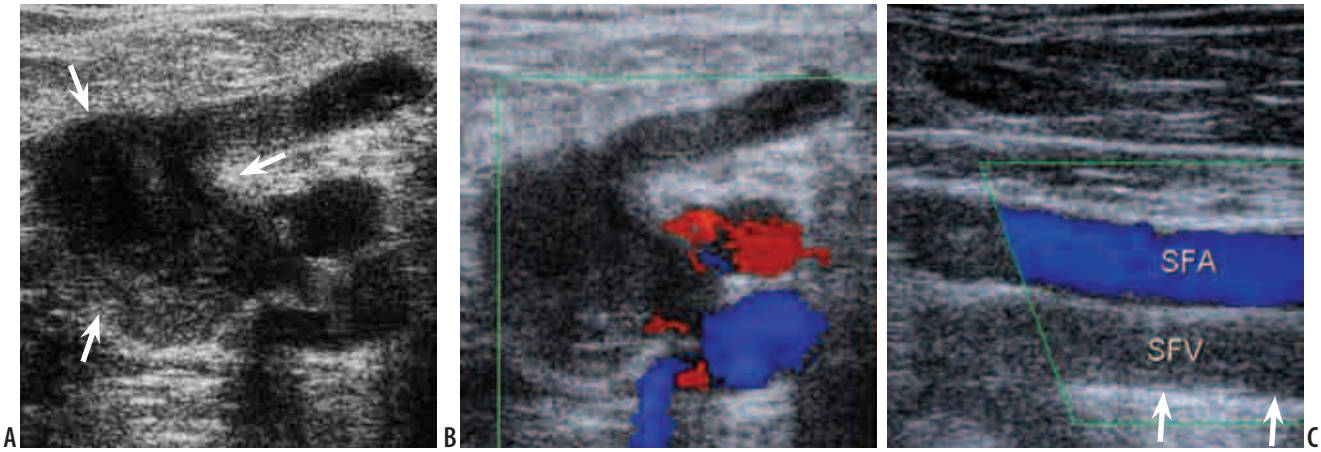
İnceleme yöntemi: Bacağın venöz incelenmesine hasta sırtüstü yatarken kasık bağı seviyesinde, büyük safen venin ortak femoral venle birleştiği noktadan başlanır. Hastanın ayakları yaklaşık 15 derece aşağıda olmalıdır. Transvers planda 1 cm aralara, probla basınç uygulanarak aşağı doğru tüm damar boyunca ilerlenir. Daha sonra hasta yüzüstü çevrilir, dizi 15 derece fleksiyona getirilir ve popliteal ven aynı şekilde incelenir. Trombüs görülürse longitüdinal kesitlerle trombüsün uzanımı belirlenir.

Normal venlerin eşlik ettikleri arterlerden hafifçe daha geniş olduğu ve solunumla çap değiştirdikleri, ekspriumda genişleyip inspriumda daraldıkları gözlenir. Hastanın baldırı yukarıya doğru sıvazlanırsa veya ayağını fleksiyona getirmesi istenirse akımın arttığı ("augmentation") gözlenir. Geniş ve orta çaplı venlerde kendiliğinden akım izlenir. Akım tek yönlüdür ve Valsalva manevrası ile geriye kaçış saptanmaz.

Baldır venlerinde anatomik varyasyon çok fazladır. Genellikle doğrudan pulmoner emboli kaynağı değildirler. Birçok klinisyen baldır venlerindeki trombüslerde antikoagülan tedaviye gerek görmez. Baldır venlerindeki trombüslerin yaklaşık %20 kadarının proksimale ilerleyerek popliteal venlere geçtiği görülmüştür. Bu nedenlerle DVT araştırılmasında baldır venleri incelemeye dahil edilmez; trombüsü olduğu varsayılan olgularda popliteal vene ulaşıp ulaşmadığı 3-5 günlük aralarla kontrol edilmelidir.

DVT tanısı önemlidir; pulmoner embolilerin %90'ının kaynağıdır; DVT'li olguların yaklaşık yarısında da pulmoner emboli ortaya çıkar. Venin lümeninde trombüs olmadığının en güvenilir ölçütü, probun basıncı ile venin kapanabilmesidir. Veni kapamaya yetecek basınç genellikle yanındaki arteri deforme etmeyecek kadar olmalıdır. Trombüsün varlığını gösteren bulgular ise trombüs bulunan venin genişlemesi ve trombüsün görülmesidir. Trombüslerin çoğu akımla izoekoik olduğu için farkedilmeleri güç olabilir. Renkli Doppler sorunu çözer; trombüsün bulunduğu kesim renklenmez, renkle dolu damar lümeni içerisinde defekt olarak görülür. Tromboze venin çevresinde kollateral venler görülebilir.

DVT tanısında US incelemesi sırasında birtakım manevralarla venin tıkalı olup olmadığı araştırılır. Bunlardan birisi inceleme sırasında baldırın sıvazlanmasıdır. Alt taraf venlerinin açık olup olmadığını gösteren bu testte sıvazlama sonucu normalde incelenen vende akımın artması, venin çapının genişlemesi gerekir. Bir değişiklik yoksa incelenen ven kesimi ile baldır arasında akımı engelleyen bir obstrüksiyon var



Resim 3.64 Femoral ven-vena safena magna bileşkesinde A. Akut trombüse ait damarda genişleme ve hipoekoik görünüm (oklar), B. Renkli dopplerde akım görünmüyor. C. Longitidünal kesitte super fisial femoral vende ekojenitesi artmış trombüs. Trombüsün ekojenitesinin artmış olması ve vende genişleme görülümemesi trombüsün subakut evrede olduğunu gösteriyor (oklar). Ayrı olgu.

demektir. İkinci manevra hastaya Valsalva manevrası yaptırmaktır. Normal venler bu manevra ile genişler ve manevra bitirildiğinde akımda artma görülür. Bu bulguların görülmemesi incelenen kesimde veya proksimalinde trombüsün varlığını gösterir.

Akut ve kronik trombüs arasında ayırım yapmak her zaman kolay değildir. Yeni trombüs hipoekoik, eski trombüs ekojen görülür (Resim 3.64). Akut trombüslerin bulunduğu damar genişler, kronik trombüsler damarı genişletmez. Kronik trombüslerde ven duvarı kalınlaşmış ve düzensizleşmiştir; ven tam komprese edilemez. Kronik trombüsler rekanalize olabilirler.

Obezite ve ödemde inceleme güçleşir ve güvenilirliği azalır. Adüktör kanal içerisindeki damar segmentlerinin incelenmesi güçtür. Eğer venöz yapılar duplike ise açık olan değerlendirildiğinde diğerindeki trombüs gözden kaçabilir. Dıştan damara basılarda da akım zenginleşmesi ve damar genişlemesi görülmeyebilir. Trombüs lümeni tam tıkamamışsa veya rekanalize olmuşsa trombüs çevresinde ince bir akım saptanır. DVT'de Doppler US'nin duyarlılığı %90 özgüllüğü %95, civarındadır. Pelvik ve baldır venlerinde bu yüksek değerlere erişilmez. Baldır venlerinde venografi daha değerlidir.

Kronik venöz yetmezlik: Olguların %40'ı akut DVT gelişimini izler, geriye kalan olgularda neden ven kapaklarındaki yetersizliktir. Venöz kapaklar tahrip olur ve görev yapamaz. Sık görülen bir anormalliktir; kadınların yaklaşık %25'inde erkeklerin %15'inde görülür. Valsalva manevrası ve sıvazlama ile yapılan Doppler US'de derin venlerden yüzeyel venlere doğru 1 sn'den fazla süren tersine akım görülür. İnceleme yatarak veya ayakta yapılabilir. Tersine akım büyük veya küçük safen venin distal kesimlerinde araştırılır. Basınç artımı manevralarında akımın derin venlerden yüzeyel venlere doğru olduğu damarların genişlemesinden anlaşılır.

Yararlanılan Kaynaklar

Baum RA, Stavropoulos SW, Fairman RM, Carpenter JP. Endoleaks after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. J Vasc Interv Radiol 2003;14:1111-1118.

Becker CR, Jakobs TF, Aydemir S, et al. Helical and single-slice coventional CT versus electron beam CT for the quantification of coronary artery calcification. AJR Am J Roentgenol 2000;174:543-547.

Bogaert J, Dymarkowski S, Taylor AM, eds. Clinical Cardiac MRI. Berlin, New York: Springer-Verlag, 2005.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology, 3. ed, Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2007.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology, 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2007.

Caffey J. Pediatric x-ray diagnosis. 6. ed. Chicago: Year Book, 1972

Darcy M. Treatment of lower GI bleeding: vasopressin infusion versus embolization. J Vasc Interv Radiol 2003;14:535-543.

Dembo LG, Shifrin RY, Wolff SD. MR imaging in ischemic heart disease. RCNA 2004;363:2162-2171.

Goldberg BB, Wells PHT. Ultrasonics in clinical diagnosis. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1983.

Gordon IRS, Ross FGM. Diagnostic radiology in pediatrics. London: Butterworths, 1977.

Grainger RG, Allison AJ. Diagnostic radiology. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1986.

Higgins CB, de Roos A. Cardiovascular MRI and MRA. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

Higgins CB, Hricak H, Helms CA. Magnetic resonance imaging of the body. New York: Raven Press, 1992.

Kelekis D. Study of the aortic arch and great vessels by US, CT, MR and angiography. Categorical course ECR'93, Vienna, 1993; 137-144.

Kinney TB. Update on inferior vena cava filters. J Vasc Interv Radiol 2003;14:425-440.

Kirschner PT. Nuclear medicine review syllabus. New York: Society of Nuclear Medicine, 1980.

Lawler LP, Pannu HK, Fishman EK. MDCT evaluation of the coronary arteries, 2004:how we do it-data acquisition, postprocessing, display and interpretation? AJR 2004;184:1402-1412.

Leung DA, Spinosa DJ, Hagspiel KD, Angle JF, Matsumoto AH. Selection of stents for treating iliac arterial disease. J Vasc Interv Radiol 2003;14:137-152.

Link KM. Cardiovascular MR imaging, present status. In: Syllabus: special course, MR 1990. RSNA publications 1990; 123-140.

Lipton MJ, Boxt LM. Cardiac imaging. RCNA 2004;42:487-697.

Manning W, Pennel D. Cardiovascular Magnetic Resonance. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2002.

Meschan I. Analysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Meschan, I. Synopsis of analysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1976.

Mettler FA, Guibertau MJ. Essentials of nuclear medicine imaging. Orlando: Grune and Stratton, 1983.

Mewissin MW, Seabrook GR, Meissner MH, et al. Catheter-directed thrombolysis for lower extremity deep venous thombosis: report of a national multicenter registry. Radiology 1992;211:39-49.

Moss AA, Gamsu G, Genant HK. Computed tomography of the body. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992.

Needleman L. Peripheral venous US, In: Syllabus: special course Ultrasound 1991. RSNA publications, 1991; 201-210.

Polak JF. Periferal arterial sonography, In: Syllabus: special course ultrasound 1991. RSNA publications, 1991; 211-224.

Schoenhagen P, Halliburton SS, Stillman AE, et al. Noninvasive imaging of coronary arteries: current and future role of multi-detector row CT. Radiology 2004;232:7-17.

Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, Yucel EK. CT of coronary artery disease. Radiology 2004;232:18-37.

Schulthess GK. MRI of the heart and great vessels. MR: State of the art, Categorical cource ECR'91, Vienna, 1991; 105-110.

Scoutt LM, Zawin ML, Taylor KJW. Doppler US, Part II. Clinical application. Radiology 1990; 174: 309-319.

Stanford W, Thompson BH. Imaging of coronary artery calcification. Its importance in assessing atherosclerotic disease. RCNA 1999;37:257-272.

Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.

Swischuk L. Imaging of the newborn, infant and young child. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989.

Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987.

Taylor KJW, Burns PN, Wells PNT. Clinical applications of Doppler ultrasound. New York: Raven Press, 1988.

Taylor KJW, Burns PN. Doppler ultrasound: Continuous and pulsed, superficial and deep. Categorical course in ultrasound. RSNA publications, 1984; 139-170

Tuncel E, Yazıcı Z. Çocuk Hastalıklarında Radyolojik Bulgular, Bursa: Nobel&Güneş, 2002.

Walker JM, Margouleff D. A clinical manual of nuclear medicine. Norwalk: Appleton-Century-Crofts, 1984.

Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani MC. Primer of Diagnostic Imaging, 3. ed. Philadelphia: Mosby, 2003.

Winsberg F. Echocardiography: Adult, pediatric and fetal, In: Syllabus, categorical cource in ultrasound, RSNA publications 1984; 171-182.

Zeitler E. Peripheral vessels. Categorical cource'93, Vienna, 1993; 145-152.

Zwiebel WJ. Color dupleks imaging and Doppler spectrum analysis: Principle, capabilities and limitations. Seminars in ultrasound, CT and MR 1990; 11: 84-96.

4. Bölüm

Sindirim Sistemi

Sindirim Borusu

Karaciğer

Safra Sistemi

Pankreas

Dalak

Periton

DÜZ KARIN RÖNTGENOGRAMI

Gövdenin diyafragmanın altında kalan kesimine karın adı verilir. Üstte diyafragma ile sınırlanmıştır ve altta pelvis girimine kadar uzanır. Önde ve yanda karın kasları, arkada omurgası ile çevrilmiştir. Anatomik olarak bu şekilde tanımlanan karın, röntgenolojik olarak; düz karın röntgenogramlarında görülen ve ksifoidden simfizis pubise kadar olan bölgenin tümü olarak kabul edilir. Düz röntgenogramlardaki bu bütünlüğe rağmen, anatomik olarak karın boşluğu ve alt kesimindeki pelvis ayrı yapılar olarak tanımlanır. Bu ayırım kesit görüntülerde de geçerlidir ve diyafragmadan böbreklerin bitimine kadar olan kesim üst karın aşağısı pelvis olarak kabul edilir.

Anatomik olarak pelvis, kemik pelvisin çevrelediği bölgedir. Geniş üst bölümüne büyük pelvis (pelvis majör) veya yalancı pelvis, alt kesimine ise küçük pelvis (pelvis minör) veya gerçek pelvis adı verilir. Bu iki yapı linea terminalis ile birbirinden ayrılır. Linea terminalisi arkada promontorium, yanlarda linea arkuata önde ise pekten ossis pubis yapar.

Karın bir bütün olarak düz radyogramlarla görüntülenir. Yöntem, her yerde bulunabilmesi, basitliği ve ucuzluğu yanında sağladığı anatomik bütünlük ile de değerli bilgiler taşır. Karın incelenmesinde kullanılan düz röntgenogramlar şunlardır: 1) Düz karın röntgenogramı (yatarak), 2) Düz karın röntgenogramı (ayakta), 3) Düz karın röntgenogramı (dekübitus projeksiyonlarında), 4) Göğüs röntgenogramı (arka-ön).

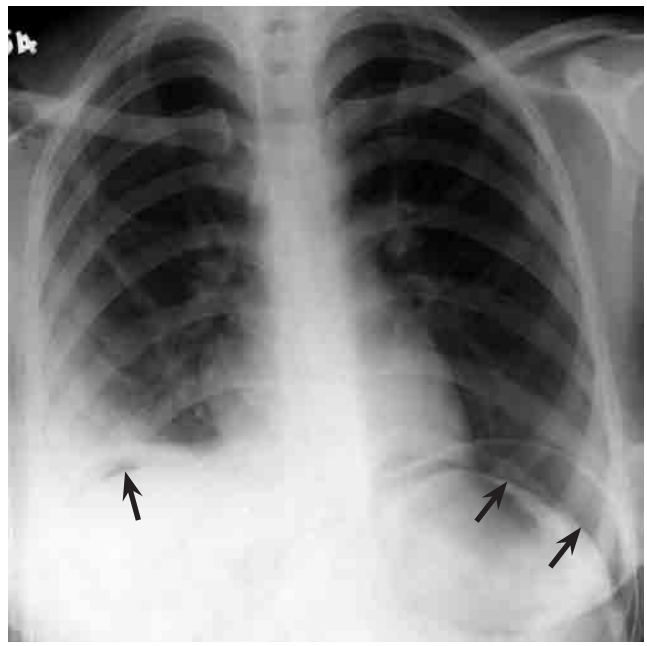
Hasta sırtüstü yatarken elde edilen düz karın röntgenogramları, karın lezyonlarının değerlendirilmesinde temel yöntemdir. Röntgenogramlar ksifoidden simfizis pubise kadar olan bölgeyi içine almalıdır. Üriner sistemi incelemek amacıyla isteniyorsa müshil verilerek bağırsaklar boşaltılmalıdır. Buna, yaygın olarak kullanılan deyimle direkt üriner sistem (DÜS) röntgenogramı da denilmektedir.

Hasta ayakta iken elde edilen düz karın röntgenogramlarının iki temel endikasyonu vardır. İntestinal obstrüksiyonda bağırsaklarda sıvı düzeylerini ve perforasyonda diyafragma altındaki serbest havayı araştırmak. Ülkemizde ayakta çekilen röntgenogramlarda çoğunlukla grid kullanılmaz. Dolayısıyla bu röntgenogramlar yatarak elde edilenlerden daha yetersiz kalitededir. Bu nedenle ayakta elde edilen düz karın röntgenogramları yalnız obstrüksiyon ve perforasyon düşünülen durumlarda istenmeli ve bu röntgenogramlarda, örneğin üreter taşı gibi küçük anormallikler aranmamalıdır.

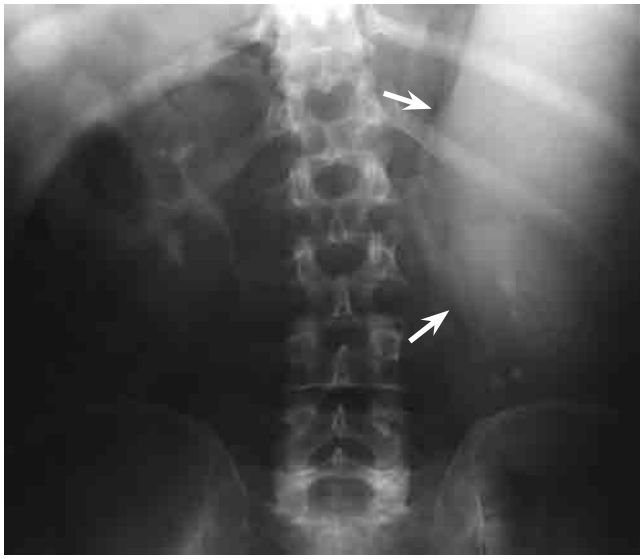
Dekübitus pozisyonundaki karın röntgenogramlarının endikasyonları da ayakta elde edilen düz karın röntgenogramlarında olduğu gibi, obstrüksiyon ve perforasyondur. Ayakta duramayan hastalara uygulanır. Çok az miktarda peritoneal serbest hava, hastanın sağ tarafı yukarıda elde edilen dekübitus röntgenogramında, karaciğerle karın yan duvarı arasında, daha iyi görülür.

Karnın röntgen incelenmesine göğüs röntgenogramları da eklenir. Bunun iki nedeni; özellikle çocuklarda pnömoniler ve kalp hastalıklarının akut karın bulgusu verebilmeleri ve perforasyonlu hastaların nefeslerini tutmakta zorluk çekmeleridir. Düz karın röntgenogramında ekspojur süresi uzundur. Bu süre içinde diyafragmalar hareket ederek altlarındaki havanın görülmesini engellerler. Göğüs röntgenogramlarının çekim süresi çok daha kısadır. Bu nedenle diyafragma altındaki serbest hava, diyafragma altları görülecek şekilde istenen bir göğüs röntgenogramı ile daha iyi saptanır (Resim 4.1).

Röntgenogramlar önce teknik yönden değerlendirilir. Ekspojur ve banyo faktörleri, kasetin konumu, ışının santralizasyonu, görüntüyü etkileyen teknik faktörlerdir. Daha sonra lezyonların değerlendirilmesine geçilir. Değerlendirme, hiçbir şeyin gözden kaçırılmaması için sistematik olarak yapılmalıdır. Karın röntgenogramlarında genellikle sırasıyla kemikler, yumuşak dokular, gaz görünümleri ve opasiteler de-



Resim 4.1 Hemidiyafragmalar altında serbest hava (oklar).



Resim 4.2 Splenomegali. Sol üst kadranda yoğunluk artımı (oklar) ve sol böbrekte aşağı ve içe yer değişikliği. Sağ üst kadranda opak safra kesesi taşı görülüyor.

ğerlendirilir. Kemiklerin yoğunlukları, trabeküler yapıları ve anatomik bütünlükleri ve eklemler değerlendirilir.

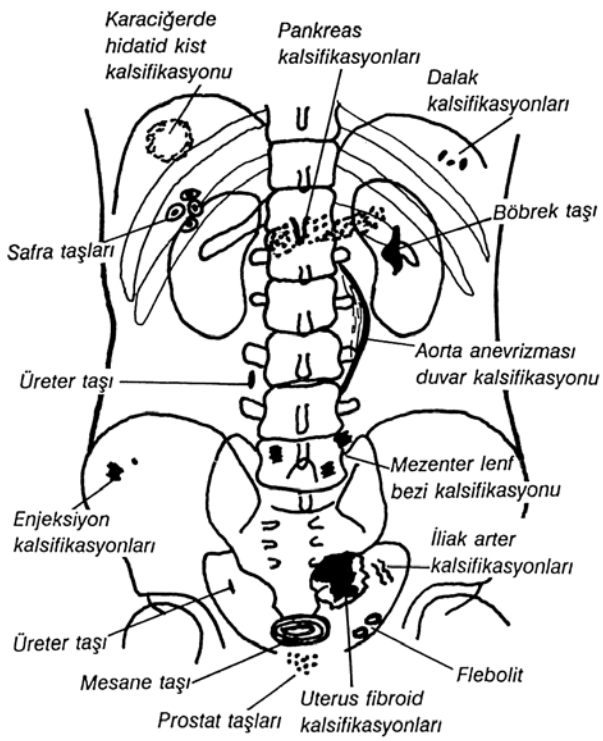
Böbreklerin büyüklükleri, yerleşim yerleri, kenarları incelenir. Karaciğerin ve dalağın büyüklükleri araştırılır. Hepatomegalide fleksura hepatika, splenomegalide fleksura lienalis aşağı doğru yer değiştirir. Dalak aşırı derecede büyürse sol üst kadrandan aşağıya doğru uzanan alt sınırı yuvarlak bir kitle olarak görülür ve böbreği içe ve aşağı doğru iter (Resim 4.2). Karın yan duvarında içte ekstraperitoneal yağ dokusu görülebilir; peritoneal inflamasyonda bu gölge silinir. Karın arka duvarını yapan psoas kaslarının kenarları retroperitoneal apse, hematom gibi lezyonlarda görülmez.

Opasiteler (Şekil 4.1)

Karın röntgenogramında en sık görülen opasiteler üst kesimde kostokondral kalsifikasyonlar, pelviste ise flebolitlerdir.

Sağ üst kadranda görülen opasiteler böbrekte, böbreküstü bezinde, karaciğerde ve safra sisteminde olabilir. Safra kesesi taşları, kese duvarı kalsifikayonu ve koledok taşları safra sistemiyle ilgili yoğunluk artımı nedenleridir. Üriner sistem taşlarının tersine, safra taşlarının çoğunluğu nonopaktır. Bu nedenle düz röntgenogramlarda safra taşı yönünden negatif sonuç değerli değildir. Safra taşları içerisinde en opak olanı kalsiyum karbonat taşlarıdır. Kalsifiye pigment taşlarının yoğunluğu fazla değildir. Saf kolesterol taşları ise radyolusenttir. Opak taşlar içerisinde gaz yapan bakteriler tarafından oluşturulan gaz görünümleri saptanabilir. Bunlar düz röntgenogramlarda yumuşak doku içerisinde *karga ayağı* veya *mersedes işaretine* benzer radyolusent çizgiler şeklindedir. Safra kesesi taşının fasetli (yüzeyli) olması, tanıya yardımcı bir özelliğidir. Kesede çok sayıda taş bulunan olgularda, koledok taşı oranı operasyonda %15-20 olarak bulunmuştur. Düz röntgenogramlarda bunların ancak %1-2'si görülebilir. Kese duvarı bazen kronik inflamasyonların iyileşme evresinde kalsifiye olur. Düz röntgenogramlarda saptanabilen bu görünüme *porselen safra kesesi* adı verilir. Karaciğer kalsifikasyonları da yerleşim yerine göre sağ üst kadranda izlenebilir.

Böbrek opasiteleri nefrolitiazis ve nefrokalsinozistir. Üriner sistem taşlarının %85'i opaktır. Değişik şekillerde olabilir. En tipik görünümü pelvisi doldurarak kalikslere doğru uzanan ve dallı budaklı görünümü *ile geyik boynuzuna ("stag-horn")* benzeyen taşlardır. Yuvarlak ve çok sayıdaki taş kümesi, taşların safra kesesi taşlarında olduğu gibi bir sıvı kesesi içerisinde oluştuğunu gösterir. Bu nedenle böyle taşlar böbrekte hidronefrotik genişleme olduğunu düşündürmelidir.



Şekil 4.1 Düz karın röntgenogramında görülebilecek opasiteler.



Resim 4.3 pelvis içerisinde opak görünümler (ok). A. Flebolitler. B. Üreter taşı (ok).

Safra kesesi taşları ile sağ böbrek opasiteleri önarka röntgenogramlarda üst üste düşebilir. Böyle durumlarda yan karın röntgenogramı ayırıcı tanıya yardım eder. Bu röntgenogramlarda üriner sistem taşları arkaya, omurga üzerine; safra sistemi taşları ise öne düşer.

Böbrek yerleşimindeki kalsifikasyonların bir nedeni de böbreküstü bezinin kalsifikasyonlarıdır. Yenidoğanda görülen böbreküstü bezi hematomu kalsifikasyonla iyileşir. Böbreküstü bezinden çıkan nöroblastomların yarısına yakını kalsifiyedir. Çocukların bir lipiodozisi olan Wolman hastalığında ve TB nedenli Addisonlu olgularda da her iki böbreküstü bezinde kalsifikasyon görülür.

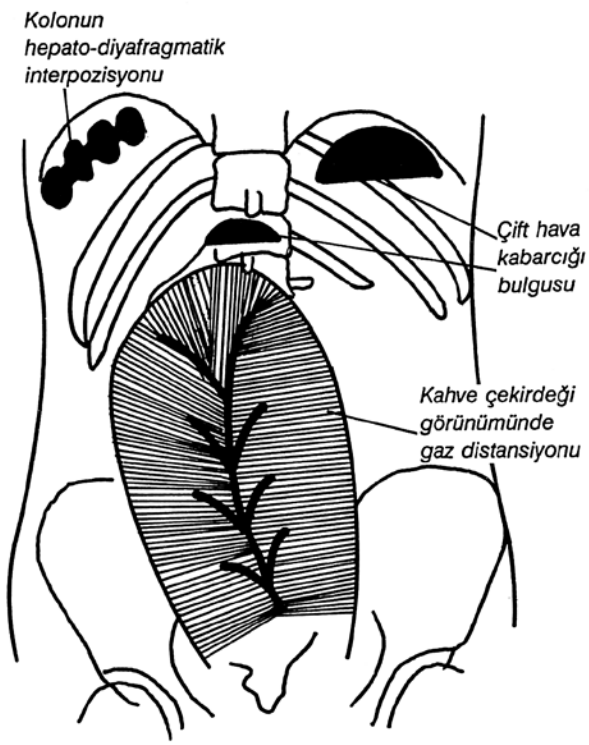
Böbrek ve böbreküstü bezine ait kalsifikasyonların dışındaki sol üst kadran kalsifikasyonlarının çoğu dalağa aittir. Kostokondral kalsifikasyonlar her iki üst kadran üzerine düşerek karışıklığa neden olabilir. Pankreas kuyruğu kalsifikasyonları da bu bölgede görülür. Pankreasın gövde ve baş bölgesinin kalsifikasyonları üst karın bölgesinde ortada yerleşir. Daha aşağıda, orta çizginin solunda abdominal aortun ve anevrizmasının duvar kalsifikasyonları her iki tarafta üreter taşları görülebilir. Sağ alt kadranda görülen opak görünümler apendikoliti temsil edebilir.

Pelvis içerisinde uterus ve overlere ait lezyonların, mesanenin ve prostatın kalsifikasyonları görülür. Kadınlarda pelviste görülen kalsifikasyonların en sık nedeni uterus miyomlarıdır. Genç kadınlarda pelviste görülen kalsifik veya ossifik odaklar öncelikle over teratodermoidlerini akla getirmelidir. Veziküla seminalis kalsifikasyonları, mesane taşları, mezenter lenf bezi kalsifikasyonları tipik görünümler verirler. Flebolitler (ven kalsifikasyonları) pelvis içerisinde en sık görülen kalsifikasyondur. Ortaları daha az yoğun küçük yuvarlak şekilleriyle kolayca tanınır ve pirinç şeklindeki uzunluğu üreterin seyrine paralel olan üreter taşlarından ayrılabilir (Resim 4.3). Plesantada normalde 32. haftadan sonra kalsifikasyon görülebilir.

Gaz görünümleri (Şekil 4.2)

Doğumdan üç-altı saat sonra sindirim borusunun her yerinde gaz görülebilir. Yenidoğanın duodenal obstrüksiyonlarında, midenin ve obstrüksiyonun üst kesimindeki duodenumun distansiyonuna bağlı iki ayrı gaz görünümü tipiktir. Buna *çift hava kabarcığı işareti* ("*double-bubble*") adı verilir (Resim 4.4). Proksimal jejunal obstrüksiyonda hava kabarcığı üç tane olabilir ("*triple-bubble"*). Yenidoğanda bağırsak duvarında gaz görülmesinin en sık nedeni nekrotizan enterokolittir (Resim 4.5).

Ayakta elde edilen röntgenogramlarda sol diyafragma ile fundus gazı arasındaki uzaklık normalde 0.5 cm'dir. Daha fazla olması, güvenilir bir bulgu olmamasına rağmen, subpulmoner sıvı toplanmasını düşündürmelidir.



Şekil 4.2 Karında anormal gaz gölgeleri.



Resim 4.4 Duodenal atrezide "double-bubble" görünümü. Abdomenin diğer kesimlerinde gaz yokluğu.



Resim 4.5 Nekrotizan enterokolit. Mide duvarından gaz görünümleri (oklar).

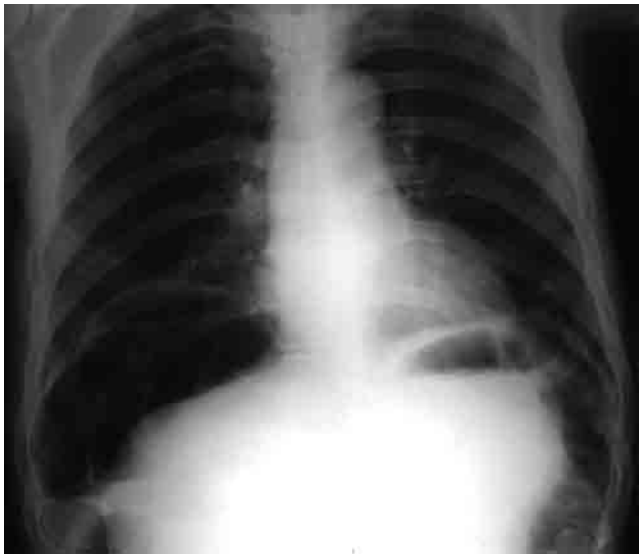
Normal olgularda sindirim borusu içerisinde gaz, midede ve çok az miktarlarda ince bağırsakta ve kolonda vardır. Bağırsaklardaki gazın nedeni yutulan havadır; gastroenteritlerde, laksatif alanlarda, fazla miktarda gazlı içecek içenlerde ve aerofajisi olanlarda miktarı daha fazladır. İnce bağırsaklarda görülen gaz, yatarak elde edilen röntgenogramlarda tüm karın içerisine saçılmış küçük gaz birikintileri şeklindedir. Ayakta çekilen röntgenogramlarda 2.5 cm'den daha kısa sıvı seviyeleri verirler. Karında gaz, normal gaz örneği, hiç gaz yokluğundan 3 - 4 adet 2.5 cm'den küçük sıvı seviyesine kadar değişir. Kolonlarda gaz, en çok çekum ve çıkan kolonda görülür. Çekum en geniş gaz distansiyonu görülen kolon segmentidir; 8 cm çapa kadar gaz distansiyonu normal kabul edilir.

Bazen diyafragma ile karaciğer arasına kolon segmentleri girer. Reversibl olan bu duruma kolonun hepato-diyafragmatik interpozisyonu veya Kleiditis sendromu adı verilir (Resim 4.6).

Yan röntgenogramlarda sakrumla rektum gazının arası normalde 0.5-1.5 cm olmalıdır.

Midenin gaz distansiyonu pilor stenozu, ülsere bağlı pilor veya duodenum obstrüksiyonu, akut refleks gastrik dilatasyon, diyabetik gastrik atoni, postvagotomi sendromu ve üremide görülebilir.

Safra sistemine değişik nedenlerden dolayı gaz girebilir. Safra yollarındaki gaz karaciğerin orta kesimlerindeki geniş safra kanallarında daha belirgin olarak



Resim 4.6 Kolonun hepato-diyafragmatik interpozisyonu (Kleiditis sendromu).

görülür. Bu görünümüyle karaciğerin periferinde daha belirgin görülen portal sistemdeki gazdan ayrılabilir. Safra sisteminde gaz nedenleri şunlardır:

1. Operatif: Kolesisto-jejunostomiden (inoperable pankreas karsinomasında sarılığın giderilmesi için) ve koledoko-duodenostomi veya koledoko-jejunostomiden sonra (parsiyel pankreatektomiden sonra).
2. Spontan safra fistülünden sonra: Safra kesesi genellikle duodenuma, daha az olarak da kolona yapışır ve açılır. Bir hastada ileus tablosu ile birlikte intraintestinal safra taşı ve safra sistemde göz görünümleri varsa *safra taşı ileusu* tanısı konabilir. Bazen kronik duodenal peptik ülser koledok kanalına penetre olabilir.
3. Vater ampullasından regurjitasyona bağlı: Oddi sfinkterine yönelik girişimden sonra (sfinkterotomi) ve taşın duodenuma geçişi sonucu oluşan sfinkter yetmezliğine bağlı olarak.
4. Amfizematöz kolesistit: Genellikle diyabetiklerde gaz yapan organizmaların oluşturduğu enfeksiyona bağlıdır. Ayakta çekilen röntgenogramlarda sıvı seviyesi görülür. Duktus sistikusun tıkalı olmasına bağlı olarak safra ağacında gaz görülmemesi, diğer gaz nedenlerinden ayırıcı tanısında yardımcı bir bulgudur.

Bekçi bağırsak segmenti ("*sentinel loop*") iltihaplı organa komşu paralitik dilate bir bağırsak segmentini tanımlar. Takip için çekilen röntgenogramlarda hep aynı pozisyonda kalması tanı özelliğidir. Sağ üst kadranda görülmesi safra kesesi iltihabını düşündürür. Pankreatitde epigastriumda, divertikülit, apandisit, salpinjit ve Crohn hastalığında alt kadranlarda görülür.

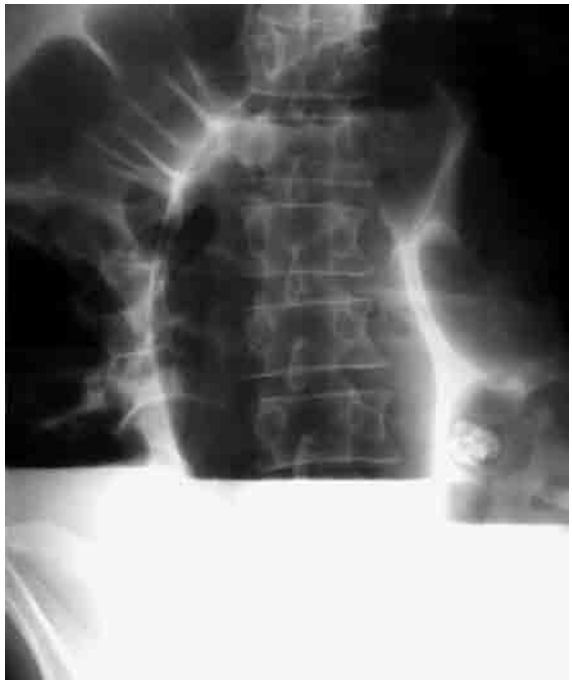
Akut pankreatitte karın röntgenogramı semptomların başlangıcından hemen sonra alınmışsa, abdomendeki normal gaz gölgelerinde azalma görülür. Bazen pankreasa komşu genişlemiş bir ince bağırsak segmenti (*sentinal lup)* izlenebilir. Transvers kolonun orta kesiminde gaz yokluğu *Stewart bulgusu* olarak tanımlanmıştır. Daha sonra gelişen peritoneal reaksiyona bağlı olarak üst abdominal bölgede, tek veya çok sayıda jejunal segmentlere ait sıvı düzeyleri görülür.

Akut apandisitin kliniği bazen sağ üreter ve böbrek taşı ile karışabilir. Apandisitin çevresinde yerel peritonit veya apse gelişmişse ayakta çekilen röntgenogramlarda sağ alt kadranda sıvı düzeyi gösteren genişlemiş bir veya bir kaç ileal segment bulunabilir (Resim 4.7). Bazen görülen apendikolit, apandisit lehine güvenilir bir bulgudur.

Sigmoid volvulusunda, pelvisten diyafragma altına kadar uzanan *kahve çekirdeği* veya *tersine dönmüş* "*U*" şeklindeki geniş gaz distansiyonu tipiktir. (Resim 4.8) Opak lavmanda kontrast madde gittikçe incelerek *kobra başı* görünümü alır ve daha ileri gitmez. Bağırsak mezosunun kendi üzerinde kıvrılması ile ortaya çıkan volvulus en sık sigmoidde, daha az sıklıkta çekumda görülür.



Resim 4.7 Akut apandisitiste sağ alt kadranda bağırsak segmentleri içerisinde küçük sıvı düzeyleri.



Resim 4.8 Sigmoid volvulusu. Pelvisten diyafragma altına kadar uzanan kahve çekirdeği veya tersine dönmüş U şeklinde gazla genişlemiş sigmoid kolon. Ayakta elde olunan röntgenogramda altta sıvı seviyeleri görülüyor.

Toksik megakolon genellikle ülseratif kolitte görülen bir kolon segmentinin aşırı dilatasyonla karakterize akut ve çok şiddetli iltihabıdır. Bağırsak duvarı *ıslanmış kurutma kâğıdı* görünümü almıştır ve perforasyon riski çok yüksektir. Hasta ateşli ve ağır bir tablodadır, bağırsak sesleri kaybolmuştur. En sık transvers kolon tutulur. Kolonun haustraları silinmiştir ve çapı 15 cm'ye çıkabilir. İç yüzeyinde ülserlerle çevrelenmiş alanların oluşturduğu nodüle benzer yumuşak doku kabartıları görülür. Duvarda gaz görülebilir ve perforasyonun habercisidir. Lavman kesinlikle kontrendikedir, perforasyona neden olur.

Mekanik ileuslarda obstrüksiyonun proksimalindeki bağırsak segmentlerinde sıvı düzeyleri görülür. Paralitik ileusta ise sıvı seviyeleri karnın her kesiminde yaygındır.

SİNDİRİM BORUSU

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Baryumlu incelemeler

Sindirim borusunun konvansiyonel inceleme yöntemi baryumlu röntgen çalışmalarıdır. Sadece baryum süspansiyonları ile yapılan çalışmaları daha çok kenarı değerlendirirken, çift kontrast çalışmalarla, öncelikle mukozanın incelenmesi amaçlanır. Baryum çalışmaları ile hastalıkların mukozada ve lümende oluşturduğu değişiklikler saptanır. Göreceli olarak daha az invaziv olması, anatomik oryantasyon sağlaması ve ince barsağın incelenmesinde, kapsül endoskopi dışında, alternatifsiz olması da baryumlu incelemenin üstünlükleridir. Baryumlu incelemenin başarılı olabilmesi için çok iyi bir teknik, röntgenogramları kontrollü okuma ve gerektiğinde hastayı tekrar inceleme şarttır.

Endoskopideki gelişmeler yanında, ÇKBT ile çok hızlı ve çözümlemesi yüksek görüntüler elde edilebilmesi ve karnından yakınması olan poliklinik hastalarında US'nin ilk istenen radyolojik tetkik olması sindirim sisteminin baryumlu çalışmalarında belirgin bir azalmaya neden olmuştur.

BT

Sindirim borusu radyolojisinde, mukozal ve intraluminal lezyonlar baryum çalışmaları ile değerlendirilir. Mukozal tutulum endoskopi ve çift kontrast incelemelerle erken saptanabilir. BT ve US gibi kesit görüntüleme yöntemleri ile, lezyonların intramural kesimi ve duvar dışına, mezenterik, peritoneal, retroperitoneal bölgelere ve solid organlara yayılımı değerlendirilir.

Karının radyolojik incelenmesinde BT en güvenilir yöntemdir. Çok hızlı görüntü alan yeni nesil çok kesitli spiral BT (ÇKBT) ile hareket sorunu ortadan kalkmıştır ve çözümlemesi aksiyel kesitlere eşit olan koronal ve sagital reformasyon görüntüleri elde edilmektedir. ÇKBT ile bu kadar hızlı görüntü alınabilmesi, verilen kontrast maddenin dolaşımdaki fazına göre görüntü elde edilmesini sağlar. *Multifaz görüntüleme* denilen bu olanak sayesinde lezyon arteriyel, kapiller, parankimal ve venöz fazlarda görüntülenerek hem görülebilirliği artırılır hem de karakterizasyonuna katkı sağlanır.

Sindirim borusunun BT incelemesinde iyi bir inceleme tekniği gerekir. Lümen boş olmalı ve kontrast madde ile doldurulmalıdır. Bunun için üst sindirim borusu incelemesi hasta açken yapılır. Kolonda ise kolon tetkikinde olduğu gibi bağırsak temizliği yapılmalıdır. Bağırsak lümeni incelemeden yaklaşık bir saat önce ağızdan verilen %1-2'lik 700-800 ml dilüe baryum veya iyotlu kontrast madde ile doldurulur. Terminal ileum ve çekum primer bağırsak hastalıklarının en sık yerleşim yeri olduğundan, inceleme-

de mutlaka kontrast madde ile dolu olmalıdır. Mide ve kolon da kontrast madde ile doldurulur. Mide ve kolonda alternatif kontrast madde olarak izotonik su kullanılabilir. Lezyonun yerleşim yerine göre inceleme pron ve yan dekübitus gibi değişik pozisyonlarda yapılabilir.

Sindirim borusunun BT incelemelerinde bolus şeklinde İV kontrast madde kullanılır. Kontrast madde otomatik enjektörle verilir ve masa kesitler arasında otomatik olarak hareket eder. Kontrast maddenin veriliş hızı ve şekli kesit alma hızına göre ayarlanır. Lezyon biliniyorsa kontrast maddenin veriliş hızı ve şekli lezyonun vaskülarizasyonuna uygun bir zamanlamayla yapılabilir. Tarama standart olarak kalın kesitlerle yapılır; gerektiğinde ince kesitlerlerle çalışılır. ÇKBT ile bir nefes tutmada tüm karın çok ince kesitlerle taranıp, çözümleme kaybı olmadan istenilen düzlemde reformasyonlar yapılabilir.

BT kesitlerinin değerlendirilmesinde en önemli yanılgı kaynağı, bağırsak lümeni opasifikasyonunun ve distansiyonunun yetersiz olmasıdır. Boş ve kollabe veya sıvı ile dolu bir bağırsak segmenti, mezenterik tümörü taklit edebilir. Yetersiz distansiyon duvar kalınlığının yanlış değerlendirilmesine neden olur. Normalde sindirim borusunun kalınlığı bağırsağın distansiyon durumuna göre değişir. Örneğin kollabe bir midede kardiyada psödotümör görünümü ortaya çıkar. Bu nedenle bir bağırsak segmentinde duvar düzgün, konsantrik ve simetrik olarak kalınlaşmış görülüyor ve homojen bir şekilde kontrast tutuyorsa anormal olduğuna karar vermeden önce bu segmentin distansiyon derecesi araştırılmalıdır.

Yerleşim yeri, boyut ve tutulan segmentin uzunluğu önemli ölçütlerdir. Tutulumun lokal, segmental veya difüz olduğu belirlenmelidir. Duvar kalınlığının derecesi, simetrik veya asimetrik tutulum, kenar düzgünlüğü, düzensizliği veya lobulasyonu ve kontrast tutulum şekli BT ölçütleridir. Ekzofitik kitle, lenfadenomegali, uzak metastazlar, komşu mezanterde inflamatuar reaksiyon, flegmon veya apse, ayırıcı tanıya yardım eden önemli bulgulardır.

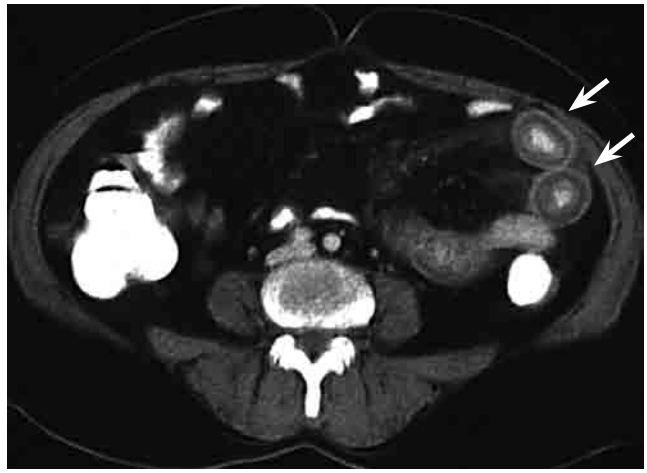
Sindirim borusu duvar tutulumunun morfolojik karşılığı duvar kalınlaşmasıdır. Benign ve malign nedenlere bağlı kalınlaşmanın bazı özellikleri ayırıcı tanıda yardımcıdır.

Sindirim borusunu tutan benign yapıdaki hastalıkların temel karakteristiği, duvarı çepeçevre ve simetrik olarak tutması ve duvar kalınlığının genellikle 1 cm'yi geçmemesidir. Tutulum segmental veya difüzdür. Tutulumun nedenine ve şiddetine bağlı olarak duvar kalınlığı 2 cm'ye kadar çıkabilir; ancak simetri korunur.

Tutulan duvarın enine kesiti homojendir veya düşük ve yüksek dansiteli halkalar şeklindedir; tabakalar kendi içlerinde homojendir. Bu görünümlere *çift halo* (*iki halka*) veya *hedef* ("*target*", *üç halka*) bulgusu adı verilir. (Resim 4.9) Bu tabakalanma submukozal ödem, inflamasyon ve/veya yağ birikimine bağlı olabilir. Halkaların görünümü kontrastın arteriyel fazında daha belirginleşir. Crohn hastalığında tanımlanmış olan bu görünümler spesifik bir bulgu değildir ve iskemik enterit, ülseratif kolit, enfeksiyöz kolit, radyasyon enteriti, Henoch-Schönlein purpurası ve portal hipertansiyondaki bağırsak ödeminde de görülür. Bu bulgular her zaman hastalığın aktif olduğunu da göstermez.

İnflamatuar reaksiyon nedeniyle komşu mezenterik yağ dokusu kalınlaşır ve kirlenir; içerisinde dansitesi artmış çizgilenmeler görülür.

Malign lezyonların tuttuğu bölgenin boyutu değişiktir. Bağırsak duvarı kalınlaşması asimetriktir ve kalınlığı genellikle 2 cm'yi geçen fokal yumuşak doku kitlesi şeklinde görülür. (Resim 4.10) İç ve dış kenarları düzensiz veya lobuledir; dış kenar düzensizliği bazen ışınsal yapıdadır, lümen daralmıştır. Lezyondan normal bağırsağa geçiş keskindir. Homojen şekilde veya bölgesel azalmış kan akımı ve/veya nekroz nedeniyle heterojen şekilde kontrast tutar. Çevre yağ planları oblitere olur. Bölgesel, distal mezenterik



Resim 4.9 BT'de bağırsak duvarında hedef görünümü (oklar). Bağırsak duvarının kalınlaştığı ve birbirinden ayrılabilen tabakalar oluşturduğu görülüyor.



Resim 4.10 Sigmoid tümör. Bağırsak duvarı kalınlaşması asimetrik ve fokal yumuşak doku kitlesi şeklinde görülüyor (oklar).

ve retroperitoneal lenfadenomegali ve karaciğer metastazları görülebilir.

BT-kolonoskopi

Kolorektal karsinom taramasında kolonoskopiye alternatif olarak kullanılabilir. Çok iyi bir bağırsak temizliği gerekir. Optik kolonoskopideki bağırsak temizliğinin aynısı yapılmalıdır. Rektal tüp aracılığı ile hava veya karbondioksit verilerek kolonlar genişletilir. ÇKBT ile bir nefes tutuşta ince kesitlerde tüm kolon taranır. Tarama hasta yüzüstü çevrilerek tekrarlanır. Kesitlerden 3B yüzey rekonstrüksiyonları yapılır. Yöntemin kolorektal kanser taramasındaki yeri tartışmalıdır; 1 cm'den büyük poliplerin tanısında duyarlılığının ve özgüllüğünün yüksek olduğu bilddirilmektedir.

US

Yumuşak dokuları çok iyi görüntülemesi, zararsız, ucuz ve kolay bir yöntem olması nedeniyle US günümüzde karın yakınması olan olgularda tarama testi şeklinde kullanılmaktadır. Bu nedenle karın lezyonları çoğu zaman ilk önce US ile saptanır. Yetişkinlerde genellikle 3.5, çocuklarda 5 MHz'lik sektör transdusırlar kullanılır. Çocuklardaki yüzeyel lezyonlarda daha yüksek frekanslı lineer problar da kullanılabilir.

Yüksek frekanslı problar sindirim borusu duvarının katmanlarını gösterecek kadar duyarlıdır. Endoskopik ve endokaviter US ile lezyonun duvar içerisindeki sınırları histopatolojik spesmenlere uyacak doğrulukla saptanabilir. US duvarın infiltrasyonunu saptar, ancak ayırıcı tanı yapamaz. Akut apandisitin ve yeni doğanda hipertrofik pilor stenozunun büyük doğruluk oranları ile saptanabilmesi yöntemin önemli özellikleridir.

Abdominal yakınması olan hastalarda ilk istenen radyolojik tetkik olması nedeniyle klinik olarak sessiz birçok duvar infiltrasyonu US ile saptanabilir. Lezyonların canlı olarak istenilen her düzlemde incelenebilmesi, pratikte yöntemi diğer kesit görüntüleme yöntemlerinin tamamlayıcısı konumuna getirmiştir. BT ve MR kesitlerinde yapısı hakkında tam bir kanıya varılamayan lezyonlara çoğu zaman US ile bakma gereği duyulur. Uygulayıcının bilgi ve becerisine çok bağlı olması yöntemin en önemli dezavantajıdır.

Gaz, bağırsağın ultrasonografik incelenmesinde önemli bir engeldir. Ancak bağırsak duvarı inflamasyon veya neoplazm nedeniyle infiltre ise bu bölge rijid olacağından genellikle gaz içermez. Ayrıca probun incelenen bölge üzerindeki baskısı ve hareketi, varsa o kesimdeki bağırsak gazlarının da dağılmasına neden olur.

Normal bağırsağın duvar kalınlığı, kollabe iken 5 mm'yi, geniş iken 3 mm'yi geçmemelidir. Mide duvar kalınlığı da 3- 6 mm olarak kabul edilir. Normal şartlarda bağırsakta sıvı görülmez veya geçici olarak çok az bir sıvı gözlenebilir.

Bağırsakta yüksek frekanslı endoskopik US ile çok iyi ayırt edilebilen 5 tabaka vardır. Bunlar içten dışa doğru; 1. Mukoza refleksiyonu, 2. Lamina propria ve müskülaris mukoza, 3. Submukoza, 4. Müskülaris propria, 5. Seroza ve subserozal yağ refleksiyonudur. Mukoza refleksiyonu, sesin lümen içeriği ile mukoza arasındaki yüzeyden yansımasıdır. 1., 3. ve 5. tabakalar hiperekoik, 2. ve 4. tabakalar ise hipoekoik görülür. Bu tabakalar özellikle zayıf hastalarda transabdominal olarak da seçilebilir. İnflamasyon, ödem ve periton boşluğundaki serbest asit varlığında bu tabakaların belirginleştiği görülür.

Normal ince bağırsağın mezenteri, merkezinde küçük damarlar bulunan ekojen yüzeyli, uzun hipoekoik yapılar şeklindedir. Bu yapıların normal anatomisinin bilinmesi mezenterik lenfadenopati ve infiltrasyonun araştırılmasında önemlidir.

Sindirim borusu duvar tutulumunun US görünümü "*target*" (*hedef*) *işareti, rozet işareti, halka* ("*doughnut*") *işareti*, "*bulls eye*" (*boğa gözü*) *görünümü* ve "*psödokidney*" *işareti* gibi terimlerle tanımlanır (Resim 4.11). Bu terimlerin tümü, infiltrasyon ve ödeme bağlı olarak kalınlaşan hipoekoik bağırsak duvarını ve çevrelediği ekojen mukoza görünümünü



Resim 4.11 Kardiyada tümörüne bağlı psödokidney görünümü (oklar).

tanımlar. Benign tutulumda bağırsak duvarında farklı ekojenitede katmanlar seçilebilir; hedef işareti daha çok bu şekildeki tutulumu tanımlamak için kullanılır. (Resim 4.12) Tutulan bağırsak kesiminde peristaltizm azdır veya yoktur; su verilerek yapılan incelemelerde genişlemez.

Bağırsak duvarının kalınlaşmasının birçok değişik nedeni vardır. Bunların başında adenokarsinom, lenfoma gibi tümörler; divertikülit, Crohn hastalığı, ileoçekal tüberküloz, idyopatik kolit, psödomembranöz kolit, nötropenik tiflit gibi inflamasyonlar; Menetrier hastalığı, bağırsak iskemisi, mezenterik venöz tromboz, bağırsak duvarı hematomu, lenfanjiektazi, bağırsak duvarı ve özofagus varisi ve invajinasyon sayılabilir. Bunlardan başka akut peptik ülser, akut apandisit ve hipertrofik pilor stenozunda da bağırsak duvarı kalınlaşır. Bağırsak duvarında kalınlaşmaya neden olan bu lezyonların US görünümleri genellikle ayırt edici değildir.



Resim 4.12 Kalınlaşmış bağırsak duvarında ultrosonografik hedef görünümü. Duvarda tabakalar seçiliyor.

Duvar kalınlığının derecesi inflamasyon ve tümöral infiltrasyon arasında bir ayırıcı tanı ölçütü değildir. Buna karşın inflamasyonun ve iskeminin genellikle tümörden daha uzun bir segmenti tuttuğu söylenebilir. En önemli ayırıcı tanı ölçütü tümörün bağırsak duvarını ekzantrik olarak tutması ve bağırsak duvar katmanlarını ortadan kaldırması; inflamasyonun ise simetrik tutması ve bağırsak duvar katmanlarının korunmasıdır. Akut inflamasyonda görülen infiltrasyon hipoekoiktir. İnflamasyon kronikleştikçe bu hipoekoik görünümün ekojenitesi artar ve gelişen fibroz nedeniyle bağırsak katmanlarının seçilmesi zorlaşır.

Kullanılan sesin dalga boyu ile geometrik çözümleme arasındaki yakın ilişki, lezyona olabildiğince yakın olma zorunluluğunu doğurmuştur. Bunun sonucunda endoskobik, endokaviter ve operatif US yöntemleri geliştirilmiştir. Endoskobik US ile üst sindirim borusunun duvar lezyonlarının tanısı ve ayırıcı tanısı yapılır (örneğin lenfoma ve kanser gibi), bilinen lezyonların yaygınlığı ve varsa çevre lenf nodları saptanır (evreleme), çevre organlardaki (pankreas, karaciğer) varlığı düşünülen ancak konvansiyonel yöntemlerle saptanamayan lezyonlar (örneğin insülinoma) araştırılır. Fiberoptik endoskopların ucuna adapte edilen 7.5 mHz'lik mekanik sektör veya 5 ila 9 mHz'lik elektronik lineer problar çalışılır. Sindirim borusu tümörlerinin lazer fotokoagülasyonunda endoskopik ultrasonografinin kullanılması işlemi kolaylaştırmaktadır. Endokaviter US ile rektum tümörlerinin duvar ve çevre yayılımları duyarlılıkla saptanır. Operatif US ile mide duvarının tutulumu histolojik sınırına uyacak şekilde belirlenerek rezeke edilmesi sağlanır.

Doppler US, lezyonların kanlanmasını değerlendirmede kullanılır.

MR

MR'nin sindirim borusu lezyonlarında BT'ye bir üstünlüğü yoktur. Nazogastrik tüpten bağırsakların izoozmotik su ile doldurulması ve hızlı ince kesitlerle yapılan MR enteroklizis tekniği baryumlu enteroklizisin alternatifi olarak klinikte kullanılmaya başlan-

mıştır. Endorektal sargılarla yapılan incelemelerle rektal kanserlerde bağırsak duvarı ve çevre invazyonu ayrıntılı bir şekilde incelenir; anorektal fistüller görüntülenir.

RG

Radyonüklid görüntülemenin sindirim borusundaki önemli endikasyonları, gastroözofajiyal reflü, gastrointestinal kanama, helikobakteri pilori araştırılması ve Meckel divertikülüdür.

Subtotal gastrektomiden sonra mide parçasının antrum kesimi ihtiva edip etmediği Tc-99m perteknetat ile yapılan sindirim borusu çalışmaları ile saptanabilir.

ÖZOFAGUS

İnceleme yöntemleri

Röntgen: Düz röntgenogramlar ile özofagusta opak yabancı cisim araştırılır. Baryumlu çalışmalar özofagusun temel inceleme yöntemidir. Hastaya baryum sülfat süspansiyonu içirilerek opak maddenin geçişi floroskopik olarak izlenir. Gerekli görülen yerlerde spot röntgenogramlar alınır. İnceleme hastalığa göre ayakta, yatar durumda veya Trendelenburg pozisyonunda yapılabilir. Hiyatal herni araştırılırken intraabdominal basınç artırılarak, özofagus varisi araştırılırken derin inspirium ve ekspiriyum yaptırılarak lezyonun daha iyi gösterilmesine çalışılır. Trakeo-özofajeal fistül düşünülen durumlarda özofagusa bir tüp yerleştirilir; hasta yüzüstü yatar, tüp yavaş yavaş yukarı çekilirken içerisinden opak madde verilir. Radyografi horizontal ışın kullanılarak yapılır. Trakeo-özofajeal fistüllerin ve özellikle, özofagusun motor fonksiyonlarının gösterilmesinde sineradyografi çok değerli bir yöntemdir. Özofagus mukozasıındaki erken değişiklikler ve ayrıntılar çift kontrast tekniği ile daha iyi gösterilir.

Kesit görüntüleme yöntemleri: Tümör evrelemesinde ve lezyonların çevre ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılır. BT temel kesit görüntüleme yöntemidir; MR alternatif olarak kullanılabilir. MR ile özofagus varisleri doğrudan görüntülenebilir.

Endoskopik US ile özofagusun duvarı ayrıntılı olarak incelenir. Ayrıca bu yöntemle mediyastinal yer kaplayan lezyonlar veya lenf nodları da görüntülenebilir; perikardiyal yapılar ve aort diseksiyonu incelenebilir.

Sintigrafinin en önemli kullanım alanı gastroözofajeal reflünün araştırılmasıdır.

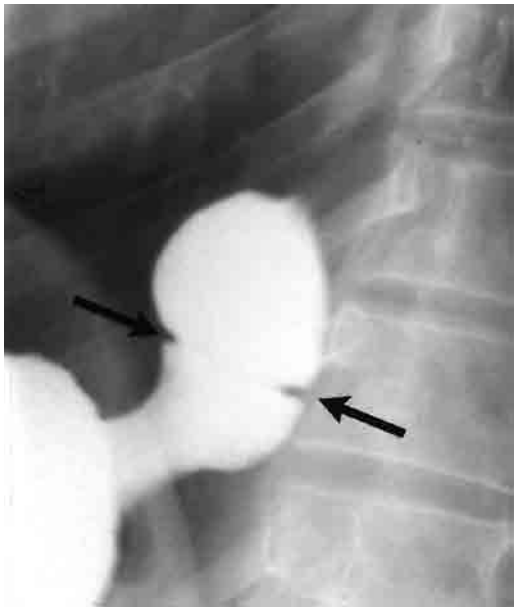
Anatomi

Özofagus krikoid kıkırdak seviyesinden başlayıp midede sonlanır. İçini skuamöz hücreli epitelden oluşan mukoza örter. Mukozanın dışında sirküler ve longitudinal liflerden oluşan kas tabakası vardır, sirküler lifler içeridedir. Özofagusun 1/3 üst kesimi çizgili, geriye kalanı düz kaslardan oluşur. Mideye açıldığı bölüme kardiya adı verilir. Büyük bölümü toraks içindedir. Servikal ve abdominal parçaları da vardır. Abdominal parçası diyafragma altında vestibül adı verilen kısa bir bölümdür. Diyafragma ile birlikte vestibül ve kardiya, mide içeriğinin özofagusa geçmesini önleyen bir sistem oluşturur.

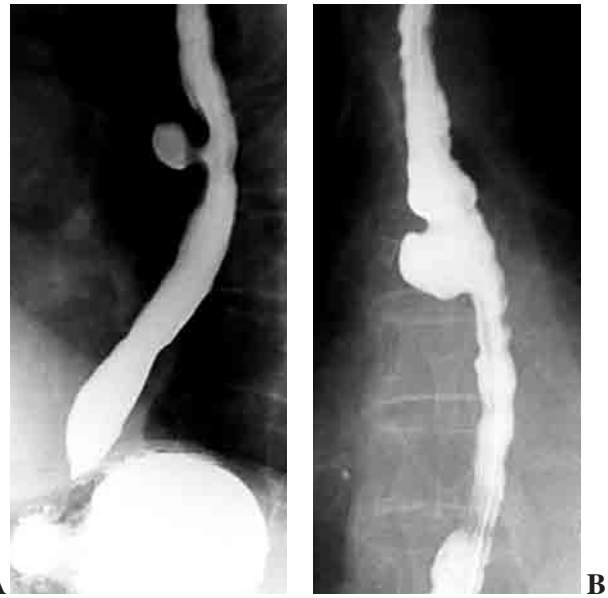
Özofagus mediyastende trakeanın arkasındadır. Büyük bölümü orta çizgidedir. Distal ucu inen aortu çaprazlayarak sola doğru döner ve mide ile birleşir. Arka-ön röntgenogramda aort kavsi düzeyinde aortun bası izi görülür. Yan röntgenogramda üstte aort, biraz altında sol ana bronkus ve en altta da sol atriyumun yaptığı sığ bası izleri vardır. Postkrikoid bölgede, sol ana bronkusu çaprazladığı ve diyafragmadan geçtiği yerlerde özofagus diğer kesimlere göre dardır.

Baryumlu incelemelerde diyafragma üzerindeki kısa bir bölümün opak madde geçerken genişlediği izlenir ve anatomik değil fonksiyonel bir oluşum olan bu görünüme ampulla adı verilir. Ampullanın başladığı seviyedeki hafif girintiye A-çizgisi, bitiş seviyesine B-çizgisi denir. Özofago-gastrik mukoza birleşimi bu seviyededir ve radyolojik olarak görülemeyen ancak endoskopik olarak zig-zag şeklinde izlenen bu bileşime Z-çizgisi adı verilir. Normal olgularda B-çizgisi görülmez, bir indentasyon şeklinde görülüyorsa (*Schatzki halkası*) herni düşünülmelidir. (Resim 4.13) Ampulla bazen çok büyük olabilir ve hiatus hernisi ile karışır.

Özofagusun peristaltik kontraksiyonları primer, sekonder ve tersiyer olmak üzere üç türlüdür. Pirimer ve sekonder olanları fizyolojik ve boşaltıcıdır. Primer kontraksiyonlar yutmayla başlayan ve özofagus içeriğini boşaltan peristaltik dalgalardır. Lümende kalan maddeler o seviyeden başlayan sekonder kontraksiyonlarla boşaltılır. Tersiyer kontraksiyonlar ise boşaltıcı değildir, özofagus distalinde görülen koordine olmayan, düzensiz derin kontraksiyonlardır. *Tirbüşon özofagus* veya *boncuk dizisi* görünümüne neden olur. Yaşlılarda görülür ve çoğu olguda asemptomatiktir. Özofagusun peristaltizmi daima hasta yatar pozisyonda iken incelenmelidir. Ayakta yapılan incelemelerde özofagus içeriği yer çekimi nedeniyle boşaldığı için kontraksiyonlar açık olarak gözlenemez.



Resim 4.13 Schatzki halkası (oklar).



Resim 4.14 Özofagusun orta 1/3 kesimlerinde pulsiyon divertikülleri. A. Boynu dar, B. Boynu geniş divertiküller. Divertikülün distalinde tersiyal kontraksiyonlar görülüyor.

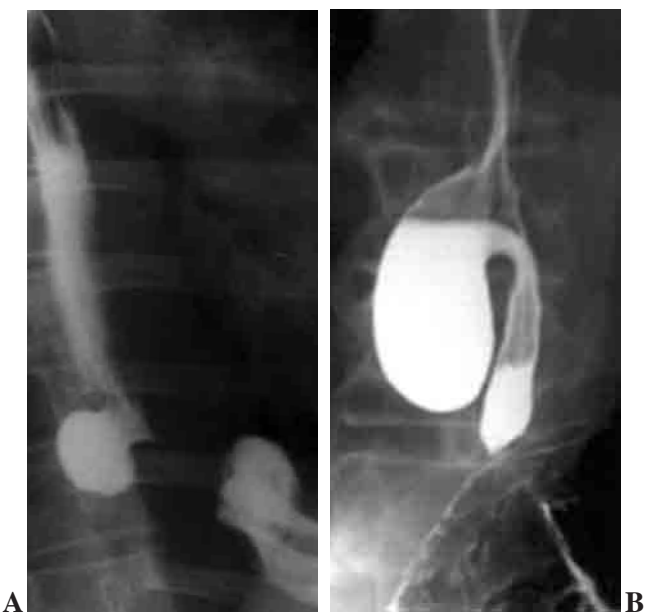
Divertiküller

Özofagus divertikülleri postkrikoid kesimde, orta ve distal özofagus parçalarında görülür (Resim 4.14). Genellikle proksimalde görülenler pulsiyon, orta kesimdekiler traksiyon divertikülleri şeklindedir. Epifrenik divertiküller büyük olasılıkla intestinal duplikasyonun değişik şekilleridir. Pulsiyon divertiküllerinin boynu dar, traksiyon divertiküllerininki geniştir. Proksimalde görülen divertikül, özofagus mukozasının krikofarinjeal adelenin transvers ve oblik lifleri arasından arkaya doğru protrüzyonu sonucu gelişir. Buna *Zenker divertikülü* adı verilir. Büyük bölümü boynun sol yanında olan yumuşak doku kitlesi şeklindedir. Büyük boyutlara erişebilirler. Özofagusu öne doğru iter. İçerisindeki artıklardan dolayı sıvı düzeyi görülebilir.

Özofagusun orta kesiminde görülenleri traksiyon divertikülü yapısındadır. Çevre lenf nodlarının tüberküloz gibi bir nedenle enfekte olup özofagusa yapışması sonucu gelişir. Ağızları geniştir. Yatar pozisyonda daha iyi gösterilebilir.

Epifrenik divertiküller diyafragmanın hemen üzerindedir. Nadir görülen bu divertüküller hasta sırt üstü yatarken daha iyi gösterilir. Pulsiyon divertikülü şeklindedir. Gerçekte bir çeşit intestinal duplikasyondur. (Resim 4.15)

Psödodivertiküloz, mukozadaki glandüler yapıların genişleyerek duvardaki kas tabakasının içine girmesine verilen isimdir. Genellikle (%90), distalindeki bir darlığa bağlı olarak gelişir. Karşıdan görünümleri ülsere benzer baryum takıntıları şeklindedir, yandan özofagusun dış kenarını geçmeyen küçük dolma fazlalıkları olarak görülürler.



Resim 4.15 Özofagus distal uç divertikülleri. A. Pulsiyon divertikülü, B. Kısmi duplikasyon izlenimi veren pulsiyon divertikülü.

Hiyatal herniler

Abdominal organların toraks boşluğu içerisine herniyasyonu; diyafragmadaki normal anatomik açıklıklardan veya travma gibi bir nedenle oluşan gerçek diyafragma yırtıklarından olabilir. Diyafragma hernileri Tablo 4.1'de sınıflandırılmıştır.

Normal hiyatusun genişliği en iyi BT ile gösterilir ve en fazla 15 mm'dir. Hiyatal herni olgularında bu genişliğin 3-4 cm'ye çıktığı görülür.

Hiyatus hernilerinden en sık görüleni (%95) kayıcı tipte olanıdır. Bu tip hernide özofago-gastrik birleşim yeri diyafragmanın en az 1cm üzerine çıkmıştır (Resim 4.16). Tanı, düzgün özofagus mukozası yerine mide mukozasının diyafragma üzerinde görülmesi ile konur. Özofago-gastrik birleşim yeri normalden yukarıda olduğu için, özellikle büyük hernilerde özofagus kıvrımlı bir görünüm alır. Birlikte gastroözofajeal reflü sık görülür.

Paraözofajeal hernilerde özofago-gastrik birleşim normal yerindedir. Midenin fundusu parahiyatal bölgedeki diyafragmatik defektten herniye olur (Resim 4.17). Bu nedenle özofagusta bir değişiklik yoktur ve reflüye neden olmaz. Genellikle redükte olmazlar ve obstrüksiyon, iskemi gibi mekanik komplikasyon olasılığı daha fazladır. Hiyatus çok geniş olursa her iki tip herni birlikte görülebilir (miks tip).

Kısa özofagusda da özofago-gastrik birleşim yeri diyafragmanın üstüne çıkar. Kayıcı tip herniden farkı, özofagusun uzun ve kıvrımlı olmaması ve herniye olan kesimin normal yerine inmemesidir. Hiyatal herniler karın içi basınç artırıldığında daha iyi görülebilir.

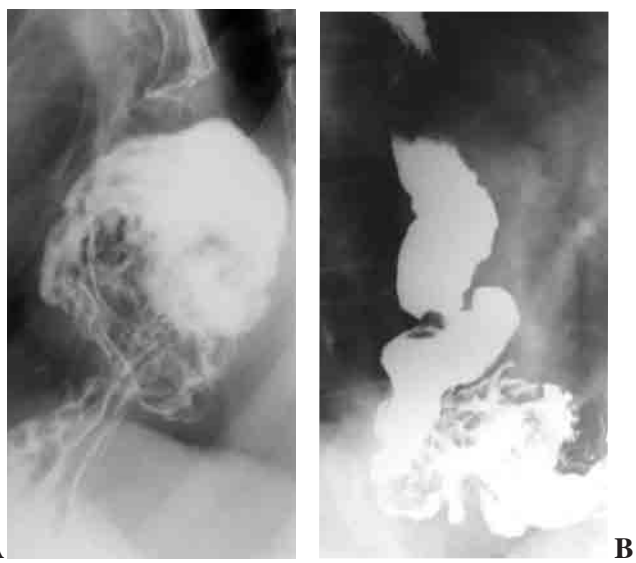
Hiyatus hernilerinde toraks içerisine geçen sindirim borusu parçası yeteri kadar büyükse, göğüs röntgenogramlarında retrokardiyak bölgede sıvı seviyesi veren kaviteler şeklinde görülebilirler.

Tablo 4.1 Diyafragma hernileri

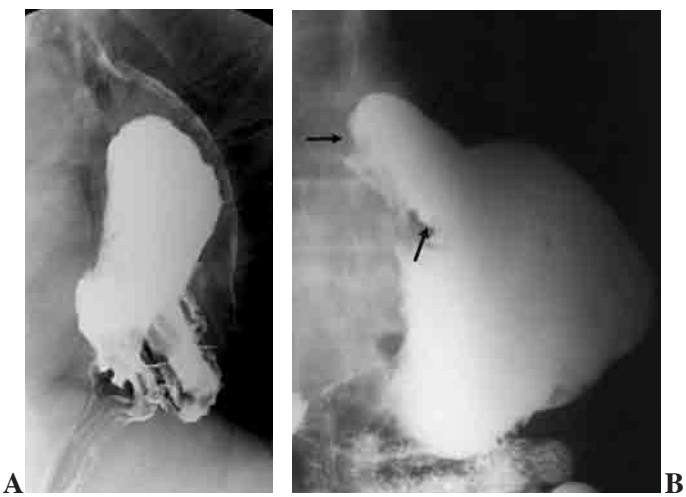
Hiyatus hernileri
Kayıcı ("sliding") tip
Paraözofajeal ("rolling") tip
Kısa özofagus (konjenital, özofajite veya sklerodermaya bağlı)
Konjenital herniler
Pleuro-peritoneal kanaldan (Bochdalek forameni)
Anterior defektden (Morgagni forameni)
Travmatik herniler

Gastroözofajeal reflü (GÖR)

Aşağı özofagustaki sfinkter mekanizmasının yetmezliğine bağlı olarak mide içeriğinin özofagusa geçmesidir. Normal bireylerde de %20 oranında görülmesi nedeniyle normalin anormalden ayrılması zordur ve ancak kliniğe bakarak karar verilebilir. Özofagusun distalindeki PH seviyesi 24 saat izlenerek regurjitasyonun varlığı duyarlı olarak saptanabilir; ancak regurjitasyonun varlığına rağmen hastalar asemptomatik olabilir.



Resim 4.16 Kayıcı tipte hiyatal herniler. B'de özofagusun kıvrımlı görünümü açık bir şekilde görülüyor.

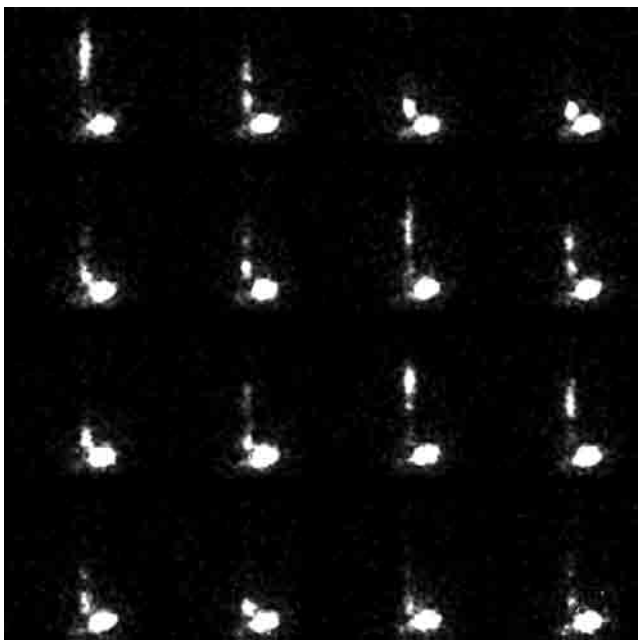


Resim 4.17 Paraözofajeal herniler. Her iki olguda da kardiya normal yerinde.

Baryumlu incelemede yatar pozisyonda midedeki baryumun özofagusa geçtiği görülebilir. Yatar pozisyonda hastaya bir yudum su içirilerek özofagogastrik bileşimin açılması ve varsa reflünün ortaya çıkması kolaylaştırılabilir. Reflüyü ortaya çıkarmak için Valsava manevrası ile veya elle bastırarak intraabdominal basınç artırılır. Böyle bir manevra ile normal olgularda da reflü ortaya çıkabileceğinden yöntemin özgüllük oranı düşer. Bu nedenle reflüyü ortaya çıkarmak için hasta zorlanmamalı, normal inceleme sırasında ortaya çıkan reflü rapor edilmelidir. Reflünün aralıklı olması nedeniyle reflüyü saptamak için floroskopik gözlemin uzatılması aşırı doz alımına neden olabilir. Reflü sintigrafik inceleme ile de saptanabilir.

Sintigrafik incelemede Tc-99m-sülfür kolloid ile karıştırılmış asidifiye portakal suyu içirilir. Asidik ortam özofajiyal sifinkter basıncını düşürür ve midenin boşalmasını geciktirir. Mideden ve özofagusun alt, orta ve üst kesimlerinden ölçümler yapılır. (Resim 4.18) Çocuklarda incelemenin sonunda veya 1-3 saat sonra akciğerler görüntülenerek reflü içeriğinin akciğere aspire edilip edilmediği araştırılır. GÖR tanısında yöntemin duyarlılığının % 90 olduğu bildirilmiştir. Hastanın aldığı doz da radyolojik incelemedekinden düşüktür.

Barret özofagusu: Normalde skuamöz epitelden oluşan özofagus mukozasının kronik GÖR'e bağlı olarak midenin tek katlı kolumnar epiteline dönüşmesidir. Reflü özofajiti olan olguların %10'unda görülür. Baryumlu incelemelerde özofagusun ortasına yakın kesimlerde derin ülser ve striktür görülür. Çift kontrast incelemede Barret mukozası midedeki area gastrikaya benzer retiküler görünüm verir. Tanı endoskopik olarak konur. Barret özofagusu prekanserözdür; adenokarsinom riski 30-40 kat artar. Barret epiteli yeteri kadar mukoid mukoza hücresi içeriyorsa sintigrafi ile alt veya orta özofagus kesiminde aktivite tutulumu şeklinde saptanabilir.



Resim 4.18 Gastroözofajeal reflünün sintigrafik görünümü.

Varisler

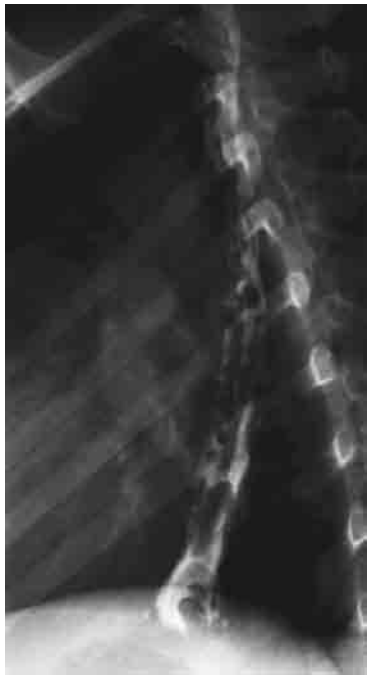
Portal sistemdeki venöz dönüş engellendiğinde portal alanda toplanan kan anastomozlar aracılığı ile sistemik venlere dökülür (porto-kaval şant). Bunlardan sol gastrik venle özofagus distal ucu arasındaki anastomozların açılması özofagus varisine neden olur. Özofagusun 1/3 distal parçası ile mide fundusundaki submukozal venler belirginleşir. Bu bölgedeki varislere, akım yukarı doğru seyrettiği ve variköz genişlemeler de zamanla yukarıya doğru arttığı için *yokuş yukarı ("uphill") varisler* adı verilir. Özofagus varisi görülmeden sadece mide fundusunda varis görülmesi, splenik ven obstrüksiyonunu gösterir; neden çoğu zaman pankreas kanserinin yaptığı invazyondur.

Vena kava superior obstrüksiyonlarında özofagusun 1/3 üst kesiminde varis görülebilir. Bu varislerde akım yukarıdan aşağı doğrudur; özofagus distalindeki varislerden ayırmak için bunlara *yokuş aşağı ("downhill") varisler* adı verilir.

Röntgende özofagusun normal mukozal görüntüsünü deforme eden *solucana benzer* dolma defektleri şeklinde görülür (Resim 4.19). Hasta yüzüstü yatarken ve özofagus kollabe iken daha iyi gösterilebilir. Özofagus varislerinin büyük çoğunluğu baryumlu özofagus incelemesi ile gösterilir.

US'de varisler, proba ksifoid altından başa doğru belirgin eğim vererek yapılan çalışmalarda, özofagus distali ve kardiyada görülür. Özofagus duvarı genellikle asimetrik olarak kalınlaşmıştır ve bu kalınlık solunum fazları ile değişir. Renkli Doppler ile genişlemiş damarlar ve akım gösterilir. Endoskopi ile ancak mukozada yerleşen varisler görüldüğü halde US ile mural ve serozal yerleşmiş variköz damarlar gösterilebilir.

Kontrastlı BT ve MR incelemeleri ile de genişlemiş damarlar gösterilir.



Resim 4.19 Özofagus varisi. Özofagus orta ve distal kesiminde kaldırım taşı veya solucan şeklinde dolma defektleri.

Yabancı cisim ve yırtıklar

Özofagustaki yabancı cisimlerin büyük çoğunluğu (%80-90) 1/3 üst kesimdedir. Yabancı cisim para gibi yuvarlak ise genellikle özofagusta koronal, trakeada sagital planda durur. Opak yabancı cisimler düz röntgenogramlarla saptanır. Opak olmayanlarda baryumlu çalışma ve BT ile yabancı cismin varlığı ve düzeyi saptanabilir. (Resim 4.20) Yabancı cisme bağlı perforasyon olasılığı kalış süresi uzadıkça artar ve genellikle yabancı cismin lümende 24 saatten fazla kaldığı olgularda görülür. Görülme oranı %1'den azdır.

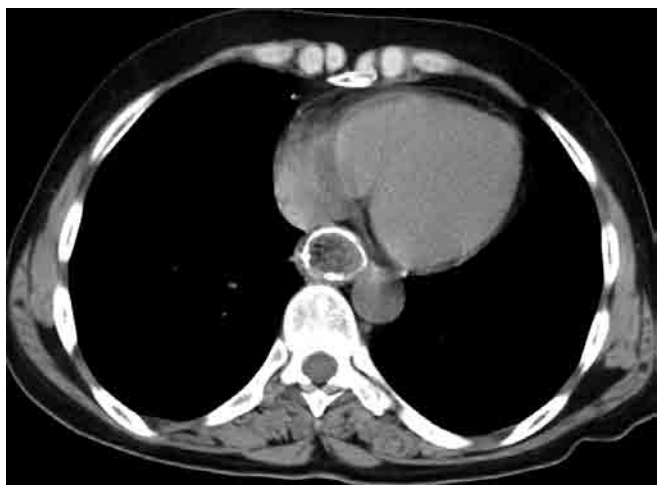
Özofagus yırtıkları distal uçta ani ve şiddetli intraluminal basınç artımına bağlıdır. Boerhaaves sendromunda özofagusun alt arka-sol kesiminde tüm katmanları tutan longitüdinal bir yırtık görülür. Yırtığa bağlı olarak pnömomediastinum, mediyastinal hematom ve genellikle solda biriken plevral sıvı gelişir. Ciddi bir klinik durumdur ve mortalite oranı yüksek olabilir. Mallory-Weiss sendromunda ise yine aynı bölgede sadece mukozayı tutan bir yırtık vardır. Uzun süne devam eden şiddetli kusmalara bağlıdır. Radyolojik olarak görülmesi zordur; yırtık bulunan kesimde mukozal düzensizlik görülebilir. Tanı endoskopik olarak konur. Üst sindirim borusu kanamalarının nedenlerinden biridir.

Özofajitler

Çok şiddetli olmayan özofajitlerin yarısından çoğu radyolojik olarak saptanamaz. Çok iyi bir teknik ve çift kontrast inceleme gerekir. Radyolojik bulguları; özofagusun mukozal kıvrımlarında kalınlaşma (>3 mm), yetersiz distansiyon, anormal motilite, mukozal granülasyon ve nodülarite, plak şeklinde mukozal ülserler, kronik olgularda striktürler ve birlikte intramural psödodivertiküloz görünümleridir.



A



B

Resim 4.20 Özofagusta yabancı cisim (tavuk eti parçası). A. Baryumlu incelemede distaline yakın kesimde dolma defekti. B. BT görünümü.

Peptik özofajit en sık hiyatus hernisi ile, özellikle kayıcı tipi ile birlikte görülür. En erken bulgusu alt özofagusta spazm ve kenarı net seçilemeyen ve bazen dalgalı görülen mukozal kıvrımlardır. Baryum mukozayı yeteri kadar sıvamaz ve özofagusun alt kesimi çok iyi görülmez.

Yüzeyel erozyonların saptanması zordur. Ülser büyüdükçe baryum kolonunda kenar düzensizliğine neden olur. Hastalığın ileri evrelerinde mukozal yapı silinir ve düzleşir. Bu evrede özofagoskopide lökoplazi görülür. Özofajit değişik derecelerde darlıkla iyileşir. Dar segment kısa veya belirgin şekilde uzun olabilir; uzun olduğunda özofagusta kısalığa neden olur.

Koroziv madde özofajiti koroziv maddelerin genellikle kazara içilmesine bağlı olarak gelişir. Kostik soda solusyonları (şiddetli alkali), evlerde en sık bulunan ve bu nedenle en sık içilen koroziv maddedir. Genellikle özofagusun sol ana bronkusu çaprazladığı bölgede ve distal özofagus kesiminde etkili olur. Koroziv maddenin içilmesini izleyen akut devrede özofagusta spazm ve mukozal yapı kaybı vardır. (Resim 4.21) Bu evrede görülen yutma güçlüğü genellikle bu spazma ve mukozal ödeme bağlıdır; özofagus darlığı daha sonra gelişir. Derecesi yanığın şiddeti ile ilgilidir. Darlık ve disfaji bazen aylar ve yıllar süren bir aradan sonra, bazı olgularda ise koroziv madde içiminden hemen sonra ortaya çıkar.



Resim 4.21 Koroziv madde özofajiti. Akut dönemde mukozal harabiyet ve ödeme bağlı düzensiz görünüm.



Resim 4.22 Koroziv madde özofajiti Kronik dönemde uzun bir segmenti tutan düzensiz daralma ve proksimal özofagus kesiminde genişleme.

Röntgende uzun bir segmenti (5-6 cm) tutan darlık görülür (Resim 4.22). Darlığın üst tarafında özofagus huni gibi gittikçe genişler. Genişlik, darlığın derecesi ve süresi ile orantılıdır. Dar segmentin mukozası kaybolmuştur. Kenarları düzgündür.

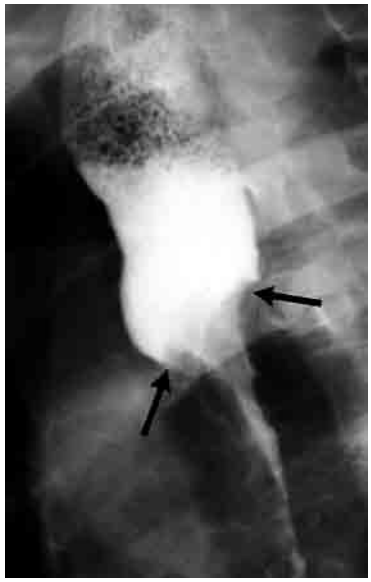
Enfeksiyöz özofajitler daha çok immün yetmezlikli olgularda görülür. En sık neden kandida enfeksiyonudur. Plak şeklinde düzensiz ülserler görülür. Herpes simplekste ülserler 5 mm'den küçüktür ve ülserler arasındaki mukoza sağlamdır. Sitomegalovirüs ve HİV özofajitinde ise 2 cm'den daha uzun longitüdinal ülserler görülür.

Radyoterapiye bağlı olarak, oldukça uzun bir segmenti tutan ve sonuçta daralmaya neden olan özofajitler gelişir.

Tümörler

Özofagusun benign tümörleri nadirdir. En sık görülenleri leyomiyomadır ve benign tümörlerin yaklaşık yarısını oluşturur. İntraluminal veya intramural oluşuna göre değişen, düzgün kenarlı dolma defektleri yapar.

Malign tümörleri başlıca skuamöz hücreli karsinomdur. Adenokarsinom distal uçta görülür ve daha çok mide çıkışlı olduğu kabul edilir. Barret özofagu-



Resim 4.23 Özofagus kanserinde omuz işareti (oklar) ve uzun bir segmenti tutan darlık. Proksimaldeki özofagus kesimi genişlemiş.

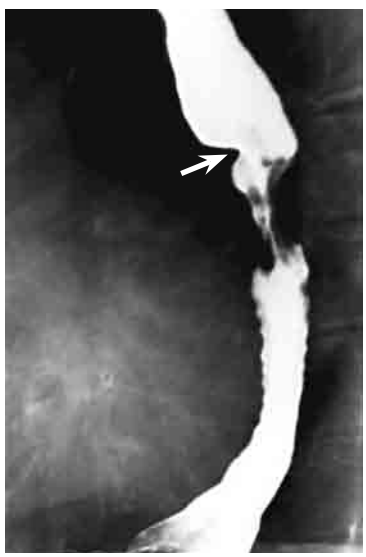


Resim 4.25 Özofagus distal ucunda tümör. Özofagusun baryumlu radyografisinde akalazyaya benzer daralma. Dar segmentteki kontur düzensizliği, nedenin tümöral olduğunu gösteriyor.

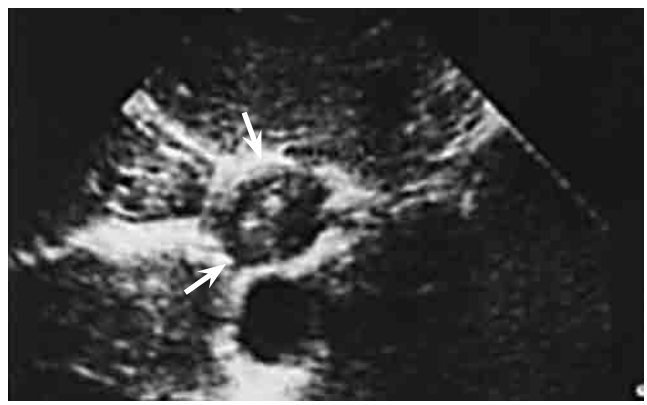
sundan çıkan tümörler de adenokarsinomdur. Başlangıçta tümör özofagusun bir duvarındadır. Lezyon ilerledikçe özofagusu çepeçevre sarar. Üst uçta görülenler (post-krikoid bölge) kadınlarda daha sıktır. En sık görüldüğü bölgeler sol ana bronkusu çaprazladığı kesim ve distal uçtur. Tümör gastrointestinal sistemin diğer bölgelerinde olduğu gibi papiller, ülseratif veya infiltratif tipte olabilir.

Röntgen bulguları şu şekilde özetlenebilir 1) Özofagus lümeninde genellikle uzun bir segmenti tutan dolma defekti ve düzensiz daralma, (Resim 4.23) 2) Mukozal yapının kaybolması, 3) Lezyonun proksimal ucunun *rafa benzer* bir kenar oluşturması (*omuz işareti*), (Resim 4.24) 4) Lezyonun bulunduğu bölgede yumuşak doku kitlesi, 5) Lezyonun yaptığı darlığa bağlı olarak opak maddenin geçişinde zorluk ve proksimal özofagus kesiminde hafif dilatasyon.

Özofagus distal ucunda gelişen skuamöz hücreli karsinomlarda özofagus belirgin şekilde genişler ve akalazyadan ayırım kolay olmayabilir (Resim 4.25). Bu bölgedeki tümöral kitle, karaciğer akustik pencere olarak kullanılarak epigastriumdan yukarı doğru yapılacak US incelemesi ile görülebilir (Resim 4.26).



Resim 4.24 Özofagus kanserinde omuz işareti (ok) gösteren diğer bir kanser olgusu. Tutulan segmentte düzensiz daralma.



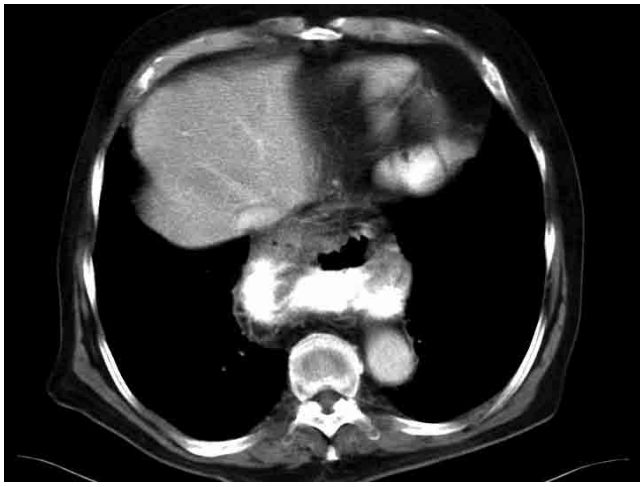
Resim 4.26 Özofagus distal ucundaki tümörün US görünümü. Epigastriumdan belirgin kraniyal eğim verilerek alınan transvers kesit. Tümöral kitle aortun önünde (oklar).



Resim 4.27 Özofagusun servikal parçasında karsinom. Kitleye bağlı, periozofagial yağ planlarında yer yer kaybolma, asimetrik duvar kalınlığı ve kitlenin trakeaya arkadan basısı.

Özofagusun serozasının olmaması nedeniyle tümörlerin çevre yayılımı hızlıdır. Genellikle 5 yıl yaşam süresi %5 civarındadır.

Özofagus kanserinde evreleme BT ile yapılır. BT'de malignite bulgularının tümü izlenir ve çevre yayılımı ayrıntılı olarak gösterilir. (Resim 4.27) Normal özofago-gastrik bileşim yeri psödotümör görünümü verir. Hiyatal hernilerde bu görünüm belirginleşir (Resim 4.28).



Resim 4.28 Hiyatal herninin BT görünümü. Herniye kesim toraks içerisinde, torasik aortanın önünde kitle görünümü veriyor.

Motilite bozuklukları

Normalde vallekülalar boştur. Değişik nedenli yutma zorluğu olan olgularda vallekülalarda baryumun uzun süre kaldığı gözlenir. Bu bulguya *valleküla işareti* adı verilir. Miyasteniya graviste, başlangıçta görülmeyen valleküla işaretinin yutma işlemi devam ettiğinde ortaya çıkması ve uygun ilaçlar verildikten sonra kaybolması tipiktir.

Tirbüşon ("corkscrew") özofagus yaşlılarda, özellikle incelemede koyu baryum kullanıldığı zaman sık görülür. Yüzeyel basit bir kontraksiyondan, derin güçlü kontraksiyona kadar değişen şiddette ve boşaltıcı olmayan kontraksiyonlarla karakterizedir. Özofagus, orta ve alt kesimlerindeki derin peristaltik dalgalar nedeniyle boncuk dizisi görünümü alır (Resim 4.29). Kontraksiyonlarda motilite çalışması yapılırsa intraözofajeal basıncın yüksek olduğu görülür. Tüm olgular gastrik ülser, özofajeal kanser ve özofajit yönünden dikkatle araştırılmalıdır. Birçok olgu semptomsuzdur. Bazılarında bulgular kardiyak anjinden ayrılamayacak kadar şiddetli olabilir. Disfaji görülebilir. İlerlemiş olgularda özofagus duvarı fibroz ve müsküler hipertrofi nedeniyle kalınlaşır.



Resim 4.29 Tirbuşon özofagus. Baryumlu incelemede boncuk dizisi görünümü.



Resim 4.30 Özofagus proksimal kesiminde krikofarenjeal kasın özofagusa yaptığı bası. Krikofarenjeal indentasyon (ok).

Difüz özofajeal spazm daha çok orta yaşlarda görülen, tersiyer kontraksiyonlarla karakterize nedeni bilinmeyen bir sendromdur. Aşağı özofagusta kontraksiyon gösteren uzun bir segment ve proksimalinde dilatasyon görülür. Geç evrede müsküler hipertrofi nedeniyle özofajeal duvar kalınlaşabilir. Aşağı özofagus sfinkteri düzgün çalışmaz. Semptomlar sfinkterin balonla dilate edilmesinden sonra düzelir. Bu hastalık ile tirbuşon özofagus aynı klinik antitenin değişik fazları gibi görülmektedir.

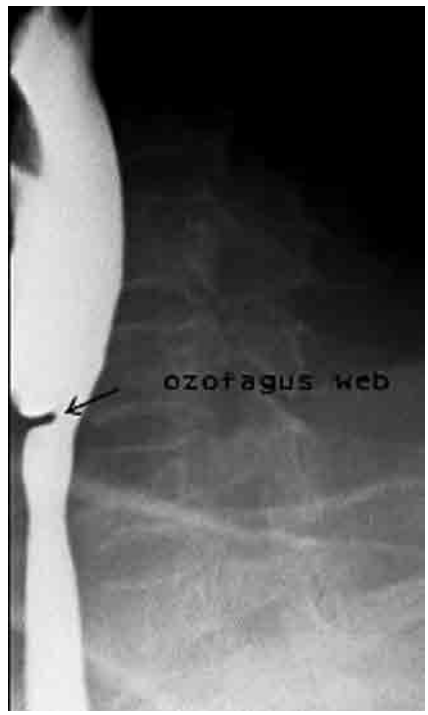
Postvagotomi spazmında, vagotomiden hemen sonra genellikle aşağı özofagusta gittikçe daralan bir segment ve proksimalinde dilatasyon görülür. Birlikte hafif bir disfaji bulunabilir. Bulgular iki veya üç hafta sonra kendiliğinden geçer.

Krikofarenjeal indentasyon, krikofarenjeal kasın özofagusta yaptığı basıdır (Resim 4.30). Krikofarenjeal kasın devam eden kontraksiyonuna bağlıdır. Kasın kabartısı yan özofagus röntgenogramında arka duvarda bir bası izi şeklinde görülür. Düzgün kenarlı olması ve birlikte yumuşak doku kitlesinin bulunmaması nedeniyle aynı bölgeye yerleşen karsinomlardan ayrılır. Bazen yutma sırasında trakeanın öne doğru hafif yer değişikliği izlenebilir. Genellikle lümenin yarıdan fazla daralması anormaldir ve boyuna lokalize disfaji ile birliktedir. İlerlemiş olgularda Zenker divertikülü gelişebilir.

Difüz sistemik sklerozis (skleroderma) düz kasları tutan vasküler kollajen bir hastalıktır. Olguların %75-80'inde özofagusun düz kasları tutulur. Peristaltizm çok azalmış veya yoktur; erken evrede özofagusun orta kesiminde zayıf kontraksiyonlar görülür. Gastroözofajeal birleşim yeri normal açıldığı halde dilatasyon ve staz nedeniyle pasaj gecikir. Hastalık ilerledikçe motilite bozukluğu daha belirgin hale gelir ve sonuçta özofagus tümüyle atonik bir boru görünümü alır ve boşaldığı zaman bile kollabe olmaz. Aşağı sfinkterin açık olması mide içeriğinin reflüsüne ve özofajite neden olabilir. Kayıcı tipte herni gelişebilir. Böyle olgularda sindirim borusunun diğer kesimleri de tutulum açısından araştırılmalıdır.

Dermatomiyozitiste özofagus hastalığın geç evresinde tutulabilir. Özofagus tümüyle düzgün bir şekilde daralır ve motilitesi belirgin şekilde azalmıştır.

Sideropenik disfajide (Plummer-Winson sendromu) servikal özofagusun ön duvarında raf şeklinde küçük bir ağ vardır. Ağı demonstre etmek için yan pozisyonda, yutma sırasında spot röntgenogramlar alınmalıdır. (Resim 4.31) Ağın bulunduğu kesimde kanser gelişme olasılığının yüksek olması önemli bir özelliktir.



Resim 4.31 Özofageal web görünümü.



Resim 4.32 Akalazyada özofagus distal ucunda kalem ucu şeklinde daralma ve proksimalinde genişleme.

Akalazya özofagusun fonksiyonel bir bozukluğudur. Kardiyoözofajeal bölgenin spazmı nedeniyle fonksiyonel bir daralma söz konusudur. Hastalıkta özofagus boyunca miyenterik pleksusta ganglion hücreleri bulunmaz. 30-40 yaşlarında ve kadınlarda daha sık görülür.

Radyolojik olarak özofagus distal ucu gittikçe daralarak *kalem ucu* görünümü alır (Resim 4.32). Özofagusta primer ve ikincil peristaltizm yoktur ve aşağı özofagus sfinkteri açılmaz. Sigmoid ve fuziform olmak üzere iki tipi vardır. Sigmoid tipte distal segment atrofiktir. Proksimal özofagus kesimleri ileri derecede genişlemiştir. Peristaltizm ve ağrı yoktur. Fuziform tipinde dar segment çevresindeki kas lifleri hipertrofiktir. Proksimal kesimdeki genişleme diğerinden daha azdır ve peristaltizm ve ağrı vardır. Peristaltizm tersiyer kontraktürler şeklindedir. Epifrenik divertikül ve karsinom insidansı artar.

Düz röntgenogramlarda mediyastenin sağ tarafını genişleten ve bazen sıvı düzeyi gösteren genişlemiş özofagusa ait gölge izlenebilir. Böyle bir görünümle birlikte fundus gazının olmaması veya azlığı akalazyayı düşündürmelidir.

Akalazyadaki distal uç daralması ile bu kesimi tutan infiltratif kanserlerin yaptığı daralma karışabilir. Kansere bağlı daralma daha uzun (>3.5 cm) ve düzensizdir.

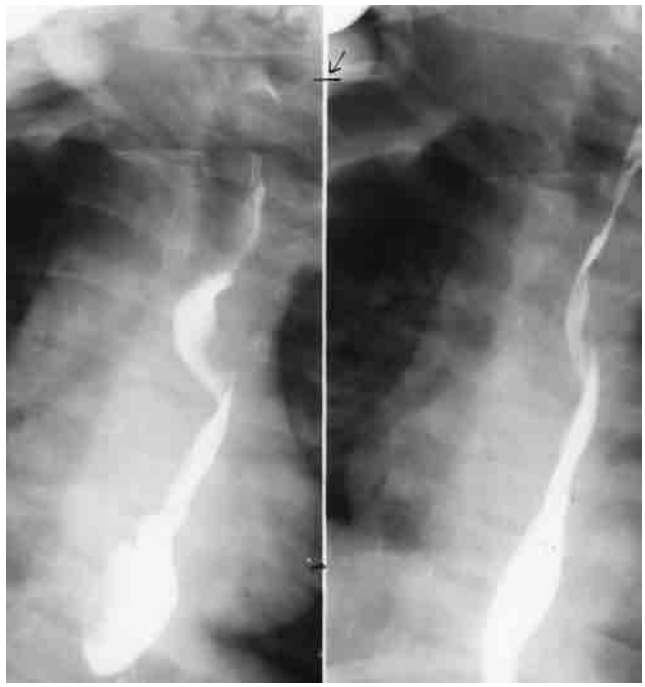
Özofagusta yer değişikliği

Birçok doğumsal ve edinsel, respiratuar ve kardiyovasküler anormallik özofagusta yer değişikliğine neden olabilir. Özofagusa komşu organların büyümeleri veya kitleleri özofagusta baskı ve yer değişikliği yapar. Perikardiyal sıvı ve kalpte global büyüme, posterior ve postero-lateral bölgelere doğru geniş bir segmentte yer değişikliğine neden olur. Özofagusta hafif daralma ile birliktedir. Sol atrium büyüklüğü benzer şekilde özofagusta geriye ve çoğu zaman sağa ve bazen sola yer değişikliğine neden olur.

Bronşiyal karsinoma komşuluk nedeniyle bası ve/veya infiltrasyon oluşturur. Özofagusa komşu mediyasten kitleleri ve lenfadenomegaliler düzgün bası ve yer değişikliği yapar.

Aberan sağ subklavian arter aort arkının hemen üzerinde özellikle özofagusun arkasında, ancak bazen ön yüzünden geçen oblik bir bası izi şeklinde görülür. Çift aort arkusunda özofagusun arka kesiminde horizontal indentasyon görülür (Resim 4.33). Genişlemiş inen aort özofagusun alt ucunda yer değişikliğine neden olur.

Akciğer fibrozu özellikle üst lobları tuttuğunda özofagus, fibroz tarafına çekilir. Mediyastinal fibroz özofagusta distorsiyon, deplasman ve düzensiz daralmaya neden olur. Proksimalinde genişleme vardır.



Resim 4.33 Çift aortik arklı olguda özofagusun arkasından basıya bağlı yer değişikliği.

MİDE-DUODENUM

İnceleme yöntemleri

Röntgen: Endoskopinin yaygın kullanımı ile birlikte üst sindirim borusunun baryumlu fluororadyografik incelenmesinde belirgin bir düşüş görülmektedir. Mide ve duodenum röntgenolojik olarak her zaman birlikte incelenir. Buna sıklıkla özofagus da eklenir. Bu çalışmaya üst sindirim borusu incelemesi adı verilir. İncelemeden 8 saat önceden itibaren hasta ağızdan bir şey almamalıdır. Kontrast madde olarak baryum sülfat süspansiyonu kullanılır. Sadece baryum suspansiyonunun kullanıldığı inceleme şekline tek kontrast tekniği, baryum suspansiyonu ile birlikte efervesan tabletlerin ürettiği gazın birlikte kullanıldığı yönteme çift kontrast tekniği adı verilir. Gastrointestinal perforasyon düşünülen olgularda opak madde olarak iyonik olmayan izoozmolar kontrast madde kullanılması önerilir.

Mide-duodenumun röntgen incelemesinde amaç mukoza yapısını, lümenin kenar çizgisini ve gastroözofajeal reflünün olup olmadığını göstermektir. Tek kontrast tekniğinde önce az miktarda baryumla çalışılarak tüm mukozal yapı incelenmelidir. Floroskopide gerektiğinde konla baskı yaparak istenilen pozisyon ve şekilde spot röntgenogramlar alınır. Kanaması olanlarda inceleme baskısız yapılmalıdır. Daha sonra mide doldurularak kenarları incelenir ve kontrast maddenin duodenuma geçişi izlenerek değişik pozisyonlarda, dolu ve boş, baskılı ve baskısız yeteri kadar spot grafi yapılır.

Gaz yapan tabletler ile mukozayı daha iyi sıvayacak yüksek dansiteli baryumun birlikte kullanıldığı çift kontrast yöntemi mukozal yapının incelenmesinde çok iyi sonuç verir. İncelemenin amacı hastalıkları, özellikle de malign neoplazmları erken evrede saptamaktır. Bunun için önce yeteri kadar efervesan tablet 20 ml su ile içirilir. Daha sonra dansitesi yüksek baryumdan (%85 ağırlık/ağırlık) 120 ml kadar içirilerek özofagustan geçişi floroskopik olarak gözlenir. Daha sonra hasta kendi çevresinde döndürülerek baryumun mukozayı iyice sıvaması sağlanır. Floroskopik olarak midenin gazla yeteri kadar genişlediği ve mukozanın tam olarak sıvandığı belirlendikten sonra değişik pozisyonlarda fluororadyografiler yapılır. Hasta yatarken midenin korpusu için ön-arka, antrum için sol posterior oblik, küçük kurvatur için sağ posterior oblik, fundus için sağ anterior oblik projeksiyonlar seçilir. Daha sonra ince baryum içirilerek özofagus çalışılır. Bulbus için hasta sağ ön oblik pozisyondan sol arka oblik pozisyona çevrilerek spot grafi yapılır. Bu projeksiyonda duodenumun C şeklindeki arkusu görüntülenir. Daha iyi görebilmek için gerekli yerlere baskı uygulanarak spot görüntüler alınabilir. İnceleme masa üstü tüpü ile ön-arka ve arka-ön karın, sağ ön oblik ve sol arka oblik mide radyografileri ile tamamlanır.

Tek kontrast tekniğinde kullanılan baryumun yoğunluğu düşüktür (%40 ağırlık/ağırlık), lümen kontrast madde ile doldurarak genişletilir, dolu lümende penetrasyonu sağlamak için baskı uygulamak gerekir ve yöntemde floroskopik inceleme ağırlıklıdır. Midenin iç yüzeyinde gastrik ruga (makromukozal yapı) görülür. Bu teknik akut durumlarda, koopere olmayan hastalarda ve obstrüksiyonlarda kullanılır. Çift kontrast tekniğinde ise kullanılan baryum daha yoğundur, efervesan tabletlerle gaz üretilerek lümen translusent bir şekilde genişletilir; penetrasyon sorun olmaz, ön ve arka mukoza birlikte görülür. Midenin gaz distansiyonuna bağlı olarak gastrik ruga silinir, antrum ve korpusta daha belirgin olmak üzere area gastrika görülür. Yöntemde floroskopik gözlem değil radyografi ağırlıklıdır. Günümüzde sindirim sisteminin standart inceleme yöntemidir.

Kesit görüntüleme yöntemleri: Mukozanın sağlam olduğu, duvarı tutan ve çevreye yayılan lezyonlar BT ve diğer kesit görüntüleme yöntemleri ile gösterilir. BT incelemesinde midenin seyreltik kontrast madde veya su ile iyice genişlemiş olmasına özen göstermelidir. MR, kesit görüntüleme yöntemi olarak BT'nin alternatifidir.

Endoskopik US'de mide duvarının kalınlığı fundusta azami 3-4 mm, diğer kesimlerde ise 2-3 mm'dir. Mide kanseri ile lenfomanın duvar katmanlarını tutma şekilleri arasındaki farkı göstermesi yöntemin önemli bir üstünlüğüdür. Primer mide lenfoması lamina propriadan başlar, ikinci ve üçüncü tabakalarda longitudinal olarak yayılır ve belirgin hipoekoik görünümdedir. Karsinoma ise transmural bir şekilde yayılır ve daha az hipoekoiktir. Mide kanserlerinde, ekstramural yapılara yayılım ve lenf nodlarının tutulum oranı daha yüksektir. Mukozal değişiklik oluşturmayan lenfoma endoskopide saptanmayabilir; bu durumda endoskopik US tanı koydurucudur.

Anatomi

Mide kardiyadan başlar ve pilorda sonlanır. İçteki kenarına küçük kurvatur, dıştaki kenarına büyük kur-

vatur adı verilir. Mide yukarıdan aşağı doğru fundus, korpus, pilorik antrum adını alan bölümlere ayrılmıştır. Duodenumla birleştiği kesime pilor adı verilir; birleşme pilor kanalı aracılığıyla olur.

Duodenum bulbus ve postbulber parça (I. bölüm), dessendan parça (II. bölüm), horizontal parça (III. bölüm) ve assendan parça (IV. bölüm) olmak üzere dört bölümden oluşur ve pilordan başlar ve "Treitz" bağında sonlanır. İkinci bölümde iç kenarında koledok ve "Wirsung" kanallarının açıldığı "Vater" papillası bulunur. Üçüncü bölüm superior mezenterik arter ile aort arasından geçer.

Sindirim borusunun duvarı 4 konsantrik tabakadan yapılmıştır; bu tabakalar içten dışa doğru mukoza, submukoza, muskülaris propriya ve seroza veya adventisiyadır. Mukoza tabakasında lümenin yüzeyini oluşturan epitel tabakası altındaki gevşek bağ dokusu tarafından desteklenir. Mukoza tabakasını, tabanındaki muskularis mukoza adı verilen ince bir kas tabakası submukoza tabakasından ayırır. Submukoza bağ dokusundan yapılmıştır. İçerisinde damarlar, lenfatik kanallar, lenf follikülleri ve otonom sinir pleksusu bulunur. Muskularis propria içte sirküler, dışta longitüdinal dizilmiş düz kas liflerinden yapılmıştır. Kas tabakasını çevreleyen yağ dokusu ve üzerini örten paryetal periton ise serozayı yapar.

Sindirim borusunun lenf dokusu mukozada, submukozada ve mezenterik lenf nodlarında bulunur. Mukoza bağlantılı lenfatik doku ("mucosa associated lymphoid tissue-MALT") immün bağışıklık mekanizmasında önemli rol oynar ve ciddi hastalıkların yerleşim alanıdır.

Mide epiteli arasındaki hidroklorik asit üreten paryetal hücreler ve pepsin prekürsörleri üreten başat hücreler fundus ve gövdede bulunur. Antrumda sadece gastrin üreten hücreler vardır.

Midenin iç yüzeyinde görülen pliler (plika gastrika) mukoza kıvrımlarıdır. Ortalama yükseklikleri 8 mm kadardır. Fundusta daha yüksektirler. Bu pliler çevrelerindeki görece çukurlukların baryumla dolması nedeniyle radyolusent kalın kabartılar şeklinde görülürler. Bu kabartıları mukoza tabakası ile submukoza tabakasının iç kesimi yapar. Bu tabakaları tutan hastalıklarda plika gastrikalar kabalaşır.

Midenin iç yüzeyinde mukozal kıvrımlardan başka çift kontrast çalışmalarda görülebilen, ortalama 2-6 mm çapında birbirinden sığ oluklarla ayrılmış küçük, yuvarlak kabartılar vardır. *Area gastrika* denilen bu kabartılar üzerindeki mide bezlerinin açıldığı küçük delikler çıplak gözle görülebilir, ancak radyolojik olarak görülemez. Çift kontrast çalışmalarında area gastrikanın görünümü sığ oluklardaki baryumun çizdiği ince opak çizgilerle ayrılan poligonal şekilli radyolusensiler şeklindedir. Bu kabartıların boyutlarına göre görünüm ince retiküler örnekten kaba nodüler görünüme kadar değişir. Normalliğin işareti, görünümün üniform olmasıdır.

Mide ve duodenumun normal mukozal yapısı bölgelere göre değişiktir. Fundusta düzensiz, korpusta birbirine paralel dik seyirli ve oldukça düzenli, antrumda yine düzensiz, pilor ve bulbusta ise longitudinal seyreden birbirine paralel ve düzenli plikalar şeklindedir. Duodenumun bulbustan sonraki kesimlerinde valvula konnivanteslerin başlaması ile jejunuma benzer tüylü bir yapı ortaya çıkar. Mukoza plileri midenin küçük kurvaturunda özofagusta olduğu gibi, birbirine paralel şekilde pilora kadar uzanırlar. Bu nedenle röntgende küçük kurvatur düz bir çizgi şeklinde görülür, büyük kurvatur ise mukozal yapısı nedeniyle belirgin şekilde düzensizdir.

Helikobakter pilori enfeksiyonu

H. pilori enfeksiyonu, kronik gastritis, duodenitis, benign gastrik ve duodenal ülser, gastrik adenokarsinoma ve MALT lenfoma hastalıklarının ana nedeni olarak kabul edilir. Gram negatif spiral şekilli basillerdir. Gastrik mukozaya benzer yapıları enfekte eder. Bazı topluluklarda %80 oranında bulunur. Antrumda mukoza yüzeyinde mukus tabakasının altında koloniler şeklinde yaşar. Güçlü üreaz enzimi üreterek hidroklorik asidi amonyum ve karbonata çevirir ve böylece çevresinde yaşayabileceği alkali bir ortam yaratır. Enfeksiyonun prevalansı yaşla, sosyoekonomik durumun kötülüğü ile artar; bu nedenle gelişmekte olan ülkelerde sık görülür.

Enfeksiyon kronik seyirlidir ve genellikle asemptomatik olan yüzeyel gastrite neden olur. H. pilori, duodenal ülserlerin %90'ından, mide ülserlerinin %80'inden sorumludur; mide kanseri ve lenfoması insidansını da artırmaktadır. Enfeksiyonun tanısı seroloji, nefeste üreaz testi ve endoskopik biyopsi ile konur. Tedavide antibiyotikler histamin-2 (H2) resepörleri (antagonistleri) ve bazen de bizmut bileşikleri kullanılır. Olgularda bu tedavi ile % 90 oranında kür bildirilmiştir, ancak antibiyotiklere direnç giderek artmaktadır. Enfeksiyonun kendiliğinden geçme olasılığı

zayıftır; buna rağmen asemptomatik olguların tedavi edilmesi henüz önerilmemektedir.

H. pilorinin varlığının sintigrafik olarak araştırılması: H.pilori bakterisinin antrumdaki varlığı karbon-14 üre nefes testi ile belirlenebilir. Bunun için hastaya ağızdan 1 mikrokürilik C-14 ile işaretlenmiş üre verilir; 10 dakika sonra hastanın eksprium havası toplanmaya başlanır. H. pilori üreyi amonyuma çeviren bir enzime sahiptir. Antrumda bakteri varsa hastadan toplanan eksprium havasında C-14 saptanır. Testin duyarlılığı %94, özgüllüğü %98'dir.

Gastritis

Klinik bir tabloyu anlatan gastritis terimi gastrik mukozayı tutan çok sayıdaki hastalığın ortak adıdır. Bu hastalıkların büyük çoğunluğu inflamatuar yapıdadır. Herhangi bir irritan maddenin mide mukozasında yaptığı değişiklik çıplak gözle görülebilir, ancak röntgende tanı koyduracak kadar belirgin değişiklikler görülmesi nadirdir.

Gastritin temel bulgusu kalınlaşmış mukozal kıvrımlar ve erozyon adı verilen yüzeyel mukozal ülserasyondur. Mukoza plilerinin fundusta 10, antrumda 5 milimetreden daha kalın olması, mukoza plilerinde kalınlaşma olarak değerlendirilir. Ölçüm yapılırken tekniğe bağlı magnifikasyon faktörü göz önünde bulundurulmalıdır. Ülserin erken şekli olan erozyonun derinliği mukozanın muskularis mukoza tabakasını geçmez. Erozyon skar olmadan iyileşir. Çapı 3 mm'yi, kalınlığı 2 mm'yi geçmeyen ödemli kabartıların üstlerinde gelişen küçük erozyonlara *aftöz ülserler* adı verilir. Baryum takıntısı çizgi ve nokta şeklinde çok küçük olursa tam olmayan ülser olarak isimlendirilir. Bu ülserler normalde görülen rastlantısal baryum takıntılarından çevrelerindeki ödem halkası ile ayrılır.

Gastritin, H.pilori gastriti, eroziv gastrit, Crohn gastriti, flegmonöz gastrit, amfizematöz gastrit, eozinofilik gastrit gibi değişik nedenli klinik türleri vardır. Tümünde radyolojik görünümler birbirine benzer, ancak flegmonöz gastritte duvarda apse odakları, amfizematöz gastritte ise gaz oluşumları görülür.

Hiperasiditede mide mukoza plileri belirginleşir. Paryetal hücre sayısı ile midenin asit salgısı ve mukoza plilerinin büyüklüğü arasında doğru orantı vardır. Gastrik asit sekresyonunun en yüksek olduğu "Zollinger-Ellison" sendromunda dev gastrik pliler görülür. Bu olgularda duodenal mukoza da ödemlidir.

Protein kaybettiren enteropatilerden "Menetrier" hastalığında da mide mukozasının kıvrımları ileri derecede kalınlaşmıştır. Aşırı mukus sekresyonu görülür ve sıklıkla aklorhidri vardır. Aşırı sekresyon nedeniyle mukoza baryumla sıvanamaz. Gastrik duvar, fundusta belirgin olmak üzere, kalınlaşmıştır. Hipoproteinemi nedeniyle ince bağırsaktaki mukozal kıvrımlar kalınlaşır.

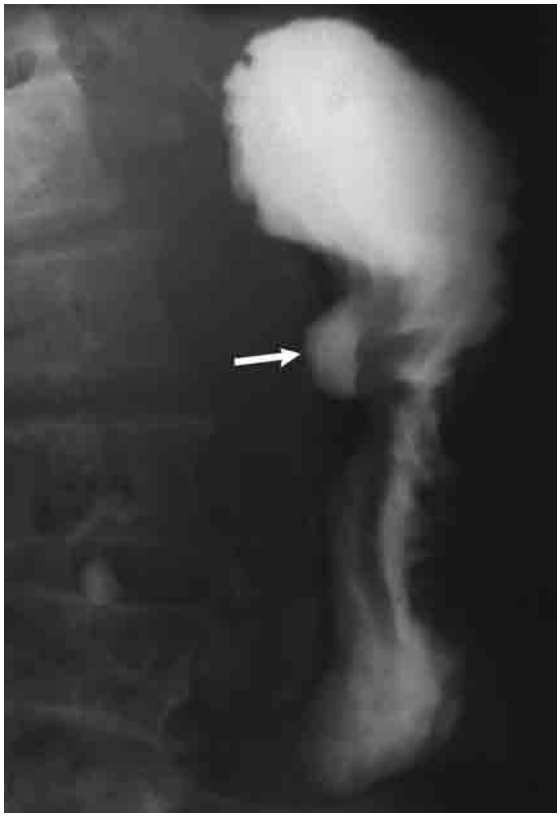
Atrofik gastrit kronik otoimmün bir hastalıktır. Periferal kanda paryetal hücrelere ve intrensek faktöre karşı antikorlar bulunur. Paryetal hücrelerin tahribine bağlı olarak mide asiti ve intrensek faktörü azalır ve birlikte pernisiyöz anemi görülür. Baryumlu incelemelerde fundus ve korpusta mukoza plileri silinmiştir. Buna bağlı olarak fundus *çıplak* (*dazlak fundus*) görünümdedir. Büyük kurvaturun normalde görülen düzensizliği kaybolmuş ve küçük kurvatur gibi düz bir görünüm almıştır. Mide *tübüler şekil* alır. Midenin bu şekli ile fundusun görünümü *hidrojen bombası bulutuna* benzetilmiştir. Antrum mukozası genellikle normaldir. Polip ve karsinoma insidansı sıktır. Asit sekresyonu yoktur.

Gastrik peptik ülser

Gastrik ülserlerin %95'i benigndir. Benign ülserlerin % 90'ını peptik ülserler oluşturur. Geriye kalanı hormonal artışa, steroid ve non-steroid antiinflamatuar ilaç (aspirin gibi) kullanımına ve değişik nedenli gastritlere bağlıdır. H.pilori enfeksiyonu etyolojide önemli bir yer tutar. Ülser meydana gelmesi için asitin varlığı şarttır. Duodenal ülserlerde asit miktarının yüksekliğine karşın mide ülserlerinde asit normal seviyede, hatta düşük bile olabilir. Peptik ülser küçük kurvaturda ve ona komşu ön ve arka yüzde sık görülür. Büyük kurvatur ülserlerinde malignite olasılığı yüksektir. Bu yerleşimde özellikle birden fazla ülser non-steroid antiinflamatuar ilaç alımında görülür.

Önce mukozal erozyon ortaya çıkar. Bu erozyon iz bırakmadan iyileşir, ya da kas tabakasına uzanarak ülser nişini oluşturur. Ülser terimi submukozayı aşarak muskularis propriaya ulaşan lezyonlara verilen isimdir. Daha da derinleşerek çevre organlara penetre olabilir.

Röntgende profilden dolma fazlalığı şeklinde görülür. Buna *niş* adı verilir (Resim 4.34). Niş mide kenarının dışına çıkar. Genellikle boynu dar, tabanı daha geniştir. Nişin boynunda ödeme bağlı radyolusent ince bir çizgi görülür (*Hampton çizgisi*). Bu görünüm gelişimini tamamlamış bir nişi temsil eder. Ülserin invazyon ve iyileşme devrelerinde tabanı daha dardır



Resim 4.34 Gastrik peptik ülser nişi (ok). Nişe doğru mukozal konverjans.

ve yandan görünümü olgun nişte olduğu gibi dörtgen değil üçgen şeklindedir. Niş içerisinde hava-gastrik sıvı-baryum tabakalaşması penetrasyon bulgusudur.

Ülserin karşıdan görünümü hastanın yatış şekline bağlı olarak ön ve arka duvarda farklıdır. Depandan duvardaki (yatan hastada aşağıda kalan duvar) ülserler baryum birikintisi şeklinde, üstte kalan duvardakiler ise baryum birikintisi olmayacağı için radyolusent bir halka şeklinde görülür. Üstteki ülserlerde, kraterin tabanı boynundan genişse *içiçe çift radyolusent halka* görünümü ortaya çıkar. Kraterlerin çevresindeki radyolusent alan ödemi temsil eder ve akut ülserlerde görülür. Kronik ülserlerde çevredeki mukoza ülser kraterine doğru *araba tekerleği görünümü* verecek şekilde konverjans gösterir. Ülser kraterinin oblik tanjansiyel projeksiyonunda, kraterdeki baryum birikimi *hilal veya yarım ay* şeklinde görülür. Bazı ülserler de çizgi veya çubuk şeklidedir. Olguların %20'sinde ülserler birden fazladır.

Ülser tabanının düzensizliği ve floroskopide fiksasyon görülmesi penetrasyon bulgularıdır. Fibroz ilerledikçe, yaptığı çekintiye bağlı olarak nişin karşısındaki büyük kurvaturda derin bir girinti ortaya çıkar. Fibroz daha da ilerlerse mide her iki kurvaturda daralarak *kum saati* şeklini alır. Antrum ülserleri kansere benzer şekilde belirgin deformasyon yaparlar. Pilor ülserleri de kansere çok benzer.

Mide ülserlerinin %15-20'si kanar, %5 olguda gastrik çıkım obstrüksiyonu gelişir. Kapalı veya açık perforasyon ülserin diğer komplikasyonlarıdır.

Mide tümörleri

Benign tümörleri sık görülmez. En sık görüleni *polipoid adenomdur*. Leyomyom, lipoma gibi benign tümörler daha seyrek görülür. Benign tümörler düzgün kenarlı dolma defekti yaparlar. Polipler pernisiyöz anemili hastalarda sık görülür ve malign dejenerasyon gösterebilirler.

Mide karsinomu, malign tümörlerden ölümlerin %20'sini yapar. Sindirim sitemindeki görülme sıklığı kolon ve pankreastan sonradır. Pernisiyöz anemi, adenomatöz polipler, kronik atrofik gastrit, Billooth II ve daha az olmak üzere Billorth I operasyonları risk faktörleridir. Lenfoma, sarkom ve diğer malign tümörler daha nadirdir. Mide karsinomlarının büyük çoğunluğu iyi diferansiye adenokarsinomdur. Yarısından fazlası pilorik bölgede yerleşir. Makroskobik görünüm ülseratif, polipoid veya infiltratif olabilir. Difüz anaplastik karsinoma, skuamöz hücreli karsinoma ve diğer türler daha az görülür.

Mide kanseri en sık kardiya civarında, antrumda ve korpusun kruvaturlarında yerleşir. TNM sınıflamasında T1 mukoza ve submukozanın tutulumunu, T2 tüm tabakaların tutulumunu, T3 serozadan dışarı penetrasyonu, T4 ise komşu organların invazyonunu temsil eder.

Röntgen bulguları tümörün makroskobik görünümü ile uyumludur. Temel röntgen bulguları mukozal düzensizlik, dolma defekti ve tutulan bölgede peristaltizm yokluğudur (rijidite). Bu bulgular genellikle hastalık ilerlediğinde tam olarak yerleşir. Erken everedeki kanseri saptamak genellikle daha zordur ve görünümleri 3 tipe ayrılmıştır:

1. Tip I. 5 mm'den büyük polipoid lezyonlardır. Normal peristaltik dalga lezyonu geçmez. Radyografik olarak saptanması zordur.
2. Tip II. Yüzeyel lezyonlardır. 3 alt gruba ayrılır:
   a. IIA: mukozadan yüksekliği 5 mm'den az plak şeklindedir.
   b. IIB: sadece mukozal düzensizlik şeklindedir, görülmesi en zor lezyondur.

c. IIC: sığ ülser şeklindedir. Mukozal kıvrımlar lezyon sınırında aniden kesilirler. Tüm gastrik karsinomlarının %75'i bu şekilde görülür.

3. Tip III. Kaviter lezyonlar. Malign ülser özellikleri gösterir.

Ülsere lezyonlar peptik ülserle karışabilir. Malign ülser daha sığdır, içerisinde sıvı düzeyi görülmez. Kitlenin yaptığı dolma defektinin üzerinde, bir dolma fazlalığı şeklindedir. Bu nedenle ülser kraterinin tabanı mide lümeninin sınırını aşmaz. Mukozal pliler malign ülser kraterine varmadan silinir. Ülser rijid bir alan üzerine oturmuştur. Kenarları ve tabanı düzensizdir. Mide kanserlerinin 1/3'ü dolma defekti yapan polipoid kitle, 1/3'ü ülseratif kitle şeklinde, geriye kalanları ise skirö karsinoma (%15) veya yüzeyel yayılım şeklinde görülür.

Mide kanseri erken evrede polip, yüzeyel plak, nodüler kabartı veya yüzeysel ülseri olan kabartılar şeklinde görülebilir. Erken evredeki bu lezyonlar en iyi çift kontrast tekniği ile ortaya çıkarılır. Kanser yüzeyden mukoza ve submukozayı tutarak yayılır. Tutulan mukoza plileri kalınlaşır ve mukozal yapı distorsiyone olur. Nodüler kalınlaşma veya yüzeyel mukozal ülserler gelişebilir. İntramural kitle etkisi çok azdır, ancak tutulan kesimde duvarın kalınlığı artar ve rijittir.

Mide kanserleri pilor obstrüksiyonu yapabilirler. Antral kanserler genellikle infiltratif tiptedir. Pilor infiltrasyonu sonucu, çabuk boşalma görülebilir. İyi diferansiye olmayan veya andiferansiye skirö kanserlerde submukozal infiltrasyon midenin büyük bir bölümünü tutarsa midenin kapasitesi ileri derecede azalır ve *linitis plastika* adı verilen özel bir görünüm ortaya çıkar. (Resim 4.35) Bu durumda, mide duvarları rijid bir *matara* şeklini almıştır.

Tümörün yayılımı duvarı geçerek doğrudan çevre organ ve yapılara ve peritona olabileceği gibi, bölgesel lenf nodlarına (perigastrik, çöliak aksis, hepatoduodenal, retropankreatik, mezenterik ve paraaortik) da olabilir. Hematojen metastaz karaciğer, böbreküstü bezleri, overler ve daha az sıklıkta olmak üzere kemik ve akciğeredir. Malign hücrelerin periton implantları peritoneal karsinomatoza, taşlı yüzük tipindeki tümör hücrelerinin overe implantı ise Krukenberg tümörüne neden olur.

Mide ülserlerinin %95'i benigndir. Mide ülserinin benign olduğunu gösteren en önemli bulgu iyileşmesidir. Tedavi edilen ülserlerin boyutu 3 hafta içerisinde yarıya düşer. Başarılı bir tedaviyle ülser 6 haftada tam iyileşir. Mide ülserinin benign/malign ayırımında kullanılan ölçütler şunlardır:

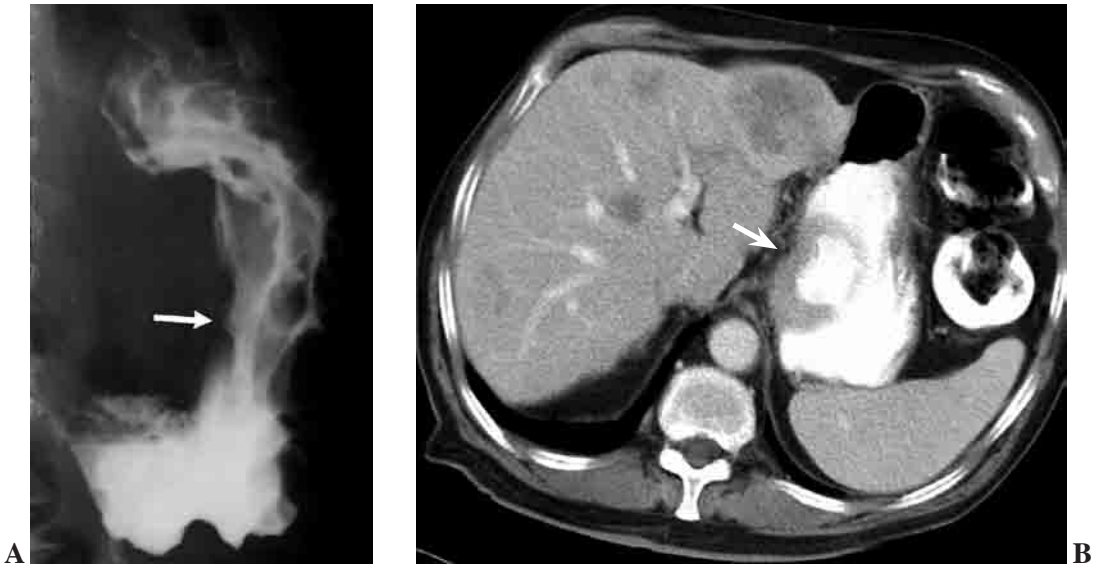


Resim 4.35 Linitis plastika. Mide daralmış ve matara şeklini almış. Floroskopide peristaltizm gözlenemedi.

1. Kardiya seviyesinin üstündeki ülserler malignndir,
2. Kenar dışına taşma benignite bulgusudur, lümen içinde kalan ülserin hemen hepsi malignndir (Resim 4.36)
3. Mukozal konverjansı olan ülserlerin hemen hepsi benigndir, malign ülserlerde diverjans vardır ve/veya pliler kraterin kenarına kadar yaklaşamaz, daha önceden kesilir,
4. Benign ülserlerde ülser krateri mukozadaki ödeme bağlı kabartının merkezindedir, malign ülserler ise tümöral kabartı üzerinde ekzantrik yerleşirler,
5. *Yakalık* ve *Hampton çizgileri* benignite işaretidir,
6. Benign ülserlerin derinliği genişliğinden fazladır, malign ülser sığ ve düzensiz tabanlıdır,
7. *Carman'ın menisküs işareti* maligniteyi gösterir.

Hampton çizgisi ve yakalık benign ülser çevresindeki ödemi gösterir. Nişin profilden görüntülerinde Hampton çizgisi ülserin boynunda 1 mm kalınlığında radyolusent bir bant şeklinde görülür; yakalık ise daha kalındır. Carman'ın menisküs işaretinde ise sığ bir ülserin kenarları yükselip içeri doğru kıvrılır. Bu kalın kenarın yaptığı dolma defekti krater içerisindeki baryumu radyolusent bir hilal şeklinde çevreler. Hilalin konveksitesi daima lümene doğrudur.

Mide kanseri BT kesitlerinde ve US'de malign nedenli bağırsak duvarı tutulumu bulguları verir



Resim 4.36 Mide kanserinin ülserasyonunun görünümü. A. Mide korpusunda kanser, infiltrasyona bağlı mukozal düzensizlik ve malign ülsere ait mide konturunu geçmeyen dolma fazlalığı (ok). B. BT görünümünde aynı özellikler (ok) ve karaciğerde metastazlar izleniyor.

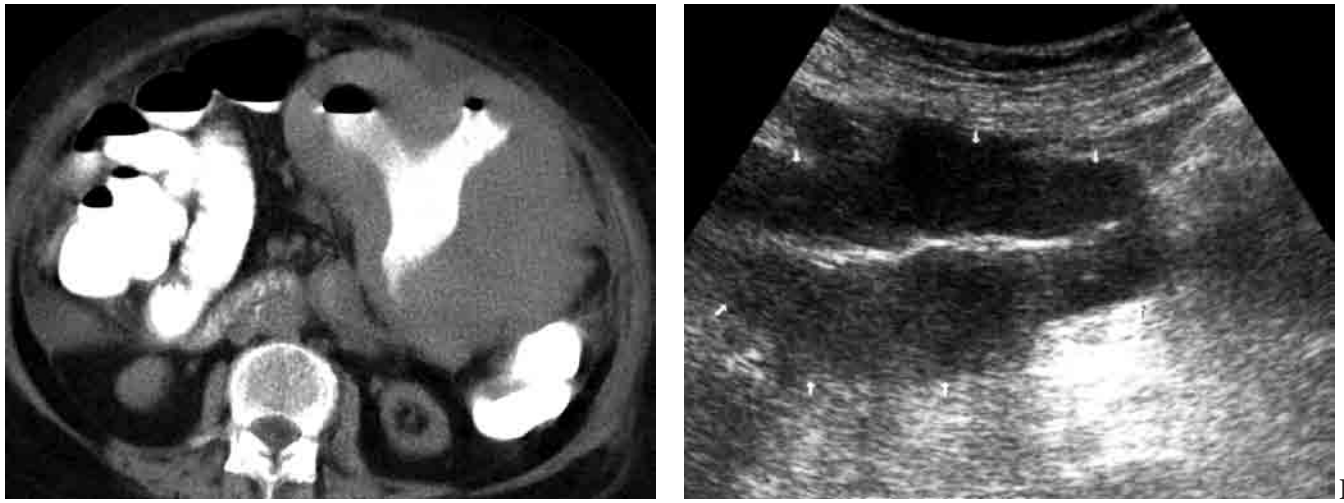
(Resim 4.37). Lezyonun sınırlarının tam olarak tesbiti için intraoperatif US yapılabilir. İncelemede 7.5 mHz'lik lineer dizilişli intraoperatif transdusırlar kullanılır. İncelemeye başlamadan önce pilor klempe edilir. Nazogastrik sonda ile mide içeriği (özellikle gaz) aspire edildikten sonra 300-500 ml serum fizyolojik verilir. Normal mide duvar kalınlığı 3.0-5.5 mm'dir. Mide kanserinin erken evresinde 1., 2. ve 3. tabakaların tutulduğu saptanmıştır. Geç evrede tüm katmlanlar tutulur, ancak kitlenin kenarlarında tutulum daha yüzeyeldir. Bu yöntemle normal mide duvarındaki tabakalar invitro çalışmalarda olduğu gibi ayrıntılı bir şekilde görüntülenebilir ve tümörün tabakalardaki yayılımı histopatolojik spesmenlere uyacak şekilde saptanabilir.

Lenfoma

Gastrik neoplazmların yaklaşık %2-3'ünü yapar. Mide, primer sindirim borusu lenfomalarının en sık yerleştiği yerdir. Çoğunluğu B-tipi hücreli NHL'dir. H. Pilori enfeksiyonunun neden olduğu MALT lenfomanın prognozu daha iyidir. Lenfomalar, kansere göre daha uzun süre bağırsak duvarı içerisinde sınırlı kaldıklarından prognozları kanserden daha iyidir.



Resim 4.37 Mide kanserinin kesit görüntüleme bulguları. A. BT'de antrumu saran kitlenin oluşturduğu duvar kalınlaşması (oklar). B. Duvar kalınlaşmasının US görünümü.



Resim 4.38 Mide lenfoması. A. BT, B. US görünümleri. Mide duvarındaki kalınlaşmanın daha belirgin, daha düzgün ve daha hipoekoik olduğu görülüyor.

Baryumlu incelemede polipoid lezyonlar, üzerinde düzensiz ülserler bulunan nodüler şekilde kalınlaşmış mukozal kıvrımlar, büyük kaviteli kitleler, genellikle ülsere olan çok sayıda submukozal nodüller ve nadiren de linitis plastika şekillerinde görülebilirler. Difüz tutulumda mide kanserinden farkı rijid değil daha yumuşak olmalarıdır. Lezyonların çok sayıda olması MALT lenfomanın bir bulgusudur.

Lenfomanın belirleyici ve adenokarsinomdan ayırıcı özellikleri şunlardır: (Resim 4.38)

1. 4-5 cm'yi bulabilen belirgin duvar kalınlığı
2. Duvar kalınlığının çepeçevre lümeni sarması, ancak lümende daralma oluşturmaması
3. Tümörün homojen yapıda olması
4. Ülserasyonla birlikte çok sayıda polipoid yapı görülmesi
5. Çevre adenopatinin çok belirgin olması
6. Tümörün pilordan geçerek duodenuma yayılması (yaklaşık %30 olguda)

Tanımlanan bu bulgular BT ile röntgenden daha ayrıntılı olarak gösterilir.

Gastrointestinal stromal tümör (GİST)

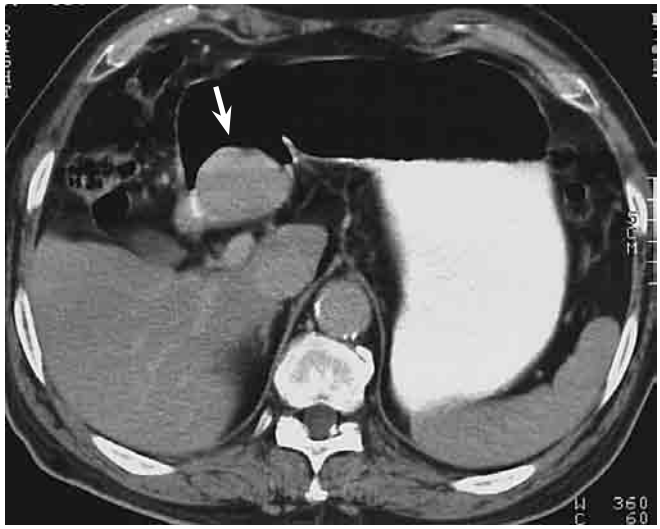
Sindirim borusunun en sık görülen mezankimal tümörüdür. Eskiden leyomiyom, leyomiyosarkom, leyomiyoblastom olarak isimlendirilen lezyonlar bu başlık altında toplanmıştır. GİST'lerin %60-70'i mideden çıkar ve bunların % 10-30'u maligndir. Gerçek leyomiyom ve leyomiyosarkomlar midede çok nadirdir.

Tümör uzun süre sessiz kaldığı için tanıda büyük boyutlu kitle karakteristiktir (Resim 4.39). Lezyonların üzerlerini örten mukoza sıklıkla ülsere olur. Distrofik kalsifikasyon hem benign hem malign formlarında sık görülür ve diğer tümörlerden ayırıcı tanısında yardımcı bir bulgudur. Histolojik olarak benign/malign ayırımı yapmak zordur; bu ayırımda tümör boyutu önemli bir ölçüttür, 4-5 cm ve daha küçük boyut benignite lehine yorumlanır. (Resim 4.40)

Baryumlu incelemelerde submukozal nodüller şeklinde görülür. Tümörün üzerindeki mukozanın ülsere olması ile, büyük bir radyolusent dolma defektinin ortasındaki ülsere kesimde biriken baryum *öküz gözü*



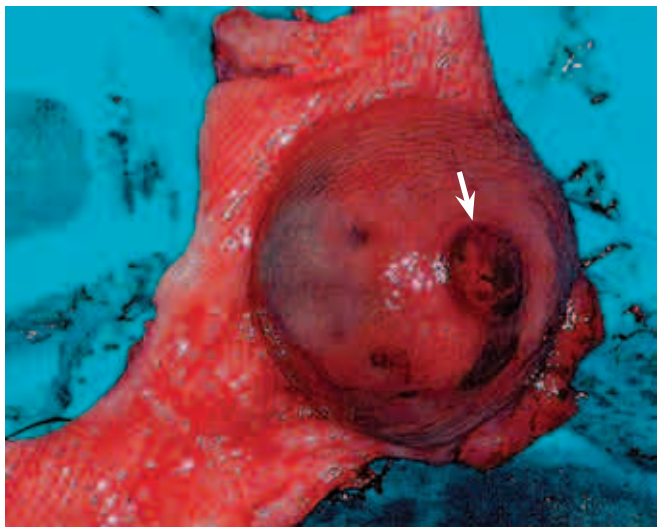
Resim 4.39 Gastrointestinal stromal tümör. Mide duvarını saran ve tüm epigastriumu dolduran büyük kitle. Kitle içerisinde distrofik kalsifikasyonlar görülüyor.



A



B



C

Resim 4.40 Diğer bir gastrointestinal stromal tümör olgusu. Antrum arka duvarından çıkan 5 cm'den küçük küresel düzgün kenarlı kitle. A. BT görünümü (ok). B. US görünümü. C. Çıkartılan tümörün makroskopik görünümü. Hasta melana ve akut gelişen anemi ile kliniğe başvurmuşdu. Makroskopik görüntüde tümörün üzerini örten mukozadaki kanayan ülser görülüyor (ok).

görünümü olarak tanımlanmıştır. Ülserasyon kanamaya neden olur. Hastalar hekime genellikle melena ve/veya hematamez bulguları ile başvurur.

Metastaz

Submukozal nodül veya ülsere kitle şeklinde görülür. Mideye sık metastaz yapan tümörler melanoma, meme ve akciğer kanserleridir. Meme kanseri mideye linitis plastika şeklinde metastaz yapabilir.

Polipler

Gastrik poliplerin %80'i hiperplastik poliplerdir; genellikle mukozanın gastrit gibi hasarlanmaya verdiği cevabı temsil eder ve malign değildir. Midede herhangi bir yerde olabilir, 15 mm'den küçüktür ve genellikle birden fazladır.

Adenomatöz polipler gastrik poliplerin %15-20'sini oluşturur ve gerçek neoplazmlardır; malign potansiyel (%50) taşırlar. Olguların %35'inde birlikte mide kanseri vardır. Çoğu soliterdir, antrumda yerleşiktir ve boyutu 2 cm'den büyüktür. Familyal polipozis ve Gardner sendromunda görülen polipler bu türdendir. Boyutları 1 cm'yi geçen lobule ve pedinküllü polipler malign olasılık nedeniyle çıkarılmalıdır. Villöz polipler sapsızdır ve yüzeylerinde *karnabahara benzer* uzantıları vardır. Güçlü malign potansiyel taşırlar. Peutz-Jeghers sendromunda görülen hamartomatöz polipler, malign değişim göstermez.

Ektopik pankreas

Oldukça sık görülen bir intramural lezyondur, sıklıkla antrumda yerleşir. Hetorotopik pankreas lobülleridir, boyutu 5 cm'ye kadar çıkabilir. Gastrik mukoza ile örtülüdür. Çoğunda meme başı veya koni şeklinde bir santral orifis görülür.

Duodenal tümörler

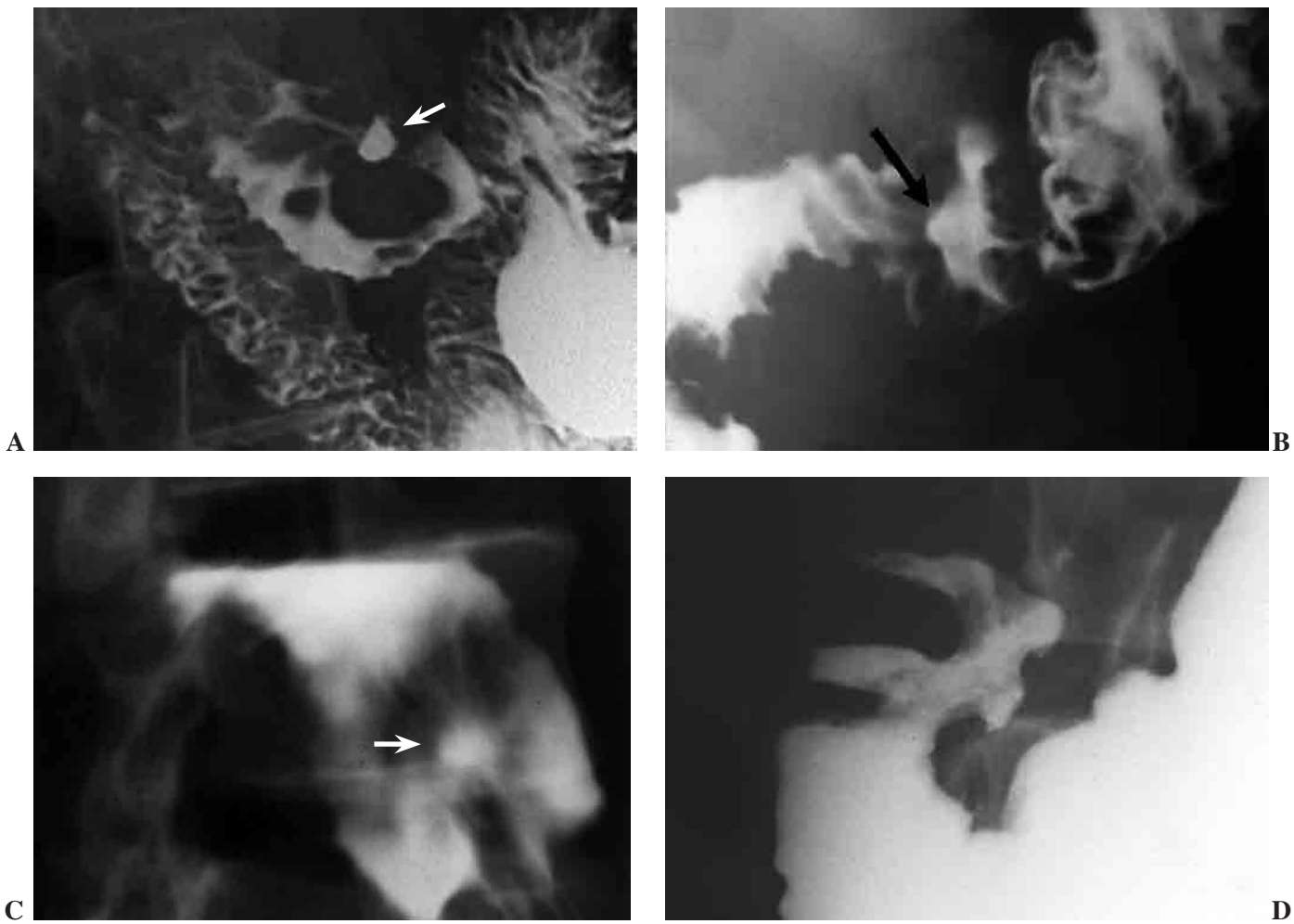
Duodenumda tümör sık görülmez. Midede görülen tüm maligniteler duodenumda da görülür. Mide lenfomaları, duodenuma geçmesi ile adenokarsinomlardan ayrılır. Duodenal tümörlerin malignite olasılıkları distale gittikçe artar. Bulbus kitlelerinin %95'i benigndir. İnen ve transvers parçasındaki tümöral kitlelerin yarısı benigndir; distal parçasında görülenlerin çoğunluğu malignidir. İnce bağırsak tümörlerinden duodenuma yerleşenlerde malignite olasılığı yüksektir.

Duodenal bulbusun apeksinin inen parçaya dönerken yaptığı fleksuranın iç kesiminde uzamış bir mukoza kıvrımının çevrelediği baryum takıntısı *fleksural psödotümör* görünümüne neden olur. Anatomik bir varyasyon olan bu görünümünü gerçek duodenal tümörle karıştırmamak gerekir.

Duodenal peptik ülser

Olguların %95'inde neden H.pilori enfeksiyonudur. Amfizem, şiddetli stres (travma, cerrahi, yanık) ve steroid kullanımı predispozan faktörlerdir. Genel populasyonda insidansı erkeklerde %5.8, kadınlarda %1 olarak tahmin edilir. Peptik ülserin %70'i duodenumdadır. Bunların %95'i bulbusda, %4'ü postbulber bölgede, %1'i distal duodenum kesiminde yerleşir. Olguların %5'i gastrik ülserlerle birliktedir. Duodenal ülserlerin %80'i tek, %20'si birden fazladır.

Ülser sıklıkla önde veya arka duvardadır. Bu nedenle ülser nişi karşıdan görülür ve baryum birikintisi şeklindedir (Resim 4.41). Genellikle 1 cm'den küçüktürler. Akut devrede niş çevresinde ödemli bir halka vardır. Bu devrede çevre mukozal yapıları belirginleşmiş olabilir. Böyle bir lezyon deformasyon bırak-



Resim 4.41 Duodenal peptik ulkus görünümleri, A. Akut fazda bulbus santralinde çevresi ödemli baryum takıntısı (ok), B. Bulbus santralindeki ülsere ait baryum takıntısı (ok) çevresinde mukozal konverjans, C. Deforme ve konla baskı yapıldığında fragmante olan bulbus santralinde, ülsere ait baryum takıntısı (ok). D. Kronik evredeki duodenal peptik ulkusa bağlı psödodivertikül oluşumları, daralmış ileri derecede deforme bulbus. Bulbusun yonca yaprağı görünümü.

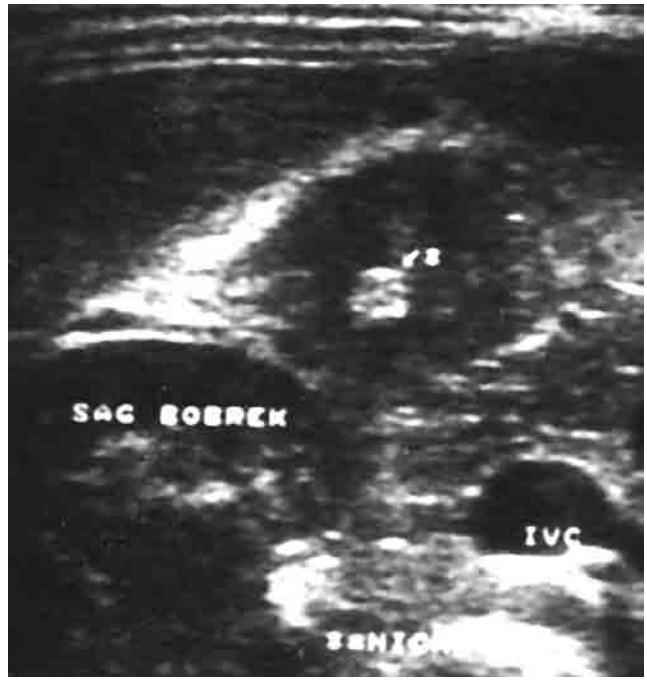
madan iyileşebilir veya fibrozla birlikte skar dokusu oluşturabilir. Bu durumda bulbusta nişe doğru mukozal konverjans, deformasyon ve hatta psödodivertikül formasyonları görülür. Skar dokusunun merkezinde de baryum takıntısı görülebilir; bu görünümün ülser kraterinden ayırıcı tanısı ancak endoskopla yapılabilir. Floroskopide konla baskı yapıldığında, deformasyona bağlı olarak meydana gelmiş psödodivertiküller birbirinden ayrılarak bulbusa parçalı (fragmante) bir görünüm verir. Pilor bulbus deformasyonu sonucu bulbus tabanındaki merkezi yerini kaybetmiştir (desantralizedir). Deforme bulbusun görünümü bazı olgularda *yonca yaprağına* benzetilmiştir.

Skar formasyonu daha da ilerlerse kontrakte, ileri derecede deforme, fibrotik rijid duvarlı bir bulbus ortaya çıkar. Bu devrede duodenal stenoz gelişebilir. Erken evredeki duodenal stenozda pasaj derin ve güçlü peristaltizmle sağlanır; pasaj gecikir. İleri evrede mide genişlemiş ve çanak şeklini almıştır; peristaltizm ya başlangıçta izlenen bir kaç derin kontraksiyon şeklindedir ya da hiç görülmez. Bu evrede tetkik uzatılmasına rağmen çoğunlukla duodenuma kontrast madde geçirilemez. Böyle olgularda kesin endikasyon yoksa duodenuma geçiş için zorlanmamalı ve çanak şeklinde genişlemiş mide görüntülenerek incelemeye son verilmelidir.

Perforasyon, ön yüzdeki ülserlerde açık perforasyon şeklindedir ve akut abdomene, arka yüzdeki ülserlerde ise kapalı perforasyon (penetrasyon) şeklindedir ve lokal apse oluşumuna neden olur. Postbulber yerleşimli ülserler kanama eğilimindedir.

Zollinger-Ellison sendromu: Gastrin salgılayan "islet" hücreli tümörlere (gastrinoma) bağlı olarak gelişir. Gastrinomaların %75'i pankreas, %15'i duodenum, %10'u ise karaciğer, lenf nodları ve over gibi organlarda yerleşir; %60 olgu maligndir. Gastrinomaların %10'u herediter sendromlardan olan multipl endokrin neoplazi tip-1 (MEN-1) ile birliktedir. Hastalarda devamlı gastrin sekresyonuna bağlı belirgin hiperasidite vardır. Midede, duodenal bulbusta ve karakteristik olarak post-bulber kesimde, %10 olguda birden fazla sayıda ülserler görülür. Aşırı miktarda gastrik salgı nedeniyle baryumlu incelemede mukoza iyi bir şekilde sıvanamaz. Mide ve duodenum mukozasında ödem nedeniyle plilerde belirgin kalınlaşma görülür.

Peptik ülser nişleri, yeteri kadar büyükse ve duvarda belirgin ödem oluşturmuşsa US'de, ödemli bağırsak duvarının hipoekoik halkası ortasında ekojen bir foküs şeklinde görülebilir (Resim 4.42). Duodenal yerleşimdeki böyle bir görünümde ekojen merkezin şekli ve büyüklüğü nişle doğrudan ilişkilidir. Çevredeki hipoekoik halka duvarın ödemini ve inflamatuar infiltrasyonunu gösterir. Tutulan segment rijiddir ve lümeninde gaz yoktur. Bu bulgular duvar kalınlığının derecesi ile ilişkili görülmektedir.



Resim 4.42 Aktif evredeki duodenal peptik ulkusta çevresi hipoekoik bir duvarla çevrili hiperekoik görünüm. İncelemeden üç gün önce tekrarlayan Sindirim borusu kanaması olan 12 yaşında bir olgu.

Diğer mukozal lezyonlarda olduğu gibi duodenal ülserde de baryum çalışması temel tanı yöntemidir. Ancak epigastriumda ağrı yakınmasıyla başvuran olgularda günümüzde ilk inceleme yöntemi olarak US istendiği göz önüne alınırsa duodenumun bu yönden araştırılması klinisyeni yönlendirme bakımından yararlı olabilir.

Duodenit

Dispepsi ve nadiren hemoraji ile kendini gösteren klinik bir antitedir. Ayrı bir duodenal hastalık olabileceği gibi duodenal ülsere öncülük ve eşlik de edebilir. Ana neden H.pilori enfeksiyonudur. Daha çok duodenal bulbusta görülür. Endoskopi, tanıda temel yöntemdir.

Röntgende erozyon ve mukozal kabalaşma vardır (Resim 4.43). Erozyon küçük baryum takıntıları şeklinde görülür. Mukozal kabalaşmada, mukozal kıvrımlar kalınlaşarak 0.5-1 cm kalınlığında, bir kaç



Resim 4.43 Duodenit. Kabalaşmış, kaldırım taşı görünümü veren duodenum mukozası.



Resim 4.44 Antral mukoza prolapsusu. Bubus tabanında şemsiye şeklinde dolma defekti (oklar).

santim uzunluğunda, kıvrımlı bant biçiminde dolma defektleri yaparlar. Mukozal kabalaşma *kaldırım taşı* şeklinde de görülebilir. Kaldırım taşı görünümü yarım veya bir santim çapında yuvarlak veya oval dolma defektleridir. Bu görünüm aynı zamanda Brunner bezlerinin hiperplazisini de temsil eder.

Gastrik heterotopi ve nodüler lenfoid hiperplazide de kaldırım taşına benzer görünüm vardır. Bu olgularda duodenal bulbusta 1-6 mm çapında nodüllerin yaptığı üniform dolma defektleri görülür.

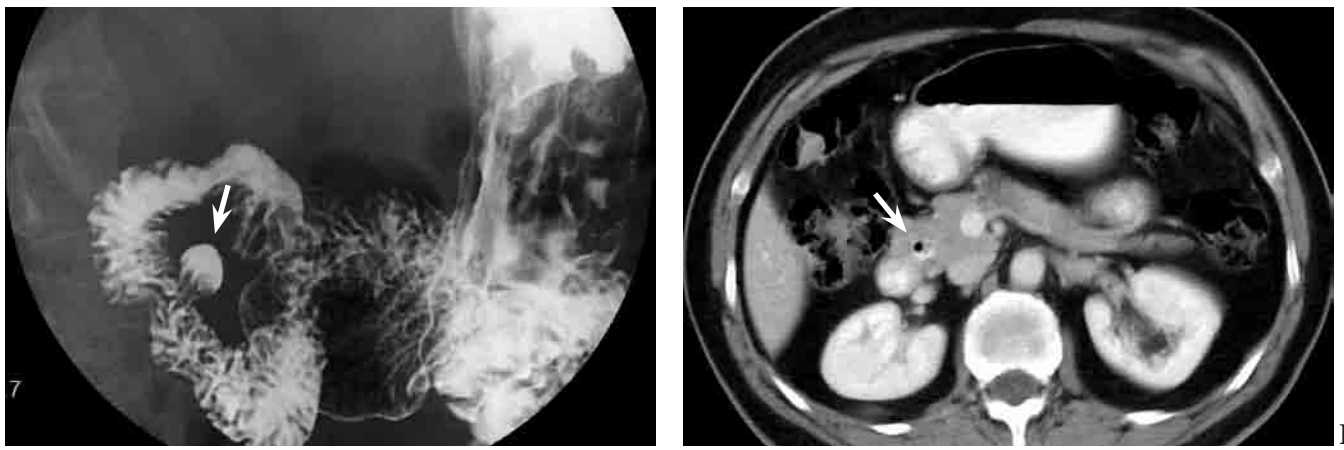
Pankreatit, kolesistit ve Crohn hastalığında da duodenal mukozal kıvrımlar kalınlaşır. İntramural hematomda valvula konnivanteslerdeki belirgin kalınlaşmalar baryum kolonunun *dizilmiş bozuk para dizisine* benzer bir görünüm almasına neden olur.

Antral mukoza prolapsusu

Uzamış antral mukozanın pilor kanalından duodenuma kayması ile oluşur. Klinik bir önemi yoktur. Duodenum tabanında, sapını pilor kanalının yaptığı, *şemsiyeye benzer* bası oluşturur (Resim 4.44).

Duodenal divertikül

Mide duodenum incelemelerinin yaklaşık %5'inde görülen ve klinik önemi olmayan bir yapıdır. En sık duodenumun ikinci parçasının iç kesiminde yerleşir (Resim 4.45). Birden fazla sayıda olabilir. Ortalama çapı iki-üç santimetredir. Röntgende seviye gösteren dar boyunlu düzgün kenarlı dolma fazlalıkları şeklindedir.



A B

Resim 4.45 Duodenumun ikinci parçasında divertikül (ok). A. Röntgen görünümü. B. BT görünümü. BT'de divertikül içerisinde baryum ve hava görülüyor (ok).

Süperior mezenterik arter sendromu

Duodenumun üçüncü parçası, aort ve superior mezenterik arter arasından geçer. Bu parçanın değişik nedenlerle komprese edilmesi ile geçici obstrüksiyon gelişir. Hastalarda aralıklı abdominal ağrı ve kusma atakları vardır. Röntgende duodenumun üçüncü parçasında vertikal seyreden kalın bir bası izi görülür. Proksimal duodenum genişlemiştir (Resim 4.46). Floroskopide obstrüksiyonun proksimalinde ileri ve geri hareket eden derin peristaltizm gözlenir. Hasta sol yan veya yüzüstü döndüğünde pasaj kolaylaşır.

Neden olarak uzamış yatak istirahati, hızlı kilo kaybı, pankreatitis ve Crohn hastalığı gibi mezenterik kökde inflamasyon ve fibroz oluşturan hastalıklar, pankreas karsinomu ve aortik anevrizma gibi retroperitoneal kitleler ve skleroderma rapor edilmiştir. Sklerodermada diğerlerinden farklı olarak peristaltizm gözlenmez.

Anüler pankreas

Pankreasın en sık görülen konjenital anomalisidir, Down sendromu ile birlikte sık görülür. Pankreas dokusu duodenumun ikinci parçasını sarar ve lümeni daraltır. İleri yaşlara kadar bulgu vermeyebilir. Baryum incelemelerinde tutulan kesimde konsantrik daralma görülür. Yetişkinlerde birlikte postbulber ülser ensidansı sıktır. Tanı, BT ile kesinleştirilir.



Resim 4.46 Süperior mezenterik arter sendromunda genişlemiş duodenum (oklar).

İNCE BAĞIRSAK

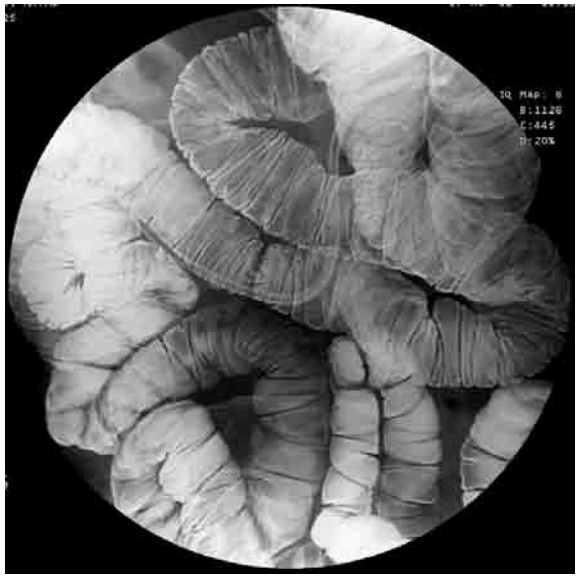
İnceleme yöntemleri

İnce bağırsakların röntgenolojik incelenmesinde de baryum sülfat süspansiyonları kullanılır. Genellikle üst gastrointestinal incelemenin devamı şeklinde yapılır. Bu yönteme ince bağırsağın takip ("follow-through") incelemesi adı verilir. İncelemede opak madde kolonu kesintisiz olarak tüm ince bağırsak segmentlerini doldurmalıdır. Bunun için ağızdan aralıklarla toplam 250-600 mL baryum solüsyonu verilir. Antrum daima dolu olmalı ve hasta radyografi aralarında sağ yanına yatırılmalıdır. Opak madde çekuma genellikle 1.5-2 saat içerisinde ulaşır. Bu süre 20 dk olabileceği gibi 4 saate kadar da çıkabilir. Pasajın hızına bağlı olarak 15-45 dk aralarla röntgenogramlar elde edilir. İlk röntgenogram yüzüstü pozisyonda alınır. Bu pozisyonda doğal baskıya bağlı olarak jejunum segmentleri birbirinden uzaklaşarak üst üste düşme azalır. Gerekirse floroskopi yapılır ve baskılı spot röntgenogramlar alınır. Metochlopramide gibi peristaltizmi artıran ilaçlar kullanılarak geçiş hızlandırılabilir.

İnce bağırsaklar enteroklizis adı verilen ince bağırsağın baryum lavmanı ile daha ayrıntılı olarak incelenir. Bu yöntemde 12-14 F'lik özel enteroklizis kateteri floroskopik kontrol altında proksimal jejunuma kadar ilerletilir. Kateter, içerisine sokulan kılavuz tel aracılığı ile yönlendirilir. Verilen maddelerin geriye kaçışını önlemek için kateterin balonu şişirilir.

İnceleme tek veya çift kontrast olarak yapılabilir. Tek kontrast incelemede verilen baryum miktarı 600 ml kadardır. Baryum verildikten sonra floroskopi yapılır, gerekirse konla baskı yaparak spot görüntüler alınır. Çift kontrast incelemede ise 200 ml baryum verildikten sonra 1000 ml metil selüloz verilir. Metil selüloz baryumun ilerlemesini ve bağırsakların dilatasyonunu sağlar. Enteroklizis yöntemi ile bağırsakların daha üniform genişlemesi sağlanır, baryum daha homojen olarak dağılır, üst üste düşme en aza indirilmiştir; anatomik ayrıntı çok iyidir ve inceleme süresi kısadır (Resim 4.47).

İnce bağırsağın lümenini ve mukozal yapısını en iyi gösteren yöntem baryumlu incelemelerdir. Duvar lezyonları ve çevre yayılımı BT ile değerlendirilir. MR-enteroklizis yeni bir yöntemdir; nazogastrik bir tüp aracılığı ile ince bağırsaklar izoozmotik su ile dol-



Resim 4.47 Normal entoroklizis.

durulur ve hızlı sekanslarla görüntü alınır. Lümen, duvar ve çevre ilişkisi iyi görülür.

Anatomi

İnce bağırsaklar Treitz bağından başlar ve ileo-çekal valvde sonlanır. Treitz bağı 2. bel omurunun soluna düşer, ilioçekal valv ise sağ sakroiliyak eklem üzerindedir. Yaklaşık 7 m uzunluğunda tamamen peritonla örtülü bir tüptür; 2/5 proksimali jejunum, distali ileum adını alır. Jejunum karnın sol üst, ileum sağ alt bölümündedir. Yetişkinde jejunumun ortalama genişliği 23.1 mm'dir, üst sınırı 3 cm olarak kabul edilir; bu değer ileumda 2.5 cm'dir. Bu değerler enterokliziste 1.0 -1.5 cm artar. Normal ince bağırsağın duvar kalınlığı 3 mm'dir. İç yüzünde lümene doğru uzanan ince mukoza kıvrımları vardır. Valvula konnivantes adı verilen bu enine plilerin merkezinde damarları ve lenfatik kanalları taşıyan submukoza tabakası bulunur. Kalınlıkları 1-2 mm, derinlikleri 8 mm'dir; 2-3 mm'den daha fazla kalınlık anormal kabul edilir. İnce bağırsağın çapı ve valvula konnivanteslerin sayısı distale doğru gittikçe azalır ve distal ileumda tüylü görünüm tümüyle ortadan kalkar.

İnce bağırsağın mezanterin girdiği kesimi konkavdır; bu kesime mezenterik kenar, karşısındaki konveks kenara da antimezenterik kenar adı verilir. Mezanter paryetal peritonun iki yaprağı arasındaki damarları ve lenfatik sistemi taşıyan yağlı bağ dokusundan oluşur. Normal lenf nodları bu yağ dokusu içerisinde 5 mm'yi geçmeyen yumuşak doku yoğunlukları olarak seçilirler.

Nodüler lenfoid hiperplazi

Normalde terminal ileumda ve proksimal kolonda rastlantısal olarak görülür ve yeni geçirilmiş viral enfeksiyonlara bağlanmıştır. 2-4 mm boyutlarında eşit boyda ve şekilde nodüllerdir. Tüm ince bağırsakta görülebilir. Hipogamaglobulinemi, özellikle de düşük IgA seviyesi ile birliktedir.

Dolma defekti; kitle lezyonları

Sindirim borusu tümörleri nadirdir, tüm sindirim borusu tümörlerinin %2-3'ünü yapar. Benign-malign oranı eşittir; semptomatik olguların malignite olasılığı yüksektir. Midede görülen benign ve malign bütün kitle lezyonları ince bağırsakta da görülür ve benzer radyolojik özellikler gösterirler. Bunlar adenokarsinom, lenfoma, metastaz, kaposi sarkomu ve GİST gibi malign tümörler ve adenoma, lipoma, hemanjiyom gibi benign tümörler ve farklı polipozis sendromlarıdır.

Karsinoid tümörler en sık görülen ince bağırsak tümörleridir; tüm ince bağırsak tümörlerinin 1/3'ünü oluşturur. Düşük greydli bir malignite olarak kabul edilir; yerel olarak tekrarlar veya lenf nodlarına, karaciğere ve akciğere metastaz yapar. Mukozanın derin katmanlarındaki endokromaffin hücrelerinden köken alır. Bu hücreler seratonin ve bradikinin gibi vazoaktif maddeler üretir. Karsinoid tümörlerin yaklaşık %20'si ince bağırsaktadır; en sık ileumda yerleşir ve %30 olguda tümör birden fazladır. Apendiks diğer sık yerleşim yerlerinden biridir. Sadece %7 olguda karsinoid sendrom (deride kızarıklık basması, abdominal kramplar ve ishal) görülür; bunlar da karaciğere metastaz yapmış olgulardır. Diğer olgularda tümörden salgılanan vazoaktif maddeler karaciğerde inaktive edildiklerinden karsinoid sendrom görülmez.

Tümörün kendisi genellikle küçük (<1.5 cm) intramural nodül, veya intraluminal polip şeklindedir. Küçük boyutlu ve intramural yerleşimde ise BT ile tanımak zordur. Genellikle lobuledir ve merkezinde nokta şeklinde kalsifikasyonları bulunur. Bağırsak duvarı ve mukozal kıvrımlar kalınlaşır, lümen daralır. Saplı polip şeklinde olanlar invajinasyona neden olabilir.

Tümör yavaş büyür, salgıladığı seratoninin yaptığı desmoplastik reaksiyona bağlı olarak bağırsak duvarında ve mezanterde belirgin fibroz gelişir. Fibroz nedeniyle mezanter yağı içerisinde çevresinde ışınsal fibrotik uzantıları olan *araba tekerleği* görünümünde bir desmoplastik kitle ortaya çıkar. Kitlenin yaptı-

ğı fibrozun çekintileri nedeniyle, bağırsaklar keskin açılanmalar yaparak kitle çevresinde toplanmışlardır. Mezanterde yaptığı bu değişiklikler kesit görüntülerle, en iyi BT ile gösterilir. Bu görünüm karsinoide has bir bulgudur, ancak çok nadir görülen mezenterik lipodistrofide de benzer görünüm oluşabilir. Mezenterik venöz konejestiyon görülür. Çok vasküler tümörlerdir; karaciğer metastazları da belirgin kontrast tutar.

Adenokarsinom daha çok duodenojejunal segmentlerde yerleşir. Genellikle 3-5 cm'lik kısa bir segment tutulur. Düzensiz kenarlı ekzantrik fokal kitle veya asimetrik yapıda çepeçevre duvar kalınlaşması şeklinde görülür. Büyük boyutlu lezyonlarda kontrast tutulumu heterojendir.

Leyomiyosarkom bağırsak duvarından çıkar ve büyük lobüle ekzofitik bir kitle şeklindedir. Büyük boyutu ve ortasındaki nekroz ve likefaksiyonu ile BT görünümü tipiktir. Nekroze ve likefiye santral kesimi düzensiz duvarlıdır ve sıvı-sıvı seviyesi gösterebilir. Lenfatik yolla değil, lokal invazyon veya hematojen yolla yayıldığından birlikte lenfadenomegali görülmesi beklenmez.

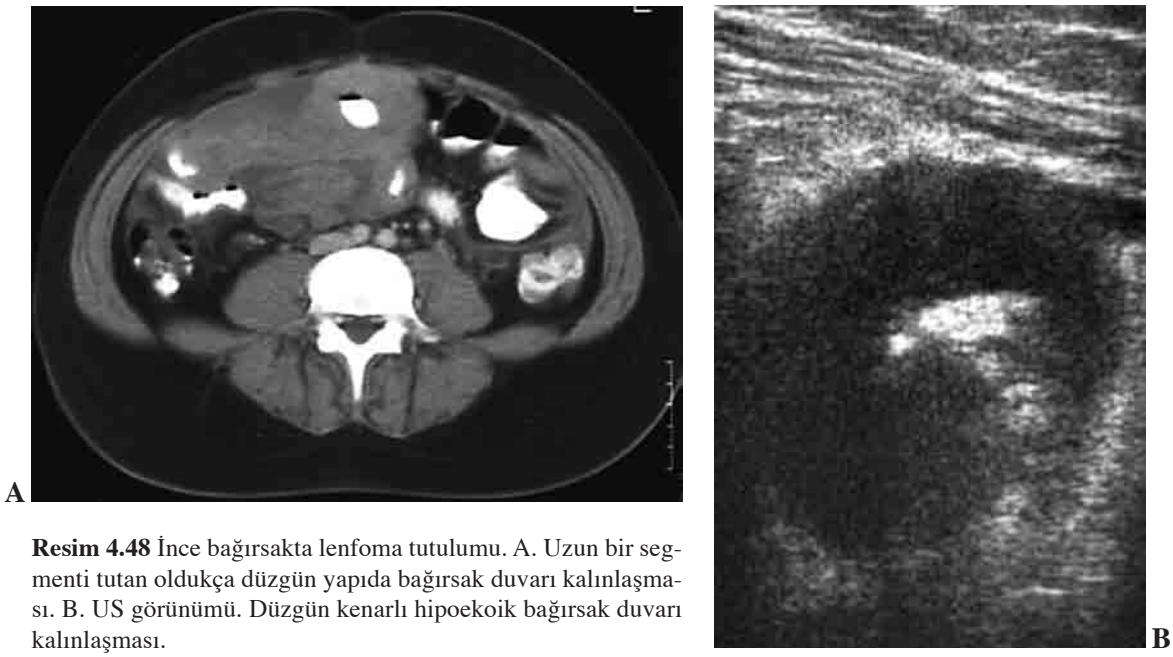
Lenfoma

Crohn hastalığı ile birlikte ince bağırsağın en sık görülen hastalığıdır. İnce bağırsağın malign tümörlerinin % 20'sini yapar. Lenfomanın organ tutulumu en sık sindirim borusunda görülür. Sindirim borusunda da en sık tutulan kesim ince bağırsaktır. İnce bağırsağın en sık tutluan kesimi de lenf dokusunun en yoğun olduğu distal ileumdur; % 10-25 oranında birden fazla bölge tutulur. Olguların çoğu B-tipi hücreli NHL'dir.

Tutulum difüz infiltrasyon, ekzofitik kitle, polipoid kitle ve/veya çok sayıda nodüller şeklindedir. Tutulan segmentte anevrizmatik dilatasyon görülmesi lenfomaya has bir bulgudur. Nedeni kas tabakasının ve otonom pleksusun tümör infiltrasyonu ile tahribi ve tümörle birlikte fibrozun olmamasıdır. Lenfomada tutulan kesimlerin karsinomdan daha az rijid olması önemli bir ayırıcı tanı özelliğidir.

Baryumlu incelemede submukozadaki hücre infiltrasyonu nedeniyle duvar kalınlaşması ve mukozal kıvrımlarda düzensizlik görülür. Hastalığın erken döneminde lenfatik blokajın yaptığı ödeme bağlı olarak bu tutulum düzgündür. Geç evrede hücre infiltrasyonu artar ve mukozal kıvrımlar silinir. Lümen daralmış, genişlemiş veya normal çapta olabilir. Tutulan bölgelerde sığ ülserler görülebilir. Kaviter lezyonlar, invajinasyona neden olabilen polipoid kitleler, 4 mm'den büyük ve polimorfizm gösteren nodüller hastalığın diğer görünüm şekilleridir.

BT ve US'de tutulan kesimde tipik olarak lümeni çepeçevre saran belirgin duvar kalınlaşması vardır (Resim 4.48). Tümör lobule olabilir, ancak kenarları düzgündür. Homojen dansitede olması önemli bir tanı özelliğidir. Çevre yağ planları silinmemiştir. Birlikte



Resim 4.48 İnce bağırsakta lenfoma tutulumu. A. Uzun bir segmenti tutan oldukça düzgün yapıda bağırsak duvarı kalınlaşması. B. US görünümü. Düzgün kenarlı hipoekoik bağırsak duvarı kalınlaşması.

belirgin bölgesel, retroperitoneal ve/veya mezenterik lenfadenomegali vardır. İntestinal obstrüksiyon nadirdir. Büyük ülserasyonlar görülebilir. Tutulan segment adenokarsinomdakinden uzundur (5-15 cm). Bazen fokal intraluminal lezyon veya kitle şeklinde görülebileceği gibi, uzun bir segmenti tutan simetrik hafif duvar kalınlığı şeklinde de görülebilirler. Fokal tutulum adenokarsinom, uzun bir segment ve simetrik tutulum inflamatuar lezyonlarla kolayca karıştırılabilir. Bununla birlikte birçok olgu; duvar kalınlaşmasındaki hafif asimetri, çift halo işaretinin yokluğu ve birlikte yoğun lenfadenomegali bulunmasıyla tanınabilir. Ekzofitik büyüyen lenfoma, adenokarsinom ve GİST'den, kontrast tutulumunun azlığı veya olmaması ile ayrılır.

İntramural kanama

Antikoagülan tedavi, kanama diyatezi ve travma sonucu gelişebilen intramural kanama genellikle bağırsağın proksimal segmentlerinde, hiperdens bağırsak duvar kalınlaşması ve az miktarda mezenterik ve/veya peritoneal kanama ile karakterizedir. Bir-iki hafta içerisinde tamamlanan hızlı bir düzelme önemli bir özelliğidir. Bağırsak duvarı, diğer benign yapıdaki lezyonlarda olduğu gibi segmental, çepeçevre ve simetrik şekilde tutulur. Akut abdominal ağrısı olan veya hematokriti birdenbire düşen uygun hikâyeli olgularda BT seçilecek ilk ve temel tanı yöntemi olmalıdır.

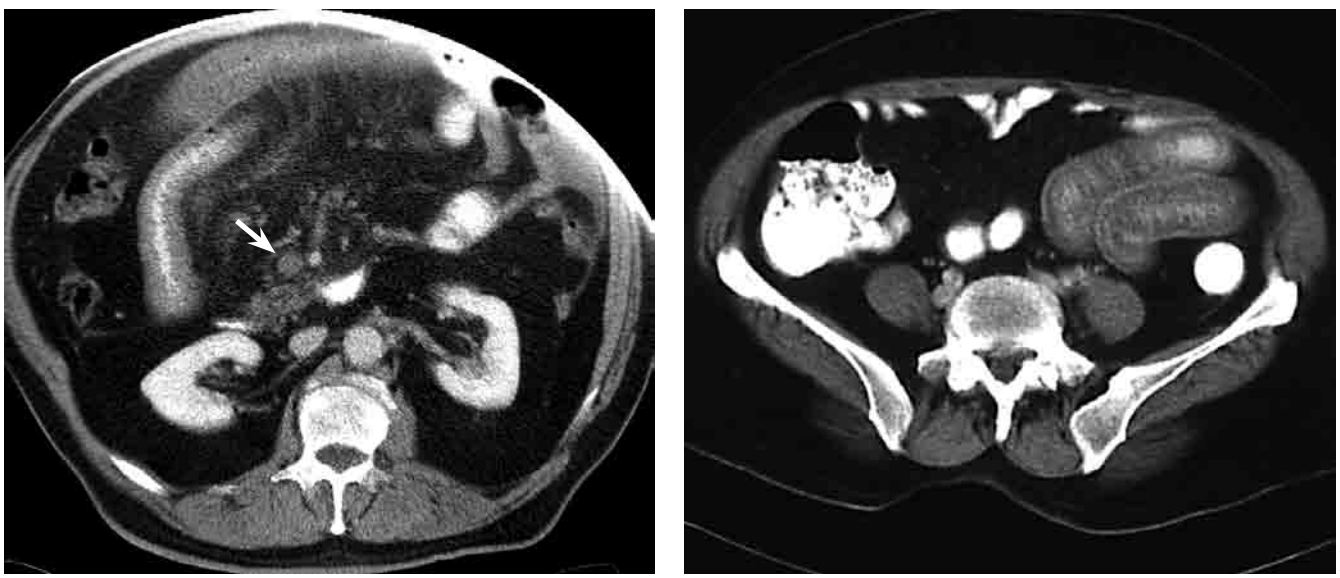
Mezenterik iskemi

Bağırsak nekrozu ile sonuçlanabilen değişik nedenli kanlanma yetersizliğidir. Akut veya kronik olabilir. Akut olanları arteriyel embolizm ve tromboz (%75), mezenterik ven trombozu (%10) ve tıkayıcı olmayan iskemidir. En sık SMA'da görülür. Tıkayıcı olmayan iskemi hipotansiyona, dehidratasyona veya düşük kardiyak atıma bağlı olabilir. Bu durumda damarda görülen difüz segmental vazokonstrüksiyon damarın *sosis dizisi* şeklinde görülmesine neden olur. Ateroskleroz, FMD ve değişik nedenli vaskülitler ise kronik iskemi nedenidir. Kronik iskemide en az 2-3 mezenterik arterde ileri derecede daralma görülür.

US ve BT ile damarın tıkanması gösterilebilir. İntestinal iskemide tutulan bağırsak duvarı kalınlaşır (Resim 4.49). İskeminin ilerlemesiyle gelişen enfarktta ise bağırsak duvarında hava (pnömatozis) ile birlikte bölgesel mezenterik venlerde ve karaciğer içerisinde portal sistemde hava görülür.

Anjiyografi temel standarttır ve girişimlerde kullanılır; anjiyogramlarda trombüs veya embolinin yaptığı dolma defekti görülür. Trombüs damarın proksimal kesiminde, emboli distal kesiminde ve bifurkasyon noktalarında oturma eğilimindedir. Venöz trombüslerde geç fazda venlerde dolma defekti görülebilir, venler görülemeyebilir, kollateral gelişimi izlenir.

Girişimsel tedavide trombolizis yapılır. Tıkayıcı olmayan iskemide İA papaverin 30-50 mg/saat olarak uygulanır.



A B

Resim 4.49 İntestinal iskeminin BT görünümleri. Bağırsak duvarında uzun bir segmenti tutan düzgün kalınlaşmalar. A'da süperior mezenterik ven tromboze (ok).

Yersinia enterokoliti

Gram pozitif yersinia enterokolitikanın veya psödotüberkülozis suşunun enfeksiyonudur. Karın ağrısı, ateş ve kanlı ishalden oluşan bir kliniği vardır. Hastalık akut apandisit veya akut Crohn hastalığını taklit eder ve 8-12 haftada kendini sınırlayan bir seyir gösterir. Tanı gaita kültürü ile konur. Çocuklar ve genç yetişkinlerde sık görülür.

Radyolojik bulgular son 20 cm'lik ileum segmentinde belirgindir. Aftöz ülserler, 1 cm boyutlu nodüller, mokozal plilerde kalınlaşma ve duvar kalınlaşması görülür. Mukozada kaldırım taşı manzarası ortaya çıkabilir. Ödem artarsa mukozal pliler silinir. Ödemin çözülme evresinde nodüler lenfoid hiperplazi görülebilir.

Behçet hastalığı

Küçük damarların vaskülitidir. Göz, eklemler, deri, merkez sinir sistemi ve sindirim sistemi tutulur. Tekrarlayıcı iridosiklit, mukokütanöz ülserler, veziküller, püstüller ve artrit görülür. Bağırsakta en sık ileoçekal bölgede yerleşir. Aftöz ülserler, derin ülserler, stenoz ve fistül gibi bulguları ile Crohn hastalığını taklit eder. Perforasyon ve peritonit gelişebilir.

Meckel divertikülü

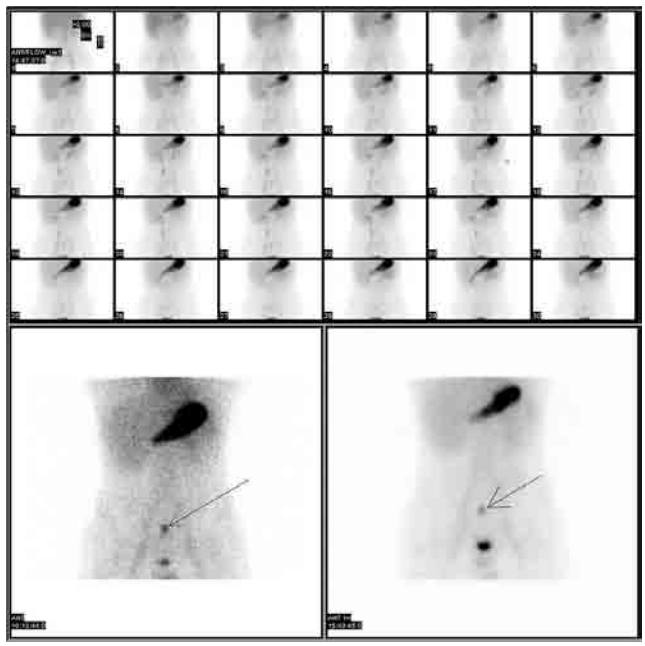
Meckel divertikülü omfalomezenterik kanalın bir kalıntısıdır. İleoçekal valv'ın 60 cm proksimalindedir ve bağırsağın antimezenterik kenarında bulunur. Populasyonda %1-3 oranında görülür. Büyük çoğunluğu asemptomatiktir. Kanamaya, akut divertikülite, intestinal obstrüksiyona ve kronik abdominal ağrıya neden olabilir. Hastaların büyük çoğunluğu on yaşından küçük çocuklardır ve erkeklerde daha sık görülür. Meckel divertiküllerinin yaklaşık %50'sinde ektopik gastrik mukoza bulunur ve kanama, divertikülit vb komplikasyonların tetikleyicisi salgılanan asittir.

Meckel divertikülünün tanısı bu ektopik mide mukozasının sintigrafik olarak saptanması ile konur. Radyofarmasötik olarak Tc-99m-sodyum perteknetat kullanılır. Perteknetat iyonu gastrik mukozanın mukoid hücrelerinde toplanır. Sintigramların pozitif olması için ektopik gastrik mukozanın en aşağı 2 cm^2'lik bir alanı kaplaması gerekir. Bu nedenle negatif sonuçlar Meckel divertikülünü dışlatmaz. Semptomatik olguların yaklaşık yarısında sintigramlar normaldir.

Radyofarmasötiğin İV enjeksiyonundan sonra 5 dk aralarla bir saat boyunca sintigramlar alınır. Ektopik gastrik mukozanın daha iyi görülmesini sağlamak için pentagastrin, glukagon veya simetidin gibi ilaçlar kullanılabilir. Hasta sırt üstü yatar. Anterior projeksiyon kullanılır.

Sintigramlarda Meckel divertikülü genellikle sağ alt kadranda küçük bir artmış aktivite alanı şeklindedir (Resim 4.50). Daha nadir olarak abdomenin herhangi bir yerinde bulunabilir. Divertikülün aktivitesi mide aktivitesi ile eş zamanlıdır. Genellikle İV enjeksiyondan 10-20 dakika sonra görülür ve çalışma süresince gittikçe artar. Yan pozisyonda ön tarafta lokalize olarak üriner sistem aktivitesinden ayrılır. Yöntemin doğruluk oranı yüksektir. Aktivitesi mideden çok üriner sistemle eş zamanlı olan lezyonlar, Meckel divertikülü yönünden dikkatle yorumlanmalıdırlar.

Meckel divertikülünün sintigrafik olarak incelenmesinde yalancı pozitif oran yüksektir. Crohn hastalığı, obtsrüksiyon, invajinasyon, hidronefroz, peptik ülser, lokalize inflamasyon, arteriovenöz malformasyon, tümör gibi birçok oluşum yalancı pozitif sonuç verir. Bazı olgulardaki artmış radyonüklid birikimi hiperemiye veya hipersekresyona bağlı olabilir. Yalancı negatif sonuçlar ise Meckel divertikülü içindeki gastrik mukoza kalıntılarının yeterli yoğunlukta olmamasına, farmasötiğin bağırsak içerisindeki hemorajiye veya hipersekresyona bağlı olarak dilüe olmasına veya diğer teknik sorunlara bağlıdır.



Resim 4.50 Meckel divertikülünün sintigrafik görünümü. Karnın alt kesiminde aktivite tutan küçük bir alan görülüyor.

Duplikasyon kistleri içerisinde ve hatta normal bağırsak içerisinde bulunan ektopik gastrik mukoza alanları da sintigrafik yöntemle saptanabilir.

Mezenterik kist

İnce bağırsağın mezanterinin kökünden çıkan lenfanjiyomlardır. Çoğu ince duvarlı şilöz, seröz veya kanlı sıvı içeren multiloküle yapılardır. İçlerinde US'de internal ekolar ve sıvı-debris, sıvı-yağ seviyeleri görülür. Şilöz ve hemorajik içerik T1A MR kesitlerinde hiperintens görülür.

Difüz ince bağırsak hastalıkları

İnce bağırsağı difüz olarak tutan çok sayıda hastalık vardır. Bu hastalıkların hem klinik bulguları hem de radyolojik görünümleri örtüşür. Tanıya sistematik yaklaşmak ve radyolojik görünümleri klinik verilerle birleştirerek ayırıcı tanı yapmaya çalışmak gerekir.

Radyolojik değerlendirmede aşağıdaki kurallar göz önüne alınır: 1) Bağırsak lümeninin genişlemesi ya obstrüksiyonu veya duvardaki kasların disfonksiyonunu gösterir. 2) Mukozal kıvrımların kalınlaşması submukozanın infiltre olduğunu gösterir. Bu kalınlaşma düzgün ve üniform ise kalınlaşmanın nedeni sıvı (ödem, kan) birikimidir; düzensiz ve nodüler yapıda ise ve üniform değilse, kalınlaşmanın nedeni hücre infiltrasyonudur.

Malabsorbsiyon

Malabsorbsiyon sendromu deyimi bazen yetişkin tipi çöliak hastalığı için kullanılır. Geniş anlamda ince bağırsaklarda absorbsiyon kusuru olan tüm patolojilerini kapsar. Röntgenolojik olarak iki gruba ayrılır. Birinci grupta, röntgen bulguları, başlıca steatoreye bağlıdır. Çöliak hastalığı, tropikal sprue gibi intestinal mukozanın difüz lezyonları ile safra ve pankreas enzimleri yokluğunda ortaya çıkan malabsorbsiyon tablosunun röntgen görünümleri aynıdır, ayırım yapılamaz. İkinci gruba özel röntgen görünümleri nedeniyle ayırıcı tanısı yapılabilen hastalıklar girer. Bu grupta Crohn hastalığı, NHL, divertiküloz gibi hastalıklar ve uzun bağırsak rezeksiyonları vardır.

Birinci gruptaki hastalıkların röntgen bulguları şu şekilde özetlenebilir:

1. Jejunal segmentlerde dilatasyon.
2. Sulu bağırsak içeriği ile karışmasına bağlı olarak baryumun dilüe olması.
3. Hipersekresyon nedeniyle opak madde kolonunda yer yer kesintilerin oluşturduğu baryum kolonunun segmentasyonu.
4. Hipersekresyon nedeniyle, verilen baryum süspansiyonunun mukozayı yer yer sıvayabilmesi. Baryum bağırsak duvarını benekli bir şekilde sıvar (*flokülasyon*).
5. Mukozal kıvrımlarda yer yer silinme, yer yer kalınlaşma (*mulaj işareti*).
6. Valvula konnivantesler incelir ve birbirine yaklaşır (*kırışık mukoza görünümü*).
7. Genellikle hipomotilite şeklinde görülen motilite değişiklikleri.

Segmentasyon, flokülasyon ve mulaj işareti günümüzdeki baryum preparatları ile yapılan çalışmalarda nadiren görülür.

Spruda jejunum ve ileumun mukozal yapısı yer değiştirmiş gibidir; jejunum ileuma, ileum jejunuma benzer. Geçici invajinasyon görünümleri ortaya çıkar. Malignite görülme olasılığı artmıştır.

KOLON

İnceleme yöntemleri

Kolonun röntgen incelemesinde ilk adım düz karın röntgenogramlarıdır. Obstrüksiyonda, ayakta çekilen düz karın röntgenogramlarında sıvı seviyeleri görülebilir. Bunlar ince bağırsaktakilerden sayıca daha az ve daha büyüktür. Hirschsprung hastalığında genişlemiş kolon segmentleri içerisinde gaita retansiyonu vardır.

Opak lavman kolonun temel röntgenolojik inceleme yöntemidir. Bu inceleme için bağırsakların çok iyi temizlenmesi gerekir. Bir gece önceden verilen müshil, özellikle konstipe hastalarda yeterli olmayabilir. Bu nedenle inceleme yapılacak hastalara bir gün önceden sıvı gıdalar verilmeye başlanır ve hafif bir akşam yemeğinden iki saat sonra müshil içilir. Hasta ertesi sabah aç karına veya hafif bir kahvaltıdan sonra incelemeye alınır. Rektal yolla baryum sülfat süspansiyonu verilerek anüsten çekuma kadar tüm kolon segmentlerinin doluşu gözlenir. Gerekli bölgelerin röntgenogramları alınır. Genellikle bir kısım opak madde terminal ileuma geçer, geçmemesi anormal olarak değerlendirilmemelidir. Tek kontrast kolon incelemesi adı verilen bu yöntem günümüzde obstrüksiyonlarda ve çok yaşlı ve düşkün hastalarda yapılır.

Günümüzde kolonun standart röntgen incelemesi çift kontrast kolon tetkikidir. Bu yöntemde mukoza ayrıntılı bir şekilde görüntülenir ve 1 cm'den küçük lezyonlar saptanır. Mukozayı çok iyi sıvıyan baryum

süspansiyonu ile birlikte negatif kontrast olarak hava kullanılır. İncelemenin başlangıcında bağırsak segmentlerinin genişlemesini sağlamak amacıyla İV yolla 0.1-1.0 mg Glukagon veya benzeri (Buscopan 20 mg, İV veya İM) bir düz kas gevşeticisi verilir. Kolon segmentleri distalden başlanarak bölüm bölüm görüntülenir. Bunun için önce az miktarda baryum süspansiyonu verilir, mukozanın sıvanması sağlandıktan sonra verilen baryum geriye alınır ve yerine hava verilir. Gerekli pozisyonda spot grafiler yapıldıktan sonra daha proksimal segmentlere geçilerek işlem tekrarlanır. Böylece kontrast madde ile dolu bağırsak segmentlerinin birbirinin üzerini örtmeleri olabildiğince engellenmiş olur. İncelemede çift kanallı özel rektal tüpler, baryum süspansiyon torbaları ve hava verecek puvarlar kullanılır.

Tüm kolon segmentleri fluoroskobik olarak incelenip gerekli spot radyografiler yapıldıktan sonra masa üstü tüpü ile tüm karının ayakta, sağ ve sol yan dekübitus ve yatarak ön-arka ve arka-ön görüntüleri alınır. Fleksuraların pozisyonları kolonun diğer kesimlerine göre daha sabittir. Fleksuralarda ve sigmoidde, uzunluk nedeniyle kolon segmentleri birbirlerinin üzerini örtebilir. Süperpozisyonları ortadan kaldırmak için fleksuralarda oblik, sigmoid bölgede tüpe başa doğru açı verilerek radyografi yapılır.

Kolonun incelenmesinde, mukozal tutulumu ve intraluminal lezyonları değerlendirmede endoskopi temel standarttır. Teknolojik gelişmeler sonucu daha az travmatize edici bir yöntem haline gelen endoskopi daha sık uygulanmaya başlanmıştır. Lezyonun aracısız doğrudan görülmesi yanında parça alma ve tedavi olanağı vermesi endoskopinin avantajıdır. Kolondaki 6 mm'den küçük polipleri saptamada da röntgenden daha duyarlıdır. Endoskopide de, %10-30 oranında yalancı negatif sonuç bildirildiğinden, iyi bir teknik gerekir.

Anatomi

Kolon, ileoçekal valvden başlayıp anüse kadar devam eden 1.5 m uzunluğunda, boru şeklinde bir organdır. Sırasıyla çekum, çıkan kolon, fleksura hepatika, transvers kolon, fleksura lienalis, inen kolon, sigmoid kolon ve rektum isimli parçaları vardır. Rektumu anüse anal kanal bağlar. Başlangıç kesimi olan çekum en geniş kesimidir, distale doğru gittikçe daralır; anal kanalın üzerinde bir genişleme yapar. Rektosigmoid bölge en dar kesimdir. Kolon duvarının kalınlığı normalde 5 mm'yi geçmemelidir.

Kalın bağırsakta, yüzeyinden farkedilebilen ve "taeniae coli" adı verilen ve tüm kolonu boydan boya kateden 3 adet longitüdinal kas şeridi vardı. Bu şeritler kolonun boyutunu kısaltır ve buna bağlı olarak kolonların kenarlarında haustra adı verilen keselenmeler görülür. İç yüzeyde haustralar birbirinden plika semilunaris koli adı verilen mukoza kıvrımları ile ayrılır. Dış yüzeydeki serbest tenya boyunca dizilmiş, peritonla örtülü küçük yağ dokusu uzantılarına epiploik apendiks adı verilir; bu yapılar çekum, rektum ve apendiks yüzeyinde bulunmazlar.

Çekum, ileoçekal valvin altında kalan kör bir alandır. Tümüyle peritonla sarılıdır (intraperitoneal) ve oldukça mobildir. Bazen arkaya fiksedir ve ön ve yanları peritonla örtülüdür. Apeksinden solucan şeklinde bir organ olan apendiks çıkar. İlioçekal valvin çekumun lümenine uzanan iki yaprağı vardır. Bazen bu yapraklar belirginleşerek kitle görünümü verebilir. Çıkan kolon, anterior pararenal alanda uzanan ekstraperitoneal bir organdır; sadece ön yüzü peritonla örtülüdür. Hepatik fleksuranın iki kavsi vardır; proksimaldeki kavis daha arkadadır ve duodenumun inen parçası ile ve sağ böbrekle, distaldeki ise daha öndedir ve safra kesesi ile yakın komşudur.

Transvers kolon intraperitonealdir ve transvers mezokolonla karın arka duvarına asılmıştır. Mezokolon paryetal periton yapraklarından oluşur, pankreası sarar ve öne doğru uzanarak transvers kolona yapışır ve ince bağırsak kangallarını üstten sınırlar. Transvers kolon splenik fleksuradan sonra inen kolona dönüşür. Splenik fleksura pankreasın kuyruğu ve dalağın kaudal yüzü ile komşudur. Splenik fleksurayı sol diyafragmaya bağlayan frenikokolik ligament, subdiyafragmatik bölge ile sol parakolik oluk ilişkisini keser.

İnen kolon da retroperitoneal bir yapıdır ve sol ön pararenal alana yerleşmiştir, ön yüzünü periton örter. Distalinde sigmoid kolonla devam eder. Sigmoid kolon tümüyle intraperitoneal bir yapıdır ve uzunluğu oldukça değişkendir. Değişik uzunlukta bir mezo ile karnın arka duvarına bağlanır.

Rektum retroperitoneal bir yapıdır ve yaklaşık 12 cm uzunluğundadır. Ön ve yan taraflarını Douglas cebini oluşturan periton sarar. Anal kanal 3-4 cm uzunluğundadır ve anal sfinkter ve levator ani kasları ile çevrelenmiştir. Kanalın iç yüzünde vertikal seyreden ve Morgagni kolonları adı verilen plikalar vardır. Bu vertikal kıvrımların içlerinde, genişlediği zaman hemoroidleri oluşturan venler seyreder.

Polipler

Polip terimi lümene protrüze olan bir yumuşak doku uzantısını tanımlar, histopatolojik bir terim değildir. Polipler mukozadan lümene uzanan küçük boyutlu lokalize kitlelerdir. Kolorektal kanserlerin çoğunun, daha önce var olan adenomatöz poliplerden çıktığına inanıldığı için poliplerin saptanması çift kontrast baryumlu çalışmaların ana endikasyonudur.

Baryum lavmanı ile gösterilebilmeleri için kolonun çok iyi temizlenmesi gerekir. Yandan, mukozadan lümene doğru uzanan baryumla sıvanmış saplı veya sapsız kabartılar şeklinde görülür. Görünüm *melon şapkaya* benzetilmiştir. Saplı olanların boyunları dardır. Karşıdan görünümleri, depandan veya karşı yüzeyde olmalarına göre değişir. Depandan yüzeyde olanlar baryum birikintisi içerisinde düzgün kenarlı dolma defekti şeklindedirler. Karşıt yüzeyde asılı olanlar ise baryumla sıvanırlar ve bu nedenle sadece kenarı ince bir opak halka şeklinde görülür. Saplı poliplerde sap da baryumla kaplandığı ve polipten daha ince olduğu için polibin dairesi içerisinde daha küçük bir daire şeklinde görülür. Bu iç içe geçmiş çift daire görünümü, *meksikalı şapkasının yukarıdan görünümüne* benzetilmiştir.

Boyutları 5 mm'den küçük olan poliplerin hemen hepsi hiperplastik nodüllerdir ve malignite riski %0.5'ten azdır. Hiperplastik nodüller neoplazik olmayan mukozal proliferasyondur; yuvarlak ve sapsızdırlar. Daha büyük boyutlu olanları adenomatöz kabul edilir. Adenomatöz polipler gerçek neoplazmlardır; 40 yaşın üstündeki popülasyonda % 5-10 oranında görülür. Bu poliplerde malignite riski polibin boyutu ile artar; risk 5-10 mm'de %1, 10-20 mm'de %10 ve 20 mm'den büyük olanlarda %50'dir.

Hamartomatöz polipler (juvenil polipler) ise çocuklardaki kanamanın en sık nedenidir ve kolon poliplerinin %1'ini oluşturur. İnflamatuar polipler %0.5'ten azdır, birden fazla sayıdadır ve bağırsağın inflamatuar hastalığına eşlik eder.

Familyal adenomatöz polipozis sendromu: Kolonun herediter karakterli adenomatöz polipozisidir ve otozomal dominant geçer. Polipler tubovillöz adenom yapısındadır. Hastalık 20 yaş civarında ortaya çıkar ve hemen tüm olgularda malign dejenerasyon gelişir (30 yaşında %50). Opak lavmanda tüm kolon mukozasının poliplerle halı gibi kaplı olduğu görülür. Malign dejenerasyon gösteren polipler büyümeye başlar, kenarları düzgünlüğünü kaybeder, sapı kaybolur ve komşu kolon duvarında kalınlaşma görülür.

Familyal polipozis ile birlikte yüz ve kafa kemiklerinde birden fazla osteom ve çok sayıda deri tümörü ve kistinden oluşan tabloya Gardner sendromu adı verilir. Bu sendromda kolondaki polipler daha fazla malign dejenerasyon riski taşır. Merkez sinir sistemi tümörleri ile birlikte görülen familyal polipozise ise Turcot sendromu adı verilir.

Hamartomatöz polipozis sendromları: Neoplastik bir büyüme değildir. Poliplerin düz kastan oluşan merkezlerini matür glandüler epitel çevreler. Polipler malign değişim riski taşımazlar. Histopatolojileri farkı olmayan fakat kilinikleri farklı birçok sendrom tanımlanmıştır.

Peutz-Jeghers sendromu, özellikle ağız çevresinde muko-kutanöz pigmentasyon ve başlıca ince bağırsaklarda olmak üzere tüm intestinal sistemi tutan hamartomatöz karakterli polipozisten oluşan bir tablodur. Cowden hastalığında sindirim borusu polipleri ile birlikte yüzde papüller, ağızda papillomlar ve palmoplantar keratoz görülür. Cronkhite-Canada sendromu ise 60 yaş civarında ortaya çıkar. Sindirim borusuna dağılmış poliplerle birlikte tırnak atrofisi, kahverengi deri pigmentasyonları ve alopezi görülür. Hastalarda sulu ishal ve protein kaybettiren enteropati vardır.

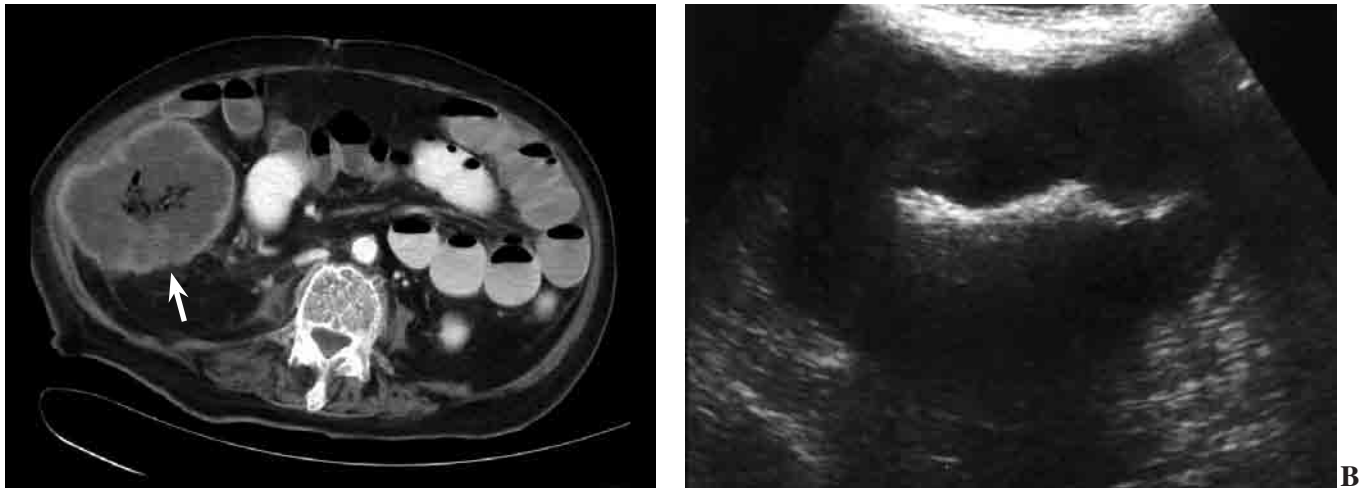
Tümörler

En sık görülen benign tümör adenomlardır. Birçoğu klinik olarak sessiz kalır. Bir kısmı ülsere olarak rektal kanamaya neden olur. Lipom ve leyomyomlar daha az sıklıktadır. Benign tümörler intramuraldir, üzerlerindeki mukoza sağlamdır, polipoid şekilde lümen içerisine de protrüze olabilirler.

Sindirim borusu lipomu en çok kolon ve ince bağırsakta görülür. İntraluminal yerleşimde, düzgün kenarlı kitle şeklindedir. Kompresyonla şekil değiştirir. Küçük lezyonlar (1-2 cm) sapsız, büyükleri saplıdır. BT'de homojen yağ dansitesinde (–50 ile –100 HÜ arası) lüminal kitle şeklinde görülür. Küçük lezyonların gösterilebilmesi için iyi bir lüminal opasifikasyon ve ince kesit gerekir.

Kalın bağırsağın lenfomasında radyolojik görünüm (Resim 4.51) sindirim borusunun diğer kesimlerindeki tutulumdan farklı değildir.

Kolonun en sık görülen malign tümörleri adenokarsinomlardır. Olguların yarısı rektum ve rektosigmoid bölgede, %25'i sigmoid kolonda yerleşir, geriye kalanlar ise tüm kolona dağılmıştır. Hemen tüm olgular daha önce var olan bir adenomdan gelişir. Olguların %20'sinde birlikte ikinci bir tümör (adenoma veya

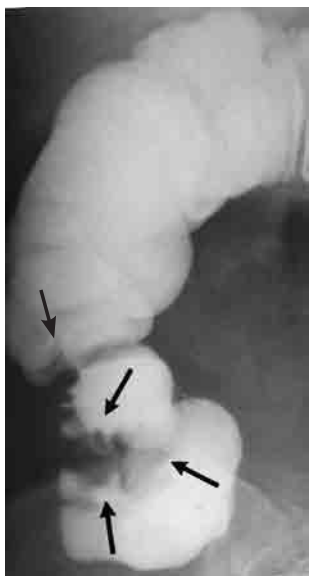


Resim 4.51 Kolon lenfoması. A. BT görünümü. Çekumda düzgün kenarlı homojen belirgin duvar kalınlaşması (ok). B. US görünümü. Homojen hipoekoik duvar kalınlaşması. Psödokidney işareti.

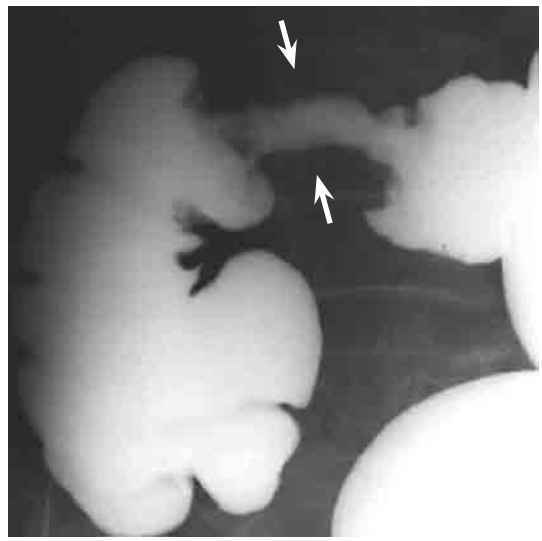
kanser) daha vardır. Tanı konmuş olguların %5'inde ikinci bir adenokarsinom vardır veya gelişecektir. Crohn hastalığı, familyal polipozis ve Peutz-Jeghers hastalığında kolon kanseri riski artar. Ailesinde kolon kanseri, over kanseri ve meme kanseri hikâyesi bulunanlarda da risk yüksektir. Sarkomlar nadirdir.

Adenokarsinomların makroskobik görünümü, sindirim borusunun diğer parçalarında olduğu gibi polipoid, ülseratif ve infiltratif olarak sınıflandırılır. Polipoid yapıda olanlar kolonun sağ yarısında, infiltratif ve ülseratif olanlar sol yarısında daha sıktır. Röntgende düzensiz dolma defekti ve mukoza harabiyeti görülür (Resim 4.52). İnfiltratif tipler ise üzerindeki mukozal yapısı bozulmuş dar ve genellikle 5 cm'den kısa bir segment şeklindedir. Tümör lümeni çepeçevre sarar. Görünümü *peçete halkasına* benzetilmiştir (Resim 4.53).

Daha nadir görülen skirö kanserlerde ise dar segment daha uzun ve daha düzgündür. Duvar kalınlığı 3-10 mm'dir ve tutulan segment 10-15 cm uzunluğundadır. Tutulan segmentin iç ve dış kenarları düzgündür ve sağlam bağırsağa geçiş keskin değildir. Bu tip tümörlerin proksimalinde dilatasyon gelişebilir. Rektosigmoid bölgenin tutulumunda ise benign lezyonları



Resim 4.52 Çekum dış duvarında dolma defekti oluşturan düzensiz duvarlı polipoid tümör (oklar).



Resim 4.53 Ülseratif-infiltratif tipte kolon tümörü fleksura hepatikada yaklaşık 7 cm uzunluğunda bir segmenti çepeçevre sararak daraltan tümör (peçete halkası görünümü) (oklar).

taklit eder; görünüm segmental kolit veya divertikülit ile karışır. Bununla beraber birçok olgu; rijidite, lümenin belirgin daralması, bölgesel adenopati ve metastazları ile tanınabilir. En sık çevre lenf bezlerine ve karaciğere metastaz yapar.

Tanımlanan bu bulgular BT ile daha ayrıntılı olarak gösterilir (Resim 4.54). BT'nin ana işlevi tümörün evrelenmesi ve rekürrensinin araştırılmasıdır. Operasyondan 6-8 hafta sonra ilerideki kontrollere temel olacak bir BT yapılmalı ve 2-3 yıl boyunca 6-8 ayda bir tetkik tekrarlanmalıdır. Karsino-embriyojenik antijen (CEA) seviyesi yükselirse BT yapılmalıdır. Kalsifikasyon, genellikle müsinöz adenokarsinomların bulgusudur.

Operasyondan ve radyoterapiden sonra elde edilen BT görünümlerinin yorumlanması zordur. Operasyonlardan sonra yağ dokusu içerisinde çizgili skar dokusunun görülmesi normaldir. Abdominoperineal rezeksiyonlu olgularda, operasyondan ve/veya radyoterapiden sonra gelişen presakral granülasyon dokusu ve fibroz, tümör rekürrensine çok benzer (Resim 4.55). Operasyondan 2-4 ay sonra BT tetkiki yapılmış olgularda, kontrol BT'lerinde rekürrense ait kitle büyürken, postoperatif değişiklikler 4-9 ay arasında küçülür, kenarları belirginleşir ve sakrumdan uzaklaşır. Ayırıcı tanı için MR, PET ve biyopsi gerekebilir.

Matür fibroz, MR'de tüm sekanslarda hipointens görüleceğinden, hiperintens bir odak rekürrensi temsil edebilir. Hiperintensite tümör için spesifik değildir; inflamasyon ve nekroz da benzer görünüm verir. Operasyon sonrası rektum lojunu dolduran prostat dokusu da kitle görünümüne katkıda bulunur; MR ayırıcı tanıda yardımcıdır. Rekurrens en duyarlı olarak PET ile saptanır.



Resim 4.54 Çıkan kolon tümörünün BT görünümü. Paraaortik lenfadenomegali ve peritonda serbest sıvı (oklar).

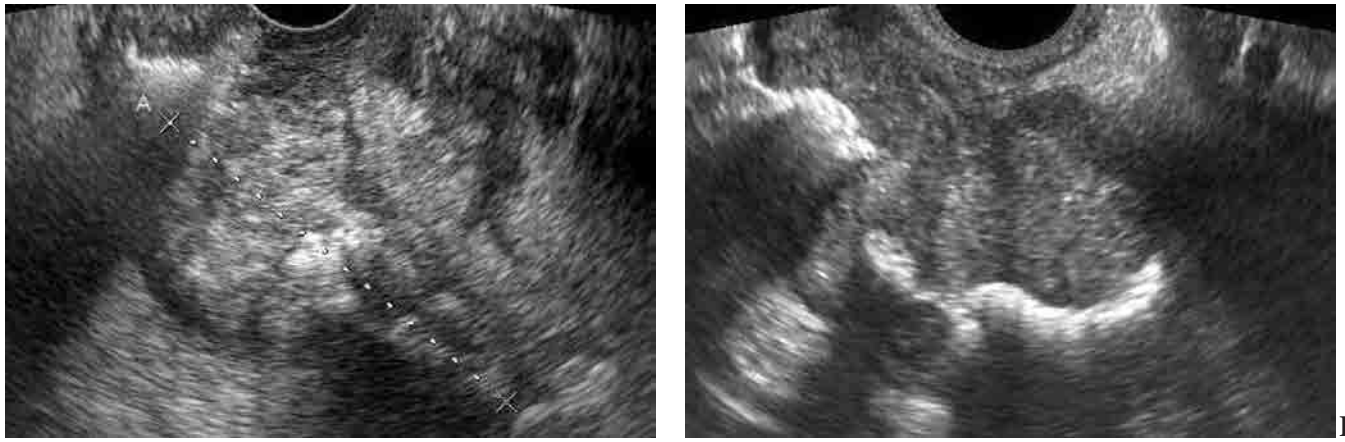


Resim 4.55 Abdomino-perineal rezeksiyonlu rektum kanserli bir olguda presakral bölgede tümör rekürrensi (oklar).

Endokaviter US sindirim borusunda rektumu incelemek amacıyla kullanılır. (Resim 4.56) Transrektal ultrasonografi başlangıçta prostatın incelenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Rektal tümörlerde, özellikle duvar katmanlarının infiltrasyonunu göstermede duyarlılığı yüksektir. İncelemede 5.0-7.5 mHz'lik aksiyal veya longitudinal kesitler alan lineer, sektör veya radyal problar veya her iki düzlemde de görüntü alabilen biplan problar kullanılabilir.

Normalde rektum duvarının tabakaları, invitro çalışmalardaki kadar ayrıntılı görülmez. Duvarın çevresindeki perirektal yağ dokusu, ekojen düzgün bir yapı şeklinde izlenebilir. Tümöral infiltrasyonda çevre yağ dokusuna ait olan bu düzgün kenar bozulur. Transrektal US ile ancak tümöre komşu yerleşimdeki 3 mm veya daha büyük boyuttaki lenf nodları görüntülenebilir. Kesit seviyesinin üstündeki ve altındaki lenf nodlarını görüntülemek olanaksızdır. Bu nedenle var olan lenfadenomegalilerin ancak %50'si US ile gösterilebilir. Boyutuna bakılmadan US ile saptanabilen lenf nodları anormal olarak değerlendirilmelidir.

Transrektal US ile sadece tümör evrelemesi yapılmaz, duvardaki veya perirektal bölgedeki teratom, ve-



Resim 4.56 Rektum tümöründe biplan transrektal US. A. Mukoza ve muskuler tabakayı invaze eden rektum tümörü (T2 tümör). Seroza ve perirektal alan intakt. B. Rektum duvarı kalınlaşmış ve tabakalı duvar yapısını kaybetmiş (T3 tümör). Lümendeki gaz nedeniyle psödokidney görünümü oluşmuş.

nöz anjiyom ve presakral endometriom gibi lezyonlar da görüntülenebilir.

Rejional enterit (Crohn hastalığı)

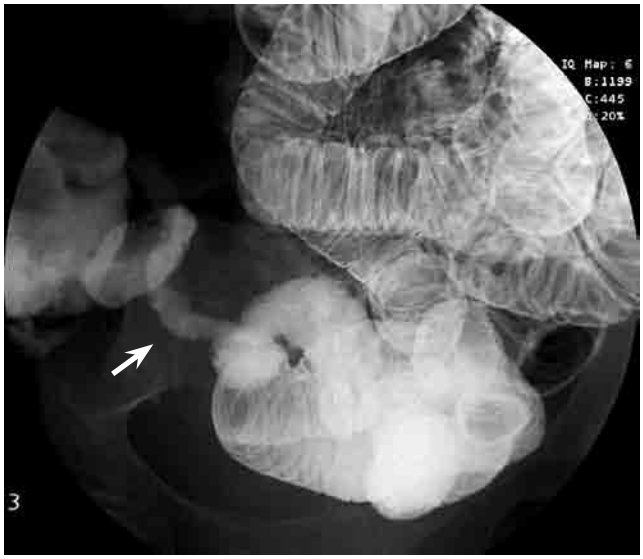
Crohn hastalığı sıklıkla ikinci ve üçüncü dekadda görülür. Hastalığın nedeni bilinmez. Akut bir şekilde apandisit gibi başlayabilir. Diyare, kolik, hafif ateş, anemi, iştahsızlık, kilo kaybı ve olguların % 20'sinde artrit ve ankilozan spondiliti taklit eden bulgular vardır. Mideden anüse kadar sindirim sisteminin herhangi bir yerini tutabilen granülomatöz bir hastalıktır. Sıklıkla (%55) terminal ileuma ve kolona yerleşir. Tek başına ince bağırsak tutulumu %30, kolon tutulumu % 15 oranınındadır.

Hasta bağırsak kesimi, normal olan bölgeden keskin bir sınırla ayrılır. Hastalık birden fazla bölgeyi tutabilir. Arada sağlam bağırsak segmentleri bulunur. Lezyonlar daha çok bağırsağın mezenterik tarafından başlar. Bağırsak duvarı kalınlaşmış, rijid ve konjesyonludur; tüm katmanlar tutulur, mukozası ülseredir, lümeni daralmıştır. Fibroz ve skar dokusu gelişebilir ve buna bağlı olarak bağırsak rijid görünüm alır, kısalır ve psödodivertiküller, darlık ve obstrüksiyon gelişebilir. Tutulan bağırsağın mezenteri yağ birikimi ile kalınlaşmış ve retraktedir, mezanter yağı infiltredir ve lenf nodları büyümüştür. Bağırsaklara ve çevre organlara fistüller görülebilir. Bu fistüller abdominal duvardan dışarı da açılabilir. Tutulan bağırsak segmentleri arasında apse oluşumu sıktır.

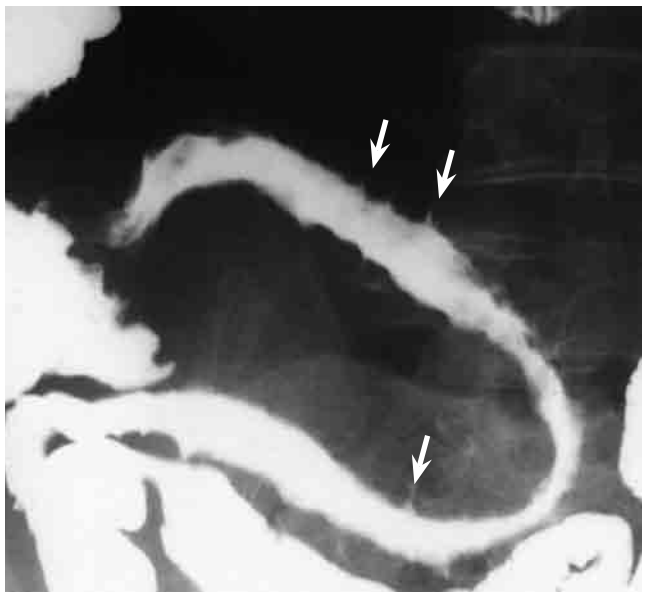
Akut devrede ayakta çekilen düz karın röntgenogramlarında, apandisitin peritoneal irritasyonunda olduğu gibi, sağ alt kadranda bir kaç sıvı düzeyi görülebilir. Subakut devrede yapılan opak lavmanda, terminal ileumda önce *kaldırım taşı* şeklinde mukozal yapı, daha sonra düzensiz bir daralma görülür. Buna *ip ("string") işareti* adı verilir. Kaldırım taşı görünümünü, birbirleri ile birleşen ülserlerin ortalarında kalan ödemli mukozanın kabartıları yapar. Çekum dolmaz (*stierling işareti*). Bu dolmama önce spazma, daha sonra hastalık ilerleyince ortaya çıkan fibroza bağlıdır. Kronik devrede çekumda belirgin daralma ve şekil bozukluğu vardır. Çekumun ve assendan kolonun mukozal yapısı bozulmuştur. Terminal ileumdaki daralmaya bağlı olarak proksimal ince bağırsak segmentlerinde genişlemeler izlenebilir. İnternal ve eksternal fistüller görülebilir. İnce bağırsağın tutulduğu olgularda % 19 olguda fistül, % 3 olguda serbest perforasyon görülür.

Röntgen bulguları şu şekilde özetlenebilir:

1. Mukozal plilerde kalınlaşma ve silinme. (Resim 4.57)
2. Duvarda kalınlaşma ve rijidite, lümende kaldırım taşı görünümü.
3. Aftöz ülserler.
4. Transvers ve longitudinal derin ülserlere bağlı gül dikeni şeklinde dolma fazlalıkları (*gül dikeni ülserler*) (Resim 4.58).
5. Fibrozla birlikte kontraktürler ve stenotik bölgeler.
6. İleo-ileal, ileo-kolik veya çevre organlarda (mesane, vagina) ve abdominal duvara fistüller.

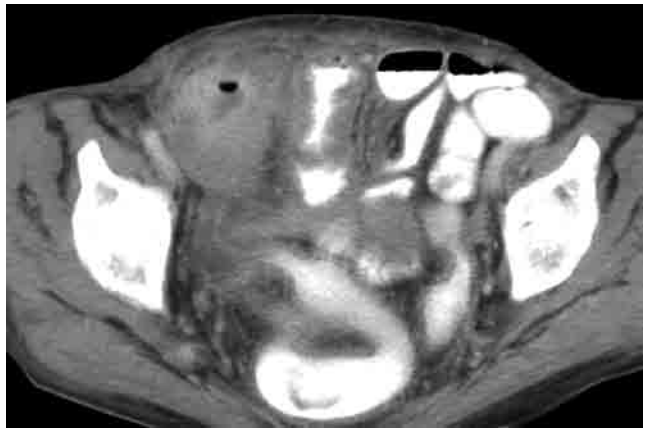


Resim 4.57 Crohn hastalığı. Enteroklizis. Terminal ileumda daralma ve mukozal silinme görülüyor (ok).



Resim 4.58 Crohn hastalığı. Terminal ileumda gül dikeni şeklinde ülserler (oklar).

BT ile bağırsak duvarı kalınlaşması, fistüller ve diğer mezenterik değişiklikler ayrıntılı olarak gösterilir. Olguların %40'ında mezenterik yağda "*fibrofatty*" *proliferasyon* izlenir; mezenterik yağ değişik derecelerde çizgili hiperdens görünümdedir (Resim 4.59). Mezenterde flegmonu temsil eden belirsiz sınırlı homojen yoğunluk artımı ve/veya apseyi temsil eden belirgin düzgün kenarlı, bazen hava içeren sıvı birikintileri görülebilir. Olguların yaklaşık %20'sinde küçük mezenterik lenf nodları mevcuttur.



Resim 4.59 Crohn hastalığı. BT görünümü. Terminal ileumda düzensiz kenarlı duvar kalınlaşması. Çevre mezenter yağında kirlenme.

Ülseratif kolit

Kolon mukozasının nedeni bilinmeyen ödematöz, inflamatuar bir hastalığıdır. İshal ve rektal kanama ile kendini gösterir. Birlikte %25 olguda artritis, artralji ve ankilozan spondilit gibi eklem bulguları vardır. Olguların %10'unda sklerozan kolanjit, kronik aktif hepatit ve kolanjiyokarsinom görülür. Piyoderma gangrenozum, eritema nodozum, uveit ve episklerit diğer eşlik eden bulgulardır.

Lezyonlar tipik olarak rektumdan başlar, yayılımı distalden proksimale doğrudur ve devamlıdır, arada sağlam bölgeler yoktur. Bağırsak çepeçevre tutulur. Hastalık tüm kolonu tutabilir veya yerel olabilir. Proktokolit, rejional kolit ve ileo-kolit, tutulan bölgeye göre verilen isimlerdir. Lezyon çekumdan terminal ileuma da geçebilir. Bu durumda kısa bir terminal ileum segmenti tutulur ve *ters dalga ("backwash") iletisi* adını alır.

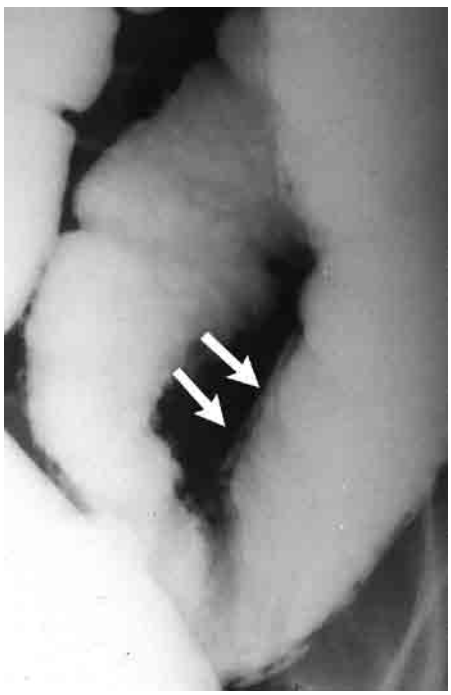
Önce mukozal ülserasyonlar görülür. Daha sonra fibroz ve striktür oluşumu ile kolon daralır. Uzun süren olgularda, ülsere alanlar arasındaki sağlam mukoza parçalarından %5-20 oranında karsinom gelişir.

Ülseratif kolitin erken devresinde opak lavmanda mukozal yapı kaba ve düzensiz görülür. Daha sonra derin olmayan ülserler nedeniyle kolon duvarı *testere dişi* gibi bir görünüm alır (Resim 4.60). Ülserlerin derinleşmesi ile baryum submukoza altına girerek *tren rayı* görünümü yapar (Resim 4.61). Subakut evrede fibroz ve mukozal rejenerasyon nedeniyle mukozal yapı nodüler bir görünüm alır (Resim 4.62). Hastalık



Resim 4.60 Ülseratif kolitte sığ ülserlere bağlı kolon duvarında testere dişi mukoza görünümü (oklar).

ilerledikçe mukozal yapı tümden kaybolur ve kolonun iç yüzü düz bir görünüm alır. Başlangıçta spazm nedeniyle dar görülen kolon, fibrozun gelişmesiyle haustraları silinmiş dar bir *kurşun boru* şeklini alır. Tutulan kolon segmenti kısalır.



Resim 4.61 Ülseratif kolitte derin ülserlere bağlı tren rayı görünümü (oklar).



Resim 4.62 Ülseratif kolitte nodüler görünümde mukozal yapı (subakut evrede enflamatuar polipler).

Hastalığın akut toksik dilatasyon evresinde düz röntgenogram bulguları tanı koydurucu olabilir. Genellikle transvers kolon tutulur. Gaz distansiyonuna bağlı olarak tutulan kesim genişlemiş ve duvarı kalınlaşmıştır. Transvers kolonun çapının 7 cm'den daha geniş olması tanı koydurucudur. Ülserlere komşu bölgeler psödopolipler şeklinde lümen içerisine uzanırlar. Duvar içerisinde gaz görülebilir. Bu bulgu genellikle perforasyonun habercisidir. Bu devrede opak lavman kontrendikedir.

Ülseratif kolit ile Crohn hastalığı arasındaki röntgenolojik farklar Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Ülseratif ve enfeksiyöz kolit gibi inflamatuar kolitlerin hafif şekillerinde sadece mukoza tutulur. Bu olgularda **BT'**nin tanı ve değerlendirmeye önemli bir katkısı yoktur. Buna karşılık şiddetli formları difüz tutulum, belirgin konsantrik kalınlaşma, haustral yapının bozulması veya yokluğu, derin transmural ülserler ve belirgin perikolik inflamatuar değişikliklerle tanınabilirler.

Tablo 4.2 Ülseratif kolit ve crohn hastalığı arasında radyolojik ayırıcı tanı

Özellikler	Ülseratif Kolit	Crohn Hastalığı
Dağılım	Rektumun tutulması: %95 (proksimalde lezyonla devam eder)	Rektum tutulması: %30 (lezyonla devam etmez)
Kenar	Kronik olgularda bağırsak segmentleri üniform bir şekilde kontrakte, haustralar silinmiş	Barsağın genişliği değişik derecede, psödodivertiküller, ekzantrik tutulma, haustralarda tam olmayan kayıp, hasta kesimler arasında sağlam bağırsak segmentleri
Detay	Mukozal yapı granüler, dikensi çıkıntılar görülmez, ülserler yüzeysel	Düzensiz polipoid mukozal yapı, sıklıkla, derin, dikensi ülserler
İnce bağırsak	Tutulursa kolondaki lezyonun devamı şeklindedir. İleo-çekal valv ve terminal ileum dilatedir.	Tutulursa lezyonlar genellikle ayrıdır. Birlikte tutulursa İleo-çekal valv normal veya daralmıştır. Terminal ileum daralır.
Spontan internal fistül	Kesinlikle görülmez	Görülür
Duvar tutulumu	Submukoza	Tüm katmanlar

Tiflitis

Nötropenik ve immün sistemi deprese olgularda çekum ve çıkan kolonun öldürücü bir enfeksiyonudur. Konsantrik yapıda belirgin duvar kalınlaşması ve perikolik inflamatuar değişiklikler görülür (Resim 4.63). Perikolik sıvı ve duvar içerisinde hava görülmesi perforasyon habercisidir.

İskemik kolit

Klinik ve radyolojik olarak ülseratif koliti ve Crohn hastalığını taklit eder. Arteriyel ve venöz tıkanma veya hipotansiyon gibi hipoperfüzyon sonucu gelişir. Vasküler sulama bölgelerinin sınırında olduğu için en sık splenik fleksura ve inen kolon tutulur. Staz ve ödeme bağlı olarak önce mukozal kıvrımlarda ve duvarda kalınlaşma görülür.

Kalın bağırsağın akut enfarktı çok nadirdir. Kronik bir olay olan iskemide önce mukozal ödem ve submukozal hemoraji görülür. Bu evrede bağırsak lümeninde *parmak basısı* görünümünde düzgün indentasyonlar vardır (Resim 4.64). Ödem ve hemorajinin rezorbe olması ile geç evrede darlık oluşur. Röntgende düzgün kenarlı, distale doğru gittikçe daralan dar bir segment vardır. İskemi ilerlerse nekroz, bağırsak duvarında hava ve perforasyon gelişebilir.

Radyasyon koliti

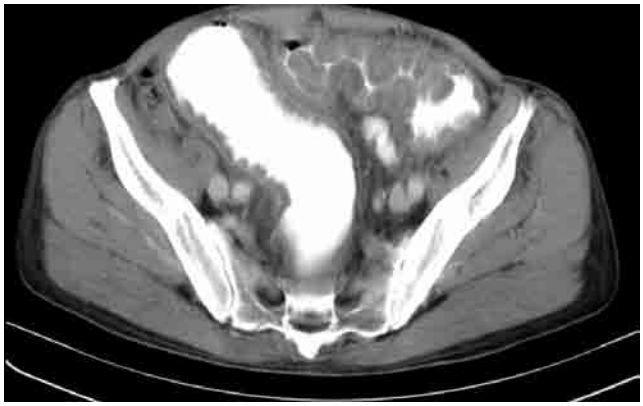
Pelvik malignitelerin ışınlanmasında sık görülür. Akut evrede kolit bulguları, geç evrede fibroz gelişir, bağırsak lümeni daralır. Radyasyon enteritinde de benzer bulgular görülür ve tanı ancak radyoterapi öyküsünün varlığı ile konabilir.

Katartik kolon

Kolon mukozasının laksatiflerle kronik irritasyonuna bağlı olarak gelişen klinik bir durumdur. Tutulan



Resim 4.63 Tiflitis. Çekumda konsantrik yapıda belirgin duvar kalınlaşması. A. BT. B. US görünümleri.



Resim 4.64 İskemik kolit. Rektosigmoidde duvarda belirgin kalınlaşma, mukozal ödeme bağlı düzensiz görünüm ve parmak basısı indentasyonları.

kolon segmentlerinin haustraları silinir, genişler veya daralabilir. Anormal düzensiz kontraksiyonlar izlenebilir. En fazla kolonun sağ yarısı tutulur. İleri yaşlardaki kronik konstipe hastalarda görülen bu hastalıkta tanı hikâye ile konur.

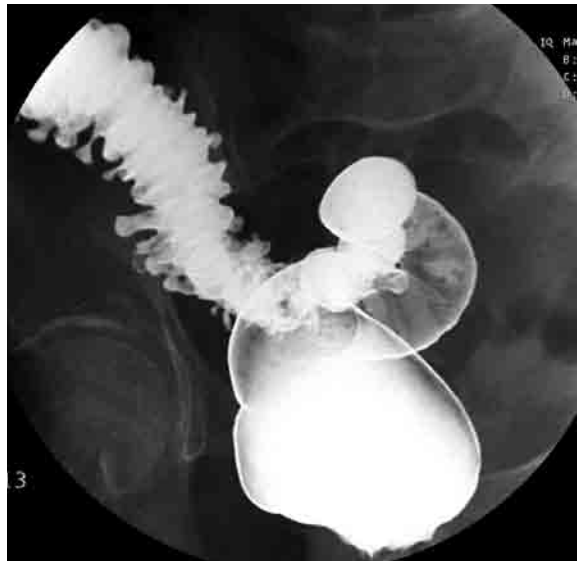
İrritabl kolon

Klinik bir antitedir. Eskiden floroskopide spastik segmentlerin varlığı ve haustralarda belirginleşme irritabl kolonun röntgen bulguları kabul edilirdi. Bu bulgular çift kontrast incelemede saptanamaz. İrritabl kolonda radyolojik inceleme, benzer klinik oluşturacak diğer nedenleri dışlamak için kullanılır.

Divertiküloz

Edinsel bir hastalıktır ve 40 yaşından önce nadirdir; 60 yaşın üstündeki olguların 1/3'ünde, 80 yaşın üstündekilerin 2/3'ünde görülür. Temel neden posasız diyettir. En sık sigmoid kolonda görülür.

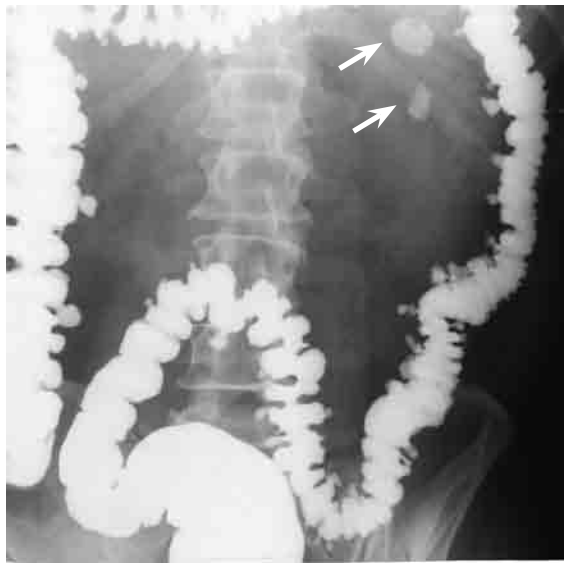
Divertiküler hastalıkta anormallik kas değişikliklerine bağlıdır. Mezenterik ve antimezenterik tenyalar arasındaki transvers kaslar baryumlu incelemelerde dişli görünüm oluşturacak şekilde kalınlaşır. Kalınlaşmış sirküler kaslar arasındaki baryum birikintileri *intramural divertikül* olarak isimlendirilir. Zamanla hipertrofiye kasların arasındaki yarıklardan muskularis mukoza ile birlikte mukoza tabakası herniye olarak divertikülleri meydana getirir. Bu divertiküller duvarlarında bağırsağın tüm katmanları bulunmadığı için gerçekte yalancı divertiküllerdir. Tenyalar da hipertrofiye olarak tutulan bağırsağın kısalmasına



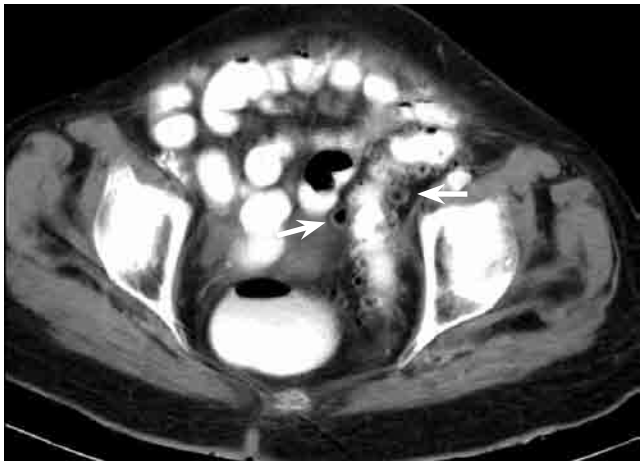
Resim 4.65 Divertiküloz. Sigmoid kolonda yaygın divertiküloz ve tutulan segmentte kısalmaya bağlı akordion görünümü.

neden olur. Sonuçta tutulan kolon segmenti kısa, kenarlarında divertiküllerin dolma fazlalıkları bulunan *akordiyona* benzer bir görünüm alır (Resim 4.65).

Divertiküller röntgende dar boyunlu keselenmeler şeklinde görülürler (Resim 4.66). Boyutları, ince dikensi yapılardan, 2 cm boyutlu keselenmelere kadar değişir; en sık 5-10 mm çapındadırlar. Düz röntgenogramlarda ve BT'de kolon lümenine paralelel dizilmiş gaz kabarcıkları şeklinde görülürler (Resim 4.67).



Resim 4.66 Divertiküloz. Sigmoidde daha çok sayıda olmak üzere kolonun her tarafına dağılmış divertiküller. Sol böbrekte iki adet opak taş var (oklar).



Resim 4.67 Divertikülozda BT görünümleri. Divertiküller tutulan kolon segmentinin her iki yanında hava ve kontrast dolu keselenmeler şeklinde görülüyor (oklar).

Olguların %20'sinde divertikülit gelişir. Divertikülitte divertikül duvarı kalınlaşır ve peridivertiküler yağ dokusu kirlenir; baryumlu incelemelerde divertikülün deforme olduğu görülür. Divertiküler apse gelişebilir, kapalı perforasyon ve fistüller görülebilir. Kanama divertikülitten daha sık görülen bir komplikasyondur. Bu değişiklikler en iyi BT ile değerlendirilir (Resim 4.68).

Sigmoid kolon divertiküliti ile karsinoma arasında ayırıcı tanı yapmak önemli ve zor bir sorundur. Divertiküllerin ve perikolik inflamasyonun görülmesi, iki olay birlikte de olabileceğinden ayırıcı tanı için yeterli değildir. Ayırımda temel ölçüt duvar kalınlığının derecesi ve şeklidir. Bu ölçütün değerlendirilebilmesi için lümenin temiz ve distandü olması ve ince kesitlerle (5 mm) çalışılması gerekir. Divertikülitte duvar kalınlığı 3-5 mm'dir ve tutulum simetriktir. Tutulan segment kısadır (4-5 cm); birlikte kolonda divertiküller, perikolik inflamasyon, flegrom veya apse görülür. Duvar kalınlığı kronik ve uzun süren hastalık sonucu ortaya çıkar ve kas hipertrofisi, fibroz, ödem, intramural inflamasyon veya organize intramural inflamatuar kitleye bağlıdır. Böyle olgularda karsinomla ayırıcı tanı BT ile yapılamaz. Perikolik yağ dokusu değişikliklerinin fazla olması divertikülit lehinedir; perfore kolon tümörü bu tabloyu taklit eder. BT bulguları atipik olduğunda perfore sigmoid kanser düşünülmelidir. Baryumlu inceleme ve/veya sigmoidoskopi tanıda yardımcıdır.

Akut apandisit

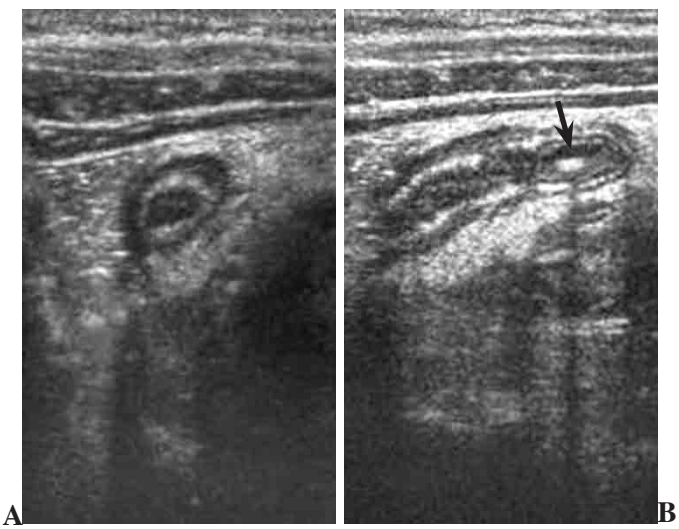
Akut apandisit acil laparatominin en sık nedenidir. Cerrahiye klinik verilere dayanarak karar verilir. Klinik bulguların %30 olguda atipik olması nedeniyle tanıda radyoloji önemlidir

Akut apandisitin US incelemesinde genellikle 5-7.5 MHz'lik lineer transdusırlar kullanılır. İnceleme sırasında hastaya ağrısının en belirgin olduğu noktayı göstermesi söylenir ve dikkat bu bölge üzerinde yoğunlaştırılır. Apendiks bulunduktan sonra probla üzerine gittikçe artan şiddette baskı yaparak komprese edilmeye çalışılır.

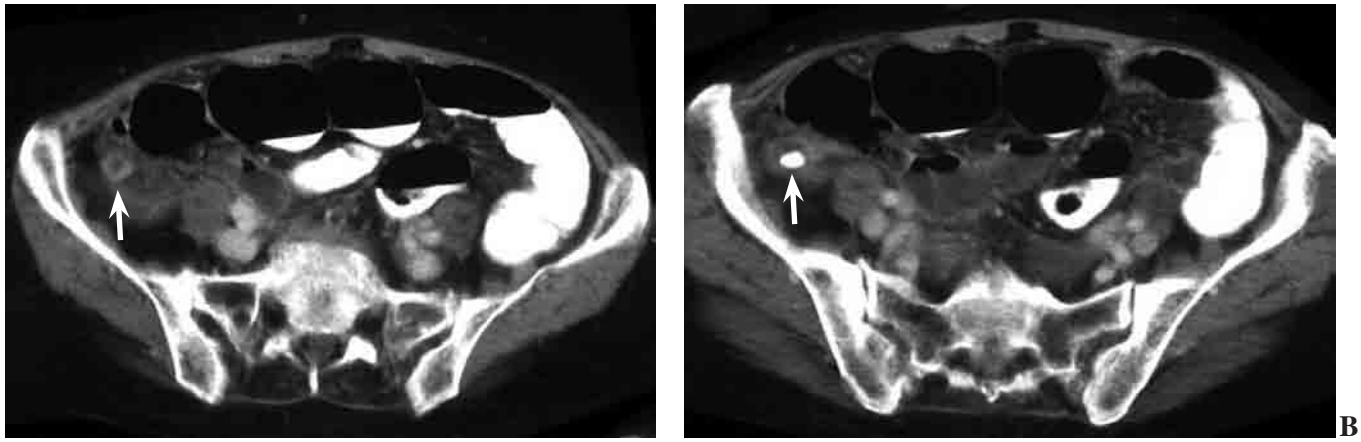
Akut apandisitte apendiks, çapı 6 mm'den büyük, komprese edilemeyen hareketsiz, rijid bir yapı şeklinde görülür (Resim 4.69). Enine kesiti inflame



Resim 4.68 Divertikülit. BT kesitinde divertikül duvarında ve enflamasyona bağlı kolon duvarında kalınlaşma, çevre yağ planlarında dansite artımı ve fasiyal kalınlaşma (ok).



Resim 4.69 Akut apandisit. Komprese edilemeyen 6 mm'den kalın apandisit görünümü. Apendiksin duvarlarında kalınlaşma ve ucunda apendikolite ait akustik gölgesi olan ekojen görünüm (ok).



Resim 4.70 Akut apandistin BT görünümü. A.Kalın duvarlı duvarı kontrast tutan apandisit kesiti (ok). B. Apendikolite ait opak görünüm (ok).

bağırsakta olduğu gibi hedef görünümü verir. Hedef görüntüsünün mukozaya ait olan ekojen iç halkası özellikle lümeni sıvı (cerahat) ile dolu bazı olgularda silik olabilir ve hatta görülmeyebilir. Komprese edilemeyen apendiksin çapı 6 mm'den fazladır; duvar kalınlığı ise 3-8 mm'dir. Çapı 6 mm'den küçük olmasına rağmen apendikolit içeren apendiksler de kliniği varsa akut apandisit olarak değerlendirilmelidir. Buna karşılık çapı 6 mm'den küçük olan ve apendikolit içermeyen apendiksler, akut apandisitin belirgin klinik bulguları yoksa cerrahiye verilmemeli, hasta yakın takip edilmelidir.

Bazen apendiksin tümü değil sadece tıkanmanın distalindeki uç kesimi enflamedir. Tıkanma nedeneni sıklıkla apendikolittir. Apendikolitle birlikte distal uçtaki bölgesel apandisit bulguları ile tanı konur. Böyle olguların atlanmaması için tüm apendiks incelenmeden tetkik bitirilmemelidir.

Akut apandisitin tanısında ve apse gibi komplikasyonlarının saptanmasında duyarlılığı en yüksek yöntem BT'dir; iyi bir teknikle duyarlılık %100'e çıkar. Akut apandisitin BT bulguları; yoğunluk ve çap artımı (4-15 mm) kontrast tutulumu ve varsa apendikolittir (Resim 4.70). Genellikle lümeni sıvıyla doludur. İnflamasyon çevreye yayılmışsa mezenterik yağda dens çizgilenmeler görülür (*kirli yağ görünümü*).

SİNDİRİM BORUSU KANAMALARI

Kliniği stabil olmayan sindirim borusu kanamalarına acil cerrahi müdahale gerekir. Stabil olgularda tedavi şekli kanamanın yerine göre değişir. Treitz bağının yukarısındaki kanamalar üst sindirim borusu, aşağısındakilere ise alt sindirim borusu kanamaları olarak isimlendirilir.

Üst sindirim borusu kanamaları

Üst sindirim borusu kanamalarının klasik bulgusu hematemez ve melanadır. Tanı için gastrik aspirasyon ve endoskopi yapılır. En sık neden gastrittir. Peptik ülser, gastoözofajeal varis, Mallory-Weiss yırtıkları, tümörler ve geçirilmiş cerrahi diğer nedenlerdir. Endoskobik ve medikal tedavi ile durdurulamayan kanamalarda selektif arteriogram yapılır. En sık kanayan arter (%85-90) sol gastrik arterdir. Arteriografide kontrast maddenin ekstravazasyonu kanamayı gösterir. Kontrast maddenin bağırsak lümeninde mukozal kıvrımlar arasında birikmesine *psödoven işareti* adı verilir. Kontrastın ekstavaze olarak görülebilmesi için kanamanın 0.5 ml / dakikadan fazla olması gerekir.

Mallory-Weiss yırtıklarında ve difüz gastrik kanamada vazopressin ile %80-90 başarı sağlanır. Özofagus varislerinde endoskopik skleroterapi başarılı olmamışsa İV vazopressin denenebilir. Piloroduedonal kanamalarda vazopressin başarı şansı %35'lere düşer. Bu oran embolizasyonla birlikte %60'lara çıkar.

Vazopressin infüzyonuna 30 dakika içerisinde cevap alınamaz ise embolizasyona geçilir. Embolizasyon sonuçları tümör, peptik ülser ve duodenal kanamalarda daha iyidir. Benign ülser gibi kendini sınırlayan hastalıklarda Gelfoam gibi geçici embolizasyon materyali kullanılır. Bu şekildeki geçici embolizasyonla kanama durdurulduktan sonra zamanla rekanalizasyon gelişir. Tümör, duodenal ülser ve psödoanevrizma gibi nedenlere bağlı daha şiddetli arteriyel kanamalarda polivinil alkol veya koil ile kalıcı embolizasyon yapılır. Zengin kollateral ağı nedeniyle üst sindirim borusu embolizasyonlarında iskemi görülmez. Yöntemin teknik başarısı %90'dan fazladır, klinik başarı %75-90 civarındadır.

Aşağı sindirim borusu kanamaları

Aşağı sindirim borusu kanamalarının %98'si kolonda, %2'i ince bağırsakta görülür. Rektal kanamayı ekarte etmek için endoskopi yapılır. Üst sindirim borusu kanamalarının aksine, kanama görmeyi engellediğinden endoskopi teknik olarak başarılı değildir.

En sık neden kolon divertikülozisidir (%40); divertiküller en sık sol taraftadır, fakat kanama sağdakilerde 3 kat daha fazla görülür. Kanamaların % 17-30'u anjiyodisplaziye bağlıdır. Kolon kanseri, polipler, rektal travma, inflamatuar bağırsak hastalıkları, rektal hastalıklar (ülser veya yırtık, hemoroid, tümörler) diğer nedenlerdir.

Anjiyodisplazide kolon duvarındaki mukozal ve submukozal venler genişleyerek kıvrımlı bir yumak halini alır. Nedeni venlerin, sirküler kasları geçtikleri yerlerde aralıklı olarak tıkanmalarıdır. Genişlemiş ve distorsiyone venlerden oluşan damar yumağı normal mukozal yapının yerini almıştır ve sadece ince bir epitelle örtülüdür. Hastalık edinseldir ve yaşlanmayla ilgilidir. Genellikle 65 yaşın üstündeki olgularda görülür. Kanama kronik anemiye neden olabilir. En sık çekumda ve çıkan kolonda ve antimezenterik duvardadır. Anjiyografide drene eden genişlemiş venin erkenden opasifiye olduğu ve uzun süre opasifiye olarak kaldığı görülür, birlikte kitle görünümü yoktur.

İnce bağırsak kanamalarının en sık nedenleri ise tümör, aorto-enterik fistül, AVM, ülserler ve divertiküllerdir. Divertiküller mezenterik tarafta, Meckel divertikülü antimezenterik taraftadır. İnflamatuar bağırsak hastalıkları da kanamaya neden olur.

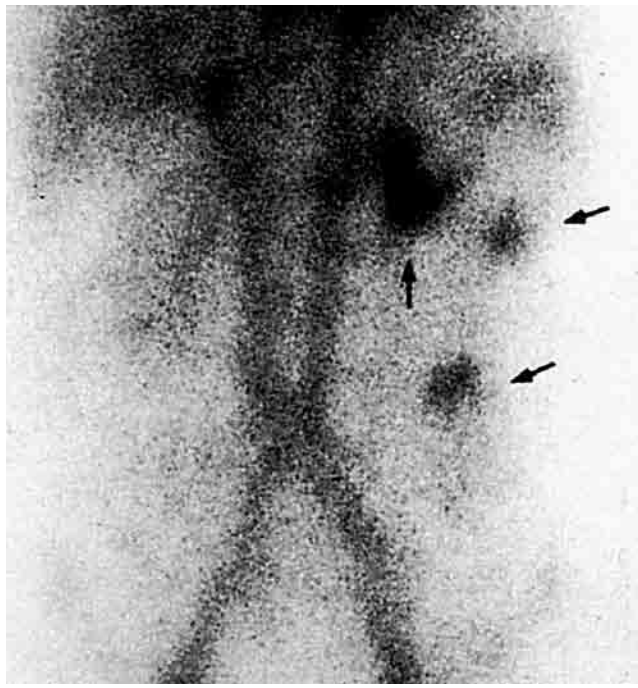
Aşağı sindirim borusu kanamalarının yeri sintigrafi ile araştırılır. İnceleme Tc-99m sülfür kolloid veya Tc-99m ile işaretli eritrosit ile yapılır. Sintigrafi ile 0.1 ml/dk hızındaki kanama saptanabilir; anjiyografide saptanabilmesi için kanama hızının 0.5 ml/dk veya daha fazla olması gerekir. Bu hızdaki bir kanama özellikle ÇKBT ile de saptanabilir. Sintigrafi negatif ise anjiyografi ile kanama saptama olasılığı çok düşüktür; inceleme uzatılırsa intermittan kanamalar saptanabilir. Anjiyografide süperior ve inferior mezenterik arterler selektif olarak kateterize edilerek tüm vasküler yatak kontrol edilir.

İntraarteriyel vazopressinle başarı oranı %90'dır. Tekrar kanama oranı %30'dur. Üst sindirim borusundan farklı olarak aşağı sistemde kollateraller daha azdır. Bu nedenle embolizasyonda %25 oranında iskemi ve/veya enfarkt görülebilir.

Sindirim borusu kanamalarının sintigrafik tanısı

Kanamanın sintigrafi ile saptanabilmesi başlıca kanamanın miktarına, devamlı veya aralıklı olup olmamasına, kanamanın yerine ve kanamayı saptamak için kullanılan radyofarmasötiğin özelliklerine bağlıdır. Kanama sintigramlarda karında artmış aktivite alanları şeklinde görülür (Resim 4.71). Radyofarmasötik olarak Tc-99m-sülfür kolloid ve Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositler kullanılır. Tc-99m-sülfür kolloid, enjeksiyonundan kısa bir süre sonra karaciğer, dalak ve kemik iliğindeki retiküloendotelyal sistem (RES) hücreleri tarafından alınır. Bu nedenle zemin aktivitesi düşük olacağından, aktif olarak kanaması olan olgularda başarı ile kullanılır. Karaciğer ve dalak aktivitesinin süperpozisyonları nedeniyle fleksura hepatika, fleksura linealis ve üst intestinal sistem kanamalarını saptamak zor olabilir. Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositlerle yapılan çalışmalarda 24-36 saat sonra bile gecikmiş görüntüler elde edilebilir. Bu nedenle kanamanın aralıklı olduğu durumlarda ve üst sindirim borusu kanamalarında daha iyi sonuçlar verir. Aralıklı kanamalarda bağırsak içine geçen radyonüklidin pasajı nedeniyle geç sintigramlarda kanama yerini belirlemek zor olabilir.

Tc-99m-sülfür kolloid yönteminde radyofarmasö-



Resim 4.71 Tc-99m-eritrosit ile yapılan çalışmada jejunal kanama /oklar). Enjeksiyondan 40 dakika sonra alınan sintigram.

tiğin İV enjeksiyonundan sonra 15 dakika boyunca bir-iki dakika ara ile abdominal görüntüler alınır. Görüntülerdeki sayım 500.000 ile 750.000 arasındadır. Başlangıç görüntüleri orta ve alt abdomen kesimlerini içine alır. İlk görüntülerde kanama yeri saptanamazsa üst kesimler de görüntülenir ve sayım 1.000.000'a kadar çıkarılır. Gerekirse 10-15 dakika sonra geç sintigramlar alınabilir.

Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositlerle yapılan çalışmada radyofarmasötik bolus tarzında verilir. Altmış dakika süresince beşer dakika aralarla sintigramlar alınır. Gerekirse 2-4 ve hatta 24-36 saat sonra geç sintigramlar alınabilir.

Tc-99m sülfür kolloid ile yapılan çalışmalar 0.1 ml/dk hızındaki kanamaları saptayabilir. Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositlerle yapılan çalışmalarla 0.35 ml/dk hızındaki kanamalar saptanabilir. Akut aşağı sindirim borusu kanamalarında Tc-99m sülfür kolloid daha hassastır. Yukarı seviye veya intermittant kanamalarda Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositler kullanılmalıdır.

SİNDİRİM BORUSU OBSTRÜKSİYONLARI

Sindirim borusu içeriğinin mekanik bir nedenden dolayı ilerletilememesidir. Neden lümeni tıkayan veya lümene dışarıdan bası yapan bir kitle veya lümenin bağırsak duvarını tutan bir hastalıkla daralması ve/veya tıkanmasıdır. Tıkanma tam ise tam obstrüksiyon, kısmen pasaj varsa parsiyel obstrüksiyon adını alır. Bağırsak kanlanmasının etkilenmediği tıkanmalara basit obstrüksiyon, kanlanmanın bozulduğu tıkanmalara ise strangüle obstrüksiyon adı verilir. Strangüle obstrüksiyonlar genellikle bağırsağın mezosu etrafında dönmesi sonucu ortaya çıkar ve kapalı-lup obstrüksiyon adını alır. İnkarsere hernilerde de herniye bağırsak kangalları herninin giriş halkası tarafından sıkıştırılır ve strangülasyona neden olur.

Bağırsak pasajının durmasına bağlı klinik tabloya ileus adı verilir. Mekanik bir nedenle pasajın engellenmesine mekanik veya dinamik ileus adı verilir. Bu tür tıkanmalarda bağırsak peristaltizmi vardır. Bağırsakta tıkanma olmadan pasajın bağırsak hareketlerinin olmamasına bağlı olarak durmasına ve karın içerisindeki tüm bağırsak segmentlerinin genişlemesine ise adinamik veya paralitik ileus adı verilir.

İnce bağırsak obstrüksiyonu sindirim borusu tıkanmalarının yaklaşık %80'nini oluşturur. En sık neden ameliyat sonucu gelişen yapışıklıklardır; inkarsere herni, invajinasyon, genellikle metastatik olan maligniteler, volvulus, safrataşı ileusu, askaris yumağı ve yabancı cisim diğer nedenlerdir.

Kalın bağırsak obstrüksiyonu yaşlılarda daha sık görülür. Tıkanma seviyesi neresi olursa olsun en genişleyen segment çekumdur. Çekum çapının 10 cm'yi geçmesi perforasyon riskini belirgin şekilde artırır. En sık neden kolon kanseridir; metastaz, divertikülit, volvulus, fekal impaksiyon iskemi ve yapışıklıklar diğer nedenlerdir. Obstrüksiyon yeri sıklıkla kolonun en dar segmenti olan sigmoiddedir. Tıkanma yerinin ötesinde gaz yoktur, berisinde belirgin genişleme görülür. İleo-çekal valv geriye kaçırmıyorsa ince bağırsakta gaz distansiyonu görülmez; valvin gazın geçmesine izin verdiği durumlarda kolon segmentlerinde distansiyon ve çekumun perforasyon riski azalır. Hepatik fleksuradan sonra kolon segmentlerinde sıvı seviyeleri görülmesi hastaya lavman yapılmamışsa distalde bir obstrüksiyonu gösteren önemli bir bulgudur.

Sindirim borusu obstrüksiyonlarında tıkanmanın üst seviyesindeki bağırsak segmentleri bağırsak içeriğinin birikmesi nedeniyle genişler. İnce bağırsakların çapının 3 cm'yi geçmesi, kolon segmentlerinin çapının 5 cm'yi geçmesi genişleme olarak kabul edilir. Kolonun en geniş yeri olan çekumda bu sınır 7-8 cm'dir. İnce bağırsaklar karında merkezde, kolonlar çevrede yer alır. Bağırsak segmentlerinin anatomisi tıkanma seviyesinin saptanmasında yardımcıdır; jejunal segmentlerde valvula konnivantesler vardır; ileal segmentlerde kenar düzgündür; kolonlarda haustralara ait keselenmeler görülür. Ancak genişlemiş sigmoid kolon keselenme göstermez; bu durumda genişlemiş bağırsak segmentinin çapına bakmak gerekir, ince bağırsakların çapı nadiren 5 cm'yi geçer.

İnceleme yöntemleri

Sindirim borusu obstrüksiyonlarında obstrüksiyon özofagus başlangıcından anüse kadar her hangi bir yerde olabilir. Doğumsal ve edinsel birçok nedene bağlı olarak ortaya çıkar. Radyolojinin görevi obstrüksiyon seviyesini ve nedenini saptamaya çalışmaktır. Bu amaçla düz karın röntgenogramları, US ve BT kullanılır. Gerekirse kontrastlı çalışmalar yapılır.

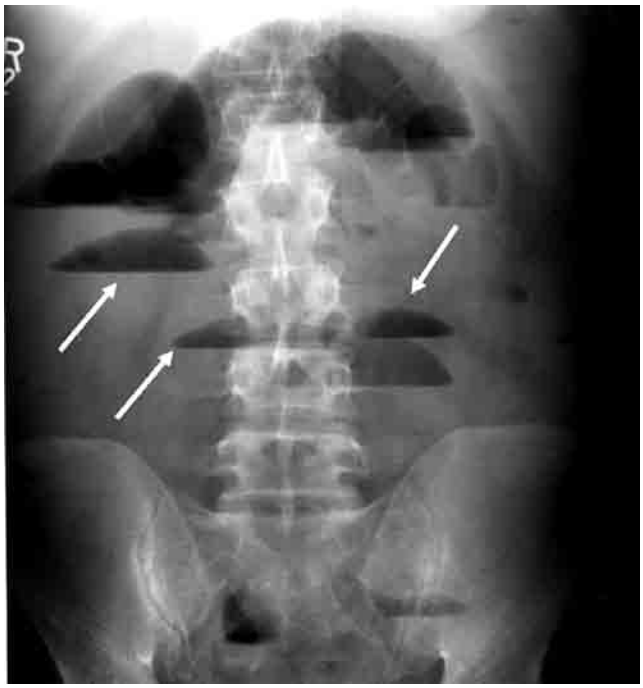
Ayakta karın röntgenogramları: Sindirim borusu obstrüksiyonlarında tıkanmanın proksimalinde sıvı ve gaz birikir ve bağırsak segmentleri genişler. Bağırsak segmentlerindeki genişlemelerin şekli ve seviyesi tanıda önemlidir ve düz karın röntgenogramları ile araştırılır. Sıvı seviyelerinin saptanabilmesi için karın röntgenogramları ayakta çekilmeli, ayağa kalkamayacak hastalarda ise dekübitus pozisyonu kullanılmalıdır.

Ayakta elde edilen düz karın röntgenogramlarında obstrüksiyonun proksimalinde sıvı seviyeleri görülür (Resim 4.72). Sıvı düzeyleri semptomların başlangıcından yaklaşık 3-6 saat sonra ortaya çıkar. Bunların dağılımına bakılarak obstrüksiyonun yeri tahmin edilebilir. Gastroenterestomi veya gastrektomi ameliyatlarından sonra görülen tıkanmalarda olduğu gibi, tıkanma çok üst düzeyde ise kusma nedeniyle birikim boşaltılacağından bağırsaklarda gaz distansiyonu ve sıvı düzeyleri görülmez. Tıkanma ne kadar distalde ise sıvı düzeyleri de o kadar belirgindir ve çok sayıdadır. Obstrüksiyonun tam olduğu durumlarda distal bağırsak segmentlerinde gaz görülmez.

Genişlemiş bağırsak segmentleri içerisinde biriken sıvının üzerinde kalan gaz, valvula konnivanteslerin arasına girerek *balık kılçığına* benzer radyolusent paralel çizgiler ("*stretch*" *işareti*) şeklinde görülür. Bağırsakta biriken sıvı gaza göre çok fazla ise, bağırsaktaki gaz sıvının üst kesiminde gaz kabarcıkları şeklinde dizilerek tipik *inci dizisi görünümü* oluşturur. Bu iki bulgu hem yatarak, hem de ayakta elde edilen düz karın röntgenogramlarında görülebilir. Ayakta elde edilen karın röntgenogramında tıkanmanın proksimalinde çapı 3 cm'yi geçen dilate bağırsak segmentleri görülür. Genişliği 2.5 cm'yi geçen *tersine dönmüş U harfi* şeklindeki bu bağırsak segmentlerinin iki bacağındaki sıvı seviyelerinin faklı düzlemlerde olması tanıda önemli bir bulgudur.

Paralitik ileusta (refleks ileus, adinamik ileus, obstrüktif olmayan ileus) sıvı düzeyleri, hem ince hem kalın bağırsaklarda görülür. Bağırsak genişlemeleri yaygındır, simetriktir, sıvıdan çok gaz distansiyonu şeklindedir. Mekanik ileustan daha seyrek dağılımdadırlar, daha fazla bağırsak segmenti genişlemiştir ve mekanik ileustaki gibi bir bölgede değil tüm karında yaygındır. Genişleyen ince bağırsak segmentleri daha az gergindir. Birlikte peritonit bulguları görülebilir. Bununla birlikte mekanik obstrüksiyonla adinamik ileus veya şiddetli meteorizm arasında ayırıcı tanı ancak olguların %50-80'inde yapılabilir. US'ik gözlemde bağırsak hareketlerinin görülmemesi paralitik ileusu gösteren önemli bir bulgudur. Nadiren bağırsak segmentlerinin genişlemesi sadece sıvı birikimine bağlıdır, gaz distansiyonu görülmez; bu durumda US tanı koydurucudur.

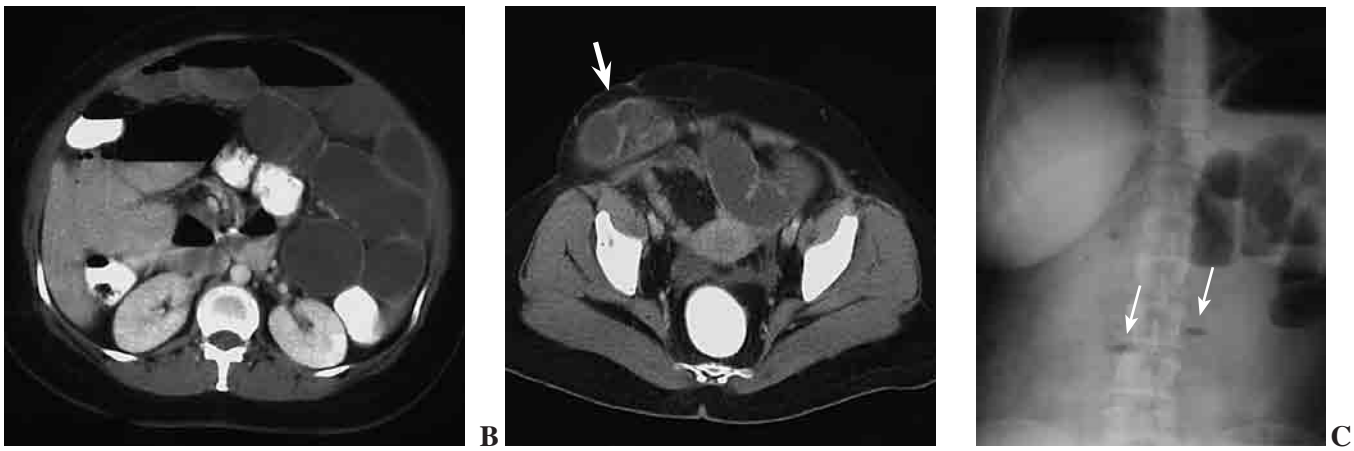
US: Bağırsak obstrüksiyonunun erken evresinde, özellikle bağırsakta gaz distansiyonu gelişmeden önce, US değerli bilgiler verir. İleusta sıvı dolu genişlemiş bağırsak kangalları görülür (Resim 4.73). Bağırsak kangalları tutulan kesime göre valvula konniventesleri veya haustral valvleri ile tanınabilir. Bağırsak peristaltizmi gözlenerek ileusun dinamik veya adinamik olup olmadığına karar verilebilir. Dinamik ileusta sıvının bağırsak içerisinde *ileri-geri* hareketi izlenir; adinamik ileusta ise peristaltik hareket yoktur. Akut gastroenteritte de bağırsak lupları genişlemiş ve peristaltizm artmıştır. Bağırsak distansiyonu



Resim 4.72 Ayakta düz karın röntgenogramı. Mekanik ileusa bağlı genişlemiş jejinum segmentlerinde sıvı seviyeleri (oklar).



Resim 4.73 İleusta ince bağırsakların US görünümü. Sıvı ile dolu bağırsak segmentleri ve mukozal piller görülüyor.



Resim 4.74 Bağırsak obstrüksiyonu. A. İnce bağırsak segmentlerinde dilatasyon ve sıvı seviyelenmesi. B. Bir başka olguda herni kesesi içerisinde inkansere bağırsak segmentlerine bağlı obstrüksiyon (ok). C. Aynı olgunun ayakta düz karın röntgenogramı. Sıvı dolu bağırsak segmentlerine ait küçük hava-sıvı seviyelenmeleri görülüyor (oklar).

genellikle adinamik ileusta, dinamik ileustaki kadar belirgin değildir.

BT: Obstrüksiyon yerinin ve nedeninin saptanmasında en etkin yöntem BT'dir. BT ile obstrüksiyona neden olan lezyonlar ayrıntılı olarak gösterilebilir (Resim 4.74). Obstrüksiyon seviyesi distaldeki bağırsak segmentlerinin kollabe olması ile belirlenir. BT obstrüksiyon nedenin %70-90 oranında saptar. BT kesitlerinde genişlemiş segmentlerden normal çaptaki segmente geçiş yerine dikkat etmek gerekir. Bu seviyenin proksimalindeki bağırsak içeriği, kolondaki gaitaya benzer gazlı bir görünüm alır (*ince bağırsak feçes işareti*). Bu seviyede obstrüksiyona neden olan tümör, apse, inflamasyon, invajinasyon veya herni gibi açık bir lezyon yoksa, gaga gibi ani bir sonlanmanın yapışıklığa bağlı olduğu kabul edilir.

Strangüle obstrüksiyonlarda bağırsak duvarında iskemi gelişir. BT'de bağırsak duvar kalınlığının 3 mm'yi geçtiği ve ödeme bağlı olarak bağırsak katmanlarının seçildiği *(hedef işareti*) görülür. Tutulan segment duvarının kontrast madde tutmaması önemli bir tanı ölçütüdür. Tutulan segmentin mezanteri ödemli veya kanama nedeniyle kirli görülür, mezanter damarları seçilemez.

Kapalı segment obstrüksiyonlarında bir bağırsak kangalı mezanterinin aksı çevresinde döner. BT'de tutulan segmentin mezanterindeki damarların torsiyon yerine doğru konverjans gösterdiği saptanır. Enine kesitlerde mezanterin damarlar çevresinde dönmesine bağlı tipik *girdap işareti* ortaya çıkar. Tutulan bağırsak segmenti C şeklinde genişlemiştir ve iki ucu torsiyon noktasına doğru gaga şeklinde gittikçe incelir. Kapalı segment obstrüksiyonunun çocuklardaki tipik örneği malrotasyona bağlı volvulus, yetişkinlerde ise sigmoid volvulusudur.

Özofagus atrezisi

Konjenital atrezi, özofajeal darlık ve trakeoözofajeal fistül, primitif trakeoözofajeal tüpün ayrılmasındaki duraklamanın değişik dereceleridir.

En sık görülen tipinde (C), üst parça kapalı bir kese şeklindedir. Özofagusun alt bölümü genellikle bifurkasyona yakın bir yerde trakeaya açılır. Düz röntgenogramlarda üstte bulunan kesim hava ile dolu bir cep şeklinde görülebilir. Nazogastrik kateter kıvrılarak geri döner. Özofagusun distal ucu trakea ile bağlantılı olduğundan intraintestinal gaz distansiyonu vardır. Bu bulgular genellikle tanı koymaya yeterlidir. Bununla birlikte proksimal özofagus parçası baryumla veya noniyonik izoozmolar iyotlu opak madde ile daha iyi gösterilebilir (Resim 4.75). Özofagusun alt parçasının kapalı olduğu atrezi şekillerinde intraintestinal gaz yokluğu tipiktir.

Mide volvulusu

Midenin anormal rotasyonudur. İki türü vardır: 1) Organoaksiyal volvulus: Mide fundustan pilora uzanan uzun aksının üzerinde 180 derece döner; büyük kurvatur yukarıya çıkar. Büyük hiyatal hernisi olan yetişkinlerde görülür. 2) Mezenteroaksiyal volvulus: Mide uzun aksa dik olan kısa aksı üzerinde 180 derece döner; antrum fundustan daha yukarıya çıkar. Çocuklarda travmatik diyafragma yırtığı ile birlikte sık görülür. Obstrüksiyon ve iskemi gibi komplikasyonları görülebilir.



Resim 4.75 Özofagus atrizisi. Kapalı proksimal lümende nazogastrik tüpün geriye doğru kıvrıldığı görülüyor.

İnfantil hipertrofik pilor stenozu (İHPS)

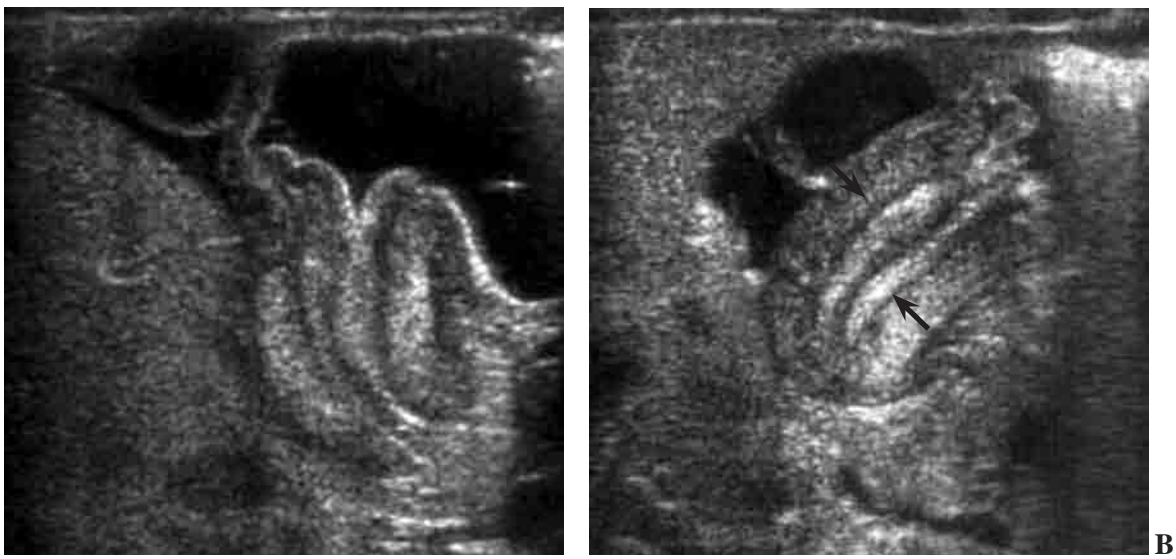
Klasik olarak İHPS'li olgular safrasız projektil kusma ile başvuran 6 haftalık sağlıklı çocuklardır; kusma nadiren doğumda görülebilir veya 5 aylığa kadar gecikebilir. Olguların %6.9'unda ebeveynlerde de İHPS hikâyesi vardır. Erkek-kadın oranı 5/1'dir. Renal anomalilerle birlikte sık görüldüğü de bildirilmektedir.

Anatomik olarak pilorik halkanın (sfinkter) proksimalindeki yaklaşık 2.5 cm uzunluğundaki antrum kesimine pilorik kanal veya pilorik antrum adı verilir. İHPS'de bu kesim tutulur ve duvarındaki kas tabakası kalınlaşarak 1.5-2.0 cm uzunluğunda rijit bir kanal meydana gelir. Antrumun normal duvar kalınlığı 1 mm iken kanaldaki hipertrofiye kasın kalınlığı 3 mm'yi geçer. Normal ve anormal bölge arasındaki geçiş keskindir. Kasın kalınlığı hastanın yaşı ile artar.

Pilor kanalının lümeni kıvrımlı mukoza ile doludur. Mukoza rijid olan kanala sığmaz ve antruma prolabe olur. İHPS'nin tüm radyolojik bulguları bu fizyopatolojik değişikliklerin yansımasıdır.

US'de normal pilor kasının kalınlığı 2 ila 2.5 mm olmalıdır. Normal kanal uzunluğu 14 mm'den azdır. Kas kalınlığının 4 mm, transvers çapının 15 mm ve kanal uzunluğunun 18 mm veya fazla olması İHPS lehine bulgulardır. Literatürde bu sayılara yakın birçok değer bildirilmiştir. Pilor kasının kalınlığı longitudinal kesitlerde ölçülmelidir.

Hipertrofiye pilor kasının antrumdaki sıvı içerisine protruze olmasına *US'ik serviks işareti*, uzamış kanalın içerisinde tıkışmış kalınlaşmış, ekojen çizgiler halindeki mukozal kıvrımların görünümüne *US'ik tren rayı işareti*, mukozanın kanaldan antrum içerisine protrüzyonuna da *US'ik meme başı işareti* adı verilir (Resim 4.76). Fonksiyonel US bulguları ise gastrik boşalmada gecikme, peristaltik dalgalarda belirgin-



A **B**

Resim 4.76 İdiopatik hipertrofik pilorstenozu. Pilor kanalı uzamış, duvarı kalınlaşmış. A. Antruma doğru kasın oluşturduğu protrüzyon. Serviks işareti. B. Kanalın içinde sıkışmış mukoza görünümü (oklar).

leşme, retrograd peristaltizm ve pilor kanalının açılmalarının seyrek olması olarak özetlenebilir.

Düz karın röntgenogramındaki bulguları, genişlemiş mide, derin peristaltizm, benekli ve köpüklü mide içeriği, gastrik antrum duvarında kalınlaşma ve bağırsaklarda gaz azlığıdır. Baryumla yapılan incelemede midenin boşalması gecikir. Pilor kanalı uzamış ve açıklığı yukarıya doğru eğimli bir şekil almıştır (*ip işareti*). Baryumun kanalın içini dolduran uzamış ve kalınlaşmış mukozanın geçiş için 1-2 tane çok dar mukoza kıvrımı bırakmış olması nedeniyle, pilor kanalı birbirine paralel iki çizgi şeklinde görülür (*tren rayı işareti*). Hipertrofik kasın antrumda yaptığı basının görünümüne *omuz işareti*, bulbus tabanındakine ise *şemsiye işareti* adı verilir. Pasaj gecikmiştir, derin peristaltizme rağmen kanal açılmaz, baryum kanalın sadece başlangıcına girer; baryumun yaptığı bu görünüme *meme başı işareti* adı verilir. Antruma prolabe mukozanın endoskopideki görünümü *meme başına* veya *karnabahara* benzetilmiştir

Ayrıca tanıda pilorospazm öncelikle düşünülmelidir. Pilorospazmda pilor kanalı İHPS'de olduğu kadar rijid ve fikse değildir ve İHPS'nin üç ölçümü hiçbir zaman bir arada bulunmaz. Tetkik tekrar edilirse pilorospazmın kaybolduğu izlenir.

Tanısal algoritmde fizik muayene önce gelir; *zeytin şeklindeki ("olive")* sert pilorik kas kalınlaşmasının palpasyonu patognomoniktir; başka hiçbir tetkik gerekmeden cerrahi uygulanır. US, fizik muayenede olivi palpe edilemeyen şüpheli olgulara yapılır. İHPS birçokları tarafından edinsel kabul edilen bir hastalıktır. Bu nedenle normal veya anormal arasında "gri" bir alan bulunması doğaldır. US böyle durumlarda tanı koydurucudur. US incelemesi sırasında jel kullanılması ve/veya gastrik dekompresyon yapılması nedeniyle, daha önce palpe edilememiş oliv palpe edilebilir. Zararlı etkilerinin olmaması nedeniyle US tercih edilen bir yöntemdir. Bununla birlikte inceleme ve ölçümler deneyim gerektirdiğinden, genel amaçlı hastanelerin yeteri kadar pediyatrik olgu görmeyen departmanlarında, baryumlu inceleme sonuçlarına daha çok güvenilir.

Midgut volvulusu

En sık görülen klinik tablo hayatın ilk haftasında safralı kusmadır. Olguların çok az bölümü ileri çocukluk döneminde, safralı kusmaya eşlik eden kolik şeklinde karın ağrısı atakları ile hekime başvurur.

Olgularda daima malrotasyon vardır. Ancak volvulusun nedeni doğrudan malrotasyon değil ince bağırsak mezanterinin kısa bir bölgeye yapışmasıdır. Bu dar saplı kısa mezantere asılı olan ince bağırsaklar mezanter çevresinde dönerek kapalı-lup obstrüksiyonu oluşturur. Dönme sonucu mezanter damarları sıkışır, iskemi ve enfarkt görülebilir.

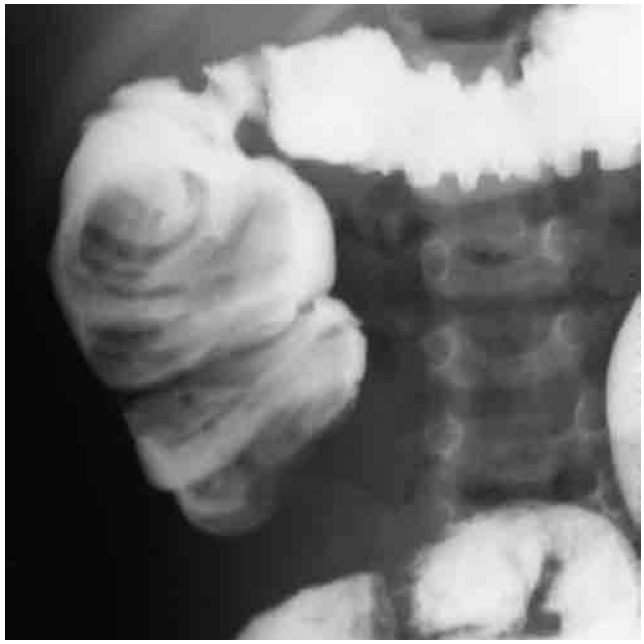
Volvulusta düz karın röntgenogramında karnın normal gazlı görünümü kaybolmuştur. Obstrüksiyon proksikmalde olduğu için sıvı seviyesi görülmez, tersine gaz azlığı vardır. Baryumlu incelemede duodenojejunal bileşkenin normalde olması gereken yerde, bulbus seviyesinde ve omurganın solunda değil, daha aşağıda ve orta çizgiye yakın veya vertebranın sağında olduğu görülür. Mezanterin çevresinde dönen proksimal jejunum segmentleri gittikçe daralarak tipik *tirbuşon görünümü* almışlardır. Bu dönüş US ve BT'de, süperior mezenterik damarların çevresinde dönen mezanterin ve damarlarının yaptığı *girdap işareti* şeklinde görülür. Girdap işaretindeki damarların dönüşü en iyi renkli Doppler US'de gözlenir. Bu bulgular genellikle geç evrede ortaya çıkar.

Olgular malrotasyonla birlikte oldukları için yenidoğan bir olguda safralı kusma ve malrotasyon bulguları varsa hasta acil cerrahiye alınır. Süperior mezenterik venin süperior mezenterik arterin solunda olması ve/veya çekumun normal yerinden daha yukarıda, sağ üst kadranda bulunması malrotasyon bulgularıdır.

İnvajinasyon ("intussusception")

Kramp şeklinde gelen abdominal ağrı, çilek rengi kan içeren feçes ve sosise benzer sağ üst karın kitlesinden oluşan tipik kliniği ile çocuklardaki invajinasyonu tanımak kolaydır.

İnvajinasyon, bir bağırsak segmentinin diğeri içerisine geçmesidir. Obstrüksiyona neden olur. Sıklıkla 2-5 yaş arasındaki erkek çocuklarda bir neden olmadan kendiliğinden gelişir. Bu durumda nedenin viral enfeksiyon gibi nedenlere bağlı olarak terminal ileumdaki lenfatik dokunun hiperplazisi olduğu düşünülmüştür. Olguların % 10'nundan azında invajinasyonu başlatan ve adına *sürükleyici lezyon* denilen polip, Meckel divertikülü, duplikasyon, mezenterik lenf nodları, yabancı cisim gibi bir neden bulunur. İç içe geçen bağırsak parçalarına göre ileo-kolik, ileo-ileo-kolik veya kolo-kolik olabilir. En sık ileo-kolik şekli görülür. Kolokolik invajinasyon genellikle tümöre bağlıdır ve yetişkinlerde görülür. Yetişkinlerde nadirdir.



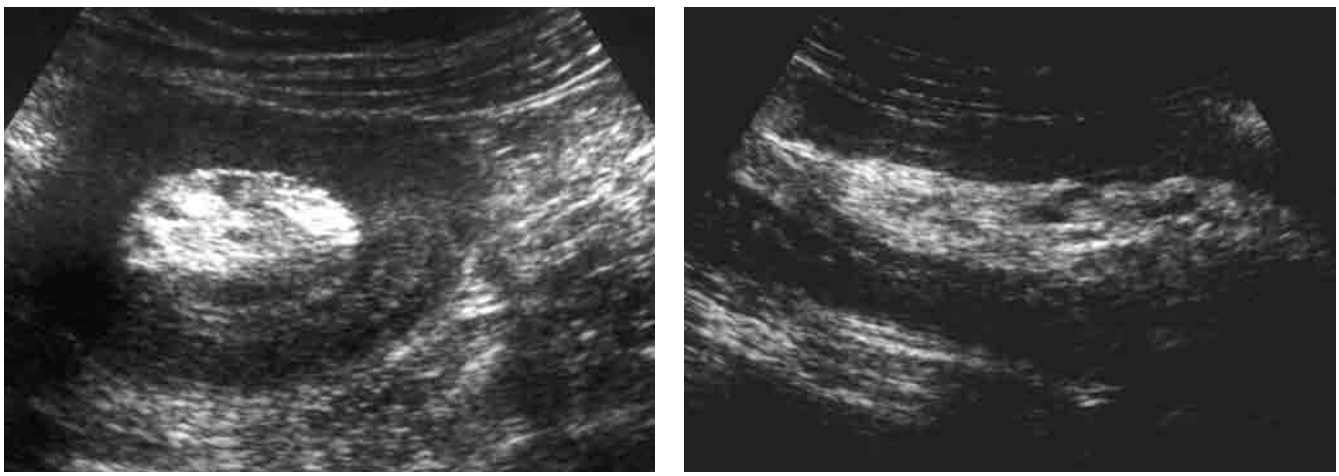
Resim 4.77 İnvajinasyonda kolon tetkiki. İleo-kolik invajinasyonun çekumda yaptığı yatak yayına benzer dolma defektleri.

Ayakta çekilen düz karın röntgenogramlarında tam olmayan obstrüksiyonu düşündüren bir kaç sıvı düzeyi görülebilir. Yatarak elde edilen röntgenogramlarda, bazen invajine olmuş parçanın yumuşak doku kitlesi ve onu çevreleyen gaz, *hilal* şeklinde tipik bir görünüm verir. Opak madde ile yapılan lavmanda kontrast madde invajine olan kesimin çevresini yarım ay şeklinde sarar. Özellikle boşalma röntgenogramlarında opak madde invajine olmuş bağırsakların aralarına girerek *yatak yayına* benzer görünüm oluşturur (Resim 4.77). İnvajinasyon opak lavman yapılırken açılabilir. Açmak amacıyla yapılan çalışmada fazla basınç yapılmamalıdır. Bu nedenle baryum kabı masadan 60-70 cm'den yukarı kaldırılmamalıdır. Zorlamak özellikle geç kalınmış olgularda perforasyona neden olabilir.

İnvajinasyon tanısı US ile konur. İç içe geçmiş bağırsak kangallarının görünümü tipik hedef görünümü oluşturur. Dıştaki hipoekoik bağırsak duvarı içerisine giren bağırsak duvarları konsantrik tabakalar yapar (Resim 4.78). En içte içeriye giren bağırsağın mezanterinin ekojen yağı ve onun da içerisinde lenf nodu bulunabilir. İleokolik invajinasyonda invajine kesim hepatik fleksurayı dönerek transvers kolona geçmişse yan yana iki hedef görünümünün oluşturduğu *kum saati* veya *birleşik hedef* görünümü ortaya çıkar.

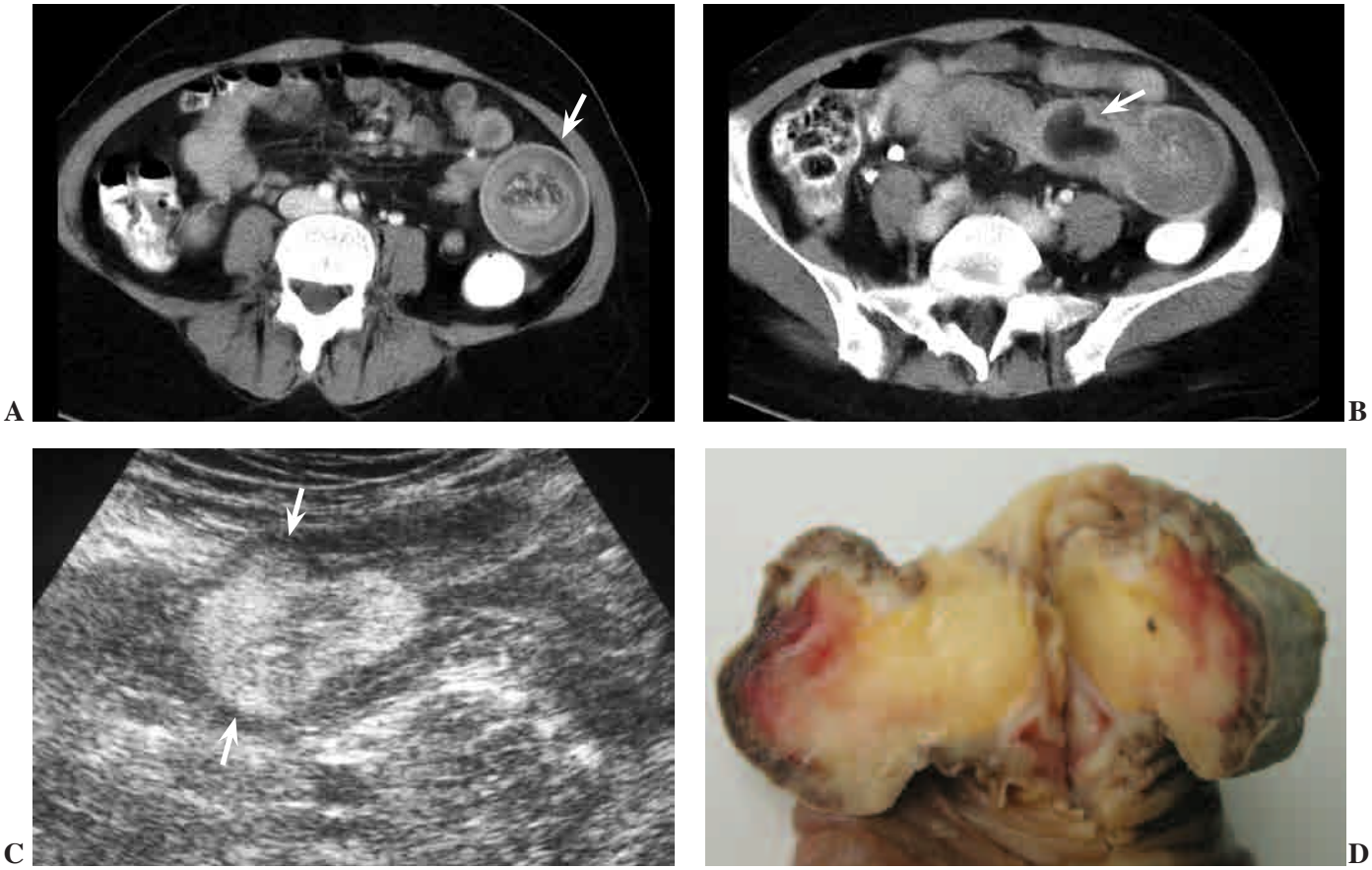
Çocuklardaki akut invajinasyonda redüksiyon, rektal yoldan verilen baryum, izotonik dilüe iyotlu kontrast madde, su ya da gaz ile floroskopi veya US klavuzluğunda yapılır. Hangi yöntemin kullanılacağı radyoloğun deneyimine bağlıdır. US kılavuzluğunda hava ile yapılan redüksiyonda başarı oranının daha yüksek ve peritonit riskinin daha az olduğu bildirilmektedir. İnvajine kesimde hapsolmuş sıvı görünümü iskemi bulgusu olarak kabul edilir. İskemi en iyi Doppler US ile gösterilir. İskemik olgularda redüksiyon ya yapılmamalı veya çok dikkatli yapılmalıdır.

BT'de lezyonun enine kesiti *hedef* görünümündedir (Resim 4.79). Santral dansite invajine barsağa aittir. Bu kesimin bir kenarında düşük dansiteli invajine yağlı mezenter vardır. Dışta invagine segmenti içine alan düzgün kenarlı bağırsak halkası görülür. Lümendeki kontrast madde bu iki halka arasında sıkışmış olabilir. Sürükleyici lezyon yeteri kadar büyükse görüntülenebilir.



A **B**

Resim 4.78 İnvajinasyonun US görünümleri. A. Aksiyal. B. Longitüdinal kesitler. İnvajine segmentin birlikte sürüklediği mezenter yağının merkezdeki ekojen görünümü.



Resim 4.79 İnvajinasyon. A. BT kesitinde invajine bağırsak segmentlerinin enine kesitteki hedef görünümü (ok). B. Bir üst BT kesitinde invajinasyonun sürükleyici noktası olan lipomun hipodens görünümü (ok). C. Lezyonun US görünümü. Lipom ekojen bir kitle olarak görülüyor (oklar). D. Ameliyatla çıkartılan lipomun makroskopik görünümü.

Safrataşı ileusu

Genellikle 70 yaşından yukarıdaki kadınlarda sık görülen bir ileus nedenidir. Büyük bir safra kesesi taşı sıklıkla komşu duodenum duvarını erode ederek bağırsak lümenine düşer. Taş genellikle ince bağırsakların en dar kesimi olan terminal ileum seviyesinde sıkışarak ileusa neden olur. Karında tipik ileus bulguları ile birlikte sağ üst kadranda safra kesesi ve safra yollarınada gaz görülür. Dilate ince bağırsak kangalları (%80), safra sistemde gaz (%67) ve ektopik yerleşimde kalsifik safra taşından (%50) oluşan bu tabloya safrataşı ileusu adı verilir. Bulgular BT ile ayrıntılı olarak saptanabilir.

Mekonyum ileusu

Jejunum veya ileumda impakte mekonyumun neden olduğu yenidoğanın ileusudur. Anormal şekilde koyu mekonyuma bağlı olan tablo hemen daima kistik fibrozla birliktedir. Olguların %5 kadarı spontan olarak gelişir.

Röntgende distal ince bağırsak obstrüksiyonu bulguları vardır. Düz röntgenogramlarda bağırsak mekonyumla dolu olduğu için sıvı seviyeleri azdır. Mekonyumla karışan hava nedeniyle sağ alt kadranda *köpüklü bir görünüm* ortaya çıkar. Periton kalsifikasyonun varlığı intrauterin perforasyonu gösterir.

Kolon tetkiki diyagnostiktir. Kullanılmadığı için kolonlar ince ve boştur. İçlerinde mukus parçalarına ait, ip gibi bir kaç tane dolma defekti görülebilir İleuma geçen kontrast madde genişlemiş ileal segmentler içerisinde mekonyum parçalarını çevreler. Bazı olgularda kolon tetkiki mekonyum parçalarını yumuşatıp boşaltarak obstrüksiyonun açılmasını sağlar. Bu nedenle incelemenin ürografin gibi hiperozmotik kontrast maddelerle yapılması önerilir. Bu amaçla lavman günde 1-2 defa tekrarlanmalıdır. Perforasyon riski nedeniyle, geriye kaçışı önlemek için rektumda balon şişirilmemelidir. Komplike olmayan olgularda başarı oranının %50-60 olduğu bildirilmektedir. Verilen kontrast madde hiperozmolar olduğu için hipovole-

mik şok gelişimine karşı dikkatli olmalıdır. Nadiren perforasyon gelişebilir.

Olguların yaklaşık yarısında intrauterin hayatta, distal segmentlerde volvulus sonucu iskemi ve buna bağlı perforasyon ve kimyasal peritonit gelişir. Böyle olguların düz karın röntgenogramlarında skrotum dahil yaygın peritoneal kalsifikasyon görülür. İntrauterin gelişen bağırsak iskemisi atrezi ile sonuçlanabilir. Perforasyon ise spontan iyileşebilir, doğumdan sonra devam ediyorsa peritonda serbest hava görülür; kapalı perforasyonlarda psödokist gelişir.

Hirschsprung hastalığı

Kolon duvarındaki miyenterik pleksusta ganglion hücrelerinin yokluğuna bağlıdır. Embriyonel hayatta bu hücrelerin migrasyonu proksimalden distale doğrudur. Hirschsprung hastalarında bu migrasyonda duraklama vardır. Bu nedenle aganglionik segmentin distalinde normal bölge bulunmaz. Genellikle distal kolon segmentlerini tutar; %75 olguda rektum-sigmoid bölgesi tutulur (kısa segment hastalığı).

Hayatın ilk dekadında görülür. Yeni doğan evresinde intestinal obstrüksiyon bulguları verir. Bu evrede baş aşağı çekilen yan pelvis röntgenogramlarında rektumda gaz azlığı veya yokluğu dikkati çeker (Resim 4.80). Olguların % 80'ninde kabızlık vardır. Daha ileri yaşlarda, düz röntgenogramlarda proksimal kolon segmentlerinde genişleme ve gaita retansiyonu görülür.

Opak lavmanla yapılan incelemede normal olgularda ilk haftada rektumun çapı daima sigmoidin çapından geniştir. Bu orana *rekto-sigmoid indeks* denir ve normal değeri birden büyük veya bire eşittir. Hirschsprung olgularında sigmoid kolon rektumdan geniştir ve rektosigmoid indeks birden küçük değerdedir. Normal çapta görülen aganglionik distal parça (sıklıkla rektum ve rektosigmoid) ile dilate bağırsak segmentlerine dönüşürken arada gittikçe genişleyen *huni gibi bir geçiş zonu* bulunur (Resim 4.81). Bazı olgularda geçiş zonunun kenarı tersiyer kontraktürlere bağlı olarak *testere dişi gibi tırtıklı bir görünüm* verir. Kolon tetkikinden iki gün sonra çekilen röntgenogramlarda kontrast maddenin boşalmadığı görülür. Radyolojik inceleme normal olmasına rağmen şüphe devam ediyorsa rektal biyopsi yapılır.

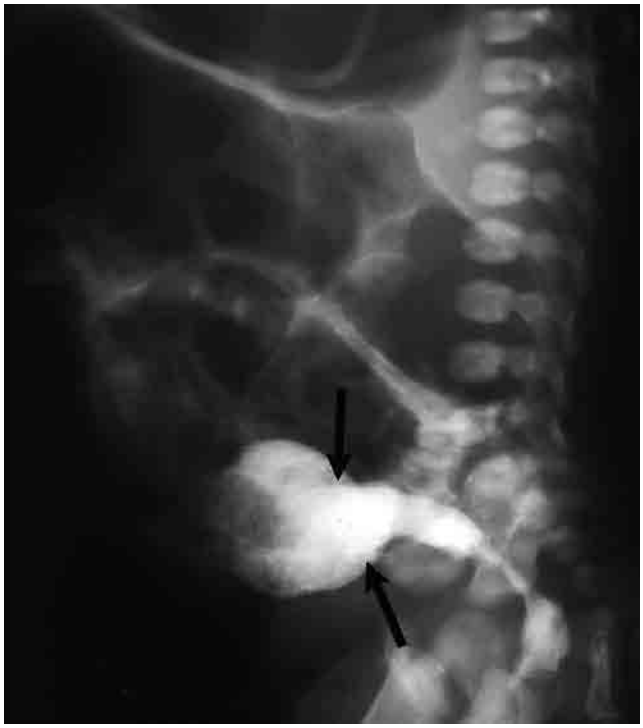
Aganglionik segment distal uçta olduğu için opak lavmanda mutlaka yan röntgenogram alınmalıdır. Dar segmentin anüsün hemen üstünde olabileceği düşünülerek röntgenogram alınırken rektal tüp çıkartılmalıdır. Hirschsprung hastalığında, verilen opak madde sertleşerek zor olan defekasyonu daha da zorlaştırır. Bu nedenle geniş segmente geçiş olduğunda opak madde kesilmeli tüm kolon segmentleri opasifiye edilmeye çalışılmamalıdır. Baryumun bu etkilerinden dolayı inceleme izoozmolar iyotlu kontrast madde ile yapılmalıdır.



Resim 4.80 Hirschsprhung hastalığı. Baş aşağı çekilen yan pelvis röntgenogramında rektumda gaz azlığı görülüyor. Bağırsak segmentleri genişlemiş.

Hastalık nadiren tüm kolonu tutabilir veya internal sfinkter seviyesinde çok kısa bir segmenti tutulabilir. Tüm kolonun tutulduğu daha çok kız çocuklarında görülen total agangliozisteye geçiş zonu görülmez, tüm kolon kısalmış ve fleksuralar yuvarlaklaşmıştır ve verilen kontrast madde hızla ileuma geçer. Çok kısa segmentli olan şeklinde ise radyolojik tanı çok zordur, tanı ancak biyopsi ile konur.

Hastalıkta komplikasyon olarak nedeni bilinmeyen, proksimal kolon segmentlerini tutan, ani başlayan diyare ve hipovolemi ile seyreden, hızla ilerleyerek hayatı tehdit eden bir enterokolit gelişir. Böyle olgularda kolon tetkiki kontrendikedir. Bir yenidoğanda obstrüksiyon bulguları ve kolit birlikteliği, aksi ispat edilene kadar Hirschsprung hastalığı olarak kabul edilmelidir.



Resim 4.81 Hirschsprhung hastalığında kolon tetkiki. Rektosigmoid bölgede huni şeklinde genişleyen geçiş zonu. Kontrast madde genişlemiş kolon segmentine geçtiğinde inceleme durdurulmuştur. Proksimaldeki kolon segmentlernin dilatasyonu görülüyor (oklar).

Kalın bağırsak volvulusu

Sigmoid volvulus yaşlılarda ve posalı diyet yiyenlerde görülür. Sigmoid kolon mezanteri kendi çevresinde döner ve kapalı segment obstrüksiyonu oluşturur. Düz röntgenogramlar genellikle tanı koydurur. Pelvisten çıkıp diyafragmaya kadar uzanan geniş gaz distansiyonu gösteren bir bağırsak kangalı vardır. Görünümü *otomobil iç lastiğine* veya *dev bir kahve çekirdeğine* benzetilmiştir. Kahve çekirdeğinin sırtındaki çizgiyi, sırt sırta gelmiş sigmoid kolon segmentlerinin iç duvarları yapar. Rektal yoldan verilen kontrast madde yaklaşık 15 cm sonra sigmoidin dönüş yerine doğru gaga şeklinde incelenerek sonlanır, daha ileri geçemez.

Çekum volvulusu mezosu uzun olan ve mobil çekum denilen varyasyonunda görülür. Çekum bölgesinde kalabileceği gibi bazı olgularda sol üst kadrana çıkabilir. Düz röntgenogramlarda sağ alt kadrandan sol üst kadrana doğru uzanan gazla genişlemiş kapalı bir segment şeklinde görülür. Genellikle tek ve geniş bir sıvı seviyesi vardır. Distal kolon segmentleri kollabedir. Proksimal ince bağırsaklarda gaz distansiyonu görülebilir. Böyle bir tabloda appendiksin üst abdomen bölgesinde görülmesi kesin tanı koydurur. Kolon tetkikinde kontrast maddenin çıkan kolonda, dönüş yerinde gaga gibi gittikçe incelerek sonlandığı görülür; kontrast madde bu noktadan ileri geçemez. Kesit görüntüler iskemi bulguları yönünden dikkatle gözden geçirilmelidir.

İmperfore anüs

İmperfore anüs terimi, bağırsağın distal ucu ile anüs girintisi arasındaki embriyolojik membranın perforasyonundaki yetersizlikten, rektal gelişim anomalilerine kadar değişen geniş bir doğumsal anomali yelpazesini tanımlar. Anomalinin seviyesi prognozu ve cerrahinin şeklini belirler. Bu seviye puborektal kasa göre belirlenir. Atrezik segment bu kasın üzerinde ise atrezi yukarı seviyede, altında ise aşağı seviyededir. Radyolojinin görevi atrezinin seviyesini belirlemek ve genellikle yukarı seviyedeki anal atrezilere eşlik eden fistülleri göstermektir.

Yüksek düzeyli anal atrezide anüs gerçekte ektopiktir. Üriner sisteme ve özellikle kız çocuklarında genital sisteme açılır. Birlikte genellikle sakral anomaliler vardır; %25-30 oranında böbrek anomalileri görülür. Bu tip atrezilerde cerrahi, abdominal yolla uygulanır. Aşağı seviyeli bir anal atrezide ise olay genellikle basit bir membran varlığından ibarettir. Birlikte diğer anomaliler görülmez, cerrahi girişim perineal yolla yapılır.

Puborektal kas mesane boynu seviyesindedir. Rektal poşun mesane tabanına göre seviyesi saptanarak anomalinin seviyesine karar verilebilir. İmperfore anüslü bebekler önce bağırsak gazının rektal cebi doldurması için üç beş dakika diz-dirsek pozisyonunda, başı aşağıda poposu yukarıda tutulur. Bu pozisyonda masa üstüne alınan bebeğe horizontal ışınla bir yan pelvis röntgenogramı alınır. Mesane boynu bu röntgenogramda iskium kemiğinin alt ve orta 1/3'ünü birleştiren noktadın iskiumun uzun aksına çizilen dik çizginin düzlemindedir. Bu çizgiye *Cremin'in M çizgisi* adı verilir. Rektal cepteki gaz bu çizgiyi geçiyorsa atrezi aşağı seviyede, geçmiyorsa yukarı seviyededir.

İmperfore rektal ceple perine arasındaki mesafe US ile ölçülebilir. Bu mesafenin 1.5 cm'den daha fazla olması anal atrezinin yüksek seviyede olduğunu gösterir.

Anal atrezide atrezi seviyesi ve anal sfinkferin durumu en iyi BT ve MR ile saptanır. Morfolojiyi doğrudan görüntüleyen bu yöntemlerle, yapılan operasyonun sonuçları da kontrol edilir.

KARACİĞER

Anatomi

Karaciğer her birinde iki segment bulunan iki loba ayrılır. Sol lobun mediyal ve lateral, sağ lobun kraniyoventral ve dorsokaudal segmentleri vardır; ayrıca sağ lobun posteriorunda İVK'ya komşu kaudat lob bulunur.

Eski olan bu anatomik sınıflandırma yerine günümüzde Couinaud tarafından yapılan ve sınırlarını damarların çizdiği segmentasyon sistemi kullanılır. Bu sistemde karaciğer 8 segmente ayrılmıştır. (Resim 4.82) Orta hepatik ven, İVK ve safra kesesi yatağını birleştiren longitüdinal düzlem ile karaciğer sağ ve sol loblara ayrılır. Sağ hepatik venden geçen uzunlamasına düzlem sağ lobu ön (8 ve 5) ve arka (7 ve 6) segmentlere ayırır. Sol hepatik venden geçen longitüdinal düzlem de sol lobu iç (4 ve 4) ve dış (2 ve 3) segmentlere ayırır. Bu 3 düzlemle karaciğer 4 parçaya ayrılmıştır. Bu 4 parça portal venden geçen aksiyal bir düzlemle ikiye ayrılırsa ortaya 8 segment çıkar. Soldaki aksiyal düzlem sol portal ven dalından, sağdaki ise sağ portal ven dalından geçer. Bu düzlemlerle sol lob üstte 4 ve 2, altta ise 4 ve 3 segmentlerine; sağ lob üstte 8 ve 7, altta ise 5 ve 6 segmentlerine ayrılır. 1. segment, ligamentum venozum ve İVK fissürleri arasında kalan kaudat lobdur. Kaudat lobun venöz drenajı küçük venler aracılığı ile doğrudan İVK'yadır.

Lezyonların rezeke edilmesinde damar anatomisi cerrahiye yol göstericidir. Hepatik venler cerrahi anatomide interlober ve intersegmental sınırları belirlerler ve sol, orta ve sağ hepatik ven adıyla inferior vena kava ile birleşirler. Portal ven, hepatik arter ve safra kanalları üçlüsü mikroskopik seviyedeki karaciğer lobüllerine kadar Glisson kapsülü ile sarılı olarak seyreder. Ana portal ven daima hepatik arterin ve ortak safra kanalının arkasındadır. Portal ven, hepatik arter ve safra kanallarıyla beraber porta hepatitsen girdikten sonra sol ve sağ iki dala ayrılır. Hepatik arter normalde çöliak trunkustan hepatika propriya olarak başlar. Gastroduodenal dalını verdikten sonra ortak hepatik arter adını alır. Daha sonra sağ ve sol hepatik arter dallarına ayrılarak karaciğer içerisine girer. Hepatik arterler %45'e varan oranda anormal çıkışlıdır.

Karaciğere gelen kanın ¾'ünü portal ven gerisini hepatik arter taşır. Bu iki dolaşım birbirinin tamamlayıcısıdır. Dolaşım sistemindeki akım değişiklikleri, karaciğerin kontrast tutma haritasını değiştirdikleri gibi yağlanmanın da heterojen olmasına neden olur.

Karaciğerin şekli bireye göre değişiktir ve anatomik varyasyonlar görülür. Bunların en önemlisi kadırlarda daha sık görülen Riedel lobudur. Bu lob, sağ lobun alt ucunda, dış kenardan başlayıp aşağı doğru uzanır. Riedel lobu varsa karaciğer sol lobu küçüktür. Diğer bir şekil varyasyonu sol lobun uzayarak dalağın üstünü çevrelemesidir.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Tüm kesit görüntüleme yöntemleri ile karaciğerin yüksek çözümlemeli görüntüleri elde edilir. Günümüzde dinamik bolus kontrastlı ÇKBT temel yöntem olarak kullanılır. MR'de hızlı görüntüleme tekniklerinin gelişmesi hareketin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmış ve yöntem karaciğerde BT'ye alternatif haline gelmiştir. Özellikle iyot alerjisi olan olgularda tercih edilen bir yöntemdir. US, karnından yakınması olan olgularda bir tarama yöntemi olarak kullanılmaktadır; dolayısıyla lezyonlar ilk olarak US ile saptanırlar. Renkli Doppler US hem karaciğer kan akımındaki anormalliklerini saptar, hem de lezyonların damarlanmasını gösterir. RG kavernöz hemanjiyomların ve fokal nodüler hiperplazinin tanısında değerlidir.

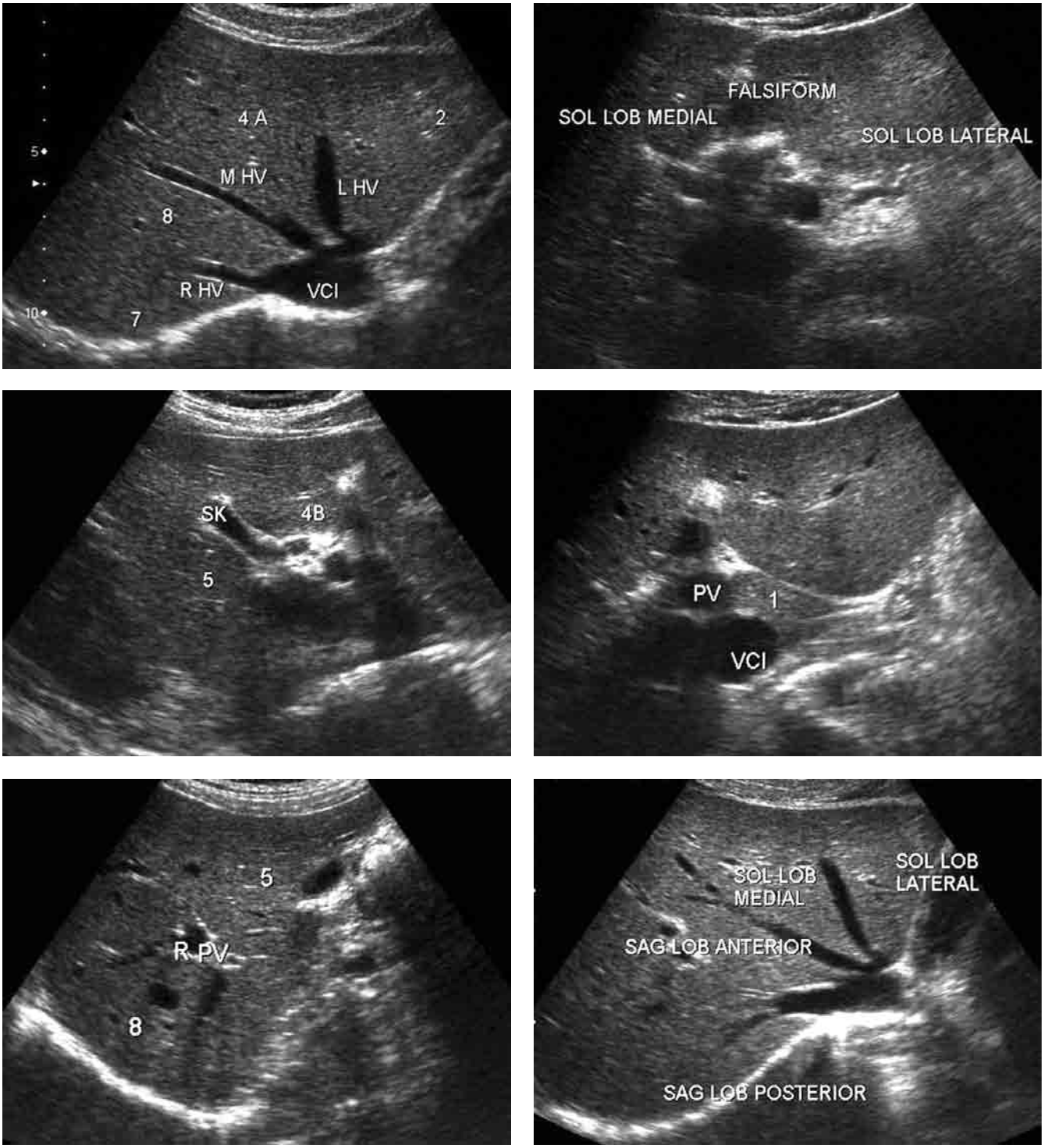
US

Normal karaciğer parankimi homojen, ince eko örneği verir. Ekojenitesi dalaktan ve böbrek korteksinden hafifçe yüksek, pankreas ekojenitesinden düşüktür. Büyüklüğünü saptamak için birçok yöntem tanımlanmıştır. En basiti orta klaviküler çizgide karaciğerin uzunluğunu ölçmektir. Normal karaciğerin uzunluğu 13 cm'yi geçmez; 15 cm'yi geçen olgularda karaciğerin büyüdüğünden bahsedilebilir. Karaciğerin şekli de önemlidir. Kaudat lobun diğer kesimlerden daha büyük olması siroz için karakteristiktir. Karaciğerin kenarı düzgün olmalıdır. Yüzey nodülaritesi difüz olduğunda sirozu, fokal olduğunda intrahepatik tümörleri gösterir.

Hepatik ve portal venler arasındaki ayırım, bulundukları yere ve duvar ekolarına bakılarak yapılır. Hepatik ven duvarları incedir, ayrı bir yapı olarak seçilemez; portal ven duvarları kalın ve ekojen görünümdedir.

BT

Hepatik parankimin BT yoğunluğu 54-68 HÜ'dür. Bu yoğunluk açlıkta ve yeni yemek yemiş şahıslarda glikojen ve yağ miktarına göre değişir. Şişmanlarda



Resim 4.82 Karaciğerin segmental anatomisi. Subkostal transvers US görünümleri. Segmentler numaraları ile resimler üzerinde gösterilmiştir. VCI: İnferior vena kava, PV: Portal ven, RPV: Sağ portal ven, LHV: Sol hepatik ven, MHV: Orta hepatik ven, RHV: Sağ hepatik ven.

karaciğer yağlı görülür. Karaciğerin yoğunluğu her zaman dalaktan 7-8 HÜ daha yüksektir. Hepatik damarlar kontrastsız kesitlerde hafif hipodenstir, ancak yağlı karaciğerde hiperdens bantlar şeklinde izlenebilir; kontrastlı kesitlerde açık şekilde görüntülenir. Kontrastlı incelemede arteriyel fazda dalağın dansitesi karaciğerden daha denstir, portal fazda ise eşit veya daha düşüktür.

Konvansiyonel BT: İnceleme sırasında hasta sırt üstü yatar. Fundus gazı çizgi artefaktı oluşturursa hastanın sağı aşağı gelecek şekilde dekübitus inceleme yapılabilir. Normalde tarama kalın kesitle aralıksız olarak yapılır. Saptanan lezyonların incelenmesinde kesit kalınlığı düşürülür. Kontrastsız ve kontrastlı çalışma standarttır.

Karaciğerin inceleme protokolü kullanılan BT aygıtının kesit alma hızına göre düzenlenir. Kontrast madde otomatik enjektörlerle İV bolus (2-4 mL/sn) şeklinde verilmelidir. Lezyonlar en iyi kontrastsız ve bolus şeklinde yüksek doz kontrastlı çalışmalarla gösterilir. Bolus enjeksiyon ile karaciğer-lezyon kontrastı artırılır. Gecikilirse kontrast madde, ekstravasküler alanda denge ("equilibrium") fazına ulaşır ve parankim-tümör kontrastı kaybolarak lezyonunun seçilebilirliği azalır.

Hemanjiyom tanısında lezyonun en belirgin görüldüğü kesitte masa sabitlenerek, kontrast madde verildikten sonra belirli aralıklarla kesitler tekrarlanır. Bu şekilde yapılan dinamik BT ile kontrastın periferden merkeze doğru yavaş bir şekilde ilerlediği gösterilerek hemanjiyom tanısı konur.

Kontrast maddenin %2-3'ü hepatositler tarafından tutulur. Bu özellikleri nedeniyle, kontrast verildikten 4-6 saat sonra alınan kesitler bazı lezyonların daha iyi görülmesini sağlar (gecikmiş BT).

Aynı histolojideki birden çok lezyonda kontrast tutma özelliği farklı olabilir.

ÇKBT: Günümüzdeki çok hızlı görüntü alabilen çok kesitli spiral BT aygıtlarında karaciğer 3 veya 4 faz yöntemi ile incelenir. Önce kontrastsız tarama yapılır. Daha sonra kontrast madde bolus şeklinde verilerek kontrast arteriyel sistemde en yüksek kontsantrasyonda iken (30 sn) tarama tekrarlanır. HCC gibi arteriyel fazda kontrast tutan lezyonlar henüz kontrast tutmayan karaciğer parankiminin içerisinde yüksek kontrastla görüntülenir. Daha sonra tarama, kontrast maddenin portal fazda en yüksek konsantrasyonda olduğu zamanda (60-70 sn) tekrarlanır. Bu fazda, hipovasküler olan ve kontrast tutmayan lezyonlar yoğun kontrastlı parankim içerisinde açık bir şekilde görüntülenir. Kontrast verildikten 3-4 dakika sonra yapılan geç tarama ile hemanjiyomların kontrast tutma özelliği ve kontrastı geç tutan kolanjiyokarsinom gibi tümörler gösterilir. Ancak karaciğer kitlelerin çoğunluğunun hipovasküler olduğu bilinmektedir. Özel bir endikasyon bulunmadıkça rutinde portal venöz fazda tek inceleme yeterlidir.

BT ile karaciğerin hacmi ± %5 doğrulukla saptanabilir. Bir santimden büyük fokal karaciğer kitlelerinin büyük bir çoğunluğu BT ile saptanır. Karaciğerde kitle lezyonları genellikle hipodenstirler. Kalsifikasyon ve taze hematom hiperdens görülür.

MR

Karaciğer lezyonlarının saptamasında duyarlılığı çok yüksektir. Tanıda morfolojik bulgularla birlikte sinyal karakteristikleri değerlendirilir. Karaciğer lezyonlarının çoğu T1AG'de hipointens T2AG'de hiperintens görülür. Lezyonların T2AG'de sinyal intensite farklılıkları ayırıcı tanıda yardımcıdır.

T1AG ve T2AG'de karaciğer dokusuna yakın sinyal intensitesinde olan, yani göreceli olarak izointens lezyonlar fokal nodüler hiperplazi ve sirozdaki adenomatöz hiperplastik nodüller gibi normal karaciğer yapısındaki lezyonlardır. Basit kist, çok küçük olmayan hemanjiyomlar, "islet" hücreli tümör metastazları ve asiner tip hepatosellüler karsinomalar içerdikleri sıvı ve artmış sekresyonları nedeniyle T2AG'de belirgin hiperintens görülürler. İyi diferansiye hepatosellüler karsinom ile hepatik adenomların içerdiği lokal yağlı alanlar T1AG'de izo- ve hafif hiperintens görülür. Hepatosellüler karsinom, fokal nodüler hiperplazi (FNH), bazı hemanjiyom ve nadiren metastazlarda da görülebilen santral skar dokusu, matür fibrozten oluşuyorsa T1AG ve T2AG'de hipointens; inflamatuar doku ve vasküler skar ise T1AG'de hipointens T2AG'de hiperintens görülür. İyi diferansiye hepatosellüler karsinom ve hepatik adenom gibi fibröz kapsüllü lezyonların kapsülü T1AG'de hipointens görülür ve kontrast tutar. Hızlı büyüyen tümörlerde US de hipoekoik görülen ve komprese karaciğer dokusuna ait olan peritümöral halka T1AG'de hipointens olarak izlenebilir. Bazen tümörlerin çevresinde, T1AG'de hiperintens olarak izlenen halkanın yağlı dejenerasyon gösteren karaciğer dokusunu temsil ettiği gösterilmiştir. Dinamik kontrastlı çalışmalarda kontrast tutan lezyonların, 1 dk sonra alınan kesitlerde periferlerindeki kontrast maddenin temizlenmesinin (*periferal "washout" işareti*) lezyonun malign olduğunu gösteren duyarlılığı çok yüksek bir bulgu olduğu bildirilmiştir.

Hızlı görüntü alan GRE sekanslarında karaciğer lezyonlarında değişik nedenlerle biriken demir, artmış manyetik duyarlılık etkisi nedeniyle daha iyi gösterilir. Yağ baskılama teknikleri ve yağın varlığını gösteren kimyasal şift görüntüleri ile lezyonlar karakterize edilir. BT'de olduğu gibi dinamik kontrastlı çalışma

yapılarak hemanjiyomların boyanma özellikleri gösterilebilir. Lezyonların karakterizasyonunda hepatositler ve RES hücreleri tarafından tutulan kontrast maddeler kullanılır.

RG

Karaciğerin sintigrafik incelemesinde Tc-99m-sülfür kolloid kullanılır. Koloidin partikül boyutu 0.1 ile 1.0 mikron arasındadır. Kolloid partikülleri RES hücreleri tarafından fagositozla alınır. Normal şahıslarda RES hücrelerinin yaklaşık %85'i karaciğerde %10'u dalakta ve geriye kalanı kemik iliği ve lenf nodlarındadır. İncelemelerde karaciğer ve dalak birlikte görüntülenir. Karaciğerin aktivitesi dalaktan daha fazladır. Sintigrafideki hipoaktif alanlar, fazına göre perfüzyon yetersizliğini ve/veya Kupffer hücrelerinin o kesimde değişik nedenlerle bulunmamasını ya da fonksiyone olmadığını gösterir. Görece olarak artmış aktivite alanları ise bölgesel perfüzyonun artmasını ve/veya artmış Kupffer hücresi konsantrasyonuyla birlikte fagositozun artmasını temsil eder. Karaciğer ve dalak arasındaki normal aktivite oranının tersine dönmesi, kemik iliğindeki tutulumla ilişkisiz olarak, difüz hepatik disfonksiyonda, azalmış hepatik perfüzyonda ve artmış splenik veya kemik iliği perfüzyonunda görülür. Sintigrafide geometrik çözümleme sınırı 1 cm'dir.

Dinamik çalışmada radyofarmasötiğin bolus şeklinde hızla verilmesinden sonra 20-40 sn içerisinde iki saniye aralarla görüntüler alınır. Görüntüleri yorumlarken karaciğerin kan akımının yaklaşık %25'inin hepatik arterden %75'inin portal venden olduğunu göz önünde bulundurmak gerekir. Bu durum, arterial fazda hepatik aktivitenin renal aktiviteye göre neden daha düşük olduğunu açıklar. Sekiz saniye süren arteriyel fazdan sonra venöz fazın başlaması ile birlikte hepatik radyoaktivite gittikçe artmaya başlar.

Statik görüntüler, radyonüklidin İV enjeksiyonundan yaklaşık 15-30 dakika sonra alınır. Anterior, posterior ve sağ yan, standart projeksiyonlardır. Sol yan, dalak süperpozisyonu nedeniyle genellikle yararlı değildir. Sintigramlar genellikle 400.000 sayımından sonra alınırlar. Düşük enerji-yüksek çözümlemeli paralel delikli kolimatörler kullanılır. Sintigramlar alınırken kosta kavsini belirleyecek işaretler konur.

Safra kesesi, sağ böbrek, sağ böbreküstü bezi lezyonları, özellikle büyük boyutta iseler karaciğer üzerinde baskı yaparak kolloid çalışmalarında intrahepatik lezyon izlenimi verebilirler. Aynı şekilde kaburgalar ve omurga da intrahepatik defekti taklit edecek görünümler verebilir. Bu etkiler SPECT çalışmalarında ortadan kalkar. Obstrüksiyonlarda safra kanallar yeteri kadar geniş iseler porta hepatiste dallanan defekt şeklinde görülürler.

Röntgen

Düz röntgenogramlarla karaciğer parankimi incelenemez; sadece kalsifikasyon ve gaz saptanabilir.

Anjiyografi

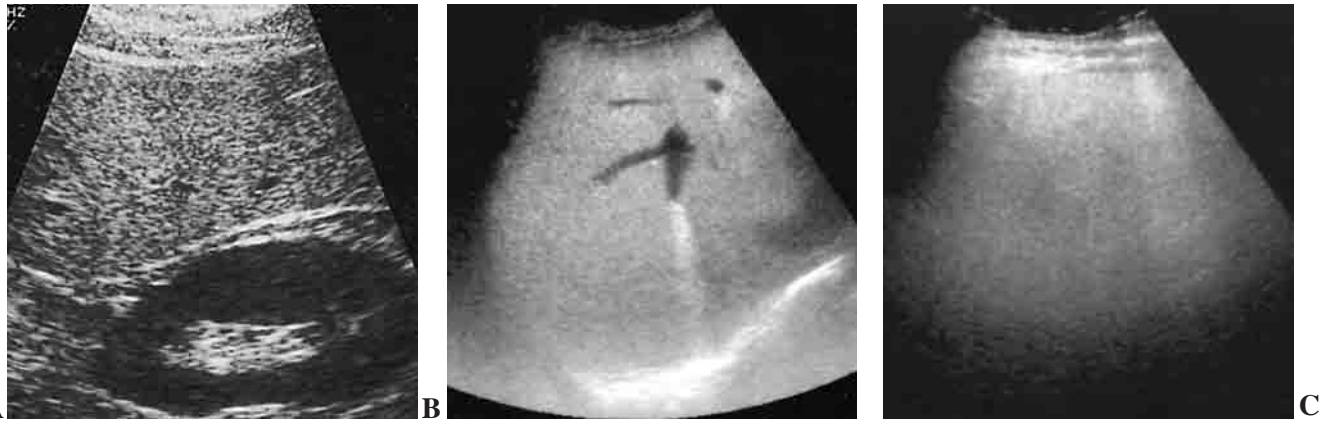
Anjiyografinin küçük vasküler tümörleri saptamada duyarlılığı yüksektir. Postoperatif hemobilia kanama yerini saptamak için hepatik arteriografi yapılır. Günümüzde anjiyografi daha çok girişimsel işlemlere kılavuzluk etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Karaciğer tümörlerinin arteriyel kanlanması ayırıcı tanıda önemli olabilir. Hemanjiyomlar tipik boyanma özellikleriyle tanınırlar. FNH'de araba tekerleği şeklinde merkezden perifere dağılan belirgin damarlanma yaklaşık %35 olguda görülür. Sirozda görülen rejenerasyon nodülleri ise hipovaskülerdir. HCC'de arteriyel fazda belirgin kontrast tutulumu ve tümör içi AV şantlara bağlı kontrast göllenmesi tipiktir ve olguların %75'inde portal ven invazyonu görülür. Olguların %25'i hipovaskülerdir. Kolanjiyokarsinomların kanlanma derecesi değişiktir; geç kontrast tutmaları karakteristiktir.

Venöz görüntüleme endikasyonları; portal ven trombozu, hepatik ven trombozu, portal hipertansiyon, hepatik transplantlar, TIPS'in ve portosistemik şantların değerlendirilmesidir. US intrahepatik venooklüziv hastalıkların tanısında yeterli olmaz. Venografi temel standarttır. Hepatik venografi ve portal venografi yapılır. Portal venografi, arteriyel yoldan (çöliak trunkus veya SMA arteriografisinin geç fazı), transhepatik olarak doğrudan portal vene girilerek, TIPS'te transjugüler yoldan portal vene girilerek, perkütan splenoportografi ve umbilikal ven kateterizasyonu yöntemleri ile yapılabilir.

DİFFÜZ TUTULUM

Karaciğeri difüz olarak tutan hastalıklardan yağlı dejenerasyon ve akut hepatit US'de farklı ekojenitede; yağlı dejenerasyon ve hemokromatozis de BT'de farklı yoğunlukta görülür. Bunlardan sadece hemok-



Resim 4.83 Karaciğer yağlanması. A. Hafif yağlanma. Karaciğer morfolojisinde bir değişiklik yok. Ekojenitesinde böbreğe göre difüz artış. Portal ven duvarları seçiliyor. B. Orta derecede yağlanma. Portal ven duvarları seçilemiyor. Diyafragma görülüyor. C. Şiddetli yağlanma. Karaciğerin distal kesimi seçilemiyor. Portal venler görülmüyor.

romatozis MR'de karakteristik intensite değişikliği yapar. Bunların dışında karaciğeri difüz olarak tutan amiloidoz, hepatit ve lenfoma gibi hastalıklarda kesit görüntülerde parankim anormalliği görülmez. Siroz ise organın boyutunda, şeklinde ve kenarında yaptığı değişikliklerle tanınır. Parankiminde ise hastalığın evresine göre farklı olan değişiklikler görülür.

Yağlı karaciğer

Hepatositlerin toksinlere ve hasarlanmaya karşı verdikleri genel bir cevaptır. Hepatositler kolesterol ve trigliseritlerle dolar. Yağlı infiltrasyonda karaciğer hücrelerinde aşırı miktarda trigliserid depolanır. Parankimde normalde 1-5 mg/gr olan yağ miktarı obezlerde 100 mg/gr'a kadar çıkabilir. Yağlı infiltrasyon difüz veya fokal olabilir. Difüz yağlanma obezlerde, kortikosteroid tedavisinde, Cushing hastalığında ve diyabette görülür. Alkolizm, siroz ve intravenöz hiperalimantasyon ise daha çok fokal yağlanmaya neden olur. Morfolojik olarak difüz ve fokal olmak üzere iki tipi vardır.

Difüz yağlanma US'de, üniform bir ekojenite artışı şeklindedir. Bu görünüme *parlak karaciğer* adı verilir. Karaciğerin ekojenitesine komşu böbreğin korteksi ile karşılaştırma yapılarak karar verilir. Yağlı infiltrasyonun derecesi US görünümüne göre 3'e ayrılır: (Resim 4.83)

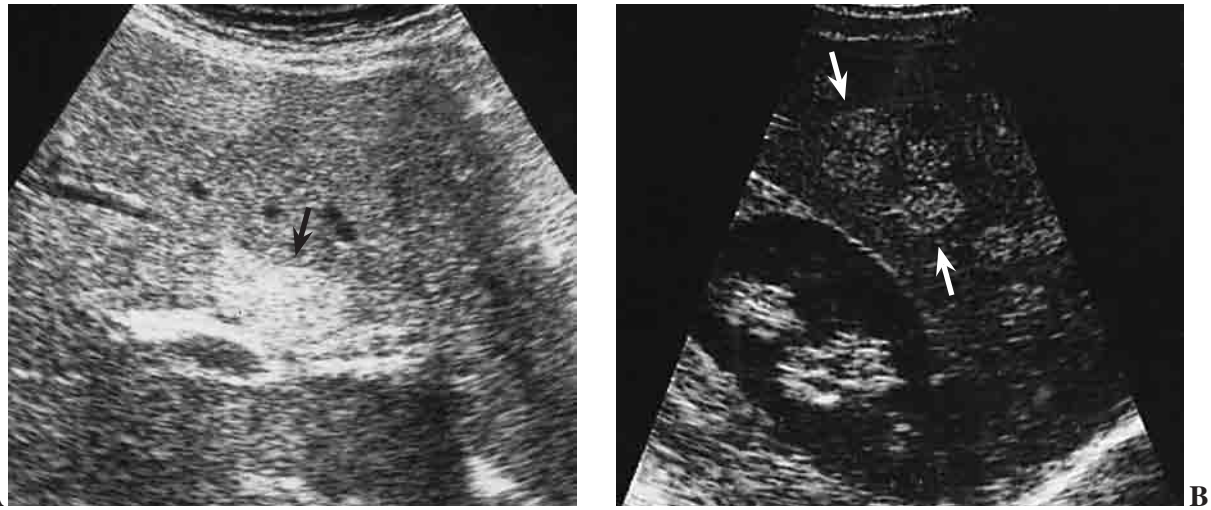
1. Hafif yağlanma. Ekojenitede hafif artma, portal venlerin duvarları ve diyafragma normalde olduğu gibi görülebiliyor.
2. Orta derecede yağlanma. Ekojenitede orta derecede artma, portal venlerin duvarları görülemiyor, diyafragma iyi seçilemiyor.
3. Şiddetli yağlanma. Ekojenitede belirgin artma, portal ven duvarları görülemiyor; karaciğer sağ lobunun posterior segmentine ses geçmiyor, diyafragma görülmüyor.

Difüz yağlanmanın değerlendirilmesinde aygıtın "gain" ayarının normal olmasına dikkat etmek gerekir. "Gain"in normalden fazla olması yağlanma bulgularını silikleştirir, az olması belirginleştirir.

Difüz yağlanmanın BT bulguları difüz yoğunluk azlığıdır. Parankimde 1 mg/gr'lık trigliserit artışı yoğunlukta 1.6 HÜ'lük azalmaya neden olur. Damarlar parankimden daha yoğun görülür. Normalde dalaktan daha dens olan karaciğer, dalaktan daha hipodens



Resim 4.84 Diffüz karaciğer yağlanması. İntrahepatik safra kanallarında görülen hava koledokojejunostomi operasyonuna bağlı.



Resim 4.85 Fokal yağlanma alanları. A. Venaportaya komşu yerel yoğunlu artımı (ok). Düzgün kenar. B. Fokal yağlanma, nodüler yapıda çok sayıda ekojen yağlanma odakları (oklar). Görünümü metastazdan ayırmak zor.

görünüm alır (Resim 4.84). Hafif yağlanmada US, BT'den daha duyarlı olabilir. Çünkü karaciğerin yağ içeriğindeki %10'a kadar olan artış BT görünümünde bir değişiklik oluşturmaz.

Difüz yağlanmada SE MR görüntüleri duyarlı değildir. T1AG'de hafif hiperintensite, T2AG'de tamamen normal görünüm yağlanma için tipiktir. Yağ baskılama ve kimyasal şift ("in-phase/out-of-phase") teknikleri ile yağlanmanın tanısı kesin olarak konabilir.

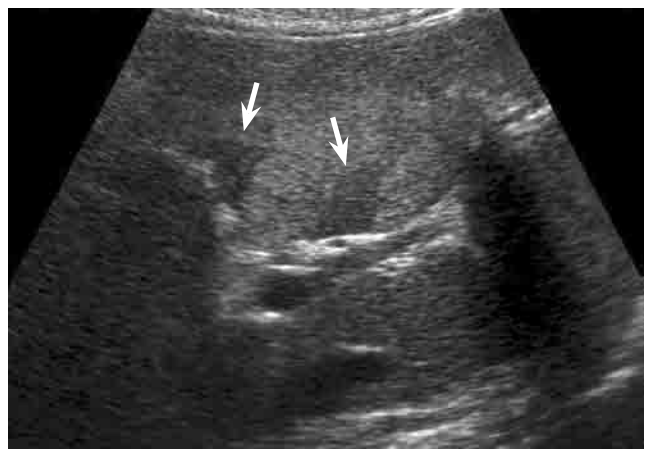
Fokal yağlanma normal parankim içerisinde fokal lezyonlar şeklinde izlenir ve malign bir lezyonu taklit edebilir. En sık falsiform ligament ve safra kesesi komşuluğunda ve porta hepatis civarında yerleşirler. Kitle etkisi yoktur; hepatik damarlarda displasman gözlenmez. Genellikle kenarı jeografiktir, ancak nodüler yapıda da olabilir (Resim 4.85). Görünümü hızla değişir, bir haftalık bir sürede bile karaciğer normale dönebilir.

Yağdan korunmuş alanlar, difüz şekilde yağlanmış karaciğer içerisinde fokal yağlanma alanlarına benzer görünümler verir. Fokal lezyonları taklit eden bu adalara *psödolezyon* adı verilir. Kitle etkilerinin olmaması ve jeografik şekilleri ile tanınırlar. En sık IV. segmentte görülürler ve portal ven önü ve safra kesesi çevresi sık görüldüğü diğer yerlerdir. Subkapsüler yerleşimleri tanıya yardım eden özellikleridir. Psödolezyonlarda, gerçek yer kaplayan lezyonlarda görülen halo kesinlikle görülmez.

Fokal yağlanma alanları US'de hiperekoik, BT'de hipodensdir; yağdan korunmuş alanlar ise tersine, difüz olarak yağlanmış karaciğer içerisinde US'de hipoekoik, (Resim 4.86) BT'de ise hiperdens görülür. Bu birbirine benzer iki farklı yapıdaki psödolezyonun gri ton bakımından US ve BT'deki karşıt görünümlerine *ani kontrast değişimi ("flip-flop") işareti* adı verilir.

Fokal yağlanma ve yağlı karaciğerde yağdan korunmuş alanların ayırıcı tanısı yer kaplayan lezyonlarla yapılmalıdır. Yukarıdaki özelliklerinden başka, damarların bu alanların içerisinden distorsiyona uğramadan geçmesi ve sintigrafinin normal olması tanılarına yardım eden diğer ölçütlerdir.

Kimyasal şift MR incelemede yağ içeriği spesifik olarak belirlenir.



Resim 4.86 Yağlanmadan korunmuş alan. Ekojen yağlı karaciğer içerisinde hipoekojik yağlanmadan korunmuş alanlar (oklar).

Hepatit

Akut hepatitte karaciğer büyümüştür. Ekojenitesi, yağlı karaciğerin tersine, belirgin şekilde düşüktür. Yağlı karaciğerdeki parlak görünüme karşılık akut hepatitte siyah ("dark") bir karaciğer görünümü vardır (Resim 4.87). Karaciğerin ekosu böbrek ekosundan daha düşüktür. Periportal Glisson kapsülü ekoları görece olarak artmıştır. Portal yapıların koyu karaciğer içerisinde parlak benekler halinde görülmesi *yıldızlı sema görünümü* olarak tanımlanmıştır. Safra kesesi duvarı sıklıkla kalınlaşır. Konjestif karaciğerde de benzer tablo görülür. Ancak konjestif karaciğerde hepatik venler ve inferior vena kava normalden geniştir. Lenfoma ve löseminin difüz infiltrasyonları da benzer görünüm verebilir. Akut hepatitte sintigrafide, splenomegali ve hepatomegaliye azalmış kolloid tutulumu ve benekli görünüm eşlik eder.

Hepatik inflamasyonun klinik ve biyokimyasal bulgularının 3-6 aydan beri devam ettiği olgularda hepatitin kronik olduğu kabul edilir. Kronik aktif hepatit kronik hepatitin şiddetli şeklidir ve sıklıkla sirozla sonuçlanır. Kronik persistan hepatit ise benigndir ve hastaların çoğu asemptomatiktir. Radyolojik yöntemler erken dönemde duyarlı değildir; yağlanma minimaldir ve karaciğer genellikle büyümemiştir. Kronik hepatitin US bulguları; karaciğerin eko örneğinde kabalaşma ve progressif periportal fibroza bağlı olarak portal dallanmanın duvar ekojenitesinin kaybıdır. Akut ve kronik hepatitte, yağlanma veya siroz gelişmemişse BT ve MR görünümleri normaldir. Kronik hepatitte radyolojik tanı yöntemlerinin ana işlevi hasta zeminde gelişebilecek HCC'yi saptamaktır.



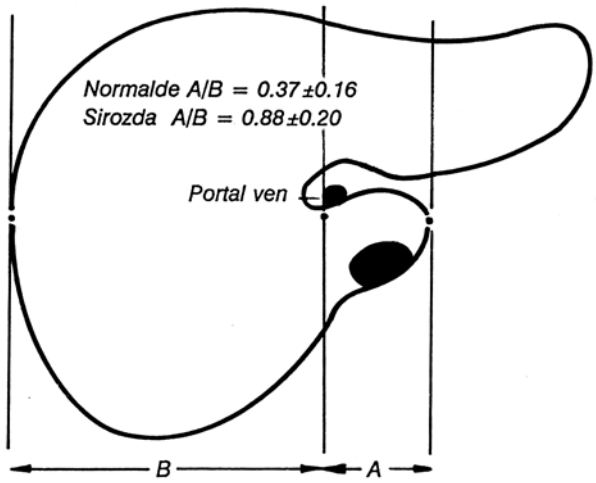
Resim 4.87 Akut hepatitli bir olguda karaciğerin ekojenitesinde diffüz azalma ("dark" karaciğer). Portal ven çevrelerindeki Glisson kapsülü belirgin ekojen görülüyor.

Siroz

Siroz, hepatosellüler nekroz, damar yatağını bozan fibroz ve nodüler dejenerasyonla sonuçlanan kronik difüz karaciğer hastalıklarının tümünü içine alan genel bir terimdir. Kronik alkolizm, malnütrisyon, kardiyak yetmezlik, viral hepatit, kronik kolestaz ve metabolik hastalıklar gibi değişik nedenleri vardır. Mikronodüler ve makronodüler olarak iki gruba ayrılır. Mikronodüler şekilde nodüller 0.1-1.0 cm çapındadır. Makronodüler şekilde ise çapları 5 cm'ye kadar çıkabilen, değişik boyutta nodüller görülür. Bu iki şekil bir arada da görülebelir. Alkolik siroz mikronodüler, kronik viral hepatit sonucu gelişen siroz ise daha çok makronodülerdir. Sirozda olguların büyük bir bölümünde ciddi karaciğer hasarına rağmen klinik bulgu olmayabilir. Sirozun morfolojik bulguları boyut ve kenar değişikliği, parankiminde yapısal değişiklik ve portal hipertansiyon bulgularındır. Erken evrede karaciğer büyük olabilir, ileri evrede küçülür. Küçülme özellikle sağ lobdadır. Atrofik sağ lob nedeniyle safra kesesi yatağı posterolaterale doğru yer değiştirir. Sol lob ve kaudat lob sağa göre büyüktür. Kaudat lobun transvers çapının sağ lobun transvers çapına oranı normalde 0.37 civarındadır (Şekil 4.3). Bu değerin 0.65'in üzerinde olması siroz için çok anlamlıdır. Benzer değerler Budd-Chiari sendromunda da görülür. Karaciğerin kenarı sirotik nodüllerin boyutuna uyar şekilde düzensizdir. Subhepatik fissürler atrofiye bağlı olarak belirginleşir.

Parankimal yapı değişiklikleri, karaciğer hasarının fibrozla seyreden disorganize rejenerasyonuna bağlıdır. Santral veni olmayan rejenerasyon alanları fibrozla çevrelenir ve nodül görünümü verir. Rejenerasyonun baskın olduğu bu olgularda çok sayıdaki küçük rejenerasyon nodülü tüm karaciğeri kaplamıştır. Nodüler siroz adı verilen bu olgularda karaciğer büyüktür. Rejeneratif aktivitenin çok az olduğu olgularda nodül oluşumu çok azdır, karaciğer sert ve küçüktür. Bu olgular kronik sklerozan siroz adını alır. Sirozda nodüller şu şekilde sınıflandırılır:

1. Rejeneratif nodüller: Fibrozla çevrelenmiş 3-10 mm boyutlarında parankim adalarıdır.
2. Displastik nodüller: Adenomatöz hiperplastik nodüller adı da verilir; 10 mm'den büyüktür. Proliferatif prekanseröz lezyonlardır. Sirotik karaciğerlerin % 15-25'inde görülürler.



Şekil 4.3 Kaudat lob (A); sağ lob (B) oranı.

3. Fibroz adaları: İlerlemiş sirozda gelişen kitleye benzer yoğun fibroz alanlarıdır. Kama şeklinde ve ışınsal tarzda bandlardan oluşan fibrotik yapılardır. Tutulan kesimde hacim kaybının olması tanı koydurur. Bazen tüm bir hepatik segment veya lob fibröz dokuya değişebilir.

Sirozla birlikte portal hipertansiyon bulguları da gelişir. Portal hipertansiyonun kesin tanısı portal vendeki basıncın ölçülmesiyle konur. Portal hipertansiyon bulguları şunlardır:

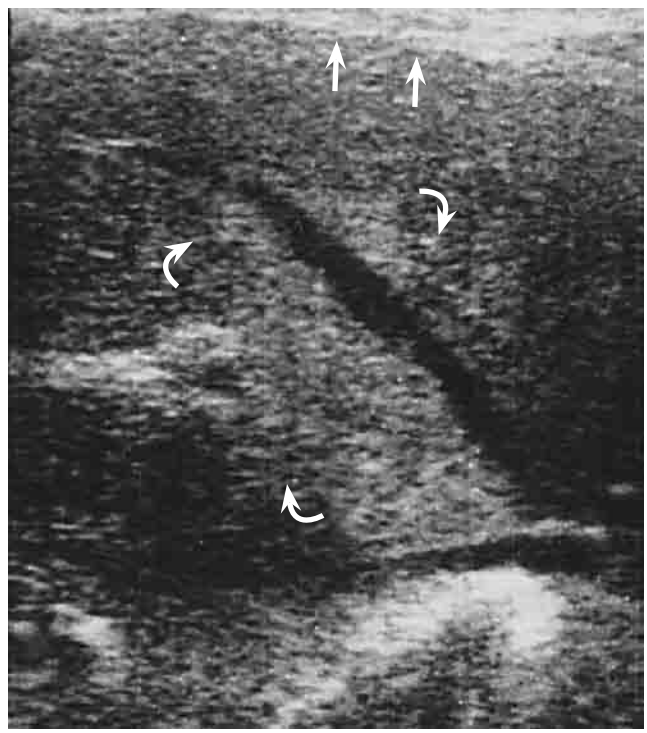
1. Portal ven çapında genişleme (> 15 mm) ve portal ve splenik venlerde normalde görülen inspiriumda daralma, ekspiriumda genişleme şeklindeki çap değişikliğinin gözlenememesi,
2. Porto-sistemik kollateraller: Umblikal venin açık olması ve gastroözofajeal, splenorenal ve gastrorenal portosistemik venöz kollaterallerin, karaciğer sol lobu altında, pankreas ve dalak çevresinde askaris yumağı şeklindeki tipik kıvrımlı görünümleri,
3. Splenomegali,
4. Asit.

Sirozda iki önemli komplikasyon HCC gelişimi ve özofajeal varis kanamasıdır. HCC riski her yıl %2-3 oranında artar. HCC gelişen olguların %90'nında serum alfa fetoprotein değeri belirgin olarak yüksektir. Sirozlu bir olguda serum alfa fetoprotein değerinin yükselmesi HCC gelişiminin dışlanmasını gerektirir.

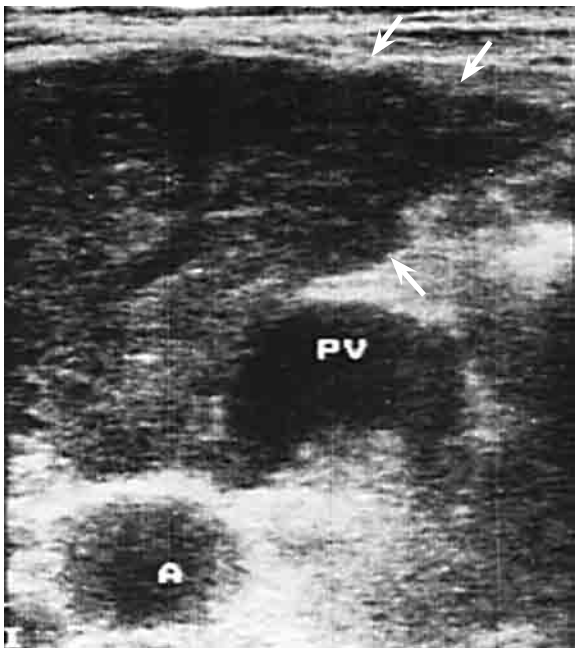
Sirozun yukarıda tanımlanan bulguları, tüm kesit görüntüleme yöntemleri ile saptabilir. **US**'de karaciğerin normalde görülen parankim ekosu değişir; normaldeki ince parankim yapısı kabalaşır ve kaba taneli bir görünüm alır (Resim 4.88). Görünüm ilerleyerek hipoekoik kitleye benzer yapılar ortaya çıkar. Fibroz doku sesi yağ gibi zayıflatmadığından yağlı infiltrasyon göstermeyen sirozda karaciğerin ses geçirgenliği normal olgularda olduğu gibidir. Yağlı infiltrasyon gösteren olgularda parankim ekojenitesi artar. Karaciğer yüzeyinin nodüler görünümü 5-7.5 mHz'lik lineer problarla daha iyi görülür (Resim 4.89). Asitli olgularda karaciğeri çevreleyen sıvı nedeniyle yüzey nodülaritesi daha net izlenir (Resim 4.90).

Rejenerasyon nodülleri yağlı fibröz bağ dokusunun karşılığı olan ince bir ekojenitenin çevrelediği hipoekoik nodüller şeklinde görülebilirler, ancak her zaman saptanamazlar. Bu lezyonlar kaba parankimal örnek görünümünden sorumludurlar. Adenomatöz hiperplastik nodül adını alan büyük boyutta olanları ise diğer kitle lezyonlarından ayırmak zordur. Hipoekoik görülen displastik nodüllerin ekojenitelerinin artmasına *ekokonversiyon* adı verilir ve malign değişimi düşündüren bir bulgudur.

Portal hipertansiyon bulguları US ile çok iyi gös-



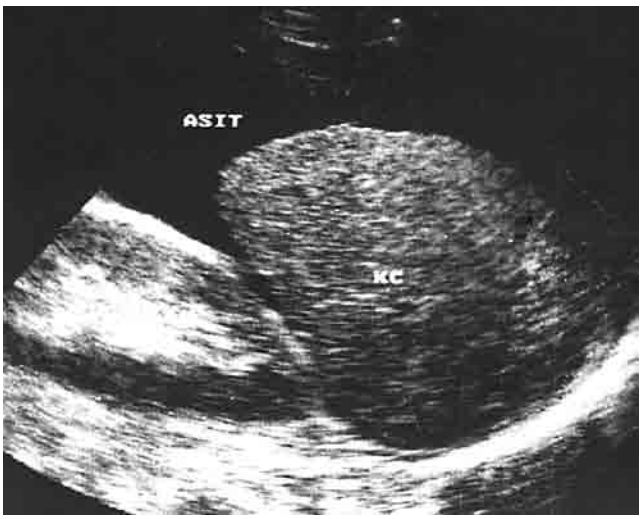
Resim 4.88 Karaciğer sirozu. İnce kontur düzensizliği (oklar), parankimal kaba ekolar ve hepatik ven konturunda düzensizlik. Hepatik ven çevresinde fokal yağlanma (kıvrık oklar).



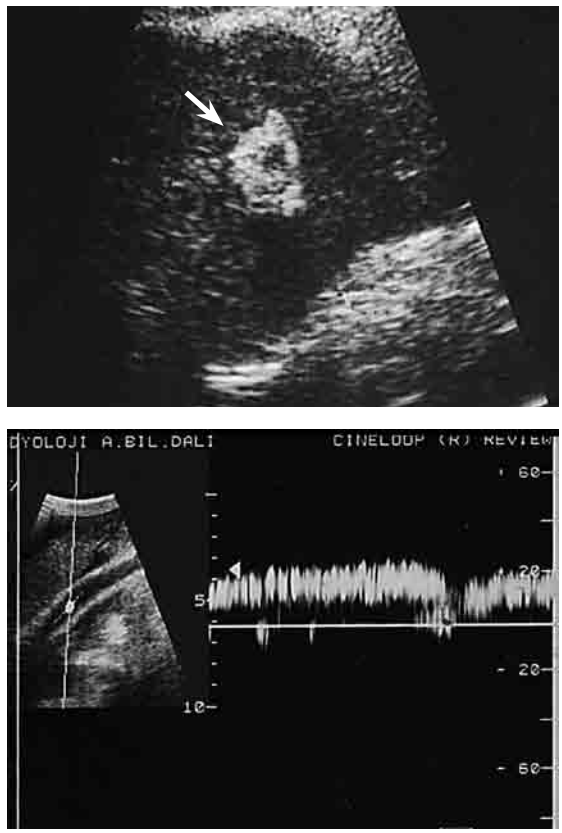
Resim 4.89 Sirozda belirgin kontur düzensizliği (oklar) ve portal vende genişleme. PV: Portal ven.

terilir. Ligamentum teresin ekojen görünümü içerisindeki açık umblikal venin hipoekoik görünümüne "*target*" veya "*bull's eye*" (*hedef* veya *boğa gözü*) işareti adı verilir (Resim 4.91). Venin açık olduğu Doppler'le araştırılmalıdır. Kollaterallerdeki tersine akım Doppler US ile gösterilir.

HCC gelişiminin saptanmasında US güvenilir bir yöntem değildir.



Resim 4.90 Sirozda kontur düzensizliği ve belirgin peritoneal serbest sıvı.



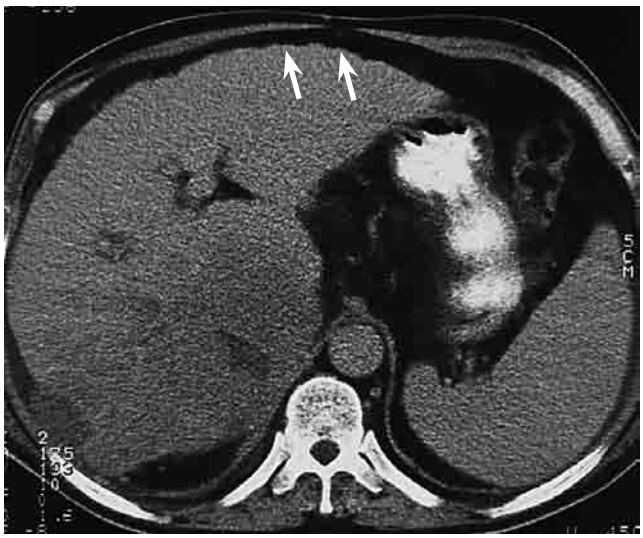
Resim 4.91 Karaciğer sirozunda kollatereller, A. Ligamentum teresi çevreleyen ekojen yağ içerisinde açık umblikal venin enine kesiti (hedef veya boğa gözü görünümü) (ok), B. Açık umblikal venin longitudinal görünümü ve Doppler spektrumu.

BT'de, sirozun oluşturduğu kenar düzensizliği ve boyut değişiklikleri saptanır (Resim 4.92). Yoğunluk ölçümünün değeri yoktur. Bazı siroz olgularında fokal yağlı infiltrasyon alanları görülebilir.

Rejenerasyon nodüllerinin yoğunluğu çevreden farklı olmadığı için gösterilebilmeleri zordur. Küçük nodüller seçilemez. Demir içeriği yüksek siderotik rejenerasyon nodülleri, kontrastsız BT'de kendisini çevreleyen fibröz doku sınırlarından daha yoğun olarak seçilebilir; kontrastlı kesitlerde kontrast farkı eşitlenerek nodül görünümü kaybolur. Bazı olgularda da kontrastlı kesitlerde, çevrelerindeki boyanmayan skar dokusu sayesinde görüntülenebilirler. Kontrastsız kesitlerde düşük dansitede görülen fibrotik alanlar kontrastlı kesitlerde karaciğer parankimi ile eşit oranda kontrast tutarak görülemez.

Siroza eşlik eden asit, splenomegali, kollateral damarlar gibi portal hipertansiyon bulguları da BT ile saptanır.

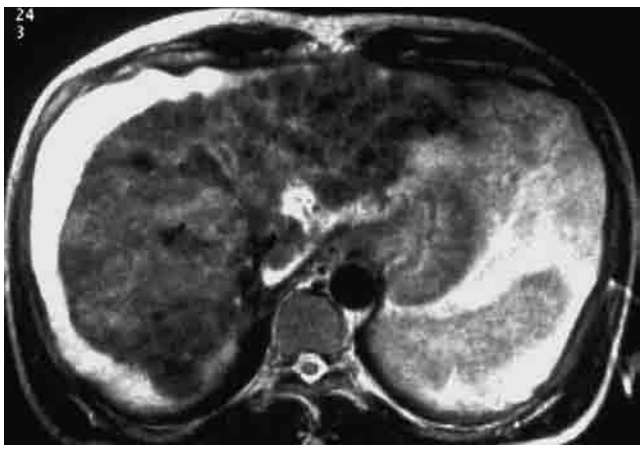
HCC en iyi, hızlı kesit alabilen spiral BT yöntemi



Resim 4.92 Karaciğer sirozunda BT. Kontur düzensizliği (oklar). Sağ lobun arkasında yer kaplayan lezyon (hepatosellüler karsinom?). Hafif splenomegali.

ile araştırılır. Kontrastsız BT'de hipodens ya da heterojen yapıdadır. Kontrastlı BT'de arteriyel fazda yoğun ve heterojen kontrast tutar.

MR'de boyut ve kenar değişiklikleri ve BT'de görülen portal hipertansiyon bulguları saptanır. Kollateraller kontrastsız olarak gösterilir. Demir içerikleri yüksek siderotik rejenerasyon nodülleri T1AG'de hipointens, T2AG'de belirgin şekilde hipointens görülür; GRE görüntülerinde manyetik duyarlılık etkisi ile hipointensite artar (Resim 4.93). Displastik nodüller ise T1AG'de komşu karaciğer parankimine göre hiperintens, T2AG'de ise izointenstir.



Resim 4.93 T2AG aksiyel MR kesiti. Karaciğer konturu düzensiz. Parankim heterojen. Nodüller hipointens izleniyor. Ayrıca assit mevcut.

HCC, T1A kesittee izo-/hipointens T2AG'de hiperintens görülür. Siderotik bir nodül içinde gelişen HCC'nin, T2AG'de hipointens nodül içerisindeki hiperintens görünümü *nodül içinde nodül görünümü* olarak tanımlanır. En iyi dinamik kontrastlı çalışmalarla araştırılır, arteriyel fazda kontrast tutup erken yıkanması önemli bir tanı ölçütüdür.

Sintigrafide hastalığın morfolojik değişiklikleri, aktivite tutulumunda azalma ve dağılımında heterojenitedir. Normalde görülen karaciğer/dalak aktivite tutulum oranı portal hipertansiyona bağlı splenomegali nedeniyle tersine döner. *Kolloid şift* dediğimiz bu olayın nedeni; karaciğer perfüzyonunun azalması ve RES hücrelerinin aktivitelerinin bozulması veya sayılarının azalmasıdır. Birlikte kemik iliğinde, bazen de akciğerde radyonüklid tutulumu artmıştır.

Peritonda toplanan serbest assit, karaciğeri diyafragmadan ve yan karın duvarından ayrılabilir. Buna *halo işareti* adı verilir. İlerlemiş fazda sintianjiyografide *saçılmış aktivite alanları* görülür. Bu görünüm muhtemelen portal hipertansiyon nedeniyle azalmış venöz akımı kompanse eden artmış hepatik arteriyel akıma bağlıdır.

Sirotik karaciğerde fibroz, atrofi ve vasküler şant sonucu *psödokitle* denilen fokal defektif alanlar ortaya çıkar. Bu lezyonları HCC'den ayırmak için kolloid sintigrafi ile beraber Ga-67 çalışması yapılır. HCC'lerin %90'ı galliumu tutar. Psödotümörde bu oran %10'dan azdır. Rejenerasyon nodüllerinin Kupffer hücreleri de dahil tüm normal hepatik elemanları içermesi sülfür kolloid çalışmalarında saptanamamalarını açıklar. Lezyonların sülfür kolloid sintigrafisinde radyoaktiviteyi karaciğer dokusu gibi tutması rejenerasyon nodül tanısı koydurur.

Portal ven trombozu

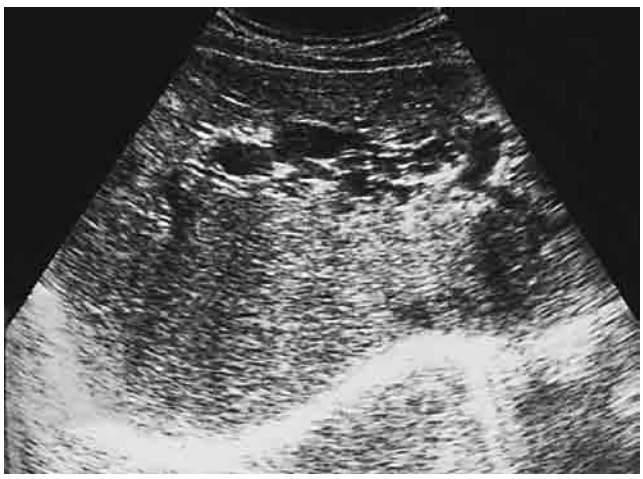
En sık idyopatik olarak görülür. Birçok hastalığa da eşlik eder. Hepatosellüler karsinom, metastaz ve pankreas karsinomu gibi malignitelere eşlik eder. Sirozun komplikasyonu olarak da gelişebilir. Kronik pankreatit, hepatit, septisemi, travma, splenektomi, portokaval şant ve gebelikte de görülebilir. Yenidoğanda omfalit, umblikal ven kateterizasyonu ve akut dehidratasyona bağlı olarak gelişebilir. Presinüzoidal portal hipertansiyon nedenidir.

US'de, lümen içerisindeki trombüsü görmek kolaydır (Resim 4.94). Akut olgularda trombüsün bulunduğu kesimde portal ven genişlemiştir. Ekojenitesi



Resim 4.94 Portal ven içerisinde trombüs. Portal veni doldurmuş ve genişletmiş (oklar).

karaciğer ekojenitesine yakın olgularda trombüsü seçmek zor olabilir. Kronik trombüslerde çevrede portal venin kollateral kanalları izlenir, intraluminal trombüs genellikle görülmez. Olguların yaklaşık 1/5'inde saptanan bu görünüme portal venin kavernöz değişimi adı verilir. Kavernöz değişimde porta hepatiste portal venin yerinde çok sayıda damardan oluşan bir yapı vardır (Resim 4.95). Bu görünümün ortaya çıkması



Resim 4.95 Vena portanın kavernöz transformasyonu. Portal ven görülmüyor. Porta hepatitse kavernöz transformasyona ait çok sayıda tübüler yapı.



Resim 4.96 Portal vende tümör trombüsü (ok). Hepatosellar karsinomlu olgu.

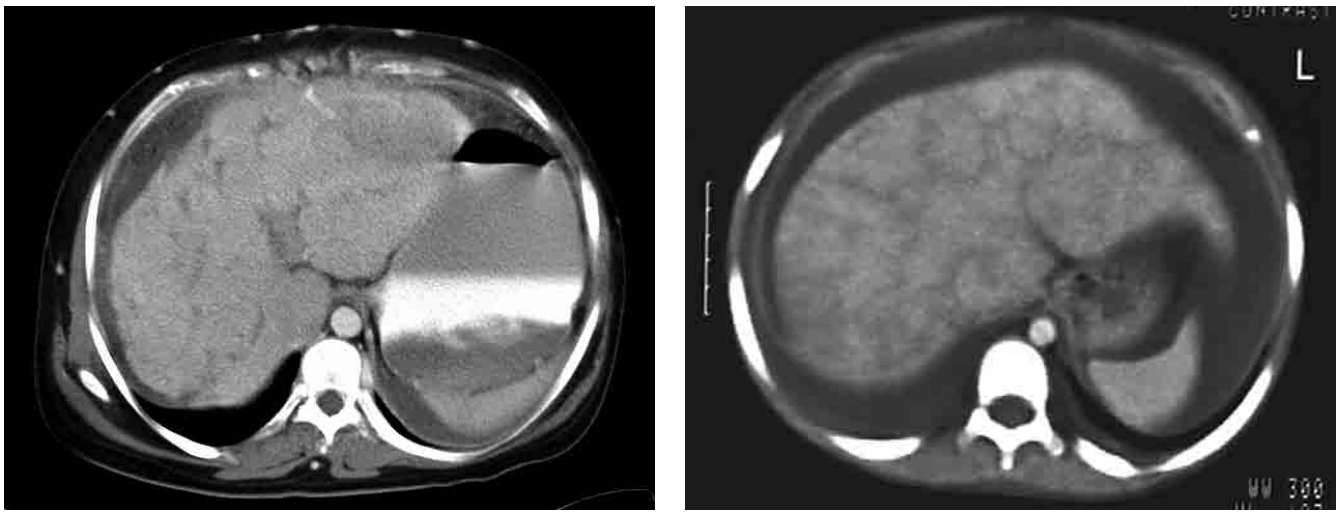
için genellikle 12 aylık bir sürenin geçmesi gerekir. Genellikle benign nedenli portal ven trombüslerinde görülür.

Damar lümenindeki trombüsün görünümüne bakarak benign-malign nedenli olduğu söylenemez (Resim 4.96). Hepatosellüler karsinomlarda metastazlardan daha sık görülür. Bu nedenle portal ven trombozu ile birlikte bulunan karaciğer kitlesinin hepatosellüler karsinom olma olasılığı daha yüksektir.

Kontrastsız BT'de trombüs hiperdenstir. Kontrastlı kesitlerde trombüsün oluşturduğu obstrüksiyon ve kollateral kanallar görülür. Trombus ve oluşturduğu morfolojik değişiklikler MR kesitler ile de görüntülenir; sinyal intensitelerine bakarak akut ve kronik ayırımı yapılabilir.

Budd-Chiari sendromu (hepatik veno-oklüziv hastalık)

Ana hepatik venlerin ve İVK'nın suprahepatik parçasının trombozuna bağlı olarak gelişen klinik bir tablodur. Olguların %90'ında assitle birliktedir. Hepatomegali, sağ üst kadran ağrısı ve yaklaşık 1/3 olguda splenomegali görülür. Trombüs nedenleri olarak polisitemiya rubra veradaki gibi koagülasyon anormallikleri, travma, flebit, gebelik, oral kontraseptif kullanımı ve obstrüksiyon oluşturan membranlar sayılabilir. Hepatik venlere ve/veya İVK'ya renal hücreli karsinom, HCC ve adrenal karsinomun invazyonu görülebilir. Asyalılarda sık görülen İVK membranı veya ağı nadir bir nedendir. Olguların %50-75'inde etyolojik bir faktör saptanamaz.



A B

Resim 4.97 Budd-Chiari sendromu. A. Kronik bir olguda İVK'da trombüs, hepatomegali, KC'de düzensiz kontrast tutulumu, serbest assit. B. Başka bir olguda KC'de mozaik şeklinde kontrast tutulumu, assit.

Morfolojik bulgular karaciğerin venöz akımının engellenmesine bağlıdır. Buna bağlı olarak karaciğer büyür, portal hipertansiyon gelişir, varisler ve asit ortaya çıkar. Tıkanma seviyesi, intrahepatik venüller, hepatik venler veya İVK olabilir. Tıkalı damar segmentinde stenoz, duvar kalınlaşması ve trombüs görülür. Tıkanan kesimin gerisindeki damarlarda genişleme ve intrahepatik kollateral dolaşım gelişir. Akut veya subakut evrede venöz konjesyon ve buna bağlı gelişen hemorajik enfarkt alanları ortaya çıkar. Olay kronikleşikçe enfarkt alanlarında fibroz gelişir. Hastalık nodüllerin gelişimi ve sirozla sonuçlanır. Venöz drenajı ayrı olduğu için kaudat lob korunmuştur; kan akımının artması sonucu kaudat lob hipertrofiye olur. Olguların %20'sinde portal vende trombüs gelişir.

US'de akut evredeki staz ve enfarkt alanları hipoekoik görülür; bu kesimlerde fibroz geliştikçe ekojenite artar. İVK'da obstrüksiyon nedeni olan membranlar ekojen yapılar şeklinde seçilebilir. Hepatik venlerde daralma veya trombüs görülebilir, hepateik venler seçilmeyebilir. Komminikan kollateral damarlar ve bunlardaki akıma bağlı olarak Doppler US'de çift renkli hepatik ven görünümleri tipiktir. Kronik olgularda kaudat lob hipertrofisi görülür.

Kontrastsız BT'de Akut evrede kaudat lob hariç karaciğer parankiminin yoğunluğunda difüz bir azalma görülür. Kontrastlı BT çalışmalarında erken evrede karaciğerin santral kesimlerinin perifere göre daha fazla kontrast tuttuğu; geç görüntülerde ise santral kesimden kontrast temizlenirken periferal kesimlerde kontrast tutulumunun arttığı gözlenir. Bu bulgu *"flip-flop" fenomeni* olarak tanımlanmıştır. Trombüs, kontrastsız kesitlerde hiperdens, kontrastlı kesitlerde hipodens görülür. Kronik evrede, ince hipodens halka ile çevrelenmiş, kontrast tutan 1-4 cm çapında nodüller görülür; *mozaik şeklinde* tipik bir non-homojen boyanma ortaya çıkar (Resim 4.97). Nodüler rejeneratif hiperplazide büyük rejenerasyon nodülleri görülür. Kollateral damarların BT ve MR kesitlerindeki kıvrımlı görünümleri *virgül işareti* olarak tanımlanmıştır.

Sintigrafide kaudat lob dışındaki bölgelerde tutulum düşüktür. Kan akımının fazla olmaması nedeniyle kaudat lobda aktivite artmış ve diğer kesimlerde düşmüştür.

Anjiyografide hepatik venlerin *örümcek ağı* şeklini aldığı, İVK'nın özellikle intrahepatik kesiminin inceldiği ve hepatik arterlerin gerildiği gözlenebilir. İVK'da ağ varsa görülebilir.

Portal hipertansiyon

Portal basıncın 5-10 mm Hg'nin üzerine çıkmasıdır. En sık neden karaciğer sirozudur. Portal vende akım dinamiği değişir; hastalık en sık sindirim borusundan varis kanamaları ile ortaya çıkar.

Nedenleri, karaciğer içerisindeki sinüzoidal seviyede, öncesinde veya sonrasında olabilir. Sinüzoidal seviyedeki tıkanıklığın nedeni sirozdur. Bu seviyeden önceki seviyede portal ven tıkanır, nedeni tromboz veya tümöral (pankreas kanseri, metastaz gibi) invazyondur, şistozomiyaziste de görülür. Sinüzoidal seviyenin sonrasındaki obstrüksiyon nedeni ise Budd-

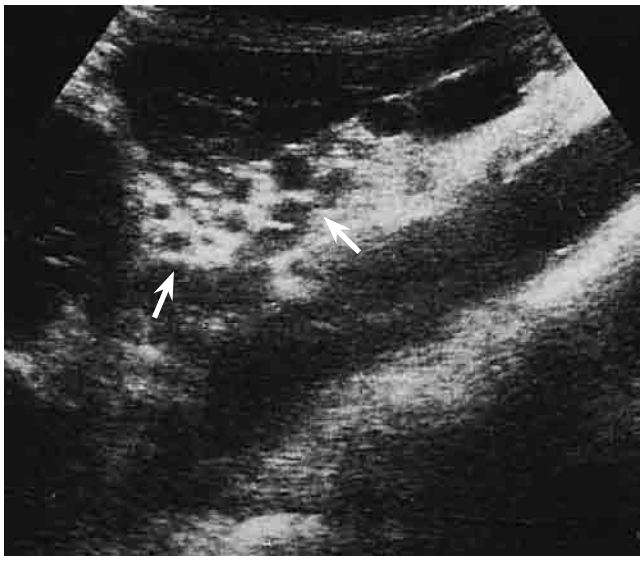
Chiari sendromu ve hepatik ven veya İVK tıkanmasıdır.

Portal basınç artar, hepatik arteriyel akım artmıştır. Hepatik arter anjiyografide tirbüşon gibi kıvrımlı görülür. Portal akım bifaziktir veya hepatofugaldir. Portal venöz sistemdeki basınç sistemik kollateraller aracılığı ile düşürülür. Portal hipertansiyonda görülen porto-sistemik kollateral kanallar şunlardır :

1. Özofagus varisleri: Koroner venler → azigos/hemiazigos venleri (Resim 4.98)
2. Mezenterik ve stomal varisler: Süperior ve inferior mezenterik venler→ ilyak venlere
3. Hemoroidler: İnferior mezenterik ven→ inferior hemoroidal venlere
4. Kaput meduza: Umbilikal ven → epigastrik venlere
5. Gastrik fundal varisler: Splenik ven → azigos venlere
6. Duodenal/retroperitoneal varisler: Splenik ven → retroperitoneal venlere.

Tanıda US ilk ve temel yöntemdir. RDUS'de umbilikal venin açık olması ve hepatofugal akım diyagnostiktir. Tedavi yönteminin seçimi için daima portal ve splenik venlerin açık olduğu gösterilmelidir. Portal kollateraller, splenomegali ve assit saptanır.

Anjiyografi genellikle girişimler ve operasyon öncesi yapılır. Özofagus varis kanamaları endoskopik olarak durdurulmazsa TIPS bir alternatiftir. Kanayan varisler embolize edilebilir. Cerrahi olarak portal ven İVK'ya (portokaval), splenik ven renal vene (splenorenal) ve SMV İVK'ya (mezokaval) anastomoze edilir.

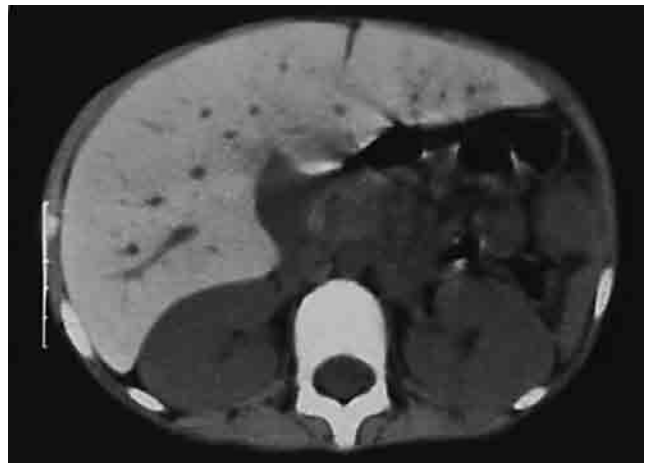


Resim 4.98 Özofagus çevresinde variköz venler. Orta çizgiden sagital kesit. Karaciğerin sol lobu altında özofagusa doğru uzanan damarsal oluşumlar (oklar).

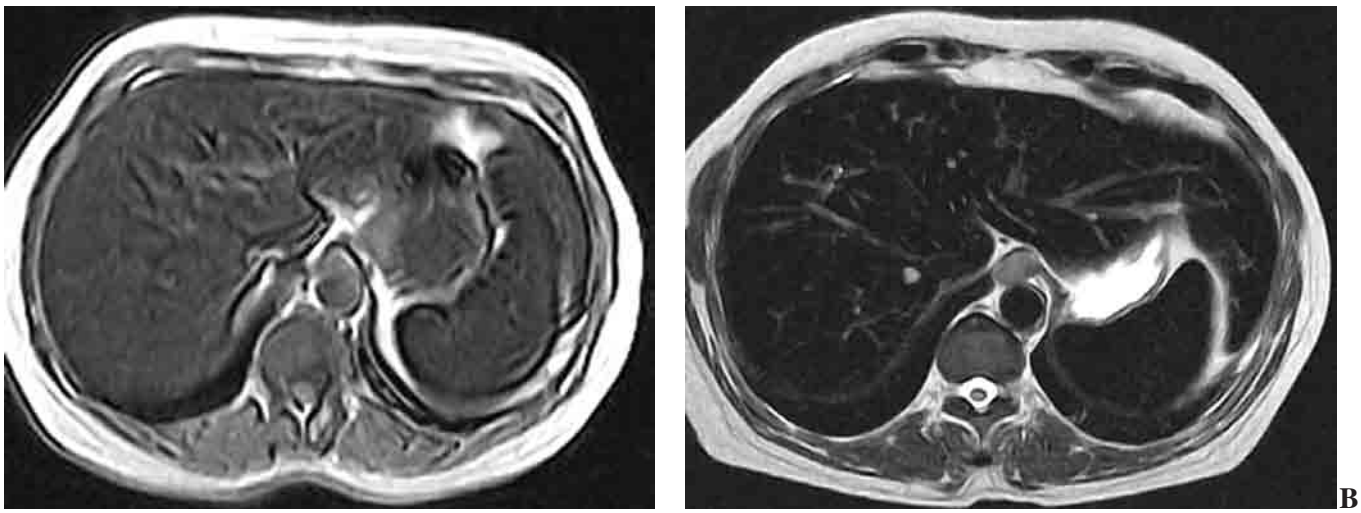
Hemokromatozis

Primer hemokromatozis, intestinal demir absorpsiyonunun anormal olarak artması sonucu başta karaciğer olmak üzere, pankreas, miyokard ve hipofiz gibi organların parankim hücrelerinde aşırı demir (Fe^{++}) birikimi ile karakterize otozomal resesif bir hastalıktır. Siroz, diyabetes mellitus ve hiperpigmentasyonla karakterizedir. Hepatositlerde demir birikimi sirozlu bazı olgularda da görülür. Sekonder hemokromatozis ise sürekli kan transfüzyonu yapılan hemolitik anemili olgularda görülür ve demir, karaciğer ve dalağın RES hücrelerinde, daha az sıklıkla da kemik iliği, pankreas, adrenal bezi ve lenf nodlarında birikir. RES hücrelerindeki demir birikimine daha spesifik bir isimle *hemosiderozis* adı da verilir. Primer hemokromatoziste, birlikte RES defekti de bulunduğundan RES hücrelerinde birikim olmaz. Bu nedenle hemosiderozis, primer hemokromatozisten ayrı bir antitedir.

BT'de karaciğer yoğunluğunun normalin iki katına kadar arttığı gözlenir (75-132 HÜ) (Resim 4.99). Çift enerji tekniği ile yoğunluk ölçümü yapılarak demir birikiminin miktarı hesaplanabilir. Dens karaciğer içerisinde portal yapılar daha belirgin görülür. Birlikte siroz bulguları görülebilir. Karaciğerde yoğunluk artımı görülen olgularda ayırıcı tanıda; roma-



Resim 4.99 Hemokromatozis. Kontrastsız BT kesitinde karaciğerin yoğunluğunda belirgin artış.



Resim 4.100 Hemokromatoziste MR görünümü. A. T1AG, B. T2A. T2AG'de belirgin hipointensite.

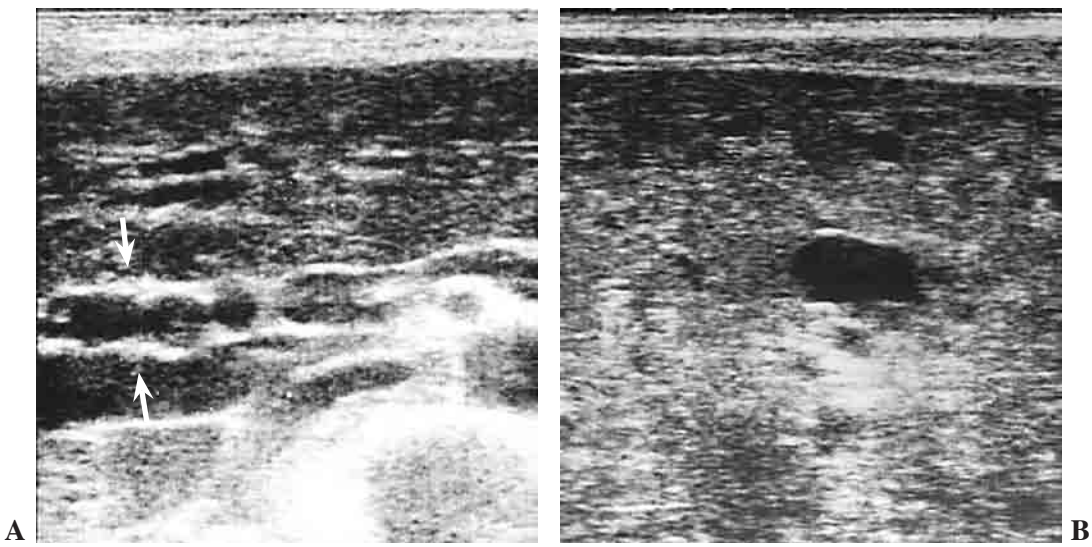
toid artrit tedavisi görenlerde altın birikimi, glikojen depo hastalığı, hemodiyaliz olguları ve kronik arsenik zehirlenmesi göz önünde bulundurulmalıdır.

MR'de karaciğerin görünümü tanı koydurucudur. Karaciğerde biriken demir, güçlü bir paramanyetik ajan olması nedeniyle dokunun T1 ve T2 değerlerini belirgin şekilde kısaltır. Bu kısalma T2'de daha belirgindir. Buna bağlı olarak T1AG'de ve T2AG hemokromatozisin tipik hipointens görünümü ortaya çıkar (Resim 4.100). Siroz sonrası evrede pankreas ve miyokardın da intensitesi düşer. MR ile tedavinin etkinliği kontrol edilebilir.

Herediter hemorajik telanjiyektazi

Osler-Weber-Rendu hastalığı da denir. Karaciğerde arteriovenöz malformasyonlar, hepatik fibroz ve sirozla karakterize otozomal dominant geçişli bir hastalıktır.

Morfolojik bulguları ortak hepatik arterin genişlemesi ve kıvrımlı bir görünüm alması, arteriovenöz malformasyonları temsil eden dilate tübüler yapılar ve bu bölgeleri drene eden genişlemiş hepatik venlerdir (Resim 4.101). Hepatik arter genişliği 10 mm'ye kadar çıkar. Bu morfolojik bulgular tüm kesit görüntüleme yöntemleri ile saptanabilir.

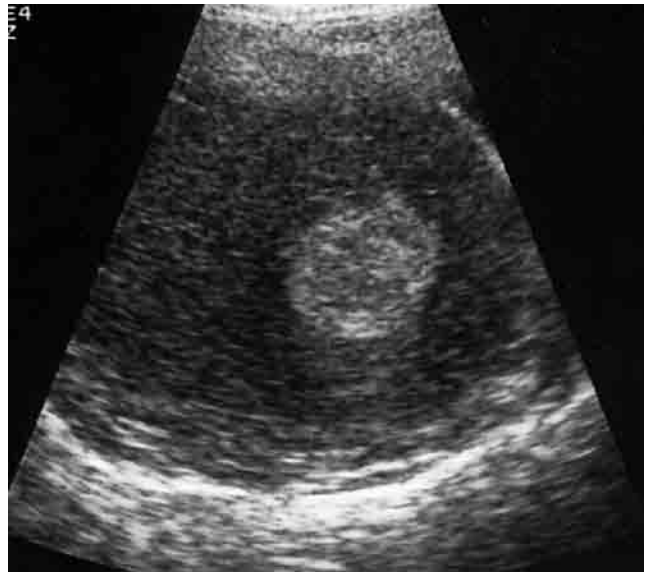


Resim 4.101 Rendu-Osler-Weber hastalığı. A.Hepatik arterde belirgin hipertrofi (oklar). B. Hepatomegaliyle birlikte telenjiektazilere bağlı non-homojen parenkim görünümü (B).

FOKAL LEZYONLAR

Karnın başka nedenlerle yapılan kesit görüntülemesinde karaciğer içerisinde rastlantısal olarak saptanan15 mm'den küçük lezyonlara *rastlantı tümörü ("incidentaloma")* adı verilir. Geniş serilerde bu şekilde saptanan lezyonların %95'inden fazlasının benign olduğu gösterilmiştir.

ÇKBT'nin yaygınlaşması ve yöntemin bir tarama testi şeklinde kullanmaya başlanması ile birlikte karaciğer içerisinde 1 cm'den küçük lezyonların görülme oranı artmıştır. Bu boyuttaki lezyonların radyolojik olarak karakterize edilmeleri güçtür; çok küçük oldukları için biyopsi de yapılamaz. Bu lezyonlarda ayırıcı tanı, hemanjiyom, kist ve metastaz arasında yapılır. İstatistiksel olarak bu lezyonların büyük çoğunluğu benigndir. Bilinen bir malignitesi olan olgularda bu lezyonların %12'sinin metastaz olduğu gösterilmiştir ve metastazın ekarte edilebilmesi için izlem gerekebilir.



Resim 4.102 Karaciğer hemanjiyomu. Düzgün kenarlı ekojen yapının arkasında hafif akustik artım izleniyor.

Kavernöz hemanjiyom

Karaciğerin en sık görülen benign tümörüdür. Popülasyonda yaklaşık %4-20 oranında görülür. Yetişkinlerde ve kadınlarda sıktır. Kadın-erkek oranı 5/1'dir. Genellikle 5 cm'den küçük tek lezyonlardır. Kapsüle yakın yerleşim yerleri tipiktir. %10 olguda birden fazla sayıda olabilirler.

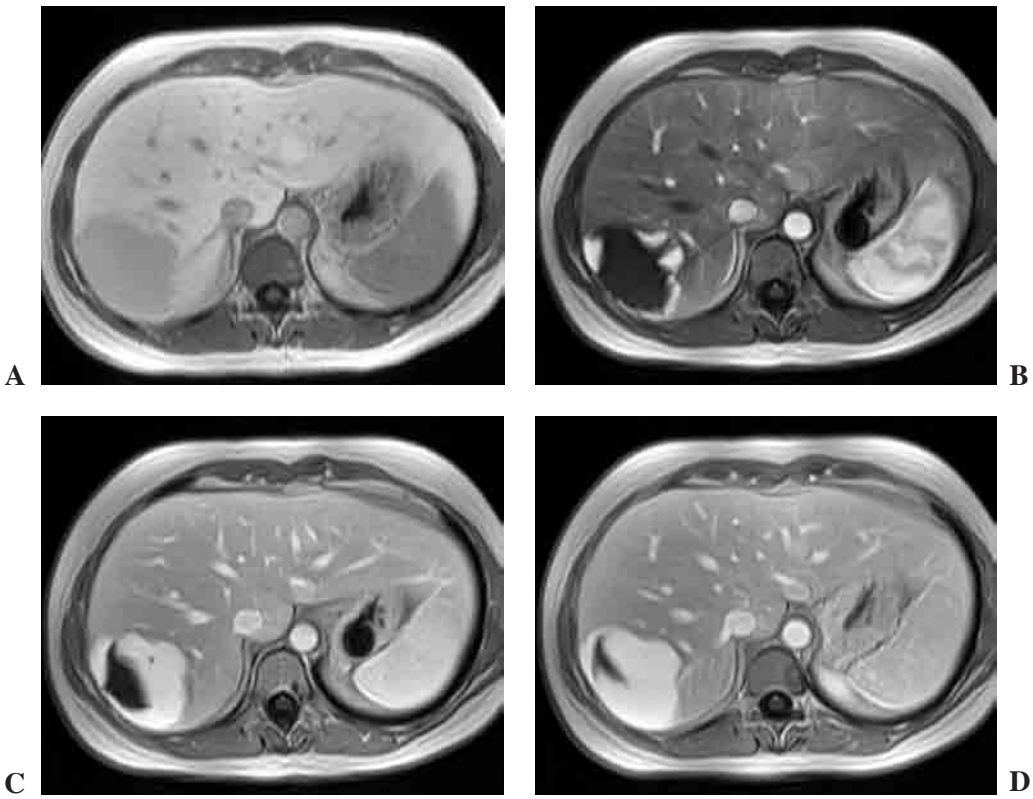
Morfolojik olarak hemanjiyom fibröz septalarla ayrılmış, ince duvarlı, kanla dolu geniş vasküler alanlardan oluşan bir yumaktır. Boyutlarına göre, küçük (<2 cm), tipik (2-10 cm) ve dev (>10 cm) hemanjiyomlar olarak üç grup altında toplanmıştır. Genellikle subkapsüler yerleşimdedir. Dev hemanjiyomların merkezinde muhtemelen tromboz sonucu gelişen santral fibroz ve kalsifikasyon görülebilir.

US'de tipik bir hemanjiyom, subkapsüler yerleşimde, düzgün kenarlı, arka duvar yankılanması olan, 3 cm'den küçük, homojen, hiperekoik bir lezyon şeklindedir (Resim 4.102). Dev hemanjiyomların ortasındaki fibröz kollajen skar dokusu hipoekoik bir alan şeklinde görülür. Büyük boyutlu lezyonlar daha çok heterojen yapıdadırlar. Yağlı karaciğer içerisindeki hemanjiyomlar çevreye göre hipoekoik görülebilirler. İçlerindeki kan akımı çok yavaş olduğu için Doppler US'de sinyal vermez.

US'de tesadüfen bulunan tipik hemanjiyom görünümünde ek bir diyagnostik yöntem uygulanmaz. Hasta izlenecekse, 3-6 aylık aralarla yapılan US ile lezyonların yaklaşık %82'sinin boyut değişikliği göstermediği izlenebilir. Ancak bilinen bir malignitesi olanlar, karaciğer fonksiyon testleri anormal olanlar, kliniği karaciğer lezyonunu düşündüren olgular ve US görünümü atipik olan olgularda diğer radyolojik tanı yöntemlerine başvurulur.

BT'de hemanjiyomlar düzgün kenarlı hipodens lezyonlar şeklindedir. Dev hemanjiyomlarda izodens veya hiperdens bir merkez ve kalsifikasyon görülebilir. Bolus şeklinde verilen kontrastla yapılan dinamik çalışmada arteriyel fazda periferinin nodüler tarzda erken kontrast tuttuğu ve venöz fazda boyanmanın merkeze doğru ilerlediği gözlenir. Sonuçta lezyon tümüyle boyanarak karaciğerle izodens hale gelir. İzodens hale gelme 3 dakikadan az, 60 dakikadan fazla sürede olmamalıdır. MR'de de benzer boyanma örneği izlenir (Resim 4.103). Hemanjiyomların yaklaşık %54-79'u bu kriterlere uyar. Küçük hemanjiyomlarda bu kural geçerli değildir; lezyon arteriyel ve venöz fazda homojen kontrast tutar.

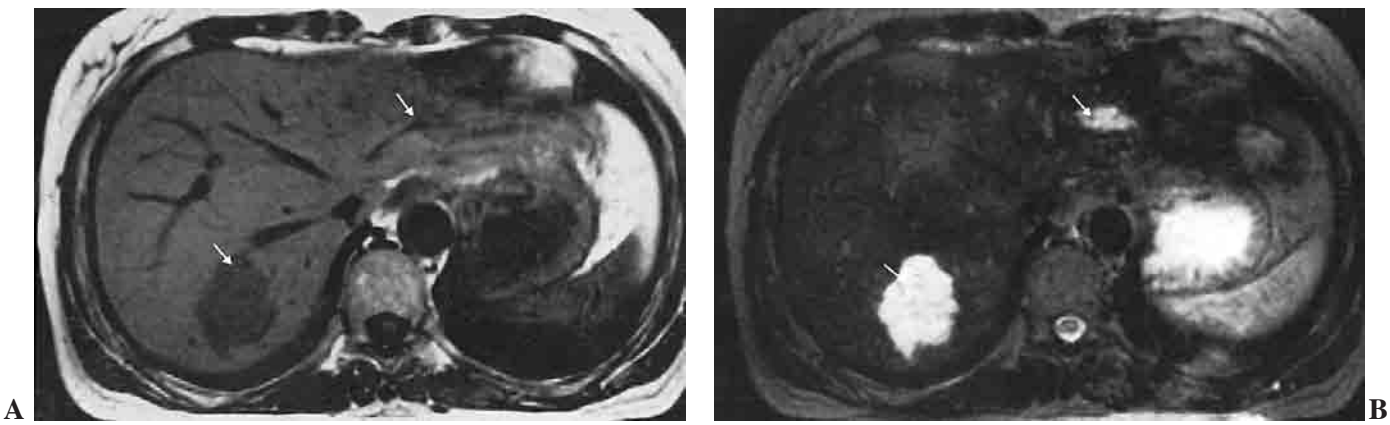
Hemanjiyomların MR görünümleri tipiktir. Lezyonların T2 değeri sıvıya benzer şekilde uzamıştır. T2 ağırlıklı sekansta TE süresi 100 msn'nin üzerine çıkarıldığında lezyonların sinyal intensitesi aynı kesitteki spinal kanalın BOS intensitesine eşit olur (Resim 4.104). TE değeri uzadıkça lezyonun intensitesinin artması hemanjiyom için tipiktir. Ağırlıklı T2A görüntülerindeki parlak görünümüne *ampul ("light bulb") işareti* adı verilir. Birlikte lezyonun homojen



Resim 4.103 Karaciğerde hemanjiyom. Dinamik MR çalışması. Sağ lobun posterior segmentinde subkapsüler lokalizasyondaki lezyonun çevreden merkeze doğru boyandığı görülüyor. Erken fazda dalakta normal heterojen kontrast tutulumu.

görünümü ve kenar keskinliği de tanıya yardım eder. Dev hemanjiyomların merkezlerindeki skar dokusu nonhomojen düşük sinyal intensitesinde olabilir. Malign lezyonların sinyal intensiteleri hemanjiyomlardan düşüktür. MR ile hemanjiyom/malign lezyon ayırımı %90'ı geçen bir doğruluk oranı ile saptanabilir. Bununla birlikte hipervasküler ve nekrotik metastazlar, basit karaciğer kistleri hemanjiyoma benzer şekilde T2'de belirgin hiperintens görülebilir. Kistlerin ayırıcı tanısı US ile yapılabilir.

Nadiren görülen atipik hemanjiyomların kontrast tutma şekli farklıdır. Arteriyel fazda belirgin bir kontrast tutulumu görülmez; venöz ve geç fazda ise merkezden perifere doğru kontrast tutulumu görülür.

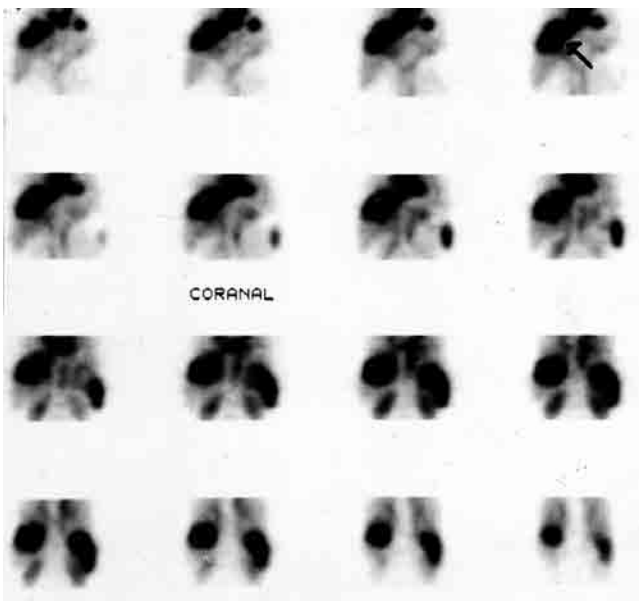


Resim 4.104 Karaciğer hemanjiyomunun MR görünümü (oklar). A. T1AG'de hipointens görülen yer kaplayan lezyonlar B. T2AG'de intensiteleri belirgin şekilde artiyor. Lezyonların intensitesi BOS intensitesine eşit.

Hemanjiyomlar kolloid sintigrafilerinde hipoaktif defektler şeklindedir. Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositlerle yapılan çalışmalarda arteriyel ve venöz fazlarda azalmış; gecikmiş "blood pool" çalışmalarında ise artmış aktivite alanları şeklinde görülürler. Boyutu 2.5 cm'den büyük lezyonlarda SPECT ile yöntemin duyarlılığı %95'i geçer (Resim 4.105).

Bu dört görüntüleme yönteminden ikisi ile hemanjiyomun karakteristik bulguları gösterilebilirse başka bir incelemeye gerek duyulmaz. Olguların çok az bir bölümünde kesin tanı konamaz. Bu olgularda perkütan biyopsi yapılır. Genellikle US kılavuzluğunda yapılan biyopside kanamada tampon görevi görmesi için lezyon ile kapsül arasında karaciğer parankimi kalmasına dikkat edilmeli ve kanama riskini azaltmak için 20 G veya daha ince iğneler kullanılmalıdır.

Hemanjiyomlarda radyolojik tanı algoritmi klinik duruma, lezyonun boyutu ve yerleşim yerine, eldeki tanı yöntemlerine ve radyoloğun deneyimine bağlı olarak değişir. Tesadüfen saptanan olgularda hiçbirşey yapılmaz veya tanının doğruluğunu göstermek için 3-6 ay aralarla US takibi önerilebilir. Semptomatik veya atipik olgularda ve ekstrahepatik malignitesi olanlarda US görünümünü doğrulayan ikinci bir yöntem sonucu, tanı için yeterlidir. 2.5 cm'den büyük lezyonlarda ikinci yöntem olarak Tc-99m eritrositlerle yapılan SPECT çalışması, 2.5 cm'den küçük lezyonlarda ise TE değeri 120 msn'den uzun tutulan T2A MR çalışması önerilir. Bu iki yöntemin bulunmadığı merkezlerde dinamik BT çalışması yapılabilir. Sonuçların kesin olmadığı olgularda biyopsi önerilir.



Resim 4.105 Karaciğer hemanjiyomu (Tc-99m-eritrosit ile abdominal SPECT çalışması). Ortasında muhtemelen skar dokusuna bağlı soğuk alan.

Fokal nodüler hiperplazi (FNH)

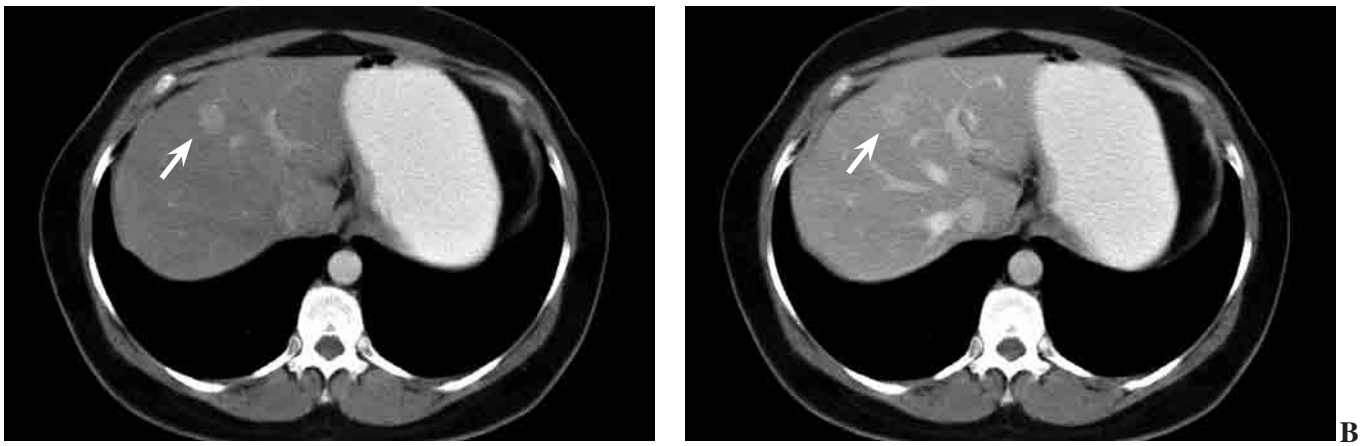
Karaciğerin 2. sıklıkta görülen benign tümörüdür. FNH'de lezyon, hepatositlerin, Kupffer hücrelerinin ve safra kanallarının kapsülsüz disorganizasyonundan ibarettir. Büyüklüğü 1-20 cm olabilir, %14 olguda lezyonlar birden fazladır; saplı olup ekzofitik de büyüyebilirler. Histopatolojik görünümleri inaktif siroza benzer. Merkezlerinde, kalın duvarlı kan damarları içeren *yıldız şeklindeki santral skar dokusu* patolojik spesmenlerde sık görülür. Lezyon merkezden kanlanır; kanlanma merkezden çevreye doğrudur (santrfugal). Hipervasküler lezyonlardır, tümörün kenarlarında drene eden geniş venler görülebilir. Santral skar görünümü FNH'den başka, adenom, hemanjiyom ve hepatosellüler karsinomda da bulunabilir; ancak bu lezyonlardaki skar dokusu kan damarları içermez ve radyolojik olarak çoğu zaman gösterilemez.

FNH genç kadınlarda sık görülür. Oral kontraseptif kullanımı ile ilişkisi ispatlanmamıştır, ancak birçok olguda ilaç alımı kesildiğinde lezyonların gerilediği gözlenmiştir. Olgular genellikle asemptomatiktir veya hafif karın ağrısı yakınmaları olabilir.

US'de belirli bir eko örneği yoktur. Lezyonların çoğu homojen izoekoik veya hipoekoiktir. Santral skar nadiren görülür. Doppler US'de genişlemiş afferent kan damarı, santrfugal dolum ile damarların araba tekerleği görünümü ve AV şantlar nedeniyle yüksek hızlı akım saptanabilir

BT'de, kontrastsız kesitlerde genellikle hafif hipodens görülürler. Kontrastlı kesitlerde kontrastın veriliş hızı ve kesitin alınma zamanına bağlı olarak farklı dansitede görülür. Bolus şeklinde verilen kontrastla arteriyel fazda güçlü bir boyanma ve kontrast maddenin kesilmesinden bir dakika sonra kontrast madde konsantrasyonunun hızla düşmesi FNH için tipiktir (Resim 4.106). Geç fazda kitle izodens görülürken santral skar dokusu hiperdenstir.

MR'de T1AG'de kitle hipo-/izointens, santral skar dokusu hipointens; T2AG'de kitle hiper-/izointens, merkezi skar dokusu hiperintenstir. Santraldaki skarı temsil eden yıldız görünümü olguların ancak %25-50'sinde gözlenmiştir. Kitle kapsülsüz olduğundan sınırları belirgin değildir. Kontrastlı MR incelemesinde kontrast tutulumu BT'de olduğu gibidir.



Resim 4.106 Fokal nodüler hiperplazi. Karaciğer içerisinde düzgün kenarlı kitle görünümü. A. Arteriyel fazda kontrast tutan lezyonun (ok), B. Portal venöz faz devam ederken hızla yıkandığı görülüyor (ok).

RG ayırıcı tanıda en değerli yöntemdir. Lezyonlar Kupffer hücreleri içerdiklerinden olguların %70'inde sülfür kolloid çalışmasında aktiviteleri ya normal ya da artmıştır. Böylece soğuk alan şeklinde görülen diğer yer kaplayan lezyonlardan ayrılabilirler. Artmış aktivitenin derecesi lezyonların Kupffer hücreleri miktarları ile ilgilidir. Aktivite tutmayan FNH'lerde neden nekroz olabilir.

Anjiyografide tümör genellikle hipervaskülerdir. Yoğun kapiller boyanma gösterir. Santralden beslenme lezyon için tipiktir, ancak sık görülmeyebilir.

Radyolojik tanı algoritminde, lezyon US ve BT ile saptandıktan sonra ikinci basamak RG olmalıdır. RG'de normal veya artmış aktivite saptanırsa FNH tanısı konur. Aktivite düşükse selektif anjiyografi yapılır. Anjiyografik görünüm karakteristikse tanı konur, değilse biyopsi yapılmalıdır. Malign değişim olmadığından cerrahi gereksizdir.

Hepatik adenom

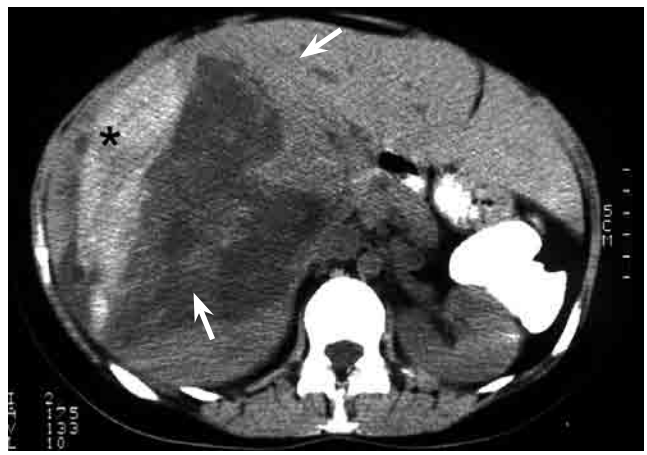
Hepatik adenom FNH'den daha az sıklıktadır. Kontraseptif kullanan genç kadınlarda görülür. Kontraseptif kullanımı kesildiğinde lezyonlar gerileyip kaybolabilir. Lezyonlar sadece hepatositlerden oluşur ve kapsüllüdür. Hepatositler bazen radyolojik olarak saptanabilen yoğun yağ içerir. 8-15 cm boyutlarında ve genellikle tektirler. Lezyonda bağ dokusu desteği zayıf olduğu için kanamaya yatkındırlar. Olguların çoğunda tümör içine kanama ve nekroz vardır. Malign değişim gösterebileceğinden çıkarılmalıdır.

US'de görünüm nonspesifiktir, genellikle heterojen eko örneği verir. Lezyon içerisindeki yağlı alanlar ve kanama alanları hiperekoik görülür.

Kontrastsız BT'de lezyonlar genellikle hipodenstir. Olguların yaklaşık yarısında görülen taze kan hepatik adenomu kuvvetle düşündüren bir bulgudur (Resim 4.107). Kontrastlı kesitlerde lezyonun vaskülaritesine ve nekrozun olup olmamasına göre kontrast tutma şekli değişiktir. Genellikle arteriyel fazda ve heterojen kontrast tutar.

MR'de diğer kitle lezyonlarından ayırabilecek sinyal özelliği yoktur; kanama ve yağlanma alanları ve kapsül, sinyal özellikleri ile ayırtedilir.

RG'de sülfür kolloid çalışmalarında Kupffer hücreleri olmadığı için, diğer kitle lezyonları gibi soğuk alan şekilde görülür. Safra sistemi sintigrafisinde kul-



Resim 4.107 Hepatik adenom. Karaciğer sağ lobunda kanamayla bulgu veren büyük hipodens kitle (oklar). Taze kan hiperdens görülüyor (*).

lanılan IDA deriveleri ile yapılan çalışmada aktivite tutulumuna karşın safra bağlantısı olmadığı için aktivitenin lezyonda uzun süre kalması ("washout"un olmaması) tipiktir.

Anjiyografide tümör hipervasküler dir. İçerisinde düzensiz hipovasküler alanlar vardır. Olguların çoğunda kanlanma FNH'nin tersine periferden merkeze doğrudur.

Radyolojik tanı algoritminde US görünümü lezyona has olmadığından olgular BT ile değerlendirilir. BT'de lezyon içinde kan görülmesi önemli bir tanı ölçütüdür. IDA deriveleri ile yapılan sintigrafik çalışmalar ayırıcı tanıyı sağlar. Tedavi yöntemi cerrahi olduğundan anjiyografi hem tanı koydurucudur, hem de cerrahi için vasküler anatomiyi gösterir.

Tanısında güçlük olan karaciğer kitle lezyonlarının radyolojik bulguları ayırıcı tanıda yararlı olacağı düşünülerek toplu olarak Tablo 4.3'de sunulmuştur. Yine de birçok olguda kesin tanı için US veya BT kılavuzluğunda perkütan iğne biyopsisine başvurmak gerekebilir.

Hepatoselüler karsinom

Hepatoselüler karsinom (hepatoma) özellikle Güneydoğu Asya, Sahra çölünün güneyindeki Afrika, Japonya, Yunanistan ve İtalya'da en sık görülen tümörlerden biridir. Karaciğerin en sık görülen primer tümörüdür. 5.-7. dekadlarla sıktır. Erkek-kadın oranı 5/1'dir. Batıda alkolik siroz predispozan faktördür. Diğer bölgelerde predispozan faktör kronik hepatit B ve C enfeksiyonudur. Gelişmiş ülkelerde bazı besinlerdeki mantar infeksiyonlarının metaboliti olan aflatoksin suçlanmıştır. İleri evreye kadar hastalar semptomsuz olabilir.

Hepatoselüler karsinomların yaklaşık yarısı soliter, %15-20'si multinodüler, %30-35'i ise difüzdür. Küçük lezyonlar solid tümör yapısındadır. Büyük kitlelerin yanında küçük satellit lezyonlar görülür. Lezyonlar büyüdükçe stromasındaki azlık nedeniyle kanama, nekroz ve fibroz gelişir. Özellikle büyük kitlelerde lezyon içerisinde yağlı metaplazi alanları saptanır. Olguların %24'ü fibröz bir kapsülle çevrelenmişlerdir. Asya kökenli hastalarda ve daha çok so-

Tablo 4.3 Tanıda zorluk oluşturan karaciğer lezyonlarında radyolojik bulgular

	US	BT	MR	RG	Algoritm
HEMANJİYOM	• Hiperekoik	• Hipodens • Tipik boyanma	• T2 (TE>120 msn) • Belirgin hiperintens	• Tc-99m-eritrosit: Önce defekt, sonra birikim	• Asemptomatik: US izleme (3-6 ay) • Semptomatik: US→>2.5 cm→RG US→<2.5 cm→MR/BT
FNH	• İzo/hipoekoik • %25-50 santral skar	• Hafif hipodens • Belirgin boyanma, hızlı düşüş (1 dk)	• İzo/hafif hiperintens	• Sülfür kolloid: %60-70 olguda hiperaktivite	• US ↘ RG→Anj.→ Biyopsi ↗ BT
HA	• Miks eko örneği • Heterojen	• Hipodens • %50 taze kan • Değişen kontrast tutulumu	• Özgül olmayan sinyal karakteristiği • Çevrede hipointens kapsül	• DISIDA: Hiperaktivite "washout" yok	• US ↘ RG → Anjiyo ↗ BT
RN	• 5-15 mm: kaba örnek • 5-15 cm: adenomatöz hiperplastik nodül	• İzodens psödokitle • Dinamik çalışmada hipodens halo	• T2AG'de hipointens • T1AG'de hiperintens • GRE'de daha belirgin	• Sülfür kolloid: Hiperaktivite	• US ↘ RG/MR→Biyopsi ↗ BT
YAĞLANMA	Hiperekoik	Hipodens	• SE: Sensitif değil • STIR ve kimyasal şift görüntülerle kesin tanı	Normal	US→BT→ RG/MR

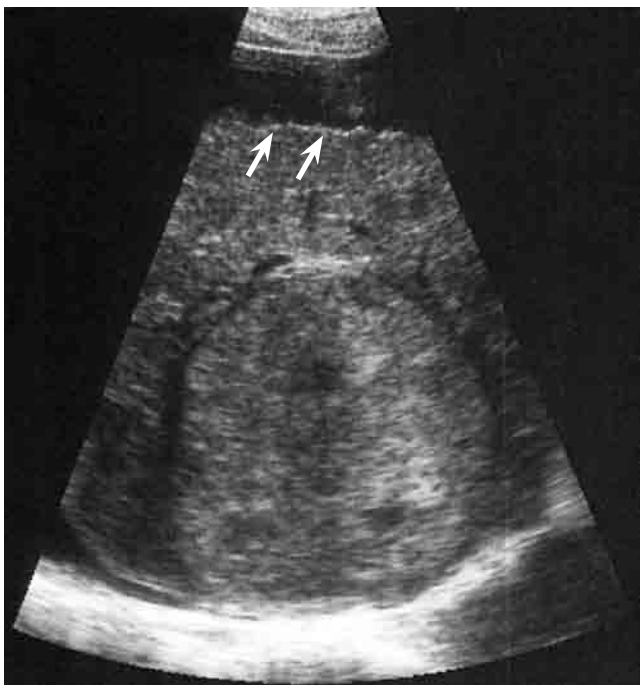
FNH: Fokal nodüler hiperpazi, HA: Hepatik adenom, RN: Rejenerasyon nodülü

liter lezyonlarda görülen kapsüllü tümörlerin prognozu daha iyidir. Olguların %10'nunda noktalı, benekli veya ince kalsifikasyonlar görülür. Hepatosellüler karsinomaların %30-60'ında, portal sisteme daha fazla olmak üzere, venöz invazyon gelişir.

US'de 5 cm'den küçük lezyonlar homojen hipoekoik görünümdedirler; büyüdükçe yağlanmaya bağlı olarak ekojenitesi artabilir. Büyük boyutlu lezyonlar ise nekroz ve fibroz nedeniyle heterojen yapıda eko örneği verir; hipoekoik görünüm baskındır. Çevre parankimden keskin bir sınırla ayrılır Kapsüllü olgularda kapsül hipoekoik görülür (Resim 4.108).

HCC'ler 5 kHz ve daha yüksek pik sistolik frekans şiftine sahiptir. Bu yüksek hızlı akım diğer lezyonlarda gözlenmez. Bu hızlı akımın nedeni muhtemelen tümör çevresindeki arterioportal şantlar ve tümör içerisindeki neovaskülarizasyondur. Benzer akım karakteristiği nadiren çok vasküler metastazlarda da gözlenebilir.

Kontrastsız BT'de kitleler genellikle hipodens görülürler. Bazen izodens görülebilir. Yağ içeren kesimler hipodenstir. Büyük tümörlerin farklı dansitedeki nodüllerden oluşan yapısına *mozaik görünümü* adı verilir. Bazı olgularda kanser hücrelerinin yoğun bakır tutması nedeniyle, tümör BT'de hiperdens, MR'de T1 değerinin kısalmasına bağlı olarak hiperintens görülür.



Resim 4.108 Hepatosellar karsinom. Karaciğer içerisinde düzgün kenarlı, kapsüllü izlenimi veren heterojen yapıda hafif hiperdens kitle. Karaciğer konturu düzensiz (oklar), peritonda assit görünümü. Karsinom sirotik zeminde gelişmiş.

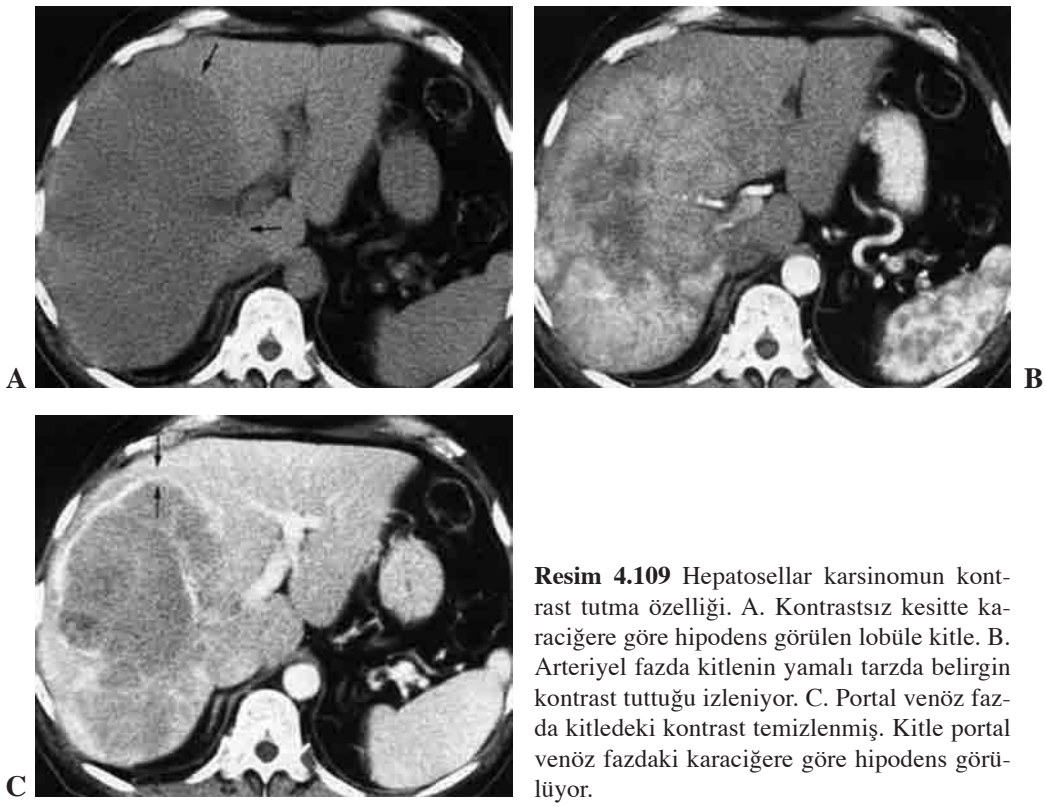
Kontrastlı kesitlerde boyanma özelliği değişkendir. Vasküler tümörler olduğundan dinamik çalışmalarda azami boyanma arteriyel fazdadır (Resim 4.109). Tümör içerisindeki arterioportal şantlar nedeniyle arteriyel fazda erken portal opasifikasyon veya tümöre komşu normal karaciğer parankimi içerisinde kama şeklinde erken kontrast tutulumu izlenir. Portal venöz fazda heterojen kontrast tutulumu olur, yer yer kontrastı az tutan kesimler vardır. Geç fazda tümör normal karaciğere göre hipodens görülür. Tümör kapsülü %90 olguda kontrast tutar. Damar içerisindeki tümör kitlesi de kontrast tutar ve Doppler US'de arteriyel akım örneğinde kanlanma görülür.

MR'de olguların yarısından çoğu hipointens, geriye kalan kısmı ise izointens veya hiperintensdir (Resim 4.110). T1AG'de tümörü, bir bölümünden fibröz kapsülün sorumlu olduğu, hipointens bir halka çevreler.

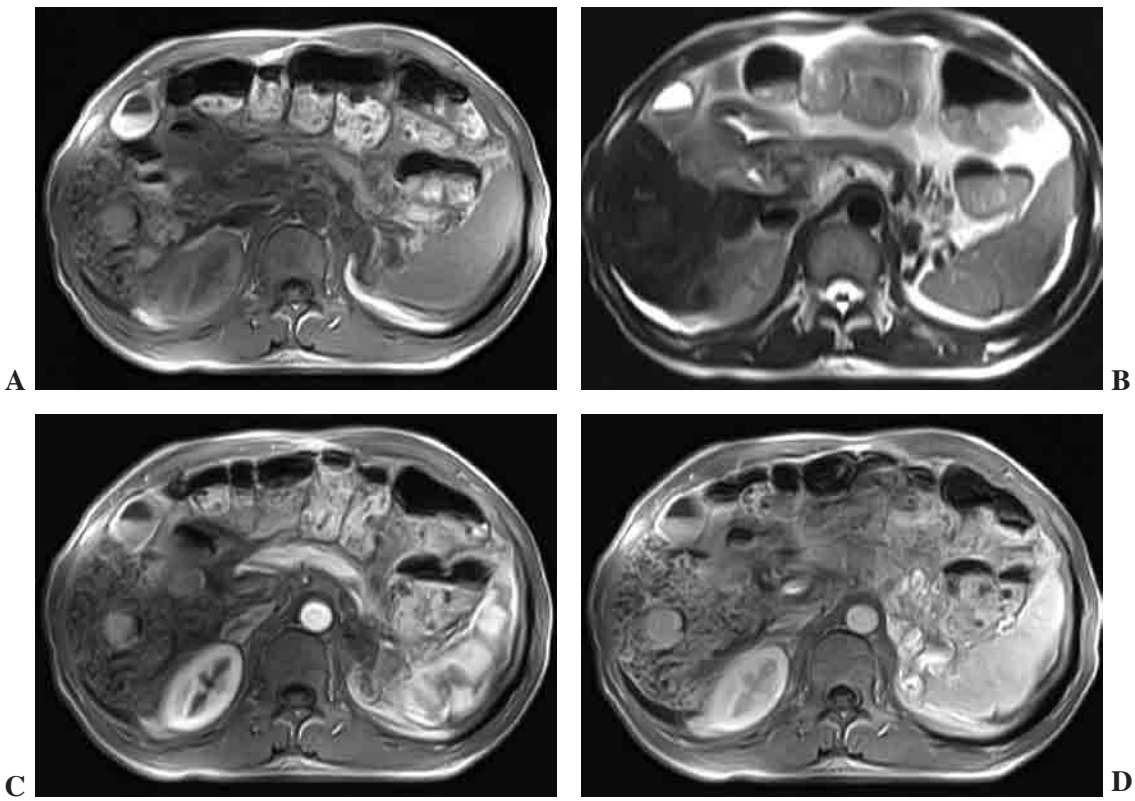
RG'de sülfür kolloid çalışmalarında oldukça büyük soliter bir defekt olarak görülür. Bazen birden çok olabilir. Dinamik çalışmada, arteriyel fazda artmış aktivite görünümü lezyonun vasküler yapıda olduğunu gösterir. Bazı durumlarda tümörün ortası masif nekroz nedeniyle avaskülerdir. Sülfür kolloid çalışmasında hipoaktif bir lezyonun Gallium çalışmasında hiperaktif olması hepatoselüler karsinom için karakteristiktir. Apse veya daha nadir olarak metastaz da benzer görünüm verebilir; fakat bu lezyonlar hipervasküler değildir. Sintigram bulguları artmış serum alfa fetoprotein değerleri, siroz veya toratrast gibi kanserojen madde kullanımı hikâyesi gibi predispozan bir faktör ile birlikte ise hepatoselüler karsinom olasılığı artar.

Fibrolameller hepatoselüler karsinom, hepatosellüler karsinomun bir alt grubudur. Adelosan ve genç yetişkinlerde görülür. Birlikte karaciğer hastalığı yoktur. Sıklıkla cerrahi olarak çıkarılabilir olan tümörün prognozu hepatoselüler karsinomdan çok iyidir. Tek ve büyük, santralinde fibrotik skar dokusu bulunan, lobüle ve sıklıkla kalsifiye, miks ekojenitede kitleler şeklinde görülür. BT'de dens görülen skar dokusu MR'de düzensiz hipointensite şeklinde izlenir.

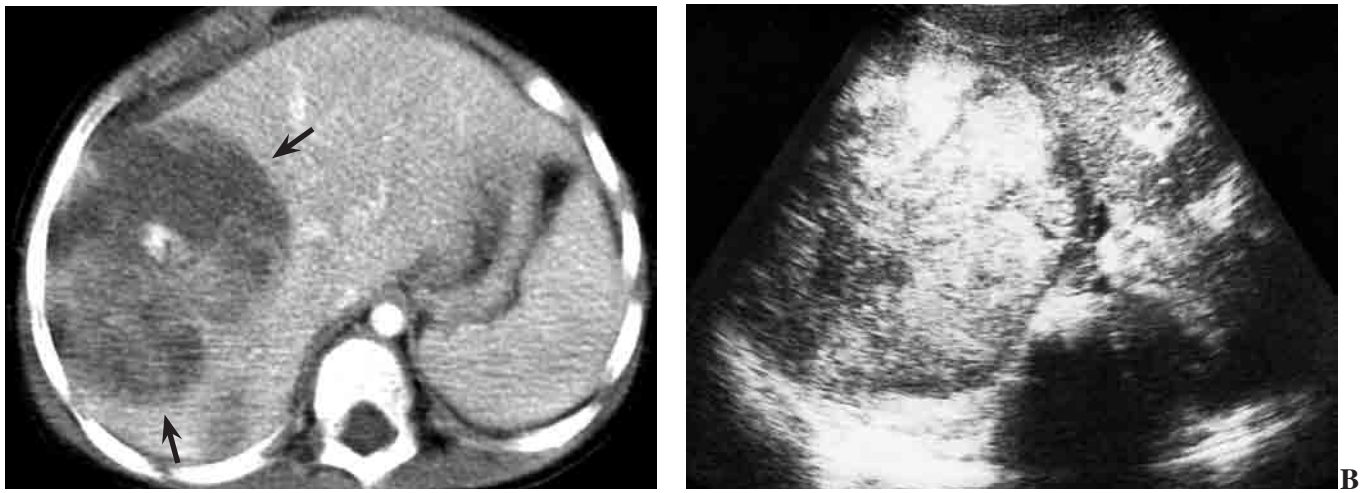
Hepatoblastom ise 5 yaşından küçüklerde görülen septasyon ve lobülasyonlu, kaba ve dens şekilde kal-



Resim 4.109 Hepatosellar karsinomun kontrast tutma özelliği. A. Kontrastsız kesitte karaciğere göre hipodens görülen lobüle kitle. B. Arteriyel fazda kitlenin yamalı tarzda belirgin kontrast tuttuğu izleniyor. C. Portal venöz fazda kitledeki kontrast temizlenmiş. Kitle portal venöz fazdaki karaciğere göre hipodens görülüyor.



Resim 4.110 Hepatosellar karsinomun MR görünümü. A. T1AG'de hafif hiperintens, B. T2AG'de karaciğere göre hafif hiper-izointens, C. Gadolinyumlu arteriyel faz, D. Gadolinyumlu venöz faz. Sirotik zeminde gelişen hepatosellar karsinomun arteriyel fazda belirgin kontrast tuttuğu, venöz fazda kontrastın azaldığı görülüyor. Karaciğerin kenarı düzensiz, parankim yapısı heterojen.



Resim 4.111 Hepatoblastom. A. Karaciğer sol lobunda heterojen yapıda, ortasında kalsifikasyon bulunan hipodens kitle (oklar). B. US görünümü. Hipoekoik bir halo ile çevrelenmiş. Düzgün kenarlı heterojen hiperekoik kitle.

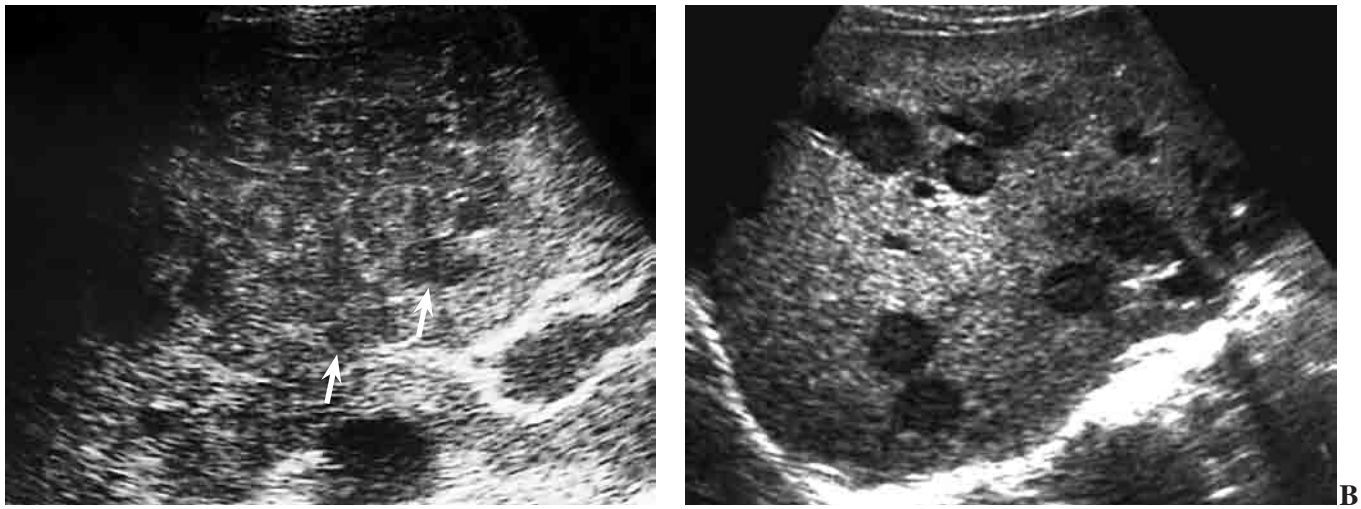
sifiye, US'de küçük anekoik veya hipoekoik alanlar içeren ekojen kitleler şeklindedir (Resim 4.111).

Metastaz

Bilinen bir malignitesi olan bir olguda birden fazla karaciğer lezyonu, hemanjiyom değilse metastazı temsil eder. Radyolojik yöntemlerle metastazların primerlerini söyleyebilmek olanaksız ise de bazı genellemeler yapılabilir.

US'de metastazlar hipoekoik, hiperekoik, *hedef ("target")* veya *boğa gözü ("bull's eye")* görünümünde, kalsifiye, kistik veya difüz şekillerde görülebilirler (Resim 4.112). Metastazların büyük çoğunluğu hipoekoiktir. Hipoekoik ince bir *halo* ile çevrelenmiş keskin kenarlı hipoekoik lezyonlar tipik metastaz görünümüdür. Hipoekoik lezyonlar genellikle hipovaskülerdir. İnce halo, çoğunlukla metastazlarda görülmekle birlikte primer karaciğer tümörlerinde de görülebilir. Nadiren benign lezyonlarda görüldüğü de bildirilmiştir. Radyolojik-histolojik karşılaştırmalı çalışmalar bu hipoekoik halkanın hızla büyüyen tümör kitlesi tarafından komprese edilmiş normal karaciğer dokusuna ait olduğunu göstermiştir. Daha az oranda da tümör fibrozunu veya vaskülarizasyonunu temsil eder. Hedef veya boğa gözü görünümündeki metastazların primeri genellikle akciğer kanserleridir.

Ekojenik metastazlar genellikle hipervaskülerdir.



Resim 4.112 Karaciğer metastazlarının US ve BT görünümleri. A. Difüz hipoekoik küçük nodüller (oklar). B. Hipoekojik nodül görünümleri.

Genellikle gastrointestinal ve genito üriner sistemden kaynaklanırlar. Renal hücreli karsinom, karsinoid, koriyokarsinoma, "islet" hücreli tümör, müsinöz karsinomların metastazları genellikle hiperekoiktir. Vasküler tümörler de hiperekoik metastaz yapar.

Kalsifiye metastazlar, belirgin ekojeniteleri ve akustik gölgeleri ile tanınırlar. En sık neden kolonun müsinöz adenokarsinomlarıdır. Endokrin pankreatik tümör, GİST, mide adenokarsinomu, nöroblastom, osteojenik sarkom, kondrosarkom, over kistadenokarsinomu ve teratokarsinom metastazlarında da kalsifikasyon görülebilir.

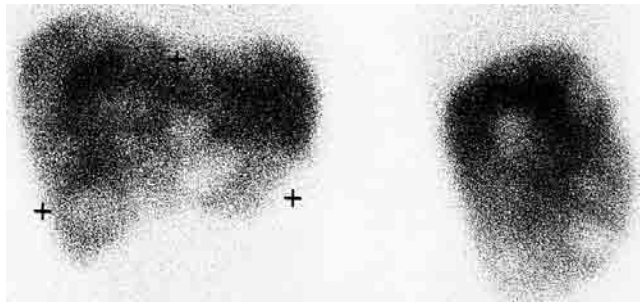
Kistik metastaz sık görülmez. Over ve pankreasın kistadenokarsinomu ve kolonun müsinöz karsinomu gibi primeri kistik olan tümörlerin metastazları da kistik olabilir. Sıklıkla sarkom metastazlarında görülen yaygın santral nekroz da kistik metastaz görünümünü taklit edebilir.

BT'de metastazlar genellikle hipodens görülür (Resim 4.113). Over ve kolonun müsinöz karsinomları, leiyomiyosarkom, akciğer kanseri ve karsinoid tümör metastazları nekrotik yapıdadır. Metastaz araştırması için kontrastsız ve kontrastlı BT yapılmalıdır. Kontrast bolus şeklinde verilmelidir. Hipervasküler metastazlar (renal hücreli karsinom, "islet" hücreli karsinom) erken arteriyel fazda boyanır ve 1-2 dakika içerisinde yoğunluk kaybederek izodens hale gelirler. Metastazlar vaskülarite dereceleri ile ilgili olarak portal venöz fazda; hipodens, izodens veya hiperdens görülebilirler.

MR'de metastaza özel bir sinyal karakteristiği yoktur. Bütün tümörler gibi T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görülürler. Metastazların 1/4'inde hipointens lezyonu çevreleyen hiperintens bir halo görünümü izlenir. Halo muhtemelen tümörün çevresindeki mikroskopik ödemi temsil eder. Lezyonların ortaları nekroza bağlı olarak hiperintens olursa bu görünüme hedef işareti adı verilir.



Resim 4.113 Karaciğer metastazlarının BT görünümü. Karaciğerde yaygın hipodens nodüller.



Resim 4.114 Tc-99m sülfür kolloid sintigrafisinde karaciğerde metastazlara ait çok sayıda soğuk alan.

Sintigrafide yüzeyel yerleşimli 1-2 cm, derin yerleşimli 2-3 cm boyutundaki lezyonlar saptanabilir. (Resim 4.114). SPECT ile derindeki daha küçük lezyonlar görülebilir, ancak günümüzde metastaz araştırmasında konvansiyonel sintigrafinin yeri yoktur.

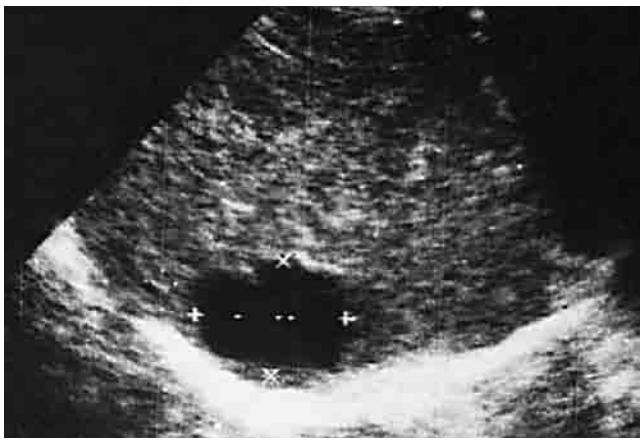
Doku tanısının gerekli olduğu olgularda genellikle US kılavuzluğunda perkütan biyopsi yapılır.

Karaciğer metastazlarının saptanmasında MR'den önce BT, duyarlılığı en yüksek noninvaziv radyolojik yöntem kabul edilirdi. MR'nin kliniğe girmesiyle bu konuda MR'nin daha duyarlı olduğunu gösteren birçok çalışma yapılmıştır. Karaciğerin diyafragma kubbesi altına yerleşen metastazlar MR ile daha iyi görüntülenir. Kaudat lob, sağ lobun ön üst kesimi ve şişman olgularda sağ lobun arka kesiminde yerleşen lezyonları US'de görmek zordur. Sol lobun alt kenarı ve safra kesesinin üstündeki lezyonlar ise BT'de gözden kaçabilir. Bir lezyonun US'de görülebilmesi için akustik özelliğinin çevreden farklı olması gerekir. Meme ve tiroid metastazları, bu farklılık belirgin olmadığından gözden kaçabilir.

Karaciğer metastazı araştırılmasına US ile başlanır. Lezyon görülmezse kontrastsız ve kontrastlı BT yapılır. BT'ye alternatif olarak MR uygulanabilir. Parsiyel hepatektomi planlanan olgularda ise hepatik anjiyografi yapılır. Günümüzde ÇKBT ile yapılan dolaşım fazlı çok hızlı görüntüleme, birçok olguda anjiyografinin yerini almıştır.

Basit kistler

Karaciğer kisti epitelle döşeli ve sıvı dolu bir boşluk olarak tanımlanır. Bu nedenle apseler, parazitik ve posttravmatik kistler gerçek kist değildirler.



Resim 4.115 Karaciğerde subkapsüler lokalizasyonda basit kist. Karaciğer konturunda kabarıklık oluşturmamış.

Karaciğerin basit kistleri, hemanjiyomlardan sonra ikinci sıklıkta görülen benign yer kaplayan lezyondur; popülasyonda % 5 oranında görülür. Bir veya bir kaç tane olabilirler. Büyük boyutlara erişebilir. Büyük olmasına rağmen karaciğer kapsülünde distorsiyon meydana getirmemesi hidatid kistten ayırıcı tanıda önemli bir özelliktir (Resim 4.115). Safra kanalları ile bağlantılı değillerdir.

Yetişkin tipi polikistik böbrek hastalığında da karaciğer içerisinde değişik büyüklükte kistler görülebilir. Hepatik polikistik hastalık, otozomal dominant polikistik hastalık spektrumunun bir parçasıdır ve bazen böbrekte kistik hastalık olmadan da görülebilir. İnfantil polikistik hastalıkta görülen karaciğer fibrozu bu olgularda görülmez.

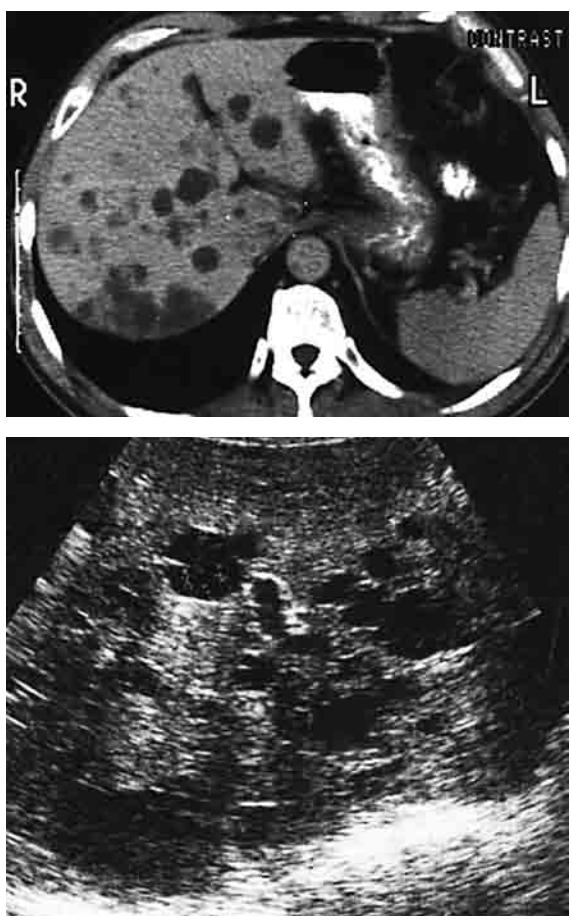
Tanı US ile konur. BT'de kistlerin yoğunluğu 0-15 HÜ olarak ölçülür. Septasız ve ince duvarlıdırlar (Resim 4.116). Kontrast tutmazlar.

Sintigrafide keskin kenarlı soğuk alanlar şeklinde görülür. Çok sayıda lezyon metastazla karışır. Ayırıcı tanı US ile yapılır. Tanıda sintigrafinin yeri yoktur.

Hidatid kistler

Hidatid kistlerin büyük bir bölümü (%60) karaciğerde yerleşir. Endemik bölgeler içerisine giren ülkemizde hastalık oldukça yaygındır. Hidatid hastalığın ekinokokkozis granulozus ve ekinokokkozis alveolaris adıyla bilinen ve birbirinden farklı US görünümleri olan, iki tipi vardır.

Granulozus tipi çok sık görülür. Germinatif tabaka ile çevrelenmiş bir veya birden fazla sayıda kist görünümündedir. Kist sıvısı içerisinde hastanın hareketi ile yer değiştiren ve *kaya kumu* denilen skolekslere ait küçük ekojen yapıların görülmesi tanı koydurur (Resim 4.117). Kistlerin değişik US görünümleri vardır

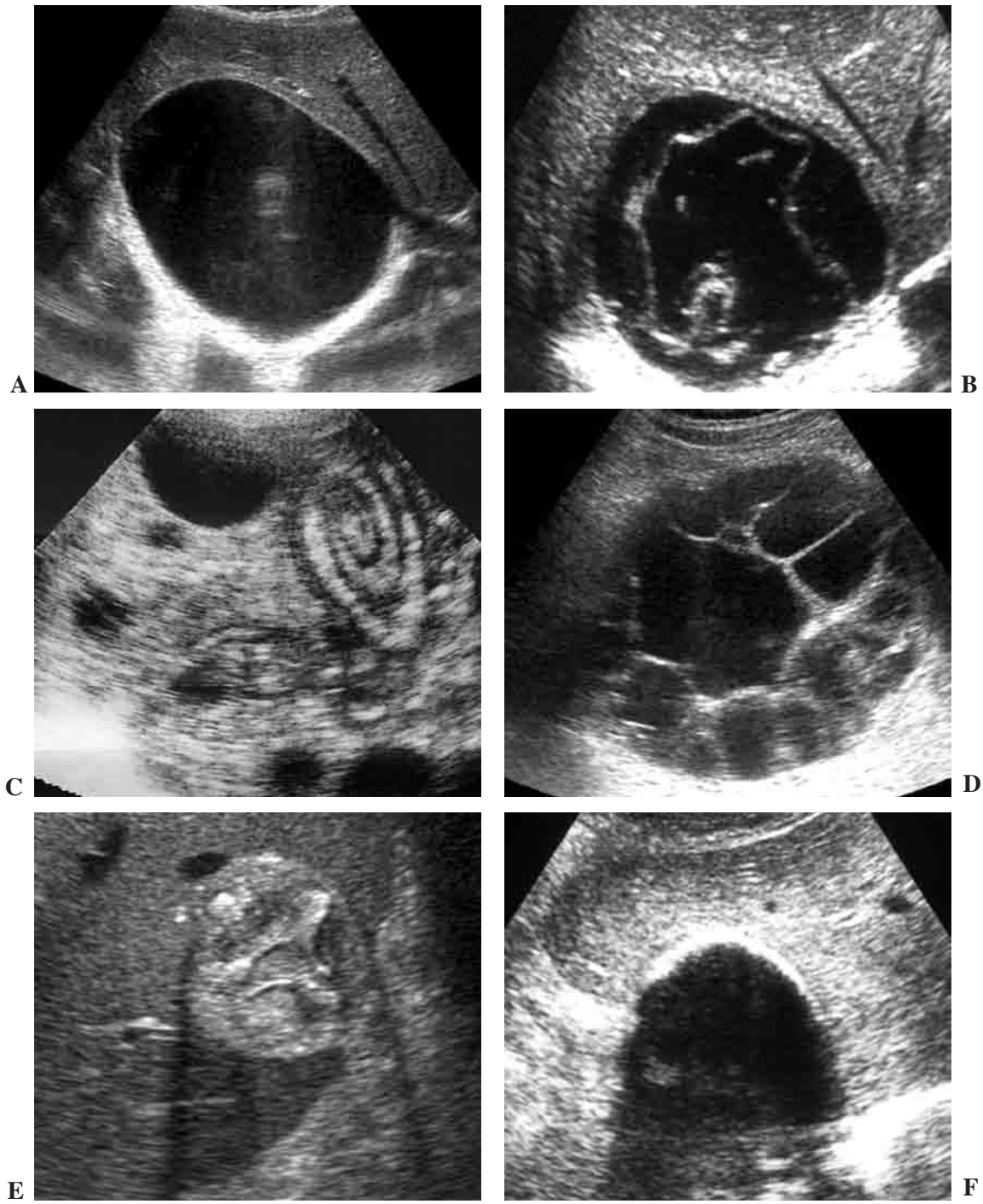


Resim 4.116 Karaciğerde çok sayıda basit kist, A. Kontrastsız BT kesiti, B. US görünümü.

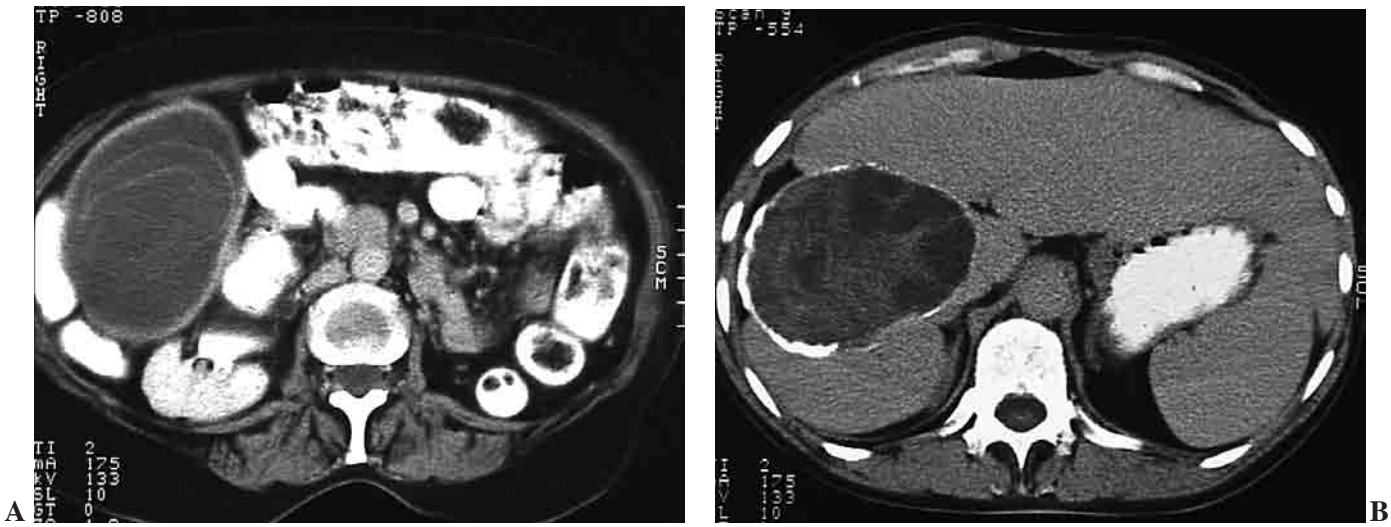


Resim 4.117 Hidatid kist. Hasta hareket ettirildiğinde kist tabanında birikmiş kaya kumu şeklindeki skolekslerin kist sıvısı içerisinde ekojen yapılar olarak dağıldıkları görülüyor.

(Resim 4.118). *Bal peteği görünümü* denilen şeklinde bir kapsül içerisinde çok sayıda kist görülür. Kistler arasında solid kesimler vardır. Araba tekerleği gibi görülen septalı şeklinde hiç solid kesim bulunmaz, kist duvarları birbirine bitişiktir. *Rozet formunda* ise ortada solid bir yapı çevrede rozet gibi toplanmış kistler görülür. Kistlerin arasında yine solid yapılar vardır. Hidatid kistin patognomonik bulgularından birisi de *US nilüfer çiçeği* işaretidir. Bu işaret, röntgende olduğu gibi yerinden kopmuş germinatif tabakanın kist sıvısı içerisindeki görünümüdür. Kist açılırsa hacim kaybına bağlı olarak germinatif tabaka kist içerisini bir *yumak*



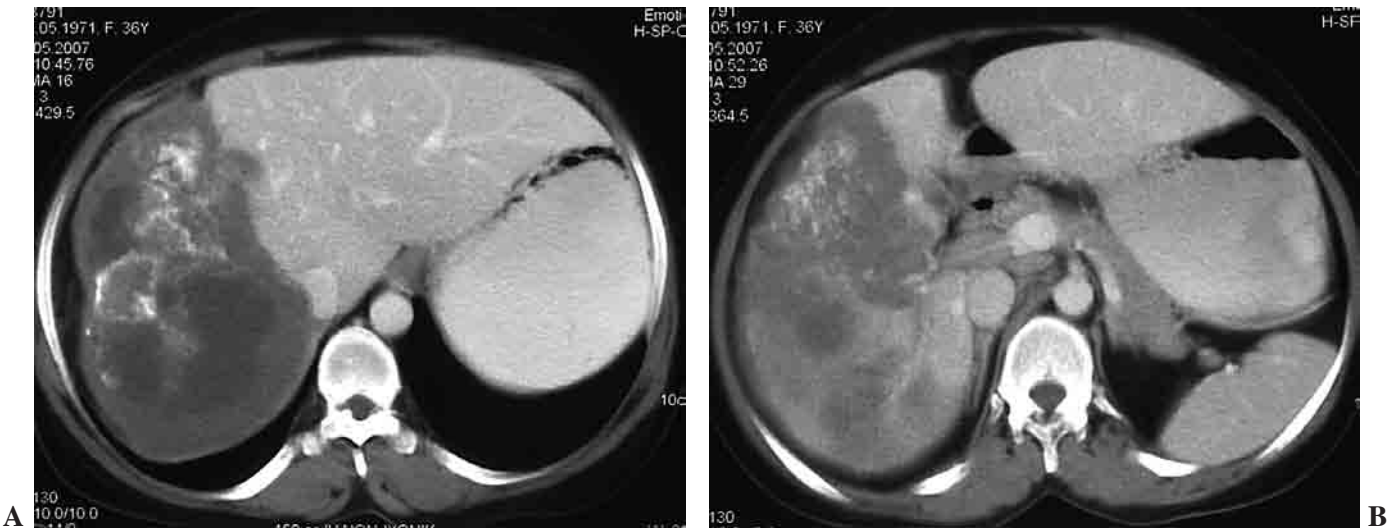
Resim 4.118 Hidatid kistin değişik US görünümleri. A. Basit kist görünümü. B. Ultrasonografik nilüfer çiçeği işareti. C. Açılmış hidatid kistte yumak görünümünü almış germinatif membran. D. Rozet görünümü. E. Solid kitle görünümü. F. Kalsifiye hidatid kistte yoğun akustik gölge.



Resim 4.119 Hidatid kistin BT görünümleri. A. Karaciğer alt kenarından dışarı doğru protrüze olmuş hidatid kist. Kist içerisinde kıvrımlı germinatif membranlar görülüyor. B. Ortasında solid bir bölümü olan rozet görünümü. Kist duvarı kalsifiye.

şeklinde doldurabilir. Kist duvarı kalsifiye olabilir. Bu genellikle ölü kistlerde görülen bir bulgudur. Enfekte kistler solid yer kaplayan bir lezyon şeklinde görülerek tanıda zorluğa neden olabilirler. US'de tanımlanan bu bulgular BT ve MR kesitlerinde de görülür (Resim 4.119).

Alveoler ekinokokkozis (E. Multilokülaris) ise sınırları belirgin olmayan infiltratif bir lezyon şeklindedir. Çevreye ve özellikle hilusa yayılmaya meyillidir. En sık solid heterojen yapıda, düzensiz ve belirsiz sınırlı, nodüler ve infiltratif bir lezyon şeklinde görülürler. Buna *dolu fırtınası* görünümü adı verilir. *Psödokistik* düzensiz nekrotik alanlar şeklinde de görülebilir. Kistik zonlar içeren ekojenik alanlara ise *jeografik harita görünümü* denir. Kalsifikasyon, safra dilatasyon ve hiler tutulma olguların yaklaşık yarısından fazlasında vardır. Hiler tutulum alveolar ekinokok tanısında önemli bir özelliktir. BT'de içlerinde kalsifikasyonlar bulunan difüz hipodens kitle şeklinde görülürler (Resim 4.120).



Resim 4.120 Alveoler tip hidatid kistin BT görünümleri. Kontrastlı BT kesitlerinde düzensiz kenarlı, kontrast tutmayan kitle görünümü. A. Kitlenin heterojen yapıda olduğu görülüyor. İçerisinde yer yer kalsifik odaklar mevcut. B. Kitlenin porta hepatise uzandığı görülüyor.

Apse

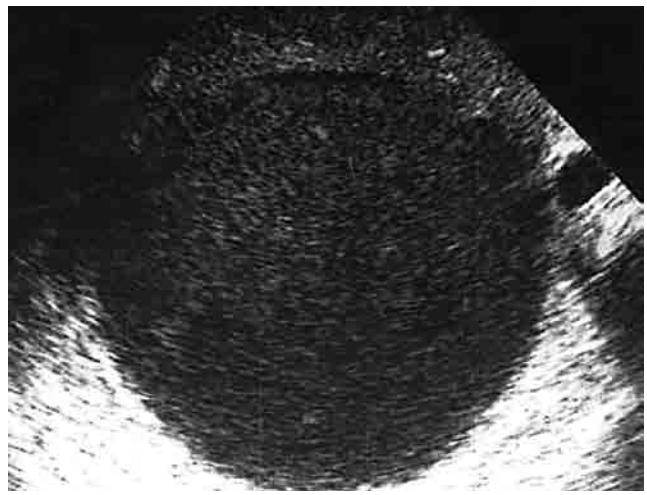
İltihap dolu boşluklardır. Piyojenik apseler ve amip apseleri olarak ikiye ayrılır. Fungal apseler daha çok birden fazla küçük odaklar şeklinde görülür.

Piyojenik apselerin US görünümü evreye göre değişir. Erken evrede kenarı düzensiz küçük hipoekoik lezyonlar şeklindedir (Resim 4.121). Çevrelerinde, zamanla birleşen daha küçük apse odakları bulunur. Zamanla kenarı daha düzgün hale gelir. Genel bir kural olarak apse ne kadar eski ise duvarı o kadar belirgindir ve daha çok kiste benzer. Apse içerisinde gaz görülmesi patognomonik bir bulgudur. Genellikle 6-10 cm çapında, tek lezyonlardır. Sık olmamakla birlikte birden fazla olabilir. Yuvarlak veya oval şekillidir. Kenarları lobule ve düzensiz olabilir. Sağ lobda daha çok yerleşir. Amip apselerinin periferik yerleşimine karşın daha santral yerleşmeye meyillidir. Kapsül çevresinde hipoekoik bir halka vardır. İyice gelişmiş apsede ince veya kalın hiperekoik bir duvar görülür. İç yapısı başlangıçta izoekoiktir, apse geliştikçe hipoekoik olur. İçerisinde nekroze dokuyu temsil eden küçük ekojen yapılar vardır. Apselerde görülen arka duvar yankılanması, kistlerde görülen kadar belirgin değildir.

Amip apseleri ise daha çok sağ lobda karaciğer kapsülüne dayanacak şekilde periferik yerleşimdedirler. Yuvarlak veya oval şekillidir. İçleri ince, homojen, düşük eko örneği veren bir materyalle doludur (Resim 4.122). Duvar ekosunun olmaması önemli bir özelliğidir. Amib apselerinde subdiyafragmatik alana ve akciğere yayılım tipiktir. Çocuklarda görülen piyojenik apseler daima immün yetersizlikle birliktedir. Bu nedenle çocukta saptanan bir karaciğer apsesi, aksi ispat edilinceye kadar amip apsesi olarak kabul edilmelidir. Tanı serolojik olarak ve metronidazole tedavisine cevap vermesi ile doğrulanır.



Resim 4.121 Karaciğer içerisinde henüz olgunlaşmamış heterojen hipoekojik yapıda sınırları iyi seçilemeyen piyojenik apseye ait görünüm (*).

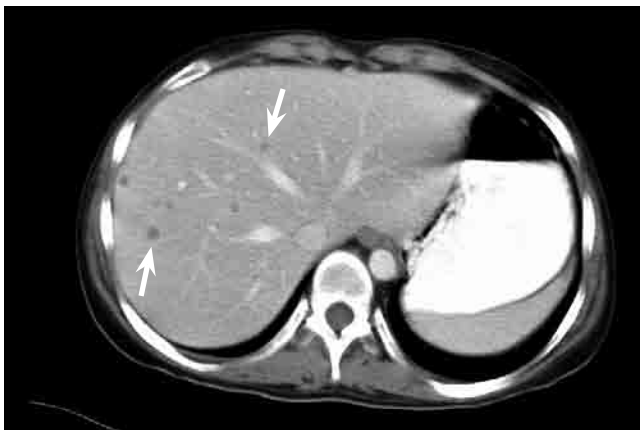


Resim 4.122 Karaciğerde amip apsesi. US'de homojen ince granüler iç yapısı ve duvar görünümünün olmaması tipik US özelliği.

BT'de erken evrede kenarları belirgin olmayan hafif hipodens bir alan şeklinde görülür. Zaman geçtikçe bu bölgenin yoğunluğu gittikçe düşerek su yoğunluğuna eşitlenir ve kenarları belirginleşir. Kontrastlı kesitlerde erken fazda parçalı kontrast tutulumu vardır. Daha sonra merkezdeki nekroze hipodens alan kontrast tutmaz (Resim 4.123). Apse olgunlaşınca bu alanın çevresinde, inflamasyona ait hipodens bir halkanın çevrelediği kontrast tutan ince bir hiperdens kapsül formasyonu izlenir.



Resim 4.123 Karaciğer sol lobunda ortasında nekroz alanları bulunan apse oluşumu.



Resim 4.124 Fungal mikroapseler, BT görünümü. Karaciğerde birden çok küçük hipodens lezyonlar (oklar).

Piyojenik apseler perkütan boşaltılabilir, amib apselerinde zorunlu kalınmadıkça perkütan drenaj yapılması önerilmez.

Fungal apseler en sık immün sistemi baskılanmış hastalarda görülür. Etken mikroorganizma genellikle candida albicans'tır. Daha az oranda aspergillus ve criptococcus etkendir. Tipik BT görünümü çok sayıda küçük ve dağınık yerleşimi hipodens lezyonlar şeklindedir (Resim 4.124). Bu görünüm özgül değildir; metastaz lenfoma sarkoidoz gibi diğer patolojilerde de görülebilir.

Travma

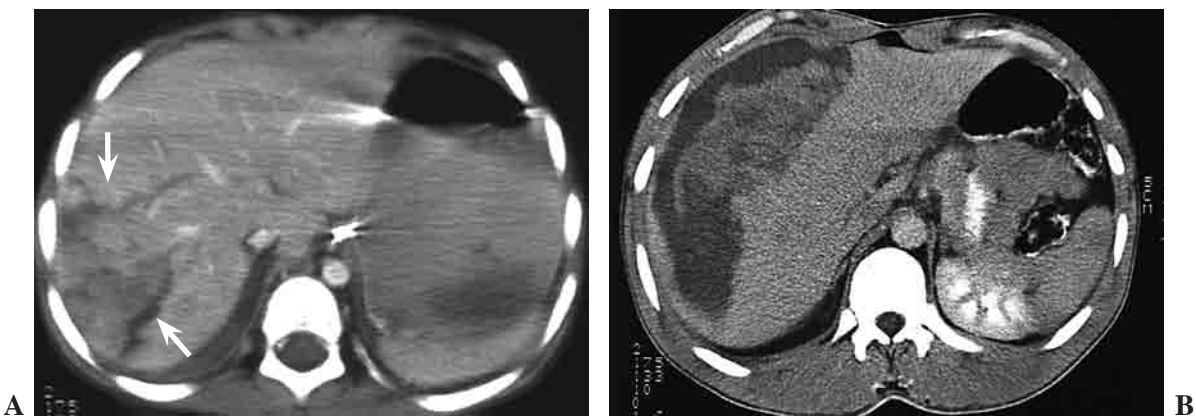
Künt hepatik travmalarda hasta şokta ve anstabil olmadıkça yaklaşım daha çok konservatiftir. Hemodinamik olarak stabil olgularda lezyon BT ile saptanır; US ile izlenir. Künt abdominal travmalarda karaciğerin en çok sağ lobunun posterior kesimi yaralanır. En sık görülen yaralanma şekli damarlara paralel seyreden laserasyondur. Subkapsüler yerleşimde veya parankim içinde hematomlar da görülür. Şiddetli olgularda iki viseral yüzey arasında uzanan geniş laserasyon (fraktür) çizgisi görülebilir.

BT'de laserasyon, dallanabilen hipodens çizgiler şeklinde görülür. Yeni hemoraji hipodens, yeni hematom ise hiperdenstir (Resim 4.125). Hematom zamanla hipodens olur. Subkapsüler hematom, kapsül altında keskin kenarlı hipodens bir alan şeklindedir. Lezyon kronikleştikçe yoğunluğu düşer.

US'de taze kanama (< 24 saat) ekojeniktir. İlk hafta içinde devitalize dokunun rezorbe olması ve araya interstisyel sıvının dolması nedeniyle laserasyonun ekojenitesi düşerek daha belirgin hale gelir. Subkapsüler hematomlar geç evrede hipoekoik veya anekoik görülür. 2-3 hafta sonra sıvının gittikçe rezorbe olması ve gelişen granülasyon dokusu nedeniyle lezyon yavaş yavaş küçülür ve kaybolur.

Nekroz, safra psödokisti, psödoanevrizma, arteriyovenöz ve arteriyoportal fistül ve intraperitoneal kanama travmanın diğer bulgularıdır.

Sintigrafide hepatik laserasyon ve hematom hipoaktif alanlar şeklindedir. Sintigrafide görülen defekt genellikle parankimal hasardan daha küçüktür. Karaciğer hematomlarının temizlenmesi sintigrafik olarak izlenebilir. İyileşme fazında, dinamik çalışmalarda, hematomun periferinde reaktif hiperemiye bağlı olduğu sanılan artmış aktivite çemberi vardır. İyileşme genellikle üç-dört ay sürer.



A **B**

Resim 4.125 Travma. A. Sağ lobda kontüzyon ve hipodens laserasyon çizgileri görülüyor (oklar). B. Sağ lobda subkapsüler hematom. Heterojen yapıda hipodens görünüm.

Karaciğerde radyolojik tanı algoritmi

Karaciğerin incelenmesinde ilk yöntem US'dir. Günümüzde US karnından yakınması olan her olguda ilk radyolojik yöntem olarak kullanılmaktadır. Bir organa ait bir tarama yapılsa bile karının diğer kesimlerine de bakıldığı için asemptomatik birçok lezyon görüntülenir. US ile tanı konamayan veya başka lezyon olasılığı bulunan olgularda diğer kesit görüntüleme yöntemlerine baş vurulur. Bu nedenle US son yöntem değildir.

Karaciğerin temel kesit görüntüleme yöntemi BT'dir. Özellikle ÇKBT'nin kliniğe girmesi ile MR'nin multiplanar görüntü alma üstünlüğü dengelenmiştir. Doku kontrastının inceleme şekline göre değişmemesi ve x-ışınından gelen geniş bir bilgi birikimi BT'nin klinikteki yerini güçlendiren ögelerdir.

Hızlı sekansların görüntü kalitesinin yükselmesi MR'nin klinik kullanımını kolaylaştırmıştır. MR, yumuşak doku çözümleme gücünün üstünlüğü ile karaciğerde hemen her zaman BT'nin yaptığını ve daha fazlasını başarabilir. Hepatositler ve RES hücreleri tarafından tutulan kontrast maddelerin kullanılması ile kitle lezyonları karakterize edilebilir. Bilgi birikimindeki eksiklik ve yöntemin soruna göre değişen çok farklı uygulamaları MR'nin klinik kullanımını sınırlayan nedenlerdir. BT doku farklılığı gözetmeden karındaki her yapı aynı fizik kurala göre görüntüler, MR'de ise her organ ve patoloji için farklı sekans kullanmak gerekebilir. Örneğin BT ile karaciğer ve kontrasta dolu bağırsaklar aynı emniyetle incelenirken, karaciğer için yapılan bir MR incelemesinde bağırsaklardan o kadar emin olunamaz. Lenf nodllarının gösterilmesinde de BT, MR'den üstündür.

Karaciğer kitlelerinin tanısında radyolojinin görevi diğer bölgelerde olduğu gibi lezyonu saptamak, sayısını, segmental yerleşimini ve çevre invazyonunu belirlemek ve karakterize etmektir. Saptanan lezyonun boyutu, çevre ile oluşturduğu kontrast ve inceleme yönteminin çözümleme gücü ile ilgilidir. Bir modaliteye göre çevresi ile yeterli kontrast oluşturmayan lezyon o modalite ile saptanamazken, diğer modalite ile saptanabilir. Lezyonların kontrastı ile saptanabilecek boyut arasında yakın ilişki vardır. Kontrast azaldıkça lezyonun görülebilmesi için boyutunun daha büyük olması gerekir.

Karaciğer kitlelerini saptamada en duyarlı yöntemin MR olduğu bildirilmektedir. ÇKBT ile yapılan dolaşım fazlı çalışmaların sonuçları bu açıdan MR'nin sonuçları ile karşılaştırılabilir. Saptanan bir lezyonun ikinci aşamada ne olduğu söylenmeye çalışılır. Önce lezyonun benign-malign ayırımı yapılır. Malign lezyonlar genellikle US'de hipoekoik görülürler. Karaciğer kitle lezyonlarında maligniteyi düşündüren en önemli US bulgusu çevrelerindeki hipoekoik halodur. Hipoekoik halonun malignitedeki pozitif kestirim değeri %86, negatif kestirim değeri ise %88'ler civarındadır. Doppler US ile saptanan lezyonun damarlanma şekli de ayırıcı tanıya katkı sağlar.

SAFRA SİSTEMİ

Anatomi

Safra sistemi karaciğer lobüllerindeki safra kanallarından başlar; koledokun duodenuma açıldığı Vater papillasında sonlanır. Karaciğer içerisindeki safra kanallarına intrahepatik safra kanalları denir. Normal intrahepatik safra kanalları US'de ve helikal BT'de bazen görülürler. Normal safra kanallarının çapı eşlik ettiği portal ven çapının %40'ını geçmemelidir; ortalama çapları karaciğerin merkezinde 2 mm'yi, çevresinde ise 1.8 mm'yi geçmez. İntrahepatik safra yolları, eşlik eden portal ven dallarının önlerinde seyrederler. Anatomik çalışmalar bu yerleşimin hastadan hastaya değişebileceğini göstermiştir.

İntrahepatik safra yolları porta hepatise doğru birleşerek sağ ve sol hepatik kanalları yaparlar. Sol hepatik kanal daha öndedir ve yatan hastalarda yapılan kontrast kolanjiyografide üstte kaldığı için dolmayabilir; dolmaması obstrüksiyon olarak kabul edilmemelidir. Bu iki kanalın birleşmesiyle ortak hepatik kanal (duktus hepatikus) oluşur. Ortak hepatik kanal yaklaşık 2.5-3 cm uzunluğunda ve 0.6 cm genişliğindedir. Safra kesesinden gelen sistik kanalla (duktus sistikus) birleşerek, ortak safra kanalını (duktus koledokus) yapar.

Ortak safra kanalı portal venin önünde, hepatik arterin sağında seyreder. Porta hepatisten hepatoduodenal ligamentin serbest sağ kenarı boyunca aşağıya doğru ilerleyerek duodenumun proksimal kesiminin arkasından geçer; pankreas başı ile duodenum arasındaki olukta İVK'nın hemen önünde seyreder ve distal ucu incelerek Vater papillasında sonlanır. Ortak hepatik kanal %80 olguda parasagittal kesitlerde sağ hepatik arter ve portal venin önünde görülür. Doppler US ile vasküler yapılar/safra kanalı ayırımı kolayca yapılabilir.

Ortak safra kanalının hepatoduodenal ligament içindeki seyri sabittir. Proksimalde portal venin dışın-

da ve önünde seyreder. Hepatik arter ise bu bölümde portal venin önünde ve içindedir. Distale doğru ilerledikçe ortak safra kanalı arkaya doğru ilerleyerek duodenumun arkasından pankreas başının arkasına girer. Portal ven ve hepatik arter ise önde kalır.

Ortak safra kanalının duodenumun ilk kesiminin arkasında kalan kesimine II. parça, proksimalindekine I., distalindekine de III. parça denir. Duodenuma protrüze olan geniş kesimine Vater ampullası adı verilir; %60 olguda bu kesime pankreasın ana kanalı (Wirsung) da açılır. Bu oluşumun duodenum içerisindeki kabartısına Vater papillası adı verilir.

Ortak safra kanalı yaklaşık 7.5 cm uzunluğunda ve 6 mm çapındadır. Normal olguların % 95'inde röntgenogramlarda çapı 2-10 mm arasında değişir ve 11-12 mm'yi geçtiğinde koledok genişlemesinden bahsedilebilir. Röntgende geniş görülmesinin nedeni kontrast maddenin yaptığı dilatasyon ve magnifikasyondur. Yaşlanmaya bağlı olarak elastik doku dejenerasyonu gelişeceğinden yaşlılarda da hafif geniş görülebilir. Kolesistektomi sonucu kanalın genişlediği tezi tartışmalıdır. Ortak safra kanalı ile hepatik arter ayırımı zor olabilir; renkli Doppler ile bu ayırım kolaydır.

Safra kesesi karaciğerin alt-iç kesiminde bulunur. Kesenin boynu sağ ve sol loblar arasındaki fissürde oturur. US'de bu fissür sağ portal venin devamı şeklindedir. Bu görünümün bilinmesi görülemeyen kesenin yerleşim yerini saptamak açısından önemlidir.

Safra kesesi normalde en çok 35 cm^2'lik bir alanı kaplayan genellikle ovoid şekilli bir organdır. Alkolik ve diyabetiklerde olduğu gibi obstrüksiyona bağlı olmayan genişlemelerde bu şeklini korur. Normalde kesenin ön-arka çapı 2- 4 cmdir; bu değerin altındakiler kontrakte, üstündekiler dilate kese olarak kabul edilir. Ovoid şeklini kaybederek sferik bir şekil almış kese, boyutuna bakılmaksızın obstürksiyonu düşündürür.

Safra kesesinin duvar kalınlığı 2-3 mm'dir. Alt tarafı fundus, ortası korpus adını alır. Safra kesesi ortak hepatik kanala duktus sistikus ile bağlanır. Duktus sistikus yaklaşık 3-3.7 cm uzunluğundadır. Çapı duktus hepatikusun yarısı kadardır. Safra kesesinin boynuna doğru spiral darlıklar başlar. Sistik kanalın bu bölümüne valvüler parça adı verilir. Kesenin boynunda da sistik kanala doğru spiral valvler bulunur. Valvler arasındaki boşluklara Hartman cepleri adı verilir.

Safra kesesinin görevi safrayı konsantre ve depo etmektir. Konsantrasyon işlemi sonucu safradaki bilirubin oranı 20 kez, kolesterol, safra tuzları ve kalsiyum oranı ise 5-10 kez artar. Boşalma mekanizması tam olarak bilinmez. Büyük olasılıkla kese ve Oddi sfinkteri uyumlu bir şekilde N. vagus ile innerve edilir. Vagus stimulasyonu ile kese kasılırken, Oddi sfinkteri gevşer ve safra duodenuma boşalır. Kesenin boşalmasında hormonal etki de söz konusudur. Duodenuma geçen mide içeriği (özellikle yağ ve yağ asitleri) bağırsak mukozasında kolesistokinin sentezine ve dolaşıma verilmesine neden olur. Kolesistokinin de kesenin kontraksiyonunu sağlar.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

US

Safra sisteminin temel inceleme yöntemi US'dir. İnceleme aç karnına yapılır; 8 saatlik açlık yeterlidir. Yeterli açlığa rağmen çapı 2 cm'den küçük keseler anormal olarak kontrakte kabul edilir. Normal safra ekosu anekoik sıvı görünümündedir. Bazı keseler kendi üzerine katlanırlar veya kese içerisinde belirgin septasyonlar görülür. Bu keseler taş yönünden daha dikkatle değerlendirilmelidir.

İnceleme 3.5-5.0 mHz'lik problarla yapılır. İnterkostal ve subkostal yaklaşımlarla çalışılır. Hasta sol posterior oblik pozisyondadır. Fundus kesimi gaz süperpozisyonları nedeniyle yanılgılara neden olacağından dikkatle incelenmelidir. Gerekirse hasta ayağa kaldırılarak çalışılır. Ekstrahepatik safra yollarının proksimal kısmı hasta sol posterior oblik pozisyonda yatarken parasagital kesitlerle, distali ise sağ posterior oblik pozisyonda otururken transvers kesitlerle daha iyi incelenir.

BT

Cerrahi ve medikal tip sarılıkların ayırıcı tanısında BT'nin doğruluk oranı US'ye yaklaşır. Bu amaçla önce US yapılır. US bulgularının kesin olmadığı, kitleden şüphelenilen, ortak safra kanalının distalinin gaz nedeniyle görülemediği, segmental obstrüksiyon bulunan olgularda BT yapılır. Sklerozan kolanjit ve siroz, BT'deki yalancı negatif sonuç nedenidir. Genişlemiş safra kanalların yoğunluğu eşlik eden portal dallardan daha düşüktür. Kontrastlı kesitlerde kanalları portal dallardan ayırmak daha kolaylaşır.

Safra kesesinin incelenmesinde BT'nin ana endikasyonu safra sistemden çıkan tümörlerin saptanması ve evrelenmesidir. Kese duvarı normalde de kontrast madde tutabilir.

MR

MR, safra sisteminin morfolojisini diğer kesit görüntü yöntemlerinde olduğu gibi gösterir. Ortak safra kanalı, içindeki safranın T2AG'de hiperintens görülmesi nedeniyle olguların yaklaşık yarısında seçilebilir. Normal intrahepatik safra kanalları görülmez.

Günümüzde MR'nin safra sistemindeki asıl işlevi MR-kolanjiyopankreatografidir (MRCP). Yöntemde üst karın bölgesinin yağ baskılamalı, ağırlıklı T2A görüntüler alınır. İnce veya kalın kolimasyonla çalışılabilir. Kolanjiyografik görüntüler koronal düzlemde, ortak safra kanalı ve pankreatik kanal aksiyal düzlemde görüntülenir. Toplanan verilerden MİP yöntemi ile 2B veya 3B görüntüler elde edilir.

Ağırlıklı T2A görüntülerden yapılan reformasyonlarla safra sistemin yüksek çözümlemeli hiperintens görüntüleri elde edilir. Hipointens zemin üzerinde parlayan safra sistemin görüntüsü kontrast kolanjiyografilere çok benzer. Safra yolları içerisindeki taşlar dolma defekti şeklinde görülür (Resim 4.126). Yöntemin duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluk oranları ERCP ile karşılaştırılabilir ve %90'dan yüksektir. Kontrast maddenin enjeksiyonun basıncının yaptığı genişleme olmadığı için, MRCP kanal genişliklerini ERCP'den daha doğru olarak gösterir.

Yöntem ERCP'nin alternatifidir. Noninvaziv olması, ucuzluğu, radyasyon olmaması, anesteziye ihtiyaç duyulmaması, US gibi yapana bağlı olmaması, obstrüksiyonun proksimalindeki kesimi çok iyi göstermesi, birlikte kesit görüntüler alınarak çevre yapılardaki patolojilerin de gösterilmesi gibi üstünlükleri vardır. Buna karşılık periferdeki küçük dalları gösterememesi, fizyolojik durumu yansıttığı için kanalların genişliğinin yeterli olmaması ve girişimsel işlemlerin yapılamaması yöntemin ERCP'ye göre zayıf yönleridir.



Resim 4.126 MRCP Ortak safra kanalının distal ucunda taşa bağlı tipik hilal görünümü (ok). Safra yolları genişlemiş.

Bağırsaktan kaynaklanabilecek istenmeyen sinyalleri engellemek için en az 3 saat açlık gerekir. Pankreas hastalığı araştırılan olgularda, kanalları daha iyi görebilmek için kanallarda geçici genişleme yapan sekretin İV olarak verilir.

RG

Radyofarmasötik olarak Tc-99m ile işaretli iminodiasetik asit deriveleri kullanılır. Bunlardan ikisi, Tc-99m-disofenin ve Tc-99m-mebrofenin, kullanılır. İV enjeksiyonu takiben farmasötiğin %85'i hepatositler tarafından alınır; geriye kalan kısmı böbrekler tarafından hızla atılır. İminodiasetik asit deriveleri safra sistemde bilirubine benzer şekilde işlem görür. Safra kanallardaki aktivite, enjeksiyondan yaklaşık beş dakika sonra yeterli seviyeye çıkar. Normal bir şahısta safra kesesi, safra kanalı ve duodenum 30 ile 40 dakika içerisinde görülebilir. Kandaki bilirubin seviyesi 20-25 mg/100 ml'ye çıkana kadar safra sistemi sintigrafi ile görüntülenebilir.

Hasta sırtüstü yatarken ön-arka projeksiyonda çalışılır. İncelemeden en aşağı iki saat önce hasta hiçbir şey yiyip içmemelidir. Boşaltma yemeği veya kolesistokininden sonra kesenin boyutunun küçülmesi hesaplanır. Radyofarmasötiğin İV enjeksiyondan sonra, beş dakika aralarla bir saat süresince görüntüler elde edilir. Safra sistemin veya bağırsağın görülmediği durumlarda 3-5 hatta 24 saat sonra geç sintigramlar elde edilebilir.

Safra sintigrafisi intrahepatik (fonksiyonel) kolestazı, ekstrahepatik (mekanik) kolestazdan ayırmada yararlı bir yöntemdir. Hepatosellüler hastalıkta karaciğerin farmasötiği tutulumu azalmıştır. Üriner sistemle atılan miktar artar. Bağırsakta aktivitenin görülme zamanı normal olabilir veya gecikmiştir (24 saat kadar). Safra yollarında genişleme yoktur.

Ekstrahepatik obstrüksiyon kısmi veya tam olabilir. Kısmi obstrüksiyonda safra kanalları genişlemiştir ve radyonüklidin bağırsakta görülme süresi bir saatten fazla gecikmiştir. 24 saat sonra bile sindirim kanalında aktivitenin görülmemesi tam bir ekstrahepatik obstrüksiyonu gösterir. Nadir olarak, çok ilerlemiş hepatosellüler hastalık benzer bulgu verebilir.

Bağırsakta aktivitenin görülme zamanı araştırılarak safra by-pass şantlarının normal çalışıp çalışmadığı kontrol edilebilir. Safra kaçakları geç sintigramlarda (1-4 saat sonra) ekstralüminal aktivite alanları olarak saptanırlar. Ekstrahepatik koledok kistlerinde kist içerisinde aktivite tutulumu görülür. İntrahepatik konjenital kistik hastalıkta (Caroli hastalığı) kistik alanlara uyan fokal artmış aktivite alanları görülebilir.

Röntgen

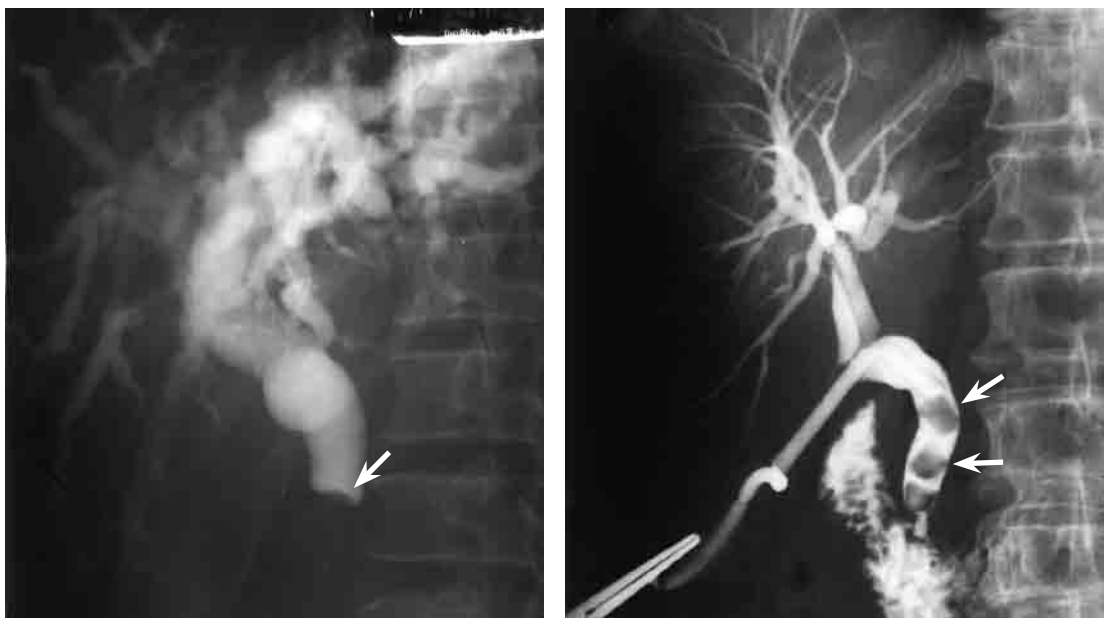
Safra sisteminin incelenmesinde düz röntgenogramlar tanı yöntemi olarak kullanılmaz; bununla birlikte gaz ve opak taşlar en basit ve hızlı şekilde düz karın röntgenogramlarında görülür. Oral kolesistografi ve İV kolesistoanjiyografi günümüzde terkedilmiştir. Ortak safra kanalı röntgenolojik olarak günümüzde operatif kolanjiyografi, T-tüp kolanjiyografi, PTK ve ERKP ile incelenir.

Operatif ve postoperatif kolanjiyografi: Operatif kolanjiyografi ameliyat sırasında yapılır. Ya ameliyatın başlangıcında duktus sistikusa sokulan bir kateterden veya ameliyatın sonunda karın kapatılmadan koledoka konan T-tüp içerisinden opak madde verilir. Postoperatif kolanjiyografi ise T-tüp alınmadan önce (postoperatif 7.-10. gün) koledokun durumunu ve opak ilacın bağırsağa akışını göstermek amacıyla yapılır. Her iki yöntemde de opak madde olarak düşük konsantrasyonlu iyot solüsyonları kullanılır.

Operatif ve T-tüp kolanjiyografinin amacı operasyondan önce ve sonra kanalın morfolojisini ve pasajını araştırmaktır. Yapılan incelemede kanalın çapı, opak maddenin duodenuma akışındaki kolaylık ve varsa obstrüksiyon nedeni araştırılmalıdır. Koledok kanalının çapı %95 olguda 2-10 mm'dir, 11-12 mm ve daha yukarısı genişlemiş olarak kabul edilir. US'ye göre ortak safra kanalının genişliğinin normal üst sınırının fazla olması verilen kontrast maddenin basıncına ve magnifikasyona bağlıdır.

Ortak safra kanalının intramural parçası ve 5 mm proksimalinde duvarında kas tabakası vardır. Bu kesim dardır ve en iyi T-tüp kolanjiyografide, az miktarda kontrast madde ile gösterilebilir. Operatif ve postoperatif kolanjiyografilerde verilen opak madde serbestçe duodenuma akmalıdır. Distal uç dar olarak görülmeli, dolma defekti olmamalıdır.

Taş düzgün kenarlı, konveksitesi yukarı bakan bir dolma defekti yapar (Resim 4.127). Tümörde kanalın distal ucu düzensizdir (Resim 4.128). Bu düzensiz sonlanma, pankreas başı karsinomunda Vater ampullası kanserlerinden daha yukarıdadır. Kronik pankreatitte distal uçta sıçan kuyruğu gibi daralma görülür. Koledokta tam obstrüksiyon oluşturmayan taşlar da bulunabilir. Ortak safra kanalında kalmış olan taşlar T-tüp aracılığı ile çıkarılabilir.



Resim 4.127 Perkütan ve T-tüp kolanjiyografiler. A. Koledok distalinde taşa bağlı düzgün kenarlı defekt (ok) ve proksimalindeki safra yollarında belirgin genişleme (PTK). B. Koledokda fasetli taşlar (oklar) (T-tüp kolanjiyografi).



Resim 4.128 Pankreas başı kanserinde PTK. İntrahepatik ve ekstrahepatik safra yollarında belirgin genişleme ve koledok distal ucunda tipik sonlanma.

Perkütan transhepatik kolanjiyografi (PTK): Günümüzde tanı amacıyla kullanımı terkedilmiştir; safra sisteminin girişimlerine kılavuzluk amacıyla yapılır.

Endoskopik retrograd koledoko-pankreatografi (ERKP): Safra sistem için PTK'nın alternatifidir. Ortak safra kanalının distaline yerleşen taşlar çıkarılabilir. Pankreas kanalları kontrast madde ile incelenebilir. Fiberoptik endoskopla duodenumun ikinci bölümüne kadar televizyon kontrolu altında girilerek, Vater papillası kanüle edilir ve opak madde verilir. Önemli bilgiler vermesine karşın hasta için rahatsız edici ve uygulaması güç bir yöntemdir. Hastalarda incelemeden sonra geçici olarak abdominal rahatsızlıklar görülür ve kan amilaz düzeyleri yükselir.

SAFRA YOLLARI

Safra yolları kesit görüntüleme yöntemleri ile incelenir. US her zaman ilk ve temel yöntemdir. Sorunun çözülemediği durumlarda BT'ye başvurulur. MRKP safra yollarını kontrast kolanjiyografi gibi yüksek çözümleme ile gösterir. Kontrast kolanjiyografiler, operasyon ve girişimlerde yapılır.

Safra yollarında genişleme

Safra yollarının US incelemesinde obstrüksiyonun olup olmadığı, varsa seviyesi ve nedeni saptanmaya çalışılır. Cevaplanamayan sorunların hangi yöntemle cevaplanabileceği de bildirilmelidir.

Obstrüksiyonun saptanması: Obstrüksiyonda safra yolları distalden proksimale doğru genişlediğinden ekstrahepatik kanalların dilatasyonu intrahepatik kanalların dilatasyonundan önce görülür (Resim 4.129). Obstrüktif sarılığı olan bir olguda yalnız başına ekstrahepatik dilatasyon görülebilir. Bu nedenle bazılarınca, ortak safra kanal çapı, safra obstrüksiyon tanısında en duyarlı ölçüt kabul edilir. Ortak safra ka-



A



B

Resim 4.129 Genişlemiş ortak safra kanalının US görünümleri. A. Transvers pankreas kesitinde, pankreas başında genişlemiş ortak safra kanalının aksiyal kesiti (ok). B. Genişlemiş ortak safra kanalının uzunlamasına görünümü. Genişlemenin, distaldeki taşın (ok) obstrüksiyonuna bağlı olduğu anlaşılıyor.

nalının çapının 8 mm'yi geçmesi safra obstrüksiyonu gösterir; 6-7 mm şüpheli, daha küçük ölçümler ise normal kabul edilir.

Ekstrahepatik safra yollarının yalnız başına veya intrahepatik safra yolları ile birlikte genişlemesi sarılığın cerrahi tipte olduğunu gösterir. US ile medikal-cerrahi sarılık ayırımı %90'ı geçen bir doğruluk oranı ile saptanabilir.

Safra kanallarında genişleme olmasına rağmen sarılığın görülmemesine *anikterik dilatasyon* adı verilir. Anikterik dilatasyon nedenleri şunlardır:

1. Yaşlılığa bağlı ortak safra kanalı genişlemesi.
2. Daha önce obstrüksiyon geçirmiş olgularda sekel.
3. Postkolesistektomili olgular (tartışmalı).
4. Tam olmayan bir obstrüksiyon.
5. Sadece bir hepatik kanalın tıkalı olması.
6. Tam bir obstrüksiyon olmasına rağmen sarılığın ortaya çıkması için yeterli zamanın geçmemesi (nadir).
7. Geçici çap değişiklikleri.

Yaşlılarda ortak safra kanalının genişliği 10-12 mm'ye kadar çıkabilir. İntrahepatik kanal genişleme yoksa bu değerler normal kabul edilmelidir. Yaşlı şahıslardaki bu genişleme ortak safra kanalının elastik dokusunun dejenerasyonuna bağlanmıştır. Preoperatif olarak ortak safra kanal genişliği normal olan, kolesistektomi geçirmiş olgulardaki genişleme, klinik ve radyolojik olarak değerlendirilmelidir. Obstrüksiyon sonucu genişlemiş kanal, neden ortadan kalktıktan sonra normal haline gelemez. Dolayısıyla, karşılaştırılacak röntgenogramlar olmadıkça, postoperatif olarak kanalın geniş görülmesi obstrüksiyonu göstermez. Preoperatif kayıtlar yoksa kanal genişliğini yorumlamak için alkalen fosfataz değerlerine bakılmalı ve kanalın olası çap değişikliktleri seri US incelemeleri ile takip edilmelidir. Tam olmayan veya aralıklı tekrarlayan bir obstrüksiyon gibi yeni bir olay saptanamazsa bu genişlik sekel kabul edilmelidir. Anikterik dilatasyonlarda US incelemesi ve serum alkalen fosfataz seviyesi, obstrüksiyonu gösterme bakımından serum bilirübin seviyesinden daha duyarlıdır.

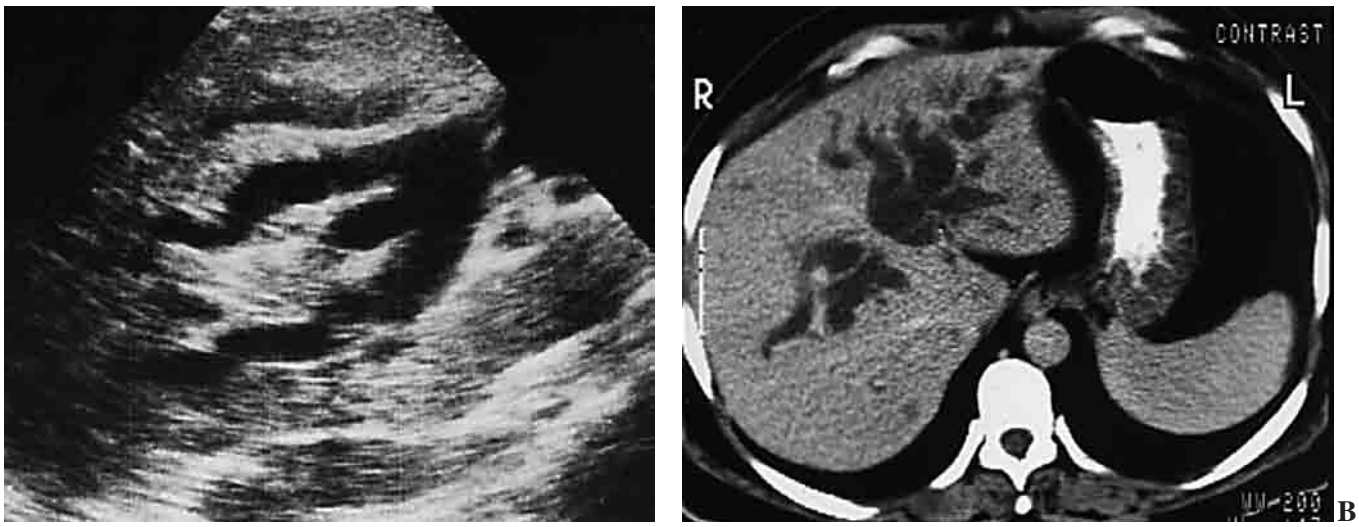
Anikterik dilatasyonun tersi de olabilir. Obtrüktif sarılıklı bir olguda ekstrahepatik ve intrahepatik safra yolları genişlemeyebilir. Böyle olgularda öncelikle kolanjit, tam olmayan obstrüksiyon ve taşa bağlı aralıklı obstrüksiyon düşünülmelidir.

Ortak safra kanalının boyutu sınırda veya asemptomatik olarak genişse, kanal normal genişlikte olmakla birlikte obstrüksiyonu gösterir klinik ve laboratuar veriler varsa veya taş gibi bir nedenin aralıklı tıkanma yaptığı düşünülüyorsa hastaya boşaltma yemeği vererek kanalın dinamiğinin incelenmesi sorunun çözümüne yardım eder. Normal olgularda boşaltma yemeğinden sonra, boyutu normal olan kanalın boyutu değişmez veya azalır; normalden geniş kanalın çapı ise azalır. Anormal olgularda başlangıçta normal veya hafif geniş olan kanalın çapı boşaltma yemeğinden sonra artar. Boşaltma yemeğinden sonra çapı 2 mm ve daha fazla artan kanalda parsiyel obstrüksiyon olasılığı yüksektir.

Ekstrahepatik safra kanalları geçici olarak belirgin çap değişikliği gösterebilir. Genişleme ve daralma şeklindeki bu çap değişikliği dakikalar veya saatler içerisinde görülebilir. Bu nedenle klinikle uyumsuz kanal genişliklerinde bu olasılığı ekarte etmek için inceleme tekrar edilmelidir. Ameliyattan sonra postkolesistektomi sendromu gelişen hastalarda kanalın çapı artmamışsa semptomlar koledok obstrüksiyonuna bağlı değildir.

Ekstrahepatik safra obstrüksiyonu sonucu intrahepatik safra kanalları da genişler. Genişlemiş safra kanalları portal ven dallarına eşlik eden, genişlemiş düzensiz kenarlı, kıvrımlı kanallar şeklindedirler. Porta hepatise doğru koverjans gösterirler. Belirgin genişlemiş kanalların arkasında arka duvar yankılanması görülebilir. Genişlemiş safra kanallarının porta dalları ile oluşturduğu ikiliye *paralel kanal işareti* veya *çifte işareti* adı verilir. Genişlemiş kanalların porta dalları ile birlikte karaciğer içerisinde oluşturduğu kalabalık görünüme de *çok fazla kanal işareti* adı verilir (Resim 4.130).

İntrahepatik safra kanallarının geniş olması aktif obstrüksiyonu gösterir. Yaklaşık %23 olguda obstrüksiyon olmasına rağmen kanallar genişlemeyebilir. Bu nedenle intrahepatik safra yolları genişlemesinin obstrüksiyon tanısındaki duyarlılığı düşüktür. Yalancı negatif sonuçlar genellikle distaldeki obstrüksiyonlarda, ekstrahepatik kanallarda genişleme olmasına rağmen intrahepatik kanalların genişlememesine bağlıdır. Yalancı negatif sonucun diğer bir nedeni de segmental safra obstrüksiyon ve bunun gözden kaçırılmasıdır. Böyle olgularda dikkatli bir inceleme ile obstrüksiyonun proksimalindeki genişlemiş kanallar gösterilebilir.



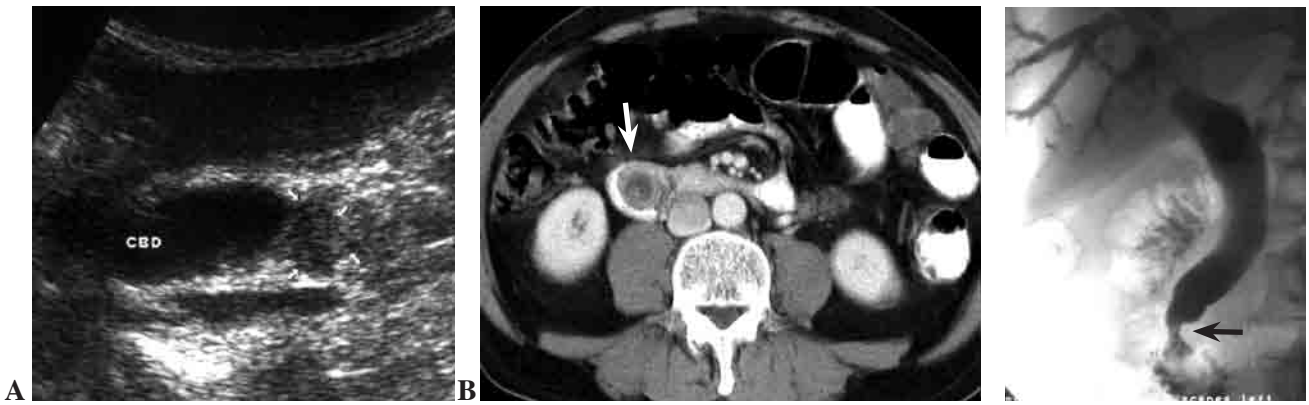
Resim 4.130 Genişlemiş intrahepatik safra kanalları. A. US, B. BT görünümü. BT görünümünde her iki lobdaki intrahepatik safra kanallarının ortada birleşemediği görülüyor. Klatskin tümörü.

Obstrüksiyonun seviyesi ve nedeninin saptanması: Obstrüksiyon ortak safra kanalının ya intrapankreatik kesiminde (III. parça), ya suprapankreatik kesiminde (II. parça) ya da porta hepatis seviyesindedir (I. parça). US ile obstrüksiyon seviyesi olguların %92'sinde, nedeni ise %71'inde doğru olarak saptanabilir.

Safra obstrüksiyonunun en sık görüldüğü yer distal kesimdir. Böyle olgularda ekstrahepatik kanallar dilatedir; intrahepatikler obstrüksiyon şiddeti ve süresine göre genişlemiş veya normal olabilirler. Distal obstrüksiyonların en sık nedeni tümör, taş ve inflamatuar darlıktır.

Pankreas başındaki 1 cm'den büyük kitleler saptanabilir. Obstrüksiyonun seviyesine göre pankreatik kanal genişlemiş olabilir. Adenopati veya metastaz gibi eşlik eden bulgular olmadıkça pankreas başı kanseri fokal pankreatitden ayrılamaz. Ortak safra kanalının distalini tutan küçük karsinomalar pankreas başından çıkabileceği gibi, duodenum, duodenal papilla veya distal kanaldan da çıkabilir. Erken dönemde ayırım yapılamayacağı için bu tümörler *periampuller karsinom* başlığı altında gruplandırılır (Resim 4.131). Pankreatik kanal dilatasyonu olduğu halde erken evrede tümör saptanamayabilir. Böyle olgularda dikkatli bir US incelemesi ile intraluminal kitle veya kanalın ani sonlanması gösterilebilir.

Distal obstrüksiyonun diğer nedeni taştır. Yetiş-



Resim 4.131 Periampüller karsinom. A. US'de ortak safra kanalında belirgin genişleme, distal uçta hipoekoik kitle (oklar). B. BT görünümü. Genişlemiş kanalın distal ucunu tıkayan hipodens tümöral kitle (ok). C. PTK görünümü. Distal ucu düzensiz bir şekilde daraltan tümöral kitle (ok). Proksimalde ortak safra kanalının ve intrahepatik safra kanallarının genişlediği görülüyor.

kinlerdeki obstrüktif sarılıkların yaklaşık % 20'sinin nedenidir. Safra kesesi taşları ile birlikte bulunur; ancak %1-3 olguda birlikte safra taşı saptanmaz. US'nin kanal taşlarını saptamadaki duyarlılığı %20-80 arasında değişir. Değerler arasındaki bu fark, yöntemin yapana bağlı olmasına, incelemede ek manevraların kullanılmamasına ve kullanılan aygıtların arasındaki çözümleme farklılıklarına bağlı olabilir. Boşaltma yemeğinden sonra ve diz-dirsek veya Trendelenburg pozisyonlarında incelemek gibi yöntemlerle bu oran %86'ya çıkarılmıştır. İyi bir "gain" ayarıyla ve taşın bulunduğu seviye foküse getirilerek akustik gölge belirginleştirilmelidir. Kanala sıkışmış taşlardan çok, genişlemiş kanal içerisindeki taşlar daha iyi görülür (Resim 4.132). Yumuşak pigment taşlarını, akustik gölge vermediği için safra çamuru, cerehat, kan ve hatta neoplazmdan ayırmak mümkün olmayabilir. Ortak safra kanallarındaki taşların saptanmasında BT'nin duyarlılığı %70-80'dir. Kanal taşları BT'de hilal şeklinde veya çepeçevre düşük dansiteli safrayla çevrelenmiş yuvarlak opasiteler şeklinde görülürler. Taş tanısında en duyarlı yöntem (%95-99) kontrast kolanjiyografi ve MRKP'dir; taşlar kontrast madde ve hiperintens sıvı içerisinde dolma defekti şeklinde görülürler.

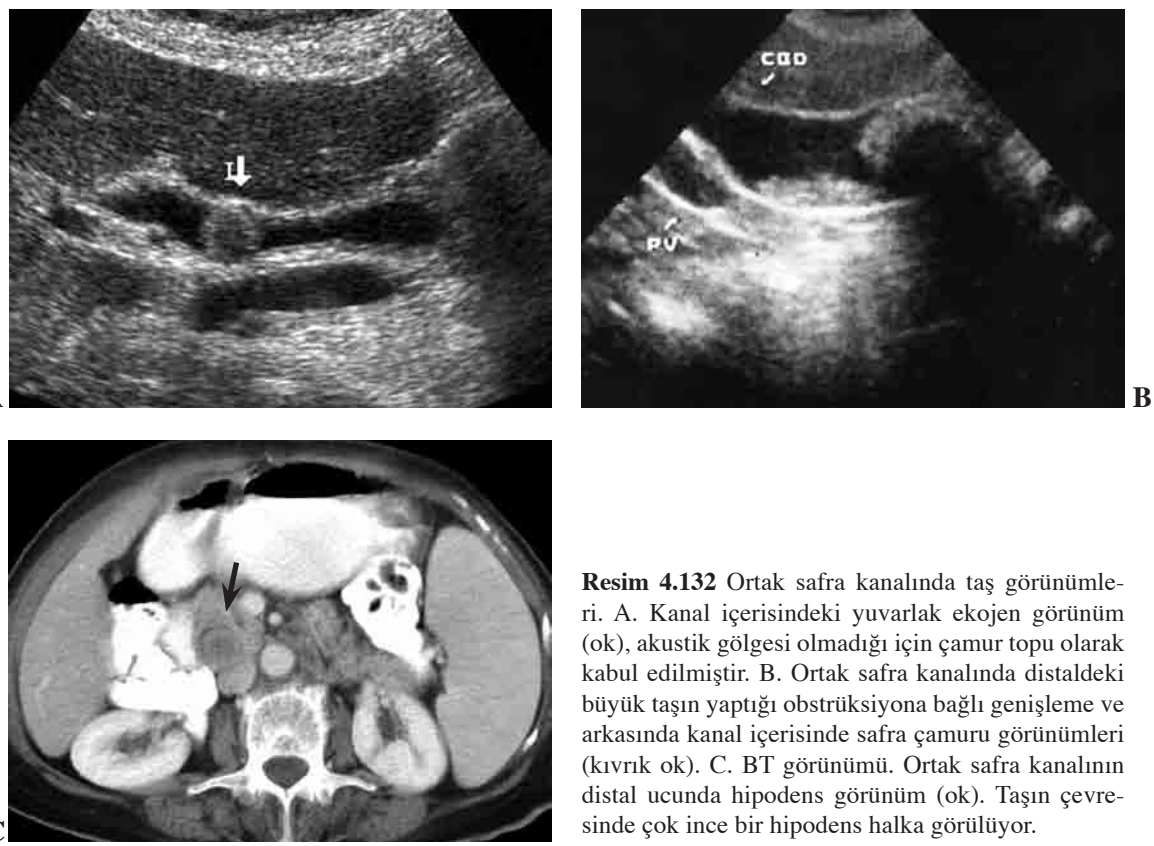
Distal obstrüksiyonun en sık nedenlerinden üçüncüsü darlıktır. Darlığın US ile demonstrasyonu çok zordur. Safra kanallarının ani sonlanması dışında bir bulgusu yoktur. Tanı için BT yapılır ve MRCP veya ERKP gerekebilir.

Suprapankreatik obstrüksiyonların en sık nedeni tümördür. Taş ve darlık bu kesimde sık görülmez. Proksimaldeki taşlar distaldekilerden daha iyi görülür. US'nin proksimaldeki taşları saptamadaki duyarlılığı %90 civarındadır.

Porta hepatis obstrüksiyonlarının en sık nedeni de tümördür. İntrahepatik safra kanalları genişlemiştir. Ekstrahepatik kanallar normaldir. Metasdazda porta hepatiste lenfadenomegaliler görülür. Bazen lezyon sadece sağ veya sol hepatik kanalı tutabilir. Bu durumda genişleme sadece tutulan kanalın proksimalinde görülür.

Pnömobiliya

Kanallar içerisinde hava görülmesine pnömobilia adı verilir. Safra-bağırsak anastomozlar, safra taşı fistülizasyonu, Oddi sfinkteri yetmezliği, duodenal ülserin kanala perfore olması sık görülen nedenleridir. US'de



A B C

Resim 4.132 Ortak safra kanalında taş görünümleri. A. Kanal içerisindeki yuvarlak ekojen görünüm (ok), akustik gölgesi olmadığı için çamur topu olarak kabul edilmiştir. B. Ortak safra kanalında distaldeki büyük taşın yaptığı obstrüksiyona bağlı genişleme ve arkasında kanal içerisinde safra çamuru görünümleri (kıvrık ok). C. BT görünümü. Ortak safra kanalının distal ucunda hipodens görünüm (ok). Taşın çevresinde çok ince bir hipodens halka görülüyor.

hava safra yollarına dağılmış değişik uzunlukta ekojenik foküsler şeklinde görülür. Arkalarındaki kuyruklu yıldız tipinde reverberasyonları tipiktir. Hava en yukarıda birikeceğinden sırt üstü yatan hastada en iyi sol lobun kanalları içerisinde görülür. Pnömobiliya portal sistemdeki gaz görünümleri ile karışabilir. Safra sistemindeki gazın daha çok santral, portal sistemdeki gazın ise periferik yerleşimde olması ayırıcı tanıya yardım eder. Bu ayırım BT'de kolaydır.

Kolanjiyokarsinom

Görece olarak nadirdir. Daha çok büyük kanallardan çıkar. Olguların 2/3'ünde tümör ya ortak safra kanalında ya da ortak hepatik kanaldadır. %13 olguda sağ veya sol kanal tutulur %10-25 olgu ise sağ ve sol kanalın birleşim yerinden çıkar (Klatskin tümörü). Klatskin tümörleri çok küçük boyutta iken semptom verirler. Genişlemiş sağ ve sol hepatik kanalların birleşememeleri tipiktir (Resim 4.133).

Kolanjiyokarsinomlar safra kanal epitelinin primer kanserleridir. İnfiltratif stenotik, ekzofitik kitle veya intramural polipoid şekillerde olabilir. En sık infiltratif stenotik tip görülür. Tümörün sınırları seçilemez ve US'de genellikle hiperekoik veya izoekoik, (Resim 4.134) BT'de hiperdenstir. Kontrastlı BT'de kontrast tutma şekilleri değişiktir; genellikle belirgin kontrast tutmazlar veya geç tutarlar (Resim 4.135). Ekzofitik kitleler daha çok karaciğer içindeki kolanjiyokarsinomların, intraluminal polipoid kitleler ise ortak hepatik veya ortak safra kanalı tümörlerinin görünüm şeklidir. (Resim 4.136)



Resim 4.133 Klatskin tümörü. Hepatik kanalların birleşim yerinde izodens tümöral kitle (ok) ve safra yollarında belirgin genişleme.



Resim 4.134 Klatskin tümörünün US görünümü. İntrahepatik safra yolları genişlemiş. Kanallar porta hepatitse birleşmiyor. Birleşim yerinde hafif hiperekoik kenarları seçilemeyen kitle (ok).

Kolanjiyokarsinomlar, küçük boyutlu iken semptom vermeleri, sınırlarının belirgin olmaması ve yoğunluklarının ve ekojenitelerinin çevreden ayrılamaması nedeniyle kesit görüntülerle gösterilmeleri zordur. Genellikle ilk yöntem olarak uygulanan US'nin tanı değeri düşüktür. Tanıda BT daha değerlidir. PTK kolanjiyokarsinomun kanal içi uzanımını gösterir.

MR ile olguların ancak %50-70'i saptanabilir. T2AG'de safra ile izointens görüleceğinden tümör en iyi T1AG'de gösterilir.



Resim 4.135 Klatskin tümörünün BT görünümü. Potal venöz fazda karaciğere göre porta hepatisteki kitlenin kontrast tutmadığı görülüyor (oklar).



Resim 4.136 Klatskin tümörünün US görünümü. Porta hepatisten geçen uzunlamasına kesitte genişlemiş hepatik kanalın ağzını tıkayan intralüminal polipoid hiperekoik kitle görünümü (oklar).

Sklerozan kolanjit

Biliyer ağacın kronik fibrozan bir inflamasyonudur. Nedeni bilinmez; olguların %50-70'i ülseratif kolitle beraberdir. Olguların yarısında siroz gelişir, kolanjiyokarsinom gelişme riski yüksektir.

İntra- ve ekstrahepatik safra yolları birlikte tutulur. Tutulan kanallarda ardışık stenoz ve dilatasyonlar görülür (Resim 4.137). Kanal duvarında küçük kesecikler şeklinde divertiküler oluşumlar tipiktir. Safra yollarının bu morfolojisi kontrast kolanjiyografi ile gösterilebilir ve hastalık için patognomoniktir.



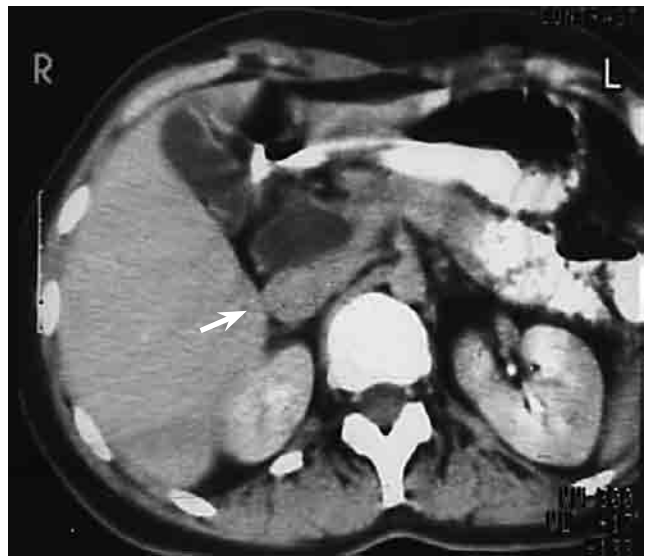
Resim 4.137 Sklerozan kolanjit. Genişlemiş hipodens safra yollarının yer yer darlıklarına bağlı boğumlu görünüm (ok). Kanal içinde safra-bağırsak anastamozuna bağlı hava görünümleri (kıvrık ok).

US'de intra ve ekstrahepatik safra kanallarında kalınlaşma, lümen içerisinde pü, çamur veya deskuame epiteli temsil eden ekojeniteler görülür ve kanal dilatasyonunun olmaması tipiktir. US görünümü özgül değildir.

Koledok kistleri

Konjenital bir anomalidir, buna rağmen olguların %40'ı yetişkinlerde görülür. Olguların büyük çoğunluğu kadındır. Başlıca 5 tipi vardır: Tip I'de ortak safra kanalının kistik fuziform dilatasyonu vardır, en sık görülen formudur. Tip II ortak safra kanalının duvarından çıkan bir divertikül şeklindedir, nadirdir. Tip III ise gerçekte bir koledokoseldir. Ortak safra kanalı duodenum içerisine herniye olmuştur; bu tip de nadir görülür. Tip IV'te ortak safra kanalındaki büyük bir kistik dilatasyonla birlikte safra kanallarında birden fazla fokal dilatasyonlar görülür. Tip V Caroli hastalığıdır ve genellikle koledok kistlerinden ayrı bir antite olarak incelenir.

En sık şekli olan Tip I koledok kistleri genellikle supraduodenal bölgededir (Resim 4.138). Hepatik ve sistik kanallarda da görülebilir. Erkek-kadın oranı 1/4'tür. İlk iki dekadda ortaya çıkan ağrı, ele gelen kitle ve tekrarlayan sarılık vardır. Sağ üst kadranda görülen yumuşak doku kitlesi, mideyi, duodenumu ve hepatik fleksurayı iter. Koledok kisti US, BT, MR ve sintigrafi ile gösterilebilir. Görünüm tipik olduğundan kesit görüntü yöntemlerinin birisi veya sintigrafi tanı için yeterlidir.



Resim 4.138 Koledok kisti. Koledokun pankreatik parçasında kistik dilatasyon (ok).

Caroli hastalığı

Safra kanallarının birbirleriyle bağlantılı kavernöz ektazisine "Caroli" hastalığı adı verilir. Hastalığın iki tipi vardır: Birinci tipte intrahepatik kanallarda sakküler dilatasyonlar, kolanjit ve taş oluşumu görülür; siroz ve portal hipertansiyon yoktur. İkinci tipinde küçük intrahepatik kanaliküllerde proliferasyonla birlikte fibroz, siroz ve portal hipertansiyon gelişir. Bu tipte kanal genişlemesi, kolanjit ve taş oluşumu yoktur. Birlikte renal tübüler anormallikler görülür. Alkolik olmayan genç bir hastada renal kistik hastalıkla birlikte siroz varsa Caroli hastalığından şüphelenilmelidir.

Hastalığın kistik genişlemelerle seyreden birinci tipinde kesit görüntülerde intrahepatik safra kanallarında lokalize genişlemeler görülür. Bu görünümler safra kanalları ile ilişkili kistler şeklindedir. Kistlerin ortasında, kontrast tutan fibrovasküler yapının görünümü *merkezi nokta işareti* olarak tanımlanmıştır. Hastalık karaciğeri segmental olarak da tutabilir. Olguların yarısında ortak safra kanalı normaldir; diğer yarısında ise çapı 10-30 mm olacak şekilde genişlemiştir.

Safra yolu atrezisi

Yenidoğanda safra yolu atrezisi ve neonatal hepatitis arasında ayırıcı tanı yapmak kritik ve zor bir sorundur. Bu sorunun nedeni her iki antitenin de benzer radyolojik ve klinik tablo ile karşımıza çıkmasdır. Neonatal hepatitte parankim hasarı vardır, tedavisi medikaldir; safra atrezisinde ise ekstrahepatik safra yollarının yokluğu söz konusudur, cerrahi düzeltme yapılmazsa siroz gelişir. Bu iki hastalığı birbirinden ayırmanın en kesin yöntemi kolanjiyografidir; neonatal hepatitte intrahepatik safra yolları fonksiyon görmediği için ince fakat açıktır; safra yolları atrezisinde atreziktir.

US'de normal bir safra kesesi görülmesi (> 1.5 cm) neonatal hepatitis lehine bir bulgudur. Safra kesesinin görülmemesi veya küçük olması (< 1.5 cm), beslenme ve açlıkla boyut değişikliği göstermemesi atrezi lehine yorumlanır. Atrezili olguların %67'sinde küçük, kontrakte olmayan kese görülmüş, geriye kalanlarda ise kese hiç görülememiştir. İnceleme açlıkta, beslenme sırasında ve beslenme sonrasında yapılmış, boyutu normal ve beslenmeyle kontrakte olan olguların hiçbirinde atrezi saptanmamıştır. Porta hepatiste fibroza bağlı tubüler veya üçgen şeklinde ekojen bir yapının görülmesi, koledok kisti ve/veya polisipleni varlığı atrezi lehine bulgulardır.

Safra yolu atrezisi-neonatal sarılık ayırımında temel yöntem sintigrafidir. US birlikte olabilecek koledok kisti gibi anomalilerin saptanmasında değerlidir. Safra sisteminden ekskrete edilecek radyofarmasötik atrezide sindirim kanalına geçemez. Ancak şiddetli neonatal hepatitte de aktivite 24 saate sindirim kanalına geçemeyebilir. Bu durumda I-131-rosebengal çalışması yarılanma ömrü uzun olduğu için yararlı olabilir. Geç görünümler alınabilir ve 72 saatlik feçes toplanarak I-131 aktivitesi ölçülebilir. Feçesteki aktivite verilen dozun %10'undan fazla ise bu sonuç hepatiti gösterir; %10'dan az aktivite atrezi için anlamlıdır.

SAFRA KESESİ

Safra kesesinin temel inceleme yöntemi US'dir. Akut kolesisititte, özellikle taşsız tipinde sintigrafik inceleme yapılır. Kalsifikasyonlar röntgen ve BT ile gösterilir. BT safra kesesi kanserlerinin tanısında ve evrelenmesinde değerlidir.

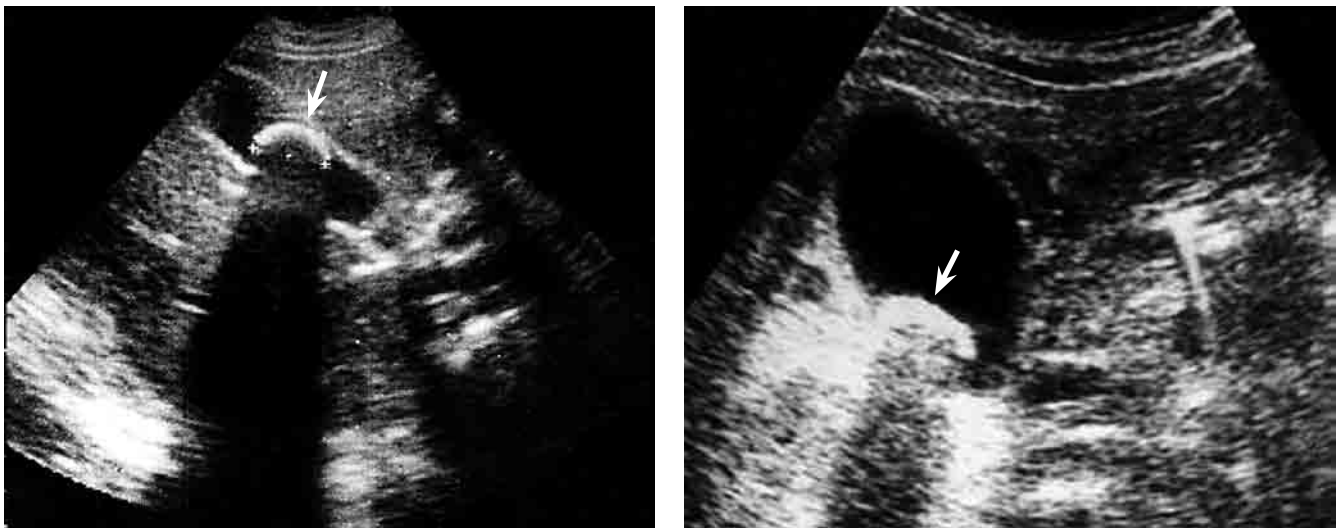
Doğumsal anomaliler

Kesenin yokluğu nadirdir. Yetişkinlerin otopsilerinde %0.3-0.7 oranında rastlanır. US'de kesenin görülmemesi konjenital yokluğundan ziyade, lümenin obliterasyonuna bağlıdır. Parankimle izoekoik olan safra çamuru ile dolduğunda da görülmeyebilir. İleri derecede kontrakte kese, akut hepatitle birlikte görülen kontraksiyon ve kesenin anormal pozisyonda olması, US'de görülemeyen safra kesesinin nedenleridir.

Çift safra kesesi yaklaşık < 1/4000 oranında görülür. Genellikle tek duktus sistikusu olan iki kese şeklindedir. Tümüyle ayrı iki kese şeklinde görülmesi daha nadirdir. Sık görülen diğer konjenital anomali, tam olmayan transvers septadır. Kesenin kollumunda veya fundusunda olabilir. Fundustakinin görünümüne *Frigyalı şapkası* adı verilir. Bu görünüm fundusun kendi üzerine katlanmasıyla da oluşabilir.

Safra taşları

Kese içerisindeki safra taşları, US'de hiperekoik, akustik gölgesi olan ve hastanın hareketi ile yer değiştiren yapılardır (Resim 4.139). Safra kesesi taşlarının US'de saptanma oranı %93'tür. Çok küçük taşların akustik gölgesi bulunmayabilir. Safra kumu şeklindeki taşlar ise bir araya toplanarak görülür hale gelirler (Resim 4.140). Safra taşları genellikle hareketlidir. Değişik pozisyonlarda yer değiştirirler. Hartman ceplerinde ve bir darlığın arkasında olanlar hareketsizdir.

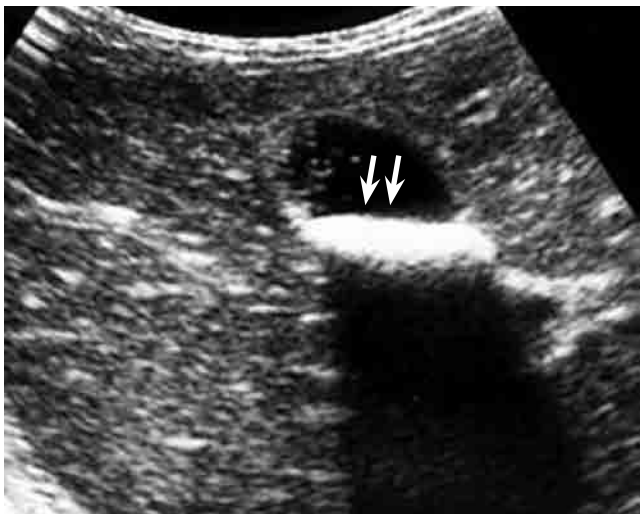


Resim 4.139 Safra kesesi taşları. Safra kesesi içerisinde arkasında akustik gölgesi olan düzgün kenarlı ekojen yapılar (oklar).

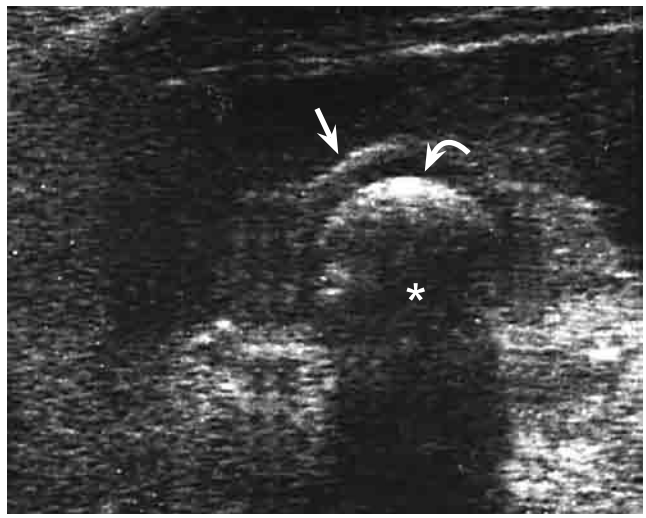
Taşın en önemli bulgusu hastanın hareketi ile yer değiştirmesidir. Bu nedenle safra taşı araştırılırken hasta değişik pozisyonlarda incelenmelidir. Duktus sistikus ve infindibuluma sıkışmış taşlar hareketle yer değiştirmezler.

Kronik kolesistitli keseler, safra taşlarının üzerine kontrakte ise genellikle lümeni görülmez. Aç bir hastada safra kesesi yerleşiminde akustik gölge veren bir yapı var ve kese lümeni görülmüyor ise taşlı kronik kolesistit tanısı konulabilir. Amfizematöz kolesistit veya porselen safra kesesi de benzer görünüm oluşturur. Lümeni dolduran taşta, sıklıkla kese duvarı ile taşın kenarı ayrı ayrı izlenebilir. Buna *çift ark işareti* veya *duvar-eko-gölge ("wall-echo-shadow") işareti* adı verilir (Resim 4.141).

Safra çamuru safra kesesi içerisinde akustik gölge vermeyen düşük ekolu bir tabaka şeklindedir (Resim 4.142). Bu tabaka hastanın pozisyonunu değiştirmesine bağlı olarak yavaş hareket eder. Bazen düzensiz kenarlı bir kitle şeklinde görülebilir. Başlıca kalsiyum bilirubinat granülleri ve kolesterol kristallerinden ibarettir. Genel durumu ileri derecede bozuk olan ve ağızdan beslenemeyen hastalarda görülür. Klinik durumun düzelmesi ve normal yemek yemeğe başlanması ile çamur genellikle kaybolur. Bazı alkolik hastalarda görülen atonik safra keseleri sıklıkla çamur içerirler. Or-



Resim 4.140 Safra kesesinin arka duvarında biraraya gelerek görülebilen safrakumu şeklinde küçük taşlar (oklar).



Resim 4.141 Safra kesesi taşında çift ark işareti. Duvar (ok),taş (kıvrık ok) ve gölge (*)

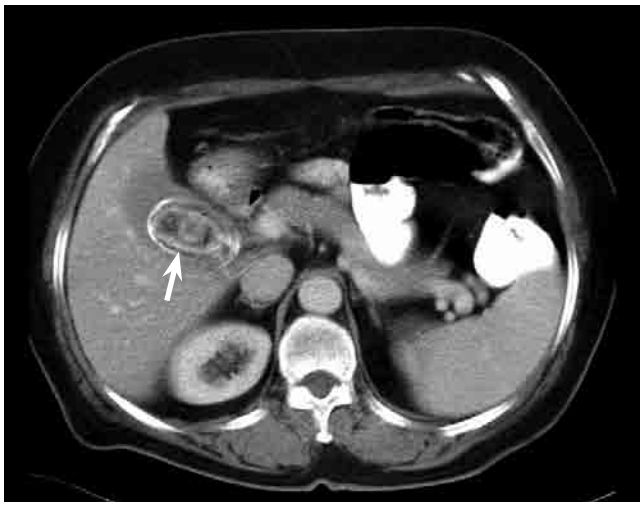


Resim 4.142 Safra kesesi içerisinde kitle görünümü veren safra çamuru.

tak safra kanalı obstrüksiyonlarında da çamur görülebilir. Safra çamurlu olguların bir bölümünde sonradan taş gelişir.

Yumuşak pigment taşları safra çamuruna benzer şekilde düşük ekojenitede olabilirler. Keseden çok, kanalda görülen bu taşların bazılarında akustik gölge bulunmayabilir.

BT'de safra taşları kalsiyum içeriklerine göre görüntü verirler. En sık görüleni miks taşlardır (Resim 4.143). Bu taşlar başlıca kolesterol, pigment ve kalsiyum içerirler. Genellikle laminalıdırlar. Kese içerisinde çok sayıda iseler fasetli şekil alırlar. Yoğunlukları değişiktir. Saf kolesterol taşları non-opaktır. Daha az sıklıkta görülürler. Genellikle büyük ve tektir. Bazen çok sayıda küçük taşlar şeklindedir. Pigment taşlarının yapısı başlıca kalsiyum bilirubinattır. Yoğunlukları düşüktür. Kontrast madde ile yapılan incelemelerde kolaylıkla gözden kaçabilirler. Kalsiyum karbonat taşları yoğunluğu en yüksek safra taşlarıdır. Sık görülmezler. Safra kumu şeklinde görülebilirler.



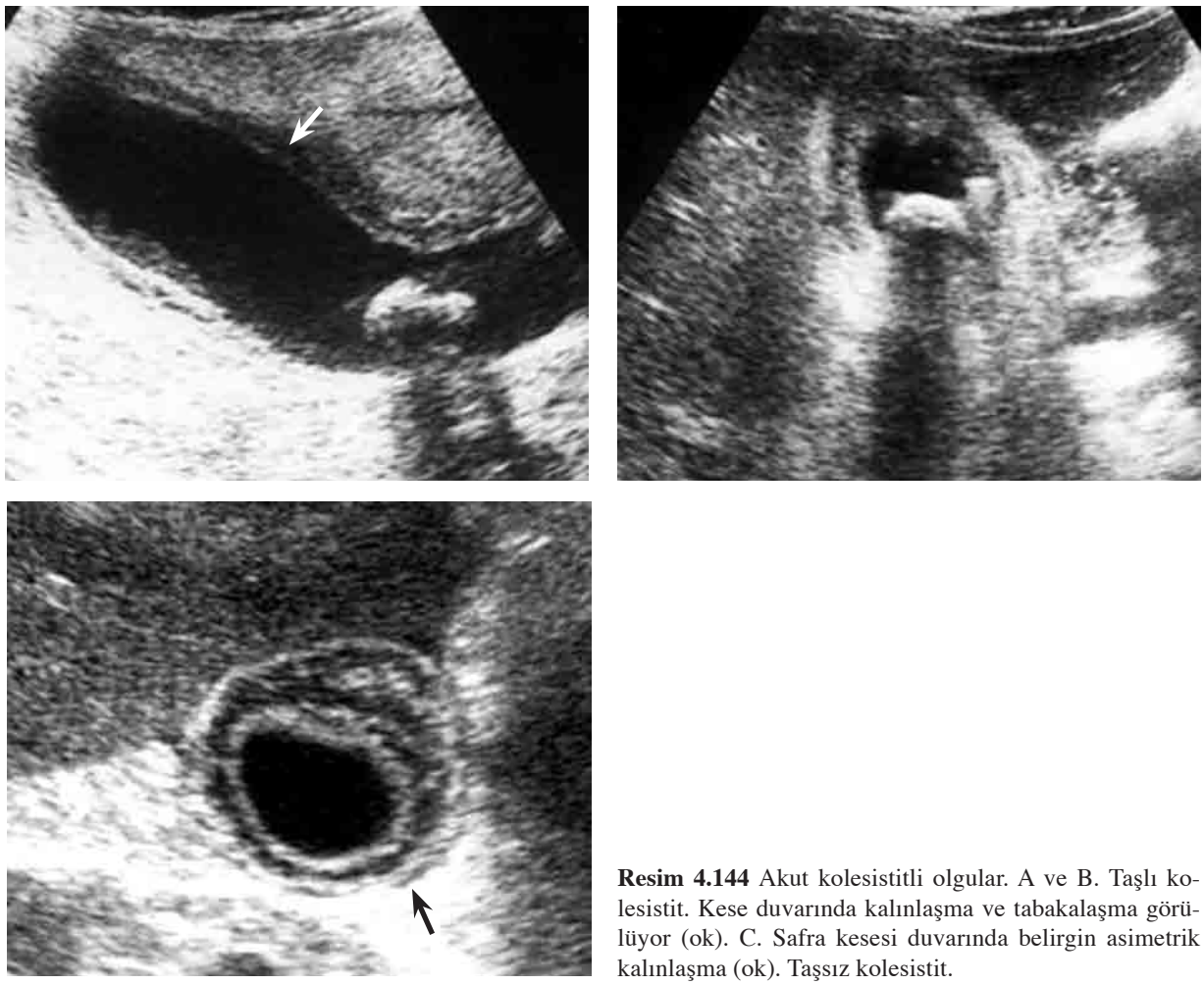
Resim 4.143 Safra kesesinin içerisinde konsantrik lamelli taş görünümü (ok).

Kolesistit

Akut kolesistitin US bulguları safra kesesi duvarının kalınlaşması, safra kesesinin genişlemesi, safra taşının varlığı ve safra kesesi yatağında minimal sıvı birikimidir. İnceleme sırasında prob kese üzerindeyken hastanın ağrı duyması akut kolesistitin çok önemli bir bulgusudur. Buna *pozitif transdusır işareti* veya *sonografik Murphy işareti* adı verilir ve duyarlı olan yapı görüntülendiği için klinik Murphy işaretinden daha değerlidir. Ancak perfore keselerde bu işaret görülmeyebilir. Duvarın iltihabi infiltrasyonu, kalınlaşmış duvar içerisinde hipoekoik bant şeklinde görülür (Resim 4.144). Bazı olgularda taş görülmez. Taşsız kolesistit dediğimiz bu durumda duktus sistikus obstrüksiyonunu US ile göstermek mümkün değildir. Hastaya boşaltma yemeği verildikten 45 dakika sonra yapılan kontrolde kese boyutlarında küçülme olmaması duktus sistikus obstrüksiyonunu gösteren önemli bir bulgudur. Genel durumu iyi olmayan hastalar boşaltma yemeğine cevap vermeyebilirler. Duktus sistikus obstrüksiyonu ayrıca radyonüklid görüntüleme yöntemleri ile de araştırılmalıdır.

Safra kesesinin duvar kalınlığı normalde 2-3 milimetredir. Duvar kalınlığı kesenin karaciğere komşu duvarından ölçülür; 4 mm'den kalın duvar anormal olarak değerlendirilmelidir. Duvardaki kalınlaşma başta akut kolesistit olmak üzere hepatik konjesyonda, serbest peritonal sıvı varlığında, hipoalbüminemide, renal yetmezlikte, akut pankreatitte, sepsiste ve adenomiyomatoziste görülür. Kontrakte keselerde duvar normalden daha kalındır. Akut kolesistitteki duvarın ödemine ve/veya iltihabi infiltrasyonuna bağlı hipoekoik çizginin oluşturduğu çift duvar görünümü ileri derecede assitli olgularda da bulunabilir (Resim 4.145).

Amfizematöz ve gangrenöz kolesistit akut kolesistitin komplikasyonları olarak gelişebilir. Amfizematöz kolesistitte duvar ve lümende gaz görülür. Duvar içindeki gaz ark şeklindedir; lüminal gaz ise üst kesimde toplanır. Her ikisinde de gazın arkasındaki akustik göl-



Resim 4.144 Akut kolesistitli olgular. A ve B. Taşlı kolesistit. Kese duvarında kalınlaşma ve tabakalaşma görülüyor (ok). C. Safra kesesi duvarında belirgin asimetrik kalınlaşma (ok). Taşsız kolesistit.

genin içinde güçlü reverberasyon ekoları vardır. Gangrenöz kolesititte ise duvarda düzensizlik ve asimetrik kalınlaşma izlenir. Bu bulgular duvarın ülserasyon, hemoraji, nekroz ve/veya mikroapselerine bağlıdır. Lümen içerisinde fibrin veya eksüdal bantlar ve nekroze mukozaya ait membranlar görülür.

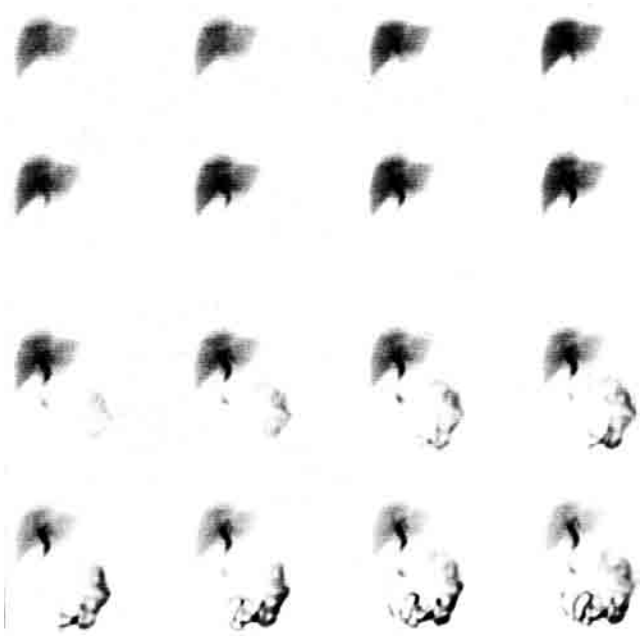


Resim 4.145 Peritoneal serbest sıvıda safra kesesi duvarında belirgin kalınlaşma ve tabakalaşma.

Safra kesesinde taş olan olguların ancak 1/3'ünde akut kolesistit görülür. Geriye kalan hastalar ya asemptomatiktir ya da kronik kolesistit gelişir.

BT'de akut kolesistit bulguları; duvarda difüz kalınlaşma ve kontrast tutulumudur. Kese yatağında minimal sıvı görülebilir. Normal safranın yoğunluğu 0-20 HÜ'dür. Kolesterol taşları düşük yoğunlukları ile tanınabilir. Amfizematöz kolesititte duvar ve lümen içerisinde gaz görülür.

RG'de karaciğerin ve safra yollarının normal olduğu durumlarda safra kesesinin görülememesi akut kolesistite, kronik kolesistite ve kolesistit olmadan duktus sistikus obstrüksiyonuna bağlı olabilir (Resim 4.146). İki saat, dört saat ve boşaltma yemeğinden sonra alınan gecikmiş sintigramlarda, verilen radyofarmasötiğin karaciğerde normal tutulumu olmasına



Resim 4.146 Akut kolesistitin sintigrafik görünümü. Koledok normal görülüyor. Barsağa aktivite geçişi var. Safra kesesi dolmuyor.

ve bağırsakta normal zamanda görülmesine rağmen safra kesesi görülemiyor ise akut kolesistit veya duktus sistikus obstrüksiyonu tanısı konabilir.

Kronik kolesistit patolojik bir terimdir. Hastalarda tekralayan safra koliği hikâyesi vardır. Radyolojik olarak hastaların hemen hepsinde taş vardır, kese duvarı kalınlaşmıştır, kese kontraktedir ve kolesintigrafide safra kesesi geç görülür ve kontraksiyonu zayıftır. US'de başka nedenlerle açıklanamayan duvar kalınlığı kronik kolesistit yönünden anlamlıdır.

Hastaların bir bölümünde kese duvarında yoğun distrofik kalsifikasyon görülür. Bu görünüme *porselen safra kesesi* adı verilir (Resim 4.147). Bu olguların %90'ında safra kesesi taşı vardır ve %10-20 oranında safra kesesi karsinomu riski taşırlar. Kese içerisinde *kalsiyum sütü* şeklinde de kalsiyum toplanması görülebilir.

Ksantogranülomatöz kolesistit kronik kolesistitin nadir görülen bir şeklidir. Kese duvarında lipid yüklü makrofajların nodüler birikimi ve proliferatif fibroz ile karakterizedir. Kese duvarı belirgin şekilde (2 cm) kalınlaşmıştır. Duvarda yağ dansitesinde nodüller görülür ve lümen daralmıştır. Sıklıkla birlikte taş görülür. Kesenin görünümünü kanserden ayırmak zor olabilir.

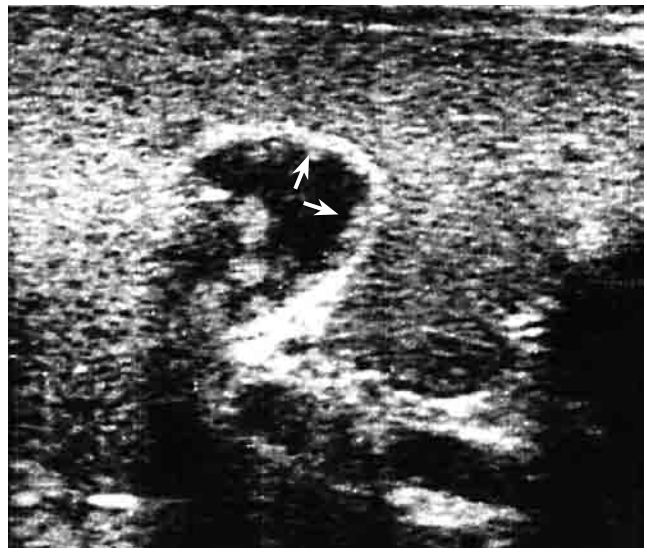


Resim 4.147 Porselen safra kesisin BT görünümü. Kese duvarında yoğun kalsifikasyon görülüyor.

Kolesistozlar

Kolesterozis: Kese mukozasında kolesterol birikmesidir. Çoğunlukla bu birikim yaygındır, bazen kese duvarında polibe benzer şekilde birden fazla dolma defekti görülebilir. Görünümü polipten ayırma olanağı yoktur. Ancak kesede birden fazla polip bulunması çok nadirdir. Kolesterozise bağlı dolma defektleri kontrakte kesede daha iyi görülürler. US'de duvara fikse, akustik gölgesi olmayan çok sayıda polip görünümü izlenir (Resim 4.148).

Kolesistitis glandülaris proliferans: Adenomi-



Resim 4.148 Kolesterozis. Safra kesesi içerisinde çok sayıda küçük kolesterol birikintileri (oklar).

yomatozis adı da verilir. Etyolojisi bilinmez, genellikle semptomsuzdur. Kesede kronik obstrüksiyonla birlikte ve obstrüksiyonun distalinde görülür. Yalnız tıkanıklığın distalindeki bölgenin tutulması ve taş oluşumunun sık olmaması kronik kolesistitten ayıran özellikleridir. Kese duvarında yerel kas hipertrofisi ile birlikte "Rokitansky Aschoff" sinüsleri adı verilen epitelyal mukozal sinüsler görülür. Morfolojisi şu şekilde özetlenebilir:

1. Fundusta bazen içinde umblikasyon bulunan dolma defekti.
2. Darlık. Kesenin herhangi bir yerinde olabilir. Kas yapısındadır ve kese ile birlikte kontraksiyon yapar. Bu özelliği ile tam olmayan transvers septadan ayrılabilir.
3. Epitelyal sinüsler *(Rokitansky-Aschoff sinüsleri)*. Her zaman görülmeyebilir. Duvar içine giren divertikül şeklindeki yapılardır. Kese kontrakte olduğunda daha iyi görülürler.

US'de kese duvarı ileri derecede kalınlaşmıştır. Duvar içerisinde Rokitansky-Aschoff sinüslerine bağlı küçük kistik alanlar görülür. Bazı olgularda bu kistik alanlar içerisinde küçük kolesterol taşları bulunabilir. Taşlar arkalarındaki "V" şeklindeki reverberasyon artefaktlarından tanınırlar (Resim 4.149).

Safra kesesi polibi

Safra kesesi polipleri papillom veya adenom yapısında olabilirler. Papillomlar saplı, adenomlar daha çok sapsızdırlar. Genellikle 1 cm'den küçüktürler.

US'de duvara fikse akustik gölgesi olmayan yumuşak doku yoğunluğunda protrüzyonlar şeklinde görülür. Hareketle yer değiştirmezler (Resim 4.150).



Resim 4.149 Safra kesesi duvarında Rokitansky-Aschoff sinüsleri içerisinde kolestorol kristallerinin yaptıkları "ring-down" artefaktları (oklar).



Resim 4.150 Safra kesesinde iki adet polip. Akustik gölgesi olmayan hareketsiz ekojen yapılar (oklar).

Safra kesesi kanseri

Nadir görülen bir tümördür. Kadınlarda daha fazla görülür. Hastalar genellikle 50 yaşın üzerindedir. Kanser hemen daima taşla birliktedir.

US görünümleri, asimetrik duvar kalınlaşması, polipoid kitle veya keseyi dolduran kitle şeklindedir. Komşu karaciğer infiltre olabilir. Safra kesesi kanseri hemen daima taşla birlikte olduğundan taşın akustik gölgesi gözden kaçabilir. Kronik kolesistitli kontrakte taşlı keselerde US ile kitleyi göstermek imkânsız olabilir. Bu nedenle US'nin safra kesesi kanserlerindeki duyarlılığı %44'ler civarındadır.

BT'de safra kesesi duvarı lokal kalınlaşma veya kitle şeklinde görülür. Duvar kalınlığı 1 cm'yi geçer. Kontrastlı kesitlerde tümör boya tutar. Komşu karaciğere yayılım izlenebilir.

Röntgenle safra kesesi kanseri tanısı konamaz. Kanserli olguların hemen hepsinde kolesintigrafide kese dolmaz.

PANKREAS

İnceleme yöntemleri

Parkreasın parankimi kesit görüntüleme yöntemleri ile kanalı MRKP ve ERKP ile incelenir. İlk inceleme yöntemi US'dir. İnceleme aç karnına yapılır. Çoğu zaman mide antrumundaki ve/veya transvers kolondaki gazın süperpozisyonu sorun çıkarır. Bağırsak

gazı inceleme sırasında genellikle yer değiştirir, yer değiştirmeyen olgularda hastaya su içirilerek yarı oturur durumda inceleme yapılır. Antrumdaki su akustik pencere olarak kullanılır.

US'de normal pankreasın ekojenitesi karaciğerden kaba ve hafifçe yüksektir. Çocukta daha hipoekoik, yetişkinde hiperekoik görünümdedir. Normalde olguların %70'inde pankreas kanalı görülür. Pankreas kanalının dış çapı 2.5 mm, iç çapı 0.8 mm'dir. Gastrik antrumun arka duvarı, hepatik ve splenik arterler kanala benzer görünümü vererek karışıklığa neden olabilirler. Sıvı dolu duodenum pankreas başı gibi görülebilir.

Pankreasın BT incelemesinde çevre yapıların opasifikasyonu zorunludur. Mide oral kontrastla opasifiye edilir. Pankreas başı kanserlerinin dansitesi normal parankime eşit olduğundan gösterebilmek için bolus şeklinde kontrast vermek ve hızlı kesit almak gerekir.

Kontrast maddenin bolus şeklinde verilmesinde ilk iki dakikada pankreas boyanır. Arteriyel fazda ise çevre arterler kontrast tutarak pankreasın daha iyi görülmesini sağlar. Standart inceleme kalın ve devamlı kesitlerle yapılır; küçük lezyonlar incelenirken kesit kalınlığı düşürülür ve üst üste binen kesitler alınır. ÇKBT ile ince kesitlerle çok hızlı multifaz tarama yapılır ve kesitler ince aralıklarla açılarak yüksek anatomik çözümleme sağlanır. Bu yöntemle pankreas içerisindeki çok küçük lezyonlar görüntülenebilir, damarların invazyonu kateter anjiyografisindekine benzer şekilde belirlenebilir.

Çevre damar yapılarının kontrastsız görülmesi ve yağ dokusu, pankreasın MR ile incelenmesini kolaylaştırır. Retroperitoneal yağ ile kontrast oluşturması nedeniyle pankreas anatomisi en iyi T1A görüntülerle incelenir. Ortak safra kanalı safranın hiperintens görünümü nedeniyle T2AG'de görülebilir. Pankreas kanalını göstermek için MRKP yapılır.

Parankim anormallikleri en iyi yağ baskılama tekniklerinde kontrast kullanarak gösterilir. Yağ baskılamalı görüntülerde pankreas salgısının yüksek protein içeriğinden dolayı parankimi T1AG'de hiperintenstir. Tümörler tipik olarak pankreas parankiminden daha hipointenstir. Kontrast madde ile yapılan incelemelerde parankimin kontrast tutmasına karşılık adenokarsinomlar kontrast tutmaz ve hipointens görülür.

Düz röntgenogramlarla kronik pankreatitin kalsifikasyonları görüntülenir. Eskiden pankreas başı kanserlerinin tanısında en değerli yöntem olan hipotonik duodenografi, kesit-görüntü yöntemlerinin kliniğe girmesiyle terkedilmiştir. ERKP ile pankreas kanalı değerlendirilir.

Anatomi

Pankreas, üst abdomen kesiminde retroperitoneal olarak yerleşmiş, başı splenik venle portal venin birleşimini saran ve splenik ven üzerinde dalak hilusuna ve sol böbrek üst kutbuna doğru uzanan 12-15 cm uzunluğunda dil şeklinde bir organdır. Başı, gövdesi ve kuyruğu vardır. Pankreas başının, komşu portal veni, altına doğru kıvrılarak saran ve İVK ile süperior mezenterik ven arasında kalan uzantısına "uncinate" proçes adı verilir. Başının genişliği 2.5-3 cm, gövdeninki 2-2.5 cm'dir. Kuyruğun genişliği genellikle başın genişliğini geçmez. Boyutlarındaki büyük varyasyonlar nedeniyle değerlendirmede boyuttan çok diğer ölçütler önemlidir.

Genç yetişkinlerde 12'nci sırt omuru, 60 yaşından yukarı olanlarda ise ikinci bel omuru seviyesindedir. Çocukta daha yukarıda görülür. Pankreasın kapsülü yoktur; retroperitoneal yağ içerisine gömülüdür. Yağ organ içerisine doğru uzanır ve pankreas kenarının yaklaşık % 20 olguda lobüle bir görünüm almasına neden olur. Lobulasyon normalliğin işaretidir, yaşlılarda ve şişmanlarda sık görülür. BT'de belirgin görülen lobulasyon, retroperitoneal yağ dokusu ile pankreas eşit ekojenitede olduğundan US'de görülmez. Buna *sonografik maskeleme işareti* adı verilir. Pankreas çocukta büyük, yaşlılarda atrofiktir.

Pankreasta da karaciğere benzer şekilde difüz ve fokal yağlanma ve yağlanmadan korunmuş alanlar görülebilir. Difüz yağlanma yaşlanma ve obezite ile birlikte görülür. Yağlanmadan korunmuş alanlar özellikle pankreas başında iseler kitle lezyonlarına benzer; en sık ortak safra kanalının çevresinde yerleşir.

Tümörler

Duktal adenokarsinomlar pankreas tümörlerinin %95'ini yapar. Fokal pankreatik büyümenin en sık nedenlerinden birisidir. Tanı konduğunda çoğu olgu çıkarılabilir evreyi aşmıştır. Tümör genellikle ilk inceleme yöntemi olan US'de farkedilir. Temel tanı ve evreleme yöntemi BT'dir.

US'de adenokarsinoma genellikle pankreas başına lokalize fokal hipoekoik bir kitle şeklindedir (Resim 4.151). Karsinoma küçükse boyut değişikliği oluşturmadan ekojenitede fokal değişiklik şeklinde görülür.



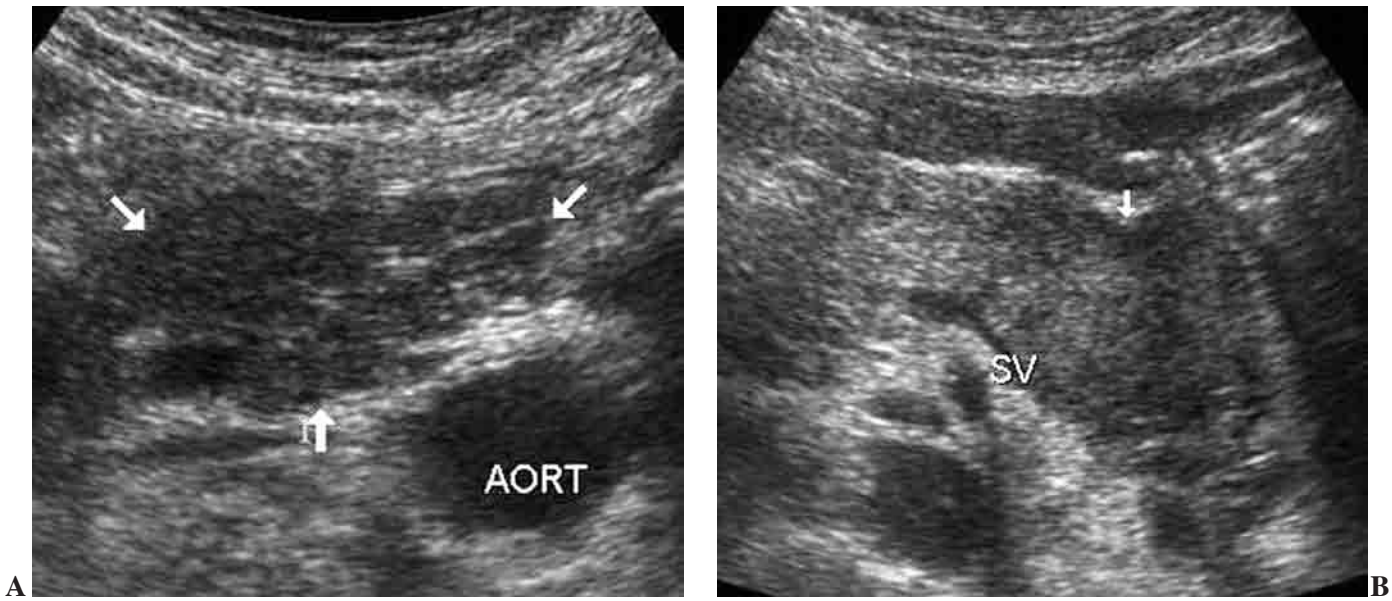
Resim 4.151 Pankreas başı karsinomu. Uncinate proses seviyesinde hipoekoik kitle. Pankreas kanalının genişlediği görülüyor.

Büyük olduğunda pankreas kenarından dışarı doğru taşan bir kitle şeklindedir (Resim 4.152). Pankreas başı karsinomu sıklıkla safra ve/veya pankreatik kanal obstrüksiyonu ile birliktedir. Dolayısıyla pankreas başında bir büyüme saptandığında mutlaka bu kanalların genişliği araştırılır. Ortak safra kanalı ve/veya pankreatik kanal dilate ise pankreas başı kitle yönünden dikkatle araştırılmalıdır (Resim 4.153). Kitlenin görülmediği durumlarda bile bu kanallardaki genişlik pankreas başındaki küçük bir karsinom için çok anlamlıdır. Pankreasta bir kitle saptandığında karaciğer metastazı, çevrede lenfadenopati, SMA, splenik ven, SMV ve portal vende obstrüksiyon ve assit araştırılır. Pankreas başı tümörlerinde İVK'nın kompresyonunun spesifik bir bulgu olduğu düşünülmüştür. Fakat bu bölgede yerleşen diğer yer kaplayan lezyonlar da İVK'ya baskı yapabilirler.

BT'de % 95 olguda fokal büyüme, bezde şekil ve kenar değişikliği görülür. Genellikle yoğunluk farklılığı yoktur. Tümör normal pankreas dokusuna göre daha az kontrast tutar (Resim 4.154). Ortası nekroze olursa *psödo-psödokist görünümü* oluşur. Pankreas kanseri ile birlikte pankreatik kanal genişliği, obtrüksiyonunun distalinde pankreatik kist, kronik pankreatit, safra kanal genişlemesi ve assit görülebilir. Adenokarsinomlu olguların %14'ü kronik pankreatit ile birliktedir. Geç evrede karaciğer metastazı sıktır.

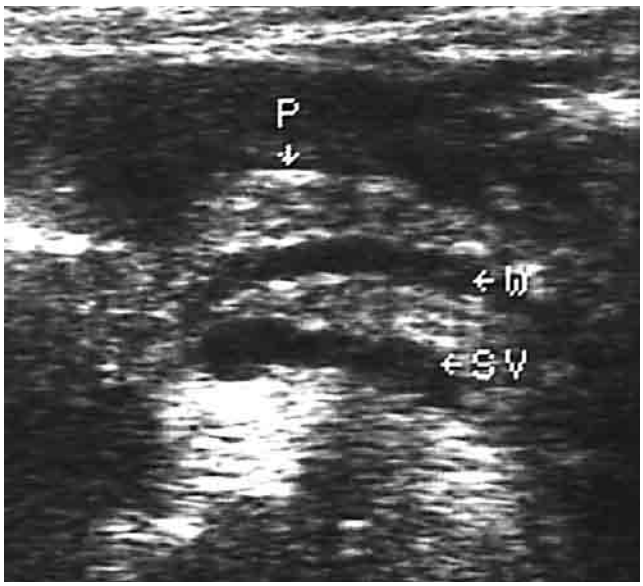
Çöliak trunkus ve superior mezenterik arter çevresindeki yağ dokusunun obliterasyonu çevre yapıların invaze olduğunu ve tümörün çıkarılabilir olmadığını gösterir. Bu bölgedeki lenfadenopatiler de bu görünümü yapabilir. Bazen pankreas kitlesi olmadan da bu görünüm izlenebilir.

Pankreas kanserinde radyolojinin en önemli işlevi tanı ile birlikte rezektabiliteyi de belirlemektir. İzole



A B

Resim 4.152 Pankreas kanserinin US görünümleri (oklar). A. Pankreas başında büyük hipoekoik kitle. B. Pankreasın kuyruk kesiminde büyük hipoekoik kitle.



Resim 4.153 Pankreas kanalı genişlemesinin US görünümü. P: Pankreas, W: Pankreas kanalı, SV: Splenik ven.

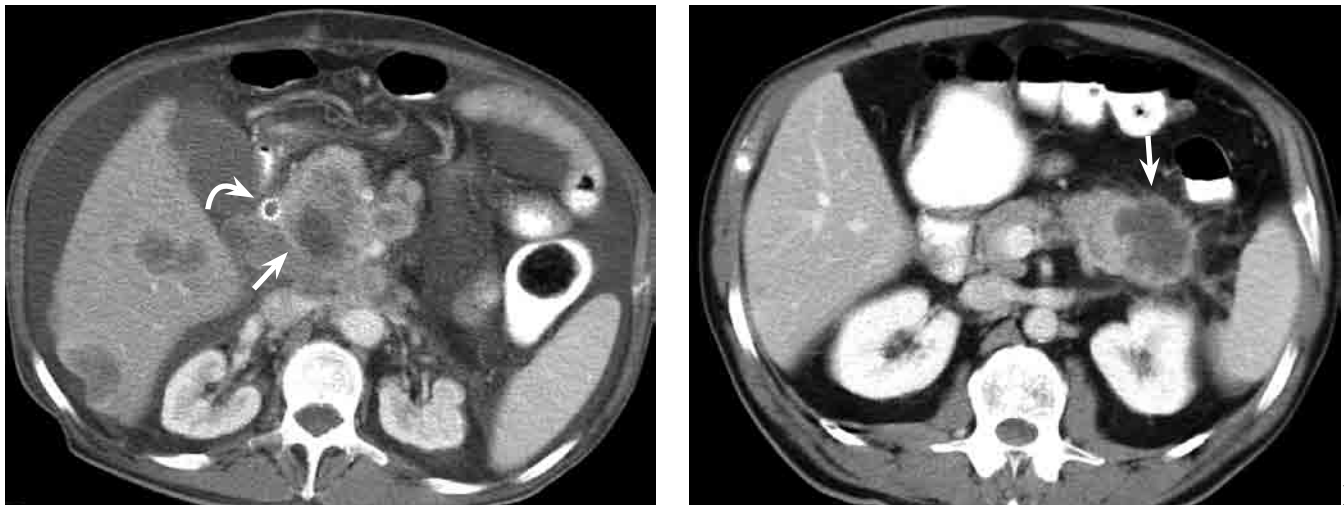
kitle şeklinde görülen veya kitle görünümü saptanamayan fakat pankreatik ve safra kanalı genişlemesi olan olgular potansiyel olarak rezektabl kabul edilir. Tümörün pankreasın sınırları dışına çıkması, çevre yapıların invazyonu, 15 mm'den büyük lenadenomegali, peripankreatik arter ve venlerin tümör dokusu içerisinde hapsedilmeleri veya tıkanmaları, karaciğer metastazı ve periton karsinomatozu tümörün çıkarılabilir olmadığını gösterir. Vasküler tutulum MR arteriografi ve venografi ile çok iyi gösterilir.

"Islet" hücreli tümör küçük boyutlu bir tümördür. Sıklıkla gövde ve kuyrukta yerleşir. Endokrin olarak aktiftir ve insülin, gastrin, glukagon ve vazoaktif intestinal peptid (VİP) salgılayabilir. Endokrin olarak aktif tümörlerin boyutu 0.4-4.0 cm arasındadır. US ile görülecek boyuta eriştiğinde, iyi sınırlı, pankreas karsinomundan ayrılamayan hipoekoik bir kitle şeklindedir. Endoskopik US ile çok iyi görüntülenir. US'nin diğer bir işlevi intraoperatif olarak tümörü göstermektir.

Klinik olarak islet hücreli tümörlerden şüphelenildiğinde arteriografi en etkin tanı yöntemidir. Günümüzde arteriografinin yerini ÇKBT almıştır. Hipervasküler olan bu tümörler belirgin kontrast tutar; hipervasküler olmayan tümörler saptanamaz. Endokrin aktif olmayan tümörler 6-20 cm boyutlarında olabilir. Büyük tümörler nekroz nedeniyle hipodens ve heterojen görülebilir. Malign olgularda bazen kalsifikasyon görülebilir; genellikle metastaz yaparlar.

Kistadenom pankreasın nadir bir tümörüdür. Kistadenomlar morfolojik olarak mikrokistik ve makrokistik olmak üzere ikiye ayrılır. Mikrokistik adenomlar (seröz kistadenoma) küçük kistlerden oluşur. Kist boyutları çok küçük olduğundan tümör US'de hiperoik solid görünümdedir. Tümüyle benign olan bu tümörler 60 yaş civarı kadınlarda görülür ve pankreas başına yerleşmeye meyillidir. Von Hippel-Lindau sendromu ile birlikte görülür. Hipervasküler tümörlerdir.

Makrokistik adenomların büyük çoğunluğu pankreas gövdesinde ve kuyruğunda yerleşir. Orta yaşlı



Resim 4.154 A. Pankreas başı karsinomunda BT görünümü. Kontrast tutmayan düzensiz kenarlı hipodens kitle (ok). Ortak safra kanalına stent konmuş (kıvrık ok). Karaciğer içerisinde hipodens metastazlar ve peritonda belirgin assit görülüyor. B. Pankreas kuyruk karsinomunun BT görünümü. Pankreas kuyruğunda düzensiz kenarlı kontrast tutmayan kitle (ok).

kadınlarda görülür. Klinik olarak sessizdir; 10 cm'den büyük boyutlara eriştiği zaman ortaya çıkar. Boyları 2-30 cm arasında değişir. Tümör primer olarak kistik, septalı ve kalın duvarlıdır. Düzgün veya lobüle kenar gösterebilir. Bazen kitle içerisinde US'de hiperekoik görülen yumuşak doku kesimleri bulunabilir. Bunlar müsin yapan tümör parçalarıdır ve kalsifiyedirler. Bu tümörlerin 2/3'ü maligndir ve benign/malign ayırımı için bir US ölçütü yoktur. Ayırıcı tanı komplike psödokist ve apseyle yapılmalıdır.

BT görünümleri histopatolojilerine göre değişir. Eskiden seröz kistik tümör denilen mikrokistik adenom, ortasında kalsifiye skarı olan küçük kist kümelenmesi şeklinde görülür. Kistler aygıtın çözümleme seviyesinden daha küçük ise tümör solid görünümde olabilir. Kontrastsız BT'de hipodenstir, belirgin kontrast tutar. Bu tipte malign dejenerasyon görülmez. Eskiden müsinöz kistik tümör adı verilen makrokistik adenom ise 2 cm'den büyük kistler içerir. Septaları daha belirgindir. Malign değişim riski taşır.

Metastataz ve **lenfoma,** lenfatik kanal bakımından zengin olan peripankreatik bölgede sık görülür. Metastatik tümörleri ve lenfomayı pankreas kanserlerinden ayırmak her zaman mümkün olmayabilir. Pankreas karsinomu büyüdüğünde portal ve splenik veni ve inferior vena kavayı geriye doğru iter. Metastatik hastalıklar ve lenfoma ise bu damarların gerisinde oturur ve bu yapıları öne doğru iterler. En sık bronş, kolon ve mide kanserlerinin metastazları görülür.

Pankreas tümörlerinin tanısında US ilk, BT temel yöntemdir. Dikkatli bir US incelemesinin tanıda ve rezektabiliteyi saptamada duyarlılığı yüksektir. BT'de tümör genellikle izodens görüldüğünden daha iyi görüntüleyebilmek için bolus şeklinde kontrastla dinamik çalışma yapılmalıdır. US'nin operatöre dependan olması önemli bir dezavantajıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde US ve BT'nin pankreas tümörlerinin tanısında doğruluk oranlarının eşit olduğu, şişman olgularda BT'nin, zayıf olgularda ise US'nin verilerinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Peripankreatik yayılım ve kuyruk lezyonları BT ile daha iyi gösterilir. ÇKBT, pankreas kanserinde BT'nin yerini sağlamlaştırmıştır.

Pankreas tümörlerinin MR karakteristikleri diğer tümörler gibidir. İki santimden büyük tümörler BT'de olduğu gibi morfolojik değişiklikleri ile saptanır. Nekrotik adenokarsinomlar ve "islet" hücreli tümörler T2AG'de belirgin hiperintens görülür. Pankreas karserlerinin tanı ve değerlendirilmesinde MR'nin BT'ye bir üstünlüğü yoktur.

Pankreas kanserinin ayırıcı tanısı öncelikle fokal pankreatit ile yapılır. Fokal pankreatit de sıklıkla pankreas başını tutar. Fokal pankreatitli olgular genellikle alkoliklerdir ve geçirilmiş pankreatit hikâyeleri vardır. Her iki lezyon da hipoekoik görülür ve kesit görüntü yöntemleri ile birbirinden ayrılamaz. Kanser olguları asemptomatiktirler ve serum amilaz değerleri normaldir. Belirgin semptomatoloji pankreatiti düşündürür. Kesin tanı perkütan iğne biyopsisi ile konur.

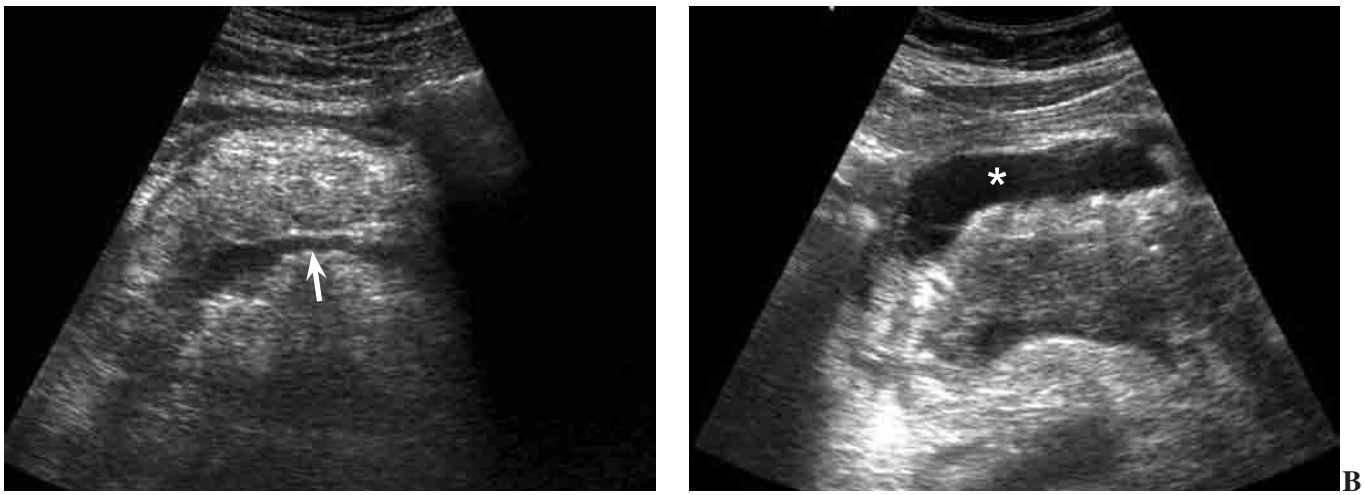
Akut pankreatit

Pankreasın difüz büyümesine neden olan hastalıkların başında akut pankreatit gelir. Klinik olarak interstisiyel ödematöz şekli hafif, nekroz ve sıvı birikimi ile seyreden şekli şiddetlidir; tanı klinik olarak konur. En sık neden safra kesesi ve safra kanalı taşları ve alkolizmdir. Radyoloji, şüpheli olgularda tanıya yardım eder ve tutulumun şiddetini ve komplikasyonlarını belirler.

Akut pankreatitte bez yerel veya tümüyle büyümüştür, ödem nedeniyle parankimin ekojenitesi/dansitesi/intensitesi değişir ve inflamasyon nedeniyle bezin kenar netliği kaybolur. Komplikasyonları pankreatik sıvı birikimi, likefaksiyon nekrozu, enfekte nekroz, apse, kanama, pankreas sıvısının peritona yayılması sonucu pankreatik asit ve pankreas enziminin damar duvarını erozyonu sonucu psödoanevrizma gelişimidir.

Pankreatik sıvı birikimi akut sıvı birikimi veya psödokist şeklindedir. Akut sıvı birikimi (flegmon) pankreatik enzimden zengin sıvının pankreas çevresinde toplanmasıdır. Pankreasın içerisinde olabileceği gibi, anterior pararenal alanda, abdomenin herhangi bir kesiminde, solid organların içerisinde ve hatta göğüs içerisinde bile olabilir. Psödokistte olduğu gibi bir kapsülü yoktur, sıvı çevre yapılara yayılır; olguların yaklaşık yarısında kendiliğinden rezorbe olur. Psödokistten ayırımı için izlemek gerekir.

Psödokistler yuvarlak veya oval ankapsüle pankreatik sıvı birikimidir; belirgin bir fibröz kapsülü vardır. Akut pankreatitli olguların %40'ında, kronik pankreatitli olguların %30'unda görülür; alkolik pankreatitte daha sıktır. Psödokistlerin yarısı 6 hafta içinde spontan olarak rezorbe olur; bu süreden sonra rezorbsiyon nadirdir. Psödokist diyebilmek için kistik yapının pankreatitin başlangıcından itibaren 6 hafta süre ile



Resim 4.155 Akut pankreatitte US görünümleri. A. Pankreas büyümüş ve kalınlaşmış. Splenik venin komprese olduğu görünülüyor (ok). B. Ayrı bir akut pankreatit olgusunda pankreas hipoekoik ve kalınlığı artmış splenik ven komprese. Peripankreatik sıvı birikimi (*).

var olması gerekir. Pankreatik psödokistlerin büyük çoğunluğu pankreasın içerisindedir. Ancak çevre organlarda da görülebilir. En sık görüldüğü yerler bursa omentalis, peripankreatik bölge ve transvers mezokolondur. Bununla birlikte anterior pararenal ve perirenal bölgeler, psoas kılıflarının içleri, mediastinum, karaciğer, dalak ve böbrekler gibi değişik organlarda da görüldüğü rapor edilmiştir. Abdomen ve mediastinumda kistik yapı saptanan olgularda, geçirilmiş pankreatit hikâyesi varsa ayırıcı tanıda psödokist öncelikle düşünülmelidir.

Pankreatik nekroz difüz (parankimin %30'dan fazlasının nekroze olması) veya fokal (>3 cm) olabilir. Nekroze alanlar kontrast tutmaz. Enfekte olursa cerrahi olarak temizlenmesi gerekir; prognozu apseden kötüdür.

Pankreatik apse pankreasın içinde veya çevresinde kapsüllü cerahat birikintisidir, çevresi kontrast tutar. Genellikle akut pankreatitin başlangıcından 4 hafta sonra ortaya çıkar. Perkütan aspirasyon yapılır veya drene edilir. Nadiren gaz görünümleri saptanır.

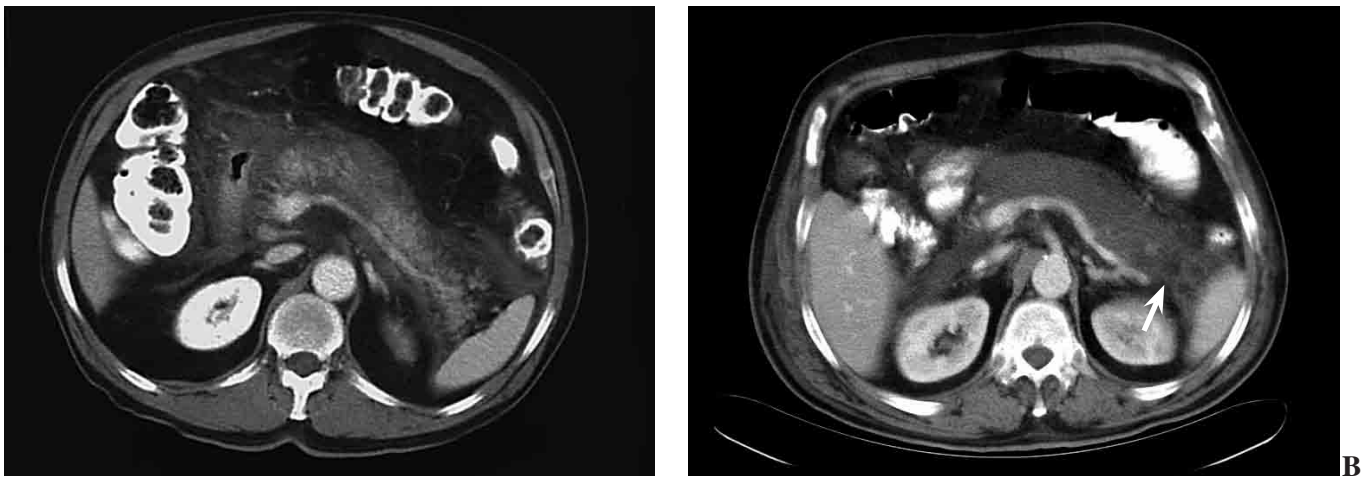
Çevre damarların erozyonuna bağlı olarak psödoanevrizma veya rüptürüne bağlı olarak kanama meydana gelir.

US'de pankreas büyümüştür, hipoekoik yapıdadır ve kenarı düzgündür (Resim 4.155). Normalde karaciğerden yüksek olan pankreas ekojenitesi tersine döner. Tanıda önemli olan yüksek serum amilaz seviyesinin, hastalığın başlangıcında hemen düşmesine karşılık US'deki bu görünümün bir kaç hafta devam etmesi, akut pankreatit tanısında US'nin önemini artırır. Akut pankreatit bazen fokal olabilir. Fokal olduğunda tümörden ayırımı zordur. Fokal pankreatit başta ve kuyrukta görülür; gövdede görülmemesi önemli bir özelliğidir.

Komplike olmayan psödokist genellikle basit bir kist şeklinde, anekoik, düzgün kenarlı bir yapıdır (Resim 4.156). Bazen içerisinde internal eko veren nekroze doku parçalarına ait düzensizlik görülür. Duvarları düzensiz ve multiloküle olabilir; bu durumda ayırıcı tanı apse ve kistadenokarsinoma ile yapılmalıdır. Parkreastaki nekroz alanları US'de bezin heterojen görülmesine neden olur.



Resim 4.156 Pankreas psödo kistinin US görünümü. Kist içerisinde ekojen debrise ait görünümler.



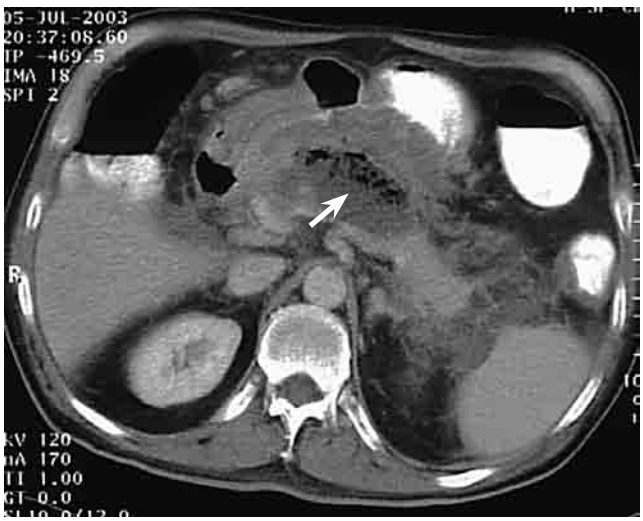
Resim 4.157 Akut pankreatitin BT görünümleri. A. Pankreas büyümüş, kuyruk ve baş kesiminde yer yer hipodens alanlar. B. Büyümüş pankreasta heterojen görünüm. Kuyruk kesiminin kenarlarında bulanıklık (ok).

BT'de organ boyutlarında büyüme ve kenarında bulanıklık ("blurring") görülür. Nekroz alanları nedeniyle kontrastlı kesitlerde nonhomojen kontrast tutulumu izlenir (Resim 4.157). Kontrast tutmayan nekroze alanlarda apse gelişimi beklenmelidir. Apsede nadiren gaz oluşumu görülebilir (Resim 4.158). Apseler 1/3 olguda birden fazla sayıdadır; pankreasta veya dışında olabilirler.

Akut sıvı birikimine bağlı olarak çevre organ ve yapılarda ödem ve enflamasyon görülür. Örneğin gerota fasiyası kalınlaşır, gastrik duvarda kalınlaşma görülebilir. Bu bulgular akut sıvı birikimi gelişen olguların %18'inde vardır. Gerota fasiyalarının iltihabi infiltrasyonu sonucu yoğunluğunun artması ve perirenal yağ dokusunun böbrek çevresinde görece olarak hipodansitesi artmış bir halo şeklinde görülmesine *renal halo işareti* adı verilir.

MR'de, inflamasyon pankreas çevresine yayıldığında çevre yağ dokusunun T1 değeri uzar. Sinyal karakteristikleri pankreasa benzediğinden, pankreası inflamasyonlu çevre yağ dokusundan ayırmak olanaksızlaşır. Bir santimden büyük pankreatik kistler MR ile saptanabilir. Kistlerin sinyal karakteristikleri içeriklerine göre değişir.

Perkütan aspirasyon veya drenaj, 5 cm'den büyük pankreatik psödokistlerde düşünülür. Daha küçük olanlar, kendiliğinden rezorbe olma şansına sahiptir. Perkütan drenajda %10 kadar enfeksiyon riski vardır.



Resim 4.158 Akut pankreatitte apse oluşumu. Pankreas gövdesinde hipodens alan içerisinde gaz görünümleri (ok).

Kronik pankreatit

Tekrarlayan akut pankreatit atakları sonucu gelişir. Parankimal atrofi ve progressif fibrozla seyreder. Pankreasın endokrin ve ekzokrin fonksiyonu bozulmuştur. Olguların %70'i kronik alkoliktir, %20'sinde safra taşı vardır; geriye kalanların çoğunluğu otoimmün pankreatittir ve steroid tedavisine cevap verir. Kronik pankreatitin temel morfolojik bulguları dilate pankreatik kanal (% 70-90), intrapankreatik kalsifikasyon (%40-50) ve pankreatik atrofidir. Kanal genişlemesi yer yer genişleme ve daralmalar şeklindedir; görünümü boncuk dizisine benzetilmiştir. Kalsifikasyon alkolik pankreatitlerde sıktır.

US'de pankreas küçük ve hiperekoik görülür (Resim 4.159). Eko örneği kabalaşmıştır. Bazı olgularda artmış ve azalmış eko örneği gösteren benekli bir gö-



Resim 4.159 Kronik pankreatitin US görünümü. Pankreas atrofik, ekojenitesi artmış, pankreas kanalında düzensiz genişleme (oklar).

rünüm vardır. Bazen organ difüz bir şekilde büyümüş, düzeniz kenarlı lobule bir görünüm almıştır. Bazı olgularda ise bir değişiklik saptanmaz. Kronik pankreatitli hastaların yarısında pankreas normal görülebilir. Yalnız başına artmış ekojenite normalde de görülebilir. Kronik pankreatit tanısı ancak tüm bulgular birarada olduğunda konabilir. Bulguların bir kısmı varsa başka tetkikler, özellikle BT istenmelidir.

Kronik pankreatitin BT bulguları kalsifikasyon, pankreas ve ortak safra kanalında düzensiz genişleme ve organda atrofidir (Resim 4.160). Pankreas kanalının düzgün genişlemesi kanserleri, düzensiz genişlemesi kronik pankreatiti düşündürür. Pankreatik kanalın genişliği US ile daha iyi gösterilebilir, kalsifikasyon BT'de daha iyi görülür.



Resim 4.160 Kronik pankreatitde BT. Yaygın kalsifikasyonlar ve pankreatik kanalda düzensiz genişleme (ok).

Pankreas başındaki fokal kronik pankreatit, kesit görüntüleme yöntemleri ile pankreas kanserinden ayrılamaz; tanı için perkütan biyopsi gerekir.

Pankreasta radyolojik tanı algoritmi

Hızlı, ince ve dolaşım fazlı kesit alabilmesi nedeniyle ÇKBT, pankreasın radyolojik incelemesinde temel tanı yöntemi konumuna gelmiştir. US'nin iki önemli sınırlaması vardır: İyi bir US incelemesinde bile pankreasın %70'inden fazlası görülemez ve US incelemeleri yapana aşırı derecede bağlıdır. Özellikle kuyruk lezyonlarını gaz süperpozisyonları nedeni ile görmek zor olabilir. Bununla birlikte günümüzde karnın tarama yöntemi olarak kullanılması nedeniyle pankreas lezyonlarının ilk görüntüleri US ile elde edilir.

Her iki yöntemin pankreas lezyonların tanısındaki doğruluk oranı yaklaşık %85-90 civarındadır. BT tümör evrelemesinde ve rezektabilite kriterlerinin saptanmasında temel yöntemdir. Akut ve kronik pankreatit bulguları ve komplikasyonları BT ile çok iyi gösterilir. Bununla birlikte her iki yöntem de 1-2 cm daha küçük lezyonları saptamayabilir ve malign/benign ayırımını yapamaz. Histolojik tanı gerekiyorsa US ve BT kılavuzluğunda perkütan biyopsi yapılmalıdır.

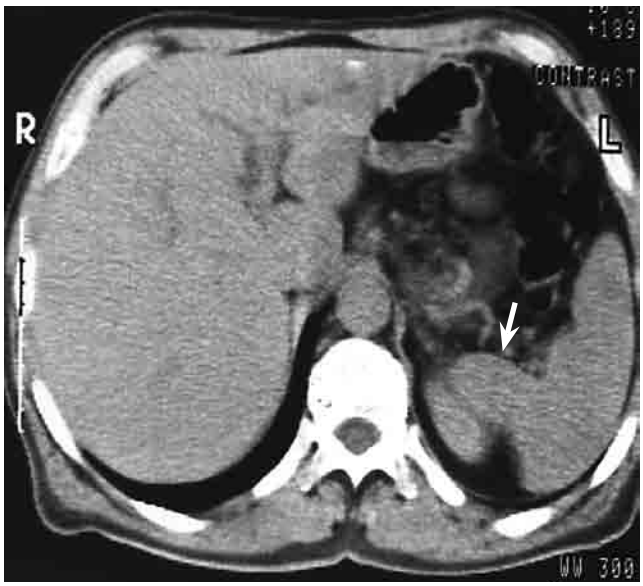
Pankreas hastalıklarının tanı ve değerlendirilmesinde genelde US/BT kombinasyonu yeterlidir. US/BT incelemeleri normal olduğu halde, pankreas hastalığını gösteren belirgin klinik bulgular varsa ERKP yapılır. ERKP'nin pankreas kanserlerinde duyarlılığının BT'den daha yüksek olduğu bildirilmiştir. MR'ın diğer kesit görüntü yöntemlerine bir üstünlüğü yoktur, ancak pankreas kanalı MRKP ile gösterilir. Sintigrafi ise günümüzde kullanılmaz.

DALAK

Anatomi

Dalak sol üst kadrana yerleşmiş intraperitoneal bir organdır. Şekil ve büyüklüğü, farklı bireylerde, hayatın farklı dönemlerinde ve hatta aynı bireyde değişik fizyolojik durumlarda farklılıklar gösterir. Çocuklarda görece olarak büyüktür, yetişkin boyutuna 15 yaş civarında ulaşır. Ağırlığı 100-250 gram arasında değişir. Uzunluğu 12, ön-arka çapı 7, kalınlığı 4 cm'dir.

Dalağın diyafragmatik yüzü konveks, viseral yüzü konkavdır. Viseral yüzü midenin korpus arka duvarı, kolonun splenik fleksurası, böbreğin ve sürrenallerin üst kesimi ile komşuluk yapar. Dalağın şekli hastaya



Resim 4.161 Dalağın anatomik bir varyasyonu: Pankreatikorenal interpozisyon (ok).

göre değişir. Kesit seviyelerine göre de dalak çeşitli şekillerde görülür. En çok karışıklığa neden olan şekil varyasyonu viseral yüzeyin mediyale doğru uzayarak böbreğin önüne gelmesi ve pankreasla böbrek arasında bir kitle görünümü vermesidir (Resim 4.161). Hilusu civarında birden fazla, küçük aksesuar dalak bulunabilir. Aksesuar dalağı en iyi gösteren yöntem radyonüklid görüntülemedir.

Hilusta splenik arter ve ven, altı veya daha fazla dala ayrılarak dalağa girer ve çıkarlar. Splenik venin genişliğini gösteren kesin bir değer yoktur. Bununla birlikte portal hipertansiyon olgularında dalak veninin genişliğinin 13 mm'den daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca solunumla çap değişikliği göstermemesi de portal hipertansiyonun önemli bir bulgusudur.

İnceleme yöntemleri

Diğer parankimal organlarda olduğu gibi temel inceleme yöntemi BT ve US'dir. US tarama yöntemi olarak kullanılır ve çoğu olguda tanı için yeterlidir. MR'nin bu yöntemlere kayda değer bir katkısı yoktur. Sintigrafi dalak dokusunun saptanması gibi spesifik olgularda değerli bilgiler verir. Röntgene nadiren gereksinim duyulabilir, günümüzde terkedilmiştir.

US: Dalak lezyonları ekojenite, boyut ve kenar değişikliği ile karşımıza çıkar. Normal bir dalak ekojen bir kapsül içerisinde, homojen, üniform, eko örneği karaciğere benzer yapıda olan bir organdır. Ekojenitesi karaciğerden hafif düşük, komşu renal parankimden hafif derecede yüksektir.

BT: BT ile dalak, standart olarak kontrastsız ve kontrastlı olmak üzere kalın kesitlerle ve aralıksız taranır. Dinamik çalışma dalağı çevre yapılardan ayırır ve dalak arteri ve veni görülebilir. Kollateraller, varisler ve anevrizmalar dinamik çalışma ile gösterilebilir. Dinamik çalışmada erken dönemde dalağın, parankimin değişik hızda kontrast tutmasına bağlı olarak heterojen boyanması normaldir (Resim 4.162). *Geçici psödokitle* adı verilen bu görünüm yer kaplayan lezyonla karıştırılmamalıdır. Kontrastsız BT'de dalağın yoğunluğu karaciğerden düşük veya karaciğere eşit görülür ve 30-70 HÜ arasındadır (ortalama 42 HÜ) ve karaciğere göre daha az değişkendir. Yoğunluk primer hemokromatozdan etkilenmez.

MR: Sinyal intensitesi karaciğere göre T1AG'de düşük, T2AG'de de yüksektir.Yer kaplayan lezyonların tanısında MR'nin BT'ye bir üstünlüğü yoktur. Tersine dalak lezyonları normal parankimden belirgin sinyal farklılığı göstermediğinden MR ile saptanmaları daha zordur. Bu eksiklik kontrastlı MR ile giderilir. US, BT ve anjiyografide olduğu gibi, MR ile de lenfomanın dalak tutulumu her zaman gösterilemez. Bu konuda yeni geliştirilen kontrast maddelerle yapılan MR çalışma sonuçları ümit vericidir.

RG: Dalağın sintigrafik incelenmesinde Tc-99m sülfür kolloid ve Tc-99m ile işaretlenmiş ve ısıtılarak denatüre edilmiş eritrositler kullanılır. Sülfür kolloid karaciğerde olduğu gibi dalaktaki RES hücreleri tarafından tutulur. Denatüre edilmiş eritrositler ise elastikiyetlerini kaybettikleri için dalak sinüzoidlerini geçemez ve dalakta tutulurlar. Eritrositlerle yapılan sintigrafi dalağın bir bakıma fonksiyonunun değer-



Resim 4.162 Arteriyel fazda alınan kesitte dalakta nonhomojen kontrast tutulumu. Zebra örneği. Normal görünüm.

lendirilmesidir ve son derece selektiftir. Abdomende yalnız dalak görülür hale gelir. Karaciğer süperpozisyonunun ortadan kalkması bu yöntemi ektopik ve aksesuar dalak dokusunu araştırmada değerli kılar. Görüntüler radyonüklidin İV enjeksiyonundan on beş-yirmi dakika sonra alınır. Görüntüler planar alınabilir, ancak varsa SPECT tercih edilir.

Röntgen: Düz röntgende dalakla ilgili kalsifikasyonlar ve belirgin splenomegali görülür. Bu bulgular karın röntgenogramlarında görülür, dalak patolojilerinin araştırılmasında yeri yoktur.

Splenik arterografi anevrizma gibi lezyonları göstermek ve arteriyel portografi yapmak amacıyla uygulanır. Günümüzde yerini ÇKBT'ye terk etmektedir. Splenoportografi endikasyonları Doppler US'nin kliniğe girmesi ile belirgin şekilde azalmıştır.

Splenomegali

Dalağın büyüklüğü US'de genellikle uzun aksıyla değerlendirilir. Uzun aks 10. ve 11. kosta arasından, oblik olarak ölçülür ve normalde 14 cm'yi geçmemelidir. Belirgin şekilde büyümüş dalağı değerlendirmede bir sorun yoktur. Ancak hafif büyümüş bir dalak hakkında karar vermek oldukça zordur. Dalağın özellikle subdiyafragmatik üst kesimi US ile her zaman görülemediğinden tam bir hacim ölçümü çoğu zaman mümkün olmaz.

Dalakta difüz bir büyüme olduğunda konveks ve konkav splenik kenar daha yuvarlanır ve dalak globuler bir görünüm alır. Normal ekojenite ile birlikte görülen kenar değişiklikleri genellikle lobulasyonu temsil eder. Bununla birlikte eğer US'de şüpheli bir durum varsa diğer radyolojik yöntemlere başvurulur. Azalmış ekojenite ile birlikte görülen splenomegalide lenfoma ve lösemik infiltrasyon, artışta ise hematolojik hastalıklar düşünülmelidir.

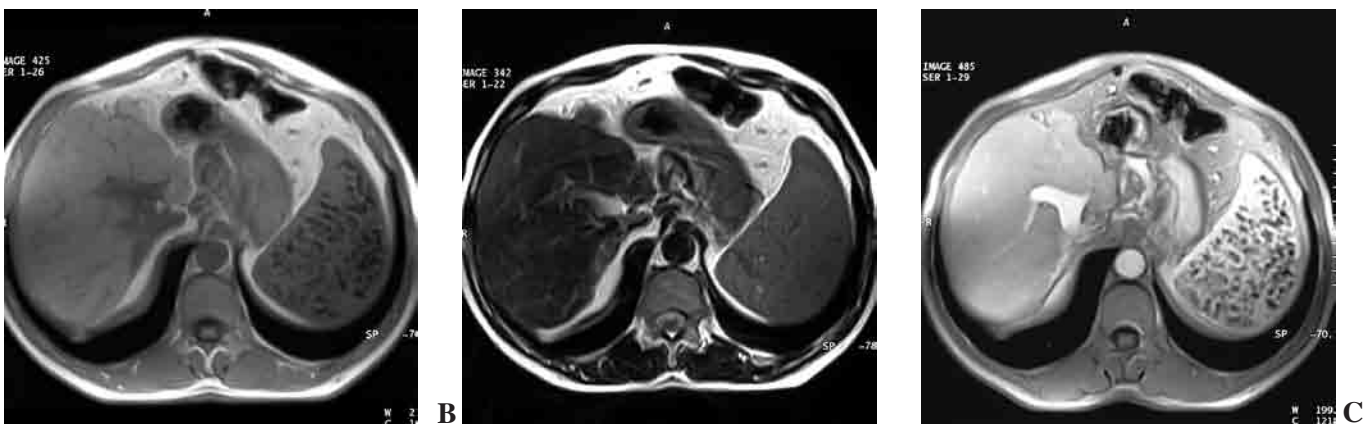
Splenomegaliyi ölçümlerle belirlemek mümkünse de pratikte boyutuyla birlikte şekline ve konumuna bakarak karar verilir. Uzun aksının 14 cm'yi geçmesi ile birlikte, ön kenarının ön aksiller çizgiyi geçmesi, alt kenarının sol böbreğin alt kutbunu geçmesi ve karaciğerin alt kenarından daha aşağıda olması splenomegali bulgularıdır. Büyümüş dalak çevre organlarda, özelliklede sol böbrekte baskı ve yer değişikliğine neden olur.

BT, dalak hacmini doğru bir şekilde ölçer. BT ile dalağın hacmi ±%5 doğrulukla saptanabilir. Radyonüklid görüntüleme hacim saptama yönünden US'den daha değerli değildir. Röntgende splenomegali, sol üst kadranda yoğunluk artımı ve mide gazında mediyale, fleksura linealiste ve sol böbrekte aşağı ve içe yer değişikliği şeklinde görülür.

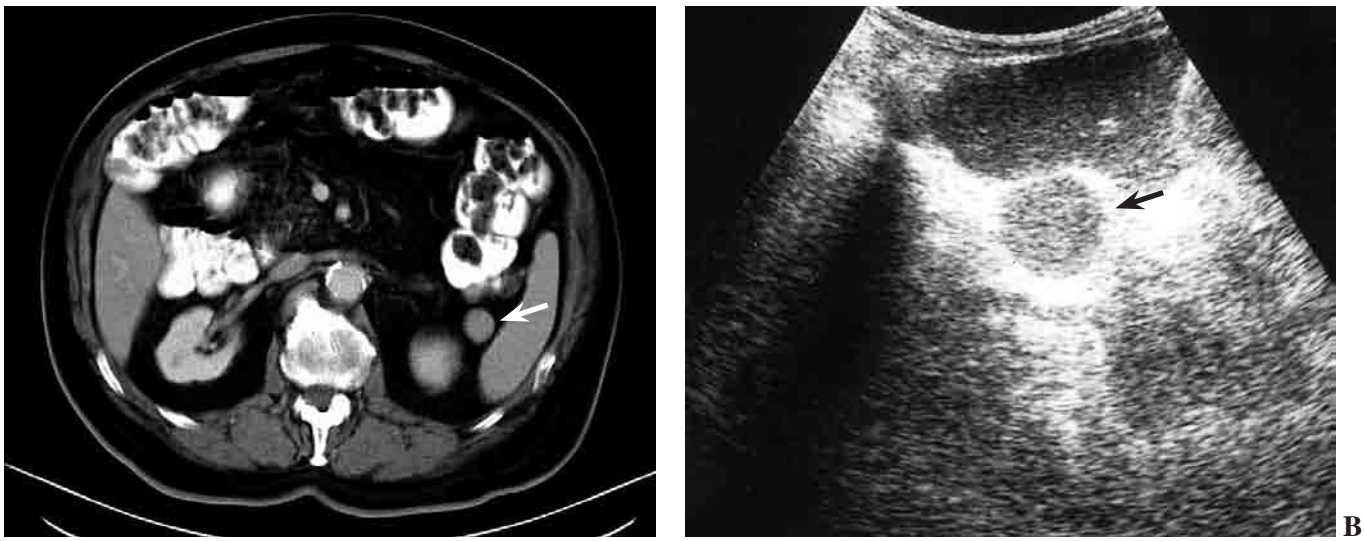
Portal hipertansiyona bağlı olarak gelişen splenomegalilerde bazen MR'de T1AG ve T2AG'de çok sayıda hipointens mikronodül görülür. Portal hipertansiyona bağlı tekrarlayan küçük kanamalar sonucu ortaya çıkan bu nodüllere *Gamma-Gandy* cisimcikleri veya *siderotik nodüller* adı verilir (Resim 4.163). Her iki sekansta da düşük intensitede görülmeleri hemosiderin içeriklerine bağlıdır. Kontrast tutmazlar.

Doğumsal lezyonlar

Aksesuar dalaklar popülasyonda yaklaşık %10 oranında görülür. Genellikle 1 cm'den küçüktür ve büyük çoğunluğu, dalak hilusunda ve dalağın süspansör ligamentinde yerleşmeleri nedeniyle, nadiren görülür. Büyük boyutlu olanlar US ve BT'de dalakla aynı parankim yapısında düzgün kenarlı oval veya yuvarlak kitleler şeklinde saptanabilir (Resim 4.164). Şüpheli olgularda lezyonun dalağa ait olduğu sintigrafi ile gös-



Resim 4.163 Gamma-Gandy cisimcikleri A. T1AG, B. T2AG, C. Kontrastlı T1AG.



Resim 4.164 Aksesuar dalak. Dalak komşuluğunda dalak yoğunluğunda yuvarlak, düzgün kenarlı kitle (oklar). A. BT görünümü, B. US görünümü.

terilebilir. Splenektomiden sonra aksesuar dalaklarda kompansatuar büyüme görülür.

Polispleni ve aspleni dalağın konjenital anomalileridir. Polispleni iki taraflı olabilir. Kardiyovasküler anomalilerle birlikte görülür. Situs inversus ve inferior vena kava anomalileri vardır. Mezenter orta çizgide ve karaciğerin her iki lobu eşit büyüklüktedir.

Dalağın sintigrafide görülmemesi yokluğunu veya nonfonksiyone olduğunu gösterir. Konjenital aspleni "*Ivemark*" *sendromu*nda görülür. Nonfonksiyonun en sık nedeni orak hücreli anemidir. Bu hastalıkta tekrarlayan vasküler trombozlar total splenik enfarktla sonuçlanır. Lenfomanın da nonfonksiyona neden olabileceği bildirilmiştir.

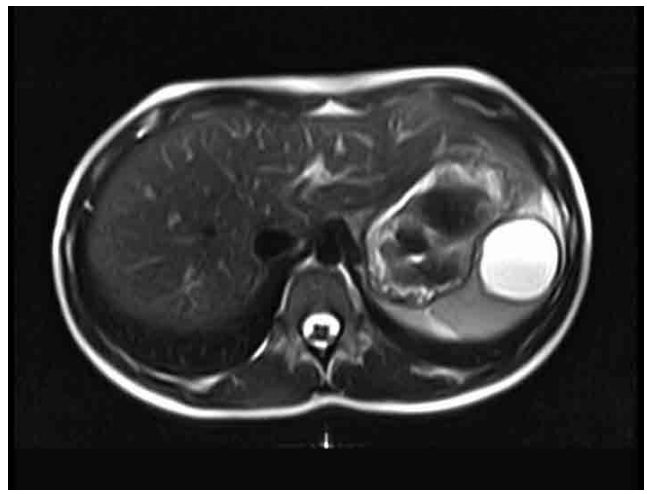
Splenik ektopi splenik pedinkülün normalden uzun olmasına bağlı olarak dalağın mobil olması ve karın içerisinde yer değiştirmesine verilen isimdir. Karnın aşağılarına veya pelvise kadar uzanabilir. Büyük çoğunluğu kadınlarda görülür.

Kistler

Splenik kistler epidermoid, posttravmatik ve parazitik olabilirler. Genellikle soliter lezyonlardır ve 15 cm'den daha büyük boyuta erişirler. Epidermoidler genellikle doğumsaldır ve içleri epitelle kaplı gerçek kistlerdir. Keskin kenarlı, küresel şekilli lezyonlardır ve periferal kesimlerde septaları bulunabilir. Travmatik kistlerin hematomdan sonra geliştiği düşünülür. Dalağın en sık görülen parazitik kisti ekinokok kistleridir ve ülkemizde sık görülür. Dalaktaki kistik lezyonların ayırıcı tanısında nadir görülen dermoid, lenfanjiyom, kavernöz hemanjiyom ve dalak içerisine yerleşen pankreatik psödokist formasyonlarını göz önünde bulundurmak gerekir.

Dalak kistleri US'de keskin kenarlı anekoik yapılar şeklinde görülür. Pankreatik psödokistlerde içinde debrise ait ekojen yapılar bulunabilir. Hidatid kistte ise birçok tipik US bulgusu vardır.

BT ve MR'de kistler benzer morfolojik özellikler gösteren yapılar şeklinde izlenirler (Resim 4.165). Hidatid kist duvarı kalsifiye olabilir.



Resim 4.165 Dalak kisti. T2AG'de düzgün ve ince duvarlı hiperintens küresel lezyon.



Resim 4.166 Dalak apseleri. Dalak içerisinde düzensiz görünümlü hipoekoik lezyonlar.

Splenik apseler

Sık görülmez. Tek veya çok sayıda olabilirler. İmmün sistemi baskılı olgularda sık görülür. Apse, sınırları iyi seçilemeyen hipoekoik yer kaplayan lezyon şeklindedir. İçerisinde gaz bulunabilir. BT'de kapsülsüz hipodens alanlar şeklinde görülürler (Resim 4.166).

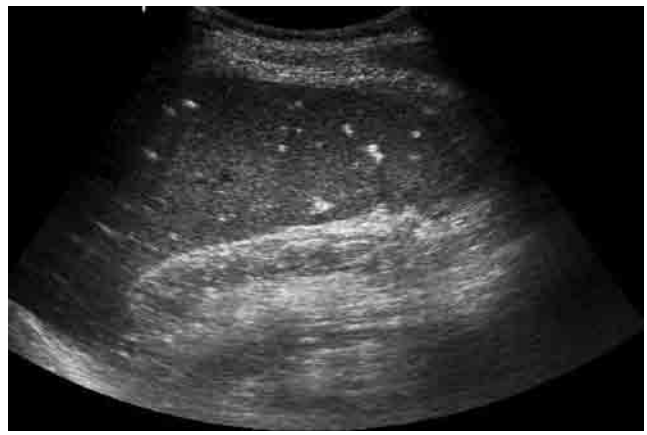
İmmün sistemi baskılı olgularda mantar, TB ve CMV gibi nedenlere bağlı olarak 5-10 mm boyutunda mikroapseler görülebilir. Ayırıcı tanıları dalağı benzer şekilde difüz olarak tutabilen lenfoma, sarkoidoz, metastaz ve portal hipertansiyondaki siderotik nodüllerle (Gama-Gandy cisimcikleri) yapılmalıdır.

Tüberküloz ve sarkoidoz

TB lezyonları sıklıkla kalsifiyedir. Kalsifikasyonların akustik gölgesi vardır (Resim 4.167). Çok küçük kalsifik odakların akustik gölgesi bulunmayabilir. Kalsifikasyon düz röntgenogramlarla ve BT ile daha iyi saptanır. Granülomlar (tüberküloz, sarkoidoz) dalağı miliyer hipoekoik/hipodens lezyonlar şeklinde tutabilir (Resim 4.168). İyi sınırlanmayan fokal hipoekoik alanlar şeklinde de görülebilirler. Bu durumda granülomlar diğer hipoekoik lezyonlardan (apse, metastaz, lenfoma) ayrılamaz. Birlikte karaciğer tutulumu da görülebilir.

Tümörler

Dalağın primer tümörleri nadirdir. Hemanjiyom, dalağın en sık görülen benign tümörüdür ve otopsi serilerinde %14 oranında saptanır. Radyolojik görünümü karaciğer hemanjiyomunun görünümüne benzer. Ortasında noktalı, çevresinde ince kalsifikasyonlar bulunabilir. Kontrast tutma şekli değişkendir; periferden başlayan tipik kontrast tutma şekli dalak hemanjiyomlarında nadiren görülür. Lenfanjiyom, hamartom ve dermoid dalakta görülebilen diğer benign tümörlerdir.



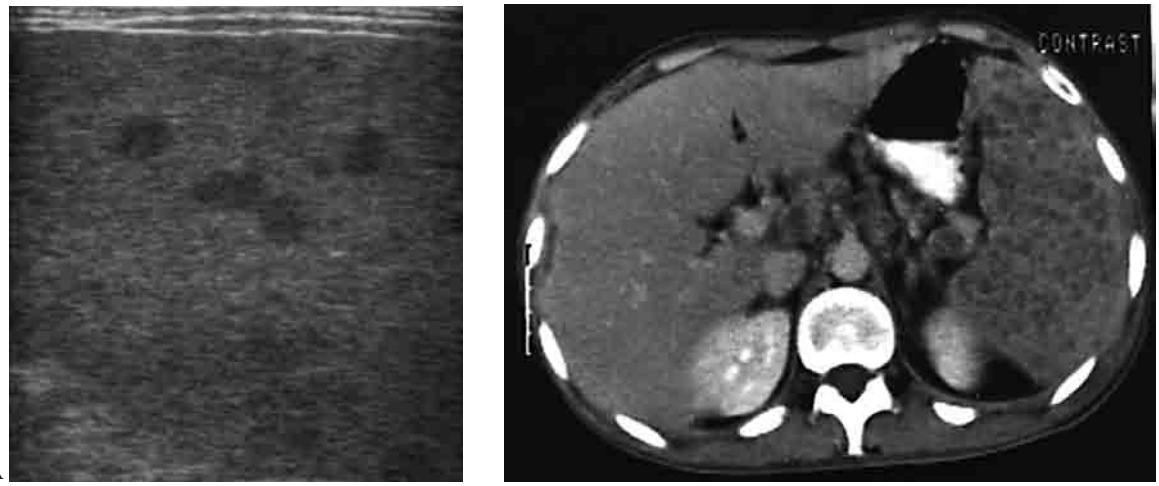
Resim 4.167 Dalakta kalsifiye granülomların US görünümleri.

Dalağın primer malign tümörü anjiyosarkomdur. Çok nadir görülür. Birden fazla sayıda iyi sınırlı, belirgin kontarast tutan nodüller şeklindedir. Bazen tutulum difüzdür. Tümör agressiftir ve tanı konduğunda genellikle başta karaciğerde olmak üzere yaygın metastazları vardır.

Dalakta metastaz da sık görülmez. Kanserden ölenlerin otopsilerinde %7 oranında saptanmıştır. Dalak metastazları çoğu zaman mikroskopik boyuttadır ve radyolojik yöntemlerle saptanmaz. Dalakta görülen metastazların primerleri meme, akciğer ve over tümörleridir. Malign melanom olgularının yarısında dalağa metastaz olduğu bildirilmiştir. Pankreas ve kolon kanserleri de dalağa metastaz yaparlar. Metastazlar genellikle US'de hipoekoik, BT'de hipodens kitleler şeklindedir. Yeteri kadar büyüklerse sintigrafide birden çok soğuk alan şeklinde görülür. Dalağın difüz tutulumunda ise splenomegali dışında bir bulgu yoktur.

Lenfoma

Lenfomada splenomegali olsa bile infiltrasyon ancak olguların yarısında saptanabilir; non-NHL'de bu oran daha yüksektir. Dalaktaki lenfoma tutulumu US'de, ya sınırları iyi seçilemeyen ve 3 mm'den 3 cm'ye kadar değişen büyüklükte hipoekoik lezyonlar şeklinde ya da difüz şekildedir (Resim 4.169). Fokal lezyon-



A B

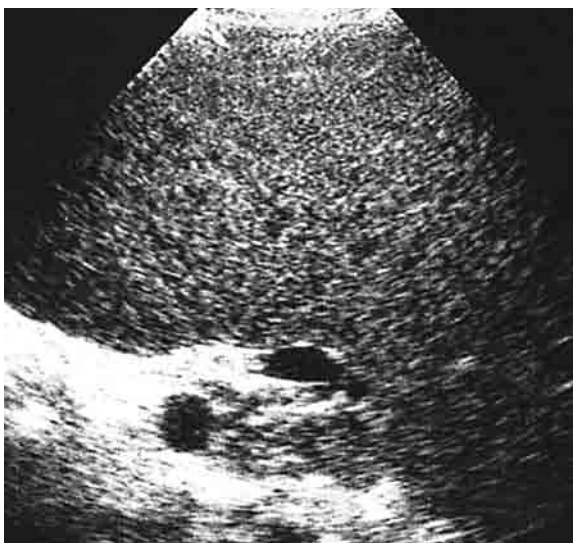
Resim 4.168 Dalak tüberkülozu. A. US B. BT görünümleri. Dalak içerisinde hipoekoik ve hipodens granüler görünümler.

lar daima hipoekoiktir. Splenik hiler lenfadenomegali görülebilir. Difüz tutulumda dalak hipoekoik görünümdedir. Bu görünümün fokal lezyonların birleşmesinden oluştuğu kabul edilir (Resim 4.170). Lenfoma infiltrasyonu bazen splenik apseye benzer görünüm verebilir. In-111 ile işaretlenmiş lökositlerle yapılan radyonüklid çalışmasında inflamatuar lezyonlar artmış aktivite alanları şeklinde görülerek lenfomadan ayrılır.

Lenfomanın fokal tutulumunda lezyonlar BT'de hipodenstir. Difüz infiltrasyonu saptamada BT güvenilir bir yöntem değildir; infiltrasyon genellikle görüntülenemez. Lenfoma ve löseminin, sintigrafik görünümleri splenomegali ve statik görüntülerde fokal veya difüz azalmış aktivite alanları şeklindedir. Splenik tutulmayı saptamada duyarlılık ve spesifitesinin yüksek olmaması nedeniyle, sintigrafi hastalığın evrelenmesinde sınırlı bir değere sahiptir.

Dalak tutulumunun yaklaşık 1/3'ünde dalak radyolojik olarak normaldir ve splenomegali görülmez. Splenomegalinin lenfoma tanısındaki duyarlılığı %36, özgüllüğü %61 civarındadır. Dalak hilusunda lenfadenomegali varlığı duyarlılığı arttırır.

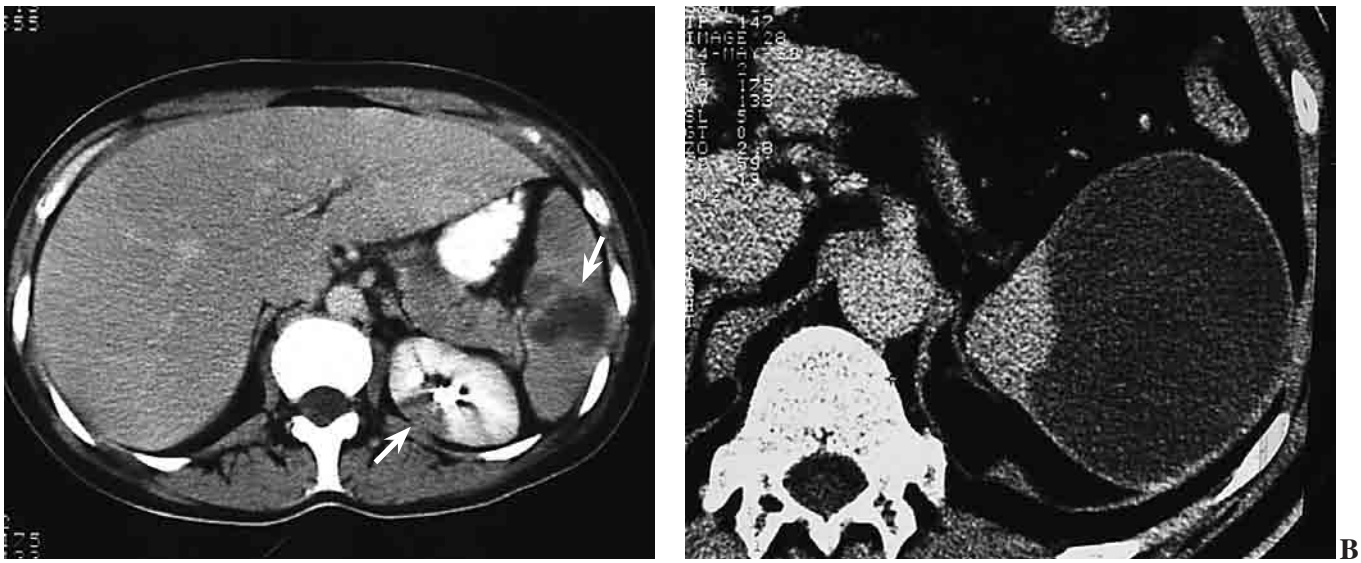
Lenfomada karaciğer tutulumu dalaktan azdır. Tutulum dalakta olduğu gibidir. Daha da az sıklıkta görülen pankreas tutulumu ise diğer tümörlerden ve lenf nodu metastazlarından ayrılamaz.



Resim 4.169 NHL'nin US görünümü. Dalağı baştan başa kaplayan hipoekoik miliyer görünüm.



Resim 4.170 NHL'de BT görünümü. Dalak içerisinde sınırları seçilemeyen hipodens alanlar.



Resim 4.171 Dalak infarktının BT görünümleri, A. Dalakta ve böbrekte kapsüle dayanan kontrast tutmayan alanlar (oklar), B. İnfarkt sekeli kist.

Enfarkt

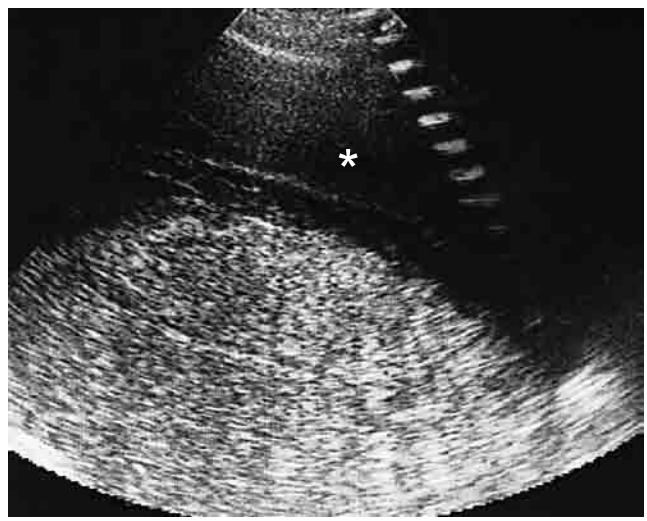
Dalakta sık görülen lezyonlardan biridir. Splenik arterin veya dallarının trombo-embolik tıkanmasına bağlıdır. Emboliler genellikle kalpten (atrial mural trombus, bakteriyel endokardit, enfarktüs gibi) veya aortik lezyonlardan orijin alır. Tromboz, arterioskleroza, inflamatuar veya neoplastik pankreas hastalığına bağlı olarak gelişebilir. Orak hücreli anemi dalak enfarktının en sık nedenlerinden biridir. Dalağın lenfoma infiltrasyonu enfarkt için predispozan bir faktördür.

Akut evrede US'de tabanı periferde, tepesi dalak hilusunu gösteren piramit şeklinde hipoekoik alan görünümündedir (Resim 4.171). Her zaman bu tipik şekil bulunmayabilir. Zaman geçtikçe başlangıçtaki hipoekoik görünüm fibroz gelişmesiyle hiperekoik şekle döner. Kronik evrede enfarkt alanı likefiye olarak psödokist gelişebilir. Sekel alanı bazen kalsifiye olabilir.

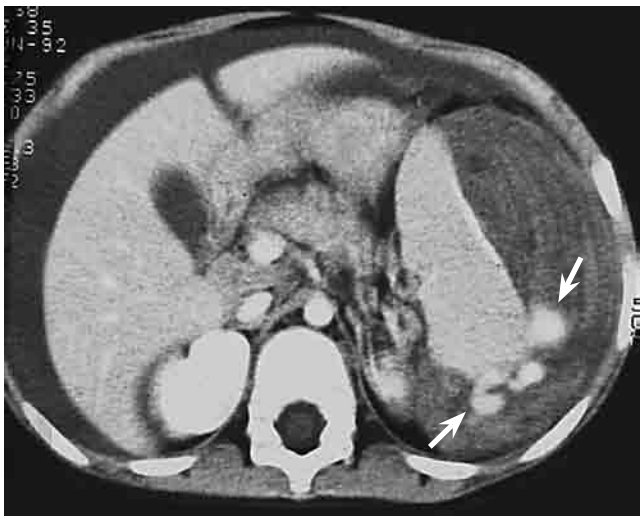
Enfarktın karakteristik morfolojisi BT ve MR'de de izlenir; enfarkt alanı kontrast tutmaz. Sintigrafide, dinamik çalışmalarda periferde kama şeklinde avasküler bir zon saptanır. Statik çalışmalarda enfarkt soğuk alan şeklinde görülür.

Travma

Travmada sol üst kadran ağrısı, muhtemelen kaburga kırıkları, açık yara veya bandaj nedeniyle hastaya US yapmak zor olabilir. US'de splenik laserasyon, intrasplenik hematom, splenik kontüzyon, subkapsüler hematom ve ekstrasplenik kanama saptanabilir. Splenik travma ile birlikte görülebilen sol plevral ve intraperitoneal sıvı iki-dört haftada rezorbe olur. İntrasplenik hematom ve kontüzyon önce hipoekoik bir lezyon şeklinde görülür (Resim 4.172). Kısa bir süre sonra, pıhtı oluşması nedeniyle hiperekoik görünüm alır. Daha sonra hematom yaşlandıkça tekrar hipoekoik görünüm ortaya çıkar. Tam rezorbsiyonu yaklaşık bir yıl sürebilir. Olguların %1-2'sinde 48 saat sonra geç rüptür görülür.



Resim 4.172 Dalakta subkapsüler hematom. Belirgin hipoekoik görünüm (*).



Resim 4.173 Dalakta subkapsüler hematom. Kapsül altında yer yer yoğunluğu artmış hipodens görünüm. Hiperdens görünümler muhtemelen kontrast maddenin ekstravazasyonuna bağlı (oklar). Kapsül boyanması ve karaciğeri saran serbest peritoneal sıvı görülüyor.

BT kesitleri travmadan hemen sonra alınmışsa subkapsüler hematom izodenstir; gittikçe yoğunluğu düşerek hipodens bir görünüm alır (Resim 4.173). Kapsül boya tutar. Laserasyonda yarık, kenar düzensizliği ve çevrede hematom görülür.

Lezyonlar sintigrafide hipoaktif alanlar şeklinde görülür. İncelemede Tc-99m işaretli denatüre eritrositler kullanılır. Lezyonları saptamada yöntemin duyarlılığı %90 civarındadır.

Künt abdominal travmada ilk ve temel yöntem BT'dir. BT ile saptanan lezyonlar US ile izlenir.

Splenozis: Dalağın travmatik rüptürü sonucu dalak dokusu periton içerisine dağılır. Birlikte diyafragma da yırtılmışsa toraks boşluğuna da implante olabilir. İmplantlar birden çok sayıdadır ve boyut ve şekilleri değişiktir; görünümleri metastaza benzeyebilir. Zamanla büyürler; fonksiyone dalak dokusu sintigrafi ile saptanabilir.

Damar lezyonları

Splenik venin izole trombüsünde gastrik fundusta varisler görülür. Özofagus varisi ve portal basınç artımı yoktur.

Splenik arter aort ve ilyak arterlerden sonra anevrizmanın en sık görüldüğü 3. yerdir. Kadınlarda 30-60 yaşlarında sıktır. Konjenital olanlar genellikle tektir, sirozda birden fazla seviyede görülür.

PERİTON

İnceleme yöntemleri

Peritonu tutan hastalıkların tanısında temel tanı yöntemi olarak US ve BT kullanılır. Diğer yöntemler problem çözücüdür.

Anatomi

Periton vücudun en büyük seröz membranıdır. Paryetal yaprağı karın duvarını viseral yaprağı organların yüzeyini örter. Viseral periton organlara çok sıkı yapışıktır ve organın bir parçası gibi davranır. Her iki yaprak arasındaki potansiyel boşluğa periton kavitesi adı verilir. Periton boşluğunda normalde görülemeyen çok az bir sıvı vardır.

Birçok peritoneal ligament ve kıvrım, organları birbirine ve abdominal ve pelvik duvarlara bağlar. Çoğunluğu normalde görülmeyen bu yapılar peritoneal kavite sıvı ile dolduğunda veya hastalık nedeniyle kalınlaştıklarında görülür hale gelir. Yağ ve kan damarları içeren normal ince bağırsak mezenteri BT ile US'den daha iyi görüntülenir.

Periton boşluğu transvers kolonun mezosu tarafından yukarı ve aşağı olmak üzere iki bölmeye ayrılır (Tablo 4.4). Supramezokolik bölgede diyafragma altındaki kesim subfrenik, karaciğer altındaki kesim ise subhepatik bölge adını alır. Subfrenik kesim falsiform ligamentle sağ ve sol olmak üzere ikiye ayrılır.

Falsiform ligament karnın ön duvarından uzanan paryetal peritonun iki yaprağının yaptığı bir kıvrımdır; göbekten karaciğere uzanır. İçerisinde, alt kenarı boyunca kapalı olan umbilikal ven uzanır. Bir bağ

Tablo 4.4 Peritoneal bölmeler

- **Supramezokolik**
  - Subfrenik
  - Subhepatik
    - Ön subhepatik alanı
    - Arka subhepatik alanı
      - Sağda Morison cebi
      - Solda omental bursa
- **İnframezokolik**
  - Parakolik (sağ, sol)
  - İnfrakolik (sağ, sol)
- **Pelvis**
  - Supravezikal
  - Retrovezikal (Douglas)
  - Paravezikal

şeklini almış bu yapıya ligamentum teres adı verilir. Falsiform ligament karaciğerin ön üst kesiminde ikiye ayrılır ve koroner ligamenti yapar. Koroner ligament karaciğeri diyafragmaya bağlar. Koroner ligament yapraklarının arasında kalan karaciğer yüzeyi diyafragma ile doğrudan temas eder. Karaciğerin doğrudan diyafragmayla temas ettiği, peritonun olmadığı bu yüzeye *çıplak alan* adı verilmiştir. Periton boşluğu ile ilişkisiz olan bu kesimde toplanan sıvı ya plevraya veya karaciğere aittir, periton sıvısı olamaz.

Sağ subfrenik alan karaciğerin etrafını çevreler ve aşağıda subhepatik alanla birleşir. Subhepatik bölge de ön ve arka olmak üzere ikiye ayrılır. Arka bölmelerden sağdaki karaciğer ile böbrek arasındadır ve Morison cebi adını alır, soldakini ise bursa omentalis yapar. Morison cebi sırtüstü yatan hastada peritonun en derin yeridir ve az miktardaki sıvı bu bölmede araştırılır.

Sol subfrenik alan (perisplenik bölge) subhepatik alanla doğrudan ilişkilidir. Bu alan pankreas kuyruğundan çıkan lezyonların ve dalak yırtılmasında kanın toplandığı bölmedir. Sol subhepatik alan (gastrohepatik girinti) duodenal bulbus, midenin küçük kruvaturu, safra kesesi ve karaciğerin sol lobunu tutan hastalıkların yayılım yeridir.

Küçük omentum gastrohepatik ve hepatoduodenal ligamentten oluşur, mide ve duodenumu karaciğerin alt yüzüne asar. Küçük omentum sol subfrenik bölmenin ön parçasını oluşturan gastrohepatik girintiyi küçük peritoneal boşluktan ("lesser sac") ayırır. Küçük peritoneal boşluk izole bir peritoneal bölmedir; ön yüzünü midenin arka duvarı ve büyük omentum, sağ yüzünü küçük omentum, arka yüzünü pararenal bölmenin ön duvarı, sol yüzünü gastrosplenik ligament, alt yüzünü transvers kolon ve mezosu yapar. Üst tarafta diyafragmayla çevrelenmiştir. Bu boşluk büyük periton boşluğu ile hepatoduodenal ligamentin alt kenarı ile çevrelenmiş epiploik foramen (Winslow forameni) aracılığı ile birleşir. Küçük peritoneal boşluk mide ve pankreas gibi komşu organların lezyonlarınca tutulur; ana periton boşluğunun tutulmasından genellikle etkilenmez. Normalde kollabe bir potansiyel boşluk olan bu bölme sıvı toplanmasıyla büyük boyutlara ulaşabilir. Üst kesiminde doğrudan diyafragma ile çevrelenmiş olması akut pankreatitlerde sol plevral boşlukta neden sıvı toplandığını açıklar.

Büyük omentum mideyi çevreleyen periton yapraklarının aşağıya doğru uzanıp bir kıvrım yaptıktan sonra yukarı doğru dönerek transvers kolonu sarması sonucu ortaya çıkan bir yapıdır. Her biri iki periton yaprağından oluşan iki yaprağın birleşmesiyle meydana gelir. Ön karın duvarının arkasında karın boşluğundaki bağırsakların üstünü örten önlük şeklinde bir yapıdır. Karın içindeki iltihaplanmaları, perforasyonları sınırlayan bir bekçi görevi yapar. Periton metastazlarının sık yerleştiği yerdir.

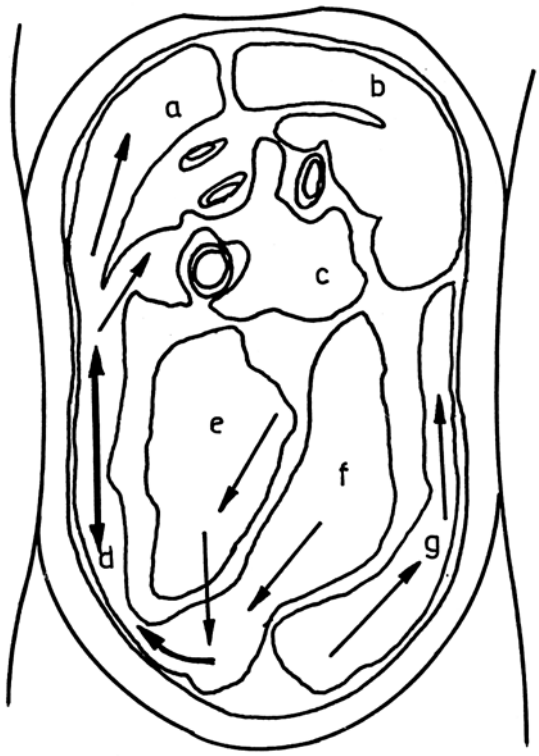
Büyük omentumun transvers kolonu saran yaprakları mezokolon adıyla arkada karın duvarına yapışır. Mezokolonun altında kalan kesime inframezokolik alan denir. Bu alanın diğer kolon segmentleri ile çevrili ortadaki kesimine infrakolik alan adı verilir. İnen ve çıkan kolonların dış kenarları ile karın duvarı arasında kalan kesimler ise parakolik alandır ve parakolik oluk ("gutter") adını alır.

İnframezokolik bölge pelvis boşluğu ile doğrudan ilişkilidir. Pelvis boşluğunda supravezikal, retrovezikal (Douglas boşluğu veya "cul-de sac") ve paravezikal bölmeler vardır. Pelvis boşluğu parakolik oluklarla yukarıya doğru uzanır. Parakolik oluklardan soldakinin üst kenarı frenikokolik ligament ile sınırlanmıştır; sağda ise böyle bir sınır yoktur. Dolayısıyla pelvis boşluğu sağda supramezokolik bölge ile ilişkilidir; pelvis kaynaklı sıvılar Morison poşunda izlenebilir (Şekil 4.4). Akut karın kliniği veren bir olguda Morison poşundaki sıvı, akut kolesistit komplikasyonu veya akut pankreatitin otolizisine bağlı olabileceği gibi, ektopik gebeliğin kanamasına bağlı da olabilir.

Peritoneal serbest sıvı

Peritoneal serbest sıvıyı saptamada en duyarlı yöntem US'dir. US ile 10-15 ml sıvı saptanabilir. Transvaginal US ile daha da azı görülebilir. Serbest sıvı en erken Douglas boşluğu gibi aşağı bölgelerde saptanır. Prodüktif çağdaki kadınlarda ovülasyon süresince Douglas boşluğunda az miktarda görülen sıvı fizyolojiktir. Değişik nedenli abdominal US yapılan çocuklarda da az miktarda periton sıvısı ile karşılaşılmaktadır.

Peritoneal serbest sıvı transüda veya eksüda vasfındadır. Protein içeriği 2.5 mg/10 ml'den, yoğunluğu 1016'dan az olan sıvılar transüda olarak değerlendirilir. Peritonda serbest sıvı nedenleri Tablo 4.5'de özetlenmiştir.



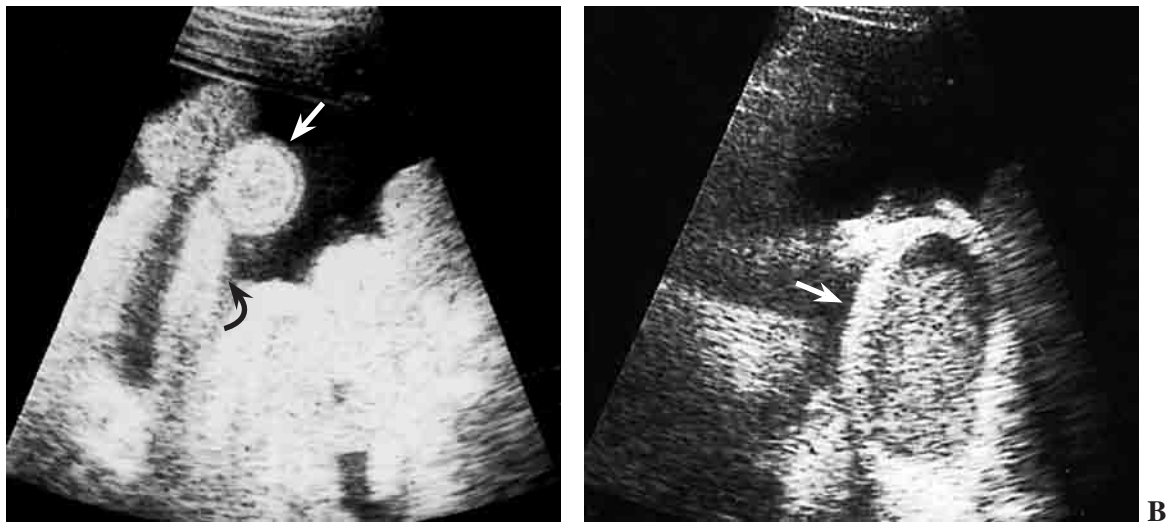
Şekil 4.4 Peritoneal serbest sıvının dinamiği, a. Sağ subfrenik alan, b. Sol subfrenik alan, c. Omental bursa, d. Sağ parakolik oluk, e. Sağ inframezokolik alan, f. Sol inframezolik alan, g. Sol parakolik alan.

Tablo 4.5 Peritonda serbest sıvı nedenleri

Transüda (Protein < 2.5 mg/10 ml, dansite < 1016)
Siroz
Hepatik sinüzoidal basınç artımı
Sağ kalp yetmezliği
Konstriktif perikardit
Hepatik ven trombozu
Hipoalbuminemi
Nefroz
Protein kaybettiren enteropati
Meigs sendromu
Eksüda
İnfeksiyon
Tümör

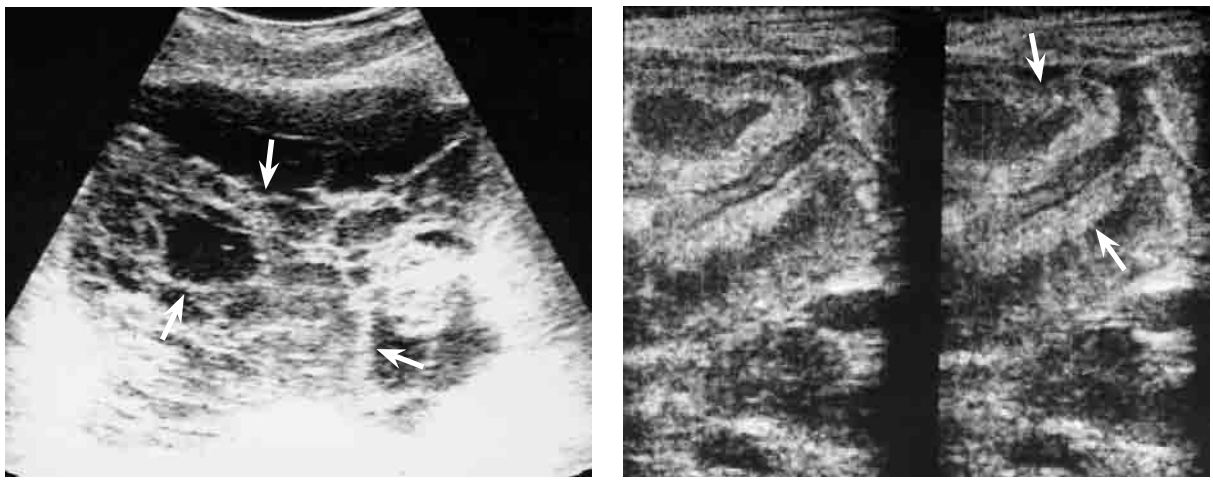
Radyolojik olarak transüda ve eksuda ayırımını her zaman yapmak olası değildir. Transüda US'de berrak bir sıvı görünümündedir; bağırsaklar serbesttir; safra kesesi duvarı genellikle kalın görülür. Eksüda ise internal ekolar ve/veya hareketli fibrin septaları içerir (Resim 4.175). Periton yüzeyleri kalınlaşır. Bağırsaklar birbirine yapışır. Omentum infiltrasyon nedeniyle kalınlaşabilir (*omental kek*). Eksuda orantısız dağılıma ve lokülasyona meyillidir. Örneğin bursa omentaliste orantısız sıvı birikimi komşu organların hastalandığını veya malign nedene bağlı eksüdayı düşündürür. Bununla birlikte eksüdaların yaklaşık %25'i US'de transüda görünümündedir. Peritoneal sıvısı BT'de organları çevreleyen hipodensite şeklindedir. TB peritonitte olduğu gibi eksudanın yoğunluğu BT'de transüdadan yüksek olabilir.

Peritondaki sıvının nedenini saptayabilmek için



A **B**

Resim 4.174 Transüda karakterinde peritoneal sıvı: Karaciğer sirozlu bir olguda peritoneal serbest sıvı. A. Sıvı içerisinde serbest yüzen bağırsaklar (ok) ve mezanterleri (kıvrık ok), B. Kalınlaşmış safra kesesi duvarı (ok) ve içerisinde koyu safra.



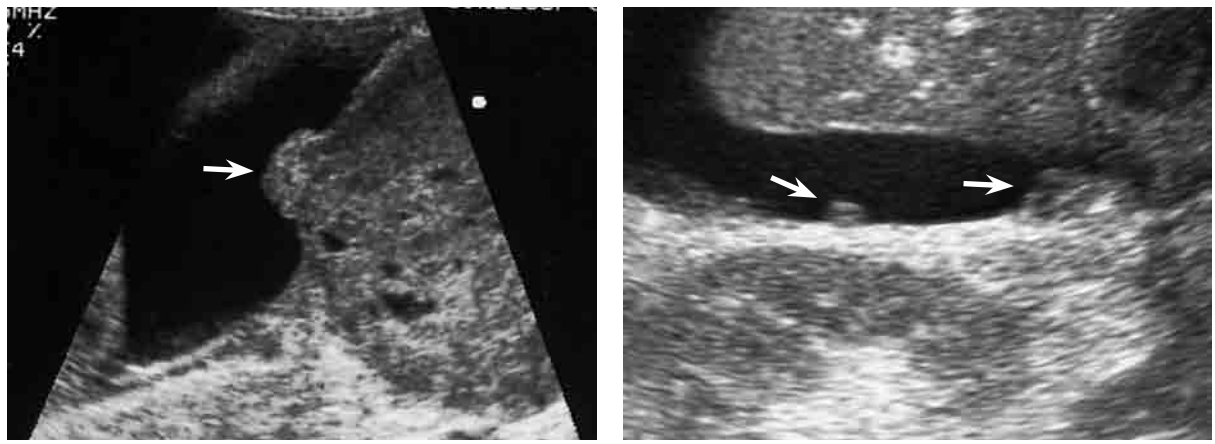
Resim 4.175 A. Periton içerisinde eksuda görünümü. Peritoneal sıvı içerisinde ekojen fibrin septaları görülüyor (oklar). B. Peritonitte kalınlaşmış bağırsak duvarlarının bir araya gelerek bir kitle oluşturduğu görülüyor (oklar).

sıvının US görünümü ile birlikte sıvıya neden olabilecek hastalıkların diğer bulgularının araştırılması gerekir. TB peritonitte lenfadenomegaliler, peritoneal karsinomatozda ise lenfadenomegaliler dışında periton implantları görülebilir (Resim 4.176). TB peritonitte US'de görülen fibröz bantlar BT ile saptanamaz. TB peritonitteki ince ve hareketli bu septa görünümlerine karşın malign nedenli septasyonlar daha kalın ve rijiddir. Mezotelyom olgularında ise peritoneal sıvı miktarının TB ve karsinomatozda görülenden az olması tipiktir. Sıvının BT dansitesi de ayırımda yardımcı olabilir. Seröz asit –10 ile +10 HÜ arasındadır. Eksüda vasfındaki asitin dansitesi 15 HÜ'den yüksektir, kanamada ise bu değer +45 HÜ'nün üzerine çıkar.

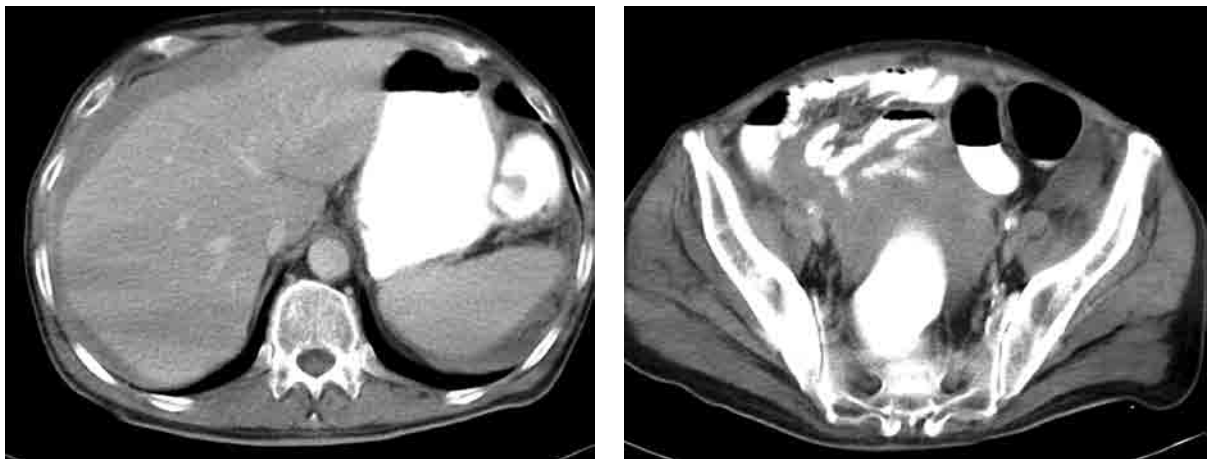
Peritoneal kanama

Abdominal travmalarda dalak ve karaciğer rüptüre olursa periton içine kanama görülür. Peritona olan kanamanın US görünümü zamana göre değişiktir. Hemorajinin olduğu akut dönemde kan, sıvı gibi hipoekoik görünümdedir. Bir kaç gün sonra hematom teşekkül eder. Büyük bölümü hiperekoik solid görünümde olan hematom içerisinde kana ait hipoekoik küçük alanlar vardır. Daha sonra, likefiye olan hematom; içerisinde yer yer rezidüel pıhtıya bağlı solid kesimler bulunan sıvı görünümü alır. Solid yapıdaki pıhtıyı, benzer ekojenitede olduğu için, karaciğer ve dalaktan ayırmak zordur. Bu nedenle travma geçirmiş bir olguda büyümüş dalak dikkatli incelenmelidir.

Kanamada sıvının yoğunluğu BT ile ölçülebilir



Resim 4.176 Tümörün peritoneal yayılımı peritoneal implantlar, A. Over karsinomlu bir olguda belirgin peritoneal sıvı ve peritoneal implant (ok). B. Karaciğer ile böbrek arasında (Morison poşunda) peritoneal serbest sıvı ve peritoneal implanta ait nodüler görünümler (oklar).



Resim 4.177 Peritoneal kanama. A. Karaciğer ve dalak çevresinde assite göre hiperdens sıvı. B. Hiperdens sıvının pelvis içerisinde bağırsak yapılarını çevrelediği görülüyor.

(Resim 4.177). MR, sinyal intensiteleri nedeniyle kanamayı sıvıdan kolaylıkla ayırır.

Psödomiksoma peritonei

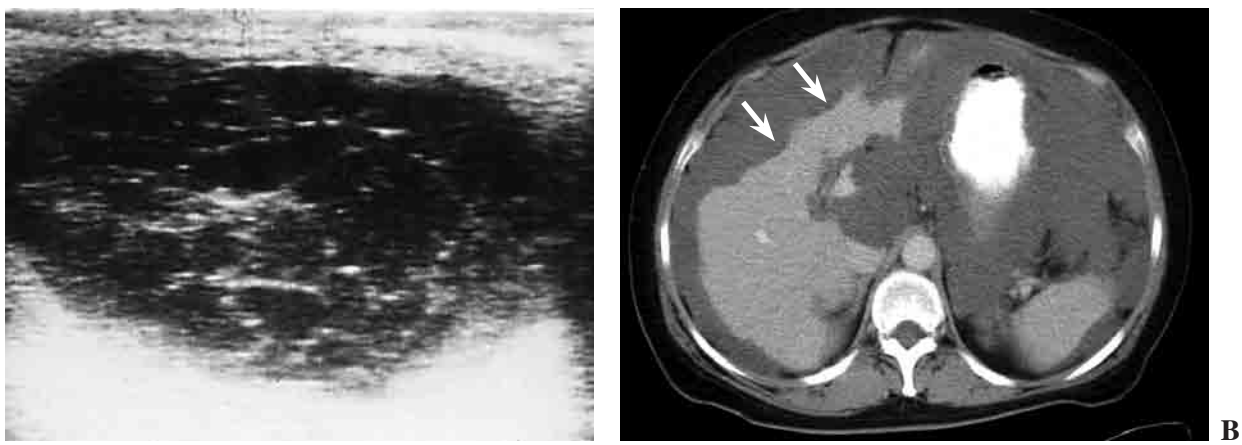
Appendiksin mukoselinin perforasyonu ile musin yapan hücrelerin veya overin müsinöz tümörlerinin ve daha nadir olarak da kolonun musinöz adenokarsinomlarının peritoneal yayılımı sonucu ortaya çıkar. Peritoneal yüzeylerde ve omentumda jelatinöz müsinöz implantlar ve masif jelatinöz asit vardır. US'de periton boşluğu çok sayıda, duvarları ekojen küçük hipoekoik kistlerin birleşmesinden oluşan *manto şeklinde* bir yapıyla doldurulur (Resim 4.178). Bazı olgularda 5-20 mm'lik müsin toplarının asit içerisinde yüzdüğü veya tabana çöktüğü görülür.

BT'de periton boşluğu, yoğunluğu 15-30 HÜ olan hipodens bir materyalle doludur. Yüzeylere yapışması sonucu kenar düzensizliği oluştururlar. Hipodens alanlarda düzensiz septasyonlar görülebilir. Kontrastlı kesitlerde müsinöz materyal boya tutmaz.

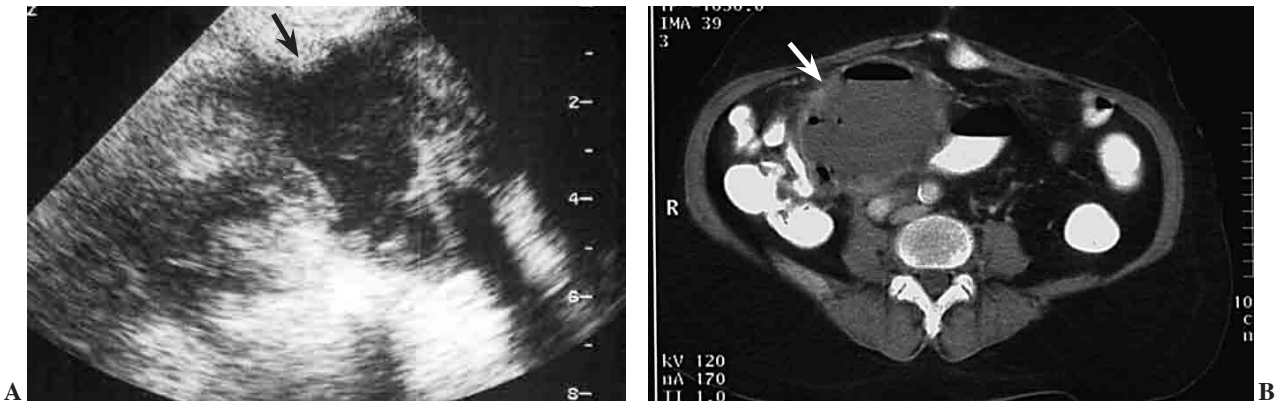
Peritoneal apse

Peritoneal boşlukta fokal sıvı birikintilerinin en sık nedeni apselerdir. Apse US'de eliptik şekilli yer kaplayan lezyon olarak görülür. İçinde ekojen yapılar ve debris bulunan kistik bir oluşumdur ve ince düzensiz bir kenarı vardır (Resim 4.179). Apse tanısında US'nin duyarlılığı değişik çalışmalarda farklıdır; %44 kadar düşük veya %93 kadar yüksek olduğu bildirilmektedir.

BT'de intraperitoneal apselerin yoğunluğu 15-35 HÜ'dür, içerisinde gaz görülebilir. Ekstraperitone-



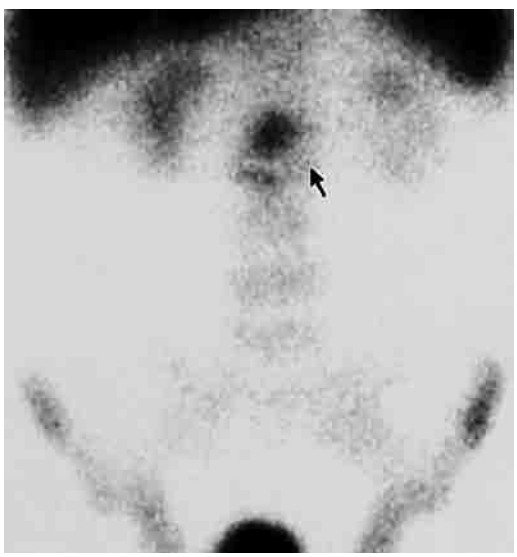
Resim 4.178 Psödomiksoma peritonei. A. US'de ekojen yapılar içeren koyu peritoneal sıvı. B. BT'de tipik görünüm. Karaciğer konturunda düzensiz görünüm (oklar).



Resim 4.179 İntraperitoneal apse. A. Bağırsaklarla çevrelenmiş düzensiz kenarlı sıvı birikimi (ok). B. Bir başka olgunun BT kesitinde perfore apandisite bağlı hava-sıvı seviyesi içeren apse görünümü (ok).

al yağı oblitere ederler. Çevre yapılar kalınlaşmıştır. Olguların 1/3'ünde duvar kontrast tutar. BT, US ve Gallium-67 ile veya Indium-111 ile işaretlenmiş lökositlerle yapılan radyonüklid görüntülemelerle %90'dan daha yüksek oranda tanı konabilir (Resim 4.180). Çevre yapıları göstermesi BT'nin avantajıdır. BT postoperatif olgularda diğer yöntemlerden daha yararlıdır.

Hematom, safra birikimi, peritoneal implant, psödokist, nekrotik tümör, loküle asit, lenfosel, basit kist ve apse karında düşük yoğunluklu kitle görünümündedir. Hematom, psödokist, nekroze tümör ve apsede, kontrastlı kesitlerde kenar boyanması görülür. Nekrotik tümör ve apsede gaz bulunabilir.



Resim 4.180 Tc-99m HMPAO ile yapılan lökosit sintigrafisinde intraabdominal apse (ok).

Periton apselerinde tanı yöntemi US ve BT'dir. Bu iki yöntemin uygulama sırası, lezyonun bulunduğu bölgeye göre değişir. Bağırsak gazlarının varlığı US incelemesini engeller; bu kesimlerde BT önceliklidir. Klinik olarak apse olasılığı yüksek olan fakat US ve BT ile lokalize edilemeyen olgularda Ga-67 veya In-111 ile işaretli lökositlerle radyonüklid çalışma yapılarak apse lokalize edilmeye çalışılır. Lokalize edilen apseler gerekirse aynı seansta drene edilir.

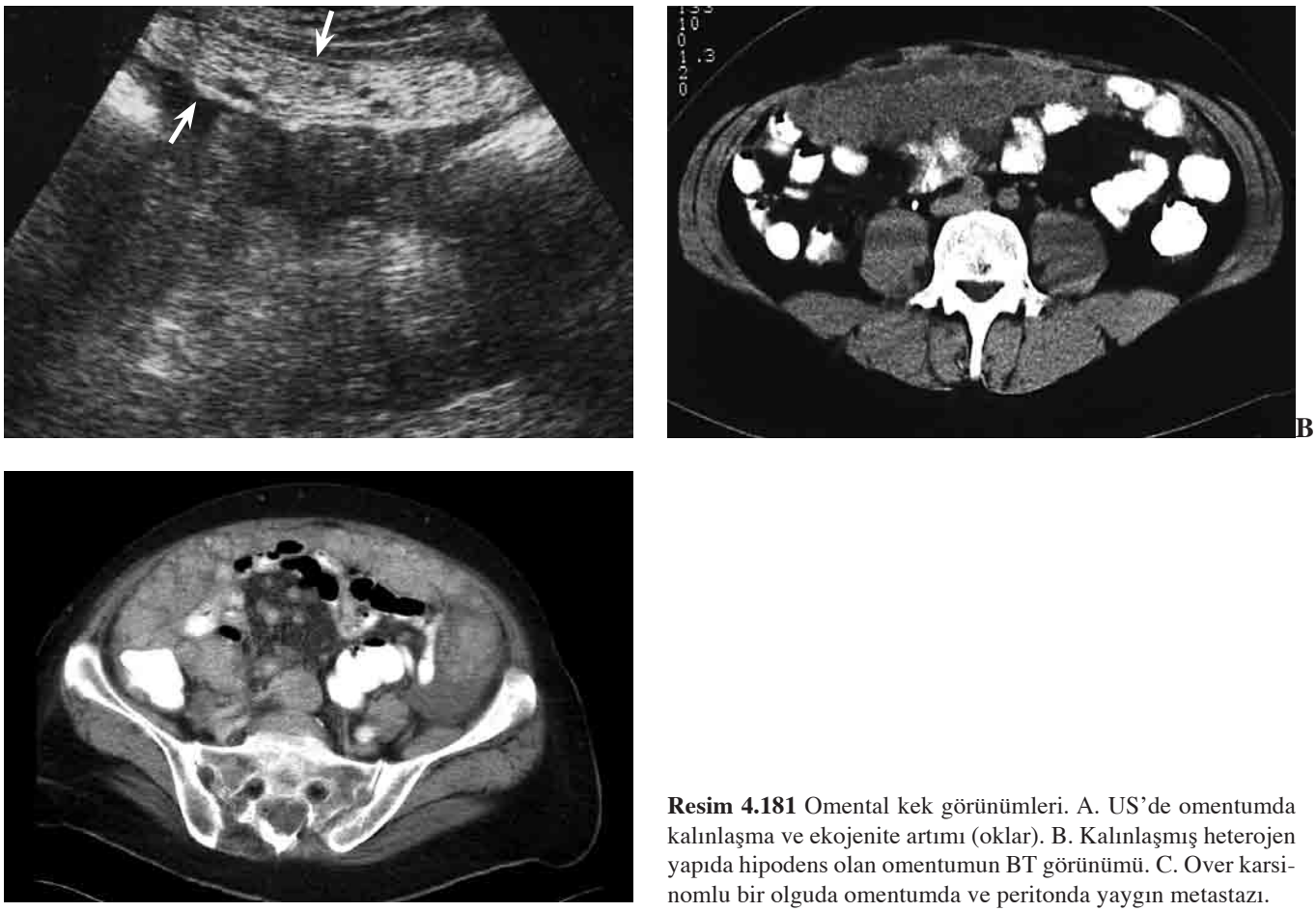
Peritoneal kitle

Periton implantı en sık over, kolon mide ve pankreas kanserlerinde görülür. Peritona düşen tümör hücreleri periton yaprakları üzerine tutunarak çoğalır. Büyük omentumun infiltrasyonu ile bağırsakların önünde kalın bir tabaka oluşur. Bu görünüme *omental kek* veya *omental manto* görünümü adı verilir (Resim 4.181). Omentum kalın ve non-homojen bir görünüm alır. Aynı görünüm mezotelyom ve tüberkülozda da izlenir. Kontrastlı kesitler lezyonların daha iyi gösterilmesini sağlar. Olaya sıklıkla peritoneal sıvı eşlik eder.

Peritoneal sıvı varlığında, abdominal duvara veya organ düzeylerine yapışık implantlar daha kolay görülür. Örneğin peritoneal yüzeye yapışık 5 mm çapındaki implantlar BT ile saptanabilir. Bağırsaklar arasındaki implantların saptanması ise zordur. Çok iyi bir bağırsak opasifikasyonu ile 15 mm'den büyük implantlar görülebilir.

Subperitoneal mezenterik yağın infiltrasyonu ise BT'de, yağın hipodens görünümü içerisinde çizgisel ve nodüler yoğunluk artımı şeklinde görülür.

Mezenter lenf nodlarının görülebilmesi için çok iyi bir bağırsak opasifikasyonu ve İV kontrast uygu-



Resim 4.181 Omental kek görünümleri. A. US'de omentumda kalınlaşma ve ekojenite artımı (oklar). B. Kalınlaşmış heterojen yapıda hipodens olan omentumun BT görünümü. C. Over karsinomlu bir olguda omentumda ve peritonda yaygın metastazı.

laması şarttır. Lenfanjiyografi dışındaki radyolojik yöntemlerler lenf nodlarının iç yapısı gösterilemediği için lenf nodu tutulumunu gösteren ölçüt boyuttur. Değerlendirmede kısa boyut dikkate alınır. Tutulan lenf nodları oval şekillerini yitirir, küresel bir şekil alır. Genellikle iç yapıları hipoekoik/hipodenstir. Büyük boyutlara ulaşan mezanter lenf nodlarının arasında sıkışan mezanter damarlarının BT görünümlerine *sandöviç işareti* adı verilir. Lenfadenomegalilerin kesit görüntüleme bulguları, tutulum nedeni ile ilgili bilgi vermez. Yağ baskılamalı MR kesitleri ile lenfadenomegaliler daha iyi gösterilir.

Omental ve **mezenterik kist** patolojik değil topografik bir isimlendirmedir. Adolesan ve genç yetişkinlerde görülür. Histopatolojik olarak lenfanjiyoma, nonpankreatik psödokist, enterik duplikasyon kisti, enterik kist veya mezotelyal kist yapısında olabilirler. Genellikle multiloküledirler ve kalsifikasyon içermezler. Mezenterik kist genellikle mezenter kökünde, omentum kisti ise bağırsaklara yakın yerleşimdedir. Mezanter kisti lenfanjiyom yapısındadır.

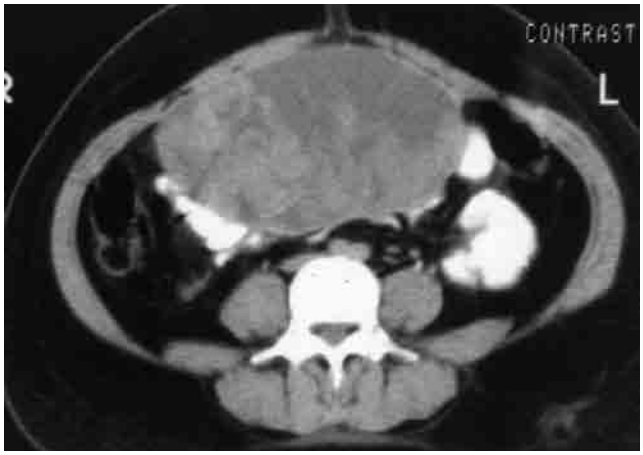
İntraperitoneal yabancı cisimlerin en sık nedeni karın ameliyatlarında unutulan gaz kompreslerdir. Hastanelerde sağlık personeli arasında dedikoduya neden olduğu için *dedikodu tümörü* ("*gossypiboma*") olarak da isimlendirilen bu lezyonlar fibrinöz veya eksüdatif yabancı cisim reaksiyonu oluşturur. Fibrinöz şekilleri yoğun akustik gölgeli ekojen yapılar şeklindedir (Resim 4.182). Eksüdatif şekilleri ise hipoekoik veya anekoik sıvı ile çevrelenmişlerdir. Bu şekil enfekte olursa apse oluşur. BT'de ise hipodens bir sıvı içerisinde hiperdens yapılar şeklinde görülürler (Resim 4.183). Genellikle hafif boya tutan bir kapsülleri vardır. Yakın bir operasyon hikâyesi ile böyle bir görünüm, gaz komprese ait yabancı cisim olasılığını düşündürmelidir. Peritoneal yabancı cisimlerin bağırsak ve mesane gibi içi boş organları erode ederek içlerine girmeleri ve vücut tarafından bu yolla dışarı atılmaya çalışılması ilginç özellikleridir (Resim 4.184).

Pnömoperitoneum

Pnömoperitona neden olan sindirim borusu perforas-



Resim 4.182 İntraabdominal gazlı beze ait arkısında yoğun akustik gölgesi olan ekojen görünümler.

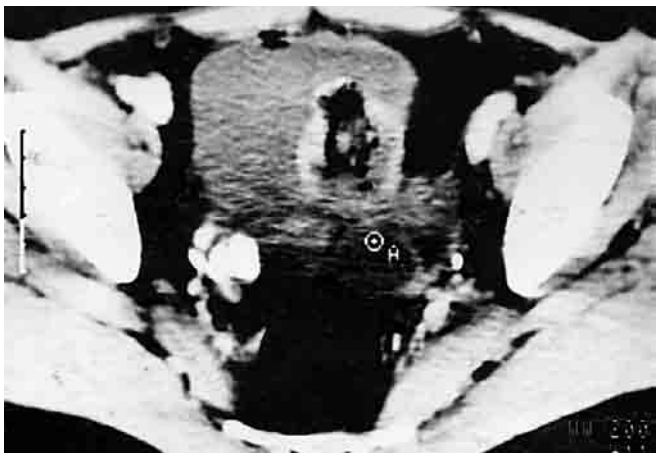


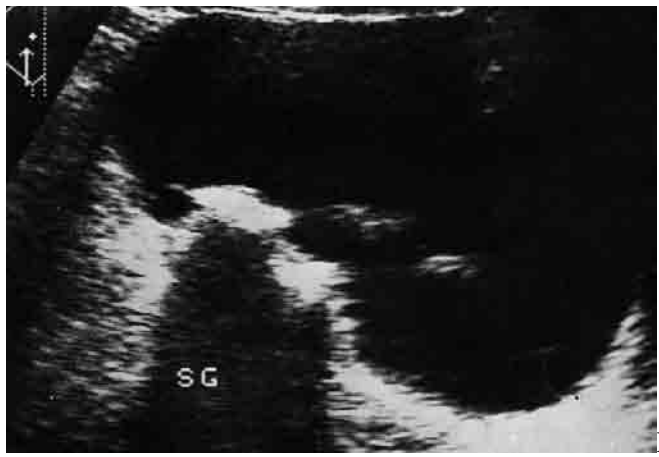
Resim 4.183 Periton içinde unutulmuş havlunun BT görünümleri.

yonun en sık nedeni peptik ülserdir. Divertikül ve malign tümörler diğer perforasyon nedenleridir. Malign tümörlerin yaptığı obstrüksiyonun proksimalinde, intraintestinal basınç artımına bağlı duvar nekrozu ve perforasyon gelişebilir. İntestinal pnömatozis, bağırsak duvarı enfarktı, travma, geçirilmiş cerrahi veya laparoskopi ve gaz yapan organizmalarla meydana gelen enfeksiyon pnömoperitonun diğer nedenleridir. Nadiren kadınlarda tuba uterinalar yoluyla ve interstisiyel akciğer anfizeminde retroperitonel diseksiyon yoluyla periton içerisine hava geçebilir.

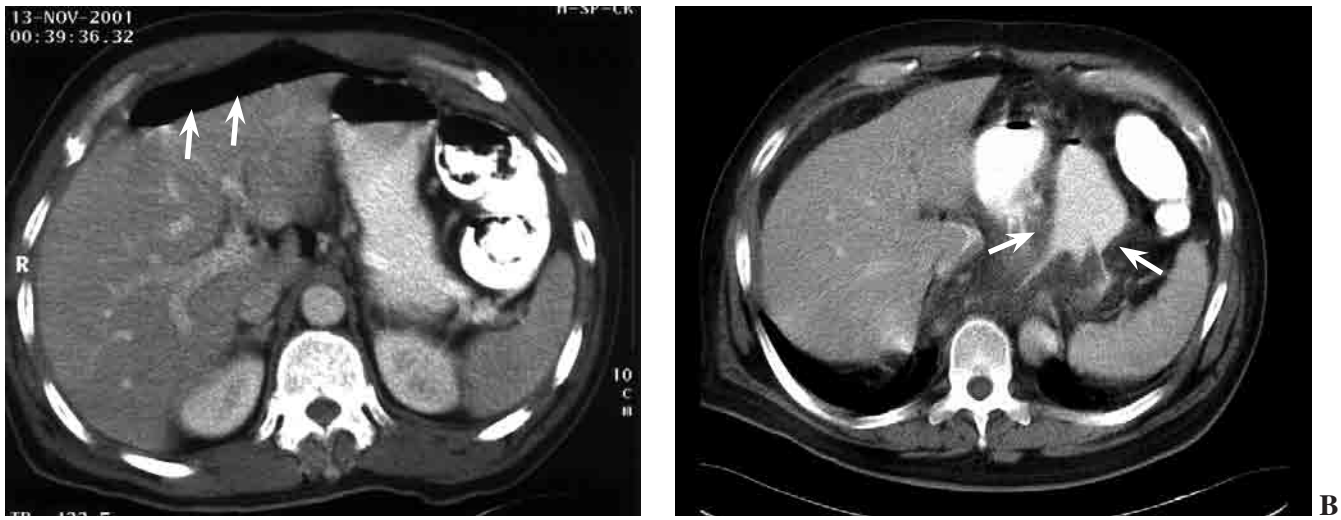
İntestinal pnömatoziste, mezenterik damar tıkanmalarında ve yeni doğanın nekrotizan enterokolitinde bağırsak duvarlarında gaz görülür ve periton içinde serbest hava bulunur. Bağırsak duvarındaki gaz submukozada çizgisel, subseröz kesimde ise yuvarlak radyolusensiler şeklindedir. Birlikte portal sistemde gaz görünümleri saptanabilir ve safra yollarındaki gazla ayırıcı tanısı yerleşimine bakarak yapılır; safra yollarındaki gaz merkezde, portal gaz periferde daha belirgindir.

Laparotomilerden sonra, karın içerisindeki hava genellikle 3-4 gün içerisinde rezorbe olur. Bu süre havanın miktarına, yaşa ve vücut yapısına göre değişir. Çocuklarda ve piknik yapılı yetişkinlerde postoperatif üçüncü günden sonra peritoneal serbest hava kaybolur, astenik tipteki yetişkinlerde ise daha uzun süre kalır. Seri alınan röntgenogramlarda normalde miktarının azalması gerekir; azalmaması ve iki haftadan uzun devam etmesi anormaldir. Gaz kaçağını veya gaz yapan organizmalarla oluşan bir enfeksiyonun eklendiğini düşündürür.





Resim 4.184 Mesane içerisine giren peritoneal yabancı cisimin (gaz kompres) BT (A) ve US (B) görünümleri. Transvaginal histerektomi operasyonu komplikasyonu.



Resim 4.185 Sindirim borusu perforasyonu. Farklı olgular. A. Peritoneal serbest gazın BT görünümü. Serbest gaz karaciğerle karın duvarı arasına birikmiş (oklar). B. Perforasyona bağlı küçük omentumda kontrast madde birikimi ve serbest hava (oklar).

Periton içerisindeki serbest havanın ayakta elde edilen karın röntgenogramları ile araştırılması klinik bir alışkanlıktır. Perforasyonlu hastalar nefeslerini tutmakta zorluk çeker. Düz karın röntgenogramlarında ekspojur süresi uzundur. Bu süre içinde diyafragmalar hareket ederek altlarındaki havanın görüntüsünü siler. Göğüs röntgenogramlarının çekim süresi çok daha kısadır. Bu nedenle sadece karında serbest hava aranıyorsa ayakta karın röntgenogramı değil, diyafragma altları görülecek şekilde göğüs röntgenogramları istenmelidir. Ayakta duramayan hastalarda peritoneal serbest hava, en iyi sağ taraf yukarı gelecek şekilde çekilen dekübitus karın röntgenogramında karaciğer ile karın duvarı arasında görülür. Sol diyafragma altındaki az miktarda serbest hava, fundus ve splenik fleksuradaki gaz süperpozisyonları nedeniyle iyi seçilemez.

Periton içerisindeki serbest havanın yatarak elde edilen düz karın röntgenogramlarındaki görünümleri şunlardır:

1. *Rigler işareti*: Bağırsak duvarlarının, her iki tarafında gaz bulunması nedeniyle görülür hale gelmesi.
2. *Ragbi topu işareti*: Periton içerisindeki aşırı gaz nedeniyle karnın oval top şeklini alması.
3. Falsiform ligamentin çevresindeki gaz nedeniyle görülür hale gelmesi.
4. Sağ üst kadranda çizgi veya üçgen şeklinde gaz birikimi.

BT serbest periton havasını göstermede en duyarlı yöntemdir. Küçük hava birikintileri en iyi hasta sağ yanı yukarı gelecek şekilde yapılan incelemelerde karaciğer ile karın duvarı arasında görülür. (Resim 4.185)

Yararlanılan Kaynaklar

Akhan O, Demirkazık FB, Demirkazık A, Gulekon N, Eryılmaz M, Ünsal M, Besim A. Tuberculous peritonitis: Ultrasonic diagnosis. J Clin Ultrasound 1990; 18: 711-714.

Akhan O, Kalyoncu F, Özmen MN, Demirkazık FB, Çegirge HS, Şahin A, Barış İ. Peritoneal mesothelioma: Sonographic findings in nine case. Abdom Imaging 1993; 18: 280-282.

Ball TI, Atkinson GO, Gay BB. Ultrasound diagnosis of hypertrophic pyloric stenosis: real-time application and the demonstration of a new sonographic sign. Radiology 1983; 147: 499-502.

Balthazar EJ, Yen BC, Gordon RB. Ischemic colitis: CT evaluation of 54 cases. Radiology 1999;211:381-388.

Balthazar EJ. Acute pancreatitis: assessment of severity with clinical and CT evaluation. Radiology 2002;223:603-613.

Balthazar EJ. CT of the gastrointestinal tract: Principles and interpretation. AJR 1991; 156: 23.

Baron RL. Gallbladder and bile ducts. In: Syllabus: special course ultrasound 1991, RSNA publications 1991: 267-280.

Bipat S, Glas AS, Slors FJM, et al. Rectal cancer: local staging and assessment of lymph node involvement with endoluminal US, CT and MR imaging-a meta-analysis. Radioglogy 2004;232:773-783.

Bradbury MS, Kavangh PV, Bechtold R, et al. Mesenteric venous thrombosis: diagnosis and noninvasive imaging. Radiographics 2002;22:527-541.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology, 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2007.

Caffey J. Pediatric x-ray diagnosis. 6. ed. Chicago: Year Book, 1972.

Carrol BA. US of the gastrointestinal tract. Radiology 1989; 172: 605-608.

Choi SH, Han JK, Kim SH, Lee JM, et al. Intussusception in adults: from stomach to rectum. AJR Am J Roentgenol 2004;183:691-698.

Chou CK. CT manifestations of bowel ischemia. AJR Am J Roentgenol 2002;178:635-650.

Cohen SM, Kurtz AB. Biliary sonography. RCNA 1991; 29: 1171-1198.

Cronan JJ, Mueller PR, Simeone JF, O'connell RS, Sonneberg E, Wittenberg J, Ferrucci JT. Prospective diagnosis of choledocholithiasis. Radiology 1983; 146: 467-470.

Dachman AH, Ros PR, Goodman ZD, Olmsted WW, Ishak KG. Nodular regenerative hyperplasia of the liver: Clinical and radiological observations. AJR 1987; 148: 717-722.

Didier D, Rohmer P, Lasseque A, Weiler S, Deschamps JP, Vuitton D, Miguet JP, et al. Hepatic alveoler echinococcosis: correlative US and CT study. Radiology 1985; 154: 179-186.

Drane WE. Nuclear medicine techniques for the liver and biliary system: update for the 1990. RCNA 1991; 29: 1129-1150.

Ferrucci JT. Liver tumor imaging: Current concepts. AJR 1990; 155: 473-484.

Fleischner AC, Muhletaler CA, James AE. Detection of bowel lesions during abdominal and pelvic sonography. JAMA 1980; 244: 2096-2099.

Foley WD, Jochem RJ. Computed tomography: Focal and diffuse liver disease. RCNA 1991; 29: 1213-1234.

Forsby J, Henriksson L. Detectability of intraperitoneal fluid by ultrasonography, an experimental investigation. ACTA Radiologica 1984; 25: 375-378.

Freeny AM, Woodring JH, Loh FK, et al. The medullary pyramid index: an objective assesment of prominence in renal transplant rejection. Radiology 1983; 149 (3); 787-791.

Freeny PC, Marks WM. Hepatic hemangioma: Dynamic bolus CT. AJR 1986; 147: 711-719.

Freeny PC, Stevenson GW. Margulis and Burhenne's alimentary tract radiology. 5. ed. St Louis: Mosby, 1994.

Furukawa A, Saotome T, Yamasaki M, Maeda K, et al. Cross-sectional imaging in Crohn disease. Radiographics 2004;24:689-702.

Gelfand DW, Ott DJ, Chen MYM. Radiologic evaluation of gastritis and duodenitis. AJR 1999;173:353-61.

George C, Schwerk WB. Peritoneal carcinomatosis with ascites. AJR 1991; 156: 1185-1187.

Gordon IRS, Ross FGM. Diagnostic radiology in pediatrics. London: Butterworths, 1977.

Gosink BB. The hepatobilary system, In: Syllabus, categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 13-18.

Gough MH, Gear WL. The plain X-ray in the diagnosis of the acute abdomen. Oxford: Blackwell, 1971.

Grainger RG, Allison AJ. Diagnostic radiology.3. ed., New York: Edinburgh: Churchill Livingstone, 1986.

Grant EG. Parenchymal disease of the liver, In: Syllabus: special course ultrasound 1991, RSNA publications 1991, 2281-292.

Graziola L, Federle MP, Brancatelli G, et al. Hepatic adenomas: imaging and pathologic findings. Radiographics 2001;21:877-894.

Gupta S, Levine MS, Rubesin SE, Katzka DA, Laufer I. Usefulness of barium studies for differentiating bening and malignant strictures of the esophagus. 2003;180:737-744.

Haller JO, Cohen HL. Hypertrophic pyloric stenosis: Diagnosis using US. Radiology 1986; 161: 335-339.

Harned RK, Buck JL, Sobin LH. The hamartomatous polyposis syndromes: clinical and radiologic features. AJR 1995;164:565-571.

Hayden CK Jr., Swischuk LE. Pediatric ultrasonography. Baltimore: Williams and Wilkins, 1987.

Higgins CB, Hricak H, Helms CA. Magnetic resonance imaging of the body. New York: Raven Press, 1992.

Honickman SP, Mueller PR, Wittenberg J, Simeone JF, Ferrucci JT, Cronan JJ, Sonnenberg E. Ultrasound in obstructive jaundice: Prospective evaluation of site and cause. Radiology 1983; 147: 511-515.

Horton KM, Abrams RA, Fishman EK. Spiral CT of colon cancer: imaging features and role in management. Radiographics 2000;20:419-430.

Horton KM, Corl FM, Fishman EK. CT evaluation of the colon: inflammatory disease. Radiographics 2000;20:399-418.

Horton KM, Kamel I, Hofmann L, Fishman EK. Carcinoid tumors of the small bowel: a multitechnique imaging approach. AJR 2004;182:559-567.

Hussain SM, Terkivatan T, Zondervan PE, et al. Focal nodular hyperplasia: findings at state-of-the-art MR imaging, US, CT, and pathologic analysis. Radiographics 2004;24:3-19.

Insko EK, Levine MS, Birnbaum BA, Jacobs JE. Bening and malignant lesions of the stomach: evaluation of CT criteria for differention. Radiology 2003;228:166-171.

Ito K, Mitchell DG, Honjo K, et al. MR imaging of acquired abnormalities of the spleen. AJR 1997;168:697-702.

Jeffrey RB, Laing FC, Towsend RR. Acut appendicitis: Sonographic criteria based on 250 cases. Radiology 1988; 167: 327-329.

Jeffrey RB, Laing FC, Wong W, Callen PW. Gangrenous cholecystitis: Diagnosis by ultrasound. Radiology 1983; 148: 219-221.

Kanzer GK, Weinreb JC. Magnetic resonance imaging of diseases of the liver and biliary system. RCNA 1991; 29: 1259-1284.

Kelvin FM, Maglinte DD. Colorectal carcinoma: A radiologic and clinical review. Radiology 1987; 164: 1-8.

Kim H-C, Lee JM, Kim WK, et al. Gastrointestinal stromal tumors of the stomach: CT findings and prediction of malignancy. AJR 2004;183:893-898.

Kim YH, Saini S, Sahani D, Hahn PF, et al. Imaging diagnosis of cystic pancreatic lesions: pseudocyst versus nonpseudocyst. Radiographics 2005;25:671-685.

Kisin CM, Bellamy EA, Cosgrove DD, Slack N, Husband JE. Focal sparing in fatty infiltration of the liver. BJR 1986; 59: 25-28.

Kressel HY. MR imaging of the liver. In: Syllabus: special course MR 1990. RSNA publications 1990; 147-152.

Kurol M, Forsberg L. Ultrasonography in the diagnosis of acute cholecystitis. ACTA Radiologica 1984; 25: 379-383.

Kurtz AB. Ultrasound of the pancreas, In: Syllabus, categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 19-34.

Kurtz AB. Ultrasound of the spleen, In: Syllabus, categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 35-48.

Lawson TL, Berland LL, Foley WD, Stewart ET, Geenan JE, Hogan WJ. Ultrasonic visualization of the pancreatic duct. Radiology 1982; 144: 865-871.

Lee DH, Lim JH, Ko YT, Yoon Y. Sonographic findings in tuberculous peritonitis of wet ascitic type. Clinical Radiology 1991; 44: 306-310.

Levine CD, Aizenstein O, Lehavi O, Blachar A. Why we miss the diagnosis of appendicitis on abdominal CT: evaluation of imaging features of appendicitis incorrectly diagnosed by CT. AJR 2005;184:855-859.

Levine MS, Rubesin SE, Pantongrag-Brown L, et al. Non-Hodgkin's lymphoma of the gastrointestinal tract: radiographic findings. AJR 1997;168:165-172.

Margulis AR, Burhenne HJ. Alimentary tract roentgenology, 3. ed. Bristol: John Wright, 1977.

Marn CS, Bree RL, Silver TM. Ultrasonography of liver: Technique and focal and diffuse disease. RCNA 1991; 29: 1151-1170.

Merten DF, Kirks DR. Amebic liver abscess in children: the role of diagnostic imaging. AJR 1984; 143: 1325-1329.

Meschan I. Anallysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Meyers MA. Dynamic Radiology of the Abdomen: Normal and Pathological Anatomy. 5th ed. New York: Springer-Verlag, 2000.

Mittelstaedt CA. General ultrasound. New York: Churchill Livingstone, 1992.

Mortele KJ, Ros PR. Cystic focal liver lesions in the adult: differential CT and MR imaging features. Radiographics 2001;21:895-910.

Moss AA, Gamsu G, Genant HK. Computed tomography of the body. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992.

Moss AA. Imaging of colorectal carcinoma. Radiology 1989; 170: 308-310.

Nelson RC, Cheamar JL. Diagnostic approach to hepatic hemangiomas. Radiology 1990; 176: 11-13.

Niederau C, Sonnenberg A, Müler JE, Erckenbrecht JF, Scholten T, Fritsch WP. Sonographic measurements of the normal liver, spleen, pankreas and portal vein. Radiology 1983; 149: 537-540.

Passariello R, Pavone P, Catalone C. Abdominal: Visseral organs. In: Clinical radiology: An update in new imaging modalities for the general radiologist. Categorical course ECR'93, Vienna 1993.

Pattison CP, Combs MJ, Marshall BJ. Helicobacter pylori and peptic ulcer disease: evolution to resolution. AJR 1997;168:1415-1420.

Pear BL. Pneumatosis intestinalis: a review. Radiology 1998;207:13-19.

Puylaert JBCM. Acute appendicitis: US evaluation using graded compression. Radiology 1986; 158: 355-360.

Raghavendra BN, Subramanyam BR, Balthazar EJ, Horii SC, Megibow AJ, Hilton S. Sonography of adenomyomatosis of the gallbladder: Radiologic-pathologic correlation. Radiology 1983; 146: 747-752.

Ralls PW. Focal hepatic and pancreatic disease. In: Syllabus: special course ultrasound 1991. RSNA publications 1991; 293-306.

Rao PM. Technical and interpretative pitfalls of appendiceal CT imaging. AJR 1998;171:419-425.

Rifkin MD, Marks GJ. Transrectal US and adjunct in the diagnosis of rectal and extrarectal tumors. Radiology 1985; 157: 499-502.

Rifkin MD. Intraoperative and endoscopic ultrasound, In: Syllabus, categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 201-213.

Rosenberg HK. Abdominal masses in infants and children, In: Syllabus: special course ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 319-336.

Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW. Diagnostic ultrasound. St Louis: Mosby, 1991.

Rummaney EJ. MRI of the liver, pancreas and spleen, In: MR: State of the art. Categorical course ECR'91, Vienna, 1991.

Sarti DA. Diagnostic ultrasound, text and cases, 2. ed. Chicago: Year Book Medical Publisher, 1987.

Schwartz LH, Gandras EJ, Colangelo SM, Ercolani MC, Panicek DM. Prevalence and importance of small hepatic lesions found at CT in patients with cancer. Radiology 1999;210:71-74.

Siegelman SS. Computed tomography of the pancreas, New York: Churchill Livingstone, 1983.

Sigel B, Machi J, Beitler JC, Justin JR. Red cell aggregation as a cause of blood-flow echogenicyty. Radiology 1983; 148: 799-802.

Simeone JF, Mueller PR, Ferruci JT, Sonnenberg E, Hall DA, Wittenberg J, Neff CC, O'Connell RC. Sonography of the bile ducts after a fatty meal: An aid in detection of obstruction. Radiology 1982; 143: 211-215.

Skolnick ML. Real-time ultrasound imaging in the abdomen, New York: Springer-Verlag, 1981.

Subramanyam BR, Balthazar EJ, Raghavendra BN, Horri SC, Hilton S, Naidich DP. Ultrasound analysis of solid appearing abscesses. Radiology 1983; 146: 487-491.

Suramo I, Paivansalo M, Pamilo M. Unidentified liver metastases at ultrasonography or computed tomography. ACTA Radiologica 1984; 25: 385-389.

Sutton D, Young JWR. A short textbook of clinical imaging. London: Springer-Verlag, 1990.

Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.

Swischuk L. Imaging of the newborn, infant and young child. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989.

Taboury J, Porcel A, Tubiana JM, Monnier JP. Cavernous hemangiomas of the liver studied by ultrasound: Enhancement posterior to a hyperechoic mass as a sign of hypervascularity. Radiology 1983; 149: 781-785.

Tamm EP, Silverman PM, Charnsangavej C, Evans DB. Diagnosis, staging, and surveillance of pancreatic cancer. AJR 2003;180:1311-1323.

Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987.

Taylor KJW, Jacobson P, Talmont CA, Winters R. Manual of ultrasonography. New York: Churchill Livingstone, 1980.

Teele RL, Smith EH. Ultrasound in the diagnosis of idiopathic hypertrophic pyloric stenosis. N Engl J Med 1977; 296: 1149-1150.

Teele RL. Pediatric ultrasonography, In: Syllabus, categorical cource in ultrasound. RSNA publications 1984; 111-122.

Tuncel E, Yazıcı Z. Çocuk Hastalıklarında Radyolojik Bulgular, Bursa: Nobel&Güneş, 2002.

Tuncel E. Ultrasonographic features of duodenal ulcers. Gastrointestinal Radiology 1990; 15: 207-210.

Wegener OH. Whole boody computed tomography. 2. ed. Boston: Blackwell, 1992.

Weill F, Watrin J, Rohmer P, Weiler S, Coche G. Ultrasound and CT of peritoneal recesses and ligaments: A pictorial essay. Ultrasound in Med and Biol 1986; 12: 977-989.

Weill FS. Ultrasound diagnosis of digestive diseases. 3. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1990.

Weill FZ, Le Mouel A. Exercises in diagnotic ultrasonography of the abdomen. Berlin: Springer-Verlag, 1983.

Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani MC. Primer of Diagnostic Imaging, 3. ed. Philadelphia: Mosby, 2003.

Welch TJ, Sheedy PF, Johnson CM, Stephens DH, Charboneau JW, Brown ML, May GR et al. Focal nodular hyperplasia and hepatic adenoma: Comparison of angiography, CT, US and Scintigraphy. Radiology 1985; 156: 593-595.

Wernecke K, Vassallo P, Bick U, Diederich S, Peters PE. The distinction between benign and malignant liver tumors on sonography: Value of a hypoechoic halo. AJR 1992; 159: 1005-1009.

Westra SJ, de Groot CJ, Smiths NJ, Staalman CR. Hypertrophic pyloric stenoses: Use of the pyloric volume measurement in early US diagnosis. Radiology 1989; 172: 615-619.

Whalen E. Liver imaging-Current trends in MRI, CT, and US. AJR 1990; 155: 1125-1132.

Wilson SR. US of the gastrointestinal tract: does it play a role? In: Syllabus: special course ultrasound 1991. RSNA publications 1991; 307-318.

Wittenberg J, Harisinghani MG, Jhaveri K, Varghese J, Muellar PR. Algorithmic approach to CT diagnosis of the abnormal bowel wall. Radiographics 2002;22:1093-1109.

Wu CC, Chow KS, Lü TN, Huang FT. Sonographic features of tuberculous, omental cake in peritoneal tuberculosis. J Clin Ultrasound 1988; 16: 195-198

Yates CK, Streight RA. Focal fatty infilitration of the liver simulating metastatic disease. Radiology 1986; 159: 83-84.

Zirinsky K, Auh YH, Kneeland JB, Rubenstein WA, Kazam E. Computed tomography, sonography and MR imaging of abdominal tuberculosis. Journal of Computed Assisted Tomography 1985; 9: 961-963.

5. Bölüm

Boşaltım ve Üreme Sistemi

Böbrekler

Toplayıcı Sistem

Böbreküstü Bezi - Retroperiton

Erkek Üreme Sistemi

Kadın Üreme Sistemi

Gebelik

Boşaltım sistemi böbreklerdeki glomerüllerden başlayıp üretra çıkışında sonlanan bir yapıdır. Tümüyle retroperitoneumda bulunur. İşlevsel bir bütünlük içindedir. Bu fonksiyonel bütünlüğün temel inceleme yöntemi ekskretuvar ürografi (EÜ) ve sintigrafidir. BT-EÜ ve MR-EÜ de aynı görevi yapar. Böbreğin parankimi, retroperitoneum ve böbreküstü bezi ise kesit görüntülerle incelenir. Üreme sisteminin incelenmesinde US temel yöntemdir.

Bu bölümde önce boşaltım sisteminin anatomisi bir bütün olarak ele alınacak daha sonra boşaltım ve üreme sisteminini oluşturan organların radyolojisi özetlenecektir. Komşuluk nedeniyle böbreküstü bezi ve retroperitoneum bu bölüme dahil edilmiştir. En sonda da gebelik radyolojisi US ağırlıklı olarak anlatılacaktır.

ANATOMİ

Böbrekler retroperitoneal olarak yerleşmiş, ortalama uzunlukları 11-12 cm, genişlikleri 5-6 cm, kalınlıkları 3 cm olan fasulye biçiminde organlardır. Yetişkin boyutuna 20 yaşında ulaşırlar ve 20-50 yaş arasında çok az da olsa küçülürler. Büyüklükleri genellikle uzunlukları ile değerlendirilir. Böbreklerin boyu, yetişkinlerde ikinci bel omuru yüksekliğinin (bir disk aralığı dahil) 3.7 ile çarpımına eşittir. Her iki böbrek arasında 1.5 cm'den fazla fark anormal olarak değerlendirilmelidir. Çocuklarda böbrek büyüklüğü normalde komşu 4 omur boyunu geçmemelidir.

Böbrekler 12. sırt ve ilk 3 bel omurunun yanındadır; üst uçları (kutupları) vertebral kolona 1 cm kadar daha yakındır. Sağ böbrek daha aşağıdadır ve soldan daha küçüktür. Ayakta iken aşağı doğru yer değiştirirler. Bu yer değiştirme normalde en fazla 5 cm'dir.

Böbrek parankimi korteks ve medulla olarak ikiye ayrılır. Medulla piramit şeklinde bir yapıdır. Kaliksle çevrelenmiş uçları papilla adını alır. Korteksle çevrelenmiş piramitler böbreğin loblarını oluşturur. Korteksin iki kesimi vardır; böbrek kapsülüne paralel uzanan dıştaki ince tabakaya periferal korteks, piramitler arasına doğru yaptığı uzantılara septal korteks (*Bertin kolonları)* denir. Papillaların sayısı 5-11 arasında değişir ve değişik konumlarda olabilirler.

Papillalar toplayıcı sistem tarafından sarılır. Bu yapılara küçük kaliks adı verilir. Küçük kalikslerin, papillalara yapıştığı yerlerdeki keskin açı (forniksler) normalde keskinliğini korumalıdır. Enfeksiyon veya obstrüksiyonda bu açılar keskinliğini kaybederek küntleşir. Karna baskı uygulanarak yapılan EÜ'de, normal olan forniksler küntleşebilir. Küçük kalikslerin sayıları ve konumları bireyler ve hatta iki böbrek arasında geniş varyasyon göstermekle birlikte normal olgularda hepsi interpapiller çizgi adı verilen, papillaları birleştiren ve kortekse paralel olan düzgün çizginin üzerinde olmalıdırlar. Küçük kalikslerin boyunlarına infindibulum adı verilir. Küçük kaliksler tek olarak veya birkaçı birleşerek pelvise açılır. Birleşen küçük kaliksler büyük kaliksi oluşturur. Her böbrekte 2-3 adet büyük kaliks vardır. Büyük kaliksler de pelvis renalisi oluştururlar.

Pelvis ve kaliksleri ve böbreğin damar, lenfatik ve sinirlerini saran yağ dokusu ile dolu boşluğa sinüs renalis, bu yapının dışarıya açılan ağzına da hilum renale adı verilir. Renal pelvis, tabanı renal sinüste apeksi renal hilumda olan üçgen şeklinde bir yapıdır. Apeksi renal hilustan çıkarak aşağı uzanır ve üreterle birleşir. Bu birleşme yerine üreteropelvik birleşim yeri adı verilir. Kalisiyel yapılarda olduğu gibi pelvisin şekli de çok değişkendir. Pelvisin büyük bölümünün renal hilustan dışarıda olduğu şekline ekstrarenal pelvis adı verilir. Bazen çok beligin olan bu görünüm hafif derecedeki üretoropelvik birleşim yeri obstrüksiyonu ile karışır. Bu durumun tersine, yani renal pelvisin tümüyle renal sinüs içerisinde olmasına da intrarenal pelvis adı verilir. Üreter obstrüksiyonlarında intrarenal pelvisler basıncı proksimal kesime hemen yansıtırken ekstrarenal pelvisler genişleyerek geçici bir süre tolere edebilirler.

Böbrek hilusundan toplayıcı sistem ve renal ven çıkar, renal arter girer. Renal arter önce ventral ve dorsal olmak üzere iki dala, daha sonra segmental dallara ayrılır. Segmental dallardan çıkan interlobuler dallar lobların arasında ilerleyerek korteks ve medulla arasında, böbrek kenarına paralel uzanan arkuat arterleri yapar. Arkuat arter de parankime intralobüler dallar verir. Arkuat arterler Doppler US ile izlenebilir. Böbrek düzgün ve sağlam bir fibröz kapsülle çevrelenmiştir. Kapsülün çevresinde kalın bir yağ tabakası bulunur.

Üreterler böbrekle mesaneyi birleştiren yaklaşık 25 cm uzunluğunda ince borulardır. Abdominal ve pelvik parçaları vardır. Abdominal parça psoas kası ve vertebraların transvers çıkıntıları üzerinden geçer, sağda eksternal, solda ortak ilyak arteri çaprazlayarak pelvise girer. Pelvik üreter geriye ve dışa doğru seyreder, spina iskiadikalar seviyesinde öne ve içe doğru döner ve oblik olarak mesaneye girer. Mesane duvarı içerisindeki oblik seyri yaklaşık 2 cm uzunluğundadır. Buradaki özel yapı mesanedeki idrarın üretere geçme-

sini önler. Üreterlerin üreteropelvik birleşim yerleri, ilyak arterleri çaprazladıkları yerler (pelvis girimi) ve mesaneye girdikleri kesimler diğer bölgelerden daha dardır.

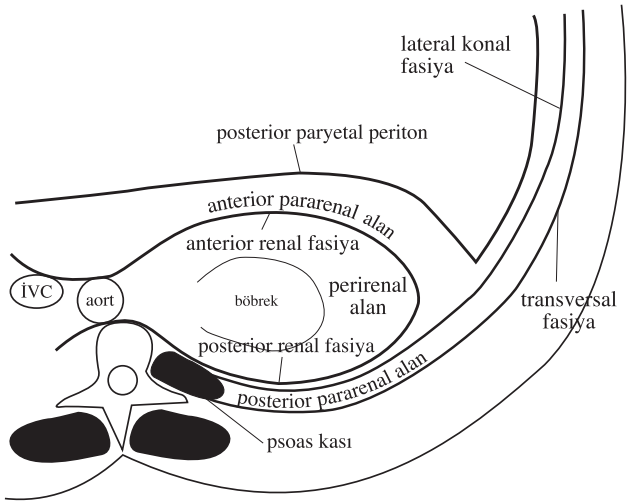
Üreterin dışını yukarıda böbrek kapsülüyle aşağıda mesanenin adventisiyası ile devam eden fibroz adventisiya tabakası sarar. Peristaltizminden sorumlu olan kas tabakası dışta sirküler içte longitüdinal liflerden yapılmıştır. İçi tüm üriner sistemi döşeyen transisyonel epitelle kaplanmıştır. Üreter, içindeki idrarı peristaltik kasılmalarla boşaltır. Kasılmayla boşalan idrarın yaptığı fışkırma (*jet fenomeni*), mesanedeki idrar içerisinde US'de ve floroskopide gözlenebilir, BT kesitlerinde görülebilir.

Mesane pelvis içi bir organdır. Bebeklerde idrarla dolu olduğunda pelvisten dışarı taşar. Yetişkinlerde alt kenarı kemik pelvisin alt sınırına 5-10 mm mesafede ve bu sınıra paraleldir. Şekli içerisindeki idrar miktarına ve çevre yapıların konumuna göre değişir. Üst yüzeyi yanlara doğru inen peritonla örtülüdür. Periton mesanenin üstünü örttükten sonra önde ve yanlarda karın ve pelvis duvarına, arkada derin bir cep oluşturarak erkekte rektuma kadında uterusa atlar. Sigmoid kolon, ince bağırsak kangalları ve uterus mesane üst yüzeyine komşudur ve bası oluşturabilirler. Mesanenin alt yüzeyi ekstraperitonealdir. Önde sinfizis pubisle arasında kalan yağla dolu ekstraperitoneal bölgeye *Retzius alanı* adı verilir.

Mesane duvarı dört tabakadan oluşur. Dışını örten adventisiya tabakası üreterde devam eder. Altındaki kas tabakasının ortasındaki sirküler kas lifleri iç ve dışından longitüdinal kas lifleri ile çevrelenmiştir. Kas tabakasının altında submukoza ve en içte de transisyonel epitelle örtülü mukoza tabakası vardır. Mukoza kas tabakasına gevşek bağlı olduğu için mesane boş iken mukoza kırışık görünüm alır. Üreterlerin mesaneye açıldığı orifislerin aşağıdaki üretra orifisi ile yaptığı üçgene mesane trigonu adı verilir. İşeme esnasında trigon 1-2 cm aşağıya iner ve düz olan yüzeyi, tepesi üretra orifisinde olan bir koni şeklini alır.

Retroperitoneum böbreklerin, böbreküstü bezlerinin ve tüm boşaltım sisteminin içerisinde bulunduğu bölmenin adıdır. Diyafragmadan pelvis tabanına kadar uzanır. Önde peritonun paryetal yaprağı, arkada transvers fasiya ile çevrelenmiştir. Bu alan, böbreğin çevresini saran renal fasiya ile perirenal alan ve pararenal alan olmak üzere iki bölmeye ayrılır (Şekil 5.1).

Renal fasiyanın ön yaprağı ile peritonun arka paryetal yaprağı arasındaki alana ön pararenal alan, renal



Şekil 5.1 Retroperitoneal bölmelerin anatomisi.

fasiyanın arka yaprağı ile transvers fasiya arasında kalan bölgeye ise arka pararenal alan adı verilir. Ön renal fasiya incedir ve tek yaprak bağ dokusundan yapılmıştır; arka renal fasiya ise iki bağ dokusu yaprağından yapılmıştır. İçteki yaprak ön yaprakla devam ederek perirenal alanı çevreler. Arka yaprağı ise yanda lateral konal fasiya adıyla devam eder ve ön pararenal alanı dıştan çevreleyerek yan karın duvarındaki paryetal peritonla birleşir. Böylece ön pararenal alan yandan arkaya doğru dönerek arka renal fasiyanın iki yaprağı arasındaki potansiyel boşlukla devam eder.

Perirenal alan yağ ile doludur. Böbreküstü bezleri bu alanda böbreğin üst kutupları üzerine oturur. Perirenal yağ, renal fasiyadan böbrek kapsülüne uzanan bağ dokusundan yapılmış septalarla bölmelere ayrılır. Bu septalara bağlı olarak perirenal alandaki sıvı lokule olabilir. Perirenal alan orta çizgide aort ve İVK'nın çevresini saran fasia ile sınırlanmıştır; bu alandaki lezyonlar karşı tarafa geçemez. Buna karşılık, aort rüptürünün hematomunda olduğu gibi, bu alanda görülen lezyonlar perirenal alana uzanabilir. Sağ perirenal alan üstte diyafragmadaki karaciğerin çıplak alanına uzanır. Renal lezyonlar bu yolla karaciğere yayılabilir.

Ön pararenal alanda ortada pankreas ve bulbusun distalinde kalan duodenum arkusu, yanlarda inen ve çıkan kolonların arka duvarları bulunur. Arka pararenal alan yağla doludur. Buradaki yağ öne doğru devam ederek peritonun dışındaki properitoneal yağ

dokusunu yapar. Properitoneal yağ dokusu düz karın röntgenogramlarında, yan karın duvarlarının iç kesimde radyolusent bir bant şeklinde görülür. Arka pararenal alanın iç kenarını psoas ve quadratus lumborum kasları yapar. Psoas kası ile ilgili patolojiler arka pararenal alana yayılabilir.

Retroperitoneal alan pelvis içerisinde devam eder ve pelvik diyafragmaya kadar iner. Pelvis içerisindeki organların peritonla örtülü üst kesimleri dışında kalan kesimler retroperitoneal alanla çevrelenmiştir. Bunlardan prevezikal alan (Retzius alan), anterior pararenal alanın devamı niteliğindedir. Bu alan, mesaneyi yanlardan sarar. Bu bölgeyi dolduran, örneğin mesane rüptüründeki kontrast madde ekstravazasyonu gibi sıvı birikimleri, aksiyal kesitlerde yanlardaki uzantıları ile *molar dişe benzer* bir görünüm oluşturur.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Rontgen

Düz röntgenin temel endikasyonu taş, kalsifikasyon ve gaz araştırmaktır. Böbreğin toplayıcı sistemi Ekskretuar Ürografi (EÜ) ile incelenir. Anjiografi tanıdan çok tedavi girişimlerine kılavuzluk amacıyla yapılır. Anjiografinin temel endikasyonu renal hipertansiyonda darlıkları göstermek, genişletmek ve gerekiyorsa stent koymaktır. Renal hipertansiyonda renal arterlerdeki daralmalar en doğru şekilde aortografi ve renal arteriografi ile saptanır.

Ekskretuar Ürografi (EÜ)

Üriner sistemin temel tanı yöntemidir. Kontrast madde intravenöz yolla verilir. İntravenöz piyelografi (İVP), intravenöz ürografi (İVÜ) olarak da isimlendirilir. İyonik kontrast maddeler kullanılabilir; riskli olgularda non-iyonikler kullanılmalıdır.

Verilen opak maddenin %98'i böbreklerden, %2'si karaciğer ve ince bağırsaklardan atılır. Böbrek dışı atılım; renal fonksiyonu bozuk hastalarda yüksek doz opak madde kullanıldığında, belirgin bir renal bozukluğu olmayan tek veya iki taraflı üreter tıkanıklıklarında ve opak madde olarak yüksek doz metrizoate tuzu kullanıldığında artar.

İntravenöz yolla verilen opak madde glomerüllerden süzülür. Glomerüler filtrattaki opak maddenin konsantrasyonu plazmadaki konsantrasyonu ile doğru orantılıdır; dehidratasyonla bir ilişkisi yoktur. Distal tubuluslardaki suyun geri emilimi antidiüretik hormona bağlıdır. Dehidratasyonda, bu hormonun salgılanması ve dolayısıyla suyun geri emilimi artar; idrardaki opak maddenin konsantrasyonu yükselerek kalisiyel sistem daha opak görülür. Çok yüksek dozda verilen opak madde diüretik gibi etki ederek, tersine idrardaki opak madde konsantrasyonunun azalmasına neden olur.

Sabah tetkike gelecek hastaya bir akşam önce, hafif bir yemekten iki saat sonra müshil verilerek bağırsaklarının temizlenmesi sağlanır.

İncelemeye yatarak alınan düz karın röntgenogramı (DÜS) ile başlanır. Kontrast madde, bağırsaklar yeteri kadar temizlenmişse verilmelidir. Normal bir erişkinde 20 ml %76 ürografin eşiti kontrast madde yeterlidir. Şişmanlarda 80 ml'ye kadar çıkılabilir. Çocuklarda ortalama doz 2.2 ml/kg, en fazla 20 ml'dir.

Kontrast maddenin bolus şeklinde hızla verilmesinden hemen sonra alınan röntgenogramlara nefrogram adı verilir (Resim 5.1). Nefrogramlarda kontrast madde böbrek parankimindedir ve henüz toplayıcı sisteme geçmemiştir. Avasküler yer kaplayan lezyonlar nefrogramda defekt şeklinde görülür. Birer dk. ara ile elde edilen dakikalık ünogramlarla böbreklerin kanlanması hakkında fikir edilinebilir. Kalisiyel sistemi, pelvisi, üreterleri ve mesaneyi görmek amacıyla, 3-5, 7-15 ve 20-30 dakikalarda üç röntgenogram elde edilir (Resim 5.2). İlk röntgenogramda ışın böbrekler



Resim 5.1 EÜ'de normal nefrogram fazı.



Resim 5.2 Normal EÜ'de pelvikaliksiyel sistem ve üreterler.

üzerine santralize edilmelidir. Bu seriye gerekirse "post-voiding" (işemeden sonra) mesane röntgenogramları eklenir.

Normalde bu şekilde yapılan EÜ tetkikine, aranan anormalliğe göre bazı eklemeler yapılabilir. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Üreteral kompresyon. Karın üzerine dışarıdan baskı yapılarak opak maddenin kaliksleri daha iyi doldurması amaçlanır. Önceden üreter obstrüksiyonu olduğu bilinenlerde, renal koliği olanlarda, renal travmanın incelenmesinde ve glob vezikal gibi büyük abdominal kitleleri olanlarda uygulanmaz.
2. İnspirasyon ve ekspirasyon röntgenogramları ve oblik röntgenogramlar. Düz karın röntgenogramlarında üriner sistem üzerine düşen opasitelerin yerlerini belirlemek amacıyla yapılır.
3. Yüzüstü (pron) pozisyonda röntgenogram. Opak maddenin pelvisten üretere akışı bu pozisyonda daha kolaydır. Bu nedenle üretero-pelvik bölgenin ve üreter tıkanmalarının yerinin gösterilmesinde yardımcıdır.
4. Geç röntgenogramlar. Obstrüksiyonlarda birer saat ara ile gerekirse yirmi dört saat sonraya kadar röntgenogramlar alınabilir.

EÜ'de her iki böbrek küçük ve kenarları düzgünse glomerülonefrit, nefroskleroz ve iki taraflı arteriyel hastalık; kenarları düzensiz ise kronik piyelonefrit ve multipl enfarkt düşünülmelidir. Piyelonefritte kaliksler düzensiz, enfarktta düzgündür. Her iki böbrek büyükse, infiltrasyon (lenfoma, amiloid), iki taraflı akut piyelonefrit, aşağı üriner sistem obstrüksiyonu ve polikistik hastalık düşünülmelidir.

EÜ'nün kontrendikasyonları şunlardır: 1) Daha önce yapılan EÜ'lerde şiddetli alerjik reaksiyon görülmesi. 2) Gebelik. X-ışınlarının fetüsa zararlı etkileri vardır. Ayrıca gebelikte ve doğumdan sonra on altı haftaya kadar üriner sistem dilatedir. Bu nedenle röntgenogramları değerlendirmek zordur. 3) Miyelomatoz. "Bence-Jones" proteinürisi olanlarda, EÜ'de akut renal yetmezlik rapor edilmiştir. Yetmezlik büyük olasılıkla dehidratasyona bağlıdır. Miyelomatozlu hastalarda eğer kesin endikasyon varsa yeterli hidrasyon ile EÜ yapılabilir.

Retrograd piyeloüreterografi (retrograd EÜ)

Sistoskopi ile üreterlere yerleştirilen kateterden opak madde verilerek kalikslerin, pelvisin ve üreterlerin doldurulmasıdır. Sistoskopi ve kateterizasyon steril şartlar altında yapılır. Kontrast madde dilüe edilmeli ve floroskopik kontrol altında verilmelidir. EÜ'de görülemeyen pelvi-kalisiyel sistemi göstermek amacıyla yapılır. Bununla birlikte tam ve uygun bir şekilde yapılmış EÜ, özellikle kesit görüntüleme yöntemlerinin katkısı ile, retrograd EÜ endikasyonunun çoğunu ortadan kaldırır. Yöntemin enfeksiyon, septisemi, renal papiller nekroz, ekstravazasyon gibi komplikasyonları görülebilir.

Perkütan translomber piyelografi (antegrad piyelografi)

EÜ ile iyi gösterilemeyen ve retrograd piyelografinin yapılamadığı özellikle obstrüktif üropatili hastalarda, obstrüksiyonun yerini göstermek amacıyla yapılır.

Hasta yüzüstü yatırılır. Floroskopik kontrol altında ve US eşliğinde lomber bölgeden doğrudan iğne ile genişlemiş pelvis ve kalisiyel sistem içerisine girilerek, opak madde verilir. Hasta ayağa kaldırılarak opak maddenin aşağı inmesi sağlandıktan sonra alınan röntgenogramlarla obstrüksiyonun yeri saptanır. Günümüzde nefrostomisi olan olgularda uygulanmaktadır.

İşeme sistoüretrografisi

Voiding sistoüretrografi (VSÜG) veya miksiyon sistoüretrografisi de denir. Bu yöntemde mesane kateterle kapasitesinin üst sınırına kadar, dilüe iyotlu kontrast madde ile doldurulur. Karşı konulmaz işeme ihtiyacı duyduğu noktada hastaya işemesi söylenir. İşeme sırasında üreterler ve böbrekler ön-arka ve oblik pozisyonlarda floroskopik olarak gözlenir. Reflü varsa en iyi görülen projeksiyonlarda spot radyografiler alınır veya sineradyografisi yapılır.

Yöntemin temel endikasyonu vezikoüreteral reflü (VÜR) araştırmasıdır. Özellikle çocuklardaki tekrarlayan üriner sistem enfeksiyonlarında uygulanır. Reflü varsa, derecesine göre üreter ve toplayıcı sistem dolar (Resim 5.3). Üreterin distal yarısının dolması greyd I, tümünün ve pelvikalisiyel sistemin genişleme olmadan dolması greyd II, dolumla birlikte hafif genişlemenin varlığı greyd III, belirgin genişleme greyd IV ve ek olarak üreteral kıvrımlanmanın varlığı greyd V olarak değerlendirilir. Yöntem mesane boynunun ve üretral *valv* gibi üretra patolojilerinin gösterilmesinde de kullanılır. Üriner enfeksiyon devam ediyorse tetkik yapılmamalıdır.



Resim 5.3 VSÜG. Solda greyd III-IV reflü.

Nükleer VSÜG alternatif yöntemdir. İşlem röntgen yönteminin analoğudur.

US

İnceleme 3.5-5.0 mHz'lik problarla yapılır. Böbrekler en az birbirine dik iki planda incelenmelidir. İnceleme süresince derin inspirasyon yaptırılır ve posterior oblik veya dekübitus pozisyonlarda çalışılır. Karaciğer ve dalak akustik pencere olarak kullanılır. Dilate üreterlerin proksimal ve distal kesimleri görülebilir. Orta kesimi gaz süperpozisyonu nedeniyle genellikle incelenemez. Mesane, aşırı olmamak şartıyla dolu iken incelenir. Prostat boyutu transabdominal inceleme ile değerlendirilir; parankim yapısını değerlendirmek için transrektal US gereklidir.

İyonizan ışın riski bulunmaması ve kontrast madde gerektirmemesi yanında, uygulamasının basitliği ve ucuzluğu, US'nin üriner sistem incelemesinde tarama yöntemi olarak kullanılmasının nedenleridir. US ile böbreğin morfolojisi ve yer kaplayan lezyonlar değerlendirilir. Yöntem, böbrek fonksiyonları ve genişlememişse, toplayıcı sistem hakkında bilgi vermez.

Normal böbreğin US görünümü merkezde ekojen renal sinüsü çevreleyen hipoekoik renal parankimden oluşur. Renal sinüste damarlar, toplayıcı sistem ve değişik miktarda yağ ve fibröz doku vardır. Ekojen olan bu bölgeye piyelovasküler alan adı verilir. Renal korteksin ekojenitesi düşüktür. Bertin kolonları bazen belginleşerek kitle görünümü verebilir. Piramitler korteksten daha hipoekoik yapılardır. Kortiko-medüller bileşimde görülen hiperekojen benekler arkuat arterler ve venleri temsil eder. Renal sinüs transvers kesitlerde üst ve alt kutupta ortada iken, orta kesimde hilusa yaklaşır. Renal kapsül ve perinefritik yağ dokusu hiperekoiktir. Normal üreter genellikle görülmez. İdrarla dolu olduğu zaman proksimali ve mesanenin arkasındaki kesimi görülebilir.

Bazen perinefritik yağ hipoekoik, paranefritik yağ hiperekoik görülür. Bu durumda görünüm perinefritik sıvı birikimine benzer; ayırıcı tanı BT ile yapılır.

Noninvaziv bir yöntem olan renkli Doppler US renal akımın incelenmesinde sıklıkla ilk yöntem olarak kullanılmaktadır. İnceleme sonuçları üzerinde hastanın nefesini tutamaması ve obezite gibi etkenler çok belirleyicidir. Ayrıca yöntem yapana aşırı derecede bağımlıdır. Bu nedenlerle incelemenin renal arter akımının belirlenmesindeki duyarlılık ve özgüllük değerleri literatürde sıfıra yakın bir değerden %100'e kadar değişen geniş bir yelpaze oluşturur.

BT

Böbreklerin yoğunluğu 30-50 HÜ'dir. Korteks kalınlığı 4.8 ± 0.2 mm'dir. Bertin kolonları korteksle beraber opasifiye olur.

Kontrastsız kesitlerde kalsifikasyon, taş ve kanama saptanır. Spiral BT ve ÇKBT'nin inceleme süresini çok kısaltması sonucu kontrastsız BT incelemesi, ürolitiyazisin araştırılması amacıyla gittikçe daha çok kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda hastanın alacağı doz ve incelemenin maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır.

Renal kitlelerde BT'nin işlevi, kitleyi saptamak, lokalize ve karakterize etmektir. Malign tümörlerde BT ile evreleme ve tedavi planlaması yapılır; tedavinin etkinliği izlenir ve rekürrens araştırılır. Bir kitle lezyonunun kontrast tutmasının derecesi karakterizasyon açısından önemlidir. Bu nedenle lezyon karakterizasyonuna yönelik planlanan BT incelemesine kontrastsız kesitlerle başlanır. Kontrast madde bolus tarzında verilmeli ve lezyon ince kesitlerle taranmalıdır. Böbrek kitlelerinde 20 HÜ ve üzerinde yoğunluk artışı, lezyonun kontrast tutma özelliğinin belirgin olduğunu gösterir.

Böbrekteki solid kitlelerin yoğunluğu BT'de 30 HÜ'nün üstündedir. Kistin üst sınırı olan 15 HÜ ile solid tümörün alt sınırı olan 30 HÜ arasında kalan 15-30 HÜ'lük yoğunluktaki yer kaplayan lezyonlar, kistlerin hemoraji, infeksiyon ve kalsifikasyonuna veya solid tümörlerin yüksek oranda yağ içermesine ya da nekrozuna bağlı olabilir.

Böbreğin morfolojisini en ayrıntılı olarak gösteren radyolojik görüntüler ÇKBT ile elde edilen kontrastlı ince kesitlerdir. Önce böbreklerden mesaneye kadar olan kesimde kontrastsız yapılan tarama ile üriner taş ve/veya kalsifikasyon araştırılır. Kontrast verildikten sonra arteriyel fazda böbrek taranır. Vasküler tümörlerin boyanacağı bu evrede, kontrast kortekstedir ve henüz medullaya geçmemiştir. Kortikomedüller faz denilen bu evrede korteksle çevrili piramitler hipodens görülür ve bu bölgeye yerleşen küçük lezyonlar gözden kaçabilir. Kontrastın verilmeye başladığı andan itibaren 120 sn sonra alınan kesitlerde böbrek nefrogram fazına girmiş ve tüm parankim üniform bir şekilde kontrast tutmuştur. Piyelogram fazı için 3-5 dakika sonra kesitler tekrarlanabilir.

İnce kesitlerle yapılan ÇKBT kesit verilerinden yüksek çözümlemeli 3B EÜ görüntüleri elde edilebilir. Bu incelemeye BT-ürografi adı verilir.

MR

Böbrek kitlelerinin saptanması ve karakterizasyonunda standart yöntem BT'dir. MR iyotlu kontrast maddelere alerjisi olanlarda ve azotemi nedeniyle kontrast madde verilemeyen hastalarda yapılır. Diğer sistemlerde olduğu gibi üriner sistemde de problem çözücü yöntem konumundadır.

Böbreğin morfolojisi standart SE sekanslarıyla çalışılır. T1AG'de korteks medulladan daha hiperintens görülür; T2AG'de korteks-medulla ayırımı yapılamaz. Yumuşak doku kontrast çözümlemesinin yüksekliği nedeniyle kistlerin septaları, kanama ve yağ alanları daha iyi görülebilir. Buna karşılık kalsifikasyon görülemez.

Paroksismal nokturnal hemoglobinüri ve orak hücreli anemide renal korteksteki demir birikimi MR ile belirlenebilir. Böyle olgularda T2AG'de böbrek korteks sinyal intensitesinin azalarak böbreğin normal korteks-medulla sinyal örneğinin tersine dönmesi tipiktir.

Kontrast madde ile yapılan dinamik çalışmalarla böbrek fonksiyonu hakkında yorum yapılabilir. Korteks ve medullanın boyanmasına bağlı intensite değişikliklerinin zamana karşı grafiği çizdirilerek sintigrafide olduğu gibi böbrek fonksiyonu değerlendirilebilir.

MR ürografi ile toplayıcı sistem değerlendirilir. İyonizan ışın olmadığı için gebelerin üriner sisteminin değerlendirmesinde emniyetle kullanılabilen verisi yüksek bir yöntemdir. MR anjiografi ile renal arter darlıkları ve renal ven trombozu yüksek duyarlılıkla saptanır.

Renal transplantasyonda verici adaylarında da MR'nin tek başına yeterli olduğunu bildiren çalışmalar vardır.

RG

Kesit görüntüleme yöntemlerinin kliniğe girmesi ile sintigrafinin morfolojiyi değerlendirmedeki rolü azalmıştır. Sintigrafi ile böbreklerin kanlanması, nefronların fonksiyonları ve miktarı, ekskretuar fonksiyonu ve drenajı değerlendirilir. RG'de radyasyon dozu röntgenden azdır.

Toplayıcı sistemin obstrüksiyonları, vezikoüreteral reflü, renovasküler hipertansiyon, renal kitleler ve piyelonefrit ana endikasyonlarıdır. Renal kan akımı, fonksiyon farklılıkları, glomeruler filtrasyon oranı ve etkin renal plazma akımı gibi renal fonksiyon ölçütle-

ri RG ile saptanabilir. Kontrast madde alerjisi olanlarda ve MR'nin mutlak kontrendike olduğu durumlarda bu yöntemlerden beklenen bir çok veri RG ile elde edilebilir.

Radyofarmasötikler: RG ile 4 ana renal fonksiyon değerlendirilir: Kan akımı, glomeruler filtrasyon, tubüler fonksiyon ve idrar yollarının fonksiyonu. Böbrek sintigrafisi için en çok kullanılan farmasötikler Tc-99m ile işaretli dietilen-triamin-pentaasetik asit (DTPA), 2.3 dimerkapto-süksinik asit (DMSA), glukoheptonat (GH) ve merkapto-asetil-triglisin (MAG3)'dir.

Tc-99m DTPA böbreklerden glomerüler filtrasyon yoluyla atılır; tubüler sekresyon ve reabsorbsiyonu yoktur. Bu nedenle böbreklerden klirensi aynı zamanda glomerüler filtrasyon oranını verir ve toplayıcı sistemin gösterilmesi için en uygun radyofarmasötiktir.

Tc-99m DMSA renal kortekste yüksek konsantrasyonda tutulur; proksimal renal tubüllerde sülfidril gruplarına bağlanır. Verilen dozun yaklaşık %42'si 6 saat içinde renal kortekse oturur. Böbrek morfolojisinin incelenmesi ve korteksteki fokal defektlerin saptanması için uygundur; toplayıcı sistemin incelenmesinde kullanılmaz.

Tc-99m GH glükoz analoğudur ve hem glomerüllerden filtre edilerek, hem de tubüluslar tarafından tutularak parankimi ve toplayıcı sistemi birlikte görüntüler. Verilen dozun %40 kadarı 1 saat içinde idrarla ekskrete edildiğinden toplayıcı sistemi ve dolayısıyla obstrüktif üropati ve hidronefroz gibi anormallikler değerlendirilebilir. Kalan miktarın büyük kısmı renal kortekste oturduğundan bir saat sonra korteks lezyonlarını da izlemek mümkündür; akut tubüler nekroz görüntülenebilir.

Tubüler sekresyon, peritubüler kapillerlerden bazı moleküllerin aktif olarak alınıp idrara verilmesi işlemidir. Tubüler sekresyon son zamanlara kadar *hippuran* (I-131 veya I-123 ile işaretli ortoiodohippurat-OIH) ile değerlendiriliyordu. Hippuran ile yapılan böbrek sintigrafisinde verilen dozun %80'i tubüler sekresyon, %20'si glomerüler filtrasyonla atılır. Efektif renal plazma akımının ölçülmesi için en uygun ajan OIH'dır; fakat I-131'in fiziksel özelliklerinin uygun olmaması, I-123'ünde elde edilmesinin zorluğu ve maliyetinin yüksekliği nedeniyle günümüzde yerlerini *Tc-99m- MAG_3*'e bırakmıştır.

Tc-99m- MAG_3 yüksek oranda (%90) proteinlere bağlanır. Ekstraksiyon etkinliği %60'dır (%5 glomeruler filtrasyon, %55 tubüler ekskresyon). Tc-99m DTPA'nın ekstraksiyon etkinliği ise %20'dir. Özellikle ileri derecede fonksiyon kaybı gösteren böbreklerin görüntülenmesinde Tc-99m DTPA'dan daha üstündür. Birçok nükleer tıp departmanında Tc-99m DTPA'nın yerini almıştır.

İnceleme yöntemleri: Böbreğin sintigrafik incelenmesi posterior projeksiyondan; transplante böbreğin görüntüleri ise anteriordan yapılır. Boşaltım sisteminin sintigrafik incelenmesi, verilen radyofarmasötiğin dolaşımdan böbreklere geçişi, oradan toplayıcı sisteme ekskresyonu ve toplayıcı sistemden dışarıya atılım sürecini kapsayan dinamik bir çalışmadır. Bu çalışmanın değişik fazlarının incelenmesi ile böbreğin ve idrar yollarının fonksiyonu değerlendirilir.

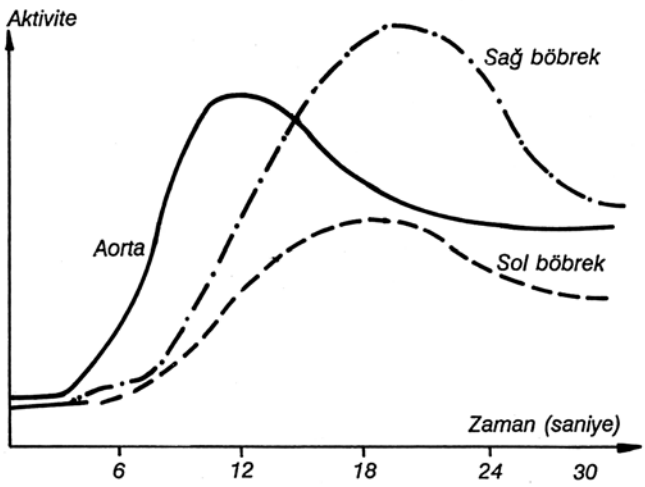
Boşaltım sisteminin anormallikleri radyofarmasötiğin böbreğe gelişinde, böbrekte tutuluşunda ve ekskresyonunda veya toplayıcı sistemden atılımındadır. Böbreğe gelişi renal kan akımını gösterir ve perfüzyon çalışmaları ile incelenir.

Böbreğin kan akımı enjeksiyonu izleyen 1 dk içerisinde değerlendirilir. İV enjeksiyonu izleyen 60-120 saniye içerisinde 1-5 saniye aralarla böbreklerin analog sintigramları elde edilir. Radyonüklidin aorta ve renal arterlere geçerek renal kortekste biriktiği izlenir. Bu arada bilgisayarda toplanan verilerden, böbrekler ve aort üzerinde seçilen bölgelerin (*region of interest-ROI*) zaman aktivite eğrileri oluşturulur. Bu işleme *renal perfüzyon çalışması* adı verilir. Normalde böbreklerin zaman-aktivite eğrileri birbirine eşit olmalıdır. Böbrek eğrilerinin başlangıç kesimi aort eğrisine paraleldir, ancak eğrinin amplitüdü daima aort eğrisinden daha yüksektir.

Böbreklerde tutulum ve ekskresyonu değerlendirmek amacıyla yapılan Tc-99m-DTPA veya MAG3 çalışmasında 15-60 saniye dinamik görüntüler elde edilir ve 20-30 dakikaya kadar izlenir. Tc-99m-DMSA veya Tc-99m-GH ile yapılan kortikal çalışmalarda, verilen radyofarmasötiğin toplayıcı sistemden temizlenmesi için statik görüntüler enjeksiyondan 4 saat sonra alınır. Gerekirse SPECT çalışması da yapılabilir.

Renografi: Böbreklerdeki radyoaktivitenin zamana göre bir grafik şeklinde gösterilmesine renografi adı verilir. Renogram eğrisinin dik yükselen başlangıç kesimi vasküler fazdır ve renal perfüzyonu gösterir. Bunu konsantrasyon ve ekskresyon fazları izler. Ekskresyon fazında eğri hızla düşer. Renogramlardaki anormal bulgular prerenal, intrarenal ve postrenal olmak üzere üç bölümde incelenebilir.

Prerenal anormallikler iki taraflı veya tek taraf-



Şekil 5.2 Sol renal arter stenozunda renogram.

lı olabilir. Kalp yetmezliği veya dehidratasyon renal kan akımında ve glomerüler filtrasyon hızında iki taraflı azalmaya neden olur. Değişiklikler iki taraflı olduğundan değerlendirmek zordur. İdrar akım hızındaki azalma nedeniyle konsantrasyon fazı uzamış ve ekskresyon azalmıştır. Bu nedenle dehidrate hastalar renogram çalışmalarından önce hidrate edilmelidir.

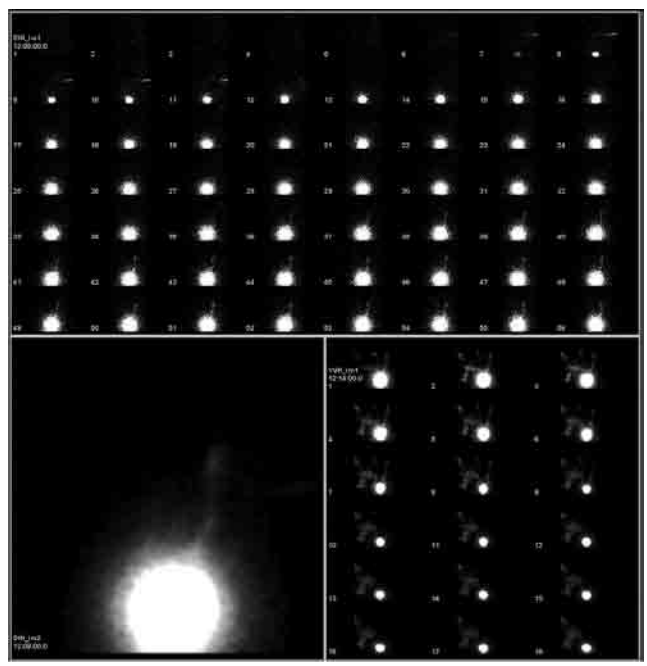
Tek taraflı renal arter stenozu, hipertansiyonların çok az bir bölümünden sorumludur. Renal arter stenozunda kan akımı çalışması ile tutulan tarafta vasküler fazın amplitüdünün düşük olduğu gösterilir (Şekil 5.2). İki taraflı tutulumda vasküler piklerin amplitüdleri aortunkiyle karşılaştırılır. İskemi derecesine göre değişik renogram örnekleri izlenir. Başlangıçta renal fonksiyonlarda bozulma yoktur. Fakat perfüzyondaki azalma idrar oluşumunda azalmaya, (filtrasyonda azalma ve suyun tubüler reabsorbsiyonunda artma nedeniyle) sonuçta da ekskretuar fazın uzamasına neden olur. İskeminin derecesi arttıkça tubüler tutulumda bozulma ve ekskresyonda azalma sonucu, ekskretuar fazın uzaması ve renogram eğrisinde yassılaşmadan oluşan renal arter stenozunun klasik bulguları ortaya çıkar.

İntrarenal anormalliklerin nedenleri tubüler destrüksiyon ve internal obstrüksiyondur. Temel olay glomerül ve nefronların kaybı sonucu eğrideki pik oluşum zamanının gecikmesi, ekskretuar fazın uzamasıdır. Sonuçta renogram eğrisinde düzleşme görülür. Renogram örneği etyolojiye bakılmaksızın kronik parankimal disfonksiyon için karakteristiktir. İntrarenal obstrüksiyonda ise tubülüsler biriken radyonüklidi obstrüksiyon nedeniyle ekskrete edemedikleri için renal aktivite eğrisi, inceleme süresince yükselmeye devam eder. Bu görünüm sıklıkla renal transplantasyon komplikasyonu olarak karşımıza çıkan akut tubüler nekrozda saptanır. Akut tubüler nekroz genellikle tek taraflı olan postrenal obstrüksiyondan, iki taraflı olması ve renal pelvisin boş olması ile ayrılabilir.

Postrenal anormallik nedenleri obstrüktif üropatilerdir. Bu hastalıklarda renal zaman-aktivite eğrileri inceleme süresince yükselmeye devam eder. Statik çalışmalar obstrüksiyonun proksimalinde toplayıcı sistemin dilate olduğunu gösterebilir. Musküler atoni ve vezikoüreteral reflü sonucu görülen toplayıcı sistem genişlemesini mekanik obstrüksiyona bağlı genişlemelerden ayırt etmek için hastaya çalışma başında veya 20'nci dakikada furosemide gibi bir diüretik verilir. Obstrüksiyonun mekanik ise pelvisteki aktivitede bir değişiklik olmaz; diğerlerinde etkili diürezis nedeniyle pelvisteki aktivite düşer.

Vasküler fazdan sonra böbrek lojunda radyonüklid tutulumu yoksa agenezi, nefrektomi, nonfonksiyon, kronik böbrek yetmezliği ve ektopik böbrek düşünülür.

Sisto-üretro sintigrafi: Nükleer VSÜG'de denir (Resim 5.4). Vezikoüreteral reflüyü değerlendirmek için yapılır. Tetkik kontrast sistografinin aynısıdır, ancak hastanın aldığı ışın dozu daha azdır. Anatomik çözümlemesi düşük olduğundan daha çok kız çocuk-



Resim 5.4 Nükleer VSÜG. Sol tarafta reflü görülüyor.

larında ve daha önce saptanmış olan reflüyü izlem amacıyla kullanılır. Mesane radyonüklidle (Tc-99m) doldurulduktan sonra işeme sırasında sintigramlar alınır. Reflü, kontrastlı tetkikten daha duyarlı olarak saptanabilir.

BÖBREKLER

BOYUT, ŞEKİL VE YER ANOMALİLERİ

Renal agenezi, aplazi ve hipoplazi

Kontrastlı BT kesitlerinde aorttan renal arterin çıkış yerinden beslenen küçük bir yumuşak doku dansitesi aplaziyi gösterir. Böbrek agenezilerinde veya nefrektomiye bağlı yokluklarında sıvı dolu fleksuralar böbrek boşluklarını doldurarak, hidronefrotik böbreği taklit eden görünümler oluşturabilirler.

Hipoplazi, düzgün kenarlı, pelvikalisiyel sistemi ve korteksi orantılı, minyatür bir böbrek görünümündedir (Resim 5.5). Arteri küçüktür. Diğer böbrekte kompansatuar hipertrofi gelişir. EÜ görünümü tek taraflı iskemik böbreğe çok benzer. Ancak iskemik atrofide korteks incelmiştir. Kronik piyelonefrite bağlı küçük böbreğin kenarları düzensizdir ve kaliksleri deformedir. Obstrüktif atrofik böbrekte ise kenar düzgündür, ancak küçük kalikslerde dilatasyon görülür. Tek taraflı küçük böbrek görünümü oluşturan patolojiler arasında farklar Tablo 5.1'de özetlenmiştir.

Hipoplazik böbreklerde enfeksiyon ve taş oluşumu sıktır. Bu durumda kronik piyelonefritik böbrekle ayırıcı tanı yapılamayabilir.

Tablo 5.1 Tek taraflı küçük böbreğin ayırıcı tanısı

Patoloji	Kenar	Korteks	Kaliksler
Hipoplazik böbrek	Düzgün	Normal	Normal
İskemik atrofi	Düzgün	Azalmış	Normal
Kronik piyelonefrit	Düzensiz	Azalmış	Deforme
Obstrüktif atrofi	Düzgün	Azalmış	Dilate

Renal ektopi, malrotasyon ve füzyon

Fetal hayatta böbreklerin kaliksleri arkada, pelvisi öndedir. Böbrekler yukarı doğru çıkarken aynı zamanda içe doğru da dönerek normal şeklini alır. Bu rotasyonda bir duraklama olursa değişik derecelerde olmak üzere pelvis önde kalisiyel sistem arkada kalır. Buna böbreğin tam olmayan rotasyonu denir. Tersine, pelvisin dışa dönmesi malrotasyon adını alır (Resim 5.6). US ve BT kesitlerinde renal hilusun pozisyonu anormaldir.

Renal ektopi böbreklerin anormal yerleşimde olmasına verilen isimdir. Embriyonel hayatta böbreklerin yukarı doğru hareketinde bir duraklama olursa ektopi gelişir. Bu göç sırasında dönüşünü de tamamladığından ektopi ile birlikte az veya çok rotasyon anomalisi de vardır. Böbrekler normal yerlerinden aşağıdadır (Resim 5.7). Üreterleri de buna uyumlu olarak kısadır. Arterleri aşağı seviyeden çıkar. Renal ektopi ile karışan *renal pitozda* ise rotasyon anomalisi yoktur; üreterleri normal uzunlukta olduğundan böbrek



Resim 5.5 Solda hipoplazik böbrek.



Resim 5.6 Sol böbrekte malrotasyon. Kaliksler içte pelvis dışta yerleşik.



Resim 5.7 Sağda renal ektopi. Sağ böbrek sakrum üzerinde görülüyor.

aşağı indiğinde kıvrımlı bir görünüm alır; (Resim 5.8) arteri normal yerinden çıkar. Renal pitoz, daha çok sağda görülen, ani zayıflama gibi bir nedenle böbreğin çevre bağlantılarının gevşeyerek hasta ayakta iken normalden aşağıya inmesidir.

Çapraz (kros) ektopide böbrek karşı taraftadır. Normal böbreğin alt kutbu ile birleşebilir (tek taraflı birleşmiş böbrek). Ektopik böbreğin üreteri normal yerine açılır. Ektopik böbrekler pelvis içerisinde ise US ile dolu mesane arkasında görülebilirler. Abdomenin diğer kesimlerindeki ektopik böbrekler boyutları küçükse bağırsaklar tarafından örtülebilir

Bazen böbreklerin alt uçları ya böbrek dokusuyla ya da fibröz bir bantla birbirlerine bağlanır. Buna *at nalı böbrek* adı verilir (Resim 5.9). Bu anomalide böbrekler aşağı pozisyondadır. EÜ'de uzun aksları vertebraya paralel, hatta ters açılıdır. US ve BT'de böbreklerin omurga önünde birleştikleri saptanabilir. Bağlantının parankimal veya fibröz olduğu kontrastlı BT kesitleri ile ayrılabilir (Resim 5.10). Sıklıkla tam olmayan rotasyon veya malrotasyonla birliktedir. At nalı böbreklerde enfeksiyon ve taş oluşumu sıktır.

Doğumsal anomaliler, statik sintigrafik çalışmalarda morfolojilerine uygun görünümler verirler. Tek taraflı renal agenezi, hipoplazi, atnalı böbrek, kros ektopi ve füzyon sintigrafi ile gösterilirler (Resim 5.11).

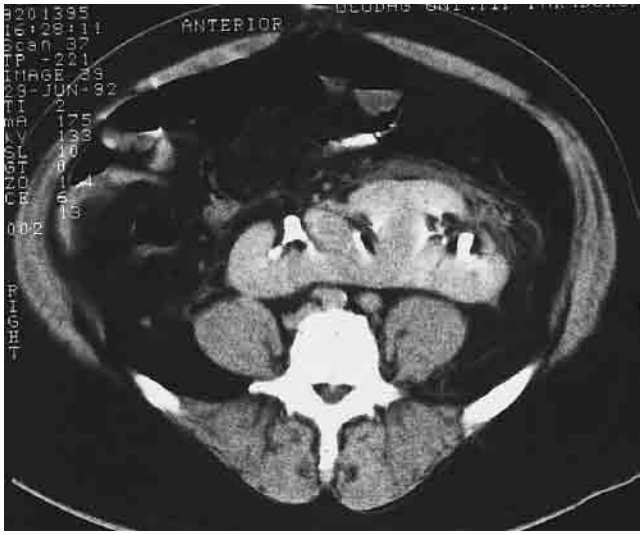
Doğumsal böbrek anomalileri şematik olarak şekil 5.3'te gösterilmiştir.



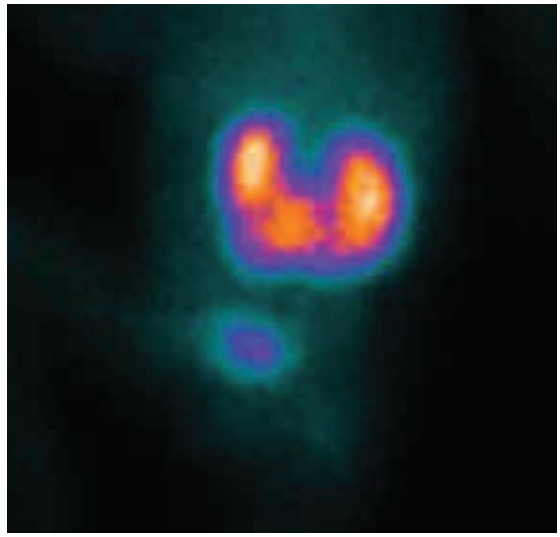
Resim 5.8 Sağda renal pitoz. Böbrek normal yerinden aşağıda ve üreteri kıvrımlı.



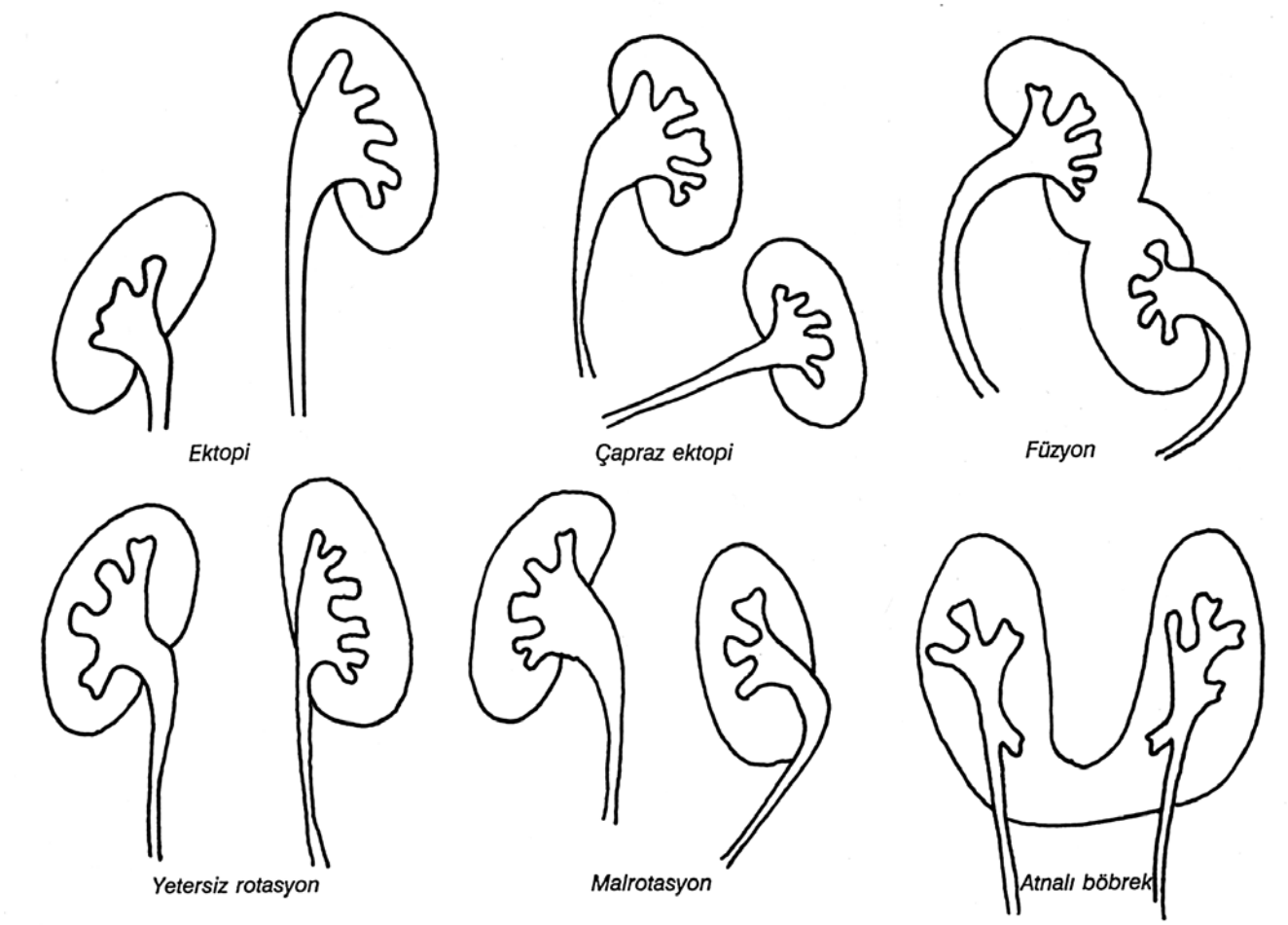
Resim 5.9 At nalı böbrek. Böbreklerin uzun aksları dışa açılmış ve normal yerlerinden aşağıda.



Resim 5.10 Atnalı böbrek. Her iki böbreğin normalden aşağıda, orta çizgide parenkimle birbirlerine bağlı olduğu görülüyor. Her iki böbrekte de malrotasyon var.



Resim 5.11 Doğumsal böbrek anomalilerinde sintigrafi. Atnalı böbrek. Her iki böbrek parankiminin alt uçtan birleştiği görülüyor.



Şekil 5.3 Ektopi, rotasyon anomalileri, füzyon.

KİSTİK LEZYONLAR

Değişik etyolojiye ve kliniğe sahip renal kistlerin çok çeşitli sınıflandırmaları yapılmıştır. En sık görülenleri Tablo 5.2'de sunulmuştur.

Basit kistler

Basit seröz kistin etyolojisi bilinmez. Toplayıcı sistemle ilişkisi olmayan küboid epitelle çevrili, seröz sıvı ile dolu uniloküler yapılar şeklindedir. İnsidansı yaşla artar. Yenidoğanda çok nadirdir. Buna karşılık 50 yaşın üstündeki yetişkinlerin yaklaşık %50'sinde görülür. Renal kistlerin büyük çoğunluğu kortekste yerleşir. Bir bölümü ekzofitiktirler. Toplayıcı sistem çevresindekilere, parapelvik kist adı verilir. Kistler genellikle birden fazladır ve iki tarafı birden tutar. Çok sayıda olduğunda polikistik böbrekten ayırmak zordur.

Basit renal kist çoğunlukla asemptomatiktir. Çok büyük boyuta ulaşırsa kitle bulguları verir. Kist içine kanama, enfeksiyon ve rüptür kist komplikasyonlarıdır.

Büyük boyuta ulaşan kistler düz röntgenogramlarda kitle şeklinde görülürler. Duvarında kalsifikasyon bulunabilir. EÜ'de düşük yoğunluklu bir kitle şeklindedirler (Resim 5.12). Yerleşim yerine göre toplayıcı sistem üzerine bası yaparak genellikle kalisiyel yapıların ve infindibulumun incelerek yaylanmasına neden olur. Alt kutuba yerleşmiş büyük kistler üreterin proksimalinde içe doğru yer değişikliği yapabilir. Kortekste yerleşip dışarı doğru büyüyenlerin kenarında, EÜ'de ve kontrastlı BT kesitlerinde korteks gittikçe incelerek *gaga görünümü* oluşturur. Kistte duvar kalınlaşması hemorajiyi veya kistin enfekte olduğunu düşündürür.



Resim 5.12 Sağ böbrek alt kutbunda basit böbrek kisti (oklar).

Peripelvik kistler küçük ve çok sayıdadırlar. EÜ'deki görünüm *renal sinüs lipomatozisi* taklit eder. Lenfatik orijinli olan bu kistler genellikle gergin olmayan duvarları ve interpapiller çizgiye yakın yerleşimleri ve hepsinin aynı boyutta olması ile diğer kistlerden ayrılır.

US'de keskin, düzgün kenarlı sferik şekilli, distalinde yankı bırakan, anekoik yapılar şeklinde görülürler (Resim 5.13). Büyük kistlerde proksimal çeperine komşu reverberasyon artefaktları oluşur. Ses demetinin kırılmasına bağlı olarak yan kenarlarının arkasında akustik gölge ortaya çıkar. Kistin içi ekojen olsa bile distalindeki akustik yankı ve kenarlarındaki kırılma gölgesi tanıya yardım eder.

Ekzofitik kistler bazen tamamen böbrek dışında bir kistik yapı izlenimi verir. Bu durumda kistin böbrek ile ilişkisi gösterilmelidir. Renal sinüste, peripelvik yerleşimdeki çoğul kistler dilate kaliksleri taklit edebilir. Hidronefrozda görülen kaliks/pelvis ilişkisi peripelvik kistlerde yoktur.

BT'de böbrek kistlerinin duvarı saptanamaz (Resim 5.14). Kontrast tutmazlar ve renal sinüsteki

Tablo 5.2 Böbrek kistlerinde sınıflandırma

Basit Kistler
Polikistik Hastalık
Yetişkin tipi
Çocuk tipi (infantil, jüvenil)
Medüller Kistik Hastalık
Medüller sünger böbrek
Üremik medüller kistik hastalık ve juvenil nefronofitizis
Displazi
Multikistik displazik böbrek
Aşağı üriner sistem obstrüksiyonu ile birlikte görülen multipl kist ve tümörler
Nörokütanöz displastik sendromlarla birlikte görülen multipl kist ve tümörler
Tuberous skleroz
Von Hippel-Lindau Sendromu
Diğerleri
Üremide görülen kistler
Enfeksiyöz kistler (ekinokok, tüberküloz, piyojenik apse)
Medüller nekroz
Piyojenik divertikül
Multiloküler kistik nefroma



Resim 5.13 Böbreğin alt kutbunda basit kist.

yağ dokusunu oblitere etmezler. Normal yoğunlukları 0-15 HÜ'dür. 15 HÜ'den yukarı yoğunluktaki kistlerde hemoraji, infeksiyon ve kalsifikasyondan şüphelenilir. Peri-pelvik kistleri taklit eden pelvik fibrolipomatoziste ise yoğunluk -5 ile -100 HÜ arasındadır.

Komplike kistler

Basit renal kistler kanama ve enfeksiyonla komplike kist şekline dönüşür. Sonuçta ortaya çıkan komplike görünümü kistik bir tümör görüntüsünden ayırmak zorlaşır. Bu zorluğu aşmak için kistler Bosniak tarafından kesit görüntüleme yöntemlerindeki radyolojik bulgularına göre 4 tipe ayrılmıştır:



Resim 5.14 Sağ böbrekte basit böbrek kisti.

1. Tip I.: US ve BT görünümleri basit kiste uyar, kis içerisinde septa, kalsifikasyon ve solid alan yoktur.
2. Tip II.: Tip I.'den farklı olarak 1-2 mm'den kalın olmayan birkaç ince septası ve septasında veya duvarında çok az ve ince kalsifikasyon bulunan kistlerdir. Yüksek protein veya kan yıkım ürünleri nedeniyle yoğunluğu BT'de 60-100 HÜ ölçülen, 3 cm'den küçük kistler de bu gruba girer. Boyutu daha büyük olanları ise Bosniak tarafından IIF ("follow up") olarak sınıflandırılmıştır. Bu kategorideki kistlerde çok sayıda ince septa bulunabilir. Bu septalarda çok az bir kalınlaşma, kalın ve nodüler olabilen kalsifikasyon bulunabilir. Septalar çok az kontrast tutabilir. IIF kistlerinin büyüyüp büyümedikleri 3, 6 veya 12 ay aralıklarla izlenmelidir.
3. Tip III.: "indeterminate" lezyonlardır, malign olabilirler. Kalın düzensiz kalsifikasyon, düzensiz kenar, kontrast tutan kalın septa, nodüler yumuşak doku alanları kalın duvar ve multiloküler görünüm bu kategorideki kistlerin radyolojik bulgularıdır. Bu görünümdeki kistlerin çoğunluğu cerrahi olarak çıkarılır. Bu sınıf içerisine giren lezyonlar, hemorajik veya enfekte kistler, multiloküler kistik nefroma, multiloküler kistler ve renal adenokarsinomun kistik şekilleridir.
4. Tip IV.: Nekrotik kistik tümörler veya kist duvarından çıkan tümörlerdir. Düzensiz solid nodüller, düzensiz kalın tüylü kenar, kontrast tutan solid alanları bulunan septalar bu sınıfın radyolojik bulgularıdır.

MR, kistlerin içeriklerinin karakterize edilmesinde yardımcıdır. Bir kist içeriğinin T1AG'de hiperintens olması komplike olduğunu gösterir.

Polikistik böbrek hastalığı

Her iki böbreği tutan herediter bir hastalıktır. Böbreğin polikistik hastalığı morfolojisine ve kliniğine göre *infantil, juvenil* ve *yetişkin* tipi olarak üçe ayrılır. İnfantil ve juvenil tipleri otozomal resesif olarak geçer ve çocukluk çağında görülür. Safra kanallarının proliferasyonu ve genişlemesinin eşlik ettiği, böbreklerin toplayıcı kanallarının genişlemesi ile karakterizedir. Otozomal dominant geçen yetişkin tip polikistik hastalık patogenez, morfoloji ve klinik seyir bakımından bu gruptan tümüyle farklıdır. Hastalalık yetişkin çağda ortaya çıkar, kistler nadiren çocukluk ve bebeklik çağında görülebilir.

Çocukluk çağında görülen polikistik hastalık: *İnfantil şekli* sık görülmez. Otozomal resesif geçişli herediter bir hastalıktır. Olguların çoğu hayatın ilk birkaç haftasında ölür. Böbrekler belirgin şekilde büyüktür. Fizik muayenede karın şişliği ile birlikte iki tarafta büyük kitle palpe edilir. Karaciğer genellikle büyür. Hastalık intrauterin evrede saptanabilir. *Juvenil şekli* geç çocukluk döneminde ilerleyici hepatik fibroz bulguları ile kendini gösterir. Olgularda portal hipertansiyon gelişir. Renal toplayıcı sistemin kistik dilatasyonu infantil tipe benzer; ancak kistler daha az sayıdadır ve başlıca tubülüslerin medüller kesimini tutar.

EÜ'de böbreklerin simetrik olarak büyüdüğü gözlenir (Resim 5.15). Toplayıcı sistemin opasifikasyonu çok zayıftır. Yüksek doz EÜ'de nefrogramda sayısız, küçük benekli radyolusensiler görülür. Bu görünümler opasifiye olmayan kistleri temsil eder. Genişlemiş toplayıcı kanalların içindeki kontrast madde, piramitlerden kortikomedüller birleşime doğru radiyal şekilde uzanan çok sayıda opak çizgi şeklindedir. Bu çizgilenmeler saatler veya günlerce kalabilir. Juvenil tipinde ise böbrekler infantil tipteki kadar büyük değildir. Medülladaki tubüler ektazi, medüller sünger böbreği taklit eder.



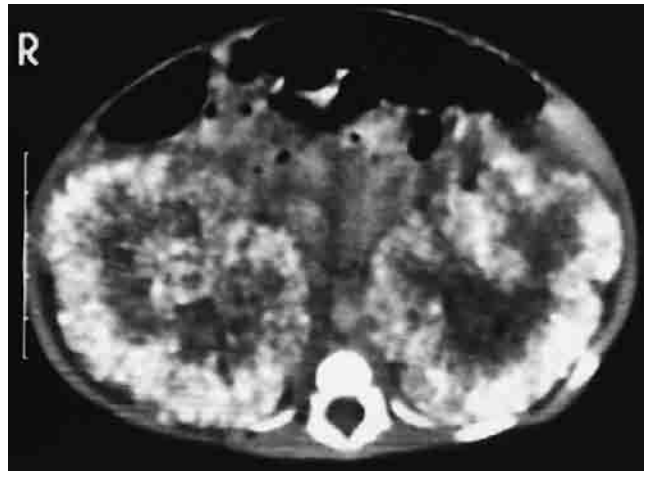
Resim 5.15 Çocukluk çağı polikistik böbrek hastalığında EÜ. Her iki böbrek normalden büyük, opak maddenin konsantrasyonu azalmış ve parankimde benekli görünüm. Juvenil form.



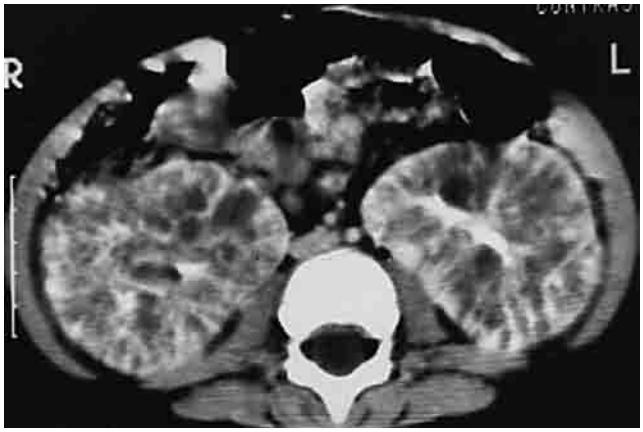
Resim 5.16 Çocukluk çağında görülen polikistik böbrek hastalığında US (juvenil form). Büyümüş böbrekte diffüz ekojenite artımı. Hipoekoik alanlar, oluşmaya başlayan kistik oluşumları temsil ediyor.

US'de, böbrekler büyüktür ve mikrokistlerin duvarlarının reflektif yüzey gibi davranmaları nedeniyle ekojeniteleri difüz olarak artmıştır (Resim 5.16). Belirgin kist görünümü yoktur. Korteks, medülla ve renal sinüs ayırımı yapılamaz. Korteksin periferi hipoekoik olabilir. Bazı olgularda birlikte karaciğerde kistler veya hepatik fibroz görülür.

BT'de böbrekler büyüktür ve yoğunlukları hafif azalmıştır. Kistler boyutları çok küçük olduğu için görülmez. Kontrastlı kesitlerde EÜ'de görülen tablo daha ayrıntılı olarak izlenebilir (Resim 5.17). Medulla ve korteks ayırımı çok iyi yapılamaz (Resim 5.18).



Resim 5.17 İnfantil tip polikistik böbrek hastalığında kontrastlı BT. Böbrekler normalden büyük, kontrast madde uzun süre parenkimde kalıyor, küçük kistler nedeniyle kontrast madde benekli görünümde. Belirgin kist oluşumu yok.



Resim 5.18 Çocukluk çağı polikistik böbrek hastalığı Juvenil tip. Korteks-medülla ayırımı yapılamıyor ve piramidlerden perifere uzanan opak madde çizgilenmeleri görülüyor (Kontrastlı BT).

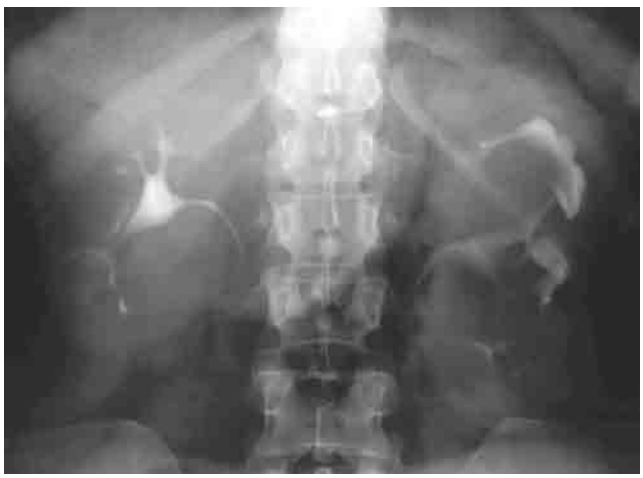
Yetişkin tip polikistik böbrek: Otozomal dominant olarak geçer. Herhangi bir yaşta ortaya çıkabilmesine karşın genellikle üçüncü dekada kadar fark edilmez. Hastalık genellikle orta yaştan önce asemptomatiktir. Bel ağrısı, kitle, hematüri, hipertansiyon ve ilerleyici renal yetmezlik gibi bulguları vardır. Birçok olguda proteinüri görülür. Kist içine kanama, enfeksiyon ve perinefritik alana veya toplayıcı sisteme rüptür hastalığın komplikasyonlarıdır. Olguların yaklaşık %10-15'inde serebral anevrizma bulunur.

Patolojik incelemede böbrek parankiminin değişik büyüklüklerde kistlerle kaplı olduğu görülür. Arada sağlam alanlar vardır. Hastalık iki taraflıdır, ancak tutulum eşit olmayabilir. Hastalık sıklıkla (%60) karaciğerin kistik hastalığı ile birliktedir. Bazen pankreasta (%10), nadiren de akciğer ve dalakta kistler görülebilir.

Radyolojik görünüm hastalığın şiddetine göre değişir. Genç yaşta birkaç basit kist görünümü ile başlayan hastalık ilerleyen olgularda böbreği büyük, lobüle, multikistik bir kitle haline getirir. EÜ'de böbrekler lobule kitle görünümü verecek şekilde büyümüşlerdir, kenarları iyi seçilemez (Resim 5.19). Kalisiyel yapılarda kistlerin yaptığı gerilmeler, yaylanmalar ve ön-arka yöndeki basılara bağlı genişlemeler izlenir. Bu değişikliklerin belirgin olduğu durumlarda incelen ve/veya genişleyen kalisiyel yapılar geniş bir alana dağılarak *örümcek ayağı* görünümü oluşturur.

US'de böbreği baştan başa kaplayan değişik büyüklükte kistler görülür (Resim 5.20). Böbrekler normalden büyüktür. Kaliks/korteks ayırımı ortadan kalkmıştır. Yer yer parankimle ilgili küçük solid alanlar izlenebilir. Kistlerin içerisinde debris görülmesi enfeksiyonu düşündürür. Birlikte görülebilecek kistleri saptamak için karaciğer, dalak ve pankreas da incelenmelidir. Yetişkin tip polikistik böbrek hastalığı saptanan bir olguda aile bireyleri US ile taranmalıdır.

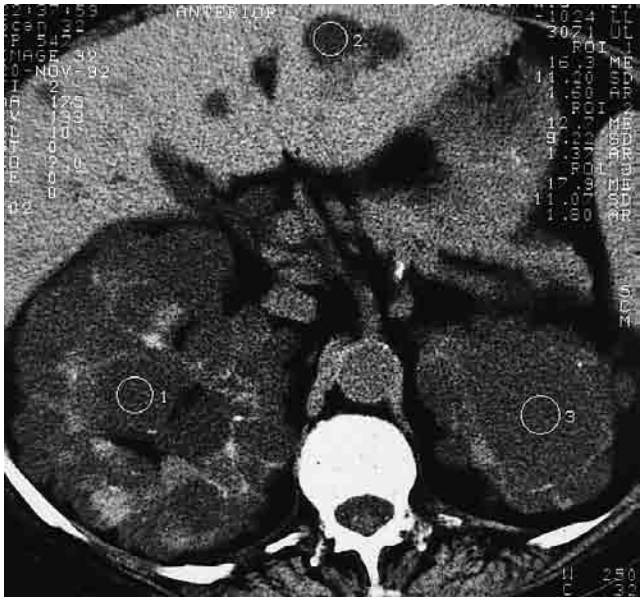
Tanımlanan patolojik değişiklikler BT ile ayrıntılı olarak gösterilir (Resim 5.21). Kistlerin bir kısmı



Resim 5.19 Yetişkin tip polikistik böbrek. Böbrekler büyük. Toplayıcı sistemde kistlerin basısına bağlı olarak uzama ve yaylanmalar.



Resim 5.20 Yetişkin tip polikistik böbrek. US'de böbreğin morfolojisini bozan çok sayıda kist.



Resim 5.21 Yetişkin tip polikistik böbrek hastalığında böbreklerde ve karaciğer içerisinde kist görünümleri.

septalıdır. Olguların %10-50'sinde böbrek parankiminde kalsifik odaklar saptanır. MR ile kanama gibi komplikasyonları görüntülenir (Resim 5.22).

Sintigrafide böbrekler büyümüştür ve kistere uyar çok sayıda hipoaktif alan saptanır.

Yaşlılarda çok sık görülen her iki börekteki birden fazla sayıdaki basit kisti polikistik böbrekle karıştırmamak gerekir. Bu olgularda kistler polikistik böbrekteki kadar çok sayıda değildir, böbrek parankimi normal görülür, aile hikayesi ve renal yetmezlik bulguları yoktur; diğer organlarında da kist bulunmaz.

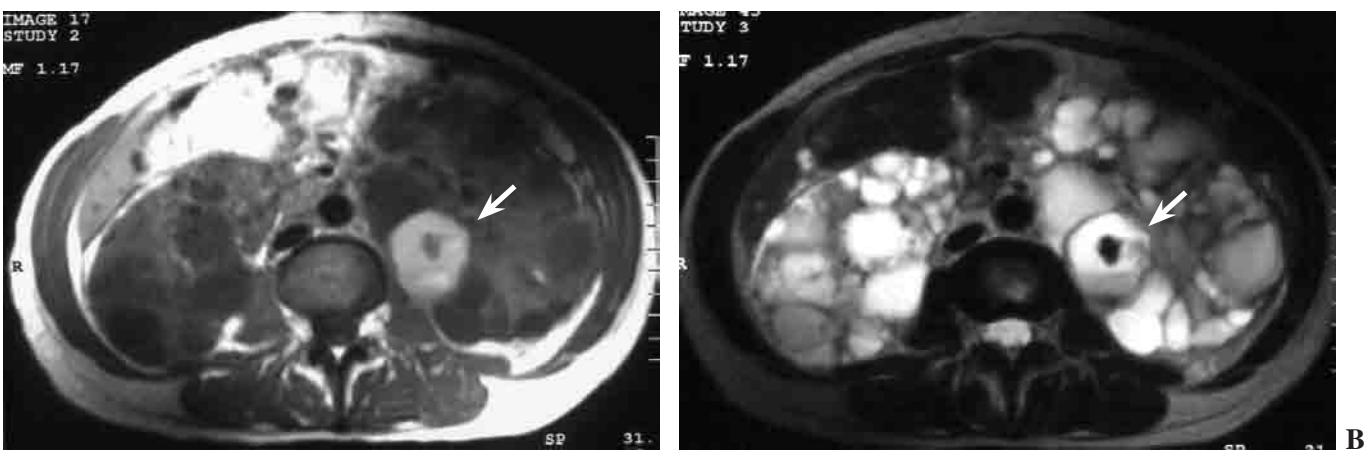
Medüller kistik hastalık

Başlıca renal medüllayı tutan kistik hastalıklar belirgin klinik ve patolojik farklılıklar gösterir. Üremik medüller kistik hastalık ve medüller sünger böbrek adıyla anılan iki ana antite vardır.

Üremik medüller kistik hastalık: Otozomal dominant geçişli herediter bir hastalıktır. Böbrekler küçük veya normal büyüklük ve şekildedirler. Korteks incedir ve kist görülmez. Olguların yaklaşık 2/3'ünde başlıca medüllada yerleşen ve 2 cm çapa kadar ulaşan makroskopik kistler vardır. Genellikle genç yetişkinlerde görülen hastalık hızla ilerleyerek üremi ile 2 yıl içerisinde ölümle sonlanır. Hastalık çocukluk çağında görülürse renal rikets gelişir.

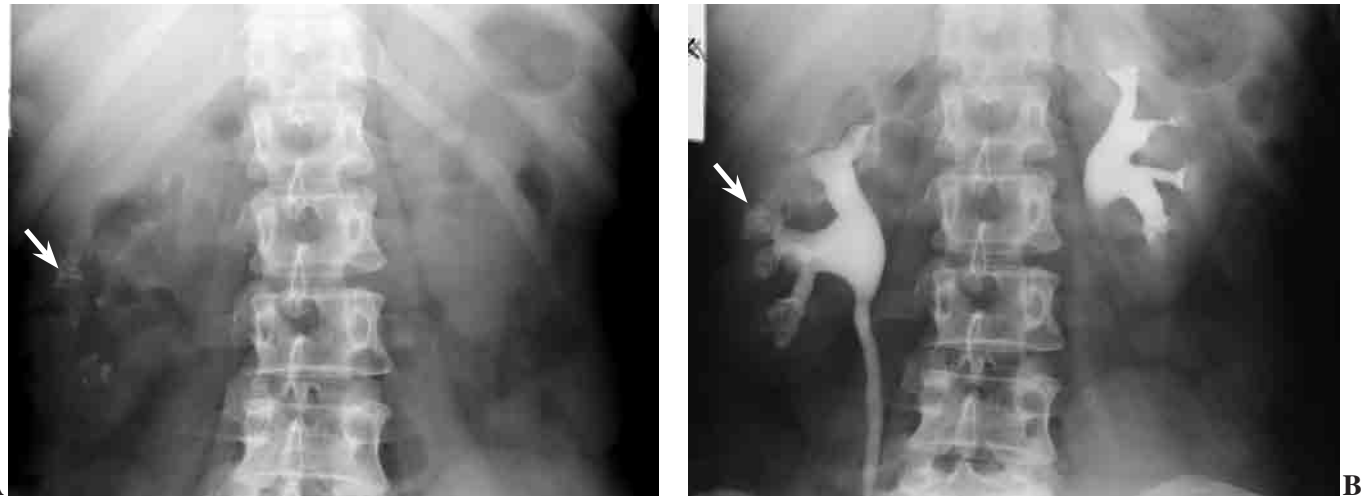
Böbrekler küçüktür, kenarları düzgündür. EÜ'de zayıf opasifikasyon gösterir. İncelmiş korteks, genişlemiş radyolusent piramitleri çevreler. Kalsifikasyon yoktur. Medüller kistlerin bulunmadığı olguları kronik glomerülonefritten ayırmak mümkün olmayabilir.

Medüller sünger böbrek: Piramitlerin içerisindeki toplayıcı kanalların genişlemesidir. EÜ'de yaklaşık %0.5 oranında görülen etyolojisi bilinmeyen bir hastalıktır. Böbreklerin boyutu normal veya medüller genişlemeye bağlı olarak hafif büyüktür. Korteks ve kortikomedüller birleşim normaldir. Toplayıcı kanalların papiller ve medüller kesimlerinde fuziform ve kistik genişlemeler vardır (Resim 5.23). Dilatasyon normalde 1-3 mm çapındadır. Nadiren 7.5 mm çapa kadar çıkabilir. Bu kaviteler içerisinde %40-60 olguda küçük opak taşlar görülür. Hastalık piramitlerin tümünü veya bir kısmını tutar. Olguların yaklaşık %25'inde tek böbrek tutulur.



A B

Resim 5.22 Polikistik böbrek hastalığında MR. A. T1AG, B. T2AG. Kistler T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görünmektedir. Sol böbrek iç kenarına komşu bir kist içinde her iki sekansta hiperintens görülen kanama (ok).



Resim 5.23 Medüller sünger böbrek. A. Piramidlerdeki kistik yapıların içerisinde küçük kalsifikasyonlar görülüyor (ok). B. EÜ'de kistik oluşumların kontrastla dolduğu izleniyor (ok).

Olguların büyük çoğunuluğuna EÜ ile tanı konur. Düz röntgenogramlarda hafifçe büyümüş böbreklerde, papiller dağılım gösteren nefrokalsinozis tipik bir görünüm verir. EÜ'de dilate kanallar ve kistik kaviteler kalikslerden önce opasifiye olurlar. Genişlemiş kanallardaki kontrast madde, piramitlerden perifere doğru radiyal bir şekilde uzanan kalın dens çizgilenmeler şeklindedir. Bu çizgiler papillalardaki yuvarlak dansitelerle birleşirler ve *çiçek demeti* görünümü verirler. US'de medüller nefrokalsinozis saptanır.

Renal displaziler

Renal displaziler bir veya her iki böbreğin tek segmentini veya tümünü tutabilir.

Multikistik böbrek: Herediter olmayan, konjenital, genellikle tek taraflı olan kistik bir renal hastalıktır. Yenidoğanda abdominal kitlelerin en sık nedenlerinden birisidir. Hastalık embriyolojik olarak üreterik parçanın renal doku ile birleşememesine bağlıdır. Böbrek üzüm salkımı şeklinde kistlerden oluşan büyük deforme bir yapı şeklindedir (Resim 5.24). Kistlerin boyutu milimetre veya santimetre ile ölçülebilir. Renal pelvis yoktur. Üreter ve renal damarlar atreziktir. Karşı taraf böbrekte sıklıkla üretero-pelvik birleşim obstrüksiyonu, daha az sıklıkla hipoplazi veya malrotasyon anomalileri vardır. İki taraflı olgular doğumdan kısa süre sonra ölür.

Düz röntgenogramlarda kitle görülür. Yaşayan olgularda kist duvarının kalsifikasyonu sıktır. EÜ'de böbrekte fonksiyon yoktur.

US'de böbrekte birbiriyle ilişkisi olmayan anekoik kistik yapılar görülür. Hastalık intrauterin olarak saptanabilir.

Segmental veya fokal renal displazi: Nadir bir anomalidir. Ektopik üreteroseli ve çift toplayıcı sistemi olan böbreklerin üst kutuplarını tutar. Tutulan kesimde multikistik böbreğe benzer kistler bulunur. Kistlerin basısına bağlı komşu kalisiyel yapıda distorsiyon izlenebilir. Ektopik üreteroselin bulunmadığı olgularda segmental displaziyi multiloküler kistik nefromadan ayırmak zordur.

Aşağı üriner sistem obstrüksiyonu ile birlikte görülen iki taraflı kistik displazi: Posterior üretral



Resim 5.24 Multikistik displastik böbrek. Böbrek yerleşiminde biri büyük olan birbiriyle ilişkisiz kistik yapılar.

valv veya daha nadiren üretral atreziye bağlı hidronefrozla birlikte renal parankimde değişik boyutlarda kistik yapılar vardır. Tanı intrauterin konur. Olguların çoğu erken evrede ölür. Nadir görülen bir hastalıktır.

Nörokütanöz sendromlarla birlikte görülen kistler

Bu grupta tuberöz skleroz ve von Hippel-Lindau hastalığı vardır. Her iki hastalıkta da hastalığı oluşturan çok sayıdaki bulgu yanında böbrek parankiminde de değişik büyüklükte basit kistler görülür. Von Hippel-Lindau hastalığında feokromositoma ve olguların %25-45'inde birden fazla sayıda renal hücreli karsinom da görülür. Birlikte retinal hemanjiom ve serebeller hemanjioblastomlar görülebilir. Hastalık otozomal dominant geçer. Tüberöz sklerozda ise böbrekte kistlerle birlikte anjiomiyolipomlar görülür.

Üremide gelişen renal kistler

Uzun süre diyalizle tedavi edilen renal yetmezlikli hastaların yaklaşık %27-47'sinde renal kistler gelişir. Kistlerin boyu 3 cm civarındadır. Korteks ve medullaya asimetrik bir şekilde dağılırlar. Olguları yaklaşık %7'sinde solid renal adenomlar ve renal hücreli karsinomlar gelişebilir ve bu lezyonlar spontan kanamaya meyillidirler.

Hidatid kist

Ülkemiz gibi ekinokokkozun endemik olduğu bölgelerde böbrekte kistik bir oluşum saptandığında ayırıcı tanıda ekinokok kisti göz önünde bulundurulmalıdır. Kistin görünümü ve özellikleri, vücudun diğer kesimlerinde görülenlerden farklı değildir.

SOLİD LEZYONLAR

Böbreğin benign tümörleri nadir görülür. En sık görülenleri adenom, hemanjiom, mezoblastik nefrom ve anjiomiyolipomdur. Malign tümörlerden en sık görüleni adenokarsinomdur (%80). Daha sonra renal pelvisin epitelyal tümörleri (%10), nefroblastom (Wilms tümörü) ve sarkom gelir.

Benign tümörler

Adenom: Renal adenomlar, renal parankimin benign tümörleridir. Genellikle birkaç milimetre boyutundadırlar ve operasyonda ve otopside görülürler. Adenomlar içerisinde büyük boyuta çıkan ve dolayısıyla radyolojik önem taşıyan onkositomadır. Onkositomalar 10 cm veya daha büyük olabilir. Kapsüllü solid kitle şeklindedirler. EÜ'de diğer renal kitlelerden ayrılamaz. Kesit görüntüleme yöntemleriyle gösterilebilen santral yerleşimli *araba tekerleği* veya *yıldız* görünümündeki skar dokusu tanıya yardımcıdır, ancak olguların 1/3'ünde görülür. Onkositoma çoğu zaman radyolojik olarak renal hücreli karsinomdan ayrılamaz.

Hemanjioma: Nadir görülür. Genellikle kavernöz yapıdadır. En sık görülen semptomu hematüridir. EÜ'de ayırıcı tanı özelliği taşımayan renal kitle şeklindedir.

Mezoblastik nefrom: Fetal renal hamartom olarak da bilinir. Hayatın ilk ayında en sık görülen renal solid kitledir.

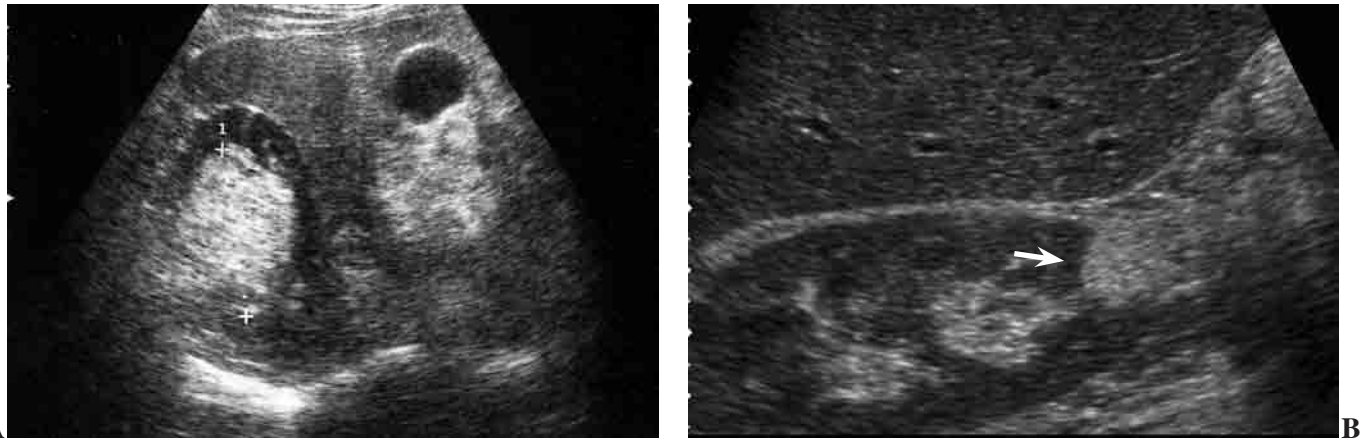
Anjiomiyolipom: Böbreğin hamartomatöz bir tümörüdür. Benign mezankimal yapıdadır. Yağ, düz kas ve anormal damarlardan oluşur. Damarların duvarında elastik doku yoktur. Olguların %80'i soliterdir, büyük bir kitle görünümündedir ve sıklıkla orta yaştaki kadınlarda görülür. Kapsülsüzdürler ve böbrekten keskin bir sınırla ayrılırlar. Geriye kalan %20 olguda böbreklerde iki taraflı multipl küçük yer kaplayan lezyonlar vardır. Bu şekil tüberöz sklerozla birlikte sık görülür. Anjiomiyolipomalardaki damar yapıları internal elastik tabakadan yoksun olduğundan kanamaya yatkındır.

Röntgen bulguları kitlelerin sayısına ve boyutuna göre değişir. EÜ'de yerleşim yerine göre yer kaplayan lezyon bulguları verirler. Anjiomiyolipomdaki yağ dokusu US'de belirgin hiperekoik görülür (Resim 5.25). BT ve MR ile yağın saptanması anjiomiyolipom tanısı için önemli bir bulgudur (Resim 5.26). BT veya MR'de yağ içeren kitleler, US'de ekojen görülüyorlarsa anjiomiyolipom tanısı hemen hemen kesindir. Ancak bazı olgularda yağ dokusu bulunmaz. Tümör içerisindeki vasküler yapılar BT'de arteriyel fazda belirgin kontrast tutar. Yağ baskılamalı MR ile tümör içerisindeki yağ dokusu belirlenir.

Büyük tek lezyonlar cerrahi olarak çıkarılır. Küçük lezyonlar çok yavaş büyür ve radyolojik olar izlenir.

Malign tümörler

Renal hücreli karsinom: Adenokarsinom veya hipernefrom adı ile de anılır. Böbreğin en sık görülen malign tümörüdür. Erkeklerde 1/3 oranında daha fazla görülür, en sık görülme yaşı 50-70 arasıdır, %2



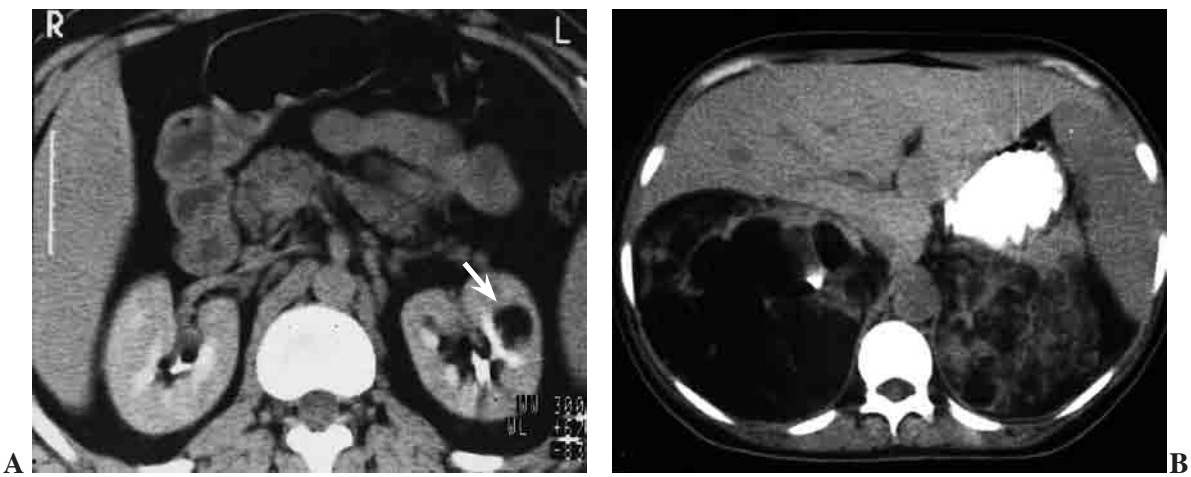
Resim 5.25 Anjiomiyolipom. A. Böbrek orta kesiminde düzgün kenarlı ekojen kitle. B. Sağ böbrek üst kutbunda subkapsüler yerleşimli, düzgün kenarlı ekojen kitle (ok).

olgu iki taraflıdır. Hemoraji ve nekroz sık görülür, %5-10 olguda tümör kistik veya multikistik yapıdadır. Sıklıkla hipervaskülerdir, bu nedenle çevrede anormal besleyeci damarları görülür. Tümör %30 olguda renal veni invaze eder ve bunların bir kısmı da İVK'ya uzanır. Ven invazyonu cerrahi planlamada kritik bir bulgudur. Olguların %40'ında hastalık saptandığında metastaz vardır.

Düz röntgenogramlarda kalsifikasyon (%5-10 olguda) ve renal kenar çizgisini değiştiren kitle bulguları vardır. Böbrek kapsülü infiltre ise böbreğin kenarı seçilemez. EÜ'de kalikslerde distorsiyon ve deformasyonlar görülür (Resim 5.27). Tümör toplayıcı sistem içine doğru büyüyerek pelviste dolma defekti yapabilir. Böbreğin alt kutbundan çıkan ve büyük boyuta ulaşan tümörler, üreterin proksimal kesimini içe doğru iterler. Genellikle hipervasküler bir tümör olduğundan anjiografide patolojik damarlanma gösterir.

US'de değişik ekojenitede, BT'de ise genellikle hipodens ve arteriyel fazda boyanan, nefrogram fazında parankimden daha az dens heterojen kitle şeklinde görülür (Resim 5.28). Birlikte renal vende ve İVK'da trombüs saptanabilir; paraaortik lenfadenopati ve karaciğer metastazı görülebilir (Resim 5.29). Perirenal yağa uzanan çizgisel dansiteler tümör yayılımının güvenilir bir bulgusu değildir, arter ve venleri, ödemi veya geçirilmiş enfeksiyonların sekeli fibrozu temsil eder.

MR ile böbrekte kistik/solid ayırımı yapılabilir, tümör içerisindeki kistik ve nekroze alanlar çok iyi gösterilir (Resim 5.30). Böyle olgularda yağ baskılama yöntemi ile çalışılır. Renal tümörlerin patomorfolojisi BT'de olduğu gibidir, ancak çevre yayılımı daha iyi gösterilebilir.



Resim 5.26 A. Sol böbrekte yağ yoğunluğu veren anjiomiyolipomber (ok), B. Tuberöz sklerozlu bir olguda sağ böbrekte daha belirgin olmak üzere her iki büyük boyutlu, büyük bölümü yağdan oluşan anjiomiyolipom.



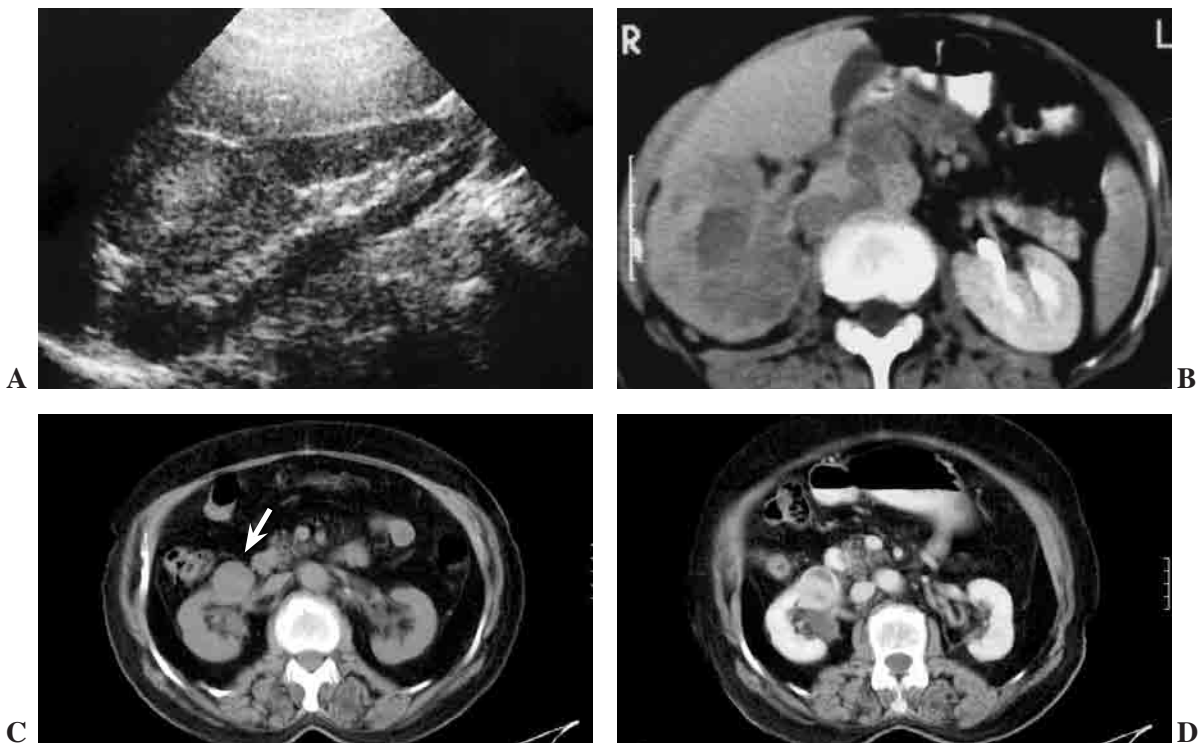
Resim 5.27 Renal adenokarsinom. Sol böbrek alt kutbunda komşu kaliksleri infiltre eden büyük bir kitle.

Böbrek tümörleri statik sintigrafik görüntülerde hipoaktif alanlar şeklindedir. Sintigrafik görünümle kist, apse, enfarkt ve arterio-venöz malformasyon ayırımı yapılamaz. Sintianjiografide artmış perfüzyon görülürse lezyon muhtemelen renal adenokarsinom gibi vasküler bir tümör veya arterio-venöz malformasyondur. Vasküler tümörlerde bazen görülen hipoaktivite, nekrotik veya kistik dejeneratif alanlarla ilgilidir.

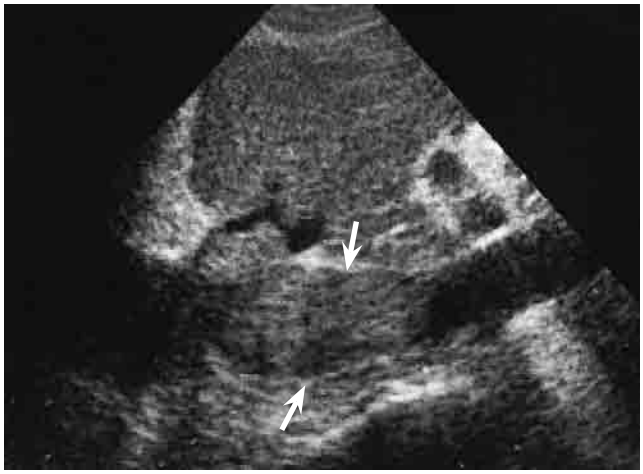
Von Hippel-Lindau sendromunda olguların yaklaşık dörtte üçünde böbrek kistleri ve %25-45'inde de böbrek tümörleri gelişir (Resim 5.31). Bu tümörler genellikle iki taraflı ve multifokaldir. Kist duvarından tümör gelişebildiği için dikkatli radyolojik inceleme şarttır. BT veya MR ile takip ve gerektiğinde ultrasonografik inceleme yapılır.

Wilms tümörü: Nefroblastoma adı da verilen Wilms tümörü neonatal periyoddan sonraki çocukluk döneminde en sık görülen solid abdominal kitle nedenidir. İmmatür renal parankimden çıkar. 1-5 yaş arasında sık görülür. Aniridi ve hemihipertrofi ile birlikte sık görülmesi önemli bir özelliğidir.

Hastalar genellikle ele gelen abdominal kitle ile hekime başvurur. Hipertansiyon, ağrı ve daha az sıklıkla hematüri görülebilir. Olguların %5-10'unda tümör iki taraflıdır. Olguların çok azında kitlede kalsifikasyon saptanabilir. EÜ'de kitle etkisine bağlı olarak



Resim 5.28 A.Renal hücreli karsinomda böbrekte heterojen yapıda ekojen kitle. B. Sağ böbrekte adenokarsinom ve paraaortik lenfadenopati. Kitle içerisinde muhtemelen nekroza ait hipodens alanlar. C. Sağ böbrek korteksi ön kesiminde, kontrastsız kesitte böbrek parankimi ile aynı yoğunlukta kitle (ok). D. Kontrastlı kesitte kitlenin böbrek parankiminden daha az kontrast tuttuğu izleniyor.



Resim 5.29 Renal hücreli karsinomda inferior vena kavada tümör trombüsü (oklar).

kalisiyel yapıda gerilmeler, genişlemeler ve yerel basılar izlenebilir (Resim 5.32). Bazen böbrekte fonksiyon saptanmaz. %30-40 olguda renal ven invazyonu vardır. Renal hücreli karsinomda olduğu gibi renal pelvis ve üretere invazyon görülebilir. Akciğer metastazı sıktır.

US'de genellikle hiperekoik homojen bir kitle şeklindedir. Bazen içerisinde nekroza bağlı hipoekoik alanlar görülebilir. BT/MR görünümleri adenokarsinomlara benzer (Resim 5.33).

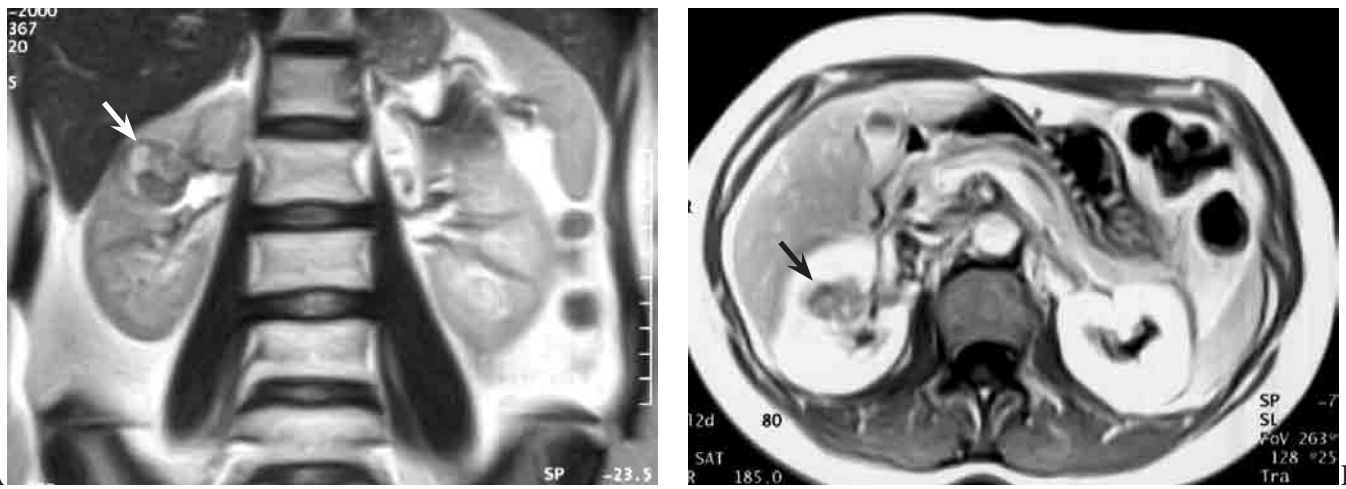
Sarkom: Mezenkimal dokulardan gelişen, nadir görülen solid yapıda tümörlerdir. Büyük çoğunluğu renal kapsülle ilişkilidir. Bu nedenle olguların çoğunda renal veya ekstrarenal orijin ayırımı yapılamaz.

Lenfoma: Böbreğin primer lenfoması çok nadirdir. Ikincil tutulum daha çok görülür. Otopside lenfomalı olguların %30-50'sinde üriner sistemin tutulduğu saptanmıştır. Difüz renal tutulumda böbrekler büyür. Fokal tutulum tek veya çok sayıda renal kitle şeklinde görülür. Bazı olgularda renal sinüsün infiltrasyonu infundibuler ve kalisiyel yapılarda incelmelere neden olur. Büyümüş böbrekle birlikte kalisiyel yapılarda görülen bu değişiklik, lenfomalı bir olguda renal infiltrasyonu düşündürmelidir. Bazen böbreği saran perirenal bir kitle şeklinde görülebilir.

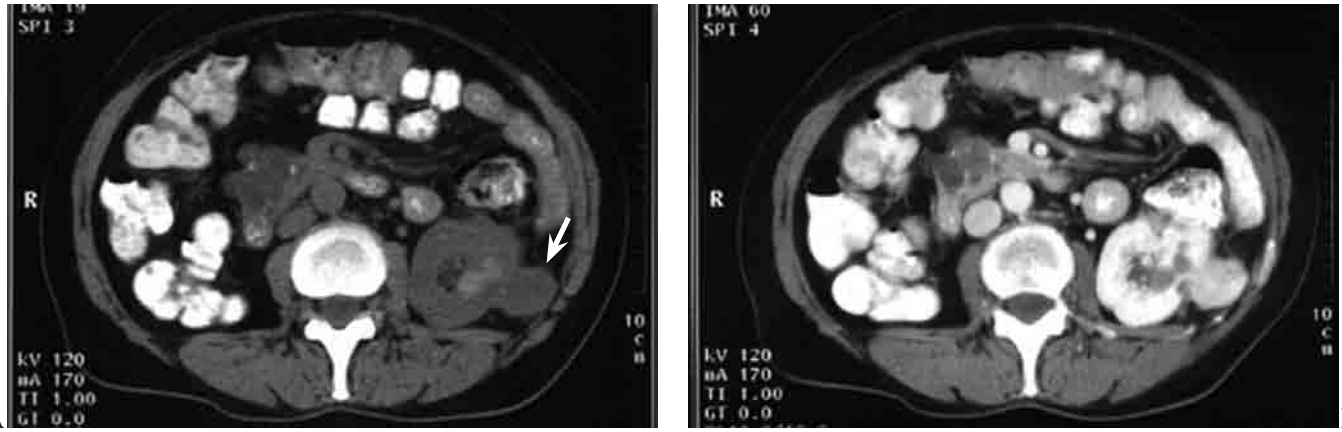
Lenfomanın oluşturduğu bu değişiklikler, özellikle kesit görüntüleme yöntemleri ile ayrıntılı olarak gösterilir. US'de böbrekler büyümüştür ve kortekste yerleşen lenfomanın nodüler infiltrasyonlarına ait hipoekoik alanlar toplayıcı sistemi komprese ederler. BT'de homojen yapıda çok az kontrast tutan yuvarlak kitleler şeklinde görülürler (Resim 5.34). Böbrek tutulumu ile birlikte büyük boyutlarda retroperitoneal LAM kümelerinin varılığı lenfoma lehinedir.

Metastatik tümörler: Böbrek metastazları nadirdir. Nadiren semptom verdiğinden ancak postmortem olarak saptanırlar. Lenfomadan sonra en sık renal metastaz yapan tümörler, bronkojenik karsinom, meme ve gastrointestinal sistem karsinomlarıdır. Soliter kitlelerin diğer renal kitlelerden ayırımı olanaksızdır (Resim 5.35). Metastazlar renal karsinomlara göre daha infiltratiftir ve daha az ekzofitik büyüme gösterir.

Normal varyantlar renal tümörleri taklit edebi-



Resim 5.30 Renal hücreli karsinomda MR. A. T2AG'de sağ böbrek orta kesiminde heterojen intensitede kitle (ok). B. Kontrastlı T1AG'de lezyon böbrek parankiminden daha az kontrast tutuyor (ok).



A B

Resim 5.31 von Hippel Lindau sendromlu bir olgu. A. Kontrastsız BT kesiti. Sol böbrekte egzofitik kitle (ok). B. Kitle böbrek parankiminden daha az kontrast tutuyor.

lir. Bazı olgularda fetal lobulasyon ileri yaşlarda da devam eder. Sol böbreğin orta dış kesiminde görülen *hörgüç*, interpapiller çizgide değişiklik olmamasıyla yer kaplayan lezyonlardan ayrılır. Kronik piyelonefritte veya renal enfarktlardaki skar dokusunun yanındaki normal renal doku hipertrofiye olarak kitle görünümü verebilir. Renal papillanın konjenital hipertrofisi de renal tümörü taklit edebilir. Normal kortikal dokunun renal sinüse doğru invajinasyonu (*belirgin Bertin kolonu*) kortikal kalınlığı arttırarak bir kitle gibi davranabilir. Bu oluşum genellikle kısmen duplike olan böbreklerin orta kesimine yerleşir. Morfolojik olarak tümörü taklit eden bu görünümlerin normal yapıdaki parankime ait olduğu, BT'de parankimle aynı şekilde kontrast tutmaları ile doğrulanır. Sintigrafi ile de bu yapıların normal parankim dokusu olduğu saptanabilir. Anjiografide patolojik damarlanma görülmez.

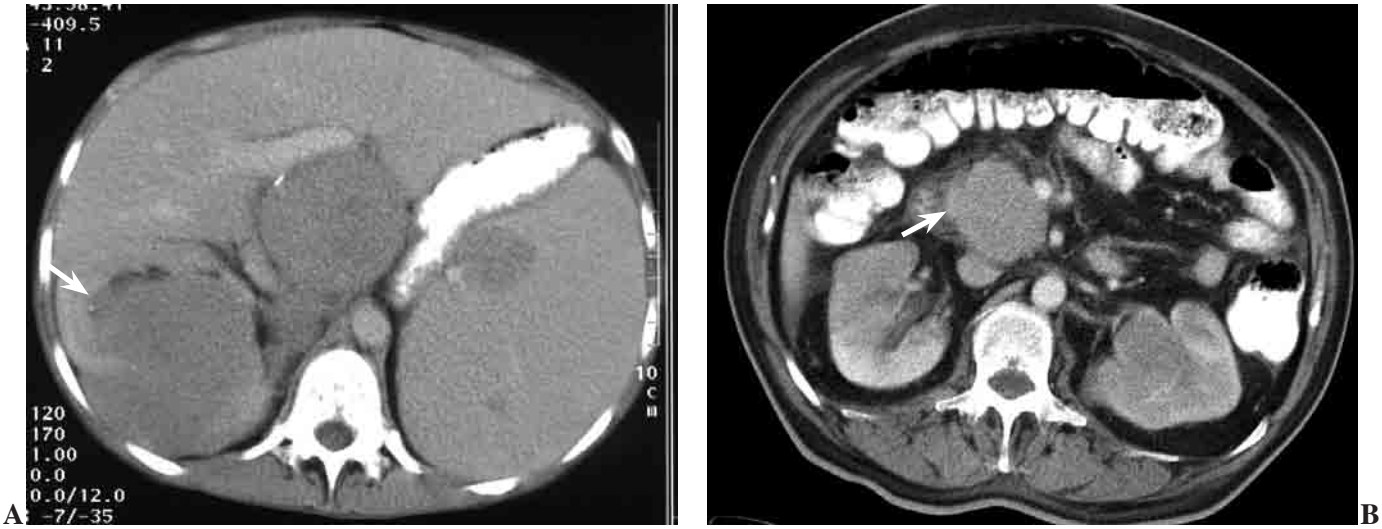
Renal sinüs lipomatozis renal sinüste yağ birikimidir. Genellikle böbrek atrofisi ile birlikte görülür. Kalisiyel yapılarda, peripelvik kistte olduğu gibi uzama ve incelmeler vardır (Resim 5.36). US ve BT ile sinüsteki yağ artımı saptanarak tanı konur.



Resim 5.32 Sağ böbrek alt kutupta Wilms tümörü. Alt kutup kaliksleri infiltre olduğundan opasifiye olmamış, üst kutup kalikslerinde obstrüksiyona bağlı genişleme.



Resim 5.33 Wilms tümörü. Sol böbrekten çıkıp orta çizgiye doğru büyüyen, hipodens kontrast tutmayan oldukça düzgün kenarlı kitle.



Resim 5.34 NHL. A. Sağ böbrekte kitle (ok), paraaortik lenf nodlarında büyüme. Dalak büyümüş ve dalak içerisinde hipodens kitle görünümü. B. Her iki böbrekte hipodens kitleler ve paraaortik lenfadenomegali (ok). Ayrı olgular.



Resim 5.35 Böbrek metastazı. Akciğer kanserli olguda her iki böbrekte kontrast tutmayan hipodens alanlar. Sol böbrek hilusuna komşu lenfadenomegaliye ait kitle görülüyor (ok).

PARANKİMAL HASTALIKLAR

Böbreğin parankimal hastalıklarının ortak özellikleri primer olarak böbrek parankiminin tutulması ve az veya çok parankim kaybı ile sonuçlanmasıdır. Bu gruba tedavisi medikal olan hastalıklar girer. Ortak morfolojik özellikleri nefrolitiyazis veya nefrokalsinozisin varlığı, böbrekte boyut ve şekil değişikliği, renal dokuda fokal kayıp veya yaygın incelme, böbreklerde asimetri, papillalarda ve kalisiyel yapılarda deformasyon oluşturan toplayıcı sistem anormallikleri ve bazen görülen nefrogram değişiklikleridir.



Resim 5.36 Renal sinüs lipomatozis. Böbrek atrofik infindibulumlarda uzama ve incelmeler görülüyor.

Ayırıcı tanıda önem taşıyan üç ölçüt: böbreklerde boyut değişikliği, papiller/kalisiyel anormallik ve fokal kortikal kayıptır. Kalsifikasyon, var olduğunda önemli bir bulgudur, ancak yokluğu ayırıcı tanıda fazla önem taşımaz. Nefrografik anormallikler akut hastalıkların ayırıcı tanısında bazen yararlıdır.

Renal boyut değişikliği renal hastalığın varlığını gösteren önemli bir bulgudur. Bununla birlikte ayırıcı tanıda bazen yarar sağlar. Glomerülonefrit, obstrüksiyon ve papiller nekroz gibi hastalıklarda hastalığın evresine göre böbrek büyük, normal boyutta veya küçük olabilir. Küçük böbrek bir çok hastalığın son evresini temsil eder. Boyut tek başına çok yararlı bir ayırıcı tanı ölçütü değildir, ancak her iki böbrek arasındaki boyut farkı önemli bir bulgudur. Böbreğin uzun aksının 9 cm'den küçük olması küçülme, 13 cm'den büyük olması ise büyüme olarak kabul edilir. Boyut değişikliği küçülme ve büyüme şeklinde, tek veya iki taraflı olabilir. İki taraflı boyut değişiklikliği sistemik hastalıklarda görülür.

İki taraflı küçük böbrek genellikle fonksiyonda azalma ile birliktedir. En sık nedenler yaygın arterioskleroz, sistemik hipertansiyona bağlı nefroskleroz, kronik glomerulonefrit ve üremik medüller kistik hastalıktır. Bu gruptaki hastalıklar genellikle radyolojik yöntemlerle birbirinden ayrılamaz.

İki taraflı büyük böbrekte neden böbreklerde protein, hücre ve/veya sıvı birikimidir. Akut glomerulonefrit, lupus nefriti ve diyabetik glomeruloskleroz gibi proliferatif hastalıklarda görülür. Akut tubuler nekroz, akut kortikal nekroz ve iki taraflı akut piyelonefritte büyüme nedeni ödemdir. Lenfoma ve lösemide neden hücre infiltrasyonu; multipl miyelom, amiloidoz ve ürat nefropatisinde ise protein birikimidir.

Tek taraflı küçük böbrekte neden genellikle sistemik bir hastalık değildir. Tek böbreğin tüm parankimini ilgilendiren bir anormallik vardır. En sık nedenlerden birisi renal arter stenozuna bağlı iskemidir. Tutulan böbrekte süzmede gecikme görülür. Renal arterdeki akımın total olarak aniden kesilmesi böbrekte total enfarkta neden olur. Radyasyon nefriti, basınç atrofisi postinflamatuar atrofi ve hipoplazik böbrek tek taraflı küçük böbreğin diğer nedenleridir. Karşı böbrek sağlam ise kompansatuar büyüme görülür.

Tek taraflı büyük böbrek genellikle tek böbreği tutan hastalıkların akut evrelerinde görülür. Neden tek böbreği etkileyen akut olaylardır. Renal ven trombozu ve renal arter tıkanmasında akut dönemde böbrek büyür, kronik dönemde tek taraflı küçük böbrek ortaya çıkar. Akut obstrüksiyonda ve tek taraflı akut piyelonefritte de ödem nedeniyle böbrek büyümüştür. Çift toplayıcı sistem ve kompansatuar hipertrofi böbrek parankiminin normal olduğu tek taraflı büyük böbrek nedenleridir.

Papiller/kalisiyel anormallik deyimi küçük kalikslerdeki radyolojik olarak saptanabilen normal dışı görünümü anlatır. Bu anormallik papiller nekroz ve kronik piyelonefritte olduğu gibi böbrek dokusuna veya obstrüktif nefropatide olduğu gibi toplayıcı sisteme ait olabilir. Fokal kortikal kayıpta böbreğin kenarı düzensizdir. Birlikte komşu kalikste çekilme ve deformasyon görülebilir. Papiller/kalisiyel anormallik ve fokal kortikal kayıp ölçütleri birlikte değerlendirilerek parankimal hastalıkların görünümü dört ana gruba ayrılmıştır (Tablo 5.3).

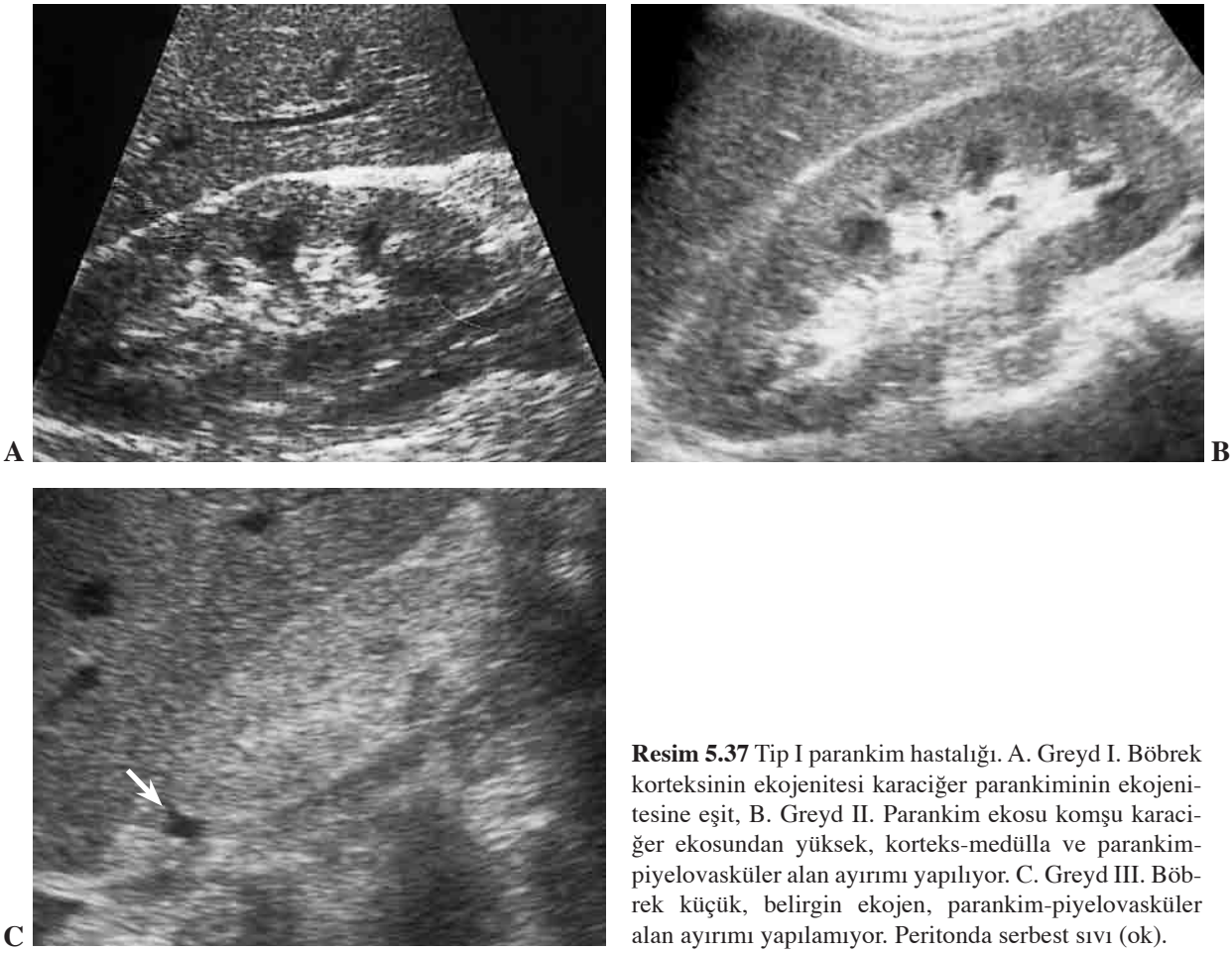
Parankimal hastalıkların US görünümü

Böbreğin parankimini tutan hastalıkların US görünümleri birbirine benzer. Parankim tutulumu nedenine bakılmaksızın US'de tip I ve tip II olarak ikiye ayrılır. Tip I'de parankimal anatomi bozulmadan korteks ekojenitesi artar. Normalde korteks ekojenitesi karaciğer, dalak ve renal sinüs ekojenitesinden düşüktür. Normal olan bu görünüm greyd 0 kabul edilir. Korteksin ekojenitesi karaciğerinkine eşitse greyd I, yüksekse greyd II, renal sinüsünkine eşitse greyd III olarak değerlendirilir (Resim 5.37). Greydlerle glomerüler olayın şiddeti ve türü arasında bir uyum yoktur. Greydleme hastalığın progresyonunu izlemede yararlıdır. Tip II parankim hastalığında ise parankimal anatomi fokal veya difüz bir şekilde bozulmuştur.

İki taraflı tip I parankim tutulumu medikal renal hastalıklar (akut veya kronik glomerülonefrit), infiltratif hastalıklar (lösemik infiltrasyon, amiloidoz), kortikal nefrokalsinoz neden olan hastalıklar (kronik glomerülonefrit, renal kortikal nekroz, Alport sendro-

Tablo 5.3 Parankimal hastalıkların sınıflandırılması

Papiller/kalisiyel yapılar normal, fokal kortikal kaybı yok
Glomerülonefrit
Akut tubüler nekroz
Akut kortikal nekroz
Akut piyelonefrit
Renal vasküler hastalık
Renal parankimin difüz infiltrasyonu
Papiller/kalisiyel yapılar normal, fokal kortikal kayıp var
Fokal enfarkt
Papiller/kalisiyel yapılar anormal, fokal kortikal kayıp yok
Papiller nekroz
Renal tüberküloz
Geriye basınç atrofisi
Taş
Papiller/kalisiyel yapılar anormal, fokal kortikal kayıp var
Kronik atrofik piyelonefrit (fokal reflü nefropatisi)



Resim 5.37 Tip I parankim hastalığı. A. Greyd I. Böbrek korteksinin ekojenitesi karaciğer parankiminin ekojenitesine eşit, B. Greyd II. Parankim ekosu komşu karaciğer ekosundan yüksek, korteks-medülla ve parankim-piyelovasküler alan ayırımı yapılıyor. C. Greyd III. Böbrek küçük, belirgin ekojen, parankim-piyelovasküler alan ayırımı yapılamıyor. Peritonda serbest sıvı (ok).

mu, oksalozis) da görülür. Renal ven trombozu, akut piyelonefrit ve renal transplant rejeksiyonu da tek taraflı tip I parankimal hastalık örneği verir.

Parankimal tutulumun klinik olarak son evresi renal yetmezliktir. Böyle olgularda US, hidronefrozu dışlamak, renal boyutu değerlendirmek ve renal parankimal tutulumu belirlemek için istenir. Akut renal yetmezliği olan, büyük ya da normal boyutlu böbreklerde nedeni saptamak için biyopsi yapılır. Küçük böbreklerde ise hastalık son evrede demektir ve biyopsinin yararı olmaz. Renal kortikal kalınlığın ölçümü rezidüel renal fonksiyonun belirlenmesinde yararsızdır.

Glomerülonefrit

Glomerülonefrit terimi yaygın glomerül hasarını tanımlar. Hastalık ya primer olarak böbrekleri tutar ya da bazen lupus eritematozus, poliarteritis nodoza, Goodpasture sendromu, Wegener granülomatozu ve Henoch-Schönlein purpupası gibi sistemik vaskülitin bir parçasıdır. Glomerülonefritin tanısında röntgenin önemli bir işlevi yoktur. Akut evrede büyüme, kronik evrede ise küçülme olarak tanımlanabilecek, daima simetrik olan, boyut değişiklikleri gözlenir.

Akut tubüler nekroz

Akut tubüler nekroz obstrüksiyon bulgusu olmadan gelişen akut oligürik renal yetmezliktir. Böbrekler interstisiyel ödem nedeniyle büyürler. Tanıda ve hastalığın izlenmesinde röntgenin önemli bir işlevi yoktur.

Akut kortikal nekroz

Etyopatogenezi akut tubüler nekroza benzer. Renal hasar, akut tubüler nekrozdan daha belirgindir ve değişiklikler geriye dönmez. Korteksteki nekroz değişik derecelerde olabilir. Bazı olgularda tam obstrüksiyon gelişir. Akut evrede böbrekler büyüktür, daha sonra böbrek boyutlarında küçülme görülür. Temel bir röntgen bulgusu kalsifikasyondur; yaklaşık üç hafta sonra ortaya çıkar, genellikle yamalı şekildedir; bazı olgu-

larda çizgisel ve tren rayı şeklinde görülebilir. EÜ'de konsantrasyon yetersizliği vardır.

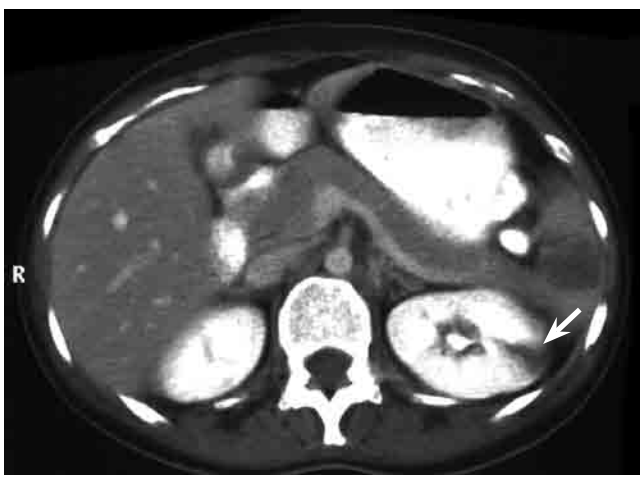
Renal parankimde yaygın infiltrasyon

Amiloidoz, lösemik infiltrasyon ve Hodgkin hastalığında genellikle her iki böbrek difüz olarak tutulur. Amiloidozun %80'i enfeksiyon sonucu gelişir. Amiloidozda başlangıçta böbrekler büyür. Kalisiyel sistem gerilmiştir. Daha sonra böbrekler küçülürler. Lösemik infiltrasyonda da böbrekler büyür ve kalisiyel sistemlerinde incelmeler ve gerilmeler ortaya çıkar. Hodgkin hastalığında ise daha çok multifokal renal kitleler şeklinde tutulma vardır.

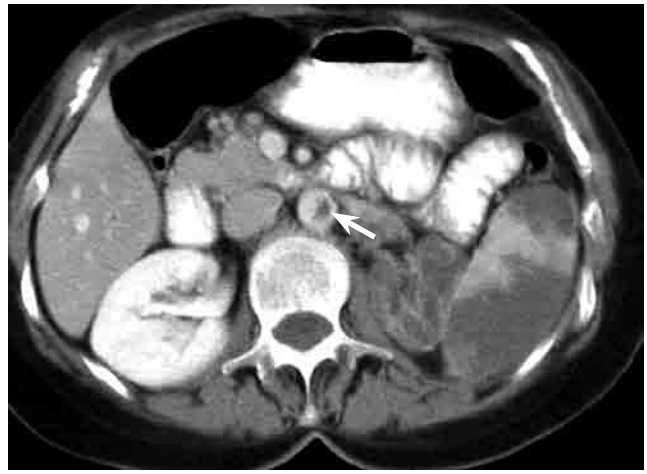
Fokal enfarkt

En sık neden embolidir. Tromboza bağlı olarak da gelişebilir. Ağrı ve hematüri ile birlikte renal koliği taklit eden bir kliniği vardır. Olguların büyük çoğunluğunda interlober arterlerden birinin tıkanmasına bağlı fokal bir enfarkt görülür. Total renal enfarkt çok daha azdır.

EÜ'de erken evrede, fokal ve total enfarktların her ikisi de nonfonksiyone böbreğe neden olabilir. Erken fokal enfarktın diğer görünüm şekli tutulan kesimde nefrografik defektle birlikte ilgili toplayıcı sistem içeresinde kontrast maddenin bulunmamasıdır. Daha sonra enfarkt ilerler ve renal parankimde doku kaybı olur. Skar dördüncü haftadan itibaren ortaya çıkar. Kalisiyel sistemde bir değişiklik yoktur. Bununla birlikte büyük enfarktlarda komşu kalisiyel sistemde hafif bir deformasyon izlenebilir, ancak bu hiçbir zaman kronik piyelonefritte görülen değişiklikler kadar belirgin olmaz.



Resim 5.38 Renal enfarkt. Sol böbrek dış korteksinde kama şeklinde kontrast tutmayan alan (ok).



Resim 5.39 Renal enfarkt. Sol böbrek enfarkta bağlı olarak küçülmüş ve kontrast tutmuyor. Dalakta multipl enfarktlara bağlı hipodens alanlar. Abdominal aort içerisinde muhtemelen renal arterin tıkanmasına ve dalak embolilerine neden olan trombüse ait dolma defekti (ok).

Fokal enfarktlar BT'de tabanı kapsüle dayalı üçgen ve dikdörtgen şeklinde kontrast tutmayan hipodens alanlar şeklinde görülür (Resim 5.38). Akut dönemde ödem nedeniyle doku kaybı görülmez. Kronik dönemde atrofi gelişir. Global renal enfarktta korteks incelir (Resim 5.39). Morfolojik değişiklikler US ile de saptanır.

Statik sintigrafik görüntülerde böbreklerin periferinde yerleşmiş fokal azalmış aktivite alanları şeklinde görülür. Enfarktlar multipl olabilir veya tüm böbreği tutabilir ve iki taraflı olabilirler. Klinik hikaye bu lezyonları diğer fokal defekt nedenlerinden ayırmada yardımcıdır.

Renal ven trombozu

Olguların çoğu 2 yaşın altındadır, klinik bulgular değişkendir, bazıları asemptomatik olabilir. Çocuklarda en sık nedenler, annenin diyabetik olması, dehidratasyon, sepsis, şok, travma ve orak hücreli anemidir. Yetişkinlerde en sık neden böbrek tümörleridir; özellikle membranöz tipte olan glomerulopatiler, kollajen damar hastalıkları, diyabet, travma, trombofilebit, doğum sonrasında ve hiperkoagülasyonda da görülebilir

Renal vende trombüs vardır. Tıkanmanın proksimalinde ven genişlemiştir. Venin morfolojisi ve akım

Doppler US, MR-venografi veya konvansiyonel venografi ile incelenebilir. US, BT ve MR'de trombüs görülebilir.

EÜ'de böbreğin opasifikasyonu azalmıştır, nefrogram uzamıştır; toplayıcı tubülüsler kontrast maddenin stazına bağlı olarak çizgilenmeler şeklinde görülür. Böbrekteki şişmeye bağlı olarak toplayıcı sistem gerilmiş, sıkışmış ve incelmiştir. Akut dönemde böbrekler büyümüştür, kronik dönemde küçülürler. Kolleteral ven gelişimi sonucu, genişleyen venlerin renal pelvis ve üreter üzerinde basıları kenarda çentiklenmeler yapar.

US'de erken dönemde ödeme bağlı olarak böbrekler hipoekoiktir; 10 gün sonra fibroz ve hücre infiltrasyonuna bağlı olarak hiperekoik olurlar, fakat kortikomedüller sınır kaybolmamıştır. Birkaç hafta sonra böbrek boyutu küçülür, böbrekler hipoekoiktir ve kortikomedüller sınır kaybolmuştur. Bu evreye geç faz denir.

Doppler US'de renal ven görüldüğü halde akım saptanamıyorsa venin tromboze olduğu söylenebilir. Parankim içerisinde venöz akım yokluğu, böbrekte büyüme, renal vende genişleme ve kollateral akım tanıyı destekleyen bulgulardır. Tam olmayan tıkanmada lümenin açık olan kısmındaki akım renkli Dopplerle gösterilir. Renal ven akımı arteriyel akımın ters yönünde ve devamlı karakterdedir; respirasyon ve kalp hareketleri ile dalgalanmalar gösterir.

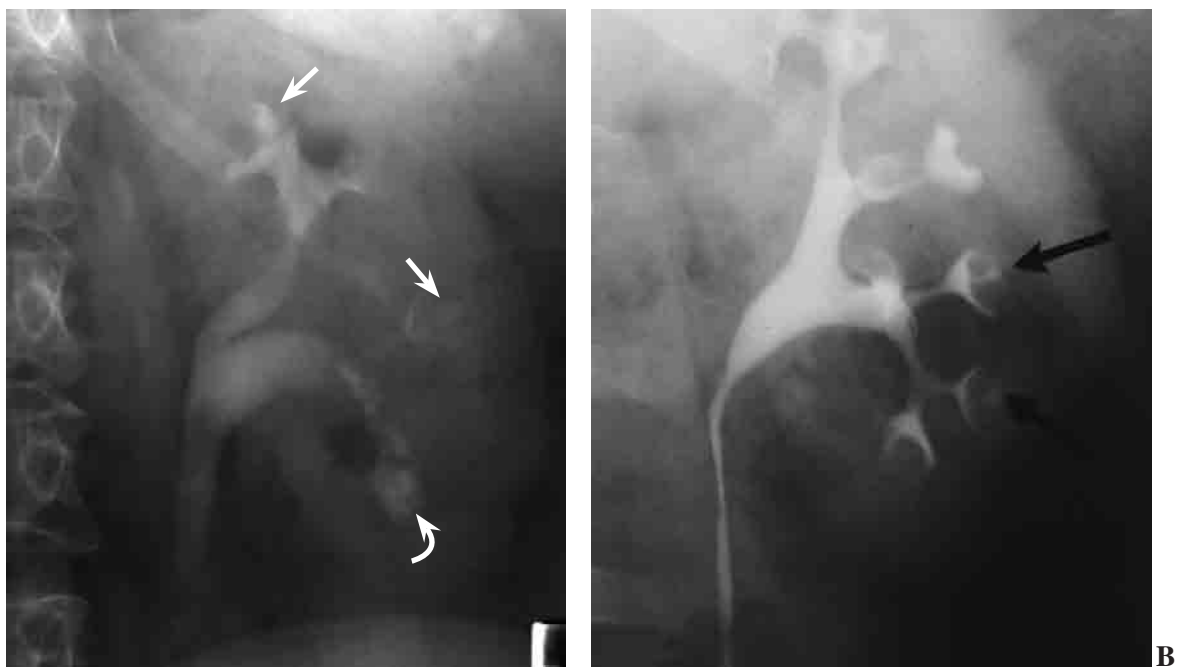
BT'de böbreğe, renal vene ve trombüse ait morfolojik bulgular görülür, kortikomedüller ayırım US'den daha uzun süre devam eder.

Sintigrafide klasik bulgu olarak kan akımı yoktur ve statik görüntülerde renal bölgede radyonüklid birikimi saptanmaz. Bununla birlikte birçok hasta değişik derecelerde renal perfüzyon ve tubüler fonksiyon gösterebilir. Renal fonksiyonun bulunması muhtemelen venöz kollaterallerin gelişimine bağlıdır.

Papiller nekroz (Resim 5.40)

Tanısı çoğunlukla EÜ bulgularına dayanan bu hastalık sanıldığı kadar seyrek değildir. Eskiden hastalığın erken evresini tanımlamak için kullanılmış medüller nekroz terimi karışıklığa neden olmaktadır. Bu nedenle papiller nekroz adı daha yaygın olarak kullanılır. Hastalık kronik atrofik piyelonefritin ve tüberkülozun ayırıcı tanısında her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

Papiller nekrozun muhtemelen en sık nedeni analjezik nefropatisidir. En sık fenasetin kullanımında ortaya çıkar. Fenilbutazon, indometazin gibi non-steroid antiinflamatuar ilaçların kullanılmasına bağlı olarak da papiller nekroz görülmektedir. Papiller nekrozun diğer nedenleri diyabet, orak hücreli anemide görülen nefropati ve enfeksiyonla birlikte olan obstrüksiyon-



A **B**

Resim 5.40 Papiller nekroz. A. Sol böbrek üst kutup papillasında nekroze kesim içerisine kontrast madde giriyor (ok). Alt kutup papillasının tümüyle kopmasına bağlı olarak kalikste genişleme (kıvrık ok). B. Sol böbrek papillalarında nekroze alanlara bağlı merkezi dolma defektleri (oklar). Ayrı olgular.

dur. Tek taraflı akut form, şiddetli enfeksiyonla birlikte sık görülür. İki taraflı olan daha kronik şekillerinde ise neden büyük bir olasılıkla analjezik nefropatisidir. İnfantlardaki akut renal yetmezliklerde de (infantil şok) papiller nekroz gelişebilir.

Papiller nekrozda böbrekler normal boyutta olabilirler. Akut evrede böbreklerde hafif bir büyüme görülebilir, kronik evrede ise daha çok normalden küçüktürler. Böbreklerin kenarlarının düzgün olması önemli bir özelliktir. Olguların %85'i iki taraflıdır. Çok sayıda papilla etkilenmiştir. Akut formları genellikle tek taraflıdır.

Erken dönemde EÜ'de papiller genişlemiş görülür. Nekroz gelişirse papillada bir fissür ortaya çıkar. Fissürün görünümü, nekrozun bulunduğu kesime ve yaygınlığına göre değişik şekillerde olabilir. Kontrast maddenin bu bölüme girmesi ile deforme kaliksten papillaya doğru uzanan değişik şekillerde kontrast madde birikimleri izlenir. Nekroze olan papillanın koparak kaliks içine düşmesi ile kaliksler içerisinde dolma defektleri ortaya çıkar. Nekroze papilla parçaları idrarla küçük parçalar halinde atılabilir veya üreter obstrüksiyonlarına neden olabilir. Nekroze parça üzerine kalsiyum çökerek taş oluşabilir. Bazı olgularda nekroze papilla atrofiye olarak büzülür, kopma olmaz. Nekroze olan papiller kesimin kopup ayrılmasından sonra yeri boşalır ve kaliks dilate bir şekil alır. Bazı olgularda ayrılma göstermeyen nekrotik papillada kalsifikasyon görülebilir.

Geriye basınç atrofisi

Temel bulguları papillalarda uniform atrofi ile uniform parankim kaybıdır (Resim 5.41). Obstrüktif nefropati ve şiddetli vezikoüreteral reflüde görülür. Obstrüktif nefropatide görünüm obstrüksiyonun cinsine, yerine, süresine ve yapısına bağlı olarak değişir. Kaliksler belirgin şekilde dilate olabileceği gibi sadece fornikslerde minimal bir küntleşme de izlenebilir. Böbrekler büyük, normal veya küçük olabilir. Parankim atrofisi değişik derecelerdedir.

Şiddetli vezikoüreteral reflüde (jeneralize reflü nefropatisi) görünüm röntgenolojik ve patolojik olarak obstrüktif nefropatiden ayrılamaz.

Akut piyelonefrit

Piyelit adı da verilen akut piyelonefritte ürogramların büyük çoğunluğu normaldir. Akut evrede yapılan EÜ'lerin yaklaşık %25-50'sinde böbreklerde büyüme, konsantrasyon zayıflığı, kaliks ve üreterlerde hafif genişleme görülebilir. Komplike olmayan hastalıkta radyolojik incelemeye gerek yoktur. Radyolojik inceleme tedaviye rağmen düzelmeyen veya hastalığın şiddetli olduğu durumlarda gerekebilir.

Akut piyelonefritin kitle izlenimi veren fokal hipodens görünümüne *fokal bakteriyel nefrit* veya *lobar nefroni* gibi isimler verilmiştir. Bu terimlerin kafa karıştırıcı olduğu ve terkedilmesi gerektiği bildirilmektedir. Bunun yerine akut piyelonefritteki böbrek tutulumu fokal, multifokal ve difüz olarak tanımlanmalıdır.

US'de kortikal ekojenitede difüz azalma ve böbrekte büyüme görülebilir. Renal ven trombozu ve renal arteriyal tıkanmaya bağlı hemorajik enfarktta da benzer görünüm ortaya çıkar. Büyük, hipoekoik böbrek görünümünde öncelikle akut piyelonefrit ve renal ven trombozu düşünülmelidir. Fokal tutulum, ödem



A



B

Resim 5.41 Geriye basınç atrofisi. A. US. Sol böbrekte kaliksiyel genişleme, kortikal kayıp. Böbrek küçük. B. BT görünümü. Sol böbrekte pelvikaliksiyel genişlemeler. Böbrek normalden küçük. Ayrı olgular



Resim 5.42 Akut pyelonefrit. Her iki böbrekte parankimde, kenarları seçilemeyen, kontrast tutmayan alanlar.

ve enflamasyon nedeniyle yer kaplayan özelliği olan hipoekoik alanlar şeklindedir.

Akut piyelonefritteki belirgin olmayan parankim değişikliklerinin gösterilmesinde BT, US'den daha duyarlıdır. Hafif seyreden bazı olgularında BT normal olabilir. Olguların çoğunda fokal veya difüz ödeme bağlı olarak yamalı hipodens alanlar ve yamalı kontrast tutulumu gözlenir (Resim 5.42). Tutulan alanlar tabanı kapsülde olan kama veya şerit şekilli hipodensiteler şeklindedir. Birlikte sıklıkla perinefritik yağ içerisindeki septalar ve renal fasiyalarda kalınlaşmalar mevcuttur. Hemorajik inflamasyon alanları spontan hiperdens görülür.

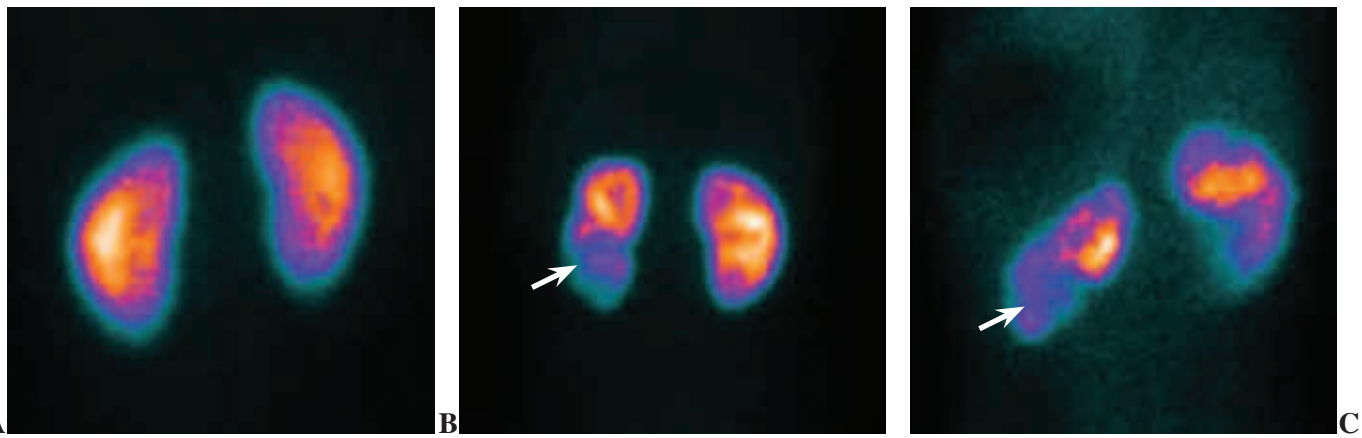
Sintigrafide böbrekler büyümüş ve aktivite tutulumu azalmıştır. Fokal tutulumda tutulan kesimde şişme ve aktivite azlığı görülür. Kronik evrede böbrekler küçülür, kenarları düzensizdir ve perfüzyonda azalma nedeniyle radyonüklid tutulumu azalır (Resim 5.43). Akut piyelonefrit tanısında sintigrafinin duyarlılığı yüksektir.



Resim 5.44 Kronik pyelonefrit. EÜ görünümü. Sağ böbrek küçük, kaliksiyel sistemi deforme, sol böbrekte kaliksiyel sistemde küntleşmeler ve genişlemeler. Özellikle üst kutupta parankim kaybı (ok). İnterpapiller çizgi bozulmuş.

Kronik piyelonefrit

Enfeksiyona bağlı kronik interstisiyel nefrit gelişir. Hastalık çocukluk çağında ve genç yetişkin döneminde sık görülür. Olguların büyük bölümü çocukluk çağında reflü ile birlikte gelişen enfeksiyona bağlıdır. Hastalık yetişkinlerde fokal kortikal skar dokusu ve karşısındaki kalisiyel yapılarda küntleşme, genişleme ve deformasyonla karakterizedir. Tutulum asandan yolla olduğundan hastalık kalikslerde ve komşu parankimde başlar. Tutulan kaliksler deformedir. Kaliks komşu korteks parankim kaybına bağlı olarak incelmiştir (Resim 5.44). Bu bölgede böbrek kenarında



Resim 5.43 Piyelonefritte DMSA sintigrafisi. A. Normal. B. Sol böbrekte akut piyelonefrite bağlı düzensiz kenarlı soğuk alan (ok). C. Sol böbrekte kronik piyelonefrite ait morfolojik değişiklikler (ok). Ayrı olgular.

çökme, hemen yanında gelişen bölgesel kompansatuar hipertrofiye bağlı kabartı görülür. Piyelonefritik skar dokusu normal interpapiller çizginin bozulmasına, bir veya iki kaliksin bu çizgiyi aşarak böbrek kenarına doğru uzamasına neden olur. Tutulan böbrek tümüyle küçülür. Yaşayan renal doku adacıklarının hipertrofiye olmaları ve büyük bir olasılıkla iskemi nedeniyle, belirgin kronik piyelonefritli böbreklerde bile, opak maddenin konsantrasyonu, çoğunlukla bozulmaz. Birlikte taş görülebilir.

Ksantogranülomatöz piyelonefrit

Tek taraflı şiddetli piyelonefrit bulguları verir. Böbrek dokusu fibrotik ve granülomatöz dokuya değişmiştir. Granülomatöz doku lipid içeren makrofajlardan (köpük hücreleri) oluşan yeşilimtırak bir görünümdedir. Difüz ve fokal olmak üzere iki tipi vardır. Tek taraflı taşlı piyonefroz kliniği veren fonksiyonsuz böbrekte ksantogranülamatöz piyelonefrit düşünülmelidir. Röntgende non-fonksiyone, taşlı, büyük böbrek görünümü tipiktir. Süzme varsa, kronik piyelonefrit bulguları ile birlikte toplayıcı sistem içerisinde dolma defektleri ve değişik derecelerde obstrüksiyon görülür.

Ksantogranülomatöz piyelonefritin US bulguları; taş, obstrüksiyon, hidronefroz ve hipoekoik korteks-tir. Uzun süren üreter obstrüksiyonlarında hidronefrozla birlikte böbreğin korteksinde fibroz ve kompresyona bağlı olarak ekojenite artar. Eğer uzun süreli bir obstrüksiyona rağmen korteks ekojenitesi düşükse ksantogranolomatöz piyelonefrit düşünülmelidir (Resim 5.45).



Resim 5.45 Ksantogranülomatöz piyelonefrit. Böbreğin parankim yapısı seçilemiyor. Böbrek heterojen hipoekoik bir kitle görünümünde. Böbrek taşı mevcut (ok).



Resim 5.46 Ksantogranülamatöz pyelonefrit. Sağ böbrek normalden büyük, fonksiyonu azalmış, pelvisinde ve kalikslerinde hipodens yumuşak doku ile çevrelenmiş taş görünümleri.

BT'de zayıf veya fonksiyonsuz böbrekte taş ve taşı çevreleyen hipodens yumuşak doku görülür (Resim 5.46).

Renal apse (Resim 5.47)

Renal apse daha çok diyabetikler ve immün sistemi baskılanmış hastalardaki renal enfeksiyonların komplikasyonu olarak gelişir. EÜ'de diğer yer kaplayan lezyonlar gibi yer kaplayan özellikler gösterir ve ayırıcı tanısı yapılamaz. US'de içeriğine göre, anekoik, izoekoik veya hiperekoik görülebilir. Belirgin internal ekosu olan bir apse, arka duvar yankılanması ve ke-



Resim 5.47 Renal apse. Sağ böbrekte akut piyelonefrite benzer kontrast tutmayan hipodens alan. Ortasında apse formasyonuna bağlı daha hipodens küçük bir alan görülüyor.

narlarındaki kırılma gölgeleri ile tanınır. Apse içerisindeki gaz varsa arkasında kirli akustik gölge oluşur. BT'de kontrast tutan bir kapsülü bulanan, içerdiği pü nedeniyle yoğun kistik yapılar şeklinde görülür.

Sintigrafide perfüzyon çalışmalarında avasküler, statik görüntülerde azalmış aktivite alanları şeklindedir. Perinefritik bir apse perfüzyonda radyonüklid tutulumunda yaygın bir azalma ile birlikte görülebilir. Böbreğin inflamatuar hastalıklarında Gallium görüntüleri ek bilgiler verir.

Tüberküloz

Renal TB daima ikincildir, akciğer tüberkülozundan yaklaşık 10-15 yıl sonra görülür. Hastaların %30'unda akciğerde geçirilmiş TB'ye ait kalıntılar saptanır. Sadece %10 olguda birlikte aktif pulmoner tüberküloz vardır. Hastalarda asemptomatik hematüri ve steril piyüri görülür. TB basili böbreklere hematojen yolla gelir, glomerüllerde tutulur ve kortekste tüberküller oluşur. Tubülüslar yoluyla medullaya gelen basiller papiller lezyonlar yapar. Bu lezyonların kalisiyel sisteme açılmasıyla enfeksiyon tüm üriner sisteme yayılır.

Hastalık renal korteks ve medullaya sınırlı olduğunda ürogramlar normaldir. Bu nedenle normal ürogramlar hastalık olasılığını ortadan kaldırmaz. Düz röntgenogramlarda böbrek kenar düzensizliği ve kalsifikasyon görülebilir. Kenar düzensizliği fibroz veya TB apsesine bağlıdır. Bertin kolonlarındaki odaklarda kalsifikasyon daha sık görülür. Ürogramlarda önce küçük kaliksler kenar keskinliğini kaybeder ve tüylü bir görünüm alır. Hastalık ilerleyince lezyon düzensiz duvarlı bir kavite şeklini alarak küçük kaliksle birleşir. Kaliksler dilate ve düzensiz görünümdedirler. Çevredeki değişikliklerle birlikte görünüm kronik piyelonefrite çok benzer.

Renal TB'de kalisiyel ve özellikle infundibuler daralma tipiktir. Önceleri darlığın proksimalinde dilatasyon görülür, daralma ilerlerse infundibuler amputasyon gelişir. Tutulan üreterde yer yer daralma ve genişlemeler görülür. Fibroz nedeniyle üreter kısalır ve düzleşir. Bu şekline *golf sopası* görünümü adı verilir. Üreter darlıkları nedeniyle hidronefroz gelişebilir. Böbrekler ileri evrede fonksiyonsuz yoğun kalsifikasyon gösteren bir kitle şeklini alır (otonefrektomi) (Resim 5.48). Mesane hemen daima olaya katılır. Duvarı kalın ve kapasitesi belirgin şekilde azalmış kontrakte mesane TB'nin klasik bulgusudur.



Resim 5.48 Üriner sistem TB'si. Sağda otonefrektomi, solda fokal piyelonefritik değişiklikler. Uterus lokalizasyonundaki kalsifikasyon genital TB ile ilgili olabilir (ok).

RENOVASKÜLER HASTALIK

Renal arter darlığı kanda renin seviyesinin yüksekliği ile birlikte seyreden hipertansiyona neden olur. Renal arterlerinde darlık olan her olguda hipertansiyon gelişmez. Yetişkinlerde görülen hipertansiyonun çok azından renovasküler anormallik sorumludur. Bu oran %1-2'yi geçmez. Tüm hipertansif olguların %30'undan fazlasında arteriyografide veya postmortem çalışmalarda renal arterde stenoz saptanır. Stenozun varlığı veya derecesi ile diyastolik kan basıncının seviyesi arasında birebir bir ilişki yoktur.

Renal iskeminin en sık nedeni, renal arter çıkışına yakın yerleşimde aterom, anevrizma, koarktasyon, tromboz ve aortit gibi aort lezyonları ile renal arteri tutan ateroma ve FMD'dir. Arteritler (Takayashu, poliarteritis), feokromositoma ve radyasyon tedavisi diğer nedenleri oluşturur. Darlık nedeni yaklaşık %65-70 olguda ateroskleroz, %25 olguda FMD'dir. Ateroskleroz renal arter darlığının en sık nedenidir. Genellikle renal arterin orifisini veya proksimal 1/3 kesimini tutar, iki taraflı olabilir. Çoğu olgu 50-60 yaş ve üzerindedir. Hipertansiyona ve renal yetmezliğe neden olabilir, ancak bu yaştaki hipertansiyonların büyük çoğunluğu idyopatiktir. Fibromüsküler hiperplazi ise daha çok arterin orta ve distal 1/3 kesiminde

yerleşir; daha genç grupta ve kadınlarda sık görülür; tutulan damarlarda yer yer dar ve geniş segmentler izlenir.

EÜ'de renal arter stenozunun bulguları şunlardır (Resim 5.49):

1. Böbrekte küçülme. Böbrek boyutunda küçülme, renal iskeminin en güvenilir bulgusudur. Sol böbreğin sağdan 1.5 cm, sağın soldan 2 cm'den daha küçük olması iskemi yönünden anlamlıdır. Bu ölçüm yapılırken duplike böbreklerin normalden daha uzun olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
2. Kontrast maddenin ekskresyonunda gecikme. Ekskresyon gecikmesini saptamak için dakikalık EÜ yapılır. Bu amaçla kontrast maddenin enjeksiyonundan 1-2-3-5-10 dakika sonra röntgenogramlar alınır.
3. Kontrast maddenin konsantrasyonunda artma. Renal arter stenozuna bağlı olarak böbrekte glomerül filtrasyonunun düşük olması sonucu, suyun tubüler geri emilimi artar ve sonuçta kontrast madde, stenozu olan böbrekte daha yoğun görülür. Her iki böbrek arasındaki konsantrasyon farkı, hastada basit bir hidrasyon yaparak daha belirgin bir şekilde gösterilebilir; hastaya su yüklendiğinde normal olan tarafta kontrast maddenin dilüe olduğu, iskemik böbrekte ise değişmediği görülür.
4. Üreteral çentiklenme. Üreterdeki çentiklenme ise üreteral arterlerin kollateral sirkülasyon nedeniyle belirginleşmesine bağlıdır.

1972 yılında EÜ'nün renovasküler hastalığın belirlenmesinde duyarlılığının %84 olduğunu gösteren bir çalışma yayımlanmış ve yöntem bir tarama testi olarak önerilmiştir. Daha sonra yapılan kontrollü klinik çalışmalarda, cerrahi olarak düzeltilebilir renovasküler hastalığın saptanmasında yöntemin duyarlılığı %60 olarak belirlenmiştir. Yapılan bir retrospektif araştırma, normal dakikalık EÜ'nün renovasküler hastalık olasılığını %93 olasılıkla dışladığını, ancak renovasküler hastalığı olan olguların 1/5'ini saptayamadığını göstermiştir. Yalancı negatif oranının bu kadar yüksek olması nedeniyle yöntem, günümüzde renovasküler hipertansiyon tanısında tarama testi olarak önerilmez.



Resim 5.49 Renal hipertansiyonda EÜ bulguları. Sağ böbrekte küçülme, kontrast maddenin konsantrasyonunda artma ve üreterde çentiklenme (ok). Dakikalık EÜ'de sağ böbrekte ekskresyonda gecikme gözlenmiştir.

İntravenöz yapılan dijital subtraksiyon anjiografisi (İV-DSA) 1980'lerin başında renovasküler hipertansiyon tanısında tarama testi olarak önerilmiştir. Hastaya aşırı kontrast madde yüklemesi, teknik olarak optimizasyonun zor olması, çözümlemesinin arteriografilere göre belirgin düşüklüğü ve literatürdeki ilk başarılı sonuçların tekrarlanamaması nedeniyle günümüzde renovasküler hipertansiyonda tarama testi olarak önerilmez.

Selektif olarak renal ven renin seviyesinin tesbiti, renovasküler hipertansiyon şüphelenilen hastalarda tek başına bir tarama testi olarak kullanılmaz. Bu test birçok klinik merkezde renal arter stenozunun klinik önemini belirlemek amacıyla kullanılır. Kateterle girilerek renal venlerde ve İVK'da renin seviyeleri ölçülür. Ölçülen değerlerin renal ven-İVK, sağ-sol renal ven oranları tanı ölçütleridir. Duyarlılığı sınırlı olan (%65-74) bu yöntemin özgüllüğü yüksektir ve %100'e kadar çıkar. Her iki taraftan ölçülen değerler arasında 1.5/1.0'den daha fazla bir fark varsa lateralizasyon pozitiftir ve bu hastalar revaskülerizasyon işleminden yarar görür. Test hastadaki renal arter stenozunun hipertansiyonun nedeni olup olmadığını belirlemede kullanılır. Periferal kandaki renin seviyesinin normal olması olgunun renal arter girişiminden yararlanamayacağını gösterir.

Dupleks Doppler US ile renal arterlerin incelenmesi teknik olarak zordur ve ustalık ister. Doppler örnekleme renal hilusa kadar tüm arter boyunca yapılmalıdır. Ortalama bir inceleme süresi yaklaşık 45-60 dakikadır. Zayıf hastalarda ve çocuklarda inceleme daha kolay ve sonuçları daha doğrudur. Obezite, aort anevrizması, intestinal gaz, damar duvarındaki kalsifikasyonlar ve cerrahiye bağlı skar dokuları renal arterlerin orijinlerinin incelenmesini engelleyebilir. Yetersiz inceleme oranı %6-18.5'dir; %10-20 olduğunu bildiren çalışmalar da vardır.

Normal renal arterlerde diyastol boyunca yüksek hızda devamlı bir akım vardır. Nedeni böbreklerdeki düşük vasküler dirençle birlikte aortta diyastolde görülen "rebound" akımdır.

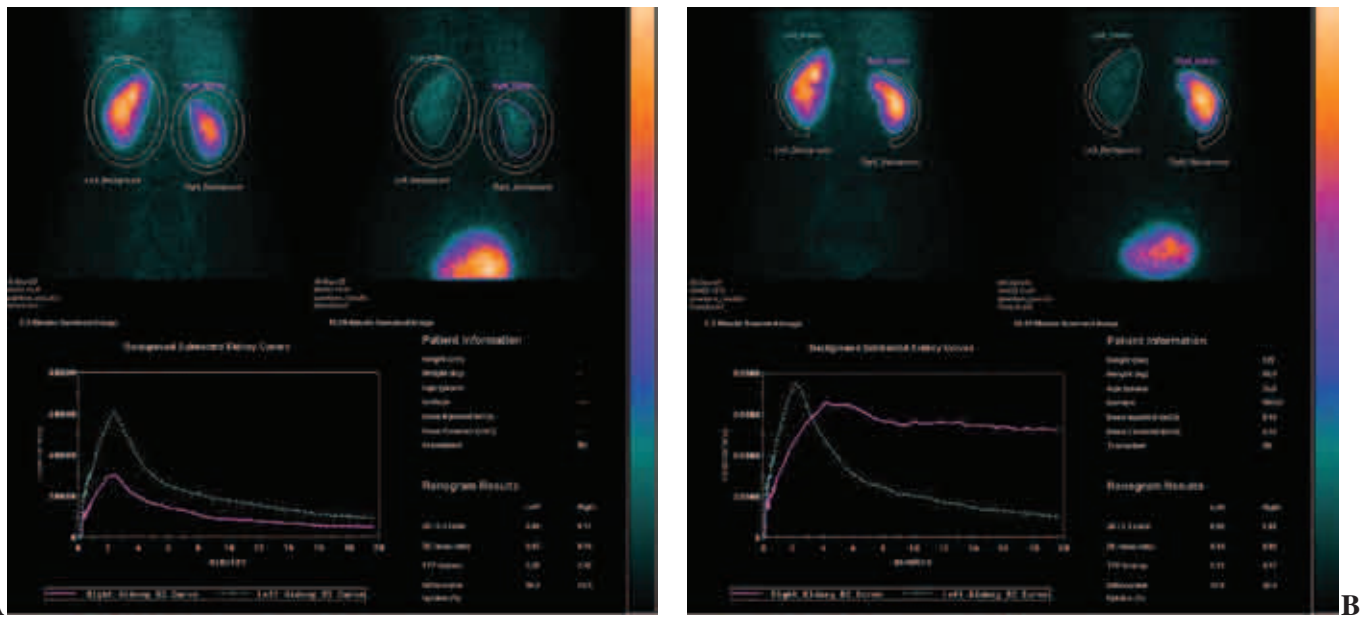
Dupleks Doppler incelemede stenotik segmentte pik sistolik hız artar. Yüksek hızlı bu jet akım stenotik bölgeyi geçince türbülan akım karakteristiği gösterir; spektrum kalınlaşır ve ileri geri ve girdap şeklindeki akımlara bağlı olarak sıfır çizgisinin karşı tarafına da geçer. Doppler US'de renal arter stenozu tanısı pik sistolik hızın 180 veya 200 cm/sn'yi aşması ve renal arter ile aort akım hızları arasındaki oranın 3.5'dan büyük olması ile konur. Bu ölçüm renal arterdeki akımın hızını etkileyen aorttaki hız farklılıklarını elimine ettiği için pik sistolik hız ölçümünden daha özgüldür.

Dupleks Doppler US'nin renal arter stenozu tanısındaki duyarlılık ve özgüllük değerlerinin %85-90 olduğunu bildiren çalışmalar vardır. Daha sonra yapılan çalışmalar bu sonuçları doğrulamamıştır. Bunların içerisinde duyarlılığın sıfıra yakın olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Bu farklılıkların muhtemel nedeni daha önce yapılan çalışmalarda pik hız eşik değerinin 100 cm/sn kabul edilmesi ve 10-15 dakikadan 1.5 saate kadar değişen çok farklı inceleme süresi kullanılmasıdır.

Dupleks Doppler US ile renal stenoz değerlendirilirken akselarasyon zamanı, akselarasyon indeksi ve parva-tarda dalga formu gibi ölçütlere de bakılır. Akselerasyon zamanında artma (normali <70 msn) ve erken sistolik pik kaybı en duyarlı ölçütlerdir. Bu ölçütlerin üst orta ve alt segmental arterlerde araştırılmasıyla renal arter stenozu % 85-90 duyarlılık oranı ile saptanabilir. İncelemede kontrast madde kullanılması renal arter görüntülerinin kalitesini artırır, renal arterin tüm uzunluğunca görülmesini sağlar ve inceleme zamanını kısaltır. Son zamanlarda yapılan karşılaştırmalı çalışmalar ACE-inhibitörü (kaptopril, enalaprilat) veya kontrast madde kullanarak veya kullanmayarak yapılan Doppler incelemelerinin ACE-inhibitörü kullanarak yapılan sintigrafik incelemelerden daha yüksek duyarlılık ve özgüllük değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Doppler US renal arter girişimlerinin sonuçlarını da öngörebilir; resistiv indeksi 80'i geçen böbreklerde hipertansiyonun veya renal fonksiyonun düzelmesi beklenmez.

Renal sintigrafik inceleme noninvaziv ve emniyetli bir yöntemdir ve renal yetmezlikli olgularda bile kullanılabilir. Sintigrafinin renal arter stenozundaki duyarlılığı ACE-inhibitörleri kullanılarak artırılır (Resim 5.50).

Renovasküler hipertansiyona neden olan hemodinamik olarak önemli derecedeki stenoz, glomerule kan getiren afferent arteriyoldeki basıncın düşmesine neden olur. Basıncın düşmesi glomerül filtras-



A B

Resim 5.50 MAG3 ACE inhibitör ile yapılan sintigrafik inceleme. A. ACE inhibitörü verilmeden önce yapılan sintigramda sağ böbreğin daha az süzdüğü görülüyor. B. Captopril verildikten sonra alınan renografi örneğinde sol böbrekte radyoaktivite temizlendiği halde sağ böbrekte pik zamanı ve temizlenme süresi uzamış.

yonun da düşmesi demektir. Bu düşüşü engellemek için glomerülden çıkan arteriyol (efferent arteriyol) daralmalıdır. Bunu sağlayabilmek için jukstakortikal cisimciklerden salgılanan renin, lokal olarak anjiotensin I'in II'ye çevrilmesini sağlar. Anjiotensin II de efferent arteriyollerde konstrüksiyona neden olur. Böylece renal arter stenozunun oluşturduğu düşük glomerül basıncı kompanse edilerek böbreğin normal fonksiyon görmesi sağlanmış olur.

Bu kompansasyon mekanizmasının derecesine bağlı olarak renovasküler hipertansiyonlu olgularda sintigrafik renogram ya normaldir ya da stenoz olan böbrekte hafif azalmıştır. Böyle bir olguda ACE-inhibitörleri verildikten sonra renogram tekrar edilirse, bu kompansasyon mekanizması bloke olacağı için, stenoz olan tarafta renal fonksiyon belirgin şekilde düşer; normal böbrekte bir değişiklik olmaz.

ACE-inhibitör renografi, I-131 Hippuran, DTPA ve TC-99m MAG3 ile yapılabilir. DTPA glomeruler filtrasyonla atılır, diğerleri başlıca renal tubulüslerden ekskrete edilir. Belirli bir standardizasyon olmamasına karşın son yıllarda standart çalışmalarda Hippuran önerilmemektedir. MAG3 ile yapılan çalışmalarda uzamış pik zamanı ve temizlenme süresinin uzaması renovasküler hipertansiyonu gösteren bulgulardır.

Yöntemin duyarlılığı yaklaşık %80-100 arasanıdadır, özgüllüğü de yüksektir. Tubüler sekresyonla atılan radyofarmasötiklerle yapılan çalışmalar daha duyarlıdır. Cerrahiden veya girişimden yararlanacak hastaların belirlenmesinde de yöntemin duyarlılığı yüksektir. Normal çalışma sonuçlarında renovasküler hipertansiyon olasılığı çok düşüktür. İlaçsız yapılan incelemede anormal olan sintigramın ilaçtan sonra düzelmesi hipertansiyonun renal nedenli olmadığını gösterir. Renal yetmezlikli olgularda yöntemin duyarlılığı düşer.

MR-anjiografi (MRA) renal arter stenozunda tanı algoritmini değiştirmiştir. Günümüzde renal arter darlığını araştırmada MRA tarama testi şeklinde kullanılmaktadır. Renal fonksiyonun bozuk olması ve iki taraflı tutulum sorun değildir; hidrasyon gereksizdir, hastanın aldığı diüretikleri bırakmasına da gerek yoktur.

Kateter anjiografisi ile karşılaştırıldığında %50'yi geçen renal arter stenozlarında MRA'nın duyarlılık ve özgüllüğü %90'ı aşar (duyarlılığı % 88-100, özgüllüğü %71-100) (Resim 5.51). Renal arterler için MR protokolü; sagital lokalizer, aksiyal T2A görüntüler ve 3B gadoliniumlu MRA ve 3B faz kontrast MRA'dır.

İnceleme kontrast madde ile yapılır. Gadolinum verdikten sonra 3B reformasyon görüntüleri elde edilir. Gadolinum iyot bileşikleri gibi nefrotoksik değildir. Yüksek çözümleme ve küçük FOV ile, sadece



A



B

Resim 5.51 MR aortografi. A. Sağ renal arter soldan ince görülüyor. B. Koronal T2AG'de sağ böbreğin pelvikaliksiyel sistemde belirgin genişleme ve parankiminde incelme. Belirgin geriye basınç atrofisi. Sağ renal arterdeki incelmenin parankimal atrofiye bağlı olduğu anlaşılıyor.

renal arterler değil, aksesuar arterler ve renal arterin tüm boyutu görüntülenir. Bu yöntemle böbrek arterinin ve darlığın morfolojisi gösterilir. Hemodinamik, sine faz kontrast MR yöntemi ile değerlendirilebilir. Bu iki yöntemin kombinasyonu ve parankimal hacim ölçümleri ile sadece darlık değil hastanın girişimlerden yararlanıp yararlanamayacağı da belirlenebilir.

BT-anjiografi (BTA) ÇKBT ile 130-150 ml kontrastın bolus şeklinde verilmesiyle elde edilir. Uzaysal çözümlemesi yüksek damar görüntüleri elde edilir. Yüksek doz kontrast nefrotoksisite yönünden bir risk gibi görülüyor ise de, yapılan kontrollü çalışmalar bu riskin DSA incelemelerinden farklı olmadığını göstermiştir. Yöntemin hemodinamik olarak anlamlı (>%50) darlıklarda, duyarlılığının %88-96, özgüllüğünün %77-98 olduğu gösterilmiştir.

Normal sonuçlar renal arter stenozunu ekarte ettirir. Renal arter stenozunun ikincil bulguları poststenotik dilatasyon, renal parankimal atrofi, azalmış kortikal kontrast tutulumudur. Kortekste 800 mm^2'den büyük bir alanda ortalama korteks kalınlığının 8 mm'den aşağı olması aterosklerotik böbrek hastalığını işaret eder.

BTA ile renal donörler incelenir, renal stentlerin açık olup olmadıkları kontrol edilir. BTA ile MRA'da olduğu gibi proksimal darlıklar daha iyi görüntülenir. Her iki yöntemdeki teknik gelişmelerin gelecekte, renal arter stenozunun tanısında kateter anjiografisinin yerini alacağı öngörülebilir.

Renovasküler hipertansiyonda radyolojik tanı algoritmi

Hipertansiyon tanısında radyolojik yöntemlerin seçimini ve sırasını, renovasküler hipertansiyon şüphesinin derecesi ve hastanın renal fonksiyonları belirler. Klinik veriler renovasküler hipertansiyonu kuvvetle düşündürüyorsa kontrastlı MRA veya BTA uygulanmalıdır. MR yapılması istenmiyorsa veya kontrendike ise dupleks Doppler US veya kaptopril sintigrafisi yapılabilir. BTA özellikle proksimal renal arter darlıklarından şüphenilen olgularda kullanılır. Kateter anjiografi girişimsel işlemlere saklanmalıdır.

Renal fonksiyonu normal olan olgularda renovasküler hipertansiyon olasılığı çok yüksekse verisi en yüksek yöntem kontrastlı MRA'dır. Alternatifi captopril renografidir. Usta uygulayıcılar var ve radyolojik merkezin sonuçlarının duyarlılık ve özgüllük değerleri yüksekse dupleks Doppler US, sintigrafinin alternatifi olarak kullanılabilir.

Renovasküler hipertansiyon olasılığı yüksek, fakat renal fonksiyonları bozuk olgularda tarama testi olarak kontrastlı MRA veya yeteri kadar deneyimli bir eleman varsa dupleks Doppler US yapılır. Kaptopril renografi renal fonksiyon yetersizliğinde güvenilir değildir. BTA da yüksek kontrast yüklenmesi nedeniyle kontrendikedir.

Renovasküler hipertansiyon olasılığı düşük hipertansiyonlu olgular, esansiyel hipertansiyonlu grubu oluşturur. Bu hastaların yüksek tansiyonları medikal tedavi ile kontrol edilebilir, radyolojik incelemeye gerek yoktur.

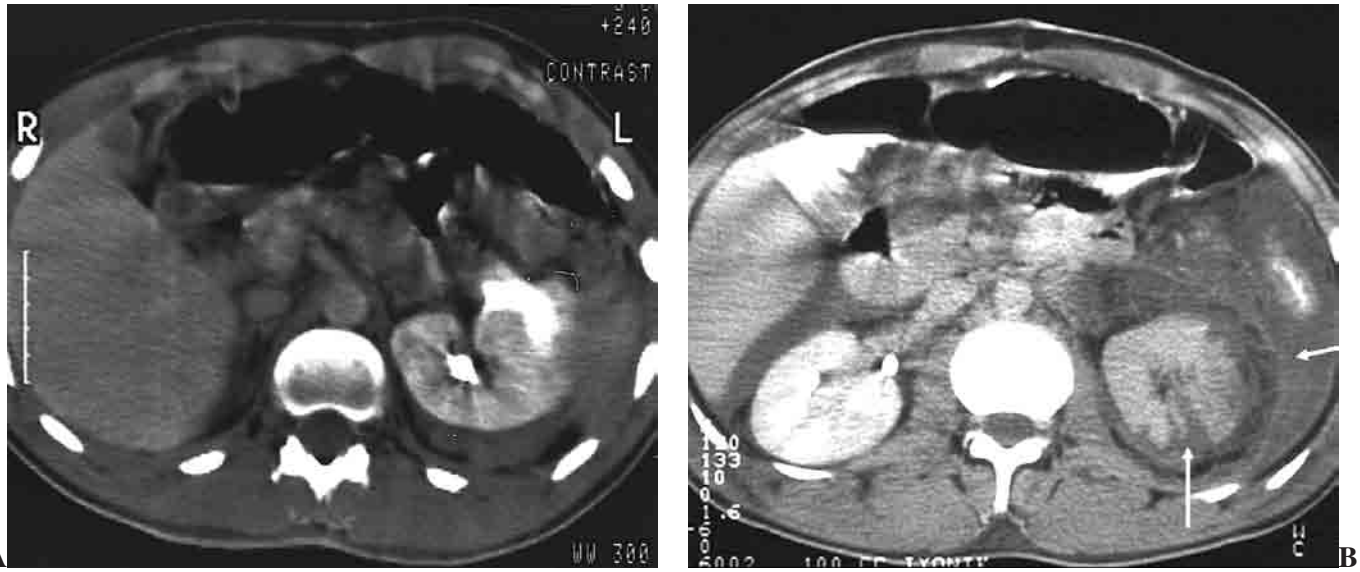
TRAVMA

Böbrekler genellikle doğrudan üzerlerine gelen travmayla yaralanırlar. Olguların %70-80'i künt travma gerisi penetran yaralanma şeklindedir. Bel ağrısı ve hematüri en sık görülen bulgulardır. Morfolojik olarak renal laserasyona veya rüptüre bağlı ekstra-veya intraperitoneal kanama, toplayıcı sistem yırtıkları ve tutulan damara göre gelişen renal enfarktlar görülür. Travmanın sınıflandırması, şiddetine göre yapılır:

1. Hafif travma. Olguların %85'ini oluşturur. Hematom, kontüzyon, küçük laserasyon ve subsegmental enfarktlar görülür. Travma ne kadar hafif olursa olsun hematüri görülüyorsa kontüzyonun varlığı kabul edilir. Tedavi konservatiftir.
2. Orta derecede travma. Olguların %10'u bu gruba girer. Toplayıcı sistemle devam eden laserasyon ve idrar kaçağı vardır. Tedavisi tartışmalıdır. Olguların %15-50'si sonunda cerrahiye gider.
3. Ağır travma. Tüm travma olgularının %5'ini yapar. Birden fazla sayıda laserasyon, rüptür, böbrek sapının kopması ve trombüs görülür. Tedavi cerrahidir.

Kontüzyon, parankimin yırtık olmadan ezilmesini, laserasyon parankim yırtığını, fraktür veya rüptür ise yırtığın kapsülle devamını tanımlayan terimlerdir. Kontüzyonda parankimde ve subkapsüler yerleşimde hematom oluşabilir. Kapsül yırtılmışsa perinefritik hematoma bağlı olarak böbrekte bası ve yer değişikliği ortaya çıkabilir. Yırtığın kalisiyel sistemi içine aldığı durumlarda idrar ekstravazasyonu görülür. Travmadan sonra böbrekte fonksiyon görülmemesi renal arter trombozunu ve yırtığını düşündürür.

BT böbrek travmasında temel yöntemdir. Doğ-



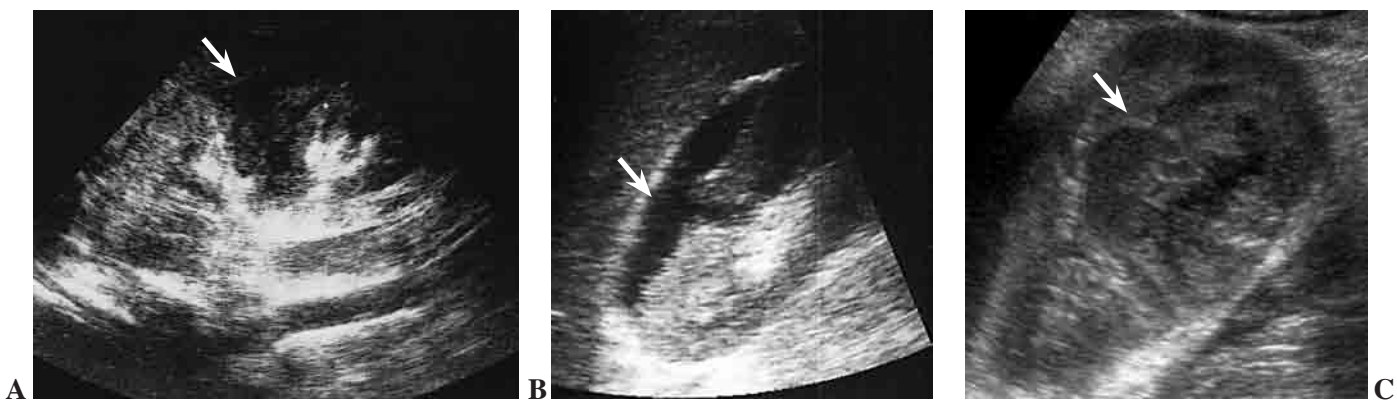
A B

Resim 5.52 Renal travma. A. Sol böbrekte kontrast maddenin ekstravazasyonu ve perirenal hematon. B. Sol böbrekte fraktür (uzun ok), subkapsüler ve perirenal ve pararenal kanama. Sol böbrekte kontrast tutulumu azalmış. Muhtemelen sol böbrek kanlanmasını azaltan renal arter hasarı.

rudan kontrastlı olarak yapılır. Travmanın BT görünümleri subkapsüler hematom, perirenal hematom, tam olmayan renal laserasyon, tam renal laserasyon, renal fraktür ve parçalanmış böbrek şeklinde olabilir (Resim 5.52). Subkapsüler hematom genellikle perirenal hematomla birliktedir ve bazen tam olmayan renal laserasyon birlikte bulunur. Tam olmayan renal laserasyonda intrarenal hematom vardır. Tam renal laserasyonda yırtık toplayıcı sistemi de içine alır ve ekstravazasyon görülür. Renal fraktürde böbrek ikiye ayrılır. Parçalanmış böbrek ise ikiden daha fazla parçaya bölünmüştür.

US, künt karın travmalarında genellikle BT ile saptanan lezyonları izlemek amacıyla kullanılır. Taze kan hipoekoik, pıhtı ise hiperekoiktir. Hematomun US görünümü hiperekoik pıhtı ile birlikte defibrine kanın hipoekoik görünümünün karışımı şeklindedir. Kontüzyon alanı hipoekoiktir. Renal fraktür, çizgi şeklinde hipoekojenite olarak görülür (Resim 5.53). Perinefritik ve subkapsüler hematomlar evrelerine göre değişik ekojenitede görülürler. Toplayıcı sistem içerisindeki hematom, ekojen bir dolma defekti şeklindedir. Parçalanmış böbrek sıvı ile çevrelenmişse tanınabilir.

EÜ, böbrek fonksiyonlarını görmek ve pedikül kopmasını ekarte etmek amacıyla yapılır. Kontrast



A B C

Resim 5.53 Renal travmada US görünümleri. A. Böbrekte fraktür ve subkapsüler hematom (ok). B. Böbreğin orta kesiminde belirgin fraktür ve subkapsüler kanama (ok). C. İntrarenal hematom (ok). Ayrı olgular

maddenin verilmesinden sonra tek bir görüntü yeterlidir. Elde edilen röntgenogramda kostalar, vertebralar ve pelvis kemikleri kırık yönünden araştırılır.

Anjiografi opasifiye olmayan böbrekte endikedir. Israr eden hematürilerde de kanayan yeri saptamak ve girişimsel tedavi yapmak amacıyla yapılabilir.

Dinamik ve statik sintigrafik çalışmalarda kontüzyon, enfarkt ve vasküler sap kopmasında, lezyonların bulunduğu bölgeler hipoaktif alanlar şeklinde görülür. Sintigrafinin travmanın tanı algoritminde yeri yoktur.

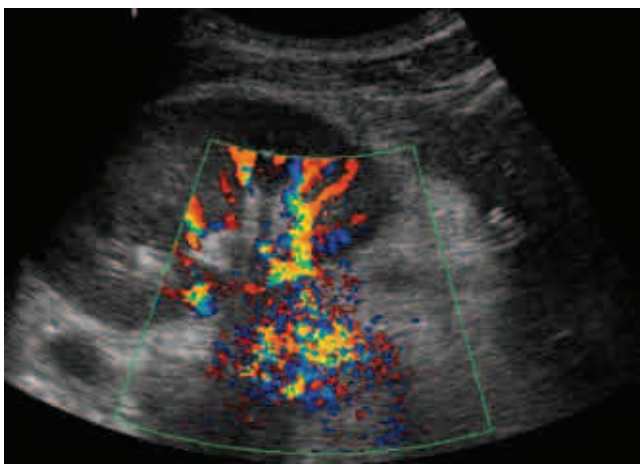
RENAL TRANSPLANTASYON

Transplante böbrekte radyolojik açıdan temel sorun rejeksiyonun ve komplikasyonların saptanmasıdır. Değişik nedenli perinefritik sıvı birikimleri girişimsel yöntemlerle drene edilir.

İnceleme yöntemleri

Transplante böbreğin anatomisi US ile, fonksiyonu sintigrafi ile izlenir. US'de normal transplante böbreğin kenarı düzgün, şekli eliptik olmalıdır (Resim 5.54). Eliptik şekil ödeme bağlı şişme ile küresel şekle doğru döner. Kortikomedüller sınır kaybolmamalı, fakat çok da belirgin olarak izlenmemelidir. Korteks ekojenitesi karaciğer ekojenitesine benzer olmalıdır. Piyelovasküler alanın ekojenitesinin sınırları açık olarak seçilmelidir.

Doppler US hem perfüzyonu değerlendirmek hem de ilerideki incelemelere temel olmak üzere operasyondan hemen sonra yapılır. Ana, segmental, interlobar, arkuat arterler ve renal ven incelenir. Doppler US'de renal arterde rezistiv indeks < 0.7 olmalıdır.



Resim 5.54 Normal transplante böbrek. US görünümü. Renkli Dopplerde kanlanmasının normal olduğu görülüyor.

Renal transplantasyon olgularının izlenmesinde sintigrafi temel yöntemdir (Resim 5.55). Transplantasyondan 24 saat sonra Tc-99m-DTPA ile perfüzyon çalışması ve renografi yapılabilir. Renal yetmezlikli olgularda MAG3 ile DTPA'dan daha iyi görüntüler elde edilir. I-131-Hippuran ile statik görüntü elde edilir. Bu görüntüler daha sonraki çalışmalar için temel oluşturur. Hastanın klinik seyrine bağlı olarak, transplantasyonu izleyen ilk hafta içerisinde bu tetkikler her 48 saat veya daha az bir zaman aralığı ile tekrarlanır.

Komplikasyonları

Vasküler komplikasyonlar: Renal ven trombozu en sık transplantasyondan 3 gün sonra görülür. Renal arter stenozu, tıkanması ve psödoanevrizması anastomoz yerinde görülen komplikasyonlardır, enfarkta neden olabilirler, tedavileri cerrahi ve/veya girişimseldir. AVF, renal biyopsilerden sonra sık görülür, semptomatik olgular embolize edilir

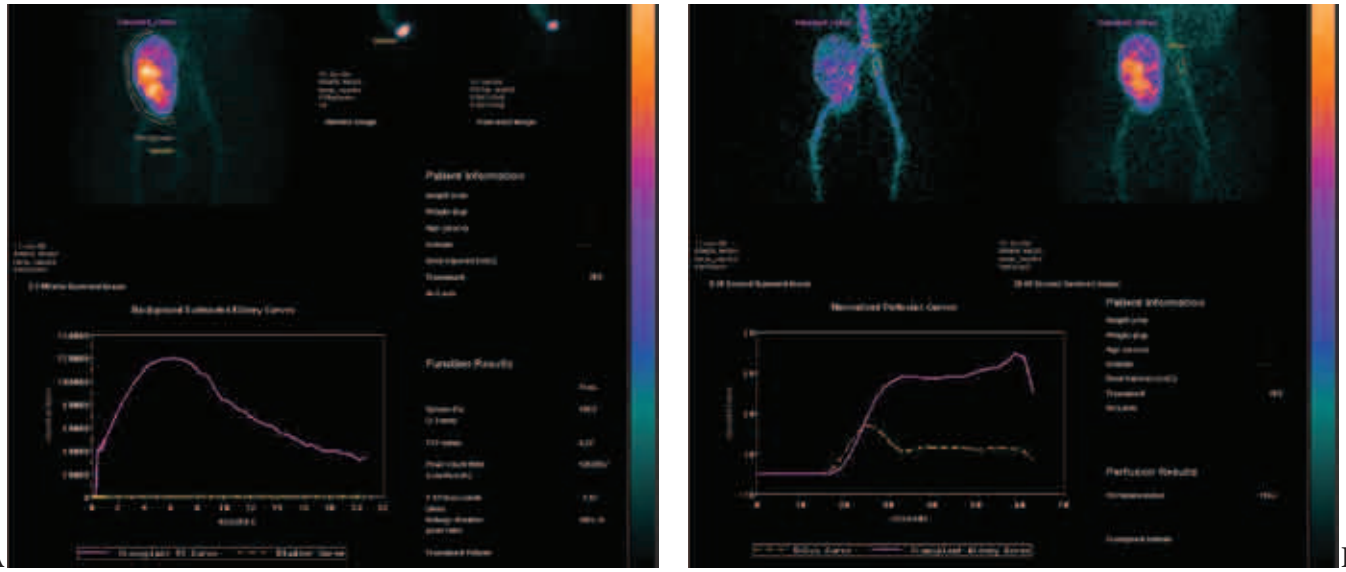
Akut tubüler nekroz (ATN): Transplantasyonun en sık görülen komplikasyonudur. Olguların %60'ında neden iskemidir, geriye kalanlarında etken kontrast maddeler, kemoterapötik maddeler, hemoglobin ve miyoglobin gibi nefrotoksinlerdir.

ATN genellikle transplantasyonu izleyen ilk birkaç gün içerisinde gelişir. Asemptomatik hastada oliguri ortaya çıkar. İdrarın sodyum konsantrasyonu yükselmiştir. Rejeksiyonun tersine ATN'de anormallikler geçicidir, birkaç gün içinde gerileme gösterebilir ve perfüzyon çok az bozulur.

Böbrek büyümüştür, kenarları düzgündür. Akut tubüler nekroz, hiperakut veya hızlanmış akut rejeksiyonla eş zamanlı ortaya çıkar ve US görünümü akut rejeksiyondan ayrılamaz; kortikal ekojenite artar, kortikomedüller sınır silinmemiştir, piramitlerin ekojenitesi artabilir.

Sintigrafide renal perfüzyon normaldir veya hafifçe azalmıştır. Renal parankimde nüklid birikimi artmıştır. Toplayıcı sisteme ekskresyon yoktur veya minimaldir. Diğer bir deyişle eksternal obstrüksiyon bulguları olmadan normal aktivite eğrisinde yükselme görülür.

Transplantasyon olgularında gelişebilecek siklosporin toksisitesi ile ATN karışabilir. Siklosporin toksisitesi geç dönemde ortaya çıkar; ATN ise transplantasyondan bir ay sonra nadiren görülür.



Resim 5.55 Transplante böbrekte sintigrafik inceleme. A. Normal sintigrafi ve renografi. B. Normal perfüzyon renografisi.

Rejeksiyon: Renal transplant rejeksiyonu hiperakut, hızlanmış akut, akut veya kronik olabilir. Transplantasyonu izleyen ilk 24 saat içerisinde oluşan rejeksiyona hiperakut rejeksiyon denir; perfüzyonda ve statik çalışmalarda böbrekte aktivite tutulumu yoktur.

Akut rejeksiyonda US'de %90 olguda böbreklerin boyutu artar, korteks kalınlaşır. Rejeksiyon olayı ne kadar akut gelişirse bulgular da o kadar belirgin olmaya meyillidir. Şiddetli hiperakut veya hızlanmış akut rejeksiyonda böbrek belirgin şekilde büyür, kortikomedüller sınır kaybolur ve Doppler spektrumu belirgin şekilde bozulur. Renal korteks genellikle hipoekoiktir, hiperekoik de olabilir. Bazı olgularda parankimal kanama nedeniyle saçılmış heterojen hiperekoik alanlar görülebilir. Büyümüş hipoekoik piramitler, kortikal ekojenitenin artması veya azalması, kortikomedüller sınırın kısmen kaybı, renal sinüs ekojenitesinin azalması şiddetli rejeksiyonun US bulgularıdır. Sintigrafide perfüzyon ve parankimal radyonüklid birikimi azalmıştır ve ekskresyon yoktur. Rejeksiyonda anormallikler gittikçe kötüleşir.

Doppler US, rejeksiyon tanısına önemli katkılar sağlar. Rejeksiyonun vasküler ve interstisiyel olmak üzere iki şekli vardır. İnterstisiyel veya sellüler rejeksiyon, her rejeksiyon olayında mutlaka vardır. Olguların %60'ında vasküler tutulum eklenir. İnflamasyonun damar lümenini daraltması sonucu direnç ve dolayısıyla pulsatilite indeksi artar. Saf interstisiyel rejeksiyonda da ödemin damarları sıkıştırması sonucu vasküler rezistans artabilir, ancak damar lümeni göreceli olarak korunur. Dolayısıyla saf interstisiyel rejeksiyonda dalga formu daha az anormallik gösterir. Pratikte, elde edilen Doppler spektrumu, post operatif evrede alınan ilk temel spektrumla karşılaştırılarak karar verilir.

Diyastolik akımın azalması, yokluğu ve hatta tersine dönmesi akut vasküler rejeksiyon bulgularıdır. ATN'de ise akım genellikle normaldir. Bu nedenle Doppler US bu iki klinik antitenin ayırıcı tanısında başarıyla kullanılır. Rejeksiyondan başka, şiddetli piyolonefrit, renal ven obstrüksiyonu, obstrüktif üropati ve eksternal kompresyonlarda da vasküler direnç artar. Bu lezyonlar US ile tanınabilirler.

Akut rejeksiyon ATN'nin tersine, daha geç ortaya çıkar (günler veya hafta), ateş ve hipertansiyonla birliktedir, büyümüş hassas böbrekle birlikte idrarın sodyum konsantrasyonunda azalma dikkati çeker. Oliguri her iki olguda da vardır, fakat akut rejeksiyonda gittikçe artar.

Kronik rejeksiyon, transplantasyondan aylar veya yıllar sonra görülür; bulgular akut rejeksiyona benzer.

Obstrüktif üropati: Toplayıcı sistemdeki pıhtıya, üreter ödemine, üreterdeki kıvrılmaya, lenfoselin üreter üzerine yaptığı basıya bağlı olabilir. Azalmış vasküler akım ile birlikte radyonüklidin parankimde tutulumu azalmıştır. Obstrüksiyon seviyesi ve nedeni US ile görüntülenir. Sintigramlarda toplayıcı sistemde genişleme ve radyonüklid birikimi vardır.



Resim 5.56 Normal transplante böbrek. Perirenal sıvı birikimi. Lenfosel.

Perirenal sıvı birikimi: Transpant olgularının yaklaşık %10-20'sinde 1-4 ay sonra lenfosel gelişir (Resim 5.56). Transplantasyon sırasında lenfatik damarların yırtılması veya cerrahi olarak bağlanması sonucu oluştuğuna inanılır. Genellikle böbreğin alt-iç kesiminde sıvı birikim şeklindedir; %80 olguda içerisinde ince septasyonlar görülür. Olguların çoğunluğu klinik olarak önemsizdir; büyük boyuta erişir ve obstrüksiyona neden olursa perkütan olarak tetrasiklin veya povidone-iodine ile skleroze edilir.

Ekstravazasyon genellikle transplantasyonu izleyen ilk birkaç hafta içerisinde görülür. Ürinom adı verilen sıvı birikintisi üretero-vezikal anastomoz yerinde, sistostomi bölgesinde veya orta üreter bölgesinde olabilir. Hidronefrozla birilkte olabilir. Ekstravazasyon toplayıcı sistemin dışındaki radyonüklid birikimi ile tanınır. Sintigrafi yapıldığı sırada kaçak devam etmiyorsa radyonüklid ürinom içerisine geçmez.

Perirenal sıvı birikiminin nadir nedenleri olan apse ve hematom morfolojik özellikleri ile tanınırlar.

TOPLAYICI SİSTEM

DOĞUMSAL ANOMALİLER

Çift toplayıcı sistem

En sık görülen üriner sistem anomalilerinden biridir. Değişik şekilleri vardır. Pelvis ikiye ayrılabilir. Buna renal *pelvis duplikasyonu* adı verilir. Duplike pelvisten üstteki, genellikle daha küçüktür ve üreterin devamına benzer. Pelvisin çok değişik bölünmeleri tanımlanmıştır.



Resim 5.57 EÜ. Solda duplike renal pelvis. Sağda tam olmayan üreter duplikasyonu görülüyor.

Çift toplayıcı sistem US'de iki ayrı piyelovasküler alan şeklinde görülür. Bununla birlikte iki ayrı ekojen piyelovasküler alanı olan olguların bir çoğunun tek sinüsleri olduğu saptanmıştır.

Pelvis duplikasyonu üreterde de devam edebilir. Distale kadar devam edip iki ayrı üreter şeklinde mesaneye açılmasına tam üreter duplikasyonu, mesaneye varmadan önce birleşerek tek üreter şeklinde açılımına ise tam olmayan üreter duplikasyonu adı verilir (Resim 5.57). Tam üreter duplikasyonunda üreterler, mesaneye ayrı ayrı açılırlar. Tam üreter duplikasyonunda alt böbrek kesimini drene eden üreter trigona normal yerinden, üstü boşaltan üreter ise daha aşağıdan açılır.

Ektopik üreter

Üreterin normal yerinden başka bir yere açılmasıdır. Kız çocuklarında daha sıktır. Üreter mesane duvarında mukoza altından ilerleyerek mesane boynuna veya proksimal üretreye açılır (Resim 5.58). Sıklıkla çift toplayıcı sistem ve/veya üreterosel ile birliktedir.



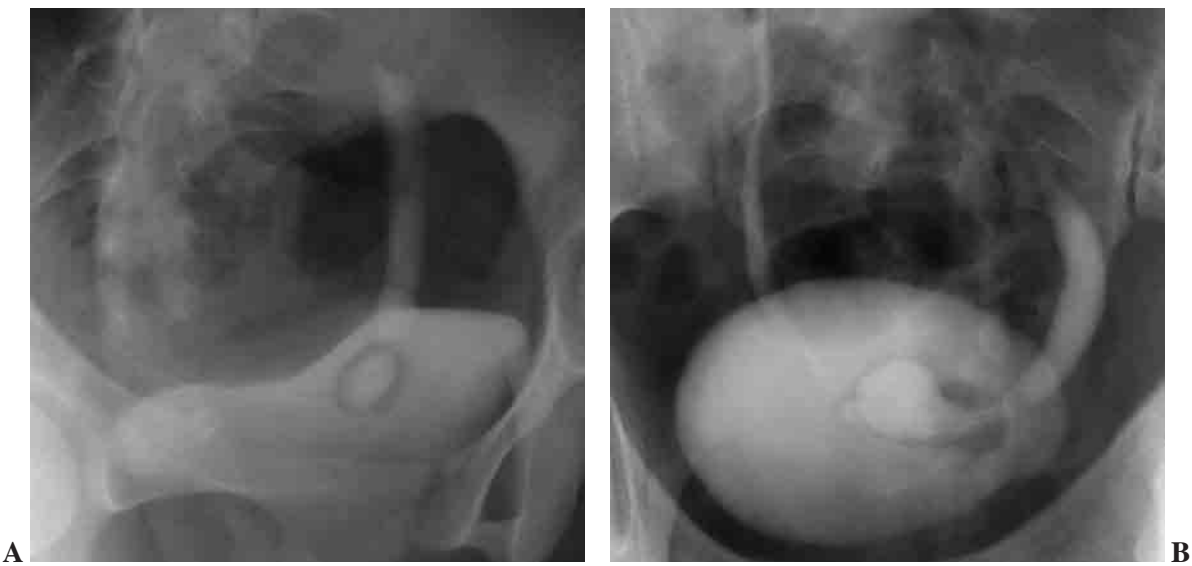
Resim 5.58 Ektopik üreter. Sağ üreter mesane boynuna açılıyor.

Üreterosel

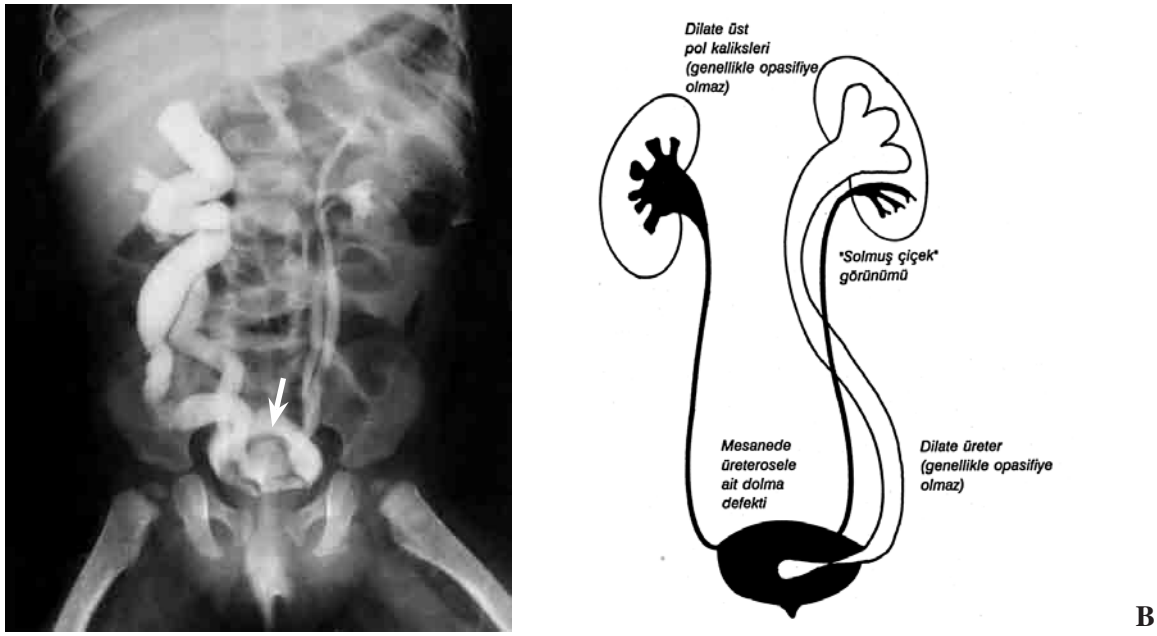
Üreterosel, üreterin mesane duvarındaki submukozal segmentinin mesane içerisine ilerleyerek kistik dilatasyon göstermesidir. Basit ve ektopik olarak ikiye ayrılır. İlki yetişkinde, ikincisi çocukta sık görülür.

Basit üreteroselde üreterin orifisi normal veya normale çok yakın pozisyondadır. Üreterosel çoğu kez küçüktür ve tümüyle mesane içindedir (Resim 5.59). Orifisinde değişik derecede darlık ve proksimalinde dilatasyon kuraldır. Üreterosel içerisinde taş oluşabilir. Birlikte tam bir üreter duplikasyonu bulunabilir. Bu durumda üreterosel sıklıkla üst kutbu boşaltan üreterde görülür. EÜ'de mesane içinde üreterosel duvarının yaptığı ince bir radyolusensi ile çevrelenmiş oval bir kontrast madde toplantısı görülür. Bu görünüm *kobra başına* benzetilmiştir.

Ektopik üreterosel, Ektopik üreter, üreteri normal yerinden başka bir yere açılmasıdır. Kız çocuklarında sıklıkla çift toplayıcı sistem ve üretroselle birliktedir. Genellikle basit şeklinden daha büyüktür. Bazen üretradan dışarı çıkabilir. Hemen her olguda birlikte üreterin tam duplikasyonu vardır. Üreterosel üst kutbu drene eden üreterde görülür. Drene ettiği böbrek kesimi hipoplazik veya displaziktir ve fonksiyonu azalmıştır. Üreter orifisi genellikle dardır ve üreter dilatedir. Pelvikalisiyel sistem olguların çoğunda opasifiye olmaz. Bu nedenle EÜ'de tutulan tarafta yalnız normal üreterin drene ettiği kaliksler görülür. Dolayısıyla kalikslerin sayısı azdır ve böbreğin üst kenarndan uzakta bulunurlar; genişlemiş ve vizualize olmayan üst pol kalikslerinin basısı nedeniyle aşağı ve dışa doğru yer değiştirmişlerdir. Görünümleri *solmuş çiçeğe* benzetilmiştir. Üreterosel mesanede düzgün kenarlı dolma defekti şeklinde görülür. Görünüm rektum gazının yaptığı bası ile karıştırılmamalıdır (Resim 5.60).



Resim 5.59 Basit üreterosel görünümleri. A. Üreterosel kesesi içerisinde taş. B. Solda daha belirgin olmak üzere iki taraflı basit üreterosel.



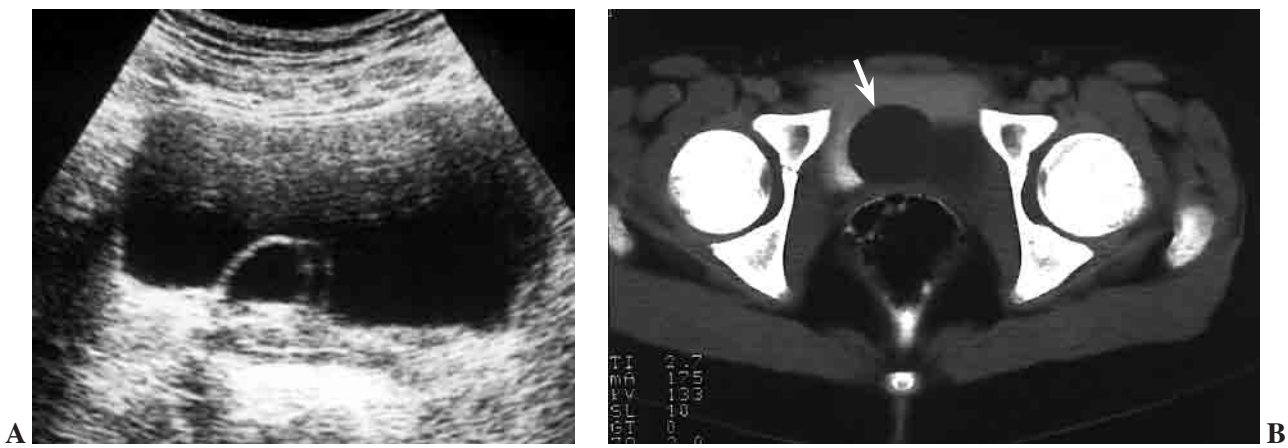
Resim 5.60 Ektopik üreterosel. A. İki taraflı çift toplayıcı sistemi olan olguda, sağda üst kutbu drene eden üreterin ektopik olduğu ve üreteroselin mesane içerisinde belirgin dolma defekti yaptığı görülüyor (ok). Alt kutbu drene eden diğer üreter ve toplayıcı sistem de baskıya bağlı olarak genişlemiş. B. Şematik görünüm.

US'de Basit üreterosel üreterin mesaneye girdiği yerde, mesane içerisine projekte olan yuvarlak bir kistik yapı şeklinde görülür. Mesane içerisinde sıvı dolu bir kist şeklindeki görünümüne *kist içinde kist görünümü* adı verilir (Resim 5.61). Canlı US'ik izlemde bu kistik yapının ritmik olarak dolup boşalması tipiktir. Üst kutup toplayıcı sistemi genişlemiştir. Alt kutup üreterine reflü izlenebilir. Ektopik üreterosel ve birlikte görülen dilate üreter multiseptalı intrapelvik bir kitleyi taklit edebilir. BT ve diğer kesit görünütüleme yöntemleri ile de aynı morfolojik bulgular saptanır.

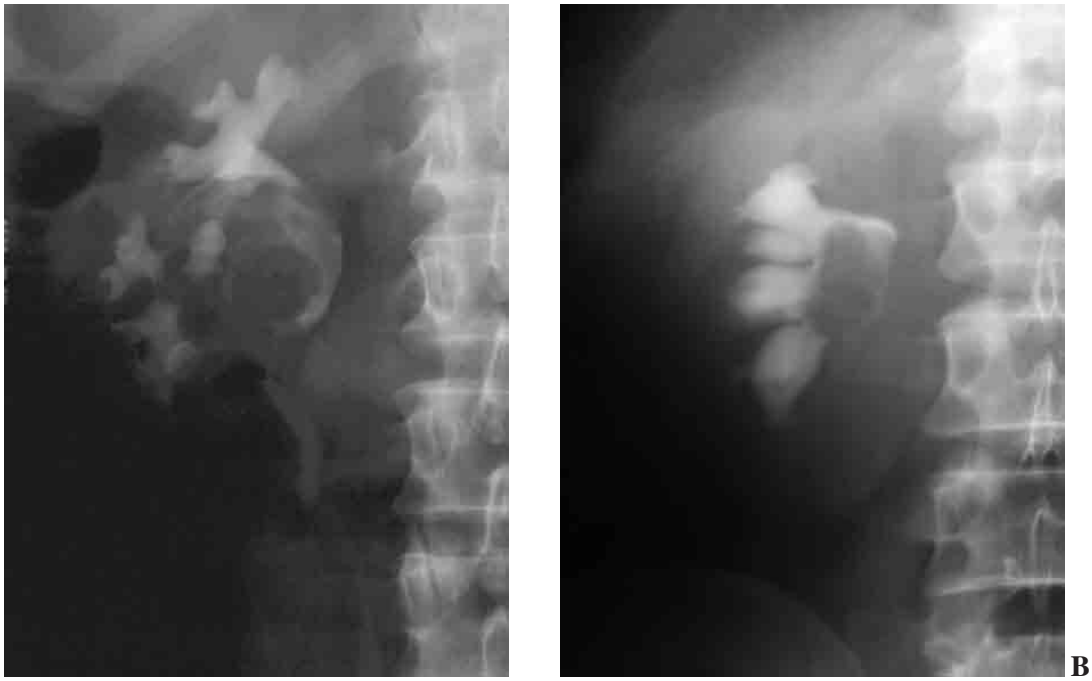
TÜMÖRLER

Böbreğin toplayıcı sisteminden çıkan tümörlere üroteliyal tümörler adı verilir. Adenokarsinoma göre daha ileri yaşlarda görülürler. Transisyonel ve skuamöz hücreli olmak üzere iki tipi vardır.

Transisyonel hücreli karsinom: Tüm renal tümörlerin yaklaşık %10'unu yapar, 40-70 yaş arasında ve erkeklerde daha sık görülür. Olguların %80'inde hematüri vardır. Parankimal renal kitleden daha çok, düzensiz ve bazen villöz yapıda int-



Resim 5.61 Üreteroselin US ve BT görünümü. A. US'de mesane içerisinde küçük kistik görünüm. Kist içinde kist görünümü. B. BT'de kontrastla dolu mesane içerisinde üreterosele bağlı hipodens dolma defekti (ok).

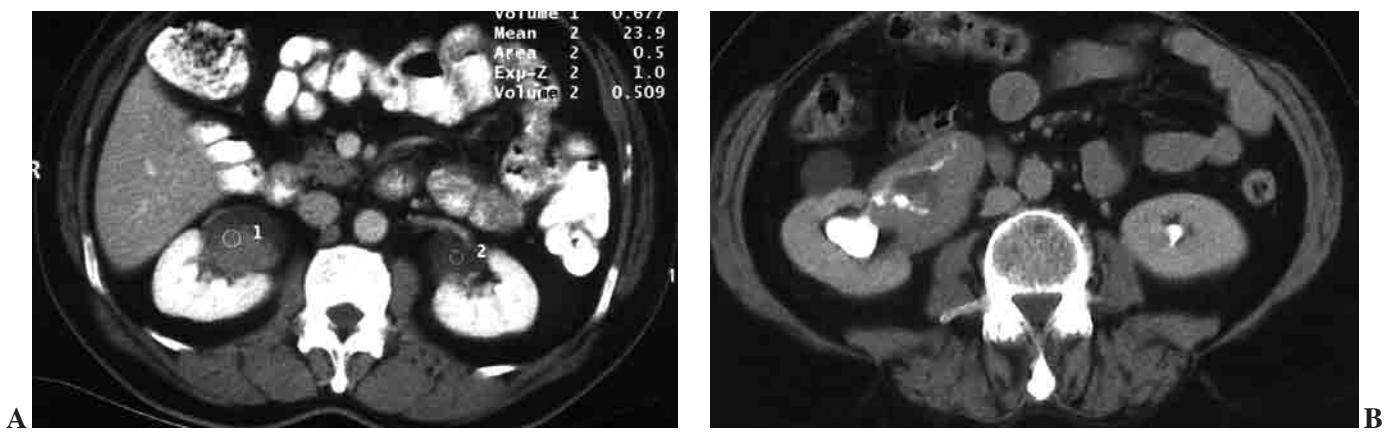


Resim 5.62 Üroepitelyal tümörlerin EÜ görünümleri. A. Transisyonel hücreli karsinomun pelviste yaptığı dolma defekti ve kalisiyel sistemde genişleme. B. Pelvisteki kitleye bağlı dolma defekti ve kitlenin yaptığı obstrüksiyona bağlı kaliksiyel genişlemeler.

rapelvik dolma defekti şeklinde görülürler. Renal pelvis tümörlerinin %82'sini yapar. Komşu parankimi de infiltre edebilir. Böyle bir olguda, kalisiyel sistemi infiltre etmiş renal hücreli karsinomdan ayırıcı tanısı yapılamaz. EÜ'de dolma defekti şeklinde görülürler (Resim 5.62). Yerleşim yerine göre obstrüksiyon ve proksimalinde dilatasyon gelişebilir. Bir kaliks içinde ise tek kalikste dilatasyona veya tam bir amputasyona neden olabilir. Dolma defektlerini bazı olgularda opak olmayan taş, pıhtı gibi diğer nedenlerden ayırmak zordur. Üreter ve mesanede implantasyona bağlı tümör yayılımı görülebilir.

Skuamöz hücreli karsinom: Daha az sıklıkta görülür. Patogenezinde kronik enfeksiyon ve taşın etkili olduğu kabul edilmektedir. Olguların %57'si taşla birliktedir. Altmış yaşının üzerinde sık görülür. Kadın-erkek oranı eşittir.

Transisyonel hücreli karsinomların papiller yapısına karşılık, skuamöz hücreli karsinomlar daha çok ülseratif ve ilfiltratif yapıdadırlar ve darlık oluştururlar. EÜ'de



Resim 5.63 Üroepitelyal tümörlerde BT görünümleri. A. Sağ böbrek pelvisini dolduran yumuşak doku kitlesi. B. Sağ böbrek pelvisini dolduran, böbrek parankimi ile izodens tümöral kitle.

sıklıkla piyelokalisiyel dolma defekti veya renal kitle görünümü verir. Hidronefroz veya fonksiyonsuz böbrek gelişebilir. Parankimal ve perinefritik yayılım gösterebilir. Transisyonel hücreli karsinom için tipik olan üroepitelyal yayılım skuamöz hücreli karsinomda görülmez. Daha çok uzak metastazlar yapar. Prognozu kötü olan oldukça agresiv bir tümördür.

Üroteliyal tümörleri, büyük boyuta ulaşmadıkça US ile saptamak zordur. Yeteri kadar büyükse BT'de pelviste dolma defekti şeklinde görülürler (Resim 5.63). Yoğunlukları 30-40 HÜ civarındadır ve çok iyi boyanmazlar. Büyük boyuttaki tümörler peripelvik yağ çizgilerini silerek parankime ve damarlara doğru ilerler. Sonuçta fonksiyonsuz böbrek oluşur.

TAŞ HASTALIĞI

Toplayıcı sistem içerisindeki taş oluşumuna nefrolitiyaz, kalsiyum tuzlarının böbrek parankiminde çökmesine ise nefrokalsinoz adı verilir. Taş hastalığının temel tanı yöntemi röntgendir. US ile böbrek taşları yüksek duyarlıkla saptanır, ancak üreter taşlarında başarılı değildir. Taş saptanmasında en duyarlı yöntem kontrastsız BT'dir.

Nefrolitiyaz en sık orta yaşta görülür. Yapısal veya metabolik bir neden yoksa çocuklarda nadirdir. Staza neden olan doğumsal veya edinsel yapı bozuklukları taş oluşumuna neden olabilir. Bunlar üreteropelvik birleşim obstrüksiyonu, atnalı böbrek ve aşağı üriner sistem obstrüksiyonu gibi nedenlerdir. Medüller sünger böbrekte, toplayıcı kanalların kistik genişlemeleri içerisinde taşlar görülebilir. Kalisiyel kistlerin içerisinde taş gelişebilir. Papiller nekrozda, nekroze kesim kalsifiye olabilir. Hiperparatiroidizm gibi metabolik bozukluklarda taş sık görülür.

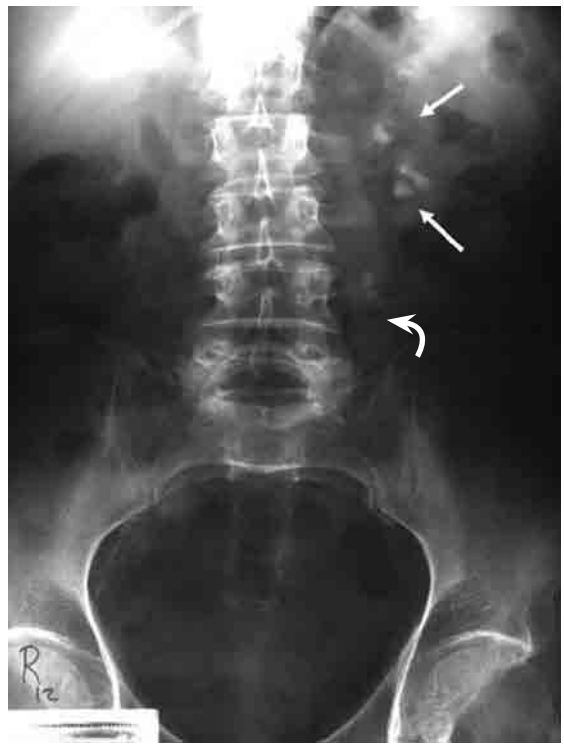
Nefrokalsinoz ise kalsiyum tuzlarının böbrek parankiminde çökmesidir. Hiperkalsemi ve hiperkalsiüri sonucu metastatik veya doku hasarı sonucu distrofik olabilir. Renal tümör, kist ve tüberküloz apsesi ve enfarkt gibi olgularda lokalize distrofik kalsifikasyon görülebilir. Nefrokalsinoz topografik olarak kortikal, medüller veya fokal olarak üç grup altında toplanabilir.

Kortikal nefrokalsinoz nefrokalsinozislerin %5'inden azını oluşturur. En sık kortikal nekrozda görülür; korteksi granüler şekilde opak hale getiren yaygın tutulumda görünümü tipiktir. Bazı kronik glomerülonefrit ve hiperoksalüri olgularında da görülebilir.

Medüller nefrokalsinozis nefrokalsinozisin en sık görülen şeklidir. Medüllaya oturur; bazen kortikal nefrokalsinozisin devamı şeklinde de görülebilir. Kalsifikasyonun tipine bakarak nedenleri saptamak olanaksızdır. En sık nedenleri, hiperparatiroidizm, idyopatik hiperkalsiüri, renal tubüler asidozis ve medüller sünger böbrektir. Hiperoksalüri, hipervitaminozis-D, süt-alkali sendromu da medüller nefrokalsinozisin nadir nedenleridir.

Fokal kalsifikasyonların birçok nedeni vardır. Parankim içindeki veya kapsül altındaki hematomlar kalsifiye olabilir. Tüberkülozda küçük kalsifiye alanlar görülebilir. Tüberküloza bağlı otonefrektomide fonksiyonsuz böbrekte yoğun kalsifikasyon görülür. Hidatid kistlerinin bir bölümünde düzensiz kalsifikasyon vardır. Malign tümörlerin yaklaşık %10'unda benekli çok hafif kalsifikasyon görülebilir. Böbrekte fokal kalsifikasyon oluşturan diğer nedenler şistozomiyazis ve vasküler kalsifikasyonlardır.

Röntgen: Taşların büyük bir bölümü opaktır; %80'den fazlasında DÜS'de görülebilecek şekilde kalsiyum vardır (Resim 5.64). Bu oran kontrast çözümlemesi yüksek olan BT'de %95'i geçer. Sistin taşlarının opasitesi diğerlerinden biraz daha düşüktür. Saf ürik asit ve ksantin taşları radyolusenttir. Opak olmayan taşlar düz röntgenogramlarla saptanamaz; EÜ'de dolma defekti oluştururlar (Resim 5.65). Kalsiyum oksalat taşları sıklıkla lami-



Resim 5.64 Sol böbrek (oklar) ve sol üreterde (kıvrık ok) opak taş görünümleri.



Resim 5.65 Sağ böbrek pelvisinde radyolusent taş (ok). Taşın obstrüksiyonuna bağlı olarak belirgin kalisiyel genişleme.



Resim 5.67 Sol böbrekte kalikslerin ve pelvisin şeklini almış taş görünümü. "Stag-horn" taşlar. Düz röntgenogram.

nalı görünümdedir. Bazı olgularda kalsiyum karbonat, özellikle kalisiyel divertiküller içerisinde, *kalsiyum sütü* şeklinde görülebilir (Resim 5.66). Ayakta ve lateral dekübitus röntgenogramlarda kalsiyum sütü seviye verir (Resim 5.67). Pelvisi ve kaliksleri blok şeklinde doldurarak toplayıcı sistemin şeklini alan taş bloğuna, görünümü *geyik boynuzuna* benzediği için "*stag-horn*" taşlar adı verilir. Üreter taşları küçük boyutludur ve *pirinç tanesi* gibi uzun aksı üretere paralel şekildedir. Genişlemiş üreter içerisinde büyük boyutta taşlar görülebilir.

Böbrek üzerine düşen kalsifiye kaburga kıkırdakları, safra kesesi taşları, mezanter lenf nodu kalsifikasyonları ve omurların transvaers çıkıntılarının tepelerindeki korteksin dens görünümü üriner sistem taşları ile karışabilir. Kalsifiye ilyak damarlar, flebolitler ve fibroidler de üreter ve mesane taşı izlenimi verebilirler. Bunların büyük bir bölümü karakteristik görünümü ile üriner sistem taşlarından ayrılabilir. Şüpheli durumlarda inspirium-ekspirium fazlarında ve oblik röntegenogramlar alınarak bu opasitelerin üriner sistemle ilişkilerinin değişip değişmediği araştırılır. Periton içi

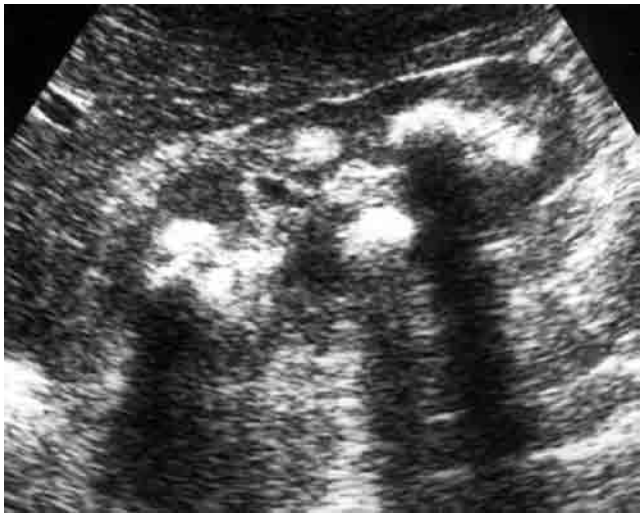


A



B

Resim 5.66 Kalisiyel divertikül içerisinde kalsiyum sütü (oklar). A. Ayakta düz karın röntgenogramı. B. BT kesiti. Her iki görüntüde seviye veren opak görünüm.



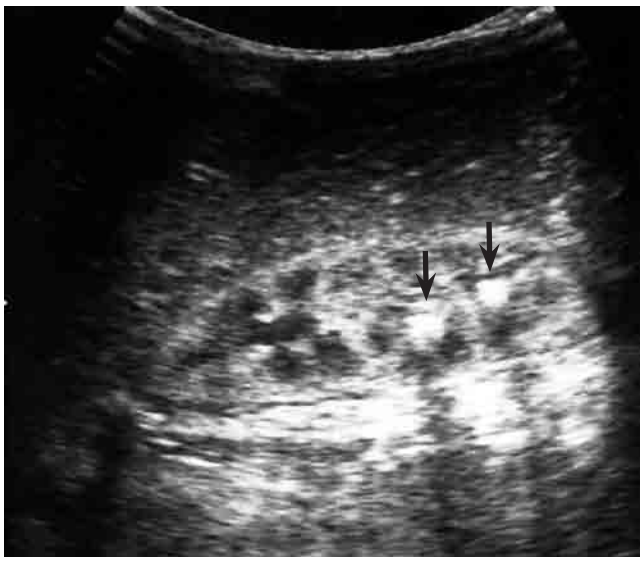
Resim 5.68 Böbrek taşlarının US görünümleri. Ekojen yuvarlak görünümlerin taş oldukları akustik gölgelerinden anlaşılıyor.

yapılara ait opasiteler solunumla hareket eder, üreter ve mesane taşları etmez. Sağda böbrek üzerine düşen taş görünümü, yan röntgenogramlarda vertebra üzerine düşüyorsa üriner sistem, önde ise safra sisteme aittir. Genişlemiş üreter ve kalisiyel sistem içerisindeki taşlar hareket ederler ancak hiçbir zaman üriner sistem dışında görülmezler. Bazen bir darlığın proksimalindeki genişlemiş üreter içerisindeki taş, ters peristaltizmle yukarı doğru yer değiştirebilir. Bu hareket değişik zamanlı röntgenogramlarda saptanabilir.

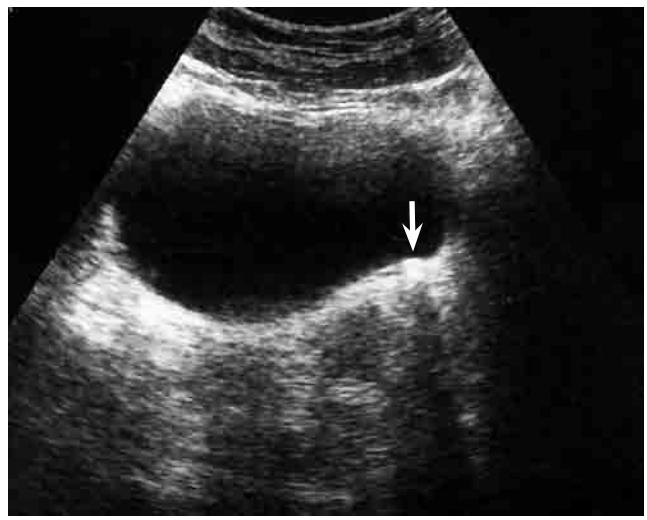
US'de tüm taşlar kompozisyonlarına bakılmaksızın akustik gölgesi olan ekojen yapılar şeklinde görülürler (Resim 5.68). Akustik gölgenin yoğunluğu taşın boyutu veya kompozisyonu ile ilişkili değildir. Ürik asit taşları gibi nonkalsifiye taşlar da aynı şekilde görülürler. Genişlemiş toplayıcı sistem içerisinde değillerse taşların ekojenitesini ekojen sinüs içerisinde fark etmek zordur (Resim 5.69). Ancak akustik gölgeleri ile tanınabilirler. Akustik gölgenin belirginleşmesi için ses kazancı (geyn) düşürülmeli ve taşa ait olduğundan şüphelenilen ekojenite ses demetinin foküsüne getirilmelidir. US ile 1.5 mm çapındaki taşlar farkedilebilirse de genellikle 5 mm'den büyük taşlar saptanır. Böbrek taşında yöntemin duyarlılığı %80, özgüllüğü %86 civarındadır. US incelemesi böbrek taşını dışlamak için tek başına tarama testi olarak kullanılmamalıdır.

Üreter taşının saptanmasında US'nin duyarlılığı yaklaşık %24'tür. Bu düşüklüğün nedeni bağırsak gazının ve içeriğinin taşın üstünü örtmesidir. Bununla birlikte üreteropelvik yerleşimdeki ve proksimal üreterdeki taşlarda, koronal kesitlerde böbreğin akustik pencere olarak kullanılmasıyla duyarlılık artırılabilir. Distal uçtaki taşlar ise, dolu mesanenin akustik pencere olarak kullanılmasıyla yüksek duyarlılıkla saptanır (Resim 5.70).

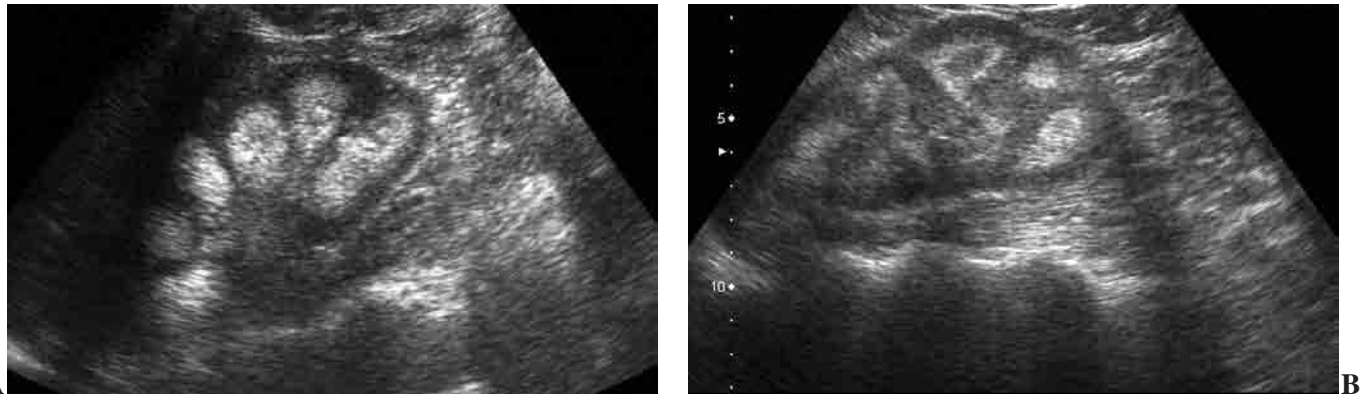
Medüller nefrokalsinoz US de piramidlerde ekojenite artışı şeklinde görülür (Resim 5.71). Akustik gölge ya az ya da yoktur. Kalsifikasyon yoğunsa



Resim 5.69 Böbrek taşlarının US görünümü (oklar). Ekojeniteleri yalnız başına taş tanısı için yetersiz. Akustik gölgelerini varlığı taş olduklarını gösteriyor.



Resim 5.70 Sol üreter alt ucuna sıkışan taş (ok), dolu mesane akustik pencere olarak kullanıldığı için seçilebiliyor. Ekojen yapının taş olduğu akustik gölgesinden anlaşılıyor.



Resim 5.71 Medüller nefrokalsinoz (A ve B). Piramitlere uyan bölgelerde akustik gölgesi olmayan ekojeniteler. B'deki nefrokalsinozda orta kesimlerin kalsifiye olmaması, lezyonun daha erken dönemde olduğunu gösteriyor.

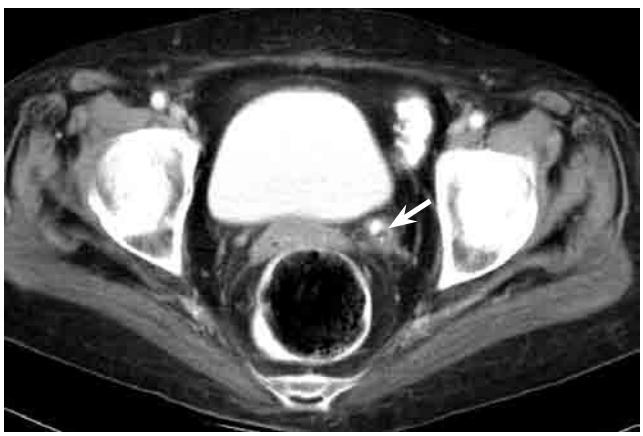
akustik gölge görülebilir. Erken evrede kalsifik alanın ortası daha az kalsiye olduğu için nefrokalsinoz bir halka şeklinde görülür. Zamanla üniform hale gelir. Röntgende görülemeyecek kadar yoğun kalsifikasyon içermeyen nefrokalsinozis US'de ekojenite artışı şeklinde görülür. Piramitler normalde korteksten daha hipoekoik olduğundan, akustik gölgesi olmasa da ekojenite artımı ile nefrokalsinozisi tanımak kolaydır.

BT, yüksek kontrast çözümleme yeteneği nedeniyle taş ve kalsifikasyon tanısında duyarlılığı en yüksek yöntemdir. ÇKBT'nin kliniğe girmesi ve tüm karnın saniyeler içerisinde incelenebilmesi nedeniyle taş tanısında daha sık uygulanmaya başlanmıştır. Opak olmayan taşların BT yoğunluğu 58-100 HÜ arasındadır. Bu dansite değerleri ile, toplayıcı sistem içerisindeki genellikle yoğunluğu 50 HÜ'den düşük olan tümör, hematom, çamur gibi yapılardan ayrılır.

Böbrek taşlarının büyük bölümü DÜS'de görülür, ancak üreter taşlarını lokalize etmek ve diğer kalsifikasyonlardan ayırmak zordur. Bu nedenle üreter taşında DÜS'nin duyarlılığı %45, özgüllüğü ise % 77 civarındadır; bu değerler BT'de sırasıyla %97 ve %96'dır. BT'nin renal kolikte kullanılmasının diğer bir avantajı, taşla karışabilcek akut apandisit, hapsolmuş fıtık, over kisti, divertikülit ve pyelonefritin ayırıcı tanılarını da yapabilmesidir.

Taş tanısında helikal, özellikle ÇKBT en duyarlı yöntemdir. İnce kesitlerle çalışılır. Üreter taşı kalsiyum içeriğine uygun olarak hiperdens görülür (Resim 5.72). Üreter taşlarının çevresinde ince bir yumuşak doku halosu vardır; buna *yumuşak doku kenarı bulgusu* adı verilir (Resim 5.73).

Aterom kalsifikasyonları ve flebolitler opak üreter taşları ile karışabilir. Her ikisinde de taşı çevreleyen yumuşak doku kenarı bulgusu yoktur. Flebolitlerin çoğunluğu üreterin seyri dışındadır, genellikle tromboze veni gösteren tubuler yapıda bir uzanımı (kuy-



Resim 5.72 Üreter taşının BT görünümü. İnce BT kesitinde mesanenin sol arka kenarına komşu opak üreter taşı (ok).



Resim 5.73 Sol üreter taşının BT görünümü. Taş çevresinde yumuşak doku kenarı bulgusu (ok).

ruğu) vardır ve taşa göre düşük yoğunlukludur (ortalama 160 HÜ). Yoğunluğu 300 HÜ'den yüksek bir opasifikasyonun flebolit olasılığı %3'ten düşüktür.

Boyutu 6 mm'den küçük üreter taşları genellikle 6 hafta içerisinde düşer, daha büyük boyutlu üreter taşlarına girişim gerekir.

ÜRİNER OBSTRÜKSİYON

Üriner obstrüksiyonda radyoloğun görevi obstrüksiyon yerini ve derecesini saptamak ve nedeni bulmaya çalışmaktır. Obstrüksiyon akut, subakut veya kronik; devamlı veya aralıklı; kısmi veya tam; intrarenal, postrenal, supravezikal veya infravezikal; tek veya iki taraflı olabilir. Taş veya tümör gibi bir engelin oluşturduğu obstrüksiyona anatomik, veziko-üreteral reflü veya bozulmuş üreter fonksiyonu sonucu gelişen şekline de fonksiyonel obstrüksiyon adı verilir.

Renal pelvis ve kalikseki genişlemeye pelvikaliektazi denir. Birlikte renal parankimde basınç atrofisi de varsa bu tablo hidronefroz olarak adlandırılır. Patolojik bir terim olan hidronefroz radyolojide, parankim atrofisi olsun veya olmasın toplayıcı sistem dilatasyonu için kullanılmaktadır. Hidronefroz, pelvikaliektazinin derecesine göre hafif, orta ve şiddetli olarak derecelendirilir ve dört greyde ayrılarak değerlendirilir. Greyd I'de kalisiyel sistemde minimal küntleşme görülür. Örneğin abdominal kompresyonla çekilen EÜ'de kalikslerde görülen küntleşme greyd I'i temsil eder. Greyd II'de kalisiyel sistemde hafif genişleme ile birlikte kalisiyel fornikslerde belirgin küntleşme vardır, fakat papillaların negatif gölgeleri kaliks içerisinde görülmeye devam eder. Papilla gölgelerinin görülmediği yuvarlaklaşmış kalisiyel sistemler greyd III'ü gösterir. Aşırı derecede kalisiyel balonlaşma ise greyd IV olarak değerlendirilir. Genellikle greyd III ve IV'de renal parankimde incelme vardır (Resim 5.74).



Resim 5.74 İki taraflı greyd III-IV hidronefroz. İnfravezikal obstrüksiyona bağlı olarak mesane duvarı kalınlaşmış ve trabekülasyonu artmış.

Renal pelvis dilatasyonu olmadan bir veya birden fazla kalikste dilatasyon olmasına hidrokalisozis adı verilir. Hidrokalisozis genellikle kalisiyel infindibulumun obstrüksiyonu sonucu gelişir. Hidrokalisozis nedenleri olarak tüberküloz skarı, stag-horn taşlarla birlikte olan enfeksiyon, cerrahi sonucu gelişen skar dokusu, damar çaprazlaması ve infindibulumdaki konjenital darlık sayılabilir.

Üreterdeki genişlemeye hidroüreter adı verilir. Obstrüktif olabilir veya obstrüksiyon olmadan da görülebilir. Üreterde, ilyak arteri çaprazladığı kesimin proksimalinde genellikle segmental fuziform bir genişleme görülebilir. Bu görünüm normal bir varyasyondur.

Genel bir prensip olarak obstrüksiyon ne kadar proksimalde ve ne kadar kronik ise dilatasyon o kadar belirgindir.

Akut obstrüksiyon

Akut obstrüksiyonun en sık nedeni sıkışan üreter taşıdır. Renal kolik sırasında alınan düz röntgenogramlarda taşın bulunduğu tarafta kontraksiyona bağlı olarak psoas kenarı görülmeyebilir ve bel omurgasında konveksitesi karşı tarafa bakan skolyoz gelişebilir. Kronik obstrüksiyon için karakteristik olan toplayıcı sistem genişlemesi akut obstrüksiyonlarda sık görülmez. En önemli EÜ bulgusu kontrast madde ekskresyonunda gecikme ve nefrografik dansitenin anormalliğidir. Akut obstrüksiyonun EÜ bulguları şunlardır (Resim 5.75): 1) Gittikçe yoğunluğu artan obstrüktif tip nefrogram, 2) Yaklaşık hastaların yarısında böbreklerde hafif büyüme, 3) Gecikmiş kalisiyel opasifikasyon, 4) Toplayıcı sistem ve üreterde hafif dilatasyon, 5) Spontan piyelosinüs ekstravazasyon (%5-17 olguda).



A



B

Resim 5.75 Sağ üreter taşına (ok) bağlı akut obstrüksiyon. A. Sağ böbrekte obstrüktif tip nefrogram, böbrekte hafif büyüme, kalisiyel opasifikasyon gecikmiş. B. 8 saat sonra alınan ürogramda böbrekte nefrogram hala devam ediyor. Kalisiyel yapılar görülmeye başlamış ve geniş (ok).

Obstrüktif tip nefrogramda nefrografik dansite 3-6 saat arasında en yüksek yoğunluğa çıkar ve daha sonra gittikçe azalarak kaybolur. Ancak bazı olgularda 24, hatta 48 saat sonra bile devam eden yoğun nefrogram izlenebilir. Obstrüksiyonun olduğu tarafta kalisiyel sistemin görülmesi gecikir. EÜ'de obstrüksiyon seviyesinin saptanabilmesi için geç röntgenogramlara gereksinim vardır. Hastanın fazla doz almaması için bu seviyeyi, mümkün olan her durumda bir tek röntgenogramla saptamak gerekir. Ancak kontrast maddenin ekskresyon süresi olgudan olguya değiştiği için birçok olguda gereksiz röntgenogramlar alınır. Kontrast madde enjeksiyonundan 15 dakika sonra elde olunan röntgenogramda kalisiyel sistem görülmüyorsa ikinci röntgenogram en azından iki saat sonra alınmalıdır. Kontrast madde kalisiyel sistemde 30 dakika sonra görülmüşse ikinci röntgenogram dört saatten erken alınmamalıdır. Bu kuralın uygulanmasıyla hastaya gereksiz radyografi yapılması önlenmiş olur.

Akut obstrüksiyonda pelvikalisiyel dilatasyon minimaldir. Ancak ekstrarenal pelvisler intrarenal olanlardan daha fazla genişleyebilirler.

Toplayıcı sistemde basınç artımı piyelotubüler geri akıma veya en zayıf nokta olan kalisiyel fornikslerde rüptüre neden olabilir. Belirli bir neden olmadan da görülebilen bu durum, genellikle renal kolik sırasında yapılan EÜ'de ortaya çıkar; kontrast madde renal sinüse geçer. Buna piyelosinüs ekstravazasyonu adı verilir. Buradan da dağılım yollarının röntgenolojik görünümüne göre piyelointerstisyel, piyelovenöz ve piyelolenfatik ekstravazasyon terimleri ile tanımlanır. Akut obstrüksiyonlu olgularda genellikle piyelosinüs ve piyelolenfatik ekstravazasyon görülür.

US'de obstrüksiyonun proksimalindeki toplayıcı sistemin genişlediği görülür. Bununla birlikte obstrüksiyonun ilk birkaç saati içerisinde toplayıcı sistem dilatasyonu görülmeyebilir. Akut obstrüksiyonlarda kalisiyel genişleme belirgin değildir. Kalisiyel genişleme oluşturmamış veya kalisiyel genişlemenin minimal olduğu akut obstrüksiyonlarda, renal korteksin genellikle normal taraftan daha geniş ve daha hipoekoik olması tanıya yardım eder. Doppler US yapılırsa rezistif indeksin arttığı görülür. Böbrek çevresinde minimal sıvı varlığı forniks rüptürünü gösterir.

BT kesitlerinde koliğe neden olan üreter taşlarında taş görünümüyle birlikte taşın proksimalinde üreterin genişliğinin 3 mm'den fazla olması obstrüksiyonu gösterir. Birlikte ödem nedeniyle böbreğin parankiminin dansitesinde hafif düşme, perirenal yağ dokusunda ödeme bağlı yumuşak doku çizgilenmeleri ve oldukça sık görülen forniks rüptürüne bağlı olarak gelişen perinefritik az miktarda sıvı birikimi de görülebilir.

Sintigrafide, akut obstrüksiyondaki intrarenal basınç artımına bağlı olarak perfüzyon azalır. Toplayıcı sistemi görüntülemek için gecikmiş statik görüntüler gerekebilir. Obstrüksiyonun proksimalindeki toplayıcı sistemde dilatasyon görülür.

Kronik obstrüksiyon

EÜ'de kronik üriner obstrüksiyon bulguları şu şekilde özetlenebilir: 1) Obstrüktif nefrogram görülmez, 2) Böbrek büyük veya küçük olabilir, 3) Toplayıcı sistemde belirgin dilatasyon, 4) Nefrogram fazında negatif piyelogram, 5) Parankim kalınlığında azalma (hilal veya kabuk şeklinde parankim), 6) Üreterde genişleme ve kıvrımlı görünüm (aşağı obstrüksiyonlarda).

Kaliteli bir EÜ'de nefrografik fazda, kontrast madde kalisiyel sisteme girmeden önce idrarla dolu genişlemiş kalisiyel sistem, opak parankim içerisinde radyolusent alanlar şeklinde görülür. Hidronefrozun bulgusu olan bu görünüme *negatif piyelogram* adı verilir. Normal parankim kalınlığı kutuplarda 3.5, orta kesimlerde 2.5 cm'dir. Parankimin çok inceldiği, ancak renal fonksiyonun oldukça iyi korunduğu durumlarda genişlemiş kaliksler çevresindeki parankimin görünümü *kalisiyel hilal bulgusu* olarak tanımlanır. Obstrüktif atrofinin son evresinde renal parankim belirgin şekilde incelir. Ancak birkaç nefron tabakasından oluşan bu ince bant, nefrogram fazında incecik bir kabuk şeklinde görülür. Buna *kabuk* ("*rim*") *nefrogram* adı verilir.

Obstrüksiyon kalktıktan sonra fonksiyonun normale dönebilmesi için aylar geçmesi gerekir. Şiddetli postobstrüktif atrofi gelişen böbrekler genellikle normalden küçüktürler; hafif veya orta derecede kalisiyel küntleşme ve parankimde değişik derecelerde incelme görülür.

Obstrüksiyon tanısı koyduktan sonra radyoloğun ikinci görevi obstrüksiyonun nedenini saptamaktır. Çocuklarda obstrüksiyonların çoğu doğumsal, yetişkinlerdekilerinki ise edinseldir. Obstrüksiyon nedeni üreter lümeni içinde ve dışında olabilir. Lümen içi obstrüksiyon nedenleri genellikle taş, pıhtı veya transisyonel hücreli karsinomdur. Kopmuş papilla, ürat çamuru, fungus topları ve benign üreterik polipler obstrüksiyonun az görülen diğer nedenleridir. Opak olmayan lümen içi lezyonlar genellikle kontrast madde kolonunun ucunda aşağıya doğru konkav kenarlı dolma defekti şeklinde görülürler. Lümen dışındaki nedenlerden kaynaklanan obstrüksiyonlar intramural veya üreter dışı retroperitoneal nedenlere bağlı olabilir. Bu olgularda üreter lümeni değişik uzunluktaki bir segmenti tutan düzgün veya düzensiz daralma gösterir.

Küçük taşlar üreter içerisinde uzun eksenleri, üretere paralel şekilde yerleşen *pirinç tanesi* şeklinde görülürler. Sıklıkla üreterovezikal birleşime yakın yerleşimdedirler. İskiyal dikenleri birleştiren çizginin aşağısında kalan opasitelerin üreter taşlarına ait olmayacağı savı, özellikle doğumlar nedeniyle pelvik tabanı gevşemiş kadınlarda doğru değildir.

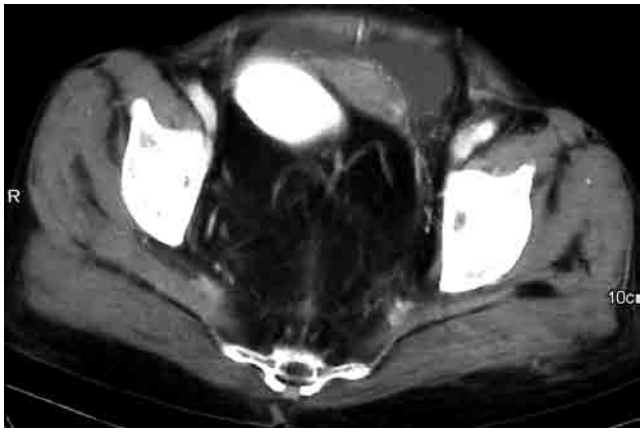
Üreter obstrüksiyonunun diğer bir nedeni üroteliyal tümörlerdir. Özellikle mesanede, üreter ağzına yakın yerleşimdeki tümörler üreterde obstrüksiyon oluşturabilir. Obstrüksiyona en sık neden olan benign üreterik tümör, tipik olarak orta yaştaki erkeklerde görülen fibroepitelyal poliptir.

Üreterde opak olmayan bir yapı tarafından oluşturulan obstrüksiyonun ayırıcı tanısında pıhtı, papiller nekrozdan kopan papiller parça ve diyabetik ve debil hastalarda fungus topları düşünülmelidir.

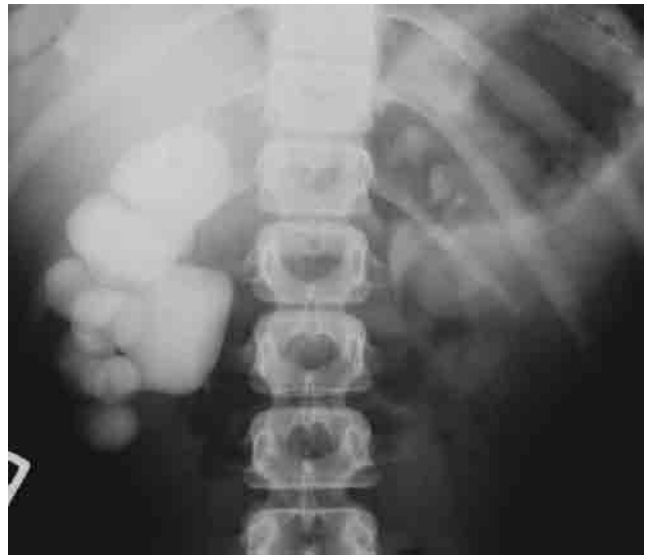
Benign yapıda üreter darlıkları uzun süre devam eden taş sıkışması, üreterin endoskopik vb nedenlerle hasarlanması veya cerrahisi, penetran yaralanmalar ve radyasyona bağlı olabilir. Tüberkülozda da üreterde fibroz ve darlık görülür.

Periüreteral bölgeye uzanan lezyonlar, ekstrensek nedenli üreter daralmasına ve obstrüksiyonuna neden olabilir. Crohn hastalığı, periapendiküler apse, pelvik inflamatuar hastalık, divertiküloz ve endometrioz bazen bu şekilde üreter obstrüksiyonu oluşturabilir. Retrokaval ve retroilyak üreterlerde de üreter obstrüksiyonu görülür.

Retroperitoneal fibrozda üreterler lomber dördüncü-beşinci vertebra seviyesinde mediyale doğru yer değiştirir ve düzgün fokal ekstrensek bir darlık ortaya çıkar. Bu tipik görünüm olguların ancak yarısında vardır. Diğer olgularda dar üreter segmenti daha yukarıda ve aşağıda olabilir ve üreterde içe yer değiştirme görülmeyebilir. Renal yetmezlik oluşabilmesine rağmen hidronefroz ve hidroüreter belirgin değildir. Belirgin obstrüksiyon olmasına karşın kateter üreterik darlıktan kolayca geçer. Fibroz, inferior vena kavada da obstrüksiyona neden olabilir. Retroperitonel fibrozun en sık nedeni aortik cerrahi girişim ve aortik anevrizmadan kaynaklanan ekstravazasyondur. Doku kanamaya karşı şiddetli fibrozla cevap verir. Retroperitoneal kanama, ekstravaze idrar ve pankreatit diğer



Resim 5.76 Pelvik lipomatoz. Pelvisi dolduran yağ yoğunluğundaki kitle sigmoidi, uterusu ve mesaneyi öne doğru itmiş.



Resim 5.77 Sağ üreteropelvik darlığa bağlı kalikslerde ve pelviste belirgin genişleme.

nedenlerdir. Ayrıca uzun süre migren için verilen metisergide, bağlı olarak da retroperitoneal fibroz gelişebilir.

Pelvik lipomatoz ekstrensek darlık oluşturan diğer bir nedendir. Şişman olgularda pelvis boşluğu, mesane ve rektosigmoid kolon çevresi aşırı yağla dolar (Resim 5.76). Pelvik lipomatozda, özellikle yetişkin zenci erkeklerde, yağla birlikte fibröz doku mesane, rektosigmoid kolon ve distal üreterin çevresinde prolifere olarak bu yapıların yukarıya doğru yer değiştirmesine ve obstrüksiyona neden olur. Etyolojisi bilinmeyen bu hastalıkta röntgende perivezikal radyolusent kitlenin mesane boynunu daralttığı ve mesane tabanını yukarıya doğru ittiği görülür. Mesane *tersine dönmüş bir armut* şeklini alır. Sigmoid kolon daralmış ve düzleşmiştir. Üreterler mediyale doğru çekilir ve daralır.

Metastatik kanserler de üreter obstrüksiyonuna neden olurlar. Özellikle over, serviks, uterus, rektosigmoid, kolon, mesane ve prostat kanserleri doğrudan veya lenf nodlarına yayılarak üreterlerde ekstrensek bası ve obstrüksiyon oluştururlar.

Konjenital obstrüksiyonların başında üreteropelvik darlık gelir (Resim 5.77). Üreteropelvik darlıkların çok az bir bölümünde obstrüksiyon renal arter veya retroperitoneal bantların yaptığı ekstrensek basıya bağlı olabilir.

Çift toplayıcı sistemle beraber üreteroselin varlığı da diğer bir obstrüksiyon nedenidir.

Mesane duvarını difüz olarak tutan her hastalık üreterin intramural segmentini tıkayıp hidroüreteronefroza neden olabilir. Bu durumda üreter obstrüksiyonu sıklıkla mesane kapasitesindeki belirgin azalma ile birliktedir. Tüberküloz bu görünümü oluşturan klasik nedendir. Radyasyon, interstisiyel sistitis, kronik siklofosfamid sistiti, hipertrofik nöropatik mesane, difüz infiltratif transisyonel hücreli karsinom ve lupus eritomatozis kontrakte ve küçülmüş mesane oluşturan diğer nedenlerdir.

US üriner obstrüksiyon tanısında EÜ kadar doğru sonuç verir. Obstrüksiyonda toplayıcı sistemde genişleme görülür (Resim 5.78). Hidronefroz saptandığında, obstrüksiyon seviyesi ve nedeni için üreter de incelenmeye çalışılmalıdır (Resim 5.79).

Obstrüktif üropatinin US ile değerlendirilmesinde yalancı negatif ve yalancı pozitif sonuçlar vardır. Erken evrede obstrüksiyon ve *"stag-horn" taşlar* yalancı negatif sonuç nedenleridir. Obstrüksiyonda ilk birkaç saat içerisinde toplayıcı sistemde dilatasyon görülmeyebilir. Stag-horn taşları ise, genişlemiş kalisiyel yapıları akustik gölgeleriyle örterek yalancı negatif sonuca neden olurlar. Obstrüksiyon olmadığı halde kalisiyel genişleme görülmesi yalancı pozitif sonuçtur. Normal ekstrarenal pelvis, özellikle bebeklerde mesanenin ileri derecede dolması, diyabet insipitus, diüretik verilmesi ve aşırı hidrasyon gibi süzmenin arttığı durumlar, piyelonefrit ve veziko-üreteral reflüdeki dilatasyonlar yalancı pozitif sonucun nedenleridir. Papiller nekrozda, konjenital megakalikslerde ve reflü nefropatisinde, kalikslerde küntleşme ve hafif genişleme olmasına rağmen obstrüksiyon yoktur. Peripelvik kist, kalisiyel divertikül, renal arter dallarının anevrizmaları ve arte-



A B

Resim 5.78 Üriner sistem obstrüksiyonunda US. A. Kalikslerde ve pelviste genişleme. B. Diğer bir olguda ekstrarenal pelvisin belirgin genişlediği görülüyor.

riovenöz malformasyon gibi renal sinüs lezyonları da kalisiyel genişlemeyi taklit eder.

US incelemesinde toplayıcı sistemi geniş görülen her olguda hemen mesaneye bakılmalıdır. Mesane dolu ise boşaltıldıktan sonra inceleme tekrarlanır. Kalisiyel dilatasyonun normale dönmesi genişlemenin, dolu mesanenin geri basıncına bağlı olduğunu gösterir. Çocuklarda dilatasyonun işeme sırasında ortaya çıkması vezikoüreteral reflüyü gösterir.

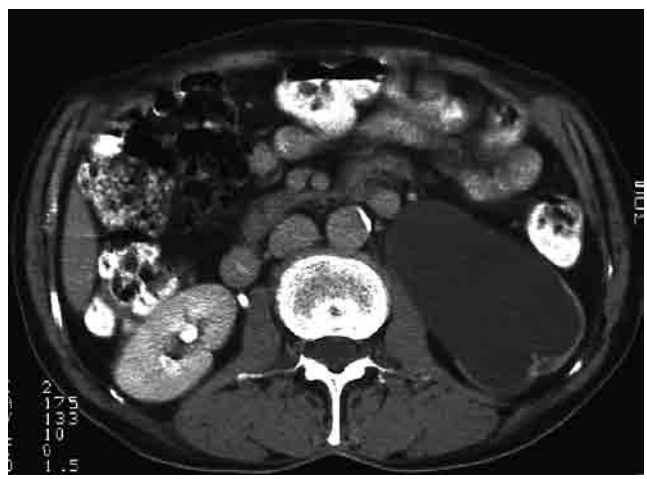
Gebelerde, büyük uterusun basısı ve hormonal etkiye bağlı üreter kaslarının relaksasyonu sonucu %65-85 olguda kalisiyel genişleme görülür. Gebeliğin 10.-20. haftasında ortaya çıkan ve 24.-28. haftalarda belirginleşen dilatasyon, doğumdan sonra birkaç hafta içerisinde normale döner.

BT ile erken evre obstrüksiyonlarındaki minimal kalisiyel dilatasyon saptanamayabilir. Belirgin hidronefrozda ise incelmiş parankimle birlikte su yoğunluğundaki genişlemiş toplayıcı sistem BT ile çok iyi gösterilir (Resim 5.80). BT'nin obstrüksiyonlardaki ana işlevi obstrüksiyon nedenlerinin gösterilmesidir.

Sintigrafide obstrüktif üropatinin başlangıcında renal tubüler fonksiyon ve kan akımı normaldir. Obstrüksiyon şiddetli veya uzamışsa tubüler fonksiyon bozulur; sonucunda sintigrafide parankimal tutulumda yaygın azalma görülür.



Resim 5.79 Sağ üreter 1/3 orta kesiminde taş. Üzerinde bağırsak gazı olmaması nedeniyle görülebiliyor (ok).

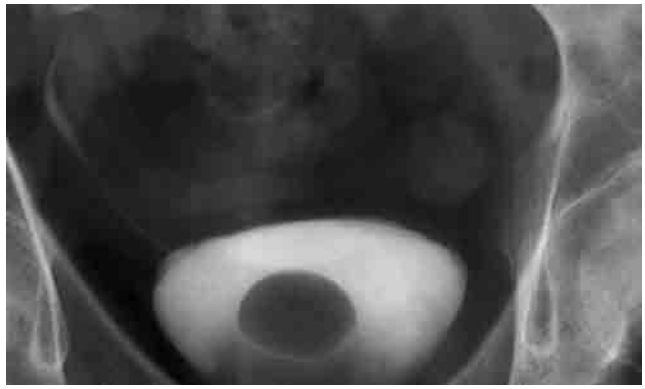


Resim 5.80 Greyd IV hidronefrozun BT görünümü. Kalisiyel genişleme ve parankimde belirgin incelme.

İnfravezikal obstrüksiyonlar

Benign prostatik büyüme yaşlı erkeklerde mesane çıkım obstrüksiyonunun en sık nedenidir. Prostat büyüdükçe üretrayı kurdela şeklinde komprese eder. Prostatın büyük bir bölümü mesane tabanından daha aşağıda olduğundan bası bulguları görülmeden de oldukça belirgin büyüme ve üretral obstrüksiyon oluşabilir. Mesane tabanındaki klasik bası median veya apikal lob büyümesine bağlıdır ve her zaman mesane çıkım obstrüksiyonuna neden olmaz. Sonuç olarak mesane tabanında prostatın basısının yokluğu, klinik olarak belirgin hale gelmiş bir prostat büyümesini dışlatmaz. Ayrıca EÜ'de büyük prostat basısının varlığı da hastada aşağı üriner sistem obstrüksiyonu olduğunu göstermez. Benign prostat büyümesi tanısı; semptomlara, rektal tuşeye, rezidü idrar miktarına bakarak konur. EÜ ancak hastalığın varlığını destekler; olmadığını söyleyemez. Röntgen görünümüne bakarak prostatın gerçek büyüklüğünü saptama olanağı yoktur.

Düz röntgenogramlarda, mesanede ileri derecede idrar toplanmışsa, pelvisi dolduran ve bağırsak gazlarını yukarıya doğru iten yumuşak doku yoğunluğunda artma görülür. EÜ'de mesane tabanında değişik boyut ve şekilde büyümüş prostat basısı görülebilir. Bulgular prostatın büyüklüğüne ve obstrüksiyon derecesine göre değişir. İlerlemiş olgularda büyümüş prostatın belirgin basısı yanında trigonun ve mesane tabanının yukarı kalkmasına bağlı olarak üreterlerin distal uçlarında yukarı doğru kıvrılma izlenir. *Olta görünümü* adı verilen bu bulgu prostat büyümesi için patognomoniktir (Resim 5.81). Prostatın orta lobunun büyümesinde görülen bası mesane tabanında düzgün kenarlı oval bir dolma defekti şeklindedir. Bu görünüm nonopak mesane taşına çok benzer (Resim 5.82).



Resim 5.82 Prostatın orta lobunda büyüme. Mesanede opak olmayan taşa benzer dolma defekti.

Obstrüksiyonun derecesine göre önce mesane duvarında kalınlaşma ve trabeküllerde belirginleşme görülür. İlerlemiş olgularda çok sayıda mesane divertikülü ortaya çıkar (Resim 5.83). Uzun süren obstrüksiyonlarda rezidü idrar üreterlerin ve giderek pelvisin ve kalikslerin genişlemesine neden olur; hidronefroz gelişir. Erken evrede, üriner sistemde görülen bu genişlemeler geriye dönebilir. Tedavi edilmezse hastalık renal yetmezlikle sonlanır.

Prostat büyümesinin diğer bir nedeni prostat kanseridir. Prostatta yaptığı büyümenin EÜ bulguları, benign yapıdaki prostat büyümesinden ayrılamaz. Ancak tümör mesane tabanını infiltre eder ve distal



Resim 5.81 Prostat büyümesine bağlı infravezikal obstrüksiyonda mesane boynunda yukarıya doğru yükselme ve üreter alt uçlarında balık oltası görünümü (oklar).



Resim 5.83 Belirgin büyümüş prostata bağlı uzun süre devam etmiş infravezikal obstrüksiyonda mesane boynunda yükselme ve mesane duvarlarında çok sayıda divertikül görünümü.

üreterlere doğru yayılırsa tanınabilir. İliak ve paraaortik lenf nodlarına yayılım üreterde yer değişikliğine ve obstrüksiyona neden olabilir.

İnfravezikal obstrüksiyonun diğer nedenleri; mesane boynu hipertrofisi, posterior üreteral valv, üretranın darlığı, divertikülü, tümörü ve taşı, meatal stenoz ve nörojenik defektlerdir. Bu lezyonların tümünde yukarı ve aşağı üriner sistemde görülen röntgen değişiklikleri birbirine benzer. Üriner sistemin üst kesimindeki değişiklikler, obstrüksiyonunun şiddeti ve süresi ile derecesi değişen üreterlerde ve pelvikalisiyel sistemde genişleme, böbrek parankim kalınlığında azalma ve renal forksiyonda bozulmadır. Üreter genişlemesi erken evrede tek tarafta görülebilir.

Aşağı üriner sistemde ise obstrüksiyon tam yerleştiğinde, mesanede trabekülasyon artımı, sakkülasyon, divertikül oluşumu, belirgin rezidü, mesane boynunda hipertrofi, veziko-üreteral reflü ve obstrüksiyon üretrada ise proksimalinde üretra genişlemesi görülür.

Toplayıcı sistemin obstrüktif olmayan genişlemesi

Üriner sistemde anatomik obstrüksiyon olmadan dilatasyon yapan bir çok neden vardır. Çocukluk çağındaki VÜR şiddetli ise belirgin hidronefroz ve hidroüretere neden olur. Bu durumda üreterin belirgin kıvrımlı görünümü, artmış intraluminal basınç ve hacime bağlıdır. Tanı VSÜG ile konur.

Konjenital megakaliks, renal medüllanın hipoplazisine ikincil olduğu düşünülen obstrüktif olmayan kalisiyel genişlemelere verilen isimdir. Kalikslerin sayısı 25-40'a kadar çıkabilir. Renal pelvis ve üreterler, kortikal kalınlık ve fonksiyon normaldir. Bu bulgu, hastalığın kronik obstrüktif atrofiden ayırmaya yarar. Hastalık genellikle tek taraflıdır ve erkeklerde kadınlardan çok daha fazla görülür.

Primer megaüreter vezikoüreteral reflü veya mekanik bir obstrüksiyon olmadan üreter genişlemesine verilen isimdir. Üreteral aklazi ve adinamik distal üreterik segment adı da verilir. Üreterin distal kesimi tutulur; tutulan kesimde peristaltizm yoktur. Hidronefroz olmadan üreter genişlemiştir. Bazı olgularda dilate kaliksler konjenital megakalikslere benzer. Mekanik obstrüksiyonun olmadığı, kateterin kolayca geçmesiyle gösterilir. Mikroskopik çalışmalar kaslarda kalınlaşma ve dilate olmayan distal üreterik segment duvarında kollajen doku artımını göstermiştir.

"Prune belly" sendromu karın kaslarının yokluğu, idrar yolları anomalileri ve kriptorşidizmden oluşan bir doğumsal anomalidir; Eagle-Barrett sendromu da denir. Üreterler, mesane ve üretranın posterior parçası belirgin şekilde dilatedir.

MESANE

Doğumsal anomaliler

Urakal kalıntı anormallikleri: Urakus ürogenital sinüs ve allantoisin kalıntısıdır. Karın duvarının arka yüzü boyunca göbekten mesanenin kubbesine uzanır. Doğumdan sonra tıkanır tıkanmış kalıntısı orta umbilikal ligamenti yapar.

Umbilikourakal sinüs, patent urakus, urakal kist ve vezikourakal divertikül, urakusun konjenital anomalileridir. Umbilikourakal sinüs, urakusun göbeğe yakın distal ucundaki parçasının açık kalmasıdır, enfekte olarak akıntıya neden olur; kontrast madde vererek gösterilebilir (sinografi). Patent urakus urakusun açık kalmasıdır. Çocuklarda göbekten idrar gelir; miksiyon sistografisi ile saptanabilir. Urakal kist, urakus yapraklarının arada bir yerde açık kalmasına bağlı olarak sıvı toplanmasıdır, genellikle urakusun aşağı 1/3'ünde görülür. Kesit görünütüleme yöntemleriyle saptanır. Vezikourakal divertikül ise urakusun mesaneye yakın ucunun açık kalmasına bağlı olarak gelişir; mesane kubbesinden göbeğe doğru uzanan huni şeklinde divertiküler bir oluşumdur. Göbeğe doğru uzanımı tanıda önemlidir ve en iyi mesane kontrastla dolu iken alınan yan röntgenogramlarda gösterilir (Resim 5.84). Kesit görüntüleme yöntemleri ile de tanı konur.



Resim 5.84 Vezikourakal divertikül. Yan röntgenogramda mesane kubbesinden yukarıya doğru divertikül şeklini almış urakal genişleme.

Mesane ekstrofisi (ekstrofia vezikale) karın alt duvarının gelişememesine bağlı mesane ön duvarının doğumsal bir defektidir. Mesane açıktır, mukozası karın ön duvarında deri ile devam eder. Simfizis pubis çok açıktır, birlikte epispadias, üreteral obstrüksiyon, umbilikal ve inguinal herni görülür.

Mesane tümörleri

Üriner sistemde tümörün en sık görüldüğü yer mesanedir. Tümörlerin büyük çoğunluğu epitelyal orijinlidir ve tümü malign kabul edilmelidir. Epitelyal tümörler papiller veya plak şeklinde olabilir.

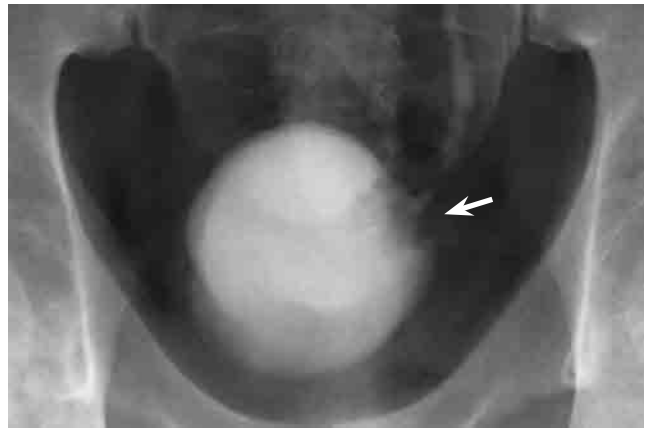
Papiller yapıda olanlar düşük greydli transisyonel hücreli karsinomlardır. Sıklıkla birden fazla sayıda, üroepitelle kaplı *eğrelti otu* şeklinde yapılardır. Üreter ve renal pelvisteki tümörlerin implantasyonuna bağlı da olabilirler. Bu nedenle mesanede papiller yapıda bir tümör saptandığında tüm idarar yolu incelenmelidir. Yüksek greydli olanların villusları daha kalın ve künt görünümdedir. Papiller tümörler rezeksiyondan sonra tekrarlama eğilimindedirler.

Plak şeklinde olanlar transisyonel hücreli veya skuamöz hücreli karsinom olabilirler; plak şeklinde büyür ve geniş bir alanı infiltre ederler. Sıklıkla mesane taşı veya kronik enfeksiyon gibi devamlı irritasyona bağlıdır. Lokal yayılım ve metastaz papiller şeklinden daha sıktır. Adenokarsinom çok nadir görülür ve urakus kalıntılarından çıktığı kabul edilir. Müküs salgılayan bu tümörler kalsifiye olabilir.

Mesane tümörlerinin tanısı sistoskopi ile konur. EÜ'de papiller tümörler iyi sınırlı, sıklıkla lobüle dolma defektleri şeklindedirler (Resim 5.85). Büyük boyutta olabilir ve geç başvuran olgularda mesaneyi tümüyle dolduracak görünüm alabilirler. Papiller olmayan tümörler plak şeklinde, düzensiz defekt görünümündedirler ve sınırları belirsizdir. Mesane tümörleri bazen üreterosele benzer görünüm verir. Üreter taşının yaptığı ödemin dolma defekti, tümörü taklit eder (Resim 5.86). Üreter girişine yakın yerleşimde genellikle tutulan tarafta hidronefroz görülür.



Resim 5.85 Mesanenin üst-dış kesiminde büyük bir mesane tümörüne bağlı düzensiz kenarlı dolma defekti.



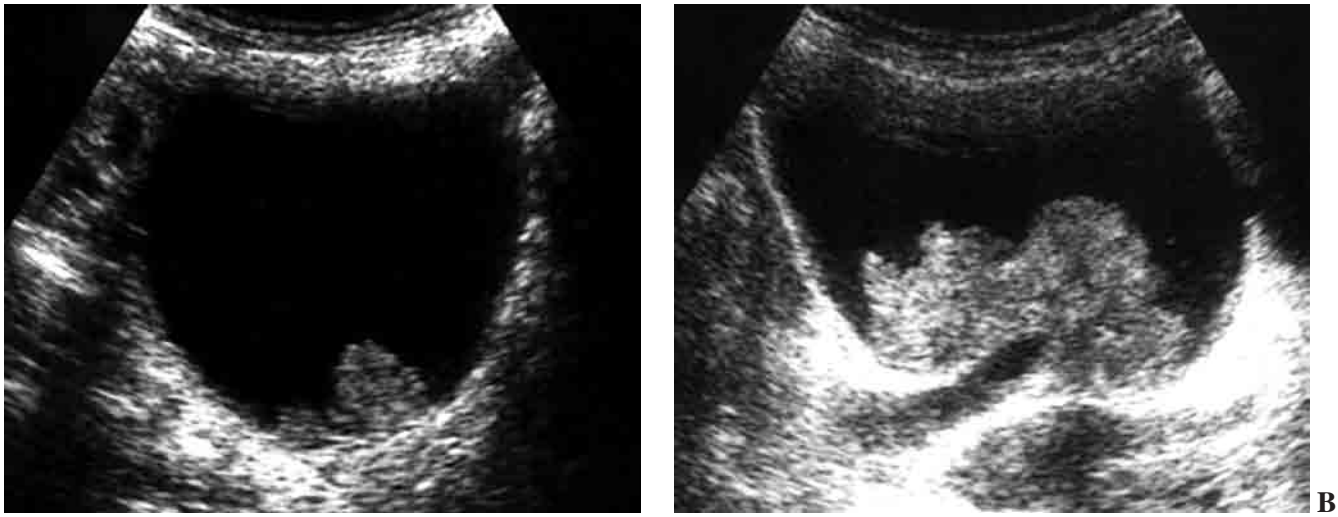
Resim 5.86 Üreter distal uçtaki taşın yaptığı ödemin mesane tömürünü taklit eden görünümü (ok).

Mesanenin dış kenarı bazı olgularda perivezikal yağ tabakası ile iyi bir şekilde çizilir. Böyle olgularda radyolusent yağ tabakasındaki lokalize kayıp, mesanedeki tümörün dışarı doğru yayıldığını gösteren bir bulgudur. Tutulan bölgenin rijid olması derin kas tabakalarının infiltre olduğunu gösterir. Mesane tümörlerinin yayılımı doğrudan çevre invazyonu şeklinde veyalenfatik yolla çevre lenf nodlarına veya hematolojik yolla akciğer, karaciğer ve kemiklere olabilir.

US'de papillomatöz vejetan yapılar ve/veya duvar kalınlığı ve rijiditesi şeklinde görülebilir (Resim 5.87). Tümörden başka sistit ve mesane çıkımı obstrüksiyonuna bağlı duvar kalınlıkları da US ile değerlendirilebilir.

BT'nin mesane tümörlerindeki temel işlevi tümörün çevre yayılımının saptanması ve evrelemedir. Kontrast madde enjeksiyonunundan 60 sn sonra yapılan taramada kontrast tutan tümör, mesane içerisindeki hipodens idrar görünümü ile belirgin kontrast oluşturur; daha geç alınan kesitlerde kontrastla dolu mesaneye göre yumuşak doku yoğunluğunda kitle şeklinde görülür (Resim 5.88).

BT'nin mesane kanserlerinin evrelenmesindeki doğruluk oranı %64-90 arasında değişir. BT, submu-

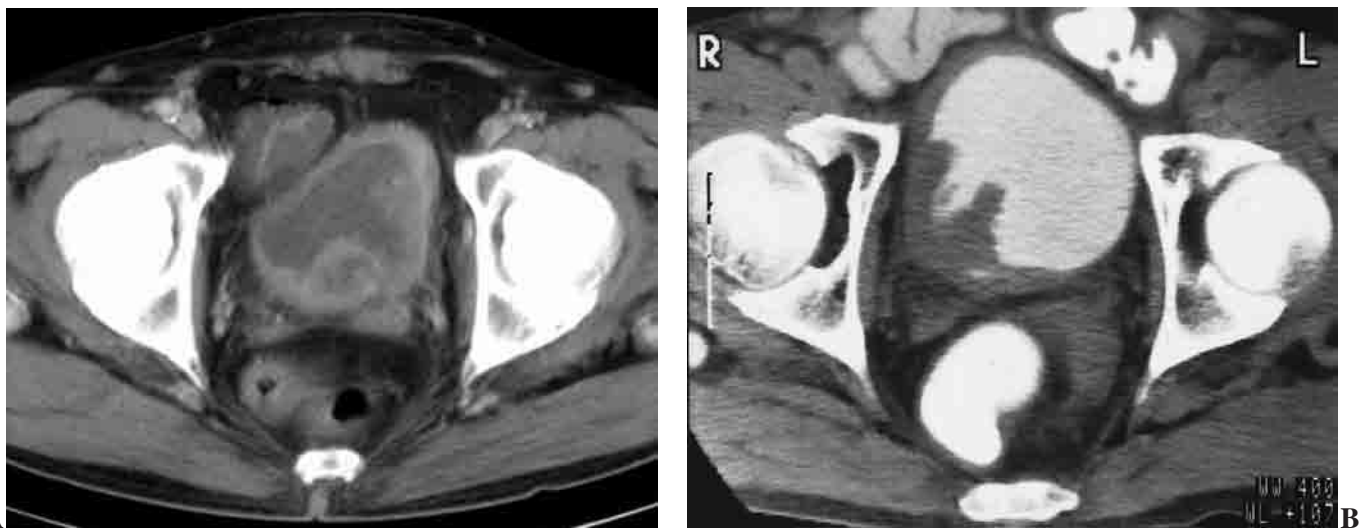


Resim 5.87 Mesane tümörlerinin US görünümleri. A. Mesane tabanında papiller kitle. B. Üreter girişini kapatan vejetan kitle. Üreterin genişlediği görülüyor.

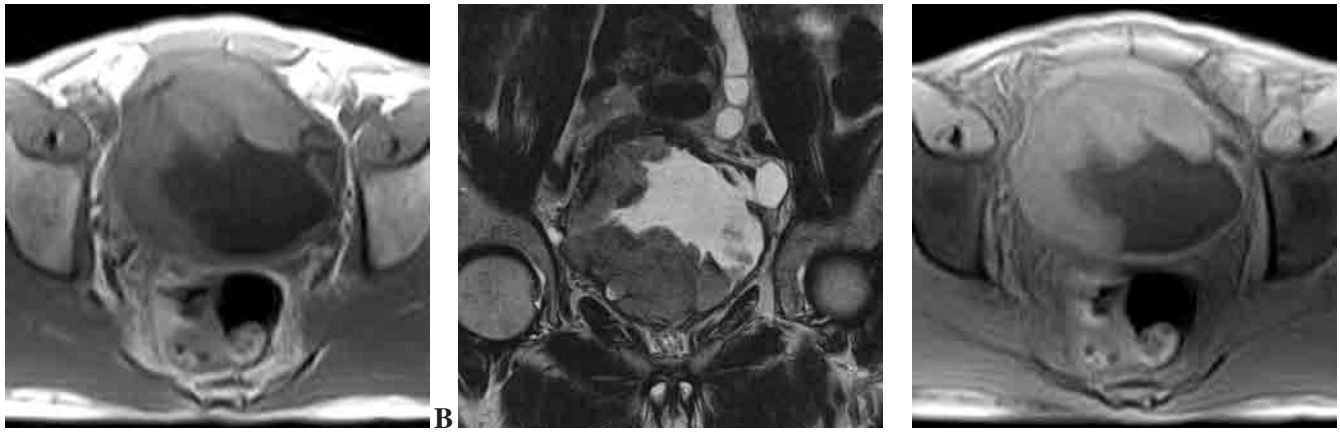
kozanın ve yüzeyel kas tabakalarının invazyonunu birbirinden ayıramaz. Kas tabakasının derin invazyonu mesane duvarında yaptığı asimetri ile saptanabilir. Üreterde dilatasyon olması, kas tabakası invasyonu lehine değerlendirilir. Çevre yağın ve organların invazyonu ile paraaortik lenf nodlarının büyümesi BT ile doğru bir şekilde saptanabilir. Tümörün veziküla seminalis içerisine invazyonu BT ile gösterilebilir, ancak prostat içerisine invazyonu seçilemez. Mikroskopik seviyedeki invazyon BT ile gösterilemez. Zayıf olgularda duyarlılık, şişmanlara göre daha düşüktür.

MR'nin mesane tümörlerindeki temel işlevi BT'de olduğu gibi evrelemedir. Koronal ve sagital kesitler alabilmesi taban ve tavandaki lezyonların daha iyi gösterilmesini sağlar. Mesane duvarının çevre yağ dokusu ile oluşturduğu doğal kontrast nedeniyle tümörlerin çevre invazyonu daha iyi değerlendirilir (Resim 5.89). Yağ baskılamalı kontrastlı T1AG tümörün çevre yayılımını çok iyi gösterir.

Rezeksiyondan üç ay sonra ortaya çıkan kitle rekürrens olarak kabul edilmelidir. Postoperatif skar ile rekürrensin ayrılabilme potansiyeli MR'nin önemli bir avantajıdır.



Resim 5.88 Mesane tümörünün BT görünümleri. A. İdrarla dolu mesanede mesane duvarında kalınlaşma ve arka duvardan lümene doğru uzanan yumuşak doku kitlesi. B. Mesanenin sağ arka duvarından çıkan papiller yapıda tümöral kitle. Mesane kontrastla dolu.



Resim 5.89 Mesane tümörünün MR görünümleri. A. Aksiyal T1AG, B. Koronal T2AG, C. Kontrastlı yağ baskılı aksiyal T1AG. Mesane duvarında kontrast tutan düzensiz kenarlı ve mesaneyi çepeçevre saran tümöral kitle. Koronal T2AG'de mesane sol yan duvarda divertikül ve sol üreterde dilatasyon seçiliyor.

Mesane divertikülü

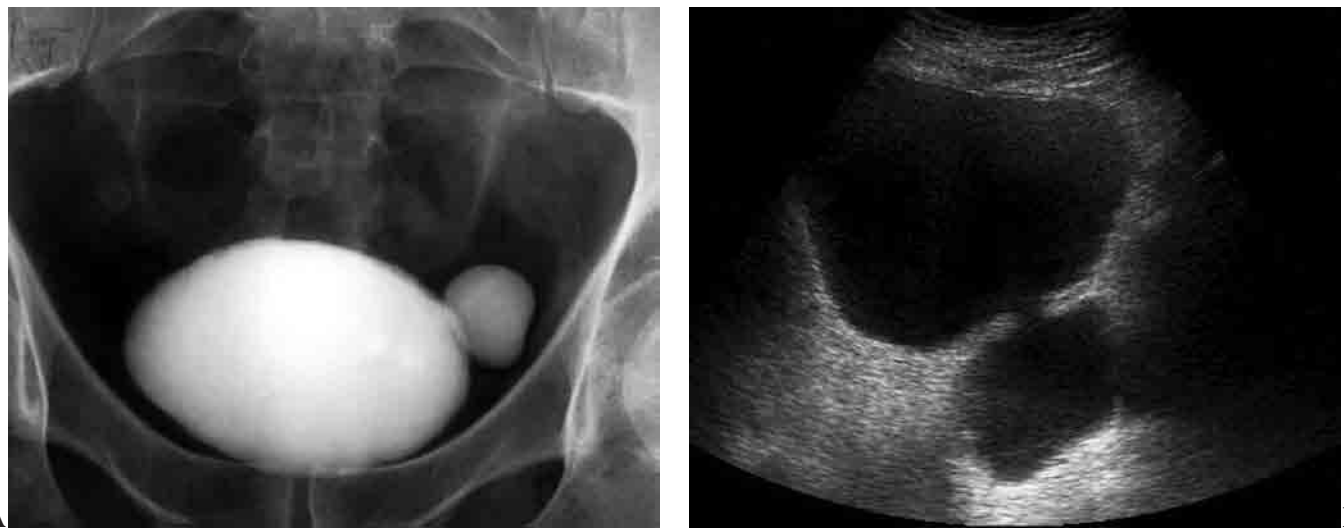
Doğumsal divertiküller üreter orifisine komşu birden fazla üreter tomurcuğundan (Resim 5.90) veya mesanenin fundusundaki urakus kalıntısından çıkar. Edinsel divertiküller ileri yaşlarda görülür ve sıklıkla birden fazladır. Mesane mukozası mesane duvarının hipertrofiye olmuş kaslarının arasından dışarıya doğru herniye olur. Divertikül duvarında kas tabakası yoktur, dolayısıyla mesanenin gerçek divertükülü olmasına rağmen patolojik olarak yalancı divertikül yapısındadır. Erkeklerde daha sıktır. En sık üreter ağzına komşu bölgelerde görülür. Divertikül oluşumunun en sık nedeni prostatik büyümeye bağlı aşağı üriner sistem obstrüksiyonudur.

Kadınlarda kontrakte mesanenin yanlarındaki küçük keselenmeler klinik önem taşımaz; gerçek divertiküllerle karıştırılmamalıdır.

Vezikal duplikasyon veya kum saati mesane, divertikülü taklit edebilir, ancak işeme sırasında kontrakte olarak boşalır. Bu durum gerçek divertikülün tersinedir. Gerçek divertikülde mesane kontrakte olduğunda divertikülün boyutu büyür.

Yenidoğanda dolu mesanenin bir bölümü inguinal kanala doğru girer. *Mesane kulağı* adını alan bu herniyasyon divertikülü taklit edebilir; ancak mesane tam dolduğunda bu görünüm kaybolur.

Mesane divertikülü, mesane duplikasyonu, patent



Resim 5.90 Sol üreterin mesaneye girdiği yere yakın yerleşimde doğumsal mesane divertikülü. A. Sistogram, B. US



Resim 5.91 Opak mesane taşı. Tipik olarak konsantrik lamelli



Resim 5.92 Kontrakte tip nörojenik mesanenin çam ağacı görünümü.

urakus ve ektopik üreterosel gibi lezyonlar US ile incelenebilir.

Mesane fistülleri

Vezikokolonik fistüller sıklıkla kolon divertikülitinin komplikasyonudur. Kolon veya mesane kanserinde, ülseratif kolitte ve Crohn hastalığında da görülürler. Mesanede kronik bir enfeksiyon vardır ve hastalar pnömatüri ve fekalüriden yakınırlar. Tanı genellikle klinik olarak konur. Baryumlu kolon tetkiki ve sistografi ile defektlerin %35'i gösterilebilir. Fistül bazen BT ile gösterilir.

Vezikovajinal fistüller genellikle jinekolojik cerrahinin komplikasyonu olarak gelişir. Veziküloenterik fistüller ise hemen daima Crohn hastalığında görülür.

Taş

Mesane taşları çoğunlukla opak, konsantrik lamelli taşlardır (Resim 5.91). Nonopak taşlar dolma defekti şeklinde görülür. Değişik pozisyonda yer değiştirmeleri önemli bir tanı kriteridir.

US'de akustik gölge veren ekojen yapılar şeklindedirler. Hastanın hareketi ile yer değiştirirler. Mesane içerisindeki pıhtı düşük ekolu kitle şeklindedir. Akustik gölgeleri yoktur. Hastanın pozisyonu ile yer değiştirmesi tümöral kitleden ayırmaya yarar.

Nörojenik mesane

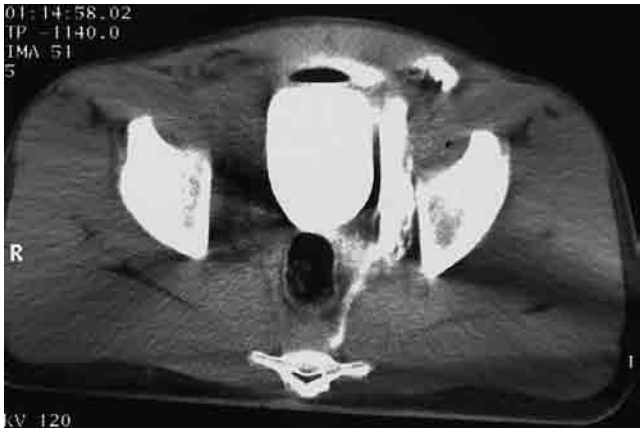
Spinal kordun ve periferal sinirlerin tutulduğu birçok olayda işemenin kontrol mekanizmaları etkilenir. Aşağı motor nöron lezyonlarında karakteristik olarak düşük basınçlı, geniş mesane (atonik mesane) ortaya çıkar. İşeme abdominal basıncın yapay olarak artırılması ile sağlanır. Üst motor nöron lezyonları ise küçük hacimli, yüksek basınçlı mesaneye (spastik mesane) neden olur. Bu tür mesanede miksiyon refleks olarak ortaya çıkar. Bununla birlikte bir çok nöropatik mesanede görünüm iki şeklin karışımına benzer ve olgudan olguya değişiklik gösterir.

EÜ'de atonik, düzgün kenarlı bir mesane ile fazla miktarda rezidü görülebilir. Mesane kontraksiyonu yoktur. Kontrakte şeklinde ise mesanenin kapasitesi belirgin şekilde azalmıştır. Duvarı kalındır, trabekülasyonu artmıştır ve birçok olguda sakkülasyonlar görülür. Mesanenin bu görünümü *çam ağacına* benzetilmiştir (Resim 5.92). Bazı olgularda mesane boynu geniş bir şekilde açık olabilir ve EÜ'de eksternal sfinktere doğru gittikçe daralan huni şeklinde bir görünüm ortaya çıkar. Bazı olgularda ise görünüm mesane boynu hipertrofisini taklit eder. Tanıda sistometri üroflovmetri, üretra basınç profilleri ve EMG gibi ürodinamik çalışmalar değerli bilgiler verir.

Olgularda değişik derecelerde vezikoüreterik reflü ve üst üriner sistem dilatasyon görülebilir. Nörojenik mesanelerin çoğu sonuçta trabekülasyonu artmış, duvarı kalınlaşmış, düşük kapasiteli mesane şekline dönüşür.

Travma

Mesanenin spontan rüptürü çok nadirdir. Dolu mesane travmada yaralanmaya çok uygun bir yapı oluşturur.



Resim 5.93 Mesane rüptüründe ekstavazasyon. Kontrast maddenin mesane çevresinde, ekstraperitoneal alana dağıldığı görülüyor.

Penetre yaralanmalarda ayakta alınan röntgenogramlarda mesanede sıvı seviyesi görülebilir. Ekstravazasyon normal ürogramla ekarte edilemez. Üretranın sağlam olduğu saptandıktan sonra yapılacak sistografi ile mesane distansiyonu sağlanarak küçük ekstravazasyonlar saptanabilir.

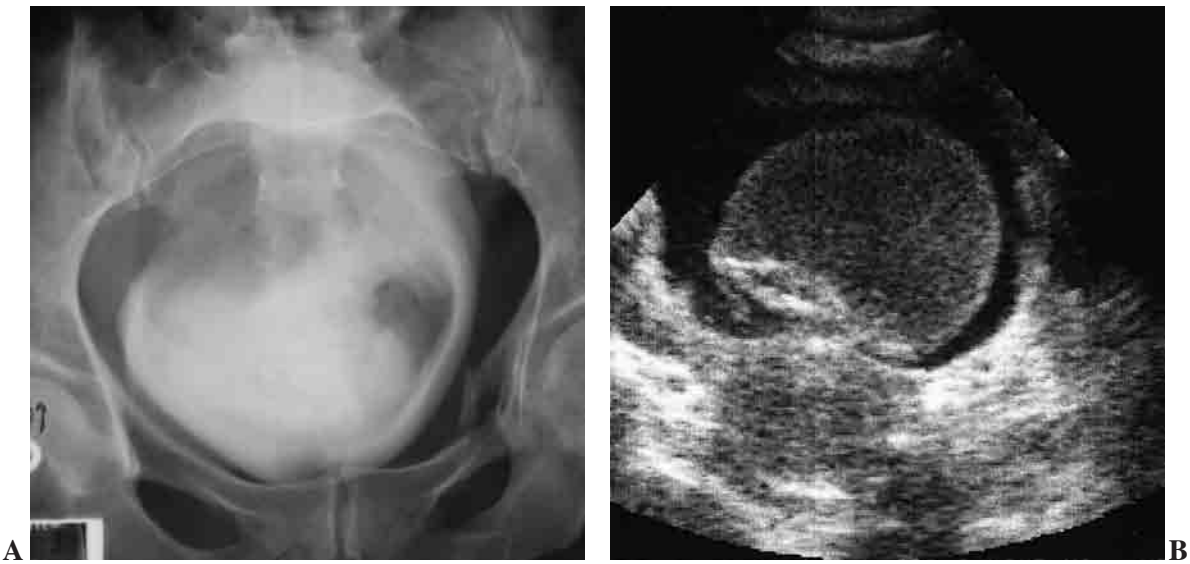
Mesane rüptüründe ekstravazasyon %80 olguda ekstraperitoneal alanda, en sık da Retzius aralığında görülür (Resim 5.93). En sık neden pelvis kemik kırıklarının mesaneyi delmesidir. Kontrast maddenin ekstravazasyonunun pelvik ekstraperitoneal alana, retroperitona, skrotuma ve/veya bacağa doğru uzandığı görülür. Bazen mesane içerisinde hematoma ait dolma defekti görülür (Resim 5.94).

Olguların %20'sinde mesane intraperitoneal alana rüptüre olur. Neden künt travmaya bağlı ani basınç artımı sonucu mesane kubbesinin yırtılmasıdır. Verilen kontrast maddenin parakolik oluklara ve ince bağırsak kangalları arasına geçtiği görülür. Normal yoldan idrar atımının azalması veya yokluğu ile birlikte peritona geçen idrarın rezorbsiyonu sonucu kanda üre yükselir. Bu klinik tablo, çoğu olguda yanlışlıkla renal yetmezlik tanısı konmasına neden olur.

ÜRETRA

Anatomi

Üretra mesaneden dışarı açılan kanaldır. Kadın üretrası 2.5-4 cm uzunluğundadır ve vajinanın ön duvarı içerisine gömülüdür. Erkek üretrası ön ve arka parça olmak üzere ikiye ayrılır. Arka parça prostatik ve membranöz üretralardan oluşur. Prostatik üretra prostat içerisinde seyreder, mesane tabanındaki üretral orifisten ürogenital diyafragmaya uzanır, yaklaşık 3-4 cm uzunluğundadır. Membranöz üretra sadece ürogenital diyafragma içerisinde uzanan kesimidir ve yaklaşık 1 cm uzunluğundadır. Ön üretra da ikiye ayrılır; ürogenital diyafragmadan başlayıp penoskrotal bileşkeye kadar uzanan yaklaşık 2 cm uzunluğundaki kesimine bulböz üretra, bu noktadan distaline ise penil üretra adı verilir.



A **B**

Resim 5.94 Travmaya bağlı mesane içerisinde hematom, A. EÜ: Mesane içerisinde hematomun dolma defekti. İskion, pubis ve iliak kanat kırıkları, B. US: Mesane içerisinde hareketli hematom.

Prostatik üretranın orta kesiminde arka duvarda verumontanum isimli bir kabartı vardır. Bu kabartının yaptığı dolma defekti üretrogramlarda kontrast madde kolonunun bu seviyedeki yoğunluğunun düşmesine neden olur. Ejekülatuar kanallar verimontanumun iki yanına açılır, çevresinde prostat bezinin çok sayıdaki kanal ağzı bulunur. Prostatik kanalların üretrogramlarda dolması anormaldir ve prostatiti veya distalde bir darlığı düşündürür. Verumontanumun tepesinde Müller kanalının kalıntısı olan ve utrikul adı verilen keselenmenin orifisine ait bir çöküntü vardır. Verumuntanumun alt ucu membranöz üretranın başlangıcını işaretler. Membranöz üretra tümüyle eksternal iradi sfinkter tarafından sarılmıştır. Alt sınırı bulböz üretranın başlangıç kesimidir ve retrograd üretrogramlarda bulböz üretra bu seviyede koni şeklinde sonlanır. Cowper bezleri adı verilen küçük aksesuar seks bezleri bu kesimde üretranın iki yanındadır (Resim 5.95). Bu bezlerin kanalları üretraya paralel seyrederek 2 cm distalde üretraya açılır. Bazen üretrogramlarda üretraya paralel kanallar şeklinde görülürler. Bulböz üretranın alt sınırını, penisin suspansuar ligamentinin yaptığı kıvrım oluşturur. Bu sınır üretrogramlarda bir dirsek şeklinde görülür. Anterior üretra boydan boya Littre bezleri denilen ve kayganlaştırıcı bir sıvı salgılayan bezlerle döşelidir. Üretra iltihaplanmalarında bu bezler dolarak üretrogramlarda üretranın kenarının testere dişi gibi düzensiz görülmesine neden olur.



Resim 5.95 Retrograt üretrografi. Darlığı olan bir olguda Cowper bezleri (ok).

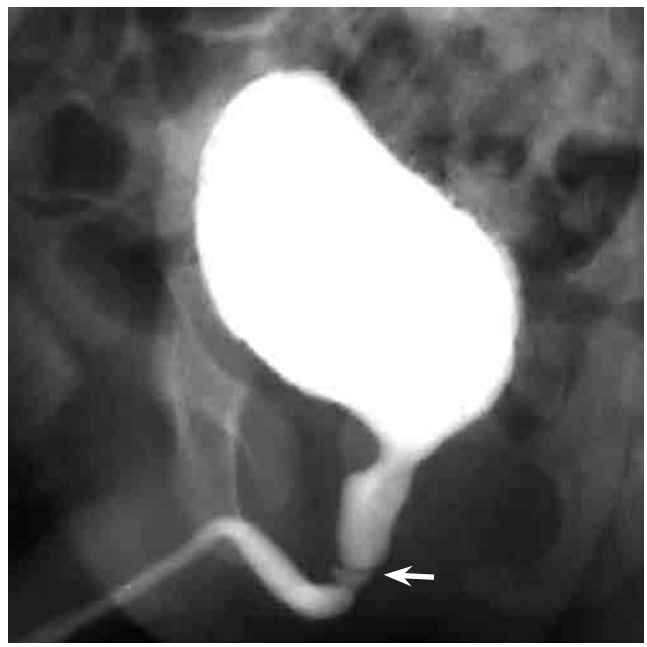
İnceleme yöntemleri

Üretra retrograd üretrografi ve işeme sistoüretrografileri ile incelenir. Retrograd üretrografi erkeklerde üretra ağzından opak madde verilerek üretranın gösterilmesidir. Sağ posterior oblik projeksiyonda görüntü alınır. Anterior üretra, ürogenital diyafragmadaki eksternal sfinkterin direnci nedeniyle kontrastla dolar ve geniş olarak izlenir. Posterior üretra ise kontrast maddenin mesaneye kolayca geçmesi nedeniyle yeteri kadar genişleyemez. Miksiyon sistoüretrografisinde bütün üretra fizyolojik boyutlarında izlenir.

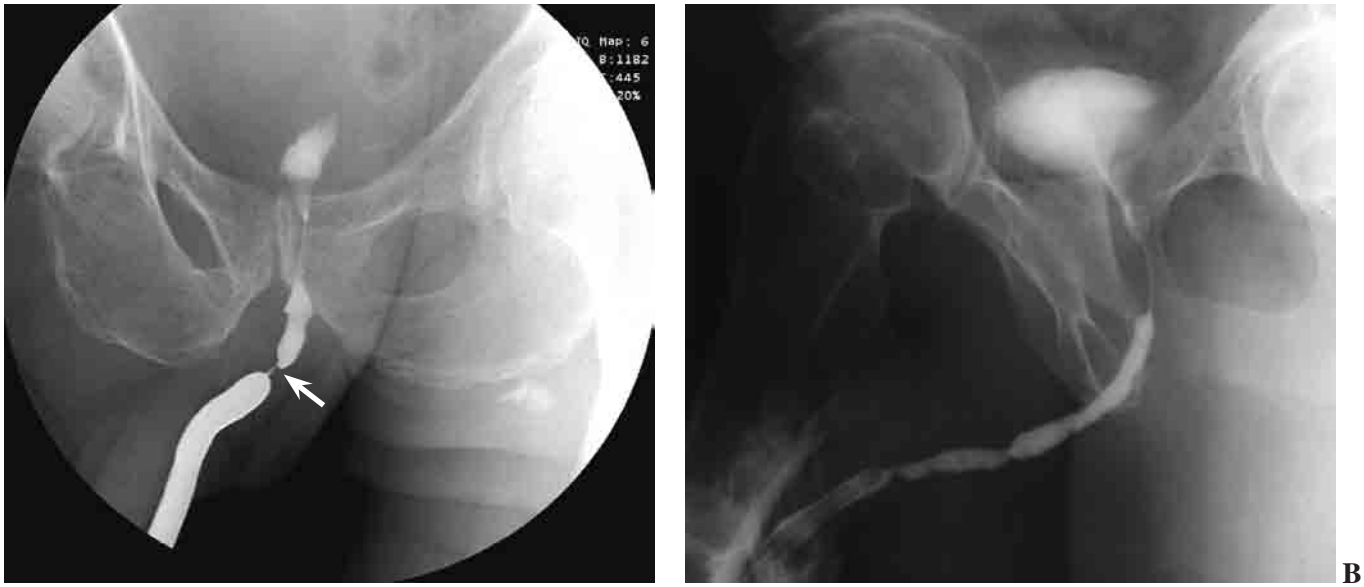
Kadın üretrasında da özel üretilmiş çift balonlu kateterlerle retrograd üretrografi veya miksiyon sistoüretrografisi yapılabilir; fakat kadın üretrası transperineal veya transrektal US ile ve BT, MR gibi kesit görüntülerle ayrıntılı incelenebilir. MR'de, T2AG'de üretranın iç ve dış tabakaları hipointens, çok vasküler olan submukozayı temsil eden orta tabaka hiperintens görülür ve belirgin kontrast tutar.

Posterior üretral valv

Plika kollikülarislerin ön kenarlarının füzyonuna bağlı doğumsal bir anomaldir. Valvin proksimalindeki prostatik üretra belirgin şekilde genişler ve tipik bir görünüm alır. İşeme güçlüğü ve infravezikal obstrüksiyon bulguları vardır (Resim 5.96).



Resim 5.96 Posterior üretral valvin radyolusent görünümü (ok) ve proksimalindeki yelken şeklinde genişleme.



Resim 5.97 Membranöz üretra darlığı. A. Normal üretradan keskin sınırla ayrılan dar bir segment (ok). B. Kronik enfeksiyon sekeli yaygın üretra darlıkları.

Travma

Pelvik kırıkların %10'nunda posterior üretra yaralanır. Prostatik ve membranöz üretranın birleşim yeri en sık yaralanan bölgedir. Pelvik kırklarda üretra meatusunda kan varsa üretra yaralanmasından şüphelenilir. Travmada üretranın radyolojik incelemesi, mesane kateterize edilmeden önce yapılmalıdır. Mesaneye kateter konmuş ise bu kateterin yanından 8 F'lik pediyatrik beslenme tüpü ilerletilerek kontrast verilebilir.

Posterior üretra travması 3 tipe ayrılır: 1) Tip I: Üretrada yırtık yoktur, üretra periüretral hematom nedeniyle daralmış ve gerilmiştir. 2) Tip II: Yırtık ürogenital diyafragmanın üstündedir, kontrast ekstrape-ritoneal olarak yayılır, perineye geçmez. Yırtık kısmi ise kontrast madde mesaneye geçer, tamsa geçmez. 3) Tip III: Yırtık ürogenital diyafragmanın altındadır, kontrast madde hem ekstraperitoneal alana hem perineye yayılır.

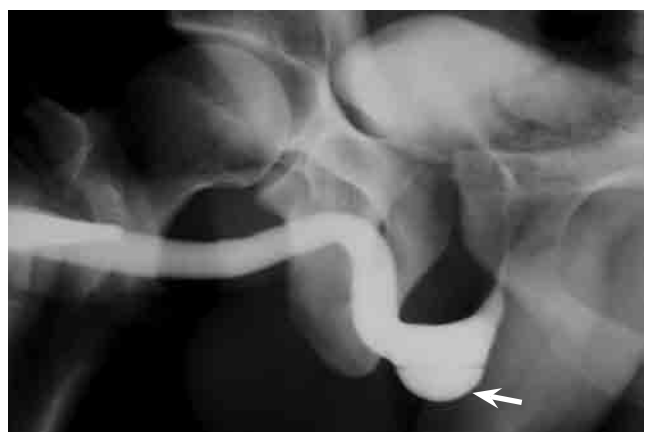
Bacaklar ayrık iken sabit bir şeyin üzerine düşmekle oluşan perineal travmalarda sıklıkla bulböz üretra yaralanır. Penil üretra yaralanmaları ise genellikle kateter yerleştirilmesine bağlıdır. Üretra yaralanmaları genellikle darlıkla iyileşir.

Darlık

Fibröz skar dokusu nedeniyle üretranın daralmasıdır. Uzun veya kısa segment tutulabilir. Kısa segment darlıklar genellikle travmatik yaralanma sonucu gelişir. Normal üretradan keskin bir sınırla ayrılması tipiktir (Resim 5.97). Uzun segmenti tutulumu daha çok enfeksiyonlara bağlıdır. İltihabi darlıkların en sık nedeni gonoredir. Bakteriler üretradaki Littre bezlerine yerleşirler ve granülasyon dokusuyla fibroz oluştururlar.

Divertikül

Üretranın düzgün kenarlı keselenmesi şeklinde görülür (Resim 5.98). Doğumsal olabileceği gibi enfeksiyon ve travma sonucu da gelişebilir. Divertikülde idrar retansiyonu olacağı için tekrarlayan enfeksiyon sık görülür. Kadınlarda görülen divertüküller Skene bezlerinin obstrüksiyonuna bağlı olarak gelişir. Üretrografi ve/veya kesit görüntüleme ile gösterilir.



Resim 5.98 Üretra divertikülü (ok).

BÖBREKÜSTÜ BEZİ VE RETROPERİTON

BÖBREKÜSTÜ BEZİ

Anatomi

Böbreküstü bezi fonksiyonel olarak farklı iki tabakadan yapılmıştır. Dıştaki tabakaya korteks, içtekine medülla denir. Korteks kortizol, aldesteron, androjen ve estrojen; medülla katekolamin salgılar. Boyut olarak korteks/medülla oranı 9/1'dir.

Böbreküstü bezleri perirenal alanda yerleşiktir ve böbreklerin üst kutupları üzerine oturur; sağda inferior vena kavanın, solda dalak ve pankreas damarlarının gerisindedir. Aksiyal kesitlerde sol böbreküstü bezi genellikle pankreas kuyruğu ile birlikte izlenir ve bezin ön kenarı aortun ön kenarını geçmez.

Sağ böbreküstü bezi tek çizgi veya tersine dönmüş "V" şeklinde, sol ise ters veya düz "Y" harfi gibi üç bacaklı veya üçgen şeklindedir. Bezin en uzun boyutu 4-6 cm, eni 1 cm'den azdır; bacaklarının kalınlığı 3-6 mm'dir. Böbreküstü bezlerinin kalınlığı için diğer bir ölçü diyafragma krusudur; normal bez komşu diyafragma krusundan daha kalın olmamalıdır (Resim 5.99). Fetüsta ve yenidoğanda böbreküstü bezleri görece büyüktürler; medüllaları hiperekoik görülür. Böbreküstü bezi büyüdüğünde, normalde konkav olan kenarları konveksleşir ve yuvarlak bir kitle şeklini alır.

Böbreküstü bezlerinin üst, orta ve alt olmak üzere üç arteri vardır. Üst arter frenik arterden, orta arter aorttan ve alt arter de renal arterden çıkar. Venöz dönüş sağda İVK'ya solda renal venedir.



Resim 5.99 Normal böbreküstü bezleri. Sağ sürrenal ters "V", sol sürrenal ise mersedes işaretine benzer üçgen şeklinde (oklar). Sol böbreküstü bezi pankreas kuyruğu ile aynı seviyede görülüyor.

İnceleme yöntemleri

Böbreküstü bezlerinin radyolojik incelemesi, klinik olarak hormon aktif tümörden şüphelenildiğinde, primeri bilinen olguda metastaz araştırması ve rastlantısal bulunan kitlelerin karakterizasyonu amacıyla yapılır. Temel radyolojik inceleme yöntemi BT'dir. BT morfolojiyi en iyi gösteren yöntemdir. BT-dansitometri hem yağın saptanmasında hem de lezyonların karakterizasyonunda kullanılır. Tarama ince kesitlerle yapılır; kitle karakterizasyonu için kesit kalınlığı düşürülür ve çok fazlı kontrastlı çalışma yapılır. Kontrastsız kesitlerde kitlenin yoğunluğunun ortalaması 10 HÜ'nün üzerinde ise, portal venöz fazda ve 15. dakikada görüntüler alınarak karakterizasyon yapılmaya çalışılır.

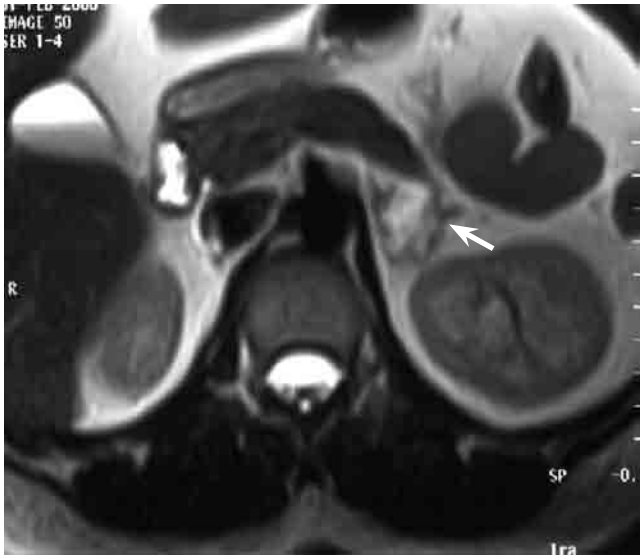
Konvansiyonel MR'de sinyal intensitesi kitle lezyonlarını karakterize etmeye yetmez. Feokromositomaların T2AG'de parlaması ve adenomların genellikle metastazlara göre düşük intensitede görülmeleri ayırıcı tanıda yardımcı bulgular olabilir. MR'nin asıl işlevi lezyonlar içerisindeki yağı saptamasıdır. Kimyasal şift MR sekansı ile hücre içi yağ, yağ baskılama teknikleri ile de makroskopik yağ gösterilebilir.

US, tarama yöntemi olarak böbreküstü bezi lezyonlarının ilk görüntülendiği yöntemdir ve kistik/solid ayırımını mükemmel yapar. Yenidoğanda ve çocukta adrenal bezi, doku kalınlığı az olduğu için daha ayrıntılı olarak görüntülenebilir ve bu grupta US temel inceleme yöntemi konumuna geçer.

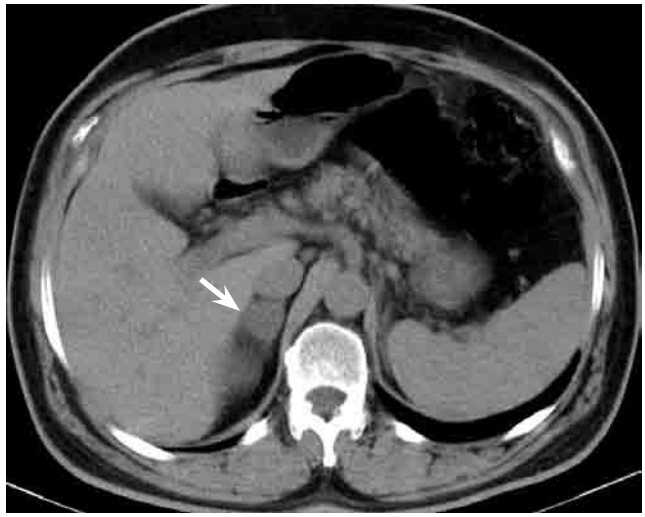
Arteriografi, venografi, venöz örnek alınması, RG ve perkütan biyopsi sorun çözücü olarak uygulanır. Düz karın röntgenogramında kalsifikasyonlar görülür.

Endokrin sendromlar

Cushing sendromunda korteksten aşırı hidrokortizon ve kortikosteron salınır. Neden %20 olguda benign kortikal adenomdur ve bunların %10'u da iki taraflıdır. Olguların %10'u karsinomdur. Geriye kalan %70 olguda hastalığın nedeni ACTH yüksekliğidir. Bu olguların yarısında böbreküstü bezi normaldir, yarısında hiperplazi görülür. Hiperplazide bezin şekli değişmez; fakat bazen hiperplazi nodüler şekilde olabilir. ACTH yüksekliğinin nedeni %90 olguda pitüiter hipersekresyondur; bu olgularda mikroadenom araştırılmalıdır. Geriye kalan %10 olguda ACTH, ak-



Resim 5.100 Sol böbreküstü bezinde T2AG'de hiperintens yer kaplayan lezyon (ok).



Resim 5.101 Kontrastsız BT'de sağ böbreküstü bezinde düzgün kenarlı homojen kitle (ok). Adenom.

ciğer kanseri gibi pitiüter bez dışı kaynaklardan salgılanır. Cushing olgularında karaciğer yağlanması ve mediyastinal ve retroperitoneal yağ birikimi vardır.

Conn sendromunda (primer aldosteronizm) %70-80 oranında tek taraflı kortikal adenom görülür. Sağda daha sıktır. Genellikle 2 cm'den küçüktür. BT ile 5 mm'den büyük lezyonların %83'ü saptanabilir. Kortikal adenomların boyutu nadiren 4 cm'i geçer. Primer aldosteronizmin geriye kalan kesimi genellikle iki taraflı adrenokortikal hiperplazidir. Bu durum çocuklarda daha sık görülür. Olguların %90'ında BT ile nodül ve hiperplazi ayırımı yapılabilir.

Adrenogenital sendrom yenidoğanda enzim eksikliğine bağlı olarak gelişir. Aşırı androjen yüksekliğivardır. US ile böbreküstü bezlerinde hiperplazi saptanır. Yetişkinlerde neden adenom veya karsinomdur.

Addison hastalığı böbreküstü bezinin yetmezliğidir. Klinik olarak ortaya çıkması için bezin yaklaşık %90'nının tahrip olması gerekir. Ülkemizde genellikle TB enfeksiyonuna bağlıdır. Böbreküstü bezlerinde kalsifikasyon görülür.

Feokromositoma medülladan çıkan nadir bir tümördür. Aşırı katekolamin salınımı ve buna bağlı hipertansiyon krizleri görülür. Feokromositomaların %90'ı böbreküstü bezinde yerleşir; geriye kalanı aort bifurkasyonundaki Zuckerkandl organından ve paraaortik sempatik zincirden çıkar. Feokromositomanın klinik özellikleri 10'lar kuralı ile tanımlanır: Feokromositomaların %10'u iki taraflı, %10'u böbreküstü bezi dışında, %10'u malign, %10'u ailevidir

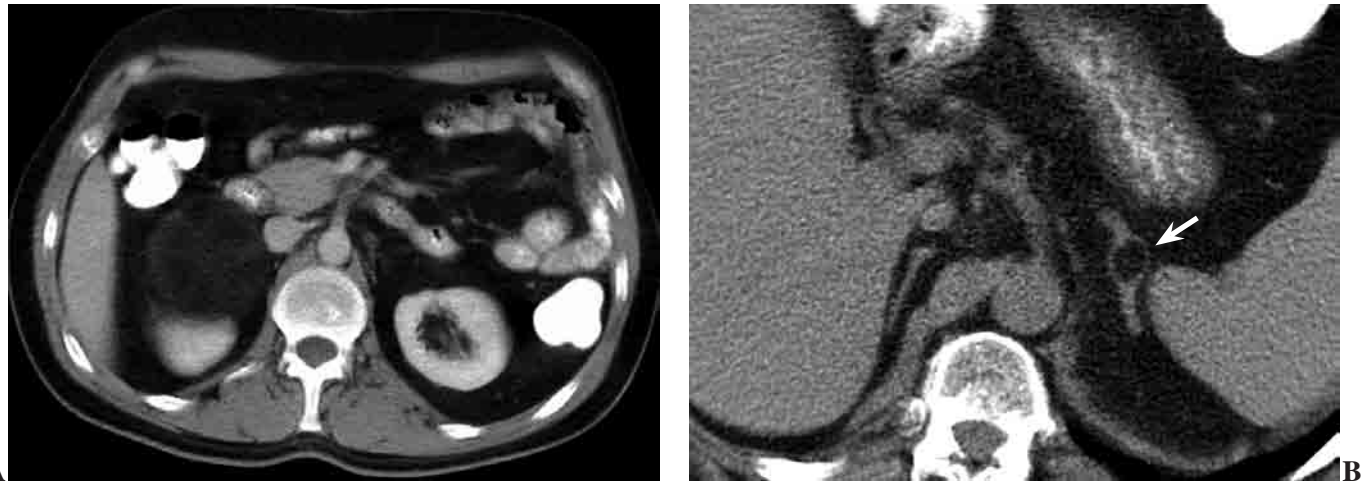
Tümör 2 cm'den büyük, miks veya kistik yapıda kitle görünümündedir. Tümör içine spontan kanama sık görülür. Verilen kontrast madde tümörün heterojenitesini arttırır ve kontrastın tümörden temizlenmesi gecikir. Kontrast madde katekolamin deşarjına ve hipertansiyon krizine neden olabilir. Bu yan etki non-iyonik kontrast maddelerle daha az görülür. Olgularda akciğer ve karaciğer, metastaz yönünden araştırılmalıdır. Feokromositoma, multip endokrin sendromlarla ve özellikle MEN II ile birlikte sık görülür. Feokromositomalı olgularda medüller tiroid karsinomu ve paratiroid adenomu araştırılmalıdır. Nörofibromatozlu ve von Hippel-Lindau sendromlu hastaların %10'unda görülür.

Feokromositomalar MR'de T2AG'de çok parlak olarak görülür (Resim 5.100). I-123 MİBG ile yapılan sintigrafik incelemelerle özellikle böbreküstü bezi dışındaki lezyonlar lokalize edilir.

Benign lezyonlar

Hiperplazi: Hiperplazi olgularının %70'i Cushing, %20'si Conn sendromludur. Hiperplazinin adenomdan ayrılması önemlidir; adenomda tedavi cerrahi, hiperplazide medikaldir. Olguların yaklaşık yarısında bez normaldir; hiperplazik olan diğer yarısında bez şeklini koruyarak büyür. Boyutunun 5 cm'i bacak kalınlıklarının 1 cm'i geçmesi hiperplazi olarak değerlendirilir. Hiperplazi bazan mültinodüler görünümdedir. Ayırıcı tanı metastaz ve TB ile yapılmalıdır.

Adenoma: Hiperfonksiyonel olmayanları rastlan-



Resim 5.102 Miyelolipom. A. Sağ böbreküstü bezinde yağ yoğunluğunda büyük hipodens kitle. B. Sol böbreküstü bezinin bir bacağında küçük, yağ yoğunluğunda hipodens nodül (ok).

tısal olarak bulunur. Popülasyonda % 3-5 oranındadır. Ayırıcı tanısı kanser ve metastazla yapılır. Küresel şekilli, keskin ve düzgün kenarlı 4 cm'den küçük homojen lezyonlardır. BT'de yoğunluğu +10H'den düşüktür (Resim 5.101) ve homojen kontrast tutar. Fonksiyonel olmayan adenomlar MR'de, T2AG'de karaciğer ve yağdan daha hipointens görülür; malign lezyonlar ise genellikle hiperintenstir. Bu nedenle malignite riski az olan bir olguda hipointens bir kitlenin benign adenom olasılığı yüksektir. Kimyasal şift sekansında faz-dışı görüntülerde kitlenin belirgin hipointens olması yağın varlığını gösterir. US'de homojen kitle şeklindedir; büyük boyutta olanları heterojendir.

Miyelolipom: Bezdeki kemik iliği elemanlarından çıkar, 30 cm boyutlara kadar ulaşabilir. Malign potansiyel taşımaz. Kemik iliğinin yağ dokusu, kemik iliği hücreleri ve %20 olguda görülebilen kalsifikasyonlar nedeniyle heterojen yapıdadır. Tümör içerisindeki yağın BT/MR ile saptanması ile tanı kesinleşir (Resim 5.102). BT'de yağlı alanların dansitesi –30 HÜ'den düşüktür. MR'de yağ baskılama tekniği uygulanır. US'de ileri derecede ekojendir; retroperitoneal yağla karışır.

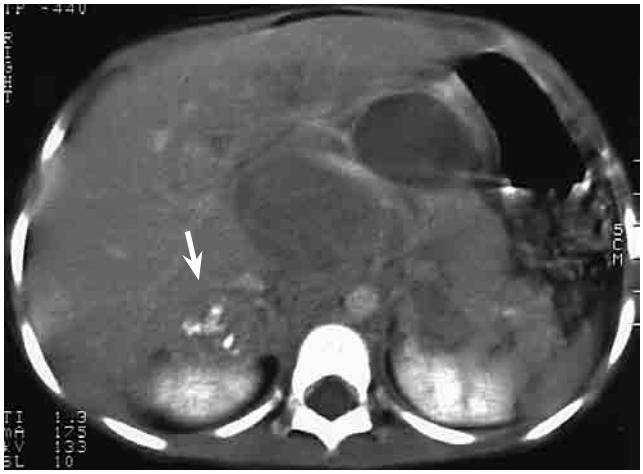


Resim 5.103 Yenidoğan bir olguda böbreküstü bezinde hematom.

Kanama: Çocukta neden hipoksi, doğum travması ve sepsistir, genellikle iki taraflıdır; yetişkinlerde neden travmadır, sıklıkla sağ tarafta görülür. BT ve MR görünümleri kanamanın zamanı ile değişir. BT'de genellikle hipodenstir, çevre fasiyalar kalınlaşmıştır. Yenidoğanda tanı ve izlem US ile yapılır (Resim 5.103).

Kalsifikasyon: Çocukta neden kanama sekeli, TB, nöroblastom ve Wolman hastalığıdır. Yetişkinlerde feokromositoma ve bazen karsinomlarda görülür.

Kist: Gerçek ve yalancı kistler şeklindedir. Gerçek kistler epitelle döşelidir; yalancı kistler fibröz bir kapsülle çevrelenmişlerdir ve genellikle kanama veya enfarkt sonrasında gelişirler. Benign kistlerin duvar kalınlığı 3 mm'den az, boyutları 5-6 cm kadardır ve içlerindeki sıvı temizdir, kontrast tutmazlar. Duvarı kalsifiye olabilir. Malign kistlerin boyutları 6 cm'den büyüktür, kalın duvarlıdırlar, içlerinde solid yapılar vardır, kontrast tutarlar, debris ve internal ekolar görülebilir. Kist duvarından biyopsi zor olduğu için ve kist sıvısının analizi de maligniteyi dışlamada yeteri kadar duyarlı olmadığı için bu tür kistler cerrahi olarak çıkarılır.

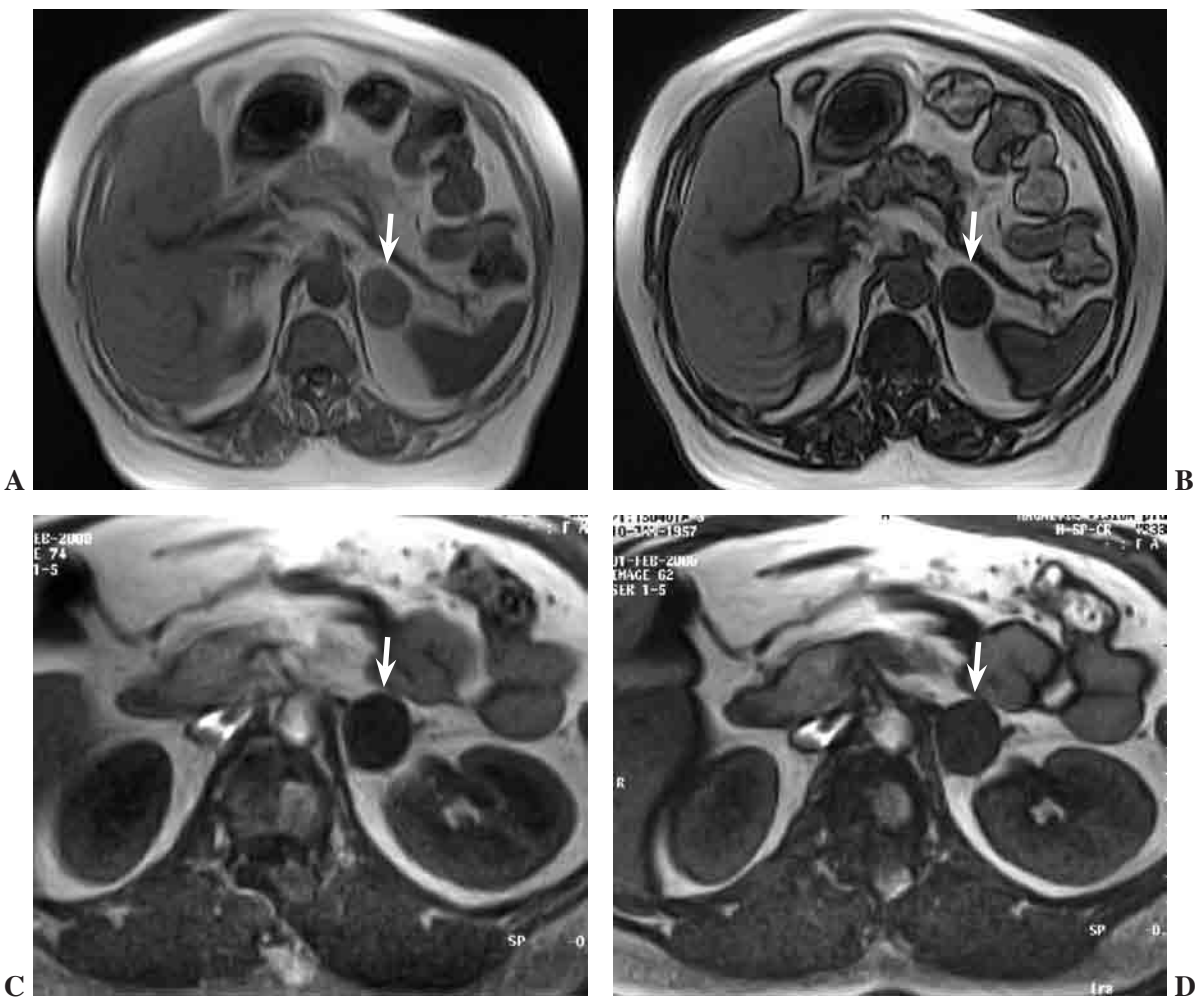


Resim 5.104 Sağ böbreküstü bezinde kalsifiye kitle (ok). Paraaortik bölgede lenfadenomegali. Nöroblastom.

Malign lezyonlar

Nöroblastom: Böbreküstü bezinde sık görülen bir tümördür. Olguların %80'i 3 yaşından küçüktür. Böbreküstü bezi dışında, sempatik ganglionun bulunduğu herhangi bir yerde görülebilir. Olguların %66-71'i karında, bunların 2/3'ü ise böbreküstü bezindedir. Tümör histolojik yapısına göre malignden, benigne doğru, nöroblastom, ganglionöroblastom ve ganglionöroma olarak isimlendirilir.

Olguların yaklaşık yarısında röntgende, %85'inde BT'de kalsifikasyon görülür (Resim 5.104). Kitlenin sınırları belirgin değildir, genellikle orta çizgiyi geçer, retroperitoneal damarları sarma eğilimindedir. Böbrekle arasındaki yağın gösterilmesi ile Wilms tümöründen ayrılır. Böbreği genellikle aşağı ve dışa iter; agresif tümörler böbreği invaze edebilir. Olguların



Resim 5.105 Böbreküstü bezinde yer kaplayan lezyonlarda kimyasal şift görüntüleri ile ayırıcı tanı. A ve B. Adenom. C ve D. Adenom dışı bir lezyon. A ve C faz, B ve D fazdışı görüntüler. Adenomun faz dışı görüntüde sinyal kaybettiği, adenom dışı lezyonun ise kaybetmediği, hatta intensitesinin hafif arttığı izlenmektedir (oklar).

%60-75'inde hastalık saptandığında metastaz vardır. En sık iskelete, kemik iliğine, karaciğere, lenf nodlarına ve deriye metastaz yapar.

Metastaz: Böbreküstü bezleri karaciğer, akciğer ve kemikten sonra vücutta en sık metastaz alan yerlerden birisidir. Malign hastalıktan ölenlerin %27'sinde otopside böbreküstü bezinde metastaz bulunmuştur. En sık metastaz yapan tümörler sırasıyla akciğer, meme, tiroid, kolon ve malign melanomdur. Akciğer kanserinde toraks BT kesitleri böbreküstü bezlerini içine alacak şekilde planlanır. Lenfomalarda doğrudan invazyon görülebilir.

Metastazlar sıklıkla iki taraflıdır. Tek taraflı da olabilirler; bu durumda fonksiyonsuz adenomlardan ayrılması zordur. Özellikle 3-4 cm'den küçük, düzgün kenarlı ve homojen yapıda olanları adenoma çok benzer. Kanserli olgularda görülen kitlelerin yaklaşık yarısının benign olması bu ayırımı daha da güçleştirir. Metastazlar semptomsuzdurlar, ancak özellikle akciğer tümörlerinin metastazlarında hipoadrenalizm görülebilir.

BT/MR'de heterojen yapıda, düzensiz kenarlı ve kenarı iyi seçilemeyen lezyonlardır. Komşu organlara invazyon görülebilir. Heterojen ve progressif tarzda kontrast tutması ve kontrastın geç yıkanması en tipik özelliğidir.

Karsinom: Saldırgan özellikler gösterir; saptandığında büyük boyuttadır ve çevreye invazyon yapar. Yarısında hiperfonksiyon görülür; bu olguların çoğu Cushing sendromu şeklinde klinik verir. BT'de 4-20 cm boyutlarında merkezinde nekroz ve kanama bulunan, heterojen kontrast tutan kitlelerdir. Kontrast temizlenmesi metastazlara benzer şekilde gecikir. Olguların %30'unda kalsifikasyon görülür. Metastazı lenf nodlarına ve karaciğeredir. İVK ve renal vende tümör trombüsü görülebilir.

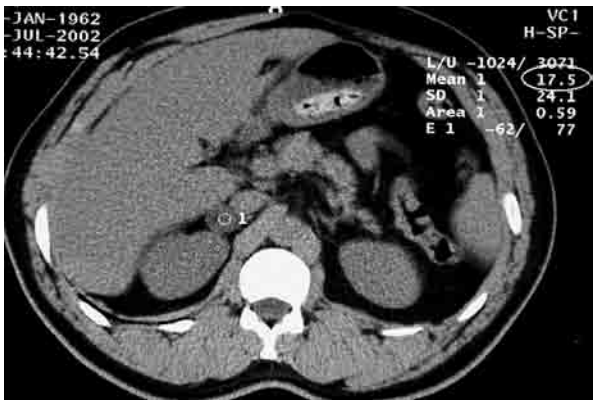
Radyolojik tanı algoritmi

Küçük (<4 cm), iyi sınırlı, homojen ve üniform olarak kontrast tutan lezyonlar genellikle benign fonksiyon göstermeyen adenomlardır. Küçük boyutlu metastazlar da aynı görünümü verir. Her iki lezyon da bilinen malignitesi olan olgularda hemen hemen eşit sıklıkta görülür. Ayırıcı tanı BT ve MR ile yapılabilir.

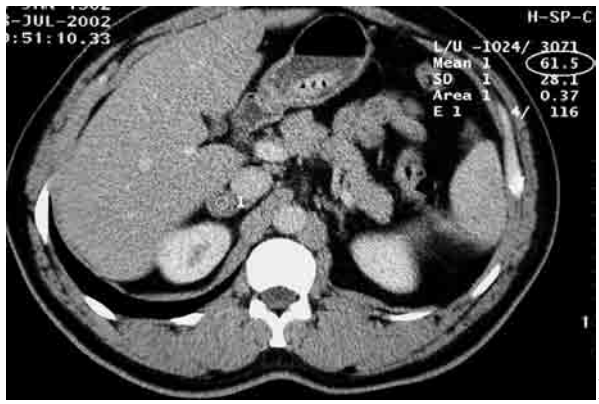
Benign adenomların yaklaşık %70'i lipidden zengindir ve yağ içeriği BT/MR ile saptanabilir. Yağdan zengin lezyonlar kontrastsız BT'de homojen olarak hipodenstirler ve yoğunlukları +10 HÜ'den daha azdır. Bu sınır eşik değer olarak kabul edildiğinde yöntemin adenom tanısındaki duyarlılığı % 71, özgüllüğüi ise %98'dir. Kimyasal şift MR sekansında yağ içeren lezyonların faz dışı görüntülerinde, faz görüntülerine göre intensilerinde belirgin düşme görülür (Resim 5.105). Bu düşme; kitleden ve dalaktan seçilen ROI'lerin sinyal intensitelerinin ölçülmesi ile, baskılanma yüzdesi şeklinde kalitatif olarak da hesaplanır.

Adenomların geriye kalan %30'u lipidden fakirdir ve bu ölçütlere uymaz. Yoğunluğu 10 HÜ'den yüksek olan bu lezyonlarda ayırıcı tanı kontrast tutma özelliğine göre yapılır. Kontrastlı BT yapılarak zamana göre kontrast tutuş şekli değerlendirilir. Kontrast verildikten 60-70 sn sonra BT kesitleri alınır ve kontrastlı bezin dansitesi ölçülür; 10-15 dakika sonra kesitler ve ölçüm tekrarlanır. Mutlak yıkanma yüzdesi %60 ve üzerinde ise kitle adenom kabul edilir. İki ölçüm arasında %50'yi aşan bir dansite farkı varsa kitle benigin adenomdur (Resim 5.106). Metastazda kontrastın temizlenmesi gecikir, hatta kontrast miktarı daha da artar (Resim 5.107). Feokromositoma ve adrenokortikal karsinom metastaza benzer şekilde kontrast tutar. Bu ölçüte uymayan, adenom olduğu düşünülen olgular arada ("indeterminate") olarak sınıflandırılır ve klinik durumuna göre ya izlenir ya da biyopsi yapılır. Kontrast temizlenme çalışması BT'de değerlidir; aynı sonuçlar kontrastlı MR ile elde edilememiştir.

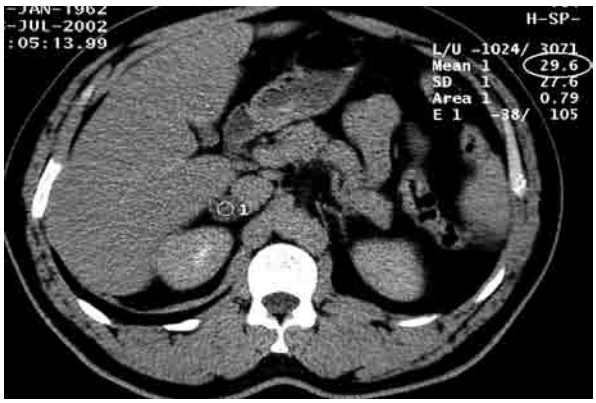
Korteksin kolesterolu tutması nedeniyle, aldosteron salgılayan adenoma (Conn tümörü) ve Cushing sendromu tanısında I-131-6-iodometil-19-norkolesterol (NP59) veya I-131 ile işaretlenmiş meta-iodo-benzylguanidin (MIBG) kullanılır. NP59 bir kolesterol analoğudur ve korteks tarafından alınır. Kolesterol mineralokortikoidlerin, glukokortikoidlerin ve androjenlerin prekürsörüdür. Kolesterol tutan tümörler artmış, tutmayan karsinomlar veya medüller tümörler ise azalmış aktivite alanları şeklinde görülür. Ektopik, multisentrik veya metastaz yapmış feokromositoma ve nöroblastomların tanısında yakın zamanda kullanılmaya başlanan I-131 ile işaretlenmiş metaiodobenzylguanidin (MIBG) ile yapılan çalışmaların özgüllüğü ve duyarlılığı çok yüksek (>%90) bulunmuştur.



A

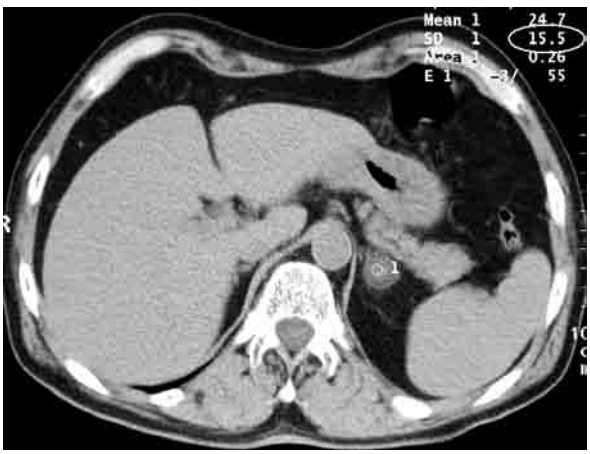


B

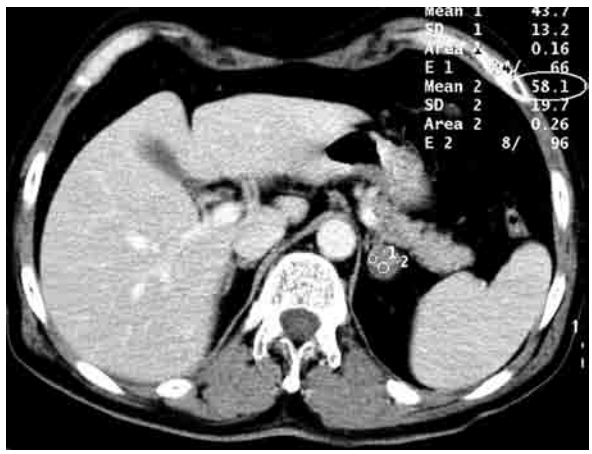


C

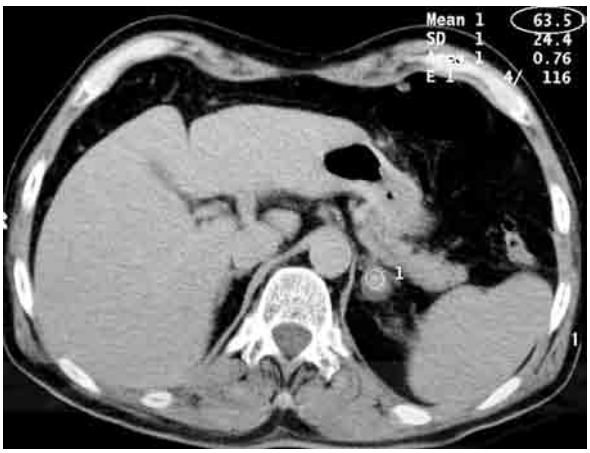
Resim 5.106 Böbreküstü bezi adenomunda kontrastlı trifazik BT. A. Kontrastsız BT kesitinde sağ böbreküstü bezindeki kitlenin yoğunluğu 17,5 HÜ olarak ölçülmüştür. B. Kontrast verildikten sonra portal venöz fazda (60-70 sn. sonra) kitlenin yoğunluğu 61,5 HÜ'ye yükselmiş. C. 15 dakika sonra elde olunan BT kesitinde kitlenin yoğunluğunun 29,6 HÜ'ye düştüğü görülüyor.



A



B



C

Resim 5.107 Böbreküstü bezindeki adenom dışı bir kitlenin kontrastlı BT görünümleri. A. Sol böbreküstü bezindeki kitlenin yoğunluğu 15,5 HÜ olarak ölçülmüştür. B. Kontrast verildikten sonra portal venöz fazda (60-71 sn. sonra) kitlenin yoğunluğu 58,1 HÜ'ye yükselmiş. C. 15 dakika sonra elde olunan BT kesitinde kitlenin yoğunluğunun düşmediği, tersine 63,5 HÜ'ye yükseldiği görülüyor.

RETROPERİTON

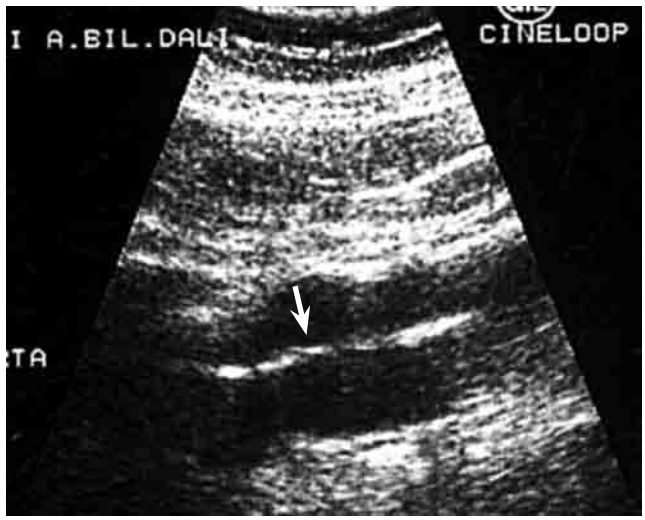
Retroperitoneal alanda vasküler yapılar ve lenf nodları bulunur. Bu bölge kesit görüntüleme yöntemleri ile incelenir. Kalsifikasyonlar ve vertebra lezyonları düz röntgenogramlarla araştırılır. Temel inceleme yöntemi BT'dir. Asemptomatik lezyonlar genellikle önce karnın US incelenmesinde görülür. MR damarları kontrastsız görüntüleme üstünlüğüne sahiptir. Anjiografi tanıdan çok girişim amacıyla kullanılır.

Damar lezyonları

Aort anevrizması ekzantrik yerleşimli trombüs içeren genişlemiş aort segmenti şeklindedir. Trombüs genellikle aortun ön kesimine yerleşir ve kesit görüntüsü *hilal görünümü* verir. Taze trombüs US'de hipoekoik, BT'de hipodens ve MR'de T1A görüntülerde hiperintenstir. Trombüs organize oldukça ekojenitesi ve dansitesi artar, intensitesi düşer (Resim 5.108).

Diseksiyon da anevrizmaya benzer şekilde kesit görüntüleme yöntemleri ile açık bir şekilde görüntülenir. US ile intimal flepin hareketleri ve Doppler US ile her iki lümendeki akım saptanabilir (Resim 5.109).

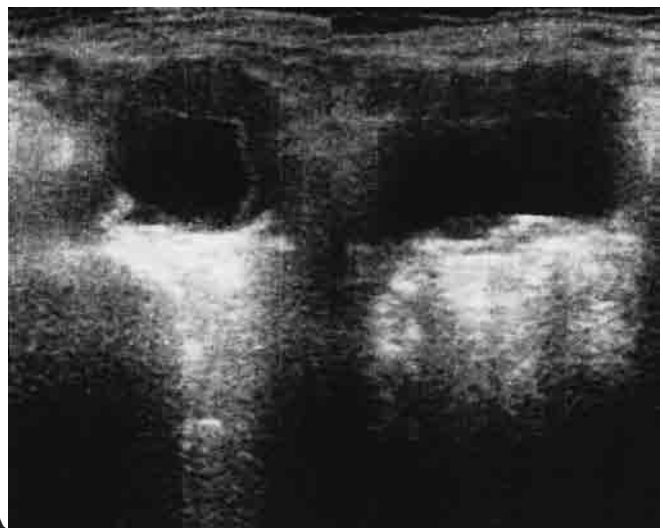
İVK trombozları US'de lümen içerisinde hiperekoik yapılar şeklinde görülür. Karaciğer akustik pencere olarak kullanıldığından proksimal kesim daha iyi incelenir. Orta ve distal kesimler gaz süperpozisyonları nedeniyle çok iyi görülemezler. İVK trombüslerinin tanısında temel yöntem US ve BT'dir. MR, iyotlu kontrast maddenin kontrendike olduğu veya BT bulgularının kesin olmadığı durumlarda kullanılır. Venografi genellikle girişim planlanan olgularda yapılır.



Resim 5.109 Abdominal aort diseksiyonun US görünümü. Uzunlamasına kesit. Genişlemiş aortun ortasında flepin ekojen görünümü (ok).

Lenfadenopatiler

Retroperitoneal lenf nodlarında büyüme inflamatuar nedenli olabileceği gibi lenfoma ve metastaz gibi malign bir nedene de bağlı olabilir. Lenf nodu tutulu-



A



B

Resim 5.108 Abdominal aort anevrizması. A. US görünümü. Genişlemiş aorta ve lümeni kısmen saran trombüs. B. BT görünümü. Kontrast nedeniyle lümen trombüsten daha hiperdens görülüyor. Anevrizma duvarı yer yer kalsifiye.

munda temel ölçüt boyuttur. İnguinal, ilyak ve paraaortik lenf nodlarının boyutları 1.0 cm'i geçerse anormal olarak değerlendirilir. Ölçüm oval büyümede en kısa çaptan yapılır. Diyafragma krusları arkasındaki retrokrural lenf nodlarının boyutlarının 0.6 cm'i geçmesi anormaldir. Lenf nodu içeriğinin kapsülü geçerek çevreyi invaze etmesi sonucu lenfadenomegalilerin sınırları seçilemez ve lenf nodu kümesinin görünümü konglomere bir kitle şeklini alır (Resim 5.110).

Lenfomada retroperitoneal lenf nodları tutulabilir (Resim 5.111). Testiküler neoplazmların L_1-L_4 seviyesinde paraaortik lenf nodları grubunun dış kenarlarındaki lenf nodlarına metastaz yapmaları tipiktir; sağda renal ven ve aort bifurkasyonu arasında parakaval yerleşimde (L_1-L_3 arası), solda renal ven çevresinde (L_1-L_2 arasında) lokalize hipodens kitleler şeklinde görülürler. Pelvik malignitelerde tutulum lenfoma ve seminomadakinden daha azdır. Enfeksiyöz nedenli tutulumda en sık neden tüberkülozdur.

Normal retroperitoneal lenf nodlarının ekojenitesi retroperitoneal yağınkine çok benzer ve bu nedenle US'de seçilmeleri zordur. Büyüyen lenf nodunun ekojenitesi düşer. Malign invazyon ekojeniteyi inflamasyon veya reaktif değişikliklerden daha fazla düşürür ve üst karın kesiminde 3-4 mm çapındaki lenf nodları görülebilir hale gelir. Hipoekoik nod, boyutuna bakılmaksızın anormal kabul edilmelidir (Resim 5.112). Büyük lenf nodları heterojen görünümde veya ekojen olabilir.

BT ile belirli büyüklükteki lenfadenopati saptanır,



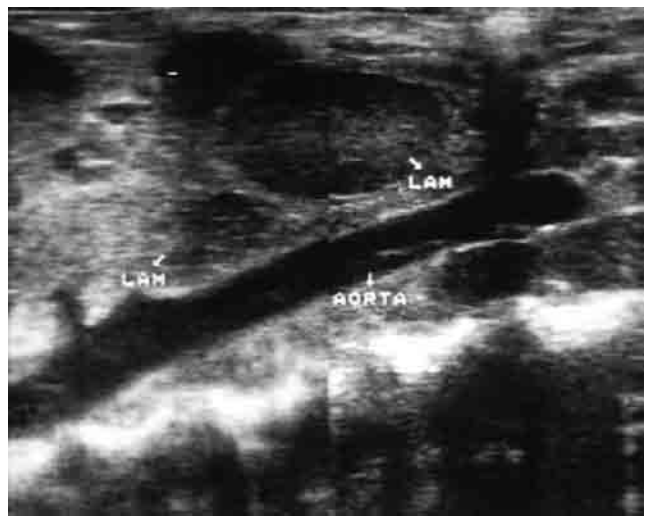
Resim 5.111 Lenfomada SMA çevresinde lenf nodu tutulumu. Konglomere kitle görünümü.

fakat nedeni hakkında bir şey söylenemez. Lenf nodunun iç yapısı görülmez. Reaktif bir lenfadenopati ve malign invazyon aynı şekilde görülür. Bununla birlik-te lenf nodu büyümesinin küresel şekilde olması malignite lehine bir bulgudur; reaksiyoner lenf nodları daha çok oval şekillidir.

MR ile normal lenf nodları görüntülenemez. Büyüyen lenf nodlarının sinyal intensitesi T1AG'de iliopsoas kası ve diyafragma kruslarından hafif yüksek, yağınkinden çok düşüktür. T2AG'de lenf nodu ve kas arasındaki sinyal farklılığı belirginleşirken, lenf nodu ve yağ arasındaki sinyal farklılığı azalır. Bu nedenle T2AG'de lenf nodları psoastan ve diyaf-



Resim 5. 110 Retrokrural bölgede paraaortik konglomere lenf nodu kitlesi. Aortu çepeçevre saran yumuşak doku kitlesi görünümü.



Resim 5.112 Retroperitoneal lenf nodlarının US görünümü. Uzunlamasına kesitte aortun önünde ve arkasında değişik boyutlarda lenfadenomegaliler.

ragma kruslarından kolayca ayrılırken çevrelerindeki yağ dokusundan ayrılmaları zorlaşır. Bu nedenle yağ baskılama teknikleri kullanılır. Benign ve malign nedenli lenfadenomegalileri sinyal karakteristiklerine bakarak ayırmak olanaksızdır. Anormallik sinyal intensite farklılığıyla değil boyut ölçütü ile değerlendirilir. Bununla birlikte akut inflamasyona bağlı lenfadenomegalilerin T2 değerlerinin daha uzun olduğunu bildiren çalışmalar vardır.

Retroperitoneal lenfadenomegalilerin komşu vasküler yapılardan kontrastsız olarak ayrılabilmesi MR'nin BT'ye üstünlüğüdür. Buna karşılık geometrik çözümlemesin yetersizliği nedeniyle lenfadenomegali kümesi MR'de bir tek kitle imiş gibi görülür ve yağı az olan hastalarda lenfadenomegali-bağırsak kesiti ayırımı zor olabilir. Günümüzde retroperitoneal lenfadenomegali araştırmasında BT temel, MR tamamlayıcı yöntem konumundadır. Radyoterapi ve kemoterapi sonrası gelişen rezidüel dokunun matür fibroz-tümör (veya nekroz, inflamasyon) ayırımını yapabilme yeteneği MR'in önemli bir özelliğidir.

Lenf nodlarının iç yapısı eskiden kullanılan, günümüzde terkedilmiş olan lenfanjiografi-lenfografi ile gösterilirdi. Bu yöntemde ayak sırtındaki ince lenfatiklerden yavaş yavaş verilen lipiodol önce lenf damarlarını ve daha sonra lenf nodlarını doldurur. İnguinal, ilyak ve paraaortik lenf nodları duktus torasikusa kadar görünür hale gelir. Lenfanjiografi, başlıca primer ve ikincil lenfödemin incelenmesinde, lenf bezi metastazlarının araştırılmasında ve lenfomaların tanısında ve evrelenmesinde kullanılırdı. Yöntem, lenf nodu araştırmasındaki yerini kesit-görüntü yöntemlerine, özellikle de BT'ye bırakmıştır.

Retroperitoneal fibroz

Retroperitoneal fibroz 5.-6. dekatta görülür, erkeklerde iki defa daha sıktır. Sıklıkla idiyopatiktir (%70) ve Ormond hastalığı olarak da bilinir. Metisergit kullanımı, aort anevrizması ekstravazasyonu veya neoplazmlar sonucu gelişebilir.

US'de önceleri aortun önünde uzanan hipoekoik bir plak şeklinde görülür. İlerleyen olgularda aortu çepeçevre sarar (Resim 5.113). Kontrastsız kesitlerde kas yoğunluğunda olan bu yumuşak doku kitlesi, kontrastlı kesitlerde belirgin kontrast tutar. Bu olgularda aortun öne doğru yer değiştirmesi retroperitoneal maligniteden ve lenfadenomegalilerden ayırmaya yarayan önemli bir özelliktir. Retroperitoneal fibrozda üreterin fibrotik doku tarafından sarılması ve sıkıştırılmasına bağlı obstrüksiyon gelişir. Üreterlerin 4. ve 5. bel omurları seviyesinde içe doğru yer değiştirmesi tipiktir. Retroperitoneal yapılar da benzer şekilde fibröz doku ile sarılır.



Resim 5.113 Retroperitoneal fibroz. Aort ve İVK'yı saran yumuşak doku (ok). Kontrastlı BT kesiti. Üreterin de sarılması nedeniyle sol böbrekte kalisiyel ve üreteral genişleme ve obstrüksiyon. Obstrüksiyonun kronik olması nedeniyle sol böbrekte atrofi görülüyor.

Retroperitoneal fibroz, retroperitoneal kanama, retroperitoneal sarkom ve metastazlar BT görünümleri ile birbirinden ayrılamaz.

Retroperitoneal fibrozun histolojisi aktif inflamatuar bir proçesten asellüler hiyalinize reaksiyona kadar değişen bir spektrum gösterir. MR sinyal karakteristikleri de bu spektruma uygun olarak değişiktir.

Retroperitoneal tümörler

Primer retroperitoneal tümörler genellikle sarkomdurlar (Resim 5.114). Büyük boyuta erişen tümörler çevre yapılara bası yapar. Lipomlar BT'de düşük yoğunlukları ile tanınırlar. Pelvik lipomatozda pelviste aşırı derecede yağ birikir. Liposarkomlarda düşük yoğunluklu alanlar ve kalsifikasyon bulunabilir. Retroperitoneal alanda görülen diğer tümörler teratom, leyomiyosarkom ve fibrosarkomdur. Bunlar büyük boyutlu, kas yoğunluğunda kitlelerdir.

Lipomlar MR'de yağa has karakteristik sinyal intensiteleri ile tanınırlar. Liposarkomların sinyal intensiteleri değişkendir.



Resim 5.114 Retroperitoneal tümör. Sağ ortak iliak arteri saran leyomiyosarkom (ok). Kontrastlı kesit.

Normal psoas kası T1AG'de çevresindeki yağla çok iyi kontrast oluşturur. Normal ve anormal kas ayırımı ise en iyi T2AG ile yapılır. İnfiltre kasta belirgin bir sinyal farklılığı görülmeyebilir. Koronal kesitler kasın kitle tarafından basılmasını ve yer değiştirmesini çok iyi gösterir. Apseler T2A görüntüde hiperintens görülür ve sinyal karakteristikleri ile tümörlerden ayrılmaz. Apsenin patognomonik bulgusu olan hava MR ile seçilemez. Hematomlar evrelerine göre tipik sinyal karakteristikleri ile saptanabilirler.

Psoas kasının lezyonlarında temel yöntem BT'dir. Akut hematomlarda BT, eski hematomlarda ise MR daha değerli bilgiler verir. Multiplanar görünteleme yeteneği nedeniyle MR tamamlayıcı yöntem konumundadır.

ERKEK ÜREME SİSTEMİ

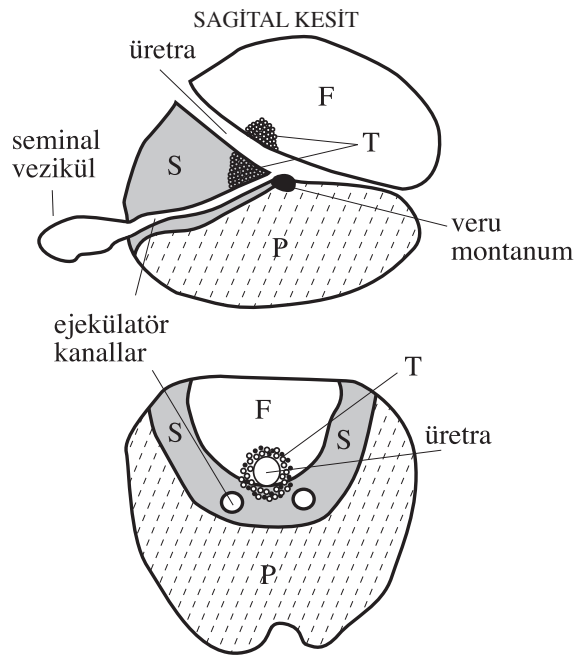
PROSTAT

Anatomi

Prostat glandüler ve stromal dokudan oluşan ekzokrin bir bezdir. Tabanı yukarıda tepesi aşağıda konik bir yapıdadır. Şekli kestaneye benzer. En geniş yeri olanı tabanı 4 cm enindedir. Ön-arka çapı 2 cm, yüksekliği 3 cm'dir. Ortalama ağırlığı 8 gr'dır. Prostatın tabanı mesanenin tabanına oturur, apeksi ise kısmen ürogenital diyafragmayı oluşturan eksternal üretral sfinkterin üzerindedir. Retropubik bölge prostatın önünde yer alır ve prostatın venöz pleksusunu (Santorini) ve puboprostatik bağı içerir. Prostatın arkasında rektumla bez arasında Denonvillier fasiyası vardır. Levator ani kası prostatın yan yüzlerine karışır.

Anatomik olarak iki yan lobun ortasındaki bir mediyal lobdan oluşur. Bu ayırım benign prostat hipertrofisini tanımlamak bakımından yararlı ise de prostat karsinomunun değerlendirilmesinde yararlı değildir. Prostat kanseri yönünden lobar değil zonal anatomi daha kullanışlıdır (Şekil 5.4). Buna göre glandüler yapı içeren prostat dokusu MR kesitlerine göre üretrayı çevreleyen 3 glandüler zona ayrılır. Periferal zon prostat dokusunun %70'ini içerir ve diğer zonları arkadan ve yanlardan sarar. Transisyonel zon periüretral glandüler doku kümesinden oluşan iki küçük alandır. Prostatik dokunun %5'ini oluşturmasına rağmen benign prostat hipertrofisinin geliştiği yerdir ve yaşlılarda büyük boyutlara erişir. Santral zon prostatın tabanında, içerisinden ejakülatör kanalların geçtiği glandüler dokudur. Prostat bezinin önünde glandüler doku içermeyen ve fibromusküler stroma adı verilen bir bölge vardır.

Seminal veziküller kanalların kıvrımlarından oluşmuş, kenarları lobule, ince yaprak şeklinde simetrik yapılardır. Boyutu oldukça değişkendir ve hafif asimetri sık görülür. Mesane tabanı ile prostat tabanı arasındaki olukta bulunur. Prostat çevresinde belirgin bir ven ağı vardır. Lenfatik drenaj çevredeki pelvik lenf nodlarına, oradan da paraaortik ve inguinal lenf nod-



Şekil 5.4 Prostatın radyografik anatomisi. P: periferal zon, T: transisyonel zon, S: santral zon, F: fibromusküler stroma.

larına ulaşır. Periprostatik venöz ağ vertebral venlerle bağlantılıdır ve prostat kanseri metastazları aksiyal iskelete bu yolla yayılır.

MR'de T1AG'de prostat bezinin intensitesi homojendir ve çizgili kas intensitesine uyar; ara sinyal intensitesindedir veya hafif hipointenstir. Yüksek sinyal intensitesindeki periprostatik yağ dokusu prostatın sınırlarını çizer. T2AG'de zonal anatomi farkedilir; periferal zon su içeriğinin yüksek olması nedeniyle hiperintenstir, santral zon kompakt yapısı nedeniyle daha düşük sinyal intensitesinde görülür. Santral ve transisyonel zon yaşlılarda, benign hipertrofi gelişmesi nedeniyle heterojen yapıdadır. Öndeki fibromusküler alanın sınırları çok iyi seçilemez ve hipointenstir. Bu zonal ayırım BT ve US'de seçilemez. Seminal vezikül, içeriğinin sıvı olması nedeniyle T1AG'de hipo-T2AG'de hiperintens görülür.

Prostatın kenarı çevredeki yağ dokusu nedeniyle açıkça seçilir. Derinde ve periferde bu açıklık kaybolur. Kapsül anatomik olarak da çevreden keskin bir sınırla ayrılmaz. Bu nedenle prostat kanserinde kenar keskinliğine bakarak kapsül invazyonunun değerlendirilmesi zordur.

Transabdominal US'de prostat bezi mesane tabanında düzgün kenarlı hipoekoik bir yapı şeklindedir. Mesaneye bakan yüzünde üretranın girdiği yeri gösteren V şeklinde bir çentik vardır. Transrektal US'de santral ve periferal zonlar ekojeniteleri açısından birbirinden ayrılamaz, yerleşim yerleri ile karar verilir. Bu nedenle US'de prostat bezini periferal zon ve iç bez olmak üzere iki bölgeli olarak tanımlamak daha doğrudur. İç bez, transisyonel zon ve santral zondan oluşur. Anterior fibromusküler stroma bezin ön-üst yüzeyinde hipoekoik bir alandır. US ile bezin hacmi ölçülür; 30 ml'den (30gr) büyük değerlerde bez büyümüş olarak kabul edilir. Seminal veziküller mesane tabanında, hipoekoik görünümdedir.

İnceleme yöntemleri

US: Prostatın US incelemesi transabdominal, transrektal ve transüretral yöntemlerle yapılabilir. Transabdominal US ile prostatın boyutları ölçülür, ancak iç yapısı gösterilemez. İç yapı transrektal US ile değerlendirilir. Transrektal incelemede iki düzlemli problar tercih edilir. Prostat normalde homojen hipoekoik bir yapıdır ve üretra çevresindeki periüretral glandlarla bezin ortasında ekojen bir santral bölge oluşur. Prostat içerisindeki kalsifikasyonlar akustik gölge veren hiperekoik yapılar şeklindedir.

US kılavuzluğunda prostat biyopsisi endikasyonu tuşede nodül saptanması, US'de nodül görülmesi ve PSA yüksekliğidir. Transperineal ve transrektal yol kullanılabilir. Transperineal yol ağrılıdır, transrektal yol ise işlem öncesi koruyucu olarak antibiyotik verilmesini gerektirir. Ülkemizde transrektal yol tercih edilir. Prostat bezinin dört kadranından toplam 6-10 defa 18 G ile kor biyopsi yapılır; 6-12 kadrandan 24'e kadar biyopsi yapanlar da vardır.

MR: MR'nin prostat kanseri tanısında duyarlılığı ve özgüllüğü düşüktür; transrektal RF sargıları ile yapılan çalışmalarda artar. Kanserlerin %30'u MR ile saptanamaz. MR daha çok çevre invazyonunun değerlendirilmesinde kullanılır.

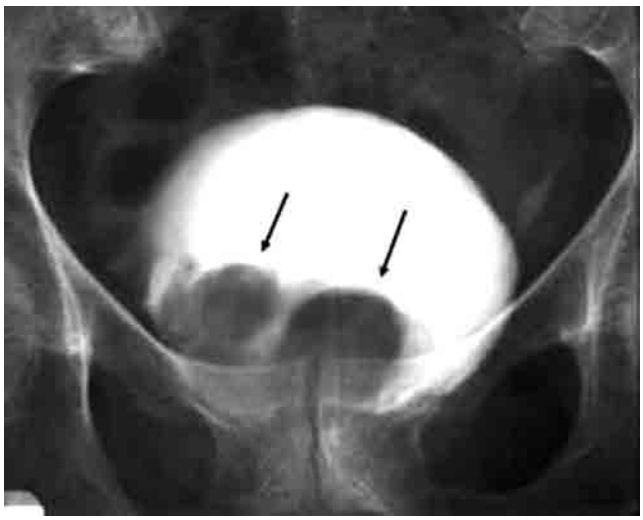
BT: BT'de bezin boyutu ve kenar değişikleri, kalsifikasyon ve kistik değişiklikler saptanır, mesanenin duvar kalınlaşması görülebilir. BT'de prostatın büyüklüğü 30 yaşın altında ortalama 3.1 (en) x 3 (yükseklik) x 2.3 (derinlik) cm'dir; 60-70 yaşlarında bu değerler 4.8 x 5.0 x 4.3 cm'e çıkar. Simfizis pubisin bir cm üstünden geçen kesitte prostat görülmezse prostat büyüklüğünden bahsedilemez. Prostat kalsifikasyonunun 50-70 yaşları arasında görülme oranı %60'dır.

Prostat operasyonunun komplikasyonu olan lenfosel, BT'de mesanenin önünde küçük sıvı birikimi şeklinde görülür. Operasyonu izleyen ilk on gün içerisinde görülür ve çoğu spontan olarak rezorbe olur. 30 ml'den fazla olanlar drene edilirler.

Röntgen: Düz röntgenogramlarda mesanede rezidü idrar varsa buna ait yumuşak doku gölgesi ve varsa simfizis pubis üzerine süperpoze prostat taşları görülür. EÜ'de mesane tabanında ve üreter distal ucunda, büyümüş prostatın yaptığı değişiklikler ortaya çıkar (Resim 5.115). Prostat karsinomu bulguları benign hiperplaziye benzer ve röntgenle ayırıcı tanı yapılamaz.EÜde mesane tabanındaki düzensiz kenar kanser lehine bir bulgu olarak kabul edilmelidir. Prostatın orta lobunun büyümesi opak olmayan mesane taşını düşündürecek şekilde düzgün kenarlı dolma defekti yapar. Metastaz yapan olgularda düz röntgenogramlarda metastaza ait kemik değişiklikleri görülebilir.

Prostatektomiden sonra bazı olgularda prostat boşluğu kontrast madde ile dolar. Bu görünüm mesane boynu yetmezliği ile karıştırılmamalıdır.

RG: Prostat kanserinde RG'nin işlevi kemik metastazlarını saptamaktır. PSA'sı 20'den düşük olgularda kemik ağrısı gibi semptomlar yoksa, kemik metastazı olasılığı yaklaşık %0.2'dir.



Resim 5.115 Ekstretuvar ürografide mesane tabanında prostat hipertrofisine bağlı belirgin bası ve dolma defekti (oklar).

Prostat kanseri

Erkeklerde, kanserden ölüm nedenlerinde 3. sıradadır. 50 yaşından yüksek erkeklerin %10'unda hayatlarının bir döneminde kanser gelişeceği varsayılır. Prostat kanserinde önemli sorun kanserin nasıl davranacağının bilinmemesidir. Örneğin 75 yaşını geçen erkeklerin yaklaşık yarısında biyopsi ya da otopside prostat kanseri saptanır. Bu olguların yaşam sürelerinde bu kanserin etkili olmadığı gösterilmiştir. Rastlantısal olarak saptanan kanserlerde nasıl bir tedavi uygulanacağı tartışmalıdır.

Prostat kanserlerinin %70'i periferal zondan çıkar. Santral zon prostatın glandüler dokusunun %25'ini oluşturmasına rağmen prostat kanserlerinin sadece %10'u bu bölgede yerleşir. Bu bölgedeki kanserler cerrahi kapsülle çevrelenmiş olması ve nörovasküler demete komşu olmaması nedeniyle periferik tümörler kadar invaziv değildir.

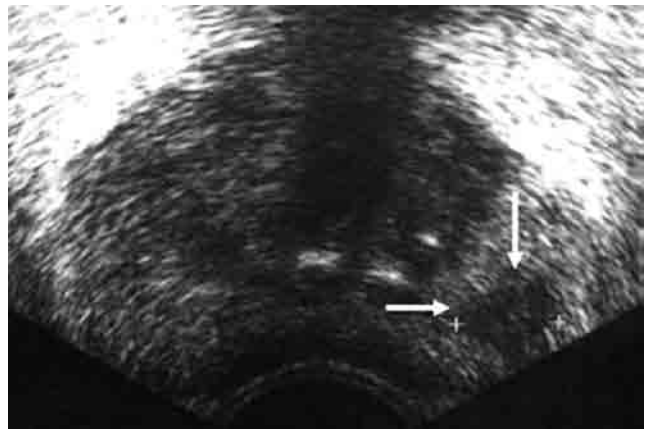
Prostat kanserlerinin %95'i adenokarsinomdur. Tümörün kapsülü veya seminal vezikülleri invaze etmesi prognozu kötüleştirir. İskelet metastazı sıktır. Hastalığın terminal döneminde akciğer, karaciğer ve böbrek metastazı görülür.

Prostat kanserinin varlığını veya yokluğunu güvenilir olarak söyleyecek bir radyolojik yöntem yoktur. Tanı bu nedenle en iyi US kılavuzluğunda yapılan biyopsi ile konur. Endorektal koille yapılan MR ve transrektal US kanser evrelemesinde verisi en yüksek yöntemlerdir. Lenf nodu yayılımı ve metastazları BT ve diğer radyolojik yöntemlerle araştırılır.

US prostat kanseri taramasında kullanılır. Taramada serumda prostat spesifik antijenle (PSA) birlikte bez rektal tuşe ile muayene edilir. Rektal tuşenin yalancı negatif oranı %25-45 arasında değişir. Normal PSA değeri 0-4 ng/ml'dir. PSA yükselmesinde yalancı pozitif sonuç nedeni BPH'dır. Bu nedenle bazı merkezler, sadece PSA değerini değil PSA'nın prostat hacmine bölündüğünde ortaya çıkan değeri kullanırlar. Kanser PSA'yı hiperplaziye göre, prostat dokusunun gramı başına yaklaşık 10 kat artırır. Bu değer kanserde 1.8 ng/ml/gr'dır. Prostatın hacmi, transabdominal veya transrektal US ile hesaplanır.

Prostat kanseri posterior ve apikal periferik kesimlere yerleşir ve ileri olgularda kapsül invazyonu görülür (Resim 5.116). Prostat kanserinin US bulguları özgül değildir. Periferik zonda sınırları net veya seçilemeyen hipoekoik nodül şeklinde görülür; bazen homojen bez içerisinde heterojen küçük bir alan şeklindedir. Çevre dokuda kitle etkisi oluşturur. Küçük tümör odakları klasik olarak hipoekoik olmakla birlikte tüm hipoekoik nodüllerin ancak %20'si kanserdir. Kanser odaklarının %40'a yakını izoekoiktir ve US ile farkedilemez; %10'u ise hiperekoikdir. Ekojenite güvenilir bir bulgu değildir ve kapsül invazyonu yoksa tanı için biyopsi gerekir. Periferal zonda fokal bir alanda renkli Dopplerde artmış vaskülarite prostat kanseri yönünden anlamlıdır. Prostat bezinde asimetrik büyüme ve kenar deformitesi görülebilir. Tüm bu bulgular kansere has değildir. Kanseri saptamada US'nin duyarlılığı düşüktür, özgüllüğü de %60'lar civarındadır. Prostat bezine yapılan rastlantısal biyopsilerde % 20 oranında karsinom bulunur.

MR'de prostat kanseri, T2AG'de periferal zonun



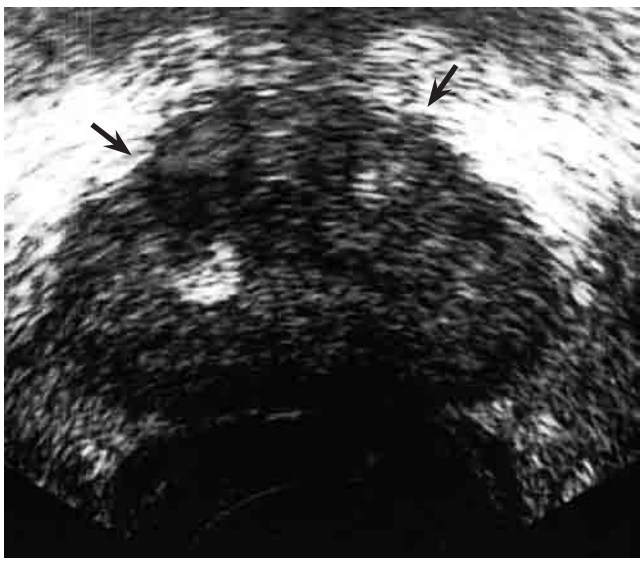
Resim 5.116 Transrektal US. Prostatın periferik zonunda hipoekoik nodül. Prostat kanseri (oklar).

yüksek sinyal intensitesi içerisinde hipointens odak şeklinde görülür. Periferal zonun intensitesi fibroz gibi nedenlerde düştüğünde ayırım güçleşir. T1AG tümörün hiperintens periprostatik yağ içerisine yayılımını ve lenf nodu tutulumunu gösterir. Hastaya incelemeden önce biyopsi yapılmış olması hemorajik alanların tümör izlenimi vermesine neden olur. Tümörün ekstrakapsüler yayılımı prostat çevresindeki nörovasküler demetlerde asimetri ve nörovasküler demetin tümör tarafından sarılması şeklindedir. Prostat kenarının köşeli ve/veya ışınsal bir görünüm alması ve retroprostatik açının ortadan kalkması da ekstrakapsüler yayılımı düşündüren bulgulardır. Apikal lezyonların saptanması güçtür. MR, prostat kanserinde tarama yöntemi değildir, asıl görevi evrelemedir.

BT ile normal ve anormal prostatın iç yapılarını birbirinden ayırmak mümkün değildir. ÇKBT ile yapılan dolaşım fazlı görüntülerde prostat kanser odaklarının yaklaşık yarısı periferik zonda kontrast tutan odaklar şeklinde görüntülebilmiştir. BT'nin prostat kanserindeki asıl işlevi olan evrelemede BT'nin doğruluk oranı %75 civarındadır.

Benign prostat hiperplazisi (BPH)

Genellikle hayatın 5. dekadında ortaya çıkan, transisyonel zondaki glandüler dokunun büyümesidir. Transisyonel zon büyüyerek üretrayı ve santral zonu sıkıştırır. Büyüyen kesim heterojendir, nodüler yapı gösterebilir, kistik alanlar içerebilir. Büyüme bir psödokapsül ile çevrelenmiştir. Prostatın hacmi 30 ml'yi geçer. Prostatik üretra, hipertrofinin morfolojisine uygun şekilde uzamış, kıvrımlanmış ve sıkıştırılmıştır. Buna bağlı olarak infravezikal obstrüksiyon bulguları mevcuttur; mesane duvarı kalınlaşmıştır, mesane boynu yukarıya kalkmıştır. MR'de prostat bezinin santralinde heterojen yapıda hiperplazi görülür. US'de büyüme simetriktir (Resim 5.117).



Resim 5.117 Benig prostat hipertrofisinin transrektal US görünümü (oklar).

Prostat enfeksiyonları

Enfeksiyon nedeni genellikle E. Coli'dir. Prostat büyümüş ve ödemlidir. Apse gelişebilir. Apse septasyonlu ve içinde ekojen partikülleri olan sıvı birikimi şeklindedir. US kılavuzluğunda aspirasyon yapılabilir. Tam tedavi edilemeyen enfeksiyon kronik şekle dönüşebilir. Kronik prostatitte sıklıkla kalsifik odaklar vardır.

Prostat kalsifikasyonu enfeksiyona bağlı olabileceği gibi kendiliğinden de gelişebilir. Çoğunluğu periüretral yerleşimdedir; prostatın yaptığı proteinöz bir materyal olan korpora amylaseanın kalsifiye olmasına bağlıdır.

Prostat kistleri

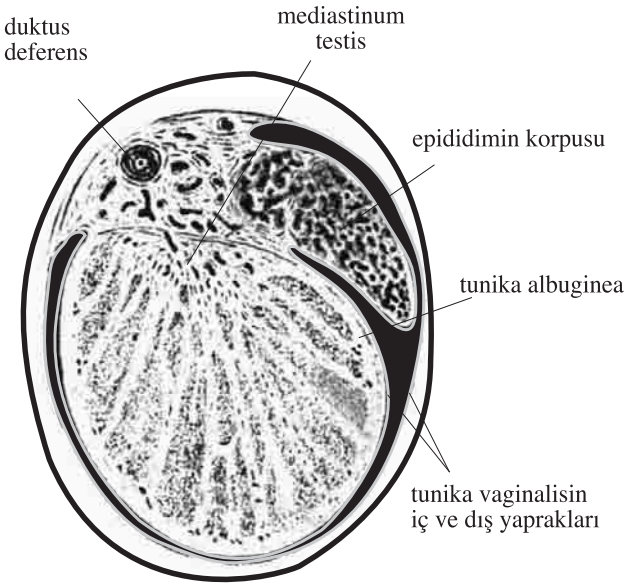
Oldukça sık görülür ve orta çizgide olanları Müller kanalı artıkları veya utrikül kistleridir. Ejekülatör kanal kistleri, seminal vezikül kistleri ve benign prostat hipertrofisindeki kistik değişiklikler prostat bezinde görülen diğer kistlerdir. Seminal vezikül kistleri 3 cm'den küçüktür ve renal agenezise eşlik edebilirler.

SKROTUM-TESTİS

Anatomi

Yetişkin testisi 3-5 cm uzunluğunda ve 2-3 cm eninde ovoid bir yapıdır. Epididimis testisin arka yüzeyine vertikal olarak yerleşmiştir; 6 m uzunluğunda bir tüpün kıvrımlarından oluşur. Üst dış kesimdeki en geniş yer olan başının çapı 10 mm'yi geçmez. Aşağıya doğru incelerek gövdeyi ve kuyruğu yapar. En alt uçta duktus deferens adını alan bir kanal şeklinde yukarı doğru dönerek spermatik kordun içerisinde yoluna devam eder. Spermatik kord duktus deferensle birlikte testisi drene eden ven grubunu, lenfatikleri ve testisin arterini taşır. Testisi drene eden venlerin oluşturduğu ağa *pampiniform pleksus* adı verilir. Duktus deferens, arter, ven ve lenfatikleri taşıyan spermatik kord, testisi skrotum içerisinde destekleyen ve tutan bir bağ görevi görür.

Testisi en dıştan saran tunika vajinalis peritonun



Şekil 5.5 Testis ve skrotumun anatomik görünümü

uzantısıdır. Spermatik kordu çevreleyerek skrotuma iner. Viseral ve paryetal olmak üzere iki yaprağı vardır (Şekil 5.5). Viseral yaprak testisin ön ve iki yan yüzünü örter. Buradan epididimisin üstünü de örterek yanlardan skrotumun iç yüzeyine atlar. Bu iki yaprak arasında potansiyel seröz bir boşluk vardır. Hidrosel-de sıvı bu boşlukta toplanır. Tunika vajinalis epididimin arka kesimini örtmez. Bu kesimde testisin arka kenarı boyunca oluşan iki bağ ile testis skrotuma sabitlenir. Bu bölgede tunika vajinalis yaprakları yoktur.

Tunika albuginea, testislerin kalın fibröz örtüsüdür ve tunika vajinalisin viseral yaprağı altındadır. Mavimsi beyaz renktedir. Çok miktarda kolajen lifler içeren bu kapsülün elastikiyeti azdır. Arkada bezin içerisine vertikal bir septa şeklinde girerek testisin mediyastenini yapar. Mediyastenden perifere doğru septula testis adı verilen septalar testisi, tabanı periferde tepesi mediyastende olan koni şeklinde lobüllere ayırır. Mediyastende testise giren ve çıkan damarlar ile testis kanalları vardır. Tunika albugineanın iç yüzeyinde testisi damar ağından yapılmış tunika vasküloza sarar. Buradaki damarlar septula testislerle testis içerisine girerek lobülleri çevreler.

Testisin parankim yapısı seminiferöz tubulüslerin organizasyonları ile meydana gelen 250 lobülden oluşur. Spermatozoaların üretildiği seminiferöz tubulüler 70-90 cm uzunluğunda ve 0.12-0.3 mm çapındadırlar. Her bir testiste 400-600 kadar seminifer tubulus vardır. Seminifer tubuluslar arasındaki bağ dokusunda hormonal aktiviteyi sağlayan Leydig hücreleri bulunur. Seminifer tubuluslar mediastinuma doğru yaklaştıkça birleşerek 20-30 kadar tubulus seminifer rektiyi yapar. Bu kanallar mediastinumda birbirleriyle ağ şeklinde anastomoz yapar, bu yapıya rete testis adı verilir. Rete testisten çıkan ve duktus efferent testis adı verilen 15-20 tane kanal, tunika albugineayı delerek epididime geçer.

Apendiks testis Müller kanalının artığıdır ve epididimin başının hemen altında küçük oval bir yapı olarak görülebilir. Epididimal apendiks ise epididim başından çıkan küçük bir uzantı şeklinde görülür. Bu apendikslerin torsiyonları da testis torsiyonu gibi klinik verebilir.

İnceleme yöntemleri

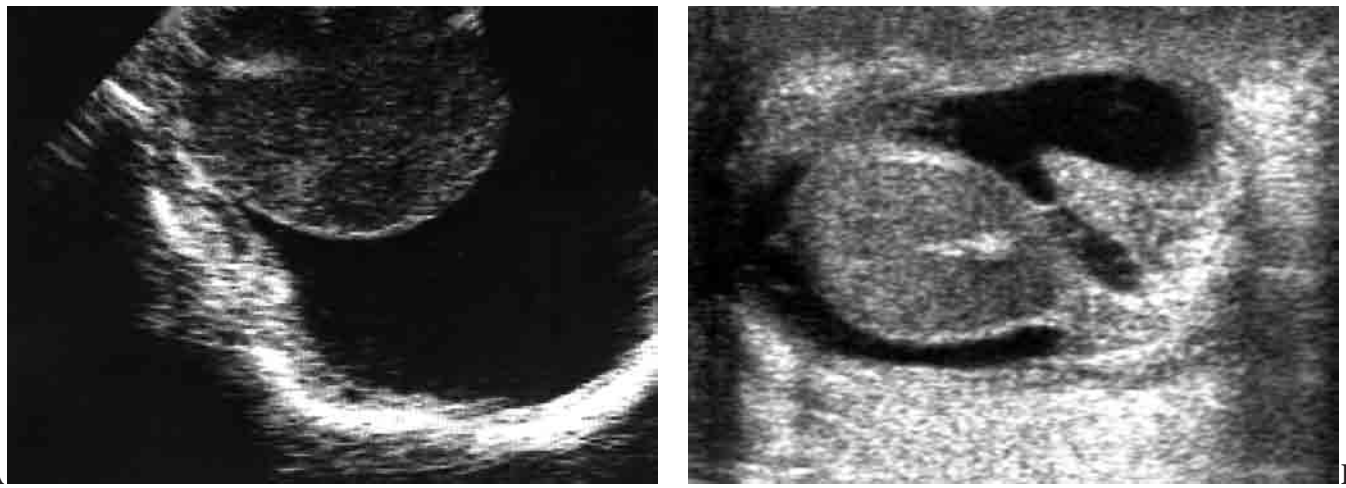
US, skrotum ve testisin temel inceleme yöntemidir. İnceleme 5.0-7.5 mHz'lik lineer transdusırlarla yapılır. Testis homojen ekojenitededir, eko yapısı tiroid bezine benzer. Mediyastinum testis testisin arka kesiminde ekojen bir çizgi olarak görülür Epididim en iyi tunika vajinalis yaprakları arasında sıvı varsa görüntülenir. Epididimin eko örneği testisten daha kaba ve heterojendir. Renkli Doppler ile mediyastinumdan septula testisler boyunca radiyal şekilde uzanan damarlar görüntülenir.

MR'de yüzey koiller kullanılarak skrotumun ayrıntılı görüntüleri elde edilebilir. Skrotum ara intensitededir. Normal testisler T1AG'de orta sinyal intensitesinde, T2AG'de ise yağdan daha hiperintenstirler. Testisleri çevreleyen tunika albuginea 1 mm kalınlığında hipointens bir kapsül şeklindedir. Epididimin sinyal yoğunluğu T1AG'de testise eşit, T2AG'de testisten düşüktür.

Hidrosel sıvı, spermatosel içeriğine göre değişen sıvı, hematosel ise evresine göre değişen hematom karakteristiğinde yer kaplayan lezyonlar şeklinde görülürler. Torsiyon, tümör veya inflamasyonda ise MR'nin tanıya yardım edecek özgül bir görünümü yoktur

RG perfüzyon çalışmalarında BT ise tümör evrelendirilmesinde ve intraabdominal inmemiş testisin yerinin belirlenmesinde değerlidir.

Testis yüzeyel bir yapıdır. Kolayca palpe edilir ve birçok hastalığa klinik olarak tanı konur. Olguların büyük çoğunluğunda radyolojinin görevi klinik bulguları teyid etmek, şüpheli olgularda ise tanıya yardım etmektir. Deneyimli bir ürolog bile skrotal bir kit-



Resim 5.118 Hidrosel. A. Hipoekoik odaklar içeren testisi çevreleyen belirgin sıvı. B. Testisi ve epididimi çevreleyen sıvı.

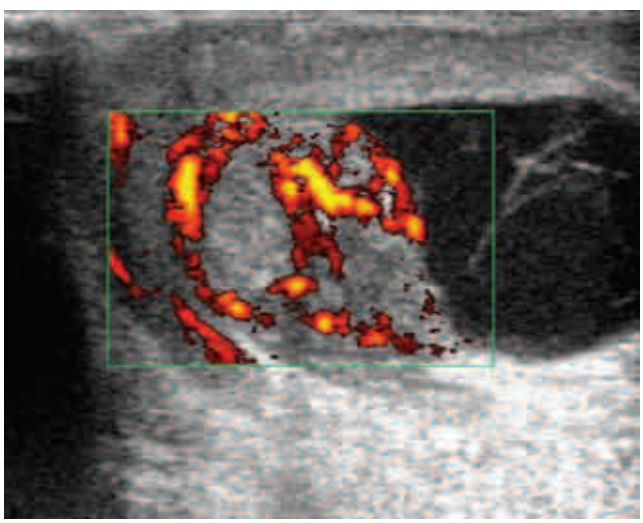
lenin testise veya diğer skrotal yapılara ait olduğunu fizik muayene ile her zaman kolaylıkla söyleyemez. Primeri bilinmeyen retroperitoneal lenfadenopatili olgularda testislerin US ile incelenmesiyle palpabl olmayan testis tümörleri yakalanabilir.

Hidrosel

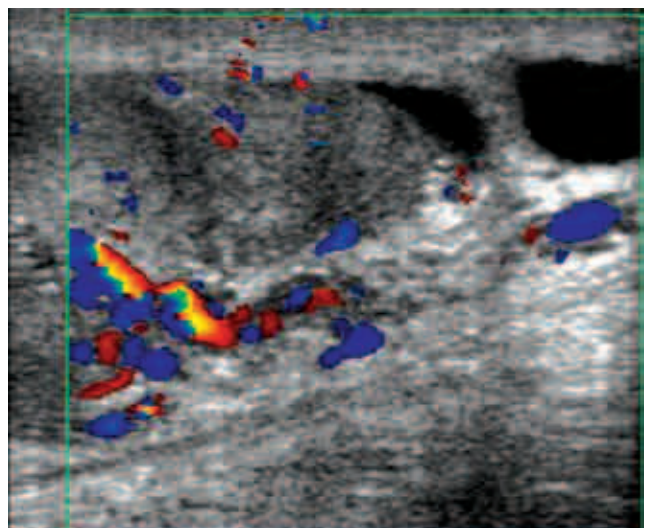
Hidrosel tunika albugineanın iki yaprağı arasında seröz sıvı birikimidir (Resim 5.118). Kliniği ağrısız skrotal şişme şeklindedir. Olguların büyük çoğunluğu idyopatik olmakla birlikte malign tümörlere, enfeksiyonlara ve torsiyona da eşlik edebilir. Hematoselde neden travma veya cerrahidir. Piyosel genellikle testis veya epididimdeki bir apsenin rüptürü sonucu gelişir. Hematosel ve piyoselde sıvı içerisinde ekojen partiküller ve septalar görülür, sıvı loküledir (Resim 5.119); MR'de T1A görüntülerde hiperintenstirler.

Epididimit ve orşit

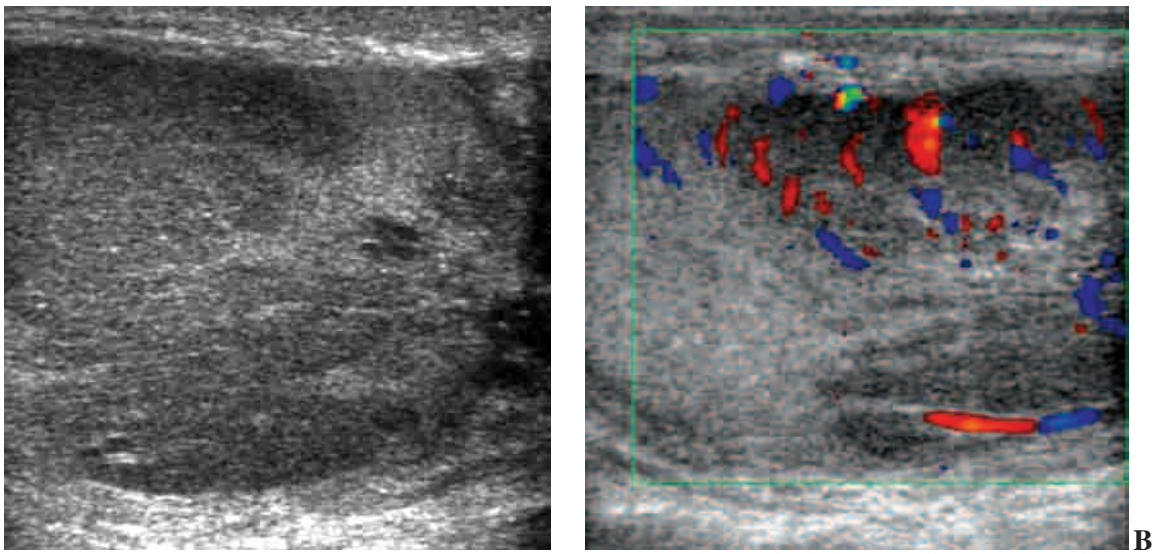
Enfeksiyon epididimde, testislerde veya her ikisinde birden görülebilir. Komplike olmayan epididimitte epididim difüz bir şekilde büyür ve göreceli olarak hipoekoiktir (Resim 5.120). Olguların %20'sinde testiste de fokal inflamatuar değişiklikler vardır. İnflamasyon şiddetli ise apse gelişebilir. Apse epididim



Resim 5.119 Enfekte hidrosel. Epididimi-orşitli bir olguda sıvı içerisinde septalar görülüyor.



Resim 5.120 Epididimit. Epididim büyümüş ve hipoekoik görünümde. Doppler US'de kanlanmada artma izleniyor.



Resim 5.121 Orşit. A. Griskala US. Testiste düzensiz kenarlı hipoekoik odaklar mevcut. B. Doppler US'de bu yapıların belirgin şekilde kanlandığı görülüyor.

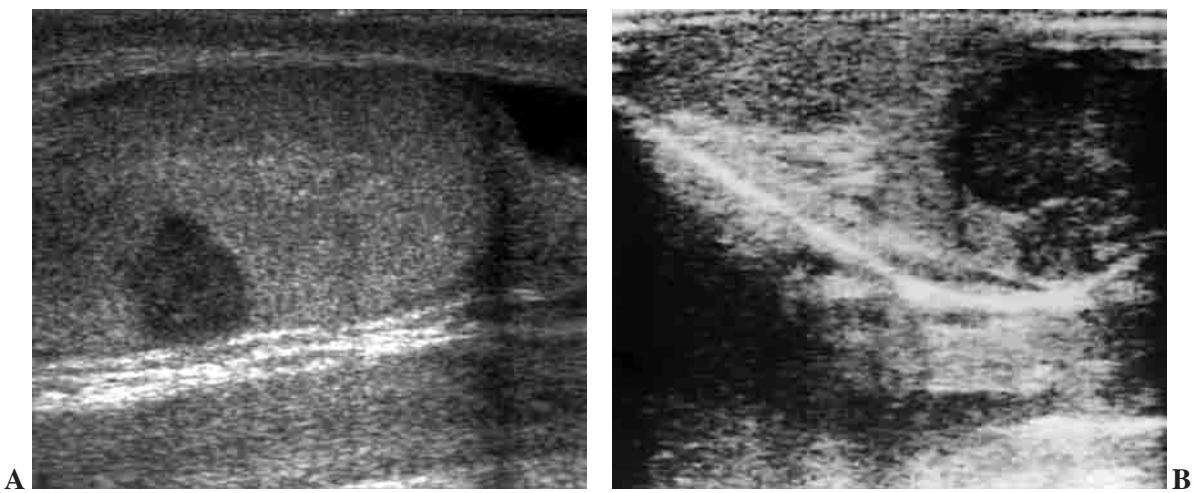
içinde fokal sıvı birikimi şeklindedir. Kist içerisinde ekojen partiküller görülebilir. Ayırıcı tanı spermatosel ve epididim kisti ile yapılır. Kronik epididimit, genellikle üstünü örten derideki kalınlaşmayla birlikte epididimde basit bir genişleme şeklindedir. Birlikte reaktif hidrosel vardır.

Orşitte testisin ekojenitesinde üniform bir azalma izlenir (Resim 5.121). Genellikle epididim de tutulur. Testiste difüz hipoekoik görünüm olmasına rağmen epididimde bir değişiklik yoksa bu görünüm enfeksiyondan daha çok tümörü düşündürmelidir. Kabakulak en sık orşite neden olan enfeksiyondur. Fokal apseler izole hipoekoik alanlar şeklinde görülür. Sarkoidozda ağrısız solid epididimal kitle görülebilir ve testis de tutulabilir.

Epididimit ve orşitte tutulan kesimlerde renkli Doppler US ile hipervaskülarizasyon saptanır. MR bulguları özgül değildir, tutulum değişik intensitelerde görülebilir.

Testis tümörleri

Aksi ispat edilinceye kadar intratestiküler lezyonlar malign, ekstraatestiküler lezyonlar benign kabul edilir. Testis tümörleri fokal hipoekoik alanlar şeklindedirler (Resim 5.122). %95'i germ hücreli neoplazm,



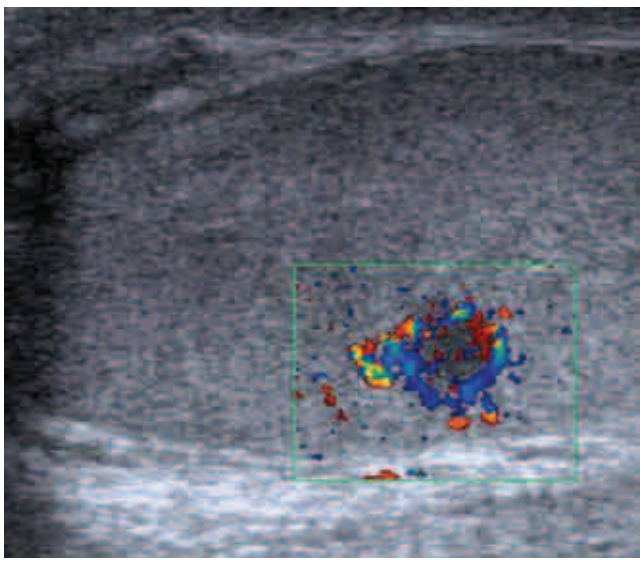
Resim 5.122 Testis tümörü. A. Testis içerisinde düzgün kenarlı hipoekoik kitle. B. Testiste keskin kenarlı hipoekoik kitleler. Ayrı olgular.

geriye kalanı stromal tümörlerdir. Yaklaşık %8 olgu iki taraflıdır. En sık görülen testis tümörleri seminom (%40-50) ve embriyonal hücreli karsinomdur (%15-20) ve US görünümleri birbirlerine çok benzer. Teratokarsinomda ise US görünümü, tümörü oluşturan dokulara bağlı olarak, seminom veya embriyonel hücreli karsinom görünümünden multipl kistik komponentleri olan kitle görünümüne kadar değişik şekillerde olabilir. Embriyonal, teratomatöz, koriyokarsinomatöz ve miks elemanlardan oluşan tümörlerde prognoz kötüdür. Testise metastaz nadirdir, ancak lösemik çocuklarda testisler genellikle rekürrenste ve relapsta ilk tutulan bölgedir. Bu nedenle lösemi tanısı ile izlenen çocuklarda testislerin US ile incelenmesi muayenenin bir parçası olmalıdır.

US'nin testis tümörlerinin saptanmasında duyarlılığı %100'dür, özgüllüğü düşüktür. Benign ve malign lezyonların US bulguları birbirine benzer; klinik ve diğer veriler kuvvetle aksini belirtmedikçe her testis lezyonu malign kabul edilmelidir. Malign tümörler genellikle hipoekoikdir. Görünümleri özgül değildir. Embriyonel hücreli karsinomların yaklaşık %40'ında ve teratomların %28'inde lezyonlar içinde, akustik gölgeleri olabilen ekojen foküsler görülür.

Doppler US'de 1.5 cm'den küçük tümörler hipovasküler, büyükleri ise hipervaskülerdir (Resim 5.123). Doppler US ile benign-malign ayırımı yapılamaz.

MR ile de malign-benign ayırımı yapılamaz. BT ve MR'nin testis tümörlerindeki işlevi evrelemedir.



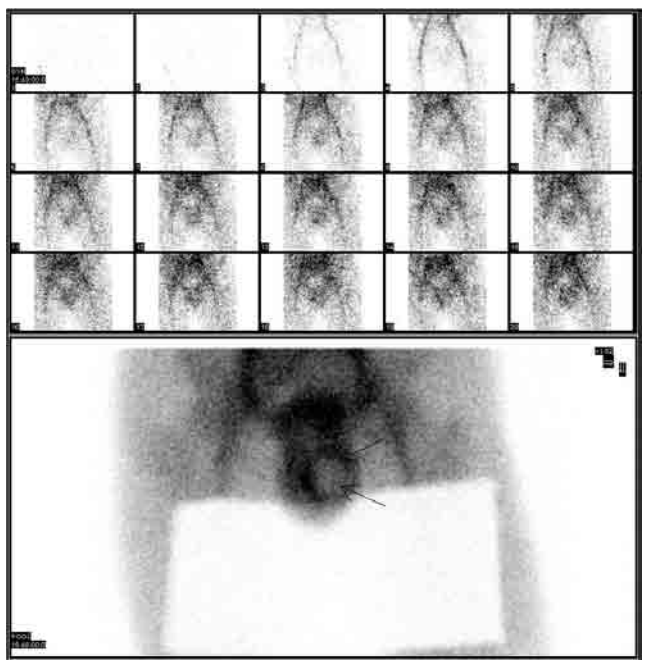
Resim 5.123 Testis tümörü. Doppler US. Testisteki hipoekoik kitlenin belirgin şekilde kanlandığı görülüyor.

Testis torsiyonu

Testis torsiyonu oluş mekanizmasına göre intravajinal ve ekstravajinal olarak ikiye ayrılır. Sık görülen intravajinal torsiyonda tunika vajinalis testisin tümünü sarar, testis skrotuma fikse değildir, skrotum içerisinde serbestçe asılıdır. Testis, tunika vajinalisin dış yaprağı içerisinde döner. Anormallik %50-80 olguda iki taraflıdır. Ekstravajinal torsiyon yenidoğanda görülür, nadirdir. Testis ve tunika vajinalis birlikte inguinal kanalın dış halkası seviyesinde döner.

Testis torsiyonu her yaşta görülebilir, ancak en sık testis hacminin hızla arttığı adolesan döneminde ortaya çıkar. Testisin canlılığının korunabilmesi için erken tanı önemlidir. Klinik olarak akut başlayan bir ağrı vardır. Testis şişer, skrotum ödemlidir ve tepkisel sıvı gelişir. Olguların bir bölümünde geçmişte kendiliğinden düzelen benzer atak hikayesi vardır. Fizik muayenede testis aşırı derecede hassastır ve olguların 1/3'ünde transvers duruşludur. Ateş %22 olguda görülür. Testiküler torsiyon ile epididimit bulguları birbirine çok benzer. Tedavisi medikal olan epididimiti acil cerrahi gerektiren torsiyondan ayırabilmek hayati önem taşır.

Tc-99m perteknetat ile yapılan sintigrafik çalışmada torsiyone testiste aktivite tutulumu belirgin şekilde azalmış veya yoktur (Resim 5.124). Kronik olgularda



Resim 5.124 Testis torsiyonu. Sintigrafik inceleme. Sol testis hipoaktif. Hipoaktif olan testis çevresinde granülasyonu temsil eden hiperaktif halo, lezyonun kronik olduğunu gösteriyor.

testisin çevresinde inflamatuar granülasyon dokusunu temsil eden hiperaktif bir halo görülür.

İlk 6 saat içinde yapılan US'de testisin ekojenitesinin düştüğü ve boyutunun arttığı gözlenebilir. Ancak kritik olan ilk 4-10 saat arasında US görünümleri normal de olabilir. US incelemesi ile testiste hipoekojenite ve büyüme saptanan olgularda da epididimiorşitle ayırıcı tanısı yapılamaz. Tanıda Doppler US değerlidir. 360° torsiyonların hepsinde 1. saatten, 180° torsiyonlarda ise 4. saatten itibaren akım saptanmaz. Düzelmeyen olgularda testisin hipoekojenitesi gittikçe artar ve çevresinde inflamatuar reaksiyona bağlı Dopplerde hipervasküler görülen bir halka ortaya çıkar. İncelemede renkli Doppler kullanılır.

Varikosel

Varikosel, spermatik vendeki valv yetmezliğine bağlı testisin arka-dış tarafında genellikle gözle görülen ve palpe edilen askaris yumağı şeklindeki kalınlığı 2 mm'yi aşan venöz genişlemelerdir (Resim 5.125). Yetişkinlerin yaklaşık %15'inde görülür. İnfertiliteye neden olduğu ileri sürülür.

US ve özellikle renkli Doppler US temel tanı yöntemidir. Klinik olarak belirgin olmayan küçük boyuttaki genişlemeler hasta ayağı kaldırılarak ve/veya hastaya valsalva manevrası yaptırılarak belirginleştirilir. US'de anekoik tortiyöz tubüler yapılar şeklinde görülen varikosellerdeki akım renkli Dopplerle gösterilir.

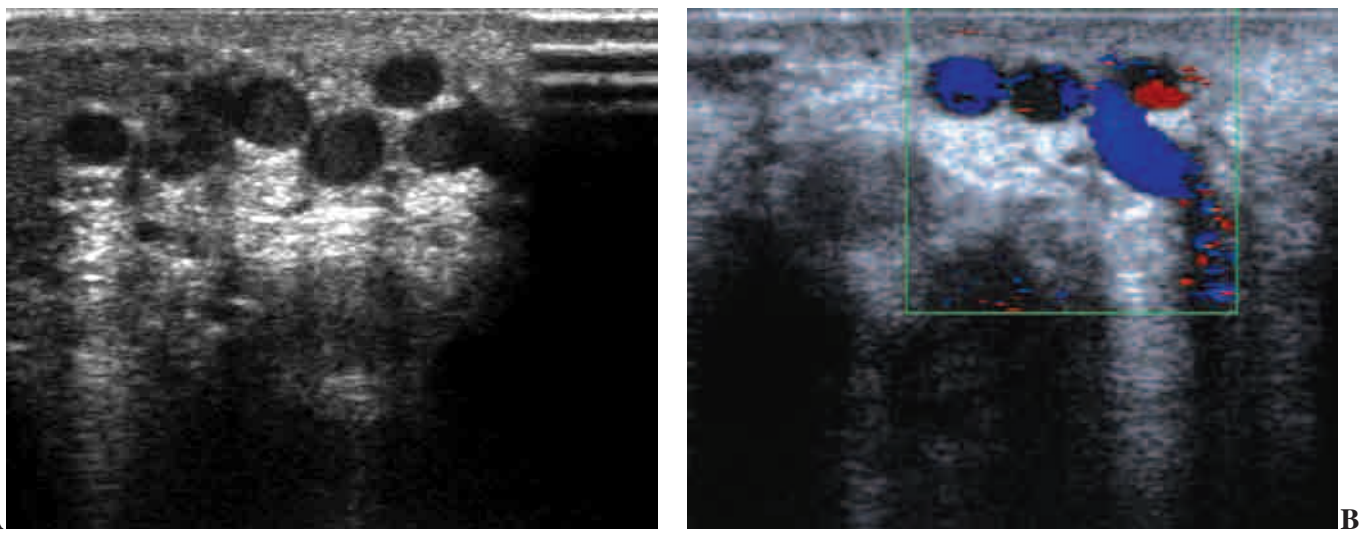
Sol testiküler ven renal vene dik açıyla açılır ve varikosel en çok solda görülür; %25 olguda iki taraflıdır. Tek başına sağda görülmesi spermatik vene basıyı ekarte etmeyi gerektirir. 40 yaşını aşkın bir yetişkinde akut gelişen bir varikosel, spermatik venin malign bir olayla tıkandığını akla getirmelidir.

İnmemiş testis

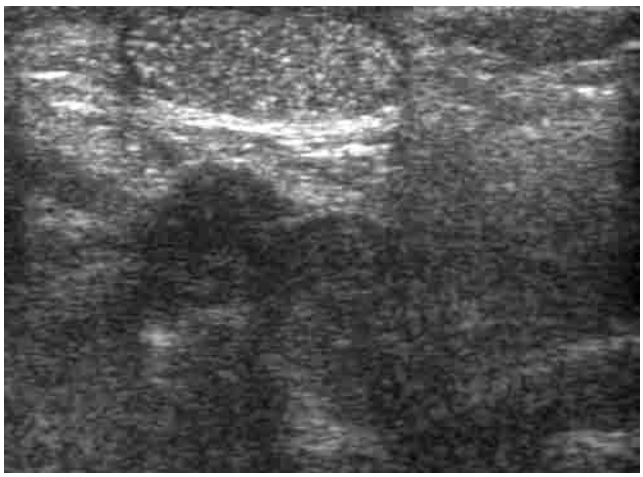
Miadındaki yenidoğanların yaklaşık %3'ünde testisler skrotuma inmemiştir. Bu olguların çoğunluğu ilk 1 yıl içerisinde iner. İnmemiş testisilerin %3-5'inde testis konjenital olarak yoktur. Bir yıldan sonra spontan inme beklenmez ve 2 yaşında orşipeksi önerilir. Uzun süre yerinde bırakılan inmemiş testislerde seminom olasılığı yüksektir.

İnmemiş testis böbreklerin alt kutbundan inguinal kanalın dış ağzına kadar herhangi bir yerde bulunabilir; %80'i inguinal kanal içerisinde palpe edilebilir, geriye kalanlar karın içerisindedir. İnguinal kanal, karın duvarı kasları arasında dıştan içe doğru oblik seyreden bir tüneldir. Giriş yerine iç halka, çıkışına dış halka adı verilir. İç inguinal halka anterior süperior ilyak diken ile simfizis pubisi birleştiren çizginin tam ortasına düşer. Dış inguinal halka pubik krestin hemen üstündedir.

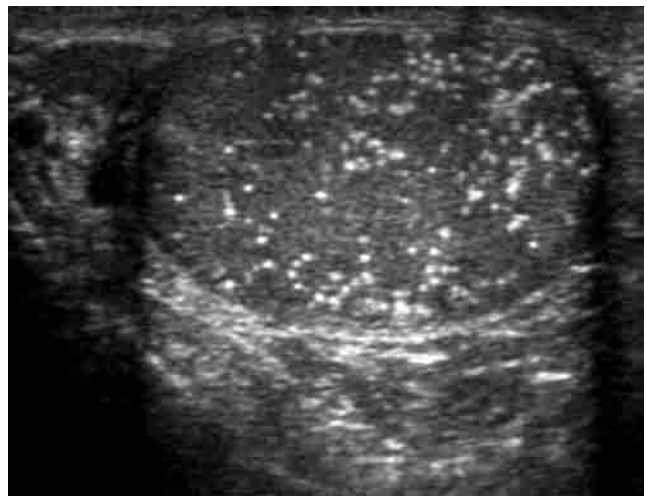
US, inguinal kanal içerisindeki inmemiş testisleri araştırmada kullanılır (Resim 5.126). İnmemiş testislerin çoğunluğu atrofiktir, boyutu 1 cm'den küçüktür ve hipoekoik görülür. Gubernakülümün bulböz ucu ile karıştırmamak için mediastinum testise ait ekojen yapı aranmalıdır. Gubernakülüm, testisin skrotuma inmesine kılavuzluk eden kordona benzer fibröz veya jelatinöz embriyonik bir yapıdır.



Resim 5.125 Varikosel. A. Gri skala US. Genişlemiş venlere ait düzgün kenarlı hipoekoik kistik yapılar. B. Renkli Doppler US.



Resim 5.126 İnmemiş testis. İngüinal kanal içerisinde mikrolitiyazı olan küçük testis.



Resim 5.127 Mikrolitiyaz. Testis içerisinde akustik gölgesi olmayan küçük ekojen yapılar.

Karın içerisindeki inmemiş testisler BT ve MR ile araştırılır. İnmemiş testisler atrofik olmaları nedeniyle kesit görüntü yöntemleri ile kolay saptanamaz ve T2AG'de normal testis gibi parlamaz, daha hipointens görülür. Bu yöntemlerle de bulunamayan olgularda testiküler venografi ve spermatik arteriografi yapılabilir. Testiküler venografi ve spermatik arteriyografi uygulaması zor ve ağrılı yöntemlerdir. Bu yöntemleri uygulamadan önce inguinal kanal çok iyi araştırılmalıdır. Bu amaçla önce US, sonucun negatif olduğu olgularda BT yapılır. BT ile saptanamayan olgularda ise venografi ve arteriografi uygulanır.

Spermatik kord boyunca veya inguinal kanalın iç kenarına komşu yerleşimdeki inmemiş testis olgularının saptanmasında MR'nin duyarlılığı yüksektir. Abdominal ve ektopik testislerde yöntemin duyarlılığı düşer. Bu olgularda BT daha değerlidir.

Testiküler mikrolitiyazis

Kalsifikasyonlar seminiferöz tubüluslar içerisindedir. Hemen daima iki taraflıdır. Kriptorşidizm ve infertiliteye eşlik ederler. Kendisi benign bir anormallik olmakla beraber testiküler malignite görülme riski yüksektir. US'de testis parankiminde difüz, nokta şeklinde, gölgeleri olmayan hiperekoik odaklar şeklindedirler (Resim 5.127).

PENİS

Morfolojik ve hemodinamik penis anormallikleri noninvaziv olarak US ve Doppler US ile incelenir. İncelemede 7.5 mHz'lik lineer transdusırler kullanılır. Hasta sırt üstü yatar. Penis karın duvarına yatırılır. İnceleme transvers ve longitudinal kesitlerle yapılır. Her iki korpus kavernozum septum penisle ayrılmış yuvarlak yapılar şeklinde görülür. Septum penis, bazen akustik gölgesi olan hiperekoik bir bant şeklindedir.

Kavernözal arterler korpus kavernozumların santral-mediyal kesimlerindedir. Dorsal penil arterler kavernozal arterden küçüktür.

Peyroni hastalığı

Korpus kavernozumları kaplayan kılıfın fibrozudur. Nedeni bilinmez. 45 yaşın üstünde görülür. Fibroz, dorsum peniste sıktır. Ancak septumda ve lateral yüzlerde de görülebilir. Tutulan bölgenin uzaması engelleneceği için ereksiyonda penis kıvrılır. Fibröz doku kalsifiye ve hatta ossifiye olabilir. Fibrotik bant US'de ekojen görülür; kalsifiye olgularda akustik gölge izlenir. MR ile US'de saptanamayan peyroni plakları gösterilebilir.

İmpotans

Vaskülojenik yetmezlik organik impotansın en sık görülen nedenlerinden biridir. Arteriyel akım yetmezliğine bağlı olana arteriojenik, aşırı venöz kaçağa bağlı olana da venojenik impotans adı verilir. *Arteriyojenik impotansta*, korpus kavernozumlar içerisine bir düz kas gevşeticisi olan papaverin enjeksiyonundan 5-20 dakika sonra kavernozal arterlerdeki akım hızı ölçülür. 25 cm/sn'den aşağı değerlerde şiddetli arteriyel yetmezlik var demektir ve arteriojenik impotans tanısı konur, 25-34 cm/sn arteriyel tutulumu gösterir, 35 cm/sn ve daha yüksek değerler ise normal kabul edilir.

Venojenik impotansta ise tunika albugineanın emisser venleri kapatamaması nedeniyle venöz kaçak devam eder ve rijid ereksiyon oluşmaz. Doppler US'de papaverinden 15-20 dakika sonra bile diyastolik akımın varlığı görülür. Arteriyel akımı 30 cm/sn'nin üzerinde olan olgularda diyastolik akım 3 cm/sn'den yüksekse venojenik impotans olasılığı yüksektir ve kavernozometri ve kavernozografi önerilir.

Kavernozometri ve kavernozografi de her iki korpus kavernozuma 19 numara iğnelerle girilir. Papaverin enjeksiyonundan sonra iğnenin birinden otomatik pompa ile dilüe kontrast madde verilir. İnfüzyon hızı ereksiyonu sağlayacak ve devam ettirecek seviyede olmalıdır. Diğer iğne aracılığı ile devamlı basınç kontrolü yapılır. Normal şartlarda iyi bir ereksiyonla birlikte kavernozal basıncın 15 mm suyu geçmesi gerekir. Dakikada 40 ml kontrast basıldığında kavernöz basınç normalde 80 mm suyu geçmelidir. Devamlı floroskopik gözlemle, infüzyonla küçülmeyen drenaj venleri saptanarak cerrahi olarak bağlanır (Resim 5.128).

İmpotans nedeni olarak ortak ve internal ilyak arterlerin tutulumu aortografi ve/veya selektif arteriografi ile saptanır. İnvaziv olan bu incelemeler yerine ÇKBT yapılabilir. BT kalsifikasyonları, MR ise eski hematomları göstermede duyarlı yöntemlerdir, MR ayrıca penil kitlelerin lokal uzanımlarını duyarlılıkla saptayabilir.



Resim 5.128 Kavernazografi. Doppler US'de vasküler impotansı saptanan olgunun kavernozografisinde venöz kaçağı temsil eden genişlemiş pelvik venler.

KADIN ÜREME SİSTEMİ

Kadın genital sisteminin temel inceleme yöntemi US'dir. BT ve MR tümör evrelemesinde kullanılır. Röntgenin yeri ise özel endikasyonlar dışında genellikle histerosalpingografi ile sınırlıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde MR evrelemede T kategorisinde, BT ise N ve M kategorisinde daha çok bilgi verir. Bu nedenle kadın genital sistemi radyolojik olarak US ile incelenecek, diğer yöntemlerin katkıları özetlenecektir.

Anatomi

Prodüktif çağdaki bir kadında uterus düzgün kenarlı *armut şeklinde* bir organdır. Doğurmamış bir kadında uterusun uzunluğu 8 cm, eni 5 cm, ön-arka çapı 4 cm'dir. Multiparitede bu değerlere birer santim eklenir. Menopozu takiben uterus atrofiye olur ve boyutları 6 x 2 x 2 cm civarına iner. Puberte öncesinde uterusun fundusu ve korpusu göreceli olarak gelişmemiştir; 2/3'ünü serviks yapar. Düz bir silindir şeklindedir, armut şeklini almamıştır.

Uterus, serviks ve vajinanın 1/3 üst kesimi Müller kanalından, vajinanın geriye kalanı ürogenital sinüsten gelişir. Parametriyum terimi uterusun ve vajinanın çevresinde ve broad ligamentin arasındaki bağ dokusunu tanımlar. Uterusun damarları ve lenfatikleri parametriyumda bulunur. Uterusun, tubaların girişlerinin üstündeki kesimine fundus denir. Tüp girişlerinden serviksin başladığı yer olan istmusa kadar olan kesim gövdeyi yapar. İstmusta lümen hafif bir daralma gösterir ve serviksin iç ağzını (internal os) oluşturur. Serviks 3-4 cm uzunluğunda silindir şeklindedir; aşağı ucu vajina içerisine protrude olur ve vajinal forniksle çevrelenmiştir. Serviksin aşağıdaki açıklığına dış ağız (eksternal os) adı verilir.

Uterusun pelvis içerisindeki duruşu ve serviks-korpus ilişkisi değişik şekillerde olabilir. Uterus bünüyle öne yatıksa antevert, arkaya yatıksa retrovert olduğu söylenir. Uterus, benzer şekilde yanlara da yatabilir. Normalde fundus serviksle öne doğru hafif bir açı yapar. Bu açının belirginleşerek fundusun öne doğru kıvrılmasına antefleksiyon, tam tersine geriye doğru kıvrılmasına retrofleksiyon adı verilir.

Uterusun ön ve arka yüzü peritonla örtülmüştür, peritonun yanlara doğru uzantısı broad ligamenti yapar. Önde periton vezikoürterin cep adı verilen sığ bir cep oluşturarak mesaneye atlar. Uterusun peritonun altında kalan mesaneyle komşu kesimine *uterusun*

çıplak alanı adı verilir. Periton arkada cul-de-sac veya Duglas boşluğunu oluşturarak rektuma atlar. Arka yüz tümüyle peritonla kaplıdır ve vajinanın posterior forniksindeki duvarı doğrudan bu boşlukla komşudur; apse drenajı, biyopsi gibi girişimler buradan yapılır.

Overlerin boyutları ve görünümleri yaşa, hormonal duruma ve menstrüal evreye göre değişir. Boyutları anatomik olarak 3 x 1.5 x 1 cm olan oval yapıda badem şeklinde organlardır. Boyutlarının üst sınırları 5x3x2 cm'dir. Şekli değişik olduğundan büyüklüğü hacmi ile değerlendirilir. Oval şekilli yapıların hacmi, 3 boyutun çarpımının 0.523 ile çarpımı ile elde edilir. Normal over hacminin üst sınırı menarştan önce 9 mL, prodüktif çağda 22 ml ve menopoz sonrası 6 ml'dir.

Overlerin pozisyonu uterustan çok daha değişkendir. Overler aşırı genişlemiş mesanenin basısına bağlı olarak kolayca yer değiştirir. Tipik yerleşim yeri uterus fundusunun laterali veya posteriorudur; veya Douglas'ta bulunur. Üreterlerin pelvik parçası overlerin arkasında kalır ve over kitlelerinde geriye doğru yer değiştirir; ilyak lenf nodlarının büyümesinde ise üreterlerin distal parçaları mediyale yer değiştirir.

US'ik anatomi: Retrofleks uterusta endometriyal kanalı bütün uzunluğunca görmek mümkün değildir ve fundusunun US görünümü miyom izlenimi verir. Uterusun pozisyonu ve şekli mesanenin dolu ve boş olmasına göre değişir. İliyak damar kesitleri, içi sıvı dolu ince bağırsak kangallarının enine kesitleri, birden fazla sayıda Naboth kisti bulunan serviks ve lenf nodları US'de over ile karışabilen görünümler yapar. Normal vajina önden arkaya basılmış yassı bir tüp şeklindedir; mukozası ekojeniktir.

Menopozdan sonra uterus gibi overlerin de boyutu küçülür. Bu nedenle postmenopozal evredeki bir kadında normal boyutta bir over saptanırsa uterusta olduğu gibi anormal kabul edilmelidir.

Miyometriyum orta ekojenitede üniform yapıdadır. Endometriyum belirgin hiperekoiktir. Endometriyumun kalınlığı menstrüasyon fazı ile değişir. Miyometriyumun en iç tabakası ekojenik endometriyumun sınırında ince hipoekoik bir tabaka olarak görülebilir. Bu tabakaya sınır şeridi ("junctional zone") adı verilir.

Menstrüel siklusa göre endometriyumun kalınlığı ve ekojenitesi değişir. Endometrial kalınlık her iki ekojen yaprağın birlikte ölçümü ile belirtilir; endometriyum kavitesi içerisindeki sıvı veya kan ölçüme dahil edilmez. US'de endometrium kalınlığı uterusun uzun aksına dik olarak dıştan dışa ölçülür. Menstrüasyonun bitiminde endometrum en ince fazındadır, kalınlığı çift yaprak 2-3 mm olarak ölçülür.

Menstrüasyonun bitiminden ovülasyona kadar geçen siklusun ilk yarısına proliferatif faz denir. Bu dönemde endometriyumun kalınlığı artar ve 3 tabaka şeklinde görülür. Bazal tabaka ekojeniktir, bunun üstündeki sonradan dökülecek olan fonksiyonel tabaka göreceli olarak hipoekoiktir. En üstte reflektif ekojen yüzey çizgisi vardır. Menstrüel siklusun ortasında endometriyumun kalınlığı çift yaprak 8-10 mm'dir.

Ovulasyondan menstruasyonun başlangıcına kadar geçen süreye sekretuar faz adı verilir. Bu fazda endometrum gittikçe kalınlaşarak 14 mm'ye ulaşır ve ekojenitesi üniform olur. Miyometriyumun sınır şeridi ekojen endometriyumu çevreleyen hipoekoik bir halka şeklinde görülebilir. Menopoz sonrası evredeki bir kadında endometriyumun kalınlığı 5-7 mm'yi geçmemelidir.

Normal overlerin içerisinde birkaç tane, birkaç milimetreden birkaç santimetreye kadar değişen boyutlarda kistik yapı görülür. Bunlar değişik gelişim evresinde bulunan folliküllerdir. Ortalama boyutları 2.5 cm'dir; 4 cm'e kadar normal kabul edilirler. Overlerin boyutu, bu kistlerin büyüklüğüne bağlı olarak, menstrual siklus boyunca hafif değişiklikler gösterir. Follikül boyutu ovülasyona kadar progressif olarak artar.

Siklusun başlangıcında overde birkaç tane 5 mm boyutunda kist vardır, kistler düzenli büyüyerek 10 mm boyuta erişirler. İçlerinden biri 8-12. günler içerisinde 14 mm'yi geçerek dominant follikül haline gelir. Dominant follikülün boyutu ovulasyon sırasında 18-28 mm arasında değişir. Dominant follikül çevresinde ince hipoekoik bir tabaka meydana gelmesi, follikül duvarında düzensizlik ve follikül içerisinde ovumu çevreleyen tekal hücrelerin oluşturduğu kümülus ooforius adı verilen ekojen yapının görülmesi ovülasyonun 36 saat içerisinde gerçekleşeceğini gösteren bulgulardır.

Ovülasyondan sonra kist kollabe olur, içerisinde ekojen partiküller ortaya çıkar ve Douglasta az miktarda sıvı görülür. Çatlamış follikül içerisindeki granüloza hücreleri, progesteron sentezleyecek olan korpus lüteumu oluşturur. US'de ince ve düzensiz duvarlı 1-4 cm boyutundaki kistik görünümüne korpus luteum kisti adı verilir.

Douglas boşluğunda minimal sıvı normal kabul edilir. Menstruasyonun ortalarında ağrı ile birlikte

Douglas'ta minimal sıvının varlığı follikülün rüptürünü gösterir. Sıvının gittikçe artması enfeksiyonu düşündürmelidir. Ektopik gebelikte de Douglas'ta sıvı görülür. Bu nedenle prodüktif çağdaki bir kadında Douglas'ta sıvı görülmesi daima ayırıcı tanı listesinde ektopik gebeliği düşündürmelidir.

MR anatomisi: Uterusun parankim anatomisi T2AG'de belirgindir. T2AG'de endometriyum yüksek sinyal intensitesindedir ve sınır şeridinin düşük sinyal intensitesi ile çevrelenmiştir. Miyometriyum ara intensitededir. Sınır şeridinin düşük intensitesi su içeriğinin düşük olmasına bağlıdır. Bu üç zonun sinyal yoğunlukları ve kalınlıkları menstrual siklus boyunca değişir. Sekretuar fazda endometriyumun kalınlığı miyometriyumun da sinyal yoğunluğu artar.

T1AG'de uterus düşük intensitede görülür ve parankim anatomisi seçilemez; parankim anatomisi ancak kontrast madde ile gösterilebilir. Endometriyum ve miyometriyum kontrast tutar, sınır bantı ve seroza tutmaz.

Serviks başlıca kollajen dokudan yapılmıştır ve T1AG ve T2AG'de hipointenstir; hiperintens serviks kanseri her iki sekansta da iyi görülür. Serviks kanalının epiteli ve mukus T2AG'de homojen hiperintenstir. Yüksek çözümlemeli koillerle (yüzey veya intravajinal) serviksin iki tabakadan yapıldığı görülür. İç tabaka miyometriyumun sınır şeridinin devamıdır ve onun gibi belirgin hipointenstir; dış tabaka ise ara sinyal intensitesindedir, ancak miyometriyumdan belirgin şekilde hipointenstir. Parametriyum T1AG'de ara intensinde T2AG'de hiperintens görülür. Paraservikal doku kontrast tutar, servikal stroma tutmaz.

Vajinal anatomi de T2AG'de daha iyi görülür; dışı ara sinyal intensitesindeki kas dokusundan ve içi yüksek sinyal intensitesinde mukozadan oluşan önden arkaya doğru yassılaşmış bir tüp şeklindedir.

Overler T1AG'de düşük veya orta sinyal intensitesinde, T2AG'de değişken (yağdan düşük, yağa eşit, yağdan yüksek) intensitede görülür. Follikül kistleri su intensitesindedir. Prodüktif çağdaki kadınlarda overin kortikal kesimi ortalarındaki medüller bölgesinden daha hipointenstir, menopoz sonrası bu fark kaybolur.

Normal overler kontrast tutar; bu özelliği nedeniyle içlerindeki kistler daha iyi görülür.

BT anatomisi: Uterus üniform yumuşak doku dansitesindedir ve parankimal anatomi farkedilemez. Pelvis içerisindeki en vasküler organdır; kontrastlı kesitlerde belirgin kontrast tutar. Overler kolaylıkla bağırsak kangalları ile karışabilir; içlerindeki kistlerin sıvı dansiteleri ile tanınırlar.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

US

US, uygulaması basit, ışın riski olmayan non-invaziv bir tanı yöntemidir. Jinekolojik muayenenin tamamlayıcısı konumundadır.

US ile jinekolojik bir kitlenin çıkış yeri, boyutu, iç yapısı ve diğer organlarla ilişkisi değerlendirilir. Septa kalınlığı, solid yapı miktarı ve boyut gibi ölçütler varsa da US ile kitlenin malign-benign ayırımı yapılamaz. Teratodermoidlerdeki ekojen yağ ve kıl yumağının yoğun akustik gölgesi ile tanı konabilmesi bir istisnadır. Yer kaplayan lezyonlarda duyarlılığı çok yüksek ancak özgüllüğü düşük bir yöntem olduğu için bulgular klinik verilerle birlikte değerlendirilmelidir. Yöntemin duyarlılığı 2 cm'den küçük lezyonlarda hızla düşer. Pelvik lenfadenomegali gibi derindeki lezyonlar da US ile saptanamazlar. Transabdominal ve transvaginal olmak üzere iki şekilde uygulanır.

Transabdominal US: Standart inceleme yöntemidir. Çok iyi morfolojik oriyantasyon sağlar. İncelemede mesane, aşırı olmamak kaydıyla, dolu olmalıdır. Mesane yeteri kadar dolu değilse uterus bağırsak segmentleri tarafından örtülür. Aşırı distansiyonunda ise uterus geriye doğru basılır ve ön-arka çapı daralır. Ayrıca over kistleri veya kitleleri, aşırı genişlemiş mesane tarafından yukarıya doğru itilerek bağırsak segmentleri arasında kaybolabilir veya abdominal bir kitle görünümü verebilir. Normalde yarı dolu mesane üstünde uterusun basısı görülür. Bu basının görülmediği durumlarda mesane aşırı genişlemiş demektir. Böyle bir olguda overler görülemezse mesane kısmen boşaltılarak hasta dik pozisyonda incelenmelidir. Benzer şekilde, pelvik kitle tanısıyla gelen olgularda kitle saptanmaz ise mesane boşaltıldıktan sonra tetkik tekrarlanmalıdır. Overler, hasta oblik pozisyonda incelenirse, daha iyi görülür. Sol overi incelemek için hastanın sağı, sağ overi incelemek içinse solu yukarıda olmalıdır. Transabdominal US tekniği Tablo 5.4'te özetlenmiştir.

Douglas'ta bir sıvı birikimi veya kitle saptandığında bunun içi sıvı dolu bağırsak segmentlerine ait olup olmadığı, araştırılmalıdır. Bu amaçla rektal lavman şeklinde su verilerek görüntüdeki değişiklik izlenir. Görünüm bağırsağa aitse suyun içerisine girdiği gözlenir. Bu bölgedeki retroperitoneal kitleler bağırsağı öne, over kitleleri ise arkaya doğru iter. Jinekolojik olayları taklit eden rektosigmoid bölge tümörleri de bu yöntemle ayrılabilir. Aynı yöntem miks yapıda pelvik kitle görünümü veren pelvik çekumun tanısında da kullanılabilir.

Tablo 5.4 Transabdominal jinekolojik US tekniği

1. Mesane 2/3 dolu olmalıdır, gerekirse mesane boşaltıldıktan sonra da bakılır.
2. Rektum ve kolon lezyonlarını ayırmak için su lavmanı kullanılır.
3. İnceleme sırt üstü pozisyonda yapılır, overler için karşı oblik pozisyonlar kullanılır.
4. Uzun foküslü 3.5 MHz'lik transdusırler kullanılır (İnce hastalarda 5.0 MHz kullanılabilir)
5. Pelvik kitle saptanan her olguda, peritoneal sıvı, peritoneal metastaz, karaciğerde metastaz ve hidronefroz araştırılmalıdır. Gerekirse US incelemesi tuşe ile birlikte uygulanır.

Transvajinal US: Ses demetinin geometrik çözümleme gücü ile frekans arasındaki doğru, frekansla sesin penetrasyonu arasındaki ters orantı, iyi bir çözümleme için incelenecek bölgeye olabildiğince yakın olma gereğini doğurur. Bu gereksinim endokaviter ve endosonografik US yöntemlerinin ana fikridir. Bu fikir jinekolojide transvaginal US'nin gelişimini sağlamıştır. Transvaginal US günümüzde jinekolojik muayenelerin önemli bir parçasıdır. Temel endikasyonu; küçük pelvik kitlelerin (< 10 cm) incelenmesi, endometriyal veya miyometriyal hastalıkların değerlendirilmesi ve kistik kitlelerin aspirasyonuna kılavuzluktur. Follikülometri de transvaginal US ile daha duyarlı olarak yapılır. Yöntem %60-80 olguda transabdominal US'ye ek diyagnostik bilgi sağlar; gemetrik çözümlemesi yüksek olduğundan daha küçük lezyonları gösterir ve adneksiyal yapılarla ilişkilerini daha iyi belirler. Renkli dupleks Doppler olanağı bulunan transvaginal problarla yapılan incelemelerle lezyonları kanlanması değerlendirilir, ektopik gebelik tanısı konabilir. Transabdominal ve transvaginal US yöntemlerinin jinekoloji ve obstetrikteki yerleri Tablo 5.5'de karşılaştırılmıştır. İncelemede mesanenin boş olması transvaginal US'nin pratik bir üstünlüğüdür.

Tablo 5.5 Transabdominal ve transvaginal US yöntemlerinin karşılaştırılması*

	Transabdominal	Endovaginal
Mesane	Dolu	Boş
Obezite	Risk	Risk değil
Görüntü kalitesi	Düşük	Yüksek
Ektopik gebeliğin tanısı	Düşük	Yüksek
Adneksiyal kitlenin ayırıcı tanısı	Yapar	Daha iyi yapar
Retrovert/Retrofleks uterus	İyi incelenemez	İyi incelenir
Erken gebelikte verisi	Düşük	Yüksek
Kalp hareketlerinin saptanması	Geç	Erken
Anatomik oriyantasyon	Kolay	Zor

** Bir çalışmada:*
%4 olguda transabdominal US'nin verisi yüksek,
%60 olguda transvaginal US'nin verisi yüksek,
%36 olguda her iki yöntem eşit, bulunmuştur.

MR

Yüksek yumuşak doku kontrast çözümlemesi ve multiplanar kesit alma kapasitesi nedeniyle jinekolojik tümörlerin incelenmesinde MR tanıya önemli katkılar sağlar. Benign pelvik kitlelerde US, over kanserlerinde BT, endometrial, servikal ve vajinal kanserlerde de MR temel tanı yöntemleri konumundadır. Pelvik MR'nin özelde endikasyonları uterus leyomiyomlarını lokalize etmek, endometrioz, adenomiyoz, konjenital anomaliler ve cerrahi planlamadır.

Uterus MR ile sagital ve aksiyal kesitlerle incelenir. Bağırsak motilitesini azaltmak için incelemeden önce İV glukagon veya buscopan verilebilir. Maligniteleri değerlendirmede kontrastlı hızlı GRE sekansları kullanılır. Dermoid tanısı için yağ baskılama sekansları yapılır.

Konjenital uterus anomalileri MR ile ayrıntılı olarak gösterilir. Endometrioz morfolojik bulguları ve hemorajik sinyal karakteristiği ile; adenomiyoz ise hipointens ara zonun endometriyum karakteristiğinde bir doku tarafından invazyonu ile tanınabilir.

BT

Jinekolojide BT'nin temel işlevi malign tümörlerin evrelenmesidir. İncelemede çok iyi bir ince ve kalın bağırsak opasifikasyonu şarttır. Serviks ve vajinanın pozisyonunu saptamak içine vajene tampon yerleştirilebilir.

Uterus BT'de homojen bir yapıda görülür. Çok belirgin olmadıkça uterusun büyümesini BT ile değerlendirmek zordur. Kistik kitleler genellikle over orijinlidir. Uterustan kolayca ayrılabilirler, ancak piyosalpinks gibi tubal kistik kitlelerle ayırıcı tanısı yapılamaz. Kitlelerin içerisindeki kalsifikasyon, yağ ve gaz yoğunlukları BT ile duyarlı bir şekilde gösterilebilir.

Tümör evrelemesinde tümörlerin çevre invazyonu ve lenf nodu tutulumu değerlendirilir. Diğer bölgelerin tümörlerinde olduğu gibi, belirgin invazyonu sap-

tamakla birlikte, sınırların seçilemediği komşulukta invazyon olup olmadığını söyleyememesi ve lenfadenomegalilerin benign/malign ayrımını yapamaması evrelemede yöntemin duyarlılık ve özgüllüğünü düşüren nedenlerdir.

Over karsinomlarının evrelemesinde BT, MR'den daha duyarlıdır.

Röntgen

Düz karın röntgenogramlarında pelvik kitleler bağırsak gazlarını çevreye doğru iten, yumuşak doku yoğunluğunda artma şeklinde görülürler. Kalsifikasyon gösterebilirler. Bir kadında pelvis içerisinde yoğun kalsifikasyonun en sık nedeni uterus fibroidleridir. Benzer şekilde overe ait dermoid ve teratomlarda da kalsifikasyon görülebilir. Ayrıca diş gibi yapıların görülmesi teratom için patognomoniktir. Tüberküloz piyosalpinjitinde de kalsifikasyon sık görülür. İntrauterin kontraseptif aygıtların (İUCD) uterus içinde veya dışında olduğu düz röntgenogramlarla belirlenebilir.

Göğüs röntgenogramı tüberküloz salpinjitin primerinin akciğerde olduğu düşünülerek istenir. Ayrıca trofoblastik tümörler en sık akciğere metastaz yaparlar. Koryonepitelyomada akciğer metastazları tek veya multipl büyük kitleler şeklindedir. Miliyer şekilde veya *kar fırtınası* adı verilen, sınırları belirgin olmayan, çok sayıda opasite şeklinde de görülebilir. Primer pulmoner hipertansiyon veya pulmoner enfarkt oluşturacak şekilde arteriyel emboli de yapabilirler.

EÜ jinekolojik ameliyatlarda sıklıkla bağlanan veya yaralanan üreterlerin gösterilmesi amacıyla yapılır. Stres inkontinansı ve vezikoüreteral reflü sistografi ile araştırılır.

Kolon tetkiki serviks karsinomunun yayılımını saptamak için yapılır. Rektovajinal fistüller suda erir kontrast madde kullanılarak yapılan kolon tetkikleri ile daha iyi gösterilir.



Resim 5.129 Histerosalpingografi. A.Normal uterus, B. Arkuat uterus, C. Uterus bikornis ünikollis, D. Uterus bikornis bikollis.

Histerosalpingografi (HSG): HSG uterus ve tuba uterinaların kontrast madde aracılığı ile röntgenolojik olarak incelenmesidir. Son menstruasyon periyodundan 6-12 gün sonra yapılır. Vajinal spekülum takıldıktan sonra 6 F'lik bir Foley kateter servikse yerleştirilerek balonu şişirilir. Floroskopik kontrol altında 4-30 mL %28'lik non-iyonik iyot solüsyonu peritona serbest geçiş olana kadar enjekte edilir. Tüplerin normal uzunluğu 12-14 cm'dir. Tüplerin açık veya kapalı olduğu uygun pozisyonda röntgenogramlarla kaydedilir.

Normal uterus kavitesi üçgen şeklindedir. Kontrast maddenin peritona geçememesi kornual veya tubal spazma bağlı olabilir. Bu durumda amilnitrit koklatıldığında spazmın geçtiği izlenir.

Histerosalpingografi başlıca infertilite (kısırlık) ve tekrarlayan düşüklerde uygulanarak; tuba uterinaların açık olup olmadığı, uterus kavitesinin konjenital anomalileri ve internal os'un yetersizliği araştırılır.

Histerosalpingografide uterusa ait doğumsal anomaliler görülebilir. Bunlar; uterus didelfis, uterus bikornus bikollis, uterus bikornis ünikollis, arkuat uterus, unikornuat uterus ve infantil uterustur (Resim 5.129). HSG'de saptanan bu morfolojik değişiklikler US, BT ve MR ile de görüntülenebilir (Resim 5.130).

İnfertilite olgularında histerosalpingografide en sık karşılaşılan görünüm tüplerin tıkalı olması ve periton içine kontrast maddenin geçmemesidir. Bu şekildeki blokaj; tekniğin yetersiz olmasına, tubal spazma, tubal enfeksiyon veya operasyona, tüplerin bağlanmış olmasına, tubal gebelik, tümör gibi yer kaplayan lezyonlara ve fimbriyal adezyona bağlı olabilir.

İnfertilite amacıyla yapılan incelemelerde hidrosalpinksi olan bazı olgularda genişlemiş tüplerin içerisine kontrast madde dolarak tipik bir görünüm verir. Böyle olgularda peritoneal yapışıklıklar nedeniyle kontrast madde genişlemiş tüp içerisinde kalır ve peritoneal dağılım göstermez.

Histerosalpingografi servikal kanalı değerlendirmek amacıyla da kullanılır. Servikal kanal normalde eksternal os'tan internal os'a kadar uzanır. Bu mesafe 1-2 cm'dir ve internal os seviyesinde kısa bir istmus ile uterus kavitesine açılır. Serviks yetmezliğinde kanalın genişleyebilirliği önem taşır. Bu amaçla özel geliştirilmiş aygıtlarla servikse kontrast madde enjekte edilerek kanalın genişleyebilirliği saptanır.

OVERLER

Soliter basit kistler

Follikül kistleri genellikle 2.5 cm'den küçüktür. Dominant follikül rüptüre olmazsa retansiyon kisti gelişir. Retansiyon kistleri 6 cm'e kadar çıkan ince duvarlı basit kist yapısındadır, hemen daima iki ay içerisinde kaybolur. Menopoza yakın dönemde daha sık görülür. Tanınması, gereksiz cerrahiyi önleyeceği için önemlidir. Torsiyone veya aniden rüptüre olarak pelvik ağrı oluşturabilirler.

Korpus luteum kistleri korpus luteumun rezorbe olmamasına veya içerisine kanama olmasına bağlı olarak gelişir. Genellikle gebeliğin ilk üç ayında görülürler, tek taraflıdırlar 5-10 cm boyuta ulaşabililir.

İnfertilite sorunu olan kadınlarda US ile follikküllerin olgunlaşması izlenerek inseminasyonun ideal zamanı saptanabilir (Tablo 5.6). Dominant follikülün boyutu 18-23 mm ise follikül olgun kabul edilir. Bunu



Resim 5.130 Kesit görüntülemede uterus bikornusun görünümleri. A. US, B. BT, C. MR.

Tablo 5.6 Ovulasyon indüksiyonunda US

1. İncelemeler belirli bir protokola bağlanmalıdır:
   – Seri incelemeler aynı şahıs tarafından yapılmalı
   – Mesanenin doluluk derecesi hep aynı olmalı (2/3)
   – İncelemeye siklusun 6.-8. günü başlamalı (folliküller 8-10 mm çapında)
2. Ovulasyon tahmini:
   – Preovulatuar çap 19-24 mm'dir (> 18 mm, hCG verilir)
   – "Cumulus ooforus" görülmesi: 36 saat sonra
   – Follikül çevresinde hipoekoik halka: 24 saat sonra
   – Follikül iç kenarının dişli, tırtıklı görünümü: 6-10 saat sonra
3. En büyük follikül en matür follikül olmayabilir
4. Folliküllerin büyüme hızları farklıdır
5. Ovülasyonda Douglasta sıvı görülür
6. Hiperstimülasyonda overler 5 cm'den büyüktür

saptamak için günlük US incelemeleri yapılır. Bazı olgularda follikülün bir kenarında ovum ve çevresinde tekal tabaka izlenebilir ("cumulus ooforus"). Follikül oluşturmak için hormon stimülasyonunda aşırı stimülasyon US ile saptanabilir. Hiperstimülasyonda overler büyür ve büyük boyutlu kistler gelişir. Belirgin hiperstimülasyonda ekstravazasyona veya kistin rüptürüne bağlı serbest peritoneal sıvı görülür. Seri yapılan incelemelerle hormon dozajı regüle edilerek hiperstimülasyon önlenir.

Soliter basit kistler over içerisinde veya paraovariyal yerleşimdedir. İçerisinde solid komponentleri olmayan küçük bir kist, menstrual siklusun değişik evrelerinde incelenmelidir. Kist fonksiyonel ise hormonal stimulasyonun asgari olduğu menstruasyonun bitiminde kaybolur veya en azından belirgin şekilde küçülür. Değişik açılardan US ile incelenerek içlerinde septa veya nodül varlığı araştırılmalıdır (Resim 5.131). Septa veya nodül kistin soliter basit kist olmadığını gösteren bulgulardır.

Hemorajik kistlerde kist içerisine kanama vardır. Kan kistin ekojen görülmesine neden olur. Ekojen bir yapıda ses geçirgenliğinin iyi olması, yani arka duvar yankısının görülmesi kist içine kanamayı düşündürmelidir. Ağa benzer ince ekojen çigilerden oluşan iç görünüm tipiktir (Resim 5.132). Hemorajik kistlerin duvarları kalındır. Duvarda kan akımı belirgindir ve böyle olguları tümörden ayırmak zorlaşır. Solid görünüm veren şüpheli olgularda Doppler US'de akım saptanmaması ile lezyonun kistik olduğu gösterilir.



Resim 5.131 Over kistleri, A. Kist duvarında solid yapılar, B. Kist içerisinde mural nodül, C. Kist içerisinde ince septalar (ayrı olgular).



Resim 5.132 Sol overde hemorajik kist. Internal ekoları olmasına rağmen belirgin arka duvar yankısı, lezyonun solid olmadığını gösteriyor.

Menopoz sonrası yaklaşık %15 oranında over kistleri gelişir. Genellikle 5 cm'den küçüktür, duvar kalınlığı 3 mm'den azdır, septasyon ve solid parça içermezler ve içleri anekoiktir. İzlemde boyut değişiklikliği gösterirler ve çoğunlukla kaybolurlar.

Polikistik over sendromu

Hirsutizm, amenore, infertilite ve obezite ile seyreden tanısı klinik ve laboratuar bulguları ile konan bir hastalıktır. US overlerin morfolojisini belirler. Olguların % 70'inde her iki over büyümüştür ve içlerinde 10-12'den fazla sayıda kist bulunur. Over boyutlarının eşit büyümesi önemli bir tanı ölçütüdür. Büyüme stroma artışı ile birliktedir. Kistler 5-8 mm boyutlarındadır ve overin periferine dizilmişlerdir (Resim 5.133). Polikistik over hastalığında %25-29 olguda overler normal görülür. Bazı olgularda overler büyük ve belirgin hipoekoiktir, kist bulunmaz.

Over torsiyonu

Adneksiyal torsiyondur. Over ve/veya tüplerin vasküler aksları çevresinde dönmesiyle arteriyal kan akımında kayıp ve venöz staz oluşur. Hastalarda akut karın tablosu vardır. Overler şişmiştir, sıklıkla over içerisine kanama görülür ve nekroz gelişir. Over torsiyonlu hastaların genellikle daha önceden kistik adneksiyal kitleleri vardır. Prepubertal dönemdeki overlerin hızlı büyüme evresinde sık görülür.

US'de over büyüktür; %74 olguda periferlerinde multikistik yapılar görülür (Resim 5.134). Kist boyutları 25 mm'ye kadar çıkabilir. Genellikle Douglas'ta minimal sıvı izlenir. Bu görünüm hiperstimülasyondaki over görünümüne çok benzer. Torsiyonda, kistler arasında konjesyone over dokusu görülmesi önemli bir ayırıcı tanı ölçütüdür. Doppler US'de tutulan tarafta arteriyel akım azalmış veya kaybolmuştur. Adneksiyal akımda, normalde de görülen büyük değişimler ve bazen torsiyonun aralıklarla oluşması nedeniyle Doppler sonuçlarına çok güvenilmez.

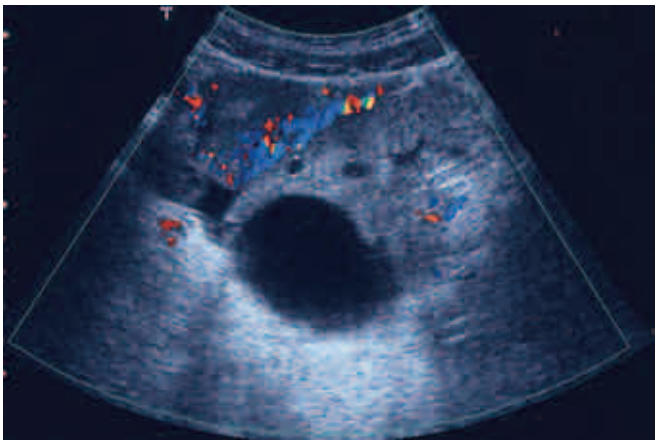

A


B

Resim 5.133 Polikistik over. A. Over büyümüş, periferinde yerleşik küçük kistler. Ortada ekojenitesi artmış stroma. B. Diğer bir polikistik over olgusu. Benzer şekilde over büyümüş, periferinde çok sayıda kist var ve santralindeki stroma ekojen.


A


B


C

Resim 5.134 Over torsiyonu. A. Over büyümüş ekojenitesi düşük ve periferinde kistik yapılar. B. Ayrı bir torsiyon olgusu. Over büyük, periferinde büyük kistler var. C. Aynı olgunun Doppler görünümü. Dopplerde büyümüş overin kanlanmasının belirgin şekilde azaldığı izleniyor.

Over tümörleri

Over tümörleri, benign veya malign olsun, sıklıkla kistik kitleler şeklindedir. Radyolojik olarak kesin bir malign-benign ayırımı yapılamaz. Bu ayırım patolojik olarak da zordur. Bir çok olgu patolojik olarak sınır vaka veya düşük malign potansiyelli olarak değerlendirilir. En sık görülen over tümörleri seröz veya müsinöz kistadenom ve kistadenokarsinomdur. İki taraflı görülme sıklığı benign kistadenomların seröz tiplerinde %20, musinöz tiplerinde %5; malign kistadenokarsinomların seröz tiplerinde %50, musinöz tiplerinde %25'tir.

Seröz kistadenom ve kistadenokarsinom over neoplazmlarının % 30'unu yapar. Kistadenom ince duvarlı-


A


B

Resim 5.135 Kistik over tümörü. A. US'de kenarları düzensiz kistik yapı içerisinde solid kesimler mevcut. B. BT görünümü. Büyük bir over kisti. Kist duvarında ve septasında nodüler yapılar izleniyor.

dır, genellikle ünilokülerdir ve içindeki sıvı anekoiktir. Kistadenokarsinom ise genellikle multilokülerdir, duvarı kalındır ve papiller uzantıları olan kalın septaları vardır. Sıvısı ekojenik olabilir. Doppler US ile septalarda ve papiller uzantılarda akım gösterilebilir.

Musinöz kistadenom ve kistadenokarsinomlar over neoplazmlarının % 20'sini yapar. Yaklaşık %85'i benigndir. Çoğu multipl septasyon içerir. İçerikleri musin nideniyle serözlere göre daha ekojendir. Büyük boyutlara erişebilir, tüm karnı dolduracak kadar büyüyebilir. Rüptüre olursa psödomiksoma peritoneiye neden olurlar.

Over kitleleri benign veya malign olabilir. Birçok olguda US ile bu ayırımı yapmak mümkün değildir. Boyut bir ölçüt olabilir; 10 cm'den büyük kitlelerde menopoz sonrası bir olguda malignite olasılığı %64 civarındadır, 5 cm'den küçük kistler büyük bir olasılıkla benigndirler. Septaları kalın olan, papiller kalınlaşmalar gösteren veya içerisinde belirgin solid komponenti bulunan kitlelerin malign olduğu düşünülmelidir (Resim 5.135). Septalarında Renkli Doppler ile akım görülen kitlelerin malign olma olasılıkları yüksektir; kist duvarında akım saptanması ayırıcı tanı bulgusu değildir.

Over kitleleri büyüdükçe uterus ve overde yer değişikliğine neden olur. Bu durumda kitleyi bu yapılardan ayırmak mümkün olmaz. Birçok olguda, over kitlelerinin daha çok miks yapıda olması, daha solid olan uterus kitlelerinden ayırmaya yardımcı bir bulgudur. Solid over kitleleri nadirdir.

Miks yapıda bir over kitlesi saptandığında peritoneal serbest sıvı, peritoneal yayılım veya lenf nodlarına ve karaciğere metastaz gibi maligniteye eşlik edebilecek muhtemel bulgular araştırılmalıdır.

Doppler US'de malign tümörlerde pik sistolik hız 25 cm/sn'nin üzerine çıkar, düşük dirençli diyastolik akım görülür. Malign ve benign tümörlerin Doppler akım karakteristikleri örtüşür ve iki grup arasında kesin sınırlarlar belirlenmemiştir.

Prodüktif çağdaki bir olguda kompleks bir adneksiyal kitle görüldüğünde ayırıcı tanı öncelikle hemorajik kist, endometriom, tuboovariyan apse veya ektopik gebelik arasında yapılmalıdır. Ayırıcı tanı için klinik ve laboratuar verilerinin bilinmesi şarttır.

Over tümörlerinin yaklaşık %4'ünü fibrotik neoplazmlar oluşturur. Solid kitle şeklindedirler ve yaklaşık %40 olguda assitle birliktedirler. Assitle birlikte plevral sıvı birikimi varsa klinik tabloya *Meigs sendromu* adı verilir. Midenin veya kolonun taşlı yüzük hücreli kanserlerinin overlere implantı ile gelişen over tümörlerine de *Krukenberg tümörü* adı verilmiştir.

Teratom-Teratodermoid kist

Bu başlık altında toplanan lezyonlar histopatolojik olarak teratom, dermoid ve epidermoid yapısındadır. Teratomlar her üç embriyonik katmanı da içerir ve genellikle heterojen solid kitle şeklinde görülür; içlerinde kistik kesimler vardır. *Struma ovari* içerisinde tiroid dokusu dominant olan bir teratoma verilen isimdir. Dermoid ektoderm kökenli saç, diş ve yağ bezleri gibi yapılar içerir ve bunların tipik radyolojik görünümleri ile tanınır (Resim 5.136). Dermoid prodüktif çağdaki kadınlarda sık görülür ve yanlış olarak kistik teratoma olarak sınıflandırılır. Epidermoid ise sadece epidermis kökenli bir yapıdır; solid kesimi yoktur, kistik bir yapı olarak görülür. Radyolojik olarak solid yapıda olanları genellikle teratom, kistik olanları ise teratodermoid kist olarak tanımlanır.

Teratodermoid kistlerin görünümü ihtiva ettikleri dokuya göre değişir (Resim 5.137). Tümüyle kistik, septasyonlu veya değişik alanlarda solid komponenti bulunan kistik yapı şeklinde görülebilir. Ekojen yağ içerebilir (Resim 5.138). Belirgin artmış ekojenite ile birlikte ses demetinde zayıflama olmaması tipiktir. Yağ, kist içerisindeki sıvı ile tabakalaşma yapabilir (Resim 5.139). Akustik gölge veren kalsifikasyon ve diş gibi yapılar bulunabilir. Dermoidlerdeki saç yumakları, kist içerisinde, reflektif ekojen bir yüzeyi olmadan yoğun akustik gölge verir. Saç yumağına has olan bu US görünümüne *aysberg tepesi bulgusu*



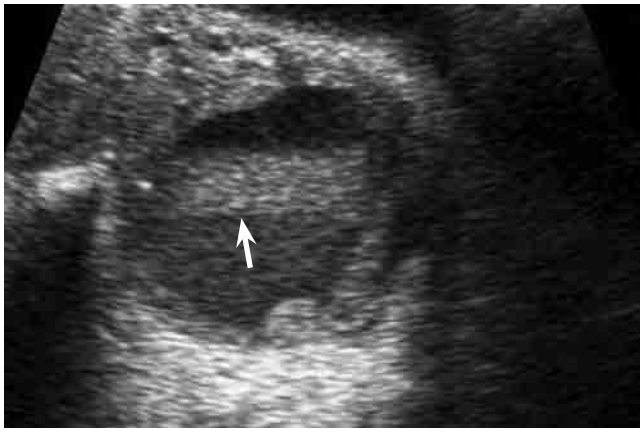
Resim 5.136 Teratomun düz röntgenogram bulgusu. Pelvis içerisinde sol over yerleşiminde diş ve kemiklere ait opak görünümler.



Resim 5.137 Overde teratom. Heterojen yapıda büyük bir kitle görünümü. Kitle içerisinde belirgin ekojen yapılar seçiliyor.



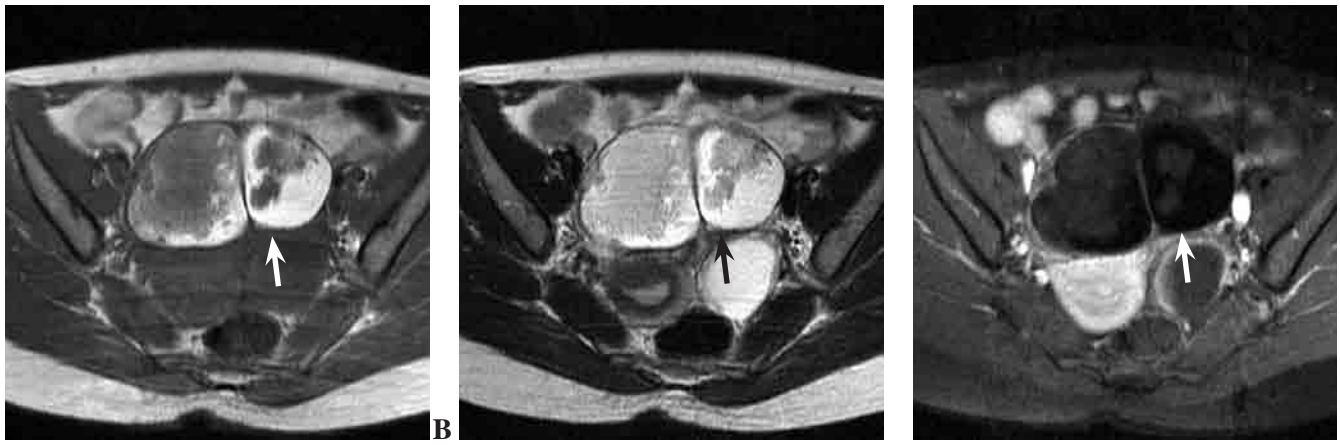
Resim 5.138 Overde dermoid kist. Kistik yapı içerisinde ekojen yağ görünümü (ok).



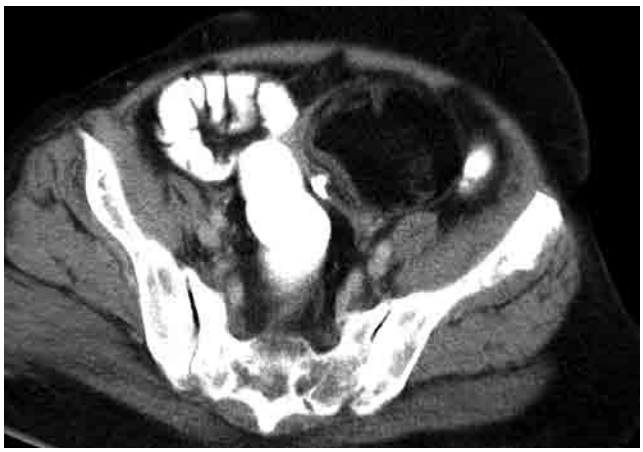
Resim 5.139 Dermoid kistte yağ-sıvı seviyesi (ok).

adı verilir. Dermoid kistlerin içerisindeki yağ MR'de kimyasal şift artefaktlarına neden olur ve yağ baskılama veya kimyasal şift görüntüleri ile tanınır (Resim 5.140). BT, yağ, diş ve kalsifikasyonları gösterir (Resim 5.141).

Sadece ekojen kistik bir yapı şeklinde görülen dermoidlerin ayırıcı tanısı hemorajik kistle yapılır. Dermoid kistlerin ekojenitesi çok belirgindir (Resim 5.142). Seri US incelemelerinde dermoid kistlerin ekojenitesinde bir değişiklik gözlenmez; hemorajik kistlerde ise zamanla ekojenite azalır. Hemorajik kistler bir çok olguda menstruasyonun sonunda kaybolur.



Resim 5.140 Teratomun MR görünümü. A. T1AG, B. T2AG, C. Yağ baskılamalı T1AG. Yağ dokusunu temsil eden hiperintens yapıların yağ baskılamalı görüntüde belirgin şekilde baskılandığı görülüyor.



Resim 5.141 Pelvik teratomda BT görünümü. Kitle içerisinde hipodens yağ görünümü. Kitle duvarında küçük bir kalsifikasyon.



Resim 5.142 Overde de dermoid. Kitle içerisinde yağa ait yoğun ekojenite.

ADNEKSA

Uterus ve overlerin çevresinde en sık görülen lezyonlar endometrioz, pelvik inflamatuar hastalık ve sıvı birikimleridir.

Endometrioz

Fonksiyone endometrial bezlerin ve stromanın ektopik yerleşim yerine endometrioz denir. Laparotomilerde %10-25 oranında görülmesine rağmen nadiren belirgin semptom verir. En sık overde, uterus ligamentlerinde, retrovajinal septumda ve pelvik peritonda yerleşir. Çevre yapılarda yapışıklık oluşturur. Over gibi yapılar içerisine sıklıkla oluşan kanamalar, endometrioz için tipik *çikolata kistleri*nin gelişmesine neden olur. Kan belirgin fibrotik reaksiyona neden olduğu için kist duvarı kalındır ve septasyon görülebilir. Görünüm apseye benzer. Endometrioz miyometriuma yerleşmişse (*adenomiyoz*) uterus normalden büyük görülür. Endometriozun tanı ve izlenmesinde US'nin özgüllüğü düşüktür. Bir çalışmada laparoskopi ile tanı konmuş olguların ancak %10.8'ine US ile tanı konabilmiştir. Olguların çoğu peritona 1-2 mm'lik implantlar şeklindedir ve US'ik olarak görülmez.

MR'de T1AG'de hiperintens, T2AG'de hipointens içeriği tipiktir. T2AG'deki bu hipointens görünüme *T2A gölgelenmesi* adı verilir. Nedeni muhtemelen biriken hemosiderozisten ve fibrozdan kaynaklanan sinyal kaybının kanın sinyal artımına baskın gelmesidir. Kist içeriği değişik dönemlerdeki kanamalara bağlı olarak heterojendir. Kistin kapsülü fibroz ve hemosiderin birikimi nedeniyle belirgin hipointenstir.

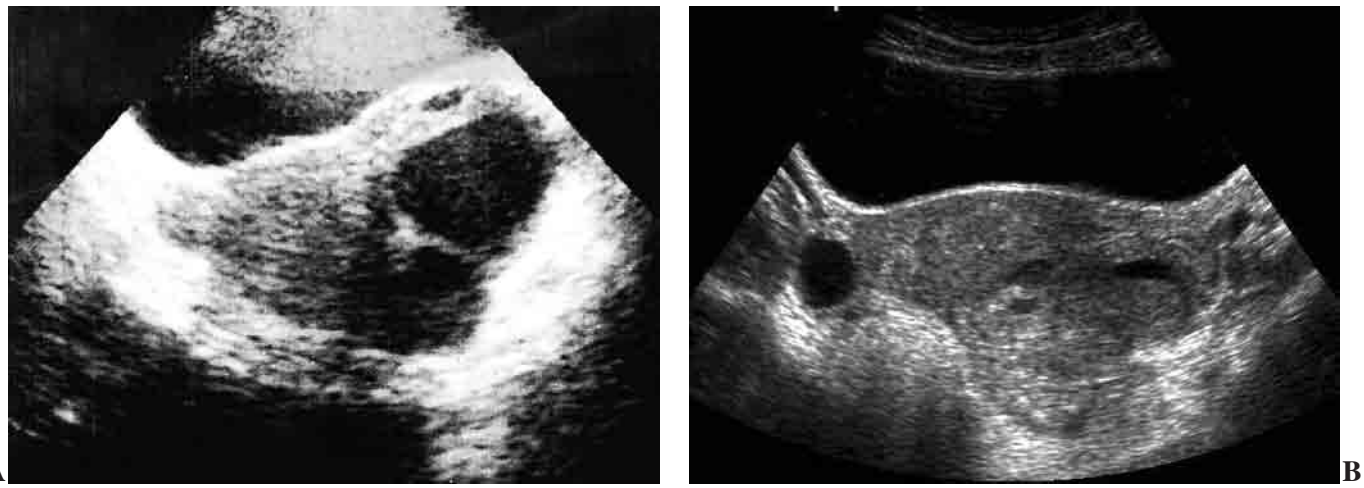
Pelvik inflamatuar hastalık

Erken dönemde uterus ve adneksinde kalınlaşmalar ve peritoneal reseslerde minimal sıvı izlenir. Hastalık ilerledikçe tubo-ovarian veya pelvik apseler gelişir (Resim 5.143). Bu başlık altında endometritten salpinjit, hidrosalpinks, piyosalpinks ve tuboovariyan apseye kadar değişen bir spektrum bulunur. Kronik olgularda apse duvarı ekojendir ve içerisinde debrise ait ekolar görülür. Boyutları genellikle birkaç santimetreyi geçmez. Pelvik inflamatuar hastalıkta fizik muayene ağrılı olduğundan US ile lezyonlar fizik muayeneden daha iyi değerlendirilir. US ile ayırıcı tanı yapılamaz. US'nin ana işlevi tedaviye cevabın izlenmesidir.

Pelvis içerisindeki sıvı birikimi

Pelvis içerisindeki sıvı birikimi apse, endometrioz, hematom ve ektopik gebeliğe bağlı olabilir. US ile sıvıların nedenlerini belirlemek genellikle mümkün olmaz. Miks ve/veya komplike kistik yapılar şeklinde görülürler ve hepsi birbirine benzer. Bir çoğu Douglas boşluğunda yerleşir. Over ve fallopiyan tüp yerleşiminde de olabilirler. Genişlemiş fallopiyan tüpler anekoik ise hidrosalpinksi, internal ekolar içeriyorsa piyosalpinksi düşündürür.

Ayırıcı tanı anamnez ve klinik muayene ile yapılır. Ateş apseyi; hormon tedavisi ile düzelen siklik ağrı endometriozu; travma hematomu; pozitif gebelik testi ise ektopik gebeliği düşündürür. Over bölgesinde kalın kenarlı kistik veya miks yapıda bir lezyon uygun



Resim 5.143 Tubooveriyan enfeksiyon. A. Sol adnekste piyosalpinkse ait septalı kistik görünüm. B. Uterus arka kesiminde düzensiz kenarlı kitle görünümü. Tubooveriyan apse.

bir anamnez veriyor ise over apsesini veya piyosalpinksi temsil edebilir.

Pelvis içerisindeki sıvı birikimleri her zaman jinekolojik nedenli olmayabilir. Rüptüre apandisitin pelvik apse oluşturması mümkündür. Postoperatif apseler de pelviste yerleşebilir.

UTERUS ve VAJİNA

Miyom (leyomiyom, fibroid)

En sık görülen uterus lezyonu miyomdur. Uterusun her yerinde olabilir. Endometriyal kanala doğru büyüyenler kanalda distorsiyon yapar. Subseröz yerleşimde olanlar uterus kenarını değiştirir. Böyle bir kenar değişikliğinin görülmesiyle uterus miyomu tanısı kolayca konabilir. Nadir olarak görülen saplı miyomlar uterustan ayrı bir kitle gibi görülebilir. Bu tür miyomlar over kitlelerinden ayrılamaz. Torsiyone olarak akut karın tablosu oluşturabilirler.

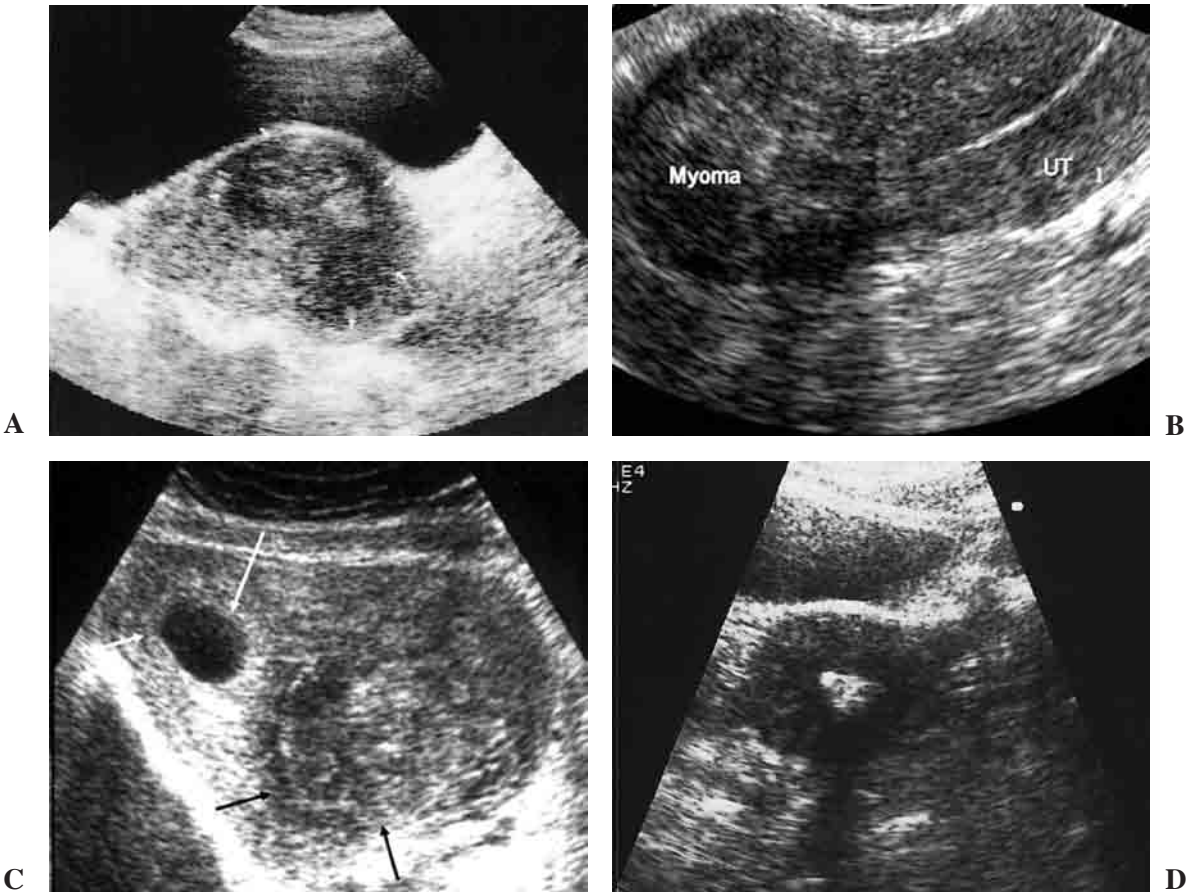


Resim 5.144 Pelvis röntgenogramında uterus miyomuna ait yoğun kalsifikasyon.

Kalsifiye miyomların kalsifikasyonları pelvis içerisinde kalsifik kitle şeklinde görülür. Granüler veya amorf yapıda oldukça yoğun kalsifik alanlar içeren sferik kitleler şeklindedir (Resim 5.144). Büyük boyutlara erişen miyomlar düz karın röntgenogramlarında pelvisten göbeğe doğru büyümüş kitle şeklinde görülebilir.

Miyomların US görünümleri değişiktir. Sıklıkla solid yapıda ve heterojendirler (Resim 5.145). Ses demetinde zayıflama yapabilirler. İçlerinde akustik gölge veren kalsifikasyonlar olabilir. Bazı olgularda yoğun şekilde kalsifiye miyomun akustik gölgesi nedeniyle uterus görülmeyebilir. Miyomların bir bölümünde dejenerasyona bağlı nekroz veya kanama nedeni ile kistik bölgeler oluşabilir. Gebelikte kanama veya nekroz sık görülür ve buna bağlı olarak miyom hızla büyüyebilir. Miyomların postmenopozal evrede regresyonu beklenir. Bir santimden küçük veya uterusun iç ve dış kenarında distorsiyon oluşturmayan miyomların saptanması zordur.

Uterus miyomları olan hastaların %20'sinde uterus US'de normal görülür. Normalden büyük bir uterusta ayrı bir kitle görünümü saptanmamışsa çok sayıda küçük miyom ihtimali düşünülmelidir. US aygıtlarının çözümlemesi arttıkça bir santimden daha küçük miyomların görülebilmesi beklenir. Bazen çok sayıda miyom nedeniyle uterus heterojen eko yapısında lobüle bir kitle görünümü alır. Örneğin düşüklerde



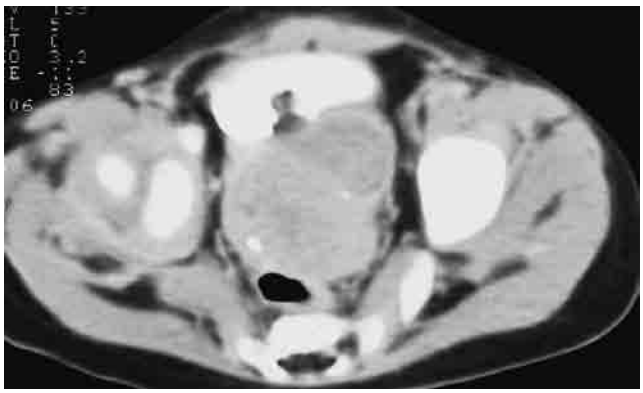
Resim 5.145 Uterus miyomlarının US görünümleri. A.Uterus fundusunda heterojen ekolar içeren hipoekoik kitle. B. Transvajinal ultrasonografide uterus fundusunu büyüten heterojen hipoekoik kitle. C. Transvajinal ultrasonografide gestasyonel keseyle beraber kese fundusunda heterojen miyom görünümü. D. Uterus miyomu içerisinde yoğun kalsifikasyonun akustik gölgesi izleniyor. Hasta post menopozal evrede.

olduğu gibi uterusun geçici kontraksiyonları miyomu taklit edebilir. Miyomun kalsifikasyonu düz röntgenogramla gösterilir.

MR'de miyomların karakteristik sinyal özellikleri yoktur, morfolojileri ile tanınırlar (Resim 5.146). Malign dejenerasyon belirlenemez. Miyomlar çevre



Resim 5.146 Miyomun MR görünümleri. A. Kontrastlı T1AG. Heterojen bir şekilde hafif kontrast tutan büyük bir miyom görünümü. B. T2AG. Heterojen hipointens kitle.



Resim 5.147 Uterus miyomunun BT görünümü. Küçük kalsifikasyonlar içeren heterojen kitle.



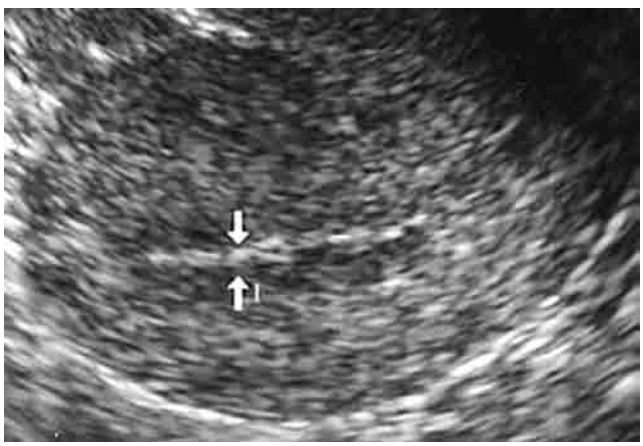
Resim 5.149 Belirgin endometrial hiperplazi (ok). Hiperplazik endometrium tabakası içerisinde küçük kistik alan (kıvrık ok).

miyometriyumdan ince hipointens bir çizgi ile ayrılır. US ile değerlendirilmesi zor olan retrovert uteruslarda miyom olup olmadığı MR ile saptanabilir. Miyomun morfolojisi ve kalsifikasyonları BT ile de ayrıntılı olarak gösterilir. (Resim 5.147)

HSG'de yerleşim yerlerine ve büyüklüklerine göre uterus kavitesinde dolma defekti ve deformasyon oluşturabilirler. Submüköz miyomlar, genellikle dolma defekti şeklindedir. İntramural miyom, uterus kavitesinde distorsiyon veya genel bir genişleme şeklinde görülebilir. Subseröz miyomların endometriyum kavitesine etkisi minimaldir.

Endometrial hiperplazi

Endometriyal kalınlık daima yaşla ve menstruasyon siklusunun evresine göre değerlendirilmelidir. Kalınlığın artması östrojen seviyesinin yüksek olarak devam etmesine ve/veya karşıt hormonal aktivitenin olmamasına bağlıdır (Resim 5.148). Kalınlık ölçümü uterusun sagital düzleminden yapılır ve her iki yaprağın toplam kalınlığı ölçülür. Menopoz sonrası bir kadında endometriyum kalınlığının 5 mm'den az olması endometrial atrofiyi gösterir. Menopoz sonrası yapılan hormon tedavisi endometriyumu 1-2 mm kalınlaştırır.



Resim 5.148 Transvajinal US'de endometrium kalınlığı ölçümü.

Kalınlaşmış endometriyum heterojendir, küçük kistler içerebilir (Resim 5.149). Endometrial kanserden biyopsi ile ayrılabilir. Vajinal kanaması olan bir kadında endometriyum kalınlığının anormal olması biyopsi endikasyonudur. Menopoz sonrası bir kadında endometriyum kalınlığının 5 mm'den fazla olması, prodüktif çağdaki veya tamoxifen alan bir kadında 15 mm'den fazla olması endometrial hiperplaziyi gösterir; biyopsi yapılmalıdır. Zayıf estrojen aktivitesi gösteren ve antiestrojen bir madde olan tamoxifen meme kanserinde ve osteoporoz tedavisinde kullanılır ve kandaki lipid seviyesini ayarlar. Tamoksifen, endometriyal hiperplaziye ve subendometrial miyometriyum kesiminde anekoik alanlar şeklinde görülen kistik atrofi gelişimine neden olur; endometriyal polip ve endometrial kanser insidansını artırır.

Endometriyal polipler fokal hiperplazi alanları veya adenomatöz neoplazidir. Olguların %20'si birden fazladır; %1-4 olguda malign değişim rapor edilmiştir. US'de fokal endometrial bir kitle veya difüz kalınlaşma şeklinde görülür (Resim 5.150). Endometriyum kavitesi sıvı ile doldurularak US yapılırsa (sonohisterosalpingografi) lezyonun polipoid yapısı gösterilebilir. HSG'de de dolma defekti şeklinde görülürler.

Endometriyal karsinom

Endometriyal karsinom 50 yaşından yukarıda sık görülür. Fokal ve difüz olabilir. Fokal şekli lümene doğru uzanan polipoid yapıdadır. Difüz şekli infiltratiftir.



Resim 5.150 Endometrial polip. Endometrium kavitesi içerisine projekte yumuşak doku kitlesi şeklinde görülüyor (ok).

Endometriyum kalınlaşır ve kenarı düzensizleşir; daha az sıklıkta olmak üzere heterojen bir kitle şeklinde görülür (Resim 5.151). Endometrial hiperplazi endometrial kanserin prekürsörüdür. Vajinal kanaması olan postmenopozal evredeki bir hastada uterus büyük görülüyorsa endometrial karsinomdan şüphelenilmelidir. Bu durumda uterusun büyüklüğü ile birlikte, santral kanalın ekojenitesinde artma izlenir. Transvajinal US ile miyometriyumun invazyonu gösterilebilir. Menopozda uterus atrofiktir. Bu evrede normal boyuttaki bir uterus anormal olarak değerlendirilmelidir.

Endometrial veya servikal karsinomda servikal stenoz görülebilir. Buna bağlı olarak endometrial kavite genişler. Bu şekilde genişleme cerrahiden veya radyasyondan sonra da izlenebilir. US'de endometriyal kavitenin belirgin şekilde genişlediği ve debris, iltihap veya pıhtıya bağlı iç ekoların varlığı dikkati çeker. Menstruasyon görmemiş pubertedeki kızlarda böyle bir görünüm servikal stenozu değil hematometrium, hematokolpos veya hematometrokolposu düşündürür. Ateş endometrial enfeksiyonun, örneğin piyometriyum lehinedir. Postpartum evrede uterus küçülmüyorsa ve endometrial kavite hiperekojenik ve genişse intrauterin bir parçanın kaldığını veya pıhtıyı düşünmek



Resim 5.151 Endometriyal karsinomunun sagital MR görünümleri. A. T1AG. Endometriyum kavitesi düzensiz ancak miyometriyum intensitesinden farklı bir intensite seçilemiyor. Uterusun ön duvarında miyometriyum kavitesini de iten, miyometriyuma göre hafif hiperintens seçilebilen, muhtemelen miyoma ait görünüm. B. T2AG. Miyometriyum düzensiz ve hiperintens. T1AG'de güçlükle seçilen yapının hipointens bir miyoma ait olduğu anlaşılıyor. C. Kontrastlı T1AG. Miyometriyum belirgin kontrast tutuyor. Endometrium kavitesini çevreleyen, kontrast tutmayan tümör kitlesi miyometriyumdan açık bir şekilde seçilebiliyor.

gerekir. Gaz yapan bakterilerle oluşan endometrial enfeksiyonda yoğun akustik gölge izlenir.

Tümör önce miyometriyum ve serviksi invaze eder, daha sonra pelvik ve retroperitoneal lenf nodlarına yayılır. Daha sonra parametriyuma, broad ligament içerisine ve overlere doğrudan invazyon gelişir. Geç dönemde akciğer, kemik, karaciğer ve beyin metastazları görülebilir.

Kontrastlı BT'de tümör miyometriyumdan daha az kontrast tutarak belirgin hale gelir. MR'de tümörün sinyal intensitesi endometriyumunkinden farklı değildir. Bu nedenle küçük lezyonların MR ile saptanması zordur. T2AG'de tümör hiperintens görülür, T1AG'de miyometriyumla izointenstir, kontrast verildiğinde miyometriumun daha yoğun kontrast tutması nedeniyle çevreden ayrılır. Miyometriyumun invazyonu, hipointens sınır şeridinin infiltrasyonu ile belirlenir, ancak sınır şeridinin bazı postmenopozal olgularda görülmemesi tanıyı zorlaştırır. Sınır şeridinin sağlam olması miyometriyumun invaze olmadığını gösterir. MR'nin miyometriyum ve çevre invazyonunu saptamada doğruluk oranı %80-90 arasındadır. Uterus kenarında düzensizlik çevre invazyonunun bulgusudur.

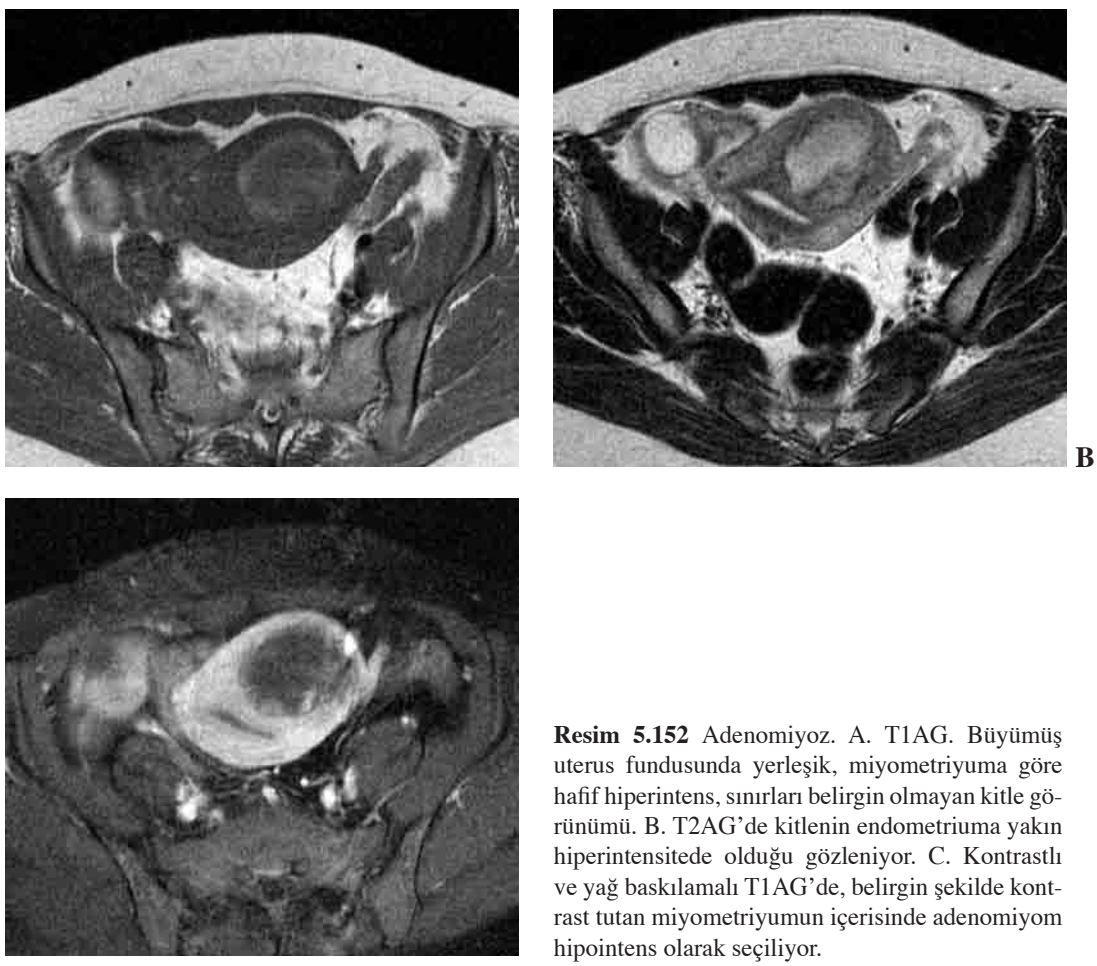
Prognoz ve tedavi hastalığın evresine göre değişir. En kritik faktör miyometrum invazyonunun derinliği ve lenf nodu tutulumudur. Miyometrial invazyon %50'den azsa lenf nodu metastazı olasılığı azalır.

Sarkomlar büyük boyutlara erişebilen çok saldırgan tümörlerdir.

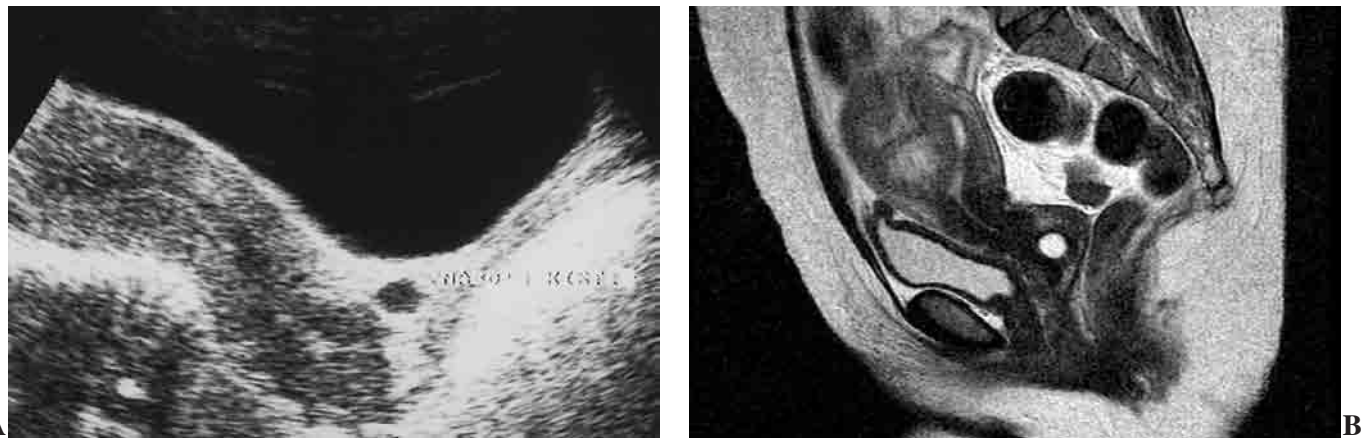
Adenomiyoz

Endometriyal bezlerin ve stromasının fokal veya difüz olarak miyometriyum içerisine yerleşmesidir (Resim 5.152). İnternal endometrioz adı da verilir. Sıklıkla 30 yaşın üstündeki multipar kadınlarda görülür. Fokal yerleşimi miyometriyum içerisinde kitle şeklinde görülür ve adenomiyom adını alır. Difüz şekli çok daha sık görülür; miyometriyum içerisine dağılmış adacıklar şeklindedir.

US görünümü tutulum şekline göre değişir. Uterus genellikle büyümüştür; miyometriyumun ekojenitesi kabalaşmış ve azalmıştır. Miyometriyum ve endo-



Resim 5.152 Adenomiyoz. A. T1AG. Büyümüş uterus fundusunda yerleşik, miyometriyuma göre hafif hiperintens, sınırları belirgin olmayan kitle görünümü. B. T2AG'de kitlenin endometriuma yakın hiperintensitede olduğu gözleniyor. C. Kontrastlı ve yağ baskılamalı T1AG'de, belirgin şekilde kontrast tutan miyometriyumun içerisinde adenomiyom hipointens olarak seçiliyor.



Resim 5.153 Naboth kisti. A. US görünümü. Serviks kanalına komşu, düzgün kenarlı kistik yapı. B. MR görünümü. T2AG'de serviks kanalına komşu belirgin hiperintens kistik yapı. Uterusun fundusunda adenomiyoma ait hiperintensite izleniyor.

metriyum arasındaki sınır keskinliğini kaybeder ve düzensizleşir. Bu bölgede ekojenik nodüller, 1-5 mm boyutlarında kistik yapılar ve hipoekoik bantlar görülebilir. Sıklıkla miyomla birliktedir ve miyom adenomiyozun görülmesini engeller.

Tanıda en duyarlı yöntem MR'dir. Büyümüş uterusta T2AG'de sınır şeridinde 12 mm'yi aşan kalınlaşma ve olguların yaklaşık yarısında miyometriyum içerisine dağılmış artmış sinyal intensitesinde endometrial foküsler görülür. Fokal kitle şeklinde görülenlerin çevrelerinde sınır olmaması, hipointens sınırı olan miyomlardan ayıran bir bulgudur.

Naboth kistleri

Kronik serviks enfeksiyonlarında serviks kanal epitelindeki mukus salgılayan bezlerin kanallarının tıkanmasına bağlı olarak meydana gelir. Serviks kanalının çevresinde birden fazla sayıda 2-4 mm boyutlarında anekoik yapılar şeklinde görülürler (Resim 5.153).

Serviks kanseri

En sık görülen jinekolojik malignitedir. Olguların %95'i skuamöz hücreli karsinom, geriye kalanı adenokarsinomdur. En sık 45-55 yaşlarında görülür; 15-34 yaşları arasındaki kadınlarda ikinci sıklıkta görülen malign tümördür. Doğrudan çevre yayılımı gösterir; parametriyuma, vajinaya, mesane ve rektuma yayılır. Yakın komşuluğu nedeniyle üreter obstrüksiyonu sık görülür. Lenfatik yayılımı pelvik, inguinal ve retroperitoneal lenf nodlarınadır. Uzak metastazları geç dönemde ortaya çıkar.

Tanı klinik olarak konur. Radyolojinin görevi evrelemedir. Tümör, MR'de T2AG'de hipointens servikal stromayı infiltre eden hiperintensite şeklindedir (Resim 5.154). Serviks kenarlarının keskinliğini yitirmesi ve düzensizleşmesi, periüretral yağ planlarının kaybı ve çevreye doğru yumuşak doku şeritlerinin uzanması çevre invazyon bulgularıdır (Resim 5.155). Pelvik lenfadenomegaliler saptanabilir. Servikal kanserlerin evrelenmesinde MR'nin doğruluk oranı ortalama %80 civarındadır. Pelvis duvarlarının ve mesanenin invazyonu %90'ı aşan bir doğrulukla saptanabilir.



Resim 5.154 Serviks karsinomu. T2AG. Servikste miyometriyumdan daha intens kitle görünümü. Kitlenin olduğu kesimde uterusun duvarları düzgün, çevre invazyonu görülmüyor.



A



B



C

Resim 5.155 Serviks karsinomu. A. Kontrastlı T1AG. Servikste hafif kontrast tutan kitle. Serviksin arka duvarı düzensiz. B. T2AG. Miyometriyuma göre hafif hiperintens kitle, çevredeki yağın içine doğru ışınsal uzanım gösteriyor. C. Aksiyal T2AG. Çevre yağın invazyonu daha belirgin.

BT'de, olguların yaklaşık yarısında tümör dokusu kontrastlı ve kontrastsız kesitlerde serviksle izodenstir (Resim 5.156). Bu nedenle BT'nin evrelemedeki yeri sınırlıdır. Serviks kanserinin lenf nodlarını büyütmeden invaze etme özelliği nedeniyle lenf nodu kategorisinde de duyarlılık düşer. Nod içerisindeki santral nekroz tutulum açısından daha değerli bir bulgudur.

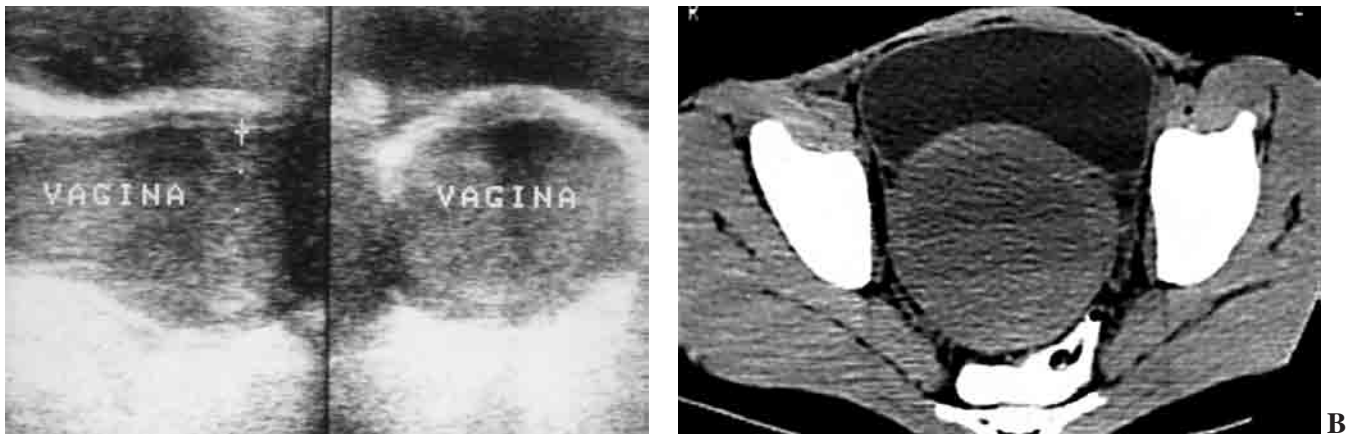


Resim 5.156 Serviks karsinomunda BT görünümü. Serviks belirgin şekilde büyük, dış konturu düzgün, çevre invazyonu görülmüyor.

Vajina

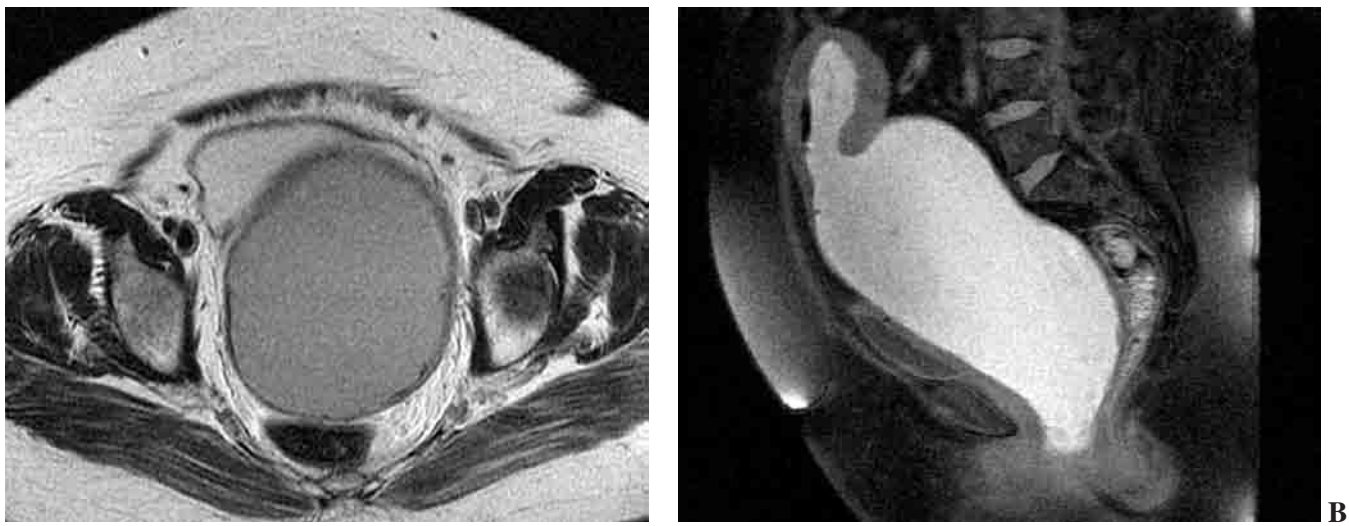
Vajina fizik muayene ile ulaşılan bir bölgedir. Vajinanın hastalıklarında bu nedenle radyolojinin yeri sınırlıdır. İmperfore hiymenli veya vajinal atrezili olgularda gelişen hematokolpos ve hematometrokolposta vajende veya vajenle birlikte endometrium kavitesinde ve hatta tubalarda kan ve sekresyon birikir (Resim 5.157). Değişik nedenli vajinal stenozlarda da benzer görünüm oluşur (Resim 5.158).

Vajina kanserlerinde radyolojinin görevi çevre invazyonunu belirlemek ve tümörü evrelemektir (Resim 5.159).



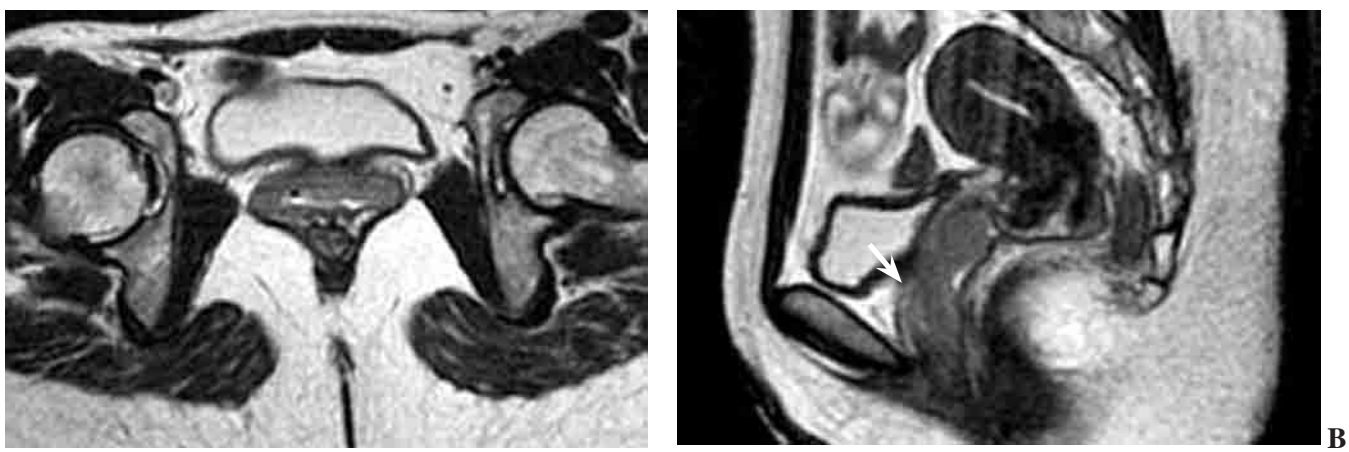
A B

Resim 5.157 Hematokolpos. A. US görünümü. Vajenin ekojen bir materyalle genişlediği izleniyor. Ekojen materyalin arka duvar yankısının olması sıvı olduğunu gösteriyor. B. BT görünümü. Genişlemiş vajen içerisinde hipodens sıvı görünümü.



A B

Resim 5.158 Vajinal stenoza bağlı hematometrokolpos görünümü. A. Aksiyal T2AG. B. Sagital yağ baskılı T1AG. Kan T1AG'de hiperintens, vajeni belirgin şekilde genişletmiş ve endometrium kavitesinin içini doldurmuş.



A B

Resim 5.159 Vajinal karsinom. A. Aksiyal T2AG. Vajen ön duvarı belirgin şekilde kalınlaşmış. B. Sagital T2AG. Vajen ön duvarını kalınlaştıran kitle görünümü (ok).

Gebelik

İNCELEME YÖNTEMLERİ

US

US gebelikte temel tanı yöntemidir; gebelik yaşını tayin eder, fetal büyümeyi izler, fetüsun sağlık durumunu ve anatomisini değerlendirir ve anneye ait pelvik organları görüntüler. I. trimestrede transvajinal US daha ayrıntılı bilgi verir. Doppler US ile fetal akım değerlendirilir; özellikle intrauterin gelişme geriliğinin tanısında ve ektopik gebelik araştırmasında katkı sağlar. MR bazı olgularda tamamlayıcı yöntem olarak kullanılır; açık olmayan fetal anomalileri daha iyi gösterebilir. Fetal hareket sorun olduğu için fetal sedasyon ve hızlı sekanslar kullanılılır. Röntgenin gebelikteki tek kullanım alanı, nadir olarak başvurulan pelvimetridir.

Gebelikteki US incelemesi her ülkede ilgili organizasyonlar tarafından standardize edilmiştir. Genel ultrasonografi departmanlarında yapılan standart US incelemesine *I. seviye*, fetal anatomiyi ve defektlerini ayrıntılı olarak göstermeye dönük daha derinlemesine yapılan incelemeye *II. seviye* US incelemesi adı verilir. Standart bir gebelik US incelemesinde değerlendirilen ölçütler Tablo 5.7'de sunulmuştur.

Doppler US'nin obstetrikteki en önemli uygulaması intrauterin gelişme geriliği (IUGR) ve ektopik gebeliktir. Renkli Doppler ile umblikal kordun pozisyonu ve iç yapısı değerlendirilir. Prezante başın altında veya nukal pozisyondaki olduğu söylenebilir. Özellikle kordun iyi görülmediği oligohidramniyoz olgularında renkli Doppler değerlidir. Kordun damar sayısı ve monoamniyotik ikizlerdeki kord dolanması saptanabilir. Ön karın duvarı defektleri, umblikal kordla ilişkisi saptanarak karakterize edilir.

Tablo 5.7 Standart bir gebelik US incelemesinde değerlendirilen ölçütler

Gestasyonel yaş tayini
Büyümenin değerlendirilmesi
Amniyotik sıvı miktarı
Tek veya çoğul gebelik
Kalp hareketleri
Fetal prezantrasyon
Plasentanın pozisyonu ve yapısı
Fetal anatominin gözden geçirilmesi
Adneksiyal kitle veya uterus miyomu araştırılması

Orta serebral arterde akım ölçümü yapılarak intrauterin gelişme geriliği değerlendirilir. Gelişme geriliğinde serebral vazodilatasyon nedeniyle direnç düşer, diyastolik akım artar.

Hemolitik fetüslerde aneminin şiddeti fetüsün aortundaki akım hızı ölçülerek değerlendirilir ve transfüzyon gerekip gerekmediği kararlaştırılır. Bu amaçla orta serebral arterde azami hız da ölçülebilir. Doppler US'nin obstetrikteki diğer endikasyonları ikiz-ikiz transfüzyon sendromunda hemodinamiği değerlendirmek ve Galen veni anevrizmasını saptamaktır.

MR

Gebelikte MR, US'nin yetersiz kaldığı durumlarda tanıya yardımcı bilgiler sağlar. Temel kullanım alanı fetüsun değerlendirilmesidir. Bu konudaki katkısı objektivitesi, geniş görüntüleme alanı ve yüksek yumuşak doku kontrastına bağlıdır. Gebelik süresince annede oluşan hastalıkları ayrıntılı görüntülemesi, tedavi planlamasına önemli katkı sağlar. US ile çözülemeyen ve BT'nin endike olduğu örneğin akut apandisit gibi klinik durumlarda iyonizan ışın bulunmaması nedeniyle alternatif yöntem olarak kullanılır.

MR ile fetüsun incelenmesini sınırlayan hareket, görüntü kalitesi yüksek hızlı sekansların geliştirilmesiyle aşılmıştır. Eskiden fetal hareketleri azaltmak için anneye yapılan medikasyona artık gerek duyulmaz. İncelemede T2 ağırlıklı, örneğin HASTE gibi hızlı sekanslar kullanılır. Beyinde difüzyon ağırlıklı görüntüler eklenebilir. Hastalar uzun süre sırt üstü yatamayacağı için sol posterior oblik pozisyonda, klostorofobiyi azaltmak için de ayakları önde magnete sokulurlar. İnceleme 10-35 dk. sürer.

MR'nin fetüsa bilinen bir zararlı etkisi yoktur. Bununla birlikte organogenezis evresi olan I. trimestrede yapılmaz. Kontrast verilmesi önerilmez.

MR özellikle US'nin yetersiz kaldığı oligohidramniyozlu olgularda fetüsu ayrıntılı olarak görüntüler. Son trimestrede, posterior fossa lezyonları ve kraniyoservikal bileşke, fetal başın angajmanı ve kemik yapıların osifikasyonlarının artması nedeniyle US ile çok iyi incelenemez. Sakral kesime lokalize spinal

disrafizm olgularında da US incelemesi yeterli olmayabilir. Benzer engeller nedeniyle US'nin yetersiz kaldığı durumlarda MR ile ayrıntılı görüntüler elde edilebilir (Resim 5.160). Literatürdeki değişik çalışmalarda merkez sinir sisteminde, US ile elde edilmiş sonuçlara, olguların yaklaşık 1/3'ünde ek bilgi sağlandığı ve bu olguların yaklaşık yarısında da hastanın yönetimi ve tedavisinin değiştiği bildirilmektedir. Buna karşılık koroid pleksus kistleri ve fokal iskemik alanlar gibi küçük lezyonlar MR ile gözden kaçabilir.

Toraksta MR, özellikle mediyastinal kitlelerde ve hemitoraks içerisindeki yer kaplayan lezyonlarda, ayrıntılı bilgi verir. Diyafragma hernilerinde akciğer matürasyonun belirlenmesi prognoz ve postpartum tedaviyi etkiler. Akciğer matürasyonunu belirlemek için US ile ölçülen akciğer hacmi/baş boyutu oranı, MR ile daha duyarlı ölçülür. Matürasyonun belirlenmesinde sürfaktan prekürsörü lesitinin spektroskopik olarak ölçülerek belirlenmeye çalışması veya akciğerlerin vaskülarizasyonunun difüzyon görüntülerle belirenmeye çalışılması araştırılan konulardır. Hareket bu çalışmaları engelleyici önemli bir sorundur.

Fetal bağırsaklar içerisinde 20 haftadan sonra ortaya çıkan mekonyum T1AG'de hiperintens görülür ve doğal kontrast görevi yapar. MR bağırsak obstrüksiyon seviyesini US'den daha iyi saptar. Karın defektleri ve içerikleri daha iyi görülebilir.



Resim 5.160 Obstetrik MR. Servikal bölgede miyelomeningosel.

Abdominal dış gebelikte plasentanın yapıştığı yerleri, büyük besleyici damarları ve uterusla ilişkiyi görüntüleyerek ameliyat planlanmasına önemli katkılar sağlar. Özellikle monoamniyotik tek yumurta ikizlerinde umblikal kordların yerlerini ve ilişikilerini belirlemede yardımcıdır.

MR-pelvimetri röntgenle yapılan pelvimetrinin alternatifidir. İyonizan ışın olmaması üstünlüğüdür.

Hızlı teknolojik gelişmelerin, her geçen gün MR'nin gebelikteki kullanım alanını genişleteceği öngörülebilir.

Röntgen-pelvimetri

Anne pelvisi ile fetüs başının boyutları arasında bir uyumsuzluktan şüphelenildiğinde yapılır. Temel pozisyon ayakta yan pelvik röntgenogramıdır. Buna önarka ve diğer özel pozisyonlar eklenebilir. Bu röntgenogramlarda fetal başın boyutları ile pelvisin boyutları belirli noktalarda ölçülerek karşılaştırılır. Pelvimetrenin temel endikasyonları şunlardır: 1) İlk gebelikte ısrarlı makad prezantasyonu, 2) İlk doğumun zor (forseps ve sezaryenle) olması, 3) İlk gebelikte 36. haftadan sonra angaje olmamış fetüs başı, 4) Pelvis kırığı, konjenital anomaliler, osteomalazi, tüberküloz gibi pelvis kemiklerini tutan ve deformasyona neden olan hastalıkların varlığı veya sekeli.

Anatomi

Döllenme Fallop tüpleri içerisinde olur. Spermle birleşen oosit zigotu oluşturur. Zigotun bölünmesi Fallop tüpü içerisinde başlar; morula fazında uterus içerisine girer. Blastosit fazında endometrial implantasyon gerçekleşir. Bu sırada overde, rüptüre olmuş follikülden korpus luteum gelişir. Korpus luteum genellikle 2 cm'den küçüktür. Progesteron salgılayarak desidual reaksiyonun gelişimini sağlayan korpus luteum, fonksiyonunun plasenta tarafından yüklenilmesi nedeniyle 10. haftadan sonra geriler.

Gestasyonel kese koryonik membranla çevrelenmiştir. Fetal nod, çevresindeki amniyon kesesi ve karın bölgesinden uzanan yolk kesesi ile birlikte içi sıvı dolu koryonik kese içerisinde gelişir. Amniyon ve yolk keseleri gebeliğin 5.-6. haftalarında gestasyonel kese içerisinde yan yana iki küçük kistik yapı şeklindedir ve bu görünüme *çift kabarcık işareti* adı verilir. Fetal nod bu iki kistik yapı arasında bulunur. Yolk kesesi kaybolurken fetal nodu saran amniyotik kavite genişleyerek 14-16. haftalarda koryonik membranla birleşir.

Yolk kesesi 2-6 mm çapında kistik bir yapıdır ve görevi embriyona, plasental dolaşım başlayana kadar besin temin etmektir. Kese duvarında anjiogenezis ve hematopoezis gelişir. Dorsal parçası orta bağırsağa vitellin kanalı denilen bir yapıyla birleşir. Omfalomezanterik kanal adı da verilen bu yapının bağlantı yerindeki kalıntısı Meckel divertikülünü yapar. Kanal göbek kordonu içerisinde plasentaya uzanır. Yolk kesesi erken gebelik döneminde en erken görülen yapıdır.

Desidua, gebe uterusun endometriyumuna verilen isimdir. Gestasyonel kese desidua içerisine gömülüdür. Desidua paryetalis endometrial kaviteyi örten kesiminin, desidua bazalis gestasyonel kesenin tabanında bulunan desidual parçanın adıdır; gestasyonel kesenin endometrial kavite tarafındaki yüzeyini örten parçaya ise desidua kapsülaris adı verilir. Uterusun bir duvarında büyüyen gestasyonel kese ve çevresindeki desidual tabaka, endometriyum kavitesinin içini yerel bir tümsek şeklinde doldurarak karşı duvara dayanır. Gestasyonel kesenin üzerini örten desidua kapsülaris ile karşı duvardaki desidua paryetalis arasında kalan endometriyum kavitesinde çok az miktarda bir sıvı bulunur. Bu durumda biri gestasyonel keseye, diğeri onu çevreleyen endometrial kaviteye ait çift kese görünümü ortaya çıkar (Resim 5.161). Gebeliğin normal olduğunu gösteren ve normal gebeliklerin %95'inde görülen bu işarete *çift desidual kese işareti* adı verilir.

Plasenta annenin desidua bazalisi ile fetüsun koryon frondozumunun birleşmesi ile meydana gelir. Plasental membranların dışını koryon, içini amniyon zarı yapar. Bu membranlar genellikle 14-16. haftaya kadar ayrı kalırlar. US'de amniyon zarı sıvı içerisinde yüzen ince bir membran olarak görülür. Koryon gestasyonel keseyi çevreleyen membrandır. Bezen gebeliğin geç dönemlerine kadar bu iki yaprağın birleşmediği görülür; bu olayın klinik bir önemi yoktur.

Gestasyonel kese

Blastosit gebeliğin yaklaşık 21. gününde endometriyuma implante olur. Bu evrede blastositin boyutu yaklaşık 0.1 mm'dir ve US'de görülmez. Normal keseler 2-3 mm boyuta ulaşınca görülür hale gelirler. Kese boyutu, birbirine dik olarak ölçülen üç boyutunun ortalamasıdır. Kesenin içerisinde önce yolk kesesi ile birlikte kalp atışı gözlenir, daha sonra embriyon görülür hale gelir. Tranvajinal US ile gestasyonel kese 5. haftada, yolk kesesi ve kalp atışı 5.5. haftada, embriyon ise 6. haftadan sonra görülür hale gelir (Resim 5.162).

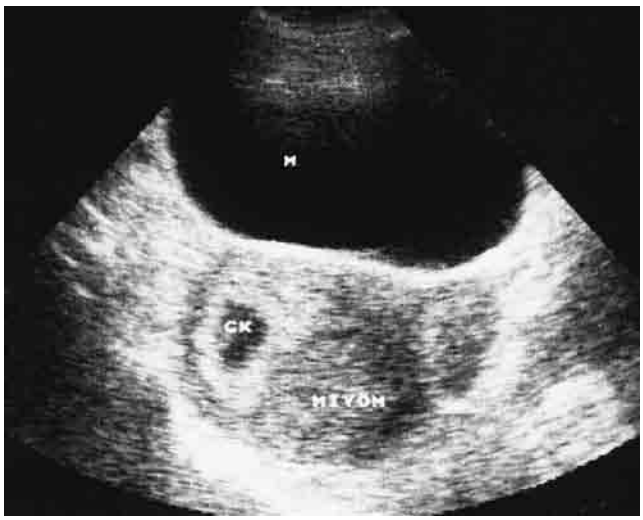
Gestasyonel kese desidua içerisine yerleşmiş çok küçük kistik bir yapıdır ve görünümüne *intradesidüal işaret* adı verilir. Bu işaret erken gestasyonel gebeliğe has değildir ve sıvı birikimi ve ektopik gebelikteki desidüal kist de benzer görünüm verir. Gestasyonel kese fundusa lokalize yuvarlak ve oval şekilli kistik bir yapıdır (Resim 5.163). Kesenin çapı 6. haftada 5, 7. haftada 10, 12. haftada ise 55-60 mm'dir. Aşırı genişlemiş mesane gibi uterusa bası yapan bir oluşum olmadıkça düzgün kenarlı ve küresel şekillidir. Normal gestasyonel kesenin etrafında 2 mm kalınlığında ekojen bir duvar vardır. Yaklaşık 8. haftada bu şeridin plasentanın gelişeceği bölümü kalınlaşmaya başlar.



Resim 5.161 Normal gebelikte çift kanal veya çift kese görünümü.



Resim 5.162 Normal gestasyonel kese içerisinde fetüs ve yolk kesesi.



Resim 5.163 Normal gestasyonel kese. Aksiyal kesit. Kese uterus fundusundaki miyomun baskısına bağlı deforme görünümde.

ERKEN GEBELİK ANORMALLİKLERİ

Erken gebelik anormallikleri için hasta hekime genellikle ilk trimestredeki vajinal kanama ve pelvik ağrı yakınması ile başvurur. Bu yakınmalarla başvuran olgularda olası tanılar spontan düşük, anembriyonik gebelik, "missed" abortus, ikiz embriyondan birinin çürümesi, ektopik gebelik, subkoryonik kanama, implantasyon kanaması ve gestasyonel trofoblastik hastalıktır.

Erken gebelik anormallikleri transvajinal US ile daha ayrıntılı ve duyarlı olarak incelenir. Transvajinal US, yöntemin çözümlemesini artırır.

Embriyonik bradikardi (< 85/dak) kötü prognozu gösterir. Yolk kesesinin 5.-10. haftalar arasında 5.6 mm'den büyük olması, yoğunluğunun artmış olması ve ince duvarlı olması da kötü prognozu gösteren US bulgularıdır.

Düşük

Düşük gebeliğin 20 haftadan önce sonlanmasına verilen isimdir. Gebeliğin kendiliğinden sonlanmasına spontan düşük denir. Bilinen gebeliklerin yaklaşık %10-15'i düşükle sonuçlanır. Düşüklerin %60'ı kromozomal anomalilerle birliktedir.

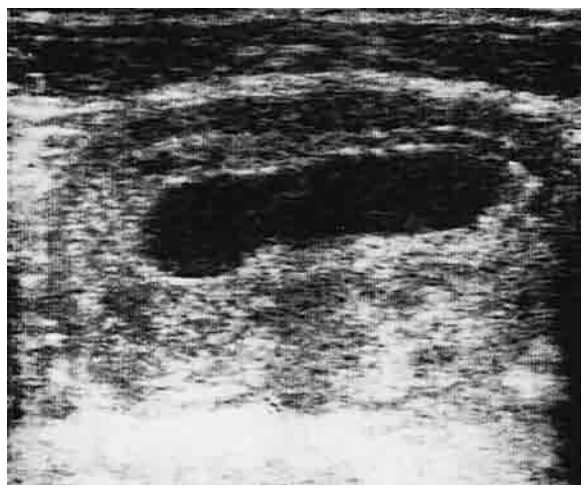
Düşük tehdidinde erken gebelik döneminde kramp şeklinde ağrıyla birlikte vajinal kanama görülür; serviksin ağzı kapalıdır. Durdurulamaz düşükte serviksin ağzı açıktır ve servikal kanal içerisinde fetal veya plasental doku vardır. Tam düşük, uterus kavitesinin tam boşaldığını anlatır; servikal kanalın proksimal ucu genişlemiştir. Tam olmayan düşük uterus içerisinde bir miktar parça kaldığını anlatan bir isimlendirmedir. Üç veya daha fazla spontan düşüğün arka arkaya olmasına düşük alışkanlığı adı verilir.

"Missed" abortus Türkçeye düşüksüz düşük olarak çevrilebilir. Bu düşük şeklinde ölü embriyon, gestasyonel kesenin içerisindedir, dışarı atılan bir parça yoktur. *Anembriyonik gebelik (yokolmuş "blighted" ovum),* ölen embriyonun tümüyle yok olduğunu anlatır, gestasyonel kese boştur ve büyümez. Ultrasografide en sık anenbriyonik gebelik ve "*missed"* abortus ile karşılaşılır.

Anenbriyonik gebelik: Gestasyonel kese 2.5 ml'den büyük ve fetal nod yoksa anembriyonik gebelik tanısı kesindir (Resim 5.164). Böyle olgularda



A



B

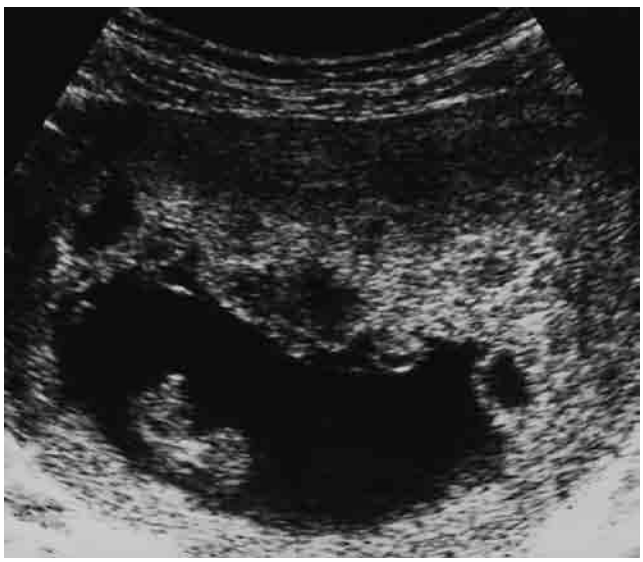
Resim 5.164 Anembriyonik gebelik. A ve B. Heri iki olguda da oval yapıdaki, düzensiz kenarlı gestasyonel kese içerisinde embriyona ait görünüm mevcut değil. Gestasyonel kesenin çevresindeki desudual reaksiyon belirgin şekilde azalmış.

Tablo 5.8 Anormal gestasyonel kese

Büyük ölçütler
Büyük gestasyonel kese:
> 25 mm: embriyo yok (≥ 16 mm, TV US ile)
≥ 20 mm: Yolk kesesi yok (≥ 8 mm, TV US ile)
Gestasyonel kese distorsiyonu
Küçük ölçütler
Desidual reaksiyonun inceliği (≤ 2 mm)
Desiduanın ekosunun düşük olması
Düzensiz kenar
Aşağı pozisyon
Çift kese bulgusunun yokluğu

gestasyonel kese deforme ve genellikle kum saati şeklindedir. İki buçuk mililitreden daha küçük şüpheli bir kesede bir hafta sonraki kontrolde hacim artışı %75'ten azsa anembriyonik gebelik düşünülmelidir.

Transvajinal US'de gestasyonel kese 8 mm veya daha büyük iken yolk kesesi görülmüyor, 16 mm ve üzerinde iken kalp hareketleri gözlenemiyorsa canlı bir embriyonun olmadığı kesindir. Transabdominal US'de yolk kesesi için sınır 20 mm ve üzeri, kalp hareketleri için ise 25 mm ve üzeridir ve kese boyutuna göre beta-hCG değeri düşükse canlı bir gebeliğin olmadığı kesin olarak söylenebilir. Gestasyonel kesenin anormal olduğunu gösteren diğer küçük bulgular kese kenarının düzensiz olması, duvar kalınlığının 2 mm'den az ve ekojenitesinin düşük olması, çift desidual kese bulgusunun olmaması ve kesenin aşağı pozisyonudur. (Tablo 5.8). Tablodaki bir büyük veya iki küçük ölçüt tanı için yeterlidir.



Resim 5.165 "Missed" abortus. Büyük gestasyonel kese duvarında düzensizlik ve kese içerisinde ölü embriyona ait kalıntı.

Kesenin boyutundan fetüsun boyutunu (CRL) çıkardığımızda kalan sayı 5'den küçükse, küçük gestasyonel kese tanısı konur; bu olgularda yaklaşık %90 olasılıkla gebelik devam etmez.

"**Missed**" **abortus**: Yaklaşık 500 gr'dan küçük bir fetüsun öldükten sonra belirli bir süre uterus içerisinde kalmasına verilen isimdir. En sık sekizinci hafta civarında görülür. Ölü fetüs uterus içerisinde dört-beş hafta kalır. Bu süre içerisinde gestasyonel kese büyümeye devam eder. Kese duvarı genellikle düzensizdir. Şekilsiz fetal nod artıkları görülür (Resim 5.165). Fetal hareket izlenmez.

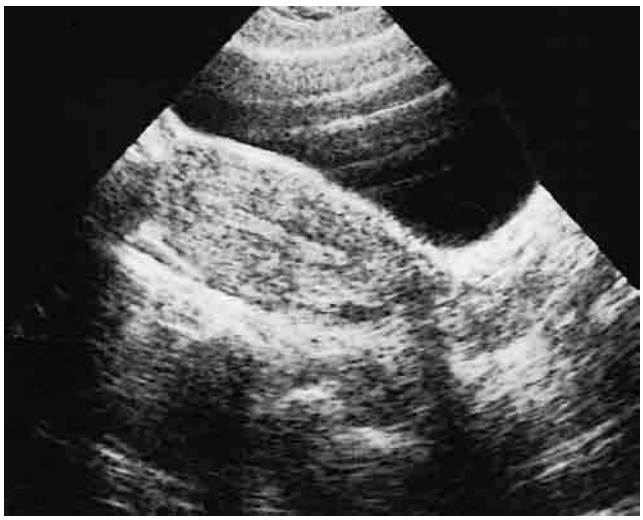
Ektopik gebelik

Ektopik gebeliğin kliniği genellikle tanı koydurucu değildir. Pelvik inflamatuar hastalık, tubal cerrahi, endometrioz, ovülasyon endüksiyonu daha önce geçirilmiş ektopik gebelik ve İUCD predispozan faktörlerdir. Ağrı, amenore ve adneksial kitleden oluşan klasik üçlü bulgu ancak olguların %45'inde vardır. Ağrı âdetin görülmediği aydan 3-5 hafta sonra ortaya çıkar. Amenore %50-75 olguda vardır ve birlikte anormal kanama görülür. Hasta bu durumda kendini adet görmüş sanır.

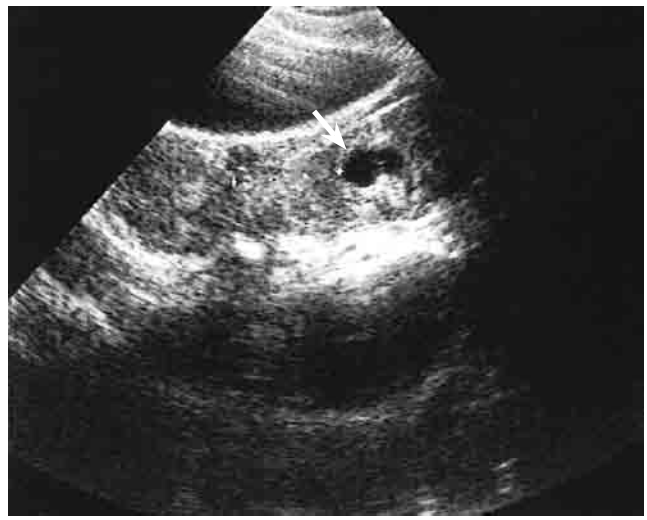
Hastalarda abdominal ve servikal harekete duyarlılık vardır. Bulgular tipik değildir; tanı zordur ve bu nedenle tanı için ortalama 10 günlük bir gecikme genellikle olağan kabul edilir. Anormal âdet kanaması ile birlikte pelvik ağrısı olan prodüktif çağdaki her olguda ektopik gebelik düşünülmelidir. Ayırıcı tanı, pelvik inflamatuar hastalıkla yapılmalıdır. Olguların gebelik testi pozitiftir. RIA ile yapılan gebelik testinin güvenilirliği daha yüksektir. Serumda β-hCG seviyesi 1.800 (SIS)/2.400 (IRP) mIU/ml'den yüksekse TA US ile, 1.000 (SIS)/1.800 (IRP) mIU/ml'den yüksekse TV US ile intrauterin gestasyonel kese görülmelidir. Görülmüyorsa ektopik gebelik olasılığı çok yüksektir.

Ektopi en sık Fallop tüpünde (%80) ve onun da istmus kesimindedir. US'nin ektopik gebelikteki tanı değeri transvaginal US ve Doppler US ile artırılır.

Ektopik gebelikte, normal intrauterin gebelikte olduğu gibi hormon stimülasyonu olduğundan uterus normalden büyüktür. Endometrial tabakanın kalınlığı ve ekojenitesi artar bu görünüme desidüal reaksiyon adı verilir (Resim 5.166). Bazen endometriyum kavitesi gestasyonel kese görünümüne benzer şekilde genişler. Bu görünüme *yalancı gestasyonel kese* adı



Resim 5.166 Dış gebelikte uterusun görünümü. Uterus normalden büyük ve endometriyum hiperplazik görülüyor.



Resim 5.168 Dış gebelikte bozulmamış gestasyonel kese görünümü. Tubal halka işareti (ok).

verilir ve ektopik gebeliklerin %20'sinde görülür. Yalancı kese, gerçek gestasyonel keseden uterusun ortasında olması ve çift kese görünümünün ve yolk kesesinin olmamasıyla ayrılır.

Ektopik gebelik en sık kompleks adneksiyal kitle şeklinde karşımıza çıkar (Resim 5.167). Uterusun dışında canlı embriyon veya yolk kesesi ile birlikte bozulmamış gestasyonel kese görüldüğünde tanı kesindir; fakat olguların yaklaşık 1/5'i bu şekildedir. Olguların yaklaşık %40-68'inde ekojen duvarlı küçük bir kistik yapı görülür. Fetal yapılar içeren bozulmamış bu kesenin ekojen duvarına *tubal halka işareti* adı verilir. Bu görünüm daha çok tüp dışında gelişen ektopik gebelik bulgusudur (Resim 5.168).



Resim 5.167 Dış gebelikte Douglasta heterojen kitle görünümü.

Overe komşu yerleşimdeki bozulmamış gestasyonel kese korpus luteum kistleri ile karışabilir; çevresindeki ekojen duvar ayırıcı tanıda yardımcıdır. Korpus luteum kistleri overlerdedir; ektopik gebeliğin overlerde yerleşmesi ise çok nadir bir olasılıktır.

Peritoneal kanama ektopik gebeliğin önemli bir tanı kriteridir. En erken Douglasta görülür. Ekojen partiküllü sıvı veya sadece sıvı şeklinde görülebilir.

Doppler US adneksiyal kitlesi olan veya ektopik gebelik düşünüldüğü halde intrauterin gebeliğe ait US görünümü olmayan hastalarda yapılır. Her adneksiyal kitle kalp aktivitesi veya plesantal akım yönünden dikkatle araştırılmalıdır. Her iki overde korpus luteuma ait akım karakteristikleri araştırılır. Korpus luteal akım, düşük hızlı ve düşük dirençlidir; Doppler kayması, 3 mHz'lik transdusırdle 2.1 kHz'den düşüktür ve rezistiv indeks 0.50 ± 0.2 civarındadır. Luteal akım karakteristiği saptanamayan olgularda ektopik veya normotopik gebelik olasılığı çok düşüktür. Uterustaki gerçek keselerin çevresindeki yüksek hızlı ve düşük dirençli trofoblastik akım vardır; 3 mHz'lik transdusırlerle Doppler kayması 2-4 kHz arasında ve rezistiv indeks 0.38 ± 0.2 civarındadır. Yalancı keselerin civarında trofoblastik akım yoktur.

US'nin ektopik gebelik tanısında duyarlılığı yalnız başına %53 civarındadır. Doppler US eklendiğinde bu oran %73'lere çıkar (Tablo 5.9).

Tablo 5.9 Ektopik gebelikte US bulguları

– Uterus normalden büyüktür ve psödosak görünümü vardır (%20)
– Paraovarian yerleşimde 1-3 cm boyutlarında, çevresi hiperekoik olan hipoekoik kitle
– İntraperitoneal sıvı
– Doppler'de trofoblastik karakterde akım [Görünüm, gestasyonel yaşa, gestasyonel kesenin rüptüre olup olmamasına ve kullanılan transdusıre göre (TA/TV) değişir]

Korpus luteum kistinden başka adneksiyal kitlesi olan ve birlikte adneksiyal ve/veya peritoneal sıvısı bulunan prodüktif çağdaki bir kadında, klinik ve laboratuar bulgularından da yararlanarak öncelikle ektopik gebelik olasılığı dışlanmalıdır. Prodüktif çağdaki bir kadında normal US incelemesine rağmen gebelik testi pozitifse, ektopik gebelik olasılığı yine de düşünülmelidir; kesin tanı için kuldosentez veya laparoskopi yapılır.

Ektopik gebeliğin atlanması malpraktisin en sık nedenlerinden birisidir. Ektopik gebeliklerin yaklaşık %20'sinde transabdominal US incelemeleri normaldir. Bu nedenle prodüktif çağdaki bir kadında en ufak bir şüphede bile raporda "*ektopik gebelik olasılığı çok düşük olmakla birlikte tümüyle de dışlanamaz*" anlamı taşıyan bir cümle bulunmalıdır.

Subkoryonik kanama

Subkoryonik kanama 20 haftadan önceki gebeliklerde sık görülen bir bulgudur. Nedenin plasenta kenarının ayrılmasına bağlı venöz kanama olduğuna inanılır. Hematom, plasentanın değil, miyometriyumdan daha kolay ayrılan koryon tabakasının altındadır. Genellikle klinik olarak önemli bir sonuç doğurmaz; ancak 60 mL'den daha büyük hematomların, annenin 35 yaşından büyük olmasının ve 8 haftadan daha erken olan kanamaların düşükle sonuçlanma olasılığı yüksektir. Kanamanın görünümü yaşına göre değişir; erken dönemde sıvı, daha sonra hematom, geç dönemde lizise bağlı olarak yine sıvı görünümü verir. İmplantasyon kanaması, çok erken dönemdeki çok az bir subkoryonik kanamadır.

Gestasyonel trofoblastik hastalık

Gestasyonel trofoblastik hastalık, benignden maligne kadar değişen bir grup hastalığı içine alır. Tümü anormal plasental dokudan çıkar ve gebeliğin bir sonucu olarak gelişir. Olgularda beta-hCG yapımı artar ve serumdaki seviyesi tümör aktivitesini gösteren duyarlı ve güvenilir bir ölçüttür.



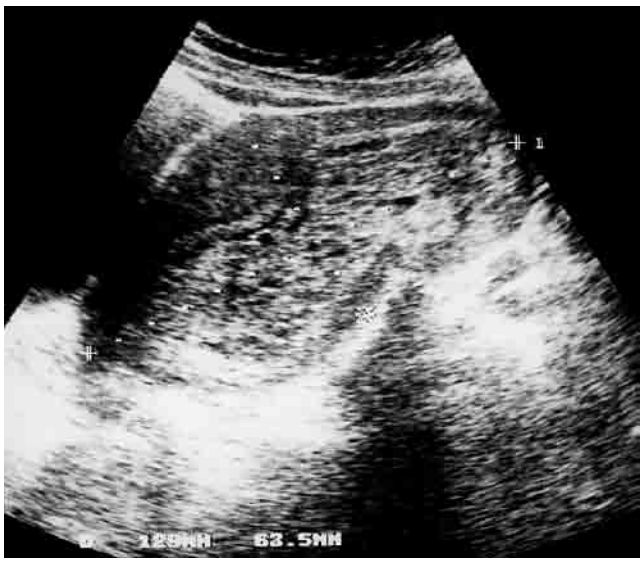
Resim 5.169 Molar gebelik. Plesantanın bir bölümünde mol hidatiform gelişimi görülüyor. Birlikte fetüs mevcut.

Hidatiform mol hastalığın en sık görülen (%80) ve en benign şeklidir, fakat malign potansiyel taşır. Avrupa istatistiklerine göre 1/2000 olguda görülmektedir. Tanı 10.-11. haftadan erken konmamalıdır. Gestasyonel süreye göre uterus normalden büyüktür. Tam ve kısmi şekilleri vardır. Tam hidatiform molde uterus kavitesi tümüyle doludur; kısmi şeklinde ise hastalık plasentanın bir kesimini tutar, birlikte normal olmayan bir fetüs vardır (Resim 5.169).

Hidatiform molün tam şeklinde, endometrial kavite çok küçük kislerden oluşan, düzensiz, içerisinde hipoekoik alanlar bulunan hiperekoik bir doku ile doludur; kistlerin boyutları çok küçüktür, kist olarak seçilemezler. Bu görünüm *kar fırtınasına* ("*snowstorm*") benzetilmiştir (Resim 5.170). II. trimestrede 2-30 mm boyutlarında kist görünümleri ortaya çıkabilir. Koryonik gonadotropik hormon (HCG) seviyesi çok yüksektir. Overler normalden büyüktür ve birden çok lutein kistleri görülür. Hidatiform molün %80'i benigndir, bu olgularda kürtajla boşaltma şifa için yeterlidir. Geriye kalan olguların %12-15'i invaziv mol, %5-8'i metastaz yapan koriyokarsinom şeklindedir**.**

İnvaziv molde invazyon miyometriyumu geçmez; **koriokarsinom** ise saldırgan bir malignitedir; çevreye yayıldığı gibi başta akciğer olmak üzere uzak alanlara da metastaz yapar. US çevre invazyonunu ayırmada duyarlı değildir.

Uterus içerisinde heterojen doku görüldüğünde ayırıcı tanı "missed" abortus, tam olmayan düşük,



Resim 5.170 Molhidatiformda uterus kavitesini dolduran heterojen hiperekoik yapı. Kar fırtınası görünümü.

hidropik plesanta ve hidatiform mol arasında yapılmalıdır. Overlerde lutein kisti ve HCG seviyesinde yükseklik molü düşündürür. Böyle durumda erken küretaj şarttır. Tanı patolojide konur.

FETAL BÜYÜME

Gestasyonel yaş tayini

Fetüsun yaşı klinik olarak, son adet tarihininin ilk günü ve fizik muayene ile belirlenen uterus boyutu ile; ultrasonografik olarak gestasyonel kesenin, embriyonun veya fetüsun ölçümlerine göre hesabedilir. Gestasyonel yaş ve menstrüel yaş birbirinin yerine kullanılan klinik terimlerdir ve 28 günlük menstrüel siklusu temel alır. Döllenmenin son adet tarihinden 14 gün sonra olduğu kabul edilir.

Gestasyonel yaşın US'ik olarak hesaplanmasında kullanılan ölçütler gebeliğin evrelerine göre değişir. İlk 7 hafta gestasyonel kese boyutu, 7.-13. haftalar baş-popo mesafesi, 13. haftadan sonra ise baş, femur ve karın ölçümleri kullanılır.

Gestasyonel kese boyutu gestasyonel kesenin görülüp embriyonun henüz şekillenmediği dönemde kullanılır. Gestasyonel kese transvajinal US ile en erken 3.5-4.5 haftada, transabdominal US ile 5. haftada görülür. Ölçüm içten içe yapılır. Kesenin birbirine dik olarak üç boyutu da ölçülerek ortalaması alınır; tam küresel olan keselerde tek boyut yeterlidir. Ölçüm menstrüal yaşa göre 1 haftalık sapma gösterebilir.

Baş-popo mesafesi ("crown-rump-length"-CRL), en duyarlı ölçümdür. Fetüsun başı ile poposu arasındaki mesafe ölçülür (Resim 5.171). Bunun için fetüsun tam longitudinal kesitini almaya özen gösterilmelidir. Menstrual yaşa göre ½ haftalık bir sapma gösterebilir. Fetüsun fleksiyon yapmaya başladığı 13. haftadan sonra duyarlılığı düşer.

Biparyetal çap ("biparyetal diameter"-BPD) ölçümü, başın üstteki kenarının dışı ile alttaki kenarının içinin arasında yapılır. Ölçüm talamustan geçen aksiyal düzlemde yapılır. Ölçüm yapılacak kesitte önde dikdörtgen şeklinde kavum pellisidumun falksa paralel kenarları, ortada falks ve arkada hipoekoik talamusları çevreleyen ok başına benzer kenarlar, hepsi birden ekojen bir *ok görünümü* oluşturur (Resim 5.172). Dolikosefali ve/veya brakisefali gibi şekil anormalliklerinde ölçümün duyarlılığı azalır.

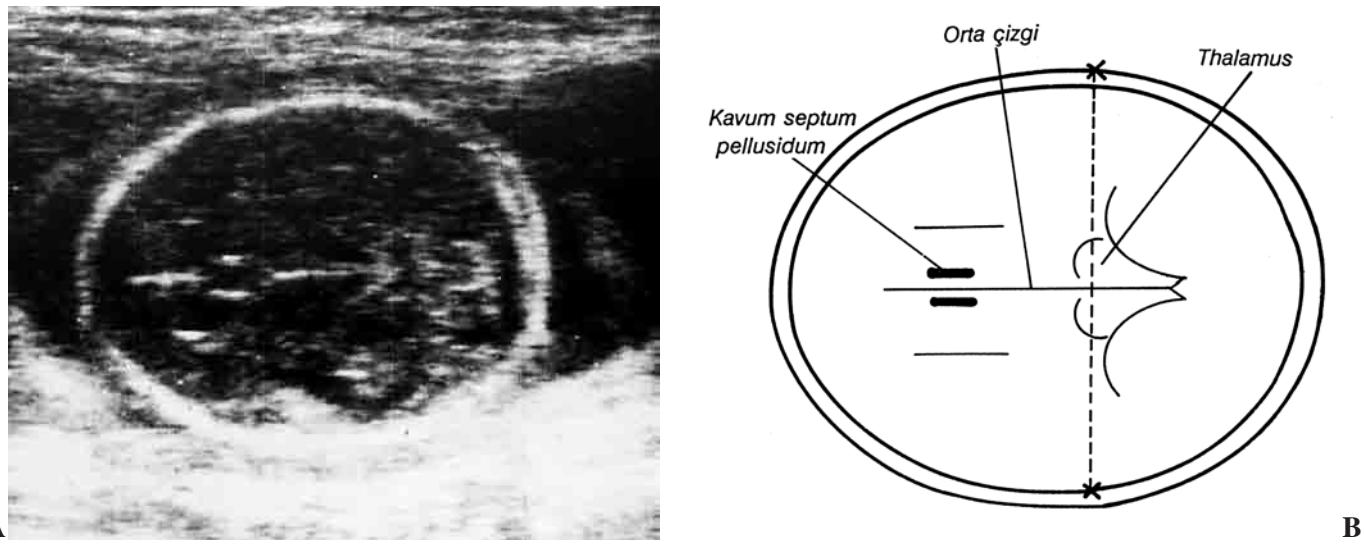
Femur boyu ("femur length"-FL) ölçümünde femurun ossifiye diyafizi ölçülür. Ölçülen kesim, akustik gölgesi oluşacak şekilde ses demetinin merkezine getirilmelidir. Lineer problarla ölçümler daha doğru sonuç verir.

Baş çevresi ölçümü BPD ölçümü ile aynı düzlemde yapılır. Şekil anormalliklerinden etkilenmez. Karın çevresi ölçümü ise umbilikal venin karaciğer içerisine girdiği aksiyal düzlemden, karın duvarının dış kenarından yapılır. Karın çevresi ölçümü baş ölçümleri ile birlikte değerlendirilerek fetal ağırlık saptanabilir.

Otuzuncu haftaya kadar fetüsün büyüme hızı oldukça sabittir. BPD değerindeki büyüme haftada 3 milimetre civarındadır. Otuz haftadan sonra bu hız düşer ve bu evrede büyüme hızında farklılıklar artar. Gestasyonel yaşın saptanmasındaki doğruluk oranı, içinde bulunan trimestreye ve ölçümün tek veya seri



Resim 5.171 Embriyoda CRL ölçümü.



Resim 5.172 BPD ölçümü. A. US kesiti. B. Şematik görünüm.

oluşuna göre değişir. Genellikle gestasyonel kese ölçümü kullanılmaz. CRL ölçümü ile en doğru sonuç 9.-10. haftalarda alınır. Tek ölçümde ± 4.7 gün, üç ölçümde ± 2 gün sapma vardır. BPD ölçümünde 16. haftaya kadar ± 7, 17-26. haftalarda ± 10-11, 27.-28. haftalarda ± 14, 29.-40. haftalarda ise ± 21 gün sapma görülebilir. Seri ölçümlerle daha doğru sonuçlar alınır. Birincisi 18.-26., ikincisi 31.-32. haftalarda yapılan BPD ölçümleri ile standart sapma ± 1-3 güne düşürülebilir. İki ölçüm arasında en az 6 hafta olmalıdır. 26. haftadan sonra yapılan tek BPD ölçümlerinin doğruluk oranı düşüktür.

Genel bir kural olarak erken gebelik dönemindeki ölçümler geç dönemlere göre daha doğru sonuçlar verir. Birden fazla ölçüm kullanılarak yapılan hesaplamalar, tek ölçümlerden daha doğru sonuçlar verir. Fetal yaş ilk yapılan US incelenmesinde saptanır; izlemde bu ölçüm temeldir, değiştirilmez.

Distal femoral epifizin görülmesi fetüsun 33. haftadan, proksimal tibial epifizin görülmesi 35. haftadan büyük olduğunu, her iki epifizin boylarının eşit olması ise fetüsun 38 haftalık veya daha büyük olduğunu gösterir. Gestasyonel yaş tayinindeki temel değerler Tablo 5.10'da sunulmuştur.

Bu ölçümlerle saptanan değerler, hazırlanmış listelerle karşılaştırılarak gestasyonel yaş bulunur. Ülkelerin standartları değişiktir. Örneğin Japonlarda değerler, Avrupa ülkelerinden farklıdır. Bu nedenle kullanılan listenin ülke standartlarını temsil etmesi gerekir. US aygıtlarında, yüklenen listelere göre gestasyonel yaşı otomatik olarak veren bilgisayar programları vardır.

Tablo 5.10 Gestasyonel yaş tayini

CRL: (12. haftaya kadar)
Bir ölçüm: ± 4.7 gün
Üç ölçüm: ± 2.7 gün
BPD: Bir ölçüm:
16. haftaya kadar: ± 7 gün
17-26 hafta arası: ± 10-11 gün
27-28 hafta arası: ± 14 gün
29-40 hafta arası: ± 21 gün
(26. haftadan sonra tek ölçümün doğruluk oranı düşüktür)
İki ölçüm: (18-26h) – (31-32h): ± 1-3 gün
FL: 36. haftadan sonra daha güvenilir.
Distal femoral epifizin görülmesi: > 33h
Proksimal tibial epifizin görülmesi: > 35h

İntrauterin gelişme geriliği (İUGG)

İntrauterin gelişme geriliği ("intrauterin growth reterdation"-İUGR) *tarihine göre küçük bebek* olarak tanımlanabilir. Simetrik ve asimetrik olarak ikiye ayrılır (Tablo 5.11).

Simetrik olanda hücrelerin boyutu normaldir, fakat sayıları azdır. Bu nedenle simetrik İUGG'ye *hipoplastik tip* adı verilir. Hem vücut hem kafa birlikte tutulur; fetüs orantılı olarak küçüktür. Genellikle 28. haftadan önce ortaya çıkar. Konjenital enfeksiyonlar, genetik anomaliler ve annenin alkol, kokain alımı temel nedenlerdir. Sıklıkla konjenital anomalilerle birliktedir. Büyük karaciğer, normal hematokrit, küçük plesanta, hipoglisemi ve hipoproteinemi görülür.

Tablo 5.11 İUGR (küçük fetüs)

Simetrik (Hipoplastik)	Asimetrik (Hipotrofik)
Gövde ve kafa tutulur	Gövde tutulur
Tutulum 28. haftadan öncedir	Tutulum 28. haftadan sonradır
KC büyük	KC normal
Hematokrit normal	Polisitemi
Küçük plasenta	Plasenta normal
Nedenler:	Nedenler:
İntrauterin enfeksiyon	Açlık
Genetik anomaliler	Utero-plasental engel
Alkol-uyuşturucu kullanımı	

Asimetrik olanlarda ise hücre boyutu normalden küçük; hücre sayıları normaldir. Bu nedenle hipotrofiktir. Bu tipte kafa normaldir, yalnız somatik tutulum izlenir. Genellikle üçüncü trimestrede ortaya çıkar. Neden açlık veya uteroplesantal kan akımını engelleyen anneye ait hastalıklardır. Birlikte konjenital anomali yoktur. Karaciğer normaldir ve polisitemi sık görülür, deride buruşuk bir görünüm vardır; plesanta normaldir. Simetrik İUGR'de fetüsun gelişimindeki anormallik düzenlidir; asimetrik olanda ise büyüme önceleri normal seyrederken birdenbire yavaşlar.

İUGG'nin US tanısı, BPD'nin, total intrauterin hacimin, baş çevresi / abdomen çevresi oranının ve fetal ağırlığın birlikte değerlendirilmesiyle konur. Normalde baş çevresi/abdomen çevresi oranı 32. haftaya kadar birden büyük, 32-36. hafta arası bire eşit, 36. haftadan sonra birden küçüktür. Bu ölçümlere amniyotik sıvı hacmi ve annede hipertansiyon olup olmaması eklendiğinde tanının doğruluk oranı artar.

İUGG tanısında ilk basamak doğru bir gestasyonel yaş tayinidir. Gebeliğin erken döneminde gestasyonel yaş için ölçüm yapılmamışsa geç dönemde yapılacak yaş tayinlerinin duyarlılığı düşüktür. Bundan sonra birden fazla ölçüm kullanılarak fetal ağırlık hesaplanır. Fetal ağırlık, gestasyonel yaşa göre 20 persantilin altında ise İUGG tanısı emniyetle konabilir; 60 persantilin üstünde ise İUGG yoktur. Bu iki seviyenin arasındaki değerlerde oligohidramnos varsa veya anne hipertansif ise İUGG olasılığı yüksek, bu iki ölçüt de yok ise olasılık düşüktür.

İUGG olgularında fetüs haftalık veya iki haftalık aralarla US ile izlenir; büyümesi, amniyotik sıvı miktarı, biyofizik profil skoru ve umblikal kordun Doppler incelemesi yapılır. Normal bir fetüsun III. trimestrde ağırlığı haftada 100-200 gr artmalıdır. Oligohidramniyoz prognozun kötü olduğunu gösterir.

Fetüsun risk altında olup olmadığı biyofizik profil ile değerlendirilir. Fetüsun akut hipokside olduğu 4 ölçütle belirlenir: reaktif fetal kalp hızı (nonstres test), solunum hareketleri, motor hareketler ve fetal tonüs. Kronik hipoksiyi ise sadece amniyotik sıvı hacimi gösterir. Değişik skorlama sistemleri vardır.

Umblikal kordun Doppler US incelemesi, İUGG tanısında değil izlenmesinde ve risk belirlenmesinde önemlidir. Normalde ikinci trimestrede umblikal ve utero-plasental arterde diyastol sonunda akım artar ve pulsatilite indeksi düşer. İUGG'de umblikal ve/veya uterin arterde pulsatilite indeksi yükselir. Sistolik hız/diyastolik hız oranının 4'ü aşması, diyastolde akımın olmaması ile vasküler direncin artması, fetüsun risk altında olduğunu gösterir. Şiddetli İUGG olgularında umblikal arterde diyastol sonu akım ya hiç yoktur veya tersine akım izlenir. Diyastolde tersine akım çok kötü bir prognozu gösterir; fetüs genellikle 1 hafta içerisinde ölür. Yükselmiş pulsatilite indeksi İUGG için spesifik değildir. Gebelikte hipertansiyon gelişen olgularda ve trisomi 13 ve 18'de de gözlenir.

Büyük fetüs

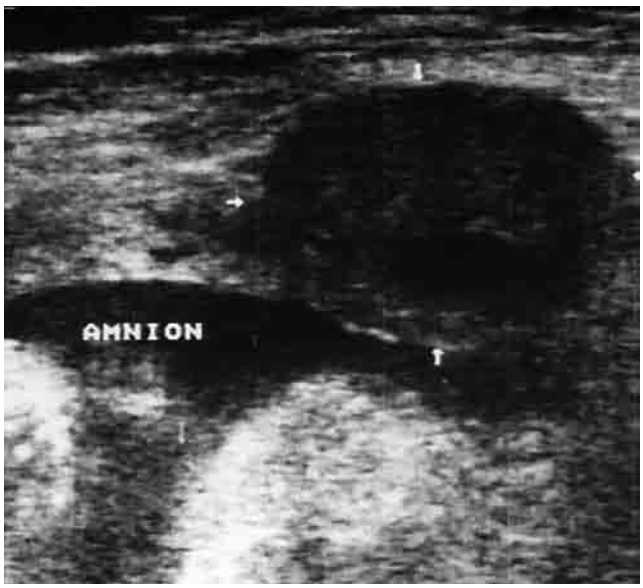
Gestasyonel yaşa göre ağırlığı 95 persantilin üstündeki veya 4000 gr'dan ağır fetüslar büyük fetüs olarak kabul edilir. Annenin diyabetik, şişman, daha önceden büyük fetüsü doğurmuş ve gebelik süresince aşırı kilo almış olması risk faktörleridir. Büyük fetüsların komplikasyonları doğum sırasında ve sonrasında ortaya çıkar. Doğumda omuzda ve brakial pleksusta hasar ve kırıklar, perinatal asfiksi, neonatal hipoglisemi ve mekonyum aspirasyonu görülür.

FETAL ÇEVRE

Uterus ve adneksa

Uterustaki miyomlar hamilelik döneminde hormonal aktivite artışına bağlı olarak büyür ve kistik dejenerasyon gösterir, içlerine kanama olabilir. Prematür uterus kontraksiyonlarına neden olabilirler ve boyutlarına ve yerleşim yerlerine göre fetal prezantasyonu değiştirebilirler veya doğumun önünde mekanik bir engel oluşturabilirler. Heterojen yapıdadırlar, ekojeniteleri değişiktir, kalsifiye olanların ekojen gölgeleri olur (Resim 5.173).

Uzun süren uterus kontraksiyonları miyomu taklit edebilir (Resim 5.174). Kontraksiyonlar homojen ve hipoekoiktir, uterusun dış konturu daima düzgündür, yumru iç kenarda görülür. Doppler US ile miyomun



Resim 5.173 Uterus miyomu (oklar) ve gebelik.

çevresindeki damarların itildiği görülebilir; kontraksiyonlarda damarlarda yer değişikliği görülmez.

Korpus luteum kistleri özellikle içlerine kanama olduğunda 10-15 cm boyuta ulaşabilirler; 16-18. haftalarda gerilerler.

Teka lutein kistleri aşırı beta-hCG salımına bağlıdır; gestasyonel trofoblastik hastalıkta, çoğul gebeleliklerde veya ovulasyon endüksiyonu için ilaç kullanımı sırasında ortaya çıkar. Overler iki taraflı olarak büyür ve multikistik bir görünüm alır.

Servikal yetmezlik: Serviks kanalının normal doğum olayından önce açılmasıdır. Membranlar kanal içerisine girer. Hikayede II. trimestrede tekrarlayan düşüklerin varlığı tanıda önemlidir. Doğumsal olabileceği gibi servikal yırtılmalara, aşırı servikal dilatasyona ve terapötik düşüklere de bağlı olabilir.

Tablo 5.12 Servikal yetmezliğin US bulguları

	Normal	Yetmezlik
Serviks uzunluğu	> 3 cm	< 3 cm
Serviks genişliği (II. trimestr)	< 2 cm	> 2 cm
Servikal kanal genişliği	< 8 mm	> 8 mm
Membranların servikal kanal içine protrüzyonu	Yok	Var

Gebelerde servikal yetmezlik tanısı US ile serviks ve servikal kanalın boyutları ölçülerek yapılmaya çalışılır. İnceleme transabdominal, transvajinal veya translabial yoldan yapılır. İncelemede servikisi belirlemek için mesanede bir miktar idrar bulunmalı, fakat aşırı dolu olmamamlıdır. Servikal yetmezliğin US bulguları Tablo 5.12'de sunulmuştur. Olay dinamik olduğu için ilk incelemede tanı konamayan olgular US ile izlenmelidir.

Plasenta

Normal plasenta, gestasyonel kesenin periferinde bir kalınlaşma olarak 8. haftadan itibaren farkedilmeye başlanır, 12. haftada disk şeklini alır ve 18. haftada ince granüler homojen yapısı ve fetal yüzeyini örten koryonik membranı ile ortaya çıkar. Plasentanın miyometrial sınırını, miyometrial ve desidual venlerden oluşan *retroplasental kompleks* çizer. Plasenta zaman-



A

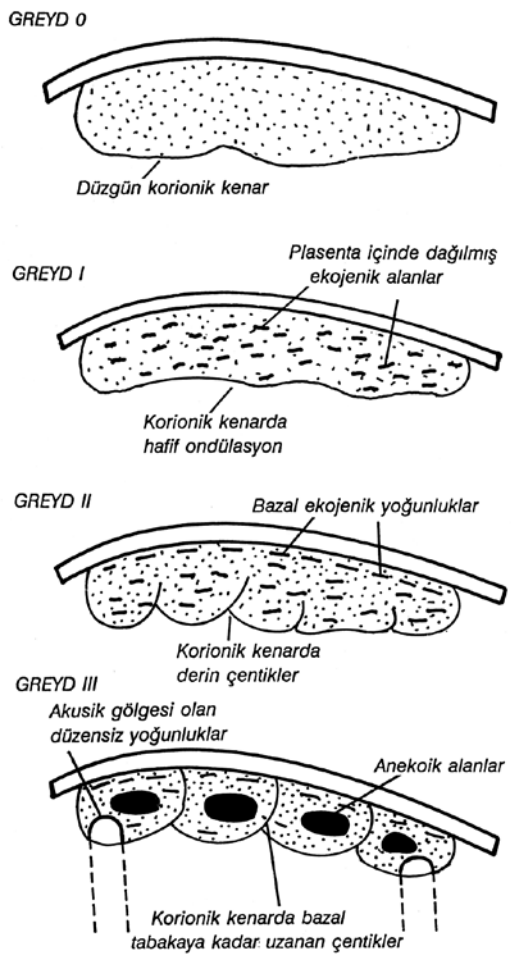


B

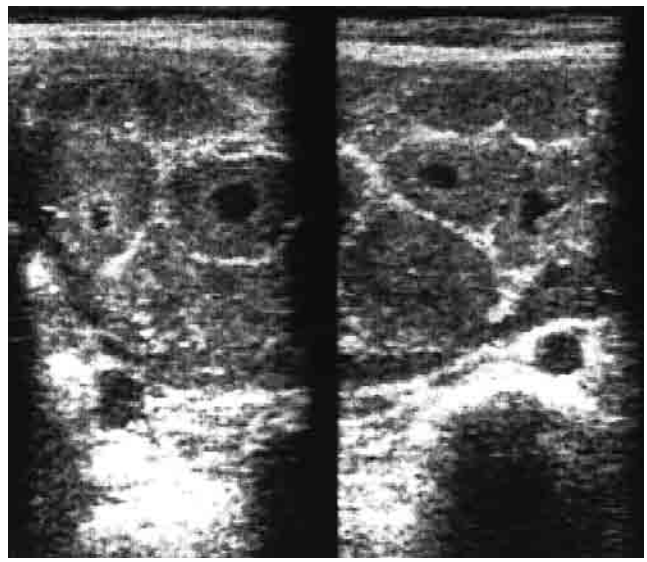
Resim 5.174 Miyomu taklit eder uterus kontraksiyonu. A. Uterus duvarı kontrakte (ok). B. 1 saat sonra alınan aynı bölgenin kesitinde kontraksiyonun kaybolduğu izleniyor.

la homojenitesini yitirir, küçük kistik alanlar ortaya çıkar, içerisinde septasyonlar ve fetal yüzeyde lobulasyonlar görülür, septalarda kalsifikasyon görülebilir. Yaşlanmaya bağlı bu sürecin gelişimi gestasyonel yaşla uyumludur. Bu süreçteki bir uyumsuzluk plasental yetmezliğin bir bulgusu olabileceğinden plasentanın matürasyonu evrelendirilmiştir.

Plasentanın matürasyonu bazal tabakaya bakılarak evrelendirilir (Şekil 5.6). Greyd 0 plasentada, bazal ve koroid tabaka düzgün ve plasenta homojendir. Greyd I'de plasentanın koriyonik tabakasında hafif ondülasyon ve plasental dokuda dağılmış az sayıda ekojen oluşum izlenir. Greyd II'de, ekojen oluşumlar plasentanın bazal tabakasına yakın dizilirler; koriyonik tabakadaki ondüler görünüm daha derinlere doğru iner. Greyd III plasentada ise koriyonik tabaka bazal tabakaya kadar uzanan derin çentikler oluşturur; plasenta içerisinde dejeneratif kistik alanlar ve kalsifik görünümler ortaya çıkar (Resim 5.175). Bir çok doğum,



Şekil 5.6 Plasenta greydleri.



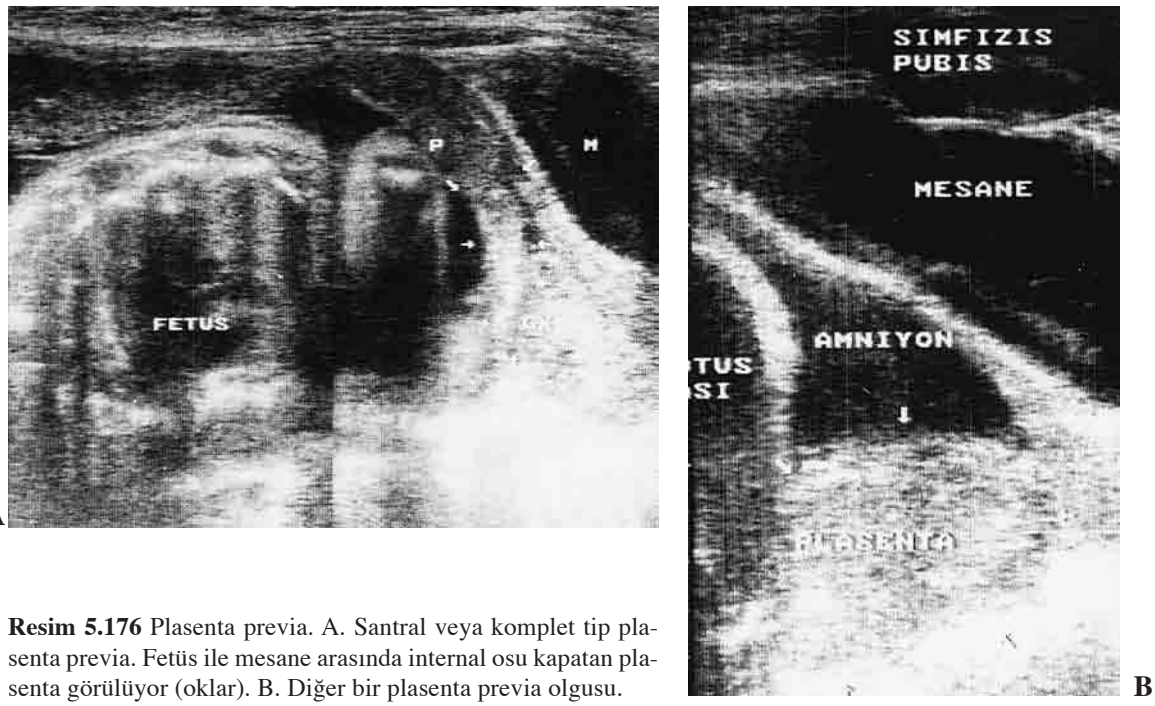
Resim 5.175 Greyd III plesantanın US görünümü.

plasenta Greyd I-II'de iken olur. Greyd III normal bir gebelikte 36. haftadan sonra görülür; eğer 34. haftadan önce görülürse plasental yetersizlik araştırılmalıdır.

Normal bir plasentanın kalınlığı 4 cm'den daha aşağı olmalıdır. Plasentanın kalınlığı normal gebelerde 32. haftadan sonra gittikçe azalır. Dört santimden daha kalın plasentalarda diyabet, non-immün hidrops, konjenital anomaliler ve Rh uyuşmazlığı düşünülür. Rh uyuşmazlığında, plasentanın kalınlığı 6 cm'yi geçer ve fetal hidrops vardır. Diyabetiklerde de plasenta kalınlığı ile birlikte fetal hidrops bulguları görülebilir; fetüs normalden büyüktür. Normalden ince plasenta ise preeklampside, intrauterin büyüme geriliğinde, juvenil diabetle birlikte proliferatif retinopatide görülür.

Ön ve fundus yerleşimli bir plesantayı saptamak kolaydır. Arkada yerleşen plesantada oblik incelemeler gerekir. Geç evrede amniyon sıvısı azaldığı için plesantayı özellikle arkadaysa incelemek zordur.

Plasenta previa: Normalde III. trimestrenin geç evrelerinde plesantanın alt kenarı serviks kanalının iç ağzından 5 cm'den daha yukarıda bulunmalıdır. Bu seviyeden daha aşağı yerleşimli plesantalar dereceli olarak plesanta previa tanısı alır. Yirminci haftadan önce serviks kanalının iç ağzını kapatan; 20.-28. hafta arasında kenarında, 28.-36. hafta arası 3 cm ve 36. haftadan sonra 5 cm mesafede olan plesantalara aşağı yerleşimde plesanta adı verilir. Marjinal plesanta iç ağzın kenarına yapışır. İç ağzı tümüyle kapatan şekline de santral veya komplet tip plesanta previa denir (Resim 5.176).



A B

Resim 5.176 Plasenta previa. A. Santral veya komplet tip plasenta previa. Fetüs ile mesane arasında internal osu kapatan plasenta görülüyor (oklar). B. Diğer bir plasenta previa olgusu.

Plesanta previayı saptamada US basit ve en doğru yöntemdir. Plesantanın serviksin iç ağzı ile ilişkisi değerlendirilir. Değerlendirme yapılırken serviks distorsiyonu olmamalıdır. Bunun için incelemede mesane aşırı dolu olmamalı ve miyometrial kontraksiyon olmamasına dikkat edilmelidir. Aşırı dolu mesafe serviksi yukarı iterek plasenta-serviks ilişkisini değiştirebilir. Eğer aşağı yerleşimli plasenta, marjinal plesanta veya plesenta previa görünümü varsa mesane boşaltıldıktan sonra tetkik tekrar edilmelidir. 15. haftadan önce plesantanın yerleşim yerine bakılmaz. Plesantal migrasyon olayı nedeniyle plesanta previya tanısı konan olgular 32. haftadan önce mutlaka tekrar değerlendirilmelidir. Transvajinal US, plasenta internal os ilişkisini daha duyarlı olarak saptar.

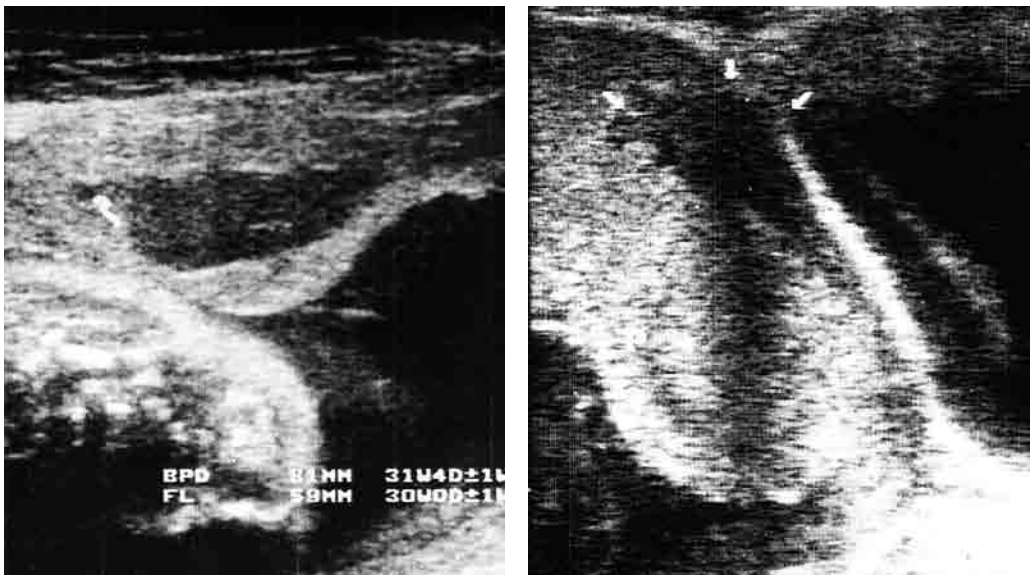
Plasental kan damarlarının veya umblikal kordun serviksi örten membranlara yapışmasına *vaza previa* adı verilir. Doğumda aşırı kanamaya neden olabilecek böyle olgularda tanı renkli Doppler US ile konur.

Plasenta ayrılması (abrubsiyo plasenta): Plasental ayrılmayı US ile her zaman saptamak mümkün değildir. Ön duvarda yerleşik plasentaların ayrılması subkutan reverbarasyon artefaktları tarafından örtülebilir. Arka duvarda yerleşik olanlar da fetal parçaların gölgeleri tarafından örtülür. Hematom ekojen olduğunda plesantadan ayrılmayabilir. Ayrılmanın iki şekli vardır: *Retroplesantal abrubsiyon*da kanama genellikle arteriyeldir ve plesantanın arkasında yerel kitle etkisi olan anekoik bir görünüm ortaya çıkar; *dissekkan* formunda ise kanama venözdür ve plesanta kenarının uterus duvarından ayrıldığı izlenir (Resim 5.177). Bu şekline subkoryonik kanama adı da verilir ve birlikte vajinal kanama vardır. Plasenta ile izoekoik olan retroplasental hematomda tanı zorlaşır; plasenta kalınlığının 4 cm'i geçmesi uyarıcı bir bulgudur.

Plasenta akreta: Plasentanın uterus duvarına anormal şekilde yapışmasıdır. Uterus duvarını invazyonu plasenta inkreta, duvarı penetre etmesi ise plasenta perkreta olarak isimlendirilir. Desidua bazalis ve retroplasental ven kompleksi kısmen veya tümüyle oblitedir. Doğumda ciddi kanamalara neden olur. Birlikte plasenta previya sık görülür.

Korioanjioma: Benign vasküler yapıda olan plasental kitledir. Fetal sirkülasyon tarafından beslenir. US'de koriyonik yüzeye yakın yerleşimde hipoekoik solid, bazen septalı olabilen kistik görünümde lezyonlardır. Doppler ile içindeki akımın fetal nabız hızında olduğu saptanır. Hemodinamiği yüksekse kardiyak yetmezliğe ve hidrops fetalise neden olabilir.

Amniyotik bant sendromu: Amniyonun erken dönemde, 10 haftadan önce, yırtılmasına bağlı olarak gelişir.Yırtılma sonucu fetüs koryonik kavite içerisine girer ve yırtılmış fibrotik amniyotik bantlar arasında hapsolur. Amniyotik bantlar, temas ettikleri fetal parçalarda deformasyon ve defektlere neden olur. Tipik anormallikler kraniyumun anensefaliye benzer



A B

Resim 5.177 Abrubsiyo plasenta. A. Plasenta arkasında taze kanama. B. Abrubsiyo plasentanın disekan şekli. Vajinal kanamalı olguda plasentanın diseke olduğu görülüyor

şekilde asimetrik yokluğu, ansefalosel, gastroşizis ve trunkal defekt, spinal deformiteler ve ekstremite amputasyonlarıdır. US ile fetüsun amniyotik bantlar tarafından sarıldığı gösterilebilir.

Amniyotik yaprak adı verilen bir ucu serbest korioamniyotik membran kıvrımı amniyotik banda benzer, fakat ucu serbesttir ve fetal deformasyona neden olmaz.

Amniyotik sıvı

Amniyotik sıvı erken gebelik döneminde anne serumunun filtrasyonu ile oluşur. Gebelik ilerledikçe sıvı fetal idrardan ibaret hale gelir. Fetal akciğerlerden kaynaklanan transüda az bir kesimini oluşturur. Amniyotik sıvının varlığı fetal akciğerlerin gelişimi için şarttır. Sıvı içerisindeki ekojen partiküller, fetal derinin dökülmesine (verniks), kanamaya veya mekonyuma bağlıdır.

Amniyotik sıvı hacimini doğru olarak hesaplamak zor olduğundan değerlendirme pratikte genellikle subjektif olarak yapılır. Objektif bir ölçüm amacıyla uterus 4 kadrana ayrılarak her kadrandaki sıvı miktarı ölçülür. Her kadrandaki sıvının, en derin olduğu yerdeki derinlik ölçülür. Ölçüm yapılan yer o kadrandaki en derin kesim olmalı ve içerisinde umblikal kord vb yumuşak doku parçası bulunmamalıdır. Dört kadranın ölçümü toplanır ve çıkan değere *amniyotik sıvı indeksi* denir; normal değeri 5-20 cm arasındadır. Amniyotik sıvının fazlalığına polihidramniyoz, azlığına oligohidramniyoz adı verilir.

Amniyotik sıvının fazlalığı: Amniyotik sıvı fazlalığını 24. haftadan önce kesin olarak söyleyebilmek zordur. Doğumda 2 litreden fazla amniyotik sıvı polihidramniyoz olarak kabul edilir.

Amniyotik sıvının göreceli olarak göze en fazla göründüğü evre II. trimestrenin başlarıdır, daha sonra fetüsa göre sıvı oranı gittikçe azalır. Amniyotik sıvı indeksinin 20'den fazla olması veya bir sıvı birikintisinin derinliğinin 8 cm'i geçmesi polihidramnioz tanısı koydurur. Diğer bir bulgu 24 haftadan sonra fetüsun karnının uterusun ön ve arka duvarına değmemesidir.

Polihidramniyoz olgularının %60'ı idiyopatiktir, %20'si diyabet ve Rh uyuşmazlığına bağlı hidrops fetalise, %20'si ise doğumsal fetal anomalilere bağlıdır (Tablo 5.13). Fetal anomalili fetüsların yaklaşık yarısı polihiramniozla birliktedir. Şiddetli polihidramni-

Tablo 5.13 Amniyotik sıvının miktar anormallikleri

Polihidramnioz	Oligohidramniyoz
Nedenleri	**Nedenleri**
%60 İdiopatik	Gestasyonel membranların erken rüptürü
%20 Rh uyuşmazlığı-diyabet	IUGR
%20 Konjenital anomaliler:	Renal agenezis gibi idrar eks kresyonunu azaltan anomaliler
Nöral tüp defektleri	
GIS anomalileri	
Dwarfizm	
24. haftadan önce tanısı zor, fetüsun incelenmesi kolay	**Tanısı kolay, fetüsu incelemek zor**

yozun fetal anomalilerle birlikte olma olasılığı hafif şekillerinden daha yüksektir. Polihidramniyoz oluşturan fetal anomaliler en çok nöral tüp defektleridir. Sindirim borusu obstrüksiyonu, kardiyak nedenler ve dwarfizmde de polihidramniyoz gelişir. Bu nedenle polihidramniyozdan şüphelenildiğinde önce hidrops araşırılmalı ve bu amaçla perikardiyal ve plevral sıvı, asit, deri ödemi ve plesantal genişleme kontrol edilmelidir. Daha sonra fetal morfoloji incelenir. Bu yapılırken nöral tüp, kalp, sindirim borusu ve uzun kemiklere özel bir dikkat gösterilir.

Amniyotik sıvının azlığı: Gestasyonel membranların erken rüptürüne, intrauterin büyüme geriliğine veya amniyotik sıvı içerisine idrar ekskresyonunun azalmasına bağlıdır. Polihidramniyozdan daha önemli bir klinik durumdur. Şiddetli oligohidramniyozun en belirgin komplikasyonu fetal akciğer immatüritesidir.

Amniyotik sıvı azlığını tanımak daha kolaydır. Amniyotik sıvı indeksi 5 cm'den düşüktür. En derin sıvı birikiminin kalınlığının 1 cm'den düşük olması şiddetli oligohidramniyozu gösterir. Son haftada normalde görülen amnios sıvısındaki azalma, oligohidramniyoz olarak değerlendirilmemelidir.

Gestasyonel membranların prematür rüptürü klinik bir tanıdır. İyi bir anamnezle ortaya çıkarılabilir. İntrauterin büyüme geriliği ile azalmış idrar ekskresyonunun morfolojik nedenleri arasında ayırım zor olabilir. Eğer neden mesane çıkışındaki bir obstrüksiyona bağlı ise, mesanede, üreterlerde ve bazen değişik derecelerde toplayıcı sistemlerde görülen genişleme ile tanınabilir. Bu durum sıklıkla fetüste assit ile birlikte görülür. Tek taraflı multikistik displastik böbrek ile karşı taraf üreteropelvik birleşim obstrüksiyonuna bağlı hidronefroz yaklaşık %20-40 oranında bir arada bulunurlar. Bu durum oligohidramniyoza neden olabilir.

Amniyotik sıvı azlığının temel nedenlerinden birisi olan iki taraflı renal agnezide fetüsa ait böbrek görünümü saptanmaz. Fetüsta mesanenin görülmesi renal agenizis tanısını dışlatır. İntrauterin gelişme geriliği olan fetüslarda böbrekleri görmek zor olabilir ve mesane dolu olmayabilir. Ayrıca renal agenezide böbreküstü bezleri büyüyerek böbrek görünümü verebilir. Bu durumda anneye bir diüretik verdikten sonra fetüs tekrar incelenir. Örneğin 60 mg furosemid İV olarak verildikten iki saat sonra yapılan incelemede fetal mesane görülmüyorsa renal agenezi tanısı konabilir.

US kılavuzluğunda amniyosentez: Obstetrik US'deki önemli bir girişim de ultrason öncülüğünde amniosentez yapılmasıdır. Nöral tüp defektlerini saptamak amacıyla kromozom incelemesi ve alfa-fetoprotein tayini için 16-18'inci haftalar arasında amniosentez yapılabilir. Ayrıca II-III. trimestrede amniyotik sıvının bilirubin içeriğini ölçerek Rh-izoimmünizasyonu saptanabilir. Gebeliğin sonlarına doğru, risk altındaki olgularda akciğer maturitesi, amniyotik sıvıda fosfosetin/sfingomiyelin oranına bakarak araştırılır. Bu oran 2'den büyükse akciğerler matür, 1.5'den küçükse immatürdür.

Birden çok gebelik

İkiz gebelik 1/90 oranında görülür. İkiz gebelikte morbidite ve mortalite artar. Neonatal ölümlerin %12-13'ünü ikiz ölümleri oluşturur. Morbidite nedenleri prematürite, polihidramnioz, konjenital anomali oranının artması, büyüme anormallikleri ve umblikal kord kazalarıdır.

İkiz gebelik iki farklı zigottan veya tek zigottan gelişebilir. İki farklı zigottan gelişen fetüsların plasentaları ve amniyonları ayrıdır (dikoryonik, diamniyotik). Bir uterus kavitesi içerisinde aynı anda iki ayrı fetüs bulunur. Tek zigottan gelişenlerde zigot ikiye ayrılarak iki ayrı fetüs oluşturur. Amniyositeleri ve koryonositeleri gelişim evresine göre farklıdır. Monokoryonik ve monoamniyotik olanlarda fetüslar aynı amniyon kesesi içerisindedirler ve tek plasentadan beslenirler. Monokoryonik ve diamniyotik olanlarda da tek plasenta vardır, fakat fetüslerin herbiri kendi amniyonu içerisindedir.

Tek plasentadan (monokoryonik) beslenen fetüslarda risk, iki ayrı plasentası (dikoryonik) olanlara göre daha yüksektir. Monokoryonik ikizlerde genellikle plasental seviyede vasküler anatostomoz görülür. Tek amniyotik kaviteyi paylaşan (monoamniyotik) fetüslar en yüksek morbidite riskine sahiptir. İkizlerin ayrı cinsiyette olmaları dikoryonik olduklarını gösterir. Dikoryonik olguların yaklaşık yarısında plasentalar füzedir; ancak iki plasenta arasında vasküler anastomoz görülmez. Plasentası birleşmiş olan dikoryonik ikizler, monokoryonik-diamniyotik tek yumurta ikizlerinden, ikizleri ayıran membranın kalınlığı ile ayrılır. Dikoryonik ikizlerde aradaki membran hem koryon hem amniyon zarını içerdiğinden kalındır (Resim 5.178), monokoryonik olanlarda ise sadece amniyon zarından oluştuğu için ince bir zar şeklinde görülür. Fetüslar arasındaki zarı her zaman göstermek zordur; bu nedenle monoamniyotik ikiz tanısı koymak için amniyon zarının olmadığından emin olmak gerekir.



Resim 5.178 İkiz gebelik. Dikoriyonik ikizlerde aradaki membran kalın.

İkizden-ikize (“**twin-twin**”) **transfüzyon sendromu**: Tek plasentası olan ikizlerde plesanta seviyesinde, bir ikizin arteriyel kanı ile öbür ikizin venöz kanı arasında arteroiyovenöz anastomozun oluşması sonucu ortaya çıkar. Bu anastomozda arterin ait olduğu ikiz, donör pozisyonundadır ve gelişme geriliği gösterir. Venöz taraftaki alıcı durumundaki ikiz ise hidropik yapıdadır; asiti ve deride ödemi vardır ve kardiyak yetmezliğe meyillidir. Bu olgularda plesanta tektir ve umblikal kordlar plesantada bir santimetreden az aralıkla yan yana yerleşmişlerdir. Amniyotik kesede ayırıcı membran görülmez.

İkiz embolizasyon sendromu: İkizlerden birinin ölmesi halinde ölü fetüsun kan ürünlerinin plasental anastomoz aracılığı ile diğer fetüsa geçmesi, dissemine intravasküler koagülopatiye ve multifokal doku enfarktlarına neden olur.

FETÜSUN US İNCELEMESİ

İnceleme yöntemi ve normal anatomi

Gebelik standart olarak birincisi 16-20., ikincisi 34. haftada yapılan iki US incelemesi ile değerlendirilir. İncelemeye fetüse oriyante olarak başlanır. Daha sonra inceleme belirli bir sıraya göre yapılır. Önce serviksin iç ağzı çevresi plesanta yerleşimi açısından incelenir, daha sonra plesanta değerlendirilir; bunu BPD, FL ve abdominal çevre ölçümleri izler. Ölçümler yapılırken fetal anatomi de incelenir. Fetüsun incelenmesi sırasında amniyotik sıvının miktarı ve içeriği de değerlendirilir.

Fetal başın incelenmesine bütünlüğünün değerlendirilmesiyle başlanır. Anensafali saptanabilir ve ansefalosel varlığı araştırılır. Normalde kafanın kenarlarında görülen akustik gölgenin bulunmadığı olgularda, osteogenezis imperfekta gibi kemiğin mineralizasyonunu bozan bir hastalık düşünülmelidir. Böyle bir durumda femur ve vertebraların ekojenitesinde de azalma dikkati çeker. Yüzdeki anomalileri görmek zordur, fakat yarık damak izlenebilir.

Fetal kraniyum standart olarak talamik, ventriküler ve serebellar aksiyal kesitlerle incelenir. Talamik kesitte BPD ve baş çevresi ölçümü yapılır ve kraniyumun boyut ve şekil değişiklikleri ve büyük yapısal anormallikler bu düzlemde değerlendirilir. Üçüncü ventrikül bu düzlemde ince ekojen bir çizgi veya eni 3.5 mm’yi geçmeyen bir yarık şeklindedir. Ventriküler kesit yan ventriküllerin atriumları seviyesinden geçer. Bu kesitte ventriküllerin genişliği değerlendirilir. Ventrikül genişliği atrium seviyesinde 10 mm’yi geçmemelidir. Normalde atrium koroid pleksusla dolu olmalı, koroid pleksusla ventrikülün dış duvarı arasında mesafe bulunmamalı, varsa 3 mm’yi geçmemelidir. Serebeller kesit kanto-meatal çizgiye yaklaşık 10-15 derece açılıdır. Bu kesitte üçüncü ventrikülün alt kesimi ve sisterna magna ile çevrelenmiş serebellar hemisferler görülür. Normal sisterna magnanın genişliği 2-11 mm arasında değişir. Bu üç düzlemdeki yapıların normal görülmesi, merkez sinir sistemi anormalliği olasılığını %0.005’ten aşağıya düşürür. Ventrikül ve sisterna magna boyutunun normal olması ve normal kavum septum pellisidum görülmesi intrakranial bir anomali olasılığını pratik olarak dışlar.

Vertebral kolonun enine kesitinde akustik gölgeleri olan 3 ekojen yapı görülür. Bunlardan arkada olan iki tanesi laminalara, önde olanı ise korpusa aittir. Laminalara ait ekojeniteler arası mesafe, lumbosakral bölgeden sonra distale doğru düzgün bir şekilde daralarak sakrumun bitiminde birleşir. Daha sonra transdusıre hafif bir eğim verilerek vertebral cisimler spinal kanal içine düşürülerek incelenir ve vertebral sütunun ve üzerindeki derinin devamlılığına bakılır. Spinal kord hipoekoiktir.

Kemiklerden sternum, klavikula, humerus, iki ön kol kemiği ve parmaklar, femurlar, patella, kruris kemikleri ve ayak parmakları görülebilir. Kemiklerin yoğunluğuna bakılır. Femur boyunda anormal bir kısalık varsa ekstremitedeki diğer kemikler de ölçülerek cüceliğin rizomelik, mezomelik veya mikomelik olup olmadığına karar verilir. Ekstremite kemiklerindeki anormal eğrilikler araştırılır.

Kalp en iyi 24.-25. haftalarda incelenir. Daha geç evrede kosta gölgeleri kalbi örtebilir. Fetal kalpte normalde saniyede 140-160 vuruş izlenir. Bazen ekstrasistoller görülebilir. Kalbin morfolojisi, 4 kalp odasının birlikte görüldüğü standart kesitlerde değerlendirilir. Fetal kalpte her iki ventrikül eşit boyuttadır ve atrium boyutlarından hafiçe daha küçüktür. Sağ ventrikülün trabekülleri daha belirgindir. Sol atrium içerisinde septum primum görülür. Kalp kapakları ve aort izlenir. Baş sıklıkla fleksiyonda olduğundan boyunda karotid arterleri görmek zordur.

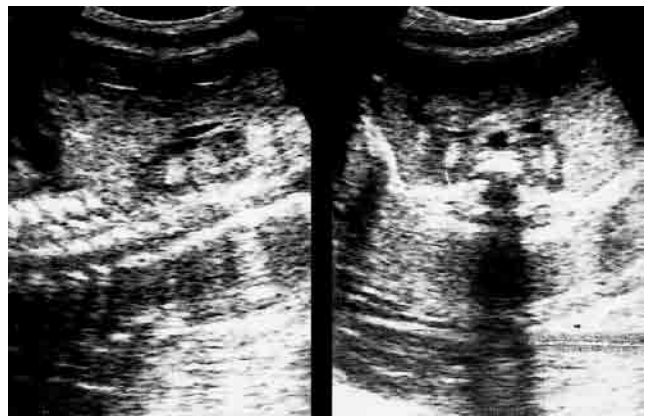
Karın fetüsun en büyük parçasıdır. Karaciğer büyüktür ve sol lobu sağdan daha büyüktür. Umblikal venle sol portal dala bağlanan anne kanının yaklaşık yarısı karaciğeri perfüze ederken geriye kalan yarısı doğrudan duktus venozus yoluyla İVK'ya geçer. Pelvis görece küçüktür pelvis içerisindeki organlar abdomene taşar.

Karın longitudinal ve transvers kesitlerle incelenir. Önce karın duvarına bakılır. Omfalosel ve gastroşizis araştırılır. Gastrik fundusun ve mesanenin 14. haftadan itibaren sıvı ile dolu kistik yapılar şeklinde görülmesi beklenir. Karaciğer içindeki venler görülür. Safra kesesi genellikle 20. haftadan sonra izlenebilir. Safra akımı 30. haftadan sonra başlar.

İnce bağırsaklar karnın ortasında içlerindeki mekonyum nedeniyle ekojen yapılar şeklinde görülür. III. trimestrede bağırsak peristaltizmi gözlenebilir. İnce bağırsakların çapı 6 mm'yi geçmez. Kolonlar 20. haftadan itibaren karnın çevresinde tubüler yapılar olarak görülür ve zamanla mekonyumla dolar. Genişlikleri normalde 23 mm'yi geçmez.

Böbrekler ilk muayenede longitudinal kesitlerde daha iyi görülürler; fetal lobulasyon nedeniyle dış kenarları dalgalı görünümdedir. Böbreğin uzun boyutunun milimetre olarak değeri hafta olarak gestasyonel yaşı gösterir. Böbreklerin üzerinde böbreküstü bezi, ortası ekojen hipoekoik bir yapı şeklinde görülür (Resim 5.179). Böbreküstü bezi diğer karın organlarına göre belirgin şekilde büyüktür. Bazen ortasındaki ekojen şeridi ile birlikteki görünümü böbrek sanılabilir. Mesanede her zaman bir miktar idrar vardır; yoksa, incelemeyi 2 saat sonra tekrar etmek gerekir. Fetüs 50-155 dakikada bir miksiyon yapar. Miksiyon göbek kordonunu hareket ettirecek kadar güçlüdür.

Fetüsun cinsiyeti 20. hafta civarında saptanabilir. Skrotum, penis ve vulva görülür. Vulva perinede 4 ekojen paralel çizgi şeklindedir. Testisler 7. ayın sonunda skrotuma iner. 36. haftadan sonra tunika vaginalisler arasında, peritoneal sıvı artığı minimal sıvı izlenebilir.

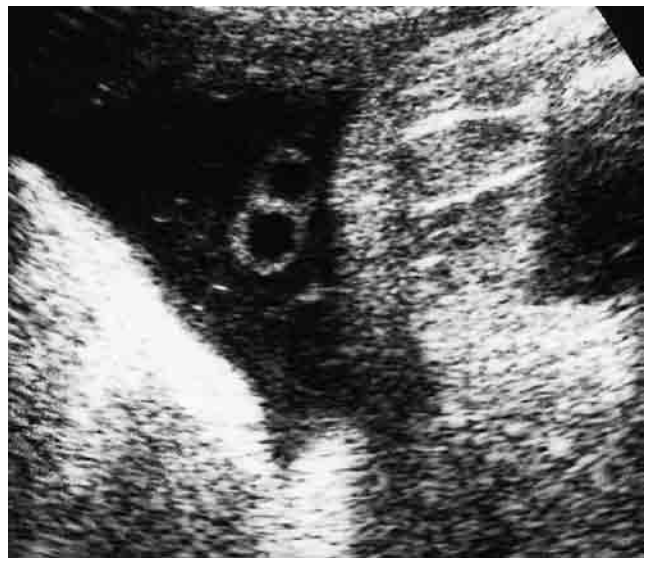


Resim 5.179 Fetüsta sürrenal bezlerinin görünümü. Aksiyal kesitte paravertebral lokalizasyonda ortaları ekojen hipoekoik yapılar.

Umblikal kord saç örgüsü görünümündedir. İki arteri ve geniş bir veni vardır. Kordonunda bir arteri olan fetüslarda konjenital anomali olasılığı yüksektir (Resim 5.180).

Gebelerin ultrasonografisi annenin safra kesesinin ve böbreklerinin incelenmesi ile tamamlanır. Gebelerde %2-3 oranında safra taşı ve uterusun üretere basısına bağlı olarak özellikle sağ böbrekte kalisiyel genişleme görülebilir. Gebelikte 12. haftaya kadar 2-4 cm boyutlara erişen korpus luteum kisti izlenebilir.

Normal fetal hareketler: Fetüsun normal hareketleri gestasyonel yaşa göre değişir. Kardiyak aktivite fetal nodun görülmesiyle başlar. Transvajinal US ile



Resim 5.180 Göbek kordonunda tek arter ve tek ven.

fetal nod doğru dürüst ortaya çıkmadan önce görülebilir. Nabız sayısı yaklaşık olarak dördüncü haftada 128, yedinci haftada 174, dokuzuncu haftada 161, onikinci haftada 147 olarak ölçülmüştür. Fetüste nabzın 100'den aşağı düştüğü 10 sn'den fazla süren bradikardi atakları fetal hipoksik distresi gösteren bir bulgudur.

Yutma hareketi 11. ve 12. gestasyonel haftalarda başlar. Fetüsun parmağını emme hareketi ikinci trimestrede izlenebilir. Dokuzuncu gestasyonel haftada fetüsun hareketleri konvulziftir; fetüs amniyon sıvısı içerisinde yukarıya doğru çıkar ve düşer. On ikinci haftada fetüsun üç ayrı şekilde hareketi gözlenir. Bunlardan birincisi tüm vücut parçalarının aktif hareketi, ikincisi sporadik tekmeleme ve kuvvetli gövde hareketleridir. Üçüncü hareket yetişkin bebeğin hıçkırığına benzer. Fetal solunum hareketi, teorik olarak 11. haftadan itibaren başlar. Yemekten sonraki 1-2 saat içerisinde sık görülür. Normal bir fetüsta 108 dakika boyunca görülmeyebilir. Bu nedenle fetal apne tanısı koyabilmek için fetüsun en az iki saat gözlenmesi gerekir. Gebeliğin ilk yarısında fetüsun hareketi gittikçe artar.

Anormal durumlarda fetal hareketler normal şekillerini kaybeder; hareketlerin sayısı azalır, daha kısa sürer ve daha spazmotik olurlar. Fetüsun hareketlerinin bir süre gözlenerek karakterize edilmesi biyofizik profilin en önemli parçasıdır. Biyofizik profil endikasyonları, miad aşımı, erken membran rüptürü, İUGG, kronik hipertansiyon, gebelik hipertansiyonu, çoğul gebelikler, diyabetes mellitus, vajinal kanama, annenin fetüsun hareketlerinin azaldığını söylemesi ve Rh uyuşmazlığıdır. Amaç fetal distresi saptamaktır. Çıkarılan biyofizik profil skorlanarak tutulacak yolun ve uygulanacak girişimin şekline karar verilir.

FETAL ANOMALİLER

Fetal anomaliler 12.-14. haftadan itibaren saptanabilir. Bununla beraber fetal anomali araştırmak amacıyla yapılacak incelemenin en uygun zamanı 17-23 haftadır. Fetal anomali araştırmasında serum analizleri önemli bir yol göstericidir.

Alfa fetoprotein (AFP) ve üçlü tarama: AFP fetal karaciğer tarafından yapılan bir proteindir. Fetal serumda en yüksek konsantrasyondadır, amniyotik sıvı içerisinde az miktarda bulunur, anne serumunda ise çok az miktardadır. Nöral tüp defektlerinde ve diğer deri defektlerinde AFP amniyotik sıvıya ve anne serumuna geçer ve buralardaki seviyesi yükselir. Nöral tüp defekti ve diğer defektleri saptamak için annenin AFP değerlerine bakılır. AFP değeri gestasyonel yaşla değişir. En üst değerine 30-32 haftalarda ulaşır.

Üçlü taramada, annenin serumunda AFP'ye ek olarak beta-hCG ve ankonjuge estriol (uE3) seviyelerine bakılır. Bu testleri yapmak için en uygun zaman gebeliğin 16-18. haftalarıdır. Test sonuçları "multiples of the unaffected median"-MOM değeri olarak ifade edilir. 2.50 MOM'dan yüksek AFP yükselmiş kabul edilir. Artmış hCG (ortalama 2.3 MOM) ve azalmış unkonjuge estradiol (ortalama 0.7 MOM) seviyeleri kromozomal anormalliklerin, özellikle trizomi 21 riskinin yükseldiğini gösterir. AFP veya üçlü değerleri anormal olan olguların gestasyonel yaşın saptanması ve ayrıntılı fetal inceleme için US'ye gönderilmeleri kuraldır. Karyotip belirlenmesi için amniosentez yapılır.

Hidrops fetalis

Yumuşak doku ödemine ve seröz boşluklarda sıvı birikimine neden olan, fetüsta aşırı sıvı toplanması ile karakterizedir. İmmün hidrops (%10) anne ile fetüs arasındaki kan grubu uyuşmazlığına bağlıdır. Fetal transfüzyonla yapılan günümüzdeki tedavisi başarılıdır. İmmün olmayan hidrops %90) ise kalp hastalığı, enfeksiyonlar, kromozomal anormallikler, ikiz gebelik, üriner obstrüksiyon ve umblikal kord komplikasyonları gibi birçok nedene bağlı olabilir. Bir çok olguda neden saptanamaz. İmmün olmayan hidropsun prognozu kötüdür.

Derideki kalınlaşma fetal hidropsun en erken bulgusu olabilir ve en iyi karın, göğüs ve kafa çevresinde görülür (Resim 5.181). Gebeliğin sonlarına doğru verniks kazeozanın birikmesine bağlı fetal derideki tüylü görünüm gerçek ödem ile karıştırılmamalıdır. Fetüsun deri kalınlığı normalde 2-3 mm'dir, 4 mm'den daha kalın bir deri fetal ödem bakımından anlamlıdır. Baş çevresinde kalvaryumu saran kalın deri *çift halka* ("*double-ring*") görünümü oluşturur. Bu durum genellikle polihidramniyozla birliktedir ve birlikte plevral sıvı ve/veya assit de vardır. Plasenta normalden kalındır.

Derideki kalınlaşma birbuçuk santimetreyi geçerse etyolojide, lenfatik anormallikler düşünülür. Konjenital lenfanjiektazide deri kalınlığı iki santimetreye kadar çıkar. Fetüs koza şeklindedir.

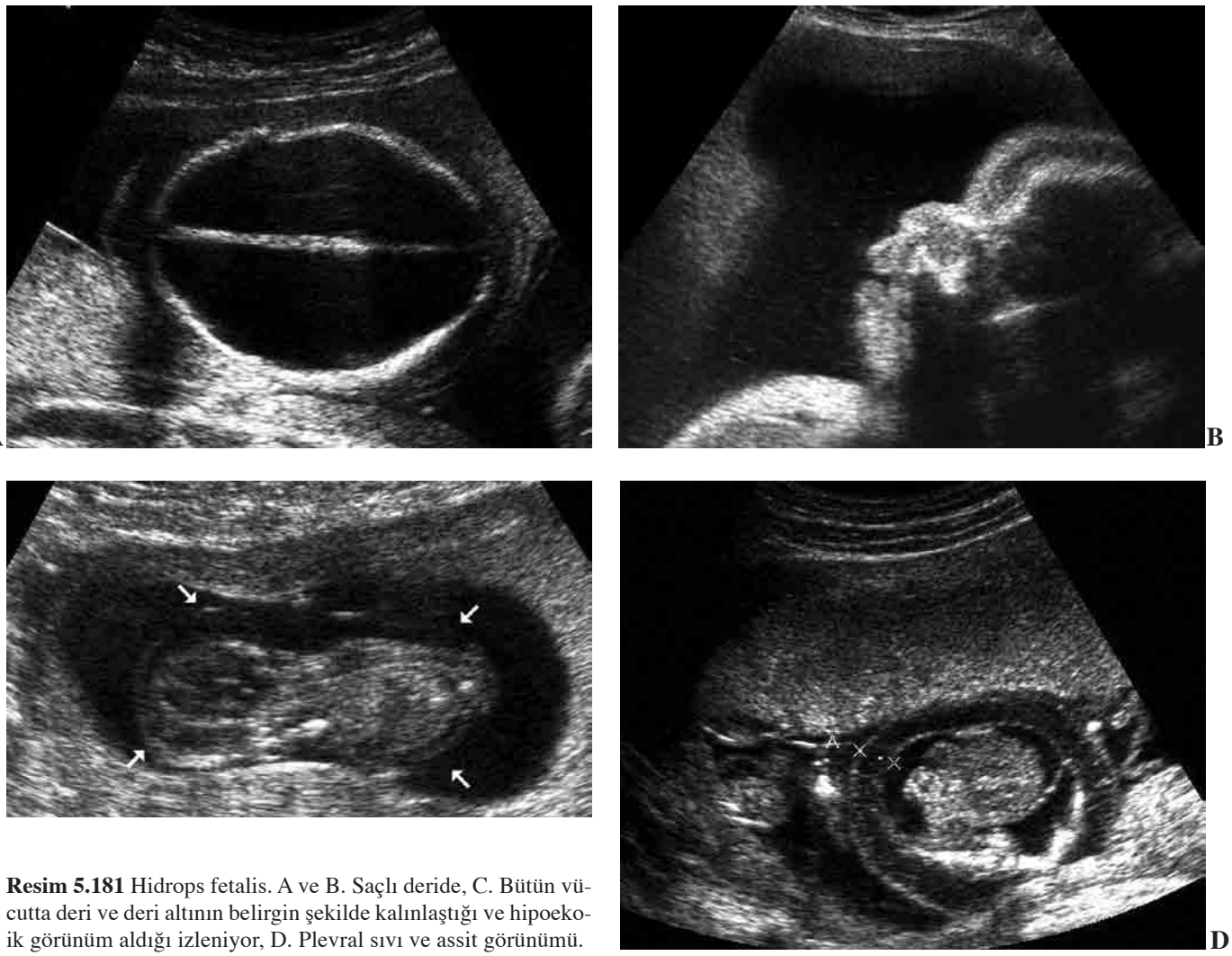
Fetal hidropsun nedenleri Tablo 5.14'de, US bulguları ise Tablo 5.15'de sunulmuştur. Sıklıkla belirgin bir neden saptanamaz.

Tablo 5.14 Fetal hidrops nedenleri

Rh-İzoimmünizasyonu
Kardiovasküler hastalıklar
Viral enfeksiyonlar
İkiz-ikiz transfüzyonu
Kromozomal anormallikler
Anemi
Lenfanjiektazi veya lenfatik obstrüksiyon
Fetal ölüm
Dwarfizm
Plasental nedenler
İdiopatik

Tablo 5.15 Hidropik fetüsun US bulguları

– Seröz boşluklarda sıvı birikimi
Asit
Plevral sıvı
Perikardiyal sıvı
– Subkütanöz ödem: deri kalınlığı > 4 mm
– Fetal hareketlerde bozulma
– Genellikle polihidramniyoz
– Plasenta kalınlığında artma: > 4 cm



Resim 5.181 Hidrops fetalis. A ve B. Saçlı deride, C. Bütün vücutta deri ve deri altının belirgin şekilde kalınlaştığı ve hipoekoik görünüm aldığı izleniyor, D. Plevral sıvı ve assit görünümü.

Baş-Boyun

Kistik higroma septalı kistik yapı şeklinde boyunda sık görülen lenfatik bir anormalliktir. Boyundaki lenfatik sistemin bağlantılarının olmamasına bağlı olarak gelişir. Öndeki lezyonlarda kitle etkisine bağlı olarak fetal baş hiperekstansiyondadır. Lezyonlar boyunda



Resim 5.182 Kistik higroma fetüsun boynunda deri altında kistik septalı görünüm (ok).

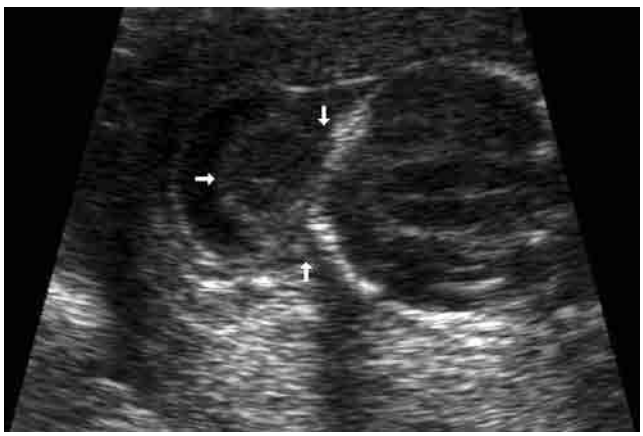


Resim 5.184 Yarık dudaklı bir fetüsa ait görünüm (oklar).

sıklıkla yan-arka yerleşimdedir. Düzensiz kenarlı, septalı kistik kitle şeklindedir. Arkada yerleşenler nukal ligementin iki yanında kistik doku kalınlaşması şeklinde görülür (Resim 5.182). Sıklıkla Turner sendromu ve trizomi sendromları ile birliktedir, bu nedenle olgulara genetik amniyosentez yaptırması önerilir.

Kistik higromanın yaklaşık %80'i boyun bölgesinde, geriye kalanı kasıkta, koltuk altında ve mediyastendedir. Boyunda görülenler mediyastene uzanabilirler. Kistik higromalı olgularda birlikte plevral sıvı varlığı prognozun kötü olduğunu işaret eder. Ayırıcı tanı servikal teratom, konjenital guatr, tiroglossal kanal kisti, hemanjiom, brankial kleft kisti ile yapılır.

Meningomiyelosel ve meningoansefalosel daha geride yerleşir. Meningoansefalosel çok sıklıkla posterior oksipital bölgededir (Resim 5.183). Frontoetmoidal ve paryetal bölgelerde de görülebilir. Bu olgularda kafadaki kemik defektini göstermek zordur.



Resim 5.183 Ansefalosel. Fetal kraniumun arka kesiminde içerisinde beyin dokusuna ait solid yapılar bulunan kistik kitle. Ansefalomiyelosel.

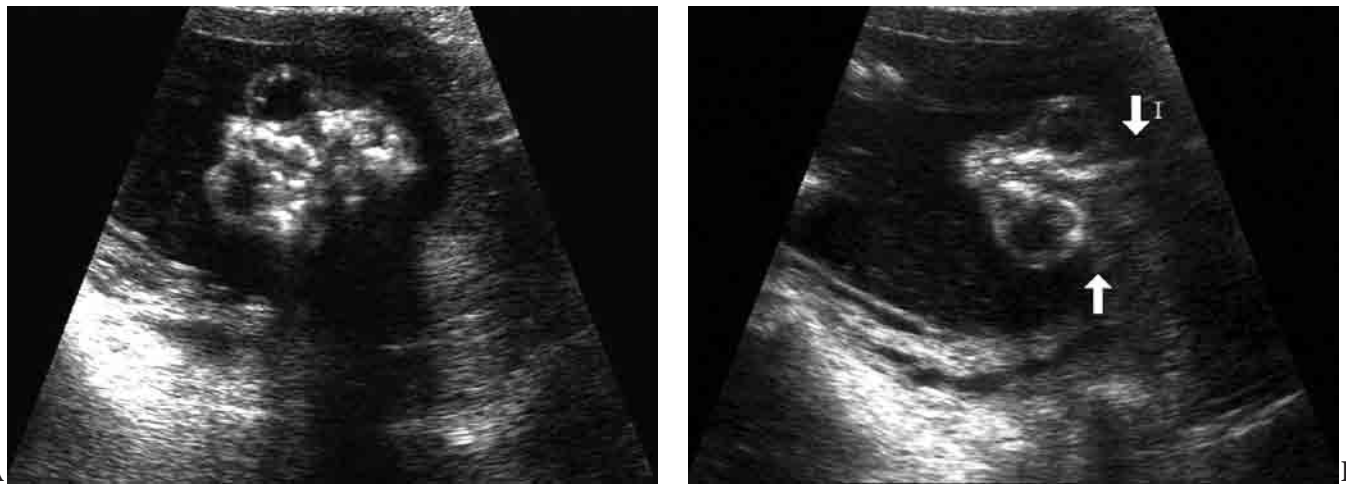
Ansefalosel sıklıkla hidrosefali ile birliktedir. Meningosel içerisinde beyin dokusunun bulunup bulunmaması prognoz yönünden önemlidir.

Yarık dudak ve damak oldukça sık görülen bir yüz anomalisidir (Resim 5.184). Olguların yarısında dudak ve damak birlikte tutulmuştur; geriye kalanların yarısında dudak, diğer yarısında damak yalnız başına tutulur. Olguların yaklaşık ¼'ü iki taraflıdır. Olguların bir bölümünde polidaktili, konjenital kalp anomalisi ve trizomi 21 gibi anomalilerle görülebilir. US'de yarık daima yandadır ve bir burun deliğine uzanır. Orta çizgi yarığı tümüyle farklı bir olaydır ve holoprozensefali ile birlikte görülür.

Fetal kraniyum ve omurilik

Anensefalide, orbitaların üzerinde kalvaryum kemikleri ve beyin hemisferleri yoktur. Beyin dokusu yerinde *serebrovasküloza* adı verilen amorf bir nörovasküler kitle vardır. Servikal vertebralar kraniyovertebral birleşimde genişleyerek sonlanır. Orbitalar çok belirgindir. Polihidramnioz anensefaliye eşlik eden önemli bir bulgudur. 14-15. haftadan önce anensefali tanısı konmamalıdır (Resim 5.185).

Ventriküler genişleme, BOS obstrüksiyonuna, atrofiye veya konjenital anomalilere bağlı olabilir. Olguların %80'i konjenital anomalilerle birliktedir. Tanı yan ventrikül atriumunun genişliğine göre konur. Atriumun genişliğinin 10 mm'nin üzerinde olması, koroid pleksusun atriumu tam doldurmaması ve bir duvarı ile arasındaki mesafenin 3 mm'yi geçmesi ve buna bağlı olarak koroid pleksusun ventrikül duvarına *asılı bir görünüm* alması ventrikülomegali tanısı koydurur (Resim 5.186). Ventrikülomegalinin en sık nedeni Chiari II malformasyonu ve akuaduktus steno-

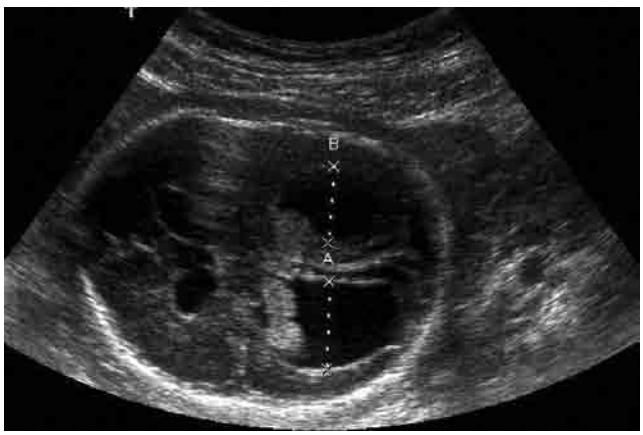


Resim 5.185 Anensefali. A ve B. Her iki olguda da büyük orbitaların üzerinde beyin yok; yerinde küçük, şekilsiz bir yumuşak doku kitlesi izleniyor.

zudur. Chiari malformasyonuna hemen daima spinal anomaliler eşlik eder. Hafif veya orta derecede ventriküler genişlemede aşağı lomber ve sakral bölgelerin spinal disrafizm yönünden incelenmesi zorunludur.

Ventriküllerle ilişkisiz yerel sıvı birikimi araknoid kistleri veya porensefalik alanları temsil eder. Porensefalik kistler ventriküllerle ilişkili olabilir. Ekstraaksiyal sıvı birikimi parankimle iç tabula arasında veya subaraknoid sisternal bölgelerdedir ve nadir görülürler.

BOS obstrüksiyonuna bağlı olarak gelişen hidrosefali olgularının büyük bölümü idyopatiktir. Akuaduktus stenozu sekse bağlı resessif geçişli herediter özellik gösterebilir. Hidrosefali büyük boyutlara ulaştığında hidranensefali veya alobar holoprosensefaliden ayırmak çok zor olabilir.



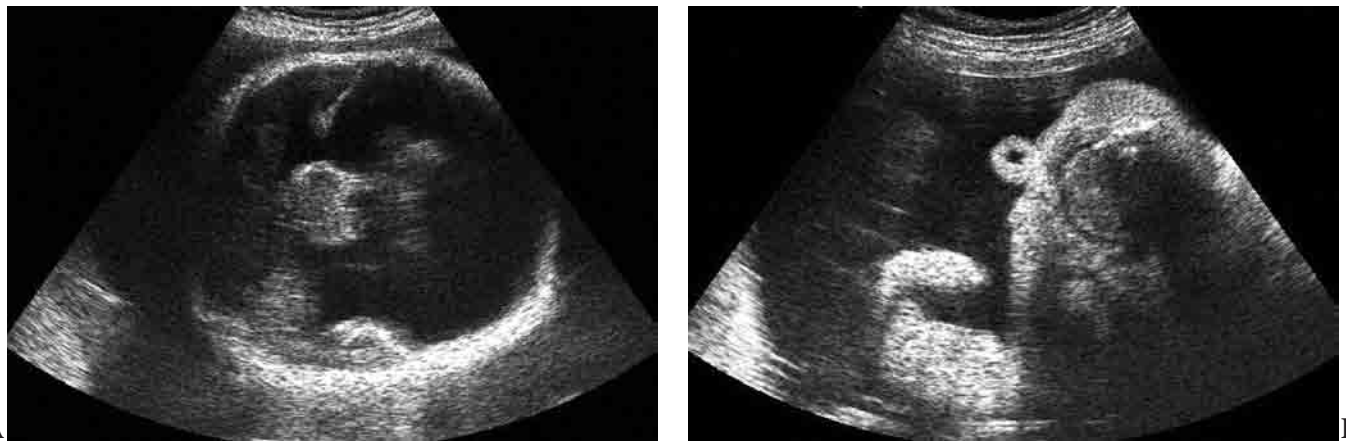
Resim 5.186 Ventrikülomegali. Oksipital boynuzlarda belirgin genişleme ve koroid pleksusların asılı görünümü.

Hidranensefalide serebral hemisferlerdeki beyin dokusu tümüyle ortadan kalkmıştır. Hemisferlerin yerinde BOS keseleri vardır. Olayın internal karotid arterlerin tam tıkanmasına bağlı olduğu kabul edilir. Posterior sirkülasyondan beslenen posterior fossa yapıları sağlamdır; talamuslar normal görülür. Falks, her zaman tam olmamakla birlikte daima vardır.

Holoprozensefalide anormallik prozansefalonun iki hemisfere ve iki talamusa ayrılamamasıdır. Şiddetliden hafife doğru alobar, semilobar ve lobar şekilleri vardır. En şiddetli şekli olan alobar holoprozansefayide falks, septum pellisidum ve korpus kallozum yoktur. Her iki hemisfer ortadaki tek ventrikülün çevresinde birleşmiştir. Tek ventrikül yukarda verteksi dolduran ve dorsal kist adı verilen büyük bir kistik yapı ile birleşir (Resim 5.187). Beyin dokusunun ortadaki tek ventrikülü önden çevrelemiş görünümüne *atnalı veya bumerang görünümü* adı verilir. Talamuslar birleşmiştir. Birlikte hipotelorizm, siklopi (iki orbitanın birleşmesi, tek göz) ve probosis (tek burun delikli burun) gibi yüz anomalileri sıktır. Semilobar şeklinde dorsal kist yoktur, posterior beyin dokusu mevcuttur. Oksipital loblar rudimanter olarak gelişmiştir ve falks kısmen posteror kesimde gelişmiştir. Lobar formunda ayrılma orta çizgiye kadar gelmiştir ve frontal loblar alt kesimlerden birleşir. Bu hafif şeklinin intrauterin olarak tanınması zordur.

Korpus kallozum agenezisi bebeklerde gördüğümüz tipik morfolojik bulguları ile tanınabilir. Bunlardan en kolay görüleni yan ventriküllerin oksipital boynuzlarının genişlemeleridir (kolposefali).

Koroid pleksus kistleri II. trimestrede normal ol-

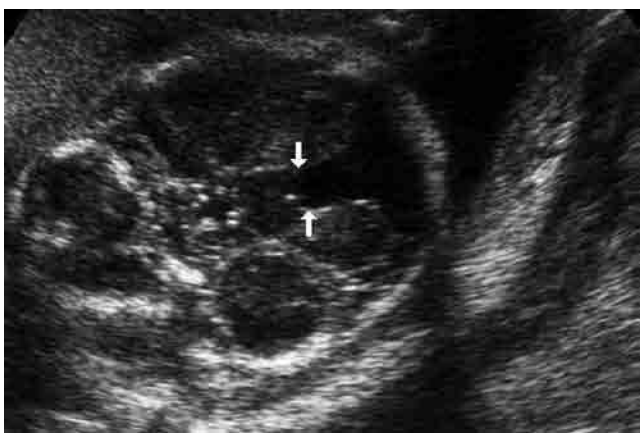


Resim 5.187 Holoprozensefali. A. Talamuslar birleşmiş, anteriorda beyin dokusu görülmüyor, büyük bir kistik yapı görülüyor. Tek ventrikül. B. Holoprozensefalide tek delikli burun. Probosis.

guların %1-3'ünde görülür. Çoğunluğu III. trimestrede kaybolur. Genellikle multilokülerdir ve 5-20 mm boyutlarındadır. Boyutu 10 mm den küçük kistler bir sorun oluşturmaz, daha büyük kistlerin trizomi 18 ile birlikte olma olasılığı vardır. Trizomi 18'li olgularda %47 oranında koroid pleksus kisti saptanmıştır. Bu olgularda daha ayrıntılı US incelemesi yapılmalı ve gerekirse karyotipi belirlemek amacıyla amniyosentez uygulanmalıdır

Toksoplazmozis, rubella, sitomegalo virusu ve germinal matris hemorajileri serebral ekojenitede fokal veya difüz artmaya neden olurlar. Bu lezyonlara eşlik eder kimyasal ependimitte ventriküler duvar hiperekoik görülür.

Posterior fossa kistlerinin ayırıcı tanısında Dandy-Walker malformasyonu, mega sisterna magna ve araknoid kisti düşünülmelidir. Olguların %45'inde

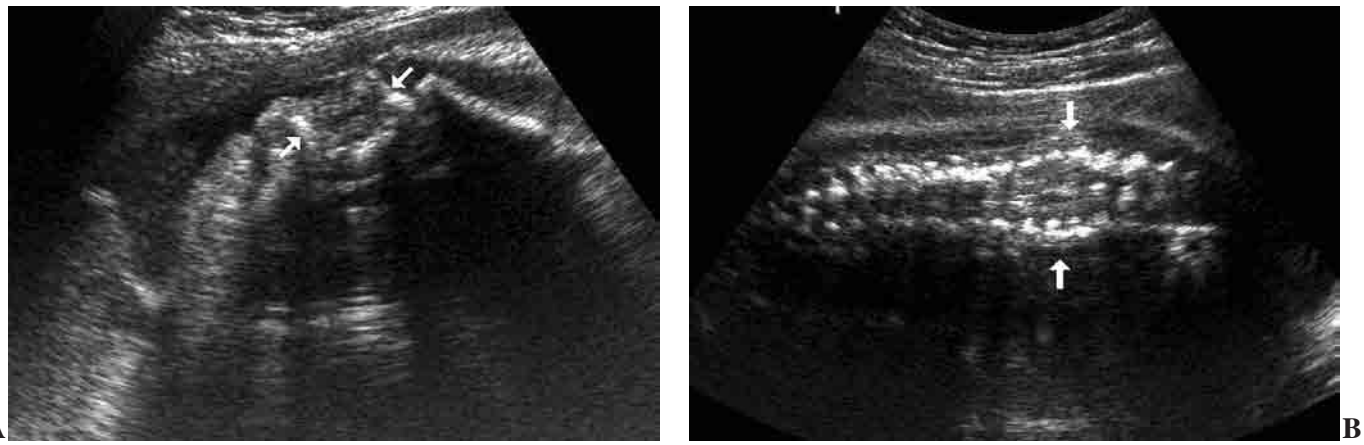


Resim 5.188 Dandy-Walker sendromu. Posterior fossada kistik görünüm (oklar).

polihidramniyoz görülür. Dandy-Walker malformasyonu 4. ventrikülün tavanının anormal gelişimidir. Posterior fossada gelişen kistik yapı serebellar hemisferleri ayırır ve 4. ventrikülle birleşir (Resim 5.188). Vermis hipoplazik veya yoktur. Posterior fossa genişlemiştir, tentorium yükselmiştir. Serebellar hemisferler sıklıkla hipoplastiktir. Sıklıkla birlikte hidrosefali vardır. Daha hafif şekilleri variyantları olarak isimlendirilir. Posterior fossada görülen mega sisterna magna ve araknoid kisti gibi diğer kistik genişlemelerde 4. ventrikül ilişkisi görülmez. Mega sisterna magnada oksipital kemiğin iç yüzeyi ile serebellar hemisferler arasındaki mesafe 10 mm'yi geçer.

Chiari II malformasyonunda posterior fossa küçüktür ve içerisindeki yapılar (serebellar tonsiller, pons ve medülla) aşağıya doğru yer değiştirmiştir. Siterna magna kompresedir ve görülmez; 4. ventrikül uzamıştır. Birlikte hidrosefali görülür. Sisterna magnanın silinmesi ile birlikte serebellar hemisferlerin oksipital kemiğe paralel komprese bir şekil alması muza benzetilmiştir. Serebellumun bu görünümüne *muz işareti* adı verilir.

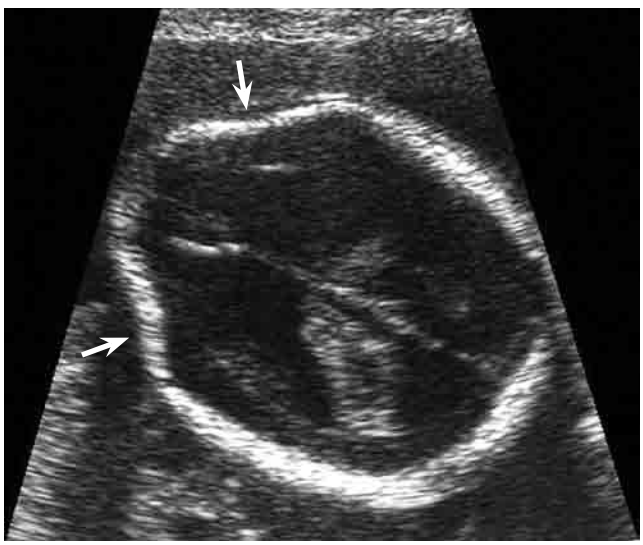
Spina bifidada, laminalara ait ekojenitelerin arasındaki mesafe açılır (Resim 5.189). Miyeloselde üstündeki deride defekt, miyelomeningoselde dışarı doğru bir keselenme vardır (Resim 5.190). Spinal anomalilerin %90'dan fazlasında birlikte Chiari II malformasyonu mevcuttur. Spinal anomalide frontal kemikler her iki tarafta kafaya limona benzer bir görünüm verecek şekilde içeriye çöker. Kafanın görünümüne *limon işareti* adı verilmiştir (Resim 5.191). Limon işareti, 24 haftadan küçük fetüslarda, spinal anomalisi olan olguların %90'ında görülür ve daha



Resim 5.189 Spina bifida. A. Aksiyal görünüm. İnterpedinküler mesafe geniş. Arkus kapanmamış (oklar). B. Longitudinal kesit. İnterpedinküler mesafenin birkaç segmentte belirgin şekilde geniş olduğu izleniyor (oklar).



Resim 5.190 Miyelomeningosel. Posteriorda dışarı doğru protrüze olan plakod ve ona uzanan sinirler görülüyor (ok).



Resim 5.191 Spinal distrafizmli olguda kraniyumda frontal kemiklerde limon bulgusu (oklar).

büyük fetüslarda kaybolur; ansefaloselli olgularda da görülebilir.

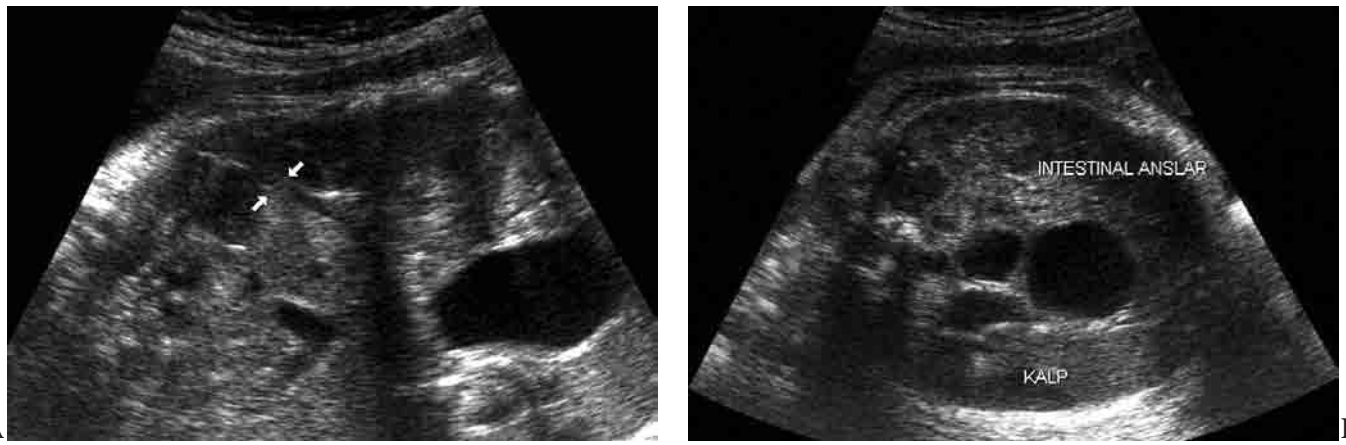
İntrakraniyal bir malformasyon saptandığında önce falksın var olup olmadığı kontrol edilir. Falks yok ve talamuslar birleşmiş ise tanı holoprozensefalidir. Falks var, ventriküller ileri derecede genişlemiş ve çevresinde kortikal doku yoksa tanı hidranasefalidir. Kraniyum içerisindeki kistik yapı orta çizgide ise posterior fossa kistlerini ve Galen veni anevrizmasını düşünmek gerekir. Tek taraflı kistlerde porensefali ve araknoid kistleri düşünülmelidir. Boyundaki kistik oluşumlar meningoensefalosel ve kistik higromadır.

Göğüs

Kalp ve büyük damarlar dışında toraks içerisinde sıvı içeren yapı yoktur; plevral sıvı bulunmaz ve akciğerler ekojen görülürler.

Plevral sıvı az miktarda ise ekojen akciğeri çeviren hipoekoik bir bant şeklindedir. Miktarı fazla ise mediyale doğru gelir ve akciğeri komprese eder. Jeneralize hidropslu bir fetüsta plevral sıvı genellikle peritoneal serbest sıvı ile birliktedir; birlikte deri ödemi ve polihidramnioz görülür. İzole plevral sıvıda etyoloji bilinmez.

Diyafragmatik herni sonucu toraks içerisine geçen bağırsaklar kısmen obstrüksiyona uğrar ve birden çok sıvı birikintileri şeklinde görülür. En sık *Bochdaleck hernisi* görülür ve (Resim 5.192) sıklıkla sol taraftadır. Karaciğer ekojenitesi akciğerin ekojenitesine eşit olduğundan karaciğer herniyasyonu çevresinde sıvı olmadıkça ayrı bir yapı şeklinde görülmez. Mediyastinal itilme ve plevral sıvı, herniyi düşündüren bulgulardır. Multipl büyük kistler veya küçük sıvı birikim-



Resim 5.192 Diyafragma hernisi. A. Diyafragmadaki defekt (ok). B. Hemitoraksa geçmiş bağırsak yapıları ve bunların basısına bağlı olarak kalbin karşı tarafa doğru yer değiştirdiği izleniyor.

leri görüldüğünde ayırıcı tanıda kistik adenomatoid malformasyon düşünülmelidir.

Kistik adenomatoid malformasyon gerçek bir pulmoner hamartomdur. Hemitoraksta değişik boyutta kistik yapılar şeklinde görülür (Resim 5.193). Herni ile ayırıcı tanısı hernide tedavinin acil cerrahi olması nedeniyle önemlidir. Midenin sıvı görünümünün yokluğu ile birlikte küçük abdomen, diyafragmatik herni lehinedir. Diyafragmanın düzgün ve midenin normal yerinde olması ise kistik adenomatoid malformasyon olasılığını ön plana çıkartır.

Bronkojenik kist, nörojenik kist ve özofajeal duplikasyonlar toraks içerisindeki yerel sıvı birikimi görünümünün diğer nedenleridir.

Pulmoner sekestrasyonlardan ekstralober olanı saptanır. Genellikle paravertebral yerleşimde homojen, solid ekojen bir kitle olarak görülür. Renkli Doppler US ile aorttan çıkan arteri saptanabilir. Birlikte hidrops görülebilir.



Resim 5.193 Konjenital kistik adenoid malformasyonlu bir olgu. Hemitoraks içerisinde değişik boyutta kistler görülüyor (ok).

Konjenital kalp anomalileri iki atrium ve iki ventrikülün birlikte görüntülendiği 4 oda kesitlerinde araştırılır. Çok iyi bir ekipman ve uzmanlık gerektiren bir alandır. Anatominin anormal olduğu durumlarda ekokardiyografik inceleme gerekir.

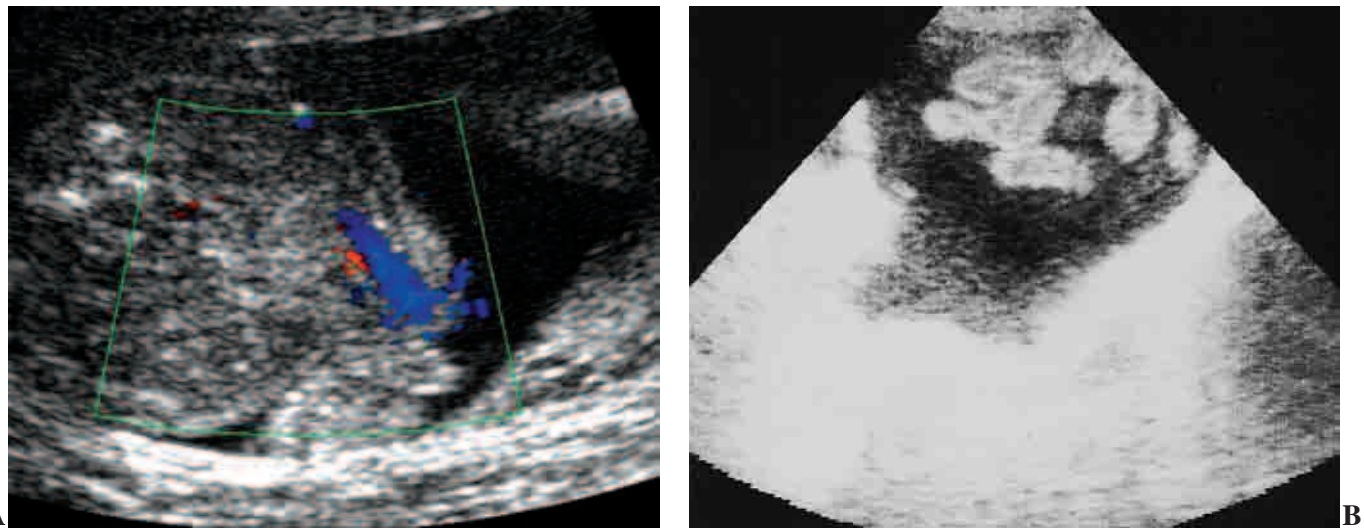
KARIN

Ön karın duvarında defekt veya herni

Gastroşiziste defekt, anterior abdominal duvarda umblikal kord girişinin genellikle sağında ve 2-5 cm uzunluğunda uzunlamasına bir yarıktır. Küçük defektlerde herniye bağırsaklarda iskemi gelişebilir. Umblikal kordun abdomen girişi normaldir. Herniye organların çevresinde membran yoktur. İnce bağırsaklar kimyasal peritonit nedeniyle kalınlaşmıştır (Resim 5.194). İnce bağırsakların obstrüksiyonu ve kompresyonu nedeniyle polihidroamnios görülebilir. Rüptüre omfalosel benzer görünüm verebilir.

Omfaloselde bağırsaklar ve bazen karaciğer, umblikal kord halkasından amniyotik kavite içerisine herniye olur. Herniye doku ince bir peritoneal zarla örtülüdür (Resim 5.195). Umblikal kord anterior abdominal duvara değil doğrudan bu herniye kitle içine girer. Bu bulgu omfaloseli gastroşizisten ayırmada kullanılır. %10-20 olguda membran rüptüre olabilir. Olguların %67-88'inde birlikte konjenital anomaliler görülür; yaklaşık %40 olguda kromozom anomalileri vardır.

Erken dönemde bağırsaklar normalde abdomenin dışında olduğundan 12. haftadan önce omfalosel ve



Resim 5.194 Gastroşizis. A. Karnın ön kesiminden bağırsaklar herniye. Umblikal kord herniye kesimin yan tarafından, normal yerinden fetüsun karnına giriyor. B. Ayrı bir gastroşizis olgusunda bağırsakların amniyon sıvısı içerisinde serbestçe yüzdüğü izleniyor. Herniye kesimi çevreleyen bir kese mevcut değil.

gastroşizis tanısı konmamamılıdır. Omfaloselde peritonda serbest sıvı görülmesi ayırıcı tanı ölçütüdür. Gastroşizis benign bir olaydır, sadece kimyasal peritonite bağlı olarak bağırsak duvarlarında kalınlaşma görülür; omfaloselde ise mortalite oranı yüksektir.

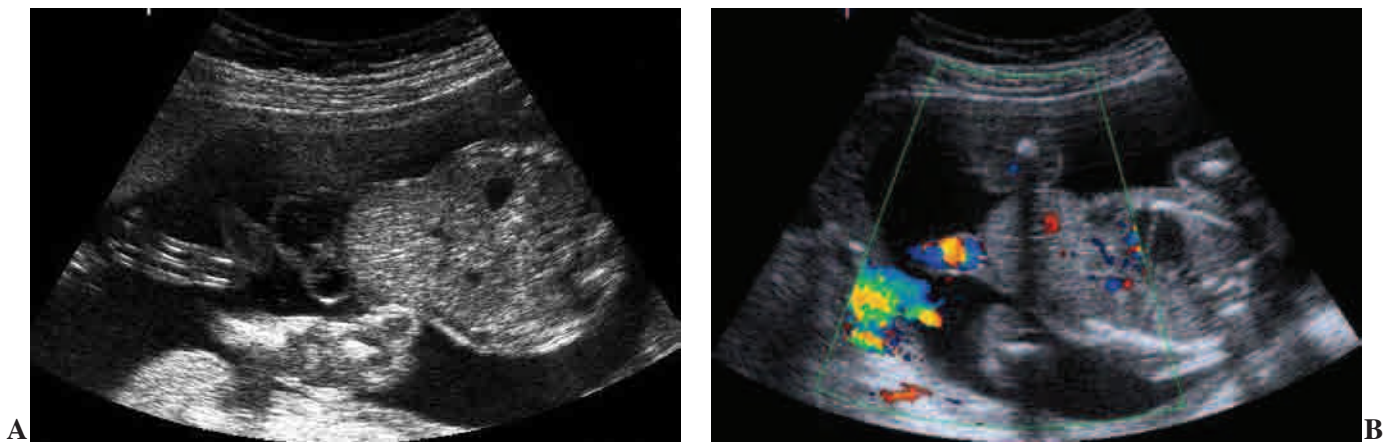
Amniyotik bant sendromunda gastroşizise benzer abdominal defektler görülebilir.

Birçok anomaliyi içeren ve ekstremite-vücut duvarı kompleksi ("limb-body wall complex") adı verilen olayda da birçok doğumsal anomaliyle birlikte geniş torakabdominal duvar defekti vardır. Fetal membranlar defektle devam eder. Görünüm büyük bir omfalosele benzer. Skolyoz sık görülür. Skolyozla birlikte büyük omfalosel görünümü tanı koydurur. Olgular çoğunlukla ölü doğar.

Sıvı birikimleri

Fetüsün karnındaki kistik görünümler, mesane, fundus gibi normal yapıları veya anormal sıvı birikimlerini temsil edebilir (Tablo 5.16).

Peritoneal sıvının fazla miktarda olanını saptamak kolaydır, az olanını saptamak zor olabilir. Karın duvarının altında normalde *psödoassit* adı verilen artefakta bağlı anekoik bir çizgi görülür. Bu çizginin böbreklerin arkasına kadar uzanması ve normalde sıvının en çok görüldüğü yer olan umblikal ven girişinde



Resim 5.195 Omfalosel. Ön tarafta çevresinde membranı bulunan herniyasyon. A. Gri skala görüntüsü. B. Doppler US'de göbek kordonu herniye kesimden fetüsün karnına giriyor.

Tablo 5.16 Fetal abdomende anekoik kitlelerin ayırıcı tanısı

Normal fetal yapılarla ilişkisi olanlar
Mide: Duodenal atrezi
Safra kesesi, safra kanalları: Koledok kisti
Böbrek: Kist, Hidronefroz
Mesane: Mesane çıkım obstrüksiyonu
Bağırsak: Kanal atrezisi
Normal fetal yapılarla ilişkisi olmayanlar
İnce duvarlı
Paraspinal-renal orijin
Hidronefroz
Renal kist
Pararenal psödokist
Paraspinal olmayanlar
Renal orijin (anormal renal yerleşim yeri)
Over kisti
Mezanterik kist
Kalın duvarlı
Mekonyum psödokisti
İntrauterin enfeksiyon



Resim 5.196 Hidronefroz. Sağ böbrekte belirgin şekilde genişlemiş pelvis ve kalisiyel yapılar.

izlenmemesi gerçek sıvıdan ayırmaya yarayan önemli bir bulgudur. RH uyuşmazlığı fetal assitin en sık nedenidir. Kan uyuşmazlığının olmadığı durumlarda neden distal üriner sistem obstrüksiyonuna bağlı toplayıcı sistem veya mesane rüptürü olabilir. Bağırsak perforasyonu da kalıcı ve geçici assite neden olabilir. Konjestif kalp yetmezliği, lenfatik obstrüksiyon ve neoplaziler de assit nedeni olabilirler. Peritoneal serbest assit idyopatik de olabilir.

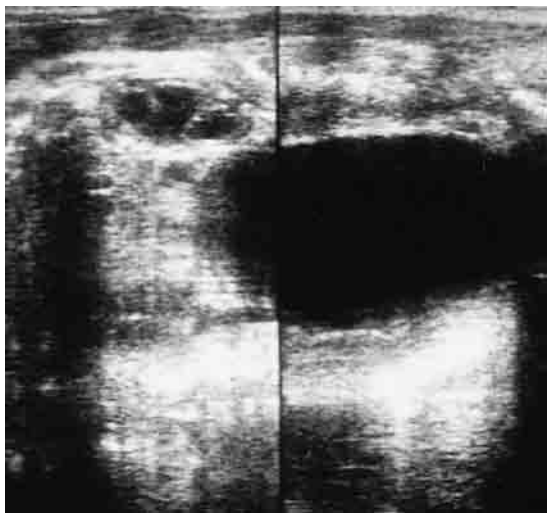
Üriner sistem

Renal pelvisin çok hafif genişlemesini değerlendirme problemlidir. Normal olguların yaklaşık %20'sinde renal pelvisin ön-arka çapı 3 mm, %40'ında ise 1-2 mm'dir. Bu genişlikler genellikle II. ve III. trimestrede fizyolojik olarak görülen vezikoüreteral reflüye bağlıdır. Ciddi obstrüksiyonlar da bazen bu şekilde hafif genişleme şeklinde görüleceğinden bu olgular izlenmeli ve doğumdan sonraki 1-2 hafta içerisinde kontrol US yapılmalıdır.

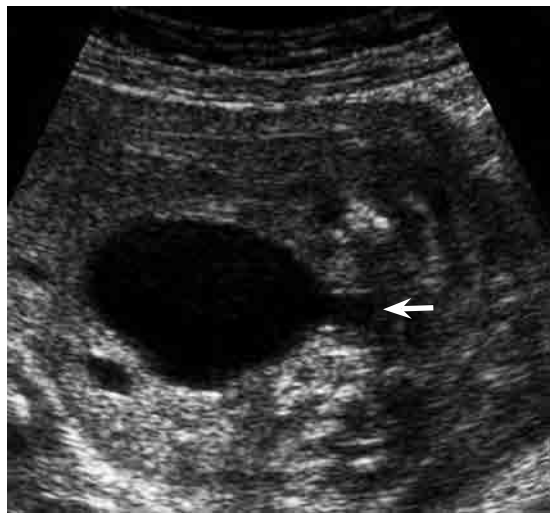
Hidronefroz tanısı koymak için, renal pelvisin ön-arka boyutunun 10 mm'den büyük olması veya bu değerin böbreğin ön-arka boyutunun yarısından fazla olması veya kalisiyel genişleme olması gerekir (Resim 5.196). Benzer görünümü, daha hafif olmak üzere ekstrarenal pelvis ve fetal diürezis de oluşturabilir. Fetal hidronefrozun en sık nedeni üreteropelvik bileşim darlığıdır; ektopik üreterosel ve erkek çocuklarda görülen posterior üretral valv diğer nedenlerdir. Genellikle tek taraflıdır; iki taraflı hidronefrozda mesane de normalden genişse erkek fetüste posterior üretral valv gibi infravezikal bir obstrüksiyon düşünülmelidir (Resim 5.197). Mesanenin dolumunun ve amniyotik sıvı hacminin değerlendirilmesi ile hidronefrozun şiddeti belirlenir.

İki taraflı veziko-üreteral reflü ve abdominal duvar kasının yokluğu (prune belly sendromu) obstrüktif olmayan hidronefrozun iki ana nedenidir. İki taraflı peripelvik kistler veya konjenital megakaliks görünümü hidronefrozu taklit edebilir. Primer megaüreter distal üreter segmentinin peristaltizm göstermemesine bağlıdır. Her iki üreterde dilatasyon görülür; reflü veya mekanik obstrüksiyondan farklı olarak kaliksler belirgin bir dilatasyon göstermez ve kortikal doku kaybı yoktur.

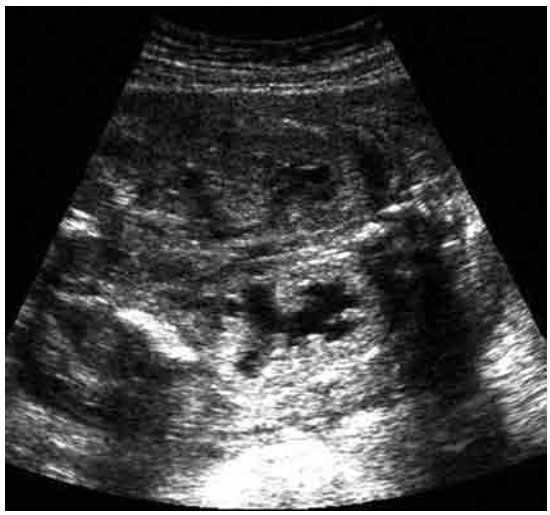
Multikistik displastik böbrek hidronefrozdan sonra ikinci sıklıkla görülen renal kitle nedenidir ve üreteropelvik birleşim obstrüksiyonundan ayrılmalıdır. Bu malformasyon pelvi-infundibuler atrezi ile birliktedir. Böbreklerde değişik boyutlarda ve değişik yerlerde, birbirleri ile ilişkisi olmayan kistler vardır (Resim 5.198). Normal renal yapı kaybolmuştur. Olguların %10-20'sinde karşı tarafta böbrek anomalileri, özellikle üreteropelvik birleşim darlığı görülür. İki taraflı multikistik displastik böbrek, oksipital ansefalosel ve polidaktiliden oluşan tabloya *Meckel-Gruber sendromu* adı verilir.



A



B



C

Resim 5.197 İnfravezikül obstrüksiyon. A. Mesane genişlemiş. Genişlemiş toplayıcı sistem, korteks incelmiş böbrek küçük. Böbrekte basınç atrofisi. B. Posterior üretral valve bağlı obstrüksiyonda mesane boyunun tipik anahtar deliği şeklinde genişlemesi (ok). C. Aynı olgunun böbreklerinde iki taraflı hidronefrotik görünüm.

İnfantil tip polikistik böbrekte tubüler proliferasyon ve dilatasyon vardır. Böbrekler normalden büyük ve hiperekoiktirler. Genellikle kistik bir oluşum görülmez (Resim 5.199).



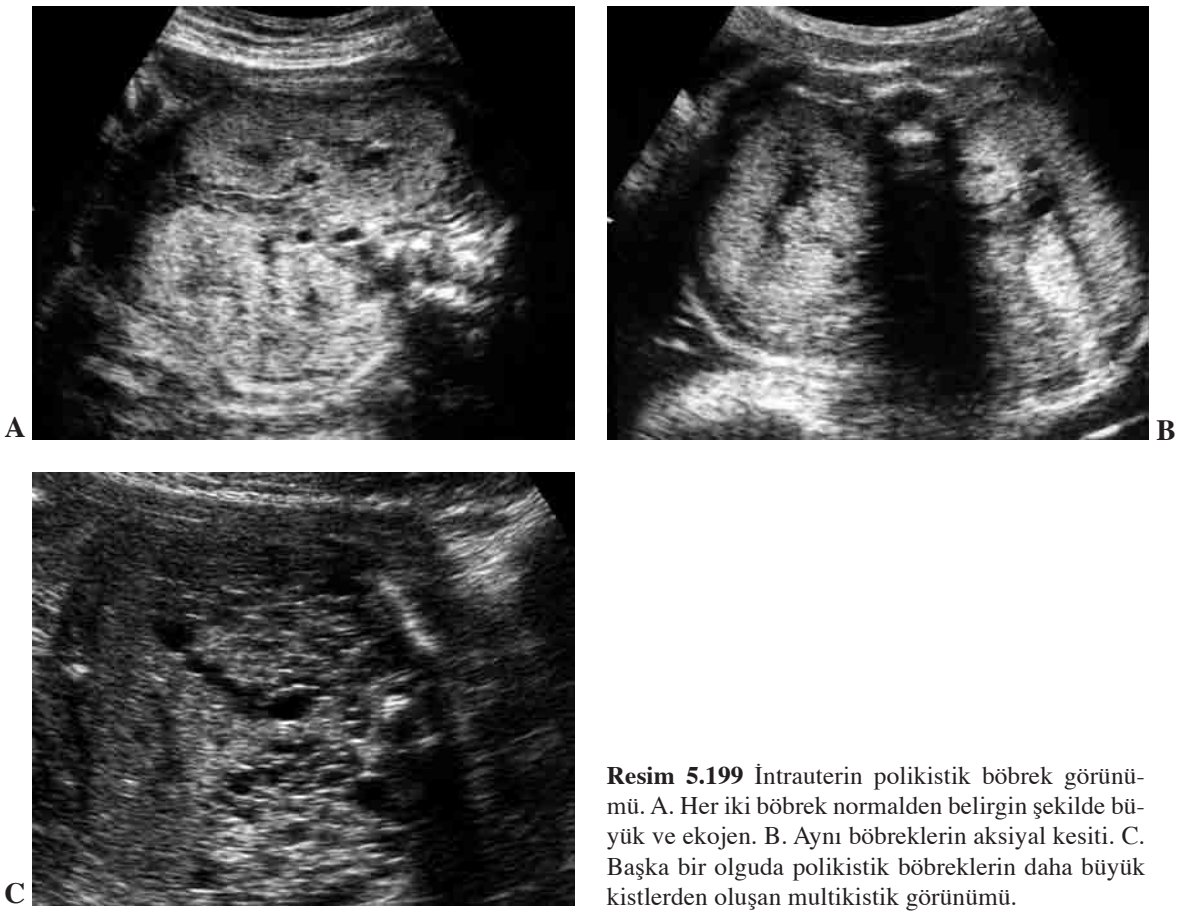
Resim 5.198 Multikistik displastik böbrekte, çok sayıda birbiriyle ilişkisiz kistik yapı.

İdrarın azalması ile birlikte olan olgularda oligamnios ortak bulgudur. Birlikte pulmoner hipoplazi, kontraktürler ve Potter yüz görünümü vardır.

Sindirim borusu

Karnın arkasındaki, paravertebral yerleşimdeki lezyonlar retroperitonealdir ve genitoüriner sistem lezyonlarını temsil eder; öne yerleşenlerde sindirim sistemi lezyonları düşünülmelidir.

Mide fundusun görülememesi, 18 haftalıktan büyük bir fetüsta önemli bir bulgudur ve böyle olguların yaklaşık yarısında önemli bir konjenital anomali vardır. En önemli neden yeteri kadar yutulacak sıvının bulunmadığı oligohidramniyozdur; diğer nedenler özofagus atrezisi veya kitle gibi yutma önündeki engeller veya yutma fonksiyonunun bozulduğu mer-

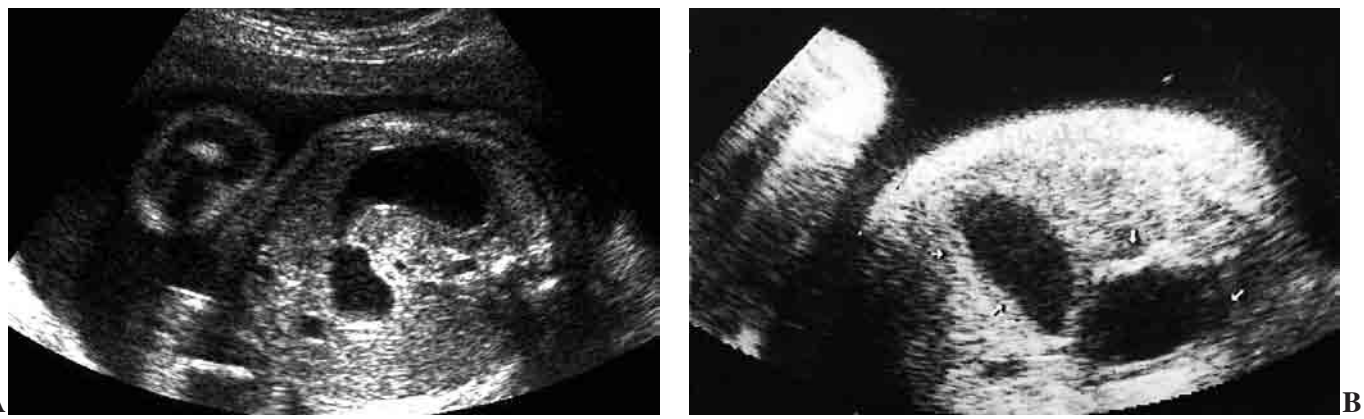


Resim 5.199 İntrauterin polikistik böbrek görünümü. A. Her iki böbrek normalden belirgin şekilde büyük ve ekojen. B. Aynı böbreklerin aksiyal kesiti. C. Başka bir olguda polikistik böbreklerin daha büyük kistlerden oluşan multikistik görünümü.

kez sinir sistemi anomalileridir. Normal olduğu halde mide fundusunun görülemediği olgularda ise mide normal fonksiyonu sonucu boşalmıştır; US izleminde midenin dolduğu görülür.

Duodenal atrezide radyografideki görünümün analoğu olan *çift kabarcık ("double-bubble")* görünümü saptanır (Resim 5.200). Olguların %30'u Down sendromu ile birliktedir. Bu olgularda US incelemesinde fetal kusma izlenir. Birlikte polihidramnioz görülebilir.

Dilate bağırsak segmentleri intestinal obstrüksiyon bulgusudur. Obstrüksiyon ne kadar distalde ise dilate segmentlerin sayısı o kadar çoktur. Distal ileal ve anal atrezi daha difüz ve daha belirgin bağırsak dilatasyonu yapar. Proksimal ince bağırsak atrezilerinde dilate



Resim 5.200 Duedenal atrezi. A. Midenin ve bubusun normalden geniş olduğu görülüyor. B. Çift sıvı kabarcığı ("double-bouble") görünümü. Ayrı olgular.

bağırsak segmenti azdır ve birlikte polihidramniyoz görülür. Bazen kusma nedeniyle normalde görülmesi gereken fundus izlenmez. Volvulus, mekonyum ileusu ve enterik duplikasyon diğer mekanik obstrüksiyon nedenleridir.

Mekonyum ileusunda genişlemiş bağırsak kangalları ile birlikte distal ileumun ekojenitesi artmıştır. Normal ince bağırsaklarda ekojen görüldüğünden ekojenitenin komşu kemikler kadar veya daha fazla olması anormal kabul edilmelidir. Eşlik eden mekonyum peritoniti intrauterin bağırsak perforasyonuna bağlıdır. Nedeni muhtemelen mekonyumla dolu bağırsakların volvulusu sonucu ortaya çıkan iskemidir. Perforasyon açık veya kapalı olabilir. Açık perforasyonda kimyasal peritonit oluşur ve peritonda yaygın kalsifikasyon görülür; birlikte peritoneal serbest sıvı görülebilir. Kapalı olanda peritoneal psödokist gelişir. İskemik perfore kesimde atrezi geliştiğine ve böylece perforasyonun kapandığına inanılır. Bu nedenle böyle olgularda doğum sonrasında perforasyon bulguları görülmez.

EKSTREMİTELER

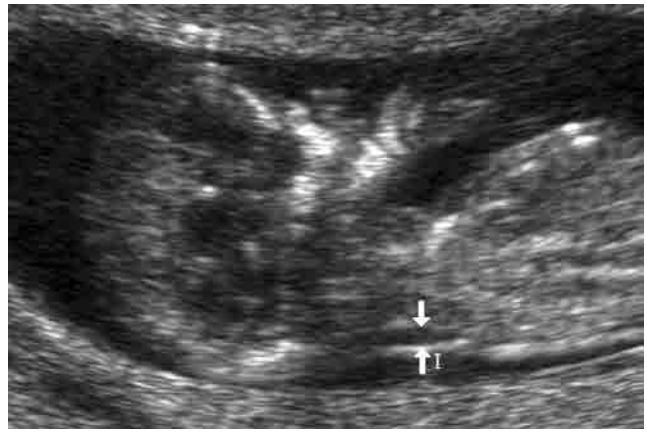
Dwarfizm

Prenatal tanısı zor bir grup hastalıktır. Dwarfizme genellikle polihidramniyoz eşlik eder. Ekstremite kısalığına femur ölçümüne bakarak karar verilir. Bu durumda baş ve abdomen ölçümleri ile femur ölçümleri arasında bir uyumsuzluk vardır. Akondrogenezis, tanatoforik displazi, asfiksi oluşturan torasik distrofi ve homozigot akondroplazi dwarfizmin öldürücü formlarıdır ve genellikle belirgin hidropsla birliktedirler. Kemikleşme yetersizliği akondrogenezis veya hipofosfatazya için karakteristiktir. Asfiksi oluşturan torasik distrofi veya tanotoforik displazide göğüs çapının küçüklüğü önemli bir bulgudur.

Cüceliklerde olduğu kadar belirgin olmamakla birlikte femur boyunun kısalığı Down sendromuna eşlik eden bir bulgudur. Femur boyu kısa olan her fetüs bu açıdan araştırılmalıdır.

Trizomi sendromları

Trizomi 21 (Down sendromu): Olguların %13-50'sinde US ile bir anormallik saptanmaz. En sık (%40-50) doğumsal kalp hastalıkları görülür. Duodenal atrezi, hidrotoraks, hidrops, omfalosel birlikte bulunabilen diğer anomalilerdir. Olguların %40'ında nukal kalınlık artar (Resim 5.201). Serebellum ve talamusun görüldüğü kesitten yapılan ölçümde nukal kalınlığın 14-21 haftalarda 6 mm'yi, 10-12 haftalarda 3 mm'yi geçmesi anormal kabul edilir. İnce bağırsak ekojenitesi artar, femur ve humerus kısa görülebilir, frontal loblar küçüktür, ayak başparmağı ikinci parmaktan belirgin şekilde ayrıdır, elin 5. parmağının orta falanksı kısadır ve bu parmak yanındaki parmağa doğru kıvrılmıştır (klinodaktili).



Resim 5.201 Nukal kalınlık ölçümü (oklar).

Trizomi 18 (Edward sendromu): Olguların büyük bölümünde doğumsal kalp hastalığı vardır. İUGG görülür. Umbilikal arter %80 olguda tektir, %30 olguda koroid pleksus kisti vardır. Polihidramnioz görülür. Kafa dolikosefalik, yüz karakteristik görünümdedir; mikrognati görülür, kulaklar aşağı yerleşimlidir. Olguların %80'inde elin 2. ve 3. parmağının üst üste bindiği görülür. Birlikte ayakta *sallanan sandalye ayağı* deformitesi görülebilir.

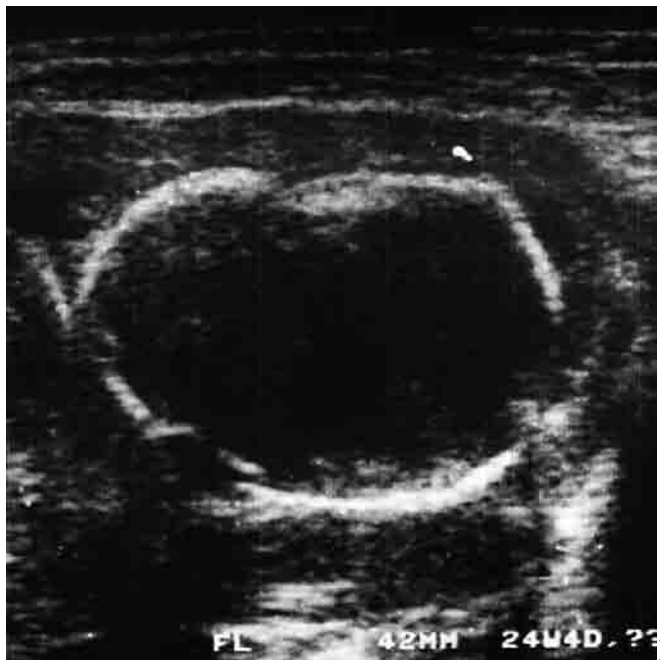
Trizomi 13 (Patau sendromu): Konjenital kalp hastalıkları ve merkez sinir sistemi anomalileri sıktır, holoprozensefali sık görülür. İUGG, mikroftalmi, hipotelorizm ve defekt gibi yüz anomalileri ve polidaktili ve *sallanan sandalya ayağı* deformiteleri sendromun diğer bileşenleridir.

Ölü fetüs

Fetal ölümde fetüsa ait hareketler ve kalp hareketi izlenmez. Ölmüş fetüs bir süre intrauterin olarak kalırsa kalvaryum kemiklerinin üst üste binmesi ile oluşan *röntgenolojik Spalding bulgusunun* karşılığı olan *US'ik Spalding bulgusu* ortaya çıkar (Resim 5.202).



A



B

Resim 5.202 Ölü fetüs. A. Radyografik spalding bulgusu. B. Ultrasonografik spalding bulgusu. Kalvaryum kemiklerin üst üste bindikleri görülüyor.

Yararlanılan Kaynaklar

Amis ES Jr, Hartman DS. Renal ultrasonography 1984: a practical overview. RCNA 1984; 22/2: 315-332.

Bosniak MA. The current radiological approach to renal cysts. Radiology 1986;158:1-10.

Bowie JD. Obstetrical ultrasound. In: Syllabus categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 87-96.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology 3.ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 2007.

Caffey J. Pediatric x-ray diagnosis. 6. ed. Chicago: Year Book, 1972.

Caoilli EM, Korobkin M, Francis IR, et al. Adrenal masses: characterization with combined unenhanced and delayed enhanced CT. Radiology 2002;222:629-633.

Chen MYM, Scharling ES, Zagoria RJ, et al. CT diagnosis of acute flank pain from urolithiasis. Semin Ultrasound CT MRI 2000;21:2-19

Chinn DH, Bolding DB, Callen PW, Gross BH, Filly RA. Ultrasonographic identification of fetal lower extremity epiphyseal ossification centers. Radiology 1983; 147: 815-818.

Curry NS, Gobien RP, Schabel SI. Minimal dilatation obstructive nefropathy. Radiology 1982; 143: 531-534.

Dorph S. Genito-urinary radiology. In: Clinical radiology: An update in new imaging modalities for the general radiologist, categorical course ECR'93, Vienna, 1993; 45-56.

Dunnick NR, Korobkin M. Imaging of adrenal incidentalomas: current status. AJR 2002;173:559-568.

Elsayes KM, Mukundan G, Nara VR, et al. Adrenal masses: MR imaging features with pathologic correlation. Radiographics 2004;24:73-86.

Emmett JL, Witten DM. Clinical urography an atlas and textbook of roentgenologic diagnosis, 3. ed. Philadelphia, WB Saunders 1973.

Fernbach SK, Feinstein KA, Spencer K, Lindstrom CA. Ureteral duplication and its complications. Radiographics 1997;17:109-127

Fleisher AC. New applications of gynecologic sonography. In: Syllabus: special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 171-178.

Ford KB, McGahan JP. Cephalic index: its possible use as a predictor of impending fetal demise. Radiology 1982; 143: 517-518.

Fried AM, Woodring JH, Loh FK, Lucas BA, Kryscio RJ. The medullary pyramid index: an objective assessment of prominence in renal transplant rejection. Radiology 1983; 149: 787-791.

Friedland GW, Filly R, Goris ML, Gres D, Kempson RL, Korobkin M, Thurber BD, Walter J with 17 contributors. Uroradiology, New York Churchill Livingstone, 1983.

Goldberg BB. Gynecological ultrasound. In: Syllabus categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 71-86.

Gordon IRS, Ross FGM. Diagnostic radiology in pediatrics. London: Butterworths, 1977.

Gougoutas CA, Sigelman ES, Hunt J, Outwater EK, Pelvic endometriosis: various manifestations and MR imaging findings. AJR 2000;175:353-358

Grainger RG, Allison DJ. Diagnostic Radiology, 3. ed, New York: Churchill Livingstone, 1999.

Grenspan A. Orthopedic Imaging. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 2004.

Hanbidge AE, Lynch D, Wilson SR. Ultrasound of the peitoneum. Radiographics 2003;23:663-684

Hartman DS, Choyke PL, Hartman MS. A practical approach to the cystic renal mass. Radiographics 2004;24:101-115.

Hayden Jr CK, Swischuk LE. Pediatric ultrasonography. Baltimore: Williams and Wilkins, 1987.

Higgins CB, Hricak H, Helms CA. Magnetic resonance imaging of the body. New York: Raven Press, 1992.

Hill LM, Breckle R, Wolfgram KR. An ultrasonic view of the developling fetus, Obstetrical and Gynecological Survey 1983; 38: 375-398.

Hricak H, Cruz C, Romanski R, Uniewski MH, Levin NW, Madrazo BL, Sandler MA, et al. Renal paranchymal diseases, sonografic-histologic correlation. Radiology 1982; 144: 141-148.

Hricak H. MRI of the female pelvis. In: MR: State of the art. Categorical course ECR'91, Vienna, 1991; 141-154.

Hricak H. MRI of the male pelvis. In: MR: State of the art. Categorical cource ECR'91, Vienna, 1991; 153-166.

James EM. Penile US, In: Syllabus: special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 259-266.

Jeong YY, Outwater EK, Kang HK. Imagin evaluation of ovarian masses. Radiographics 2000;20:1445-1470

Jung SE, Lee JM, Rha SE, et al. CT and MR imagin of ovarian tumors with emphasis on differential diagnosis. Radiographics 2002;22:1305-1325

Katz DS, Hines J, Rausch DR, et al. Unenhanced helical CT for suspected renal colic. AJR 1999;173:425-430

Kawashima A, Sandler CM, Wasserman NF, et al. Imaging of urethral disease: a pictorial review. Radiographics 2004;24:195-216

Kinkel, K, Kaji Y, Yu KK, Segal MR. Radiologic staging in patients with endometrial cancer: a meta-analysis. Radiology 1999;212:711-718

Laing FC. Abnormal first-trimester pregnancy. In: Syllabus: special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 93-102.

Lee JKT. MRI of the retroperitoneum. In: MR: State of the art. Categorical course ECR'91, Vienna, 1991; 131-140.

Lyons EA, Levi CS. US of the normal first trimester of pregnancy. In: Syllabus: special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 81-92.

Manco-Johnson ML, Dennis M, Pretorius DH. Ultrasound detection of fetal anomalies. In: Syllabus categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 97-110.

Mayo-Smith WW, Boland GW, Noto RB, Lee MJ. State-of-the-art adrenal imaging. Radiographics 2001; 21:995-1012

McGahan JP, Philips HE, Ellis WG. The fetal hippocampus: A possible pitfall and a useful anatomical landmark in evaluation of the biparietal diameter. Radiology 1983; 147: 201-203.

McGahan JP, Philips HE, Reid MH, Oi RH. Sonographic spectrum of retroplacental hemorrhage. Radiology 1982:142; 481-485.

Meschan I. Anallysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Middleton WD. Genitourinary US: Testes and scrotum. In: Syllabus special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 237-248.

Mittelstaedt CA. General ultrasound. New York: Churchill Livingstone, 1992.

Moss AA, Gamsu G, Genant HK. Computed tomography o the body. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992.

Murase E, Siegelman ES, Outwater EK, et al. Uterine leiomyomas: histopathologic features, differential diagnosis, and treatment. Radiographics 1999;19:1179-1197

Nalaboff KM, Pellerito JS, Ben-Levi E. Imaging of the endometrium: disease and normal variants. Radiographics 2001;21:1409-1424

Ney C, Freidenberg RM. Radiographic atlas of the genitourinary system. Philadelphia: JB Lippicott 1966.

Nyberg DA, Laing FC, Filly RA, Uri-Simmons M, Jeffrey RB. Ultrasonographic differentiation of the gestational sac of early intrauterine pregnancy from the pseudogestational sac of ectopic pregnancy. Radiology 1983; 146: 755-759.

Nyberg DA, Souter VL. Sonographic markers of fetal trisomies. J Ultrasound Med 2001;20:655-674

Nyberg DA. The fetal body. In: Syllabus special course, ultrasound 1991, RSNA publications 19991; 111-124.

Okamoto Y, Tanaka YO, Nishida M, et al. MR imaging of the uterine cerviw: imaging-pathologic correlation. Radiographics 2003;23:425-445

Outwater EK, Siegelman ES, Hunt JL. Ovarian teratomas: tumor types and imaging characteristics. Radiographics 2001;21:475-490

Rifkin MD. US of the prostate gland. In: Syllabus special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 249-258.

Rosenfield AT. Urinary tract and retroperitoneal ultrasonography, In: Syllabus categorical course in ultrasound. RSNA publications 1984; 49-64.

Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW. Diagnostic ultrasound. St Louis: Mosby, 1991.

Scanlon MH. Karasick SR. Acquired renal cystic disease and neoplasia: Complications of chronic hemodialysis. Radiology 1983; 147: 837-838.

Sheeran SR, Susman SK. Renal lymphoma: spectrum of CT findings and potential mimics. AJR 1998.

Sheeran SR, Susman SK. Renal lymphoma: spectrum of CT findings and potential mimics. AJR 1998;171:1067-1072.

Siegelman SS, Gatewood OMB, Goldman SM. Computed tomography of the kidneys and adrenals, New York: Churchill Livingstone, 1983.

Stoller DW. Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics&Sports Medicine. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 1997.

Stuck KJ, Koff SA, Silver TM. Ultrasonic features of multicystic, dysplactic kidney: Expanded diagnostic criteria. Radiology 1982; 143: 217-221.

Sutton D, Young JWR. A short textbook of clinical imaging. London: Springer-Verlag, 1990.

Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.

Swischuk L. Imaging of the newborn, infant and young child. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989.

Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987.

Taylor KJW, Rosenfield AT. Us of the kidney. In: Syllabus special course, ultrasound 1991, RSNA publications 1991; 22-236.

Tchelepi H, Ralls P, Radin R, Grant E. Sonography of diffuse liver disease. J Ultrasound Med 2002;21:1023-1032

Tuncel E, Yazıcı Z. Çocuk Hastalıklarında Radyolojik Bulgular, Bursa: Nobel&Güneş, 2002.

Wegener OH. Whole boody computed tomography. 2. ed. Boston: Blackwell, 1992

Weissleder R, Wittenberg J, Harinighani MG. Primer of Diagnostic Imaging, 3.ed., Mosby 2003.

Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani MC. Primer of Diagnostic Imaging, 3. ed. Philadelphia: Mosby, 2003.

Wong-You-Cheong JJ, Wagner BJ, Davis CJ Jr: Transtitional cell carcinoma of the urinary tract: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 1998;18:123-142

Woodward PJ, Schwab C, Sesterhenn IA. Extratesticular scrotal masses: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2003;23:215-240

Woodward PJ, Sohaey R, Mezzetti TP Jr. Endometriosis: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2001;21:193-216

Woodward PJ, Sohaey R, O'Donoghue MJ, Gren DE. Tumors and tumorlike lesions of the testes: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2002;22:189-216

6. Bölüm

Hareket Sistemi, Yumuşak Doku, Meme

Kemikler

Eklemler

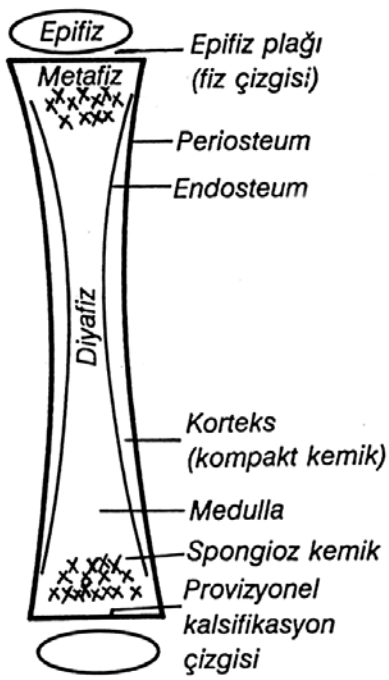
Yumuşak Doku

Meme

Hareket sisteminin radyolojisinde radyoloğun görevi; klinisyen tarafından istenen incelemeyi yaparak incelenen kesimin normal ya da anormal olduğunu söylemek, anormal olgularda mümkünse tanı koymak, mümkün değilse tanı için bir sonra yapılması gereken radyolojik işlemin ne olduğunu söylemek, lezyonun yerini, çevre ilişkilerini ve yaygınlığını belirlemek, tedavinin etkinliğini ve muhtemel komplikasyonlarını değerlendirmek, invaziv olmayan yöntemlerin söyleyeceklerinin bittiği noktada invaziv yöntemleri önermek, hangi lezyonların zararsız yapıda olduğunu belirleyerek bu lezyonlara dokunulmasını önlemek, son olarak da girişimsel radyolojik işlemlerden hangisinin yararlı olacağını belirleyerek klinisyene önermek ve istenildiğinde yapmaktır.

KEMİKLER

Kemikler şekillerine göre tubüler (uzun ve kısa), yassı ve küboid olmak üzere üçe ayrılabilir. Tubüler kemiklerde epifiz, epifiz plağı (fiz çizgisi), provizyonel kalsifikasyon bölgesi, metafiz ve diyafiz gibi bölümler bulunur (Şekil 6.1). Dışarıdan içeriye doğru da periost, korteks, endosteum ve medulla kesimleri vardır. Korteks kompakt kemikten, medullanın uçları ve epifizlerin iç kısımları da spongioz kemikten yapılmıştır. Kortikal kemik solid kompakt bir yapıdadır ve içinde sadece kan damarları bulunan Havers kanalları mevcuttur. Havers kanallarının iç yüzeyi de periost ve endosteum gibi kemik rezorbsiyonunun ve formasyonunun görüldüğü aktif alanlardandır. Spongioz kemik ise aralarında kemik iliği bulunan kemik trabeküllerinden oluşur.



Şekil 6.1 Tübüler uzun kemiğin radyolojik anatomisi.

Epifizler kemiklerin uzunlamasına büyümesinde etkilidir. Kemiklerin büyümesi ile ilgili olmayan kemikleşme merkezlerine apofiz adı verilir. Apofizler, epifizlerden geç ortaya çıkar ve tendonların yapışma yerlerini oluştururlar (büyük ve küçük trokanter, tibia tüberkülü gibi).

Kemiklerin kanlanması nutriyen arter, epifiz, metafiz ve periost damarları ile sağlanır. Metafiz ve epifiz arterleri arasında anastomozlar vardır.

Kemikleşme, büyüme ve olgunlaşma

Kemikler mezankimal dokudan gelişir. Mezankimal hücreler, kondrositleri doğuran kondroblastlara, osteoid matrisi ve osteositleri yapan osteoblastlara ve kemiği yıkan osteoklastlara değişir. Kemikleşme ya endokondral (enkondral) ya da intramembranöz yolla olur. Enkondral tip kemikleşmede önce kıkırdak gelişir, daha sonra bu kıkırdak kemikleşir. İntramembranöz tip kemikleşmede ise fibröz matris doğrudan kemik haline dönüşür; arada kıkırdak fazı yoktur.

Tubüler kemiklerin diyafizleri olan primer kemikleşme merkezleri, intrauterin sekizinci haftada oluşmaya başlar. İkincil kemikleşme merkezleri olan epifizler, intrauterin 36. haftadan başlayarak kemikleşirler. Primer ve ikincil kemikleşme merkezleri 16-20 yaşları arasında birleşerek yetişkinin kemik görünümünü yaparlar.

Uzun kemikler, enkondral kemikleşme ile uzunluğuna büyür. Enine büyüme periosteum ve endosteum tarafından intramembranöz kemikleşmeyle sağlanır. Organizmadaki birçok yassı kemik intramembranöz yolla kemikleşir. Kemik displazilerinin farklı kemikleşme mekanizmalarını tutmaları nedeni ile bu ayırımın bilinmesi önemlidir.

Kemik büyümesi ve kemik olgunlaşması (matürasyon) farklı olaylardır. Kemik büyümesi başlıca kemiğin uzunluğuna büyümesi ile değerlendirilir. Olgunlaşma, kemiğin şekli ile ilgilidir ve osifikasyon merkezlerinin durumu ile ölçülür. Büyüme başlıca hipofizden salgılanan büyüme hormonu, olgunlaşma ise tiroid ve gonad hormonları tarafından kontrol edilir. Tiroid ve gonad hormonlarının büyüme üzerinde de etkileri vardır.

Normal büyüme simetriktir. Bu simetri, inhibisyon ve stimülasyon ile bozulabilir. Poliyomiyelit inhibisyonun, hemihipertrofi de stimülasyonun yaptığı asimetrik büyüme örnekleridir. İltihabi kemik hastalıkları, romatoid artrit, hemanjiom ve arterio-venöz malformasyon gibi vasküler anomaliler ve nörofibromatozis büyümeyi hızlandırarak asimetrik büyüme yaparlar. Büyümedeki bu hızlanma bir dereceye kadar kemik olgunlaşmasının da hızlanmasına neden olur. Bu yüzden önce hızlı büyüme nedeniyle daha uzun olan kemik, daha sonra epifizlerin erken kapanmasına bağlı olarak kısa kalır.

Sistematik büyüme geriliği, kondrogenezisteki yetersizlikten ileri gelebilir. Enkondral kemikleşmenin yetersizliğine bağlı olarak kemikler kısa kalır. İntramembranöz kemikleşme bozukluğu olmadığından kemiklerin enine büyümeleri devam eder. Bu anormalliğe en iyi örnek, akondroplazidir. Akondroplazide kemikler kısa ve kalındır. İntramembranöz kemikleşmenin de bozulduğu durumlarda kemikler hem uzunluk hem kalınlık olarak küçüktür. Bu anormalliğin iyi bir örneği olan hipopituitarizmdeki cücelik, bu nedenle orantılıdır; yani tüm vücut parçaları eşit oranlarda küçük kalmıştır.

Kemik yaşı

Kemik yaşı, kemik büyümesini değil, kemik olgunlaşmasını gösterir. Bu nedenle iskeletteki osifikasyon durumuna bakarak değerlendirilir. Kemik yaşı ölçümü, bazı endokrin hastalıkların (hipotiroidi gibi) tanısında ve tedavilerinin izlenmesinde gereklidir; fetal olgunluğun saptanmasında da kullanılır. Kemik yaşının önemli bir kullanım alanı da Adli Tıptır. Ülkemizde suça ehil olma, yaş düzeltilmesi gibi birçok hukuki durumda kemik yaşı saptanması istenir.

Kemik yaşı ölçümünün temel yöntemi, şahsın kronolojik yaşına uygun bölgelerin röntgenogramlarını elde ederek osifikasyon merkezlerinin görülmesinin, kaynaşmasının veya olgunlaşma ölçütlerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla doğumdan beş yaşına kadar, kemikleşme merkezlerinin görülme zamanı, 5-14 yaş arasında, epifizlerin şekli ve sesamoidler gibi olgunlaşma kriterleri, 15-25 yaş arasında ise, kemikleşme merkezlerinin kaynaşma zamanı (kemikleşmenin tamamlanma zamanı) araştırılır.

Kemiklerin primer kemikleşmesi intrauterin hayatta tamamlanır. İkincil osifikasyon merkezleri fetüste görülmeye başlar; puberteye kadar görülmeye devam eder. İkincil osifikasyon merkezlerinin kemik şaftı ile kaynaşma süreci kadında 20, erkekte 23 yaş civarında tamamlanır.

Kemik yaşı ölçümü için pratikte birçok yöntem geliştirilmiştir. Tümünde temel prensip aynıdır. Yukarıdaki temel kurallara uygun olarak, sağlıklı kimselerin kronolojik yaşlarına göre belirli standartlar saptanmıştır. Kemik olgunlaşması herediter, bireysel, cinsel ve toplumsal faktörler ve sosyo-ekonomik duruma göre değişiklik gösterdiğinden bu standartlar her ülkeye göre değişir.

Ülkemizde kemik yaşı ölçümüne temel olacak şekilde geniş kapsamlı standart saptama çalışması yapılmamıştır. Bu nedenle, yapılacak kemik yaşı ölçümlerinin kesinliği tartışma götürür. Adli olgularda kemik yaşı saptanmaya çalışılırken bu nokta göz önüne alınmalıdır.

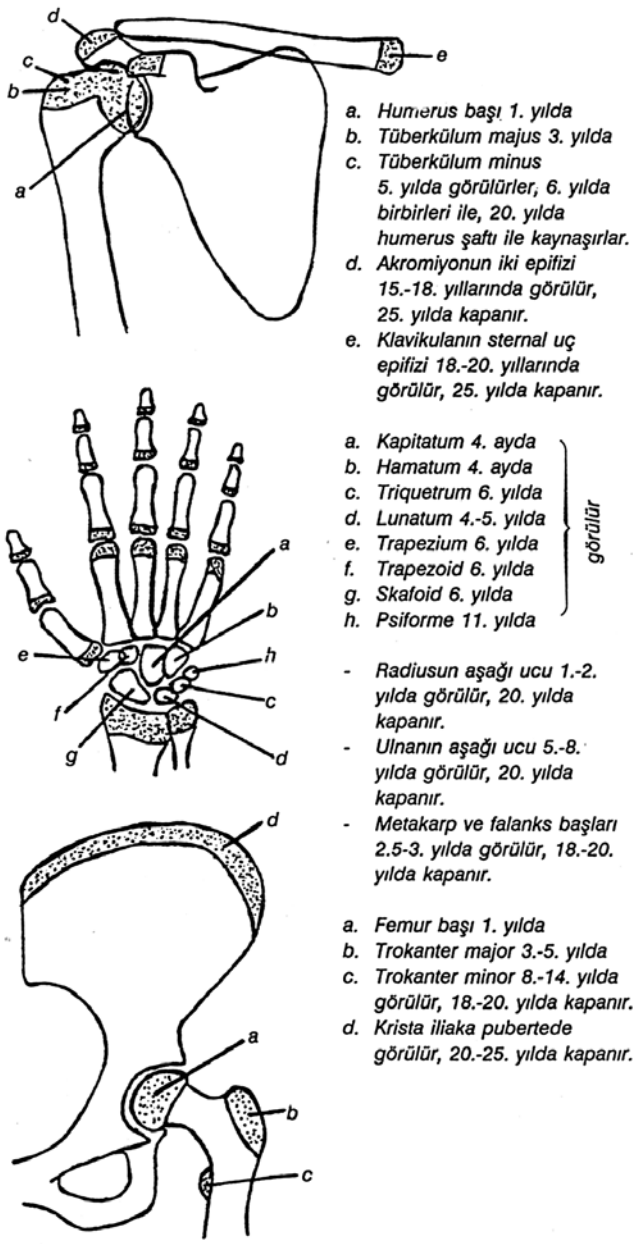
Ülkemizde kemik yaşı ölçümlerinde, puberteye kadar el ve el bilek röntgenogramı, osifikasyon merkezlerinin görülme zamanını ve olgunlaşma kriterlerini saptamak için yeterlidir. Puberte çağında ve daha sonra ise, özellikle pelvis kemikleri başta olmak üzere birçok ikincil osifikasyon merkezinin durumu araştırılmalıdır. Bu amaçla, genellikle sağ tarafın omuz, dirsek, el ve el bileği, kalça (krista ilyaka görülecek şekilde), diz, ayak ve ayak bileği röntgenogramları elde edilir. Belli başlı epifizlerin görülme ve kaynaşma zamanları Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Röntgen

Çevrelerindeki yumuşak dokularla kontrast oluşturmaları nedeniyle kemikler, düz röntgenogramlarla incelenmeye çok uygun yapılardır. Bu özelliği yanında röntgenogramların sağladığı anatomik bütünlük, röntgeni iskelet sisteminin değerlendirilmesinde hâlâ temel yöntem konumunda tutmaktadır. Kemik lezyonlarında tanı röntgenle konur. Temel uygulama şekilleri şunlardır:

Düz röntgenogramlar: Kemikler, kendilerini çevreleyen yumuşak dokulara göre daha yoğun olan mineral tuzlarından yapıldığı için doğal kontrasta sahiptirler. İskelet sistemi bölgesel olarak düz röntgenogramlarla ayrıntılı olarak incelenir. Radyografi yapılırken, birbirine dik iki düzlemde görüntü elde edilmesi ve grafiye en az bir eklemin alınması temel kuraldır. Ligamentlerin durumunu ve stabiliteyi belirlemek için eklemlerin stres uygulanarak radyografileri yapılabilir.



Şekil 6.2 Kemik yaşı ölçümünde kullanılan belli başlı osifikasyon merkezlerinin görülme ve kaynama zamanları.

Konvansiyonel tomografi: Osteoid osteomda nidusun gösterilmesi gibi bazı kemik lezyonlarının iç yapısını göstermek amacıyla kullanılır. Günümüzde yerini BT'ye bırakmıştır.

Makroradyografi: Bu yöntemde magnifikasyon tekniği kullanılır. Anatomik yapılar büyültülerek daha fazla detay elde edilmeye çalışılır. Kenar bulanıklığını en aza indirmek için küçük fokal spotlu tüpler ve özel ekran-film sistemleri gerekir. Yöntem, erken kemik lezyonlarını göstermek amacıyla romatoid artritte sık kullanılır. Hiperparatiroidizmdeki subperiosteal kemik rezorbsiyonları da makroradyografi ile erken evrede saptanabilir.

Artrografi: Floroskopi kılavuzluğunda yapılan ve eklemlerin iç yapısını gösteren bir yöntemdir. Genellikle suda erir opak maddelerin düşük konsantrasyonları kullanılır. Birlikte hava verilen şekline *çift kontrast artrografi* adı verilir. Yalnız havanın kullanıldığı şekle ise *pnömoartrografi* denir. Artrografi en sık diz, kalça ve omuz eklemlerinde uygulanır. Kontrast madde verildikten sonra BT yapılabilir (BT-artrografi). Yöntemin bir çok endikasyonu günümüzde yerini MR'ye bırakmıştır. Ayrıca, eklem içerisine dilüe gadolinyumlu kontrast madde verilerek MR-artrografi de yapılabilir.

Anjiografi: Kemik lezyonlarının vaskülaritesini saptamak, cerrahiye yol haritası sağlamak ve tümörleri embolize etmek gibi amaçlarla yapılır.

Röntgenogramların değerlendirilmesi: İncelenecek bölgenin röntgenogramı en az iki yönlü olmalı ve bir eklemi içine almalıdır. Kemikte malign veya malign şüphesi taşıyan bir lezyon saptandığında tüm iskelet sistemi incelenmeli (iskelet survey) ve ayrıca bir göğüs röntgenogramı eklenmelidir. İskelet survey şu röntgenogramlardan oluşur: Kafa (iki yönlü), omur (iki yönlü), pelvis (ön-arka), üst ve alt ekstremite (ön-arka). Epifizler kapanmadan önce yapılan radyografik incelemelerde, dirsek gibi birçok ikincil osifikasyon merkezi bulunan bölgeler, anatomileri çok iyi bilinmiyorsa, karşılaştırmalı röntgenogramlarla değerlendirilmelidir.

Hastanın yaşı, cinsiyeti, mesleği bilinmeli ve herediter faktörlerin varlığı araştırılmalıdır. Kemik lezyonlarının değerlendirilmesinde radyolog, patolog ve ortopedist arasında sıkı bir işbirliği gerekir. Klinik ve laboratuar bilgiler alınmalı ve röntgenogramlar bu bilgilerin ışığında değerlendirilmelidir. Örneğin, geceleri artan ve aspirinle geçen kemik ağrıları osteoid osteomu düşündürür. Her olguda serum kalsiyum, fosfor ve alkalen fosfataz seviyelerine bakılmalıdır.

Kemik röntgenogramlarının değerlendirilmesi sistematik olmalıdır. Örneğin, yumuşak dokulardan başlanarak periost, korteks ve medulla incelenmeli; daha sonra eklem kapsülü ve eklem, subartiküler kemik, epifiz çizgisi ve metafizler değerlendirilmelidir.

Anormal görüntü değerlendirilirken tutulan bölge, kemikteki yerleşim yeri, boyutu, kenarı, iç yapısı, yoğunluğu, lezyon çevresindeki kemiğin durumu, periost reaksiyonu, eklemin tutulup tutulmadığı, tutulan

bölgede aşırı büyüme veya büyümenin durması gibi büyüme bozukluklarının bulunup bulunmadığı ve lezyonun sayısı araştırılır. Seri röntgenogramlar varsa lezyonların zamanla gösterdiği değişiklik ve tedaviye verdiği cevap saptanmaya çalışılır.

BT

Skenogramlarla lezyonun lokalize edilebilmesi, yüksek çözümlemeli ve hızlı tarama yapılabilmesi, ince kesit alınabilmesi ve değişik planlarda rekonstrüksiyon yapabilme yeteneği BT'ye, kas-iskelet sisteminin incelenmesinde seçkin bir yer kazandırmıştır. Küçük boyutlu kemik yapıları ve değişikliklerini saptayabilmek için çözümlemeyi artıran "software" ve "hardware" modifikasyonları yapılır. Bu amaçla inceleme alanı (FOV) ve piksel boyutu küçültülür (0.25 x 0.25 mm), kenar zenginleştiren filtreler kullanılır ve gri ölçeğin pozitif tarafı genişletilir. Bu şekilde elde edilen görüntüler, yüksek kontrast çözümlemesi nedeniyle kemik incelemesine çok uygundur. Kesit kalınlığı 1-3 mm arasında seçilerek uzaysal çözümleme daha da arttırılır. Yüksek çözümlemeli kesitlerden istenilen düzlemde 2 veya 3 boyutlu, görüntü kalitesi yüksek reformasyonlar yapılır.

BT bir x-ışını yöntemi olarak röntgenle aynı fizik kurallara sahiptir; ancak kesit görüntüleme yöntemi olması nedeniyle kontrast çözümleme gücü yüksektir ve görüntüleri röntgen görüntülerine göre çok ayrıntılıdır. BT'nin iskelet sistemindeki temel endikasyonları şunlardır: 1) Anatomisi karmaşık omur gibi bölgelerdeki lezyonları ayrıntılı olarak göstermek,

2) Osteoid osteom nidusu gibi çevresi skleroze lezyonların iç yapılarını göstermek, 3) Kemik lezyonlarının yaygınlığını ve uzanımlarını belirlemek, 4) Eklem içerisinde röntgende görülemeyen küçük kırık parçalarını göstermek, 5) Omurilik kanalındaki kırık parçalarının varlığını ve omurilikle ilişkilerini belirlemek, 6) Yumuşak doku içerisindeki röntgende görülemeyen kalsifikasyonları saptamak.

BT'nin iskelet sistemindeki önemli bir işlevi de *kemik mineral ölçümü*dür. Küçük bir hacimde ölçüm yapılabilmesi, kortikal ve spongioz kemiğin ayrı ayrı değerlendirilmesine olanak sağlar. Ölçüm, bel omurlarından yapılır. Potasyum fosfat solüsyonu gibi fantomlar kullanılır. Tek veya çift enerji kullanılan şekilleri vardır. Kemik dansite ölçümünde sonuçları en güvenilir olan yöntemlerdendir. Diğer yöntemlerden daha çok ışın alınması, yöntemin dezavantajıdır. Bu nedenle osteoporoz değerlendirmesinde standart yöntem olarak kullanılmaz.

MR

İskelet ve yumuşak doku, santral sinir sisteminden sonra MR'nin en sık kullanıldığı alandır. Bir MR üniteside incelemelerin yaklaşık %60-80'ini santral sinir sistemi, %15-20'sini iskelet ve yumuşak doku olguları oluşturur. Ekstremite ve büyük eklemlerin hareketsiz kalabilmeleri ve şekillerine uygun yüzey sargıları uygulanabilmesi, geometrik çözümlemesi ve tanı değeri yüksek olan görüntüler elde edilmesini sağlar. Kemik iliği, eklem yapıları ve çevre dokular MR ile ayrıntılı bir şekilde görüntülenir. Bunda yöntemin yumuşak doku kontrast çözümlemesinin yüksekliği yanında, her üç düzlemde görüntü alabilmesi ve kemik yapının komşu yumuşak dokuların görüntülenmesine bir engel oluşturmaması gibi özelliklerinin rolü vardır. Kemik lezyonlarında radyografinin ve BT'nin alternatifi konumundaki MR, yumuşak doku lezyonlarında verisi en yüksek radyolojik inceleme yöntemidir. Yumuşak doku kontrast çözümleme gücünün yüksekliğine karşın geometrik çözümleme gücü henüz BT'den düşüktür.

İskelet ve yumuşak dokunun MR incelemeleri en az birbirine dik iki düzlemde yapılmalıdır. Bazı durumlarda üçüncü düzlem de gerekebilir. Uzaysal çözümlemeyi artıracağı için incelenecek anatomik kesime yakın yerleştirilen özel sargılar kullanılmalıdır. MR'nin iskelet ve yumuşak dokudaki temel endikasyonu travma, tümör ve enfeksiyondur. Kemik kontüzyonu, trabeküler mikrofraktürler ve ince kırık çizgileri, röntgen ve BT ile görülemezken MR ile gösterilebilir.

İskelet ve yumuşak dokunun MR incelemesinde SE sekansı temeldir. T1AG ve PDAG'ler anatomiyi, T2AG patolojiyi gösterir. İnceleme süresini kısaltmak gerektiğinde hızlı SE (FSE) ve/veya GRE sekansları, eklemlerin dinamik görüntülenmesinde ise eko planar görüntüleme gibi çok hızlı sekanslar kullanılır.

FSE T2AG'de yağ, SE sekansından daha parlak görülür. Buna bağlı olarak kemik iliği gibi yağlı alanlardaki anormalliklere ait artmış sinyal intensitesi maskelenir. Bu nedenle FSE sekansı daha çok yağ baskılama teknikleri ile birlikte kullanılır. SE sekansına göre FSE sekansında, kısa TE görüntülerindeki çözümleme kaybı ve T2AG'de anormal dokulardan gelen sinyalin daha düşük olması dezavantajdır.

GRE sekanslarının en önemli özelliği 3B görüntüleme yapılabilmesidir. Bu sayede parsiyel hacim etkisinden kurtulmuş yüksek SNR'li ince kesitler elde edilebilir. Yöntem tendonların, ligamentlerin, eklem

kıkırdaklarının incelenmesinde ve eklem içerisindeki serbest cisimlerin saptanmasında değerlidir. Hiyalen kıkırdak bu sekanslarda çok iyi görüntülenir. GRE sekanslarında manyetik duyarlılık etkisinin artmış olması, farklı manyetik özelliklere sahip dokuların yüzeylerinde sinyal kaybına neden olur. Bu nedenle küçük kanama, kalsifikasyon ya da gaz odakları daha belirgin görülür; ancak kemik trabeküllerinin kenarlarında da aynı etkinin ortaya çıkması kemik iliği ödeminin görülmesini engeller. Bu etki nedeniyle metal protezli olgular GRE sekansı ile incelemeye uygun değildir. Kemik kenarlarının benzer artefakt etkisi nedeniyle belirginleşmesi, kemik kanallardaki stenozların abartılı görülmesine neden olabilir.

Yağ baskılama teknikleri kemik iliği anormalliklerinin erken saptanmasında standart olarak kullanılır. Baskılama, yağ dokusunun selektif satürasyonu ile yapılabileceği gibi STIR yöntemi ile de yapılabilir. STIR sekansında kontrast maddeden gelen sinyaller de baskılanacağı için kontrast madde kullanılmaz. Standart SE görüntülerine göre STIR sekansının SNR değeri düşüktür, kesit kalınlığını ve FOV'u artırmak gerekebilir.

MR-artrografi, MRA, MRS ve diğer amaca özel yöntemler, gerektiğinde kullanılır.

US

İskelet ve yumuşak dokuların US incelemesinde, yüksek çözümlemeli aygıtlar kullanılır. İncelemelerin büyük çoğunluğu yüzeyel olacağı için, derinliğe göre değişmek üzere 5, 7.5 ve 10 mHz'lik transdusırlar seçilir. Tendon ve kasların kontraksiyon ve relaksasyonu sırasında yapılan canlı incelemeler tanıya büyük katkı sağlar. Daha derindeki kasların incelenmesinde daha düşük frekanslı transdusırler kullanılır. Transdusıra yakın olan yüzeyel kesimler daha iyi görüntülendiği için lineer transdusırler tercih edilir. Görüş alanının genişliği ve sesin incelenen objelere dik gönderilmesi lineer probun diğer avantajlarıdır.

İnceleme longitudinal ve transvers düzlemlerle yapılmalıdır. Şüpheli durumlarda, normal tarafla karşılaştırma yapılarak karar verilir. US'nin iskelet ve yumuşuk dokulardaki temel endikasyonları şunlardır: 1) Yumuşak doku tümörlerini saptamak ve karakterize etmek, 2) Rotator kılıf, Aşil tendonu vb tendon hasarlanmalarını saptamak, 3) Bebekte GKD tanısı koymak, 4) Eklem içi sıvıyı saptamak, 5) Baker kisti, anevrizma gibi lezyonları saptamak.

RG

Kemik sintigrafisi osteoblastik aktivitenin haritasıdır; osteoklastik fonksiyon tesbit edilemez. İskeletin anatomik görüntülerinin tamamlayıcısı olan bu yöntem, osteomiyelit ve metastazın saptanmasında röntgenden çok daha duyarlıdır.

Radyofarmasötik olarak Tc-99m ile işaretli metilen difosfonat (MDP), metilen hidroksi difosfonat (MHDP), pirofosfat gibi fosfat analogları kullanılır. Verilen radyofarmasötiğin yaklaşık %60'ı 2-3 saat içerisinde iskelet sistemi tarafından tutulur; geriye kalanı idrarla atılır; %2-4'ü ise renal parankim tarafından tutulur. Kanla fonksiyonel osteoblastların çevresindeki ekstraselüler aralığa taşınan teknisyum bağlı difosfonatlar hidroksiapatit kristallerinin yapısına girer; birikim kemik yapımının miktarı ile orantılı, fakat nedeninden bağımsızdır. Fibroz displazi ve Paget hastalığındaki aktivite tutulumundan sadece yeni kemik oluşumu değil, bu hastalıklardaki artmış kan akımı da sorumludur. Yöntem ayırt edici değildir; enfeksiyon, travma, benign veya malign tümörler ve metabolik hastalıklar benzer şekilde hiperaktif alanlar şeklinde görülür. Tc-99m MDP, kemik tutulumunun hızlı olması nedeniyle Tc-99m pirofosfata tercih edilir. Yöntemin geometrik çözümlemesi en iyi şartlarda 5 mm'dir.

Sintigramlar İV enjeksiyondan 2-4 saat sonra alınırlar. Yumuşak dokularda tutulan radyonüklid iskeletin üstünü örterek çözümlemeyi düşürür. Bunu önlemek için radyofarmasötiğin enjeksiyonundan sonra hastaya bol su içirilerek radyofarmasötiğin yumuşak dokulardan temizlenmesi hızlandırılır. Kemik pelvisin iyi görülebilmesi için incelemeden önce mesanenin boşaltılması gerekir.

Kemik sintigrafisinin 4 fazı vardır. Birinci faz, perfüzyon fazı veya radyonüklid anjiogramdır. Radyofarmasötiğin İV verilmesinden sonraki ilk dakika içerisinde 2 sn aralarla alınan sintigramlarla büyük damarlar görüntülenir. İkinci faz kan havuzdur, enjeksiyondan sonraki 1.-3. dk arasındadır; farmasötik yumuşak dokuda ekstraselüler mesafededir, kemik tarafından henüz tutulmamıştır. Üçüncü faz kemik sintigrafisidir, enjeksiyondan sonraki 2.-3. saat arasında yapılır; radyofarmasötik artmış kalsiyum metabolizmasının ve aktif kemik yapımının olduğu kesimlerde birikir. Dördüncü faz 24 saat sonra alınan geç fazdır.

Yöntemin en önemli avantajı, tüm iskeletin tek bir resim içerisinde görülebilmesidir. Tutulum tüm yaygınlığı ile görülebilir. Lezyonlar anatomik ola-

rak lokalize edilmiş metabolik görüntülerdir. Radyonüklidin tutulumu yeni kemik yapımının olduğunu gösterir. Kemik yapımını stimüle eden her lezyon, ne olursa olsun sıcak alan şeklinde görülür. Bu olay kemiğe yerleşen her lezyona karşı kemiğin savunma mekanizmasıdır. Kan akımını herhangi bir nedenle engelleyen durumlarda ise *soğuk alan* görülür. Nedeni, enfeksiyon, travma ve tümöre bağlı damar trombozları, radyasyon, vaskülit, orak hücreli anemideki damar tıkanması olabilir. Aseptik nekrozların erken döneminde damarın tıkanmasına bağlı olarak aktivetin tutulmadığı bir bölge görülebilir. Steroid tedavisi kemik yapımının stimülasyonunu baskılayarak aktivite artımını azaltabilir. Kemiğin yeni kemik yapımı şeklindeki savunma mekanizmasına fırsat vermeyen çok saldırgan bir metastaz veya tümüyle litik lezyonlar da soğuk alanlar şeklinde görülebilir.

Normal bir iskelet sintigramında aktivite tutulumu simetriktir, omur ve pelvis perifere göre biraz daha fazla aktivite tutar. Yumuşak dokuda hafif bir zemin aktivitesi görülür. Böbrek parankimi diğer yumuşak dokulara göre daha belirgin kontrast tutar. Çocuklarda büyüme plaklarında simetrik olarak belirgin aktivite tutulumu vardır. İdrar yollarında yoğun aktivite birikimi görülür.

Sintigrafi, duyarlılığı özgüllüğünden çok daha yüksek bir tanı yöntemidir. Stres kırıkları radyografik olarak görülemezken sintigrafi ile saptanabilir. Aynı şekilde yaşlı osteoporotik hastalardaki kırıklar da, kemik reaksiyonu az olacağı için radyografiye göre sintigrafi ile daha iyi saptanabilir. Bazı lezyonlara tipik görünümleri ile tanı konabilir. Örneğin osteoid osteomda *çift dansite işareti* denilen, çevredeki sklerotik alanla birlikte nidusun merkezinin radyoaktivite tutması tanı koydurucudur. Multipl miyeloma, radyogramlardaki belirgin kemik defektlerinin sintigramlarda sıcak alan olarak görülmemesi ile tanınabilir. Kompakt kemik adacıkları sintigramlarda görülmeyebilir.

Sintigrafinin diğer bir kullanım alanı da enfeksiyon araştırmasıdır. Enfeksiyon araştırmasında kullanılan radyofarmasötikler Ga-67 ve radyofarmasötiklerle (In-111 ve Tc-99m-HMPAO) işaretlenmiş lökositlerdir. İşaretli lökositler kemik yapım alanlarında değil, normalde kemik iliğinde ve enfeksiyonun olduğu bölgede tutulur. Tc-99m MDP ve In-111 erken osteomiyeliti saptamada oldukça duyarlıdır. Kronik osteomiyelitte tedaviye cevabın değerlendirilmesinde Ga-67 sitrat, Tc-99m'den daha duyarlıdır. Kronik osteomiyelitte aktif rekurrens en iyi In-111 ile işaretlenmiş lökositlerle saptanır. Bu farmasötik aktif kemik iliğinde de tutulduğundan özgüllük düşer. Özgüllük birlikte yapılan Tc-99m sülfür kolloid sintigrafisi ile artırılır; her iki radyofarmasötik de kemik iliğinde tutulur, sadece işaretli lökositlerin tutulduğu kesimler enfeksiyonu gösterir. İşaretli lökositlerle yapılan çalışmalarda omurgadaki osteomiyelitlerin yaklaşık yarısı görüntülenemez; omurga osteomiyelitinde Ga-67 çalışmasının duyarlılığı daha yüksektir.

SPECT, duyarlılığı daha yüksek olduğu için, düz sintigrafide aktivite tutulumu belirgin olmayan, daha çok benign yapıdaki lezyonların araştırılmasında değerlidir. Temporomandibuler eklem lezyonları, spondiloz, faset ve sakroiliyak eklem tutulumları, femur başının avasküler nekrozu SPECT ile erkenden saptanabilir.

PET, diğer sistemlerde olduğu gibi hareket sisteminde de başlıca onkolojide kullanılılır. Temel endikasyonu primer ve metastatik tümörlerin saptanması ve rekurrensin belirlenmesidir. Prostat kanseri metastazı çoğunlukla hipometaboliktir; bu nedenle tanıda kemik sintigrafisi daha duyarlıdır.

Daha önce belirtildiği gibi verilen radyonüklid dozunun %40'ı böbreklerden atılır. %2-4'ü ise renal parankimde tutulur. Dolayısıyla kemik çalışmalarında üriner sistem de görülür hale gelir. Bu nedenle kemik sintigramları değerlendirilirken üriner sistem de gözden geçirilmelidir.

Kemikte radyolojik tanı algoritmi

Kemiklerin çevreleri ile doğal kontrast oluşturmaları nedeniyle röntgen, iskelet sisteminin incelenmesinde ilk ve temel yöntem konumundadır. Kemik lezyonlarının tanısı düz röntgenogramlarla konur. Röntgenogram tanısal özellikler taşıyorsa ileri tetkik yapılmaz. Kemik yapıların daha iyi değerlendirilmesi için başvurulacak ikinci yöntem BT'dir. Omur, skapula gibi anatomik yapısı karmaşık kemiklerin lezyonlarını röntgenogramda görmek zor olabilir; böyle olgularda tanı BT ile konur. Benzer şekilde yüz kemikleri ve pelvis kırıklarında kırıkların konumu BT kesitleri ile ve bu kesitlerden elde edilen iki veya üç boyutlu reformasyon görüntüleri ile sağlanır.

Kemikte tanı konamayan bir lezyon saptandığında, lezyonun tek veya çok sayıda olması tanıda büyük önem taşır. Bu bilgi iskelet survey ve/veya sintigrafi ile elde edilir. Kemik metastazlarını araştırmada sintigrafi temel yöntemdir. Reaktif kemik yapımının olmadığı inaktif veya tersine saldırgan lezyonlarda sintigrafi çoğunlukla negatiftir. Sintigrafideki pozitif

tutulum alanlarının ise ayırt ediciliği yoktur, yalnızca reaktif kemik yapımının varlığını gösterir.

Röntgenle saptanan bir kemik lezyonunun boyutları ve çevre ilişkisini saptamak için çözümlemesi yüksek bir kesit görüntü yöntemine başvurmak gerekir. Bu amaçla BT ve MR kullanılır. Kemik değişiklikleri ve kalsifikasyon BT ile, lezyonun kemik iliğindeki uzanımı MR ile daha iyi gösterilir. Lezyonun yumuşak doku kesimleri ve uzanımları her iki yöntemle de incelenebilirse de, hem yumuşak doku çözümlemesinin yüksekliği, hem kemiğe bitişik yumuşak dokuları kontrastsız görüntüleyebilmesi, hem de doğrudan üç düzlemde görüntü alabilme yetisi nedeniyle MR tercih edilir. Kemik iliğinin tutulumunu en duyarlı olarak saptayan yöntem MR'dir.

ELEMANTER KEMİK LEZYONLARI

Kemik kısalığı

Cüceliğin bir parçası veya lokal bir olaydır. Tutulan kesime göre 5 tipi vardır: 1) Akromelik: Distal kesim (el ve ayaklar), 2) Rizomelik: Proksimal kesim (humerus ve femur), 3) Mezomelik: Orta kesim (ön kol ve kruris), 4) Orantılı: Her tarafta eşit, 5) Deforme ve asimetrik.

Tubülasyon bozukluğu

Kemiklerin şekillenmesindeki aşırılık veya yetersizliktir (Resim 6.1). Şekillenmedeki aşırılığa aşırı tubülasyon adı verilir; uzun kemiklerin şaftlarında aşırı incelme şeklinde görülür, tipik örneği osteogenezis imperfektadır. Şekillenmedeki yetersizlik yetersiz tubülasyon olarak isimlendirilir; kemik şaftının çapı ile uçların çapı arasındaki fark kaybolmuştur, uzun kemikler dikdörtgen şeklini alır, tipik örneği mukopolisakkaridozlardır. Hemolitik anemilerde ve depo hastalıklarında görülen uzun kemiklerin uçlarındaki Erlenmeyer deformitesi de yetersiz tubülasyondur.

Kemik yoğunluğunda azalma

Kemik yoğunluğunda azalma başlıca osteoporoz, osteomalazi, hiperparatiroidizm ve kemiğin infiltrasyonuna bağlı olarak gelişir. Osteoporoz kemik kitlesinin azalmasıdır; osteomalazi osteoid dokunun kalsifiye olmasında yetersizliktir, hiperparatiroidizm ise artmış osteoklastik aktiviteye bağlı kemik dansitesinin azalmasıdır. İskeleti yaygın olarak tutan bu üç olay röntgen bulguları ve biyokimyasal tablosu ile birbirinden ayrılabilir.



Resim 6.1 Tubüler kemiklerin şekillenmesinde bozukluk. A. Yetersiz tubülasyon. B. Aşırı tubülasyon.

Kemiğin radyolojik dansitesinin azalmasına osteopeni adı verilir; ancak, osteopeninin sözlükteki diğer anlamı yetersiz osteoid yapımına bağlı kemik kitlesindeki azalmadır. Bu ikinci tanımlamaya göre osteoporoz ile osteopeni aynı anlama gelmektedir. Osteopeni (kemiklerde radyolusensi artımı) saptandıktan sonra röntgenogramlarda etyolojiyi belirleyecek Looser zonları, subperiosteal rezorbsiyon gibi tanıya yardımcı bulgular araştırılır.

Kemik dokusunda değişiklik

En belirgin örneği trabeküler yapıda kabalaşmadır. Trabeküler kabalaşma, osteoporoza, kemik iliğinin infiltrasyonlarına veya kemik iliğinin artmış aktivitesine bağlı olarak gelişir. Osteoporozda birçok nedene, diğerlerinde ise artan hücrelerin basıncına bağlı ola-

rak trabeküllerin bir bölümü rezorbe olur, trabeküler yapı seyrekleşir. Seyrekleşen trabeküllerin üzerine, dirençlerini artırmak için yeni kemik birikir. Sonuçta kaba trabekülasyon diye tanımlanan, kalın trabeküllerin yaptığı seyrek, geniş gözenekli bir yapı ortaya çıkar.

Kemik ekspansiyonu

Fokal bir alandaki endosteal rezorbsiyon ve periosteal apozisyon sonucu ortaya çıkar. Ekspansiyon yavaş olduğu için endosteal bölgeden rezorbe olan kemiği periosteal yeni kemik oluşumu destekler. Endosteal rezorbsiyon, periosteal yeni kemik oluşumundan hızlı olursa korteks harabiyeti ortaya çıkar.

Kemik erozyonu

Kemiğin dışındaki bir lezyonun kemiğe yaptığı basınca bağlı olarak gelişen düzgün kenarlı kemik defektidir. Tipik örneği aort anevrizmasının vertebra korpuslarının ön yüzlerinde oluşturdukları defekttir. Lenfadenomegali veya yumuşuk doku tümörleri kemikte erozyon yapan diğer nedenlerdir. Düzgün kenarları ve komşu kemiğin tamamen normal olması ile kemik invazyonundan ayrılırlar.

Lezyonun kenarı

Kemikteki bir lezyonun çevresini kuşatan, lezyonu karakterize eden yapının kaybolduğu noktadan normal kemiğe kadar olan şeride geçiş bantı (transisyonel zon) adı verilir. Yavaş büyüyen lezyonlarda bu bant dar ve keskindir. Bantın geniş olması lezyonun hızlı büyüdüğünü, karakterinin görece saldırgan olduğunu gösterir (Resim 6.2).

Kemik yıkımı

Kemiğe oturan bir lezyon, osteoklastik aktiviteyi stimüle ederek kemik yıkımına neden olur. Böyle olgularda histolojik olarak lezyonun kenarlarında osteoklastlardan oluşan bir tabaka vardır ve dolayısıyla kemikteki lizis alanı lezyondan geniştir. Kemik trabeküller tümör hücreleri tarafından doğrudan da harap edilebilir.

Kemik yıkımı genellikle kemik hastalıklarının ilk bulgusudur. Spongioz kemikte yıkım daha hızlıdır. Röntgende görülebilmesi için çok miktarda spongioz



Resim 6.2 Kemik lezyonlarında kenar özelliği. A. Ayak üçüncü parmak proksimal falanksında enkondrom. Lezyonun geçiş bandı (transisyonel zon) dar ve keskin. B. Femur distal metafizyodiyafizinde osteosarkom. Geçiş bandı geniş ve bulanık.

kemik yıkımı olmalıdır. Kompakt kemikte yıkım daha yavaştır; fakat çevresi ile kontrastı belirgin olacağı için erken farkedilir (Resim 6.3). Nedeni ne olursa olsun, kemik harabiyeti jeografik destrüksiyon, güve yeniği şekli ve permeatif şekil olmak üzere üç şekilde görülür.

Jeografik kemik yıkımında tek, iyi sınırlanmış, keskin kenarlı kemik defekti görülür. Bu görünüm birden fazla benzer defektin birleşmesi ile de oluşabilir. Bu tip yıkımda ilerleme çok yavaştır. Röntgenografik sınır genellikle patolojik sınıra uyar.

Güve yeniği şeklindeki yıkımda birbiriyle birleşmeye yatkın çok sayıda küçük litik alan vardır. Bu görünüm lezyonun orta derecede saldırgan olduğunu gösterir.

Permeatif tipteki kemik yıkımında başlıca kortikal kemikte yerleşen, çok sayıda küçük litik alan vardır (Resim 6.4). Bu alanlar lezyonun periferine doğru boyut ve sayı bakımından azalırlar. Neden neoplazm ise bu tür yıkım aşırı saldırganlığı temsil eder. Enfeksiyonda ise lokalize olmamayı ve geniş yayılımı gösterir. Bu tür lezyonlarda açıkça görülebilen bir sınır yoktur.



Resim 6.4 Femur diyafizinde primer kemik lenfomasının yol açtığı permeatif tipte kemik yıkımı örneği.



Resim 6.3 Femur proksimal diyafizinde metastaz. Lezyon, korteksin endosteumunda yaptığı harabiyetle (ok) fark ediliyor; spongioz kemikte yol açtığı harabiyet, röntgenogramda fark edilmesine yetmiyor.

Malign lezyonlar nadiren jeografik örnek gösterebilirler. Benign lezyonlardan sadece akut osteomiyelit güve yeniği veya nadiren permeatif örnek gösterir.

Yeni kemik yapımı

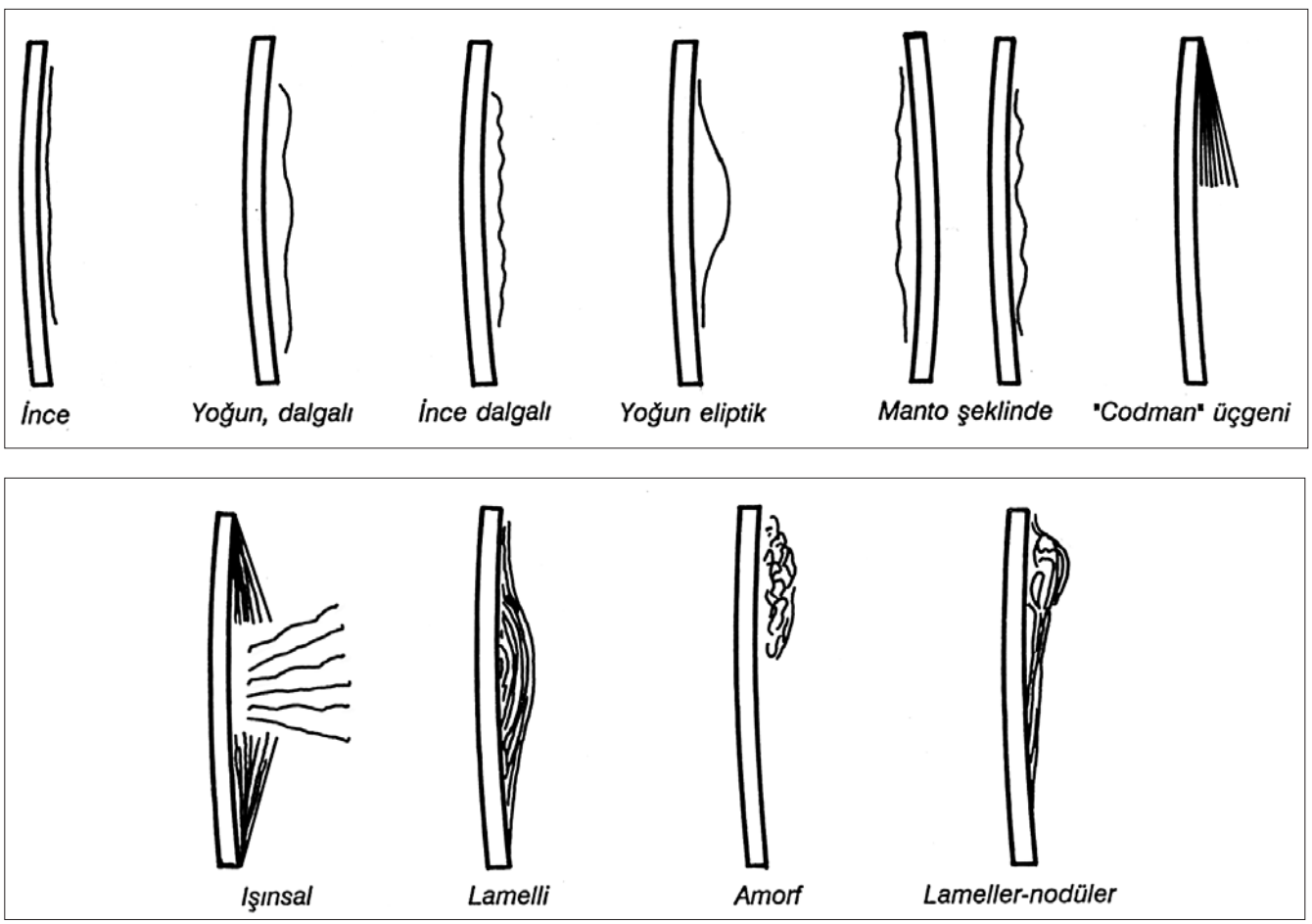
Yeni kemik yapımı reaktif ve tümöral olmak üzere ikiye ayrılır. Reaktif kemik yapımı osteoblastların stimülasyonuna bağlıdır, trabeküllerin kalınlığı ve yoğunluğu artar; görünüm organizedir. Tümöral kemik oluşumu sadece osteoid matris yapan primer kemik tümörlerinde (osteosarkom ve kondrosarkom) görülür; fildişi yoğunluğunda küme veya kümeler (osteosarkomlarda) veya multipl dens benekler (kondrosarkomlarda) şeklindedir, görünümleri disorganizedir. Bu tümörlerde aynı zamanda, diğer tümörler, enfeksiyon ve travmada olduğu gibi osteoblastların stimülasyonu ile reaktif yeni kemik oluşumu da görülebilir.

Periosteal yeni kemik, reaktif bir yeni kemik oluşumudur ve birçok kemik lezyonuna eşlik eder. Oluşan osteoid dokunun ossifiye olma hızı ve şekline göre görünümleri değişir. Solid veya kesintili olmak üzere iki ana gruba ayrılır (Tablo 6.1), (Şekil 6.3).

Solid periost reaksiyonları: Düzgün ve üniform periost reaksiyonları benignite işaretidir. Genellikle

Tablo 6.1 Periost reaksiyonları

Solid periost reaksiyonları	
İnce	Eozinofilik granüloma, Osteoid osteom
Yoğun dalgalı	Vasküler yetmezlik
İnce dalgalı	Pulmoner osteoartropati
Yoğun eliptik	Osteoid osteom
destrüksiyonla birlikte	Uzun seyirli malign tümör
Manto oluşumu	Depo hastalıkları, Kronik enfeksiyon
Kesintili periost reaksiyonları	
Kemik yüzeyine dik (güneş ışını şeklinde)	Osteosarkom, Ewing sarkomu, Enfeksiyon
Lamelli (soğan zarı şeklinde)	Osteosarkom, Ewing sarkomu, Enfeksiyon
Amorf	Malign tümörler
"Codman" üçgeni	Kanama, Malignite
Lameller-nodüler	Osteomiyelit, Eozinofilik granülom, Osteoblastom



Şekil 6.3 Periost reaksiyonlarının şematik görünümleri

uzun süre değişmezler veya çok yavaş şekil değiştirirler. Bir milimetreden daha kalın tek tabaka şeklindedirler; tabakanın yoğunluğu üniformdur. İntratorasik tümörlerle birlikte olan ve uzun kemiklerin konkav kesimlerinde görülen pulmoner osteoartropatinin ince ondüler periost reaksiyonu, tümörlerin çıkarılmasından sonra kaybolur.

Kalınlık ve yoğunluk periosteal reaksiyonun süresi ile doğru orantılıdır. Yoğun, kenarı dalgalı periost reaksiyonu, genellikle 1 cm'den kalındır. Uzun süren varislere veya arteriyel hastalıklara eşlik eden bu tip periosteal yeni kemik oluşumunun nedeni bilinmez.

Yoğun eliptik periost reaksiyonu 2-10 mm kalınlığındadır. Kortikal osteoid osteom ve uzun süren Langerhans hücreli histiyositozlarda görülür (Resim 6.5). Osteoblastoma gibi benign tümörlerde de görülebilir. Radyoterapiden sonra yuvarlak hücreli tümörlerde de (Ewing tümörü, kemiğin primer lenfoması) benzer tip periost reaksiyonu izlenebilir.

Periosteal manto oluşumu birkaç milimetre kalınlığında düzensiz bir yoğunluk gösterir, kenarı düzgündür. Bu tip periost reaksiyonu malignite ile birlikte görülmez.

Kesintili periost reaksiyonları: Bu tip periost reaksiyonları üniform değildir. Değişik görünüm verirler. Görünümleri lezyonun saldırganlığı ile doğru orantılı olarak hızla değişir. Genellikle malign patolojilere eşlik eder.



Resim 6.5 Kortikal osteoid osteomalı hastada yoğun eliptik periost reaksiyonu.



Resim 6.6 Ewing sarkoma bağlı soğan kabuğu periost reaksiyonu.

Ossifiye olan ince periosteal tabakaların paralel bir şekilde dizilmesine *soğan kabuğu* periost reaksiyonu adı verilir (Resim 6.6). Ewing tümörüne has bir özellik olarak tanımlanmış bu görünüm, periostun oluşturduğu osteoid tabakasının tam ossifiye olmasına izin vermeyecek şekilde hızlı irritasyonunu gösterir ve saldırganlık işaretidir.

Codman üçgeni periostun en sık tümör, daha az sıklıkta hematom ve pü ile elavasyonu sonucu oluşur. Lezyonunun kemikten taşan kesiminin kenarlarında kesintiye uğramış, genellikle tabakalı bir periosteal reaksiyondur (Resim 6.7). Kemiğin korteksi ile periost reaksiyonun dış kenarının oluşturduğu dar açıyı, periostun kesintiye uğradığı taban tamamlar ve bir üçgen görünümü ortaya çıkar.

Dikensi periost reaksiyonları, *güneş ışını* ve *birbirine paralel* şekilde kemik şaftına dik uzanır (Resim 6.8). Güneş ışını periost reaksiyonu saldırgan malign lezyonlarda görülür. Kemikten dışarı doğru uzanan opak ışınsal uzantılar lezyonun merkezine doğru kon-



Resim 6.7 Osteosarkomlu hastada Codman üçgeni (ok).

verjans gösterir; parelel periost reaksiyonun da ise dikensi çıkıntılar kemik şaftına diktir.

Yeni doğanda uzun kemik şaftlarına paralel ince periosteal reaksiyon fizyolojik kabul edilir. Metastatik lezyonlarda genellikle periost reaksiyonu olmaması önemli bir tanı ölçütüdür.

Osteopetrozisteki yoğunluk artımından, primer spongiozanın soğurulma yetersizliği sorumludur. Metaplaziye bağlı olarak, yumuşak dokularda heteretopik yeni kemik oluşumu meydana gelebilir. Yeni kemik oluşumu yumuşak doku kalsifikasyonundan belirgin trabeküler yapısı ve korteks formasyonu ile ayrılır.

TRAVMA

İskeletin travmatik lezyonlarının röntgenolojik incelenmesi, birçok röntgen biriminde günlük işin büyük bir bölümünü oluşturur. Genel bir kural olarak bir travmada en az, birbirine dik projeksiyonda iki röntgenogram elde olunmalı ve röntgenogramlar en azından bir eklemi içine almalıdır. Çocuklarda eklem lezyonları, gerektiğinde normal tarafla karşılaştırılarak değerlendirilebilir.

Değerlendirmede kırık atlanmamalıdır. Bunun için



A



B

Resim 6.8 Dikensi periost reaksiyonu. A. Ewing sarkomlu hastanın röntgenogramında birbirine paralel (oklar), B. Osteosarkomlu hastanın BT'sinde güneş ışını şeklinde (oklar).

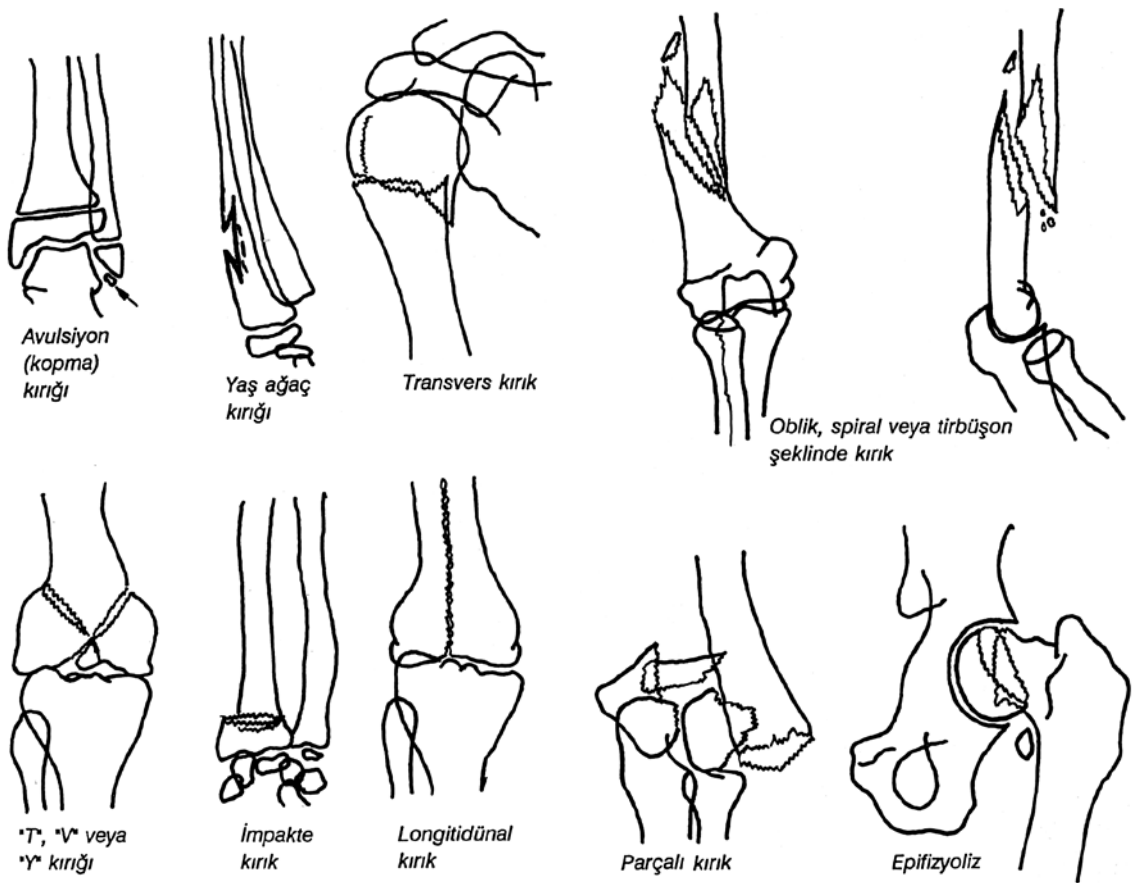
klinik bilgi çok önemlidir. Klinik bilgi olmadan, travmanın nereye ve nasıl olduğu bilinmeden, belirgin anatomik deformasyon oluşturmamış kırıklar gözden kaçabilir. Örneğin, bir toraks röntgenogramında kaburgaların her kesiminin aynı dikkatle araştırılması çoğu zaman olanaksız olduğundan klinik bilgi verilmemişse kırık çoğu zaman gözden kaçar. Hastayı muayene ettikleri için ortopedistler kırığı atlamazlar. İkinci önemli nokta, bir kırık saptandığında başka kesimlerin gözden geçirilmesinin ihmal edilmesidir. Olguların yaklaşık %10'unda ikinci olarak saptanan travma bulgusu en az birincisi kadar, hatta daha da önemlidir.

Kırık saptanır ve kırığın bulunduğu yer açık bir şekilde belirtilir. Kırığın yerini tanımlayacak anatomik bir oluşumun bulunmadığı kemik şaftındaki kırıklar için, şaft eşit parçaları ayrılarak (örneğin, tiba diyafizinin 1/3 proksimalinde gibi) kırığın hangi parçada olduğu belirtilir. Var olan kırık röntgenogramlarda görülemeyebilir. Böyle durumlarda 15-20 gün sonra tetkik tekrar edilmelidir. Özellikle yaşlılardaki femur boynu kırıkları gibi kritik bölgelerde, Tc-99m MDP sintigrafisi veya MR ile bu şekilde röntgende görülemeyen kırıklar açığa çıkarılabilir.

Kırığın nasıl bir kırık olduğu belirtilir. Kırığın tam bir kırık veya tam olmayan bir kırık olup olmadığına bakılır. Basit veya parçalı kırık olup olmadığı ve birlikte çıkık (dislokasyon) veya tam olmayan çıkığın (subluksasyon) varlığı araştırılır. Basit kırıklarda sadece kırık çizgisi vardır, ayrı bir parça yoktur. Kırık çizgisinin seyri transvers, oblik, spiral veya longitudinal olarak tanımlanır. İki parçadan fazla olan kırıklara parçalı kırık denir. Parçalı kırıklarda kırık çizgisi T, V, Y, kelebek şekillerinde olabilir veya segmentaldir.

Kırık uçlarının birbirleri ile geometrik ilişkisi tanımlanır. Bunun için distaldeki kırık parçasının proksimaldekine göre pozisyonuna bakılır. Distaldeki parça dört yöne doğru yer değiştirebilir, açılanabilir ve içe veya dışa doğru rotasyon gösterebilir. Kırık uçları üst üste binebilir veya tersine aralarında bir mesafe bulunabilir.

Kırığa komşu eklemin normal, disloke veya sublukse olup olmadığı belirtilir. Kırık çizgisinin ekleme uzanıp uzanmadığı not edilir. Kırık tipleri (Şekil 6.4) şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Kırık tipleri

Kırıkla birlikte görülen yumuşak doku gölgeleri araştırılır. Dirsek ekleminde sıvı olması, eklem kapsülünü gererek yan röntgenogramlarda kapsül dışındaki yağ dokusunun görünür hale gelmesine neden olur. Buna *yağ yastığı işareti* adı verilir. Böyle bir görünümde dirsek eklemini yapan kemiklerde, özellikle de radius başında, dikkatle kırık araştırılmalıdır. Eklem içerisindeki serbest yağın yaptığı seviye ile hematomun oluşturduğu paravertebral yumuşak doku kitlesi, kırıkla birlikte görülen diğer yumuşak doku gölgeleridir. Ayrıca pnömotoraksla birlikte görülen kosta kırıklarında göğüs yumuşak dokusu içerisinde hava görünümleri izlenebilir.

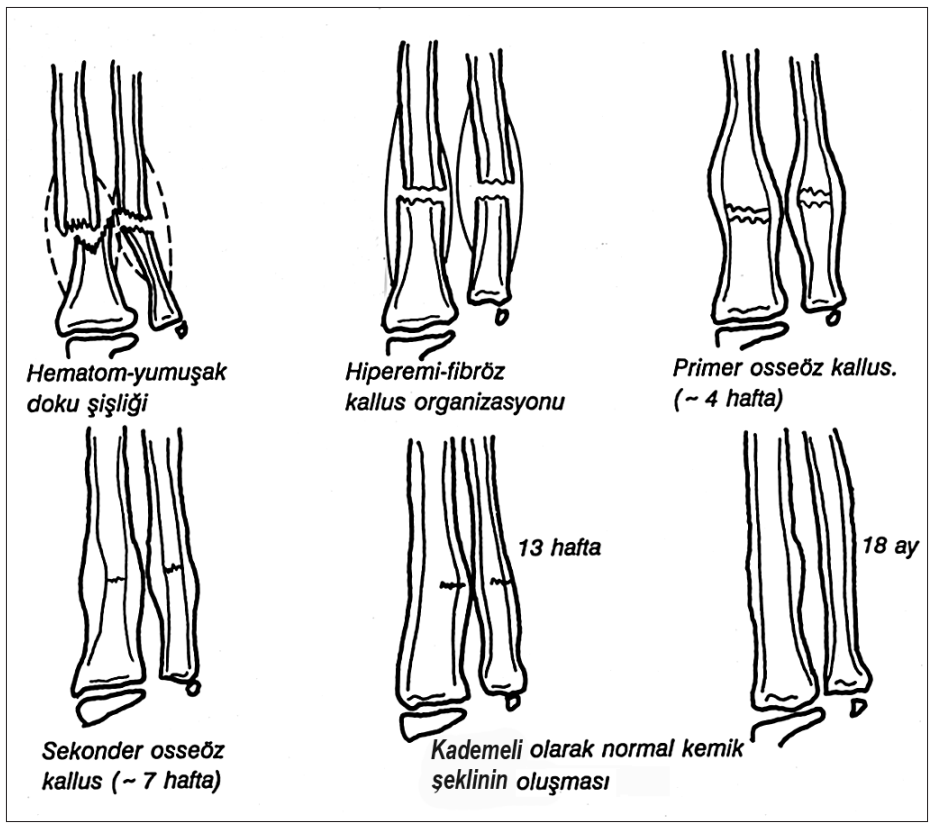
Travmada kırığın ve çıkığın çevresiyle ilişkisi, çevre yumuşak doku ve eklemlerdeki hasar, yapılan redüksiyonun yeterli olup olmadığı BT ile ayrıntılı olarak gösterilir. BT özellikle omurga, sakrum, pelvis, kalça, omuz ve sternum gibi anatomik olarak kompleks bölgelerde değerlidir. Üç boyutlu rekonstrüksiyon özellikle rekonstriktif cerrahi yapılacak olgularda yol göstericidir.

Kırıktan yaklaşık 72 saat sonra sintigrafilerde hiperaktivite görülür. Kırık distalindeki kemiğin vasküler durumu sintigramlarla izlenebilir. Azalmış kan akımında distal kesimdeki aktivite tutulumu azalır. İyileşme fazında, tutulumda yavaş bir azalma başlar ve altı-onsekiz ay sonra sintigramlar normale döner.

Kırık iyileşmesi

Kırık kemik hasarıdır, kemiğin devamlılığı kaybolur ve kemik uçları ve çevre yumuşak dokularda kontüzyon bulguları ve hematom ortaya çıkar (Şekil 6.5). Hematom kırık uçları arasındadır. Çocuklarda periostu kaldırır. Kırık uçları çevresinde yumuşak doku şişliği şeklindedir; hematom ve inflamatuar reaksiyon gelişir. Şişlik gittikçe azalır ve pıhtının yerini granülasyon dokusu alır, hematom organize olarak fibröz kallus oluşur.

Fibröz kallus evresinde kırık uçları arasında fibröz bağlantı oluşur. Bu evrede kemik yapılarda gittikçe artan bir radyolusensi izlenebilir. Kemik uçlarında çok belirgin olmayan rezorbsiyon görülür. Kırık çevresinde kıkırdak dokusu ortaya çıkar. Önce fibröz kallus ve kıkırdak dokusu üzerine kalsiyum fosfat çöker. Buna primer kemik kallus denir. Daha sonra kalsifikasyon rezorbe olur ve osifikasyon gelişir. Buna da ikincil kemik kallus adı verilir.



Şekil 6.5 Kırığın iyileşme evreleri.

Fonksiyonel rekonstrüksiyon evresinde, kallusun düzensiz kemik dokusu kompakt ve meduller kemik şekline çevrilerek stres çizgilerine ve daha önceki biçimine göre kemik yeniden şekillenir.

Kırığın iyileşme süresi, kırığın yerine, tipine ve hastanın durumuna bağlı olarak değişir. Örneğin sağlıklı bir yetişkinde, basit bir femur kırığı dört ayda, humerus kırığı iki ayda iyileşir. Oblik kırıklar kırık yüzeyi daha büyük olduğu için transvers kırıklardan daha çabuk iyileşirler. İyileşme yaşlılarda yavaş, gençlerde hızlıdır.

Kırık komplikasyonları

Kırıkta, kanama, şok, yağ embolisi, akut iskemi ve omurga kırıklarında epidural hematom veya doğrudan kırık parçasının yaptığı hasara bağlı oluşan nörolojik etkiler akut komplikasyonlardır. Gecikmiş komplikasyonlar ise kırığın kaynamasının gecikmesi, olmaması veya yanlış olması, osteoporoz, osteonekroz, osteomiyelit, Sudeck atrofisi gelişimi, Volkmann'ın iskemik kontraktürü, miyozitis ossifikans ve ikincil osteoeartrit gelişimidir.

Kırık iyileşmesi yaşlılarda gecikir. Aşırı traksiyon, yetersiz immobilizasyon, vitamin C ve D eksikliği ve enfeksiyon kaynamada gecikmeye neden olur. Patolojik kırıkların bir bölümünde de kaynama geçtir.

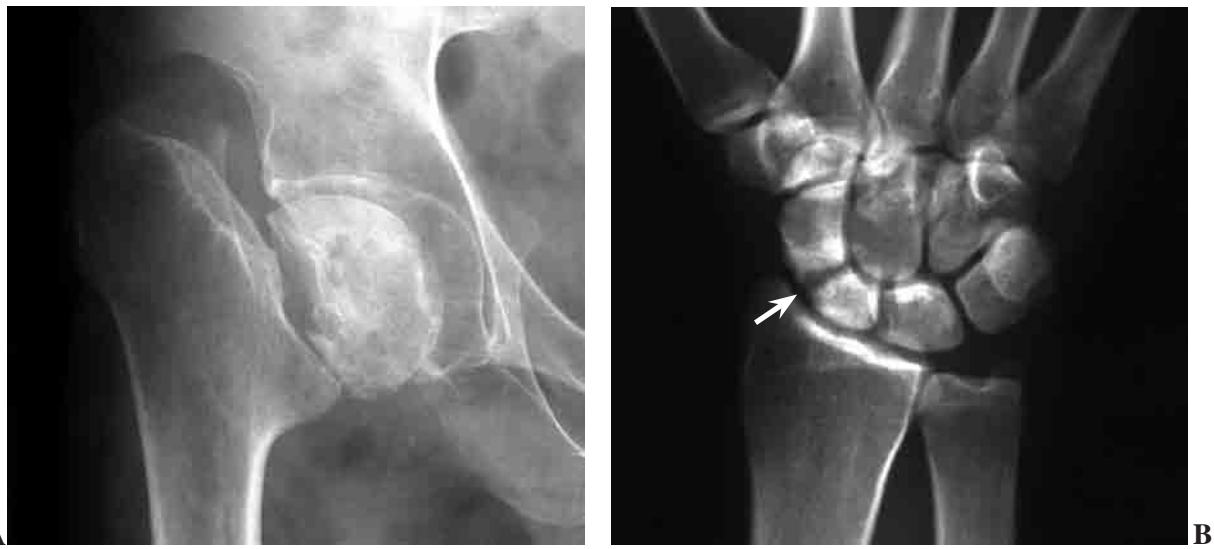
Kaynamanın olmaması (psödo-artroz ve neo-artroz), sıklıkla yeterli immobilizasyonun olmaması, kırık uçları arasına yumuşak doku girmesi ve enfeksiyonlara bağlıdır. Psödo-artrozda kırık çizgisi görülmeye devam eder. Kırık uçlardaki medüller boşluk, kompakt kemikle dolar. Neo-artrozda bu bulgulara ek olarak, kıkırdak tabakası ve sinoviyası ile yeni bir eklem oluşumu söz konusudur.

Kötü kaynama ("malunion")**,** kırığın iyi redükte edilmemesine bağlıdır. Kemiğin ağırlık çizgisi ve stres noktaları değişir. Böyle bir durumda komşu eklemlerde erken dejeneratif değişiklikler ortaya çıkar.

Avasküler nekroz, kırık parçalarından birinin kanlanmasının bozulması sonucu gelişir. En önemlileri subkapital kırıklarda femur başının, skafoid kemik kırıklarında proksimal parçanın, talus kırıklarında talus gövdesinin avasküler nekrozlarıdır (Resim 6.9). Kienböck (os lunatumda) ve Freiberg (ikinci matetarsın başında) hastalıkları post-travmatik nekroz örnekleridir (Resim 6.10).

Yumuşak doku kalsifikasyon ve osifikasyonu (miyozitis ossifikans), travmaya bağlıdır (Resim 6.11). Subperiosteal hematom kalsifiye olabilir. Binicilerde, kronik travmaya bağlı olarak uyluğun addüktör kasları içinde osifikasyon görülebilir. Buna *binici kemiği* adı verilir.

Sudeck atrofisi (omuz-el sendromu, refleks simpatetik distrofi sendromu), kırığa veya hafif bir travmaya bağlı olarak da gelişebilir. Klinik olarak hastalarda ağrılı yumuşak doku şişliği, hiperestezi ve distrofik deri değişiklikleri görülür. İnaktivite osteoporozunun şiddetli şekli gibidir. Osteoporoz hemen daima travmanın distalindedir. Kemiklerin metafiz kesimlerinde şiddetli osteoporoza bağlı benekli radyolusent alanlar ortaya



Resim 6.9 Kırığa bağlı avasküler nekroz. A. Femur boynunda subkapital kırık ve femur başında osteonekroza bağlı yoğunluk artışı (skleroz). B. Skafoid kemikte birleşmemiş kırık (ok) ve proksimal parçada osteonekroza bağlı skleroz.



Resim 6.10 Freiberg hastalığı. İkinci metatars başında avasküler nekroza bağlı düzleşme, genişleme ve kortikal kalınlaşma, eklem içinde osseöz cisim.



Resim 6.12 Sudeck atrofisi. Sağ elde, ön koldaki kırık sonrası gelişen periartiküler osteoporoz.

çıkar. Osteomiyelitten kemik korteksinin sağlam olması ile ayrılır (Resim 6.12).

Volkmann'ın iskemik kontraktürü, humerusun suprakondiler kırıklarından sonra sık görülür. Kas iskemisi fibrozla sonlanır. Klinik olarak nabız alınamaması, ağrı, kızarıklık, his kusuru ve paralizi ile karakterizedir. El bileğinde ve interfalanjeal eklemlerde fleksiyon, metakarpofalanjeal eklemlerde hiperekstansiyon kontraktürü vardır. Birlikte yumuşak doku atrofisi gelişir.

Çevre yapılarda sinirler kopabilir, psödoanevrizma ve arteriovenöz fistüller gelişebilir, damarlar yırtılabilir.

Travmanın özel tipleri

Kırıkların büyük bölümü sağlam kemiğin ani bir travmayla karışlaşması sonucu ortaya çıkar ve kemiğin devamlılığının kaybolması şeklindedir. Bu şekildeki tipik görünüm dışında, özel isimlerle anılan, mekanizması ve/veya görünümü farklı kırık şekilleri vardır.



Resim 6.11 Sol iskium komşuluğunda posttravmatik miyozitis ossifikans (ok).

Stres kırıkları, altındaki kemiğin normal olup olmamasına göre yorgunluk kırıkları ve yetmezlik kırıkları olmak üzere ikiye ayrılır. Yorgunluk kırıklarında kemik normaldir; neden aşırı kas aktivitesidir. Tek başına kırık oluşturamayacak güçteki travmaların devamlı tekrarı sonucu ortaya çıkar. En iyi örnek, özellikle 2. veya 3. metatarsta görülen yürüyüş kırıklarıdır (Resim 6.13). Tibia ve fibulada sık görülür. Uzun mesafe koşucularında fibulanın alt yarısında, yüksek atlayıcı ve paraşütçülerde üst yarısında görülür. Vertebraların pars interartikülarislerinde görülen ve *spondiloliz* adı verilen kırıklar da bir stres fraktürüdür. En iyi oblik röntgenogramlarda görülürler. Spondiloliz sonucu vertebraların öne doğru kaymasına ise *spondilolistez* adı verilir. Yetmezlik kırıklarında ise kemiğin direnci genellikle osteoporoz gibi nedenlerle bozulmuştur, normal kas aktivitesi ile kırılır (Resim 6.14). Örnek osteoporozdaki vertebra kırıklarıdır. Patolojik kırıkta ise kırığın olduğu kesimde kemik anormaldir; kemik kisti, metastaz gibi altta yatan bir lezyon vardır (Resim 6.15).

Bazı kırıklar ince bir çizgi şeklinde görülür ve çok az bir ayrılma gösterir. Bunlara ince kırıklar denir. Psödofraktür ise osteomalazide görülen, çatlağa benzer tam olmayan kırık çizgileridir; *"Looser zon"* adı da verilir. Salter-Harris kırıkları, çocuklarda fiz çizgisini tutan kırıklara verilen isimdir (Resim 6.16).



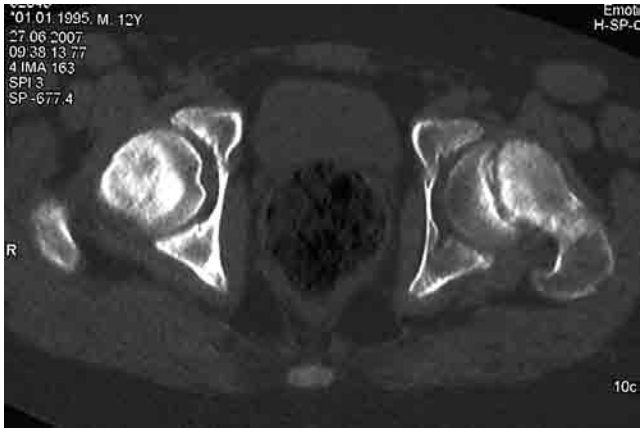
Resim 6.13 Üçüncü metatarsın distal şaftında stres kırığı. A. Röntgenogram, B. Koronal BT, C. Sagital T2AG ve D. Koronal STIR MR görüntülerinde, kırığa bağlı belirgin kallus formasyonu ve kemik iliği ile çevre yumuşak dokuda ödem izleniyor (oklar).



Resim 6.14 Yetmezlik kırığı. Osteoporozlu hastanın ön-arka röntgenogramında tibia proksimal diyafizinde kırığa bağlı ince bir radyolusent çizgi ve çevresinde skleroz (ok).



Resim 6.15 Patolojik kırık. Meme kanseri olan hastanın humerus orta diyafiz bölgesinde, metastaza bağlı kırık.



Resim 6.16 Salter-Harris tip I kırık. Travma sonrası 12 yaşında olgunun aksiyal BT kesitinde, sol femur başında epifiz kayması.

Kopma kırıkları, tüberositler gibi, tendon veya ligamentlerin yapışma yerlerinin koparak kemikten ayrılmasıdır. Aynı şekilde oluşan apofiz kırıkları da bir kopma kırığıdır (Resim 6.17). Osteokondritis adı altında incelenen birçok olay gerçekte bir kopma kırığıdır. Buna en iyi örnek Osgood-Schlatter hastalığıdır.

Kas spazmına bağlı kırıklar, şiddetli müsküler kasılmalar sonucu ortaya çıkar. En iyi örnek epileptik kişilerde görülen vertebra korpus kırıklarıdır. Bu kırıklar tetanik kasılmalarda, elektroşokta ve striknin zehirlenmelerinde de görülür.

Vibrasyon sendromu ("driller" hastalığı), hava kompresörlü delicileri 5 yıldan fazla kullananların el ve el bilek kemiklerinde ortaya çıkan kistik dejeneratif değişikliklere verilen isimdir. Bu değişikliklerin oluşabilmesi için aletin dakikadaki titreşim sayısının 2500'den fazla olması gerekir.

Omurga

Omurga kırıklarının %20'sinde kırık birden fazla sayıdadır. Olguların yarıdan fazlasında neden trafik kazalarıdır. Kırıklar en çok boyun omurlarında, 1.-2. ve 5.-7. omurlar seviyesinde görülür. İkinci sıklıkta tutulan kesim 10. sırt omuru ile 2. bel omuru arasındaki bölgedir.

Stabil kompresyon kırıkları, izole spinoz ve transvers çıkıntı kırıkları ve spondilolizde düz röntgenogramlar yeterlidir, diğer kırık şekillerinde genellikle BT'ye başvurulur. Kompresyon kırıklarının yaklaşık yarısı anstabildir. Kırıklar genellikle oluş mekanizmalarına göre sınıflandırılır.

Boyun travmasında yan omur röntgenogramı değerlidir. Tüm boyun omurları görülmelidir; omuz, alt omurları örtüyorsa ya radyografi *yüzücü pozisyonunda* tekrar edilmeli ya da görülmeyen kesim BT ile incelenmelidir.

Değerlendirmede boyun omurgasının fizyolojik eğimi değişmiş ise, bu değişikliğin pozisyona, spazma veya omurganın yaralanmasına mı bağlı olduğu belirlenmeye çalışılmalıdır. Omurların dizilişleri, ön yüzlerinden, arka yüzlerinden ve arkusun arka iç yüzlerinden geçen birbirine paralel longitudinal çizgilerle kontrol edilmelidir. Kırık ve/veya çıkıklarda bu çizgilerin devamlılıkları kaybolur. Omurganın önündeki



Resim 6.17 Kopma kırığı. A. Ön çapraz bağın yapışma yerinde, tibia interkondiler eminensinde kopma kırığı (ok). B. Femur küçük trokanterinde kopma kırığı (ok).

yumuşak dokunun kalınlığı 3.-4. omurlar seviyesinde 5 mm'yi, 4.-7. omurlar seviyesinde 20 mm'yi aşmamalıdır. Üst seviyedeki ölçüm daha duyarlıdır. Omurga önündeki yumuşak dokunun kalınlığından daha çok, yerel kabartılar şeklindeki kenar düzensizlikleri önemlidir. Atlanto-dental mesafe ölçülür; normalde çocuklarda 5 mm'yi yetişkinlerde 3 mm'yi geçmemelidir. Odontoid çıkıntının tabanında çocuklarda görülen sinkondroz çizgisi kırıkla karıştırılmamalıdır. Disk mesafeleri kontrol edilir. Düzensiz genişlemeler genellikle kırıklara eşlik eder.

Boyun omurgasının radyolojik değerlendirilmesinde ince kesitlerle yapılan BT taraması ve 3B reformasyon sık kullanılır. Özellikle nedeni açıklanamayan prevertebral yumuşak doku şişliklerinde BT yapılmalıdır. Nörolojik bulgusu olan her boyun travmalı olguda MR yapılır.

Atlantooksipital ayrılmanın mekanizması karmaşıktır. Tam dislokasyon genellikle ölümcüldür. Radyografik olarak prevertebral yumuşak doku şişliği görülür. Aksisin arkasından geçen çizgi ile bazion (foramen magnumun ön kenarı, klivusun ucu) arasındaki mesafenin ve bazion ile densin tepesi arasındaki mesafenin 12 mm'den fazla olması atlantooksipital ayrılma tanısı koydurur.

Jefferson kırığında darbe, denize tepe üstü atlamada olduğu gibi doğrudan vertekse gelir. Atlasın arkusu dağılır; tek taraflı veya iki taraflı ön ve arka arkus kırıkları vardır. Transvers ligament yırtılır. Kırık en iyi, ağız açık çekilen ön-arka röntgenogramda, ağız içerisinden görüntülenir. Atlasın pars lateralislerinin yana doğru kaydığı görülür. Odontoid ile pars lateralisler arasındaki mesafenin iki taraflı olarak 2 mm'yi geçmesi anormaldir. Tek taraflı olarak bu değerin altındaki genişlemeler, başın eğilmesine veya döndürülmesine bağlı olarak, normalde de görülebilir. Kırık BT ile ayrıntılı olarak incelenebilir.

Odontoid kırığının üç tipi vardır. I. tipte odontoidin ucu kırılmıştır;. Sık görülmez, anatomik bir varyasyon olduğu kabul edilen *os odontoideumla* karıştırılmamalıdır. II. tip kırıkta, kırık çizgisi odontoidin tabanına yakındır. III. tipte ise kırık çizgisi aksisin gövdesinde devam eder. Bu sonuncusu en hızlı iyileşen odontoid kırığıdır.

Asılma kırığı, *cellat kırığı* olarak isimlendirilmiştir; doğrusu *asılan adam kırığı* olmalıdır. Boynun, asılanlarda olduğu gibi traksiyonuna veya trafik kazalarında çenenin arabanın ön paneline çarpmasında olduğu gibi aşırı hiperekstansiyonuna bağlı olarak gelişen 2. omur kırığıdır. En iyi yan röntgenogramlarda görülür. İki taraflı arkus veya pedinkül kırılmıştır. 2. omurun gövdesi öne doğru yer değiştirir. Anterior longitudinal ligamentin kopması sonucu 2. omurun gövdesinin alt köşesi kopar. Omur önünde yumuşak doku şişliği görülür. Hiperekstansiyona bağlı olarak aksisin ön-alt ucunun kopma kırığına da *ekstansiyon damla kırığı* adı verilir. Anterior longitüdinal ligamentin kopmasına bağlıdır. Kırık parçasının yüksekliğinin eninden daha fazla olması tipiktir.

Alt boyun ve üst sırt omurlarının spinoz çıkıntılarında görülen eğik seyirli kopma kırığına spinoz çıkıntının fleksiyon kırığı denir. En sık 7. boyun omurunda, daha sonra 6. boyun ve 1. sırt omurunda görülür. Darbe bu kesimde hiperfleksiyona neden olur. Kürekle çamur atanlarda tanımlanmıştır ve *çamur kürekçisi ("clay-shoveler's")* kırığı olarak bilinir. Kırık parçaları, ön-arka röntgenogramlarda iki spinoz çıkıntı varmış görünümü verir.

Boynun şiddetli fleksiyonuna neden olan darbelerde fleksiyon kırık-çıkığı meydana gelir, kuadropleji ve omurilikteki ön kolonlarla ilgili duyu kaybı ortaya çıkar. Bütün omur bağları kopuktur. Omurganın gövdesi geriye gider. İki taraftaki faset eklemlerde çıkık veya yarı çıkık vardır. Omur gövdesinin alt-uç kesimi kopar. Kopan parça *gözyaşı damlasına* benzetilmiştir. Bu nedenle bu kırığa fleksiyon damla kırığı adı da verilmiştir. Bu değişikliklere bağlı olan omurdaki yer değişikliği omurilik hasarına neden olur.

Faset dislokasyonu, iki taraflı veya tek taraflı olabilir. İki taraflı olanda neden baş ve boyunun kompresyon olmadan aşırı fleksiyonudur. Stabilite bozulmuştur. Posterior ligament kompleksinde, intervertebral diskte ve anterior ligamentte yırtık vardır. Dislokasyon seviyesinde, üstteki vertebra yarım vertebra boyu kadar veya daha fazla öne kayar. Üst vertebranın eklem faseti normalde alt vertebra fasetinin üzerindedir. Çıkıkta bu ilişki bozulur ve alt eklem faseti, üst fasetin gerisine geçer. Bu durum kilitlenmiş faset olarak tanımlanır. Kilitlenmiş fasetlerin görünümü yan veya oblik projeksiyonda *yarasa kanadına* veya *papyona* benzetilmiştir. Her iki fasetin uçlarının karşı karşıya geldiği şekline *tünemiş ("perched") faset*, alttaki fasetin geriye gittiği, ancak hâlâ üsttekinin içinde kaldığı şekline ise *sublukse faset* adı verilir. Tek taraflı faset dislokasyonu stabildir. Aşırı fleksiyonun rotasyonla birlikte uygulandığı durumlarda görülür. Üstteki vertebra korpusunun yer değişikliği yarım vertebra boyundan azdır. Tutulan bölgenin üst ve altındaki omurda rotasyon görülür. Fasetlerin ters olarak üst

üste binmeleri, oblik projeksiyonda *çatıdaki kiremit dizilimine* benzer şekilde intervertebral foramina içerisine düşer.

Öne subluksasyon, hiperfleksiyona bağlı olarak gelişir. Birlikte kırık yoktur. Tanısı kas spazmı ile karışır. Başlangıçta stabildir; %20-50 olguda gecikmiş evrede stabilite bozulabilir. Lezyonun bulunduğu seviyede kifotik açılanma görülür ve vertebra korpusu öne doğru yer değiştirebilir. Disk aralığının posterior kesimi, interspinöz, interlaminar mesafeler genişler, faset ekleminde subluksasyon görülür.

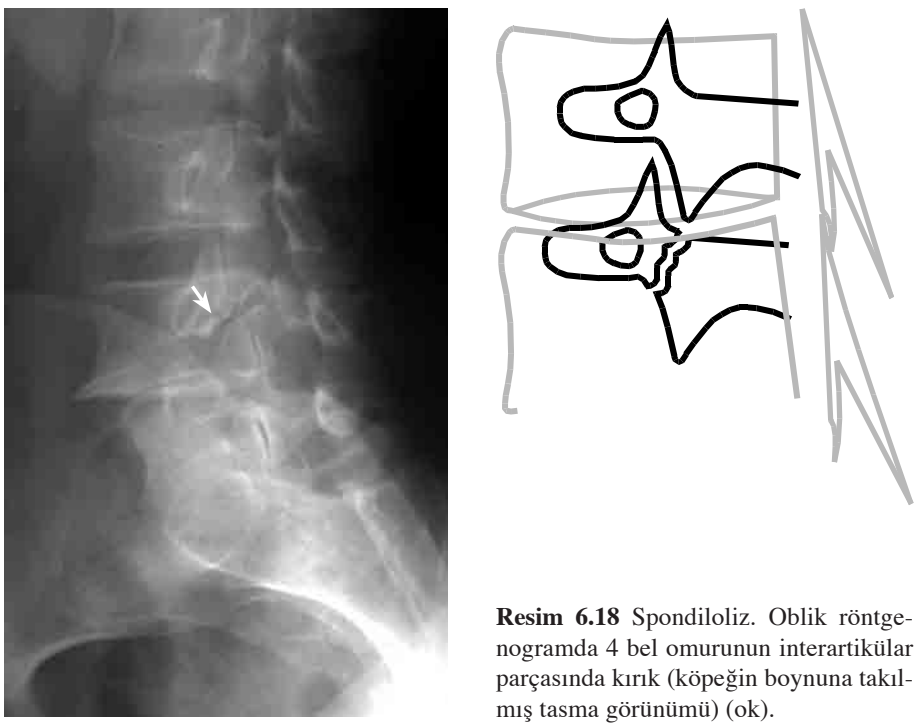
Hiperekstansiyon kırık-çıkığı, hiperekstansiyona neden olan travmada görülür. Fleksiyon travmalarında olduğu gibi vertebra korpusu öne doğru kayar. Anstabil kırıklardır. Faset eklem bölgesinde parçalı kırık vardır. Karşı taraf faset ekleminde subluksasyon görülür. Anterior longitudinal ligament yırtılmıştır. Posterior longitudinal ligament kısmen yırtıktır.

Omurganın fleksiyon hareketine bağlı omur gövdesinin kompresyon kırığına kama kırığı adı verilir. Omurga çoğu olguda stabildir. Vertebra korpusunun ön kesiminde, yandan kama şekli veren yükseklik kaybı görülür; ön korteks öne doğru kabarmıştır. Kırık, vertebra korpusunun ön-üst yüzeyindedir. Vertikal seyreden bir kırık hattının olmaması ve vertebra korpusunun arka korteksinin sağlam olması ile parçalanma kırığından ayrılır. Parçalanma ("burst") kırığı omurganın şiddetli vertikal darbeye maruz kalması ile omur gövdesinin patlama şeklinde parçalanmasıdır. Kırık paçalarına bağlı omurilik zedelenmesi sıktır. Kırık parçalarının omurilik ile ilişkisi BT ile araştırılır.

Emniyet kemeri kırıkları, emniyet kemeri üzerinden vücudun hipefleksiyonuna bağlıdır. Torakolomber bölgede, en sık üst omurlarda görülür. Vertebra horizontal bir kırık çizgisiyle bölünür. İntervertebral diskte horizontal yırtık vardır, ligamentler yırtılır. Hastaların yarısından çoğunda ince bağırsak ve kolon hasarı vardır. Chance kırığı bu grubun içerisindedir.

Spondiloliz ve spondilolistez: İnterartiküler parçanın kronik strese bağlı kırığıdır. En sık 4. ve 5. bel omurlarında görülür. İnterartiküler parça ayrılmıştır. İki taraflı spondilolizde, birlikte spondilolistez sık görülür. Kırık çizgisi oblik röntgenogramlarla araştırılır. Oblik röntgenogramlarda omurun parçalarının gölgeleri bir köpek (İskoç terrieri) görüntüsü oluşturur. Her iki tarafın yukarı ve aşağı uzanan artiküler çıkıntıları köpeğin kulak, kuyruk ve ayaklarını, pedinkülün korpusa bağlantısının karşıdan görünümü gözünü, transvers çıkıntısı da burnunu yapar. Kırık *köpeğin boynuna takılmış tasma* şeklinde görülür (Resim 6.18).

Spondilolistez ise iki taraflı spondilolize bağlı vertebra korpusunun öne doğru kaymasıdır. Vertebra korpusunun öne kaymasının miktarına göre derecelendirilir (Resim 6.19). Üst vertebra korpusunun alt vertebra korpusuna göre 1/4 öne kayması greyd I, ya-



Resim 6.18 Spondiloliz. Oblik röntgenogramda 4 bel omurunun interartikülar parçasında kırık (köpeğin boynuna takılmış tasma görünümü) (ok).



Resim 6.19 4. bel omurunda greyd II spondilolistezis.



Resim 6.20 Burun kemiği kırığı. Vertikal ve transvers seyirli kırık çizgileri görülüyor.

rısının kayması greyd II, 3/4'ünün kayması greyd III, tümünün kayması da greyd IV'tür.

Dejeneratif diske ve/veya dejeneratif apofizyel eklem değişikliklerine bağlı olarak gelişen öne doğru yer değiştirmelere *psödospondilolistez* adı verilir. Ayırıcı tanıda spinoz çıkıntının durumuna bakılır. Gerçek spondilolistezde geride kalan spinoz çıkıntı kayan vertebraya aittir; psödospondilolistezde ise kayan vertebranın altındaki vertebraya aittir.

Yüz kemikleri

En sık burun kemiği kırılır, bunu zigoma kırıkları ve diğer kırıklar izler. Yüz kırıklarını göstermek için Waters, Caldwell, yan yüz, Towne ve kafa tabanı projeksiyonları kullanılır. Burun kemiği kırıkları yan röntgenogramlarla araştırılır. Mandibuler kırıklarda oblik röntgenogramlara gereksinim olabilir.

Kırığın doğrudan bulguları, kemik korteksinin devamlılığının kesilmesi, kırık uçlarında üst üste binme veya açılmadır. Yumuşak doku şişliği, kemik yapılarda asimetri, sinüste sıvı seviyesi ve orbital amfizem de dolaylı bulgularıdır.

Doğrudan buruna gelen darbelerde burun kemiğinde vertikal ve transvers seyirli çizgi şeklinde izole kırıklar görülür (Resim 6.20). Nazofrontal sütür transvers kırıkla, nazosiliar oluk vertikal kırıkla karıştırılabilir. Şiddetli travmalarda diğer yüz kemiklerindeki kırıklarla birlikte nazal kemikte parçalı kırıklar görülebilir. Karmaşık kırıklar BT ile daha ayrıntılı gösterilir.

Orbita kırıkları, orbitanın basıncının ani artımına bağlı olarak orbita tabanında ve/veya daha az olarak iç duvarda görülür. *Patlama ("blow-out") kırığı* adı verilen bu tür kırıklar göz küresinin üzerine örneğin basketbol topunun çarpması veya yumrukla vurulması gibi ani bir güç uygulanması sonucu ortaya çıkar. Orbita tabanındaki kırık parçaları maksiller sinüs içerisine girer. Hematom nedeniyle maksiler sinüs opasifiyedir. Sinüsteki havanın geçmesine bağlı olarak orbital amfizem gelişir. Kırık en iyi Waters ve Caldwell projeksiyonlarında görülür. İnferior rektus kasının kırık kesiminde sıkışmasına bağlı olarak, yukarıya bakışta diplopi görülür. İnferior rektus kasının sıkışmasını araştırmak için BT veya MR yapılır. Frontal bölge travmalarında orbita tavanı içeriye doğru çöke-

bilir. Travmanın şekline uygun olarak farklı kesimlerde orbita kenar kırıkları görülebilir.

Zigoma kırıkları, en iyi zigoma arkusunun açık olarak görüldüğü kafa kaidesi röntgenogramları ile araştırılır. Arkusun ortasındaki temporozigomatik sütür kırıkla karıştırılmamalıdır. Daha karmaşık kırıklarda zigomatikofrontal sütür ayrılabilir; inferior orbital kenar ve maksiler kemiğin dış kenarı kırılabilir.

Doğrudan maksilla üzerine darbe gelmesi ile dentoalveoler kesimde kırıklar ve dişlerde dökülmeler görülür. Sagital kırıklar genellikle Le Fort kırıkları ile birliktedir. Le Fort kırıkları, trafik kazalarında olduğu gibi blok olarak yüze gelen sert darbeler sonucu yüz iskeletinin en zayıf yerlerinden geçen ve birden fazla kemikte devam eden kırıklardır. Üç tipi vardır; bütün tiplerinde sfenoidin piterogoid parçası kırılır ve yüzün bir bölümü, çevre bağlantılarının kopması nedeniyle yüzer hale gelir.

Le Fort tip I kırığı, maksiler kemikte transvers seyreden bir kırıktır. Kırık çizgisi, nazal septum, maksiler sinüs ve piterogoid kemikte devam eder; sonuçta sert damağın hiçbir kemik bağlantısı kalmaz ve yüzer hale gelir. Le Fort tip II kırığında ortada nazal kemikler seviyesinden başlayan kırık çizgisi iki tarafta orbita tabanını ve maksiler kemiğin frontal uzantılarını ve maksiler sinüsleri ve piterogoid kemiği geçer. Zigomatik arkus kırık çizgisinin dışında kalır. Sonuçta maksiler kemik yüzer hale gelir. Le Fort tip III kırığında kırık çizgisi yüzü kalvaryumdan ayırarak yüzer şekile getirir. Burun kemiğinden başlayan kırık çizgisi her iki tarafta orbitanın iç duvarındaki kemikleri, infraorbital fissürü, orbita dış duvarını, zigomatikofrontal sütürü geçer; aşağı doğru dönerek zigomatik arkusu geçtikten sonra piterogoid kemiği de geçip sonlanır.

Mandibula kırıkları, kırığın tipi darbenin yerine bağlıdır; %35'i mandibula gövdesinde, %35'i mandibula açısında, %20'si de subkondiler boyun kesiminde görülür. Kırıkların çoğu birden fazla yerde ve iki taraflıdır. İki taraflı kırıkların en sık görülen şekli, kırıkların bir tarafta mandibula gövdesinde diğer tarafta mandibula açısında veya subkondiler bölgede olmasıdır.

Omuz

Köprücük kemiği kırığı, çocuklarda sık görülür. En sık orta 1/3 kesiminde görülür; distal parça aşağı ve içe doğru yer değiştirir. Birlikte damar ve sinir yaralanmaları sıktır.

Kürek kemiği kırığı sık görülmez, trafik kazalarında veya üzerine düşmede olduğu gibi doğrudan travmalarda görülür. Darbenin yerine göre değişik şekillerde olabilir. Gelişme çağında kenarlarındaki kemikleşme merkezleri, kırıkla karıştırılmamalıdır.

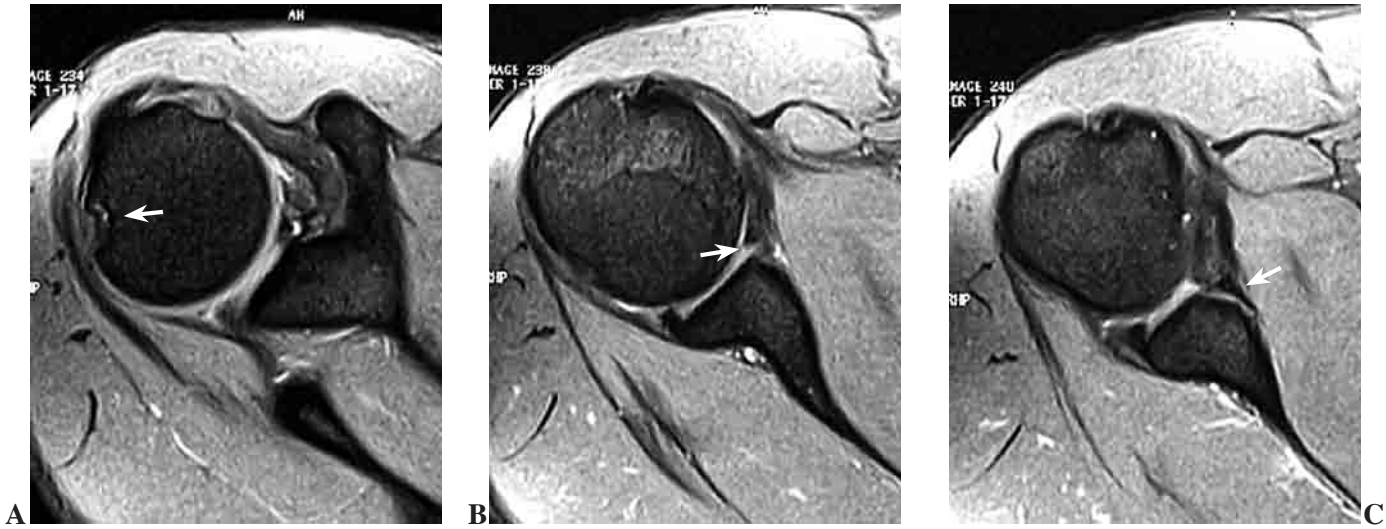
Kaburga kırıkları genellikle alt 10 kaburgada görülür. Travmanın yerine ve şekline göre değişen şekillerde olabilir. Genellikle aksiller çizgiler civarındadır. Bir bölgede birden fazla kaburga, arada uzun bir kırık segmenti bırakacak şekilde iki ayrı yerden kırılmışsa *yelken göğüs* ortaya çıkar. İlk iki kaburganın kırığı travmanın ciddi olduğunu gösterir ve genellikle ciddi mediyasten ve damar yaralanmaları ile birliktedir.

Glenohumeral eklem çıkığı: Glenoid fossa ile humerus başı arasındaki ilişkinin kendiliğinden düzelmeyecek şekilde bozulmasına dislokasyon, kendiliğinden düzelmesine ise subluksasyon adı verilir.

Öne dislokasyon, en sık (%95) görülen çıkık şeklidir. Humerus başı glenoidin altında ve mediyalindedir (Resim 6.21). Çıkık sonucu humerus başı glenoid fossanın altına vurur ve bu anormal ilişki her iki kemikte impaksiyon kırığı oluşturur. Humerus başının üst-dış-arka kesimindeki impaksiyona *Hill-Sachs lezyonu*, glenoidin alt-ön kesimindekine ise *Bankart lezyonu* adı verilir. Hill-Sachs lezyonu içe rotasyonda ön-arka radyografi ile, Bankart lezyonu BT/MR ile gösterilir (Resim 6.22).



Resim 6.21 Glenohumeral eklemde öne dislokasyon. Humerus başı öne ve mediyale yer değiştirmiş.



Resim 6.22 Glenohumeral eklemde öne dislokasyon. Aksiyal T2*AG. A. Humerus başı posterolateralinde Hill-Sachs kırığı (ok). B ve C. Bankart lezyonu. Anterior labral avulsiyon (ok) (B) ve anterior inferior glenoid rim kırığı (ok) (C).

Arkaya dislokasyon, omuz çıkıklarının %5'ini oluşturur. Epileptik nöbetlerde veya elektroşokta görülür. Humerus başı glenoidin üzerindedir. Olguların %15'inde humerus başının ön yüzünde kompresyon kırığı görülür. Kol internal rotasyonda fiksedir. Normalde ön-arka röntgenogramda skapulanın dış kenarıyla humerusun iç kenarından geçen yarım daire, dar ve keskin açılı hale gelir; öne çıkıklarda ise tersine genişler.

Aşağıya dislokasyona "Luxatio erecta" adı da verilir. Humerus başı glenoidin altındadır ve humerus şaftı aşırı abduksiyonda sabitlenmiştir. Diğer çıkıklara göre brakial pleksus ve damar yaralanmaları daha fazla görülür.

Yalancı dislokasyon, humerus baş ve boyun kırıklarında çıkık olmadığı halde, eklem içine kanama nedeniyle humerus başının dışa ve aşağıya doğru yer değiştirmesidir.

Akromioklaviküler seperasyon: Futbol maçlarında doğrudan travma ile, kolun şiddetli bir şekilde çekilmesi veya kol 90 derece fleksiyonda iken el üzerine düşülmesi ile ortaya çıkar. En iyi, tüpe 15 derece başa doğru eğim verilerek elde edilen ön-arka röntgenogramlarda gösterilir. Karşı omuz, karşılaştırma yapmak için röntgenograma dahil edilmelidir. Sınır olgularda, hastanın ellerine ağırlık verilerek radyografi tekrarlanırsa separasyon belirginleşerek açıkça görülür hale gelir.

Ön-arka röntgenogramlarda akromioklaviküler mesafe normalde 8 mm'yi, korakoklaviküler mesafe 13 mm'yi geçmemelidir. Klavikulanın alt kenarı normalde akromionun alt kenarı ile devam eder. Zorlamanın orta derecede olduğu olgularda sadece akromioklaviküler ligament yırtılır ve akromioklaviküler mesafe 8 mm'yi geçer, korakoklaviküler mesafe normaldir. Zorlama şiddetli ise korakoklaviküler ligamentte yırtılır ve korakoklaviküler aralık 13 mm'yi geçer.

Sternoklaviküler eklem yaralanmasında darbe doğrudan eklem üzerinedir. Çıkık genellikle öne doğrudur; arkaya çıkıklarda büyük damarlar ve trakea yaralanabilir. Klavikula yukarıya doğru yer değiştirir. BT ve BT reformasyon görüntüleri lezyonları daha iyi gösterir.

Üst ekstremite

Proksimal humerus kırıkları, osteoporotik yaşlı hastalarda görülür. Olguların %85'inde ayrılma görülmez. Kırık parçalarının birbirlerine göre durumunu temel alan bir sınıflandırma yapılır. Üç veya daha fazla kırık parçasının birbirinden ayrıldığı durumlarda genellikle açık redüksiyon yapılır. Humerus başında hematoma bağlı psödosubluksasyon ve subakromiyal bursada yağ-sıvı seviyesi görülebilir.

Distal humerus kırıkları, suprakondiler-ekstraartiküler, transkondiler-intraartiküler ve interkondiler (bikondiler)-intraartiküler şekillerde olabilir. Suprakondiler kırıklarda daha fazla olmak üzere Volkmann'ın iskemik kontraktürü görülebilir. Kübitus

varus deformitesiyle sonuçlanan kötü kaynama ("malunion") sıktır.

Radius başı kırıklarında kırık çizgisini görmek zor olabilir. *Yağ yastığı işaret*i tanıda yardımcıdır. Yan dirsek röntgenogramında normalde distal humerusun ön kesiminde ince bir yağ yoğunluğu mevcuttur. Radius başı kırıklarında bu yağ yastığı öne doğru belirginleşir ve simetriği olan arka yağ yastığı ortaya çıkar. Arkada normalde yağ yastığı görünümü olmadığı için arka yağ yastığı işaretinin duyarlılığı daha yüksektir. Ayrılma göstermeyen kırıklarda tedavi konservatiftir. Ayrılma 3 mm'den fazla ise açık redüksiyon ve internal fiksasyon yapılır. Parçalı radius başı kırıkları cerrahi olarak çıkarılır.

Olekranon kırıkları fleksiyondaki dirsek üzerine düşmekle ortaya çıkar. Ayrılma göstermiyorsa konservatif olarak tedavi edilir. En iyi yan röngtenogramda görülür. Koronoid çıkıntı kırıkları genellikle dirseğin geriye doğru çıkığı ile birliktedir.

Dirsek çıkıkları en sık geriye doğru olur. Radius ve ulna birlikte çıkar. Komplikasyon olarak miyozitis ossifikans gelişir. Tek başına radius ve ulna çıkıkları da görülebilir.

Ön kol kırıklarında olguların yaklaşık %60'ında radius ve ulna birlikte tutulur. Ulna şaftının kırığı ile birlikte radius başının çıkığına *Monteggia kırık-çıkığı*, distal radius şaft kırığı ile birlikte distal radioulnar çıkığa *Galeazzi kırık-çıkığı*, parçalı radius başı kırığı ile birlikte distal radioulnar subluksasyon veya çıkığına *Essex-Lopresti kırık-çıkığı* adı verilmiştir.

Colles kırığı, distal ön kolun en sık görülen kırığıdır. Ön kol ekstansiyon ve pronasyonda iken açık el üzerine düşmekle oluşur. Özellikle osteoporotik kadınlarda sık görülür. Distal radiusta ekstraartiküler kırık vardır. Kırık parçası dorsale doğru yer değiştirir ve açılanır (Resim 6.23). Kırık uçları iç içe geçmiştir (impaktedir); radiusun boyu kısalır. Birlikte, olguların yarısında ulnanın stiloid çıkıntısı da kırılır. Komplikasyon olarak median ve ulnar sinir hasarı oluşabilir, geç evrede postravmatik radiokarpal osteoartrit gelişir. Kırık parçası dorsale değil, öne doğru yer değiştirmişse *Smith kırığı* adı verilir.

Radiusun distal ucunun dorsal kenarının intraartiküler kırığına *Barton kırığı* denir. El bileğinin kırık parçası ile ilişkisi devam eder, radius öne doğru yer değiştirir. Bu kırık arkada değil ön kenarda olursa *ters Barton kırığı* adı verilir. Radiusun stiloid çıkıntısının *şoför kırığı* olarak da bilinen intraartiküler kırığına ise *Hutchinson kırığı* denir.

El bileği ve el

Normal el bileğinde, ulnanın alt yüzeyinden geçen horizontal çizgi ile radiusun stiloid çıkıntısından ona paralel çizilen çizgi arasında 9-12 mm'lik bir mesafe vardır. Ulna düzleminin daha aşağıda olması normal bir varyasyon olabilir, ancak bu mesafenin daralması her zaman anormaldir. Radiusun distal yüzeyinin ul-



Resim 6.23 Colles kırığı. A. El bileği ön-arka röntgenogramında radius distal kesiminde transvers kırık. B. Yan röntgenogramda, radius eklem yüzeyinin dorsale doğru açılandığı görülüyor.

naya doğru eğiminin normal değeri 15-25 derecedir. Radius yüzeyinin yan röntgenogramdaki eğimi öne doğru 10-25 derecedir.

Skafoid kırığı, el bileğinde en sık görülen kırıktır. Genç yetişkinlerde açık el üzerine düşmekle ortaya çıkar. Kırık çizgisi en sık skafoidin belinde (%70), daha sonra proksimal ucunda (%20), geriye kalanı da distal ucunda görülür. Kemiğin kanlanması distalden proksimale doğrudur. Bu nedenle sık görülen avasküler nekroz komplikasyonu proksimal parçayı tutar. Kırık çizgisini düz röntgenogramda görmek zor olabilir. Ulnar deviasyonla alınan arka-ön röntgenogramda kırık çizgisi daha iyi görülür. Kırık şüphesi devam ediyorsa BT, sintigrafi veya MR istenebilir veya bir hafta sonra tekrar radyografi yapılabilir.

Trikuetrum kırığı, radiokarpal ligamentin yapışma yerinde dorsale doğru avulsiyon kırığı şeklindedir. Elde sık görülen kırıklardandır (Resim 6.24).

El bileği çıkıkları, lunatumla çevre kemikler arasındaki bağların yırtılmasına göre stabilden anstabile kadar değişen bir yelpaze gösterir. Yan röntgenogramlarda lunatumun pozisyonuna göre değerlendirilir.

Başparmak metakarpının proksimal ucunda abduktor pollisis longus kası tendonunun yapıştığı yerin kopması ve dorsale ve radiyale doğru ayrılmasına *Bennett kırığı* adı verilir. Kırık parçasının karpal kemikle olan eklem ilişkisi devam eder. Kırık parçası çok parçalı ise *Rolando kırığı* adını alır. Her ikisi de intraartiküler kırıklardır.

V. metakarpın distal ucunun kırıklarına *boksör kırıkları* adı verilir. Ulnar kollateral ligamentin kopması ile birlikte olan, başparmağın proksimal falanksının proksimal tabanındaki kopma kırıklarına *kaleci* veya *kayakçı başparmağı* denir. Parmak ile metakarp arasındaki açı 30 dereceyi aşar.

Distal falanksların tabanlarında, dorsal yüzde, ekstansor tendonların yapışma yerinden kopması, distal interfalanjeal eklemde fleksiyon deformitesi oluşturur. Bu şekle *beyzbol parmağı* adı verilir. Birlikte kopma kırıkları olabilir.

Distal falanksın volar yüzünde, fleksor digitorum profundus tendonunun yapıştığı yerdeki kopma kırığında, distal interfalanjeal eklem fleksiyon yapamaz. Kırık parçası kasın kasılmasına bağlı olarak proksimal interfalanjeal ekleme doğru kayabilir.

Orta falanksın tabanının dorsal yüzündeki orta ekstansor tendonun kopması ile proksimal interfalanjeal eklemde fleksiyon, distal interfalanjeal eklemde ekstansiyon görülür. Parmağın bu şekildeki görünümü *düğmeci parmağı* olarak isimlendirilmiştir. Orta falanks tabanın volar yüzündeki kopma ile birlikte proksimal interfalanjeal eklemde hiperekstansiyon görülür.

Pelvis

Pelviste anterosüperior ve anteroinferior spina ilyakalarda, iskiyal tuberositlerde ve pubiste kasların yapışma yerlerinde kopma kırıkları sık görülür. İlyak kanadın dış kesimindeki vertikal seyreden kırığa *Duverney kırığı* adı verilir. İskiopubik kollarda, sakrumda kırıklar görülebilir. Tüm bu kırıklar stabil kırıklardır.

Anstabil pelvis kırıklarında pelvik halka çoğu zaman karşılıklı olan iki ayrı yerden kırılmıştır. Pelvik organ yaralanmaları ve kanama sık görülür. Kırık par-



Resim 6.24 Trikuetrum kırığı (oklar) A. T1AG, B Yağ baskılamalı T2AG. Trikuetrumun dorsal yüzeyindeki kırığa bağlı kemik iliği ödemi. T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görülüyor (oklar).

çalarının yer değiştirmelerini belirlemek için BT gerekir. Aynı tarafın sakroilyak eklemden veya yakınından geçen kırığı ile iskiopubik kol kırığına *Malgaigne kırığı* adı verilir; tutulan tarafta bacak kısalır. Bacaklar açık bir şekilde iken, duvar gibi bir yapının üzerine ata biner gibi düşmekle her iki tarafta obturator halka kırılır. Bir taraftaki sakroilyak eklem kırığına eşlik eden karşı tarafın iskiopubik kol kırığına *kova sapı kırığı* adı verilir. Anstabil kırıklarla birlikte kanama sık görülür.

Asetabulum kırıkları, ön veya arka kolon kırıkları şeklinde veya transvers veya parçalı şekillerde görülebilir.

Sakral fraktürler doğrudan travmayla ortaya çıkar. Sakroilyak eklem çevresinde stres fraktürleri de görülebilir.

Maratoncularda, uzun mesafe kayakcılarında veya ağır atletik aktivasyon gösterenlerde simfizis pubiste kronik strese bağlı dejeneratif değişiklikler veya osteoartrit gelişir. Eklem mesafesi daralır, subkondral skleroz ve osteofitler gelişir. Diğer eklemlerde görülen osteoartritten farklı olarak simfizis pubiste erozyon gelişebilir. Simfizis pubiste olduğu gibi temporomandibuler eklem, akromioklaviküler eklem ve sakroilyak eklemin dejeneratif eklem tutulumunda da erozyon görülebilir.

Kalça eklemi çıkığı olguların %90'ında geriye doğrudur. Femur başı asetabulumun dışında ve üstündedir. Asetabulumun posterior kenarı genellikle kırıktır. Olguların %10'unda siyatik sinir hasarı vardır. Öne çıkıkta femur başı obturator, pubik veya ilyak bölgeye gelir. İçe çıkıklarda ise femur başı asetabulumu kırarak pelvik kavite içerisine girer.

Alt ekstremite

Proksimal femur kırıkları eklem içi ve dışı olmak üzere iki gruba ayrılır. Eklem içindeki kırıklar subkapital ve transservikal olarak ayrılır. En sık subkapital kırıklar görülür. Ekstrakapsüler kırıkları intertrokanterik ve subtrokanterik kırıklardır. Femur boynu kırıkları en sık osteoporotik yaşlılarda görülür. Subkapital kırıkların %10-30'unda avasküler nekroz gelişir. Distalde, suprakondiler seviyedeki kırıklar ise impakte ve parçalı olabilir. Kondiler ve interkondiler değişik şekillerde kırıklar da görülür.

Osteokondral lezyonlar, kronik travmaya bağlı osteokondral kırıklardır. *Osteokondiritis dissekans* adı da verilir (Resim 6.25). Çocuklarda ve genç yetişkinlerde görülür. Artiküler yüzeydeki bir kıkırdak parçası



Resim 6.25 Mediyal femoral kondilin lateral yüzeyinde osteokondiritis dissekans (ok). Koronal T1AG.

altındaki kemik parçası ile birlikte kemikten kısmen veya tamamen ayrılır. Olguların %75'i mediyal femoral kondilin lateralinde, %10'u mediyalinde, %15'i de dış kondilin lateral yüzünde görülür. En erken radyografik bulgusu eklem içinde sıvıdır. Kemikten ayrıldığı yerde radyolusent bir çizgi görülür. Kopup düşerse, yerinde çevresi skleroze bir defekt kalır ve parça eklem içinde serbest cisim (*eklem faresi*) haline geçer.

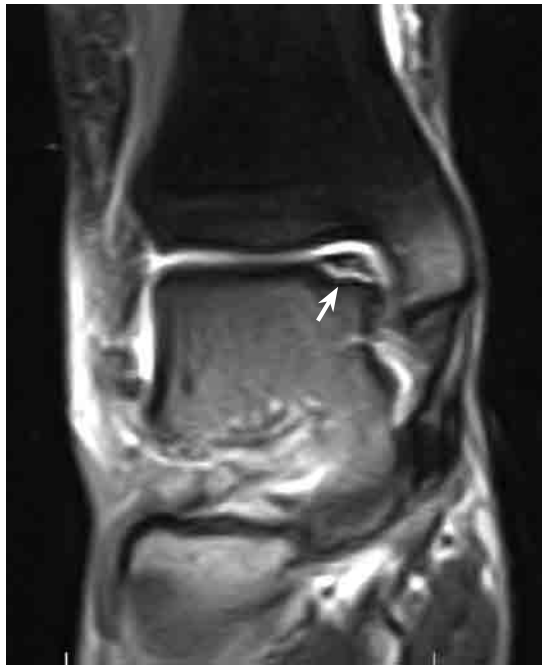
Patella kırıkları, vertikal, transvers, parçalı veya kopma kırıkları şeklindedir. Anatomik bir varyasyon olan multipart patelladan ayırımı önemlidir. Multipart patellada parçalar patellanın üst-dış kesimindedir, parçalar birbirine kırıktaki gibi uymaz ve kenarları korteksle çevrelenmiştir. Patellanın iç yüzünde osteokondral kırıklar görülebilir.

Proksimal tibia kırıkları en sık (%80) dış platoda görülür. Olguların %10'u iç platodadır, geriye kalan olgularda iki plato birden kırılır. Kırık ya kopma ya çökme ya da hem kopma hem çökme kırığı şeklindedir. Birlikte fibula başı da kırılabilir. Her iki kondilin birlikte kırıldığı durumlarda dıştaki kırık daha şiddetlidir. Kırığın boyutu ve çevre ilişkisi düz röntgenogramlarda görülemeyebilir, BT ile ayrıntılı gösterilir. Çevre yumuşak dokudaki hasar MR ile incelenir. Malunion ve ikincil osteoartrit sık görülen komplikasyonlardır.

Segond kırığı lateral tibial platoda kapsül yapışma yerinde küçük kopma kırığına verilen isimdir



Resim 6.26 Segond kırığı. Ön-arka röntgenogramda, proksimal tibianın lateral kenarından kopmuş küçük kemik parçası (ok).



Resim 6.27 Talusta osteokondiritis dissekans (ok). Yağ baskılamalı koronal T2AG.

(Resim 6.26). Birlikte hemen daima ön çapraz bağ yırtığı vardır; dış menisküs yırtığı da sık görülür.

Tibianın stres kırığı koşucularda görülür. Proksimal tibianın posteromediyal kesiminde sklerotik bir zon ve komşuluğunda periost reaksiyonu vardır.

Tibianın distal ucundaki kırıklar eklem yüzüne kadar uzanabilir. Genellikle yüksekten atlayanlarda görülür, supramalleoler kırıklardır, parçalı olabilirler. Tibianın distalinde yetmezlik kırıkları da görülübelir.

Ayak bileği kırıkları malleol kırıklarıdır. Birlikte ayak bileğinin bağları da yırtılır. Değişik sınıflamalar yapılmıştır. En sık kullanılanı Weber sınıflamasıdır. Bu sınıflama tibiofibuler sindesmozla kırıkların seviyesi arasındaki ilişkiye dayanır.

Ayak

Kalkaneal kırıkların en sık nedeni yüksekten düşmedir. Kalkaneusun üst kenarında birbiri ile açılı iki düzlem arasındaki açıya Boehler açısı denir. Normal değeri 20-40 derece olan bu açı kalkaneal kırıklarda 20 derecenin altına düşer. Bununla birlikte bu açının normal olması kırık olasılığını dışlamaz. Birlikte vertebralarda kırıklar görülebilir. Kalkaneusun arka kesiminde vertikal seyreden kırık çizgisi genellikle koşucularda, diyabetiklerde ve yaşlı hastalarda görülen stres kırığıdır.

Talus yüzeyinin %60'ını eklem kıkırdağı kaplar. Talus kubbesinde osteokondral fraktürler ve osteokondritis dissekans görülür (Resim 6.27). Talus boynu kırıklarında avasküler nekroz gelişebilir.

Tarsometatarsal dislokasyona *Lisfranc fraktür-dislokasyon* adı da verilir. Bu kırıklarda metatarsal blok tarsal kesimden ayrılır. İki şekli vardır; homolateral dislokasyonda tüm metatarsal blok dışa kaymıştır, diverjan tipinde ise I. metatars içe, II-V. metatarslar dışa doğru yer değiştirir. Birlikte metatarsların proksimal uçlarında ve küneiform ve naviküler kemiklerde kırıklar vardır. Yüksekten düşmelerde görülür.

Jones kırığı, V. metatarsın proksimal ucunda, peroneus brevis tendonunun yapışma yerindeki transvers kırığa verilen isimdir. Kırık, çocuklarda bu seviyede görülen fiz çizgisi ile karıştırılmamalıdır. Fiz çizgisi oblik seyirlidir, kırık genellikle transvers seyreder. Gerçek Jones fraktürü metatars tabanından yaklaşık 2.5 cm distaldedir ve daha proksimaldeki kopma kırıklarından daha geç iyileşir. Genellikle dansederken ayağın içe doğru dönmesi sonucu gelişir.

DİSPLAZİLER

Displazi, iskelet sisteminin konjenital orijinli bir grup hastalığına verilen isimdir. Büyük çoğunluğu herediterdir. Büyük bölümünde etyoloji bilinmez. Tek kemi-

ği tutan malformasyonlar dizostozis olarak isimlendirilir. Distrofi sözcüğü terkedilmiştir. Topografik olarak başlıca tuttukları kemik kesimine göre epifizyal, metafizyal ve diyafizyal displaziler olarak sınıflandırılır. Koromozomal displaziler de vardır. Burada displaziler başlığı altında bir sınıflandırma yapmadan, en sık görülen örnekleri kısaca incelemeye çalışacağız.

Mukopolisakkaridozlar

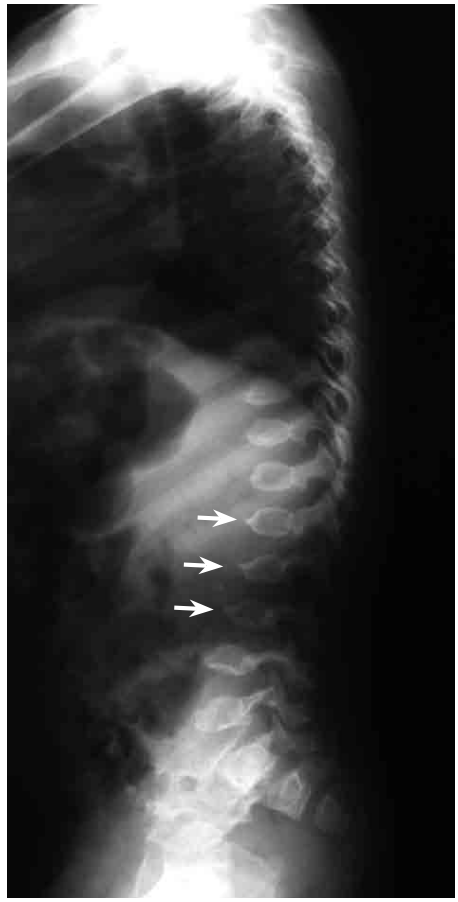
Mukopolisakkaridlerin dokularda aşırı miktarda birikmesine bağlı herediter bir grup hastalıktır. Yalnız epifizler değil kemiğin her tarafı tutulur. İdrarla asit mukopolisakkarid atımı artmıştır. Mukopolisakkaridozlar, hastalığın başlangıcına, zeka durumuna, korneal bulutlanmaya, diğer somatik bozukluklara, idrarda atılan mukopolisakkaridin türüne ve iskelet sistemindeki değişikliklerin derecesine göre tiplere ayrılır. Bu gruptaki kemik değişiklikleri genel olarak *dizostozis multipleks* adı ile de anılır. Mukopolisakkaridozların sayılarla belirtilen sekiz ana tipi vardır. Bazı tipleri birden fazla alt gruba ayrılmıştır. Eski sınıflandırmada hastalığın tipleri tanımlayan araştırıcıların adı ile anılmaktadır. Yeni sınıflandırmada tiplere numara verilmişse de günümüzde eski isimlendirme alışkanlığı devam etmektedir.

Hurler sendromu mukopolisakkaridozların prototipidir. Anormal yüz, mental gerilik ve korneal opasiteler nedeniyle Hurler sendromunu tanımak kolaydır. İskeletin röntgen görünümü oldukça tipiktir. İskelet değişiklikleri genellikle ikinci yıldan sonra belirgin hale gelir. Kafa normalden geniştir ve kafa kemiklerinin yoğunluğu artmıştır. Sagital sütürde daha belirgin olmak üzere sütürlerde erken kapanma görülür. Anterior fontanel geniştir ve geç kapanır. Bu bulgular hidrosefaliye bağlı değildir. Bununla birlikte birkaç olguda meninkslerdeki mukopolisakkarid birikimine bağlı olarak hidrosefali gelişebilir. Bazı olgularda serebral atrofi sonucu ventriküller dilate görünümdedir. Sella tursika olguların bir bölümünde anormal şekillidir; derinleşmiş veya uzamış ve J şeklini almış olabilir. Mandibula genişlemiştir; dişler küçüktür ve aralıklı olarak yerleşmiştir. Dişlerin gelişimi yetersizdir. Kostaların arka kesimi dardır, öne doğru gittikçe genişler ve ön uçları yukarı doğru döner. Görünüm *palmiye yapraklarına* veya *tırpan bıçağına* benzer (Resim 6.28).

Omurda torako-lomber bölgeye lokalize kifoz vardır. Birinci ve/veya ikinci lomber vertebranın korpusu deformedir. Deforme vertebraların ön-üst kesimlerinde gelişim defekti vardır; ön-alt uçları çengel şeklinde öne doğru çıkıntı yapar (Resim 6.29). Pelvisin



Resim 6.28 Hurler sendromu. Kostalarda palmiye yaprağı görünümü, humeruslarda yetersiz tubülasyon ve humerus başında vara dekontesi.



Resim 6.29 Hurler sendromu. Omurga gövdelerinin ön-üst kesimlerinde gelişme defekti, ön-alt uçlarında çengel şeklinde çıkıntılar (oklar).



Resim 6.30 Hurler sendromu. Asetabulumlar sığ görünümde, pelvis boşluğu dar ve uzun (şarap kadehi görünümü), koksa valga deformitesi.



Resim 6.32 Hurler sendromu. Metakarpların proksimal, falanksların distal uçlarında sivrileşme; pençe eli görünümü.

şekli genellikle karakteristiktir. Asetabulumlar sığ görünümdedir. Asetabular açı artmıştır. Asetabular ve ilyak açılar eşit değerdedir ve düz bir çizgi şeklinde görülürler. Asetabular kesimde pelvis dardır; ilyak kanatlar göreceli olarak genişlemiştir. Pelvis boşluğu dar ve uzun görülür. Bu görünüm *şarap kadehine* benzetilmişir (Resim 6.30).

Femur ve humerusun epifizleri deformedir. Femur boynu açısı artmıştır; koksa valga deformitesi görülür. Humerus boynunda tersine vara deformitesi mevcuttur; hastalar kollarını 90 dereceden yukarı kaldıramazlar. Uzun kemiklerde tubülasyon yetersizliği vardır (Resim 6.31). Buna bağlı olarak kemik şaftları



Resim 6.31 Hurler sendromu. Uzun kemiklerde tubülasyon yetersizliği ve humerus boynunda vara deformitesi.

dikdörtgen görünümündedir, korteksleri incelmiştir. Metafizler sıklıkla kemiklerin uzun akslarına oblik olarak yerleşir. Radius ve unlanın alt uçlarında metafizler birbirlerine doğru eğiktir. Metakarpların proksimal, falanksların distal uçlarında görülen sivrileşme ele *pençe görünümü* verir (Resim 6.32). Kemiklerde büyüme ve olgunlaşma yavaşlamıştır. Karpal ve tarsal kemiklerde düzensizlik, epifizyal osifikasyonlarda gecikme görülür.

Yukarıda tanımlanan röntgen bulguları genellikle daha az belirgin olmak üzere mukopolisakkaridozların diğer tiplerinde de görülür. X'e bağlı resesif geçen Hunter sendromunda dorsolomber kifoz görülmez; kalçada erken osteoartrit gelişir. Sanflippo sendromunda mental gerilik şiddetlidir. Röntgen bulguları daha az belirgindir; kalvariyum kemikleri kalınlaşmıştır, vertebra korpuslarında üniform bir şekilde ovoid görünüm izlenir, kifoz görülmez. Scheie sendromunda lumbosakral bölgede spondilolistez görülür; vertebra korpusları deformedir, el eklemlerinde sklerotik değişiklikler izlenir.

Morquio hastalığında iskelet değişiklikleri tanı koyduracak özellikler taşır. Vertebra korpuslarında yassılaşma (platispondili) görülür. Korpusların önorta kesimlerinde dil şeklinde çıkıntı vardır (Resim 6.33). Odontoid çıkıntı küçük veya yoktur (Resim 6.34). Iliyak kemikler kare şeklindedir. Iliyak krest kalınlaşmıştır. Asetabulumlar derin ve düzensizdir (Resim 6.35). Pelvis boşluğu daralmış ve yüksekliği artmıştır. Epifizler, karpal ve tarsal kemikler bir çok merkezden düzensiz bir şekilde osifiye olurlar. Bu gö-



Resim 6.33 Morquio hastalığı. Omurga gövdelerinde yassılaşma ve korpusların ön-orta kesimlerinde dil şeklinde çıkıntılar (oklar).



Resim 6.34 Morquio hastalığı. Servikal yan röntgenogramda odontoid hipoplazisi ve omurga gövdelerinde yassılaşma.



Resim 6.35 Morquio hastalığı. Pelvis ön-arka röntgenogramda iliyak kemiklerde, asetabulum seviyesinde daralma, asetabulumlarda derinleşme ve düzensizlik, femur başı ossifikasyon merkezlerinde düzensizlik, femur boynunda genişleme ve koksa valga deformitesi.

rünüm femur başlarında belirgindir. Femur başları küçük ve deformedir. Sıklıkla lateral luksasyon ve koksa valga deformitesi ile birliktedir. Büyüme belirgin şekilde bozulmuştur. Yaygın platispondili ve torasik kifoz nedeni ile oluşan cücelik kısa gövde tipi olmaya yatkındır. Ekstremite kemikleri normalden daha kısadır. Düzensiz metafizler, kemiklerin uzun akslarına oblik yerleşir ve ilerleyici deformitelere neden olurlar (Resim 6.36).



Resim 6.36 Morquio hastalığı. Radius ve ulna distal kesiminde metafizlerde düzensizlik ve fiz çizgisinin kemik uzun aksına oblik yerleşimi nedeniyle karpal açıda azalma.

Anormal mukopolisakkaridler, mukopolisakkaridozlar dışında Marfan sendromu, diyafizyel aklazi, tırnak-patella sendromu gibi iskelet displazilerinde de bulunabilir.

Akondroplazi

En sık görülen iskelet displazisidir. Klinik olarak kolayca tanınabilen kısa ekstremite tipi cücelik oluşturur. Ekstremite kısalığı rizomelik tiptedir. Enkondral kemikleşme bozulmuştur, intramembranöz kemikleşme normaldir. Uzun kemiklerde enkondral kemikleşmeyle gerçekleşen uzunluğuna büyüme bozulur. Periosteal enine büyüme devam eder. Buna bağlı olarak uzun kemikler kısa ve kalındır (Resim 6.37). Enkondral kemikleşme en çok metafizin merkezinde duraklar, çevresinde periosteal yeni kemik oluşumu devam eder. Buna bağlı olarak metafizler koni şeklini alır ve epifizler bu koninin ortasına yerleşir. Röntgenogramlarda metafizler "V" şeklindedir ve epifizler bu deformiteye uyar. Epifizler göreceli olarak az etkilenir. Dizin osifikasyon merkezleri doğumdan sonra ortaya çıkar. Bununla birlikte akondroplazili çocuklarda iskelet yaşı genellikle normaldir.

Kafanın şekli karakteristiktir. Kafa tabanı dar, kalvaryum geniştir. Bu görünüm kafa tabanındaki kemiklerin enkondral, kalvaryum kemiklerinin intramembranöz tip kemikleşmelerine bağlıdır. Kafa kaidesinin özellikle orta kesimi kısalmıştır. Klivus dik, foramen magnum küçüktür. Bazal açı 85-120° arasında olmak üzere küçülmüştür. Bu bulgular BOS dolanımında obstrüksiyona ve gerçek hidrosefaliye neden olabilir. Obstrüksiyon olmadan da bazı olgularda ventriküler dilatasyon izlenebilir. Foramen magnumun küçük olması medülla spinalise basıya neden olabilir.

Spinal kanalın boyutunda ve biçiminde değişiklikler görülür. Medüller kanal pedinküllerdeki defektif büyümeye bağlı olarak her yönden daralır. Bu darlık özellikle lomber bölgede belirgindir ve küçük dejeneratif değişikliklerin eklenmesiyle omurilikte ve sinir köklerinde sıkışmaya yol açar. Normalde interpediküler aralık yukarıdan aşağıya doğru düzenli bir şekilde genişler. Akondroplazik hastalarda ise tersine bu mesafenin aşağı doğru gittikçe daraldığı izlenir (Resim 6.38). Bazı olgularda, 12. torasik ve 1.-2. lomber vertebraların ön uçlarındaki santral gagalaşma ile birlikte torakolomber kifoz görülür. Bu tutulum Hurler sendromu ve hipotiroidizmdekilere benzer.



Resim 6.37 Akondroplazi. Tubüler kemiklerde kalınlaşma ve kısalık.



Resim 6.38 Akondroplazi. Torakolomber bölgenin ön-arka röntgenogramında, interpediküler mesafenin kaudale doğru gittikçe daraldığı görülüyor.



Resim 6.39 Akondroplazi. Iliyak kanatlarda kareleşme, asetabular tavan horizontal pelvis boşluğunda yassılaşma (şampanya kadehi görünümü).



Resim 6.40 Tanatoforik displazi. Femurlarda telefon ahizesi görünümü ve vertebra korpuslarında yassılaşma (platispondili).

Akondroplazi bulgularının hepsi hayatın birinci yılında belirgin değildir. Bu erken dönemde akon droplazi tanısı daima anormal olan pelvisin görünümü ile konabilir. Asetabular kartilajın kenarında iliumun büyümesi durur. Sonuçta ilyak kanatların asetabulum tarafındaki sapı gelişmez. Buna bağlı olarak, normalde geniş olarak görülen sakrosiyatik girinti dar bir yarık şeklini alır. Sakrum iliumla aşağı pozisyonda eklem yapar ve horizontal bir pozisyon alır; lomber lordoz belirginleşir. Asetabulumun tavanı düzdür; asetabular açı sıfıra yaklaşır. İliumun kanadı *kare şeklini* alır (Resim 6.39). Pelvis boşluğu yukarıdan aşağı doğru basılarak yassılaşır. Bu görünüm mukopolisakkaridozlardaki pelvisin tam tersidir ve *şampanya kadehine* benzetilir. Disk mesafeleri artmıştır. Normalde disk aralıklarının vertebra korpusuna oranı 0.33 iken akondroplazide bu değer bire yaklaşır.

İskelet bulgularının değişik şiddet ve şekilde görüldüğü, akondroplazi ile ilgili olduğuna inanılan birçok klinik tip vardır. Hipokondroplazi denilen tipte hastalık geç yaşta ortaya çıkar; cücelik ve radyolojik bulgular belirgin değildir. Akondrogenezis ve tanatoforik displazi ise genellikle akondrogenezisin şiddetli formu olarak kabul edilir. Olgularda belirgin ekstremite ve kosta kısalığı vardır. Tanatoforik displazide femurlar *telefon ahizesine* benzer şekilde üst ve alt uçlarından kıvrılmışlardır (Resim 6.40). Vertebra korpuslarında üniform bir yassılaşma görülür. Akondrogenezisde vertebralar ossifiye olmaz (Resim 6.41). Bu olgularda tanı genellikle intrauterin evrede konur ve canlı doğabilenler hayatın ilk haftasında ölürler.

Osteogenezis imperfekta

En sık görülen iskelet displazilerinden birisidir. Hastalık kemiğin matris yapımının yetersiz olmasına bağlıdır ve olay doğumsal nedenli bir osteopenidir. Buna bağlı olarak kemiklerde belirgin radyolusensi artımı görülür. Kemikte trabeküler yapı bozulmuştur, korteks normalden incedir. Aşırı tübülasyona bağlı olarak uzun kemiklerin şaftları normalden daha dardır. Eklemler ligament ve kapsül gevşekliğine bağlı olarak hipermobildir. Radius başında daha sık olmak üzere dislokasyonlar görülebilir. Bu özellikler anormalliğin sadece iskelet sistemiyle değil, bağ dokusuyla da ilgili olduğunu gösterir. Kemik yapımında bir bozukluk olmadığı fraktürlerin iyileşmesinden anlaşılmaktadır. Bazen kallus formasyonu o kadar belirgin olur ki malign tümör varlığından şüphe edilir.



Resim 6.41 Akondrogenezis. Vertebraların ossifiye olmadığı görülüyor.

Radyolojik bulgular hastalığın şiddetine göre değişir. Çok hafif şekillerinde kemiklerde radyolusensi artımı ve kırığa yatkınlık dışında bir bulgu yoktur. Şiddetli şekillerinde ise belirgin deformiteler oluşur. Böyle olgulardan bazıları doğumdan önce saptanabilir.

Şiddetli tutulumda bulgular tipiktir ve kolay tanınır. Uzun kemiklerde çok sayıda kırık kemiklerin *akordiyon* gibi kısalmasına neden olur (Resim 6.42). Kifoz, skolyoz ve asetabular protrüzyon görülebilir. Vertebra korpusları osteoporozda olduğu gibi bikonkav görünüm alır. Kafa kemiklerindeki yumuşama baziler invajinasyona neden olur. Ayrıca kalvaryum, kafa kaidesi üzerinde yanlardan aşağı doğru iner. Bu görünüm İskoçların giydiği bir tür bereye *("tam o'shanter")* benzetilmiştir. Kafada birden çok sayıda Wormian kemik (sütüral kemik) vardır. Yüz kemikleri göreceli olarak küçük ve hipoplaziktir; buna bağlı olarak kafa tersine dönmüş bir üçgen şeklindedir. Dişlerin pulpa kanalları yoktur; lamina dura kaybolabilir.

Hastalığın hafif şekilleri geç tanınır. Birden fazla sayıda ve tekrarlayan kırıklar görülür. Küçük bir travma ile kırık oluşan her olguda osteogenezis imperfekta düşünülmelidir. Kırıkların yerleri ve sıklığı olgudan olguya değişir. Aşırı tubülasyon gösteren uzun kemikler üzerlerine binen stresler nedeniyle eğilirler (Resim 6.43).

Osteogenezis imperfektanın ayırıcı tanısı genellikle zor değildir. Şiddetli olgulardaki kısa ekstremiteler



Resim 6.42 Osteogenezis imperfekta. Uzun kemiklerde belirgin radyolusensi artımı ve kırıklara bağlı deformasyonlar.



Resim 6.43 Osteogenezis imperfekta. Kemiklerde yaygın radyolusensi artımı, uzun kemiklerde aşırı tubülasyon ve eğilmeler.

akondroplaziye benzer, fakat kemiklerdeki radyolusensi artımı ve kırıklarla ayırıcı tanı yapılabilir. Kraniyal görünüm kleidokraniyal dizostozise ve piknodizostozise çok benzer. İskeletin diğer kesimlerindeki değişikliklerle ayırıcı tanı yapılabilir. Osteogenezis imperfektalı olguların başat bulgusu olan mavi sklera, ayırıcı tanıda önemli olan bir klinik bulgudur.

Osteopetrozis

Bu hastalık karakteristik radyolojik görünümleri nedeniyle kolayca tanınır. Hastalığın genetik olarak farklı iki şekli vardır. Dominant geçişli olan şekli adolesanda, hatta genç yetişkin evresinde görülür. Kırığa yatkınlık dışında çok az semptomu vardır. Diğer şekli resessif olarak geçer. Doğumdan hemen sonra belirgin semptomları vardır ve ilerleyici anemi, hidrosefali, kranial sinir tutulması ve enfeksiyonlara meyil nedeniyle prognozu kötüdür.



Resim 6.44 Osteopetrozis. Çocuk hastada yaygın osteoskleroz, hafif metafizyal genişleme ve opak ve lusent transvers çizgilenmeler.



Resim 6.45 Osteopetrozis, geç tipi (Albers-Schönberg hastalığı). Asemptomatik 23 yaşında kadın hastada, diş çekimi sonrası gelişen osteomyelit nedeniyle yapılan incelemede tesadüfen saptanan, uzun kemik metafizlerinde genişleme ve ve dens transvers lusent çizgilenmeler.

Her iki şekilde de röntgenogramlarda iskelette morfolojik bir değişiklik olmadan difüz yoğunluk artımı izlenir. Kemikler şekillerini korur. Normal korteks ve medülla ayırımı kaybolabilir. Kemik tümüyle dens görünüm alır (Resim 6.44). Belirgin olguların bazılarında kemiklerde lokal yoğunluk farklılıkları izlenebilir. Bu farklılıklar kemiklerde transvers çizgilenmeler veya *kemik içinde kemik görünümü* şeklindedir (Resim 6.45). Bu görünümler farklı zamanlardaki kemik oluşum hızındaki farklılıklara bağlıdır. Metafizler bazı olgularda raşitizme benzer değişiklik gösterirler. Bu değişikliklerin nedeni bilinmez. Olgularda raşitizmin sık görüldüğü düşünülmektedir. Kemiklerin kırılabilirlikleri artmıştır, ama iyileşme hızlı olur. Dişler anormaldir, kökleri küçük ve gelişmemiştir, pulpa kaviteleri yoktur. Lamina duranın kalınlığı artar. Ancak, bu bulguyu kemiğin tüm kesimlerindeki yoğunluk artımı nedeniyle seçmek mümkün değildir. Osteomiyelit sık görülür.

Piknodizostozis

Sık görülen bir hastalık değildir. Osteopetrozis ve kleidokraniyal dizostozisin bir karışımı şeklindedir.

Kemiklerin yoğunluğu artmıştır. Hastada kısa ekstremite tipi cücelik vardır. Sütürler geniştir ve çok sayıda Wormian kemiği görülür. Çenede hipoplazi ile birlikte mandibuler açı artar ve mandibuler fraktür sıktır. Atlas ve aksis arasında ve lumbosakral bölgede daha sık görülen vertebral füzyon vardır. Dişler anormal şekildedir. Süt dişleri kalıcı olmaya meyillidir. El kemikleri, özellikle distal falankslar anormaldir; distaldeki taftlar yoktur, falanks gittikçe kısalır ve incelir (*akroosteolizis*).

Progressif diyafizyal displazi (Camurati-Engelmann hastalığı)

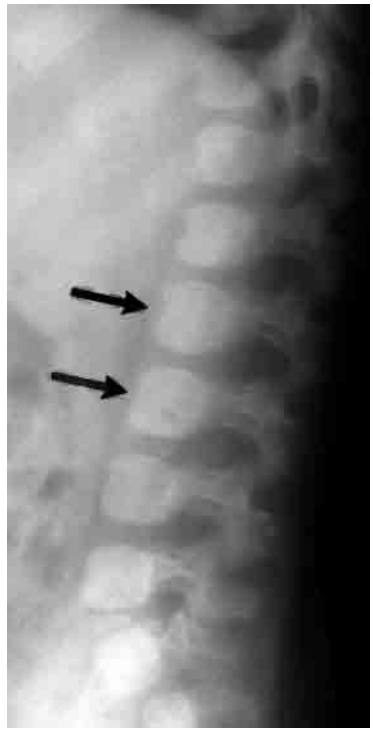
Sıklıkla familyal olan bu displazide radyolojik görünüm oldukça tipiktir. Erken çocukluk döneminde görülür. Kemiklerin diyafizlerinde silindirik veya fuziform ekspansiyon vardır. Bu görünüm endosteal ve periosteal yüzlerden korteksin ilerleyici kalınlaşmasına bağlıdır. Tutulan kemikler simetriktir. Kalınlaşma normal metafiz ve epifizlerden keskin bir sınırla ayrılır. Daha sonra kemik değişiklikleri metafizlere doğru yayılır ve tüm kemiği tutar. Periosteal kalınlaşma önce laminalıdır; daha sonra laminalı yapısı kaybolur. Korteks ve medülla arasındaki ayırım bulanıklaşır. Kortikal kemik düzensiz bir şekilde spongioz kemiğe değişir. Bu alanlar özellikle nutriyen arterin girdiği kesimlerin çevresinde düşük yoğunluk bölgeleri şeklindedir. Hastalığın ilerleyici yapısı önemli bir özelliktir. Organizmadaki her kemik tutulabilir. Ekstremiteler ve omur hastalığın geç evrelerinde tutulmaya yatkındır. Kafa ve yüz kemiklerinde belirgin kalınlaşma ve yoğunluk artımı vardır. Buna bağlı olarak yüzde *leontiyazis ossea* tipi bir deformasyon ortaya çıkar, sağırlık ve optik atrofi gelişebilir.

Mongolismus (Trizomi 21-22, Down sendromu)

21-22. grupta bir fazla kromozom bulunması ile karakterize bir kromozomal displazidir. İleri yaşlarda tanınması kolaydır. Erken yaşlarda klinik bulguları belirgin değildir.

Down sendromunda bulgular çok çeşitlidir. Kafa brakisefaliktir. Burun kemiği hipoplaziktir. Frontal sinüsler gelişmemiştir. Hipotelorizm ve olguların bir bölümünde internal şaşılık vardır.

Vertebra korpuslarının yükseklikleri, ön-arka boyutundan fazladır ve ön kenarları konkavdır (Resim 6.46). Olguların çoğunda manibrium sternide birden fazla osifikasyon merkezi görülür. Elde beşinci parmağın orta falanksı hipoplaziktir.



Resim 6.46 Mongolismus. Vertebra korpusu yüksekliklerinde artış ve ön kenarlarında konkav görünüm (oklar).

Mongollarda pelvisin görünümü tipiktir. Iliyak kanatlar genişlemiş ve *fil kulağı pelvis* şeklini almıştır. Asetabular ve ilyak açılar azalmıştır (Resim 6.47). İki taraf ilyak ve asetabular açıların toplamının ikiye bölümüne *ilyak indeks* adı verilir. Bir yenidoğanda ilyak indeksin 60 derecenin altında olması mongolizm için çok anlamlıdır. Iliyak indeks 78 derecenin üzerinde ise çocuk %95'ten fazla olasılıkla mongol değildir.



Resim 6.47 Mongolismus. Asetabular ve iliyak açılarda azalma, iliyak kanatlarda genişleme (fil kulağı pelvis görünümü).

Turner sendromu

Bu displazide cinsiyet kromozomu XO şeklindedir. Gonadlar gelişmemiştir. Kısa ve perdeli boyunla birlikte saçlı derinin boyunda aşağıya inmesi tipiktir. Büyük eklemlerin çevresinde ve ellerde kemik yoğunluğunda azalma ve kaba trabeküler yapı görülür. Bu özellikler muhtemelen östrojen eksikliğine bağlıdır. Toraks genişlemiştir. Kostaların kenarlarında düzensizlikler vardır. İnterkostal mesafeler genişlemiştir. Bazen skolyoz, kifoz ve/veya lordoz görülebilir. Vertebra korpuslarında Scheuermann hastalığına benzer düzensizlikler izlenir. Bunlar vertebraların yassılaşması ile birlikte bulunabilir. Servikal vertebralarda kısmi füzyon veya atlas hipoplazisi tanımlanmıştır. Klinik olarak kubitus valgus önemli bir bulgudur. Radius ve unlanın distal uçları deformedir. Ulnar stiloid proçes yoktur. Proksimal karpal kemikler anormal şekillidir ve füzyon sık görülür. Karpal açıda azalma olabilir. Dördüncü metakarp özellikle kısadır. El kemikleri silindir şeklindedir. Distal falanksların uçları genişlemiştir. Parmakların bu görünümü *trampet sopasına* benzetilmiştir. Tibianın mediyal kondilinde genişleme, çökme ve mediyale doğru çıkıntı şeklinde deformasyon görülür. Bu görünüm bir dereceye kadar *Blount hastalığına* benzer. Kardiyak ve renal tutulumla birlikte iskelet anomalileri bu displaziyi diğer hastalıklardan ayırmada yardımcıdır.

Gelişimsel kalça displazisi (GKD)

Daha önce doğumsal kalça çıkığı (DKÇ) olarak isimlendirilen bu displazinin tedavisindeki başarı erken tanıya bağlıdır. Yenidoğan döneminde ilk haftalarda tanı konması ile tedavi şansı %100'e yaklaşır. İki-üç aylık bir gecikme ise tedavide önemli oranda başarısızlığa neden olur. Erken tanıda röntgen güvenilir bir yöntem değildir, bunun için US kullanılır.

US: Yenidoğanda, özellikle femur başının ossifiye olmadığı evrede, kalça ekleminin US incelenmesi ile GKD tanısı %100'e yakın bir doğrulukla konabilir. GKD'nin US incelemesi rotator kılıfta olduğu kadar ustalık istemez ve bazı merkezlerde standart inceleme yöntemi konumundadır. Femur başı doğumda ossifiye değildir ve birinci yıl boyunca kısmen ossifiye olur. Ossifiye olmayan kıkırdağın anekoik görünümü ile asetabulumun ekojen osseöz kesimi belirgin kontrast oluşturur. Bu nedenle birinci yılda femur başının yeri ve asetabuler displazi US ile çok iyi değerlendirilir. Yöntem, özellikle fizik muayenenin ve radyografinin her zaman güvenilir sonuçlar vermediği 3 aydan küçük bebeklerde değerlidir.

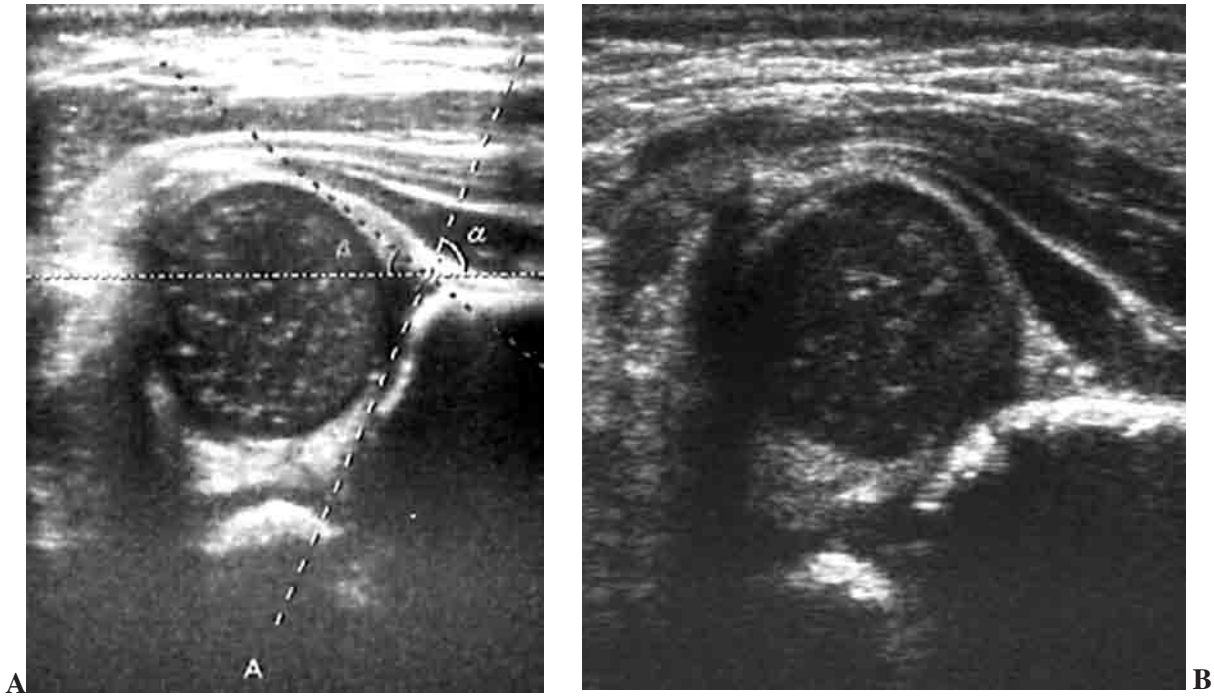
Kalça eklemi değişik US teknikleri ile incelenebilir. En sık kullanılan teknik, klinisyenin kalça ekleminin stabilitesini araştırmak için uyguladığı manevralar yaptırılırken eklemi dinamik olarak izlemektir. İnceleme dıştan koronal ve sagital düzlemlerde yapılır. İncelemenin amacı femur başının asetabulumla ilişkisini ve her iki yapının morfolojisini saptamaktır. Doğumdan sonraki ilk günlerde anneden geçen hormonların etkisi ile bağlarda fizyolojik bir gevşeklik vardır. Doğumdan sonraki ilk iki gün içerisinde kalçanın dinamik incelenmesi sırasında femur başı posteriora 4-6 mm kadar sublukse olur. Bu nedenle US incelemesi ilk iki haftadan sonra yapılmalıdır.

Normal bir kalçada femur başı asetabulum içerisinde olmalıdır. Normalde femur başı asetabulum içerisinde, dışa ve yukarı çıkmadan serbestçe hareket etmelidir. Üçgen şeklindeki asetabuler labrum ve eklem kapsülü görülebilir. Sublukse veya disloke kalçalarda eklem kapsülü kalınlaşır. Sublukse kalçada asetabulumun posterior kesimi küçülür ve düzleşir. Dislokasyonda ise tüm asetabulum küçük ve sığ görünümdedir. Femur başı asetabuluma göre posterior, süperior ve lateral yönlere yer değiştirir (Resim 6.48).

Radyografi: Doğumda normal kalça anstabil durumdadır. Belirgin bir çıkık görünümü olmadığı gibi, normal olarak da değerlendirilemez. Bu durumda çıkığın saptanabilmesi radyografi yapılırken kalça ekleminin durumuna bağlıdır. Femur başının ve asetabulum kenarının kıkırdak yapıda olması ve çıkığın sıklıkla arkaya doğru olması nedeniyle tanı zordur.

Klinik bulguların şüpheli olduğu durumlarda röntgenogram karar vermeye yardımcı olabilir. Displazi nedeniyle asetabuler kemikleşme normal değildir, asetabuler hipoplazi gelişir. Bunun sonucu asetabular açı artar ve asetabulum sığlaşır (Şekil 6.6). Asetabular açının normal değeri geniş bir aralık (15°-39°) gösterir. Bu nedenle bu değerin tanıda kullanılması oldukça sınırlıdır. Bununla birlikte 40^0'yi geçen ve diğer tarafla belirgin bir farklılık gösteren asetabular açı GKD yönünden anlamlıdır. Anstabilitede asetabular açı normal sınırlarda olabilir. Yenidoğanda ilyak açıların değeri 44°-66°'dir.

Femur boynunun pelvise göre ilişkisini saptamada kullanılan değişik ölçütler vardır. Bunlardan en yararlısı femur boynunun Perkins çizgisine göre konumudur. Perkins çizgisi, asetabulum dış kenarından "Y" kıkırdaklarını birleştiren çizgiye (Hilgenreiner çizgisi) dik indirilen çizgidir. Normalde femur boynunun bir kesimi bu çizginin mediyalinde bulunmalıdır. Kli-



Resim 6.48 Kalça US. Standart koronal kesit. A. Normal. B. Gelişimsel kalça displazisi. Femur başı yana ve yukarıya doğru yer değiştirmiştir ve femur başının asetabuler kemik çatı tarafından kapsanma oranı azalmıştır.

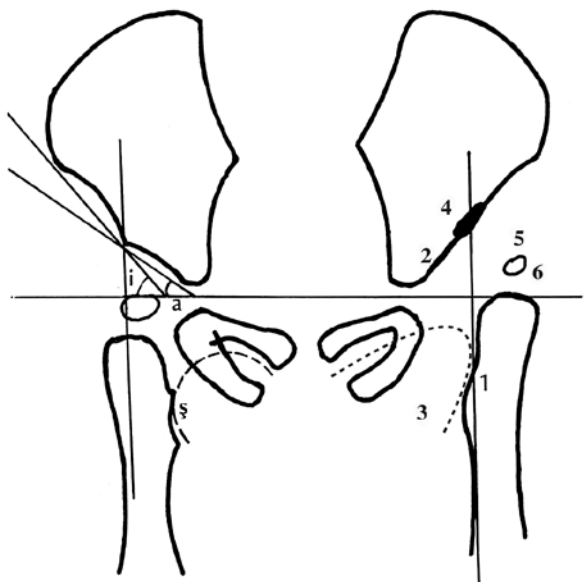
nik olarak anormal kalçaların %58'inde femur boynu bu çizginin lateralindedir. Kalça çıkığı olan yeni doğanların %70'inde bu bulgu pozitiftir.

Asetabular hipoplazi ile birlikte asetabulumun üst dış kesiminde hafif skleroz görülmesi GKD tanısı koyduracak çok değerli bir bulgudur.

Çocuk 3-4 aylık olduğunda femur başı epifizi radyografik olarak görülmeye başlar. Bu durumda femur başının pozisyonunu değerlendirmek kolaydır. Çıkık olan tarafta femur başı hipoplaziktir, Hilgenreiner ve Perkins çizgileri ile dört kadrana ayrılan asetabuler boşluğun üst dış kesimindedir. Asetabular hipoplazi, femur başı hipoplazisi ve femur başının üst ve dışta olması GKD'nin üç önemli bulgusudur (Resim 6.49). Bu üçlü bulguya *Putti triadı* adı verilir.

Normal bir pelviste femur boynunun iç kenarlarından geçen çizginin pubis kolunun alt kenarından geçerek oluşturduğu yarım daireye *Shenton çizgisi* denir. GKD'de bu yarım daire bozulur.

Anteversiyon açısı femur boynunun, femur şaftının koronal planı ile yaptığı açıdır (Şekil 6.7). Bu açıya torsiyon açısı da denir. Femur boynunun femur şaftının sagital planı ile yaptığı açıya ise inklinasyon açısı denir. Torsiyon açısı yenidoğanda 40°, adolesanda 16°'dir. İnklinasyon açısının normal değerleri, yenidoğanda 146°, adolesanda 132°'dir. Torsiyon açısı anteversiyonu veya retroversiyonu, inklinasyon açısı ise koksa valga veya koksa varayı gösterir.



Şekil 6.6 Sağda normal asetabuler (a) ve ilyak (i) açılar ve Shenton çizgisi (ş); Solda GKD bulguları. Femur boynunun Perkins çizgisinin dışında olması (1), Asetabüler hipoplazi (2) Shenton çizgisinde bozulma (3), asetabulumun üst dış kenarında skleroz (4), femur başı hipoplazisi (5), femur başının dış üst kadranda olması (6).

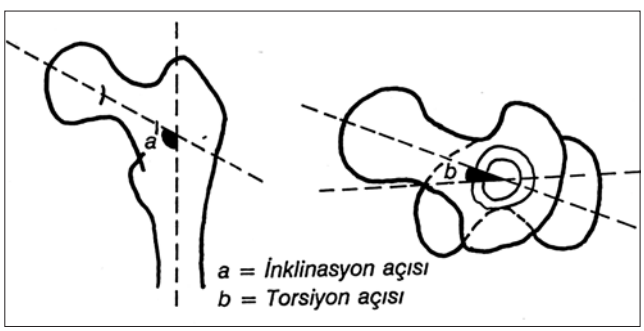


Resim 6.49 Gelişimsel kalça displazisi. Ön-arka röntgenogram. A. Her iki femur başında üste ve yana dislokasyon; hem femur başı ossifikasyon merkezlerinde hem de asetabulumlarda hipoplazi. B. Bir başka hastada sağ femur başında yana yer değişikliği, sığ asetabulum ve femur başı ossifikasyon merkezinde hipoplazi.

Stabil olmayan redüksiyonda torsiyon açısı 70°-80°'ye kadar çıkar. Bu açının ölçülmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Normal pozisyonda ve bacaklar içe rotasyonda iken elde olunan pelvis röntgenogramlarında femur boynunun durumuna bakarak anteversiyon açısı ile ilgili kabaca bir bilgi edinilebilir. Anteversiyon açısı büyükse, femur boynu normal pozisyondaki röntgenogramlarda kısa iken, içe rotasyonda elde olunan röntgenogramlarda belirgin olarak ortaya çıkar.

GKD'de, özellikle sert yapılan redüksiyonlardan sonra femur başında avasküler nekroz görülür. Geç kalmış redüksiyonlarda, erken yaşlarda dejeneratif osteoartrit gelişir. Tedavi edilmeyen GKD'de femur başı ilyak kanat üzerinde yalancı bir asetabulum oluşturur. Asıl asetabulum hipoplazik olarak kalır.

Kalça çıkığında çok önemli problemlerden birisi de olguların çok sık röntgenogram çektirmeleri nedeniyle aldıkları gonad dozunun yüksekliğidir. Bu nedenle kalça çıkığı nedeniyle takip edilen olgularda gonadlar kesinlikle kurşun bir örtü ile korunmalıdır.



Şekil 6.7 Femur boynu açıları

ENFEKSİYONLAR

Kemik enfeksiyonları osteomiyelit, eklem enfeksiyonları ise artrit başlığı altında incelenir. Başlıca piyojenik ve non-piyojenik olarak iki gruba ayrılırlar. Piyojenik olmayan enfeksiyonların en önemlisi tüberkülozdur.

Piyojenik osteomiyelit

Osteomiyelite en sık neden olan bakteri stafilokoktur; streptokoklar ikinci sıradadır. Klebsiyella, psödomonas, koliform basiller ve salmonella, osteomiyelit yapan diğer bakteri türleridir. Klebsiyella ve salmonella enfeksiyonları uzun kemiklerin diyafizlerini tutmaya yatkındır. Psödomonos enfeksiyonları ise günümüzde sıklıkla uyuşturucu kullananlarda görülür. Orak hücreli anemisi olan çocuklarda salmonella osteomiyeliti sıktır. Bir yaşından küçük bebeklerde transfizyal damarların açık olması nedeniyle metafizdeki enfeksiyon epifize geçer; daha büyük çocukta epifiz plağı genellikle enfeksiyonun yayılmasını engelleyen bir set görevi görür.

Enfeksiyon ya açık bir yaradan veya piyojenik artrit gibi komşu bir lezyondan doğrudan doğruya ya



Resim 6.50 Akut osteomiyelit. A. Bir yetişkin hastanın radius distal metafizinde, kenarı iyi ayırt edilemeyen osteoliz. B. Bir çocuk hastada tibia distal metafiz ve diyafizinde medüller ve kortikal destrüksiyon, periosteal yeni kemik formasyonu (oklar).

da uzak bir yerdeki enfeksiyon odağından hematojen yolla kemiğe ulaşır. Hematojen yayılımda mikroorganizmalar genellikle metafizde spongiozada yerleşir ve cerahat oluşturur. Cerahat hem medülla boyunca, hem de korteksi geçerek periost altına yayılır ve süratle periosteal yeni kemik oluşumuna neden olur. Periost reaksiyonu erken evrede lameller tiptedir; kronikleşince *involukrum* adı verilen enfekte kemiği kılıf gibi saran solid periosteal yeni kemik oluşumu ortaya çıkar. Kemikte oluşan cerahat involukrumdan yumuşak dokuya açılır. Enfeksiyon sürecinde oluşan medüller yerleşimdeki ölü korteks parçalarına *sekestrum* denir.

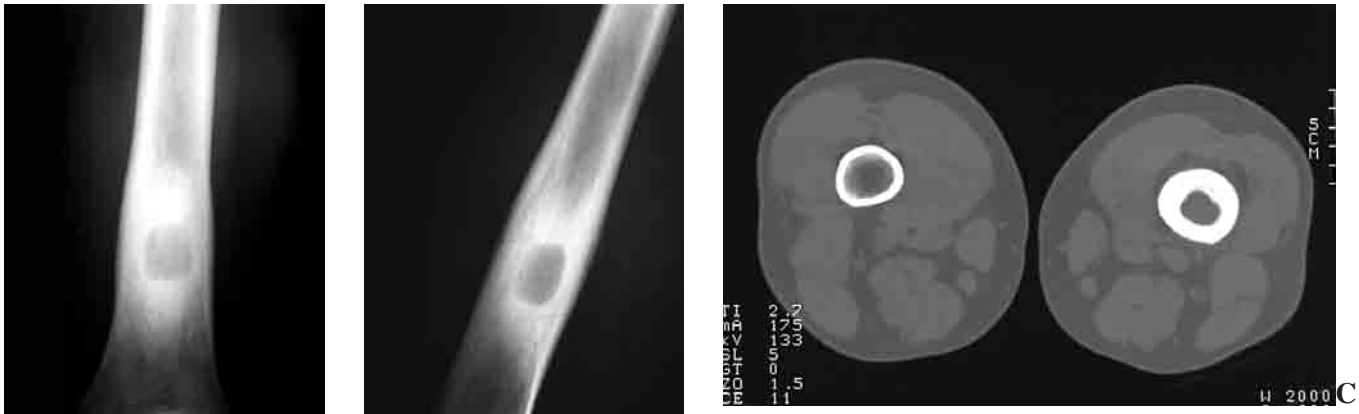
Röntgende önce yumuşak doku şişliği görülür. Kaslar arasındaki radyolusent fasiyal planlar kaybolur. Yaklaşık ilk iki hafta kemik normaldir. Dolayısıyla akut bir kliniği olan ve bu nedenle hemen hekime başvurmak zorunda kalan bir hastada ilk günlerde kemik değişikliklerinin görülmemesi osteomiyeliti dışlatmamalıdır. Kemikteki ilk lezyonlar metafizdeki litik (radyolusent) alanlar ve periost reaksiyonudur (Resim 6.50). Bu evre hastalığın akut dönemidir. Bu dönemde etkili bir tedaviyle kemik normale döner. Tedavi gecikir veya etkili olmazsa hastalık kronik şekle geçer. Kronik osteomiyelitte kemikte litik ve sklerotik alanlar yan yanadır. Periosteal yeni kemik oluşumları, involukrum ve sekestrum görülür (Resim 6.51). Bu evrede kemik tedavi ile normale dönmez.

Osteomiyelitin röntgenolojik özellik gösteren şekilleri vardır. Görülebilen kemik yıkımı olmadan belirgin sklerozla seyreden şekline **Garré'nin sklerozan osteomiyeliti** adı verilir. Uzun kemiklerin uçlarına yakın spongioz kemik içerisine yerleşen oval veya yuvarlak, belirgin kenarlı lezyonlar **Brodie absesi** adını alırlar (Resim 6.52). Brodie abseleri içerisindeki cerahat genellikle sterildir.

Osteomiyelit hemen her kemik lezyonuna benzer görüntüler verebilir. Osteomiyelit tanısını dışlayacak güvenilir bir radyolojik bulgu yoktur. Her yaşta ve her yerleşimde görülebilir, ekspansiyon gösterebilir veya göstermeyebilir, kenarları sklerotik olabilir veya olmayabilir. Osteomiyelitin röntgen bulguları antibiyotik kullanımıyla da değişebilir. Çevre yumuşak doku planlarının kaybı da güvenilir bir bulgu değildir; çevrelerinde inflamatuar reaksiyona neden olabilen tümörlerde ve eozinofilik granülomda da görülebilir. Eklem yüzeyine dayanmış bir lezyonda daima eklem içerisinde sıvı bulunmalıdır; sıvı bulunmuyorsa ostomiyelit tanısı dışlanabilir. Sekestrum bulunması osteomiyelit lehine bir bulgudur; ancak eozinofilik granülom, lenfoma ve fibrosarkomda da görülebilir. Sekestrum medikal olarak tedavi edilemeyeceği için



Resim 6.51 Kronik osteomiyelit. Farklı olgular. A. Tibiada litik ve sklerotik alanlar, sekestrum, involukrum (ok). B. Femurda involukrum oluşturan periost reaksiyonu (oklar).



Resim 6.52 Brodie absesi. Ön-arka (A) ve yan (B) röntgenogramlarda ve aksiyal BT kesitinde (C) femur distal diyafizine yerleşik, yoğun sklerozla çevrili litik lezyon.

cerrahi olarak çıkarılmalıdır. Bu nedenle osteomiyelit olgularında sekestrum araştırmak için BT yapılmalıdır.

Radyolojik tanı algoritmi: Ön tanı olarak ne düşünülürse düşünülsün iskelet ve yumuşak dokuda bölgesel yakınması olan her olguda o kesimin radyografisinin yapılması genel bir kuraldır. Radyografide yumuşak dokuda enflamasyona bağlı değişiklikler görülmekle birlikte, osteomiyelitin kemik bulguları klinik bulgulardan yaklaşık 10-14 gün sonra ortaya çıkar. Buna karşılık sintigramlar semptomların başlamasından 24-72 saat sonra pozitif olur.

Sintigrafik inceleme osteomiyelitle birlikte görülen yumuşak doku tutulumunu saptamak için *üç fazlı* (arteriyel, kan havuzu ve kemik fazları) yapılır (Resim 6.53). Osteomiyelitte enjeksiyondan sonraki saniyeler içerisinde arteriyel akımın arttığı görülür (I.faz), birkaç dakika içerisinde kan havuzu da artar (II.faz); 3 saatten sonra alınan gecikmiş görüntülerde belirgin artmış tutulum izlenir (III.faz). Selülitte ilk iki fazda yumuşak dokuda tutulum vardır, kemikte tutulum olmaz. Kemiğin inflamatuar hastalıklarındaki artmış radyonüklid birikimi, artmış kan akımı ve reaktif yeni kemik yapımı ile ilgilidir.

Bazı durumlarda osteomiyelit vasküler spazma ve hatta bölgesel arter ve kapillerlerde tromboza neden olur. Böyle olgularda lezyon bölgesindeki aktivite normal veya azalmıştır. Spazmın etkisi erken fazda görülür; bölge daha sonra hiperaktif hale geçer. Osteomiyelitin iyileşme fazında, enfeksiyon tamamen ortadan kalktıktan sonra bile, onarıma bağlı olarak yeni kemik teşekkülü nedeniyle radyonüklid tutulumu devam eder. Osteomiyelit tanısında Ga-67 sitrat sintigramları da kullanılabilir, ancak hastanın aldığı doz yüksek, buna karşılık çözümleme düşüktür. Son yıllarda In-111 oksin ile işaretlenmiş hastaya ait lökositlerle yapılan sintigramlarla kaliteli görüntüler elde edilmektedir.



Resim 6.53 Osteomiyelit, üç fazlı kemik sintigrafisi.

Akut osteomiyelit tanısı için çocukta ve yetişkinde Tc-99m ile sintigrafi çalışması ilk yöntemdir. Yenidoğanda Tc-99m ile yapılan sintigrafi akut osteomiyelit tanısında daha az duyarlıdır. Bu evrede tipik periost reaksiyonu görüldüğünden röntgen daha değerlidir. Şüpheli olgularda Ga-67 ile çalışma yapılır.

US ile sellülit ve osteomiyelitin ayırıcı tanısı yapılabilir. Osteomiyelitde kemikle doğrudan ilişkili sıvı kolleksiyonları görülür. **BT** ile lezyonun çevre yayılımı röntgenden daha duyarlı olarak saptanabilir. İnflamatuar lezyonlar **MR**'de T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görülür (Resim 6.54). Ancak bulgular spesifik değildir. MR ile yumuşak doku değişiklikleri ayrıntılı olarak gösterilir.

Piyojenik artrit

En sık sebep olan mikroorganizma stafilokokkus aureustur. Streptokoklar ve pnömokoklar da neden olabilir. Kalça ve diz gibi büyük periferik eklemlerle, el ve ayağın küçük eklemleri sık tutulur. Genellikle monoartikülerdir. Günümüzde erken evrede etkili antibiyotik tedavisi yapıldığından ilerlemiş olgular sık görülmez. Hastalık akut başlar ve gürültülü bir tablo ile hızla, seyreder. Tanı klinik olarak konur. Erken dönemde belirgin röntgen değişikliği yoktur.

Röntgende görülen en erken bulgu eklem çevresindeki yumuşak doku şişliğidir. Sinovit ve sıvı nedeniyle eklem kapsülü gerilir ve eklem aralığı genişler. Daha sonra subartiküler bölgelerde osteoporoz görülür. Eklem kıkırdağının özellikle ağırlık taşıyan kesimlerde yıkılmasıyla eklem aralığı hızla daralır (Resim 6.55). Subkondral kortikal beyaz çizginin kaybı önemli bir röntgen işaretidir. İlerlemiş olgularda komşu kemiklerde belirgin harabiyet ortaya çıkar. Bazen sekestr görülür. Piyojenik artritin ileri evresinde fibröz ve kemik ankiloz gelişir.

Tüberküloz osteomiyeliti

Tüberküloz osteomiyeliti daima ikincildir; primer odak akciğerlerdedir. Tüberküloz basili hematojen yayılım sonucu kemiğe yerleşir. Kemik lezyonları genellikle tektir. Çocukluk döneminde çok daha sık görülür. Piyojenik osteomiyelitin tersine kemikler eklemlerden çok daha az sıklıkta tutulur. Hastalık yavaş ve sinsi seyirlidir. Semptomatolojisi belirgin değildir. Bu nedenle piyojenik osteomiyelitin tersine ilk çekilen röntgenogramlarda kemikte lezyon saptanabilir. Röntgende belirgin osteporoz görülür. Lezyonlar metafizlere yerleşir. Sıklıkla komşu eklem tüberkülozu ile birliktedir. Reaktif yeni kemik oluşumu çok azdır. Periost reaksiyonu ve sekestrasyon piyojenik osteomiyelitten daha az görülür. Sekestrlerin boyutları küçüktür. Epifiz plağı genellikle bir engel teşkil etmez. Daha çok diyafizde yerleşen ve kistik görünümler yapan şekline kistik tüberküloz adı verilir. Femurun büyük trokanteri adolesanda ve genç yetişkinlerde tüberkülozun sık yerleşim yerlerinden birisidir.



A B

Resim 6.54 Osteomiyelit, Brodie absesi (Resim 52'deki olgu). A. Koronal T2AG. B. Kontrastlı koronal T1AG. Abse T2AG'de hiperintens, T1AG'de hipointens. Kontrast maddeyle periferinden boyanıyor. Çevresindeki skleroz her iki incelemede de hipointens. Ödematöz değişiklikler ise T1AG'de hipointes, T2AG'de hiperintens.



Resim 6.55 Piyojenik artrit. A. Ayak bileğinde eklem kıkırdağının yıkımına bağlı olarak eklem mesafesinde kayıp ve sınırı keskin olmayan kemik erozyonları. B. Kalçada piyojenik artrite bağlı, eklem aralığında kayıp ve asetabüler tavanda periost reaksiyonu.

Tüberkülozun el ve ayağın tubüler kemiklerinde görülen şekline tüberküloz daktilitisi adı verilir. Tutulan kemikte görülen medüller ekspansiyon tipik bir kemik görünümü oluşturur. Bu nedenle hava ile şişirilmiş kısa kemik anlamına gelen *spina ventoza* adı verilmiştir. Çevrede yumuşak doku şişliği vardır. Çocuklarda sık görülür.

Tüberküloz artrit

Genellikle monoartikülerdir. En sık diz eklemini tutar. Kalça, omuz, ayak bileği, el bileği ve dirsek gibi diğer büyük eklemlerde de görülür. Piyojenik enfeksiyonlardan farklı olarak eklemler kemikten daha sık tutulur. Hastalığın başlangıcı ve gidişi sinsidir. Bu nedenle piyojenik artritin tersine ilk çekilen röntgenogramlarda belirgin değişiklikler gözlenir. Patolojik olarak tüberküloz granülasyon dokusunun oluşturduğu sinovit, eklem kıkırdağında erozyon oluşturur ve subkondral kemiği invaze eder. Kazeifikasyon nekrozu sıktır. Belirgin sekestrasyon görülmez. Çevrede şiddetli osteoporoz vardır. Reaktif yeni kemik oluşumu beklenmez.

En erken bulgu, eklem çevresinde belirgin olmayan yumuşak doku şişliğidir. Eklem kıkırdağında yavaş gelişen harabiyet, eklem çizgisine komşu kemikte harabiyet ve belirgin osteoporozdan oluşan tipik üçlü bulgusu vardır (Resim 6.56). Diz ekleminde ağırlık taşımayan kesimlerde görülen kemik harabiyeti tüberküloz için tipiktir. Reaktif kemik yapımı ya çok az ya da hiç yoktur. Eklem aralığı çok ileri devrelere kadar korunur. Fibröz ankiloz görülebilir. İkincil piyojenik enfeksiyon olmadan kemik ankiloz sık görülmez.

İleri evredeki bir tüberküloz artritin röntgen görünümü piyojenik artrite benzer. Ancak sinsi seyir, çevrede erken osteoporoz görülmesi, kemik harabiyetinin özellikle eklemin ağırlık taşımayan kısımlarını tutması, eklem aralığının uzun süre korunması, tüberküloz artritin ayırıcı tanısına yardım eden özelliklerdir.

Brusella osteomiyeliti

En sık aksiyel iskelet (omurga) tutulur. Apendiküler iskelette, kalça, diz, ayak bileği gibi büyük eklemlerde yerleşir. Sütün pastörize edilmediği ülkelerde enfekte hayvanların sütleri ile bulaşır. Klinik bulgular belirgin değildir. Bakteriyel ve serolojik testlerle tanı doğrulanır.

Brusella osteomiyelitini radyolojik olarak piyojenik ve tüberküloz osteomiyelitinden ayırmak mümkün olmayabilir. İskelet tutulumu brusellozisin geç bir komplikasyonudur.



Resim 6.56 Tüberküloz artriti. A. Ön-arka röntgenogramda eklem mesafesinde hafif daralma, periartiküler osteoporoz ve yumuşuk doku şişliği. B. Kemik sintigrafisinde sadece sağ dizde aktivite artımı var. T1AG (C) ve kontrastlı yağ baskılamalı T1AG (D) sagital MR kesitlerinde, sıvı, tibia platosunda subkondral kemik iliği intensite değişiklikleri (ok), sinovyumda enflamasyona bağlı kalınlaşma ve boyanma, popliteal fossada komşu yumuşak dokuda da enflamatuar değişikliklere bağlı boyanma (kıvrık ok). Tanı, eklem aspirasyonu ile teyit edildi.

Sifiliz osteomiyeliti

Sifiliz, doğumsal ve edinsel olarak ikiye ayrılır. Konjenital sifilizin infantil ve juvenil şekilleri farklı görünümdedir. İnfantil tipi 0-4 yaş, juvenil tipi ise 5-15 yaş arasında görülür. İnfantil tipte kemik lezyonları yaygın ve simetriktir. Ekstremitelerin büyük kemikleri tutulur. Uzun kemiklerin metafizlerinde düzensiz kemik harabiyeti vardır. Diz, omuz, ayak bileği çevresi sık tutulur. Tibianın proksimal metafizinin mediyal kesimlerinin tutulması tipiktir. Bir kaç ay sonra periostit gelişerek lezyon bulunan kemiklerin çevresini simetrik şekilde sarar. Kortikal kalınlaşma ve *kemik içinde kemik görünümü* ortaya çıkar. Daha sonra birinci ve ikinci yıllarda osteit gelişir. Lezyonlar piyojenik osteomiyelitin destrüktif lezyonlarına benzer. Litik alanlar fuziform olmaya eğilimlidir. Genellik-

le sekestr yoktur. Bu üç evre, bir sıra izleyebileceği gibi bir arada da bulunabilir. Provizyonel kalsifikasyon çizgisi belirginleşmiştir. Metafizlerle *radyolusent bant görünümü* vardır.

Juvenil tipin en belirgin özelliği periostittir. Tipik yerleşim yeri tibiadır. Tibia diyafizindeki, özellikle ön kesimde, subperiosteal yeni kemik oluşumu nedeniyle tibia *kılıç kını* görünümü alır. Dişlerde *Hutchinson dişleri* adı verilen deformiteler vardır.

Edinsel sifilizdeki kemik lezyonları tersiyer sifiliz bulgularıdır. Destrüktif ve sklerotik kemik lezyonları bir arada bulunabilir. Sifilitik granülasyon dokusu olan g*umma,* yerel destrüksiyon yapar. Birlikte periostit bulunabilir. Reaktif yeni kemik oluşumu sıktır. Femur, tibia ve radius gibi ekstremite kemikleri ve kalvaryum, klavikula ve pelvis sıklıkla tutulan bölgelerdir. Lezyonlar tek veya yaygın olabilir. İskeletin yüzeyel kesimleri daha sıklıkla tutulur. Sifilitik kemik lezyonları tedaviye çabuk cevap verir.

Sarkoidoz

Hiçbir sınıfa girmeyen ve primer olarak akciğerleri tutan bu granülomatöz hastalıkta, olguların bir bölümünde iskelet de tutulur. En sık tutulan kesim elin tübuler kemikleridir; korteksi tutan litik destrüktif lezyonlar şeklindedir. Tutulan kemiklerde tipik *dantel görünümü* ortaya çıkar (Resim 6.57). Yanı sıra el derisinde nodüller bulunabilir.



Resim 6.57 Sarkoidoz. Elde ağırlıklı olarak orta falankslarda, kortikal incelme, kaba ve retiküler görünüm (dantel görünümü), yer yer marjinal oyuklanma ve yumuşak doku şişliği.

TÜMÖRLER VE TÜMÖR BENZERİ LEZYONLAR

Kemik lezyonlarının tanısında gerekli olan ortopedist, radyolog ve patolog iş birliği, kemik tümörlerinin tanısında daha da önem kazanır. Bazı kemik tümörlerinde radyoloji kesin tanı koyar, ama büyük bir bölümünde radyolojinin görevi tümörün malign veya benign olup olmadığına karar vermektir. Ayrıca, biyopsi yerinin saptanması da radyolojinin önemli işlevlerinden birisidir.

Kemik tümörlerinin oluşmasındaki etkenler bilinmez. En sık 15-20 yaşlarında görülmeleri diğer tümörlerden ayıran en önemli özellikleridir. Tüm kanser ölümlerinin %1'i kemik tümörleri nedeniyledir.

Kemik tümörlerinde histolojik olarak kesin bir sınıflandırma yapmak her zaman kolay değildir. Tablo 6.2'de değişik sınıflandırmalardan yararlanarak kaba bir sınıflandırma yapılmaya çalışılmıştır.

Kemik tümörlerinin tanısında genel kurallar

Kemik tümörlerinin tanısında hastanın yaşının bilinmesi büyük önem taşır. Tümörlerin büyük çoğunluğu belirli yaş gruplarında görülür. Usta kemik radyologlarından biri olan Edeiken tarafından yapılan bir çalışmada 4000 malign tümörün yaklaşık %80'inde, sadece yaş ölçütü ile doğru tanı konabilmiştir. Osteosarkom ve Ewing sarkomu 30 yaşından aşağıda, dev hücreli tümör, parosteal osteosarkom, malign fibröz histiositom (fibrosarkom), kemiğin primer lenfoması 30-40 yaşlarında, kondrosarkom, metastatik hastalık ve miyeloma da 40 yaş üzerinde görülen malign tümörlerdir.

Hastanın kliniği ve cinsiyeti daha az önemlidir. Ağrı, şişlik ve patolojik kırık tümörlerin çoğunda vardır. Aspirinle geçen gece ağrıları gibi özgün bir klinik veren osteoid osteom dışında kliniğin ayırıcı tanıda fazla bir önemi yoktur. Malign bir tümörü olan hastada görülen bir kemik lezyonu, aksi isbat edilene kadar metastaz kabul edilmelidir. Hastanın cinsiyeti ise bazı kemik metastazlarının primerinin saptanmasında yol gösterici olabilir. Kemik tümörlerinin röntgenolojik değerlendirilmesinde lezyon sayısı, tutulan kemik, lezyonun kemikteki yerleşim yeri, kemikteki yapı değişikliğinin şekli ve derecesi, lezyonun kenar özelliği, periost reaksiyonu ve tipi ve birlikte yumuşak doku kitlesinin olup olmaması tanıya götürecek temel ölçütlerdir.

Enkondromatoz ve diyafizyal aklazi dışında primer kemik tümörlerinin hemen hepsi soliterdir. Eğer

Tablo 6.2 Kemik tümörlerinin ve tümöre benzer lezyonların sınıflandırılması

	Benign	Malign
İskeletin konnektif dokusundan çıktığı varsayılanlar		
Kemik yapan tümörler	Osteom Osteoid osteom Osteoblastom	Osteojenik sarkom
Kıkırdak yapan tümörler	Enkondrom Osteokondrom Kondroblastom Kondromiksoid fibrom	Kondrosarkom
Fibröz doku yapan tümörler	Non-ossifiye fibrom Benign fibröz histiositom Desmoplastik fibrom	Fibrosarkom Malign fibröz histiositom
Osteoklastik tümörler		Dev hücreli tümör
Kemik iliği tümörleri		
Yuvarlak hücreli tümörler	Langerhans hücreli histiositoz (eozinofilik granüloma)	Ewing sarkomu Primitif nöroektodermal tümör
Malign lenfoma		Hodgkin hastalığı Non-Hodgkin lenfoma
Plazma hücreli tümör		Miyeloma (plazmasitom)
Lösemi		Granülositik sarkoma (klorom)
Tümöre benzer lezyonlar	Soliter kemik kisti Anevrizmal kemik kisti Fibröz displazi	
Diğer iskelet yapılarından çıktığı varsayılanlar		
Kan ve lenf damarları	Hemanjiom Lenfanjiom	Anjiosarkom
Sinir	Glomus tümörü Nörilemmom Nörofibrom	Nörojenik sarkom
Yağ	Lipom	Liposarkom
Notokord		Kordoma

lezyon çok sayıda ve malign özellikler gösteriyorsa öncelikle metastaz düşünülmelidir. Miyelomatoz ve lenfomada da lezyonlar çok sayıdadır.

Genel bir kural olarak primer tümörlerin çoğu femurun distali, tibianın proksimalı ve humerus gibi hızlı büyüyen iskelet kesimlerinde, metastazlar ise iyi kanlanan kırmızı kemik iliğinin bulunduğu aksiyel iskelette yerleşir. Aksiyel iskeleti tutan çok sayıdaki lezyonlarda öncelikle metastaz, miyelomatoz ve lenfoma düşünülmelidir. Primer kemik tümörleri en sık diz ve kalça eklemi çevresinde yerleşir. Enkondrom falankslarda, osteosarkom ve dev hücreli tümör diz çevresinde, hemanjiom omurlarda, kondrosarkom pelvis kemiklerinde, kordoma sakrum ve klivusta, adamantinom ise tibianın orta kesiminde yerleşir.

Benign kemik tümörlerinin bir çoğunun kemikteki yerleştiği yer belirlidir. Enkondrom, basit kemik kisti ve eozinofilik granülom santral yerleşimlidir. Anevrizmal kemik kisti, dev hücreli tümör, non-ossifiye fibrom, kondromiksoid fibrom, ostosarkom ekzantrik yerleşimlidir. Osteokondrom dışındaki kondral tümörler medüller yerleşimlidirler. Kortikal defekt, kortikal desmoid, osteoid osteom ve periosteal kondrom kortikal yerleşimlidir. Osteokondrom ve miyozitis ossifikans parosteal yerleşimdedir. Tüm osseöz, kartilajinöz ve fibröz maligniteler parosteal yerleşimde olabilirler.

Epifiz, metafiz ve diyafizde yerleşim de önemli bir ayırıcı tanı ölçütüdür. Kondroblastom, berrak hücreli kondrosarkom ve dev hücreli tümör epifizde, Ewing

tümörü, kemiğin primer lenfoması ve miyelomatoz diyafizde yerleşir. Dev hücreli tümörün subartiküler yerleşimi tipiktir. Geriye kalan primer tümörlerin büyük bölümü metafizde yerleşir.

Kemik değişiklikleri destrüktif, proliferatif veya ikisinin karışımı şeklinde olabilir. Destrüksiyonun permeatif tipte ve güve yeniği şeklinde olması daha çok maligniteyi, jeografik tipte olması ise daha çok benigniteyi düşündürmelidir. Enfeksiyon ve eozinofilik granülom bu kuralın dışındadır; kemik harabiyeti permeatif tipte ve/veya güve yeniği şeklindedir.

Osteoblastik tümörler genellikle proliferatiftir; kemik yoğunluğu artmıştır; yeni kemik oluşumları görülür. Kıkırdak tümörleri genellikle radyolusenttir; içlerinde az da olsa görülen kalsifikasyon tanıya yardımcı bir bulgudur. Fibrosarkomlarda ise kesinlikle yeni kemik oluşumu yoktur.

Benign lezyonların kenarı düzgün ve oldukça keskindir. Malign lezyonlarda kenar, keskinliğini yitirir ve düzensizdir. Normal kemikten anormal kemiğe *geçiş bölgesi* (*transisyonel zon*) benign lezyonlarda dar, osteosarkom, Ewing tümörü, fibrosarkom ve malign dev hücreli tümörlerde geniştir. Geçiş zonu aslında maligniteyi değil lezyonun saldırganlığını gösterir. Enfeksiyon ve eozinofilik granülomda geçiş zonu geniş, malign olmasına rağmen kondrosarkomda dar olabilir.

Periost reaksiyonu herhangi bir nedenle periostun irritasyonu sonucu gelişir. Neden benign veya malign tümörler, enfeksiyon ve travma olabilir. Görünümlerine bakarak lezyonun benign veya saldırgan olduğu söylenebilir. Bu ayırım periost reaksiyonunun nedeninden daha çok irritasyonun zamanlamasını gösterir. Örneğin, yavaş büyüyen bir benign tümör, düşük derecede kronik irritasyon yapar. Oluşan periost reaksiyonunun osifikasyonuna ve yeniden modellenmesine zaman kaldığı için kalın, dalgalı, üniform veya dens periost reaksiyonu ortaya çıkar. Buna karşılık malign bir tümör yüksek dereceli ve akut bir irritasyona neden olarak periostun oluşturduğu osteoidin osifiye olmasına zaman bırakmaz; sonuçta lamelli, amorf ve hatta güneş ışığı tarzında periost reaksiyoları meydana gelir. İrritasyon yaşlanır veya durursa periost reaksiyonu solid hale gelir ve benign bir görünüm alır.

Periost reaksiyonlarını her zaman açık bir şekilde sınıflandırmak mümkün olmaz. Enfeksiyon, eozinofilik granülom, anevrizmal kemik kisti, osteoid osteom ve hatta travma gibi bir çok benign lezyon saldırgan periost reaksiyonuna neden olabilir. Bununla birlikte malign kemik tümörlerinin hemen hiçbirinde benign yapıda bir periost reaksiyonu görülmez. Malign bir tümörde benign yapıda bir periost reaksiyonu görülmesi, ancak üzerine binen enfeksiyon ve/veya travma sonucu olabilir ve bu durum da çok nadirdir. Metastatik lezyonlarda periost reaksiyonu görülmemesi, ayırıcı tanıda değerli bir bulgudur.

Yumuşak doku kitlesi genellikle malign tümörlerde görülür. Tümörün yumuşak dokuya taşmasına bağlıdır. Radyolusent fasiyal planların kaybolmaması enfeksiyona bağlı yumuşak doku şişliğinden ayırmaya yardım eder. Benign tümörlerde yumuşak doku şişliği görülmez. Anevrizmal kemik kisti bu kuralın dışındadır. Metastazlarda da yumuşak doku kitlesi yoktur.

KEMİK YAPAN TÜMÖRLER

Osteom

En sık 3.-5. dekadlarda görülür, erkek-kadın oranı eşittir. En sık kafada ve paranazal sinüslerde yerleşir (Resim 6.58). Çok nadiren uzun kemiklerde görülebilir. Genellikle klinik bulgu vermez. Ancak bazı olgularda paranazal sinüs ostiumlarını kapatarak mukosele ve sinüzite neden olabilir. Solid kemik kitlesi şeklindedir. Bazı olgularda spongioz yapı gösterdiğinden yoğunluğu düşük olabilir. Genellikle dış tabuladan çıkar. İyi sınırlı ve yoğun yuvarlak oluşumlar şeklindedir. Çoğunluğu 1 cm'den küçüktür. Gardner sendromunda kolon



Resim 6.58 Osteom. Frontal sinüste havayla çevrelenmiş, dens sklerotik yapı.



Resim 6.59 Osteopoikilozis. Eklemlerin çevresinde, metafizinde yuvarlak veya oval çok sayıda dens odak.

polipozisiyle birlikte kafada ve apendiküler iskelette osteomlar izlenir. Malign değişim yoktur.

Kemik adacıkları (enostozis), osteoma benzer görünüm verebilir; 1-4 cm boyutunda lezyonlardır. Kenarlarında çevreye doğru radial tarzda kemik uzantılar vardır. Osteopoikilozis ise çok sayıda epifizyal yerleşimde enostozistir (Resim 6.59).

Osteoid osteom

En sık 2.-3. dekadlarda görülür, erkek-kadın oranı 2/1'dir. Olguların 2/3'ü apendiküler iskelette; özellikle femurun proksimal yarısında yerleşir. Olguların %80'i intrakortikal yerleşimlidir. Geceleri artan, haftalar ve aylarca süren lokalize ağrı vardır. Bu ağrının aspirinle geçmesi önemli bir özelliktir. Çocuklarda tutulan uzun kemiğin uzunluğu artabilir. Tutulan ekstremitede birlikte görülen kas atrofisine bağlı olarak belirgin zayıflama ortaya çıkar. Aksiyel iskelette çok daha az görülür; vertebraların arkusunda yerleşir ve ağrılı skolyoz yapar. Lezyon skolyozun konkav tarafındadır.

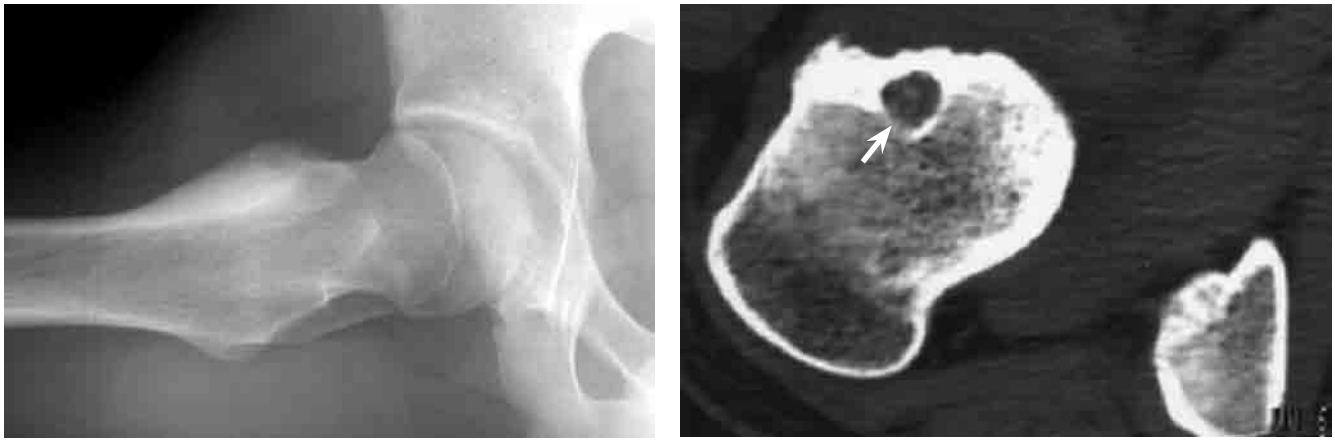
Röntgende 0.5-2 cm çapında yuvarlak veya oval bir radyolusent alanın çevresinde reaktif yeni kemik oluşumuna bağlı yoğunluk artımı izlenir (Resim 6.60). Radyolusent merkeze *nidus* adı verilir. Bu radyolusensi içerisinde genellikle küçük bir kalsifik opasite görülür. Çevresindeki sklerotik zon, periferde yerleşmiş, genç yaşlarda görülen ve uzun süren olgularda daha belirgindir. Lezyona komşu periost reaksiyonu görülebilir. Genç çocuklarda yoğunluk artımı çok belirgin olabilir.

İntrakapsüler ve medüller yerleşimdeki osteoid osteomlarda reaktif yeni kemik oluşumu minimaldir. Bazı medüller lezyonlar çok az skleroz geliştirdiği için gözden kaçabilir. Ayrıca bazı olgularda reaktif



A **B**

Resim 6.60 Osteoid osteom. İki farklı olgu. A. Radius distal metafizinde kortikal yerleşimli, ortası kalsifiye nidus (ok) ve çevresinde yoğun skleroz. B. Fibular mediyal kortekste reaktif sklerozla çevrili, lusent nidus (ok).

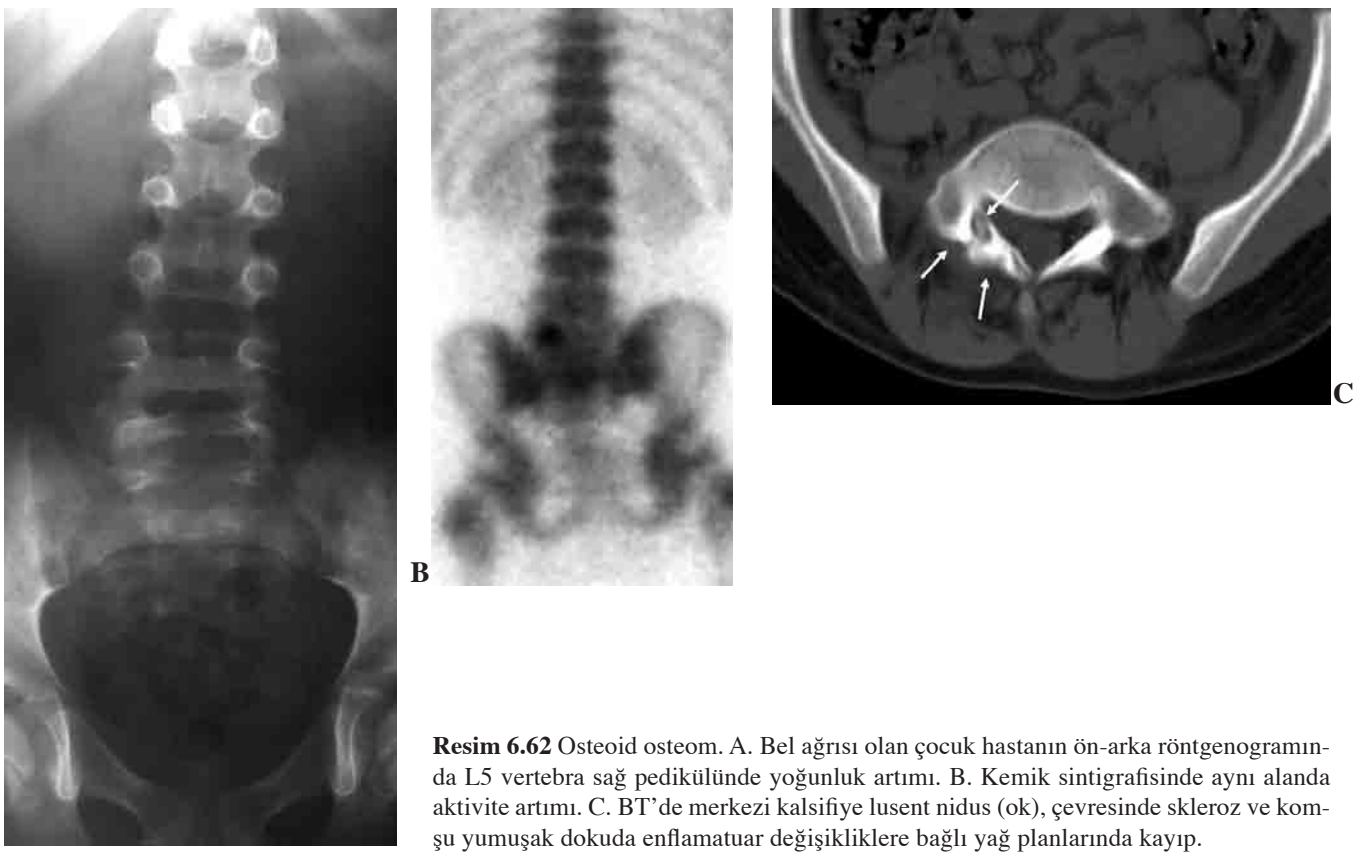


Resim 6.61 Osteoid osteom. A. Röntgenogramda proksimal femurda lokalize sklerotik alan; nidus izlenmiyor (ok). B. BT kesitinde kortekste reaktif sklerozla çevrili lusent nidus (ok) çok iyi demonstre ediliyor.

yeni kemik yapımı nidusu örter ve görünüm Garré'nin sklerozan osteomiyeliti ile karışır. Bu gibi durumlarda tomografi yararlıdır. Brodie absesinden nidusunun kontrast tutması ile ayrılır.

Osteoid osteom tanısında verisi en yüksek yöntem BT'dir (Resim 6.61). Özellikle omurda yerleşen lezyonların ayrıntılı görüntülenmesinde ve nidusun gösterilmesinde değerlidir (Resim 6.62). Nidus sintigrafide sıcak alan şeklinde görülür; nidusun ve çevresinin *çift dansite* şeklinde aktivite tutması tipiktir. MR'de komşu kemik iliğinde ve lezyonların çevresindeki yumuşak dokuda inflamatuar değişiklikler görülür; MR görünümü tek başına yanıltıcı olabilir.

Osteoid osteomda tedavi nidusun cerrahi olarak çıkarılmasıdır. Günümüzde perkütan radyofrekans ablasyonu ile başarılı bir şekilde tedavi edilebilmek-



Resim 6.62 Osteoid osteom. A. Bel ağrısı olan çocuk hastanın ön-arka röntgenogramında L5 vertebra sağ pedikülünde yoğunluk artımı. B. Kemik sintigrafisinde aynı alanda aktivite artımı. C. BT'de merkezi kalsifiye lusent nidus (ok), çevresinde skleroz ve komşu yumuşak dokuda enflamatuar değişikliklere bağlı yağ planlarında kayıp.



Resim 6.63 Osteoblastom. Vertebra laminalarını ve spinöz çıkıntısını tutan, osseöz rimi bulunan ekspansil litik lezyon.

tedir. Nidusun tam olarak ortadan kaldırılamadığı durumlarda rekurrens görülebilir.

Osteoblastom

En sık 2.-3.dekadda görülür, erkek-kadın oranı eşittir. Olguların yarısından fazlasında vertebral kolonda, özellikle nöral arkusta yerleşir. Bazen yassı kemiklerde ve iskeletin diğer kesimlerinde de görülür. Lezyonun bulunduğu bölgede ağrı ve hassasiyet vardır. Omurgada yerleşen olgularda nörolojik defisit gelişebilir. Patolojik olarak nidusu temsil eden 10 cm çapa ulaşabilen düzensiz kenarlı hemorajik bir lezyon vardır.

Osteoblastomun nidusu 2 cm'den büyüktür. Nidus matrisi değişik derecelerde kalsifikasyon gösterebilir (Resim 6.63). Aksiyal iskelette yerleşen lezyonlarda genellikle radyolusent nidus görülür; lezyonlarda yeni kemik oluşumuna bağlı skleroz bulunabilir. Apendiküler iskelette lezyonlar daha çok osteolitik görünümdedir. Uzun süren olgularda reaktif skleroz gelişir. Uzun kemiklerdeki görünüm çok değişkendir.

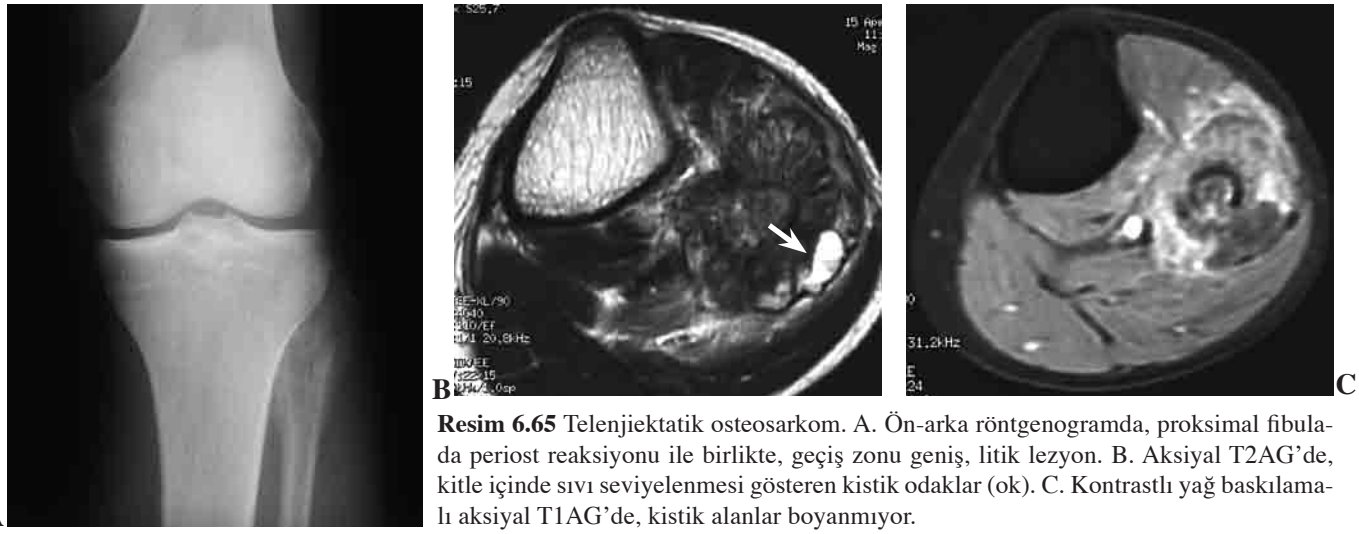
Osteosarkom (Resim 6.64)

En sık 2.-3. dekadda görülür, 60 yaş civarında ikinci bir pik yapar. Bu pik Paget hastalığının komplikasyonudur ve muhtemelen daha önce yapılmış radyoterapiye bağlıdır. Erkek kadın oranı 3/2'dir. Olguların %90'ı apendiküler iskelette görülür; yaklaşık yarısı diz çevresindedir. Klinik olarak birkaç haftadır devam eden ağrı ve şişlik olabilir, birlikte hafif dereceli bir ateş bulunabilir. Bir çok olguda klinik akut osteomiyelite benzer. Patolojik kırık görülebilir.

Patolojik olarak tümörün primitif fibröz dokudan ya da osteoblastlardan çıktığı kabul edilir. Hücre görünümleri aşırı derecede değişkendir. Tümör içerisindeki baskın matris ya malign yapıda osteoid, kemik



Resim 6.64 Ostosarkom. Farklı olgular. A. Femur distal metafizyodiyafizinde, sınırı seçilemeyen, hafif osteosklerozla birlikte litik lezyon. B. Femur distal metafizinde, osteosklerotik ve osteolitik yapıda miks lezyon. C. Fibula metafizinde tümüyle osteosklerotik lezyon.



Resim 6.65 Telenjiektatik osteosarkom. A. Ön-arka röntgenogramda, proksimal fibulada periost reaksiyonu ile birlikte, geçiş zonu geniş, litik lezyon. B. Aksiyal T2AG'de, kitle içinde sıvı seviyelenmesi gösteren kistik odaklar (ok). C. Kontrastlı yağ baskılamalı aksiyal T1AG'de, kistik alanlar boyanmıyor.

ve kartilaj dokusu veya fibröz dokudur. Mikroskopik görünüm anaplastik yapıda hiperkromatik nukleuslu konnektif doku hücrelerinden, çok az stromal hücreleri bulunan yoğun tümöral kemik oluşumuna kadar değişik şekiller gösterir. Bir çok lezyonda oldukça fazla miktarda neoplastik osteoid doku vardır. Tümör dokusuna karşı reaktif yeni kemik oluşumları da görülür. Tümör sıklıkla vaskülerdir.

En sık görülen primer soliter malign kemik tümörüdür. Neoplastik osteoid doku radyolusent yapıdadır ve röntgendeki geniş transisyonel zonları olan litik lezyonlardan sorumludur. Yeni kemik oluşumları düzensiz artmış dansiteler şeklindedir. Tümörün röntgen görünümü bu dokuların derecesi ile ilgili olarak litik, sklerotik veya karışık yapıda olabilir. Reaktif periosteal yeni kemik oluşumu ve bu oluşumun tümör dokusu tarafından invazyonu ile *Codman üçgeni* görünümü ortaya çıkar. Osteosarkomlar için tipik olan *güneş ışını* şeklindeki kemik şaftına dik periosteal reaksiyon sık görülmez. Çevre yumuşak dokuya yayılan tümör içerisinde neoplastik yeni kemik oluşumları izlenebilir. Epifiz plağı, yayılıma geçici bir engel oluşturabilir.

Tümüyle litik lezyonlar genellikle telenjektatik osteosarkomda görülür. Kanla dolu kistik kaviteler içerir; bu nedenle görünümü bazen anevrizmal kemik kistini taklit edebilir (Resim 6.65). Çok malign bir tümördür, prognozu kötüdür.

Osteosarkomun akciğerde tenis topu şeklinde metastaz yapması karakteristiktir. Akciğer metastazlarında kemik oluşumu görülebilir.

Osteosarkom insidansında ileri yaşlarda görülen artma Paget hastalığında yaklaşık %1 oranında görülen malign dejenerasyona bağlıdır. Genellikle 6.-7. dekadda görülür. Erkek kadın oranı 2/1'dir. En sık femur tutulur. Humerus, ilyak kemikler, kafa ve tibia daha az sıklıkla tutulan bölgelerdir. Lezyonların bulunduğu kesimde ağrı ve şişlik bulunabilir. Bazen yumuşak doku kitlesi palpe edilebilir. Patolojik kırık görülebilir. Olguların yaklaşık 1/4'ünde yeni kemik oluşumu vardır ve görünüm osteosarkom veya kondrosarkoma benzer (Resim 6.66). Diğerlerinde ise lezyon temelde litiktir; belirgin ekspansiyon veya permeatif destrüksiyon oluşturabilir.

Parosteal osteosarkom kemik yüzeyinden çıkan

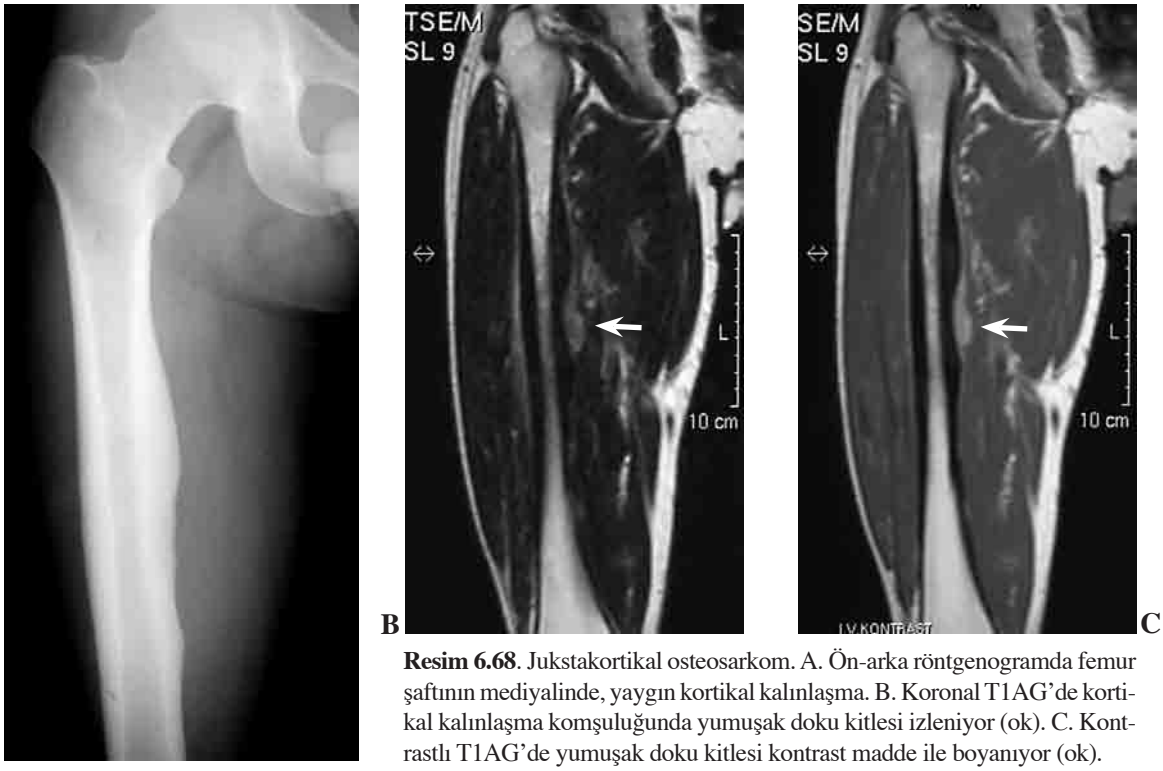


Resim 6.66 Paget hastalığında osteosarkom dejenerasyonu. Sağ ilium, pubis ve iskiumu yaygın olarak tutulan Paget hastasında, yeni kemik formasyonu ile birlikte korteks destrüksiyonu ve yumuşak doku kitlesi, osteosarkomun tipik bulguları.

ve dışarı doğru büyüyen jukstakortikal osteosarkomların bir tipidir (Resim 6.67). Kemiği sarar ancak invaze etmez. 3.-4. dekadda sık görülür. Erkek kadın oranı 2/3'tür. Sıklıkla uzun kemiklerin metafizleri çevresinde yerleşir. Femurun distal ve tibianın proksimal ucu sık yerleştiği yerlerdir. Bazen humerusun proksimal kesiminde görülür. Lezyonlar uzun süre asemptomatik olarak kalabilir. Ağrı genellikle hafif ve aralıklıdır. Osteosarkomdan daha az maligndir. Lezyonlar osteokondromu taklit edecek şekilde kıkırdak bir dokuyla örtülü



Resim 6.67 Parosteal osteosarkom. A. Ön-arka röntgenogram. B. Aksiyal BT kesiti. Uyluk posterolateralinde ossifik kitle. Miyozitis ossifikanstan farklı olarak, kitle merkezi periferinden daha dens. Bir başka olgunun sagital (C), yağ baskılamalı aksiyal (D) ve kontrastlı aksiyal T1AG'leri (E). Femur distal metafizinin arkasında T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens, hafif ve düzensiz boyanma gösteren lezyon. Komşu kemik iliği normal.



Resim 6.68. Jukstakortikal osteosarkom. A. Ön-arka röntgenogramda femur şaftının mediyalinde, yaygın kortikal kalınlaşma. B. Koronal T1AG'de kortikal kalınlaşma komşuluğunda yumuşak doku kitlesi izleniyor (ok). C. Kontrastlı T1AG'de yumuşak doku kitlesi kontrast madde ile boyanıyor (ok).

olabilir. Medüllanın tümör tarafından invazyonu prognozun kötü olduğunu gösterir ve kesitlerde mikroskopik görünüm osteosarkoma benzer. Jukstakortikal osteosarkomun diğer varyasyonları *periosteal osteosarkom* ve *yüksek greydli yüzey osteosarkomu*dur (Resim 6.68).

Röntgende kemik şaftına komşu yerleşimde başlayan yeni kemik oluşumunun gittikçe büyüdüğü ve kitle şeklini aldığı görülür. Erken evrede kitleyi kemikten ayıran dar radyolusent bir zon vardır. Kitlenin kenarı genellikle lobuledir. Tümör, korteks ve medullayı infiltre ederse litik alanlar ortaya çıkar.

Parosteal osteosarkomun ayırıcı tanısı miyozitis ossifikans ve kortikal desmoid tümör ile yapılır. Miyozitis ossifikansa ait yumuşak doku osifikasyonunun, jukstakortikal osteosarkomun tersine, periferde hiperdens, santralde hipodens olması ayırıcı tanıda önemli bir özelliktir. Femura komşu miyozitis ossifikans tipik olarak mediyale, parosteal osteomlar ise genellikle arkaya yerleşir. Kortikal desmoid tümör ise femurun distalinde posteriordaki bir avulsiyon olayıdır ve tümüyle benignder, fakat saldırgan bir görünüm verebilir. Parosteal osteosarkom erken dönemde kortikal desmoid tümöre çok benzer. Hem miyozitis ossifikansın hem de kortikal desmoid tümörün histopatolojik görünümleri malign özellikler gösterebileceğinden biyopsi yanıltıcı olabilir ve vahim sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle radyoloji ayırıcı tanıda çok değerlidir.

Multisentrik osteosarkom osteosarkomun diğer bir şeklidir, 2.-3. dekadlarda görülür. Uzun kemiklerin metafizinde yerleşir (Resim 6.69). İnnominat kemik, toraks ve kafa kemikleri de sıklıkla tutulur. Hızla gelişen fatal bir hastalıktır. Tutulan kesimlerde ağrı vardır. Alkalen fosfataz seviyesinde belirgin yükselme izlenir.



Resim 6.69. Multisentrik osteosarkom. Koronal T1AG'de, her iki femurda multipl düşük intensitede lezyonlar.

Histopatolojisi osteosarkomun kemik yapan (proliferatif) şekline benzer. Röntgende multipl osteoblastik lezyonlar görülür. Her lezyon soliter osteosarkomun özelliklerini gösterir. *Codman üçgeni* bulunabilir. Tutulan kesim hiperdenstir. Tümör dokusu uzun kemiklerin korteksini penetre ederek yumuşak dokuya yayılır.

KIKIRDAK YAPAN TÜMÖRLER

Soliter enkondrom

En sık 3.-4. dekadda görülür, erkek-kadın oranı eşittir. El, ayak, uzun kemikler ve yassı kemiklerde sıktır (Resim 6.70). Genellikle diyafizyal veya diyafizyometafizyal yerleşimdedir. Klinikte ağrısız şişlik şeklindedir. Sıklıkla tesadüfen bulunur. Kırık görülebilir. Patolojisinde sonradan kalsifiye olmuş kıkırdak hücreleri vardır.

Röntgende medüller yerleşimde, dar geçiş zonu olan, ince kenarlı, ekspansil lezyonlar şeklindedir. Endosteal kenarda sklerozla birlikte *oyuklanma* ("*scalloping*") görülür. Kırık yoksa periost reaksiyonu görülmez. Özellikle uzun kemiklerde yerleşenlerde çevredeki korteks kalınlaşabilir. Lezyonlar içerisinde sıklıkla noktalı, hilal şeklinde veya yuvarlak kalsifikasyonlar vardır (Resim 6.71).

Uzun ve yassı kemiklerde yerleşenlerde sarkomatöz değişiklikler görülebilir. El ve ayağın kısa tubüler kemiklerinde malign dejenerasyon olasılığı çok azdır. Enkondromlar medüller enfarktla karışabilir. Enfarktlar fibroosseöz bir duvarla çevrili kalsifiye yapılardır,



Resim 6.70. Soliter enkondrom. Proksimal falanksta, endosteal oyuklamalar yapan ve kalsifikasyon odakları içeren osteolitik lezyon.

kenarları daha dens kıvrımlı görünümdedir; tutulan kesimde kemikte endosteal oyuklanma ve ekspansiyon görülmez.

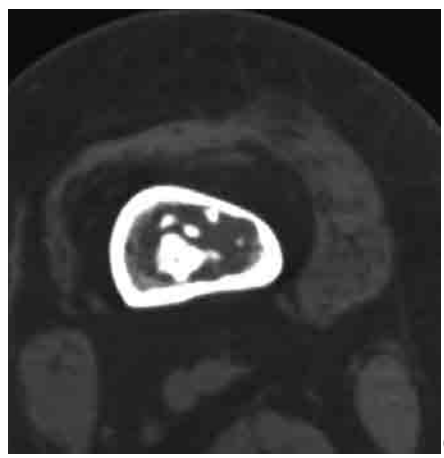
Enkondromatozis (diskondroplazi, Ollier hastalığı) enkondromun birden fazla görülen şeklinin adıdır. Erken çocukluk döneminde görülür (Resim 6.72). Herediter değildir. Tutulan kemikler kısalır. Olgularda belirgin boy kısalığı vardır. Röntgende fiz plağın-



A



B



C

Resim 6.71 Soliter enkondrom. Farklı olgular. A ve B. Röntgenogram. C. Aksiyal BT kesiti. Medullaya yerleşik, kondroid kalsifikasyon odakları içeren, korteksin endosteal yüzeyinde oyuklanma oluşturan litik lezyonlar.



Resim 6.72 Enkondromatozis. Her iki elin tubüler kemiklerinde, değişik lokalizasyonlarda, kortekste incelme, endosteal oyuklanma ve ekspansiyon yapan, lusent lezyonlar.

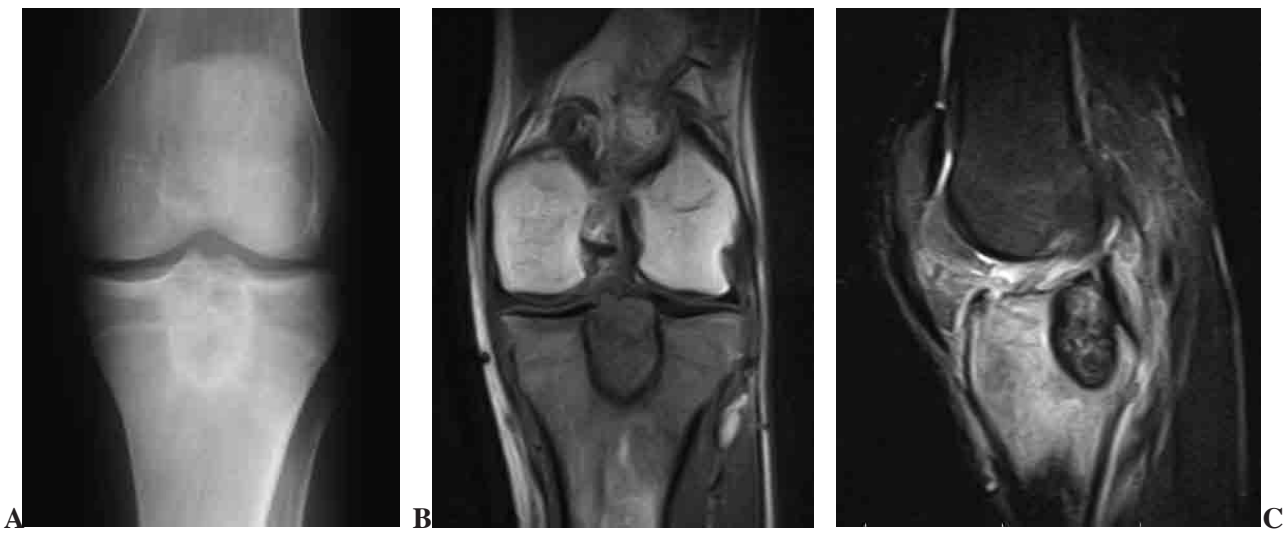
dan uzun kemiklerin diyafizine doğru uzanan, sıklıkla kalsifiye, persistan kıkırdak kolonlarının oluşturduğu hipodens alanlar izlenir. Proliferatif lezyonların boyutları değişiktir. Ekspansil olabilir ve korteksi incelebilirler. El ve ayaktaki lezyonlar saldırgan karakter gösterir. Yumuşak doku yayılımı görülebilir. Lezyonlar tek taraflı olmaya eğilimlidir. Kondrosarkoma dönüşmesi, bilinen bir komplikasyonudur.

Yumuşak dokuda hemanjiomlarla birlikte görülen şekline *Maffucci sendromu* adı verilir. Röntgende el ve ayak kemiklerinde enkondrom ve komşu yumuşak doku içerisinde hemanjiomun flebolitlerine ait kalsifikasyonlar izlenir. Malign değişim sık görülür.

Kondroblastom

2.-3. dekadda sık görülür, erkek-kadın oranı 2/1'dir. Humerus, femur ve tibianın proksimal epifizlerinde sıktır. Bazen trokanter gibi apofizlerde de yerleşir. Karpal, tarsal kemikler ve patella, kondroblastomun yerleşimi açısından epifiz olarak düşünülmelidir. Tutulan eklemde hareket kısıtlılığı ile birlikte hassasiyet ve hafif ağrı vardır. Histopatolojisinde dev hücreler içeren kondroid bir doku görülür. Dev hücreler nedeniyle görünüm dev hücreli tümörü düşündürür. Bu benzerlik nedeniyle eskiden atipik dev hücreli tümör olarak değerlendirilmiştir. Bazı olgular kondromiksoid fibromla karışır.

Röntgende uzun kemiklerin epifizinde radyolusent alan şeklinde görülür (Resim 6.73). Genellikle iyi sınırlı, geçiş zonu dar, yuvarlak veya oval şekillidir. Endosteal oyuklanma görülebilir. Lezyonların yaklaşık yarısında amorf veya benekli kalsifikasyon vardır. Geç evrelerde tümör, belirgin kalsifikasyon ve



Resim 6.73 Kondroblastom. 19 yaşındaki hastanın röntgenogramında (A) proksimal tibiaya yerleşik, merkezi kalsifiye, sklerotik kenarlı lezyon. Koronal T1AG (B) ve sagital yağ baskılamalı T2AG'de (C) lezyon çevresinde kemik iliği ve yumuşak doku ödemine bağlı intensite değişikliği görülüyor. Lezyonun sklerotik kenarı hipointens. T2AG'de lezyonun düşük intensitede olması kalsifiye kondroid matrikse bağlı.

yeni kemik formasyonu nedeniyle opak görülebilir. Lezyonlar komşu metafize geçebilir.

Epifizde yerleşik bir lezyonun ayırıcı tanısında klasik olarak enfeksiyon (en sık), kondroblastom ve dev hücreli tümör düşünmek gerekir. Bu ayırıcı tanı listesi olguların hemen hemen %98'ini kapsar. Epifize yerleşik kistik bir oluşumda daima subkondral kist veya gode olasılığı dışlanmalıdır. [*Gode ("geode") sözlük anlamı olarak volkanik bir kayanın içerisinde hapsolmuş volkanik gazların oluşturduğu boşluğu tanımlar. Radyolojide kemik içerisindeki oyuklanmaları tanımlamak için kullanılır.*] Gode, dejeneratif artrit, romatoid artrit, kalsiyum pirofosfat dihidrat depo hastalığı veya psödogut ve avasküler nekrozda görülür. Ayırıcı tanıda birlikte görülen diğer radyolojik bulgular yol göstericidir.

Kondromiksoid fibrom

En sık 2.-3. dekadda görülür, erkek-kadın oranı eşittir. Tibianın proksimal ucunda diyafizyometafizyal bölge en sık yerleştiği yerdir. Femurun proksimal ve distal uçları ile birlikte el ve ayağın tubüler kemiklerinde de görülebilir. Genellikle uzun süre devam eden lokalize ağrı ve şişlik vardır. Histopatolojisinde kıkırdağımsı elementlerle birlikte fibröz ve miksoid doku bulunur.

Röntgende ekzantrik yerleşimli ekspansil lezyonlar şeklindedir (Resim 6.74). Görünümü ossifiye olmayan fibromdan ayrılamaz. Çevrede reaktif skleroz görülebilir. Geçiş zonu dardır; bazen maligniteyi düşündürebilecek şekilde geniş olabilir. Endosteal skleroz ve kortikal kalınlaşma sık görülür. Tümör matrisinde kıkırdağımsı doku çok olmasına rağmen röntgende kalsifikasyon görülmesi nadirdir. Bazen lezyonlar uzun kemiklerin subartiküler kesimine yerleşebilir ve bu durumda histolojik olarak da kondroblastomdan ayrılamaz. Ancak kondromiksoid fibrom kondroblastomdan daha saldırgan yapıda bir tümördür.



Resim 6.74 Kondromiksoid fibrom. Tibia distalinde ekzantrik yerleşim gösteren, kaba trabeküler yapıda litik lezyon.

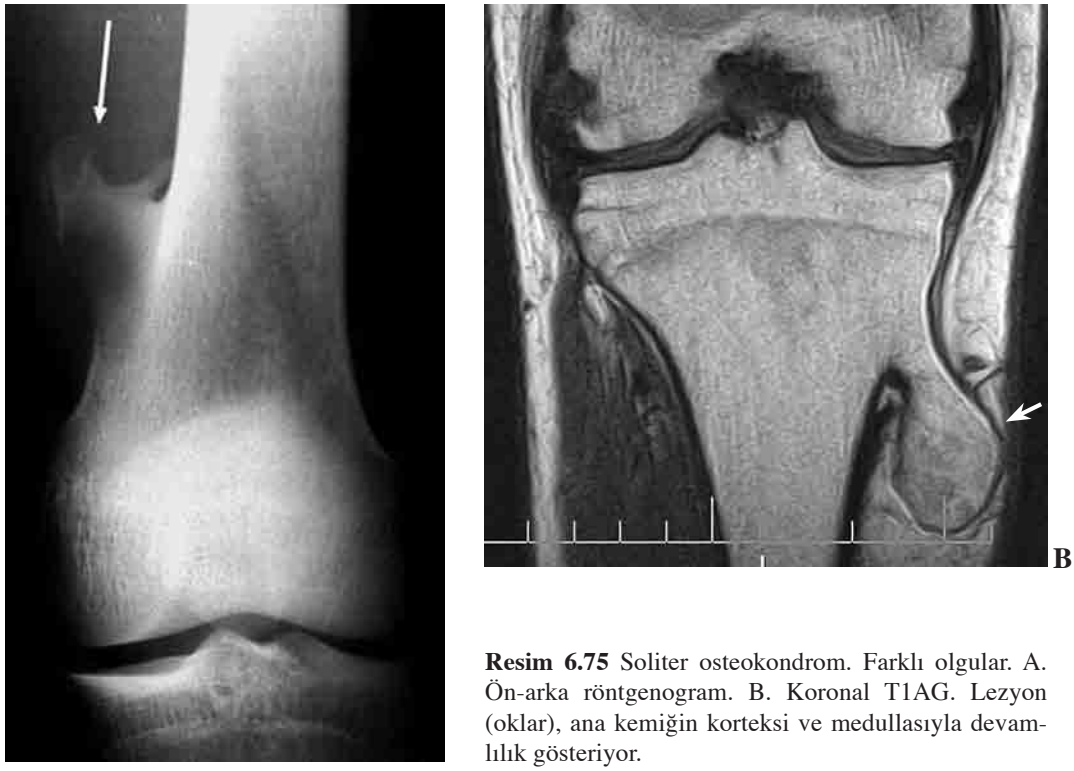
Osteokondrom (kartilaj kepli ekzositoz)

En sık 2.-3. dekadda görülür, kadın-erkek oranı eşittir. Periferik yerleşimli bening tümörlerdendir. Tubüler kemiklerin metafizinde ve yassı kemiklerde görülür. Klinik olarak bası bulguları verir. Ekleme komşu yerleşimde olanlar eklem hareketlerini sınırlayabilirler. Osteokondromun kemik yapısı ana kemiğin bir devamı şeklindedir (Resim 6.75). Korteksi, yerleştiği kemiğin korteksi ile devam eder. Bu kemik çıkıntının çevresi kıkırdakla sarılmıştır. Metafizden diyafize doğru büyürler. Saplı veya sapsız (sesil) olurlar (Resim 6.76). Yassı kemiklerde yerleşen tümörler sapsızdır (Resim 6.77).

Osteokondromların büyümeleri genellikle pubertede durur. İleri yaşlarda tekrar büyümeye başlarlarsa malign dejenerasyon düşünülmelidir. Soliter osteokondromlarda malign dejenerasyon olasılığı çok azdır. Kıkırdak şapka kalınlığının BT ve MR'de yetişkinde 1, çocukta 3 cm'den daha fazla olması malign değişimden şüphelendiren bulgulardır.

Diyafizyal aklazi (multipl herediter ekzositoz)

İskelette soliter osteokondrom özelliği gösteren çok sayıda lezyon vardır. Uzun kemiklerde epifiz plaklarının yanından çıkar ve diyafize doğru büyürler (Resim 6.78). Yassı kemiklerdekiler sapsızdır. Radius ve ulna, tibia ve fibula gibi çift kemik bulunan bölgelerde kemiklerin boyutlarında belirgin farklılıklar oluşabilir. Bunun sonucunda el bileğinde "*Madelung*" veya "*ters Madelung*" deformiteleri gelişir. Tutulan kemikler kısadır ve şekillenme yetersizliği görülür (Resim 6.79). Lezyonlar, yerleşim yerlerine göre sinirlere bası bulgusu oluşturabilir. Eklem hareketleri sınırlanabilir. 1/3 olguda herediter faktör vardır. Bulguların



Resim 6.75 Soliter osteokondrom. Farklı olgular. A. Ön-arka röntgenogram. B. Koronal T1AG. Lezyon (oklar), ana kemiğin korteksi ve medullasıyla devamlılık gösteriyor.

yaklaşık %10'unda malign değişim görülebilir. İlyak kanat, kalça ekleminin çevresi ve proksimal femur malign değişikliklerin en sık görüldüğü bölgelerdir (Resim 6.80).

Kondrosarkom

Çoğunluğu düşük greydli malignite derecesi düşük tümörlerdir; 40 yaşından sonra görülürler. Kondrosarkomların röntgen görünümleri yerleşim yerlerine ve primer veya ikincil olmalarına göre değişir. Olguların yaklaşık %45'i uzun kemiklerde ve özellikle femurda, %25'i ilyak kanatta ve kostalardadır.

Medüller yerleşimli olanlar kondroid matrisi olan veya olmayan litik alanlar şeklinde görülürler. Femurda proksimal diyafizyometafizyal subtrokanterik alan yerleşimi tipiktir.

Özellikle tibia ve femurda yerleşen lezyonlarda endosteal oyuklanma ve komşu periosteal reaksiyon nedeniyle kortikal kalınlaşma izlenebilir. Olguların yaklaşık yarısında noktalı veya sirküler ve bazen amorf yapıda kalsifikasyon görülür. Yassı kemiklerdeki kondrosarkom tümüyle destrüktif olmaya yatkındır. Sıklıkla birlikte değişik derecelerde reaktif yeni kemik oluşumu görülebilir. Birlikte olan yumuşak doku kitlesi kemikteki lezyondan daha büyüktür ve pelvis lezyonlarında daha belirgindir (Resim 6.81).

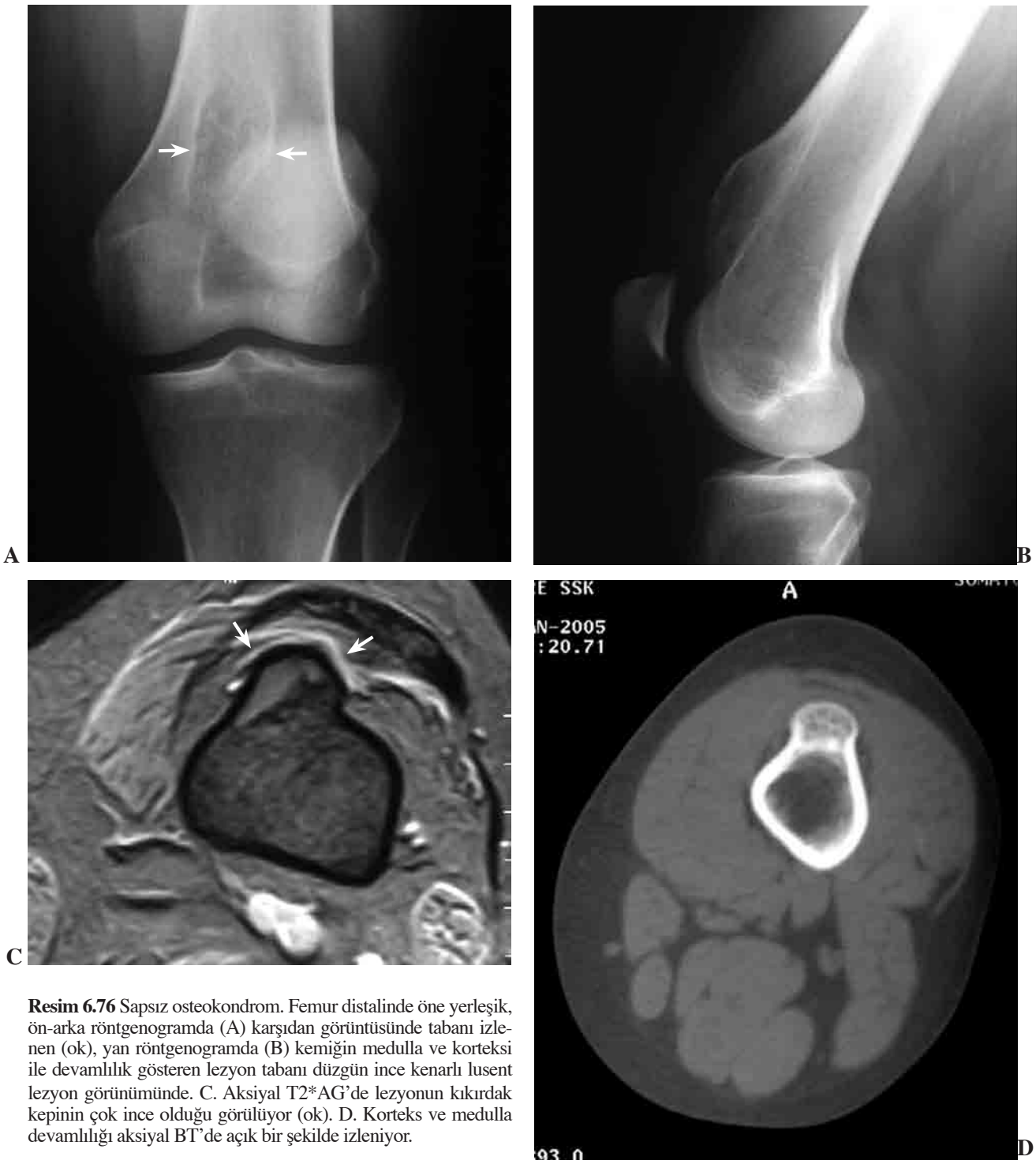
Olguların %10'dan azı enkondrom veya osteokondrom gibi benign lezyonların malign değişimine bağlıdır. Bunlara *ikincil kondrosarkom* denir. Periferal lezyonlardan çıkanlarda sınırları belirgin olmayan genişleme izlenir. Bu tip tümörlerde ekstraosseöz yumuşak doku kitlesi görülür. Apendiküler iskeletteki santral lezyonlar, birlikte yumuşak doku kitlesi bulunan litik alanlar şeklinde görülür (Resim 6.82).

Kondrosarkomlarda en önemli sorun enkondromla düşük greydli kondrosarkom arasında ayırım yapabilmektir. Bu ayırım, röntgenolojik olarak yapılamadığı gibi histopatolojik olarak da kolayca yapılamaz. Periost reaksiyonu, lezyonun belirgin saldırgan karakteri ve ağrı malignite lehine bulgulardır. Patolojik kırık yoksa, ağrı maligniteyi gösteren en önemli bulgu kabul edilir. Korteks harabiyeti veya yumuşak doku kitlesi varsa lezyonunun enkondrom olmadığı söylenebilir. Dinamik kontrastlı MR çalışması ayırıcı tanıda yardımcıdır. Kondrosarkomlar geç metastaz yaparlar.

FİBRÖZ DOKU YAPAN TÜMÖRLER

Ossifiye olmayan fibrom (fibröz kortikal defekt)

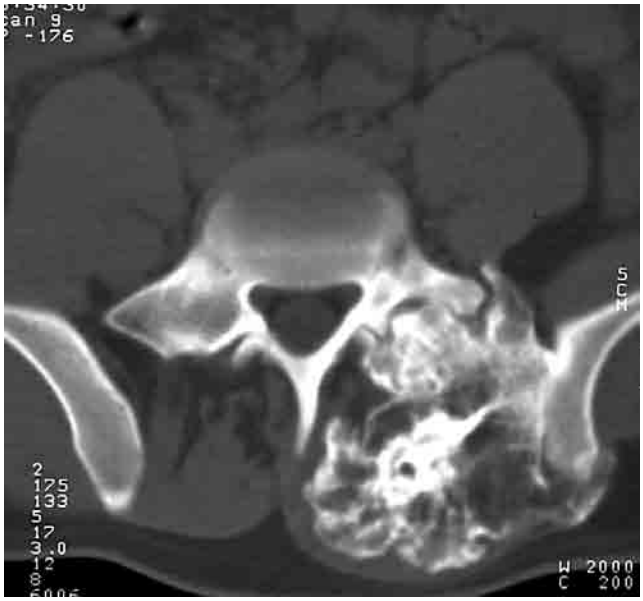
En sık 1.-2. dekadda görülür, 30 yaşından sonra görülmesi beklenmez. Birbirinin sinonimi olan bu isimlendirme bazılarınca boyutlarına göre farklı isimlendirilerek 2 cm'den büyükleri ossifiye olmayan (non-



Resim 6.76 Sapsız osteokondrom. Femur distalinde öne yerleşik, ön-arka röntgenogramda (A) karşıdan görüntüsünde tabanı izlenen (ok), yan röntgenogramda (B) kemiğin medulla ve korteksi ile devamlılık gösteren lezyon tabanı düzgün ince kenarlı lusent lezyon görünümünde. C. Aksiyal T2*AG'de lezyonun kıkırdak kepinin çok ince olduğu görülüyor (ok). D. Korteks ve medulla devamlılığı aksiyal BT'de açık bir şekilde izleniyor.

ossifiye) fibrom, küçükleri fibröz kortikal defekt olarak kabul edilir. Erkek kadın oranı 2/3'tür. Klinik bulgu vermez. Histopatolojisinde iğ şeklinde stromal bağ dokusu hücrelerinin hücreler arası kollajen yapıdaki bir madde içerisinde değişik oranlarda dağıldığı görülür.

Uzun kemiklerin metafizlerinde, özellikle diz çevresinde sık yerleşir. Diz çevresinde birden fazla lezyon görülebilir. Röntgende korteksten çıkan ekzantrik radyolusent bir defekt şeklindedir (Resim 6.83). Kenarı sklerotiktir ve geçiş zonu dardır. Bazı olgularda korteksi incelten hafif ekspansil bir lezyon şeklinde görülebilir. Büyük lezyonlar, fibula gibi kemiklerin tüm



Resim 6.77 Soliter osteokondrom. Aksiyal BT kesitinde sol ilium posterior yüzeyinden çıkan lezyon.



Resim 6.79. Diyafizyal aklazi. Radius ve ulnada osteokondromlar. Ulna kısa ve distal radial epifiz üçgen şeklinde.

enini kaplayabilir. Kırık olmadıkça periost reaksiyonu görülmez. Lezyonlarda biyopsiye gerek yoktur. Genellikle sklerozla iyileşir.

BT kesitlerinde lezyonun üzerindeki korteks çok ince olabilir ve bu nedenle kortikal defekt görünümü verebilir. Bu görünüm kortikal destrüksiyon olarak değerlendirilmemelidir.

Olguların 30 yaşından önce görülmesi, periostit ve ağrı olmaması ve kortikal yerleşimi ayırıcı tanı ölçütleridir.



Resim 6.78 Diyafizyal aklazi. Uzun kemiklerin metafizlerinde genişleme ve çok sayıda osteokondrom.



Resim 6.80 Kondrosarkom. Diyafizyal aklazili hastada proksimal femurdaki osteokondromun kondrosarkoma dönüşümü.



Resim 6.81 Mezenkimal kondrosarkom. İliumdan köken alan, tümör matriksi içinde kaba kalsifikasyonların bulunduğu kitle.

Fibrosarkom

En sık 3.-6. dekadlar arasında görülür, erkek-kadın oranı eşittir. Uzun kemikler ve ilyak kemikler sık yerleştiği yerlerdir. Olguların yaklaşık yarısı diz civarında, özellikle tibianın proksimal kesiminde oturur. Diyafizometafizyel birleşimde yerleşmeye yatkındır. Hastalar birkaç ay önceden başlayan ağrı ve yumuşak doku şişliğinden yakınırlar. Histopatolojisinde multipl nukleuslu hiperkromatizm gösteren anaplastik fibroblastlar vardır. Nekroz, hemoraji ve bunlara bağlı kalsifikasyon izlenebilir.

Nadir bir tümördür. Primer malign kemik tümörlerinin yaklaşık %4'ünü oluşturur. Genellikle medüller yerleşimlidir. Belirgin destrüktif, ekspansil lezyonlar şeklindedir. Geçiş zonları geniştir. Yeni kemik oluşumu izlenmez (Resim 6.84). Periost reaksiyonu çok az veya yoktur. Bazen *Codman üçgeni* görülebilir. Bazı olgularda yuvarlak hücreli neoplazmları taklit eder şekilde permeatif bir infiltrasyon vardır. Kondrosarkom ve Ewing sarkomundan daha küçük boyutlu olmak üzere, iyi sınırlanmış yumuşak doku şişliği ile birlikte görülebilir. Yeni kemik oluşumu bulunmayan bu tümörde, tümör içerisinde görülen opasiteler ya invazyon sonucu gelişen sekestrasyona veya nekroz ya da hemoraji sonucu gelişen kalsifikasyona bağlıdır. Fibrosarkomlar uzun süre devam eden kemik enfarktlarının duvarından çıkabilirler. Anaplastik fibrosarkomların prognozu kötüdür. Buna karşılık özellikle greydi düşük fibrosarkomlarda prognoz daha iyidir



A **B** **C**

Resim 6.82 Kondrosarkom. Ön-arka röntgenogram (A) ve aksiyal BT kesitinde (B), humerus proksimalinden çıkan, skapulada da harabiyet yapan, içinde kaba kalsifikasyon odakları izlenen büyük yumuşak doku kitlesi. C. Kontrastlı T1AG'de, lezyonun ortası nekroze.



Resim 6.83 A. Fibröz kortikal defekt. Distal femur mediyal korteksinde sklerotik ince bir hatla çevrili, lusent lezyon (ok). B. Ossifiye olmayan fibrom. Proksimal tibiada ekzantrik yerleşimli, keskin sklerotik sınırı bulunan, medullaya doğru genişleyen lezyon.



Resim 6.84 Düşük greydli fibrosarkom. A ve B. Tibia distalinde geçiş zonu geniş osteolitik lezyon ve ışınsal periost reaksiyonu örneği (oklar). C. Kemik sintigrafisinde aynı alanda aktivite artımı. D. Sagital T2AG'de tümörün görünümü.

ve dev hücreli tümöre benzer. Yumuşak doku orijinli fibrosarkomlarda kemik ikincil olarak tutulur. Komşu kemikte baskıya bağlı erozyon veya infiltrasyon görülebilir.

Bu özellikleri ile tanımlanmış birçok fibrosarkom olgusunun, günümüzde malign fibröz histiositom olduğu kabul edilir. Malign fibröz histiositom kemik iliğindeki histiositlerden çıkar. Yetişkinlerde yumuşak dokuda en sık görülen sarkom olmasına karşın kemikte nadir görülür. Yerel rekürrensi sıktır ve hematojen yolla daha çok akciğer ve karaciğere metastaz yapar. Fibrosarkom ve malign fibröz histiositomun ayırıcı tanısı histopatolojik olarak yapılabilir.

Desmoid tümör

Kortikal desmoidle karıştırılmamalıdır. Malignite derecesi düşük fibrosarkom kabul edilir. *Desmoplastik fibroma* veya *saldırgan fibromatozis* olarak da isimlendirilir. Büyük çoğunluğu yumuşak dokudan çıkar, kemiklerde görülmesi nadirdir. Kemik tutulumunda lezyonlar fibrosarkomda olduğu gibi litiktir, fakat yavaş büyüdüğü için iyi sınırlıdır. Benign yapıda periost reaksiyonu vardır. Kalın septalarla bölünmüş multiloküler görünümde olabilirler. Yavaş büyüyen ve metastaz yapmayan tümörlerdir. Çevre invazyonları nedeniyle cerrahi olarak kolayca çıkarılamazlar. Fibrosarkom ve malign fibröz histiositom gibi desmoid tümörlerde de sekestrasyon görülebilir.

OSTEOKLASTİK TÜMÖR

Dev hücreli tümör

En sık 3.-4. dekadlarda görülür, erkek-kadın oranı 5/6'dır. Femurun distal, tibianın proksimal, radiusun distal ve humerusun proksimal uçları sık tutulan bölgelerdir. Olguların %60'ı diz civarına yerleşir. İnnominat kemik ve kaburgalar gibi yassı kemiklerde de görülebilir. Omurga yerleşimi çok nadir ve tartışmalıdır. Omurga lezyonları sakrumda yerleşirler.

Sıklıkla travma hikayesi ile birlikte olan ağrı ve şişlik vardır. Patolojik kırık görülebilir. Tanıda hastanın yaşı büyük önem taşır. Epifizler kapanmadan önce çok nadirdir. Histopatolojisinde değişik oranlarda bağ dokusu, stromal hücreler ve dev hücreler görülür. Stromal hücreler şişkin iğ şeklinde veya ovoid görünümdedir. Dev hücreler çok çekirdeklidir. Stromal hücrelerin dev hücrelere oranı lezyonun malignitesi için bir ölçüdür. Malign lezyonlarda dev hücreler daha az sayıdadır. Prognozu saptama yönünden doku tiplemesine güvenilmez.

Röntgende epifizleri kapanmış yetişkin iskelette, eklem yüzeyi altına ekzantrik olarak yerleşen osteolitik lezyonlar şeklinde görülür (Resim 6.85). Korteks ekspanse olmuş ve incelmiştir. Ekzantrik yerleşen tümörlerde normal kemik tarafında bazen geçiş zonu geniş olabilir. Lezyon içerisinde düşük yoğunlukta, silik septalar vardır (Resim 6.86). Periost reaksiyonu genellikle patolojik kırık olmadan görülmez.



Resim 6.85 Dev hücreli tümör. A. Ön-arka röntgenogramda, tibia proksimal ucunda ekzantrik yerleşim gösteren, litik lezyon. B. Koronal T1AG'de, lezyon çevresinde hipointens bir hat izleniyor.



Resim 6.86 Dev hücreli tümör. Farklı olgular. A. Ulna distal ucunda ekspansil radyolusent lezyon. B. Tibia distalinde dev hücreli tümör için karakteristik sayılan ekzantrik yerleşim, lezyon kemiğin eklem yüzeyine kadar uzanıyor.

Dev hücreli tümörlerin yaklaşık %10'u malign yapıdadır. Özellikle el bileği çevresindeki lezyonlar bu açıdan değerlendirilmelidir. Benign ve malign lezyonlar aynı görünümde oldukları için röntgenolojik ve histopatolojik olarak ayrılamaz. Birçok cerrah kürete ettikleri ve kemik parçalarıyla doldurdukları lezyonları, tekrarlamadıkları sürece benign kabul eder. Olguların %15'i tedaviye rağmen tekrarlar. Histopatolojik olarak benign özellik gösteren lezyonların akciğere metastaz yaptığı rapor edilmiştir.

Dev hücreli tümör tanısında 4 önemli ayırıcı tanı ölçütü vardır. Bu ölçütlerden bir tanesi yoksa dev hücreli tümör tanısı konmamalıdır. Bu ölçütler şunlardır: 1) Kemiklerin epifizleri kapalı olmalıdır. Bu bulgu olguların %98-99'unda vardır. 2) Lezyon metafizyoepifizyal olmalı ve eklem yüzeyine dayanmalıdır. Bu bulgu olguların %98-99'unda vardır. Eklem yüzeyi ile arasında normal kemik dokusu bulunan lezyonlarda dev hücreli tümör tanısı konmamalıdır. Eklem yüzeyi olmayan yassı kemiklerde ve apofizlerde bu kural geçerli değildir. 3) Lezyon ekzantrik yerleşimdedir. Çok büyük boyutlarda olan lezyonlar kemiğin tüm kalınlığını kaplayacağı için ekzantrik yerleşim özelliği belirgin olmayabilir. 4) Lezyonun kenarları sklerotik değildir ve geçiş zonu genellikle incedir. Bu kural pelvis ve kalkaneus gibi yassı kemiklerde geçerli değildir.

KEMİK İLİĞİ TÜMÖRLERİ

Ewing tümörü

En sık 3.dekadda görülür, 1.-2. dekadlarda da sık görülmektedir. Erkek kadın oranı 5/4'tür. Bütün iskelet tutulabilir. Uzun kemikler, omurga ve ilyak kemikler sık yerleştiği bölgelerdir. Kemiklerin diyafizlerinde yerleşmesi tipiktir, ancak olguların sadece yaklaşık % 40'ında yerleşim bu şekildedir; geriye kalanlar diyafizyometafizer ve metafizer yerleşimlidir. Yassı kemikte yerleşenler uzun kemiklerdekilere göre daha ileri yaşlarda (20 yaşlarında) görülür. Miyelomatoz ve osteosarkomdan sonra en sık görülen primer kemik tümörüdür.

Kliniği osteomiyelite benzer. Lokalize ağrı, patolojik fraktür, anemi, kilo kaybı gibi bulgular vardır. Histopatolojisi değişkendir. Genellikle vakuollü, sitoplazmalı ve yuvarlak nukleuslu hücreler görülür. Hücreler rozet formasyonu oluşturur.

Röntgende uzun kemik lezyonları, geçiş zonu geniş olan ve medüllayı tutan permeatif destrüksiyona bağlı benekli görünümdedir. Komşu korteks de infiltre olur (Resim 6.87). Kısmen yeni kemik oluşumu nedeniyle yamalı bir görünüm alabilir. Ewing tümörüne has olduğu düşünülen *soğan zarı* şeklinde periost reaksiyonu sık görülmez (Resim 6.88). Birlikte büyük, sınırları belirgin yumuşak doku kitlesi vardır. Yassı kemiklerde görülen şeklinde yine permeatif destrük-



Resim 6.87 Ewing sarkomu. Humerusun metafizyodiyafizyal kesiminde sınırları iyi seçilemeyen osteolitik lezyon, kortikal erozyon ve soğan kabuğu şeklinde periost reaksiyonu.



Resim 6.88 Ewing sarkomu. Femur distal metafizyodiyafizyal kesiminde osteolitik lezyon ve soğan kabuğu şeklinde periost reaksiyonu.



Resim 6.89 Ewing sarkomu. Sağ iliumda sınırları çok iyi ayırt edilemeyen destrüktif lezyon.

tif örnek vardır ve yeni kemik oluşumu sık görülür (Resim 6.89). Reaktif yeni kemik oluşumu nedeniyle tutulan kemik kesiminin dansitesi artabilir (Resim 6.90). Vertebra korpuslarında benekli görünümde destrüksiyon ve kollaps gelişebilir.

Uzun kemiklerde permeatif örnek ve periost reaksiyonu gösteren lezyonlarda ayırıcı tanı, eozinofilik granülom ve enfeksiyonla yapılmalıdır. Eğer perisost reaksiyonu benign özellik gösteriyor ve/veya sekestr görünümü varsa Ewing tümörü dışlanabilir. Yumuşak doku kitlesi ve hastanın kliniği ayırıcı tanı ölçütü değildir. Bazen korteksin periosteal yüzeyi yerel destrüksiyon sonucu *tabağa benzer ("saucerisation")* bir görünüm alır. Bu görünüm tümörün infiltrasyonu ve yumuşak doku kitlesinin basıncı ile ortaya çıkar.



Resim 6.90 Ewing sarkomu. İskium ve pubiste osteosklerozla birlikte kemik destrüksiyonu.

Eskiden Ewing sarkomuna has olduğu düşünülen bu görünüm diğer tümörlerde ve hatta osteomiyelitte bile görülebilir.

Ewing tümöründe iskeletin diğer kesimlerine ve akciğere erken metastaz sıktır. Olguların yaklaşık 1/3'ünde tanı konduğunda metastaz vardır. Akciğer metastazları histolojik olarak nöroblastom, kemiğin primer lenfoması, karsinom ve miyelom metastazları ile karışabilir. Ayırıcı tanıda hastanın yaşı önemlidir.

Ewing tümörü ışına duyarlıdır, ancak tedaviden sonra rekurrens sık görülür.

Kemiğin primer malign lenfoması

Sinonimleri lenfosarkom ve retikülosarkomdur. NHL'nin bir formudur. Sınıflandırması ve terminolojisi sorunludur. Malign lenfoma terimi, lenfoid veya histiositik hücrelerin alt gruplarının değişik maturasyon evrelerine ait bir grup neoplazmı içine alır. Bir kemik lezyonunun kemiğin primer malign lenfoması olarak kabul edilebilmesi için kemik tutulumunun tek bir yerde olması ve vücudun başka bir yerinde tutulum olmaması gerekir. Kemiğin primer Hodgkin hastalığı olduğu kabul edilmez.

En sık 3.-5. dekadlarda görülür. Histolojik olarak yuvarlak hücreli tümörlerdir. Büyük çoğunluğu büyük hücreli lenfomadır ve malignite derecesi yüksektir. Tümör içerisinde yaygın fibroz görülür. En sık tutulan kemikler femur, tibia, humerus, pelvis, skapula, vertebralar ve kostalardır. Lezyonların yaklaşık üçte biri diz çevresindedir. Lokalize kemik ağrısı ve yumuşak doku şişliği görülür. Bazen kemikte geniş bir alan görülmesine rağmen hastalar asemptomatik kalabilir. Vertebralar tutulduğunda patolojik kırık sıktır.

Radyolojik olarak tanı koyduracak tipik bir görünümü yoktur. Görünüm diğer malign tümörlere benzer. Röntgende permeatif yapıda, benekli destrüktif alanlar görülür. Geçiş zonu geniştir. Lezyonlar Ewing tümöründen ayrılamaz. Bununla birlikte periost reaksiyonu ve yumuşak doku şişliği genellikle Ewing tümöründen daha azdır. Olguların yaklaşık yarısında reaktif sklerotik alanlar görülür, 1/4'ünde ise skleroz hakimdir. Kemik tutulumu radyografik görünümününden daha geniştir. MR ile lezyonun gerçek boyutu ve kemik iliğinin aralı tutulumu *("skip" alanlar*) gösterilebilir.

Malign lenfoma olgularının bir bölümünde kemik tutulumu sekonderdir. Hodgkin hastalığında omurga tutulumunda bazen sklerotik omur (*fildişi vertebra*) görünümü ortaya çıkar.

Malign lenfoma ışına duyarlı bir tümördür. Prognozu Ewing tümörüne göre daha iyidir.

Lösemide kemik değişiklikleri

Çocukta ve yetişkinde farklı şekillerdedir. Çocukluk çağında hastalık akut seyirlidir. Ateş, kırıklık ve kemik ağrısı vardır. Bulgular romatizmal ateşi taklit edebilir.

Kemik iliği lösemik hücrelerle doludur. Bu hücreler spongiozadaki trabekülleri yıkar ve korteksi infiltre eder. Lösemik hücrelerin baskısına bağlı trabeküler yıkım ve atrofi sonucu osteoporoz gelişir (Resim 6.91). Metafizlerde radyolusent band görünümü ortaya çıkar. Periosteal osteoblastların lösemik hücreler tarafından uyarılması periost reaksiyonuna neden olur.

Hastaların yaklaşık yarısında kemik değişiklikleri vardır. Bu değişiklikler sıklıkla aksiyal iskelet ve büyük uzun kemiklerdedir. Röntgen bulguları; metafizlerde horizontal radyolusent bantlar, (Resim 6.92) periost reaksiyonu, kortikal ve medüller destrüksiyon (Resim 6.93) ve nadiren şiddetli reaktif kemik yapımı olarak özetlenebilir. Bu değişikliklerin aynısı çocuklarda nöroblastom metastazları tarafından da oluşturulabilir.

Yetişkinlerde görülen şekli genellikle kronik seyirlidir. Kemik daha az sıklıkla tutulur. Başlıca osteoporoz, spongiozada ve kortekste benekli destrüksiyon ve vertebralarda kompresyon görülür.



Resim 6.91 Çocukluk çağında akut lösemi. Vertebralarda yaygın osteopeni ve kompresyon.



Resim 6.92 Çocukluk çağında akut lösemi. Metafizlerde radyolusent bantlar.



Resim 6.93 Çocukluk çağında akut lösemi. Metafizlerde daha belirgin olan osteoliz ve eşlik eden periost reaksiyonu.

Miyelomatoz (multipl miyelom)

En sık 6.-8. dekadlarda görülür. Klinik olarak kemik ağrısı, anemi ve patolojik kırıklarla birlikte yaygın neoplastik hastalık bulguları vardır. Tanı sternal kemik iliği biyopsisinde plazma hücrelerindeki artışın saptanması ile konur. Albumin globulin oranı tersine döner. Olguların yarısında Bence-Jones proteinürisi vardır. Serum alkalen fosfataz seviyesi genellikle normal sınırlardadır. Kemik lezyonları öncelikle kemik iliğinin bulunduğu bölgelerde, yani aksiyal iskelette görülür. Daha sonra tüm iskelet tutulabilir.

Hastalığın röntgen bulguları değişiktir. Yaygın osteoporoz görülür. Lezyonlar genellikle çok sayıda, küçük ve keskin kenarlı litik alanlar şeklindedir. Boyutları birbirine yakındır. Kenarlarının keskin olması ve skleroz bulunmaması nedeniyle *zımba ile delinmiş* gibi görünüm verirler. Kafa kemiklerindeki görünümleri tipiktir (Resim 6.94). Vertebra korpusları bikonkav görünüm almıştır ve ileri derecede radyolusenttir (Resim 6.95). Patolojik kırık sıktır. Kemik lezyonları geçiş zonu geniş, büyük destrüktif alanlar şeklinde de görülebilir (Resim 6.96). Ekspansil lezyonlar daha çok kostalarda, uzun kemiklerde ve pelvistedir. Lezyonlarla birlikte yumuşak doku kitlesi görülebilir. Çok nadir olarak hastalıkta sklerotik kemik lezyonlarının varlığı da bildirilmiştir.

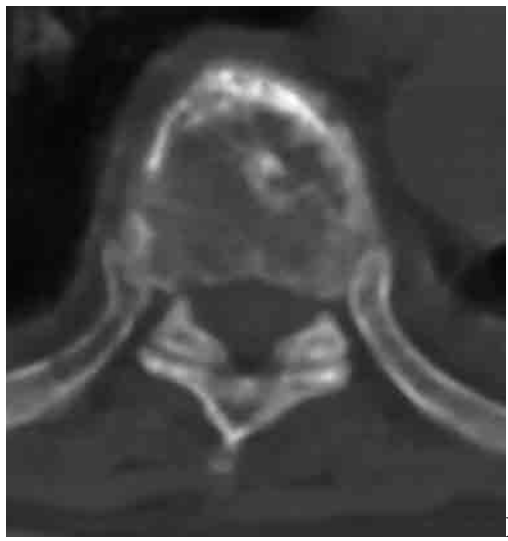
Yumuşak doku kitlesinin varlığı ve vertebralarda pedinküllerin tutulmaması hastalığı kemik metastazından ayırmaya yarıyan önemli tanı ölçütleridir. Lezyonların hepsi sintigramlarda sıcak alanlar olarak görülmez. Bu nedenle klinik olarak miyelom bulguları olan bir olguda sintigrafi değil tüm iskelet röntgenogramı istenir. Miyelomatozda amiloidoz sık görülür.

En sık 3.-6. dekadlarda görülen ve genellikle miyelomatozun başlangıcı olarak kabul edilen soliter şekline **plazmositom** adı verilir. Genellikle yıllar sonra miyelomatoza dönüşür. Plazmositom litik ve



Resim 6.94 Multipl miyelom. Kafa kemiklerinde görece uniform boyutta, çevresinde sklerozu bulunmayan, keskin kenarlı çok sayıda lusent lezyon.


A


B

Resim 6.95 Multipl miyelom. A. Yan röntgenogram B. Aksiyal BT kesiti. Omurlarda çok sayıda litik lezyon ve yükseklik kaybı.

ekspansil bir lezyondur. Kenarında skleroz görülmez. Vertebralarda ve toraks kemiklerinde sıktır. Vertebral tutulumda birlikte yumuşak doku kitlesi görülebilir. Özellikle pelvise yerleşenleri dev hücreli tümöre benzer. Ancak dev hücreli tümör daha erken yaşlarda görülür. Ekspansil lezyonların ayırıcı tanısı renal hücreli kanser ve tiroid kanseri metastazları ile yapılmalıdır.



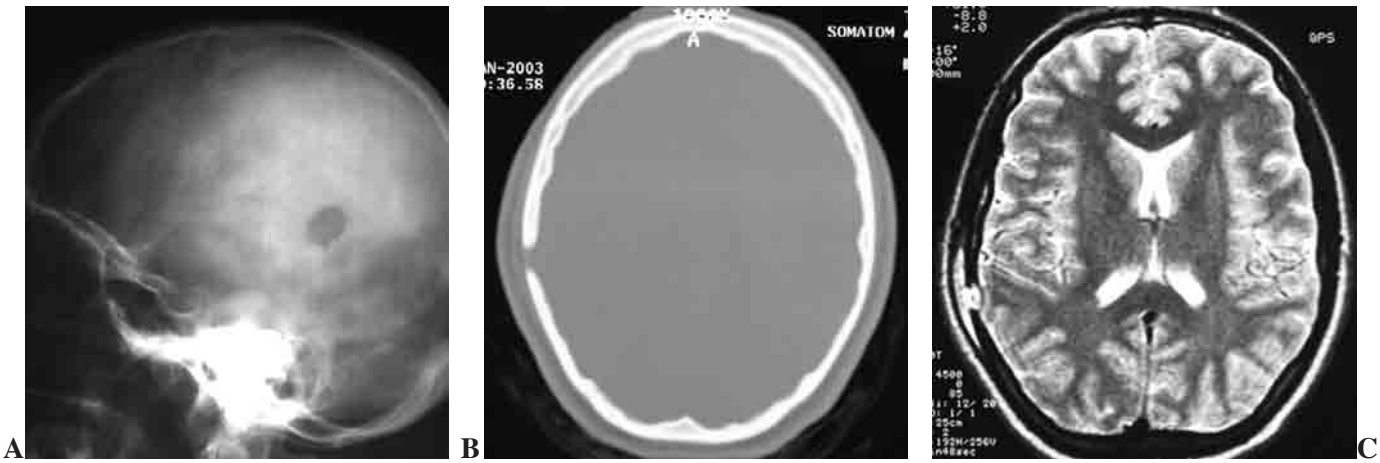
Resim 6.96 Multipl miyelom. Pelvis röntgenogramında, tüm kemiklerde yaygın osteopeni ve kaba trabeküler yapı.

Langerhans hücreli histiyositoz

Nonlipoid histiyositoz adı da verilen hastalık grubu içerisinde eozinofilik granülom, Hand-Schüller-Christian hastalığı ve Letterer-Siwe hastalığı vardır. Bunlar genellikle birbiriyle ilişkili ve muhtemelen tek bir hastalığın değişik görünümleridir. Günümüzde bu grup hastalığa Langerhans hücreli histiyositoz adı verilir ve hastalık sadece sınırlı ve yaygın olarak iki alt gruba ayrılır. İskelet ve retiküloendotelyal sistemin herhangi bir organı tutulabilir. Prognoz organ tutulumunun derecesine bağlıdır.

Hastalığın patolojisinde neoplastik olmayan histiositik elemanların proliferasyonu görülür. Birlikte değişik derecelerde eozinofiller, lökositler, plazma hücreleri ve dev hücreler vardır. Histiositler ve eozinofiller değişik derecelerde olmak üzere her olguda bulunur. Fokal granülom görülmez. Hastalık lipid metabolizma bozukluğu olmamakla birlikte kronik lezyonlarda geç evrelerde histiositlerde lipid birikir ve histiositler köpük hücreleri görünümü alırlar. Son evre fibroz ile iyileşmedir.

Eozinofilik granülom histiositozların diğer iki türünün toplamından daha sık görülür. Lezyonlar başlıca kemiğe oturur. Kemik tutulumunda prognoz organ tutulumundan daha iyidir. Yaklaşık %80'i 10



Resim 6.97 Eozinofilik granülom. Genç bir yetişkin hastada, yan röntgenogramda (A) kalvaryumda keskin kenarlı litik lezyon. BT kesitinde (B) lezyonun iç ve dış tabulada farklı genişlikte destrüksiyona yol açtığı görülüyor. C. Aksiyal T2AG'de lezyonun görünümü.

yaşından önce görülür. Hastalık adolesan döneminde, bazen genç yetişkinlerde de görülebilir. Hastalığın görülme yaşı en önemli tanı ölçütüdür. Erkek kadın oranı 2/1'dir. Hastalarda ağrı ve lokal hassasiyet bulguları vardır. Özellikle çocukluk döneminde kafa sık tutulur. Proksimal femur ikinci sıklıkta tutulan bölgedir. Pelvis, kostalar ve omurda da lezyonlar bulunur. El ve ayağın tutulması nadirdir.

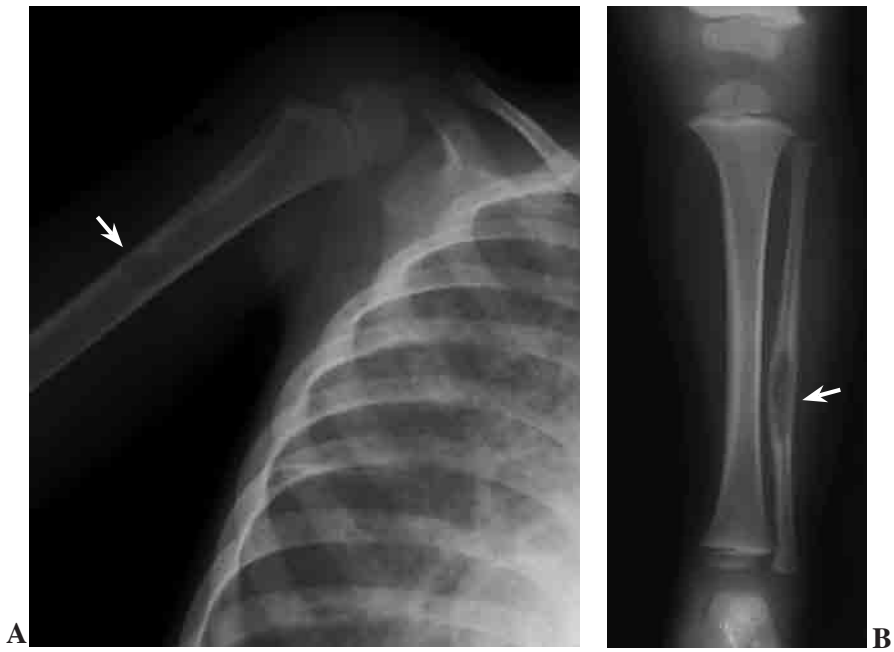
Röntgende jeografik tip kemik destrüksiyonu karakteristiktir. Özellikle kafada iç ve dış tabulanın farklı şekilde tutulması nedeniyle *çift kenarlu yuvarlak defektler* şeklinde görülürler (Resim 6.97). Bu lezyonların içerisinde sekestrasyon görülebilir. İyileşme fazında lezyonların kenarında skleroz gelişebilir. Mandibulanın tutulumunda litik alanların içerisindeki dişlerin görünümüne *yüzer diş işareti* adı verilir.

Omurga tutulduğunda tam bir vertebral kollapsa neden olur ve *vertebra plana* görünümü ortaya çıkar. Çocuklarda görülen vertebra plananın en sık nedenidir (Resim 6.98). Calvé hastalığı olarak tanımlanmış bir çok olgunun eozinofilik granüloma bağlı olduğu düşünülmektedir. Metastaz da vertebra plana oluşturan nedenlerden birisidir.

İskeletin diğer bölgelerinde, özellikle uzun kemiklerde yerleşen lezyonların görünümü çok çeşitlidir; litik veya sklerotik olabilir, sınırları seçilebilir veya belirsizdir, kenarları sklerotik olabilir, periost reaksiyonu görülebilir (Resim 6.99). Periost reaksiyonu tipik olarak benign görünümdedir; kalın, üniform ve dalgalıdır, fakat lamelli ve amorf yapıda da olabilir (Resim 6.100). Görünüm, enfeksiyon ve/veya düşük greydli bir maligniteye benzer. Permeatif yapıdaki lezyonlar Ewing sarkomunu taklit edebilir. Seri röntgenogramlarda spontan iyileşmenin saptanması ile tanı kesinleşir. İyileşme genellikle birkaç ay içerisinde olur. Hastalık benign yapıdadır ve kendi kendini sınırlar. Birlikte yumuşak doku kitlesi bulunabilir. Hastalıkta bazen kemik sekestrasyonu görülebilir. Sekestrasyon görüldüğünde ayırıcı tanıda eozinofilik granülomla birlikte osteomiyelit, lenfoma ve fibrosarkom düşünülmelidir.



Resim 6.98 Eozinofilik granülom. L2 vertebra korpusunda kollaps (vertebra plana).



Resim 6.99 Eozinofilik granülom. A. Humerus diyafizinde medullaya yerleşik iyi sınırlı litik lezyon (ok). Akciğerde intersisyal tutulum. B. Bir başka olgunun fibula diyafizinde, sklerotik değişiklikler göstermeyen, kortekste fuziform kalınlaşma ve solid periost reaksiyonuna yol açan santral osteolitik lezyon (ok).



Resim 6.100 Eozinofilik granülom. Femur proksimal diyafizinde, soğan kabuğu tarzında lamellar periost reaksiyonunun eşlik ettiği destrüktif radyolusent lezyon. Görünümü Ewing sarkomunu taklit ediyor.

Hand-Schüller-Christian hastalığı çocukluk çağında görülür. Kronik seyirlidir. Olguların %70'i beş yaşından küçüktür. Kalvaryumda litik lezyonlar, ekzoftalmi ve diabetes insipitustan oluşan üçlü bulgu olguların yaklaşık %10'unda vardır. Dörtte birinde ise kemik orbitada yerleşen histiyositoz nedeniyle tek veya iki taraflı ekzoftalmi gelişir.

Kemik lezyonları eozinofilik granüloma benzer. Ancak sayıca çok daha fazladır. Kalvaryumda geniş jeografik tipte destrüksiyon görülür. Olguların %40'ında çenede alveolar kenarları yıkarak, dişlerin *yüzer diş görünümü* almasına neden olan litik lezyonlar vardır. Uzun kemiklerde metafiz ve diyafizlerde medüller yerleşimde litik lezyonlar görülür. Pelvis ve vertebra korpus lezyonları sıktır. İyileşme evresinde periosteal reaksiyon ve medüller skleroz gelişir.

Letterer-Siwe hastalığı histiyositozların nadir görülen akut bir şeklidir. İki yaşın altında ve yenidoğanda görülür. Fatal seyirlidir. Kemik lezyonları görülmeyebilir. Splenomegali, hepatomegali, lenfadenopati ve anemi temel bulgularıdır. Hastalar ateş ve büyüme geriliği ile hekime başvururlar.

Difüz, ince, nodüler pulmoner infiltrasyon sıktır. Kemik lezyonları diğer histiositozlara benzer, fakat daha yaygındır. Destrüktif medüller lezyonlar yassı kemikleri ve uzun kemiklerin metafizlerini tutar. Kal-

varyumda sık görülür. Tanı kemikten veya lenf nodlarından yapılan biyopsi ile konur. Akut lenfoma, lösemi ve kistik nöroblastom ayırıcı tanıda göz önünde bulundurulmalıdır.

Histiositoz grubu hastalıklarda iskelet sistemi dışında diğer organ ve dokular da tutulur. Eozinofilik granülomda akciğer tutulumu sık değildir ve hastalığın prognozunun kötü olduğunu gösterir. Akciğerlerde üst lob tutulumu tipiktir; difüz interstisyel retikülonodüler infiltrasyon ve ince duvarlı kistler görülür. Sonunda bal peteği akciğer görünümü oluşturabilir. Beyinde meningial ve pitütiter tutulum görülebilir. Karaciğer, dalak ve lenf nodları gibi retiküloendotelyal sistem organları da tutulabilir.

Histiositozlarda reaktif kemik yapımı yoksa sintigramlar negatif olabilir. Kesit görüntüleme yöntemleri ile özellikle eşlik eden yumuşak doku komponentleri görüntülenir.



Resim 6.101 Soliter kemik kisti. Femur proksimal metafizinde, sınırı keskin, osteolitik lezyon

TÜMÖRE BENZER LEZYONLAR

Soliter kemik kisti

En sık 1.-2. dekadda görülür, erkek-kadın oranı 3/2'dir. Basit kemik kisti ve ünikameral kemik kisti isimleri de verilir. Her zaman tek bölmeli (ünikameral) olması gerekmez. Sık görüldüğü yer humerusun proksimal metafizidir. Femur ve tibianın proksimal metafizleri de sık görüldüğü yerlerdendir. Yassı kemiklerde daha az sıklıkla görülürler. Kalkaneusun ön alt kesimi tipik yerleşim yerlerinden birisidir. Patolojik fraktür olmadan ağrı ve şişlik nadirdir. Sıklıkla tesadüfen saptanır.

Histopatolojisinde kist içerisinde sarımtırak serözanjinöz veya berrak bir sıvı bulunur. Genellikle ince bir kortikal duvarı vardır. Kist içerisinde osteoid doku ve osseöz trabeküller bulunabilir.

Röntgende soliter, iyi sınırlı, oval veya yuvarlak, santral yerleşimli medüller radyolusensi şeklinde görülür (Resim 6.101). Korteks incelmiştir ve hafif bir ekspansiyon görülür. Ekspansiyonun kemiğin en geniş çapını geçmemesi, örneğin metafizin genişliğini aşmaması kuraldır. Geçiş zonu dar ve keskin sınırlıdır. Multiloküler olabilir. Korteksten kopan bir parçanın kist sıvısının dibine inmesi *düşen parça işareti* olarak isimlendirilmiştir. Düşen parça pozisyona bağlı olarak yer değiştirir. Soliter kemik kisti için tanımlanan bu bulgu lezyonun solid değil kistik olduğunu gösterir. Başlangıçta metafizde fiz çizgisine dayalı olan kistler, zamanla araya normal büyüyen kemik kesiminin girmesiyle diyafize doğru yer değiştirir. Küretaj ve kemik kıymıkları doldurularak yapılan tedaviden sonra, özellikle büyük lezyonu olan çocuklarda rekurrens sıktır.

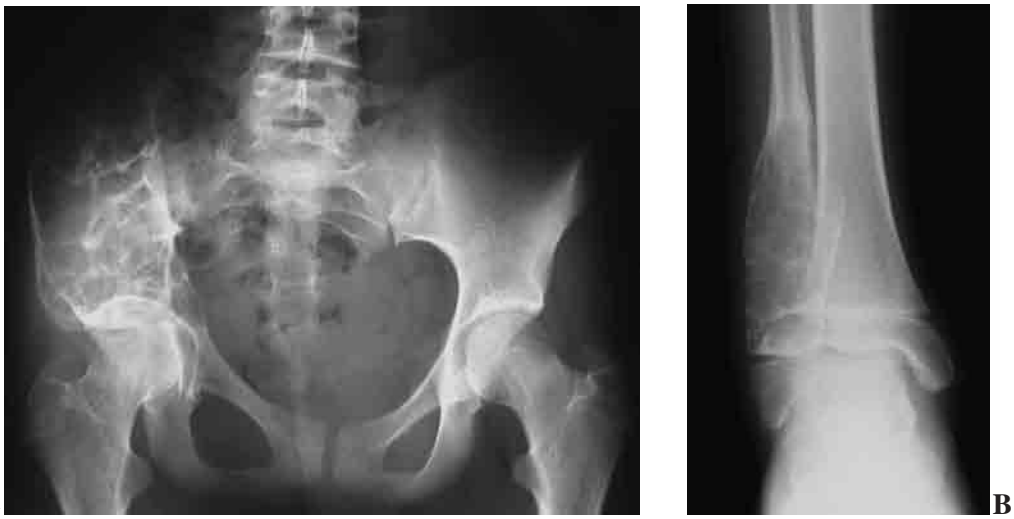
Lezyonun santral yerleşimi, periost reaksiyonunun olmaması ve 30 yaşından önce görülmesi ayırıcı tanı ölçütleridir.

Anevrizmal kemik kisti

En sık 2.-3. dekadda görülür, kadın-erkek oranı eşittir. Omurun posterior elemanlarında ve ilyak kemiklerde sık yerleşir. Büyük, uzun kemikler de sık tutulur. El ve ayağın tubüler kemiklerinde, kalkaneusta, klavikula ve nadiren kafada görülür. Klinik olarak hafif ağrı ile birlikte şişlik bulunabilir. Bazı olgularda enfarkta bağlı olduğu sanılan akut, şiddetli ve progressif bir ağrı vardır. Spinal lezyonlar nörolojik defisit oluşturabilir.

Histopatolojik olarak büyük, ince duvarlı, kanla dolu kistik kaviteler görülür. Kan damarlarının müsküler tabakaları yoktur.

Röntgende ekzantrik yerleşimli osteolitik lezyonlar şeklindedir. Radyolojik görünümüne göre isimlendirilmiş tek kemik lezyonudur. Daima ekspansildir ve anevrizmatik yapıdadır. Üzerini örten korteks ince bir



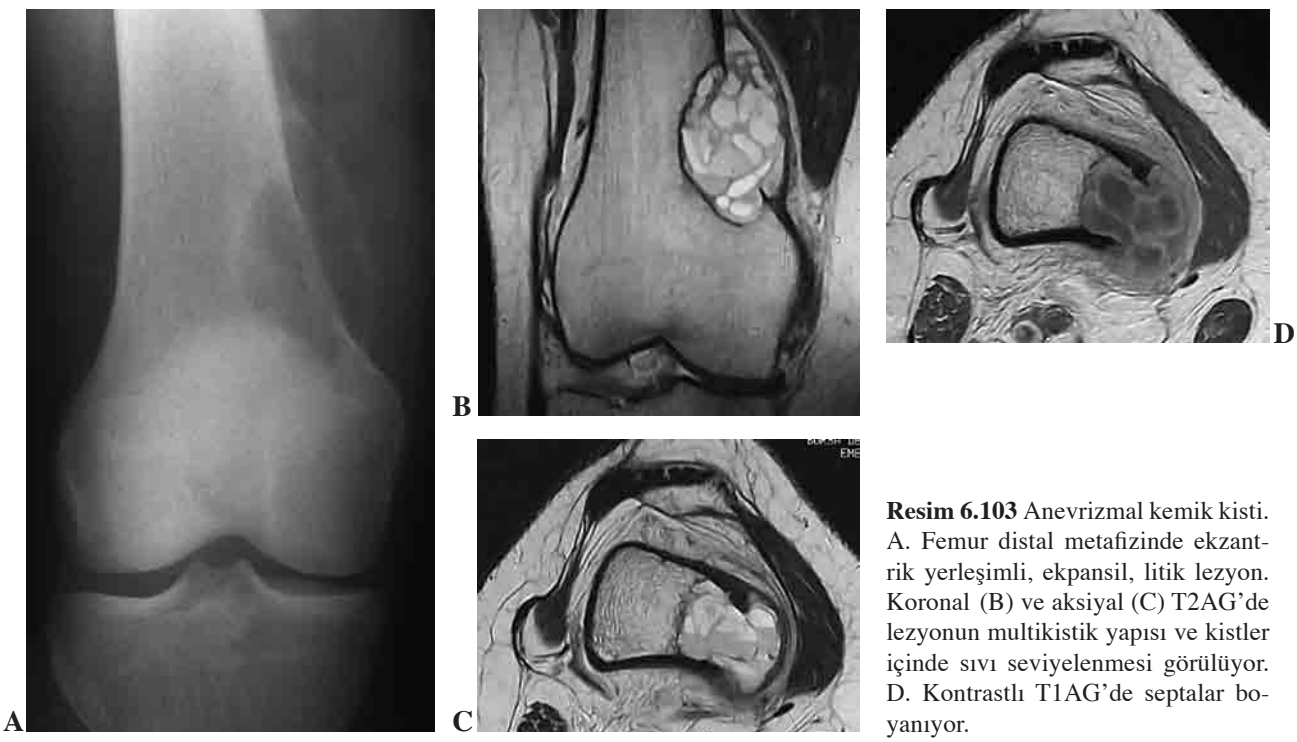
Resim 6.102 Anevrizmal kemik kisti. Farklı olgular. Sağ iliumda (A) ve fibula distal metafizinde (B) ince septalar içeren ekspansil litik lezyonlar.

kabuk şeklini almıştır. Geçiş zonu genellikle dardır ve reaktif skleroz görülür (Resim 6.102). Bazı olgularda malign bir tümöre benzer şekilde geniş geçiş zonu görülebilir. Lezyon içerisinde septalar bulunabilir. Kırık olmadıkça periost reaksiyonu görülmez. Omurda yerleşenlerin ayırıcı tanısı dev hücreli tümör ve osteoblastom ile yapılmalıdır.

Kesit görüntülemede lezyonun bölmelerinde *sıvı-sıvı seviyesi* görülebilir (Resim 6.103). Ekspansil olmaları ve 30 yaşından önce görülmeleri ayırıcı tanı ölçütleridir.

Fibröz displazi

Doğumsal olan benign bir anormalliktir, her yaşta görülebilir ve radyografik olarak hemen her lezyona benzeyebilir. Röntgen görünümleri hastalığın seyrine



Resim 6.103 Anevrizmal kemik kisti. A. Femur distal metafizinde ekzantrik yerleşimli, ekpansil, litik lezyon. Koronal (B) ve aksiyal (C) T2AG'de lezyonun multikistik yapısı ve kistler içinde sıvı seviyelenmesi görülüyor. D. Kontrastlı T1AG'de septalar boyanıyor.

göre değişiktir; periostit görülmemesi önemli bir ayırıcı tanı ölçütüdür. Malign dejenerasyon göstermez ve lezyonlar kırık olmadıkça ağrısızdır.

Başlıca monostotik ve poliostotik olarak iki şekli vardır. Olguların yaklaşık %85'i monostotiktir. Monostotik formda tek bir kemik, poliostotik şekilde ise bir çok kemik tutulur. Kraniofasiyal lezyonlar bu sınıflama içerisine girmez ve farklı röntgen görünümleri vardır ("cherubism" ve "leontiasis ossea"). Poliostotik tipe bazen deri pigmentasyonları, seksüel ve iskelet prekoksitesi eşlik eder. Bu tabloya *McCune-Albright sendromu* adı verilir.

Monostotik fibröz displazi birçok olguda geç çocukluk döneminde ortaya çıkar. Bununla birlikte yeni doğanda monostotik forma benzer lezyonlar tanımlanmıştır. Monostotik tipte en sık tutulan kemik femur ve tibiadır. Röntgenolojik olarak uzun kemiklerde medüllada santral olarak yerleşmiş ekspansil osteolitik lezyonlar şeklindedir (Resim 6.104). İç kenarları sklerotiktir, endosteal oyuklanma görülebilir; dış kenarı normal kemikle karışarak kaybolur. Lezyonun içinde kaba trabeküler yapı ve buna bağlı yoğunluk artımı gözlenebilir. Etrafını çeviren korteks incelmiş ve ekspanse olmuştur. Lezyonlar puberte sonuna kadar yavaş gelişme gösterirler. Patolojik kırık görülebilir. Lezyon cerrahi olarak tam çıkartılmazsa rekurrens görülebilir.



Resim 6.104 Fibröz displazi, monostotik tip. Ulna diyafizinde, buzlu cam görünümünde yoğunluk artışı gösteren ekspansil karakterde medüller lezyon.

Poliostotik şeklinde olguların %90'ında pelvis ve alt ekstremite kemikleri tutulur. Pelviste lezyon varsa hemen daima aynı tarafın proksimal femurunda da vardır. Femur ve tibia sık tutulur. Omurga, kaburgalar, kürek kemiği, kafa ve yüz kemikleri de sık tutulan diğer bölgelerdir. Çok sayıdaki lezyon vücudun bir yarısında belirgin bir şekilde daha fazla sayıda görülür. Lezyonlar en sık uzun kemiklerin metafizlerinde yerleşir. Röntgen görünümü monostotik tipten oldukça farklıdır.

Hastalık lokalize bir lezyon olarak kalmaz ve tüm kemik boyunca yayılır. Kemik korteksi, medüller lezyonlardan farklı olarak doğrudan tutulur. Kemiğin tüm yapısı bozulmuştur (Resim 6.105). Korteks-medülla ayırımı kaybolur. Spongiozadaki trabeküler yapı yerini farklı yoğunlukta yapıların karışımından oluşan amorf bir görünüme bırakır. Kemiklerde radyolusent alanlar görülür. Bunlar düzensiz kenarlı, değişik boyut ve şekildedir. Lezyonların dışındaki iskelet sistemi normaldir. Kafa kaidesi ve yüz kemiklerinin tutulumunda belirgin şekilde yoğunluğu artmış lezyonlar görülebilir.

Poliostotik fibröz displazide görülen deformiteler tutulan kemik kesimlerinin yumuşamasına bağlıdır. Hastalığın geç evresinde ortaya çıkar ve tutulan kemiklerin şaftlarında belirgin kalınlaşma izlenir. Femurun proksimal kesiminin eğilmesine bağlı olan koksa vara en sık görülen deformite şeklidir. Femurdaki bu deformiteye *çoban sopası* görünümü adı verilir (Resim 6.106). Skolyoz, kifoz ve pelvis deformasyonu görülebilir. McCune-Albright sendromunda kemik değişiklikleri diğer tip poliostosik displaziden farklı değildir. Fakat kemik yaşı iskelet prekoksitesi nedeniyle ileridir.

Poliostotik lezyonların yayılım hızı değişiktir; bazen çok yavaş olabilir. Bununla birlikte ilerleyici bir seyir kuraldır. Birçok olguda büyüme durduktan sonra da lezyonlar ilerlemeye devam eder.

Poliostotik fibröz displazinin tanısı kolaydır. Olguların bir bölümü Brown tümörleri ile seyreden hiperparatiroidizmle karışabilir. Fibröz displazide lezyonların bulunmadığı kemik kesimleri hiperparatiroidizmin tersine normaldir. Paget hastalığı poliostotik fibröz displaziye benzer. Ancak olguların yaşı ayırıcı tanıda yardımcı olabilir. Monostotik fibröz displazinin tanısı çok zor olabilir. Görünüm kemik kistleri, fibröz kortikal defektler, konjenital psödoartroz ve enkondrom ile kolaylıkla karışır; ayırıcı tanı radyolojik olarak mümkün olmayabilir.



Resim 6.105 Fibröz displazi, poliostotik tip. Değişik kemiklerde (A ve B) yer yer buzlu cam görünümünde ekspansiyona ve kortikal incelmeye yol açan lezyonlar.

Fibröz displazide lezyonlar hipervaskülerdir, dolayısıyla sintigrafide tutulan kesimde yoğun aktivite birikimi izlenir.



Resim 6.106 Fibröz displazi. Poliostotik tip. Proksimal femurda çoban sopası deformitesi.

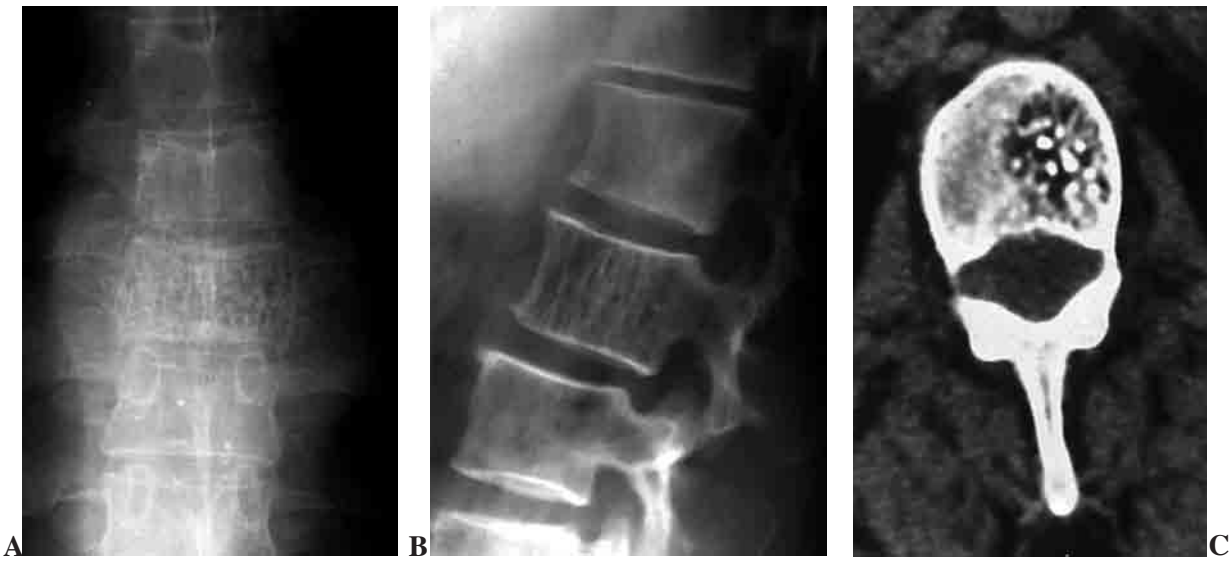
DİĞER İSKELET DOKUSUNDAN ÇIKTIĞI VARSAYILAN TÜMÖRLER

Hemanjiom

En sık 4.-5. dekadda görülür, erkek-kadın oranı 1/2'dir. Omurga en sık yerleştiği bölgedir. Kalvariyum ikici sıklıkta yerleştiği yerdir. Geriye kalan lezyonlar uzun kemiklerde ve diğer yassı kemiklerde yerleşir. Klinik bulgular lezyonların yerine bağlıdır. Ağrı ve şişlik bulunabilir. Omurun gövdesinde yerleşen lezyonlarda kompresyon kırığı görülebilir.

Omurda yerleşen lezyonlar ince duvarlı dilate vasküler kanallar şeklindedir. Kanalların çevresindeki bir çok kemik trabekülü rezorbe olur. Kalan trabeküler kalınlaşmıştır ve dik olarak dizilirler. Bu trabeküller tek tabakalı endotelyal hücrelerden oluşmuş damar yapılarını çevreler. Röntgende vertebra korpuslarında kaba vertikal çizgilenmeler şeklinde görülür. Bu görünüm *kaba fitilli kadifeye* benzetilmiştir (Resim 6.107). Bazen lezyonlar nöral arka uzanırlar. Genellikle ekspansiyon görülmez. Kompresyon fraktürüne ve miyelografide ekstradural bloka neden olabilir.

Diğer yassı kemikler ve/veya uzun kemiklerde yerleşen hemanjiomlarda da ince duvarlı, kanla dolu vasküler alanlar görülür. Bu yapıların bulundukları kesimdeki trabeküller kaybolur, çevreleyen trabeküller yeni kemik birikimi ile kabalaşır ve retiküler görünüm alır. Özellikle kalvariyal kemiklerde yerleşenler-



Resim 6.107 Vertebral hemanjiom. Farklı olgular. Röntgenogramlarda (A ve B) vertebra korpusunda kaba vertikal çizgilenme (kaba fitilli kadife görünümü). Ön-arka röntgramda lezyona paravertebral yumuşak doku şişliği eşlik ediyor. Aksiyal BT kesitinde (C) kanselöz kemik içinde kalınlaşmış vertikal trabekülerin oluşturduğu kaba noktalar.

de kalınlaşmış trabeküller hemanjioma bazen *araba tekerleği* görünümü verir.

Vasküler tümörler

Vasküler tümörler iskelette değişik şekillerde görülebilir. Hemanjioendoteliom adolesanda görülen düşük greydli malign lezyondur. Genellikle tek ekstremitede, el ve ayaklarda, birden fazla kemiği tutan multipl lezyonlar vardır. Lokal olarak saldırgandır, nadiren metastaz yapar.

Anjiosarkom adolesan ve genç yetişkinlerin malignite derecesi yüksek vasküler tümörüdür. Olguların 1/3'ü multifokaldir, sıklıkla metastaz yapar.

Masif osteoliz *(Gorham hastalığı)* çocukların ve genç yetişkinlerin kemiklerinde görülen yaygın kistik anjiomatozdur. Lezyonlar hemanjiomatoz ve lenfanjiomatozdur. İdiopatik olduğu kabul edilir, sıklıkla travma öyküsü vardır. Genellikle kalça ve omuz kemikleri tutulur (Resim 6.108). Kemik hızla kaybolur. Kemik kaybı devamlıdır ve eklemi geçerek diğer kemikte devam eder. Kemikte reaktif bir değişiklik veya periost reaksiyonu yoktur. Hastalığa *kistik anjiomatoz* ve/veya *kaybolan kemik sendromu* adı da verilir. Bazı olgularda iskelet yaygın olarak tutulur.

Glomus tümörü terminal falankslarda görülen benign vasküler tümördür. İyi sınırlı litik lezyonlardır ve ağrılıdır. Ağrı ve tipik yerleşimi tanı koydurucudur.



Resim 6.108 Kistik anjiyomatoz. Ön-arka pelvis röntgenogramı (A) ve aksiyal BT kesitinde (B) sol iliumda bal peteği görünümünde osteolitik lezyon.



A



B

Resim 6.109 İntraosseöz lipom. A. Kalkaneusta merkezinde kalsifikasyon bulunan, ince sklerotik kenarlı, radyolusent lezyon. B. BT kesitinde lezyonun yağ dansitesinde olduğu görülüyor.

İntraosseöz lipom

Asemptomatik kistik lezyonlardır. Proksimal femur, fibula ve kalkaneus sık yerleştiği yerlerdir. Merkezlerinde kalsifiye bir nidus bulunabilir. BT ve MR'de yağ dokusunun saptanması ile tanı kesinleşir (Resim 6.109).

Kordoma

Embriyolojik gelişim sonucunda intervertebral disklerdeki nükleus pulpozusa dönüşen notokord artıklarından çıkar. Nadir, yavaş büyüyen, yerel olarak saldırgan bir tümördür. Herhangi bir bölgede olabilir; en sık sakrumda (%50), klivus bölgesinde (%35) ve vertebra gövdesindedir (%15). Röntgende ekspansil litik lezyonlar şeklinde görülür. Geniş yumuşak doku kitlesi ile birliktedir. Değişik derece ve oranda kalsifikasyon görülür (Resim 6.110).

Adamantinoma

Osteofibröz displazi yelpazesi içerisindedir. Çok nadir görülen bir tümördür; 20-50 yaşları arasında görülür. Olguların %90'ı tibianın diyafizinin orta 1/3 kesimine yerleşir. Yerel olarak saldırgan bir tümördür. Röntgende keskin kenarlı, kenarı skleroze, hafif ekspansil,



A



B

Resim 6.110 Kordoma. Ön-arka röntgenogram (A) ve aksiyal BT kesitinde (B) yaygın kemik yıkımı yapan, tümör matriksi içinde amorf kalsifikasyonlar içeren, büyük yumuşak doku kitlesi.

multiloküler litik lezyonlar şeklindedir. Santral veya ekzantrik yerleşim gösterebilir. Fibulada da satellit lezyonlar görülebilir.

KEMİK METASTAZLARI

Malign tümörler kemiğe sık metastaz yapar. Kanserden ölenlerin yaklaşık 1/4'ünde kemik metastazı vardır. Radyolojik görünümleri hemen her lezyonu taklit edebilir. Bu nedenle 40 yaşın üstündeki bir hastada, şüpheli görünümdeki kemik lezyonları öncelikle metastazı düşündürmelidir.

Kadında meme kanserinin 2/3'ü kemiğe metastaz yapar. Meme metastazları genellikle aksiyel iskeleti tutar. %70'i osteolitik %20'si miks yapıda ve %10'u osteoblastiktir. Ooforektomi ve androjenik hormon tedavisi ile litik lezyonlar skleroze olabilirler.

Erkekte kemik metastazlarının yarısı prostat kanserine bağlıdır. Aksiyal iskelet, özellikle pelvis ve omur sık tutulur. Asit fosfataz seviyesi yükselmiştir. Lezyonlar osteoblastiktir (Resim 6.111). Yuvarlak ve oval dens alanlar birbirleriyle birleşmeye meyillidir. Vertebralardaki soliter lezyonlar Paget hastalığına benzer, ancak Paget'te gördüğümüz kemik genişlemesi prostat metastazında yoktur. Nadiren güneş ışığı şeklinde periost reaksiyonu görülür veya litik soliter bir lezyon şeklindedir. Yaşlı olgularda litik metastaz olasılığı artar.

Akciğer ve böbrek kanserlerinin 1/4'ünün kemiğe metastaz yaptığı kabul edilir. Akciğer kanseri metastazları el ve ayaklar dahil iskeletin her kesimine yerleşebilir. İskelette uçların tutulması ve korteksin dıştan



Resim 6.111 Kemik metastazı. Prostat karsinomu olan hastanın pelvis kemiklerinde ve femurda osteosklerotik metastaz odakları.



Resim 6.112 Kemik metastazı. Bronkojenik karsinomlu hastanın femur diyafizi mediyal korteksinin dış yüzeyinde, metastazın yol açtığı yıkım (ısırık görünümü).

ısırılmış gibi destrüksiyonu tipiktir (Resim 6.112). Tüm lezyonlar litiktir, başlangıçta geçiş zonu dar olabilir. Akciğerin periferindeki kanserler komşuluğundaki kaburga ve/veya omuru invaze edebilir.

Renal hücreli karsinomda aksiyal iskelet sık tutulur. Omur, pelvis, kaburgalar ve uzun kemiklerde yerleşir. Humerus diyafizi yerleşimi tipiktir. Sıklıkla tek, litik ve ekspansil lezyonlar şeklindedir. Geçiş zonları geniştir. Subartiküler yerleşenler dev hücreli tümörü taklit eder. Metastazı hiçbir zaman sklerotik olmaz. Litik ekpansil metastazlardan biridir; diğeri tiroid kanseri metastazıdır.

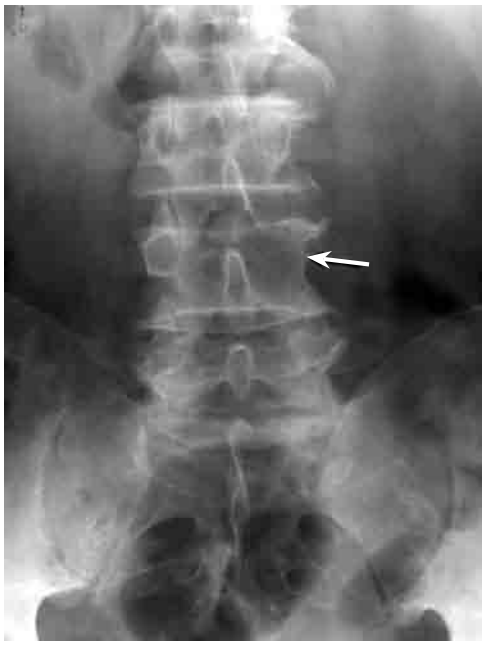
Nöroblastomlar ve Ewing tümörleri de kemiğe sık metastaz yapan tümörlerdir. Nöroblastom metastazları genellikle metafizleri tutan difüz destrüksiyon alanları şeklindedir. Kafada ekstradural metastaza bağlı sütürlerde açılma tipiktir. İskeletteki görünüm lösemik infiltrasyona çok benzer. Ewing sarkomunda ise kemik metastazları primer tümöre benzer görünümdedir.

İskelet sistemine çok sık metastaz yapan bu tümörlerden sonra ikinci sıklıkta metastaz yapan tümörler olarak kolon, tiroid kanserleri ve bronşiyal karsinoid sayılabilir. Kolon metastazları litiktir. Kolonun sol yarısında ve rektumda yerleşen tümörler iskelet siste-

mine daha çok metastaz yapar. Bazı olgularda prostat karsinomu metastazını taklit edecek şekilde skleroz görülür. Tiroid kanseri metastazları geniş geçiş zonu olan litik lezyonlardır. Plazmositomu ve renal hücreli karsinom metastazını taklit edecek şekilde ekspansil olabilirler. Bu lezyonlar anjiografide belirgin damarlanma gösterir. Tiroid kanseri metastazı tiroidektomiden yıllar sonra ortaya çıkabilir. Genellikle malignite derecesi düşük yavaş büyüyen lezyonlar şeklindedir. Bronşiyal karsinoid metastazları genellikle yavaş büyüyen, difüz, sklerotik alanlar şeklinde görülür. Rektum, mide, mesane, uterus, testis tümörleri iskelete daha az sıklıkta metastaz yapar.

Genel olarak değerlendirildiğinde metastazlar en sık aksiyal iskelette yerleşir. Vertebralarda pedikküllerin tutulması metastaz için tipik bir bulgudur (Resim 6.113). Korpuslara yerleşirse kollapsa neden olur. Metastazların büyük çoğunluğu litik görünümdedir. Genellikle medülladan başlar ve her yana doğru genişleyerek korteksi yıkar. Periost reaksiyonu görülmez. Osteoblastik metastazlar daha azdır. Bazen malign bir tümörde litik ve blastik metastazlar birlikte görülebilir. Litik lezyonlar tedaviden sonra sklerotik şekle dönebilir.

Kemik metastazı araştırmasında RG temel yöntemdir. RG'de lezyon görülen fakat röntgenin normal olduğu durumlarda konvansiyonel tomografi ve BT ile bazen, MR ile hemen her zaman lezyon gösterilebilir. RG ve röntgende generalize anormallik varsa olgular metabolik kemik hastalıkları yönünden değerlendirilir. Tiroid kanseri şüphesinde I-131, lenfoma şüphesinde Ga-67 sintigramları yapılır.



Resim 6.113 Kemik metastazı. L4 vertebra sol pedikülünde metastaza bağlı destrüksiyon (ok).

Kemik tümörlerinde diğer radyolojik yöntemler

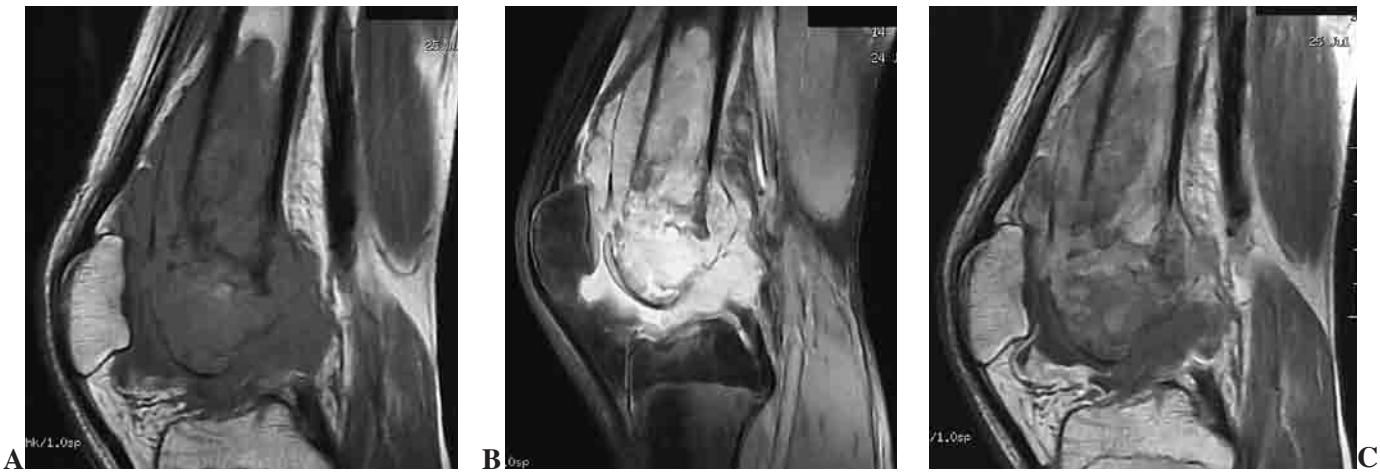
BT: Kemik tümörlerinin iç yapısı, yaygınlığı ve birlikte bulunan yumuşak doku kitlesi BT ile gösterilebilir (Resim 6.114). Kemikteki litik bir alan BT'de tümüyle kistik görünümdeyse basit bir kisti temsil eder. Osteokondrom, BT ile kondrosarkomdan ayrılabilir. Kemikteki lezyonların yaygınlığı BT ile röntgenden daha iyi saptanır. Medüller metastazlar dansite artımına neden olurlar. Karşılaştırmalı alınan BT kesitlerinde her iki medülla arasındaki yoğunluk farkının 20 HÜ'yi geçmesi metastaz yönünden anlamlıdır. Metastazlarda görülen medüller yoğunluk artımı intramedüller enfeksiyonlarda da görülür. Kemik tümörleri normalde röntgenle incelenir. Metastaz araştırmasında radyonüklid görüntüleme ilk yöntem olmalıdır. BT lezyonun uzanımını saptamada ve karakterizasyonunda yardımcıdır.

MR: Etkili kemoterapi sayesinde primer kemik tümörlerinin, özellikle osteosarkom ve Ewing sarkomunun sağ kalım yüzdesi %20'den azken, %50'lerin üzerine çıkmıştır. Ayrıca doğru bir preoperatif evreleme ile ekstremiteleri kurtaracak şekilde daha konservatif bir cerrahi uygulanabilmektedir. Bu nedenle primer kemik tümörlerinin erken tanısı ve yaygınlığının saptanması büyük önem taşır.

Kemik tümörlerinin tanısı rötgenle konur; lezyonların kemik içerisinde ve çevre yumuşak dokudaki



Resim 6.114 Aksiyal BT kesitinde, osteosarkoma ait yumuşak doku kitlesi ve kitle içinde tümöral yeni kemik yapımına bağlı opasiteler.



Resim 6.115 Osteosarkom. T1AG (A), T2AG (B) ve kontrastlı sagital T1AG. Femur distalinde korteksi ve eklem kıkırdağını harap ederek ekleme uzanan lezyon.

yaygınlığını en iyi gösteren yöntem MR'dir. Tümör kitlesi T1AG'de hipointens T2AG'de hiperintenstir. Malign fibröz histiositom (fibrosarkom) ve desmoid tümör bazen T1AG'de ve T2AG'de hipointens olabilir. Lipom, kist ve hemanjiom doku karakteristikleri ile tanınabilirler. MR'nin kemik tümörlerinin değerlendirilmesindeki ana endikasyonları şunlardır:

MR ile bir kemik tümörünün medüller yayılımı, röntgen, BT ve sintigrafiden çok daha doğru bir şekilde saptanabilir. Longitudinal kesitlerle, bir uzun kemiğin medüllasının aralı tutulumu ("skip" metastazları) görüntülenebilir.

Tümörün yumuşak doku yayılımı MR ile ayrıntılı olarak gösterilir (Resim 6.115). T2AG'de daha belirgin görülen bu yayılım, peritümöral ödemin de hiperintens olması nedeniyle, olduğundan büyük görülebilir. Tümörün damarlarda oluşturduğu yer değişikliği ve invazyon kontrast maddeye gereksinim olmadan gösterilir. Tümör ile komşu eklem, eklemin bağları ve kıkırdağı arasındaki ilişki tam olarak gösterilerek cerrahın daha konservatif davranması sağlanabilir.

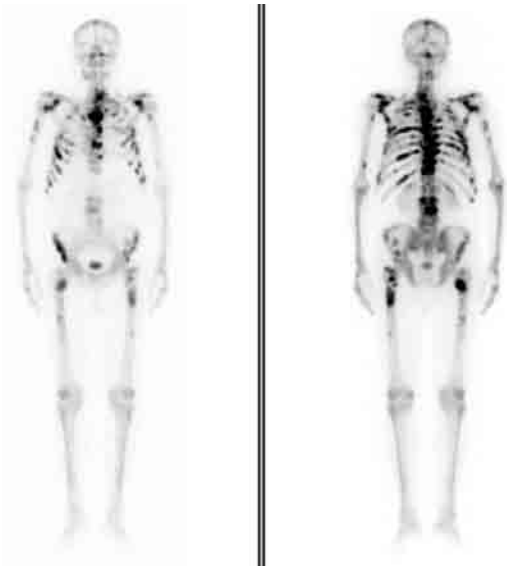
Tümördeki nekroze alanın boyutu histopatologlara göre kemoterapiye cevabı belirlemektedir. Nekroz alanı ne kadar genişse kemoterapiye cevap o kadar iyi olmaktadır. T1AG'de ve T2AG'de, tümör dokusu ile nekroze alan aynı sinyal intensitesinde olabileceği için birbirinden ayrılamaz. Bu ayırım kontrastlı MR ile duyarlı olarak yapılabilir.

Tedavi sonrası rekürrens MR ile saptanabilir. Matür fibröz doku özellikle T2AG'de belirgin şekilde hipointenstir. Tedaviyi izleyen evrede çok düşük sinyal yoğunluğu rekürrensin yokluğunu gösterir. Bu konuda sınırlayıcı faktör tümörün boyutudur; 1-2 mm'lik küçük rekürrens MR ile saptanamaz. Tedavi sonrası görülen hiperintens alan ise özgül değildir; rekürrensi veya nekroze tümörü temsil edebileceği gibi inflamatuar bir reaksiyonu da temsil edebilir. Rekürrensi, nekrozdan ayırmak için kontrast madde kullanılmalıdır; inflamatuar psödotümörden de dinamik kontrastlı MR ile ayırt edilebilir.

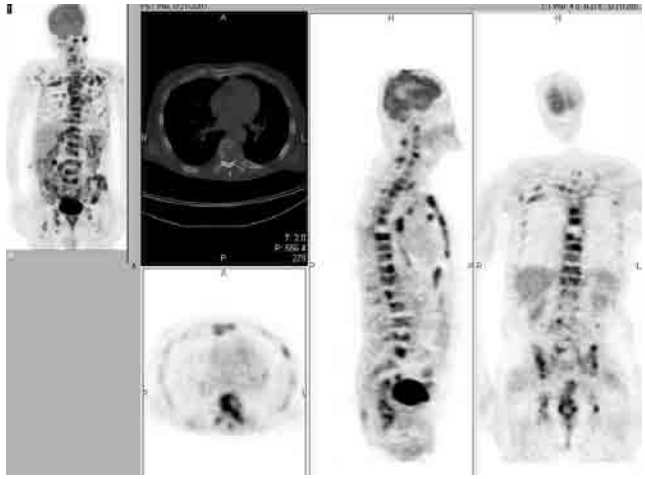
RG: Sintigramlarda kemikteki tümöral lezyonun karşıtı olan hiperaktif alan, genellikle röntgenogramlardaki tümör boyutundan daha geniştir. Bu özellik benign tümörlerde daha belirgindir. Tümörlerin çoğunda hiperaktivite görülür. Röntgende belirgin olmayan osteoid osteomun nidusu dinamik çalışmalarda belirgin aktivite tutar; statik görüntülerde ise reaktif kemik alanında yoğun aktivite birikimi görülür. Melorostoziste de pozitif tutulum izlenir. Benign kemik lezyonları, örneğin fibroz kortikal defekt, ossifiye olmayan fibrom, anevrizmal kemik kisti, kemik adacıkları ve benign kemik kistleri daha az aktivite tutar veya hiç tutmaz.

Multipl miyelom dışındaki malign tümörlerin büyük çoğunluğunda pozitif tutulum görülür. Osteojenik sarkom, tümöral kemik oluşturması ve çok vasküler bir tümör olması nedeniyle yoğun aktivite tutar. Bu tümörün kalsifiye olabilen hepatik ve pulmoner metastazları da sintigramlarda hiperaktif görülür.

Metastazların saptanmasında yöntem çok duyarlıdır. Primer tümör tanısı konmuş ve röntgenogramları normal olgularda sintigramlarda %10 ile %30 oranında metastaz saptanabilir. Bu oran, kemiğe özel bir ilgi duyan akciğer, meme ve prostat gibi tümörlerde daha da artar. Bununla birlikte, bilinen primer malign bir



Resim 6.116 Kemik sintigrafisi, süpersken.



Resim 6.117 PET-BT. Yaygın metastaz.

hastalığı olan olgularda tespit edilen soliter hiperaktif alanın %30'u, benign bir lezyonla ilgilidir.

Bazen meme ve prostat kanserlerinde kemik metastazı çok yoğundur; radyonüklidin iskelet sisteminde aşırı tutulması nedeniyle böbreklerde ve mesanede aktivite saptanmayabilir. Bu görünüme *süpersken* adı verilir (Resim 6.116). Paget hastalığı, sistemik mastositoz ve miyelofibroz süperskenin diğer nedenleridir. Bazı süpersken olgularında kemikteki tutulum difüz ve homojen bir şekilde çok belirgindir; fokal lezyon saptanmaz.

Bazen metastatik foküste normal veya azalmış aktivite tutulumu izlenir. Bu durum genellikle çok saldırgan tümörlerde görülür. Bu olgularda kemik lezyonları tümüyle osteolitiktir ve reaktif kemik yapımı çok azdır veya hiç yoktur. Bu tip metastazların primerleri sıklıkla akciğer ve memededir. Multipl miyelomda da benzer görünüm ortaya çıkar.

Primer veya metastatik kemik tümörlerinin tedaviye verdiği cevap kemik sintigramları ile izlenebilir. Radyasyondan veya kemoterapiden sonraki iki ay lezyonların daha çok aktivite tuttuğu görülür. Yeni bir lezyon ortaya çıkmamışsa bu durum iyiye işarettir ve kemiğin savunma mekanizmasını gösterir. Başarılı bir tedavi gerçekleşmişse iki ay sonra lezyonların aktivite tutulumları normale döner.

FDG PET ve PET-BT kemik tümörlerinin evrelenmesinde ve tedaviye cevabının izlenmesinde duyarlılığı yüksek bir yöntemdir (Resim 6.117). Prostat kanseri metastazları hipometabolik olduklarından yöntemin duyarlılığı kemik sintigrafisinden daha düşüktür.

AVASKÜLER NEKROZLAR (AVN)

Osteokondroz, yerel aseptik nekroz, osteokondrit ve stres fraktürü isimleri ile de anılan bu tanım, etyolojisi aynı olmayan heterojen bir grup hastalığı içine alır. Neden olarak kanlanmada yetersizlik ileri sürülmüştür. Bir bölümünde etken travmadır. Diğer nedenler arasında steroid ve asprin kullanımı, alkolizim, kollajen vasküler hastalıklar bulunur; idyopatik olarak da görülebilir.

AVN'nin ayırdedici niteliği, normal görünümdeki bir eklemde epifiz yoğunluğundaki artıştır. Dejeneratif eklem hastalığından eklem mesafesinde daralma ve ostefitlerin olmaması ile ayrılır. En erken bulgu, eklem içerisinde sıvı birikimidir. Bu bulgu radyografik olarak çoğu zaman saptanamaz. Daha sonra kemikte benekli ve yamalı yoğunluk artımı ortaya çıkar. Erken bulgu olarak tanımlanan subkondral lusent çizgi, yoğunluk artımından sonra ortaya çıkar; erken bulgu olarak kabul edilmesi yanlıştır ve birçok olguda tanının gecikmesine ve atlanmasına neden olur.

Hastalığın geç evresindeki bulgular, artiküler yüzeyin kollapsı ile birlikte kemiğin fragmantasyonudur. Bu değişikliklerin eklemin yalnız bir tarafında görülmesi önemli bir tanı ölçütüdür. AVN dışında eklemi tutan tüm olaylarda, eklemin her iki tarafı da tutulur. AVN subkondral kemikte kist veya gode oluşturan dört hastalıktan (diğerleri romatoid artrit, osteoartrit, psödogut) biridir. Tanı da en duyarlı yöntem MR'dir. Sintigrafide erken evrede aktivite tutulumunda azalma, onarım evresinde ise revaskülarizasyon ve osifikasyon nedeniyle artmış radyonüklid birikimi izlenir.

Femur başının avasküler nekrozu

Birçok hastalıkla birlikte görülür. Bunların en önem-

Tablo 6.3 Fragmante femur başı görünümünün en sık nedenleri

– Kretenizm	– Cushing sendromu
– Legg-Calvé-Perthes	– Aşırı steroid tedavisi
– Post-travmatik	– Pankreatit
– Gaucher hastalığı	– Alkolizm
– Hemofili	– Tromboembolik hastalık
– Orak hücreli anemi	– Caisson hastalığı
– Mukopolisakkaridozlar (Hurler ve Morquio)	– Renal transplantasyon

lileri Tablo 6.3'te gösterilmiştir. Femur başında görülen röntgen değişiklikleri diğer iskemik nekrozlar için iyi bir örnektir. Önce kemikte yoğun alanlar görülür. Daha sonra subkortikal yerleşimde radyolusent bant görünümü ortaya çıkar. Bunu femur başının kompresyonu izler. Kistik alanlar görülebilir (Resim 6.118).



A

B

Resim 6.118 Femur başı avasküler nekrozu. A. Renal transplantasyonlu olguda sol femur başında hetorojen yapı ve kenar düzensizliği. Pelviste sağda transplante böbrek görülüyor (VSÜG). B. Ayrı bir avasküler nefroz olgusu. Femur başlarında düzensizlik ve skleroz.



Resim 6.119 Legg-Calvé-Perthes hastalığı. Kurbağa bacağı pozisyonunda alınan röntgenogramda, femur başında yassılaşma, deformasyon ve skleroz.

Legg-Calvé-Perthes hastalığı femur başı iskemik nekrozunun çocukta görülen şeklidir. Femur başının osteokondrozu, koksa plana gibi isimler de verilir. En sık 4-8 yaş arasında görülür. %10-15 olguda iki taraflıdır. Erkek-kadın oranı 4/1'dir. Etyoloji kesin değildir. Röntgende en erken bulgu, femur başının hafifçe dışa yer değiştirmesi ve eklem aralığının genişlemesidir. Bir çok olguda tutulan epifiz normal taraftan daha küçüktür. Daha sonra, femur başının ön-dış-üst kesiminde *radyolusent bir hilâl* şeklinde subkondral kırık ortaya çıkar. Bu bulgu en iyi kurbağa pozisyonunda çekilen röntgenogramlarla izlenir. Subkondral kırıkla birlikte veya daha sonra femur başında yassılaşma görülür ve skleroz gelişir (Resim 6.119). Komşu metafiz de olaya katılır. Radyolusent defektlerle birlikte metafizde genişleme izlenir (Resim 6.120). Eklem aralığının geniş olması ayırıcı tanıda önemli bir özelliktir.

Hastalık daima reosifikasyonla iyileşir. Femur başı tamamen normale döner. Bazı olgularda femur başında yassılaşma ve femur boynunda kalınlaşma, sekel olarak kalır.



Resim 6.120 Legg-Calvé-Perthes hastalığı. Sol femur başında düzleşme, skleroz ve fragmantasyon, metafizde genişleme.



Resim 6.121 Osgood-Schlatter hastalığı. A. Düşük kilovoltaj tekniği ile alınmış yan röntgenogramda, yumuşak doku şişliği ile birlikte tibial tüberositte parçalı görünüm. B. Normal.

Osgood-Schlatter hastalığı

En sık 10-15 yaşındaki erkek çocuklarda görülür. Tibia tüberkülünün AVN'sidir. Tanı klinik olarak konur. Etyolojik nedenin travma olduğu kabul edilir. Aslında bir kopma kırığıdır. Tanı için bu bölgede ağrı ve yumuşak doku şişliği olması gerekir. Tibia tüberkülü parçalı görünümdedir (Resim 6.121).

Gelişim çağında tibia tüberkülü çok değişik şekilde görülebilir. Bu nedenle yalnız başına parçalı ve düzensiz görünümle tanı konamaz. Bazı olgularda parçalanma başlangıçta görülmez ve yıllar sonra ortaya çıkar.

Koehler hastalığı

Tarsal naviküler kemiğin AVN'sidir. En sık 5-6 yaşlarındaki çocuklarda görülür. Erkeklerde daha sıktır. Sıklıkla ağrı ve şişlik vardır. Lezyon kemikte düzensiz görünümle başlar. Kemik parçalı bir görünüm alır. Daha sonra kemikte çökme ile birlikte yoğunluk artımı izlenir (Resim 6.122). Sonuçta kemik, yoğunluğu artmış yassı bir şekil alır. Eklem aralıkları normaldir. İyileşme evresinde kemik reosifikasyonla normal şekline döner.



Resim 6.122 Koehler hastalığı. Her iki ayakta naviküler kemiklerde yassılaşma, düzensizlik ve yoğunluk artımı; eklem mesafeleri normal.

Diğer küçük kemiklerdeki iskemik nekrozlar da benzer görünümdedir.

Scheuermann hastalığı

Omurların gövdelerinin üst ve alt yüzlerinde bulunan epifiz plaklarının AVN'sidir. *Adolesan kifozu* da denir. Hastalık pubertede başlar. En sık 15-16 yaşlarında görülür. Erkeklerde daha sıktır. Genellikle birden fazla omur tutulur. En sık orta ve alt sırt bölgesinde görülür.

Röntgende değişiklikler önce omurun gövdesinin ön üst ve alt uçlarında bir düzensizlik şeklinde başlar. Bu düzensizlik daha sonra geriye doğru ilerleyerek tüm gövdenin yüzeyini tutar. Omurun gövdesinin ön kesiminde yükseklik kaybı ile kamalaşma ortaya çıkar ve kifoz gelişir. Genellikle epifiz plaklarının ön kesiminde "*Schmorl*" nodüllerinin basısına bağlı belirgin düzensizlik görülür. Disk aralığı daralır.

Röntgende tam düzelme görülmez. Değişik derecelerde düzensizlik ve kamalaşma ile birlikte kifoz, sekel olarak kalır.

Calvé hastalığı

Omurun gövdesinin iskemik nekrozudur. Sık görülmez. Omurun gövdesi kollabe olur, yoğunluğu artar. Komşu disk aralığı normal veya genişlemiştir. Bu görünüm *vertebra plana* olarak isimlendirilir. En sık 2-15 yaşlarında görülür. İyileşme birkaç ay sonra başlar. Deformite yıllarca kalabilir.

Birçok otorite omurganın gövdesinin iskemik nekrozuna inanmaz; başta Langerhans hücreli histiyositos olmak üzere lösemi ve metastaz gibi tutulumun vertebra planaya neden olduğunu düşünür. Bu nedenle vertebra plana görülen bir çocukta iskemik nekroz tanısı, bu hastalıklar dışlandıktan sonra konmalıdır.

Osteokondritis dissekans

Nedeni travmadır, bazıları idyopatik olduğunu kabul eder. Dizde mediyal kondilde sık görülür. Talusun tepesi de sık görüldüğü yerlerden biridir; bazen kapitellumda da görülebilir. Eklem kıkırdağının küçük bir parçası, altındaki kemikle birlikte ana parçadan kopar, eklem içerisine düşebilir. Yerinde düzensiz skleroze bir çukurluk kalır (Resim 6.123). Düşen parça eklem içerisinde serbest cisim oluşturur.



Resim 6.123 Osteokondritis dissekans. Femur mediyal kondili lateral yüzeyinde subkondral kemikte kenar düzensizliği ve dejenerasyon (ok).

METABOLİK ve ENDOKRİN KEMİK HASTALIKLARI

İskelet, destekleyici ve koruyucu fonksiyonu yanında organizmadaki inorganik tuzlar için depo görevi de yapar. İskelet dokusu organizmadaki diğer dokular gibi dinamik bir yapım ve yıkım süreci içerisindedir. Bu yenilenme osteoklastik yıkım ve osteoblastik yapım ile sağlanır. Normalde bu iki süreç dengededir. Bu denge endokrin faktörlerin, vitamin ve gerekli yapı maddelerinin, basınç ve çekme gibi diğer uyaranların etkisi altındadır. Bu faktörlerdeki değişiklikler, dengeyi değiştirerek metabolik ve endokrin kemik hastalıklarına neden olur; radyolojik olarak ya kemiklerin yoğunluğu azalır ya da artar.

Kemikler organik bir matris üzerine inorganik tuzların çökmesiyle oluşur. Organik matrisin yetersiz yapımına osteoporoz adı verilir. Eskiden bu durumu tanımlamak için kullanılan ostopeni terimi günümüzde, sözcüğün ikinci anlamı olan kemiklerdeki radyolusensi artımını tanımlamak için kullanılmaktadır. Osteoporoz kemik kitlesinin azalmasına neden olur; kemik dokusu nitelik olarak normaldir, nicelik olarak azalmıştır. Osteoporozun başlıca nedenleri; diyet eksikliği (örneğin, C-avitaminozu), endokrin hastalıklar (örneğin, Cushing hastalığı, hipertiroidizm), hareketsizlik ve stres eksikliği, travma ve doğumsal metabolik defektlerdir (örneğin, osteogenezis imperfekta). Postmenopozal ve senil osteoporoz ise, ileri yaşlarda görülen, etyopatogenezinde hormonal eksiklik, aktivite yetersizliği ve diyet bulunan, kemik kitlesindeki azalma ile karakterize klinik bir tabloyu tanımlar.

Osteoid dokunun yapımının normal olması veya çok az bozulmasına karşılık, inorganik tuzların çökmesindeki yetersizliğe, yetersiz osteoid mineralizasyonu adı verilir. Bu fizyopatolojinin klinik karşılığı osteomalazidir. Hiperparatirodizmde olduğu gibi osteoklastik yıkımdaki artma sonucu kemik kitlesinin azalmasına ise osteolizis adı verilir.

Fizyopatolojilerine göre tanımlanan bu anormalliklerin tümünün radyolojideki karşılığı radyolusensi artımıdır. Ayırt edici radyolojik bulguları olmakla birlikte çoğu zaman birbirlerinden ayrılamazlar. Bu nedenle günümüzde osteopeni terimi, kemiklerde radyolusensi artımının karşılığı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Osteoporoz deyimi de, alternatif olarak kullanılmaya devam etmektedir.

Osteoporoz

Birçok nedeni vardır. En sık görüleni, primer osteoporoz adı verilen yaşlılığa bağlı olarak gelişen şeklidir. En sık menopoz sonrası kadınlarda görülür ve omurların gövdesinde çökmeye ve femur boynu kırıklarına neden olur. Serum kalsiyum, fosfat ve alkalen fosfataz değerlerinin genellikle normal olması ayırıcı tanıda önemli bir özelliktir. Bir hastalığa bağlı olarak gelişen şekline sekonder osteoporoz adı verilir ve olguların %5'ini oluşturur.

Kemiklerin radyolusensisi artmış, ikincil kemik trabeküllerinin sayısı ve çoğunlukla kalınlıkları azalmıştır. Stres ve ağırlık taşıyan trabeküllerde (primer trabeküller) değişiklik görülmez, hatta bazen kompansatuar olarak kalınlaşabilir. Bu trabeküller ağırlık ve stresin yönüne göre birbirine paralel olarak dizilmiş, göreceli olarak yoğun kaba çizgiler şeklindedir. En iyi vertebra korpuslarında ve femur boynunda izlenir (Resim 6.124).

Kemik korteksi incedir; radyolusensisi artmış spongioz kemiğin yanında daha yoğun görülür. Korteksin bu görünümü *kalemle çizilmiş* izlenimi verir. Hızlı gelişen osteoporozda kemikteki geniş rezorbsiyon bölgeleri nedeniyle endosteal yüzey düzensizdir. Bu rezorbsiyon bölgeleri benekli radyolusent alanlar şeklinde görülür. Osteomiyelit gibi destrüktif bir olayla ayırıcı tanısı, osteoporozda korteksin sağlam olması ile yapılır.



Resim 6.124 Osteoporoz. Proksimal femurda sekonder trabeküllerde rezorbsiyon, primer trabeküllerde belirginleşme.

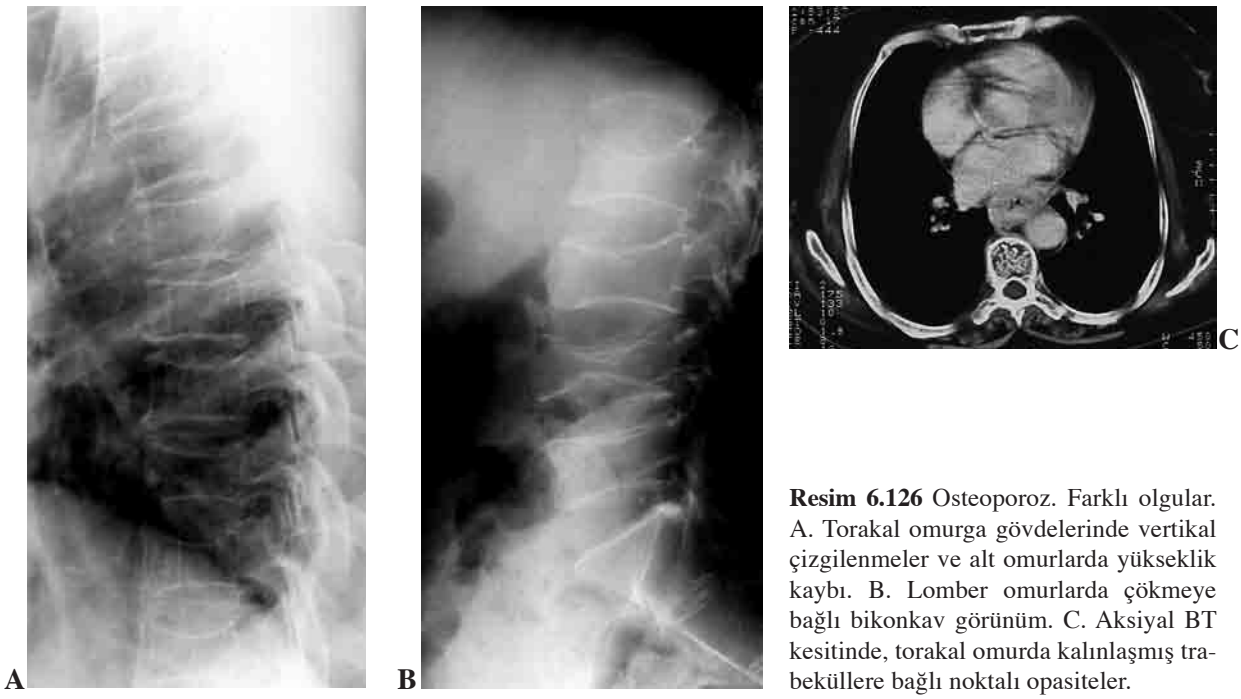


Resim 6.125 Osteoporoz. Lomber bölgenin yan röntgenogramında süngerimsi kemikteki trabeküllerin rezorbsiyonu, korteksteki incelme ve görece artmış yoğunluğu birlikte omurgaya boş kutu görünümü veriyor.

Osteoporoz en belirgin olarak omurgada izlenir. Horizontal trabeküller kaybolur, primer trabeküllerin belirginleşmesine bağlı olarak vertikal çizgilenmeler vardır. Omurların yoğunluğu azalmıştır. Şiddetli olgularda diskler omurların gövdelerinden daha yoğun görülebilir. Kalemle çizilmiş gibi ince korteksleri ile omurların gövdesi *boş kutuya* benzetilmiştir (Resim 6.125). Omurlar, gövde yüksekliklerinin azalması nedeniyle bikonkav görünüm alır (Resim 6.126). Disk aralıkları genişler. Bu değişiklikler sonucu çok küçük travmalar sonucu omurlarda çökme kırıkları oluşur. Vertikal çizgilenmeler BT'de çok iyi görülür.

İnaktivite osteoporozu: En sık kırık tedavisinde karşımıza çıkar. Primer osteoporozdan farklı olarak çok hızlı gelişir ve bu nedenle yamalı radyolusensiler şeklinde görülür. Bu görünüm korteksteki osteoklastik rezorbsiyona bağlıdır ve kortekste delikler oluşturur. Eğer inaktivite uzun sürerse korteks incelir ve kemik şiddetli osteoporotik bir görünüm alır.

Bazen korteksteki bu delikli görünüm medülla üzerine düşerek, Ewing sarkomu veya miyelomatozdaki permeatif lezyonları taklit edebilir. Permeatif lezyon-



Resim 6.126 Osteoporoz. Farklı olgular. A. Torakal omurga gövdelerinde vertikal çizgilenmeler ve alt omurlarda yükseklik kaybı. B. Lomber omurlarda çökmeye bağlı bikonkav görünüm. C. Aksiyal BT kesitinde, torakal omurda kalınlaşmış trabeküllere bağlı noktalı opasiteler.

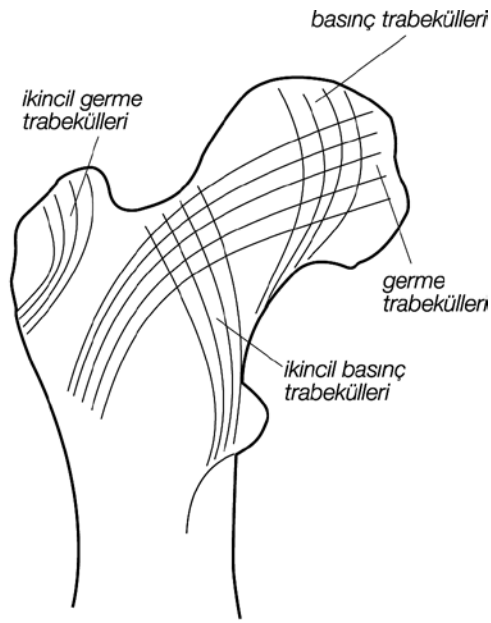
larda olay medulladan başlar ve endosteal yüzeyden kortekse geçer; osteoporoza bağlı olan psödopermeatif görünümde ise delikler kortekstedir, endosteal yüzey tüm korteks ile birlikte etkilenir. Psödopermeatif lezyonların diğer nedenleri hemanjiomlar ve radyasyon nekrozudur.

Geçici bölgesel osteoporoz (lokalize osteoporoz): Periartiküler bölgeler öncelikli olarak tutulur. Travma ve hareketsizlik gibi bir nedene bağlı değildir. Kendini sınırlayan bir olaydır.

Osteoporozun kantitatif değerlendirilmesi: Kemik yoğunluğundaki azalmanın düz röntgenogramlarda görülebilmesi için kemik mineral içeriğinin en az %25-30 oranında azalmış olması gerekir. Bu değerin %30-50 olması gerektiği de ileri sürülmektedir. Bu nedenle kemiklerdeki yoğunluk azalmasını erken saptayabilmek için birtakım indeksler ve değişik dansitometrik yöntemler kullanılır.

Metakarpal indeks: Osteoporozun temel radyolojik bulgusu kortekste incelmedir. Bu incelme, II. metakarpın orta diyafiz kesiminden ölçülür. Normalde, bir taraf korteks kalınlığının kemik kalınlığına oranının 1/4-1/3 arasında olması gerekir; daha aşağısı osteoporozu gösterir. Diğer bir ölçüm şeklinde, her iki korteks kalınlığının toplamının kemiğin kalınlığının en az yarısı kadar olması gerekir. Bu oran yaşlılarda ve kadınlarda azalır.

Singh indeksi: Proksimal femurdaki trabeküler yapının görünümüne bakarak osteoporozun varlığı ve şiddeti derecelendirilir. Femur başındaki trabeküler yapı primer ve ikincil trabeküllerden oluşur. Bu trabeküller konumlarına göre basınç ve germe trabekülleri olarak isimlendirilirler (Şekil 6.8). Osteoporozun hafif şekillerinde ikincil trabeküllerde azalma vardır, orta derecede osteoporozda ek olarak primer germe trabekülleri azalır. Bu değişikliklere ek olarak primer



Şekil 6.8 Proksimal femurdaki trabeküler yapının görünümü

basınç trabeküllerinin de azalması, osteoporozun şiddetli olduğunu gösterir.

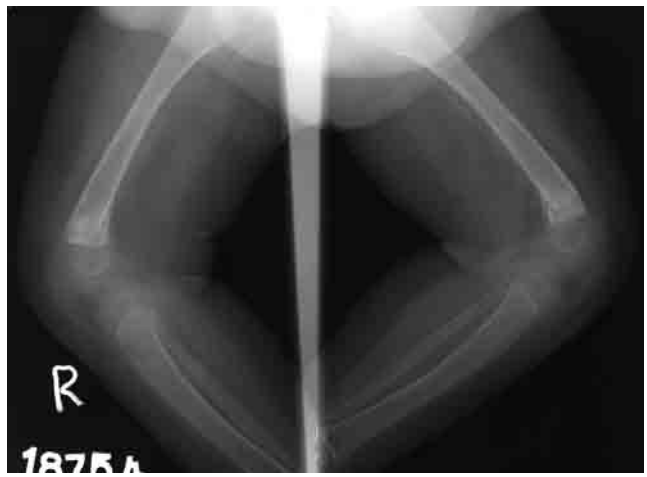
Kemik dansitometrisi: Birçok yöntem kullanılmıştır. Günümüzde en sık kullanılan yöntem çift enerjili x-ışını absorbsiyometrisidir ("dual-energy x-ray absorptiometry-DEXA"). Bu yöntemle vertebra ve kalçada kortikal ve trabeküler kemik miktarı ölçülebilir. Bir incelemede alınan doz yaklaşık 5-10 mrem kadardır. En duyarlı yöntem BT dansitometridir, ancak alınan doz yüksek olduğu için (300-500 mrem) tarama yöntemi olarak kullanılmaz. Kemik dansitometrisi osteoporozun tanısında, derecesini belirlemede ve tedavinin etkinliğini değerlendirmede kullanılır.

C-Avitaminozu (iskorbit)

C vitamini yetmezliğine bağlıdır. Anneden geçen C vitamini ilk 6 ay çocuğu koruduğu için, hastalık 6 aydan büyük bebeklerde ve erken çocukluk çağında görülür. Yetişkinlerde nadirdir. Eski çağlarda aylarca karaya çıkmadan yapılan gemi seyahatlerinde tayfalarda görülen bu hastalık, bir dönem İngilterede, mikroplarını öldürmek düşüncesiyle portakal sularını kaynatan annelerin çocuklarında görülmüştür. Günümüzde görülmesi beklenmez.

Patolojik olarak hücreler arası maddenin ve organik matrisin yapımı azalmıştır. Trabeküller incelir. Kapiller duvar zayıflamıştır. Metafizler belirgin şekilde frajil ve düzensizdir. Metafiz bölgesindeki travmalar epifiz ayrılmasına ve intramüsküler, intraartiküler ve subperiosteal yaygın kanamalara neden olur. Klinik olarak hastada diş eti kanamaları, solukluk ve anemi vardır. Uzun kemik uçlarında ağrı ve şişlik görülür. Bu değişiklikler en sık diz ve ayak bileği çevresinde ve kosta uçlarındadır. Kesin tanı, yükleme testinden sonra plazma ve idrarda C vitamini konsantrasyonu düşüklüğü ile konur. Röntgen bulguları şu şekilde özetlenebilir (Resim 6.127).

1. Kemikte yaygın radyolusensi artımı *(osteopeni)*
2. Osteoid yapımının durması ve kalsiyum tuzlarının çökmeye devam etmesi sonucu provizyonel kalsifikasyon çizgisinin yoğunluğunda artma (*Frankel çizgisi*)
3. Radyolusent epifizleri çevreleyen yoğun bir kortikal çizgi (*Wimberger halkası*)
4. Metafizlerde radyolusent bir bölge (*Trummerfeld zonu*)
5. Özellikle ağırlık taşıyan uzun kemiklerde metafizyel kırıklara bağlı küçük dikensi çıkıntılar (*köşe bulgusu veya Pelken kemiği*)



Resim 6.127 İskorbit. Kemik yoğunluğunda diffüz azalma, epifizyal ossifikasyon merkezlerinin çevresinde ince dens halka (Wimberger bulgusu), femur distal uçlarında metafizyal kırık.

6. Tedavinin başlamasıyla hızla kalsifiye olan subperiosteal hematom

Ayırıcı tanıda öncelikle dövülmüş çocuk sendromu düşünülmelidir. Dövülmüş çocuk sendromunda kemiklerin yoğunluğu normaldir.

Hiperkortisizm

Cushing sendromu/hastalığına veya steroid tedavisi sonucu kanda kortizonun aşırı miktarda bulunmasına bağlıdır. Osteoblastik fonksiyonun azalmasına bağlı olarak iskelette değişik derecelerde osteoporoz görülür. Bulgular omur ve kaburgalar gibi aksiyel iskelette belirgindir. Kraniyum geç tutulur. Olgularda difüz osteoporoz görülür. Ağrısız enfarktlar ve fraktürler gelişebilir. Omurların gövdesi bikonkav görünümdedir. Eklemlerde küçük travmalara bağlı nöropatiye benzer değişiklikler ortaya çıkar. Kemik ve eklem enfeksiyonları göreceli olarak asemptomatiktir ve belirgin sklerotik cevap yoktur.

Hipofosfatazya

Otozomal resessif geçişli herediter bir hastalıktır. Serum ve dokuda alkalen fosfataz seviyesi düşüktür. Buna bağlı olarak olgularda raşitizme benzer yetersiz iskelet mineralizasyonu görülür. Klinik olarak boyda kısalık, bacaklarda eğilmeler, kraniyal kemiklerde yumuşama ve eklemlerde genişlemeler vardır.

Röntgende mineralizasyondaki yetersizlik nedeniyle, özellikle el bileği, diz ve kostokondral bileşke çevrelerinde; şiddetli raşitizme benzer düzensiz geniş metafizyal defektler görülür (Resim 6.128). Kırık sıktır. Kraniyal sütürler geniş görünümdedir. Erken kraniyosinostoz gelişir. Hastalığın şiddeti ve prognozu değişkendir. En şiddetli şekli neonatal formudur. Bu olgularda iskelet hemen tümüyle ossifiye olmamıştır. Bu bebekler ya ölü doğar ya da altı ay içerisinde ölür. Hafif olan asemptomatik şekli raşitizme çok benzer. Ayırıcı tanı laboratuar bulguları ile yapılır.

Ailevi hiperfosfatazemi

Otozomal geçişli herediter bir hastalıktır. Çocuklarda ve genç yetişkinlerde görülür. Serum alkalen ve asit fosfataz seviyeleri yüksektir. Röntgende uzun kemiklerde şiddetli şekillenme bozukluğu vardır; korteksleri kalınlaşır ve sklerotik bir görünüm alır. Medüller kavite genişler. Spongioz kemik kaba bir yapı gösterir. Metafizlerde kistik lezyonlar görülür. Kırıklar veya psödofraktürler, uzun kemiklerdeki eğrilmelere eşlik eder. Kraniyumun membranöz kemikleri kalınlaşır. Enkondral yolla gelişen kafa kaidesi ve yüz kemikleri normaldir. İskeletin görünümü Paget hastalığına benzer. Gençlerde Paget tanısı alan olgular gerçekte ailevi hiperfosfatazemidir.



Resim 6.128 Hipopfosfatazya. Kemiklerde yaygın ve şiddetli osteopeni, eğilmeler, büyüme plağı komşuluğunda mineralizasyon yetmezliğine bağlı düzensizlik.

Yetersiz osteoid mineralizasyonu

Nutrisyonel olarak vitamin D, kalsiyum ve fosforun yetersiz alımına veya yeteri kadar absorbe edilmemesine bağlı olarak gelişir. Renal tubüler distrofi, kronik renal yetmezlik, hipfosfatazya ve hiperkalsiüri diğer nedenleridir. Büyüyen iskeletteki şekline *raşitizm* (*rikets*), yetişkenlerdekine *osteomalazi* adı verilir. Yetersiz osteoid mineralizasyonu klinikte osteomalazi olarak ifade edilir.

Raşitizmde kemiklerde radyolusensi artımı görülür. Metafizler genişlemiş ve çanak şeklini almıştır, kenarı düzensizdir. Osifiye olmayan kıkırdak radyolusent olduğundan metafizle epifiz arasındaki mesafe artar (Resim 6.129). Aynı nedenlerle kemik şaftları kısa görülür. Kemikteki yumuşama nedeniyle kemiklerde değişik şekillerde deformiteler oluşur (O ve X bacak). İskelet matürasyonunda hafif gerileme vardır. Aktif kemik büyümesinin olmadığı durumda bu bulgular ortaya çıkmaz ve kemiklerde sadece radyolusensi artımı görülür. Kafadaki değişiklikler daha az belirgindir. Ancak şiddetli infantil riketste, sütürler ve fontaneller genişlemiş ve kenarları belirsizleşmiştir.

Tedaviden 1-2 hafta sonra röntgen bulgularında iyileşme beklenir. Yapılan osteoid matris kalsifiye olmaya başlar. Bu görünüm genellikle epifiz çizgisinin



Resim 6.129 Raşitizm. Kemiklerde osteopeni, metafizlerde genişleme ve kenar düzensizliği, epifiz metafiz arası mesafede artış.

metafiz tarafında ortaya çıkar ve diyafiz ile arasında radyolusent bir bölge kalır. Benzer şekilde periost altında toplanan osteoid doku da periferden kalsifiye olmaya başlayarak periost reaksiyonu görünümü verir. Yeni kalsifiye olmuş osteoid dokunun yoğunluğu komşu demineralize kemikten daha yüksektir. Bu artmış dansite devam eder veya yoğunluk gittikçe artmaya başlarsa tedavide aşırı dozdan şüphelenilmelidir.

Açık bir riketsi tanımak kolaydır. Hafif derecelerdeki riketsi tanımak zor olabilir. Işının epifizlere dik gelmediği projeksiyonda, distorsiyona bağlı olarak kemik uçlarında görülen çanaklaşma yanlışlıkla rikets tanısı koydurmamalıdır.

D-vitaminine dirençli rikets: Renal tubüluslardan fosfat geri emiliminin olmaması, büyüyen iskelette riketse, yetişkinlerde osteomalaziye neden olur. Bu tip raşitizme *hipofosfatemik rikets, renal rikets* veya normal tedavi dozlarında verilen D vitaminine cevap vermediği için *D-vitaminine dirençli* rikets adı verilmiştir. Doz artırılarak yeteri kadar vitamin D verildiğinde iyileşme görülür. Renal tubüler hastalıklar değişik derecelerde büyümeyi de inhibe ettiklerinden, raşitik değişiklikler ortaya çıkmayabilir. Bu durumda sadece kemiklerde yetersiz mineralizasyona bağlı radyolusensi artımı izlenir.

Renal riketsteki bulgular nutrisyonel riketsten farklıdır. Görülme yaşı daha yüksektir. Özellikle epifiz çizgisine paralel bantlar şeklinde artmış dansite alanları görülebilir. Translusent çizgiler ile birlikte bulunması iyileşme ve aktivasyon evrelerini gösterir (Resim 6.130). Bu tablo renal rikets için karakteristik bir görünümdür. Bazı olgularda dizde femoral ve tibial metafizlerin mediyal yarılarının tutulması tipiktir. Olguların bir bölümünde ikincil hiperparatiroidizm bulguları gelişir.



Resim 6.130 Renal rikets. Epifiz çizgisine paralel dens ve lusent çizgiler.

Osteomalazi adı verilen yetişkin tipinde röntgen bulguları en belirgin olarak pelvis, kostalar, skapula ve sırt omurlarında görülür. Uzun ve kısa tubüler kemikler daha az tutulur. Kemiklerin yoğunluğu yaygın olarak azalmış ve kemikler yumuşamıştır. Buna bağlı olarak uzun kemiklerde eğilmeler ve asetabular protrüzyon, kafa kaidesinde baziler invajinasyon gibi deformiteler ortaya çıkar. *Psödofraktürler* (“*Looser” zonları*) tanı koydurucu bulgusudur (Resim 6.131). Bunlar kemik yüzeyine dik, kemiği tam olarak katetmeyen ince kırık çizgileridir. Başlıca pelvisin obturator halkası çevresinde, alt kaburgalarda, kürek kemiğinin alt kenarında, femur boynunda ve metatarsal kemiklerde görülür; genellikle simetriktirler. Psödo fraktürlerin kenarları zaman geçtikçe skleroze olur; iyileşmeleri yavaştır. Milkman tarafından tanımlanan, çok sayıda psödofraktürün görüldüğü osteomalazinin hafif şekline *Milkman sendromu* adı verilir.

Hiperparatiroidizm

Primer hiperparatiroidizm: Paratiroid hormonunun fazlalığına bağlıdır. Genellikle paratiroid bezlerinin birinde benign yapıda bir adenom vardır. Birden fazla paratiroid bezi de tutulabilir. Orta yaşlarda ve kadınlarda biraz daha sık görülür. Hastalık asemptomatik olabilir. Klinik bulguları nefrokalsinozis, hiperkalsemi ve iskelet lezyonlarına bağlıdır. Hiperkalsemi kabızlık ve halsizlik yapar. İskelet lezyonlarında ağrı ve patolojik fraktür görülür.

İskelette, artmış osteoklastik aktivite nedeniyle osteolizis gelişir. Trabeküller rezorbe olur. Daha sonra kistler ortaya çıkar. Bu kistlere, içleri kahverengi bir maddeyle dolu olduğu için *kahverengi tümör* (“*brown” tümörü)* adı verilmiştir; mikroskopisinde fibroz, hemoraji, nekroz ve bir çok dev hücre görülür. Serum kalsiyum seviyesi artar, fosfor seviyesi azalır. Hiperkalsiüri vardır. Serum alkalen fosfat seviyesi yükselmiştir.

Olguların yaklaşık %20’sinde iskelet bulguları vardır. Bunlar en sık elde görülür. İkinci ve üçüncü parmakların orta falanklarının radyal taraflarında görülen *subperiosteal kortikal rezorbsiyon* hastalık için



Resim 6.131 Osteomalazi. A. Kemiklerde yaygın ve şiddetli osteopeni ile birlikte femurda eğilme ve dış korteksinde kortekse dik psödofraktür. B. Femur boynu iç kenarında (ok) ve pubis ve iskium kollarında (ok) psödofraktürler. C. Kemiklerde yaygın osteopeni, psödofraktürler, yumuşamaya bağlı deformite ve asetabular protrüzyon.

tipiktir (Resim 6.132). Kemik rezorbsiyonları klavikulaların dış uçlarında, femur boynunun ve tibia proksimalinin mediyalinde, iskial tuberositlerde, pubis kemiklerinde, sakroiliyak eklemde ve dorsum sellada da izlenir.

Brown tümörleri kaburgalarda, pelviste, uzun kemiklerde ve elin tubüler kemiklerinde daha sık yerleşir (Resim 6.133). Tümörü taklit edecek şekilde belirgin ekspansiyon gösterebilir. Genellikle patolojik kırığa neden olur. Hastalık tedavi edilirse bu lezyonlar skleroze olur ve sonunda kaybolur. Brown tümörleri primer hiperparatiroidizmde daha sıktır; ancak ikincil hiperparatiroidizm daha sık görülen bir hastalık olduğundan saptanan brown tümörlerinde neden, daha çok ikincil hiperparatiroidizmdir.

Kemiklerde yaygın radyolusensi artımı, geç bulgudur. Kalvaryum kemiklerinde kemik rezorbsiyonuna bağlı olarak karakteristik benekli bir görünüm ortaya çıkar. Buna *miliyer osteoproz* veya *tuz-biber görünümü* adı verilir (Resim 6.134). Diş çevresindeki lamina dura kaybı sık görülmez ve güvenilir bir bulgu değildir. Nefrokalsinozis ve diz eklemlerinde



Resim 6.132 Primer hiperparatiroidizm. Elde ikinci ve üçüncü orta falanksların radyal tarafında subperiosteal kemik rezorpsiyonu (ok) ve parmak uçlarında da rezorpsiyon.



Resim 6.133 Primer hiperparatiroidizm, Brown tümörü. Farklı olgular. Ulna orta diyafiz kesiminde (A) ve dördüncü metakarpta (B) osteolitik lezyonlar. Ön kol kemiklerinde kortekste hiperparatiroidizmin tipik bulgusu olan osteoklastik aktivite sonucu ortaya çıkan ağ görünümü. Brown tümörleri tek veya çok sayıda olabilir; lezyon kenarı keskin olabileceği gibi belirsiz de olabilir. Metastazdan, subperiosteal rezorbsiyon gibi hiperparatiroidinin diğer bulgularının varlığı ile ayırt edilir.

menisküs kalsifikasyonu görülebilir (Resim 6.135). Hastalıktaki iskelet değişiklikleri daima falankslardaki subperiosteal kortikal rezorbsiyondan sonra ortaya çıkar. Primer hiperparatiroidizmde brown tümörlerin ayırıcı tanısı fibröz displazi ve dev hücreli tümörle yapılmalıdır. Fibröz displazide ve dev hücreli tümörde lezyonların dışındaki kemik yapı normaldir.



Resim 6.134 Primer hiperparatiroidizm. Kalvaryumda tuzbiber görünümü.



Resim 6.135 Primer hiperparatiroidizm, nefrokalsinozis. Her iki böbrekte yaygın opasiteler.

İkincil hiperparatiroidizm: Kan kalsiyum seviyesini düşüren hastalıklara cevap olarak gelişir. En sık neden renal tubüler disfonksiyondur; osteomalazi ikinci sıklıktadır. Paratiroid bezlerinin dördünde de hiperplazi vardır. Hiperplazi organizmanın aşırı kalsiyum ihtiyacı nedeniyledir. Hipokalsemiye neden olan hastalık bulgularının üzerine hiperparatiroidizm bulguları eklenir. Lezyonların yerleşim yeri primer hiperparatiroidizme benzer.

Röntgende primer tipinde olduğu gibi subperiosteal kortikal rezorbsiyonlar görülür. Brown tümörleri daha az sıklıktadır. Çocukluk çağında epifizyal çizgi genişlemiştir ve düzensizdir. Görünüm renal riketse benzer (Resim 6.136). Birlikte kemiklerde radyolusensi artımı vardır. Yaygın demineralizasyon nedeniyle ekstremite kemiklerinde eğilmeler görülür. Omurların gövdelerinin ortası radyolusent, üst ve alt kenarları yeni kemik yapımı nedeniyle artmış yoğunluktadır. Omur gövdelerinin bu görünümüne *sandviç vertebra* veya *hapishane üniforması* adı verilir (Resim 6.137). Kalvaryum kalınlaşır. Yumuşak dokuda ve arterlerde metastatik kalsifikasyonlar hastalığın ileri evresinde sık görülür. Deri altı dokuda, periartiküler alanlarda, akciğerde, kalpte ve karaciğerde kalsiyum çökebilir. Dizde menisküs kalsifikasyonları, primer hiperparatiroidizmin tersine, azdır.

Kronik renal yetmezlikli olgularda görülen **renal osteodistrofi**, genellikle osteomalazi ve ikincil hiperparatiroidizm bulgularının karışımı şeklindedir. Uzun süren renal yetmezlikli olgularda, diyaliz hastalarında görülür. Üremik osteopati adı da verilir. Olguların %10-20'sinde kemiklerde skleroz görülebilir. Psödofraktürler nadirdir. İlerlemiş üremili hastalarda epifiz kayması ortaya çıkabilir.



Resim 6.136 Renal yetmezliği olan bir adolesanda ikincil hiperparatiroidizm bulguları. Fiz çizgilerinde genişleme ve belirginleşme, metafiz tarafında ve kemikde yer yer sklerotik alanlar. Kortekste ağ görünümü ve korteks medülla sınırında kayıp.



Resim 6.137 İkincil hiperparatiroidizm. Kronik böbrek yetmezliği olan hastanın vertebra korpuslarının üst ve alt kenarlarında bant şeklinde skleroz (sandviç vertebra veya hapishane üniforması görünümü).

Primer hiperparatiroidizmli hastaların büyük bir bölümünde kemik sintigramları normaldir. Subperiosteal kemik rezorbsiyonu varsa bu rezorbsiyonun bulunduğu falanks, kalvaryum, mandibula, akromiyoklaviküler ve sakroilyak eklemler, diz ve ayak bileği ve simfizis pubis gibi bölgelerde artmış aktivite tutulumu dikkati çeker. Brown tümörleri ve metastatik yumuşak doku kalsifikasyonları da aktivite tutarlar. Kronik böbrek yetmezliğinde sık görülen ikincil hiperparatiroidizm, iskelette aktivite tutulumunda yaygın bir artışa neden olur. Sintigrafik anormalliklerin dağılımı primer hiperparatiroidizme benzer.

Hipoparatiroidizm, psödohipoparatiroidizm, psödopsödohipoparatiroidizm

Hipoparatiroidizmde neden parathormonunun yetersiz yapımıdır. İskelet değişiklikleri minimaldir. Bazı olgularda kalvaryum kemikleri kalınlaşır, osifikasyon merkezlerinin prematür füzyonu ve paraspinal ligament kalsifikasyonu görülebilir. Dişlerde gelişim bozuktur. Bazal ganglion kalsifikasyonu sıktır.



Resim 6.138 Psödohipoparatiroidizm. Dördüncü ve beşinci metakarpal kemiklerde kısalık.

Psödohipoparatiroidizmde genellikle aşırı parathormon sekresyonu vardır. Bu olgularda hedef organın refrakter olduğu kabul edilir. Röntgende metakarp, metatars ve falankslarda kısalık izlenir (Resim 6.138). Uzun kemiklerin diyafizlerinde ve kısa kemiklerde ekzositozlar görülür. Kalvaryum kalınlaşmıştır. Olguların yarısında deride, deri altı dokusunda, fasial planlarda, ligament ve tendonlarda yumuşak doku kalsifikasyonları ve osifikasyonları görülür. Periartiküler bölgeler sık tutulur. Olguların 1/3'ünde bazal ganglionlarda ve serebellumun dentat çekirdeğinde kalsifikasyon izlenir. Olguların yarısında diş gelişimi anormaldir.

Psödopsödohipoparatiroidizmde kan kimyası normaldir. Kısa metakarp ve metatarslar görülür. Kalvaryum kemikleri bazen kalınlaşır. Yumuşak doku kalsifikasyonları psödohipoparatiroidizmden daha azdır. Bazal ganglion kalsifikasyonları da seyrek görülür. Diş gelişimi normaldir. Psödohipoparatiroidizmin ve psödopsödohipoparatiroidizmin aynı genetik hastalığın farklı klinik şekilleri olduğu düşünülmektedir.

Özet olarak, hipoparatiroidizmde sorun paratiroid bezindedir, psödohipoparatiroidizmde hedef organdadır; psödopsödohipoparatiroidizm ise anormal bir laboratuar verisi yoktur, morfolojik olarak psödohipoparatiroidizmi taklit eder.

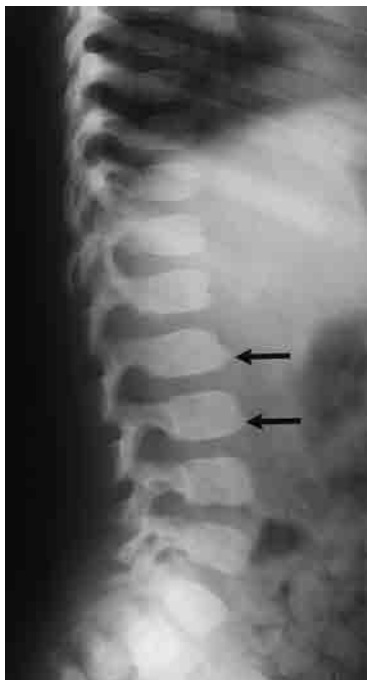
Hipotiroidizm

Tiroid hormonunun yokluğuna veya azalmasına bağlıdır. Neden tiroid hipoplazisi, aplazisi veya diskinezisi olabilir. Doğumsal veya edinsel juvenil miksödem şeklinde görülebilir. Hafif şekillerinde yalnız boy kısalığı vardır. Hayatın ilk birkaç ayında iskelet olgunlaşmasındaki gecikme tek röntgen bulgusu olabilir. Tanı konulmamış veya tedavi edilmemiş ileri olgularda belirgin mental ve motor gerilik görülür. Yüz karakteristiktir. Deri kalın, dil büyüktür. Hastalar tiroid hormonu tedavisine hızla cevap verir.

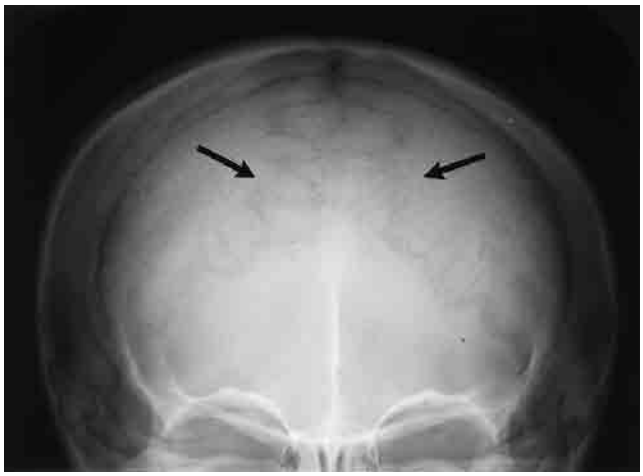
Röntgende femur ve humerus başlarında görülen multisentrik osifikasyon tipiktir (Resim 6.139). Bu görünüme *epifizyal diskinezi* adı verilir. Gelişme yetersizliği nedeniyle omur gövdelerinin ön uçları gaga görünümü alır (Resim 6.140). Sırt-bel birleşiminde kifoz görülür. Kafada sütürler açıktır; Wormian kemikler vardır (Resim 6.141). Kafa kaidesinde, nazal kemiklerde ve dişlerde gelişme geriliği gözlenir. Ekstremiteler kısadır. Uzun kemiklerin korteksleri kalınlaşmış ve kemikler göreceli olarak geniş görünüm almıştır. Fiz çizgilerinin diyafiz tarafında, karpal ve tarsal kemiklerin veya epifizlerin çevrelerinde sklerotik bantlar görülür. Bazen kemik yoğunluğunda difüz bir artma izlenir. Hipotiroidizm bu bulgularıyla, epifizyal displazi, Perthes hastalığı ve mukopolisakkaridozların bir çok türü ile benzerlik gösterir.



Resim 6.139 Konjenital hipotiroidizm. Humerus proksimal epifizinde, multisentrik ossifikasyona bağlı düzensiz görünüm.



Resim 6.140 Konjenital hipotiroidizm. Üst lomber omurların ön-üst kesimlerinde hipoplazi, ön-alt kesimlerinde gagalaşma (ok) ve torakolomber kifoz.



Resim 6.141 Konjenital hipotiroidizm. Kalvaryumda sütürlerde kapanmada gecikme ve intrasütüral (Wormian) kemikler (ok).

Tiroid akropakisi

"Akropachy" sözcüğü parmakların yumrulaşması anlamına gelir. Hipertroidizm tedavisi amacıyla tiroidektomi veya radyasyon tedavisi yapılan olguların yaklaşık %5'inde, 1-2 yıl sonra görülür. Metarakp ve falankslarda kalın periost reaksiyonları ve yumuşak doku şişliği vardır. Beşinci metakarpın ulnar yüzeyinin her zaman tutulması önemli bir tanı ölçütüdür. Eli tutan ve benzer görünüm oluşturan pakidermoperiostitis ve hipertrofik pulmoner osteoartropatiden bu yerleşim özelliği ile ayrılabilir.

Akromegali

Büyüme hormonunun aşırı yapımına bağlıdır. Puberteden önce görülen şekline jigantizm, iskelet matürasyonu tamamlandıktan sonra görülen şekline ise akromegali denir. Tipik bir akromegalide deri kalındır. El ve ayaklarda büyüme görülür. Prognatizm ve fıçı göğüs görünümü gelişir. Baş ağrısı ve görme bozuklukları vardır.

Kafada sella genişlemiştir. Posterior klinoidlerde, dorsum sellada ve sella tabanında destrüksiyon görülebilir. Paranazal sinüsler genişler. Kafada yer yer hiperostozise bağlı yoğunluk artımı izlenir. Omur gövdelerinde belirgin osteofitik yeni kemik oluşumları ortaya çıkar. Omur gövdelerinin arka kenarında görülen konkavite artımı akromegali için tipiktir. Kıkırdak hipertrofisine bağlı olarak disk aralıkları genişler. Kaburgaların ön uçları ve elde distal falanksların uçları genişler. Distal falanks ucunda genişliğin erkeklerde 12 mm, kadında 10 mm'den daha fazla olması akromegali için anlamlıdır. Birinci metakarpofalanjeal eklemin mediyalindeki sesamoid kemiğin boyutlarında genişleme görülür. Bu sesamoidin boyutları ölçülerek akromegali tanısı konmaya çalışılır. Topuktaki yumuşak doku kalınlığının 23 mm'den fazla olması da akromegali için anlamlıdır. Eklem aralıkları, kıkırdak hipertrofisine bağlı olarak genişler.

Florozis

Flor içeriği yüksek içme sularını kullanan bölgelerde görülür. Genellikle volkanik arazideki sular yüksek flor içerirler. Dünyada Hindistan, Çin, Amerika gibi bazı ülkelerde endemiktir. Ülkemizde Doğu Anadolu'da Doğubeyazıt yöresinde, Ağrı Dağı eteklerinde yerleşik köylerde görülür. Dişlerde sarı kahverengi renkli *dental enema hipoplazisi*ne neden olur. İskelet sistemindeki temel bulgu yaygın yoğunluk artımıdır. Yeni kemik oluşumu belirgindir. Tendonlar ve ligamentler kalsifiye olur. Başlıca aksiyal iskelet tutulur (Resim 6.142). Hastalığın ileri evresinde iskelet sisteminin görünümü ikincil hiperparatiroidizme benzer.

Hipervitaminozlar

Vitamin A intoksikasyonu: Akut intoksikasyonlarda psödotümör serebriye benzer basınç artımı ve kranial



Resim 6.142 Florozis. Kemiklerde yaygın yoğunluk artışı ve obturator foromende ligament kalsifikasyonları.

sütürlerde açılma görülür. İskelet değişiklikleri yoktur. Kronik intoksikasyonda ise uzun tubüler kemiklerin başlıca diyafiz kesimlerinde kortikal kalınlaşma izlenir. İntrakranial basınç artımı bulguları vardır.

Vitamin D intoksikasyonu: Özellikle periartiküler dokuları tutan metastatik yumuşak doku kalsifikasyonları görülür. Provizyonel kalsifikasyon çizgisinin kalınlığı artmıştır. Uzun kemiklerde kortikal kesim kalınlaşır ve birlikte yaygın osteoporoz izlenir. Daha sonraki devrelerde uzun kemiklerde artmış ve azalmış yoğunluk alanları birlikte bulunur. Falks serebri sıklıkla kalsifiyedir.

KEMİK YOĞUNLUĞUNU DEĞİŞTİREN DİĞER HASTALIKLAR

Anemiler

Anemilerdeki kemik değişiklikleri başlıca kemik iliği hiperplazisine bağlıdır. Bu değişikliklerin derecesi genellikle aneminin şiddeti ile orantılıdır. Akdeniz anemisi ve orak hücreli anemi gibi hemolitik anemilerde, bu değişiklikler çok belirgindir. Buna karşılık demir eksikliği anemisinde, iskelet sistemi bulguları minimaldir ve ancak çok şiddetli ve uzun süren olgularda ortaya çıkar. Orak hücreli anemide kemik iliği hiperplazisine ek olarak kemik enfarktları görülür. Hematopoezle ilgili olarak çocukta tüm iskelet, yetişkinde yalnız aksiyal iskelet tutulur.

Akdeniz anemisi (talasemi, "Cooley" anemisi): Hemoglobin molekülünün protein kesiminde bir anomali vardır. Doğu Akdeniz bölgesinde sıktır, herediterdir; homozigot olanı major formunu yapar; bu tipte bulgular belirgindir, hastalık ağır seyreder. Minor formunda bulgular daha hafiftir.

Hastalarda şiddetli anemi görülür. Sarılık gelişebilir. Anemiye bağlı semptomların yanı sıra kalp büyümüştür; ileri evrelerde kalp yetmezliği görülebilir. Ekstramedüller hematopoeze bağlı paraspinal yumuşak doku kitleleri göğüs röntgenogramında posterior mediyasten kitlesi gibi izlenebilir. Hepatosplenomegali vardır. Hemoliz nedeniyle hastalarda safra taşı sık görülür.

Röntgen bulguları esas olarak kemik iliği hiper plazisine bağlıdır. Kemiklerde trabeküllerin bir bölümü rezorbe olmuştur. Kalan trabeküler yapı kabalaşır, medülla genişler, korteks incelmiştir (Resim 6.143). Bu nedenle metakarplar bikonveks görünüm alır. Femurlarda *Erlenmeyer deformitesi* gelişir.

Kafada diploe aralığı geniştir. Trabeküler yapı iç tabulaya dikey bir durum alır. Dış tabula incelir. Görünüm *saç fırçasına* benzer (Resim 6.144). Bu bulgular frontal bölgede belirgindir. Arkaya doğru gittikçe azalır. Paranazal sinüsler kemik iliği hiperplazisi nedeniyle havalanmaz. Yüz mongol görünümdedir. Anemiye bağlı olarak kemik gelişimi bozulabilir. Yaklaşık on yaşından sonra epifizler erken kapanmaya başlar; kemikler kısa kalır.

Orak hücreli anemi: Herediter bir hemoglobinopatidir. Heterozigot şekli daha hafif seyirlidir. Hemolitik bir anemi vardır. Kemik iliği hiperplazisi gelişir. Sarılık görülebilir. Kanın oksijen satürasyonunun azalması, eritrositlerin şekil değiştirerek uzun ve silindirik bir görünüm almasına neden olur. Buna bağlı olarak birçok organda dolaşımda staz, tromboz ve anoksi sonucu enfarktlar ortaya çıkar. Kemik enfarktları sıktır. En çok vertebralar, femur ve humerus başı, el ve ayak kemiklerinde görülür. Kemik iliği hiperplazisi, medüller ekspansiyon ve kortikal incelmeye neden olur. Hiperplaziyle ilgili değişiklikler homozigot Akdeniz anemisindeki kadar belirgin değildir. Ekstramedüller hematopoez de daha az sıklıktadır. Subendosteal yeni kemik oluşumu hastalığın geç evresinde daha sık görülür.

Orak hücreli anemi siyah ırkın hastalığıdır. Akdeniz ülkelerinde ve ülkemizde sporadik olarak görülmekte-

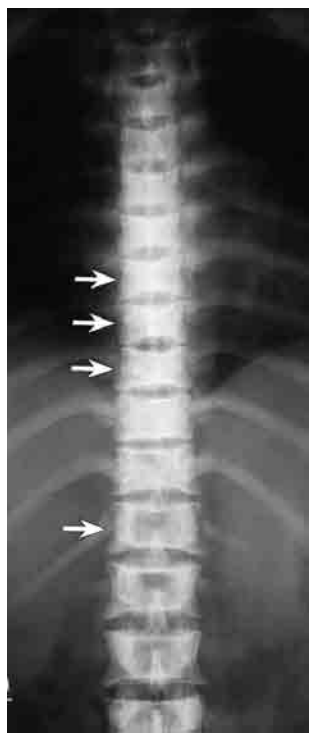


Resim 6.143 Akdeniz anemisi. A. Kemiklerde yaygın osteopeni, trabeküler görünüm ve tubülasyon yetersizliği. B. Femur distal kesimlerinde Erlenmeyer deformitesi.

dir. Klinik ve radyolojik bulguları hemolitik anemi ve enfarktlarla ilgilidir. Siyah ırktan iki yaşın altındaki bir çocukta, el ve ayağın küçük kemiklerinde periost reaksiyonlarının görülmesi orak hücreli anemi yönünden şüphe ile karşılanmalıdır. Çocuklarda küçük enfarktlar yoğunluğu artmış alanlar şeklindedir. Yetişkinlerde humerus ve femur başında enfarktlar görülür. Vertebra korpuslarının alt ve üst yüzeylerindeki enfarktlara bağlı çöküntüler, vertebra korpusunu *H harfine* benzetir (Resim 6.145). Endosteal yeni kemik oluşumları,



Resim 6.144 Akdeniz anemisi. Kemik iliği hiperplazisine bağlı olarak diploe mesafesinde genişleme. İç tabulaya dik trabeküllerin oluşturduğu çizgilere bağlı saç fırçası görünümü. Kemik iliği hiperplazisi nedeniyle paranazal sinüslerde havalanma kaybı.



Resim 6.145 Orak hücreli anemi. Vertebra korpuslarının üst ve alt yüzeylerinde enfarktlara bağlı çöküntülerin yol açtığı H harfine benzer görünüm.



Resim 6.146 Orak hücreli anemi. Enfarktlara bağlı kemik içinde kemik görünümü.

tipik *kemik içinde kemik görünümleri* yapar (Resim 6.146). Hastalık ilerledikçe uzun kemiklerde yer yer reaktif skleroz alanları ortaya çıkar. Orak hücreli anemide salmonella osteomiyeliti sık görülür.

Demir eksikliği anemisi: Daha çok bebek ve çocuklarda görülür. Genellikle yetersiz diyet nedeniyledir. Röntgen bulguları sıklıkla sadece kalvaryum kemiklerindedir; diploe aralığı genişlemiştir. Bu değişiklik hiçbir zaman hemolitik anemilerdeki kadar belirgin olmaz. Diğer kemikler genellikle normaldir.

Mastositozis

Derinin, kemik iliğinin ve diğer organların mast hücreleri ile infiltre olmasıdır. Olguların yarısından çoğunda kemik tutulumu vardır. Kemik tutulumunun yarısından çoğunda, heparinin etkisine benzer şekilde osteoporoz ve fraktürler görülür; geriye kalanlarda tutulum osteosklerotiktir. Sonuçta iskelette yerel veya yaygın kalınlaşmış trabeküllerle birlikte, sklerotik ve litik karışık bir görünüm oluşur.

Olguların yaklaşık 1/3'ünde sindirim sistemi tutulur. Jejunal mukozal kıvrımlar yaygın bir şekilde kalınlaşır. Peptik ülserler gelişir. Hepatosplenomegali, lenfadenopati ve asit görülebilir. Olguların yaklaşık 1/5'inde akciğerler tutulur; fibroz ve nodüller görülür. Olguların yaklaşık 1/3'ünde lenfoma, lösemi ve adenokarsinom gelişebilir.

Miyeloid metaplazi (miyelofibroz)

Miyeloproliferatif bir hastalıktır. Hematopoetik kemik iliği fibroza değişir; ilik dışında neoplastik kan kök hücrelerinin ürediği birçok merkez ortaya çıkar. Olguların yaklaşık yarısında röntgenogramlarda bulgu vardır. Bunlar, kemiklerde yaygın veya yamalı osteoskleroz alanları ve massif ekstramedüller hematopoez bulgularıdır; hemen her olguda çok belirgin splenomegali ile birlikte hepatomegali ve paravertebral kitleler görülür.

Gaucher hastalığı

Beta-glukoserebrozidaz enzim eksikliği, glukozilseramidin retiküloendotelyal hücrelerde birikmesine neden olur. Otozomal resesif olarak geçer. En sık Aşkenazi Yahudileri'nde görülür. İnfantil formu ölümcüldür, yetişkin formu daha benign seyirlidir. Klinik olarak hepatosplenomegali görülür. Kemik ağrısı ve pansitopeni vardır. Karakteristik köpük hücreleri görülür. Dalakta fokal lezyonlar izlenir.

Radyolojik olarak osteopeni mevcuttur. Olguların yarısında endosteal oyuklanma yapan, ekspansil litik lezyonlar vardır. Olguların yarısında medüller ve osteoartiküler enfarktlar görülür. Olguların yaklaşık yarısında uzun kemiklerde Erlenmeyer deformitesi gibi modellenme yetersizliği izlenebilir (Resim 6.147). Periosteal yeni kemik oluşumuna bağlı kemik içeri-



Resim 6.147 Gaucher hastalığı. Her iki femurda Erlenmeyer deformitesi.

sinde kemik görünümü, "H" harfi şeklinde vertabra ve kafada saç fırçası görünümü, daha nadir bulgulardır.

Paget hastalığı (osteitis deformans)

Orta ve ileri yaşlarda görülür. Sıklıkla rastlantısal saptanır. İskelette ağrı, deformite ve kafada progressiv genişleme bulunabilir. Semptomlar genellikle komplikasyonlara bağlıdır. Bunlar fraktür, omur çökmesine bağlı omurilik basısı, baziler impresyona bağlı nörolojik bulgular ve sarkomatöz dejenerasyondur. Pelvis, omur, toraks, büyük uzun kemikler ve kafa sık tutulur. Paget hastalığında yaklaşık %1 oranında sarkomatöz dejenerasyon görülebilir.

Patolojik değişiklikler iki fazlıdır. Aktif faz denen birinci evrede keskin kenarlı saldırgan kemik rezorbsiyonu vardır. Kemik iliği fibröz dokuya dönüşür. Osteolizisi izleyen evrede yeni kemik oluşumu başlar. İnaktif faz denen bu ikinci evre kemik yapımı evresidir. Düzensiz periosteal yeni kemik oluşumu kemiğin çapının genişlemesine neden olur. Düzensiz endosteal kemik oluşumu nedeniyle kortiko-medüller bileşke kaybolur. Sonuçta kemik düzensiz dansite artımı gösteren kalın bir şekil alır, trabekülasyon düzensizdir; normal kemik görünümü yoktur (Resim 6.148). Kemik içerisine dağılmış sement çizgileri kemiğe mozaik görünümü verir (Resim 6.149). Tutulan kemikte vaskülarizasyon belirgin şekilde artmıştır.



Resim 6.148 Paget hastalığı. Kortekste kalınlaşma, medullada kaba trabeküler görünüm, kemiklerde eğrilme.



Resim 6.149 Paget hastalığı. A. Humerusta eğrilme deformitesi, korteks ve medulla arasındaki sınırda belirsizlik, yaygın sklerotik değişiklikler. B. Kemik sintigrafisinde, lezyon bölgelerinde yoğun radyonüklid tutulumu. Humerusdaki lezyonun normal kemikle yaptığı sınırın kemiğin uzun aksına eğik olaması hastalık için tipiktir.

Uzun kemiklerde hastalık daima subartiküler yerleşimden başlayarak ilerler. Sağlam kemikle arasında keskin bir sınır vardır ve bu sınır açıklığı lezyona doğru bakan *V harfi* şeklindedir. Uzun kemiklerde tutulan kesimlerde eğilmeler görülür. Dayanıklılığı az olan kemikler kolayca kırılabilir. Pelvis kemiklerinde erken dönemde iliopubik, ilioiskial çizgiler kalınlaşır, asetabular protrüzyon görülür (Resim 6.150).

Kalvaryum kemiklerinde destrüktif evrede görülen litik alanlara *osteoporozis sirkumskripta* adı verilir. Sıklıkla frontal kemiklere yerleşir. Daha sonra yeni kemik oluşumu evresi başlar; litik ve sklerotik lezyonların karışımı *işlenmemiş pamuk görünümüne* benzetilmiştir (Resim 6.151). Diploe mesafesi kalınlaşır. Kafanın dış çapı artar. Kafa kaidesinde *baziler impresyon* gelişebilir; kord komprese olabilir. Benzer şekilde kafa kaidesindeki foraminaların daralması, kraniyal sinirlere baskı yaparak işitme kaybı, fasiyal paralizi ve körlüğe neden olabilir.

Vertebra korpusları tutulduğunda *fil dişi vertebra* görünümü oluşturabilir. Genellikle korpusun tümü tutulur. Korpusların alt ve üst yüzlerine yakın bölgelerde, horizontal trabeküler belirginleşir. Buna bağlı



A

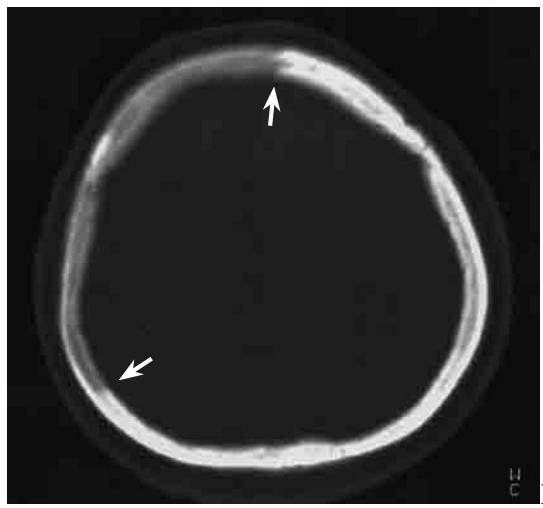


B

Resim 6.150 Paget hastalığı. A. Sol innominat kemiklerde kortikal kalınlaşmayla birlikte kaba trabeküler yapı, skleroz. B. Kemik sintigrafisinde, aynı alanda artmış aktivite.



A



B



C

Resim 6.151 Paget hastalığı. A ve B. Osteoporozis sirkumskripta. Sağ fronto-parietal alanda keskin sınırlı osteolitik lezyon (oklar). C. Hastalığın inaktif (soğuk) fazında, kalvaryumda kalınlaşma ve yoğun osteoskleroz.

olarak vertebra korpusları *kutu veya resim çerçevesi* görünümü alır. Korpus büyüyebilir; kollaps nadirdir.

Alkalen fosfataz seviyesinin yüksek olması Paget hastalığını, asit fosfatazın yüksek olduğu benzer görünüm oluşturan prostat metastazından ayırmaya yarar.

Paget hastalığının sintigrafisinde, aktif lezyonlarda yoğun radyonüklid tutulumu izlenir. Yoğun tutulum hem yeni kemik yapımından hem de bu bölgedeki hiperemiden ileri gelir. Aktivitenin bulunmadığı sklerotik alanlarda kemik sintigramları normaldir. Tutulan kemikte genişleme ile birlikte hiperaktivite hastalık için tipiktir.

DOKUNULMAMASI GEREKEN İSKELET LEZYONLARI

Radyolojik görünümü çok karakteristik olan ve tanı için başkaca bir girişime gerek görülmeyen lezyonlardır. Bu lezyonlarda biyopsi sadece gereksiz değil, aynı zamanda yanıltıcı da olabilir. Böyle olgularda radyolog ayırıcı tanı listesi yapmamalıdır. Ayırıcı tanı listesi, klinisyeni biyopsiye zorlar. Dokunulmaması gereken iskelet lezyonları travma sonrası gelişen lezyonlar, normal varyasyonlar ve kesin olarak benign lezyonlar olmak üzere üç başlık altında incelenir.

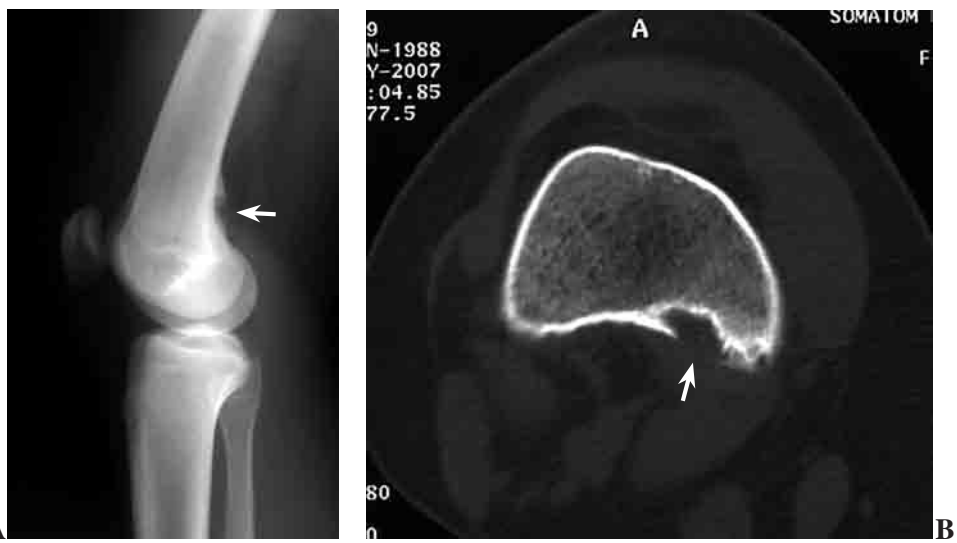
Travma sonrası gelişen lezyonlar

Miyozitis ossifikans: Kemiğe yakın yerleşimde kalsifik yumuşak doku kitlesi şeklindedir. Kalsifikasyonun lezyonun periferinde olması tipik özelliğidir. Erken dönemdeki çok hafif kalsifikasyonlar BT ile daha iyi gösterilir. MR, kalsifikasyonu göstermeyeceği için yanıltıcı olabilir. Saldırgan histolojisi nedeniyle lezyona biyopsi yapılırsa, özellikle deneyimsiz patologlar tarafından sarkomdan ayrılamaz ve gereksiz girişimlere ve dramatik sonuçlara neden olabilir.

Kopma kırıkları: Anterior inferior ilyak diken ve iskial tüberosit gibi ligament ve tendonların yapışma yerlerinde görülen kopma kırıkları, radyografik olarak saldırgan bir görünüm verebilir. Bu lezyonlara yapılacak biyopside yanlışlıkla sarkom tanısı konabilir. İyileşme alanlarında çekirdek kromatininde ve mitoz oranındaki artış, histolojik olarak maligniteyi taklit edebilir.

Kortikal desmoid: Femurun distal arka kesimindeki mediyal kondiler çizgiye yapışan adduktor magnus veya median gastroknemius kasının yaptığı avulsiyon hasarıdır (Resim 6.152). Abartılı görünümü parosteal osteosarkomla karışır. Genç yetişkinlerde görülür, asemptomatiktir; bazen ağrılı olabilir, ancak ağrısı istirahatte geçmelidir. Tipik yerleşim yeri ile tanı konur. Biyopsi yapılmamalıdır. Radyolojisi gibi histolojisi de saldırgandır; malignite tanısı alarak saldırgan cerrahi işlemlere neden olabilir.

Diskojenik vertabral skleroz: Vertebra korpusunda, disk sınırına dayanan yoğunluk artımı şeklinde görülür. Birlikte disk mesafesinde daralma ve osteofitler vardır. Olay Schmorl nodülünün bir variyantıdır. Sklerotik alanın disk mesafesine dayanması, disk mesafesinin daralması ve osteofitin varlığı tanı koyduru-



Resim 6.152 Kortikal desmoid. A. Yan röntgenogram. B. Kemik penceresinde aksiyal BT kesiti. Femur distal ucunda kondile yakın, posteromediyal kortekse lokalize defekt, skleroz ve periosteal kalınlaşma (oklar).

cudur. Hastalar, kronik aşağı bel ağrısı olan orta yaşlı kadınlardır. Enfeksiyon veya metastazla karıştırılmamalıdır.

Kırıklar: Kırıklarda bazen primer kemik tümörlerini taklit edecek şekilde aşırı osteoskleroz ve periost reaksiyonu görülür. İmmobilizasyon yokluğu veya yetersizliği saldırgan periostite ve hatta yeni tümöral kemik oluşumunu taklit edecek şekilde abartılı kallus formasyonuna neden olabilir. Biyopsi ile yanıltıcı olarak malignite tanısı konabilir. Bu nedenle radyolojik değerlendirme dikkatli yapılmalı ve hastanın kliniği iyi bilinmelidir.

Humerusun yalancı çıkığı: Travmanın neden olduğu diğer bir yanıltıcı görüntü, humerus başının psödodislokasyonudur. Nedeni, travma sonucu eklemde hemartroz gelişimi ve buna bağlı olarak humerus başının aşağı ve dışa doğru yer değiştirmesidir. Çıkık kabul edip yerine koymaya çalışmak, dramatik sonuçlara neden olur. Bu olgularda kırık daima vardır ve ilk incelemede görülmese bile mutlaka araştırılmalıdır. Tanı, transskapuler projeksiyonda humerus başında öne veya arkaya bir yer değiştirme olmaması, yer değişikliğinin sadece aşağıya olduğunun görülmesiyle konur.

Normal variyantlar

Patellanın dorsal defekti: Patellanın iç yüzünde, üst dış kesimde küçük bir defekttir. Osteokondritis dissekansı, kondroblastomu veya enfeksiyonu taklit edebilir. MR yapılırsa patolojik bir lezyon gibi T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görülerek olayı daha da karıştırır. Gelişimsel bir anomalidir. Biyopsi yapılmamalıdır.

Humerus başında psödokist: Litik lezyonlarla karıştırılır. Büyük tüberkül çevresinde spongioz kemiğin azalmasına bağlı bir anatomik varyasyondur (Resim 6.153). Röntgenogramlarda belirgin radyolusent alan olarak görülür. Hiperemiye ve/veya inaktiviteye bağlı herhangi bir omuz anormalliği, bu alanın daha da radyolusent olmasına ve litik bir lezyon görünümü vermesine neden olur. Gereksiz yere biyopsi yapılır. Hiperemi nedeniyle sintigrafide aktivite tutulumu olması, olayı daha da karmaşık hale getirir ve klinisyenin biyopsiyi tekrarlamasına neden olur. Bu nedenle şüpheli olgularda kesit görüntüleme yöntemleri yapılarak benzer görünüm veren kondroblastom, enfeksiyon ve hatta metastazdan ayırıcı tanısı yapılmaya çalışılmalıdır.

Os odontoideum: Densin aksis ile birleşmemesidir. Anatomik bir varyasyondur, ancak bazılarına göre post-travmatik de olabilir. Bu nedenle bazı cerrahlar, anstabiliteye neden olabilecekleri için cerrahi olarak sabitlemek gereğine inanırlar. Os odontoideumun aksisten ayrılan kenarı düzgündür ve korteksle çevrelenmiştir. Birlikte atlasın anterior arkusunun korteksi kalınlaşmış ve dansitesi artmıştır. Kenarlarının kortike olması ile birlikte bu bulgu, olayın akut travmaya bağlı bir kırık olmadığını, tersine kronik olduğunu gösterir.



Resim 6.153 Humerus başında psödokist.

Kesin olarak benign lezyonlar

Ossifiye olmayan fibrom: Daima benign özellikler gösteren bu lezyon büyük boyutlara da erişse asemptomatiktir. Birden fazla olabilir. İyileşme fazında skleroz gelişebilir.

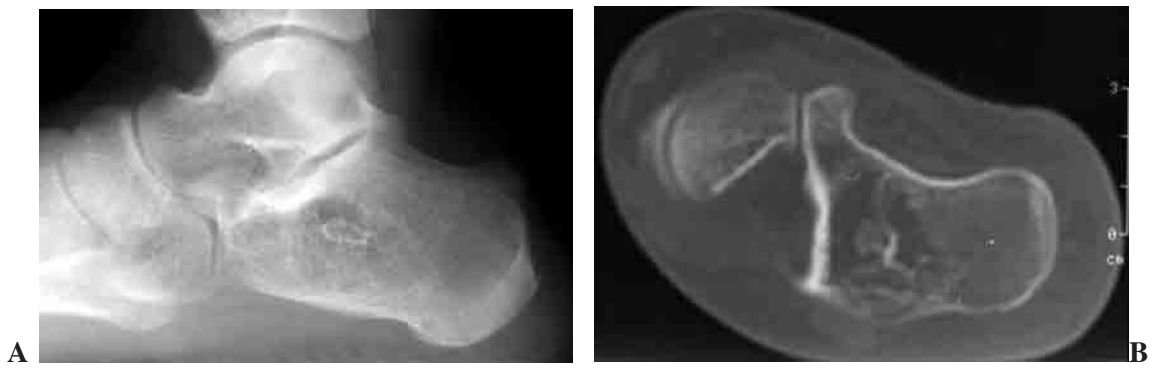
Kemik adacığı: 1 cm veya daha küçük lezyonlarda tanıda bir sorun yoktur. Bazen büyük olur ve metastazı taklit edebilir (Resim 6.154). Daima asemptomatiktir. Lezyon, uzun aksı kemiğin uzun aksına paralel şekilde konuşlanır. Lezyona yakından bakıldığında kenarlarından normal kemiğe doğru ışınsal tarzda uzanan trabeküler yapı görülür. Bu iki radyografik bulgu ile tanı konur.

Kalkaneal psödokist: Kalkaneusun ön alt kesimi, basit kistin sık yerleştiği yerlerden biridir. Bu kesim stres altında kalan bir bölge olmadığı için, normal aktivitenin azaldığı durumlarda da bir kisti taklit edecek şekilde trabeküllerde seyrekleşme görülebilir (Resim 6.155). Asemptomatik olan bu olgularda, cerrahi müdahale dramatik sonuçlar doğurur.

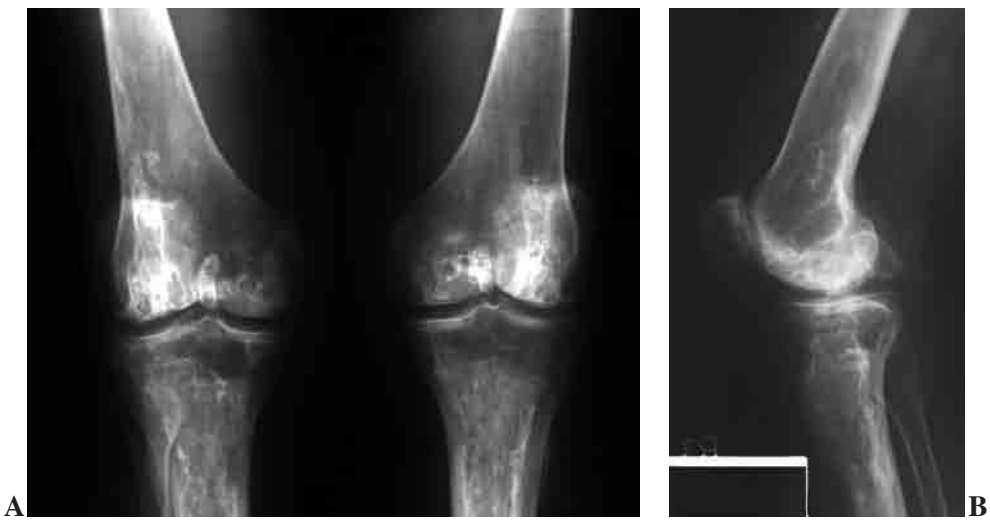
Kemik enfarktı: Kemik enfarktının erken dönemlerinde, yamalı litik-sklerotik görünümler ve hatta permeatif görünüm ortaya çıkabilir ve görünüm ma-



Resim 6.154 Kemik adacığı. A. Ön-arka röntgenogram. B. Kemik penceresinde aksiyal BT kesiti. Sol iliumda, kenarında ışınsal tarzda dikensi çıkıntılar olan opak lezyon.

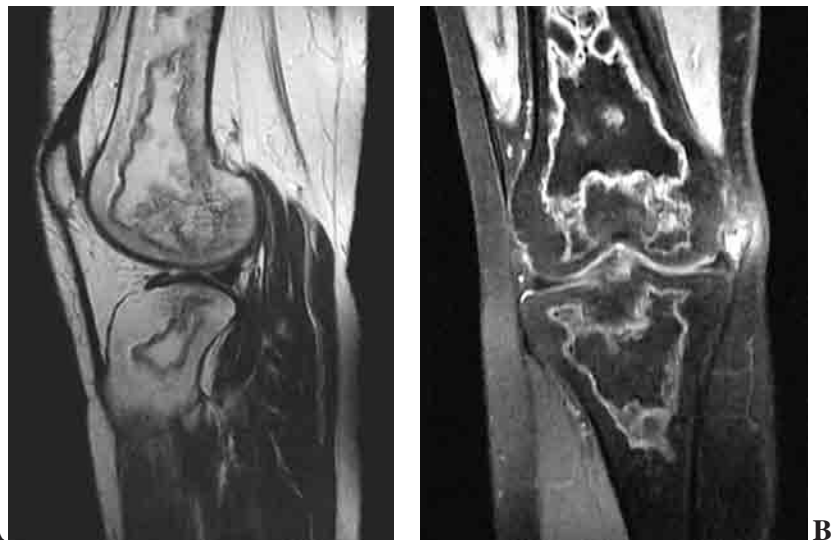


Resim 6.155 Kalkaneal psödokist. A. Yan röntgenogram. B. Kemik penceresinde aksiyal BT kesiti. Trabeküllerdeki seyrekleşmeye bağlı yalancı kist görünümü.



Resim 6.156 Kemik enfarktı. A ve B. Röntgenogramlarda diz çevresinde metafizyodiyafizer yerleşimli, tipik olarak periferinde kabuk şeklinde kalsifikasyon izlenen lezyonlar. Kemik korteksin endosteal yüzeylerinde erozyon görülmüyor.

lign tutulumu taklit edebilir. Uzun kemiklerin metafizyodiyafizer kesimlerinde bu şekilde birden fazla lezyonun görülmesi, özellikle orak hücreli anemisi veya sistemik lupus eritematozusu olan ya da steroid kullanan olgularda enfarkt olasılığını akla getirmelidir (Resim 6.156). Düz röntgenogram bulgularının şüpheli olduğu durumda, MR'deki tipik görünümleri tanı koydurucudur (Resim 6.157).



Resim 6.157 Kemik enfarktı. Sagital T1AG'de (A) ve yağ baskılamalı koronal T2AG'de (B), femur ve tibiada, ortası karakteristik olarak yağlı kemik iliği intensitesinde, periferinde reaktif dokunun neden olduğu T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens hat bulunan alanlar.

EKLEMLER

Eklemler fibröz, kartilajinöz ve sinoviyal olarak üçe ayrılır. Fibröz eklemler hareketsizdir, oynamaz eklem (sinartroz) adı verilir; tipik örneği kraniyal sütürlerdir. Kartilajinöz eklemlerde, eklemi yapan kemik uçları hiyalen veya fibröz kıkırdakla kaplıdır; bu eklemlerin hareketleri sınırlıdır ve yarı oynar eklem (amfiartroz) adını alır. İntervertebral diskler ve simfizis pubis yarı oynar eklem örnekleridir. Eklemlerin büyük çoğunluğu sinoviyaldir; bunlara oynar eklemler (diartroz) denir.

Sinoviyal eklemlerde eklem yüzleri hiyalen kıkırdakla kaplıdır ve eklem, kapsül ve ligamentlerle çevrelenmiştir. Eklem kapsülünün dış tabakası fibröz, iç tabakası vaskülarize bağ dokusundan yapılmıştır. Bu vaskülarize bağ dokusuna sinoviya adı verilinr. Sinoviya, eklem yüzeyini yağlayan ve eklem kapsülünü besleyen oldukça viskoz bir sıvı salgılar. Ekstremitelerdeki eklemler ve vertebradaki apofizyal eklemler sinoviyaldir. Sakroilyak eklemin üst bölümü amfiartrodial, alt bölümü sinoviyaldir. Simfizis pubis, intervertebral diskler, menisküsler, trianguler fibrokartilaj, glenoid ve asetabulumun labrumları fibröz kıkırdaktan yapılmıştır.

Eklemlerin bu özelliklerinin bilinmesi bazı eklem hastalıklarının tanısında önemlidir. Örneğin, romatoid artrit sinoviyal eklemleri tutar. Omurgada, kartilajinöz (diskler) ve sinoviyal (apofizyal ve unkovertebral eklemler) olmak üzere iki tip eklem vardır.

Eklemin inflamatuar ve dejeneratif hasarlanması artrit olarak isimlendirilir. Artritler dejeneratif eklem hastalığı, inflamatuar artritler ve metabolik artritler olarak üç gruba ayrılır. Piyojenik, ileri evrede romatoid, psöriyatik, hemofilik, gut ve nörotropik artropatide olduğu gibi artritlerin bir bölümünde tanı klinik olarak konur; radyolojinin buradaki işlevi, tanıyı doğrulamak ve hastalığın gidişini izlemektir. Tüberküloz, ankilozan spondilit, psödogut, osteoartrit, okronozis ve erken evrede romatoid artrit gibi bir bölüm artritte ise, röntgen değişiklikleri hastalığın ilk bulguları olarak ortaya çıkabilir; bu grupta radyoloğun görevi tanı koymaktır.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Eklemlerin ilk inceleme yöntemi röntgendir. Spor hekimliğinin temel tanı yöntemi olan MR, eklemin yumuşak doku kesimlerini ve kemik iliğini ayrıntılı olarak görüntüler, artroskopiye yol haritası görevi yapar. Normal MR incelemesi eklem hasarı olasılığını dışlar. Tendon hastalıklarında US değerli bilgiler verir; eklem sıvısını görüntüler.

MR

İskeletin ve yumuşak dokunun MR incelemelerinin büyük çoğunluğu, eklemlerle ilgilidir. MR ile kıkırdak, ligament, tendon, kemik iliği, sinoviyal sıvı, ödem ve methemoglobin/hemosiderin ayrı ayrı görüntülenir.

Fibröz kıkırdak T1AG ve T2AG'de hipointens, hiyalen kıkırdak ise, daha yüksek su içeriği nedeniyle, T1AG'de ara intensitede, T2AG'de ise hiperintens görülür. Sinyal intensitelerinin benzemesi nedeniyle sinoviyal sıvıyı hiyalen kıkırdaktan, SE görüntüleri ile ayırmak zor olabilir. Bu ayırım, açı değeri yaklaşık 30°-40° olan GRE (3B) sekansları ile daha kolay yapılır. Kıkırdak değerlendirilirken kalınlığına, yüzeyine, yapısına ve kemikle ilişkisine bakılmalıdır.

Ligament ve tendonlar fibröz doku (tip I kollajen) oranı yüksek olduğundan tüm MR görüntülerinde siyahtır. Ligamentum flavumda olduğu gibi sadece birkaç ligamentte sinyal intensitesi, muhtemelen yüksek elastin ve düşük tip I kollajen içeriği nedeniyle artmış görülür.

Sinoviyal sıvı yüksek su içeriği nedeniyle T2AG'de hiperintenstir. Sıvının miktarı yaşla azalır; 18 yaşına kadar eklem içerisinde az miktarda sıvı görülmesi normaldir. Sıvı miktarının anormal olduğu düşünülüyorsa, diğer eklemle karşılaştırılmalıdır.

Dizde menisküsler tüm MR görüntülerinde siyahtır. Menisküs içerisinde artmış sinyal yoğunluğu miksoid dejenerasyonu gösterir. Temporomandibuler eklemdeki disk ise nukleus pulpozusta olduğu gibi, proteoglikan içeriği yüksek olduğundan T2AG'de daha parlak görülür.

Eklem incelemelerinde, komşu kemik iliği değişikliklerinin saptanması ve anormalliklerin daha açık görüntülenmesi için yağ baskılamalı T2AG'de standarttır.

US

Gelişimsel kalça displazisinde (GKD) temel tanı yöntemidir. Özellikle çocuklarda eklem sıvıları araştırılır. Baker kisti, bursit, tenosinovit gibi eklemle ilgili veya ilgisiz sıvı birikimlerini göstermede başarılıdır. Diz ekleminde, menisküs ve eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde de yararlı olduğu bildirilmektedir. US'nin eklemlerdeki asıl işlevi, tendonların değerlendirilmesidir.

Yüzeyel tendonlar US incelemesi için çok uygun yapılardır. Tendon lezyonlarının en sık nedeni travmadır. Lezyonların büyük çoğunluğu sporcularda görülür. Fakat omuzda, "impingement" sendromunda olduğu gibi, dejenerasyon oluşturan hafif dereceli kronik travmalar da neden olabilir.

Tendonlar longitudinal olarak dizilmiş kollajen lif demetlerinden oluşur ve US'de çok ince ekojen bir kılıfla sarılmış, birbirine paralel bantlardan oluşmuş orta ekojenitede (kastan daha ekojen) yapılar şeklinde görülür. Ses demetinin eğik gelmesi tendon içinde hipoekoik artefaktlara neden olur. Tendinitin de hipoekoik alanlar şeklinde görülmesi nedeniyle, bu artefaktın tanınması ve incelemenin ses demeti dik gelecek şekilde yapılması önemlidir.

BT

BT'nin eklemdeki yeri, kemik yapıların konum ve yapı anormalliklerini belirlemekle sınırlıdır. Femur boynunun anteversiyonunun ölçülmesi, GKD'de redüksiyonun yeterli olup olmadığının araştırılması, tarsal koalisyonların değerlendirilmesi BT'nin eklemlerdeki kullanım örnekleridir. MR'den önceki dönemde, dizde menisküs yırtıklarının tanısındaki kullanımı, günümüzde terkedilmiştir.

RG

Sintigrafide normal eklemler, kemiklerden daha fazla aktivite tutar. Nedeni ne olursa olsun artritlerde artmış radyoaktivite tutulumu izlenir. Sintigrafinin eklem hastalıklarındaki en önemli endikasyonu, protez komplikasyonlarının saptanmasıdır. Eklem protezleri soğuk alanlar şeklinde görülür. Cerrahiden sonra 6-10 ay komşu kemik yapılarda hiperaktivite izlenir. Bu süreden sonraki aktivite tutulumu anormaldir; proteze komşu kemikte tutulumda artma, protezdeki gevşemeyi gösterir. Daha yaygın bir aktivite tutulumu, enfeksiyonun işareti olabilir. Böyle durumlarda Ga-67 çalışması yapılmalıdır; eğer enfeksiyon varsa tutulum artar. Hafif bir aktivite tutulumu ayırt edici değildir. Galliumla yapılan çalışmalarda negatif sonuç, enfeksiyonun olmadığını gösteren güvenilir bir bulgudur.

DEJENERATİF EKLEM HASTALIĞI

Osteoartrit (dejeneratif artrit)

En sık görülen artrittir. Daha çok ağırlık taşıyan eklemleri tutar. Eklem kıkırdağının ve subkondral kemiğin dejeneratif bir hastalığıdır. Hastalık, belirli bir nedeni yoksa primer, travmadan veya diğer eklem hastalıklarından sonra gelişmişse ikincil kabul edilir. Ağrı gibi klinik bulgular hareketle artar, istirahatle geçer. Eklemdeki sabah sertliği 15 dakikadan az sürer. Hastalığın sistemik bulgusu yoktur. Elde görülen primer osteoartritten sonra en sık kalça, diz, omurga ve Birinci metatarsofalanjeal eklemde görülür. Metakar-

pofalanjeal eklemler, el bileği, dirsek, omuz ve ayak bileğinin tutulması istisnadır.

Röntgende, eklem mesafesinde genellikle asimetrik olan daralma görülür. Bu darlık eklem kıkırdağı yıkımına bağlıdır ve patolojik olarak erken evrede gelişmesine rağmen röntgen karşılığı olan eklem aralığında daralma geç ortaya çıkar.

Osteofitler şeklinde görülen yeni kemik oluşumları hastalığın karakteristik bulgusudur. Bunlar eklem kenarında görülen dikensi kemik çıkıntılarıdır. Asetabulum, diz eklemi ve omurga gövdelerinin üst ve alt kenarlarında sık görülürler. İnterfalanjeal eklemlerde görülen periartiküler kemikçikler özel bir şeklidir. Bu kemikçiklerin klinik karşılıkları Bouchard ve Heberden nodülleridir.

Subkondral kemikte skleroz ve psödokist gelişir. Skleroza *eburnasyon* adı da verilir. Kistler daha çok kalça ekleminde, asetabulumda ve femur başında izlenir. Geç evrelerde subluksasyon görülebilir. Subluksasyon en sık I. metakarpofalanjeal eklemde izlenir.

Osteoporoz ve ankilozun görülmemesi, inflamatuar artritlerden ayıran en önemli özelliğidir. Ellerde görülen eroziv osteoartrit, akut evrede osteoporoz, geç evrede fibröz ve kemik ankiloz görülmesi nedeniyle bu kuralın dışındadır. Romatoid artritin üzerine eklenen ikincil osteoartritte ise dejeneratif artrit bulguları romatoid artritin osteoporozu üzerine oturur.

Primer osteoartrit familyal bir artrittir, hemen daima elleri tutar. Radyolojik bulgular distal interfalanjeal eklemlerde belirgindir (Resim 6.158). Daha sonra proksimal interfalanjeal eklemler ve I. metakarpotrapezium eklemi tutulur. Bu tutulum şekli tablonun romatoid artritten ayrılmasında yardımcıdır. Ellerdeki tutulum simetriktir; simetrik olmayan tutulumlarda primer osteoartrit tanısı konmamalıdır. Distal falan ksların proksimal uçlarının arkasında "*Heberden*" *nodülleri*, proksimal interfalanjeal eklemlerde ise, "*Bouchard*" *nodülleri* adı verilen yeni kemik oluşumları ortaya çıkar.



Resim 6.159 Kalçada osteoartrit. Eklem mesafesinde, özellikle ağırlık taşıyan üst dış kesimde daha belirgin olan daralma, marjinal osteofitler ve subkondral skleroz.

Kalça: Eklem mesafesinin daralması ağırlık taşıyan üst-dış kesimde belirgindir (Resim 6.159). Sinovyumun erode etmesine bağlı olarak sinoviyal sıvı ile dolu subkondral kistler (gode) gelişir. En sık ve belirgin olarak asetabulumun üst dış kesiminde görülen bu kistlere *Egger kisti* adı verilir (Resim 6.160). Femur



Resim 6.158 Osteoartrit. Distal interfalanjeal eklemlerde dejeneratif değişiklikler.



Resim 6.160 Kalçada osteoartrit. Eklem mesafesinde daralma, osteofit formasyonları, subkondral skleroz ve kist oluşumları.



Resim 6.161 Dizde osteoartrit. Bir olguda eklemin mediyal (A) bir başka olguda lateral (B) kompartmanında daralma, subkondral skleroz ve osteofit formasyonları.

başı genellikle üst-dışa doğru kayar. Asetabular protrüzyon nadirdir. Klasik olan bu tablo ikincil osteoartritlerde karışır. Yaşlılarda görülen ve kalça ekleminin Charcot eklemine benzer şekilde hızla yıkıldığı tipine, *Postel koksartropatisi* adı verilir.

Diz: Bulgular eklemin mediyal bölmesinde daha belirgindir. Eklem aralığı en iyi ayakta elde edilen röntgenogramlarla değerlendirilir. Dejeneratif eklem hastalığının yukarıda tanımlanan tüm röntgenolojik bulguları izlenir (Resim 6.161). Kuadriseps tendonunun patellaya yapıştığı yerde entesopatiye bağlı *patteller diş işareti* ortaya çıkar.

Omurga: Dejeneratif artritin omurgayı tutan şekline spondiloz adı verilir. Omurların gövdelerinin kenarlarından osteofitler çıkar, disk aralığı daralır (Resim 6.162). Olaya sıklıkla apofizer eklemler de katılır. Alt servikal ve alt lomber bölgedeki apofizyal eklemler daha sık tutulur. Eklemlerin çevresinde yeni kemik oluşumları ortaya çıkar. Osteofitlerin nöral foramenlere uzanımları en iyi oblik röntgenogramlarda görülür. Disklerde ve apofizyal eklemlerde görülen *vakum fenomeni* (eklem içerisinde azot gazı birikimi), dejeneratif osteoartritin patognomonik bulgusudur. Birlikte psödospondilolistezis görülebilir.

Spondilozis deformans annulus fibrozusun öne ve yanlara herniyasyonu sonucu ortaya çıkan dejeneratif değişiklere verilen isimdir. Epifiz plaklarının birkaç milimetre uzağından başlayan traksiyon osteofitleri görülür. Disk aralığı genellikle korunur.

Temporomandibuler, akromioklaviküler, sakroilyak eklemlerde ve simfizis pubisi tutan dejeneratif eklem hastalığında erozyon görülebilir. Erozyonun osteoartrit bulgusu olmaması nedeniyle, bu bilgi yanlış tanıyı önler.



Resim 6.162 Omurgada dejeneratif değişiklikler. İntervertebral disk mesafelerinde daralma, yer yer komşu omurga yüzeylerinde skleroz, horizontal seyirli osteofit formasyonları ve skolyoz.



Resim 6.163 Diffüz idyopatik iskelet hiperostozisi (DISH). A. Servikal bölgede, vertebral kolonun ön yüzü boyunca osifikasyon. B. Lomber bölgede, anteriorda lineer kemik formasyonları. C. Pelviste iliolomber ligamentlerde ossifikasyon (ok).

Difüz idyopatik iskelet hiperostozisi ("DISH")

En sık omurga tutulur ve en belirgin bulgular da omurgada görülür. Hastalık çok belirgin yeni kemik oluşumları ile karakterizedir. Çok aşırı hipertrofiye osteofit gelişimi görülür (Resim 6.163). En az dört omur boyunca uzanan ve köprüler oluşturan belirgin osteofitler vardır. Disk mesafesi korunur. Sakroilyak eklemde ve fasetlerde ankiloz görülmez. Ligament ve tendonların yapışma yerleri kalsifiye olur. Büyük eklemlerde hipertrofik dejeneratif eklem hastalığı ile birliktedir. Tutulan kesimlerde, kemiklerde genellikle skleroz görülmez. Radyografik bulgularının belirginliğine karşın, klinik bulgu ve semptomların azlığı dikkat çekicidir.

İNFLAMATUAR ARTRİTLER

Üç tip inflamatuar artrit vardır: Otoimmün artritler, seronegatif spondiloartropatiler ve eroziv osteoartrit. Romatoid artrit, skleroderma, sistemik lupus eritamatozis, dermatomiyozitis otoimmün; ankilozan spondilit, psöriatik artrit, Reiter sendromu, enteropatik artropatiler de seronegatif artrit grubunu oluşturur.

Romatoid artrit

En sık 3.-7. dekadlarda görülür. Kadınlarda erkeklerden biraz daha fazladır. Çok hafiften çok ağıra kadar değişen şekillerde olabilir. Şiddetli şekillerinde ateş,

halsizlik, artmış sedimentasyon hızı gibi sistemik hastalık bulguları vardır. Şiddetli formlarında kemik çıkıntılar üzerinde subkütan nodüller ve pulmoner lezyonlar sık görülür. Eklemde, sıvı ile birlikte ağrı ve hareket kısıtlılığı görülür. Hastalık alevlenmeler ve sönümlenmelerle karakterizedir. Hafif olguların birçoğu tanı konulmadan yaşar. Olguların çok azı semptomatiktir. Patolojik olarak inflamatuar granülasyon dokusu (pannus) ile birlikte sinoviyal hipertrofi vardır. Bu doku, sinoviyanın kemiğe yapıştığı yerlerde eklem kıkırdağını harap eder. Subkondral osteoporoz belirgindir. İlerleyen olgularda fibröz ve kemik ankiloz gelişir.

Hastalığın başlangıcında röntgende eklem çevresinde fuziform yumuşak doku şişliği görülür. Bu bulgu yumuşak doku ödemine ve sinoviyal konjesyona bağlıdır. Çevre kemiklerde görülen periartiküler osteoporoz, hastalığın en önemli bulgusudur. Bu bulguları subkondral kemikte erozyon izler. Erozyon sinoviyanın kemiğe yapıştığı yerlerden başlar. Kıkırdakla kaplı olmadığı için bu kesimlere *çıplak alan* adı verilir. Bu marjinal erozyon alanlarının karşıdan (anfaz) görünümü subkondral kiste benzer (Resim 6.164).

Eklem aralığı erken evrede sıvı toplanmasına bağlı olarak genişler, fakat daha sonra kıkırdak yıkımı nedeniyle daralır. Kıkırdağın harap olması sonucu eklem sıvısı kemikte gode adı da verilen subkondral kistler oluşturur. Komşu falanksların diyafizinde bazen periost reaksiyonu görülür.

İleri evrelerde özellikle ağırlık taşıyan eklemlerde romatoid artritin değişiklikleri üzerinde osteoartirid gelişir. Böyle olgularda eklem mesafesindeki daralmanın dejeneratif değişikliklere göre daha belirgin



Resim 6.164 Romatoid artrit. İnterfalanjeal, metakarpofalanjeal, karpometakarpal ve interkarpal eklemlerde daralma ve eroziv değişiklikler.



Resim 6.165 Romatoid artrit. İnterfalanjeal ve metakarpofalanjeal eklemlerde belirgin eroziv değişiklikler ve karpal eklemlerde ankiloz.

olması ve osteoporozun varlığı uyarıcı bulgulardır. Hastalığın ileri evresinde tutulan kemikte subluksasyonlar, fibröz ve giderek kemik ankiloz gelişir (Resim 6.165).

Romatoid artritin görünümü çok değişkendir ve röntgen bulgularına bakarak tanı koymak çoğu zaman mümkün olmaz. Röntgen bulguları ortaya çıkmadan önce, en az 2-3 ay, en çok 3 yıl süren semptomlu bir devre vardır. Romatoid artritin klasik şekli periferde küçük eklemlerden başlar ve sentripedal olarak yayılır.

Elde 2. ve 3. metakarpofalanjeal eklemlerin iki taraflı ve simetrik tutulumu tipiktir. Metakarpofalanjeal eklemlerde ulnar deviasyon, subluksasyon ve dislokasyonlara bağlı olarak değişik deformiteler ortaya çıkar. Ulnanın stiloid çıkıntısında ve trikuetrum kemiğinde erozyon görülür. Karpal instabilite gelişir.

Bazı olgularda büyük eklemler öncelikle tutulabilir (Resim 6.166). Kalça eklemi şikayeti olan orta yaşlı bir kadında, röntgenogramda femur başında mediyalde yer değiştirme ve eklem mesafesinde daralma ile birlikte osteofit formasyonunun yokluğu veya minimal olması, romatoid artriti düşündürmelidir. Femur başındaki yer değişikliğinin osteoartritte üst-dışa doğru olmasına karşılık, romatoid artritte içe doğru olması, ayırıcı tanı ölçütüdür. Kalça tutulumunda ikincil osteoartrit gelişimi sıktır.

Omuz tutulumunda humerus başında marjinal erozyonlar görülebilir. Humerus başı yukarıya doğru yer değiştirmiş ve akromionla arasındaki mesafe 1 cm'den aşağıya inmiştir. Bu bulgu romatoid artritte sık görülür ve kalsiyum pirofosfat dihidrat depo has-



Resim 6.166 Romatoid artrit. Her iki dizde femorotibial eklemin hem mediyal hem de lateral kompartmanında daralma, marjinal erozyon (ok). Osteofit formasyonu izlenmiyor.

talığında da izlenir. Birlikte rotator kılıf yırtığı görülebilir. Klavikulanın distal ucunda erozyonlara bağlı sivrileşme görülür.

Romatoid artritte boyun omurgası sık tutulur. Sinoviyal yapıda olan apofizyal eklemlerde erozyon ortaya çıkar. Erozyonlar odontoid çıkıntıda da izlenebilir. Transvers ligamentin gevşemesine ve eklem harabiyetine bağlı olarak atlantoaksiyal dislokasyon görülebilir. Atlantoaksiyal aralık fleksiyonda alınan yan röntgenogramlarda değerlendirilmelidir. Bu mesafenin çocuklarda beş, yetişkinlerde üç milimetreden fazla olması anormaldir (Resim 6.167).

Romatoid artrit, eklemlerin dışında bir çok organı ve sistemi de tutar. Toraksta plevral sıvı, interstisiyel fibroz, pulmoner nodül, perikardit ve perikardiyal sıvı ve miyokardit görülebilir. Pnömokonyozlu olgularda akciğer nodülleri ile birlikte görülen romatoid artrite *Caplan sendromu* adı verilir. Glomerulonefrit ve böbreklerde amiloid birikimi olabilir. Arterit gelişebilir. Romatoid artritle birlikte splenomegali, nötropeni ve trombositopeni, *Felty sendromu* olarak isimlendirilir.

Juvenil romatoid artrit

Genellikle hayatın ilk dekadında görülür. Olguların 1/3'ü üç yaşın altındadır. Erkek kadın oranı 1/3'tür. Eklemlerde kronik seyirli ağrılı şişlik vardır. Ateş, lenfadenopati, splenomegali ve eritema multiforme tipi deri döküntüleri görülür. Perikardit, plörit, üveit bulunabilir. Subkutanöz romatoid nodüller sık görülmez.

Romatoid artritten farklı olarak diz, ayak bileği, kalça gibi büyük eklemler öncelikle tutulur. El ve ayağın küçük eklemlerinin tutulması daha geçtir. Boyun omurgası sık tutulur. Olguların çoğunda hastalık tek eklemi tutar. Periartiküler yumuşak doku şişliği genellikle ilk bulgudur. Çevre kemiklerde belirgin osteoporoz vardır. Hiperemi nedeniyle tutulan eklemin epifizleri büyür ve olgunlaşması hızlanır. Buna bağlı olarak tutulan eklemde eklem epifizleri normalden büyüktür; epifiz çizgisi erken kapanır (Resim 6.168). Diyafizyal



Resim 6.167 Romatoid artrit. Nötral pozisyonda alınan yan röntgenogramda (A) farkedilmeyen atlantoaksiyal subluksasyon, fleksiyonda alınan röntgenogramda (B) belirgin hale geliyor (ok).



Resim 6.168 Juvenil romatoid artrit. Her iki dizin ön-arka röntgenogramında, solda daha belirgin olmak üzere, femur mediyal kondilinde aşırı büyüme, eklem mesafesinde daralma.

periost reaksiyonu oldukça sıktır. Geç evrelerde eklem kıkırdağı harabiyetine bağlı eklem aralığında daralma ve subkondral kemikte harabiyet izlenir. Bu görünüm yetişkinde görülen romatoid artrite benzer. Organize periost reaksiyonu, el ve ayağın tubüler kemiklerinin kalınlaşmasına neden olur. Subluksasyon ve dislokasyonlar gelişebilir. Uzun kemiklerin büyümeleri durur ve ince, aşırı tubüler bir görünüm alır. İleri olgularda servikal omurgada, intervertebral aralıkların kapanması ve korpusların füzyonu ile ankiloz gelişir.

Hastalık sıklıkla spontan remisyona girer ve rezidüel deformite bırakmaz. Şiddetli olgularda belirgin eklem harabiyeti, ankiloz ve kontraktürler gelişir.

Diğer otoimmün artritler

Sklerodermada eroziv artrite yumuşak doku anormallikleri eşlik eder. Eroziv artrit, distal ve proksimal interfalanjeal eklemleri tutar. Yumuşak dokularda atrofi ve kalsifikasyonlar görülür. Atrofik ve sert derinin baskısına bağlı olarak terminal falanks uçları rezorbe olur ve akroosteolizis ortaya çıkar.

Sistemik lupus eritamatozda ligament gevşekliğine bağlı eklem deformiteleri görülür. Eklem tutulumundaki dağılım romatoid artrittekine benzer. Metakarpofalanjeal eklemlerde belirgin subluksasyon vardır, erozyon görülmez. Birlikte yumuşak doku şişliği bulunur.

Dermatomiyozitte yaygın yumuşak doku kalsifikasyonları görülür. Sklerodermadaki kalsifikasyonlar subkutanöz yerleşir, dermatomiyozitte ise intramüsküler yerleşimdedir.

Seronegatif spondiloartropatiler

Seronegatif artritler olarak da bilinirler. Hastaların büyük çoğunluğunda HLA-B27 pozitiftir. Bu grup hastalıklar aksiyal iskelet tutulumu, proliferatif yeni kemik yapımı ve kemik ankiloz ile karakterizedir. Bu hastalıkların en belirgin bulgusu omurda görülen sindesmofitlerdir. Sindesmofit osteofite benzer; osteofitten farklı olarak vertikal seyreder, osteofitler ise horizontal seyirlidir. Çoğu zaman bu iki oluşumu nasıl seyrettiklerine bakarak değerlendirmek mümkün olmaz.

Sindesmofitler omurun hemen kenarından veya kenardan uzak bir noktadan başlayabilir. Kenarından başlayanlar ön-arka projeksiyonda simetriktir. Ankilozan spondilit ve inflamatuar bağırsak hastalıklarındaki sindesmofitler bu şekildedir. Diskin kenarından değil daha uzak bir noktadan başlayan sindesmofit ise genellikle uzun ve kalındır ve tek taraflıdır veya asimetriktir. Psöriatik artrit ve Reiter sendromundaki sindesmofitler bu şekilde görülür.

Seronegatif artritlerde sakroilyak eklem tutulumu sıktır. Ankilozan spondilit ve inflamatuar bağırsak hastalığında sakroilyak eklem tutulumu iki taraflı ve simetriktir. Reiter sendromu ve psöriatik artritte ise tutulum tek taraflı da olabilir; olguların yaklaşık yarısında iki taraflıdır ve iki taraflı olduğunda genellikle asimetriktir. Asimetrik tutuluma radyolojik olarak karar vermek zordur; bu nedenle iki taraflı tutulumlarda tüm seronegatif artritleri düşünmek gerekir. Tek taraflı tutulum varsa, Reiter sendromu ve psöriatik artrit olasılığı yüksektir. Tek taraflı tutulumda seronegatif artritler dışında TB gibi enfeksiyöz artrit ve dejeneratif eklem hastalığı da akla gelmelidir.

Ankilozan spondilit

Genç ve orta yaşlı erkeklerde sıktır. Kadınlarda sık görülmez. Hastalık bulguları belirgin değildir. Röntgen bulguları gelişene kadar hasta hastalığının farkında olmayabilir. Aşırı bel ağrısı, sertlik, hafif ateş ve sedimentasyonda artma görülür. Göğüsün genişlemesinde azalma erken bulgudur. Klinik bulgular hafiften şiddetliye kadar değişen bir yelpazededir. Olguların %95'inde HLA-B27 pozitiftir. Röntgen bulguları erken ve geç olarak iki devreye ayrılabilir.

Erken değişiklikler: Bazı eklemleri tutan destrüktif değişikliklerdir. Sakroilyaklar sıklıkla ilk tutulan eklemlerdir. Bu eklemlerdeki değişiklikler arka-ön pozisyonda (hasta yüz üstü yatarken) çekilen radyogramlarda daha iyi görülür. Tutulum daima iki taraflı ve sıklıkla simetriktir. Önce, eklem kenarlarının keskinli-



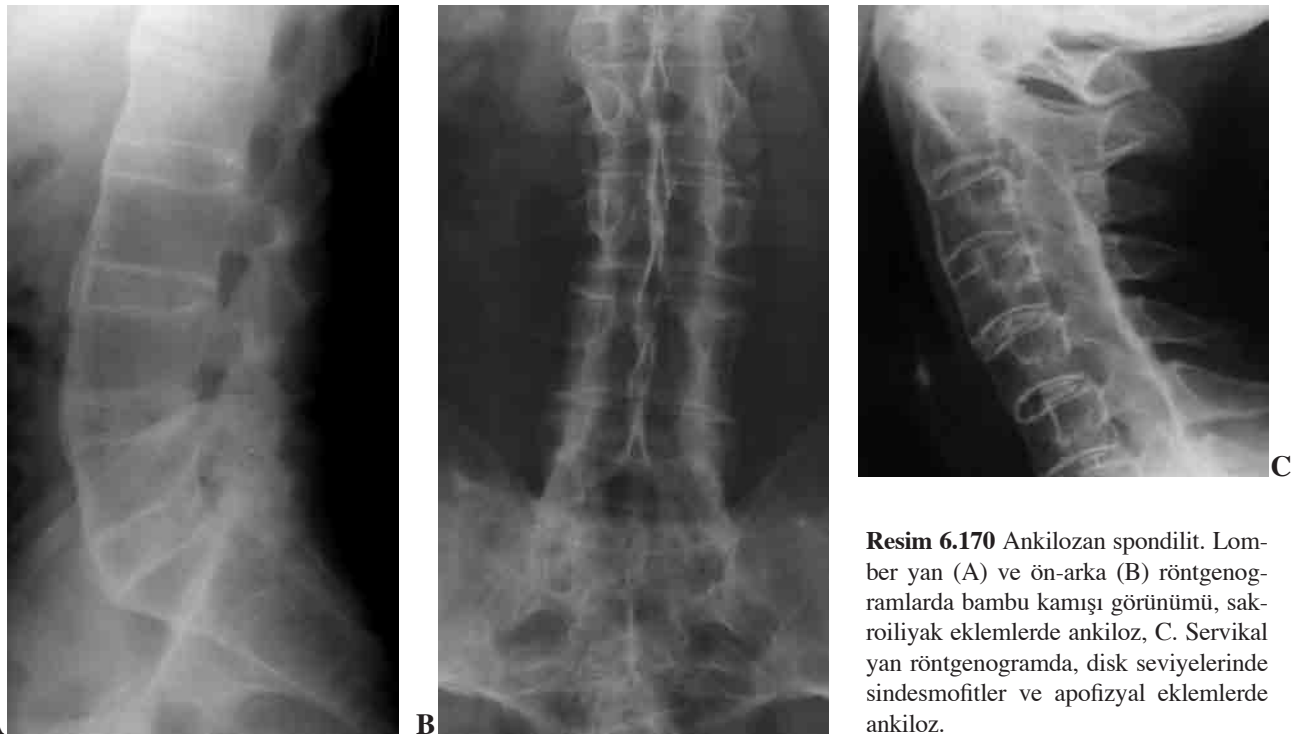
Resim 6.169 Ankilozan spondilit. Kare vertebra görünümü.

ği kaybolur. Subkondral kemik erozyonu görülür. Birlikte periartiküler osteoporoz veya skleroz bulunabilir. Ankilozan spondilitin erken döneminde sakroiliyak eklemin görünümü, sağlıklı bir adolesanın sakroiliyak eklemine benzer; ancak adolesanda sakroiliyak eklem aralığı daha geniştir.

Subkondral erozyon, kosto-transvers, kosto-vertebral ve intervertebral apofizyal eklemlerde de görülür. Bu bölgelerdeki değişikliklerin gösterilmesi güç olduğundan tanıya katkıları çok azdır. Vertebra korpuslarının ön yüzlerinde, iskion kolunda ve simfizis pubiste de erozyonlar görülebilir.

Geç değişiklikler**:** Bu değişiklikler başlıca erozyonun osteoblastik reaksiyonla onarımı, reosifikasyon ve ankilozdur. Onarım olayı erozyonun başladığı noktada durmaz, daha ileriye geçer. Aşırı onarım sonucu ligamentlerin kemiklere yapıştığı bölgelerde, yumuşak doku içerisine doğru uzanan yeni kemik oluşumları görülür. Bu olaya *entesopati* adı verilir; yeni kemik oluşumları da *entesofit* olarak adlandırılır. İliumun dış kenarları, iskion kolu ve kalkaneusun posterior ve plantar yüzeyi bu değişikliklerin sık görüldüğü yerlerdir.

Omurların gövdelerinin ön yüzlerindeki konkavite aşırı onarıma bağlı olarak düzleşir ve vertebralar *kare vertebra* görünümü alır (Resim 6.169). Bu değişiklikler genellikle ligamentlerin kalsifiye olmasından öncedir. Paravertebral ligamentler önce kalsifiye, daha sonra ossifiye olur. Bu olay genellikle dorso-lomber bölgeden başlayıp yukarı ve aşağı doğru ilerler. Disk aralıklarında kapanma yoktur. Görünüm *bambu kamışına* benzetilmiştir (Resim 6.170). İlerlemiş olguların çok azında (%2) atlanto-aksiyal dislokasyon görülür.



Resim 6.170 Ankilozan spondilit. Lomber yan (A) ve ön-arka (B) röntgenogramlarda bambu kamışı görünümü, sakroiliyak eklemlerde ankiloz, C. Servikal yan röntgenogramda, disk seviyelerinde sindesmofitler ve apofizyal eklemlerde ankiloz.



Resim 6.171 Ankilozan spondilit. Sakroiliyak eklemlerde bilateral kemik ankiloz.

Geç değişiklikler sonucu sakroilyak eklemlerde kemik ankiloz gelişir (Resim 6.171).

Ankilozdan spondilitte olguların yaklaşık yarısında, büyük eklemler de olaya katılır. En sık kalça eklemi tutulur. Tutulumda görünüm genellikle romatoid artritten ayrılamaz (Resim 6.172).

Ankilozan spondilitle birlikte inflamatuar bağırsak hastalığı, iritis, aortitis ve akciğerde üst lobları tutan interstisiyel fibroz görülebilir.



Resim 6.172 Ankilozan spondilit, büyük eklem tutulumu. Kalça ekleminde, eklem mesafesinde femur başının aksiyal migrasyonuna bağlı olarak daralma ve ikincil osteoartrit bulguları.

Psöriyatik artrit

Psöriyazisle birlikte görülen inflamatuar üst ekstremite poliartritidir. Psöriyazisli olguların yaklaşık %20'sinde görülür. Olguların %90'ında artrit ortaya çıkmadan önce deri bulguları vardır; %10'unda artrit deri bulgularından önce ortaya çıkar. HLA-B27 olguların yaklaşık yarısında pozitiftir. Deri lezyonları ile artritik değişikliklerin derecesi orantılıdır. Erkeklerde daha sıktır.

Tutulan eklemde periartiküler şişlik ve sertlik gibi romatoid artrite benzer bulgular vardır. Yeni kemik yapımı ve eroziv değişiklikler birlikte görülür. Geç dönemde nöropatiyi taklit eden deformiteler ortaya çıkar. Genellikle tutulan eklemin üstündeki deride psöriyatrik değişiklikler vardır. Distal interfalanjeal eklem tutulumunda tırnak yatağının tutulumu tipiktir.

Ayak ve el bileği, sakroilyak eklemler ve omurga sık tutulan bölgelerdir. Romatoid artritten farklı olarak öncelikle distal interfalanjeal eklemler tutulur (Resim 6.173). Romatoid artritte görülen periartiküler dekalsifikasyon yoktur. Tubüler kemiklerde, özellikle baş parmakta proliferatif periosteal reaksiyon gözlenir. Parmak uçlarında rezorbsiyon sonucu akrosteolizis gelişir. Terminal falankslarda yoğun skleroz görülebilir (*fildişi falanks görünümü)*. Aşırı desrüksiyon sonucu sivrilmiş bir eklem ucunun, karşı eklem yüzündeki erozyona bağlı çukurluğun içine girmesine *kalem ve hokka görünümü* adı verilmiştir. Ayakta metatarsofalanjeal eklemler, interfalanjeal eklemlerden



Resim 6.173 Psöriyatik artrit. Distal interfalanjial eklemlerde daralma. Osteoporoz yok.

daha çok tutulur. Fibröz ve kemik ankiloz, romatoid artritten daha sık görülür.

Sakroilyak eklem ve servikal omur tutulumları romatoid artrite benzer. Lomber omur tutulduğunda görülen sindesmofitler Reiter sendromunu taklit eder.

Reiter sendromu

Başlıca erkeklerde görülen bir hastalıktır. HLA-B27 olguların %80'inde pozitiftir. Spesifik olmayan üretrit, konjonktivit ve artrit klasik üçlü bulgusudur. Üretrit gonokoksik olabilir. Konjonktivit sadece olguların 1/3'ünde görülür. Artritik değişiklikler alt ekstremiteyi tutar. Artrit bulguları akut veya subakut olmaya eğilimlidir, genellikle hafiftir; gonokoksik olmayan üretriti veya basilli dizanteriyi takiben ortaya çıkar. Hastalık sıklıkla kendi kendini sınırlar.

Ayakta metatarsofalanjeal ve interfalanjeal eklemler ve tarsal eklemler sık tutulur ve eroziv artropati bulguları görülür. Retrokalkaneal bursit gelişir. Plantar aponevrozun ve Aşil tendonunun yapıştığı yerlerde, psöriyatik artrit ve romatoid artrite benzer şekilde erozyon ve entesopati gelişir. Metatars ve falanksladaki periost reaksiyonu, romatoid artritten daha belirgin olmaya eğilimlidir. Ekleme komşu kemiklerde osteoporoz sık görülür; ancak romatoid artrittekinden daha azdır. Nadiren el tutulumu olabilir.

Olguların yaklaşık %30'unda iki taraflı sakroileit vardır. Sakroilyak eklem tutulumu başlangıçta daima asimetriktir, geç dönemde simetrik hale gelebilir.

Omurga tutulumu psöriyatik artrite benzer. Psöriyatik artritte olduğu gibi, bel omurlarında sindesmofit ve spur formasyonu görülür. Torakolomber bölgede asimetrik ve büyük boyutlu sindesmofit gelişimi tipiktir. Sindesmofit bir omuru atlayarak devam edebilir.

Enteropatik osteoartropatiler

İnflamatuar veya enfeksiyöz bağırsak hastalıklarında Reiter sendromu ve ankilozan spondilite benzer artritik değişiklikler görülür. Bu olgularda sıklıkla HLA-B27 pozitiftir. Bağırsak hastalığı ülseratif kolit, Crohn hastalığı, Whipple hastalığı veya salmonella, shigella ve yersinia enteritleri olabilir. Ülseratif kolitli olguların %10'unda artrit gelişir (Resim 6.174).



Resim 6.174 Ülseratif kolitli olguda bilateral, asimetrik sakroileit.

Eroziv osteoartrit

Primer osteoartritin, daha sık orta yaşlı kadınlarda görülen, çok ağrılı ve şiddetli ostoporozla seyreden şekline verilen isimdir. Nadir görülen bir hastalıktır; *Kellgren artriti* adı da verilir. Tutulum şekli primer osteoartritin aynısıdır. Tutulan eklemlerde lokal ısı artımı, kızarıklık, ağrı ve hassasiyet görülür. Fleksiyon deformiteleri gelişebilir. Birlikte servikal ve oksipital ağrı yakınması vardır. Üst servikal omur da tutulabilir.

Eklem aralığında daralma, subkondral skleroz ve paraartiküler erozyonlar görülür. Akut evre dışında subartiküler demineralizasyon belirgin değildir. Tutulan interfalanjeal eklemlerde eklem yüzeyinin ortasındaki erozyon, kenarlarındaki osteofitlerle birlikte *martı kanadı* görünümüne neden olur. Geç evrede subluksasyonlar, fibröz ve kemik ankiloz gelişebilir. İnflamatuar sinovit ve subartiküler erozyonlar, bu hastalığı normalde görülen dejeneratif eklem hastalığından ayırır.

METABOLİK ARTRİTLER

Kristallerin ve diğer maddelerin kıkırdaklarda ve yumuşak dokularda birikimi sonucu ortaya çıkan artritlerdir. Kıkırdakta birikim, kıkırdağın mekanik özelliklerini değiştirerek mikro yırtıklara, eklem sıvısında kristallerin birikimi ise akut sinoviyal inflamasyona neden olur. Klinik olarak ya akut inflamatuar artrit veya kronik destrüktif artropati şeklinde karşımıza çıkar. Kristal depo hastalıkları gut, kalsiyum pirofosfat dihidrat depo hastalığı ve kalsiyum fosfat (kalsiyum hidroksipatit) birikimidir. Diğer birikim hastalıkları hemokromatoz, Wilson hastalığı, alkaptonüri, amiloidoz, multisentrik retikülohistiositoz ve ksantomatozdur. Akromegali ise endokrin nedenli metabolik artrit oluşturur.

Gut artriti

Ürik asit metabolizmasının bozukluğuna bağlıdır. Olguların %90'ında değişik nedenlere bağlı ürik asit atılımında yetersizlik, % 10'unda aşırı ürik asit yapımı vardır. Eklem çevresinde sodyum ürat kristalleri birikir. Olguların %90'ı erkektir. Hastalık tekrarlayan artrit atakları ile seyreder ve tanı, röntgende eklem değişiklikleri görülmeden çok önce, klinik olarak konur. Radyolojik bulgular hastalık başladıktan 4-6 yıl sonra ortaya çıkar. Hastaların çoğu bu süre içerisinde başarılı bir şekilde tedavi edildiği için röntgen bulguları günümüzde nadir olarak görülür.

Röntgen bulguları erozyon, yumuşak doku şişliği ve kıkırdak yıkımına bağlıdır. Erozyon eklem yüzeyine komşu, *zımba ile delinmiş gibi* keskin kenarlı kemik defekti şeklindedir. Defektin kenarları skleroze olabilir ve her iki kenarının dışarı doğru çıkıntılı olması tipiktir. Elde, romatoid artritten farklı olarak distal interfalanjeal eklemler daha sık tutulur.

Ürat kristallerinin birikmesine bağlı yumuşak doku şişliğine *tofüs* adı verilir. Eklem çevresinde ekzantrik olarak yerleşirler ve yaklaşık yarısı zamanla kalsifiye olur. Olekranon bursasında ve prepatellar bursada sodyum ürat kristalleri birikebilir.

Kıkırdak yıkımı genellikle geç dönemlerde ortaya çıkar ve eklem aralığının daralmasına neden olur. Eklem mesafesinin hastalığın geç dönemine kadar daralmaması, önemli bir ayırıcı tanı bulgusudur.

En sık ayak baş parmağında metatarsofalanjeal eklem tutulur. Osteoporoz görülmez, ancak inaktiviteye bağlı olarak bazı olgularda gelişebilir. Olguların yaklaşık %40'ında kalsiyum pirofosfat dihidrat birikimine bağlı kondrokalsinozis görülür. Sklerotik kenarlı erozyonlar, yumuşak doku nodülleri ve osteoporoz görülmemesi gut hastalığının ayırıcı tanı ölçütleridir.

Kalsiyum pirofosfat dihidrat ("CPPD") depo hastalığı (psödogut)

Kalsiyum pirofosfat dihidratın ($Ca_2P_2O_7.H_2O$) intraartiküler olarak çökmesi kondrokalsinozise ve birlikte dejeneratif eklem hastalığına benzer değişikliklere neden olur. Kondrokalsinozis hiyalin ve fibröz kıkırdağın, sinovyumun, tendonların ve ligamentlerin kalsifikasyonudur; birçok nedeni vardır ve CPPD depo hastalığı sadece bunlardan birisidir. Her CPPD birikiminde kondrokalsinozis görülmez. CPPD birikimi artropati ile birlikte olabilir veya olmayabilir. CPPD depo hastalarının bir bölümünde klinik, guta benzer; akut ataklarla seyreden böyle olgulara psödogut adı verilir.



Resim 6.175 Kalsiyum pirofosfat dihidrat depo hastalığı. Diz yan menisküsünde kalsifikasyon (ok).

Kondrokalsinozis hiyalin ve fibröz kıkırdakta çizgisel opasite şeklinde görülür (Resim 6.175). Dizde, trianguler fibrokartilajda ve simfizis pubiste görülmesi karakteristiktir. Sinoviya, kapsül, ligament ve tendonlarda da kalsifikasyon görülür, fakat daha nadirdir.

Radyolojik olarak osteoartrite benzer, ancak farklı eklemleri tutar. Patellofemoral eklem ve femorotibial eklem sık tutulur. Omuz, dirsek, radiokarpal eklemler ve II. ve III. metakarpofalanjeal eklemler sık tutulan diğer eklemlerdir. Bu eklemlerin tutulumunda kondrokalsinozis görülmese bile CPPD olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Subkondral kistler osteoartritten daha sık görülür. CPPD, primer hiperparatiroidizm, hemokromatozis ve gutla birlikte sıktır.

Kalsiyum fosfat birikim hastalığı

Kalsiyum fosfat kristalleri, CPPD'nin aksine eklem içerisinde değil daha çok periartiküler dokuda birikir ve artritik değişiklikler yapmadan periartiküler yumuşak dokularda inflamasyona neden olur. Kalsifikasyonun en sık görüldüğü yerler suprasipinatus tendonunun yapışma yerine yakın kesimi, subakromial-subdeltoid bursa, fleksor karpi ulnaris tendonunun psiform kemiğe yakın kesimi ve metakarpofalanjeal ve interfalanjeal eklemlerdir.

Hemokromatozis

Demir birikim hastalığıdır. Olguların yaklaşık yarısında ellerde dejeneratif eklem hastalığı görülür. II.-IV. metakarpofalanjeal eklemler tutulur. Metakarp-

ların başı genişler ve kenarlarında aşağı doğru *gaga şeklinde* tipik osteofitler sarkar. Metakarp başı bu değişikliklere bağlı olarak *kareleşir.* Hemokromatozisli olguların yaklaşık yarısı kondrokalsinozisle birliktedir. Yaygın osteoporoz görülür.

Alkaptonüri (okronozis)

Homojentisik asit oksidazın yokluğu nedeniyle dokuda homojentisik asit birikir. Bu maddenin kıkırdakta birikmesi, kahverengi-siyah pigmentasyona neden olur. Otozomal geçişli bir hastalıktır.

Hastalığı karakterize eden kıkırdak, tendon ve ligamentlerin distrofik kalsifikasyonu, en belirgin olarak intervertebral disklerde izlenir. Sakroilyak ve büyük periferik eklemlerde osteoartrit gelişir. İskelette yaygın osteoporoz görülür.

OSTEOARTROPATİLER

Hemofilik artropati

Bulgular genellikle hayatın ilk iki yılı içerisinde ortaya çıkar. Klasik hastalık erkeklerde görülür. Hafif travmalar kanamaya neden olur. Büyük eklemler, özellikle de diz eklemi sık tutulur. Ayak bileği, dirsek ve omuz sıklıkla tutulan diğer eklemlerdir. Eklem içine tekrarlayan kanamalar olur. Sinovyada toplanan hemosiderin pigmenti villöz hipertrofiye, fibroz ve yapışıklıklara yol açar. Eklem kıkırdağı yıkılır. Kemik içi kanama veya hiperplastik sinoviya, subkondral kemik harabiyeti yapar. Geç evrede reaktif skleroz, inaktivite osteoporozu ve ikincil dejeneratif artritik değişiklikler tabloya eklenir.

Hemartroza bağlı olarak eklemde yumuşak doku şişliği görülür (Resim 6.176). Yumuşak doku şişliğinin yoğunluğu hemosiderin birikimi nedeniyle artmıştır. Artmış kanlanma nedeniyle epifizler büyümüştür. Eklem yüzleri kıkırdak yıkımına bağlı olarak düzensizdir. Çevrede belirgin osteoporoz görülür. Diz ekleminde, femurun interkondiler çentiğinin derinleşmesi ve genişlemesi tipiktir (Resim 6.177). Kalça ekleminde eklem içine kanama, venöz dönüşü engelleyerek femur başının nekrozuna neden olabilir.

Subperiosteal kanamalar, altındaki kemiği erode ederek keskin ve düzgün kenarlı geniş litik alanlar yapar. Bunlara *hemofilik psödotümör* adı verilir. Iliyak kanatta, kalkaneusta, femur, tibia, humerus ve radiusta sık görülür (Resim 6.178). İntraosseöz kanama sonucu eklem kıkırdağı altında kistik lezyonlar gelişebilir.



Resim 6.176 Hemofili. Hemartroza bağlı olarak sol dizde yumuşak doku şişliği.

Hemofilide eklem içi kanaması ve hemosiderin birikimi özel sinyal intensiteleri nedeniyle MR ile ayrıntılı olarak izlenebilir (Resim 6.179).



Resim 6.177 Hemofilik artropati. Ön-arka diz röntgenogramında, epifizlerde genişleme, kıkırdak yıkımına bağlı eklem yüzeyinde düzensizlik, interkondiler çentikte derinleşme (ok).



A

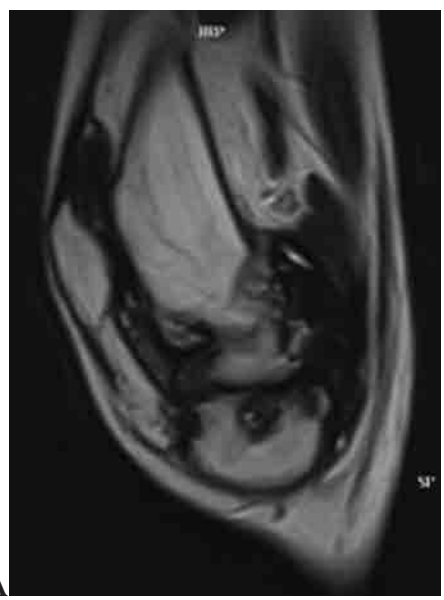


B



C

Resim 6.178 Hemofilik psödotümör. A. Sol iliyak kanatta, çok iyi ayırt edilemeyen kemik destrüksiyonu ve yumuşak doku anormalliği. Koronal T1AG (B) ve T2AG (C). Sol iliumda, iç yapısı kanamalar nedeniyle heterojen olan büyük kitle.



A



B

Resim 6.179 Hemofilik artropati. sagital T1AG (A) ve koronal yağ baskılamalı T2AG (B). Eklemde eroziv değişikliklere bağlı daralma, eklem yüzeyinde düzensizlik, subkondral skleroz ve intraosseöz kistler; kronik hemosiderin depolanmasına bağlı intensite azalması.



Resim 6.180 Hipertrofik osteoartropati. Pulmoner kitlesi olan bir çocuk hastanın el (A) ve ön kol (B) röntgenogramlarında, metakarpal kemiklerde, radius ve ulnada periosteal proliferasyon.

Hipertrofik osteoartropati

Parmaklarda çomaklaşma şeklinde yumuşak doku kalınlaşması vardır. Tutulan kesimde ağrılı şişlik ve ısı artımı izlenir. Bulgular akut artriti taklit eder. Tibia, fibula, radius, ulna, metakarp ve metatarslarda görülür. Orta ve proksimal falankslar sık tutulur. Bazen klavikulalarda da görülebilir. Akciğer kanseri, lenfoma, abse, bronşektazi ve mezotelyoma gibi torasik lezyonlar ve ülseratif kolit, karaciğer sirozu, Whipple hastalığı, bağırsak lenfoması ve tüberkülozu gibi ekstratorasik nedenlere bağlı olarak gelişir.

Uzun kemiklerin diyafizlerinde, el ve ayağın distal falanksları dışında kalan tubüler kemiklerinde, yaygın ve sıklıkla simetrik periost reaksiyonları görülür (Resim 6.180). Özellikle tibia ve femurda korteks düzensiz bir şekilde kalınlaşmış olabilir. Ellerde ekleme komşu kesimlerde osteoporoz gelişir.

Röntgen bulguları neoplazinin ilk bulgusu olabilir. Neden ortadan kalktıktan sonra hipertrofik osteoartropafi bulguları hızla kaybolur. Günümüzde, hastalıkların görece erken teşhisi ve gerekli olgularda cerrahinin hemen uygulanması nedeniyle, genellikle görülmez.

Nöropatik artropati (Charcot eklemi)

Ağrılı bir uyarana refleks yolla cevap verilmesi, kemik ve eklemleri koruyan önemli bir mekanizmadır. Bu korunma mekanizmasının eksikliğinde, tekrarlayan travmalar nöropatik artropati veya Charcot eklemi adı verilen değişikliklere neden olur. Olgularda derin duyu kaybı vardır. Eklemle ilgili kas çalışmasının düzensiz olması, eklem stabilitesinin kaybolmasına neden olur. Birlikte refleks arkının sağlam kalması, stabilitesi bozulmuş eklemi korumasız hale getirir. Daha az sıklıkla ağrısız kırıklar da görülebilir.

Radyolojik olarak karakteristik üçlü bulgusu kemik harabiyeti, dislokasyon ve heterotopik yeni kemik oluşumudur (Resim 6.181). Kemik harabiyeti hemen her artritte görülür, ancak nöropatik artropatide çok belirgindir. Eklem harabiyeti ilerleyicidir. Erken dönemde sadece eklem mesafesinde daralma görülür ve bu dönemde tanı koymak imkânsızdır. Omurga tutulursa harabiyet diske komşu yüzeylerdedir. Tutulan eklemlerde değişik derecelerde dislokasyon vardır; erken dönemde eklem sublukse olabilir. Ekleme komşu heterotopik yeni kemik oluşumu veya kalsifikasyonlar görülür. Bu görünümler nekroze kemik parçaları olarak da isimlendirilmiştir. Eklemi oluşturan kemiklerin yoğunluğu normal veya artmış olabilir. Atrofik tip nöropatik artropatide, artiküler yüzeylerde kemik rezorbsiyonları vardır, reaktif kemik değişikleri görülmez. Nöropatik artropati nedenleri şunlardır:

1. Nörosifiliz**:** Sifilizdeki tabes dorsalise bağlı eklem tutulumu, günümüzde nadirdir. Alt ekstremitenin diz eklemi gibi büyük eklemleri sık tutulur. Eklem-



Resim 6.181 Nöropatik osteoartropati. Diabetes mellituslu hastanın ayak yan röntgenogramı (A) ve koronal BT kesiti (B). Tarsal kemiklerde ve eklemlerde düzensizlik, skleroz ve fragmantasyon.

lerde sublukasyon, kemik harabiyeti ve çevre yumuşak dokuda birçok küçük kemik parçası görülür.

2. Siringomiyeli**:** Çoğunlukla servikal bölgede görülen bu progressif hastalıkta, kollarda ağrı duyusu kaybı vardır. Kolun büyük eklemlerinde nörosifilizdekine benzer değişiklikler ortaya çıkar.
3. Konjenital asimboli**:** Ağrı duyusunun konjenital yokluğudur. Alt ekstremiteler gibi travmaya açık olan bölgelerde birçok kırık görülür. Deri genellikle yaralarla kaplıdır. Bu hastalarda komplikasyon olarak osteomiyelit gelişebilir.
4. Spina bifida: Genellikle, bir bacakta ağrı kaybı vardır. Ayak bileği ve ayakta nöropatik eklem değişikliklerine benzer görünümler ortaya çıkar.
5. Diyabetik nöropati**:** Nöropatik artropati günümüzde en çok diyabetik ayaklarda görülür. Tipik olarak II. ve III. tarsometatarsal eklemler tutulur ve görünüm Lisfranc dislokasyonuna benzer. Metafizlerde incelmeler ve metatars uçlarında kemik rezorbsiyonu görülür. Neden olarak, vasküler yetersizlik sebebiyle duyu sinirlerinin iyi beslenmemesi ve bunun sonucu ağrı duyusunun kaybı ileri sürülmüştür. Eklem ve kemik değişiklikleri, trofik ülserler olmadan görüldüğü için diyabetin sık komplikasyonu olan enfeksiyona bağlanamaz.
6. Lepra**:** Ağrı duyusu bozukluğu, ellerde interfalangial, ayakta metatarsofalanjeal eklemlerde nöropatik değişikliklere neden olur, parmak uçlarında osteoliz ve sivrileşme ortaya çıkar (Resim 6.182).
7. Paralitik durumlar**:** Felçli ekstremitenin destek amacıyla kullanılması sonucu ortaya çıkar. Poliyomiyelitte ekstremite kemiklerinde bazen gözden kaçabilen kırıklar görülür.



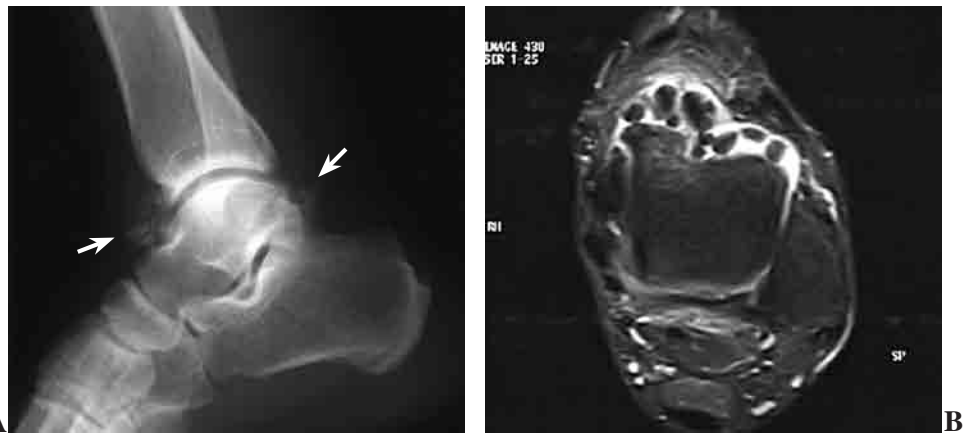
Resim 6.182 Lepra, nöropatik lezyonlar. Distal falankslarda osteoliz ve sivrileşme.

Nöropatik kırıklarda çocuklarda kallus oluşumu aşırı derecededir. Bu durum yetişkinlerde görülmez. Yetişkinlerde yaygın yumuşak doku osifikasyonları vardır.

Sinoviyal osteokondromatozis

Göreceli olarak oldukça sık görülür. Sinovyumda yer yer kıkırdak metaplazisi gelişir. Olguların %70'inde metaplazik kıkırdak kalsifiye olur ve radyolojik olarak görülür hale gelir (Resim 6.183). Diz, kalça ve dirsek eklemleri sık tutulur. Metaplazik kıkırdak yapıların kalsifiye olmadığı olgularda, eklem kapsülü içerisinde kalan kemikte, kıkırdak kitlelerinin basısına bağlı erozyon alanları görülebilir.

Sinovyal kalsifikasyonlar sinovyumda kalabilecekleri gibi, ayrılarak eklem içerisine düşebilir ve



Resim 6.183 Sinoviyal osteokondromatozis. A. Yan röntgenogramda, ayak bileği çevresinde multipl yuvarlak radyoopasiteler (ok). B. Yağ baskılamalı aksiyal T2AG. Eklem içinde sıvı birlikte çok sayıda osteokondral cisimcik.

eklem içi serbest cisim oluşturabilirler. Bu serbest cisimler tüm eklemi doldurduklarında, özellikle MR kesitlerinde kitle görünümü verebilir. Bu görünüme *kitlesel sinoviyal kondromatozis* adı verilir. Böyle olgularda biyopsi yapılırsa sonuç kondrosarkom gelebilir. Kondrosarkom eklemden çıkan bir malign tümör olmadığından patolojideki bu yanılma pratikte bir sorun oluşturmaz.

Pigmente villonodüler sinovitis

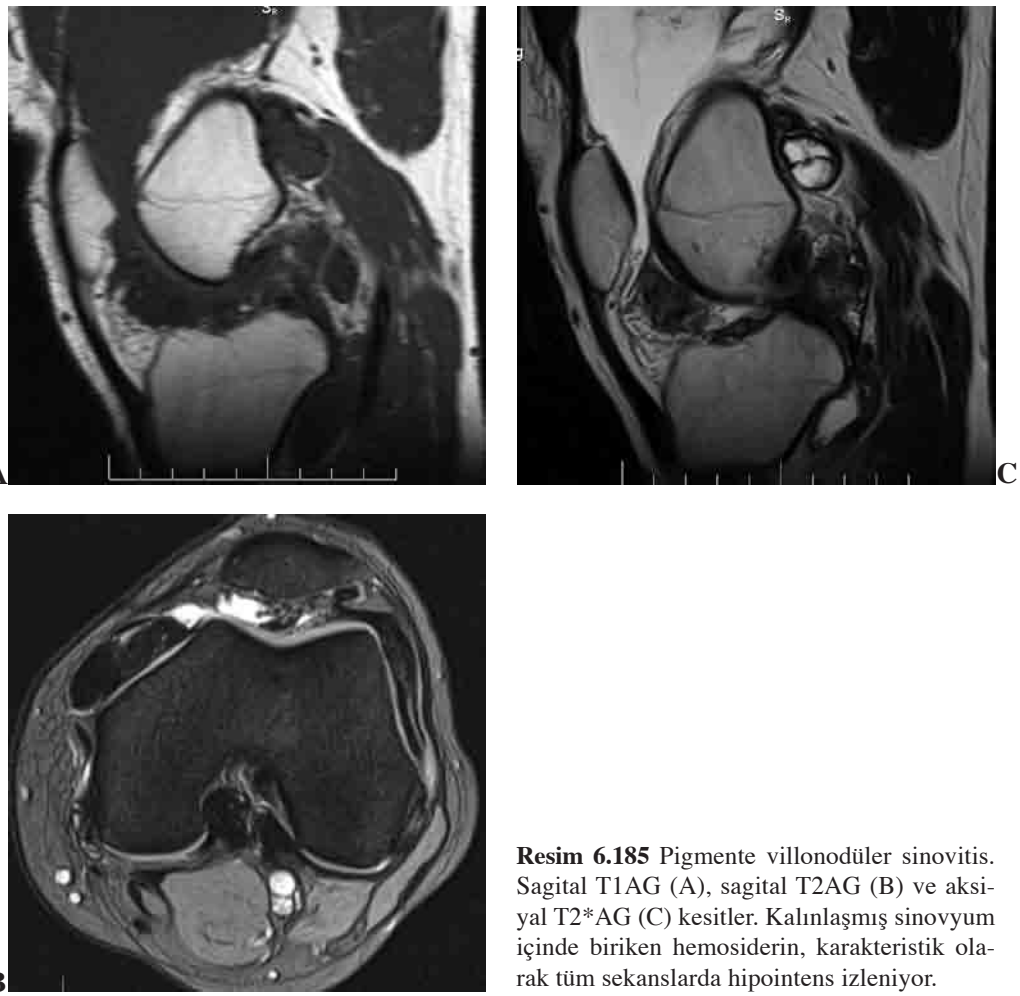
Sinovyal proliferasyona neden olan kronik inflamatuar bir hastalıktır. Sık görülmez, 2.-4. dekadlarda ve erkeklerde daha sıktır. Her eklem, bursa veya tendon kılıfı tutulabilir; en sık diz eklemi tutulur, tutulan diğer eklemler kalça, dirsek ve ayak bileğidir. Tendonları tutan şekli, tendon kılıfının dev hücreli tümörü veya tendon kılıfı ksantoması olarak isimlendirilir (Resim 6.184).

Radyolojik olarak, sinovyum kitleleri ve sıvı ile şiş olan eklemde destrüksiyon ve ağrı görülür. Sinovium eklem çevresindeki kemikleri erode ederek geniş kistik kaviteler oluşturabilir. Geç evrede eklem mesafesi daralabilir. Lezyonlarda asla kalsifikasyon görülmemesi, ayırıcı tanıda önemli bir bulgudur. Radyografik görünüm kalsifiye olmayan sinoviyal kondromatozisten ayrılamaz ve bu iki tanı daima birlikte düşünülmelidir. MR'de sinovyum yüzeyinin, hemosiderin birikimine bağlı olarak T1AG ve T2AG'de hipointens görülmesi karakteristiktir. Sinovyal hipertrofi alanları, hemosiderin birikimi gösteren yumuşak doku kitleleri şeklinde görülür (Resim 6.185). Eklem içerisinde sıvı vardır.

MR görünümünün ayırıcı tanısı, benzer sinyal karakterisitikleri gösterebilen gut, amiloid, fibröz lezyonlar, hemofili, sinoviyal hemanjiom, nöropatik osteoartropati gibi hemosiderin birikimine neden olan hastalıklarla yapılmalıdır. Hemofilideki hemosiderin birikimi, pigmente villonodüler sinovitteki kadar belirgin değildir.



Resim 6.184 Tendon kılıfının dev hücreli tümörü. T1AG (A), yağ baskılamalı T2AG (B) ve yağ baskılamalı kontrastlı T1AG (C) sagital kesitler. Fleksör hallusis longus tendonu çevresinde, T1AG'de kas ile izointens, T2AG'de orta intensitede; kontrast maddeyle belirgin olarak boyanan yumuşak doku kitlesi (ok).



Resim 6.185 Pigmente villonodüler sinovitis. Sagital T1AG (A), sagital T2AG (B) ve aksiyal T2*AG (C) kesitler. Kalınlaşmış sinovyum içinde biriken hemosiderin, karakteristik olarak tüm sekanslarda hipointens izleniyor.

DİZ EKLEMİNİN MR İNCELEMESİ

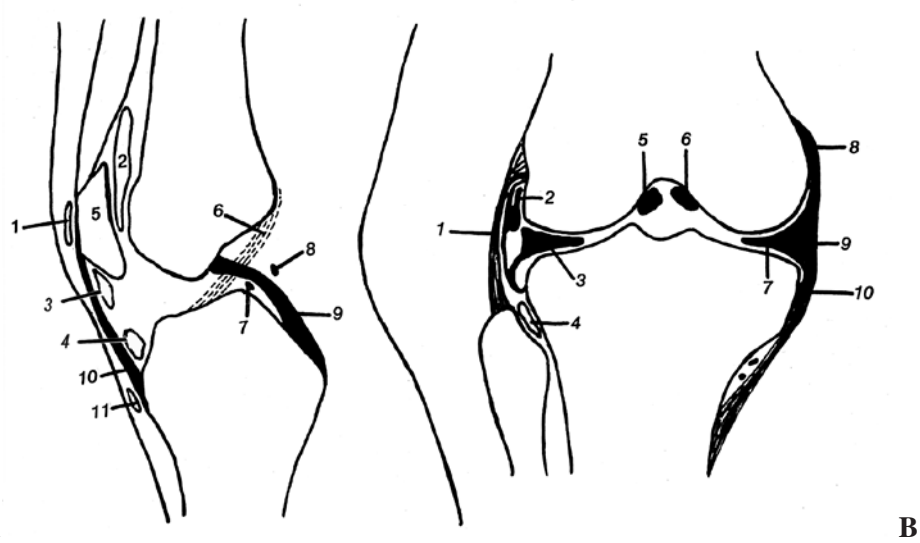
Diz MR'sinde ortogonal 3 düzlemde de kesit alınır. İncelemede dize özel sargılar kullanılır. Kıkırdaklar ve çapraz bağlar sagital, kolleteral bağlar koronal kesitlerle, patellofemoral eklem ve çevresi aksiyal kesitlerle incelenir. Ana sekans SE'dir. GRE sekansları ile 3B görüntüler elde edilir. T1AG veya PDAG'ler anatomiyi çok iyi gösterir. Menisküsler 4-5 mm kalınlığında kesitlerle incelenir.

Anatomi (Şekil 6.9)

Diz ekleminin en belirgin yapısı olan menisküsler, eklem yüzlerinin birbirlerine uyumunu sağlayan yarım ay şeklinde, fibröz kıkırdaktan oluşan yapılardır. Dış kenarları kalın ve dış bükeydir; içe doğru incelirler. Üst yüzleri düz ve/veya iç bükey, alt yüzleri düzdür. İç menisküsün açıklığı daha geniştir ve yarım daireye benzer; dış kenarı fibröz kapsüle ve tibial yan bağa sıkıca yapışmıştır. Dış menisküsun çapı küçüktür ve açıklığı bir halkaya benzer şekilde daralmıştır; iç menisküsa göre daha geniş bir eklem yüzünü örter. Fibuler yan bağdan popliteus kasının tendonu ile ayrılmıştır.

Diz ekleminin bağları iç ve dış bağlar olmak üzere iki gruptur. İç bağlar ön ve arka çapraz bağlar, transvers bağ ve ön ve arka meniskofemoral bağlardır. Ön çapraz bağ dış femur kondilinin iç yüzeyinden başlar, yukarıdan aşağıya, dıştan içe ve arkadan öne uzanarak interkondiler eminensiyanın önündeki çukura yapışır. Arka çapraz bağ ise, iç femur kondilinin iç yüzünden başlar, yukarıdan aşağıya, içten dışa ve önden arkaya uzanarak interkondiler eminensiyanın arkasındaki çukura yapışır (Resim 6.186).

Dış menisküsun arka kenarından başlayan iki kuvvetli bağ dokusu demeti, arka çapraz bağın önünden ve arkasından geçerek içe ve yukarıya doğru uzanıp femurun mediyal kondiline yapışır. Bunlardan öndekine, ön meniskofemoral bağ (Humphry ligamenti), arkasından geçene ise arka meniskofemoral bağ

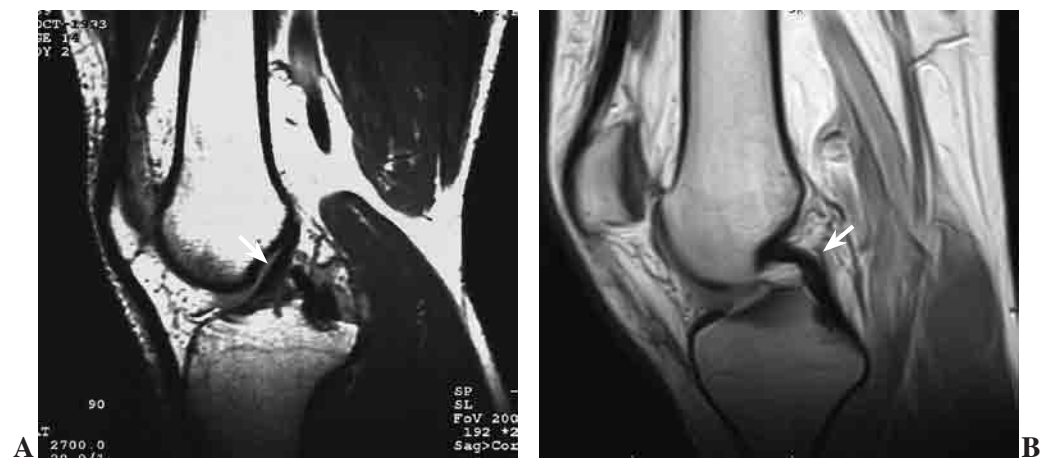


Şekil 6.9 A. Dizin sagital MR anatomisi. 1. Prepatellar bursa, 2. Suprapatellar bursa, 3 ve 4. Derin infrapatellar bursalar, 5. Patella, 6. Ön çapraz bağ, 7. Humpery bağı, 8. Wrisberg bağı, 9. Arka çapraz bağ, 10. Patellar tendon, 11. Yüzeyel infrapatellar bursa. B. Dizin koronal MR anatomisi. 1. Fibular kolleteral ligament, 2. Popliteus tendonu, 3. dış menisküs, 4. Proksimal tibiofemoral eklem, 5. Ön çapraz bağ, 6. Arka çapraz bağ, 7. İç menisküs, 8 ve 10. Tibial kolleteral ligament, 9. Ligamentin iç ve dış lifleri arasındaki interligamentinöz bursa.

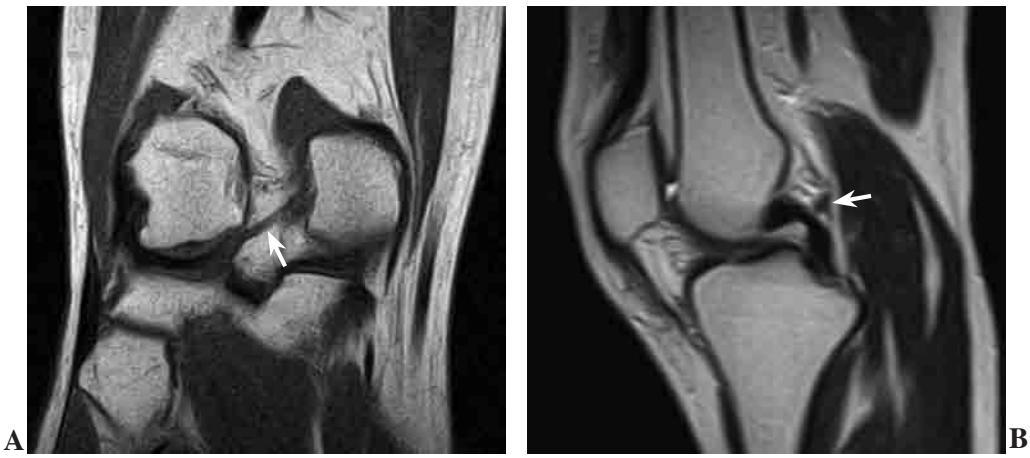
(Wrisberg ligamenti) adı verilir (Resim 6.187). Olguların %72'sinde bu bağlardan en az biri sagital MR kesitlerinde görülür. Dış menisküsun ön boynuzundan çıkan bir bağ ise iç menisküsun ön boynuzuna uzanır. Her iki menisküsun ön uçlarını birbirine bağlayan bu bağa transvers bağ adı verilir (Resim 6.188).

Yan (kolleteral) bağlar ve patellar bağ dış bağ grubunu oluşturur (Resim 6.189). Mediyal veya tibial yan bağ, mediyal epikondilden çıkar ve tibianın mediyal yüzeyine yapışır. Eklemin arka yüzüne daha yakındır. Arka lifleri eklem kapsülüne karışır. Eklem kapsülünden ve mediyal menisküsten aradaki bursa ile ayrılabilir. Lateral veya fibular yan bağ ise dış epikondilden başlar ve fibulanın başına yapışır. Altından popliteal kasın tendonu geçer. Dıştan biseps femoris kasının tendonu ile örtülmüştür. Bu bağ menisküseyapışmaz.

Pateller bağ, kuadriseps femoris kasının kalın kirişinin adıdır. Eklemin önünden geçer ve tibia tüberkülüne yapışır. Eklemin çok kuvvetli bir dış bağıdır. Kuadriseps femoris tendonunun patellanın her iki yanından aşağı inen ve eklem kapsüne yapışan parçalarına mediyal ve lateral patellar retinakulum adı verilir (Resim 6.190).



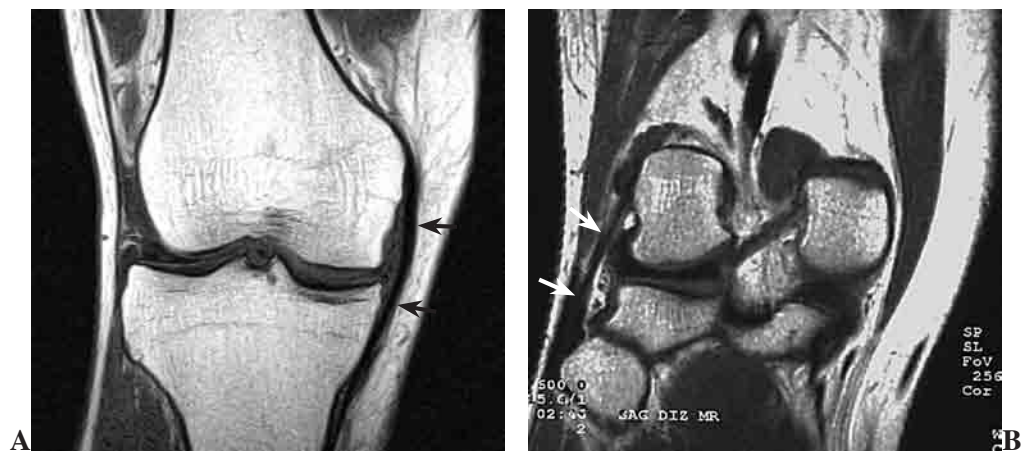
Resim 6.186 A. Ön çapraz bağ (ok). B. Arka çapraz bağ (ok).



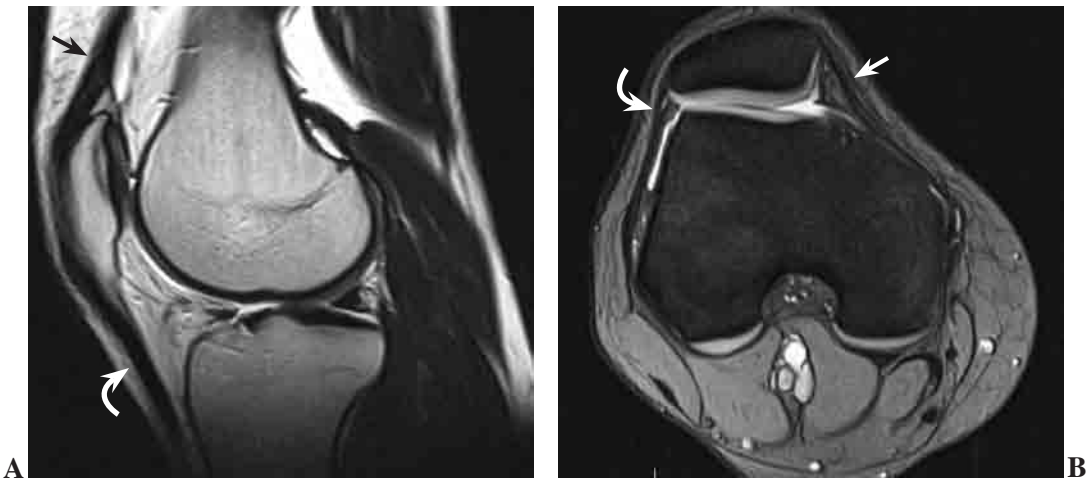
Resim 6.187 A. Koronal kesitte ön meniskofemoral bağ (Humphrey ligamenti) (ok). B. Sagital kesitte arka meniskofemoral bağ (Wrisberg ligamenti) (ok).



Resim 6.188 Transvers ligament. A. Sagital kesitte, transvers liamentin (ok) lateral menisküs ön boynuzunda oluşturduğu yalancı oblik yırtık (kıvrık ok) görünümü. Mediyale doğru takip eden kesitlerde ligamentin devamlılık göstermesi (ok), ayırt edilmesini sağlıyor.



Resim 6.189 A. Mediyal yan (kollateral) bağ (ok). B. Lateral yan bağ (ok).



Resim 6.190 A. Kuadriseps (ok) ve patellar (kıvrık ok) tendonlar. B. Mediyal (ok) ve lateral (kıvrık ok) retinakulum.

Eklemin hareketi sırasında basınç ve sürtünmeyi önlemek için bu bağlar ile kemik arasında, su minderi görevi yapan sinoviyal sıvı ile dolu kesecikler (bursa) bulunur. Bunlardan suprapatellar bursa, femur ile kuadriseps bağı arasındadır ve eklemle ilişkilidir. İnfrapatellar subkutan bursa ise tibia tüberkülü ile bağ arasındadır ve eklemle ilişkisi yoktur. Patellanın üzerinde kemik ile bağ, bağ ile fasiya ve fasiya ile deri arasında eklemle ilişkisi olmayan prepatellar bursalar vardır. Popliteal tendon ile lateral femoral kondil arasında bulunan popliteal bursa ve mediyan gastroknemius tendonu ile eklem kapsülü arasında bulunan median gastroknemius bursaları da eklemle ilişkilidir. *Baker kisti*, eklemdeki sıvı birikiminin mediyan gastroknemius bursasını şişirmesiyle oluşur (Resim 6.191).

Patellar yatağı örten sinoviyal membran, eklem boşluğuna doğru saçaklı iki kıvrım verir. Plika alares adı verdilen bu kıvrımlar ortada birleşerek infrapatellar sinoviyal plikayı yaparlar. Plika alaresler hareket halinde iken oluşan boşlukları doldurur. Bunlardan içtekine mediyal pateller plika adı verilir. Mediyal ve infrapateller plikalar plika sendromuna neden olabilirler.

Menisküs yırtıkları

Menisküsler, T1AG ve T2AG'de üniform olarak hipontenstir. Yağ baskılamalı T1AG ve proton görüntülerinde daha belirgin olarak ortaya çıkarlar. T2*A sekanslarında normal menisküs içerisinde artmış sinyal alanları görülebilir. T1AG'de menisküs içinde görülen artmış sinyal, yetişkinlerde daima anormal kabul edilir. Çocuklarda normal vaskülarizasyona bağlı olarak artmış sinyal görülebilir.

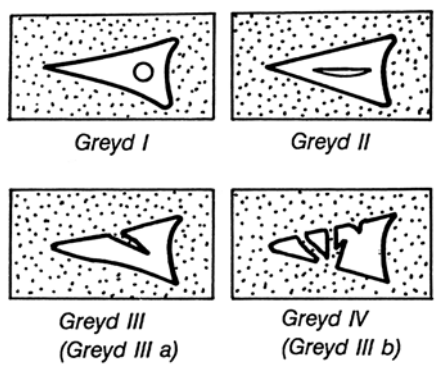


Resim 6.191 Baker kisti. A. Yağ baskılamalı aksiyal T2AG (A) ve sagital (B), kontrastlı aksiyal T1AG (C). Enflamatuar artriti bulanan hastanın dizinde sıvı, gastroknemius kası mediyal başına komşu popliteal kist (ok), sinovyumda kalınlaşma ve boyanma.

Menisküs yırtıkları MR'de, menisküsün boyut ve şeklinde veya sinyal yoğunluğunda yaptığı değişikliklerle tanınır. Menisküs içerisindeki yüzeye ulaşmayan, yuvarlak, amorf şekilli veya çizgi şeklindeki artmış sinyal alanları, miksoid dejenerasyonu temsil eder. Genellikle yaşlanmaya bağlı olduğu kabul edilen bu görünümler, semptomsuzdur ve klinik karşılığı yoktur, artroskopide görülmez; bu nedenle de bazı radyologlar bu görüntüleri rapor etmezler.

Menisküsteki sinyal değişikliğini karakterize etmek için evreleme sistemi kullanılır (Şekil 6.10). Menisküsün yüzeyine ulaşmayan yuvarlak veya düzensiz sinyal artımı greyd I'dir. Bu görünüm histolojik olarak mukoid dejenerasyonu temsil eder. Sinyal artımı çizgi şeklinde ise greyd II olarak değerlendirilir. Yüzeye ulaşmayan bu görünüm, mikroskopik olarak fragmantasyonu temsil eder. Bu iki evre de yırtık olarak rapor edilmemelidir. Örneğin "greyd II yırtık" ifadesi hastaya gereksiz artroskopi yapılmasına neden olabilir. Greyd III'de ise hiperintens alan artiküler yüzeye uzanır ve menisküs yırtığını gösterir. Greyd III menisküs yırtığı, çizgi şeklinde ise greyd III A, parçalı ise greyd III B veya greyd IV olarak değerlendirilir (Resim 6.192).

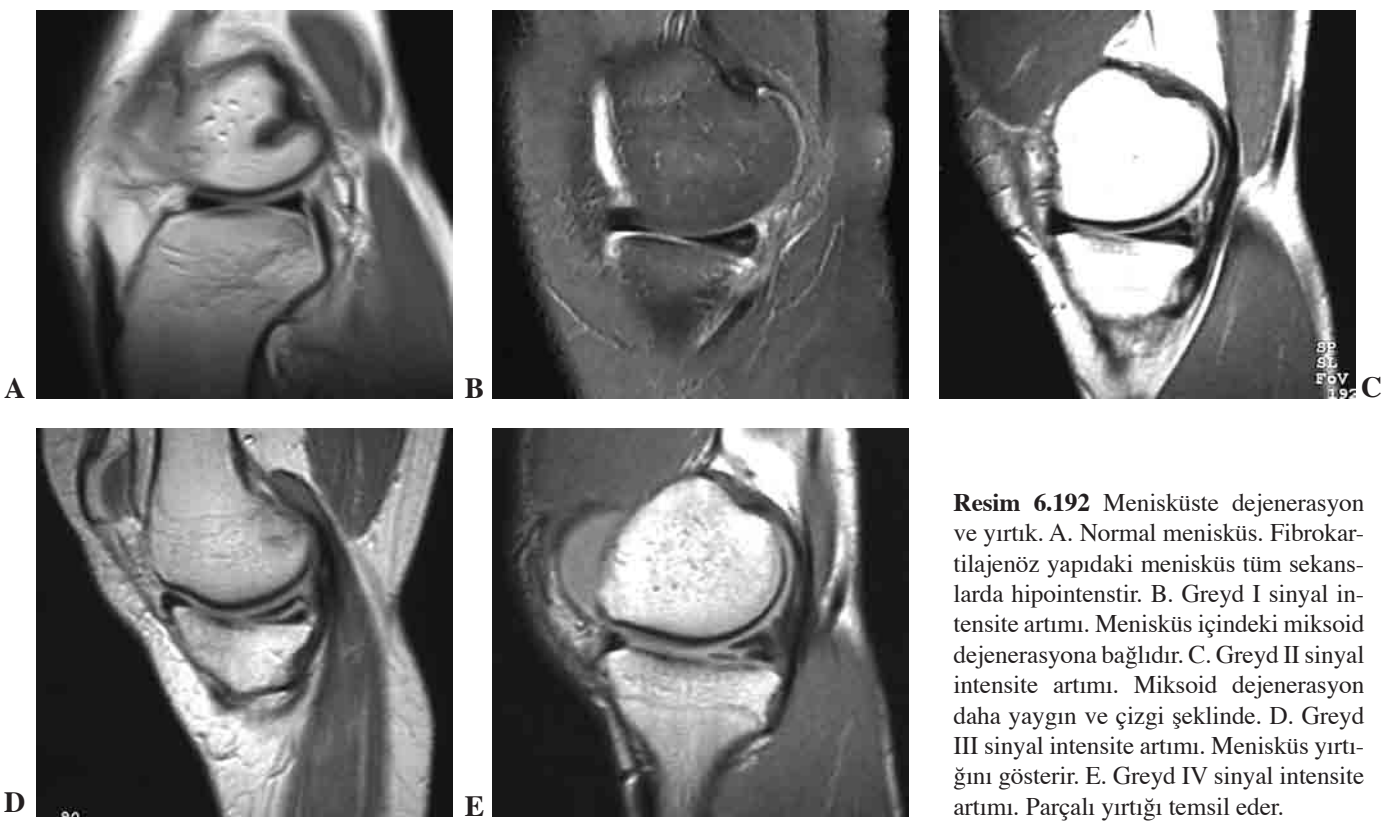
En sık iç menisküs yaralanır. Dış menisküs daha



Şekil 6.10 Menisküs lezyonlarında evreleme.

hareketlidir, strese uyum gösterir ve daha az yaralanır. Dış menisküs yaralanmasında menisküs genellikle diskoid şekildedir. Menisküs yırtığı, özellikle mediyal menisküste vertikal olmaya meyillidir. Transvers, radyal veya kompleks şekilli de olabilirler. Mediyal menisküsun arka boynuzunda inferior yüzeye uzanan oblik yırtık menisküs yırtığının en sık görülen şeklidir. Menisküs yırtığına benzer görünüm veren greyd II dejenerasyon ise genellikle horizontal seyirlidir.

Kova sapı yırtık menisküs boyunca devam eden vertikal bir yırtıktır. Yırtılan kesim mediyale, inter-



Resim 6.192 Menisküste dejenerasyon ve yırtık. A. Normal menisküs. Fibrokartilajenöz yapıdaki menisküs tüm sekanslarda hipointenstir. B. Greyd I sinyal intensite artımı. Menisküs içindeki miksoid dejenerasyona bağlıdır. C. Greyd II sinyal intensite artımı. Miksoid dejenerasyon daha yaygın ve çizgi şeklinde. D. Greyd III sinyal intensite artımı. Menisküs yırtığını gösterir. E. Greyd IV sinyal intensite artımı. Parçalı yırtığı temsil eder.



Resim 6.193 Kova sapı yırtık. Yağ baskılamalı sagital (A) ve koronal (B) T2AG. Mediyal menisküs arka boynuzu, arka orta kesime yer değiştirmiş menisküs parçası nedeniyle orantısız olarak büyük görünüyor (A, ok). Koronal kesitte (B), yer değiştirmiş menisküs parçası interkondiler çentik içinde izleniyor (ok).

kondiler çentiğe doğru yer değiştirir (Resim 6.193). Buna bağlı olarak menisküsün gövdesi daralır. Mediyale yer değiştiren parça koronal kesitlerde gözden kaçarsa yırtık atlanabilir. Sagital kesitlerde normal menisküs en az iki kesitte papyon şeklinde izlenmelidir. Papyonun sadece bir kesitte görülmesi uyarıcı bir bulgudur. Bu durumda mediyalde kovanın sapı araştırılmalıdır.

Menisküs yırtıklarının tanısında artrografinin duyarlılığı yüksektir, ancak invaziv bir yöntem olduğu için yerini MR'ye bırakmıştır (Resim 6.194). MR'nin sensitivitesi, alan gücü yüksek aygıtlarda %95'e kadar çıkar. Yöntemin negatif prediktif değeri %100 olduğundan genellikle artroskopiye gerek kalmaz.



Resim 6.194 Çift kontrast artrografi. Menisküs yırtığı (ok).

Nadiren menisküsteki sinyal artımının yüzeye ulaşıp ulaşmadığı hakkında karar verilemez. Ön çapraz bağ yırtıklarında lateral menisküsün arka boynuz yırtıkları gözden kaçabilir. Menisküse komşu transvers ligament, popliteus tendonu ve lateral inferior genikulat arter gibi normal oluşumlar, menisküs yırtığı olarak değerlendirilebilir.

Diskoid menisküs, menisküsün anormal şekilde büyük olduğu konjenital bir anomalidir. Lateral menisküste daha sık görülür. Menisküsun görünümü lens şeklinde, kama şeklinde veya yassı olabilir. Boyutunun büyük olması hareketi engellediği için, genellikle adolesan dönemde erkenden yırtılır. Tanı menisküsün koronal ve sagital kesitlerde interkondiler bölgeye kadar uzanması ile konur (Resim 6.195).

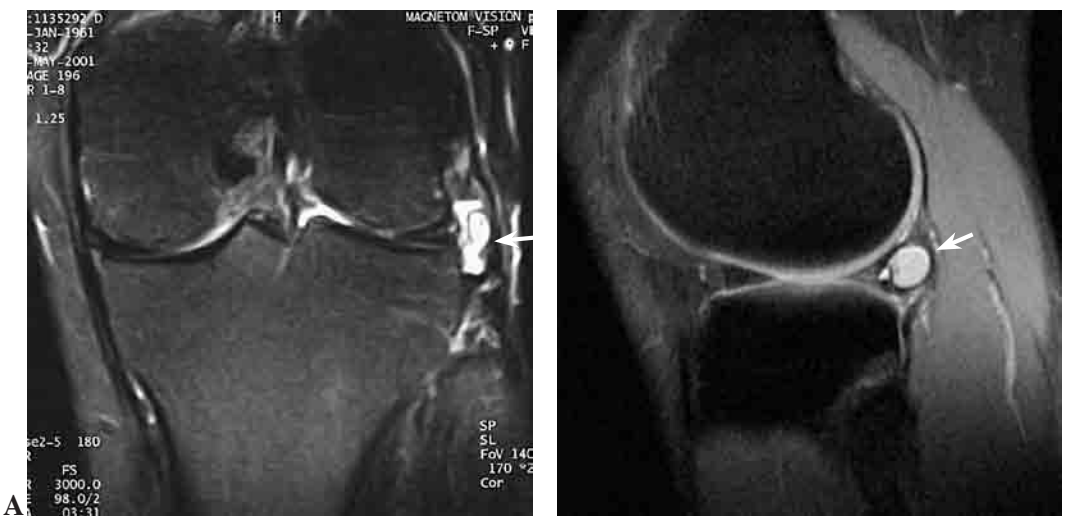
Meniskal kistler diz yakınması olan olguların %5'inde görülür, intrameniskal veya parameniskal olabilir (Resim 6.196). İntrameniskal olanlar menisküsü şişirebilir ve parameniskal kist şekline geçer ya da yırtılırsa menisküs dekomprese olur. En sık mediyal menisküste görülür. Parameniskal kist genellikle horizontal yırtık ile birliktedir. Nedeni bilinmez, ancak diskoid menisküsle birlikte çok sık görülür.

Transvers bağ sagital kesitlerde dış menisküs ön boynuzunun üst kenar yırtığı görünümü verebilir. Ardışık kesitlerde bağın devam ederek iç menisküs ön boynuzuyla birleşmesi ile sorun çözülür.

Postoperatif olgularda menisküsü değerlendirmek zordur. Böyle olgularda greyd III görünümü, çoğunlukla yeni bir yırtığı değil, postoperatif değişiklikleri temsil eder.



Resim 6.195 Diskoid menisküs. A-C. Arkadan öne doğru, yağ baskılamalı koronal T2AG'ler. Lateral menisküsün üçgen yapıda olmadığı ve eklemin ortasına kadar uzandığı görülüyor; menisküs içinde dejenerasyona bağlı intensite artışı mevcut. D. Farklı bir olgunun proton dansite ağırlıklı sagital kesitleri. Dört mm kalınlığındaki ardışık üç kesitte de, lateral menisküsün papyon görünümü devam ediyor.



Resim 6.196 Meniskal kist. Farklı olgular. Yağ baskılamalı koronal (A) ve sagital (B) T2AG'de, lateral menisküste yırtık ve yırtıkla ilişkili meniskal kist (ok).



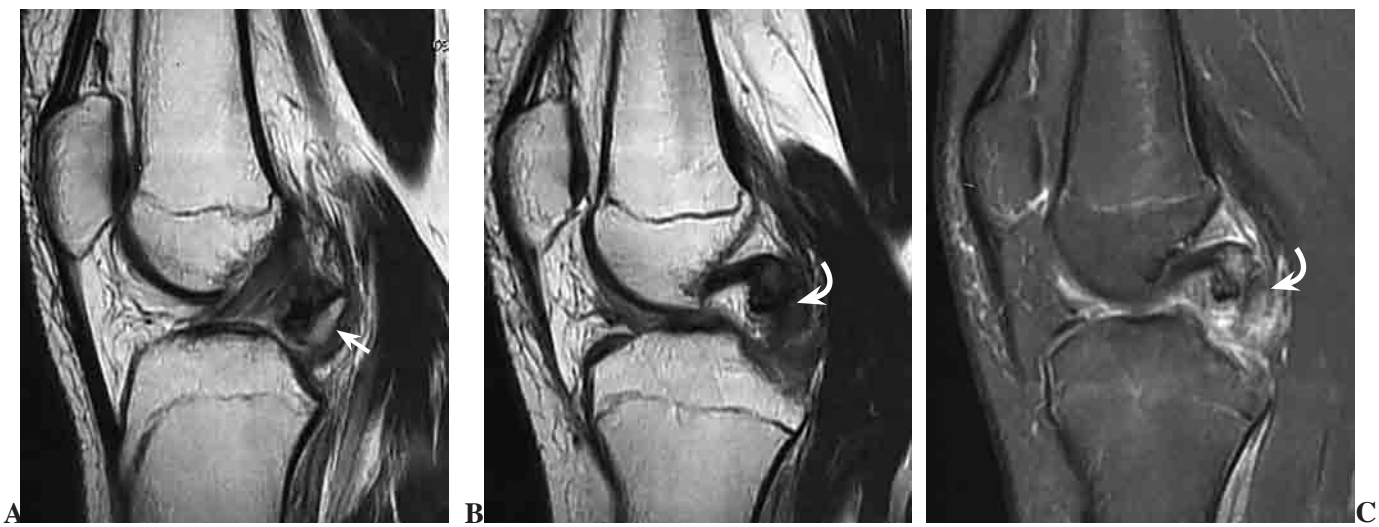
Resim 6.197 Ön çapraz bağ yırtığı. Farklı olgular. A. Yağ baskılamalı sagital T2AG. Bağın proksimal kesiminde tam yırtık (ok) B. Proton dansite ağırlıklı sagital kesit. Bağın ortasında yırtık (ok). C. T2AG. Tam yırtılmış ön çapraz bağ (ok) ve posterior çapraz bağda kıvrımlanma (ok).

Bağ lezyonları

Bağ lezyonlarının üç temel bulgusu; bağ içerisinde anormal sinyal, anormal morfoloji ve bağın görülmemesidir. Bağ lezyonlarında sinyal değişikliği T2AG'de intensite artımı şeklindedir.

Ön çapraz bağ iki büyük parçadan oluşur. Her parçanın içerisinde çok sayıda fibril vardır. Bağ oblik seyirli olduğundan en iyi, diz 10° dış rotasyonda iken elde edilen, 3 mm'lik sagital kesitlerde görülür. Dizin en sık yırtılan ligamentidir. Bütün ligamentlerde olduğu gibi yırtık kısmi veya tam olabilir. Bağda ödem ve/veya kanamaya bağlı şişme greyd I olarak değerlendirilir. Ek olarak tam olmayan bir yırtık varsa greyd II'dir. Greyd III'de ise ligament tam olarak kopmuştur (Resim 6.197). Tam kopmada bağ görülmez ve bağın bulunduğu yerde ara intensitede bir kitle görünümü vardır. Ön çapraz bağ yırtıklarında MR'nin duyarlılığı %95-100 civarındadır.

Arka çapraz bağ, tüm sekanslarda düşük sinyal intensitesinde homojen bir yapı şeklinde görülür. Travmalarda yırtılması için dize çok büyük güç tatbik edilmiş olması gerekir. Bu nedenle genellikle ön çapraz bağ yırtığı, iç ve dış kollateral bağ ve iç menisküsün arka boynuz yırtıkları ile birlikte görülür (Resim 6.198). Tek başına yırtılması nadirdir ve böyle bir durum bağda çok hafif sinyal artımına neden olduğu için gözden kaça-



Resim 6.198 Arka çapraz bağ yırtığı. Üç ay önce kaza geçiren hastanın T1AG (A ve B) ve yağ baskılamalı sagital T2AG'de (C) posterior tibial platoda kopma kırığına ait kemik parçası (ok) ile birlikte arka çapraz bağ yırtığı (kıvrık ok).

bilir. Bu şekildeki yırtıklar stabiliteyi bozmaz, dolayısıyla atlanması önemli bir sorun oluşturmaz. Yırtığa genellikle müdahale edilmediği için çoğu zaman artroskopide de arka çapraz bağ incelenmez. Meniskofemoral bağlar (Humpry ve Wrisberg bağları) yırtık veya eklem içi serbest cisimle karıştırılabilir. Bu bağların dış menisküsun arka boynuzu ile birleştikleri kesim, menisküs yırtığını taklit edebilir. Ardışık kesitlerde bağın devam ettiğinin saptanması ile sorun çözülür.

Mediyal ve lateral yan (kolleteral) bağlar, dizi varus ve valgus streslerine karşı stabilize eder. İç bağın derin ve yüzeyel tabakaları vardır. İkisi arasında yağ içeren bir bursa bulunur. İçteki tabakası mediyal menisküse yapışıktır. Şiddetli valgus stresi önce bağın iç tabakasının yırtılmasına neden olur, dış tabaka daha sonra yırtılır. Travmalarda iç yan bağın iç tarafında sıvı veya kanamanın varlığı greyd I, ligamentin içerisinde ve çevresinde artmış sinyal görülmesi ve kısmi yırtık greyd II, tümüyle kopması ise greyd III hasar olarak değerlendirilir (Resim 6.199). Lateral yan bağ anatomik olarak değişik yerlere yapışan parçalardan oluşur. MR'de lateral yan bağ olarak değerlendirdiğimiz femurun dış epikondilinden başlayarak fibulanın başına uzanan bağdır. Bu bağ, dışında uzanan biseps femoris kasının tendonu ile birleşerek fibulanın başına yapışır. Yırtığın morfolojisi iç yan bağda olduğu gibidir. Yan bağ yırtıkları en iyi koronal T2AG'de izlenir.

Kıkırdak lezyonları

Kondromalazi patella kıkırdak yıkımının erken evresidir. Genellikle osteoartritle sonuçlanır. Adolesanlarda ve genç yetişkinlerde en sık mediyal fasette görülür. Olay kıkırdağın derin tabakalarının şişmesi sonucu küçük bir kabarcık görünümü ile başlar (Resim 6.200). Daha sonra kabarcığın göbeklenmesi ve/veya patlamasıyla defekt ortaya çıkar. Lezyon ve çevresinde kıkırdak, lifli ("fibrillation") bir görünüm alır. Bu anormallikler MR ile, kıkırdak içerisinde farklı sinyal odakları şeklinde saptanabilir.

Dejeneratif değişiklikler kondromalazinin devamıdır. Olay fibrilasyonun artması ve kabalaşması ile devam ederek, kıkırdağın ortadan kalkması ile sonuçlanır. Tedavi kondromalazinin ve dejeneratif değişikliklerin derecesine göre değiştiğinden bu evrelerin doğru tanısı büyük önem taşır.

Patellanın kıkırdak defektinin sık nedenlerinden birisi, patella dislokasyondur. Çıkıkta patella femurun

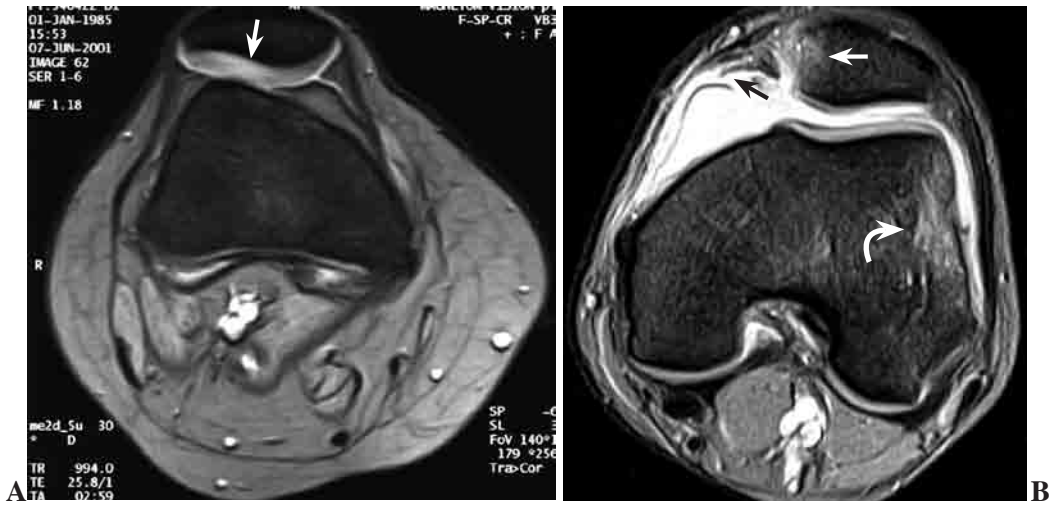


A



B

Resim 6.199 A. Mediyal yan bağ yırtığı. Yağ baskılamalı koronal T2AG'de, mediyal yan bağın devamlılığında kayıp ve yırtık alanının sıvı ile dolduğu görülüyor (siyah ok). Meniskofemoral ligament de yırtık (beyaz ok), meniskotibial ligament ise sağlam. B. Lateral yan bağ yırtığı. Yağ baskılamalı ardışık koronal T2AG'lerde, lateral yan bağda tam yırtık (ok).



Resim 6.200 A. Kondromalazi patella. aksiyal T2*AG. Lateral patellar faset kıkırdağında intensite artışı ve hafif şişme (greyd I) (ok). B. Patellanın geçici dislokasyonu. Aksiyal T2*AG, patella mediyal kesiminde (ok) ve lateral femoral kondilde (kıvrık ok) kemik kontüzyonuna bağlı intensite artışı, mediyal retinakulumda hasarlanma (ok) ve eklem sıvısı; troklear çentik hipoplastik görünümde.

dış kondiline çarpar ve patellar kıkırdağın bir parçası kopabilir. Daima femur kondilinde kemik kontüzyonu ile birliktedir.

Osteokondritis dissekans, sıklıkla adolesan dönemde, mediyal kondilin ağırlık taşımayan dış kesiminde görülen, eklem yüzeyinden bir kıkırdak ve kemik blokunun kopması ile sonuçlanan bir lezyondur. Stres, iskemi ve epifiz içerisinde anormal bir osifikasyon odağı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Önce, kemikte bir berelenme alanı ortaya çıkar. Daha sonra kırık çizgisi oluşur. Bu evrede lezyonun üzerindeki kıkırdak tabaka sağlamdır. Kırık çizgisinin kıkırdağı da içine almasıyla parça kopar ve eklem içine düşer ve eklem içinde serbest cisim ("*loose body*") oluşturur. Lezyonları saptamada SE görüntülerinin sensitivitesi düşüktür; GRE sekanslarında tanı oranı yükselir. Gadoliniumlu kontrast maddenin intraartiküler injeksiyonundan sonra alınan GRE görüntülerinde, artroskopik olarak görülen kıkırdak lezyonlarının tümü saptanır.

Kemik lezyonları

MR'de en sık karşılaşılan kemik lezyonu, berelenmedir (kontüzyon). Berelenme travmaya bağlı mikrofraktürleri temsil eder. Akut travmada, travmatize kesim inhomojen bir şekilde T1AG'de hipointens T2AG'de ise hipereitenstir (Resim 6.201). Bu görünümden ödem, hiperemi, hemoraji ve trabeküler mikrofraktürler sorumludur. Berelenmenin şiddetine göre bu sinyal değişikliği haftalarca devam edebilir. T2*AG'de, artmış manyetik duyarlılık nedeniyle berelenme çok iyi görülmez.

Dış tibial platonun posterior kenarındaki küçük bir kopma kırığına (Segond kırığı) %90 olguda ön çapraz bağ yırtığı eşlik eder (Resim 6.202).

Kuadriseps ve patellar tendon US

Akut veya kronik travmalar ya da tekrarlayan stresler tendonda yırtılma, hematom veya tendinit oluşturabilir. En sık patellar tendon hasarlanır.

Patellar tendon patellanın alt kenarı ile tibia tüberkülü arasında uzanır. Kalınlığı 3-6 mm, uzunluğu 10-15 mm'dir. Proksimal kesimi daha kalındır. Morfolojisi çok değişik olabileceğinden, incelenirken normal tarafla karşılaştırılmalıdır. Yırtık, tendonun daha çok proksimal kesiminde görülür ve bulgular diğer tendon yırtıklarında görülenlerin aynısıdır. Patellar tendinit de diğer tendinitlerde olduğu gibi tendonda hipoekoik fokal veya difüz kalınlaşma şeklindedir (Resim 6.203).

Diz eklemi US

US ile menisküslerin yalnız arka boynuzları incelenebilir. Menisküsler homojen ekojen yapılar şeklindedir; yırtık, ekojenitesi artmış nonhomojen bir alan şeklinde görülür.

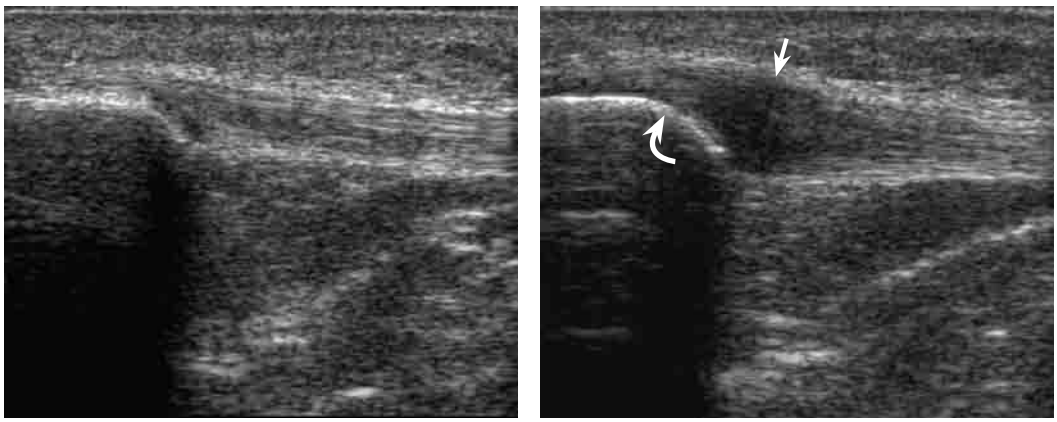
Hiyalen kıkırdak keskin kenarlı hipoekoik bir bant şeklinde görülür. Kenar keskinliğinin kaybı, incelme ve ekojenite değişikliği kıkırdak harabiyetinin bulgularıdır. US'nin erişebileceği yerde ise osteokondritis dissekansa ait defekt de saptanabilir.



Resim 6.201 Kemik berelenmesi. Koronal T1AG (A ve C) ve yağ baskılamalı T2AG (B ve D). Femur lateral kondilinde ödeme bağlı T1AG'de intensite azalması (A), T2AG'de intensite artışı (B). Bir başka olgunun tibia platosu lateral kesiminde, mikrofraktürlere bağlı benzer intensite değişiklikleri (C ve D).



Resim 6.202 Segond kırığı ve ön çapraz bağ yırtığı. A. Koronal T2*AG'de, tibia platosu dış arka kenarından kopan kemik fragmanı (ok). B. Yağ baskılamalı sagital T2AG'de ön çapraz bağda tam yırtık (ok).



Resim 203 Patellar tendinit. Longitüdinal US kesitlerinde, (A) normal tendonun görünümü; anormal tendonda (B) kalınlaşma ve ekojenite azalması (ok). (kıvrık ok: patellar yüzey)

KALÇA EKLEMİNİN MR İNCELEMESİ

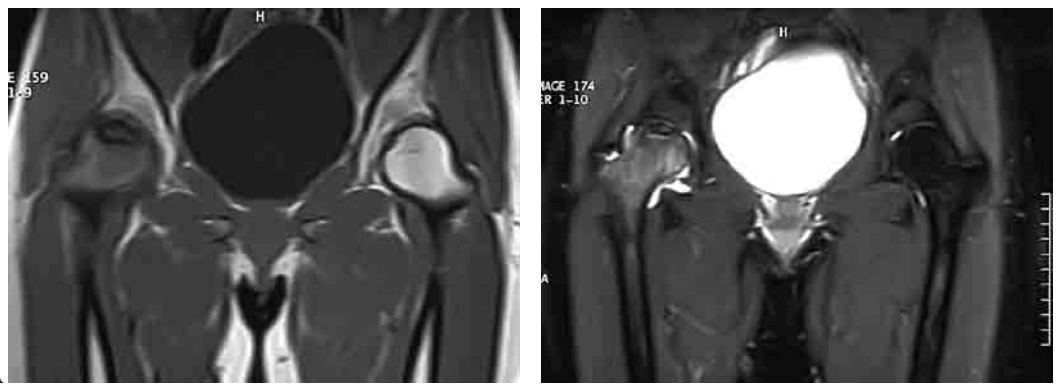
İncelemede, koronal planda alınan SE T1AG ve T2AG temeldir. Aksiyal ve sagital kesitler ilave edilebilir. Yağlı kemik iliği nedeniyle femur başı T1AG'de hiperintenstir; sekiz yaşından sonra hipointens görünüm daima şüpheyle karşılanmalıdır.

Avasküler nekroz

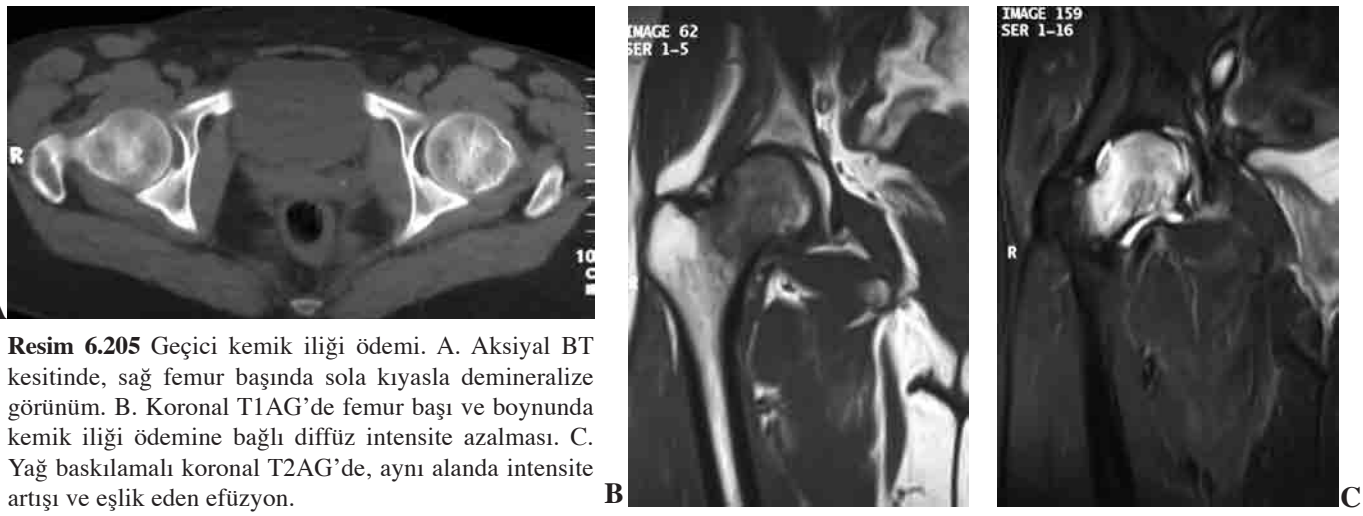
Kalça eklemindeki en önemli MR endikasyonu femur başının avasküler nekrozudur (AVN). AVN'yi saptamada şimdiye kadar en duyarlı yöntem kabul edilen sintigrafinin sinsitivitesi %78-86, MR'ninki ise %89-100 civarındadır. Her iki yöntemin de yalancı negatif sonuçları vardır. Bir olguda iki yöntemin birden negatif olması beklenmediğinden, kliniğin AVN'yi kuvvetle düşündürdüğü durumlarda bir yöntem negatif ise mutlaka diğer yöntemle de inceleme yapılmalıdır.

AVN'nin MR'de en erken bulgusu, tutulan kesimi çevreleyen hipointens banttır. Erken dönemde bantın çevrelediği bölgede intensite değişikliği olmayabilir. Daha sonra bu bölge, muhtemelen yağın skleroze olması ve fibroz nedeniyle T1AG ve T2AG'nin ikisinde birden hipointens görülür (Resim 6.204). Bazı olgularda T2AG'de hipointens bantın içerisinde hiperintens bir bant ortaya çıkar (*çift çizgi işareti*). Vasküler konjesyon ve ödemi temsil etmesi muhtemel bu görünüm, semptomatik olgularda ortaya çıkar ve dekompresyon operasyonundan sonra ağrıyla beraber kaybolur. Olguların bir bölümünde muhtemelen subartiküler kemik rezorbsiyonunu temsil eden hipointens bir hilâl ("cresent") görünümü (*MR hilâl işareti*) ortaya çıkar. Bu alanın kollabe olması *radyografik hilâl işareti* görünümüne neden olur.

Tanımlanan bu lezyonlar daima femur başının antero-superior kesimindedir. Bu yerleşim dışındaki lezyonlarda AVN tanısı gözden geçirilmelidir. Femur başı geriye doğru çıkığında gelişebilecek AVN, bu kuralın dışındadır; lezyon posteriorda olabilir.



Resim 204 Femur başının avasküler nekrozu. T1AG (A) ve yağ baskılamalı koronal T2AG'de (B), sağ femur başının yük taşıyan segmentinde hipointens demarkasyon hattı, eşlik eden kemik iliği ödemi ve eklem sıvısı.



A B C

Resim 6.205 Geçici kemik iliği ödemi. A. Aksiyal BT kesitinde, sağ femur başında sola kıyasla demineralize görünüm. B. Koronal T1AG'de femur başı ve boynunda kemik iliği ödemine bağlı diffüz intensite azalması. C. Yağ baskılamalı koronal T2AG'de, aynı alanda intensite artışı ve eşlik eden efüzyon.

MR'nin AVN tanısıdaki rolü, erken tanı koymaktır. Patomorfolojik değişiklikler ortaya çıktıktan sonra hastalık röntgen ile izlenir.

Geçici kemik iliği ödemi

Geçici osteoporoz olarak da isimlendirilen bu olgularda, femur başında ve boynunda geçici kemik iliği ödemi ve röntgenogramlarda osteopeni görülür (Resim 6.205). Kemik iliği ödemi MR ile yüksek duyarlılıkla gösterilir. Hastaların tümü konservatif tedavi ile birkaç ay içerisinde iyileşir. Bu olguların aslında AVN'nin kendi kendini sınırlayan başlangıç evresi olduğu sanılmaktadır; ancak ilişkisiz olduğunu bildiren yayınlar da vardır.

OMUZ EKLEMİNİN MR İNCELEMESİ

İncelemede supraspinatus kasına paralel geçen oblik koronal kesitler esastır. Labrum yırtıkları aksiyal kesitlerle araştırılır. İnceleme, yüzey sargıları kullanılarak 3 mm'lik kesitlerle yapılır.

Anatomi

Humerus başı ve glenoid fossa hiyalen kıkırdakla örtülüdür. Glenoid fossa fibröz kıkırdak bir labrumla çevrelenmiştir. Glenoid labrum eklem alanını genişleterek eklemin stabilitesini artırır. Eklem kapsülünün yapışma yeri olan labrumda, travmalarda yırtılma ve ayrılmalar görülür.

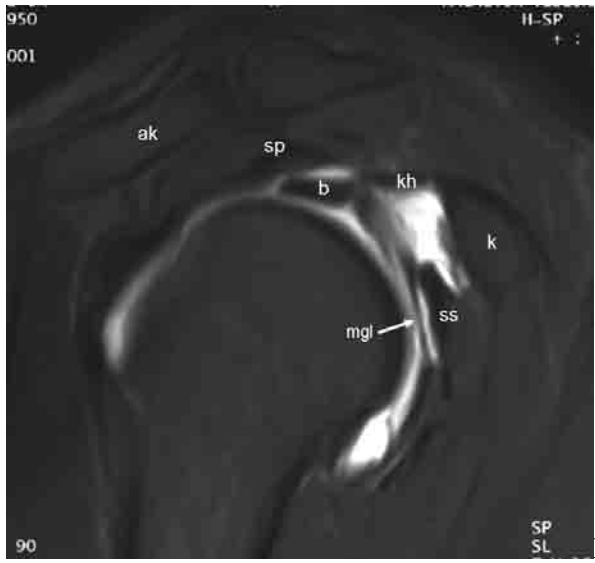
Eklemi gerçek bir fibröz kapsül sarar. Kapsül gevşek ve oldukça incedir. Kapsülün büyük bölümü humerusta kollum anatomikuma yapışır. Skapulada ise tuberkülüm supraglenoidale kapsülün dışında kalır. Kapsülün kollajen lifleri anterior, süperior ve inferiorda sıkışarak eklemin süperor, medius ve inferior glenohumeral dış bağlarını yapar (Resim 6.206). Bu bağlar eklem kapsülünün üst kesimini sağlamlaştırır. Eklem kapsülünün üst kesiminde, tüberkülüm majus ile korakoid çıkıntının tabanı arasında korakohumeral ligament uzanır. Korakoakromial bağ ise omuz eklemini üstten örten bir çatı meydana getirir. Kapsülün en zayıf olduğu bölge ön yüzünün alt kesimidir

Omuz eklemini, tüberkülüm majus ve minusa yapışan 4 tane önemli kas tendonu sarar. Bunlar supraspinatus, infraspinatus, teres minor ve subskapularis kaslarının tendonlarıdır ve tümü fibröz kapsülle karışarak rotator kılıfı yapar. Bunların içerisinde klinik olarak en çok sorun çıkaranı supraspinatus tendonudur. Bu tendon akromioklaviküler eklemin ve akromionun altında seyredererek büyük tüberkülüme yapışır. Yapışma yerinden yaklaşık 1-2 cm uzaktaki kesimi *kritik zon* olarak isimlendirilir. Bu kesim, rotator kılıf yırtıklarının en sık görüldüğü yerdir. Bu bölgenin damarlanmasının az olduğu ve buna bağlı olarak travmada daha kolay hasarlandığı belirtilmiştir. Yırtıkların sık görüldüğü diğer kesim, tendonun tüberküle yapıştığı yerdir.

Biseps tendonunun uzun başı, tüberkülüm majus ve minüs arasındaki olukta seyrederek eklem içerisine girer ve glenoid labrumun üst kenarına yapışır. Sinoviya, tendonun ekleme girdiği kesimden dışarı doğru uzanarak eldiven parmağı şeklinde tendonu sarar. Eklem boşluğunun bu uzantısına *intertüberküler sinoviyal vajina* adı verilir.



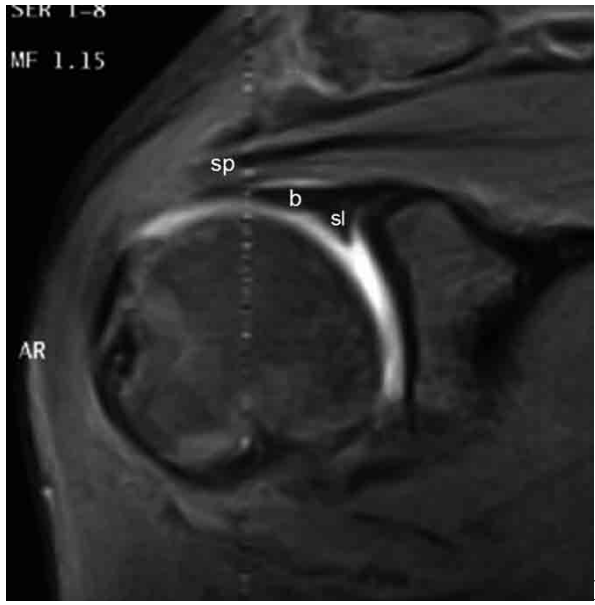
A



B



C



D



E

Resim 6.206 Omuz MR anatomisi (A-E). ak, akromion; sp, supraspinatus tendonu; b, biseps tendonu; k, korakoid çıkıntı; ss, subskapularis tendonu; ap, aksiler poş; ab, inferior glenohumeral ligamentin anterior bandı; pb, inferior glenohumeral ligamentin posterior bandı; kh, korakohumeral ligament; mgl, orta glenohumeral ligament; sa-sd, subakromial-subdeltoid bursa; blk, biseps labral kompleks; sl, süperior labrum; al, anterior labrum; pl, posterior labrum.

Omuz ekleminde iki önemli bursa vardır. Bunlardan subskapüler bursa eklemle ilişkilidir. Subakromiyal-subdeltoid bursa ise vücuttaki en büyük bursadır ve eklemle ilişkisi yoktur. Potansiyel bir boşluk şeklindedir ve rotator kılıfın tam yırtıklarında eklem kavitesi ile birleşir.

Rotator kılıf

Rotator kılıf en iyi supraspinatus kasına paralel seyreden oblik koronal ve ekleme paralel seyreden oblik sagital kesitlerle incelenir. T1AG ve T2AG standarttır, ancak T1AG'nin tanıya katkısı çok azdır ve bazı merkezlerde çalışılmaz. Kesit kalınlığı 5 mm'den fazla olmamalıdır, 3mm tercih edilir. Omuza özel sargılarla çalışılmalıdır. Supraspinatus tendonunun yapışma yerinin tam olarak görülebilmesi için kol nötral pozisyonda veya hafif içe rotasyonda olmalıdır.

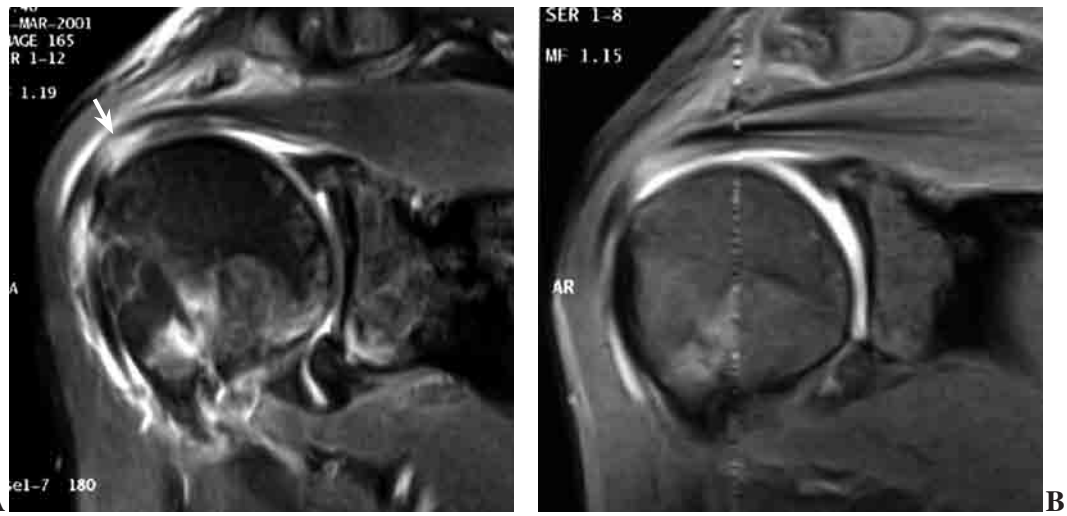
Normal supraspinatus tendonu tüm sekanslarda hipointens görülür. Fakat her zaman böyle olmaz ve bazı normal olgularda tendon içerisinde hafif artmış sinyal alanları görülebilir. Bu sinyal artımı değişik nedenli artefaktlara bağlı olabileceği gibi, yaşlanma olayı sonucu tendon içerisinde miksoid ve fibriler dejenerasyona bağlı da olabilir. Bu alanların sinyal intensitesinin T2AG'de daha yüksek olması anormal kabul edilir ve tendiniti veya kısmi yırtığı gösterir (Resim 6.207). Bazıları bu lezyonları, iltihap hücreleri içermediği için tendinit yerine tendinoz veya tendinopati terimleri ile tanımlamayı tercih eder. Kısmi yırtık tendonun incelmesi şeklinde görülebilir.

Rotator kılıfın MR görünümü 3 gruba ayrılır:

1. Normal: Tendon normaldir veya miksoid dejenerasyon mevcuttur. T1AG'deki hiperintens alanlar T2AG'de hiperintens görülmez.
2. Tendinit (tendinoz): T1AG'deki hiperintens alanlar T2AG'de daha hiperintens hale gelir. Bu görünüm tendiniti veya parsiyel yırtığı gösterir. Yırtığın eklem ya da bursa yüzeyinde olduğu ve derecesi belirtilir. Tendonun ¼'ünü aşan yırtıklar kendiliğinden düzelmez.
3. Tam yırtık: Tendon kopmuştur, yırtık uçları arasında açıklık vardır; subakromial bursada daima sıvı mevcuttur (Resim 6.208).

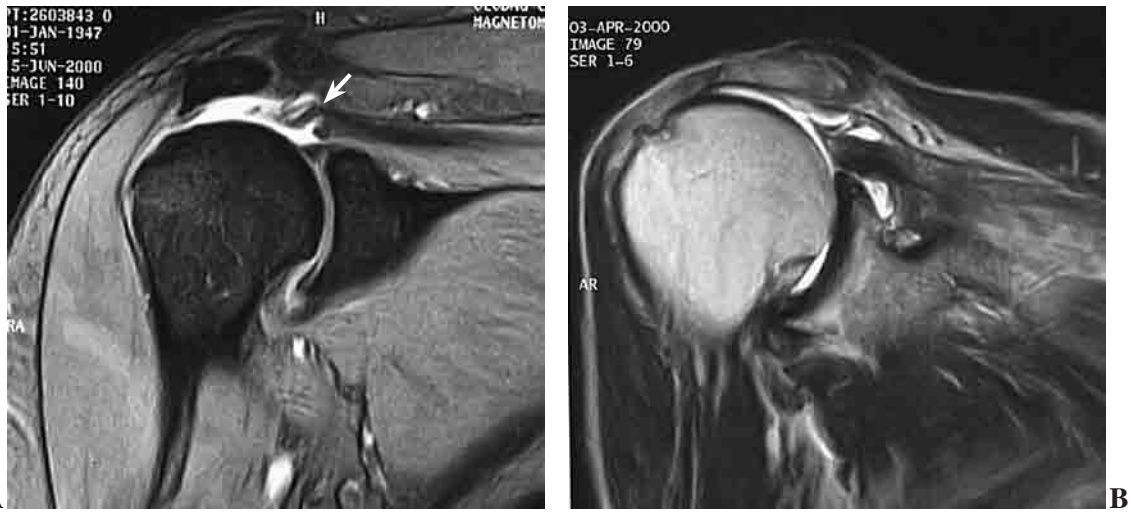
Rotator kılıf lezyonlarının %95'i supraspinatus tendonunun, akromiyonun alt yüzeyi, korakoakromiyal ligament ve akromiyoklaviküler eklem tarafından humerus başına doğru sıkıştırılmasıyla ortaya çıkar ("*Impingement*" *sendromu*). Neden, akromioklavikular eklemin alt yüzeyinden aşağıya doğru uzanan osteofit veya kalınlaşmış kapsül olabilir. Yaşlanmaya bağlı olarak tendon kanlanmasının azalması da neden olarak gösterilmektedir. Lezyonların oluşumunda, kritik zonun da katkısı vardır. Sonuçta rotator kılıf tam olarak yırtılır.

Rotator kılıf hastalığında MR'ın duyarlılığı %90'ı geçer. Sinyal değişiklikleri ile karakterize evrede, artrografiden daha üstündür. US'nin de duyarlılığının çok yüksek olduğu bilinmektedir. US ile rotator kılıfın ancak distal kesiminin görülebilmesi ve birlikte görülebilecek kemik değişikliklerinin izlenememesi yanında deneyim gerektirmesi, yöntemin dezavantajlarıdır.



A B

Resim 207 Supraspinatus tendonunda dejenerasyon. A. Yağbaskılamalı oblik koronal T2AG, supraspinatus tendon intensitesindeki artış (ok), tendinoz ile yırtık ayrımı yapılamıyor. Glenohumeral eklem ve subakromial-subdeltoid bursada efüzyon mevcut. B. Yağ baskılamalı oblik koronal T1A MR artrogramda, tendonda yırtık olmadığı görülüyor.



A B

Resim 208 Supraspinatus tendonunda tam yırtık. A. Yağ baskılamalı oblik koronal T2AG. Yırtığın proksimal ucu glenoide doğru retrakte (ok), glenohumeral eklem sıvısı subakromial-subdeltoid bursa ile ilişkili. B. Bir başka olguya ait oblik koronal T2AG, humerus başında yukarıya doğru yükselme ve subakromial aralıkta daralma.

Glenoid labrum

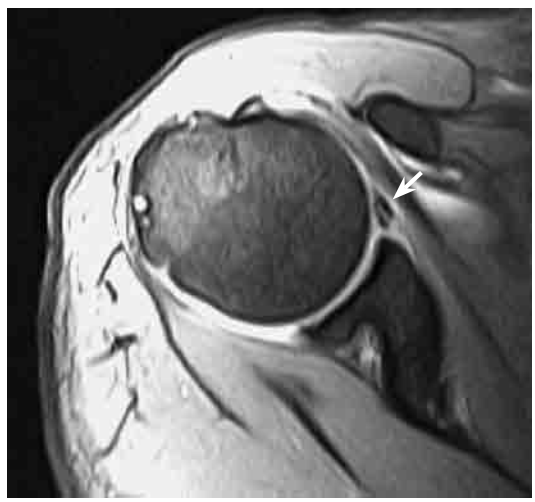
Glenoid labrum yırtığı veya kopması eklemin insitabilitesine neden olur. Genellikle eklemin çıkıklarında görülür, ancak atma gibi tekrarlayan sportif faaliyetler de labral yırtığa neden olabilir. Yırtık veya kopma genellikle artroskopik olarak başarılı bir şekilde tedavi edilir.

Glenoid labrum en iyi aksiyal planda elde edilen T2AG ile incelenir. Eklem içerisinde sıvı bulunması labrumun görülmesini kolaylaştırır. Sıvı yoksa labrum lezyonlarını görmek zor olabilir. Bu nedenle labral anormalliklerin incelenmesinde MR artrografi birçok merkezde standart inceleme yöntemidir.

Normal labrum üçgen şeklinde sinyalsiz bir yapıdır. Anterior labrum, posteriordan daha büyüktür ve en çok yırtılan kesimdir (Resim 6.209). Süperior labrum oblik koronal kesitlerle incelenir ve en az yırtılan kesimdir. Bu kesime bisepsin uzun tendonu yapışır; yırtıkları atma dalındaki atletlerde ya da dirsek ekstansiyondayken el üzerine düşme sonucu oluşur. Labrum yırtığı, eklem sıvısının labrum ile kemik arasına girmesi veya labrumun budanması şeklinde görülür (Resim 6.210). Bu görünümü veren birçok anatomik varyasyon tanımlanmıştır. Bu nedenle labral yırtık ve kopmalar değerlendirilirken varyasyonlar gözden geçirilmelidir.

Biseps tendonu

Biseps tendonunun anormal akromion tarafından sıkıştırılması sonucu tenosinovit veya tendinit gelişebilir. Tenosinovitte, tendon kılıfı içerisinde sıvı görülür. Normalde de bu kılıf içerisinde sıvı görülebilir; bu nedenle tenosinovitten ayırt etmek için tendona bakılır. Tendon genişler ve içerisinde artmış sinyal alanları görülürse tendinit ve/veya kısmi yırtık tanısı konabilir. Tendonun görülmemesi kopma veya dislokasyona bağlı olabilir. Dislokasyon nadirdir, ancak olduğunda tendon içe doğru yer değiştirir (Resim 6.211). Sadece korako-humeral ligamentin yırtıldığı ve subskapularis tendonunun sağlam kaldığı durumlarda biseps tendonu subskapularis kasının önüne, subskapularis tendonu da yırtılmışsa kasın arkasına disloke olur.



Resim 6.209 Aksiyal T2*AG'de anterior labrumda yırtık (ok).



A B

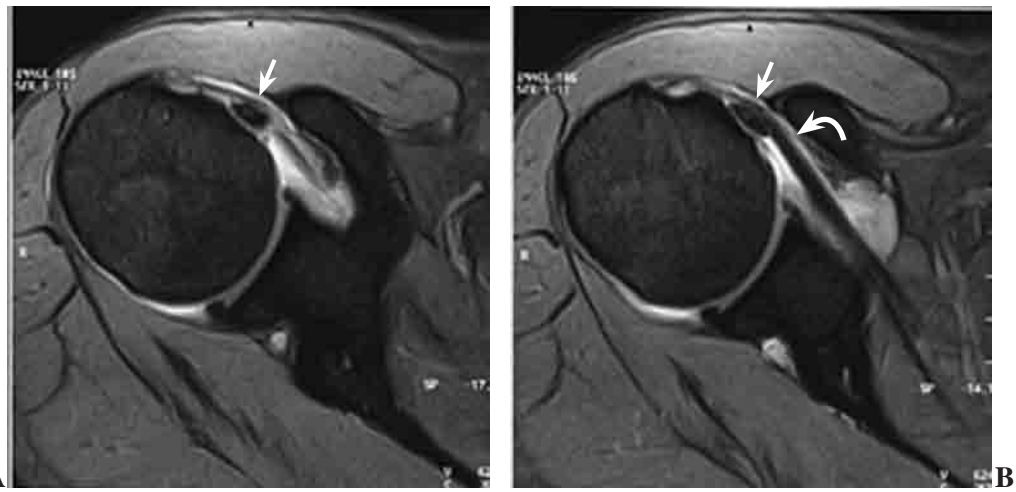
Resim 210 Süperior labrum yırtığı. A. Yağ baskılamalı oblik koronal T2AG'de, glenohumeral eklem ve subakromial-subdeltoid bursada az miktarda efüzyon. Süperior labrum yırtığı değerlendirilemiyor. B. Yağ baskılamalı oblik koronal T1A MR artrogramda, süperior labrum anteriordan posteriora (SLAP) tip II lezyonu demonstre ediliyor (ok).

Rotator kılıf tendonu US

Tendon anormallikleri, omuz ağrısının ve disfonksiyonunun en sık nedenidir. Akut travma sonucu veya "impingement" sendromunda olduğu gibi dejeneratif değişiklikler ve kronik travma sonucu ortaya çıkar. Temel yöntem MR'dir. US invaziv olmayan alternatif yöntem konumundadır.

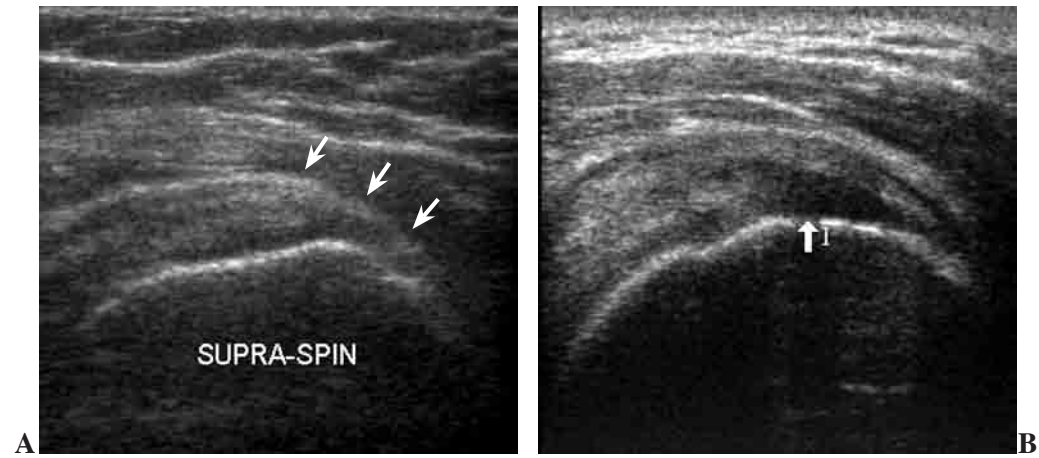
İnceleme hasta oturur pozisyonda, omuz hiperekstansiyon ve içe rotasyonda iken yapılır. Bu pozisyonda rotator kılıf akromiyonun altından öne doğru gelir ve tendona uygulanan stres arttığı için, varsa küçük yırtıklar belirginleşir. İnceleme sırasında omuzun hareket ettirilmesi lezyonun daha iyi görülmesini sağlayabilir. Birlikte biseps tendonu da incelenmelidir. Rotator kılıf yırtıklarının US bulguları, rotator kılıfın tam yokluğu, tendonda fokal incelme veya tendonun devamlılığında kesinti gibi morfolojik değişiklikler ile, kılıf içerisinde anormal ekojenite alanıdır (Resim 6.212).

Tendonun tam yokluğu ve fokal incelme, en güvenilir bulgulardır. Tendonun hiç görülmemesi tam yırtığı ve uçlarının retrakte olduğunu, fokal incelme ise parsiyel yırtığa bağlı doku kaybını gösterir. İncel-



A B

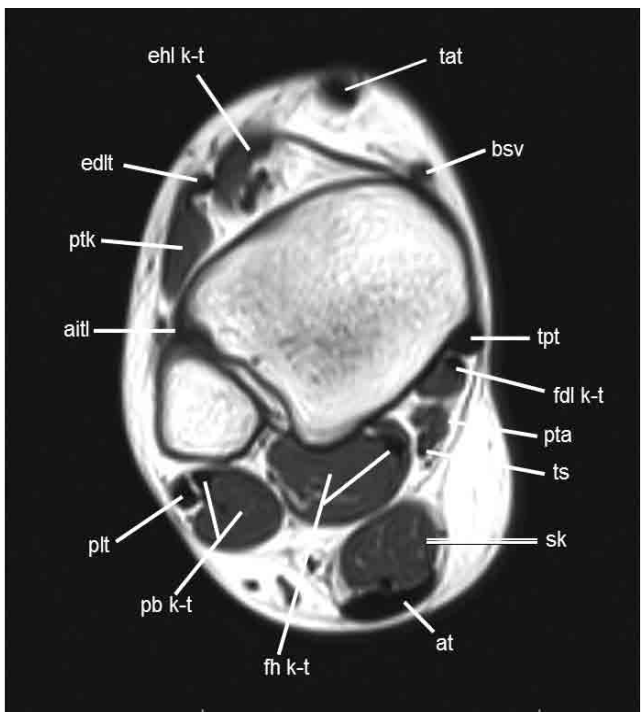
Resim 211 Biseps tendon dislokasyonu. Aksiyal T2*AG'de, biseps tendonunun (ok) mediyale doğru yer değiştirdiği görülüyor. Subskapularis tendonu da yırtıldığı için biseps tendonu, subskapularis tendonunun (kıvrık ok) arkasında yer alıyor.



A B

Resim 212 Omuz US. Supraspinatus tendonunun uzun aksına paralel alınan US kesitleri. A. Normal tendon (oklar). B. Supraspinatus tendonunda yırtık. Yırtık alanı anekojen sıvı ile dolu (ok).

me olmadan tendonun devamlılığında fokal bir kesinti (hipoekoik alan), kılıf içerisindeki bir defektin sıvı veya reaktif bir dokuyla dolmasına bağlıdır. Bu görünüm yırtığı temsil etmeyebilir ve güvenilir bir bulgu değildir; birçok olguda normal tarafta da görülebilir.



Resim 213 Ayak bileği anatomisi. At, Aşil tendonu; sk, soleus kası; ts, tibial sinir; pta, posterior tibial arter; fh k-t, fleksor hallusis kası ve tendonu; pb k-t, peroneus brevis kası ve tendonu; plt, peroneus longus tendonu; fdl k-t, fleksor dijitorum longus kası ve tendonu; tpt, tibialis posterior tendonu; aitl, anterior inferior tibiofibular ligament; ptk, peroneus tertius kası; edlt, ekstansor dijitorum longus tendonu; ehl k-t, ekstansor hallusis longus kası ve tendonu; tat, tibialis anterior tendonu; bsv, büyük safen veni.

Rotator kılıf yırtıklarında US'nin duyarlılığı, uygulayıcıya ve yırtığın tipine bağlı olarak çok değişir (%58-90). Tam yırtıklarda doğruluk oranları yüksektir. Yöntemin negatif prediktif değeri yüksek olduğundan ultrasonografik olarak normal olan olgularda, genellikle başka bir incelemeye gerek duyulmaz.

AYAK VE AYAK BİLEĞİNİN MR İNCELEMESİ

Tendonlar

Ayak bileği ve ayaktan bir çok tendon geçmesine rağmen sadece birkaçında anormallik görülür. Bunlar öncelikle fleksor tendonlardır ve ayak bileğinin posteriorundan geçerler (Resim 6.213). Önde yerleşik ekstansor tendonlar nadiren yaralanır. Bu iki tendon grubu talustan geçen aksiyal kesitlerde çok iyi görülür. Bu kesitlerde fleksor tendonlar önden arkaya doğru posterior tibial, fleksor digitorum longus ve fleksor hallusis longus tendonlarıdır; digitorum longus ve hallusis longus tendonları arasında arter, venler ve tibial sinir vardır. Ekstansor grubu ise, talusun önünde ve dışındadır. Önde anterior tibial, onun gerisinde ekstansor hallusis longus, onun da gerisinde ekstansor digitorum longus tendonları bulunur. Peroneus longus ve brevis tendonları fibulanın arkasında, yan yana konuşlanmışlardır.

Tendonlar ya doğrudan travmaya ya da aşırı kullanıma bağlı olarak hasarlanır. Hasarlanma sonucu tendonlarda görülen anormallikler şu şekilde sınıflandırılır:

1. Tenosinovit: Tendon kılıfında sıvı birikimi, tendon morfolojik olarak normaldir.



Resim 214 Aşil tendonunda tam yırtık. Sagital T1AG (A) ve yağ baskılamalı T2AG (B) tendon devamlılığında bozulma (oklar).

2. Tendinit veya kısmi yırtık: Tendonda lokal şişlik ve T2AG'de sinyal artımı, şiddetli şekillerinde tendon incelir. T1AG'de tendon içerisindeki artmış sinyal alanının intensitesinin T2AG'de artmaması miksoid dejenerasyonu gösterir. Bu lezyon, tendinoz olarak değerlendirilir.
3. Tendon rüptürü: Aksiyal kesitlerden bir veya birkaçında tendon görülmez. İnce tendonlardaki kopma sagital ve koronal kesitlerde gösterilemeyebilir, ancak Aşil tendonu en iyi sagital kesitlerle incelenir (Resim 6.214).

Aşil tendonunun bir kılıfı yoktur, dolayısıyla tenosinovitinden bahsedilemez. Tendinit veya kısmi yırtık sık görülür (Resim 6.215). Bu olgularda tanı klinik olarak konur, MR'ye gerek duyulmaz. Tam yırtık 40 yaşından yukarda, atletlerde ve tendonun zayıflamasına neden olan romatoid artrit, kollajen vasküler hastalıklar, kristal depo hastalıkları ve hiperparatiroidizm gibi sistemik hastalıklarda görülür. Tam yırtıkta yırtık uçları retrakte olur, yırtık uçları arasında mesafe vardır.

Posterior tibial tendon, Aşil tendonundan sonra ayaktaki en büyük tendondur. Tarsometatarsal kesime, yayılarak yapışır; ayak tabanının en büyük destekçisi-



Resim 215 Aşil tendiniti. Sagital T1AG (A) ve yağ baskılamalı T2AG (B). Aşil tendonunda fuziform kalınlaşma, tendon içinde intensite değişiklikleri (ok) ve T2AG'de peritendinöz yağda intensite artışı (peritendinitis) (kıvrık ok).



Resim 6.216 Fleksor hallusis longus tenosinoviti. Yağ baskılamalı aksiyal T2AG. Tendon kılıfı içinde hiperintens sıvı (ok). Fleksor hallusis longus tendon kılıfı ile ayak bileği ilişkili olabilir. Bu nedenle tenosinovit tanısı için, ya eklemde sıvı olmamalı ya da eklemdekine oranla tendon kılıfı içinde daha fazla sıvı bulunmalıdır.

dir. Tendiniti ve rüptürü en sık romatoid artritte görülür.

Fleksor hallusis longus tendonu, bale danscılarının Aşil tendonu olarak bilinir ve sıklıkla aşırı zorlama sonucu tenosinovit gelişir, tendon kılıfında sıvı birikir (Resim 6.216).

Beşinci metatarsın proksimal ucunun kırıklarına dansçı kırığı veya Jones kırığı adı verilir. Bu kırıkla birlikte bu bölgeye yapışan peroneus brevis tendonu da zedelenebilir. Bu zedelenme bazen longitudinal bir yırtıktır ve aksiyal kesitte tendonun hipointensitesi V harfi şeklinde ikiye ayrılır.

Bağlar

Ayak bileğindeki bağlar klinik olarak muayene edilir ve genellikle radyolojiye gerek duyulmaz. Klinik olarak şüpheli olgularda MR'ye başvurulur.

Ayak bileğini dışardan saran bağlar süperior ve inferior olmak üzere iki gruptur. Yukarı grup ön ve arka tibiofibular bağlardan oluşur ve fibula ve tibiayı birbirine bağlar. Alt grup ise ön ve arka talofibuler bağlar ile kalkaneofibuler bağdan oluşur. Aksiyal kesitlerde üst grup diğerlerinden daha yukardadır. En sık yırtılan bağ, ön talofibuler bağdır. Genellikle tek başına yırtılır ve yırtık eklemde sıvı olduğu zaman daha iyi görülür. Travma şiddetli ise kalkaneofibular bağ da yırtılır. Arka talofibuler bağ ise şiddetli travmalarda bile zor yırtılır.

Sinüs tarsi, talus ile kalkaneus arasında dışa doğru açılan koni şeklinde bir girintidir. Yağ ile dolu olan bu boşluktan subtalar stabiliteyi sağlayan birçok bağ geçer (Resim 6.217). Sinüs tarsi sendromunda bu ligamentler yırtılır ve sinüsteki yağ granülasyon veya skar dokusuna dönüşür. Tutulum T1AG'de hipointens, T2AG'de ise granülasyon dokusu varsa hiperintens, skar dokusu gelişmişse hipointenstir.

Kemik

Tarsal koalisyon ağrılı düz tabanın en sık nedenidir. En sık kalkaneonaviküler eklemde ve talokalkaneal eklemin orta fasetinde görülür. Olguların yarısında tutulum iki taraflıdır. Düz röntgenogramlarda görmek zordur; kesit görüntülerle ayrıntılı bir şekilde incelenebilir. Kemik bağlantının tanısında bir sorun yoktur, ancak birleşme bazen fibröz veya kıkırdak yapıdadır. Bu durumda, eklem mesafesinin düzensizliği ve komşu eklemlerde aşırı yüklenmeye bağlı belirgin dejeneratif değişiklikler gibi ikincil bulgulara bakılır (Resim 6.218).

Osteomiyelit, özellikle diyabetik hastalarda sık görülür. Osteomiyelit tanısında MR'nin negatif prediktif değeri %100'dür; kemik iliğinde ödem yoksa osteomiyelit olasılığı yoktur. Ödem varlığı ise birçok nedenden olabilir. Dolayısı ile MR'nin, çoğu zaman olduğu gibi, osteomiyelit tanısında da duyarlılığı çok yüksek, ancak özgüllüğü düşüktür.

AVN ayak bileği kemiklerinde görece sıktır. En sık talusta görülür. Naviküler kemik çocuklarda sık tutulur. Tutulan kemikte kemik iliği ödemlidir; T1AG'de hipointens görülür. Talusun tibial yüzeyi osteokondral lezyonların sık yerleştiği bir yerdir.

Kalkaneusta kemik kisti ve intraosseöz lipom sık görülür. Tarsal ve karpal kemik lezyonlarının ayırıcı tanısı epifize yerleşen lezyonlarla yapılır. Ayak bileği, tendon ve bağlardan çıkan tümörlerin sık yerleştiği bir bölgedir.



Resim 6.217 Sinüs tarsi sendromu. Sinüs tarside sıvı birikimi ve ödeme bağlı olarak sagital T1AG'de (A)intensite azalması, yağ baskılamalı sagital T2AG (B) intensite artışı (ok).

Aşil tendonu US

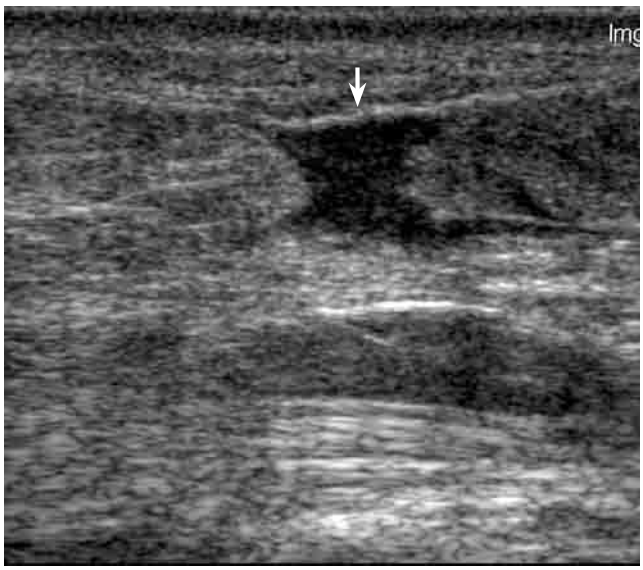
Aşil tendonunun tam yırtığının tanısı klinik olarak konur. US kısmi yırtıklarda değerlidir; tedavisi konservatif olan küçük longitudinal yırtıkları, cerrahi tedaviyle daha kolay iyileşen transvers yırtıklardan ayırır.

İnceleme hasta yüzüstü pozisyonda, ayakları masanın ucundan sarkmış şekilde yatarken yapılır. Normal tendon 4-6 mm kalınlığında ve 6 cm uzunluğundadır. Transvers kesitlerde oval yapıdadır.

Tam yırtıkta, tendon uçları birbirinden ayrılır (Resim 6.219). Aradaki boşluğu akut olgularda değişik ekojenite gösteren hematom, kronik olgularda ise ekojenik fibröz skar dokusu doldurur. Kısmi yırtıklarda da aynı ekojenite özellikleri söz konusudur, ancak tendonun devamlılığı korunmuştur.



Resim 6.218 Tarsal koalisyon. Oblik (A) ve yan (B) röntgenogramlarda sağ ayakta kalkaneokuboidal koalisyon (ok).



Resim 6.219 Aşil tendon yırtığı. Longitüdinal US görünümü. Muskülotendinöz bileşkede yırtık ve yırtık uçları arasında sıvı birikimi.



Resim 6.220 Triangüler fibrokartilaj yırtığı. Yağ baskılamalı koronal T2AG'de, triangüler fibrokarilajdaki defekte (kıvrık ok) ve distal radioulnar eklemde (ok) sıvıya ait yüksek sinyal intensite.

Aşil tendiniti özellikle koşucularda görülür. Difüz veya nodüler formda olabilir. US'de tendonda fokal kalınlık artımı (> 6 mm) ve görece ekojenite azlığı saptanır.

EL BİLEĞİNİN MR İNCELEMESİ

El bileği, karmaşık anatomisi olan bir bölgedir. MR görüntüleri, çok iyi bir anatomik ve klinik bilgi birikimi ile değerlendirilebilir. İncelemelerde yüzey sargıları ve standart SE görüntüleri yanında 3D GRE sekansları kullanılır.

Triangüler fibrokartilaj yırtığı

Trianguler fibrokartilaj kompleksi, distal radioulnar eklemi stabilize eden fibrokartilojinöz bir yapıdır. Tüm sekanslarda sinyalsizdir; ortası ince kenarları kalın bir yapıdır. Temel görevi aksiyal gelen basınca yastık görevi yapmaktır. Hasarı veya dejenerasyonu radioulnar eklemde instabiliteye ve mekanik fonksiyon değişikliğine neden olur.

Fibrokartilajın dejenerasyonunda normal radiyal bağlantısı kopar (Resim 6.220). T2AG'de sıvı görülebilir. Yaşlanmaya bağlı dejenerasyon ile yırtık arasında ayırıcı tanı zor olabilir; dejenerasyon karşı elde de olmalıdır.

Karpal tünel sendromu

Karpal tünel, elin fleksor tendonlarının ve median sinirin geçtiği anatomik bir bölgedir. Karpal tünel sendromu, median sinirin bu bölgede sıkışması ve/veya hasarlanmasına bağlı bir nöropatidir. Ana neden fleksor tendonların sinoviti veya nöroma, ganglion gibi yer kaplayan lezyonların basısıdır.

İnceleme parmaklar açık ve el nötral pozisyonda iken alınan aksiyal kesitlerle yapılır. Tipik MR bulguları; retinakulumda bombeleşme, median sinirde sinyal artımı ile birlikte, sinirde psiform seviyesinde şişme ve hamatum seviyesinde düzleşmedir.

TEMPOROMANDİBULER EKLEMİN MR İNCELEMESİ

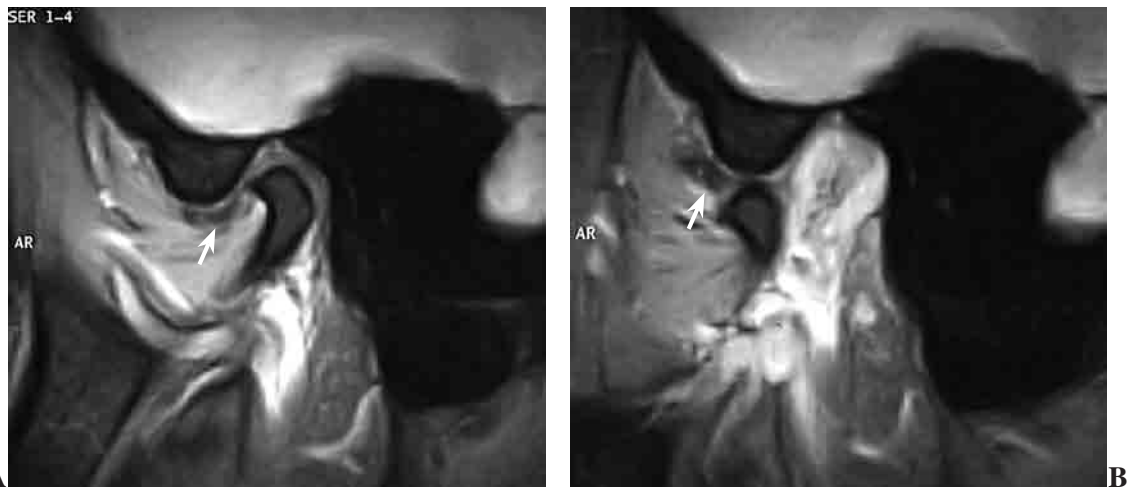
Rotasyonel ve translasyonel hareketleri olan kompleks bir yapıdır. MR incelemede yüzeyel sargılar kullanılır. Kesit kalınlığı 3 mm'dir. SE T1AG ve volümetrik GRE sekansları ile çalışılır. Diskin arkasındaki bölgenin damardan zengin olması nedeniyle İV kontrast diskin daha iyi görüntülenmesini sağlar.

Artiküler disk ortası ince, kenarları kalın bikonkav şekilli fibröz kıkırdak yapısında bir yastıktır (Resim 6.221). Ortadaki ince kesim diskin eklem yüzeyini oluşturur. Normal diskin sinyal intensitesi, içerisinde çok sayıda serbest proton bulunması nedeniyle, dizdeki menisküsün tersine, yüksektir. Disk lezyonları MR görüntülerine göre 3 greyde ayrılır. Greyd I'de disk anormal pozisyondadır (önde). Anormal pozisyondaki diskte sinyal kaybı greyd II, bu bulgulara diskin morfolojisinin bozulması eklenirse greyd III olarak değerlendirilir (Resim 6.222), (Şekil 6.11).



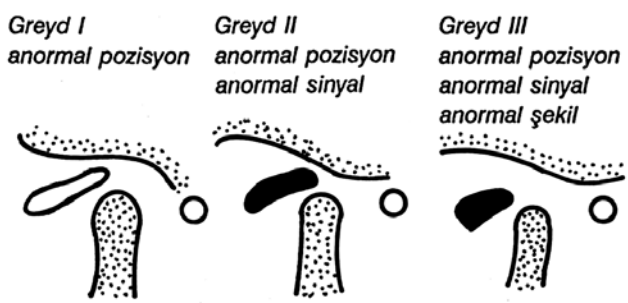
A B

Resim 6.221 Temporomandibuler eklemin MR görünümü. Ağız kapalı (A) ve açık (B) pozisyonda elde edilen sagital T2*AG. Artiküler disk (ok) düşük intensitede; ağız kapalı pozisyonda mandibula kondili ile glenoid fossa arasında, orta zonu kondil ile artiküler eminensin birbirine en yakın olduğu noktada yer alıyor. Ağız açık pozisyonda disk kondille birlikte yer değiştiriyor.



A B

Resim 6.222 Temporomandibuler eklem, öne disk dislokasyonu. Ağız kapalı (A) ve açık (B) pozisyonda elde edilen oblik sagital T2*AG. Morfolojisi bozulmuş ve sinyal intensitesi artmış diskin (ok) kondilin önünde yer aldığı görülüyor (greyd III).



Şekil 6.11 Temporomandibular eklemde disk de jenerasyonun ağız açık pozisyonda iken evrelendirilmesi.

YUMUŞAK DOKU

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Röntgen

Ara yoğunlukta olan yumuşak dokular göreceli olarak düşük ve birbirine yakın atom numarasındaki elementlerden [karbon (Z=6), azot (Z=7), oksijen (Z=8)] oluşur ve su yoğunluğuna eşittir. Kas, kıkırdak, bağ dokusu, damarlar ve viseral organlardan oluşan bu yoğunluk, doğal veya yapay kontrast olmadan birbirinden ayrılamaz. Doğal kontrast madde deri altında, organların çevresinde ve fasiyal planlarda bulunan yağ dokusudur. Yağ dokusunun yoğunluğunun düşük olması, %75'inin göreceli olarak düşük atom numaralı karbon atomundan oluşması ve yumuşak dokulara göre daha gevşek bir yapıda, yani fiziksel dansitenisin daha düşük olmasına bağlıdır.

Yumuşak doku başlığı altında deri, deri altı dokusu ve kaslar incelenir. Kemik yapıları incelemek amacıyla çekilen röntgenogramlarda ekspojur faktörleri yüksek olduğundan yumuşak doku görülmez. Yumuşak dokuları incelemek için düşük kilovoltta (15-30 kV) radyografi yapılır. Dijital radyografinin kemik ve yumuşak dokuları tek bir ekspojurla inceleyebilmek gibi bir avantajı vardır.

Yumuşak doku lezyonları yüksek ve düşük yoğunlukta olabilir. Kalsifikasyon ve osifikasyonlar yüksek yoğunluktadır. Düşük yoğunluklar, lipom gibi yağ dokusu kitlelerine veya yumuşak doku içerisindeki gaza aittir.

Kesit görütüleme

Yumuşak doku kitlelerinde US'nin ana işlevi, kitlenin saptanması ve kistik-solid ayırımının yapılmasıdır. Yumuşak dokulardaki vasküler kitleler Doppler US ile karakterize edilebilir.

BT'nin dansite ölçümü yapabilmesi, yumuşak doku lezyonlarının karakterizasyonunda önemli bir üstünlüktür. Kitle içerisindeki yağı, sıvıyı, kalsifikasyonu veya kanamayı yoğunluklarına göre belirleyebilir. Lezyonların kontrast tutma özelliklerinin dinamik olarak incelenmesi malign/benign ayırımına yardımcı olabilir.

MR, yüksek yumuşak doku çözümleme gücü nedeniyle yumuşak doku lezyonlarının karakterizasyonunda en değerli yöntemdir; ancak kalsifikasyonların değerlendirilmesinde yetersizdir. Yöntemin teknik ölçütlerinin aranan anormalliğe göre ayarlanması gereği, yöntemi uygulayıcıya bağımlı yapar. BT'ye göre teknolojisinin ve görüntülerinin karmaşıklığı, pratikteki dezavantajlarıdır.

Sintigrafi

Tc-99m ile yapılan kemik sintigramlarında yumuşak doku lezyonları da incelenebilir. Bunların başında yumuşak doku kalsifikasyonları gelir. Hiperparatiroidizm ve mitral stenozunda yaygın pulmoner kalsifikasyon ve buna bağlı pulmoner yaygın aktivite tutulumu görülebilir. Hiperparatiroidizmde midede de kalsiyum birikimi ve aktivite artımı vardır. Miyozitis ossifikans ve metastatik osteojenik sarkomlarda yumuşak dokudaki heterotopik kemik formasyonu, aktivite tutulumunda artmaya neden olur. Yumuşak dokunun benign ve malign tümörlerinde de aktivite artmış olabilir. Nörofibrom ve rabdomiyosarkom, bu durumun iki örneğidir. Radyonüklidin bu tümörlerde birikmesinin mekanizması henüz bilinmemektedir; tümör içerisindeki makroskopik veya mikroskopik kalsifikasyonlarla ilgili olabilir. Yumuşak dokunun inflamasyonunda ve enfarktlarında da radyonüklid tutulumu artar.

KALSİFİKASYON, OSİFİKASYON ve GAZ

Kalsifikasyonlar, metastatik kalsifikasyonlar, kalsinozis ve distrofik kalsifikasyonlar olarak üç ana gruba ayrılabilir. Metastatik kalsifikasyonlarda kalsiyum ve fosfor metabolizması bozuktur; normal dokuda ektopik kalsifikasyonlar görülür. Genellikle diz çevresine yerleşirler. Kalsinozis, deri, deri altı ve bağ dokusunda kalsiyum birikimine verilen isimdir; kalsiyum metabolizması normaldir. Distrofik kalsifikasyonda kalsiyum, hasarlı dokuda çöker; metabolizma bozukluğu yoktur.

Yumuşak doku osifikasyonları, yumuşak dokuda yoğunluk artımı yapan diğer nedendir. Yumuşak doku içerisindeki fibroblastların travma gibi nedenlere bağlı olarak osteoblastlara evrilmesi sonucu meydana gelir. Kalsifikasyon ve osifikasyon arasındaki ayırım, osifikasyonun belirgin kortekse sahip olması ve ortasında spongioz kemik bulunmasıdır.

Metastatik kalsifikasyonlar

Metastatik kalsifikasyon nedenleri olarak hiperparatiroidizm, hipoparatiroidizm, psödo- ve psödopsödohipoparatiroidizm, hipervitaminozis-D, idyopatik hiperkalsemi, süt-alkali sendromu sayılabilir. Hiperparatiroidizmde nefrokalsinoz, nefrolitiyaz, vas-

küler sistemde, kıkırdakta ve periartiküler dokularda kalsifikasyonlar görülür. Damar kalsifikasyonları ikincil hiperparatiroidizmde daha belirgindir. Hipoparatiroidizm türlerinde ise bazal ganglionlar, dentat nukleuslar, periartiküler ve intertisyel dokularda kalsifikasyonlar görülür.

Kalsinozis

Kalsinozis interstisyalis üniversalis, nedeni bilinmeyen bir hastalıktır. Başlangıçta subkutanöz yerleşen kalsifikasyonlar hastalık ilerledikçe daha derinlere doğru iner. Genç yetişkinlerde görülür; ilerleyici bir hastalıktır. Kalsifikasyonlar küme veya ekstremitelerin uzunluğuna paralel bantlar şeklindedir. Bağ dokusu, kaslar, sinirler, tendonlar, eklemler kalsifiye olabilir. Distal falankslarda da kalsifikasyon görülebilir.

Kalsinozis sirkumskripta, özellikle el ve el bileği çevresindeki deri altı dokularında ve deride lokalize kalsiyum birikimine verilen isimdir (Resim 6.223). Olguların yarısında skleroderma başta olmak üzere romatoid artrit ve lupus eritamatozus gibi kollajen doku hastalıkları görülür, diğerlerinde bir neden saptanamaz.

Sklerodermada kalsifikasyonlar parmak uçlarında, yüzde, koltuk altında, kolun ve ön kolun ulnar tarafında, iskial tuberositler ve dirsek gibi basınç bölgelerinde ve kaslarda görülür. Periartiküler yoğun kalsifikasyon alanları görülebilir. Sıklıkla Reynoud fenomeni ile birliktedir; akroosteolizis görülür.

Dermatomiyozitte ekstremitelerde, koltuk altında, inguinal bölgelerde ve abdominal duvarda subkutan kalsifikasyonlar görülür. Bu kalsifikasyonlar sklerodermadan daha ince ve daha çizgisel yapıdadır. Sklerodermadan farklı olarak viseral kalsifikasyon görülmez, ayrıca terminal falankslarda rezorbsiyon da yoktur. Yetişkinlerde malign tümör gelişim olasılığı yüksektir.



Resim 6.223 Kalsinozis sirkumskripta.

Tümöral kalsinozis adı verilen nadir bir türde, eklemlere komşu yumuşak doku içerisinde kalsiyum birikimleri vardır. Başka bir anormallik saptanmaz. Tümörle bir ilişkisi yoktur. Etyolojisi bilinmeyen bu hastalık 6-25 yaş arasında görülür. Diyalize giren kronik renal yetmezlikli olgularda da görülmektedir (Resim 6.224). Tek veya birden fazla eklem tutulabilir. Kalça, dirsek ve omuz eklemi çevresinde sık görülür.

Distrofik kalsifikasyonlar

Distrofik kalsifikasyonlarda kalsiyum, hasarlı doku üzerine çöker. Tümörler, hematomlar, dejeneratif değişiklikler, nekrotik ve postinflamatuar odaklarda görülen kalsifikasyonlar bu grup içerisine girer. Fiziksel, kimyasal ve termal travmalar sonucu da görülebilir.

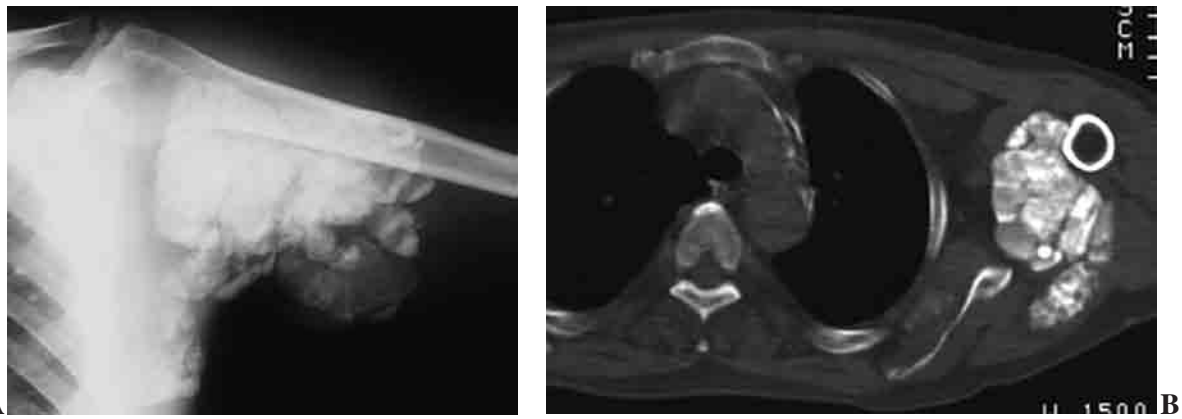
Damar kalsifikasyonları, arteriyel ve venöz kalsifikasyonlar olarak farklı görünümdedir. Arterlerdeki aterom kalsifikasyonu, en sık aort kavsinde ve ince plak şeklinde görülür. Iliyak ve femoral arterlerde, birbirine paralel düzensiz kalsifikasyonlar şeklindedir. Ekstremite arterlerinin mediasında görülen boru şeklindeki düzenli kalsifikasyona, Mönckeberg kalsifikasyonu adı verilir (Resim 6.225). Diyabette ve ikincil hiperparatiroidizmde sıktır. Anevrizma duvarında da ince duvar kalsifikasyonu görülebilir.

Venöz kalsifikasyon, kalsifiye flebolitler şeklindedir. Bunlar yuvarlak, kenarı ortasından daha yoğun kalsifikasyonlardır. En sık pelvis içerisinde görülür. Yumuşak doku hemanjiomlarının venöz tarafında da görülebilir. Maffucci sendromunda, yumuşak doku hemanjiomları içerisinde flebolitlere ait opasiteler izlenir.

Venöz yetmezliğe bağlı uzun süren ödemlerde subkutan doku kalsifikasyonu, olay uzun sürerse osifikasyonu gelişebilir. Bu görünüm sıklıkla alt ekstremite varislerinde olur. Birlikte tibia ve fibulada periosteal yeni kemik oluşumları vardır.

Enfeksiyonlara bağlı yumuşak doku kalsifikasyonlarından ülkemizde en sık görüleni, tüberküloza bağlı lenf bezi kalsifikasyonudur (Resim 6.226). En sık boyunda görülür. Tiroid kalsifikasyonlarından ayrılmalıdır. Leprada da nadiren periferal sinirlerin kalsifiye olduğu izlenir.

Parazitik yumuşak doku kalsifikasyonlarından en sık görüleni sistiserkozistir. Hastalarda kas liflerine



Resim 6.224 Tümöral kalsinozis. A. Ön-arka röntgenogram. B. Kemik penceresinde aksiyal BT kesiti. Kronik böbrek yetmezliği olan hastada, periartiküler yumuşak doku kalsifikasyonu.

paralel dizilen oval yapıda 0.5 x 1 cm boyutlarında kalsifikasyonlar vardır. Ülkemizde görülmez.

Gluteal kaslar içerisinde, doku nekrozu oluşturan bazı farmasötiklerin enjeksiyonuna bağlı olarak yumuşak doku kalsifikasyonları görülür. Travmaya bağlı kalsifikasyonlar ise genellikle subperiosteal yerleşimdedir. Futbolcularda en sık femurda görülür. Yeni doğanın sefal hematomu da kalsifiye olabilir.

Tümörlerde hemoraji ve nekroz alanları kalsifiye olur. Malign tümörlerdeki kalsifikasyonların büyük bir bölümü mikroskopik seviyededir ve radyografik olarak görülmez. En sık kalsifikasyon gösteren tümörler tiroid adenomları, uterus fibroidleri, hamartomlar, dermoid kistler ve kolloid karsinomlardır.



Resim 6.225 Mönckeberg kalsifikasyonları (ok).

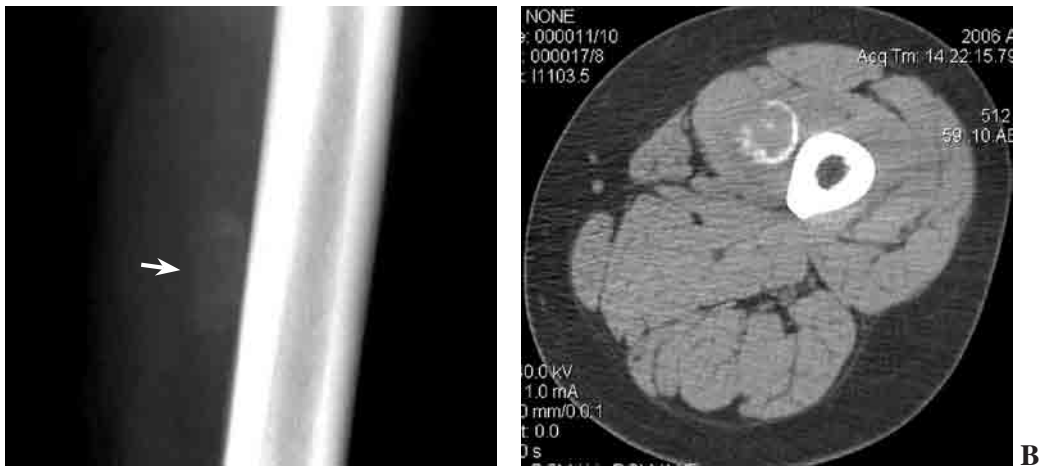


Resim 6.226 Boyunda lenf nodu kalsifikasyonları.

Miyozitis ossifikans

Miyozitis ossifikans, yumuşak dokuda heterotopik kemik ve kartilaj dokusu gelişimine verilen isimdir. Birçok olguda olayı travma başlatır. Travmayı izleyen şekline miyozitis ossifikans travmatika adı verilir. Adolesan ve genç yetişkinlerde görülür. Olguların büyük çoğunluğu erkektir. Lezyonlar baldır, bacak, dirsek, omuz gibi travmaya açık yerlerde daha çok görülür. Brakial kas ve kuadriseps femoris kası sık tutulur. Uyluğun addüktörleri içerisinde görülen osifikasyon *binici kemiği* ismini alır.

Travmayı izleyen evrede hematom gelişir. Travmadan hemen sonra yumuşak doku kitlesi ortaya çıkar



A B

Resim 6.227 Miyozitis ossifikans. A. Ön-arka röntgenogramda uyluk mediyalinde, femur korteksine yakın, sınırı çok iyi ayırt edilemeyen opasite (ok). B. Aksiyal BT kesitinde lezyonun periferinden kalsifiye olduğu görülüyor; lezyon femur korteksinden tamamen ayrı. Bu özellikler, parosteal osteosarkomdan ayırt edilmesini sağlar.

ve 4-6 hafta sonra kitlenin periferinde iyi sınırlanamayan kalsifikasyon izlenir. Bu görünüm osifikasyonun başlangıcıdır. Kitle 2-3 ay sonra daha keskin kenarlı olur ve altındaki kemik ile arasında radyolusent bir zon oluşur. Bu zon, hastalığı parosteal osteosarkomdan ayırmaya yarar. Kitlenin boyutları 4-6 ay içerisinde küçülür. Ortası radyolusent, çevresi kompakt kemikten oluşmuş miyozitis ossifikans ortaya çıkar (Resim 6.227). Ayırıcı tanı, parosteal osteosarkom, osteokondrom ve yumuşak doku osteosarkomu ile yapılmalıdır. Parosteal osteosarkomda miyozitis ossifikansın tersine merkez hiperdenstir; periferik alan gittikçe hipodens hale gelir. Genel bir kural olarak malign lezyonlarda kalsifikasyon kitlenin merkezinden, benign lezyonlarda periferinden başlar.

Hastalığın prognozu iyidir. Bir-iki yıl sonra lezyonların çoğu geriler ve hatta kaybolabilir. Lezyonların bir bölümü de alttaki kemiğin korteksi ile birleşerek osteom veya osteokondrom görünümü alır.

Bazı abdominal operasyon skarlarında heterotopik kemik formasyonu gelişir. Ayrıca, şiddetli yanıkları izleyen yumuşak doku osifikasyonları da bilinmektedir.

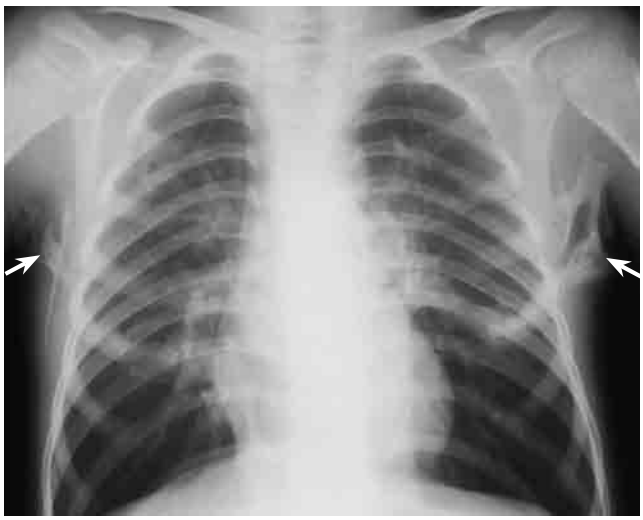
Pelvik kemikleri çevreleyen yaygın osifikasyon, konjenital veya edinsel omurilik hasarına bağlı paraplejilerde ortaya çıkar. Distal femurda addüktör tüberküle komşu osifikasyon ise Pellegrini-Stieda olarak isimlendirilir.

Fibrodisplaziya ossifikans progressiva

Fibrodisplaziya ossifikans progressiva nadir görülen sistemik, otozomal dominant geçişli bir hastalıktır. Miyozitis ossifikans travmatikadan klinik ve radyolojik olarak farklıdır. Primer histopatolojik değişikliklerin bağ dokusunun inflamatuar bir reaksiyonu olduğu, kasların daha sonra tutulduğu öne sürülmüştür. Hastalık spontan olarak gelişir ve travma ile ilişkisiz gibi görülmektedir. Ayak ve el başparmağındaki konjenital anomaliler, hastalığın önemli bir bulgusudur. Olguların büyük bölümü 0-3 yaş arasındadır.

Hastalığın en erken bulgusu, özellikle baş ve boyun çevresinde görülen ağrılı subkutanöz nodüllerdir. Bu nodüller hassas ve sıcaktır. Sıklıkla bulundukları bölgede hareket sınırlılığı ve sertlik vardır. Dorsal paraspinal kaslar, omuzlar ve dirsekler sık tutulan kesimlerdir. Pelvis ve alt ekstremiteler daha sonra tutulur. Bunu, kasların, ligamentlerin ve tendonların yaygın osifikasyonu izler. Toraksın fasiaları ossifiye olur (Resim 6.228). Büyük eklemlerin hareketleri belirgin bir şekilde sınırlanmıştır. Paraspinal ve toraks fasiyalarının kalsifikasyonlarına bağlı olarak hastalarda belirgin bir solunum sorunu vardır ve pnömoni sık görülür. Yüz kasları, gastrointestinal sistem, larenks, dilin düz kasları ve diafragma tutulmaz. Hastalıkla birlikte orta kulaktaki kemikçiklerin füzyonuna bağlı sağırlık, saçlarda incelme ve dökülme, mental retardasyon bildirilmiştir.

El ve ayaklardaki anomaliler olguların %50-100'ünde bulunur (Resim 6.229). Bunlar adaktili, mikrodaktili, konjenital halluks valgus, sinfalanjizm ve metakarpofalanjeal eklemlerin füzyonudur. Sıklıkla simetrik olan, kısa el ve ayak başparmağı görünümü,



Resim 6.228 Fibrodisplaziya ossifikans progressiva. Göğüs duvarında ossifiye olmuş fasiyalar. Her iki aksiller bölgede daha belirgin (ok).

5'inci parmağın kısalığı ve içe dönüklüğü (klinodaktili) ve orta falanksının küçüklüğü (brakidaktili) ile birlikte olabilir. Bu bölgelerde yumuşak dokuda yaygın osifikasyonlar görülür. Tutulan bölgelerdeki eklemler osifikasyonlar sonucu hareketsiz hale gelmiştir. Para spinal kasların osifikasyonları intervertebral disk mesafesinin genişlemesini engeller. Diskler daralmıştır; kalsifiye ve hatta osifiyedirler. Omurga gövdelerinin, özellikle boyunda, ön-arka çapları azalmıştır. Pedinküllerdeki büyüme yetersizliği sonucu lomber spinal stenoz gelişebilir. İnterspinöz ligamentler ve faset eklemlerinin kapsüllerinde osifikasyon görülebilir. Diz çevresinde ve humerus şaftında küçük, kalın ve dar saplı psödoekzostoz görünümleri vardır. Kalkaneal spur görülür. Epifizler geniş olabilir. Proksimal tibianın mediyal korteksinde kalınlaşma görülebilir.



Resim 6.229 Fibrodisplaziya ossifikans progressiva. Baş parmakta kısalık ve halluks valgus deformitesi.



Resim 6.230 Yumuşuk doku amfizemi. Ayak sırtında yumuşak doku şişliği ve içinde havaya ait lusent alanlar.

Yumuşak doku içerisinde gaz

Yumuşak doku içerisinde gaz görülmesi yumuşak doku amfizemi (Resim 6.230) olarak isimlendirilir. Sebep yumuşak doku içerisine hava girmesi veya gaz yapan bakterilerden oluşan flegmon veya absedir. Gaz, subkutanöz veya intramüsküler yerleşimde olabilir.

Hava en sık, akciğer yaralanmasına neden olan kaburga kırıklarına, pnömomediyastinuma, trakeostomiye veya torakotomiye bağlı olabilir. Hava toraks, boyun ve kollarda subkütan veya intramüsküler dağılım gösterir. Açık yaralardan da yumuşak doku içerisine hava girebilir. Enfeksiyon yoksa seri röntgeogramlar, havanın progressif olarak rezorbe olduğunu gösterir.

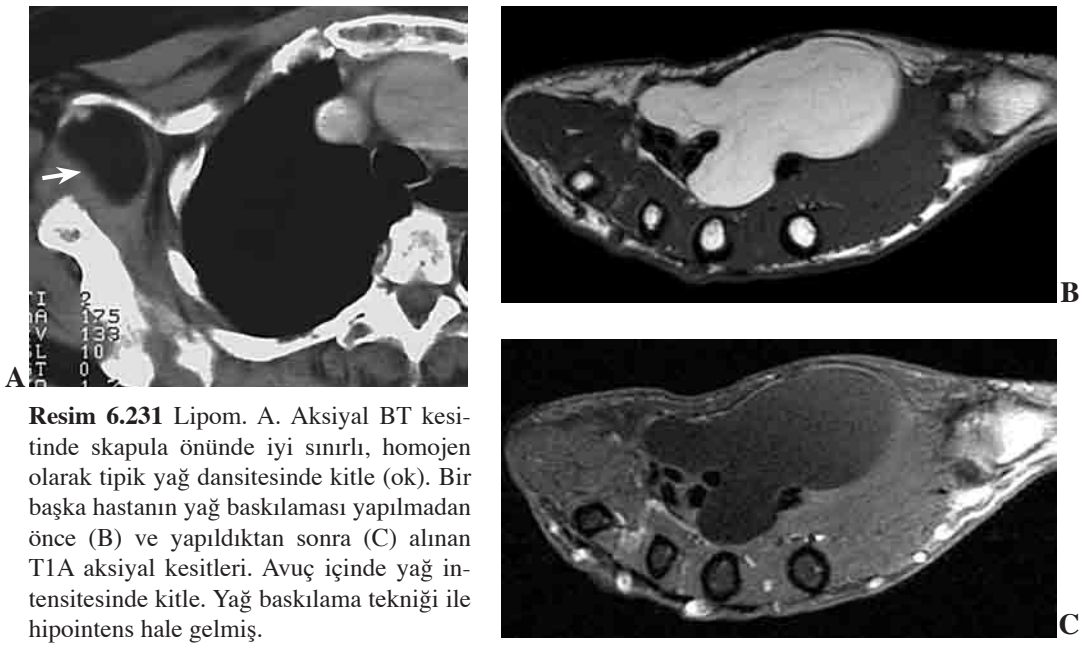
Gazlı flegmon veya gazlı gangren, klostiridia enfeksiyonlarına bağlıdır. Gaz, yaralanmadan hemen sonra veya birkaç haftada ortaya çıkar. Gaz dağılımı subkutan veya intramüsküler olabilir. Subkutan dağılımın daha iyi prognozu olduğu söylenir. Lokalize gaz birikimi gazlı abselerde görülür. Seri röntgenogramlarda rezorbsiyon olmaması ile cerrahi amfizemden ayrılır. Gaz yapan enfeksiyonlar diyabetlilerde sık görülür.

YUMUŞAK DOKU KİTLELERİ

Tümörler

Malign fibröz histiositoma yetişkinde en sık görülen yumuşak doku tümörüdür. En sık alt ekstremitede görülür. Radyografik olarak özel bir görünümü yoktur. Büyük yumuşak doku kitlesi şeklindedir, etrafında reaktif bir psödokapsülü bulunabilir.

Yetişkilerde ikinci sıklıkta görülen yumuşak doku tümörü, liposarkomdur. Kalça, alt ekstremite ve retroperitoneal alanda sık görülür. Tümörün yağ yoğunluğu, malignite derecesi ile orantılı olarak yumuşak



Resim 6.231 Lipom. A. Aksiyal BT kesitinde skapula önünde iyi sınırlı, homojen olarak tipik yağ dansitesinde kitle (ok). Bir başka hastanın yağ baskılaması yapılmadan önce (B) ve yapıldıktan sonra (C) alınan T1A aksiyal kesitleri. Avuç içinde yağ intensitesinde kitle. Yağ baskılama tekniği ile hipointens hale gelmiş.

doku yoğunluğuna değişir. Çevresinde değişik oranda reaktif kapsül görülebilir.

Lipomda düşük dansite kesin tanı koydurucudur (Resim 6.231). Ancak liposarkomda yoğunluk beklendiği gibi düşük değildir. Lipom MR'de tipik sinyal intensitesi, düzgün kenarı ve kontrast tutmaması ile karakterizedir. Liposarkomun ise belirli bir görünümü yoktur. Sinyal yoğunluğu içerdiği yağa göre değişir (Resim 6.232). Bazı olgularda yağ bulunmayabilir. Ayrıca lipomlar kontrast tutmazlar; buna karşılık liposarkom tutabilir (Resim 6.233). Değişik orijinli sarkomlar arasında (fibrosarkom, liposarkom, rabdomiyosarkom) MR ile ayırıcı tanı yapmak olanaksızdır.

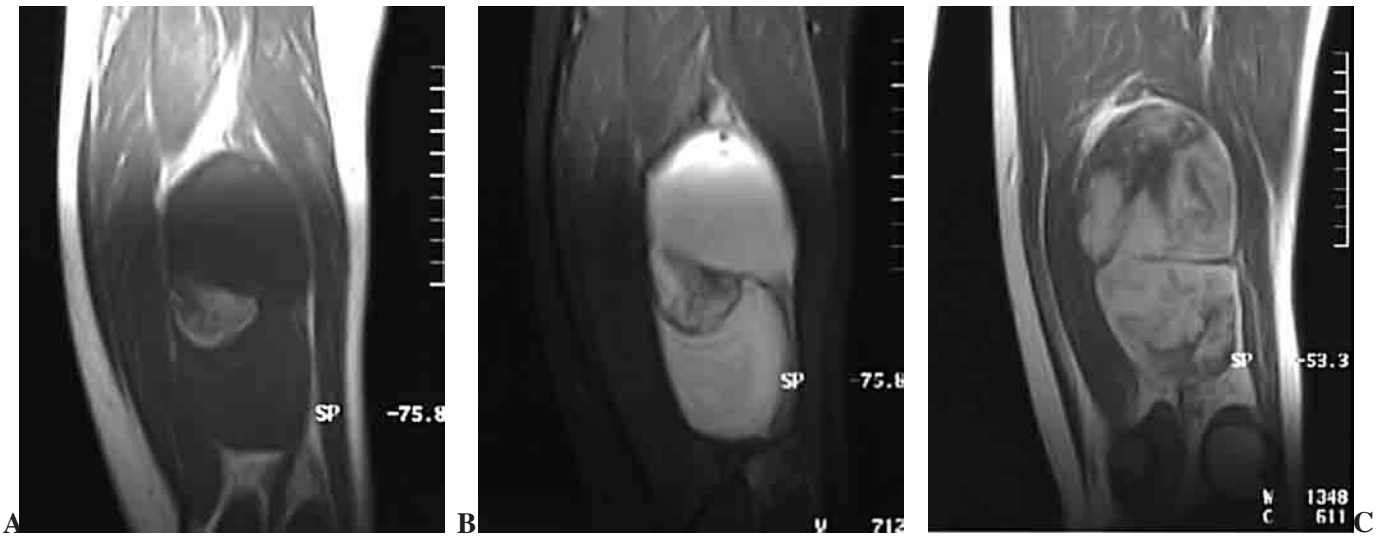


Resim 6.232 Liposarkom. Aksiyal BT kesiti. Gluteal bölgede, yağ dansitesinde alanlar içeren büyük yumuşak doku kitlesi (ok).

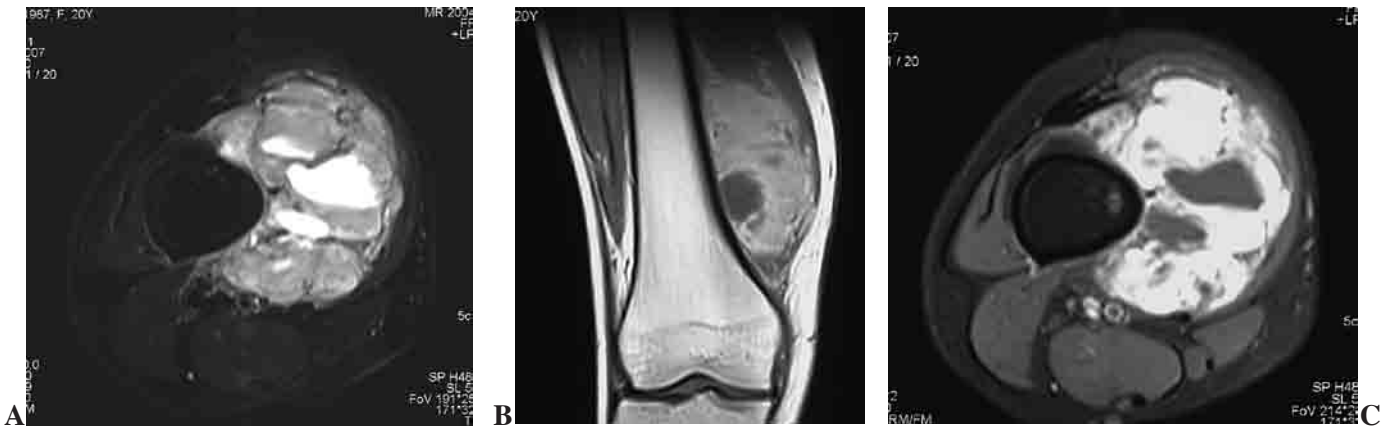
Sinovyal hücreli sarkom, sinovya ile bağlantısı şüpheli olan bir yumuşak doku sarkomudur. Diz civarında sık görülür (Resim 6.234). Yaklaşık 1/3 olguda kalsifikasyon vardır. En sık 15-35 yaşları arasında izlenir.

Fibromatozlar, fibröz yumuşak doku lezyonlarını içine alan bir yelpazeye verilen isimdir. Lezyonlar infiltratiftir ve rekurrens sık görülür. Juvenil aponörotik fibrom, infantil dermal fibromatoz, saldırgan fibromatoz (desmoid tümör) (Resim 6.235) bu spektrum içerisindedir.

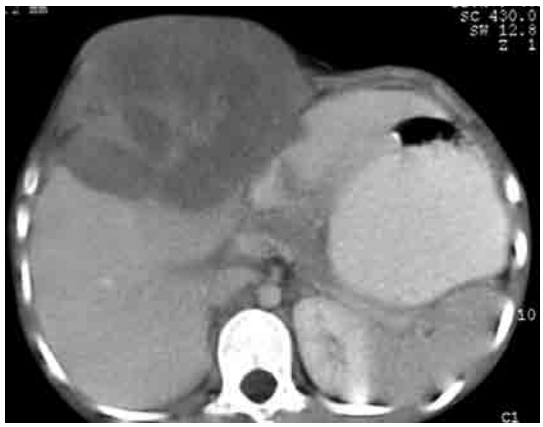
Yumuşak doku tümörlerinin çoğunda MR görünümleri özgül değildir ve T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstirler. Farklı sekanslardaki sinyal özellikleri, kontrast tutulumu ve kenar özellikleri ile benign lezyonlardan birkaçı tanınabilir. Bazı malign kitleler kenar düzensizliği ile benign kitlelerden ayrılabilir. Ancak bu kenar özelliği inflamatuar lezyonlarda da görülebilir. Birçok malign tümör ise benign özellikler gösterir. Örneğin hızlı büyüyen sarkomlarda, infiltratif özellikte olmayan keskin kenar (psödokapsül formasyonu), T2AG'de homojen yapı ve çevrede ödem bulunmaması gibi benign karakterler tanımlanmıştır.



Resim 6.233 Liposarkom. Uyluk arka kesiminde yumuşak doku kitlesi. Kitle koranal T1AG'de (A) ağırlıklı olarak hipointens, yağ baskılamalı koronal T2AG'de (B) hiperintens; kontrast madde ile heterojen olarak boyanıyor (C).



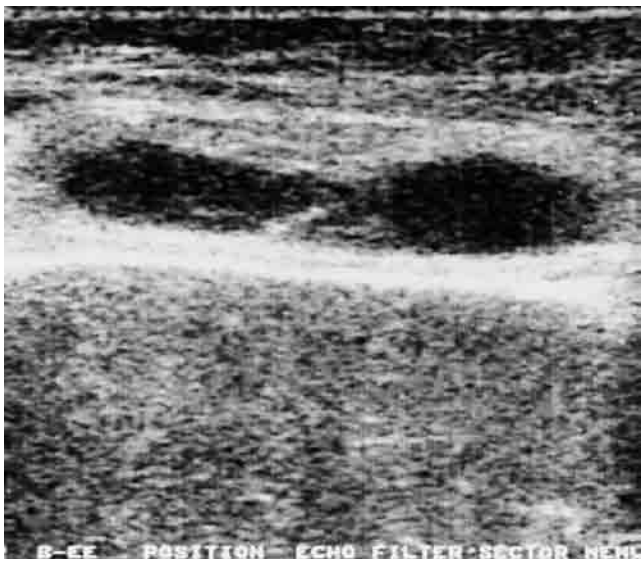
Resim 6.234 Sinoviyal sarkom. A. Yağ baskılamalı aksiyal T2AG'de uyluk iç kesiminde yumuşak doku kitlesi. Kontrastlı koronal T1AG (B) ve yağ baskılamalı aksiyal T1AG'de kitle, nekroz alanları hariç belirgin olarak boyanıyor.



Resim 6.235 Saldırgan fibromatozis. Göğüs sağ ön-alt duvarında büyük boyutlara ulaşan yumuşak doku kitlesi.

Hematom

Spor hekimliğinde en sık görülen yumuşak doku kitlesi hematomdur. Hematom en kolay US ile değerlendirilir. Hematomun US görünümü pıhtının evresine ve kullanılan transdusırın frekansına göre değişir. Organize pıhtıda internal ekolar görülürken, pıhtılaşmamış kan veya erimiş pıhtı anekoik görülür (Resim 6.236). Transdusırın frekansının yükselmesi pıhtının ekojenitesini arttırır. Kontraksiyonla kitlenin boyutunun artması, hematomun yalnız başına değil kas yırtığıyla birlikte olduğunu gösterir. Kronik kas berelenmesi sonucu gelişen skar dokusu ise, kontraksiyonla boyutu değişmeyen hiperekoik alanlar şeklinde görülür.



Resim 6.236 Karın ön duvar içerisinde hematom. US kesitinde anekoik birikim.

Yabancı cisimler

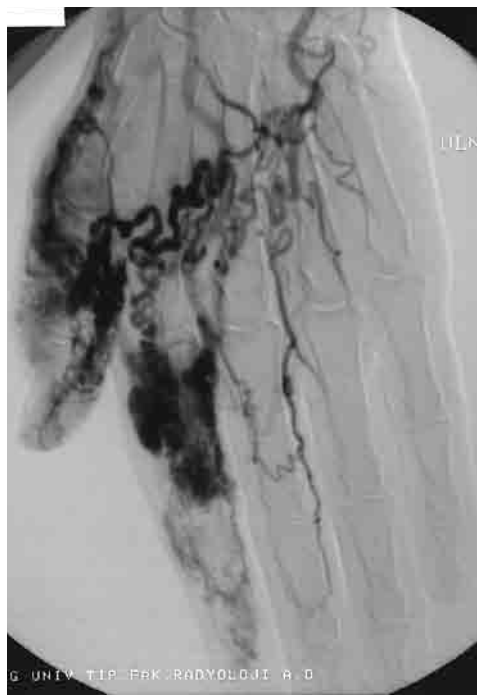
İğne, saçma gibi metal yoğunluğundaki yabancı cisimler, doğal olarak en iyi röntgenle saptanır. Bu olgularda US yabancı cismin yerleşimini belirler. US'nin asıl işlevi odun parçası, cam gibi opak olmayan yabancı cisimlerin saptanmasıdır. Tüm yabancı cisimler hiperekoik foküsler şeklinde görülür. Cam olanların bazılarında akustik gölge izlenir. Yabancı cisimlerin sadece proksimal yüzü görüleceğinden, şekli ve dolayısıyla boyutu saptanamaz. Sesamoidler ve yumuşak doku kalsifikasyonları yanlış tanıya neden olabilir. Bu nedenle US incelemesinden önce radyografi şarttır.

Vasküler malformasyonlar

Damar malformasyonları, baskın olan damar yapısına göre arteriyel veya arteriyovenöz lezyonlar, kapiller veya küçük damar malformasyonları ve venöz (kavernöz) hemanjiomlar olarak üç başlık altında incelenir. Arteriovenöz malformasyonlar ve pleksiform anjiomlar birinci gruptadır. Bunlar genellikle klinik olarak pulsatildir ve üfürüm duyulur. Anjiografide doğrudan venöz sisteme açılan geniş ve kıvrımlı bir besleyici arteri görülebilir (Resim 6.237). Akım hızlı olduğundan hızlı görüntü almak gerekir. Kapiller veya küçük damar malformasyonlarını anjiografik olarak göstermek zordur ve derideki kapiller nevüsler gibi bir çoğunda da radyolojik inceleme gerekmez. Kavernöz hemanjiomlar ise dilate ven ve anormal venöz kanalların yumağıdır (Resim 6.238). Bu lezyonlar da anjiografi ile çok iyi gösterilemez. Arteriyel faz genellikle normaldir. Tek anormal bulgu geç venöz fazda hafif boyanma



A



B

Resim 6.237 Arteriovenöz malformasyon. A. El röntgenogramında, birinci ve ikinci parmak proksimal falankslarında litik lezyonlar ve yumuşak doku şişliği. B. Dijital subtraksiyon anjiografide, genişlemiş besleyen ve drene eden damarlarıyla birlikte damar yumağı.



Resim 6.238 Kavernöz hemanjiom (venöz malformasyon). Uyluk arka iç kesiminde dilate serpijinöz damarlardan oluşan, koranal T1AG'de (A) hipointens, aksiyal T2AG'de (B) hiperintens kitle.

olabilir. Örneğin Mafucci sendromunda görülen anjiomlar bu tiptir.

Arteriyovenöz fistül bir arterin bir vene doğrudan açılmasıdır. En sık neden, travmadır. Silah veya bıçakla yaralanma ve diğer penetran yaralanmalardan sonra görülür. Karaciğer ve böbrek biyopsilerinden sonra veya arteriografi için yapılan ponksiyon yerinde de görülebilir.

Meme

Meme radyolojik olarak iki farklı amaçla görüntülenir: 1) Meme kanserini erken saptamak amacıyla asemptomatik kadınları taramak, 2) Semptomatik kadınların memesindeki anormalliği değerlendirmek veya tarama mamogramlarındaki şüpheli görüntüleri aydınlatmak. Tarama iki projeksiyondaki standart mamografi ile yapılır. Diyagnostik değerlendirmede ise amaca özel mamografik projeksiyonlar, US ve/veya MR kullanılır.

Anatomi

Meme histolojik olarak, salgısı süt olan modifiye bir deri bezidir. Süperfisiyal fasiyanın yüzeyel ve derin yaprakları tarafından çepeçevre sarılır. Deri altı yağ dokusu bezi sarar, ancak ayrı bir kapsül oluşturmaz. Bez dokusu, fibröz septalarla bölmelere ayrılmış yağ dokusu içerisine gömülüdür. Bez içinden gelen fibröz uzantılar deriye ve meme başına yapışır. Bunlardan memenin üst kısmındakiler çok iyi gelişmiştir ve *memenin suspansor ligament*leri ("Cooper" bağları) adını alır. Bu ligamentler meme kanserinde gelişen fibroz nedeniyle kasılarak deride çekintilere neden olur. Memenin arkası pektoralis majör kasının fasiyası ile çevrelenmiştir. Meme ile bu fasiya arasında gevşek bir bağ dokusu vardır. Bu doku memenin fasiya üzerinde serbestçe hareket etmesini sağlar. İlerlemiş kanserlerde bu fasiya invaze olarak meme fikse hale gelir.

Meme bezi radial bir şekilde dağılan 15-20 loba ayrılmıştır. Her lob meme başına laktiferöz kanallarla ayrı ayrı açılır. Genellikle birkaç lobun kanalı birleşir; bu nedenle meme başında 5-10 kanal ağzı vardır. Laktiferöz kanallar meme başına doğru ilerlerken sinüs laktiferi denilen genişlemeler yaparlar. Bu genişliklerde süt depolanır.

Her lob kendi içerisinde lobüllere ayrılmıştır. Lobüller duktus laktiferinin en küçük dallarına açılan yuvarlak alveol salkımından oluşur. Lobüller ve bunları drene eden lobül içi terminal kanal ile, lobül dışına uzanan ekstralobüler terminal duktus, *terminal duktal lobüler üniteyi (TDLÜ)* oluşturur. TDLÜ'nün epiteli iki tabakadan oluşur. Yüzeyde geçek epitelyal tabaka, altında miyoepitelyal tabaka vardır. Lobül 500 μm'luk boyutu ile memenin en küçük birimidir. Malign tümörler ve fibrokistik değişikliklerin çoğunluğu bu birimden çıkar.

Duktuslar lenfatikleri içeren bağ dokusu ile çevrelenmişdir. Lenfatik drenajın %75'i aksiller, %25'i internal mamariyan lenf nodlarınadır. Posterior interkostal lenf nodlarına drenaj nadiren görülür. Bir taraf drenajı tıkalı ise karşı taraf lenf nodlarına drenaj görülebilir.

Meme dokusunun bez yapısı otuz yaşından sonra değişmez, ancak içerdiği yapıların oranı ve dolayısıyla mamografik görünümü yaşa ve laktasyon durumuna göre değişir. Adölesandaki immatür memede fibröz doku belirgindir. Prodüktif çağdaki memeler glandüler yapıdadır. Menopoz ve postmenopozal evrede ise büyük bölümü yağ dokusundan oluşan atrofik meme görünümü vardır. Östrojen seviyesinin yükselmesi meme dokusunun dansitesini artırır.

İnceleme yöntemleri

Memenin temel inceleme yöntemi mamografidir. Konvansiyonel ve dijital olabilir. Konvansiyonel olanı ekran-film mamografisidir. Meme başından akıntısı olan olgularda süt kanallarına seyreltik kontrast madde vererek yapılan mamografiye ise galaktografi adı verilir.

Mamografi, ucuz ve düşük dozlu bir işlemdir ve meme kanserini erken saptayabilir. Yüksek kaliteli ekran-film mamografisi meme kanseri tanısında standart referans yöntem kabul edilir. Bununla birlikte yöntem fizik muayenede saptanan lezyonların %10-20'sini saptamayabilir. Ayrıca mamografi ile saptanan lezyonların biyopsi sonuçları ancak %5-40'ının malign olduğunu gösterir. Bu da yöntemin yalancı pozitif oranının hayli yüksek olması demektir. Bu sonuçlar mamografinin, meme kanserinin tanısında duyarlılığının ve özgüllüğünün yeteri kadar yüksek olmadığını göstermektedir. Konunun popüler olması nedeniyle bu gerçeğin hastalar tarafından bilinmesi önemlidir.

EKRAN-FİLM MAMOGRAFİSİ

Memede bez dokusunun ve ondan çıkan kanser dokusunun tek kontrastı yağdır. X-ışınlarını zayıflatması bakımından normal ve kanserli doku arasındaki far-

kın düşük olması subje kontrastının da düşük olmasına neden olur ve tümöral dokunun saptanmasını zorlaştırır. Kanserin diğer bulgusu olan mikrokalsifikasyonların boyutunun küçüklüğü de (0.1 mm) subje kontrastını düşürür ve görülmeleri zorlaşır. Hem meme dokusunun kontrast farklılıklarının az olması hem de kanseri erken saptamanın prognozdaki önemi nedeniyle mamografide yüksek kalitede görüntü elde etmek esastır. Bu açıdan mamografi, radyografik yöntemler içerisinde görüntü kalitesi en yüksek yöntem olmak zorundadır. Gerçekten de mamografi, teknik açıdan radyografinin amiral gemisidir. Yöntemin genel radyografiden temel farklılıkları şunlardır:

1. Memenin yumuşak dokuları arasındaki röntgenolojik kontrast düşüktür. Meme kanserinin bulgusu olan malign kalsifikasyonlar ise hem boyut olarak küçüktür, hem yoğunlukları düşüktür. Bu iki güçlüğü aşabilmek için mamografik incelemede hem kontrast çözümleme hem geometrik çözümleme yüksek olmalıdır. Bu nedenle mamografide radyografideki en ileri teknoloji kullanılır.
2. Meme yağ dokusuna gömülü yumuşak doku dansitesinden oluşur. Düşük enerjili X-ışınları ile penetre edilebilir: Düşük enerjili ışınların, doku ile karşılaşmasında ortaya çıkan olay fotoelektrik soğurulmadır. Fotoelektrik soğurulmada saçılmanın olmaması, konstrastın çok iyi olmasını sağlar. Molibden anot hedefleri ve molibden filtreler kullanılarak elde edilen ışının spektrumu daraltılır ve monokromatik demete yakın homojenitede x-ışını demeti elde edilir. Bu kalite ve kantitedeki x-ışın demeti çok iyi bir subje kontrastı sağlar.
3. Mamografi yapılırken meme dokusu ışın geçiren plakalarla sıkıştırılarak inceltilir. Memeyi sıkıştırarak inceltip sabitlemekle, hareket artefaktları, geometrik bulanıklık, saçılma ve hastanın aldığı doz azaltılır.
4. Mamografide geometrik çözümlemeyi yükseltmek amacıyla tek tarafı emülsiyonlu filmler ve ranforsatörler kullanılır.
5. Mamografide kullanılan jeneratörler yüksek frekanslıdır; filtrasyon, gridler ve banyo şartları olabildiğince yüksek kalitede tutulur.

Modern mamografi aygıtlarında, küçük fokal spot, düşük tüp voltaj tekniği, düşük oranlı grid ve fototayming kullanılır. Düşük tüp voltajı fotoelektrik etkiyi artırarak subje kontrastını artırır ve saçılmayı en aza indirir. Yöntemde özel ekranlar, filmler ve film banyoları kullanılır. Diyagnostik değeri yüksek mamogramlar elde etmek için sadece araç gerecin kalitesi yetmez, uygulamanın da kaliteli olması gerekir. Bu nedenle, mamografi merkezlerinde düzenli kalite kontrolü (QC) yapılır. Banyo makinası ve karanlık oda her gün kontrol edilir. Ranforsatörler ve negatoskoplar her hafta temizlenir. Sistemin performansı fantom görüntülerle her hafta ölçülmelidir. Üç ay ve 6 ay aralarla daha ayrıntılı kalite kontrolleri yapılır. Mamografi merkezlerinin kalite kontrolü her ülkede ilgili meslek kuruluşları veya yetkili organlarca yakından takip edilir.

Mamografide kullanılan x-ışını tüplerinin özellikleri

Voltaj dalgalanmasını en azda tutmak ve ekspojur süresini kısaltmak için trifaze veya yüksek frekanslı jeneratörler kullanılır. Tipik tüp akımı 80-200 mA dir. Ekspojur süresi yaklaşık 1 sn'dir, ancak dens ve kalın memelerde bu değer 4 sn'ye kadar çıkabilir. Sıkıştırılmış normal bir meme için (4.5 cm) ekran-film radyografisinde tipik tüp voltajı 25 kVp ve tüp akım-ekspojur süresi 120 mAs olmalıdır.

Fokal spot bulanıklığını en aza indirebilmek için fokal spot küçük (0.3 mm) olmalıdır. Etkin fokal spot boyutunu en aza indirebilmek için mamografi tüplerinin uzun aksı yaklaşık 25 derece eğilir. 0.1mm'lik fokal spot, magnifikasyon mamografisi kullanılır. Küçük fokal spot ancak düşük tüp akımını (25 mA) tolere edebilir, bu da ekspojur süresinin saniyeler ölçüsünde artmasına neden olur.

Tüpün penceresinin berilyum (Z=4) olması X-ışını demetinin zayıflamasını en aza indirir. Tüpün katot tarafı hasta tarafındadır. Katotun hasta tarafında olması topuk etkisinden yararlanmamızı sağlar. Daha fazla penetrasyona gereksinim duyulan göğüs duvarı tarafında X- ışını intensitesi daha fazladır.

Mamografi tekniği

Standart mamografi projeksiyonları mediolateral oblik (MLO) ve kranio-kaudaldir (CC). Şüpheli bölgelerin daha ayrıntılı incelenmesi için başka projeksiyonlar eklenebilir. Bunlar tam yan, aksiller kuyruk (Kleopatra pozisyonu), meme vadisi (klevaj) görüntüsü ve spot baskılı magnifikasyon görüntüleridir.

Sıkıştırma: Mamografi yapılırken meme, ışını engellemeyen bir plaka ile kayıt gerecine doğru sıkış-

tırılır. Sıkıştırılmış memenin kalınlığı 3-8cm'e iner. Memenin sıkıştırılması ekspojur değerlerini düşürerek hastanın alacağı dozu azaltır. Öte yandan voltajın düşmesi subje kontrastını artırır; ekspojur süresinin düşmesi hareket olasılığını azaltarak kenar keskinliğini artırır. Memenin sabitleştirilmesi de hareketi azaltan diğer bir etkendir. Meme dokusu baskıyla yayıldığı için üst üste düşme azalır, lezyonların saptanması kolaylaşır.

Sıkıştırılan meme dokusu filme yaklaşır, obje-film mesafesi kısalır, magnifikasyon en aza iner ve dolayısıyla fokal spot bulanıklığı azalır (geometrik bulanıklık).

İstenen bölgeye azami basıncı uygulayabilmek için bölgesel sıkıştırma da yapılabilir. Bu işlem, ışınlar için geçirgen bir maddeden yapılmış raket biçimindeki gereçlerle yapılır. Bu gereçler 30 kVp de %80 geçirgendirler. Sıkıştırma basıncı normalde 111 ve 200 N (25 ve 45 lb) dir. Sıkıştırmanın tek çekincesi hastanın duyabileceği rahatsızlık hissidir.

Magnifikasyon: Yöntem, kitle kenarlarının daha ayrıntılı görülmesini ve küçük kalsifikasyonların daha iyi seçilebilmesini sağlar. Bunun için kaynak-film mesafesi değişmeden meme, filmden 15-30 cm mesafeye konan ışın geçirgen bir levha üzerine yerleştirilir ve komprese edilir.

Magnifikasyon faktörü foküs-film mesafesinin, foküs-obje mesafesine oranıdır. Bu mesafenin tipik değerleri 65 cm ve 35 cm'dir. Bu durumda magnifikasyon faktörü 1.85 olur. Magnifikasyona bağlı penumbra artışının sonucu olan geometrik keskinsizliği en aza indirmek için küçük fokal spot (0.1mm) esastır. Küçük foküs kullanımı, uzun ekspojur süresi gerektirir bu da hasta hareketinin artmasına ve bulanıklığa neden olabilir.

Obje ile film arasındaki mesafe genişlediğinden saçılan ışınların filme ulaşması azalır, dolayısıyla grid gereksinimi azalır. Magnifikasyon tekniğinde görüntüye giren meme alanının boyutu küçülür. Magnifikasyon genellikle görüntü kalitesini artırır.

Görüntü kalitesi: Ekran-film mamografide uzaysal çözümleme sınırı en iyi şartlarda 15-20 çç/mm dir. Magnifikasyon tekniği ile bu sınır yükseltilebilir.

Film dansitesini sabit tutmak şartıyla voltajı artırmak ekspojur süresini ve hastanın aldığı ışın dozunu azaltır. Düşük voltaj tekniği kontrastı artırır, fakat hastanın aldığı doz da artar. Grid kontrastı iki kat artırabilir, fakat radyasyon dozu da iki veya üç kat artar.

DİJİTAL MAMOGRAFİ

Çağımızdaki teknolojik gelişmeye paralel olarak mamografide de konvansiyonel yöntemler yerlerini dijital yöntemlere terk etmektedir. Bu değişimin asıl nedeni dijitalizasyonun sağladığı avantajlardan yararlanmaktır. Yoksa diyagnostik performans bakımından ekran-film mamografi dijital yöntemden aşağı değildir. Örneğin uzaysal çözümlemesi (20 lp'mm) dijital mamografiden hâlâ daha yüksektir. Değişik boyutlarda film kullanılabilir; tüm meme dokusu her zaman incelenebilir. Arşiv uzun süre korunabilir; filmler dayanıklıdır ve yöntem ucuzdur. Bu avantajlarına karşılık ekran-film mamografinin dezavantajları şunlardır:

1. Filmin dinamik reynci sınırlıdır; dinamik reync ile kontrast çözümleme arasında ters bir oran vardır.
2. Filmin yapısındaki zorunlu granülaritesi gürültü kaynağıdır.
3. Çözümleme ve verimlilik arasında bir uzlaşma gerekir.
4. Bütün görüntüleme aşamaları bir materyal (film) üzerinde etkilidir; herhangi bir basamakta görülecek yetersizlik görüntü kalitesini tümüyle değiştirir ve yöntemin performansını sınırlar.
5. Mamografi filminin karakteristik eğrisi memenin dens kesimine göre optimize edilmiştir. Yağ dokusu ve benzer hipodansiteler eğrinin üst düzlüğünde kalır, görülemez.
6. Film banyosu ve diğer artefaktlar görüntü kalitesini belirgin şekilde etkiler.
7. Tüm bu teknik yetersizlikler film tekrar oranını artırır ve hasta gereksiz radyasyon alır.
8. Dens memelerdeki difüz tutulum gösterilemeyebilir.

Dijital dedektör sistemleri

Dijital dedektör sistemlerinin, geniş bir x-ışını intensitesine doğrusal cevap vermesi ve sistem gürültüsünün düşük olması gibi avantajları vardır. Dijital sistemlerde görüntü verilerinin toplanması, görüntülenmesi ve arşivleme ayrı ayrı yapılır. Her basamak ayrı ayrı en iyi şekilde ayarlanabilir. Dinamik reynci (1.000/1), ekran-film sistemlerininkinden (40/1) yüksektir, dinamik reyncinin ayarlanabilmesi lezyonların görülebilirliğini artırır. "Soft-copy" olanağı nedeniyle bilgisayarlı tanı yöntemi ("computed assisted diagnosis-CAD") uygulanabilir ve 3D görüntüleme yapılabilir. Dijital mamografinin günümüzdeki uygulaması *tam alan dijital mamografi ("full field digital*

mammography") olarak isimlendirilir ve değişik yöntemleri vardır:

1. Sintilatör ve CCD'li çizgi ("slot") tarama sistemi
2. Sintilatör ve amorf silikon (a-Si) dioddan oluşan yassı-panel
3. Amorf selenyumlu (a-Se) yassı-panel
4. Sintilatör ve fiberoptik kablo ile bağlantılı geniş alan CCD
5. Fotostimalable fosfor plakları (komputerize radyografi)

Çizgi taramalı sistem (sintilatör ve CCD): İnce bir yarıktan çıkan dar bir ışık demeti ve karşısında bu demetle aynı anda hareket eden dar ve uzun bir dedektörle bütün meme taranır. Dedektör sistemi fosfor (sintilatör) ve ona fiberoptikle bağlı CCD'den ibarettir. Fosfor talyumla aktive edilen sezyum iyodürdür (CsI:Tl). Dedektörlerin genişliği 1cm'dir ve her dedektörde 4 CCD çipi vardır. Dedektörlerin uzunluğu (22cm) tüm memeyi ön-arka çapı boyunca taramaya yeter.

CCD matrisi 400 x 2.048 pikseldir. 21 x 29 cm'lik görüntüler alır. Bu görüntülerin matrisi 4.096 x 5.625 pikseldir. 30 cm'lik bir görüntü için görüntüleme zamanı 6 sn'den azdır. Etkin ekspojur süresi bu sürenin 1/3'ü, yani 200 msn'dir; dolayısıyla hastanın hareketi konvansiyonel sistemlerden daha az sorun oluşturur. Dedektör eleman boyutu standart taramada 54 μm, yüksek çözümlemeli taramada 27'μm dir.

Çizgi tarama sisteminde x-ışını ünitesi bazı özellikleri nedeniyle standart mamografi aygıtlarından farklıdır. X-ışını tüplerinin anot materyali tungsten-renyum'dan yapılmıştır. Molibden, rodyum ve alüminyum filtreler seçenek olarak kulanılabilir. Diğer molibden veya rodyum targetli sistemlere göre daha yüksek kilovolt (31 kVp) kullanır.

Çizgi tarama dedektörler alan dedektörlerine göre çok kompakt yapıdadırlar ve daha uzundurlar. Sistemde saçılma, taranan kesimin inceliği nedeniyle minimaldir, gride gereksinim duyulmaz, hastanın aldığı doz azalır. Sistem güçlü x-ışını tüpleri ve jeneratörlere ve daha ayrıntılı sinyal okuma ve görüntü rekonstrüksiyonuna gereksinim duyar. Diğer yöntemlerden daha uzun süre memeyi komprese etmek gerekir.

Sintilatör ve amorf silikon diodlu yassı-panel: TFT bir matrisin üzeri a-Si diod ile kaplanmıştır. Sintilatör CsI:Tl kristalleridir. Bu kristaller a-Si dedektör sıralarının üzerine ışığın dağılmasını en aza indirecek şekilde kolonlar şeklinde yerleştirilir. Her diod elemanı TFT aracılığıyla kontrol ve veri devresine bağlıdır. Sintilatörde meydana gelen ışığın karşılığı olarak diodda meydana gelen elektron miktarı okunur ve dijitalize edilir.

Bu sistemde görüntülenen alanın boyutu 19.2 x 23 cm'dir. Dedektör panelinde 1.920 x 2.304 dedektör elemanı vardır. Tam boy dijital mamografi sistemleri içerisinde piksel boyutu en büyük olan (100 μm) yöntemdir. CsI (TI) dan oluşan sintilatör ile a-Si fotodedektörün birbiriyle çok sıkı teması ışık veri kaybını en aza indirir. Silikon diodlardan güçlü sinyal alınır ve sistemin DQE değeri yüksektir. Dedektör geniş bir ekspojur aralığında (10^5) çizgisel cevap verir. Dinamik reynci yüksektir. Dedektör dizaynının kompaktlığı ve basitliği sistemin önemli özelliğidir.

Yöntemin zayıf yanları reseptör boyutunun büyük memelerde tüm memeyi içine alacak kadar büyük olmaması ve piksel boyutunun büyüklüğüdür (100 μm). Bununla birlikte kalsifikasyon saptanmasında piksel boyutunun küçültülmesinin gerekliliği de tartışmalıdır. Piksel boyutunun küçültülmesi gürültüyü artırarak SNR'yi düşürür. Bu nedenle uzaysal çözümleme görülebilirlik için her şey demek değildir ve SNR ile birlikte düşünülmelidir.

Amorf selenyumlu yassı-panel: Doğrudan dijital dedektör sistemidir. a-Se doğrudan TFT üzerine yerleştirilir. a-Se memeyi geçen x-ışınını doğrudan elektrona çevirir. Bu elektronlar elektrodlarla sınırlanmış elektron yuvalarında birikir ve TFT matris tarafından toplanarak ölçülür ve dijitalize edilir. a-Se, mamografik enerji sınırlarında çok iyi soğurulma kapasitesine sahip iyi bir fotokondüktördür. QDE değeri (>%95), standart ekranlardan (%50-70) ve CsI sintilatörlerinden (%50-80) yüksektir.

En geniş FOV'a sahip (25x29cm) yöntemdir. Piksel boyutu 70 μm'dir. Piksel boyutunun küçüklüğü ile birilikte geniş FOV alanı matris sayısını artırır. Matrisin artması, görüntüleme süresinin uzamasına veri transferinin yavaşlamasına ve depolama alanı gereksiniminin artmasına neden olur. Küçük memelerde FOV küçültülerek bu sakıncalar azaltılabilir.

Fiberoptik kablo ile mozaik dizilişli CCD'lere bağlı sintilatörler: Sistemde sintilatör (CsI:Tl) ekran, bir CCD kameraya fiberoptik aracılığı ile bağlanmıştır. CCD'nin boyut sorunu birden fazla parça kullanılması ile çözülür. Tam boy mamografi için 3x4 parça kullanılır. Her parça yanındakine elektronik olarak sıkıca bağlanmıştır (dikilmiştir).

FOV'u 19 x 25 cm'dir. Piksel boyutu 40 μm'dir.

Geniş alanı ve küçük piksel boyutu nedeniyle görüntü matrisi çok geniştir (4.500x6.000 piksel). Bu geniş matris depolamada büyük sorun oluşturur. Sistem a-Se dedektör sistemlerinin üretilmesi ile firması tarafından artık üretilmemektedir. Yöntem FOV'u küçük olan stereotaktik biyopsi sistemlerinde kullanılır.

Fotostimalabl fosfor plakları (CR): Radyografide kullanılan görüntüleme plaklarının teknolojisini kullanır. Kurulu konvansiyel MM aygıtlarına uyumlu olması ve değişik boyutlarda kaset kullanması bir avantajıdır. Piksel boyutu 100 μm'dir. Daha keskin laser okuyucusu ve çift taraflı okuyucu gibi gelişmelerle piksel boyutunun 50 μm'e inmesi beklenmektedir. Daha yüksek radyasyon dozu alınma olasılığı yöntemin dezavantajıdır. ABD'de kullanılmasına yeni izin verilmiştir.

Dijtal mamografinin özellikleri

Dijital mamografi ile film tekrarı ve hastanın tekrar çağırılma oranı düşüktür. Günlük hasta sayısı yüksektir. Film ve banyonun görüntü üzerindeki etkisi ve maliyeti yoktur. Memenin aldığı ışın dozu konvansiyonel yönteme göre %10-50 daha düşüktür. Düşükkontrastlı lezyonların saptanması daha iyidir. Erken kanser tanısının arttığını ve yalancı negatif biyopsi oranının düştüğünü gösteren çalışmalar vardır. Yöntemin bu güçlü yanlarına karşılık zayıf yanları şunlardır:

1. Uzaysal çözümlemesi görece düşüktür. Dijital mamografide 5-9 çç/mm olan uzaysal çözümleme değeri ekran-film mamografide 20 çç/mm'ye kadar çıkar.
2. Dedektör boyutları büyük memeleri tümüyle içine alacak kadar büyük değildir.
3. Bir üretici firmanın mamografi aygıtı ile her monitör uyum göstermez.
4. Dijital mamografide verilerin depolanması için oldukça geniş dijital alana gereksinim vardır. Tipik bir dijital mamografide incelemesinde elde edilen iki kraniyo-kaudal ve iki medio-lateral oblik görüntü için 33-200 MB'a kadar değişen dijital alan gerekir.
5. Dijital mamografi aygıtları pahalıdır. Konvansiyonel bir mamografi ünitesinin maliyeti 100 bin ABD dolarından düşüktür. Dijital bir sistemin fiyatı ise 300-450 bin ABD doları arasındadır.

Dijital mamografide, "computer-aided diagnosis"-CAD uygulama olanağı vardır. Bu sistem, mamografiyi tarayarak anormal kesimleri saptar ve saptanan her lezyonda malignite olasılığını belirler. Yöntemin duyarlılığının %90 kadar yüksek olduğu bildirilmiştir. CAD'ın ikinci okuyucu olarak kullanıldığında, radyoloğun performansı artırdığı gösterilmiştir. Sistemin yalancı pozitif oranı yüksek olsada (her görüntüde 1-2 yalancı pozitif okuma) ilerleme devam etmektedir ve yöntem gelecek vaat etmektedir.

MAMOGRAMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mamogramların değerlendirilmesi uygun ortamlarda yapılmalı, negatoskopun ışığı yeterli olmalı, röntgenogramların çevrelerini kapatacak storlar bulunmalı, gerektiğinde büyüteç kullanılmalı ve odanın ışığı azaltılmalıdır (<50 lux). Dışarıdan gelen ışık, kontrastın algılanmasını azaltır.

Mamografi birimlerinde ışığı fazla negatoskoplar (3.000 cd/m^2) kullanılır. Konvansiyonel röntgen negatoskoplarının luminansı 1.500 cd/m^2 dir. Mamogramların değerlendirilmesinde çevre ışığının örtülmesi çevrenin parlamasını önler ve buna bağlı olarak düşük kontrastlı lezyonların görülebilirliği artmış olur. Film okuma sırasında parlak ışık kaynağı hazır bulunmalıdır. Mikrokalsifikasyonlar aranırken büyüteçe gereksinim duyulabilir. Mamogramlar imkân varsa daima iki kişi tarafından ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Çift raporlama ile kanser saptama oranı %6.4-15 oranında artar.

Her mamogram, radyogramlarda olduğu gibi, sistematik bir şekilde değerlendirilmelidir. Öncelikle teknik değerlendirme yapılarak görüntülerin yeterli diyagnostik kalitede olup olmadığına bakılır. Fibroglandüler dokunun penetrasyonu yeterli olmalıdır. Deri-deri altı, meme başı incelenir. Asimetri, yapısal distorsiyon, aksiller lenf nodu, kalsifikasyon, kitle görünümü araştırılır. Asimetri genellikle normalde de görülebilen bir bulgudur. Değerlendirmede daha önceki mamogramların bulunması esastır. Meme kanseri yavaş büyür; daha önceki röntgenogramlara göre ortaya çıkmış ufak bir değişiklik bile raporlanmalıdır. Eldeki görüntüler yetersiz ise hasta, birimi terk etmeden ilave görüntüler alınır. Bir kanıya varılmazsa biyopsi yapılır veya hasta izlemeye alınır.

Dijital görüntüler monitörlerde incelenebilir. İnceleme 5 megapiksellik monitörlerde yapılır. Monitörle yapılan değerlendirmede, görüntü üzerinde lezyon görülebilirliğini artıran birçok işlem yapılabilir.

Mamografide meme kanserinin atlanma nedenleri ya görülebilen bir lezyonun saptanamaması, ya teknik

yetersizliğe bağlı olarak lezyonun görüntülenememesi ya da görülen lezyona yanlış tanı konulmasıdır. Saptanmayan kanserlerin %50'si tümüyle normal görüntü ve bulgular nedeniyle atlanmıştır; %30'u ise teknik yetersizlik ve/veya değerlendiricinin atlaması veya yanlış değerlendirmesi nedeniyledir. İlk mamografide atlanan kanserlerin %10'u ek bir görüntü ile saptanabilir.

Birçok lezyonda değişiklik görülemeyeceği için 6 aydan daha kısa aralarla kontrol yapılmamalıdır. Hematom 3 ayda değişebilir.

MAMOGRAFİDE ELEMANTER LEZYONLAR

Kitle

Memenin mamografik görünümü çok değişkendir. Özellikle fibroglandüler yapıdaki memelerde normal meme dokusu da kitle görünümü verebilir. Radyoloğun ilk görevi görünümün gerçek bir kitleyi temsil edip etmediğine karar vermektir. Gerçek kitle birbirine dik iki projeksiyonda da var olmalıdır. Kitlenin merkezi çevresinden daha denstir. Sadece tek projeksiyonda görülen kitleye benzer yoğunluk artımı *dansite* olarak isimlendirilir ve normal meme dokusunu temsil eder. Böyle bir yapı kompresyonla dağılır ve normal meme dokusuna ait olduğu anlaşılır.

Bir kitleyi karakterize eden en önemli özelliklerinden biri kenar yapısıdır. Işınsal kenar malignite bulgusudur (Resim 6.239); bununla birlikte ışınsal kenarı olan tüm lezyonlar kanser değildir. Cerrahi biyopsiyi izleyen yağ nekrozunun kenarı ışınsal görünüm verebilir. Cerrahiye bağlı skar dokusunun da ışınsal kenarı olabilir. Cerrahi skar zamanla geriler. Kendiliğinden gelişen ve benign bir lezyon olan radiyal skarın da kenarı ışınsaldır. Memede bir nedene bağlı olmadan, kendiliğinden gelişen fokal fibroz alanları da ışınsal kenar yapısı ile meme kanserini taklit eder. Işınsal kenarlı lezyonların ayırıcı tanısı biyopsi ile yapılır.



Resim 6.239 Meme kitlesinde kenar özelliği. Işınsal kenar meme kanserini temsil ediyor. Kanserin üzerindeki deride kalınlaşma ve içeriye doğru çekinti görülüyor.

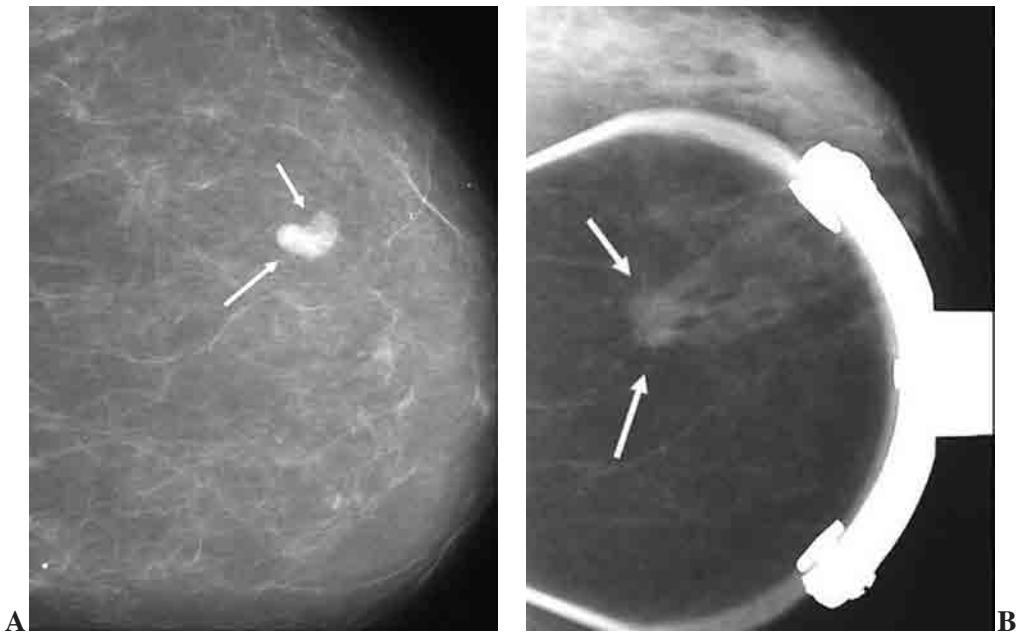


Resim 6.240 Meme kanserinde mikrolobulasyon. Baskılı mamogram.

Kenarın iyi seçilememesi malignite bulgusudur. Bununla birlikte abse hematom ve fokal fibroz alanlarının kenarları da belirsiz olabilir. Çepeçevre keskin kenar benignite işaretidir, ancak mamogramlarda bu şekilde kenar özelliği gösteren lezyonların yaklaşık %5'i karsinomdur. Lenfoma ve metastaz da keskin kenarlı görülebilir. Kitle kenarındaki mikrolobülasyon, makrooabülasyona göre daha çok malignensiyi düşündürür (Resim 6.240).

Kitlenin kenarı üstünü örten normal fibroglandüler doku nedeniyle seçilemeyebilir. Lezyonların kenar özelliği, baskılı magnifikasyon görüntülerinde daha açık görülür (Resim 6.241). Mamogramlarda kenarı keskin görülen lezyonların bazılarının baskılı magnifikasyon görüntülerinde belirsiz kenarlı olduğu ve düzgün değil mikrolobülasyon gösterdiği saptanır. Böyle olgularda biyopsi yapılmalıdır.

Malign bir tümör ne kadar büyükse prognoz o kadar kötüdür. 1cm'den daha büyük malign tümörlerin



Resim 6.241 Mamografide kitle görünümü. A. Tam boy film mamografisinde kitlenin kenarları düzgün. B. Yerel baskılı mamografi. Kitle kenarının ışınsal özelliği ortaya çıkmış.

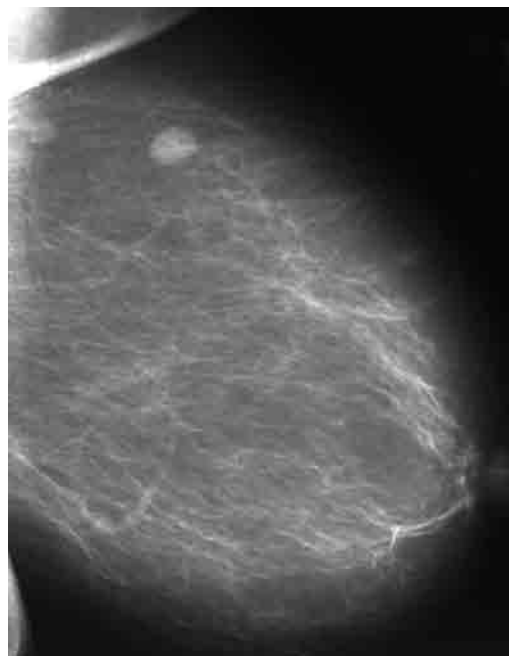
aksiller nodlara yayılma olasılığı küçüklerden iki misli fazladır. 8 mm'den büyük solid lezyonlarda biyopsi düşünülmelidir. Işınsal kenarı olan her lezyona boyutuna bakılmadan biyopsi yapılmalıdır. Lezyon boyutu ile malignite olasılığı arasında bir ilişki yoktur.

Kitlenin şekli yuvarlak, oval, lobuler ve düzensiz olarak tanımlanır. Kitle ne kadar düzensiz ise malignite olasılığı o kadar yüksektir. Lezyonların dansitesi, yüksek, eşit, düşük veya yağ içeriyor gibi terimlerle tanımlanır. Malign lezyonların genellikle boyutlarına göre dansiteleri çok yüksektir. Düşük dansiteli, yağ içeren lezyonlar (postravmatik yağ kistleri, lipoma, galaktosel gibi) benigndirler. Parankimal kitle lezyonları, deri lezyonlarından ayrılmalıdır. Üst dış kadrandaki küçük periferik lezyonlar büyük bir olasılıkla lenf nodudur (Resim 6.242).

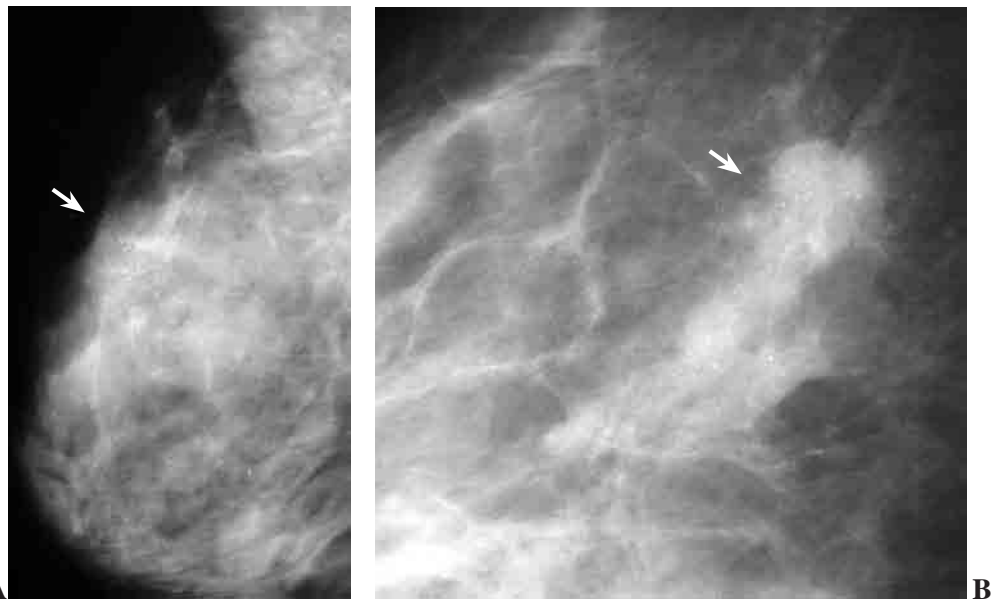
Genç olgulardaki birden çok, iyi sınırlı kitleler genellikle fibroadenom, 35 yaştan sonra kist olabilir. Yaşlı olgularda metastaz ekarte edilmelidir. Meme kanserleri de nadiren multifokal olabilir.

Kalsifikasyon

Malign tümörlerin hemen hemen yarısı mamogramlardaki şüpheli kalsifikasyon görünümleri ile ortaya çıkar. Kalsifikasyon saptandığında mutlaka benign, malign veya şüpheli olarak sınıflandırılmalıdır. Şüpheli olanlarda biyopsi yapılır. Asemptomatik kadınlarda biyopsi yapılan kalsifik kümelerin %75'inin benign, %25'inin malign nedenli olduğu görülmüştür. Mamografide kalsifikasyonların saptanabilir boyutunun alt sınırı 0.2-0.3 mm'dir.



Resim 6.242 Mamografide üst kesimde meme içi lenf nodunun görünümü. Düzgün kenar, oval yapı ve boyut nedeniyle normal olarak değerlendirilmiştir.

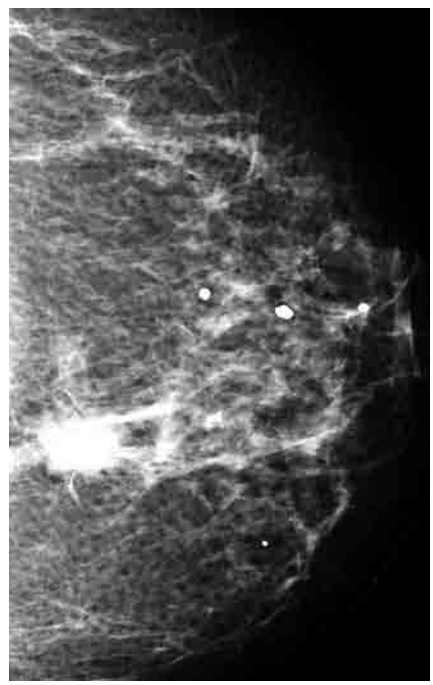


Resim 6.243 Memede malign özellikte mikrokalsifikasyonlar. Mikrokalsifikasyonların kümeler oluşturduğu görülmektedir (ok).

Malign mikrokalsifikasyonlar 1 cm^3'lük bir alanda 2'den fazla olan, boyutları 1 mm'den küçük, organize olmamış, sınırları keskin olmayan kümeler şeklindedir. Komedokarsinom kalsifikasyonu hariç boyutları kesinlikle 2 mm'den küçüktür. Birçok malign tümörde kalsifikasyon buyutu 0.5 mm'den daha küçüktür (Resim 6.243). Kümenin içerisindeki kalsifikasyonların boyutları ve şekilleri farklıdır (pleomorfizm). Malign kalsifikasyonlar daima intraduktal yerleşimdedır. Düzensiz şekilli noktasal dallanma malign kalsifikasyonun tipik görünümüdür (Resim 6.244). Mikrofokal spot magnifikasyonla daha iyi gösterilir. Şüpheli kalsifikasyonlarda daima biyopsi yapılmalıdır.

Benign mikrokalsifikasyonlar çok sayıda olduklarında, küme, çizgisel, segmental (duktal kanallara uyar), bölgesel (büyük bir alanda, duktal dağılım göstermezler) ve difüz dağılım gösterebilirler. Yuvarlak olanların boyutları değişiktir, 0.5mm den küçük olanlara noktasal kalsifikasyonlar denir. Distrofik kalsifikasyonlar düzensiz, 0.5mm'den büyük, sıklıkla merkezleri lüsent olan kalsifikasyonlardır. 1mm'den daha uzun çubuklar şeklinde olabilir ve dallanabilirler (Resim 6.245). Plazma hücreli mastit gibi benign sekretuar hastalıklarda veya duktus ektazilerinde görülür.

Deri kalsifikasyonları merkezleri lüsent, polihedral şekilli kalsifikasyonlardır. Şekilleri çok tipiktir, tanjansiyel projeksiyonlarla deride yerleştikleri gösterilir Vasküler kalsifikasyonlar damarın seyri boyunca, tren rayı şeklinde paralel kalsifik çizgiler şeklindedir (Resim 6.246). Kaba kalsifikasyonlar genellikle



Resim 6.244 Düzensiz şekilli noktasal dallanma gösteren malign mikrokalsifikasyon örneği.



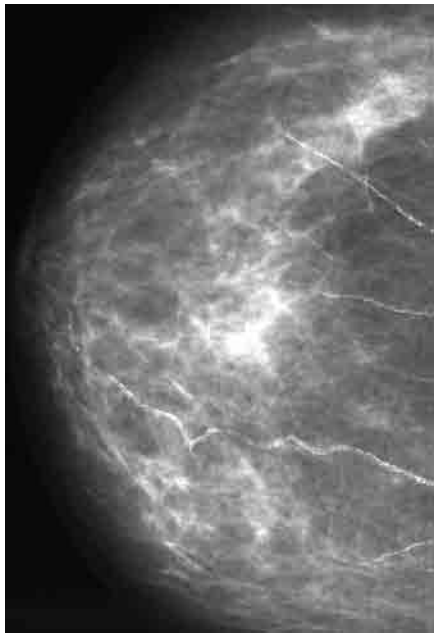
Resim 6.245 Benign özellikte uzun çubuk şeklinde sekretuar kalsifikasyonlar.



Resim 6.247 Yağ nekrozu kalsifikasyonu (ok).

büyümesi durmuş fibroadenomlarda görülür. Kenar kalsifikasyonları kistlerin ve yağ nekrozlarının özelliğidir (Resim 6.247). Kalsiyum sütü mikrokist içerisinde tabakalaşma şeklindedir (Resim 6.248). Kraniyokaudal projeksiyonda bulanık bir yoğunluk artımı şeklinde iken, mediolateral oblik projeksiyonda kist tabanındaki birikimi hilal veya yarım ay şeklinde görülür. Sütür kalsifikasyonları dikiş yerlerinde çizgisel opasitel şeklindedir.

Yuvarlak, distrofik kalsifikasyonlar 6 ay aralarla 2 yıla kadar izlenebilir. Pleomorfik kalsifikasyonlarda biyopsi yapılmalıdır.



Resim 6.246 Memede vasküler kalsifikasyonlar. Tren rayı şeklinde duvar kalsifikasyonları.



Resim 6.248 Mikrokistler içinde kalsiyum sütü şeklinde mikrokalsifikasyon görünümleri.

Yapısal distorsiyon

Tümöre bağlı desmoplastik cevabın meme parankiminde yaptığı doku düzensizliğidir. Yapısal distorsiyon daima iki pozisyonda da görülmelidir. Cooper ligamentlerinin dizilişi bozulmuştur. Periduktal fibroz gelişir. Yüzeysel yapılar içeri doğru çekilir. Biyopsiye bağlı yağ nekrozunda, cerrahi skarda ve radiyal skarda da yapısal distorsiyon görülür.

Deri, meme başı, trabeküler değişiklikler

Fibroz ve Cooper ligamentlerinin kısalması nedeniyle deri içeriye doğru çekilir. Deri çekilmesi varsa tümör hemen daima ele gelir. Derinin 3 mm'den daha fazla kalınlaşması yerelse malign tümörü, yaygınsa ödemi veya inflamatuar kanseri düşündürür. Meme başı çekilmesi akut ve tek taraflı ise büyük bir olasılıkla malign nedenlidir. Meme başının çizgisel kalsifikasyonu Paget hastalığının dışlanmasını gerektirir. Diğer meme başı kalsifikasyonları benigndir.

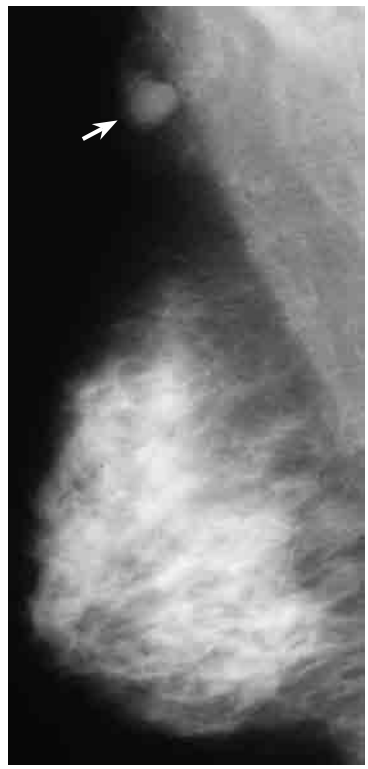
Lezyonların yerleşim yeri

Ana segmental kanallardan çıkan meme lezyonları papillomlar ve papiller kanserlerdir. Periferal papilloma, epitelyal hiperplazi, insitu duktal karsinoma ve invaziv duktal karsinoma ise terminal kanallardan çıkar.

Lenf nodu anormallikleri

Normalde meme içerisinde lenf nodu sadece üst dış kadranda görülür. Bazen mediyal düzlemin altında da görülebilir. Mediyal meme kesiminde de lenf nodu görülebildiği nadiren rapor edilmiştir. Aksiller lenf nodları mediyolateral oblik projeksiyonda görülürler. Normal nod 2 cm'den küçüktür ve hilusundaki yağa bağlı olarak ortası radyolusenttir veya hiler çentiksi vardır.

Lenf nodlarının boyut, sayı ve dansitelerinin artması anormaldir. 2cm'den büyük aksiller, 1cm'den büyük meme içi lenf nodları, içleri radyolusent değil veya hiler çentikleri seçilemiyorsa anormal kabul edilmelidirler (Resim 6.249). Merkezi kesimleri radyolüsent ise büyüme yağ infiltrasyonuna bağlıdır ve böyle görünümdeki daha büyük lenf nodları bile benign kabul edilirler. Tümör içeren lenf nodlarının radyolusent hilusları kaybolur ve dens görülürler; ancak benign hiperplazi de benzer şekilde görülebilir. Kollajen doku hastalıkları da aksiller lenfadenomegali nedenidir. Nodal kaba kalsifikasyon granülomatöz hastalığı, düşük yoğunluklu mikrokalsifikasyon ise meme kanseri metastazını düşündürür.



Resim 6.249 Aksiller lenf nodunun mamografik görünümü (ok). Küresel yapıda büyük lenf nodu. Biyopsi sonucu metastatik invaziv duktal karsinom

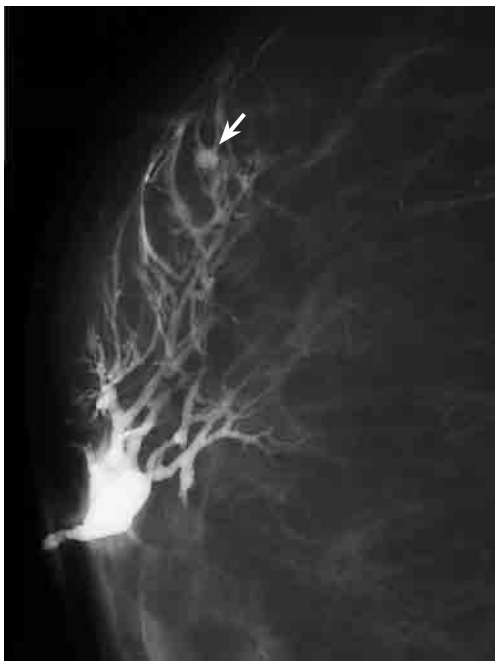
Meme dokusunun asimetrisi

Normal olguların %3'ünde genellikle üst dış kadranda dens meme dokusunun asimetrisi görülür ve normal bir varyasyon olarak kabul edilir. Böyle bir yapı palpasyonla ele geliyorsa veya birlikte, kitle, kalsifikasyon, yapısal distorsiyon gibi mamografik anormallikler varsa ve/veya asimetrik görünüm zamanla görünümünü değiştiriyorsa malignite açısından şüpheli kabul edilmelidir. Asimetrik dokunun ele geldiğinden şüphelenilen olgularda US sorunu çözebilir.

GALAKTOGRAFİ

Meme başına açılan süt kanal ağızlarından kontrast madde vererek kanalların incelenmesidir (Resim 6.250). Meme başından akıntısı olan olgularda yapılır. Cerrahide gözden kaçabilecek derinde lokalize lezyonların gösterilmesinde değerlidir.

Uçları künt pediyatrik siyalogram iğneleri ile akıntı gelen kanala girilerek 0.1-2 ml suda erir kontrast



Resim 6.250 Galaktografi. Distale doğru düzenli bir şekilde dallanan ana süt kanalları. Distalde yer yer kistik dilatasyonlar görülüyor (ok).

madde verilip dolma defekti araştırılır ve varsa kanal distorsiyonu gösterilir.

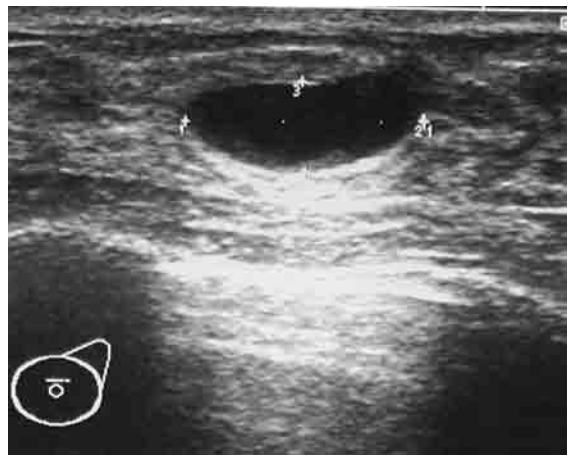
Kanalların meme başına yakın kesimlerdeki dolma defektleri kanserden daha çok papillomları temsil eder. Çok küçük kanserler görülemeyebileceğinden negatif sonuçlar dikkatle yorumlanmalıdır.

US

US'nin memedeki iki temel endikasyonu klinik ve/veya mamografik olarak saptanan kitleyi değerlendirmek ve biyopsi işlemine kılavuzluk etmektir. Mamografi ile çok iyi incelenemeyen dens memelerde de US yardımcı yöntem olarak kullanılır. İncelemede yüksek frekanslı 7.5-10 MHz'lik transdusırler kullanılır. US küçük kalsifikasyonları saptayamaz.

Kistik ve solid lezyonlar genellikle mamografide benzer şekilde görülür, ayırt edilemez. US'nin memedeki temel işlevi saptanan kitlenin solid/kistik ayırımını yapmaktır. Kistler arka duvar yankısı olan düzgün kenarlı anekoik kitlelerdir (Resim 6.251). Kistin içerisinde solid komponent bulunması malignite açısından şüphelidir. Kistler US kılavuzluğunda aspire edilebilirler. Abse ve hematom solid lezyonları taklit edebilir.

Düzgün kenar genellikle benignite işaretidir. Fibroadenomlar genellikle hipoekoik ve düzgün sınırlı-



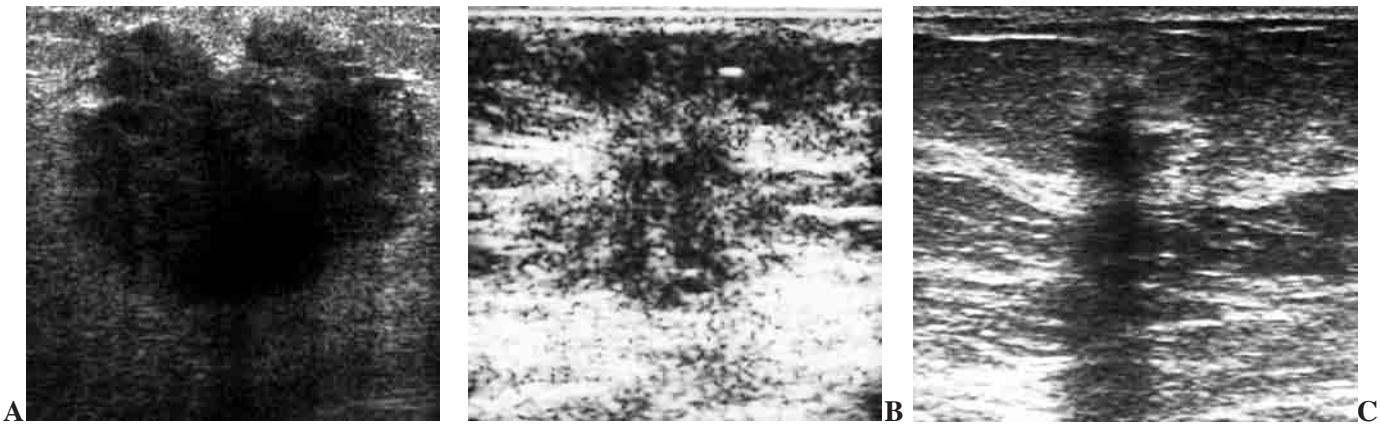
Resim 6.251 Ultrasonografide meme kisti. Arkasında yoğun akustik zenginleşmesi olan düzgün kenarlı anekoik yapı.

dırlar. Fibroadenomlar sınırları belirgin solid kitleler şeklindedir (Resim 6.252); medüller karsinom da benzer görünüm verebilir. Lipomları çevrelerindeki dokudan ayırmak zor olabilir. Yağ kistleri hipoekoiktir ve sesi çok iyi geçirmezler. Benign lenf nodlarının hiluslarındaki yağ nedeniyle merkezi ekojendir ve karakteristik bir görünümleri vardır.

Meme kanserleri US'de nonhomojen, internal ekoları olan hipoekoik, düzensiz kenarlı kitleler şeklinde görülürler (Resim 6.253). Meme dokusundaki septalar destrüksiyon nedeniyle devamlılığını kaybeder. Bazı



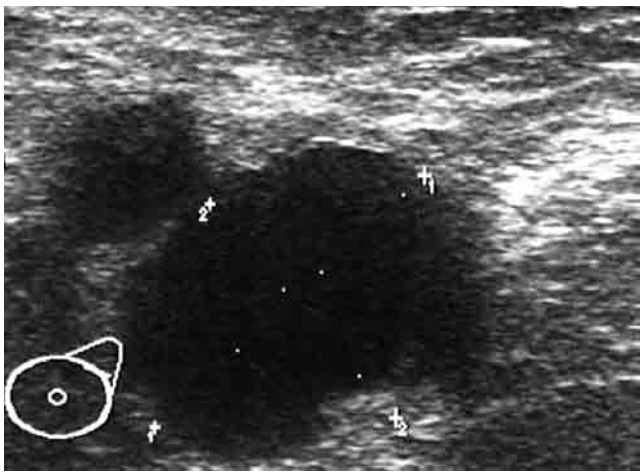
Resim 6.252 Fibroadenom. Düzgün kenarlı, oval yapıda hipoekoik kitle (ok). Kitlenin arkasında akustik zenginleşme.



Resim 6.253 Meme kanserinin US görünümleri. Ayrı olgular. A. Hipoekoik lobüle kitle görünümü. Kitlenin ses geçirgenliği azalmış; kitlenin arkası hipoekoik. B. Düzensiz kenarlı hipoekoik kitle. Kitlenin bulunduğu kesimde normal septalar kesintiye uğramış. C. Belirgin bir kitle görünümü yok ancak hipoekoik küçük bir lezyonun arkasında ses geçirgenliğinin azalmasına bağlı belirgin akustik gölge.

olgularda kitlenin arkasında akustik gölge bulunur. Normal meme dokusunun ekojenitesinin değişik olması ve normal septasyonların bazen akustik gölge vermesi tanıda karışıklığa neden olur. Lenfoma genellikle hipoekoiktir. Malign lenf nodları büyük, sferik şekilli kitleler şeklinde görülür (Resim 6.254).

US, kitlenin kist olasılığının yüksek olduğu genç olgularda, mamografiden önce uygulanarak hastayı radyasyon riskinden kurtarır. Ele gelen kitlesi olan genç olgularda neden çoğunlukla fibroadenomadır ve böyle olgular öncelikle US ile incelenmelidir. Böyle olgularda biyopsi hastanın ve doktorunun isteğine göre yapılabilir; ancak malignite riski çok düşüktür. Yüzeyel yerleşimdeki kitle izlenimi veren normal meme dokusu da US ile saptanarak sorun çözümlenir.



Resim 6.254 Aksillada büyümüş anormal lenf nodları. Lobüle konturlu hipoekoik kitle görünümünde.

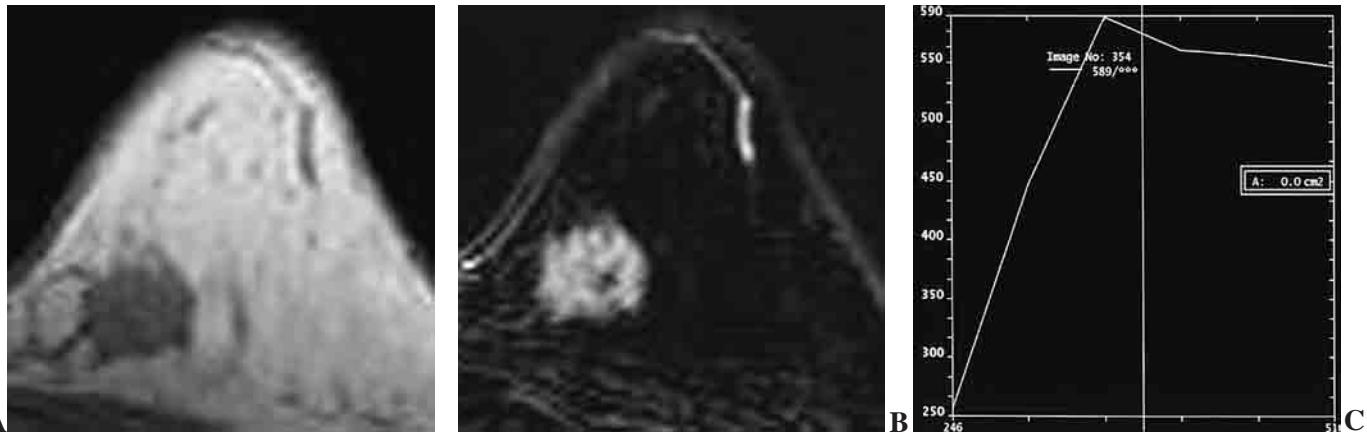
Doppler US ile meme kitlelerinin vaskülarizasyonu değerlendirilerek benign/malign ayırımına katkı sağlanır. Son yıllarda vaskülarizasyonu belirginleştiren kontrast maddelerle yapılan çalışmalarla çok iyi sonuçlar alınmıştır.

MR

Meme implantlarını ve rüptürlerini görüntülemede kullanılır. Küçük lezyonları görüntüler ve karakterize eder. Özellikle dens memelerde değerlidir. Lumpektomiden sonra rezidü ve rekürrensi gösterir. Aksiller lenf nodları, meme kanserinin çevre yayılımı gösterilir. Son mamografisi meme kanseri açısından şüpheli olgularda yapılır.

MR incelemesi yüzey koillerle yapılır ve kontrast madde kullanılır, inceleme uzun sürer ve pahalıdır. Kanseri diğer benign lezyonlardan ayırabilen kesin ölçütleri yoktur.Kanser ve benign kitleler kontrast tutar. Bölgesel kontrast tutulumu genellikle benignite işaretidir. Bir duktal sistemin tutulduğunu gösteren kontrast tutulumu kanalda obstrüksiyon yapan bir maligniteyi düşündürür. Difüz boyanma fibrokistik veya proliferatif değişiklikler gibi benign tabloda görülür.

Silikon implantların T1 ve T2 değerleri uzundur. Silikonun çeperi daha düşük sinyal intensine sahiptir. Yağ ve su baskılama teknikleri ile silikon daha iyi ortaya çıkarılır. İmplant rüptüründe yöntemin duyarlılığı %94, özgüllüğü %97'dir. Bu değerler US'de sırasıyla %70 ve %92'dir.



Resim 6.255 Meme MR A. Aksiyal T1AG'de, sağ meme üst dış kadranda, yağa göre heterojen hipointens, düzensiz kenarlı kitle. B. Dinamik kontrastlı subtraksiyon görüntüde, aynı morfolojik özellikler yanında, kitlenin heterojen şekilde kontrast tuttuğu izleniyor. C. Kontrast tutulumunun zamanlamasını değerlendirmek için yapılan zaman-intensite grafiğinde, kitlenin önce hızla boyandığı ve temizlenmesinin geciktiği görülüyor. Morfolojik ve perfüzyon bulguları kitlenin yüksek olasılıkla malign olduğunu gösteriyor.

MR, özellikle dens memeli ve değişik kadranlarda birden fazla lezyonu olan olgularda faydalıdır. İnceleme protokolü, 3D yağ baskılama tekniği ile yapılan dinamik kontrastlı çalışmalardır. Kanser, benign lezyonlardan daha hızlı kontrat tutar. Özellikle ilk üç dakikada kontrast tutulması anlamlıdır (Resim 6.255). Yöntemin 1cm'den büyük lezyonlarda duyarlılığı %83-100, özgüllüğü %30-97'dir. İnsitu duktal karsinoma genellikle invaziv kanserlerden daha yavaş boyanır ve boyanma örneği hipeplazi ile çok önemli oranda örtüşür, bazen boyanmayabilir. Mikrokalsifikasyonlar MR ile değerlendirilemez.

Implantlar

Memeyi büyütmek için değişik tip implantlar kullanılır. İmplantlarda kullanılan maddeler silikon ve serum fizyolojiktir. Bir kısmında serum fizyolojik, silikon bir zarfın içindedir; diğerlerinde tersine silikon jel serum fizyolojiğin merkezindedir. Silikon serum fizyolojikden daha opaktır. İmplant çevresindeki meme dokusunun görülmesini engeller.

İmplantlar pektoral kasın önüne meme dokusu içerisine yerleştirilebileceği gibi, pektoralis kasının arkasına da yerleştirilebilir. İmplantın çevresinde fibröz bir kapsül gelişir. Pektoralisin önüne yerleştirilenlerde fibroz ve kalsifik kontraktür daha sık görülür. Bu değişiklikler sadece deformasyon ve ağrı yapmaz, mamografik incemeyi de güçleştirir.

Memesine implant yerleştirilmiş olgularda meme kanserinin araştırılması ve implantla ilgili komplikasyonların belirlenmesi için özel teknikler kullanılır. İmplantlı memenin mamografisinde standart MLO ve CC görünümlerine ek olarak, implantı geriye itip memeyi öne çekerek iki ayrı pozisyonda daha görüntü elde edilir. Bunlara *implant displasman görüntüleri* adı verilir. Çevresindeki fibrotik değişiklikler nedeniyle hareket ettirilemeyen implantlarda 90º tam yan bir görüntü alınır.

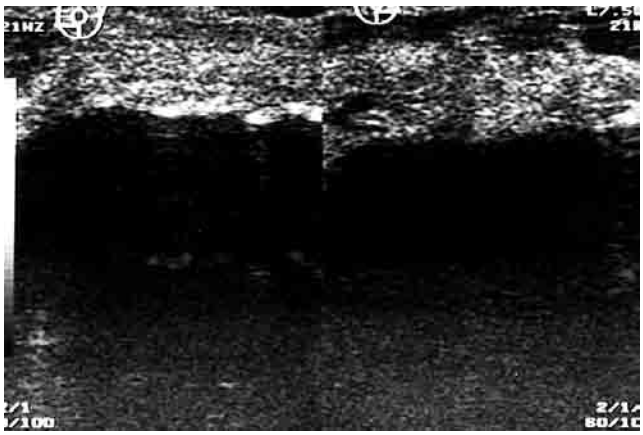
İmplantın yırtılması, fibröz kapsül sağlamsa mamografide fark edilmez. İmplantın kenarındaki yerel kabarıklık yırtılma bulgusudur.

İmplant en iyi yağ baskılamalı T2A MR görüntüleri ile değerlendirilir; gerekirse su baskılama teknikleri de kullanılır. Fibröz kapsülün sağlam olduğu silikon yırtığında implantın kabuğu yırtılır ve silikon kapsül silikon jel içerisine çöker. Çöken kapsülün görünümleri, *ilmek, gözyaşı damlası* ve *anahtar deliği* gibi işaretlerle tanımlanır. İmplantın kapsülü ile birlikte fibröz kapsül de yırtılırsa implant içeriği meme dokusuna dağılabilir.

Normal implant US'de hipoekoiktir (Resim 6.256). Ekojenik implantlar anormaldir. Yırtılmış implantların iç yapısı heterojendir. US, yırtığı saptamada MR kadar duyarlı değildir.

RADYOLOJİK RAPORLAMA

Radyoloji raporu açık ve öz olmalıdır. Amerikan Radyoloji Birliği mamografi raporlarını ve terminolojisi-



Resim 6.256 Silikon implantlı bir memede silikonun US görünümü. Normal silikon implant, belirgin şekilde hipoekoik.

ni standardize etmiştir. "Brast imaging reporting and data system" (BI-RADS) adı verilen bu sistemle, mamografi ve yapılmış ise US ve/veya MR bulguları raporlanır. Raporlar memenin yapısının kısa bir tanımı ile başlar. Normal meme, dansitelerine göre 4 kategoriye ayrılır: 1. Tümüyle yağlı, bez dokusu %25'ten az, 2. Yağlı, fakat bir miktar da(%25-50) fibroglandüler doku içeriyor, 3. Fibroglandüler doku fazla (%51-75) ve heterojen olarak dens; küçük lezyonların saptanması güçleşir, 4. İleri derecede dens, fibroglandüler doku %75'ten fazla; mamografinin duyarlılığı en düşük seviyededir. Daha sonra mamogramlarda, US'de ve MR'deki önemli bulgular sırasıyla tanımlanır; lokalize edilir; eski röntgenogramlarla karşılaştırmada değişiklik olup olmadığı belirtilir ve sonuçta genel izlenim ifade edilir. Bu değerlendirme sonuçlarına göre 0-6 rakamları ile belirtilen 7 kategoriye ayrılır.

0. Ek mamografik projeksiyonlara veya diğer radyolojik yöntemlere ve/veya karşılaştırma yapmak için önceki mamogramlara gereksinim vardır.
1. Negatif: kanser bulgusu açısından negatifdir; yıllık taramaya devam edilir.
2. Benign bulgular: Lipom, yağ kisti, galaktosel, meme içi lenf nodu, hamartom, fibroadenom, kist, adenozise ait saçılmış yuvarlak kalsifikasyonlar, arteriyel kalsifikasyon, mikrokist içerisinde kalsiyum sütü, sekretuar kalsifikasyon, her iki memede birden çok sayıda kiste ve/veya fibroadenoma ait iyi sınırlı lezyonlar vardır. Yıllık taramaya devam edilir.
3. Muhtemelen benign: Birden çok sayıda, yuvarlak dansiteler, sınıflanamayan kalsifikasyonlar. Şüpheli memeye 6 ay sonra kontrol; sonuç normalse 6 ay sonra iki memenin kontrolü ve daha sonra yıllık aralarla 2 yıl izlem.
4. Şüpheli: %25-35 malignite olasılığı vardır; biyopsi yapılır.
5. Kanser (%99): Işınsal kenarlı kitleler ve pleomorfik kalsiyum kümesi: biyopsi yapılır veya çıkarılır.
6. Hastanın biyopsisi var, malign olduğu biliniyor: Uygun tedaviye başlanır.

MEME KANSERİ

Yaşamları boyunca her 8 kadından birinde meme kanserinin gelişeceği kabul edilir. Meme kanseri insidansı yaşla artar. Risk faktörleri şunlardır:

1. Kendisinde, anne ve/veya kız kardeşinde meme kanseri hikayesi.
2. BRCA1 ve BRCA2 genetik mutasyonu taşıma. Bu kadınların %80'inde 70 yaşına kadar kanser geliştiği gösterilmiştir.
3. Erken adet görme, geç adetten kesilme, geç ilk gebelik (>30 Y), hiç doğum yapmamış olmak.
4. İnsitu lobuler karsinomun kendisi malign kabul edilmez, ancak %30'unda kanser gelişme riski vardır. İnsitu veya invaziv duktal kanser varlığı, ikincil bir kanser gelişme olasılığını her yıl %1 oranında artırır.

Histopatoloji

İnvaziv meme kanserlerinin %94'ü duktusların epitelyumundan çıkan invaziv duktal karsinom, %5.5'i asinuslardan çıkan invaziv lobüler karsinomdur; geriye kalan %1'den azı ise sarkomatöz veya diğer mezankimal kaynaklı tümörlerdir. İnvaziv duktal karsinomun ve invaziv lobüler karsinomun kanal ve asinuslar içerisinde kalan ve çevreyi invaze etmeyen şekillerine duktal karsinoma in situ ve lobuler karsinoma in situ adı verilir. İn situ karsinomlar bazal membranı geçmez ve dolayısıyla memenin stromasını invaze etmez. İn situ duktal karsinomların büyük çoğunluğunun invaziv şekle dönüşeceği kabul edilir; in situ lobuler karsinomaların büyük çoğunluğu ise invaziv şekle dönüşmez. İn situ duktal karsinomlar kalsifikasyonla kendini gösterir; lobuler olanların in situ evreleri radyolojik ve klinik olarak saptanamaz. Meme kanserinde evreleme Tablo 13.5'te sunulmuştur.

Tablo 13.5 Meme kanserinde evreleme

Evre 0:	Duktal karsinoma in situ (DCIS)
Evre 1:	Kitle 2cm'den küçük, aksiler lenf nodu tutulumu ve uzak metastaz yok
Evre 2:	Kitle 2-5 cm veya aksiller lenf nodu tutulumu var, uzak metastaz yok
Evre 3:	Kitle 5 cm'den büyük veya pektoralis kasa fikse veya aksiller lenf nodları tutulumu fiske kitle oluşturmuş
Evre 4:	Uzak metastaz (supraklaviküler ve internal mamarian lenf nodları, kemik, akciğer, karaciğer, karşı meme, deri vb)

Meme kanserinin mamografik bulguları

Meme kanserinin radyolojik bulguları; memede doku yapısının bozulması, meme dokusuna yakın dansitede kitle, mikrokalsifikasyonlar ve deride kalınlaşmadır (Resim 6.257). Kitlenin kenarları iyi seçilemez ve/veya ışınsal yapıdadır. Mikrokalsifikasyonlar çok küçüktür ve malign özellikler taşır.

Mamogramlarda en sık atlanan lezyon invaziv lobüler karsinomdur; invaziv duktal karsinom ve duktal karsinom in situ da farkedilmeyebilir. İnvaziv lobuler karsinom mamogramda yapısal distorsiyon ve asimetrik dansite şeklindedir. Ayrı bir kitle görünümü ve mikroklasifikasyon kümesi olmaması bu lezyonun saptanabilmesini güçleştirir.

Tarama

Amerikan Radyoloji Birliği asemptomatik kadınlarda yıllık mamografi taramasına 40 yaşında başlanmasını önermektedir. 35 yaşından önce, ailede meme kanseri yoksa mamografi yapılması tavsiye edilmez. 28-30 yaşlarda memede ele gelen kitle varsa ve US kontrolünde kist olmadığı belirlenmişse mamografi yapılabilir. Bu yaş grubunda meme başından kanlı akıntı geliyorsa mamografi yapılmalıdır.

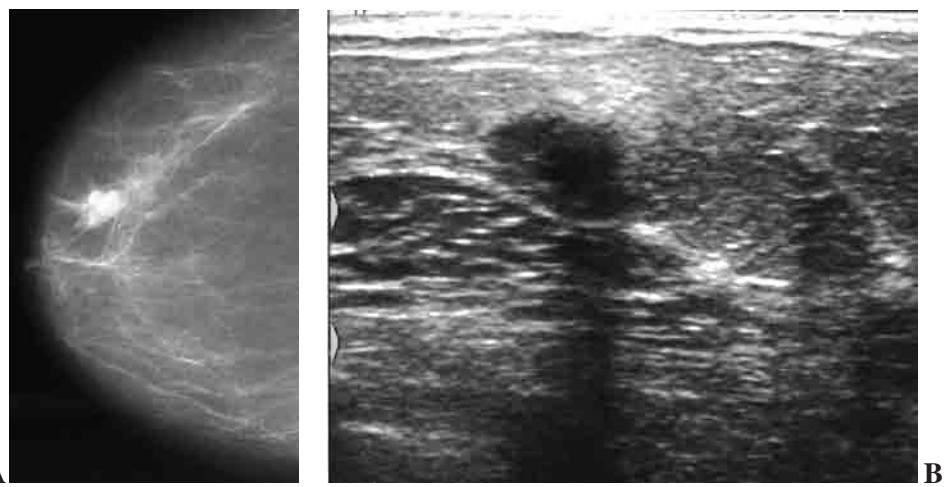
Ele gelmeyen lezyonların saptanmasında duyarlılığı en yüksek olan yöntem mamografidir. Tarama programlarının meme kanseri mortalitesini %18-30 oranında düşürdüğü gösterilmiştir.

Tarama ile meme kanserlerinin %75'i 0 veya 1 evresinde saptanır. Kanserlerin %40'ından fazlası sadece mamografi ile saptanır. Meme kanserinde mamografinin yalancı negatif oranı %9-16 arasındadır. Kanserlerin yaklaşık %10'u ele geldiği halde mamografide görülmez. Bu nedenle fizik muayene ve mamografi birbirlerin tamamlayıcısıdırlar. Mamografi küçük lezyonların saptanmasında daha duyarlıdır. Taramanın radyasyon riski adolesanda ve gençlerde önemlidir, ancak 35-40 yaşlarından sonra azalır.

BENİGN LEZYONLAR

Fibrokistik değişiklikler

Fibrokistik değişiklikler; terminal kanalların; lobüllerin ve çevreleyen bağ dokusunun hücresel çoğalması ve birlikte fibroz gelişimidir. Bu spektrum içerisindeki değişiklikler semptomatik veya asemptomatik olabilir, kanser gelişimi riski ile birlikte olabilir veya olmayabilir ve mamografi ile saptanabilir (fibroz) veya saptanamayabilir (epitelyal proliferasyon). Lobular veya duktal atipik hiperplazide kanser gelişme riski 5 kat,



Resim 6.257 Meme kanseri. A. Mamografik görünüm. Lobüle konturlu kitlenin kenarlarında ışınsal uzantılar. Kitleden cilt altına doğru fibrotik uzantılar. B. US görünümü. Oldukça düzgün kenarlı hipoekoik kitle. Arkasında ses geçirgenliğinin azlığına bağlı akustik gölge.

sklerozan adenomada ise 2 kat artar. Kistler, fibroadenoma, fibroz, adenozis, dukt ektlazisi, mastit ve metaplazide ise meme kanseri riskinde bir artma yoktur.

Kistik değişiklikler

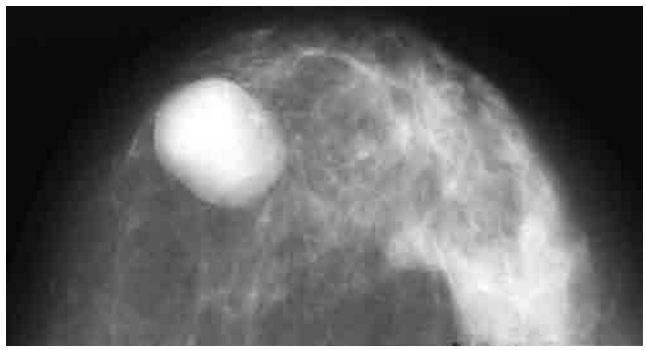
Kistler terminal asinusların genişlemeleridir; 3 mm'den küçük olanlar mikrokist, büyük olanlar makrokist olarak isimlendirilir. Mikrokistlerin normal bir bulgu olduğu kabul edilir. Makrokistler ise normal yetişkinlerin yaklaşık yarısında vardır. Histolojik olarak epitelle döşelidirler, asemptomatik olabilecekleri gibi ele gelen kitle şeklinde de görülebilirler. Ağrı yaparlar ve rüptüre olabilirler.

Mamografide birden fazla sayıda küresel dansiteler şeklindedirler, lobulasyon gösterebilirler (Resim 6.258). Kist içeriği çevreye sızarak inflamasyon ve perikistik fibroz oluşturabilir. Kist duvarı kalsifiye olabilir veya kist içerisinde çökmüş kalsiyum sütü şeklinde görülebilir. Kist içerisinde tümör gelişimi çok nadirdir ve çoğu olguda papillomdur. Kist içerisinde en sık görülen malignite papiller karsinomadır. Bazı cerrahlar aspirasyondan sonra ikinci defa sıvı toplayan kistlerde biyopsi önerirler.

US'de kistler, arkalarında akustik zenginleşmesi olan keskin kenarlı anekoik kitleler şeklindedir. Küresel veya oval-küresel şekillidir. Bu görünümdeki bir kistin aspirasyonu gerekmez. İnce septaları olan kistler de bu şekilde değerlendirilmelidir.



Resim 6.258 Meme kistinin US görünümü. Düzgün kenarlı küresel şekilli, homojen yoğunluk artımı.

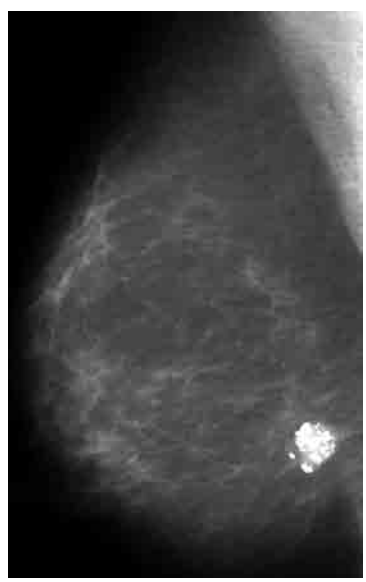


Resim 6.259 Fibroadenomun mamografik görünümü. Sferik düzgün kenarlı homojen yoğunluk artımı. Kitle kenarında "mach" etkisi denilen radyolusent bir halo mevcut.

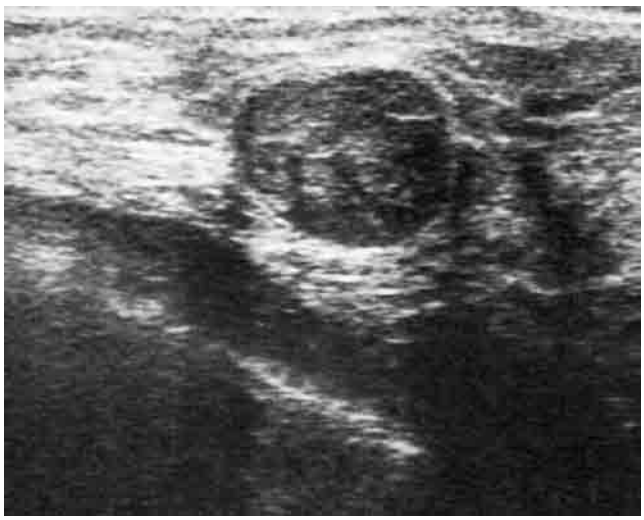
Fibroadenom

Memenin en sık görülen benign lezyonudur. Glandüler ve fibröz dokudan oluşur. En sık 40 yaşından önce görülür. Kitle şeklinde ele gelir. Hormonal etkiye duyarlıdır; gebelikte büyür, menopozda geriler.

Mamografide iyi sınırlı, sıklıkla lobule kitle şeklinde görülürler; %20 olguda birden fazla sayıdadır. Çevrelerinde "mach" etkisi denilen radyolusent bir halo bulunur (Resim 6.259). Miksoid dejenerasyona bağlı olarak sıklıkla *patlamış mısır* şeklinde kalsifikasyon görülür (Resim 6.260). US'de görece olarak hipoekoiktirler (Resim 6.261).



Resim 6.260 Fibroadenomun tipik patlamış mısır şeklinde kalsifikasyonu.



Resim 6.261 Fibroadenomun US görünümü. Düzgün kenarlı hipoekoik kitle. Arkasında hafif akustik zenginleşme görülüyor.

Dev fibroadanom (juvenil fibraodenom) fibroadenomun 10-20 yaşları arasında görülen selüler bir şeklidir, sıklıkla soliterdir. Görüntüleme yöntemleri ile filloid tümörden ayrılamaz.

Filloid tümör

Fibroadenomaya benzer. Hızla büyüyerek büyük boyutlara ulaşır (Resim 6.262). %10-15'i maligndir ve akciğer metastazı yapar. Radyolojide düzgün kenarlı büyük küresel kitleler şeklinde görülür. US'de içerisinde düşük seviyede internal ekolar bulunan solid kitle görünümü verir. İçlerinde küçük kistik alanlar bulunabilir. Kesin tanı biyopsi ile konur.

Lipofibroadenom (hamartom)

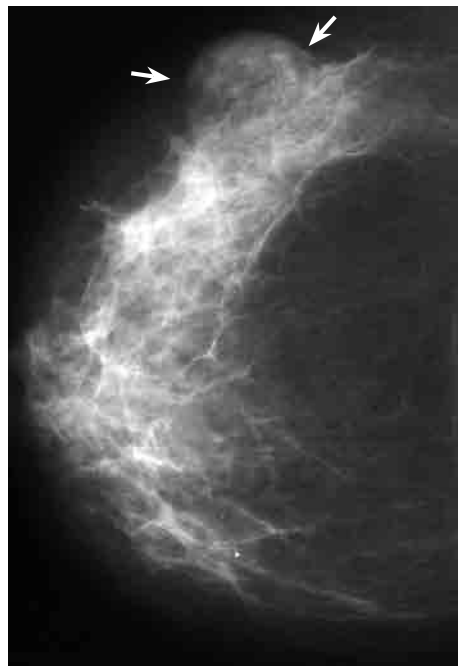
%75'i ele gelen, 3-5 cm boyutlarında, nadir görülen bir tümördür. Çevresindeki trabekülleri iterek bir psödokapsül oluşturur. Değişik derecelerde yağ içerir.

Lipom

Genellikle yaşlı hastalarda sık görülen bir lezyondur. Bazen kalsifiye olan ince bir kapsülü ve lusent görünümü nedeniyle kolayca tanınır. (Resim 6.263).

Duktal genişleme

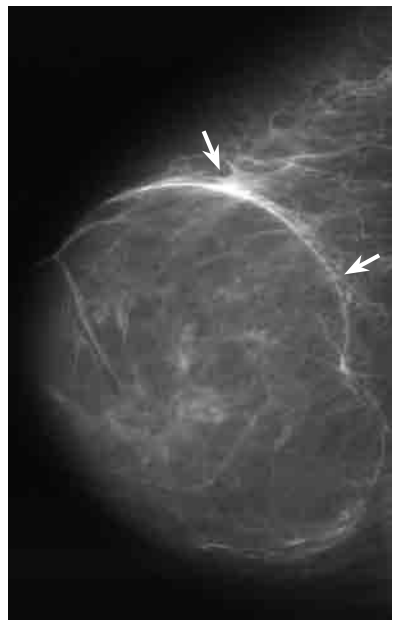
Subareolar süt kanalları genişler ve içleri hücresel artıkla dolar. Genişlemiş kanallar bazen mamografide görülebilir. Birlikte benign sekretuar kalsifikasyon ve kansız akıntı olabilir.



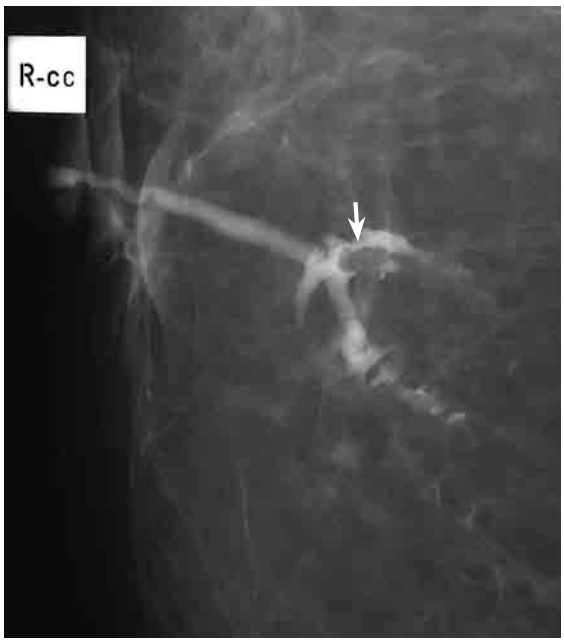
Resim 6.262 Filloid tümörün mamografik görünümü. Meme ile benzer dansitede kitle görünümü (oklar).

Soliter intraduktal papillom

Genişlemiş subareolar kanallar içerisinde görülür. Meme başından kanlı veya seröz akıntının en sık nedenidir. Galaktografide dolma defekti şeklinde görülür (Resim 6.264). Bazen mamografide subareolar



Resim 6.263 Lipom. İnce dens düzgün bir kapsülle çevrili lobüle büyük hipodens kitle (oklar).



Resim 6.264 Galaktografide intraduktal papilloma ait düzensiz kenarlı dolma defekti (ok).

bölgede küçük bir kitle şeklinde görülebilir. Perifer-deki duktuslar içerisinde görülen papillomatozisten farklı olarak soliter papillomlarda kanser riskinde artış yoktur.

Galaktosel

Süt kistleridir. Koyulaşan sütün kanalları tıkanmasına bağlı olarak gelişir. Tipik olarak 20-30 yaşındaki kadınlarda emzirme dönemi ve sonrasında görülür. Süt içeriği nedeniyle radyolusenttir. Horizontal ışınla elde olunan mamogramlarda sütün sedimentine ait sıvı seviyesi görülebilir.

Radiyal skar

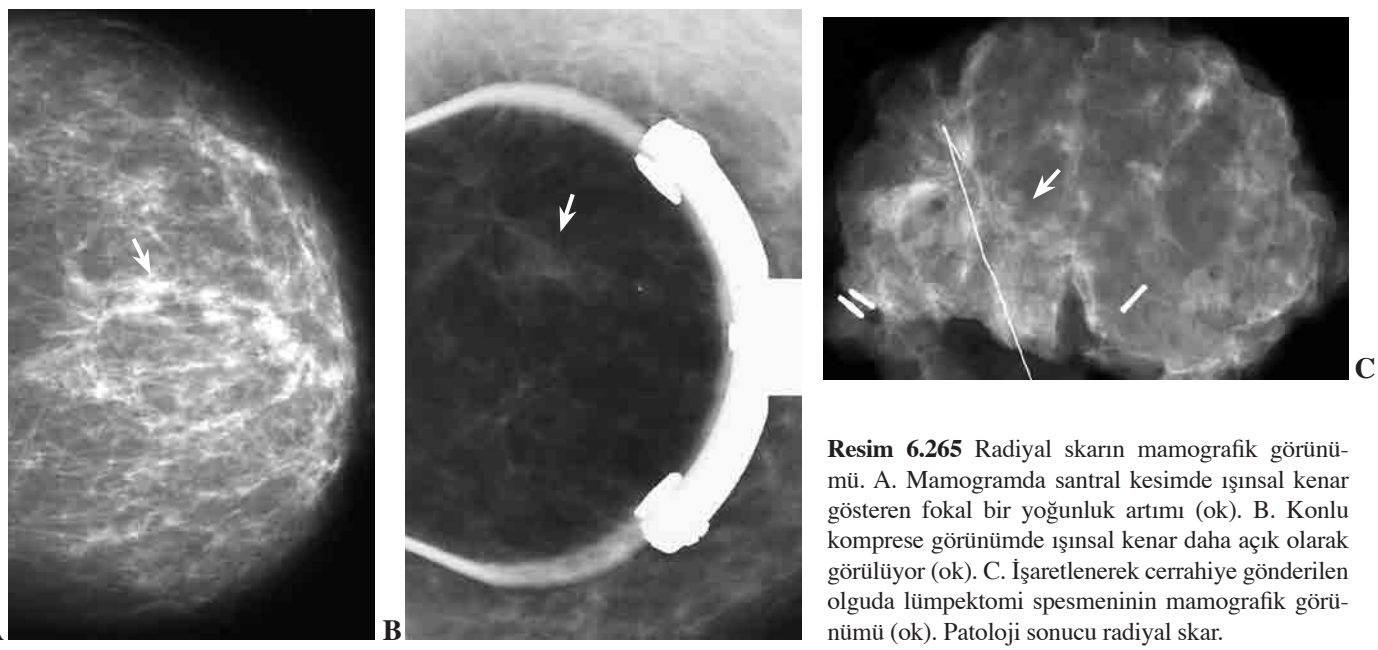
İdiyopatiktir, cerrahi skarla ilişkisizdir. Patolojik olarak sklerozan duktal hiperplazidir. Cerrahi sonrası gelişen skara ve meme kanserinin ışınsal kenarına benzer, ancak santral kitlesi yoktur ve genellikle ele gelmez (Resim 6.265).

Yağ nekrozu

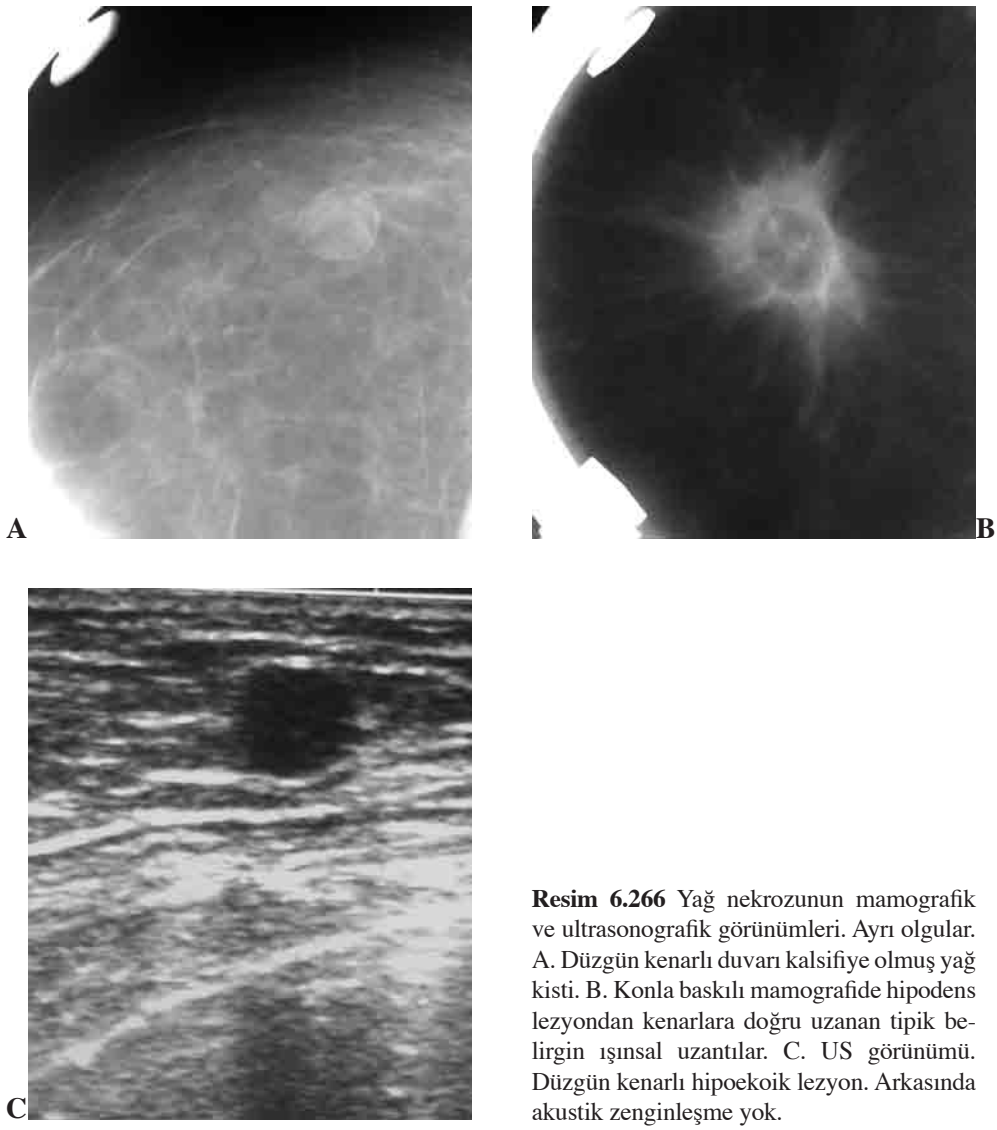
Künt travma, cerrahi veya radyoterapi sonrası gelişir. Yağ hücrelerinin nekrozu sonucu yağ likefiye olur ve fibroz gelişir. Radyolojik olarak kanseri taklit eden, iyi seçilemeyen bulanık kenarlı, bazen ışınsal uzantıları olan lezyonlardır (Resim 6.266). Zamanla boyutu küçülür. Bazıları radyolusent yağ kistlerine dönüşebilir. Duvarı ince bir şekilde kalsifiye olabilir.

Mastit

Radyolojik olarak dansitesi artmış geniş alanlar şeklindedir. Özellikle yaşlı kadınlarda inflamatuar kanserleri taklit eder. Abseler kitle görünümündedir.Aksiller lenfadenopati sıktır. Deride kalınlaşma ve meme başında çekilme görülebilir.



Resim 6.265 Radiyal skarın mamografik görünümü. A. Mamogramda santral kesimde ışınsal kenar gösteren fokal bir yoğunluk artımı (ok). B. Konlu komprese görünümde ışınsal kenar daha açık olarak görülüyor (ok). C. İşaretlenerek cerrahiye gönderilen olguda lümpektomi spesmeninin mamografik görünümü (ok). Patoloji sonucu radiyal skar.



Resim 6.266 Yağ nekrozunun mamografik ve ultrasonografik görünümleri. Ayrı olgular. A. Düzgün kenarlı duvarı kalsifiye olmuş yağ kisti. B. Konla baskılı mamografide hipodens lezyondan kenarlara doğru uzanan tipik belirgin ışınsal uzantılar. C. US görünümü. Düzgün kenarlı hipoekoik lezyon. Arkasında akustik zenginleşme yok.

Adenoz

Adenoz glandüler proliferasyonla karakterize benign bir yapıdır. Lobül içerisinde yeni kanalcıklar ve yeni asinuslar oluşur. İntralobüler terminal duktusta epitelyal proliferasyon görülür, miyoepitelyal hücreler aşırı büyür. Bazı olgulara skleroz eşlik eder (sklerozan adenoz); skleroze yapı ele gelir ve difüz şekilde kalsifiye olabilir. Kistik lobuler hiperplazi adenoza benzer, ancak tipik olarak lobullerin kistik dilatasyonu şeklindedir. Bu kistik yapılar içerisinde kalsiyum sütü görülebilir. Adenoz radyolojik olarak nadiren görülebilen bir kitle şeklindedir ve değişik şekillerde kalsifiye olabilir.

Cerrahi ve radyoterapi sonrası meme

Cerrahi sonrası skar dokusu hikâye olmadan ışınsal kenarlı meme lezyonlarından ayrılamaz. Skar dokusu zamanla küçülür ve ışınsal uzantıları deriye kadar uzanabilir.

Radyoterapiden 6 ay sonra yapılan mamografide, difüz dansite artışı görülür. Bu yoğunluk artımı 24 ay sonra kaybolur. Deride ve trabeküllerde kalınlaşma görülebilir. Bu kalınlaşma aylar içerisinde rezorbe olur, ancak bazı olgularda kalıcı distorsiyon gelişebilir. Bazı olgularda tedaviden 2-4 yıl sonra benign distrofik kalsifikasyon görülür.

ERKEK MEMESİ

Normal erkek memesi yağdan ibarettir ve lobulleri yoktur. Sadece rudimenter kanallar bulunur. Bu nedenle fibroadenom gelişmez.

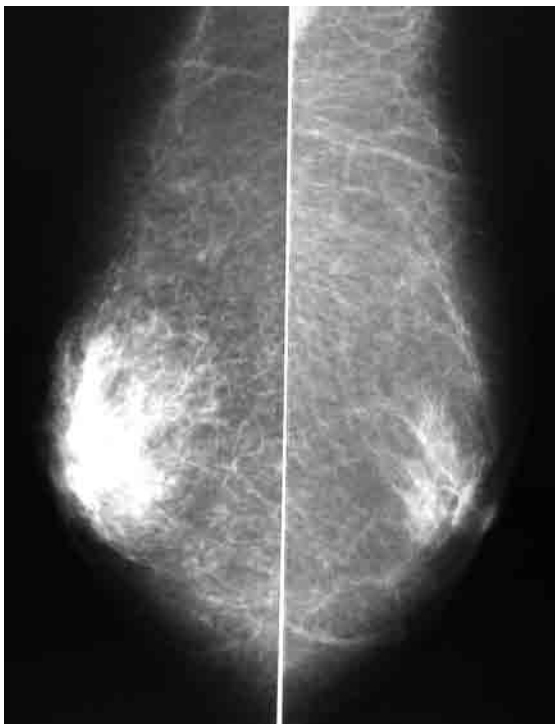
Jinekomasti

Erkek memesinde en sık görülen lezyondur. En sık adolesanda ve 50 yaşından sonra görülür. Genellikle asimetriktir. Pubertede görülenlerde epitelyal proliferasyon, selüler stroma ve ödem belirgindir. Yaşlılarda görülenlerde fibroz baskındır. Rezerpin, kardiyak glikozidler, cimetidine, thiazide, mariuhana, estrojen gibi ilaçların kullanımına bağlı olarak gelişebilir. Testis, böbreküstü bezi ve hipofiz tümörlerinde ve estrojenin yetersiz parçalamasına bağlı olarak sirozda da görülebilir.

Jinekomasti mamografide subareolar bölgede *ale ve benzer yoğunluk artımı* şeklinde görülür (Resim 6.267). Estrojen artımına bağlı olanlarda sekresyon görülebilir.

Meme kanseri

Nadir görülür. Görülme yaşı 70 civarındadır. Kadında görülene benzer şekilde sınırları seçilemeyen veya ışınsal kenarlı, sıklıkla lobule kitlelerdir. Kalsifikasyonlar daha az ve daha kabadır. Deri kalınlaşması, meme çekilmesi ve aksiller lenfadenopati görülebilir.



Resim 6.267 Erkek memesinde jinekomasti. Sağ tarafta meme dokusunda belirgin hipertrofi.

MEMEDE GİRİŞİMSEL İŞLEMLER

Memenin girişimsel işlemleri, biyopsi, lokalizasyon ve kist aspirasyonudur. Biyopsi günümüzde stereotaksi yöntemiyle yapılır.

Stereotaktik perkütan biyopsi

Stereotaktik kor biyopsi için geliştirilmiş x-ışını aygıtları vardır. Yöntem dijitaldir. Sintilatör ve CCD ikilisi kullanılır. Sintilatör CCD'ye optik lensler veya fiberoptik gereçlerle bağlanır. FOV 50 x 50 mm ile 50x80 mm arasındadır. Piksel boyutu 25 μm, uzaysal çözümleme 8-15 çç/mm'dir.

Hasta stereotaktik biyopsi aygıtının üstündeki masaya yüzüstü uzanır. Biyopsi yapılacak meme masadaki boşluktan aşağı çekilir. Röntgen tüpü, biyopsi ve kayıt gereçleri masanın altında memenin çevresinde konuşlanmıştır. Memeye baskı uygulanır. Tüp, mamografi ünitelerinden farklı olarak kayıt gerecinden bağımsız hareket eder. Lezyon baskı plağının açıklığına getirilir. Açıklığa merkezlenmiş tüp 15 derece negatif, 15 derece pozitif yöne kaydırılarak iki görüntü alınır. Lezyonun bu iki görüntüdeki yer değişikliği hesaplanarak derinliği belirlenir.

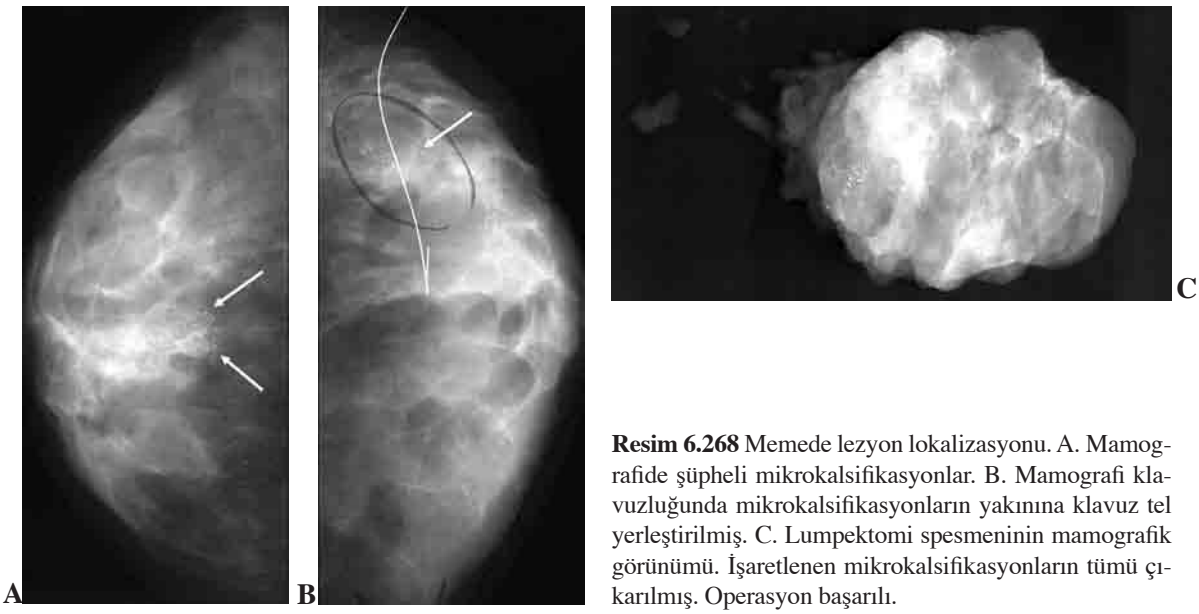
Giriş yeri uyuşturulur; kalın iğnenin girebilmesi için küçük bir eksizyon yapılır. İğne otomatik olarak hesaplanan derinliğe odaklanır ve biyopsi yapılır. Biyopsi için 14-G iğne taşıyan otomatik biyopsi tabancaları veya 9-11G vakumlu iğneler kullanılır.

Stereotaktik biyopsi yönteminin duyarlılığı %85-100, özgüllüğü %96-100 civarındadır. Bu sonuç eksizyonel biyopsi değerlerine yakındır. Yöntemin açık biyopsiye göre işlem süresi kısa, lokal anestetik kullanımı en az, riski az ve skar dokusu yoktur. Pahalı olması ve FOV'un küçüklüğü yöntemin zayıf yönleridir.

Ele gelmeyen lezyonların yerini belirleme

Ele gelmeyen şüpheli bir meme lezyonun çıkarılması için yerinin belirlenmesi şarttır. Yerleşim yeri iğne-tel sistemi veya boya injeksiyonu ile belirlenebilir.

İğne-tel sisteminde, içerisinde ucu serbest kaldığında kıvrılan bir tel bulunan bir iğne ile üzerinde eşit aralıkla dizilmiş eşit boyutta delikler bulunan bir baskı plakası kullanılır. Deliklerin bir kenardaki rakamlar ve diğer kenardaki harflerle deliklerin yerleri belirlenmiştir. Hastanın memesi bu plaka ile sıkıştırı-



Resim 6.268 Memede lezyon lokalizasyonu. A. Mamografide şüpheli mikrokalsifikasyonlar. B. Mamografi klavuzluğunda mikrokalsifikasyonların yakınına klavuz tel yerleştirilmiş. C. Lumpektomi spesmeninin mamografik görünümü. İşaretlenen mikrokalsifikasyonların tümü çıkarılmış. Operasyon başarılı.

larak görüntülenir. Elde olunan işaretlenecek lezyonun hangi deliğe denk geldiği saptanır ve iğne-tel bu delikten sokulur. İğnenin ucu lezyonu geçmeli ve 1-2 cm ilerisinde olmalıdır. İğnenin ucunun lezyonla ilişkisi birincisine tam 90º dik projeksiyonda alınan ikinci görüntü ile kontrol edilir. Doğru yerde olunduğuna karar verildikten sonra iğne çekilir. Meme içerisinde kalan telin ucu kıvrık şeklini alacağı için yer değiştirme sorunu olmaz.

Boya (metilen mavisi) ile yapılan yer belirlemede tel yoktur, iğnenin ucunun doğru yerde olduğundan emin olunduğunda boya verilir. Boya verildikten sonra ameliyata kadar geçen süre uzarsa boya dağılır ve alan genişler.

Operasyon sonucu çıkarılan parçanın tekrar röntgeni alınarak mamografik anormalliğin tam çıkarılıp çıkarılmadığı kontrol edilmelidir (Resim 6.268).

Biyopsiler ve yerleşim belirleme US ve MR kılavuzluğunda da yapılabilir. MR kılavuzluğunda yapılan işlemlerde kullanılan gereçler manyetize olmayan maddeden yapılmış olmalıdır. MR'de yapılan işlemlerde kontrast madde kullanılır.

Kist aspirasyonu

Ekojen partiküller içeren ve/veya arka duvar zenginleşmesi olmayan kistler veya duvarında düzensizlik görülen kistlerde US kılavuzluğunda 22-G iğne ile aspirasyon yapılarak kist sıvısının sitolojik incelemesi yapılır.

Yararlanılan Kaynaklar

Aegerter E, Kirkpatrik JA. Ortophedic diseases. 4. ed. Philadelphia: WB Saunders, 1975.

American College of Radiology (ACR), BI-RADS Committee. ACR Breast Imaging Reporting and Data System: Breast Imaging Atlas. Reston, VA. American College of Radiology 2003.

Baert AL, Grenier P, Willi UV. Imaging of the breast: An update. Categorical course ECR'93, Vienna, 1993.

Baum S, Vincent NR, Lyons KP, Wusivo, Gurkin SC. Atlas of nuclear medicine, New York: Appleton-Century-Crofts, 1981.

Berg WA. Image-guided breast biopsy and management of high-risk lesions. RCNA 2004;204:575-576.

Berg WA. Image-guided breast biopsy and management of high-risk lesions. Radiol Clin North Am 2004.

Bongarta GM, Vestring T. Soft tissue tumours, In: MR: State of the art, categorical course ECR'91. Vienna, 1991; 189-200.

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology 3.ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 2007.

Caffey J. Pediatric x-ray diagnosis. 6. ed. Chicago: Year Book, 1972.

Collier BD, Hellmman RS, Krasnow AZ. Bone SPECT. Semin Nucl Med 1987; 17: 247-266.

Crues JV. MR imaging of the menisci and major ligaments of the knee, In: Syllabus; special course MR 1990, RSNA publications 1990; 255-268.

Dahlin D. Giant cell tumor of bone: highlights of 407 cases. AJR 1985;144:955-960

Dalinka MK, Kricun ME, Zlatkin MB, Hibbard CA. Modern diagnostic imaging in joint disease. AJR 1989; 152: 229-240.

David R, Oria R, Kumar R, et al. Radiologic features of eosinophilic granuloma of bone. Pictorial essay. AJR 1989;153:1021-1026

Early PJ, Sodee DB. Principles and practice of nuclear medicine, New York: Mosby, 1985.

Edeiken J. Roentgen diagnosis of diseases of bone, 3. ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1981.

Firooznia HF, Golimbu C, Rafii M, Rauschning W, Weinreb J. MRI and CT of the musculoskeletal system. St Louis: Mosby, 1992.

Gold R, Hawkins R, Katz R. Pictorial essay. Bacterial osteomyelitis: findings on plain radiography, CT, MR, and scintigraphy. AJR 1991;157:365-370

Gordon IRS, Ross FGM. Diagnostic radiology in pediatrics. London: Butterworths, 1977.

Grainger RG, Allison DJ. Diagnostic Radiology, 3. ed, New York: Churchill Livingstone, 1999.

Greenfield GB. Radiology of bone diseases, 2. ed. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1975.

Greenspan A. Orthopedic imaging. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

Harbert J, Rocha AFG. Textbook of nuclear medicine. Philadelphia: Lea and Febiger, 1984.

Higgins CB, Hricak H, Helms CA. Magnetic resonance imaging of the body. New York: Raven Press, 1992.

Holder LE. Clinical radionuclide bone imaging. Radiology 1990; 176: 607-614.

Imhof H, Kramer J, Stiglbauer R, Engel A. Joint diseases, In: MR: State of the art, categorical course ECR'91. Vienna 1991; 179-188.

Kaplan PA, Matamoros A, Anderson JC. Sonography of the musculoskeletal system. AJR 1990; 155: 237-245.

Katzberg RW. Temporomandibuler joint imaging. Radiology 1989; 170: 297-307.

Knell L. Outline of radiology, London: William Heinemann, 1971.

McCall IW. Orthopedic radiology: Bones, In: Clinical radiology: An update in new imaging modalities for the general radiologist, Categorical course ECR'93, Vienna 1993; 75-90.

Meschan I. Anallysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973.

Mettler FA, Guibertau MJ. Essentials of nuclear medicine imaging, Orlando: Grune and Stratton, 1983.

Moss AA, Gamsu G, Genant HK. Computed tomography of the body. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992.

Murray RO, Jacobson HG. The radiology of skelatal disorders, 2. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1977.

Resnick D. Bone and Joint Imaging. 2.ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 1996.

Rockwood CA Jr, Gren DP. Fractures in Adults. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

Rogers LF. Radiology of Skeletal Trauma. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone, 2002.

Stoller DW. Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics&Sports Medicine. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 1997.

Sutton D, Young JWR. A short textbook of clinical imaging. London: Springer-Verlag, 1990.

Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.

Swischuk L. Imaging of the newborn, infant and young child. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989.

Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987.

Thijin CJP. Orthopedic radiology: The knee, In: Clinical radiology: An update in new imaging modalities for the general radiologist, Categorical course ECR'93. Vienna 1993; 135-136.

Totty WG. MR imaging of soft-tissue masses. In: Syllabus: special course MR 1990. RSNA publications 1990; 207-218.

Tuncel E, Yazıcı Z. Çocuk Hastalıklarında Radyolojik Bulgular, Bursa: Nobel&Güneş, 2002.

Tuncel E. The incidence of moenckeberg calcifications in patient with endemic fluorosis. Fluoride 1984; 17: 4-8.

Vanel D, Shapeero L. MRI of primary bone tumours, In: MR: State of the art, categorical course ECR'91. Vienna 1991; 201-2204.

Walker JM, Margouleff D. A clinical manual of nuclear medicine. Norwalk: Appleton-Century-Crofts 1984.

Wegener OH. Whole boody computed tomography. 2. ed. Boston: Blackwell, 1992.

Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani MC. Primer of Diagnostic Imaging, 3. ed. Philadelphia: Mosby, 2003.

Winsberg F, Cooperherg PL. Real-time ultrasonography. New York: Churchill Livingstone, 1982.

7. Bölüm

Merkezi Sinir Sistemi, Baş-Boyun

Kranyum ve Beyin

Omurga ve Omurilik

Baş-Boyun

Merkez sinir sistemi radyolojik açıdan üçe ayrılarak incelenir: Kraniyum, intrakraniyal yapılar ve omurga-omurilik. Bu üç obje radyolojik açıdan farklı yaklaşımlar gerektirir. Kemik yapıdan oluşan kraniyumun temel radyolojik inceleme yöntemi röntgendir; kesit görüntüleme yöntemlerinin tanıya katkısı azdır ve bu nedenle fazla önem taşımazlar. Buna karşılık intrakraniyal yapıların, yani genel bir tanımlamayla beynin, incelenmesinde anjiyografi dışında röntgenin pek önemli bir yeri yoktur. BT ve MR gibi kesit görüntü yöntemleri beyinin incelenmesinde temel yöntemlerdir. Omurga-omurilik ise fonksiyonel olarak merkez sinir sisteminin bir parçası, ancak radyolojik olarak farklı, başlı başına ayrı bir birimdir.

Radyoloji disiplini açısından ayrı birimler olan bu yapılar ayrı başlıklar altında incelenecektir. Her birimin patolojileri temel radyolojik inceleme yöntemlerindeki görünümleri ile anlatılacak, diğer yöntemlerin tanıya katkıları belirtilecektir.

KRANİYUM ve BEYİN

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Radyografi

Kraniyumun yirmiden fazla kemikten oluşan karmaşık bir yapısı vardır. Kraniyumdaki tüm anatomik yapıların gösterilebilmesi için çok sayıda röntgenogram gerekir. Bu da gereksiz bir emek ve zaman kaybına, maliyetin artmasına ve hastanın gereksiz ışın almasına neden olur. Bu nedenle birçok radyoloji bölümü kraniyumun incelenmesinde standart olarak şu dört projeksiyonu kullanır:

Yan: Röntgen filmine yakın olan tarafın adı verilir (sağ yan, sol yan gibi). Magnifikasyon en aza inerek kenar keskinliği artacağı için lezyonun bulunduğu tarafın yan röntgenogramı istenmelidir. En iyi kalitedeki bir yan kraniyum röntgenogramında dış kulak yolları üst üste düşer (süperpoze olur).

Arka-ön: Hastanın yüzü filme dönüktür, alnı ve burnu masaya dokunur; ışın diktir. Bu pozisyonda internal akustik kanallar orbita içine düşer.

Towne projeksiyonu: Hastanın yüzü tüpe dönüktür. Tüpe ayağa doğru 30 derece eğim verilir. Işın, alında saçlı derinin başladığı noktaya santralize edilir. Bu pozisyonda oksipital kemik, petröz kemikler ve internal akustik kanallar iyi görülür.

Kafa kaidesi: Hastanın yüzü tüpe dönüktür. Boynu hiperekstansiyondadır. Işın çene altından kafa kaidesi düzlemine dik olarak verilir. Bu pozisyonda kafa kaidesi kemikleri incelenir.

Kafanın bu dört pozisyonu, dört yönlü kraniyum röntgenogramını yapar. Birçok durumda kafa kaidesi dışında kalan yan, arka-ön ve Towne pozisyonu yeterlidir. Buna üç yönlü kraniyum röntgenogramı adı verilir. Uygulamada ilk önce arka-ön ve yandan oluşan iki yönlü kraniyum istenmeli, diğer pozisyonlar gerektiğinde eklenmelidir.

KESİT GÖRÜNTÜLEME

Beyinin temel inceleme yöntemi BT ve MR'dir. Genel bir kural olarak akut olgularda ilk 48 saatte BT, daha sonra ve kronik olgularda ise MR uygulanır. Vasküler lezyonlarda aranan lezyonun niteliğine göre kesit (MR, BT) veya kateter anjiyografi yapılır. Lokalize bir semptomu veya bulgusu olan ve tümör araştırılan olgularda kontrastlı kesit görüntüleme yapılır. Hastanın bir öyküsü olduğu halde kesit görüntülemede herhangi bir lezyon saptanmamışsa geçici iskemik atak ("transient ischemic attack-TIA") olasılığı düşünülerek karotis Doppler US yapılır.

BT

Beyinin standart BT incelemesinde kesitler aksiyaldir. İnceleme sırasında hasta sırt üstü yatar, baş hafif ekstansiyondadır. Kesitler bazal çizgiye 10-25° açı ile alınır. Bu açılanma nedeniyle vertekse yakın kesitlerde kraniyumun ön tarafını frontal değil paryetal lob doldurur. Aynı nedenle kesitler yükseldikçe santral fissür öne doğru yer değiştirir.

Koronal kesitler hipofizin incelenmesinde standarttır. Kesitler için hasta yüz üstü yatırılır, boyun hiperekstansiyona getirildikten sonra ışın kafa tabanı düzlemine dik gelecek şekilde gantriye eğim verilir. Bu kesitlerde ayrıca kafa tabanı, temporal lob ve ekstraserebral alan daha iyi görülür.

İnfratentorial bölge daha ince kesitlerle incelenir. Standart incelemede önce kontrastsız kesitler alınır, kontrast madde verildikten sonra aynı kesitler tekrarlanır. Alınan dozu azaltmak, tetkik süresini kısaltmak ve maliyeti düşürmek amacıyla bazı merkezlerde inceleme doğrudan kontrastlı yapılır. Gerekirse daha sonra kontrastsız kesitler eklenir. Doğrudan kontrastla yapılan incelemede, taze bir kanamanın ve kalsifikasyonun gözden kaçma olasılığı vardır.

Anevrizma ve diğer vasküler lezyonlar kontrast

maddenin verilmesinden hemen sonra görülebilir. Bazı lezyonlarda kontrast madde tutulması otuz dakikaya kadar gecikebilir. Pratikte hem vasküler hem de geç boyanan lezyonlar genellikle 10-15 dakikada yeterli miktarda kontrast tutarlar. ÇKBT'lerin kliniğe girmesi ile çözümlemesi yüksek ince kesitler elde edilebilir hale gelmiştir. Bilgisayar programlarındaki ilerlemeler sayesinde bu kesitlerden MİP yöntemi ile çözümlemesi yüksek anjiyografik görüntüler elde edilebilir; gölgeli 3B yüzey reformasyonları yapılabilir. BT-anjiyografilerinde 3 mm boyutundaki anevrizmalar görüntülenebilir.

Serebellopontin köşenin ve suprasellar sisternanın küçük lezyonlarını daha iyi göstermek için *BT-sisternografi* yapılabilir. Bu amaçla 3-5 gr iyot içeren kontrast madde tekal aralığa verilir ve hastanın başı aşağı pozisyona getirilerek sisternaları doldurması sağlanır. Yöntem araknoid kistlerin subaraknoid aralıkla ilişkisinin belirlenmesinde de kullanılır. MR, BT-siternografinin bu iki endikasyonunu hemen hemen ortadan kaldırmıştır. Yöntem günümüzde rinoreye ve otoreye sebep olan dural fistüllerinin saptanmasında kullanılır.

MR

Yumuşak doku kontrast çözümleme gücünün yüksekliği yanında multiplanar kesit alma yeteneği nedeniyle MR görüntüleme beyin incelemelerinde temel tanı yöntemi konumundadır. Aksiyal kesitler standarttır. Konveksite, temporal lob lezyonları, ekstraaksiyal kesim ve sella bölgesi koronal kesitlerde; akuaduktus ve foramen magnum ise sagital kesitlerde daha iyi incelenir. Kesit kalınlığı aygıtın alan gücü ile ilgilidir. Alan gücü yüksek aygıtlarda, matrisi azaltmadan ve inceleme zamanını uzatmadan SNR'si yüksek ince kesitler alınabilir. Pituiter bez, optik kiazma ve kraniyal sinirlerin incelenmesi için ince kesitler gereklidir.

Beyinin MR incelemelerinde kullanılan standart puls sekansları T1A ve T2A SE görüntüleridir. İnceleme süresi uzun olan bu sekans yerini hızlı SE sekanslarına bırakmıştır. Birçok olguda kontrast madde kullanımı yöntemin tanı değerini artırır. Kontrast madde tutulumu lezyonun vaskülaritesi ve kan-beyin bariyerinin bozukluğu ile ilgilidir. Kan-beyin bariyeri bulunmayan menenjiyom gibi ekstraaksiyal lezyonların gösterilmesinde de kullanılır. Küçük boyut ve yetersiz kontrast nedeniyle çevreden ayrılamayan pitüiter mikroadenom ve akustik nörinom gibi lezyonlar da kontrast madde ile çevre veya lezyon kontrastı artırılarak görülür hale getirilir.

BOS'a yakın yerlerdeki lezyonların daha açık olarak görüntülenmesi için FLAIR sekansı standart olarak uygulanmaktadır. Bir lezyonun yağ içerip içermediği yağ baskılamalı sekanslarla gösterilebilir.

Akut enfarktlar en erken DAG ve perfüzyon çalışmaları ile saptanır. DAG harekete çok duyarlı bir yöntemdir. Normal dokular, içerisindeki su serbest difüzyonla (Browniyan hareket) hareket ettiği için düşük sinyalli görülür. Ölen hücre su çekerek şişer, Browniyan hareket azalır ve bu kesimden yüksek sinyal elde edilir. Bu özellik nedeniyle araknoid kist-epidermoid ayırıcı tanısı kolaydır. Tümör, travma ve enfeksiyonda da hücre içi ve hücre arası sıvı artar ve benzer görünüm ortaya çıkabilir. Ayırıcı tanı ADC haritası ile yapılır.

Perfüzyon çalışmalarında verilen kontrastın pikinde 6 sn'den fazla gecikme iskemiyi gösterir. MR ile yapılan perfüzyon çalışmaları ile tümörlerde en malign kesimi saptamak, tümörün biyolojik yapısını ve dolayısıyla prognozu belirlemek mümkündür.

Doku korumalı cerrahi için BOLD yöntemi ile yapılan fonksiyonel MR görüntüleri kullanılır.

MR spektroskopi, ayırıcı tanısı görüntüleme ile yapılamayan bazı olgularda yardımcıdır. Beyinin proton spektroskopisinde 3 metabolit önemlidir: 1) Kolin: Hücre membranlarında fazla miktarda bulunur, lezyonun hücresel yoğunluğunu gösterir. 2) N-asetil aspartat (NAA): Nöronlarda bulunur; nöron yoğunluğunu gösterir. 3) Kreatin: Birçok hücrede bulunur; standart referans olarak kullanılır.

Kolin tümör göstergesi kabul edililir. Örneğin radyoterapiden sonra tümör bölgesinde kolin-kreatin oranının artması tümör, azalması radyasyon nekrozu lehinedir. Menenjiyomlarda bu oran çok artar. Bir tümörde bu oranla tümörün greydi arasında doğru orantı vardır. Bu oran, nekroze bir lezyonda hücrelerin yoğun olduğu bölgeyi işaret ederek biyopsi yapılacak yeri belirler.

NAA-kreatin oranı, mezial temporal sklerozda yerel olarak, MS ve Alzheimer hastalığında yaygın olarak düşer. Apse ve metastazlarda bu oran tümörlerden daha çok düşer. NAA'yı parçalayan enzimin olmadığı Canavan hastalığında bu oran çok yükselir.

Beyni tutan hastalıklarda başka anormal metabolitler de birikebilir. Nekroz piki tümörlerde, enfeksiyonlarda ve bazı aktif demiyelinizan hastalıklarda görülebilir. Laktik asitin çift piki HİE'de ve mitokondriyal ensafalopatilerde artar.

Kontrastsız ve kontrastlı MR anjiyografiler genellikle tarama yöntemi olarak kullanılır.

Kesit görüntülerin değerlendirilmesi

Değerlendirmede temel soru lezyonun yer kaplayan bir olay mı yoksa atrofi mi olduğudur. Beyin gelişimini tamamladıktan sonra, gelişen atrofik alan restore edilemez, dolayısıyla acil bir durum yoktur. Buna karşın yer kaplayan lezyon potansiyel olarak acildir ve tedavi edilebilir.

Yer kaplayan lezyonda orta çizgi oluşumları karşıya itilir, sulkuslar silinir, ventriküllere ve komşu yapılara baskı vardır. Yer kaplayan lezyon çok büyük ve hızlı gelişirse herniyasyon görülebilir. Kitlenin basısına bağlı olarak BOS dolanımında obtrüksiyon ve hidrosefali gelişebilir.

Doku kaybı etkisi (atrofi) ventriküllerin, sulkusların ve sisternaların boyutlarına bakarak değerlendirilir. Atrofide, lezyona komşu BOS alanlarında genişlemeler görülür, fakat orta çizgi oluşumlarında lezyon tarafına doğru çekilme nadirdir; böyle bir durumda karşıda yer kaplayan bir lezyondan şüphelenmek gerekir. Difüz atrofi tüm beyini tutar. Şikayeti olmayan 65 yaşından yukarı şahıslarda görülen atrofi normal kabul edilir. Dehidratasyon (Addison hastalığı), açlık (anoreksiya nervoza, blumia) ve beslenme yetersizliğinde (alkolizm) beyinde geriye dönebilen atrofi görülebilir.

Fokal bir alanın görülebilmesi için içinde bulunduğu ortamdan farklı bir kontrasta sahip olması gerekir. Kontrastın derecesi, içinde bulunduğu dokuya göre dansite ve intensite değerleri olarak ifade edilir. Bu değerler homojen veya heterojen olabilir. Yağ ve kanama gibi kontrastı belirgin ve karakteristik olan dokular tanınabilir. BT incelemelerinde lezyonların yoğunluklarının ölçümü tanıya yardım eder; 50-90 HÜ arası kanamayı, -100 HÜ civarı ise yağ dokusunu gösterir. Kanama ve kalsifikasyonlarda değerli olan yoğunluk ölçümü ve sinyal intensitesi, lezyonların tanısında değerli bir ölçüt değildir.

Lezyonun boyutu ölçülür; şekli küresel, oval, kama şeklinde veya bant şeklinde gibi terimlerle tanımlanır. Lezyonun kenarı seçilebilir veya iyi seçilemeyebilir; seçilebilen lezyonlarda kenarın düzgün veya düzensiz (irregüler) mi olduğu belirtilir.

Kontrast madde tutulumunun derecesi ve şekli belirtilir. Lezyonlar yamalı, homojen, halka şeklinde, çizgisel veya kıvrımlı şekillerde kontrast tutabilirler. AVM gibi vasküler yapılar kontrast madde verilmesinden hemen sonra boyanır. Tümörde olduğu gibi kan-beyin bariyerinin yıkılımına bağlı kontrast tutulumu daha geç görülür.

Kontrast madde tutup tutmama benzer lezyonlar arasında önemli bir ayırıcı tanı ölçütü değildir. Malign ve benign birçok lezyonda görülür; benign lezyonlarda genellikle akut dönemde görülür ve zamanla azalır.

Lezyon çevresinde ödem olup olmadığı belirlenir. Ödem beyaz cevherde görülür; vazojenik veya sitotoksik olabilir. Vazojenik ödem kapiller yatağın bozulmasına bağlıdır; apse, tümör ve hematomun çevresinde görülür. Uzun süre devam eder ve yavaş değişiklik gösterir ve *hurma yaprağına benzer şekilde dişli bir görünüm* verir. Ödem alanı lezyondan büyükse tümör veya apse düşünülmelidir. Sitotoksik ödem hücre ölümünü gösterir ve enfarktta görülür.

Gri cevher veya beyaz cevher yerleşimi tanıda önemlidir. Enfarkt, travma ve ensefalit gri cevheri etkiler; akut dönemde görülen kitle etkisi kronik dönemde ortadan kalkar.

Lezyonların dağılımı tanıda ipucu olabilir. Damar lezyonları damarın suladığı alanda görülür. Anokside bazal gangliyonlar ve havza bölgeleri tutulur. Travma daha çok frontal ve temporal bölgelerin ön uçlarını etkiler, Herpes ensefaliti iki taraflı olarak temporal lobları tutar.

Lezyonun yerleşim yeri önemlidir. Tanımlama yapılırken önce lezyonun bulunduğu kesit (ventriküler, infraventriküler veya supraventriküler gibi) belirtilir. Daha sonra oturduğu bölge (loblar, beyin sapı serebellum, bazal çekirdekler, internal kapsül vs.) saptanır.

Lezyonların sayısı, tek veya çok olması da ayırıcı tanıda önemli bir ölçüttür. Tek lezyonlar aksi ispat edilmedikçe primer kabul edilir, çok sayıdaki lezyon metastaz veya apse olabilir. Tek enfarktta aynı taraf karotisi incelenmelidir. Çok sayıdaki enfarkt kalp hastalığını düşündürür.

Acil olguların belirlenmesi: Beyin görüntülemede amaç öncelikle acil bir durumu gözden kaçırmamaktır. Bunun için beyin görüntülerinde şu noktalar kontrol edilmelidir:

1. Hemisferler simetrik ve falks orta çizgide olmalıdır. Çoğu zaman hemisferler arasında hafif bir asimetri görülebilir. BT görüntülerinde orta çizgi oluşumları bir tarafa doğru itilmişse ve farklı yoğunlukta bir yer kaplayan lezyon görülmüyorsa izodens evrede bir subdural kanama araştırılmalıdır. Böyle olgularda subdural birikime komşu sulkusların da silindiği görülür.
2. Kuadrigeminal sisternanın normal görünümü *simetrik bir gülümsemeyi* andırır. Bu görünümdeki

asimetri transtentoriyal herniyasyonu düşündürmelidir.

3. Suprasellar sisterna, kesitin geçtiği seviyeye göre pontin seviyede pentagonal, orta beyin seviyesinde hekzagonal şekildedir. Ön köşesini interhemisferik fissür, ön-yan köşelerini silviyan fissürler, arka yan köşelerini ambiyent sisterna oluşturur. Hekzagonal görüntüde arka köşeyi interpedinküler fissür yapar. Bu sisternadaki belirgin asimetri unkal herniyasyonu düşündürmelidir.
4. Ventriküller orta çizgide, simetrik ve normal boyutta olmalıdır. Yan ve üçüncü ventriküllerde başağrısı veya kitle ile birlikte olan genişlemeler hidrosefaliyi gösterir. Hidrosefali yaşlanmaya bağlı atrofiden, sulkuslarda genişleme olmaması ya da daha az olması ve yan ventrikül boynuzlarının ve üçüncü ventrikülün ön kesiminin yuvarlaklaşması ile ayrılır.

Bu kesimler normalse genellikle acil bir müdahale gereksinimi yoktur. Bu bölgelerle birlikte, supraselar ve pineal bölgeler ve kraniyoservikal bileşke de özel bir dikkatle incelenmelidir.

US

Kalvaryum kemikleri ile çevrelenmiş olması nedeniyle yetişkinlerde beyinin B-tarama yöntemi ile görüntülenmesi mümkün değildir. Ancak ekoensefalografi adını verdiğimiz A-tarama yöntemi ile orta çizgi oluşumlarındaki yer değişikliği saptanabilir. Yöntem yer kaplayan lezyonlarda veya kanamalarda lateralizasyonu saptamak amacıyla kullanılmıştır. BT gibi gelişmiş yöntemlerin pratiğe girmesiyle ekoensefalografinin kullanım alanı kalmamıştır.

Yeni doğanda ve bebeklik çağında fontaneller ve sütürler beyinin US incelemesine izin veren doğal pencerelerdir. Bu amaçla 5 MHz'lik veya daha yüksek frekanstaki sektör taramalı problar kullanılır. Prob ön fontanele yerleştirilerek normalde üç sagital ve altı koronal kesit alınır.

Yöntemin temel endikasyonu prematür bebeklerdeki intrakraniyal hemorajinin saptanması ve izlenmesi ile hidrosefali ve intrakraniyal kistik lezyonların araştırılmasıdır. Yöntem ayrıca bebeklerde anoksik beyin hasarını, nedeni belli olmayan epilepsiyi, intrakraniyal basınç artımını, travmayı ve intrakraniyal lezyon düşündüren anormal nörolojik bulguları araştırmak için de kullanılabilir.

Normal beyin düşük veya orta dereceli eko verir. Hiperekoik bölgeler sulkuslar ve vasküler yapılara aittir. Serebellum hiperekoikdir. Intrakraniyal en hiperekoik yapı koroid pleksustur. Korpus kallozum hiperekoik, kaudad nukleusların başı hipoekoiktir.

Doppler US'nin ise nöroradyoloji pratiğindeki iki temel kullanım alanı; pediyatrik olgulardaki kraniyal incelemeler ve yetişkinlerdeki karotid arter incelemesidir.

Kraniyal Doppler US'nin temel endikasyonu, Galen veni gibi vasküler bir yapıyı araknoid kistten ayırmaktır. Akımın varlığı ve yönü saptanır. Derin ve sagital sinüs trombozlarına tanı konabilir. Prematürite, şiddetli doğum asfiksisi ve ekstrakorporeal membran oksijenasyonunda intrakraniyal dolaşım değişiklikleri Doppler US ile değerlendirilebilir. Fontaneli kapalı olgularda inceleme temporal kemiğin en ince kesiminden transkraniyal olarak ve foramen magnumdan yapılabilir.

Katater anjiyografisi

Beyin anjiyografisi başlıca karotid anjiyografi, vertebral anjiyografi ve ark aortografisi olmak üzere üç şekilde uygulanır. Karotid ve vertebral arterlerin ayrı ayrı kateterize edilmesiyle yapılan ajiografiye 4 kanal anjiyografisi denir. Ayrıca spinal anjiyografi, orbital flebografi ve retrograd juguler flebografi de sık olmayarak uygulanan anjiyografik yöntemlerdir. Karotid anjiyografisinde beyinin ön ve orta bölümleri, özellikle supratentoriyal bölge patolojileri, vertebral anjiyografide infatentorial bölge incelenir. Ark aortografisi, beyine giden arterlerin anormalliklerini veya aort çıkışındaki lezyonları araştırmak için yapılır. Karotid ve vertebral anjiyografiler Seldinger tekniği ile femoral arterden veya daha nadiren brakial arterden kateterize edilerek yapılır. Ark aortografisinde kateter aort kökünde iken opak madde verilir. İncelemeler kısa zamanda çok sayıda film çeken seriograflar kullanılarak yapılır. Günümüzde analog anjiyografi üretilmemektedir, tüm anjiyografi sistemleri dijitaldir; dolayısıyla otomatik kaset değiştiriciler ortadan kalkmıştır.

Beyin anjiyografilerinde seriogramlarda önce arteriyel faz, sonra kapiller faz en son olarak da venöz faz görülür. Böylece beyin flebografisi de yapılmış olur. Bu şekilde elde olunan venografiler, arteriyel fazda olduğu gibi ayrıntılı bilgiler verir.

Beyin anjiyografilerinde diğer anjiyografilerde olduğu gibi damarsal patolojiler ve yer kaplayan lezyonlar saptanabilir. Yer kaplayan lezyonlar damarlarda yer değişiklikleri ve gerilmelere neden olur. Tü-

mörlerin bir bölümünde ayrıca patolojik damarlanma izlenir. Anjiyografi günümüzde sadece damarsal patolojilerin tanısında ve tedavisinde kullanılmaktadır.

RG

Son yıllarda santral sinir sisteminin patomorfolojisini mükemmel görüntüleyen BT ve MR gibi kesit görüntü yöntemlerinin kliniğe girmesiyle konvansiyonel beyin sintigrafisi, herpes ensefaliti ve beyin ölümü dışında hemen hiç kullanılmamaktadır. Bunun yerini bölgesel kan akımı, glükoz ve oksijen metabolizması gibi ölçütlerle görüntü oluşturan SPECT ve PET gibi verisi yüksek fonksiyonel beyin görüntüleme yöntemleri almıştır. Maliyetleri yüksek olan bu yöntemler klinikte morfolojik görüntüleme yöntemlerinin tamamlayıcısı olarak kullanılır.

Konvansiyonel sintigrafide görüntüleme iki fazda yapılır. Enjeksiyondan hemen sonra kısa aralıklarla alınan seri sintigramlar arteriyel fazı gösterir. Bu fazda vasküler yapı değerlendirilir. Lezyon araştırılan kesim dedektöre yakın olmalıdır. Standart çalışmalarda anterior projeksiyon tercih edilir. Statik görüntüler enjeksiyondan 1-3 saat sonra alınır. Görüntüler anterior, posterior, her iki lateral ve verteks projeksiyonlarındadır. Görüntülerde sagital, transvers ve sigmoid sinüsler belirgindir. Bu fazda kan-beyin bariyerinin bozulduğu bölgelerde radyofarmasötik birikimi görülür. Şüpheli olgularda, lezyonu daha iyi göstereceğinden, çalışmaya SPECT ile devam edilir. İncelemede Tc-99m-DTPA veya GH kullanılır.

Normal kan-beyin bariyerini geçerek beyin parankimine dağılan gama ışın kaynağı radyofarmasötiklerin bulunması, SPECT ile fonksiyonel beyin görüntüleme yapılabilmesini sağlamıştır. Bu amaçla günümüzde en yaygın olarak kullanılan radyofarmasötik Tc-99m-HMPAO (hekzametil propilen aminoksin)'dir. Lipofilik özelliğinden dolayı kan-beyin bariyerini geçerek parankime oturur ve 1-3 dakika içerisinde beyindeki azami konsantrasyonuna erişir. Alternatif olarak Tc-99m-EDC (etil-sistinat-dimer) de kullanılabilir. I-123-IMP (izopropil amfetamin) de benzer amaçla kullanılan diğer bir lipofilik radyofarmasötiktir ve özellikle gri cevherde birikir. SPECT ile yapılan fonksiyonel beyin görüntülerinde temel ölçüt bölgesel kan akım (rCBF) oranıdır. rCBF birçok olguda metabolik aktivite ile paraleldir.

Beyin ölümünde artan intrakraniyal basınç nedeniyle kan akımı bozulur. Arteriyal fazda aktivitenin karotislerden ileriye geçmediği gözlenir. Ön ve orta serebral arterler izlenemez. Saçlı deriye ait aktivitenin karışıklığa yol açmasını önlemek için baş çevresi alına konan elastik bir bandajla sıkılır. Geç fazdaki sintigramlarda sinüslerde aktivite tutulumu yoktur. Burun kökünde *"hot nose" görünümü* adı verilen yoğun aktivite birikimi izlenir. Transplantasyon için organ vermeye aday olgularda yöntem, beyin ölümünü saptamada kolay ve ucuz olmasının yanı sıra transplante edilecek organa kontrast madde gibi zararlı etkilerinin olmaması nedeniyle, tercih edilir.

PET uygulamalarında klinik pratikte kullanılan radyofarmasötik 18F ile işaretlenmiş deoksiglükozdur (FDG). Yarı ömrünün kısmen uzun olması ve glükozun beynin kullandığı primer metabolik ajan olması nedeniyle beyinin incelenmesi için uygun bir radyofarmasötiktir. Reseptör görüntüleri için dopamin, serotonin, opiat, benzodiazepin reseptörlerine bağlanabilen PET ajanları kullanılabilir. Bu radyofarmasötiklerle bölgesel serebral kan akımı (rCBF), glükozun bölgesel serebral metabolizma oranı ($LCMR_{gl}$) ve oksijenin bölgesel serebral metabolizma oranları ($LCMR_{O_2}$) ölçülür ve bu ölçümlerden görüntüler oluşturulur.

Beynin fonksiyonel görüntüleri; demans ve hareket bozukluğu ile seyreden hastalıklarda, epilepsi, depresyon ve şizofreni gibi psikiyatrik hastalıklarda, iskemi ve inmede, travma ve tümörlerde tanı ve ayırıcı tanıda ve hastalıkların progresyonunun izlenmesinde çok değerli bilgiler verir.

KRANİYUM RÖNTGENOGRAMI

NORMAL KRANİYUM

Kraniyumun normal radyolojik anatomisi oldukça karışıktır. Değişik pozisyonda elde edilen her röntgenogram ayrı değerlendirilmelidir. Bu nedenle burada sadece röntgenolojik değerlendirmede önem taşıyan normal anatomik oluşumlar üzerinde duracağız.

Kalvarium kemikleri

Bir yetişkinin kraniyum röntgenogramında iç ve dış tabulalar ve diploe aralığı iyi bir şekilde izlenebilir. İç tabulada Pacchioni cisimciklerinin yaptığı basılar görülebilir. Bunlar daha çok sagital sütür çevresindedir.

Sütürler çocuklarda ve yetişkinlerde farklı görünümdedir. İç tabulada düz çizgi, dış tabulada dişli çizgi şeklinde birleşirler. Röntgenogramlarda sagital, koronal ve lambdoid sütürler belirgin olarak görülür.

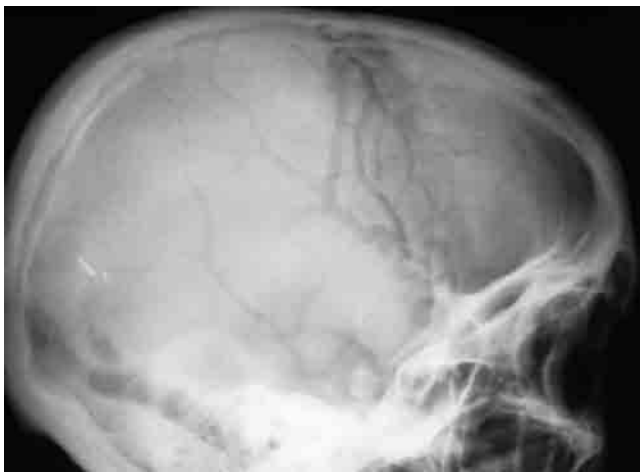
Meningeal arterler ve diploik venlerin kalvaryum

kemikleri üzerindeki izleri farklı görünümlerdedir. Meningeal arterlerin izleri oldukça sabittir (Resim 7.1). Foramen spinozumdan perifere doğru gittikçe dallanır ve düzenli olarak incelirler. Bu izler başlıca arteria meningia media dallarının iç tabula üzerinde yaptığı olukların görünümüdür. Supraorbital ve orta temporal arterlerin izleri sıklıkla çizgisel kırıkla karıştırılır. Her iki tabula arasında diploik venlerin izleri çok değişkendir. Bazen hiç görülmez. Bazı olgularda ise çok belirgin olabilir. Paryetal bölgede daha belirgindir. Düzensiz seyirlidirler. Genellikle ven gölcüklerinin yaptığı küçük radyolusent alanlarda sonlanırlar.

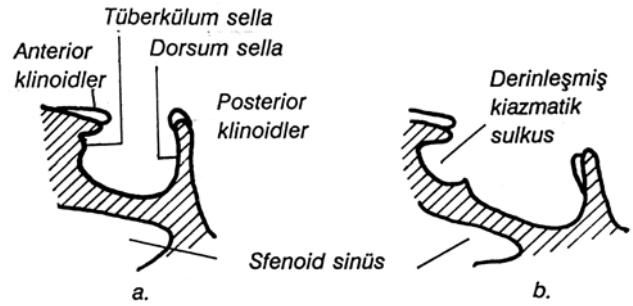
Sella Tursika

Normalde 11-16 mm uzunluğunda, 8-12 mm derinliğindedir. Önde anterior, arkada posterior klinoidler bulunur (Şekil 7.1). Ön tarafta ayrıca tüberkülum sella adı verilen bir çıkıntı vardır. Alt tarafta sfenoid sinüsle komşudur. Sellanın arka duvarına dorsum sella adı verilir. Kiazmatik sulkusun derinleşmesi ile "*J*" *şeklinde sella veya omega sella* görünümü ortaya çıkar. Bu şekil normal çocuklarda %5 oranında görülebilir, yetişkinlerde nadirdir. Eskiden omega sellanın optik kiazma gliyomları için tipik olduğu düşünülürdü; ancak Hurler sendromunda ve düşük basınçlı hidrosefalide de "J" tipi sella görülebilir.

Sella Tursika en iyi yan kraniyum röntgenogramında görülür. Doğru değerlendirme yapabilmek için pozisyon tam yan olmalı ve kon veya diyafram kullanılarak ışın verilen alan küçültülmelidir. Buna sella spot röntgenogramı adı verilir. Towne pozisyonunda çekilen röntgenogramlarda sella, foramen magnum içine düşer.



Resim 7.1 Kalvaryum kemiklerinde damar izleri.



Şekil 7.1 A. Normal sella Tursika. B. "J" tipi sella.

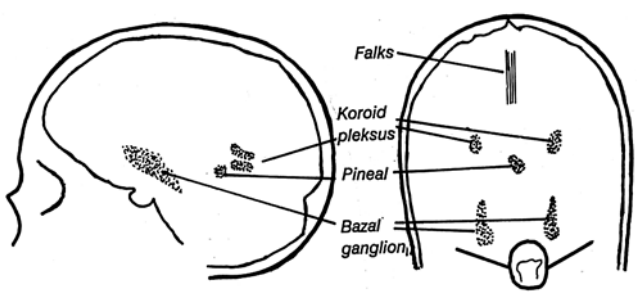
İntrakraniyal fizyolojik kalsifikasyonlar

En önemlileri pineal, habenular, koroid pleksus, dura, ligament, Pacchioni cisimcikleri, bazal gangliyon, hipofiz bezi ve lens kalsifikasyonlarıdır (Şekil 7.2).

Pineal kalsifikasyonu çocuklarda nadirdir. Yaşın ilerlemesi ile birlikte görülme sıklığı artar. Genellikle 3-5 mm büyüklüğündedir. Bir santimden büyük olması ve altı yaşından küçüklerde görülmesi anormaldir. Yan röntgenogramlarda petröz kemiklerin üstünde ve biraz gerisindedir. Arka-ön röntgenogramlarda orta çizgi üzerindedir. Orta çizgiden 3 mm'den fazla sapma intrakraniyal bir lezyonun varlığını gösterir.

Habenular kommisur kalsifikasyonu pinealin hemen önünde ve üçüncü ventrikülün arka duvarındadır. Kalsifikasyon, açıklığı arkaya bakan hilal şeklindedir. İntrakraniyal kitlelerde pineal kalsifikasyonla birlikte yer değiştirir.

Koroid pleksus kalsifikasyonu yan ventriküllerdeki koroid pleksusun kalsifiye olmasına bağlıdır. Arka-ön röntgenogramlarda her iki hemisferde simetrik pozisyonda, yan röntgenogramda pineal kalsifikasyonundan yaklaşık 2.5 cm arkada ve yukarıdadır. Hafif asimetri normaldir.



Şekil 7.2 İntrakraniyal fizyolojik kalsifikasyonlar. A. Yan, B. Towne projeksiyonu.

Dura kalsifikasyonları orta ve ileri yaşlarda görülür. Kemiğe yakın olduğundan tanjansiyel projeksiyonlar dışında kolay görülmezler. Falks serebri kalsifikasyonunun arka-ön röntgenogramlarda ortada çizgi şeklinde görülüp yan röntgenogramda görülmemesi tipiktir. Tentorium ise genellikle yan uçlarından kalsifiye olur.

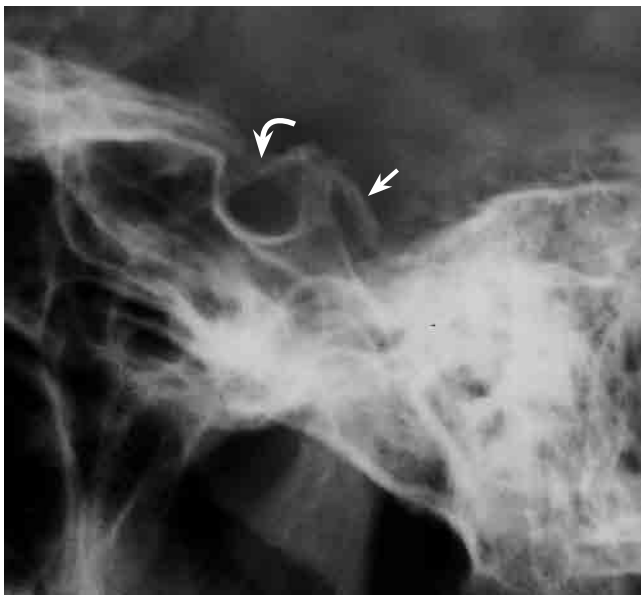
Ligament kalsifikasyonları en sık petroklinoid ligamentleri tutar. Petro-klinoid ligament sellanın posterior klinoidi ile petröz kemiğin ucu arasındadır. Kalsifikasyonu en iyi Towne pozisyonunda görülür. Sellanın ön ve arka klinoidleri arasındaki interklinoid ligament kalsifikasyonu köprü ("bridge") sella görünümüne neden olur ve yan röntgenogramlarda görülür (Resim 7.2).

Pacchioni cisimciklerinin kalsifikasyonu her zaman görülmez. İç tabuladaki bası izlerine komşu olmaları tanınmalarına yardım eder.

Bazal gangliyon kalsifikasyonları sıklıkla patolojiktir; ancak idyopatik de olabilirler. Hemen daima simetriktirler.

Pituiter kalsifikasyonları çok nadirdir. Sıklıkla hipofiz adenomuna aittir. Bazen normal kişilerde de görülebilir.

Lens kalsifikasyonu yaşlı kişilerde görülen, lensi çevreleyen halka şeklinde kalsifikasyondur. Yan röntgenogramlarda çizgi şeklinde görülür.



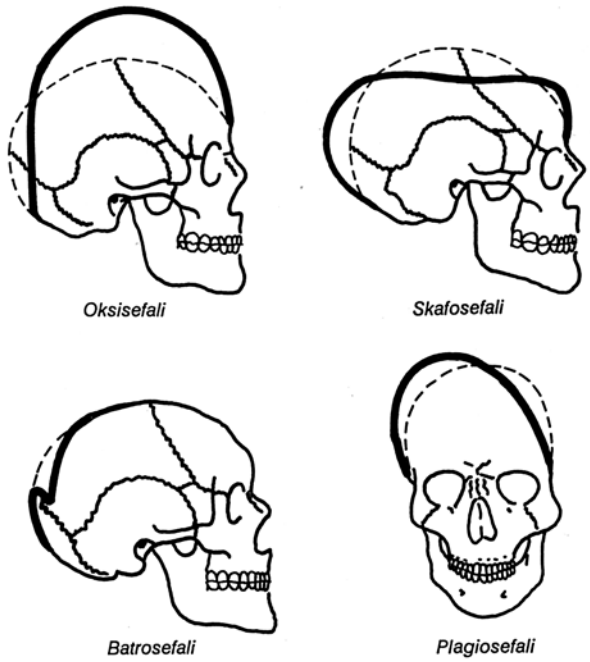
Resim 7.2 Petroklinoid (ok) ve interklinoid (kıvrık ok) ligament kalsifikasyonları.

KRANİYUMUN ŞEKİL ANORMALLİKLERİ

Kraniyumun şeklini tanımlayan birçok terim vardır. Bunların her zaman bir patolojiyi göstermeleri gerekmez. Enine göre ön-arka çapı fazla olanlara dolikosefalik, tersine brakisefalik kafa denir. Metopik sütürün erken kapanması sonucu frontal kemiğin öne doğru üçgen şeklinde çıkıntı yapmasına trigonosefali adı verilir. Bazen oksipital kemik paryetal kemik üzerine basamak şeklinde biner; batrosefali denen bu görünüm, travmatik lezyonlarla karıştırılmamalıdır.

Kraniyostenoz

Kraniyal sütürlerin erken kapanmasına kraniyostenoz adı verilir. Erken kapanan sütüre bağlı olarak kafada şekil bozuklukları ortaya çıkar (Şekil 7.3). Koronal ve lambdoid sütürler erken kapanırsa kafa kule kafa şeklini alır. Buna oksisefali, akrosefali veya turrisefali adı verilir. Bu hastalarda konvolusyonel işaretler belirgindir. Birlikte mental retardasyon ve optik sinir basısı görülebilir. Sagital sütürün erken kapanmasında skafosefali denilen uzun ve dar kafa görünümü ortaya çıkar (Resim 7.3). En sık görülen kraniyostenozdur. Kafadaki şekil değişikliği dışında semptomu yoktur. Tüm sütürlerin erken kapanmasında mikrosefali görülür. Sıklıkla mental retardasyonla birliktedir. Simetrik olmayan kraniyostenozlarda plagiosefali denilen asimetrik kafa şekli vardır. Son yıllarda kraniyostenozlar



Şekil 7.3 Kraniyostenozların şematik görünümleri.



Resim 7.3 Skafosefalik kafanın görünümü.

bu karmaşık ve eski Yunanca'dan alınan terminoloji yerine sadece füzyon gösteren sütürün adı ile tanımlanmaktadır.

Laküner kafa

Yenidoğanda tabula internada yuvarlak veya oval çukurlar görülür (Resim 7.4). Bu çukurlar kemik setleri ile birbirlerinden ayrılmışlardır; frontal, paryetal ve oksipital kemiklerin en kalın yerlerini tutar. Bu görünüme laküner kafa (kraniyolakuna) adı verilir. Fetal hayatta belirgin olan bu görünüm normalde doğuma yakın hafifler ve doğumdan sonra 4.-6. aylarda kaybolur. Sıklıkla miyelomeningosel, ansefalosel veya basit meningosel gibi santral sinir sistemi anomalileri ile birliktedir.

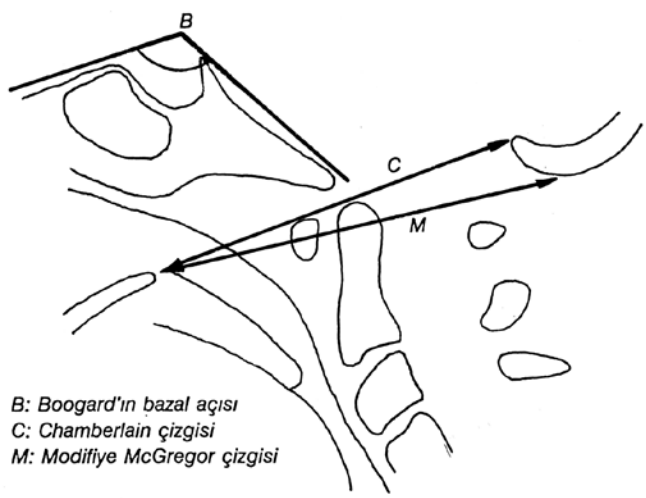


Resim 7.4 Laküner kafa. Paryetooksipital kesimde belirgin görülen dens kemik bantlarının oluşturduğu tipik görünüm.

Platibazi

Kafa kaidesinin göreceli olarak düzleşmesine platibazi denir. Bu terim sıklıkla birlikte görülen baziler invajinasyon ve baziler impresyon anlamını da kapsamaktadır. Baziler invajinasyon, Paget hastalığı, osteomalazi gibi kemikleri yumuşatan patolojilerde görülür ve foramen magnum çevresi, posterior fossa içerisine doğru proturuze olur. Baziler impresyonda ise posterior fossa yükselmiştir. Sıklıkla atlantooksipital füzyon ve foramen magnumun şekil bozukluğu gibi deformitelerle birliktedir.

Platibazi genellikle semptomsuzdur. Baziler impresyonla birlikte olduğunda tonsiller herniyasyona ve BOS dolanımında obstrüksiyona neden olabilir. Platibazinin tanısı için birçok ölçüm şekli bildirilmiştir (Şekil 7.4). Tüberkülum selladan burun köküne ve foramen magnumun ön kenarına çizilen çizgiler arasında kalan açıya bazal açı adı verilir. Normal değeri 125-143 derece arasındadır; daha fazla değerler platibaziyi gösterir. Yan kraniyum röntgenogramında sert damak ile foramen magnumun posterior kenarı arasını birleştiren çizgiye *Chamberlain çizgisi* denir. Normalde odontoid proçesin üçte birinden fazlası bu çizgiyi geçmemelidir; platibazide ise yarısından fazlası bu çizginin üzerindedir. Düz röntgenogramlarda foramen magnumun arka kenarını görmek zor olduğundan sert damaktan başlayan çizgi oksipital kemi-



Şekil 7.4 Platibazi ölçümleri.

ğin alt kenarı ile birleştirilir. Buna *modifiye McGregor çizgisi* adı verilir. Bu değerlerin kraniyo-vertebral bileşim anomalilerinin tanısında duyarlılıkları düşüktür.

KRANİYUM İÇİ BASINÇ ARTMASI SENDROMU (KİBAS)

Kraniyum içi basınç artmasının düz röntgenogramlarda gözlenen 3 ana bulgusu vardır: Sütürlerde açılma, dorsum sella erozyonu ve artmış konvolüsyonel işaretler. Pineal kalsifikasyonun yer değişikliği de kafa içinde yer kaplayan lezyonu gösteren önemli bir bulgudur. Sütürlerin açık veya kapalı olmasına bağlı olarak, KİBAS'ın çocuklarda ve yetişkinlerdeki röntgen görünümü farklıdır.

Çocuklarda KİBAS

Çocuklarda KİBAS'ın ana bulgusu sütürlerde açılmadır. En iyi koronal sütürde izlenir. Yan kraniyum röntgenogramında koronal sütürün üst kesimine bakılarak değerlendirilir. Üç yaşından büyük bir çocukta, bu bölgedeki sütür genişliği 2 mm'den küçük olmalıdır. Sütüral açılma küçük yaşlarda daha belirgindir. Yenidoğanda ve bebeklerde kafa kemiklerinde incelme de görülür. Daha büyük çocuklarda ve adölesanda, kafa içi basıncı sütürlerde belirgin bir açılmaya neden olacak kadar artmamışsa sütürlerin dişlenmesinde artma izlenir (Resim 7.5).

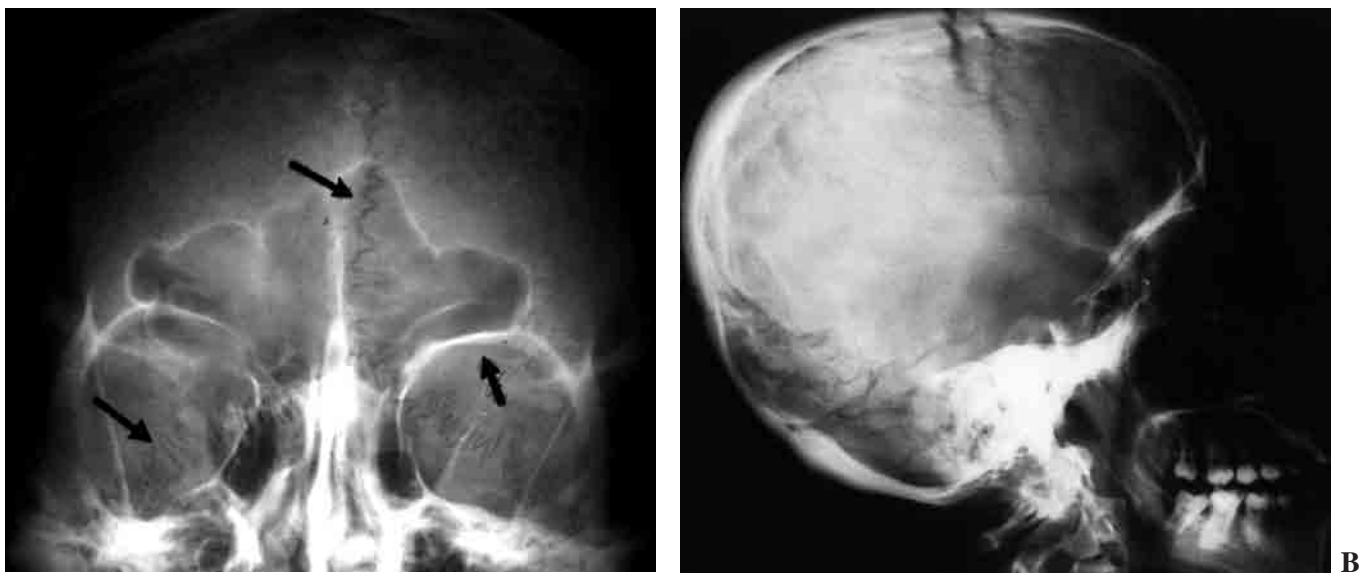
Sütürlerde açılma çocuklarda KİBAS'ın tek bulgusu olabilir. Uzun süren olgularda buna dorsum sella kenarlarında silinme ve erozyon eklenir. On yaşın altındaki bir çocukta, sütürlerde açılma olmadan tek başına sella erozyonu görülürse sella bölgesinde yerel bir lezyon düşünülmelidir. Özellikle küçük çocuklarda sütürlerde açılma hızlıdır; semptomlar başladıktan bir iki hafta sonra gözlenebilir. Sella değişikliklerinin görülme sıklığı ise yaş ilerledikçe artar.

Artmış konvolüsyonel işaretlere *dövülmüş bakır görünümü* adı da verilir. Tabula internada parmak izlerine benzeyen yoğunluğu düşük alanlar şeklindedir. Bu olgularda her zaman KİBAS bulunmayabilir. Özellikle 4-10 yaşındaki normal çocuklarda görülebilir. Bu nedenle artmış konvolüsyonel işaretler KİBAS tanısında önemli bir bulgu olarak değerlendirilmemelidir.

Yetişkinlerde KİBAS

Yetişkinlerde KİBAS'da sütürlerde açılma görülmez. Konvolüsyonel işaretlerin artmasının da bir anlamı yoktur. Buna karşılık dorsum sella erozyonu karakteristik bir bulgudur. Selladaki değişiklikler dorsum selladan başlar ve öne doğru ilerler. Kemik yapısındaki ilk bulgu hafif osteoporozdur. Daha sonra korteksin keskinliği kaybolur ve ilerlemiş olgularda belirgin kemik yıkımı görülür; posterior klinoidler silinir. Selladaki bu değişiklikler sıklıkla genişlemiş üçüncü ventriküle bağlıdır ve posterior fossa tümörlerinde ve simetrik hidrosefalide görülür. Ayrıca pituiter adenomu, menenjiyom, kordoma, kraniyofarinjiom ve anevrizma gibi yerel lezyonlar da sella harabiyeti yapabilir.

Serebral tümörlerin genel bulgusu intrakraniyal basınç artımıdır. Bazı bulguları lezyonun yerleşimini



A B

Resim 7.5 Sütürlerde açılma. A. Sagital ve lamdoid sütürlerin dişlenmesinde artma. B. Koronal ve lamdoid sütürlerde genişleme.

belirlemede yardımcıdır. Bunlardan bir kısmı da tümörün cinsini belirler. Bu lokalize bulgular intrakraniyal kalsifikasyon, anormal damar görünümleri, kafa kemiklerinde erozyon veya skleroz ve pineal kalsifikasyonunda yer değiştirmedir.

Pineal kalsifikasyonundaki yer değişikliği en iyi Towne pozisyonunda çekilen röntgenogramlarda gözlenir. Orta çizgiden 3 mm'den fazla bir sapma intrakraniyal yer kaplayan lezyonun güvenilir bir bulgusu olarak kabul edilir. Yan röntgenogramlarda da bazı ölçümler yaparak pineal kalsifikasyonunda yer değişikliği saptanabilir.

İNTRAKRANİYAL PATOLOJİK KALSİFİKASYONLAR (Tablo 7.1)

Tümör kalsifikasyonları

İntrakraniyal tümörlerin yaklaşık yarısını gliyomlar yapar. Gliyomların yaklaşık %5-10'unda kalsifikasyon görülür. En sık kalsifikasyon gösteren gliyal tümör oligodendrogliyomdur. Bu tümörlerde yaklaşık %50 oranında kalsifikasyon vardır. Posterior fossa gliyomlarında kalsifikasyon oranı %20 civarındadır.

İntrakraniyal tümörler içerisinde sık kalsifiye olanlardan birisi de kraniofarenjiyomdur. Kraniofarenjiyomların 3/4'ünde kalsifikasyon vardır. Ancak iki yaşından aşağıda ve yetişkinlerde görülen kraniofarenjiyomların çok azı kalsifiyedir. Kalsifikasyon çocukluk çağında görülen kraniofarenjiomların bir özelliğidir. Tipik olarak orta çizgide ve sellanın hemen üzerindedir. Bazı olgularda kalsifikasyonun bir kısmı veya tamamı intrasellar yerleşimdedir.

Menenjiyomların %10'u kalsifiye olur. Yuvarlak şekilli amorf kalsifikasyonlardır. Böyle bir kalsifikasyonun parasagital ve bazal yerleşimi veya falks komşuluğu öncelikle menenjiyomu düşündürmelidir (Resim 7.6). Birlikte genişlemiş foramen spinozum, belirgin meningial arter görünümleri ve hiperostoz gibi bulguların varlığı tanıyı kolaylaştırır.

İntrakraniyal tümörlerden nadir kalsifikasyon gösterenler ependimoma, dermoid-epidermoid, teratom, hamartom, lipom, pineal tümörler, koroid pleksus papillomu, kordoma, metastaz ve pituiter tümörlerdir (Resim 7.7). Ependimom kalsifikasyonu yoğun olabilir. Posterior fossada 4. ventrikül çevresine yerleşen tümörlerden medülloblastom ve ependimomların ayırıcı tanısında, ependimomların kalsifikasyon göstermesi önemli bir ölçüttür. Dermoid ve epidermoidde lezyonların kenarında ince hilal şeklinde kalsifikasyonlar görülebilir. Teratomda, kalsifikasyondan başka, diş gibi mezenkimal doku artıkları bulunabilir. Hamartomlar daha çok temporal lobda gliyom kalsifikasyonuna benzer görünümdedir. Korpus kallozum lipomlarında kenar kalsifikasyonu görülebilir. Pineal bez normalde kalsifiye olan bir yapıdır, 3-5 mm boyutlarındaki kalsifikasyon normal kabul edilir; 6 yaşından küçük bir çocukta boyutu 1 cm'i geçerse pineal tümör yönünden anlamlıdır. Koroid pleksus papillomunun 1/4'ü kalsifiye olur. Kordomada olguların çok azında kalsifikasyon vardır. Metastazın kalsifiye olması çok nadir bir olaydır. Pituiter tümörlerde de kalsifikasyon nadiren görülür.

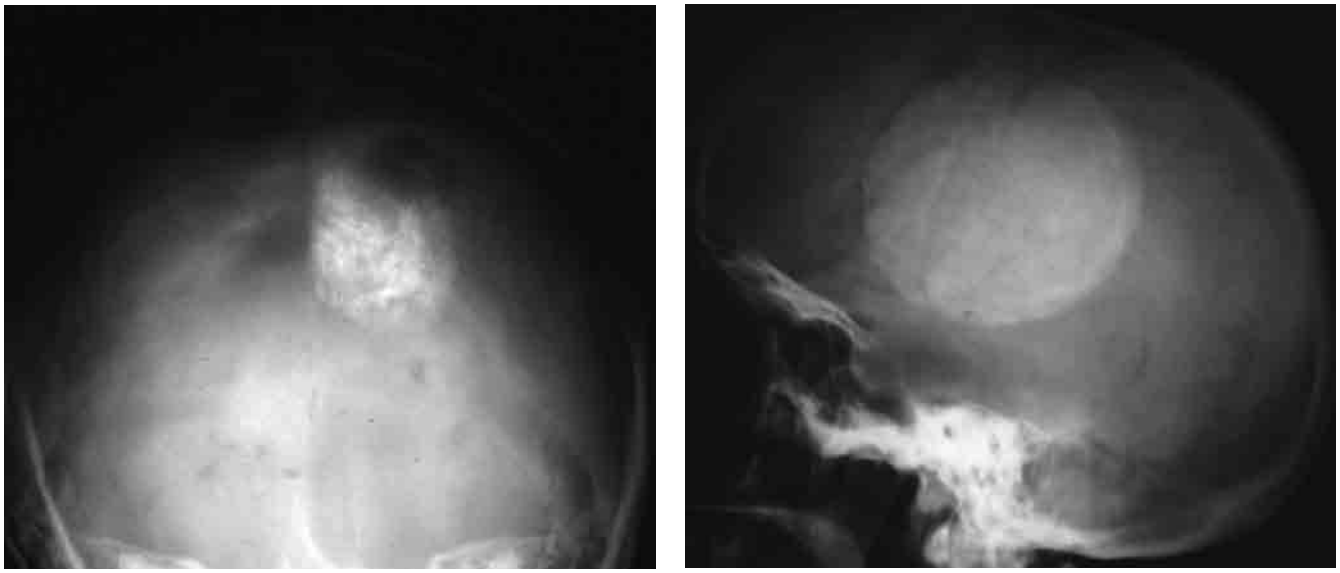
Tablo 7.1 İntrakraniyal patolojik kalsifikasyonlar

Tümörler	**Damarsal patolojiler**
Gliyom	Aterom
Kraniofarenjiyom	Anevrizma
Menenjiyom	Vasküler malformasyonlar
Ependimom	Subdural hematom
Pinealom	İntrakraniyal hematom
Koroid pleksus papillomu	
Kordoma	
Teratom	
Dermoid/kolesteatom	**Enfeksiyon ve enfestasyonlar**
Hamartom	Tüberküloz
Lipom	Toksoplazmoz
Pituiter adenom	Sitomegalik inklüzyon cisim hastalığı
Metabolik ve değişik nedenli olanlar	Sistiserkoz
Hipoparatiroidizm	Piyojenik apse
Psödohipoparatiroidizm	Hitatid kist
Psödopsödohipoparatiroidizm	Paragonimas Vestermani
Tüberöz skleroz	
Sturge-Weber sendromu	

Damarsal kalsifikasyonlar

Damarsal kalsifikasyonlar sık görülmez. Anjiyografik olarak görülen anevrizmaların, ancak yüzde bir kadarı kalsifiye olur. Willis poligonu bölgesinde sıktır.

Vasküler malformasyonların çok az bir bölümünde kalsifikasyon görülür. Kalsifikasyon lezyonların arteriyel kesimlerinde ise çizgisel, venöz kesimlerinde ise tipik halka şeklindedir.



Resim 7.6 Menenjiom kalsifikasyonu. A. Falks menenjiomu. Kalsifikasyonun falks kenarı kitlenin falksa yapışık olduğunu gösterecek şekilde düz. B. Düzgün kenarlı büyük kalsifik kitle.

Kronik subdural hematomlar bazen çok uzun zaman sonra kalsifiye olur. Kalsifikasyon hematomun çevresindedir. İntrakraniyal hematomlarda da uzun zaman sonra kalsifikasyon görülebilir. Aterom kalsifikasyonları en sık karotid arterlerde, kavernöz sinüs bölgesinde görülür.



Resim 7.7 Pineal tümör kalsifikasyonu (arka paryetalde "burr-hole" defekti görülüyor).

Enfeksiyon ve enfestasyon kalsifikasyonları

Tüberkülomların çok azında kalsifikasyon görülür. Tanı koyduracak özellikleri yoktur. TB menenjit sekeli olarak, bazal kesitlerde meninks kalsifikasyonları görülebilir. Sistiserkozda kas tutulumu görülen olguların ancak %10'unda beyinde kalsifikasyon görülür. Beyinde skoleksler kalsifiye olduğundan, kaslardaki kist kalsifikasyonları gibi büyük ve oval şekilli değil, 1-3 mm çapında ve yuvarlak şekillidirler. Beyinde özel bir dağılım göstermezler. Ülkemizde görülmesi beklenmez.

Yenidoğanda intrakraniyal kalsifikasyon yapan nedenler toksoplazmozis, rubella ve sitomegalik inklüzyon cisim hastalığıdır. Toksoplazmoziste kortekse ve bazal gangliyonlara yayılmış kalsifikasyonlar, beyin atrofisi ile birliktedir. Sitomegalik inklüzyon cisim hastalığında ise dilate ventrikülleri çevreleyen simetrik dağılımlı nokta şeklinde kalsifikasyonlar görülür; sıklıkla mikrosefali ile birliktedir.

Metabolik ve değişik nedenli kalsifikasyonlar

Metabolik ve değişik nedenli kalsifikasyonlardan hipoparatiroidizm, psödohipoparatiroidizm ve psödopsödohipoparatitoidizm de simetrik bazal gangliyon kalsifikasyonları; tuberous sklerozisde periventriküler yerleşimde subependimal yerleşimli hamartom kalsifikasyonları; Sturge-Weber sendromunda ise genellikle oksipitoparyetal bölgeyi tutan kıvrımlı, tipik, giral kalsifikasyonlar görülür.

KRANİYUM KEMİKLERİNDE YOĞUNLUK FARKLILIKLARI

Anormal damar görünümleri

Anormal damar görünümleri en sık menenjiyomlar tarafından oluşturulur. Menenjiyomu besleyen meningeal arter dalı büyür ve kıvrımlı bir şekil alır. Aynı tarafın foraman spinozumu da aynı nedenle genişlemiş olabilir. Menenjiyomun bulunduğu bölgedeki diploik ven gölgeleri genişler ve emisser venöz kanallar da belirginleşebilir. Bu anormal damar görünümleriyle birlikte tipik kalsifikasyonun, kemiklerde skleroz veya destrüksiyonun ve intrakraniyal basınç artımı bulgularının varlığı meninjiyom tanısını büyük bir doğrulukla koydurabilir.

Meningeal arterde belirginleşme anjiyomatöz malformasyonlarda da görülebilir.

Radyolusent lezyonlar

Kraniyum kemiklerinde radyolusent defekt oluşturan nedenlerin başında tümöral erozyonlar gelir. Ekstrakraniyal tümörlerden sfenoid sinüs karsinoması sella çevresinde; nazofarenjeal karsinom orta fossanın kemik yapılarında; glomus jugulare tümörü de juguler foramen ve petröz kemikte destrüksiyona neden olur. Diğer ekstrakraniyal tümörler ise komşuluğundaki kemikte erozyon yapabilir.

Primer kemik tümörlerinden epidermoidler hafif ekspansiyon yapan litik lezyonlar şeklindedir. Hemanjiyom oldukça nadirdir ve ışınsal çizgilenmeleri olan radyolusensi şeklindeki tipik görünümlü ile kolayca tanınır. Kordoma klivus, petröz apeksler ve bazen de sellada kemik yıkımı yapar. Birlikte nazofarenkse ve kafa tabanına uzanan yumuşak doku kitlesi görülür.

Kalvaryum kemiklerinde çok sayıda keskin ve düzensiz litik alanlar metastazı temsil eder. Miyelomatoz da benzer görünüm oluşturur. Histiyositozlardan Hand-Schüller-Christian ve Letterer-Siwe'de kafada yaygın litik defektler, eozinofilik granülomda ise daha çok tek litik defekt vardır. Nöroblastom metastazlarının ekstradural metastaz yaparak sütürlerde açılmaya neden olması tipiktir. Birlikte intraserebral metastazları da görülür. Nöroblastom orbitaya sık metastaz yapar.

İntrakraniyal tümörler komşu kemik yapılarda harabiyet oluşturur. Pituiter tümörlerin sella değişiklikleri tipiktir. Bu değişikler KİBAS'da görülenlere benzer. Ancak intrasellar tümörlerde kemik değişiklikleri daha erken ortaya çıkar ve daha belirgindir (Resim 7.8). Yavaş büyüyen intrasellar kitleler sellada balonlaşma şeklinde ekspansiyona neden olur. Ayırıcı tanı, *boş sella* ("*empty sella*") sendromu ile yapılır. Boş sella sendromunda diyafragma selladaki defekt nedeniyle, supraselar sisternadaki BOS pulsasyonu sellayı genişletir. Kesin tanı kesit görüntü yöntemleri ile konur.

Kafa tabanındaki kemiklerde erozyon ve/veya harabiyet oluşturan diğer tümörler akustik nörinom ve optik gliyomlardır. Akustik nörinom internal akustik kanal ve çevresinde optik gliyomlar ise yerleşim yerine göre optik foramende veya kiazmatik fossada erozyona neden olur.

Menenjiyomlar genellikle hiperostoz, bazen harabiyet yapar.

Tümöral nedenli olmayan fokal radyolusent görünümlerin en önemlisi osteomiyelittir. Frontal sinüs enfeksiyonlarından veya açık kırıklardan sonra gelişebilir. Kemikte yer yer litik alanlar görülür.

Posttravmatik (leptomeningeal) kistlerin yaptığı kemik defektleri de tümöral olmayan erozyonlardandır.

Bazı hastalıklarda kafa kemiklerinde radyolusensi artımı görülür. Bu durum gerçek bir erozyon değildir, genellikle sistemik olayın bir parçasıdır. Hiperparatiroidizmde kafada *miliyer osteoporoz* veya *tuz-biber görünümü* adı verilen özel bir görünüm ortaya çıkar



Resim 7.8 Normal ve genişlemiş sella örnekleri. A. Normal sella, B. Hipofiz tümörüne bağlı sellada genişleme ve destrüksiyon, C. Yavaş büyüyen intrasellar tümöre bağlı sellada balonlaşma.

(Resim 7.9). Paget hastalığında *osteoporozis sirkumskripta* denilen ve sütürlerle sınırlanmayan geniş osteoporoz alanları görülür.

Yoğunluk artımı

Kraniyum kemiklerinde kalınlaşma vardır. Kalınlaşma yaygın veya yereldir. Yaygın hiperostozis akromegalide, mermer kemik hastalığında (osteopetröz) ve Engelmann hastalığında görülür. Kleidokraniyal displazide hiperostozla birlikte sütürlerde belirgin genişlik ve Wormian kemikler izlenir (Resim 7.10). Amiyotonia konjenitada kafa kemikleri kalındır ve genellikle sella küçüktür. Cooley anemisinde kalvariyum kemiklerinde frontal bölgede daha belirgin olan hiperostoz vardır (Resim 7.11).

Bir taraf hemisferin porensefalik kist veya başka nedenlerle atrofiye olması veya iyi gelişmemesi sonucu o taraf kraniyum kemiklerinde görülen kalınlaşma ve kafada asimetri ise yerel hiperostozdur.

Hiperostoz frontalis interna adı verilen yerel hiperostoz, orta ve ileri yaşlardaki kadınlarda postmenopozal evrede görülür. Başlıca frontal bölgede iç tabulada düzensiz kalınlaşmalar şeklindedir (Resim 7.12). İki taraflıdır ve orta çizgiye yakın yerleşimdedir. Sintigrafide artmış aktivite izlenir.

Osteom diğer bir lokal yoğunluk artımı yapan nedendir. Kafa yüzeyinde yassı, keskin kenarlı fildişi osteomlar şeklinde görülür. Frontal sinüs çevresinde sıktır ve asemptomatiktir.

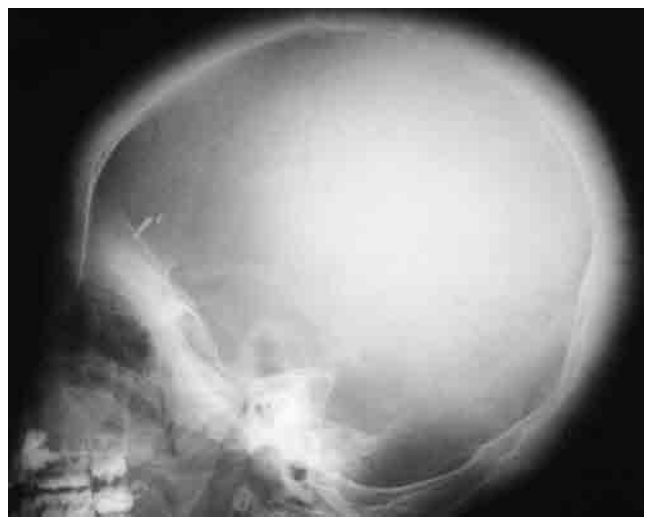
Fibröz displazi kraniyal kemiklerde, kafa kaidesinde ve yüz kemiklerinde lokalize hiperostoz yapan en sık nedenlerden biridir. *Leontiazis ossea* frontal bölgede ve yüz kemiklerindeki hiperostozun yaptığı yüz görünümüne verilen isimdir. Genellikle fibröz displazi tarafından oluşturulur. Paget hastalığında kafa kemiklerinde özel bir tür hiperostoz oluşur. Yerel hiperostoz menenjiyomların klasik yerleşme yerlerinde, parasagital veya sfenoid kanat üzerindedir. Erken evrede iç tabulayı tutar. Lezyon ilerleyince her iki tabula da tutulur. Nadiren dış tabulada ışınsal uzantılar yapar.



Resim 7.10 Kafada Wormian kemikler. Kleidokraniyal displazi.



Resim 7.9 Primer hiperparatiroidizmde kafada miliyer osteoporoz ve diş çevresinde lamina dura kaybı



Resim 7.11 Akdeniz anemisinde tabulada kalınlaşma ve skleroz.



Resim 7.12 Hiperostozis frontanis interna. Hafif şekli. Sagital sütüre komşu düzensiz kenarlı sklerotik alan görülüyor (ok)

DOĞUMSAL ANOMALİLER

Doğumsal beyin anomalileri normal anatominin bozulduğu organogenezis anomalileri ve doku yapısının bozulduğu histogenezis anomalileridir. Birçok olguda birden fazla lezyon biraradadır. Bu nedenle bir anomali saptandığında, diğer olası anomaliler araştırılmalıdır. Doğumsal anomalilerin sınıflandırılması Tablo 7.2'da sunulmuştur.

NÖRAL TÜPÜN KAPANMA DEFEKTLERİ

Anensefali olguları ölü doğar. Tanı hamilelikte yapılan US incelemelerinde konur. Orbita seviyesinin üzerinde kalvaryum yoktur.

Tablo 7.2. Doğumsal beyin anomalileri

Anomalinin türü	Anomaliler
Nöral tüp kapanma defektleri	Anensefali, Sefalosel
Divertikülasyon ve ayrılma anomalileri	Holoprozensefali, Septo-optik displazi, Korpus kallozum anomalileri
Migrasyon ve sulkasyon anomalileri	Lizensefali, Pakigiri, Polimikrogiri, Şizensefali, Heterotopi
Serebellum ve posterior fossa anomalileri	Dandy-Walker malformasyonları, Chiari malformasyonları
Nörokutanöz sendromlar	Tüberöz skleroz, Nörofibromatoz, Sturge-Weber sendromu, von Hippel-Lindau hastalığı

Bu grup içerisinde yer alan Chiari malformasyonları, posterior fossa anomalileri içerisinde incelenecektir.

Sefalosel

Meningosel meninkslerin, ensefalosel meninkslerle birlikte beyin dokusunun, ensefalosistomeningosel ise meninksler ve beyin dokusu ile birlikte ventrikülün kraniyum kemiklerindeki bir defektten dışarı fıtıklaşmasıdır. En sık oksipital bölgede görülür; frontal kesimde de görülebilir. Bu bölgelerde yumuşak doku kitleleri ile birlikte kafa kemiklerinde de defekt varsa meningosel ve ensefalosel ilk tanı olarak düşünülmelidir (Resim 7.13).

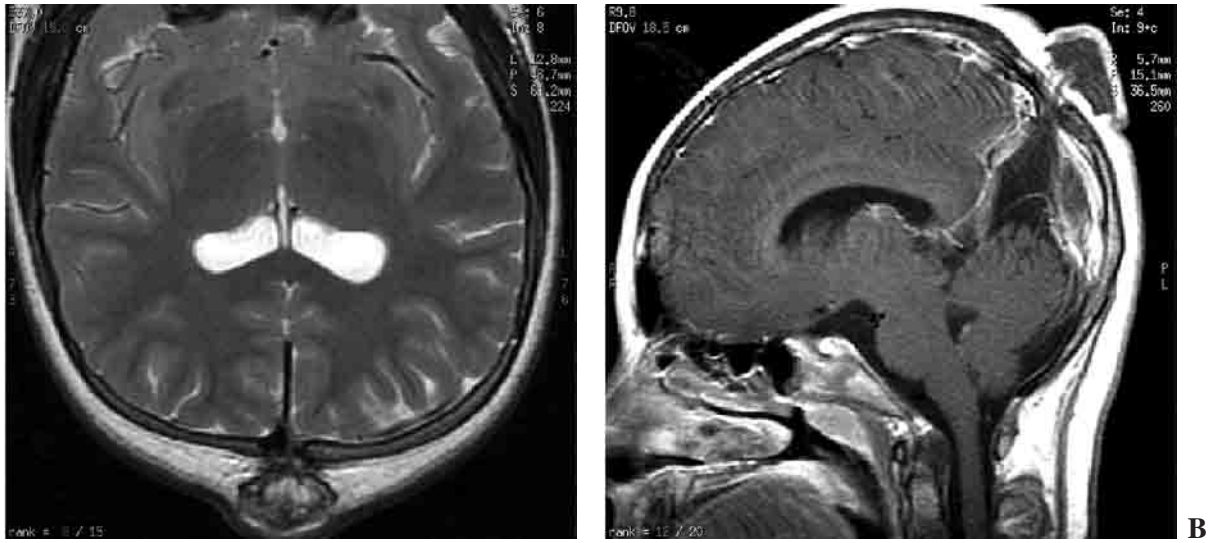
DİVERTİKÜLASYON ve AYRILMA ANOMALİLERİ

Holoprozensefali

Sorun, embriyolojik hayatta telensefalonun diensefalondan ayrılıp iki hemisfer oluşturma evresindedir. Normalde intrauterin hayatta hemisferlerin ayrılması arkadan başlar öne doğru ilerler. Etkilenme ne kadar erken ise anormallik o kadar belirgin, hemisferlerin ayrılamaması o kadar tamdır. Duraklayan gelişim evresine göre ortaya çıkan tablo, şiddetliden hafife doğru alobar, semilobar ve lobar olarak sınıflandırılır. Birlikte görülen yüz anomalileri de benzer şekilde tek göz, tek burun deliğinden hipotelorizme kadar değişen bir yelpaze gösterir. Genellikle mikrosefali görülür. Tüm olgularda septum pellisidum yoktur, korpus kallozumun ön kesimi gelişmemiştir.

Alobar şeklinde ortada tek ventrikül ve onu çevreleyen ince bir korteks vardır. Talamuslar ayrılmadığı için akuaduktus gelişmez ve buna bağlı olarak 3. ventrikülün tavanı vertekse kadar genişleyerek dorsal kist denilen büyük bir kistik yapı oluşturur. Falks serebri, korpus kallozum veya olfaktor sinir gibi orta çizgi oluşumları yoktur; anterior serebral arter tektir, süperior sagital sinüs, sinüs rektus ve internal serebral venler yoktur.

Hemisferlerdeki ayrılmanın daha geç evrede durması sonucu semilobar holoprozensefali ortaya çıkar. Serebral hemisferler posteriorda birbirinden ayrılmıştır, fakat ön kesim birleşiktir. Talamuslar da kısmen ayrılmıştır. En hafif şekli olan lobar holoprozensefalide ise sadece frontal lobların alt kesiminde füzyon vardır; bu olguları septo-optik displaziden ayırmak zordur.



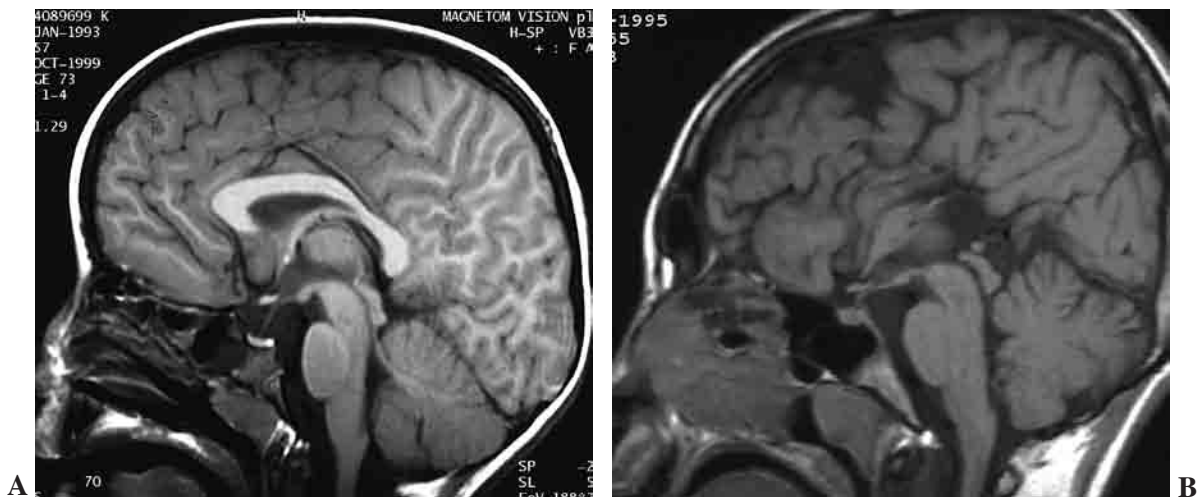
Resim 7.13 Sefalosel. A. Aksiyal T2AG, B. Sagital T1AG. Arka frontanel bölgesinde meningosel kesesi.

Korpus kallozum anomalileri (Resim 7.14)

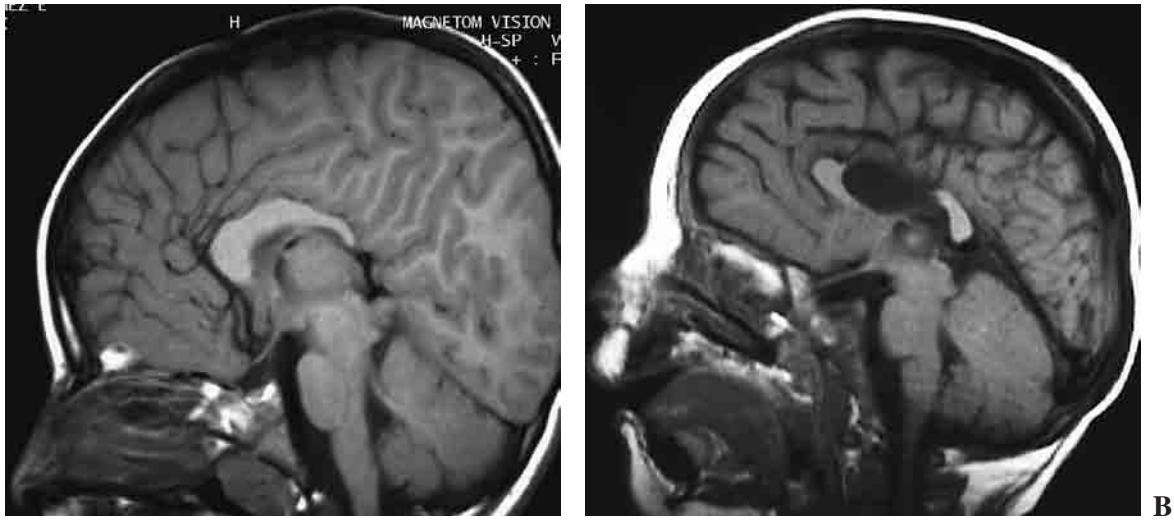
Korpus kallozum embriyolojik olarak önden arkaya doğru gelişir ve sırasıyla genu, korpus ve splenium adı verilen bölümlere ayrılır, ancak en son gelişen rostrum kesimi ön uçta yer alır. Korpus kallozumun agenezisi tam veya kısmi olabilir (Resim 7.15). Kısmi agenezide, korpus kallozumun gelişim sırasına uygun olarak ön kesim vardır, arka kesim görülmez. Korpus kollazumun arka kesimi varken ön kesiminin bulunmaması ageneziye bağlı olamaz; holoprozensefali gibi doğumsal veya enfarkt gibi edinsel bir sebebi vardır.

Korpus kallozum agenezisinin kesit görüntüleme bulguları oldukça tipiktir. Yan ventriküller birbirinden ayrılır, içe konkav ve birbirlerine paralel hale gelirler, trigonları ve arka boynuzları genişler; ön boynuzlar koronal kesitlerde *öküz boynuzu* şeklini alır (Resim 7.16). Oksipital boynuzların orantısız genişlemesine *kolposefali* adı verilir (Resim 7.17). Üçüncü ventrikül yan ventriküllerin arasından yukarıya doğru yükselmiştir. Singulat girus şekillenemez; sagital kesitlerde komşu giruslar merkeze doğru araba tekerleğine benzer şekilde konverjans gösterirler.

Bazen interhemisferik araknoid kistle ve/veya lipomla birlikte görülür (Resim 7.18). Lipom genellik-



Resim 7.14 Korpus kallozum. A. Normal, B. Agenezi. Korpus kallozum görülmüyor. Singulat girus yok. Paryetal giruslar vertikal pozisyonda ve araba tekerleği görünümünde.



A B

Resim 7.15 Korpus kallozumun kısmi disgenezisi. A. Doğumsal nedenli kısmi agenezi. Korpus kallozumun arka kesimi yok. B. Edinsel disgenezi. Korpus kallozumun posterior kesimi varken gövdesi yok. Muhtemelen erken dönemde geçirilmiş enfarkta bağlı.

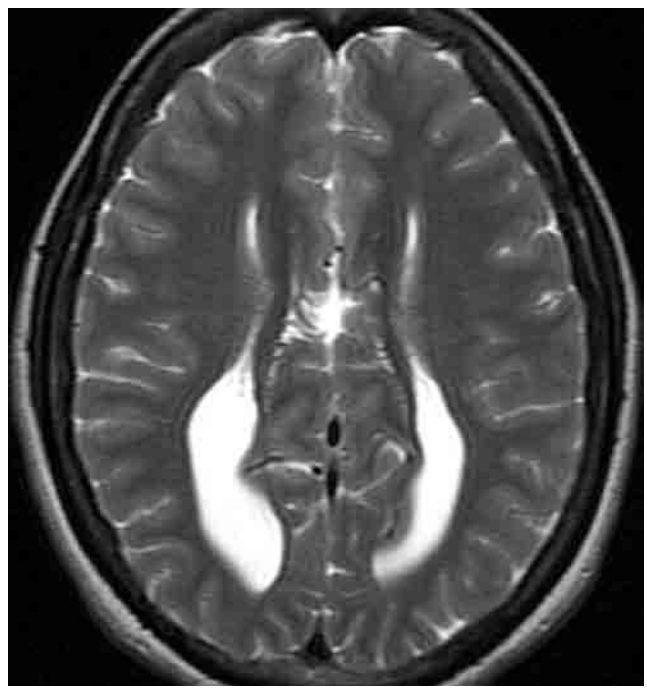
le genu kesiminde oturur ve çevresinde kalsifikasyon görülebilir.

Septo-optik displazi

Septum pellisidum yoktur, optik sinir ve kiazma hipoplaziktir. Lobar holoprozensefalinin hafif bir formu gibidir. Koronal kesitlerde yan ventriküllerin anterior boynuzları birleşmiştir, tavanı horizontal bir çizgi şeklindedir, alt uçları sivridir; görünümü iki köklü molar dişe benzer. Olguların yaklaşık %70'inde hipotalamik/pitüiter disfoksiyon vardır. Birlikte nörohipofiz ektopisi görülebilir.



Resim 7.16 Korpus kallozum agenezisinde koronal kesit. Yan ventriküllerin ön boynuzlarının öküz boynuzuna benzer görünümü.



Resim 7.17 Korpus kallozum agenezisinde aksiyal kesit. Yan ventriküller birbirinden uzak ve birbirine paralel konumda. arka boynuzlar genişlemiş (kolposefali).



Resim 7.18 Korpus kallozum agenezisi ve lipom. Septum pellisidum lokalizasyonunda kenarlarında kalsifikasyon bulunan hipodens lipom görünümü. Ön boynuzlar birbirinden ayrılmış, yan ventriküller paralel konumda ve belirgin kolposefali.

NÖRONAL MİGRASYON ve SULKASYON ANOMALİLERİ

Nöroblastların subependimal germinal matristen korteksteki normal yerlerine göçleri sırasında ortaya çıkan anormalliklerdir. Ortak özellikleri korteks kalınlığının artması, kıvrımlanmasının ve yapılanmasının bozuk olmasıdır. Genellikle fokal nöbete yol açarlar.

Lizensefali

Nöronal göçün durması sonucu girus ve sulkuslar oluşmaz (agiri) (Resim 7.19). Sözcüğün anlamına uygun şekilde beyin yüzeyi düzdür, sulkuslar gelişmemiştir. Korteks kalınlaşmıştır, beyaz cevher görece olarak az yer kaplar; beyaz-gri cevher sınırındaki interdijitasyon kaybolmuş, sınır düz hale gelmiştir. Silviyan fissür ve silviyan sisterna gelişmediği için aksiyal kesitlerde beyinin görünümü 8 sayısına veya kum saatine benzer. Tam olmayan lizensefalide yer yer pakigirik kesimler görülür. Yan ventriküller genişlemiştir, kolposefali mevcuttur.

Pakigiri

Kalın, düz korteks anlamındadır. Giruslar kaba ve enlidir, sayıları azalmıştır; sulkuslar sığdır. Gri-beyaz

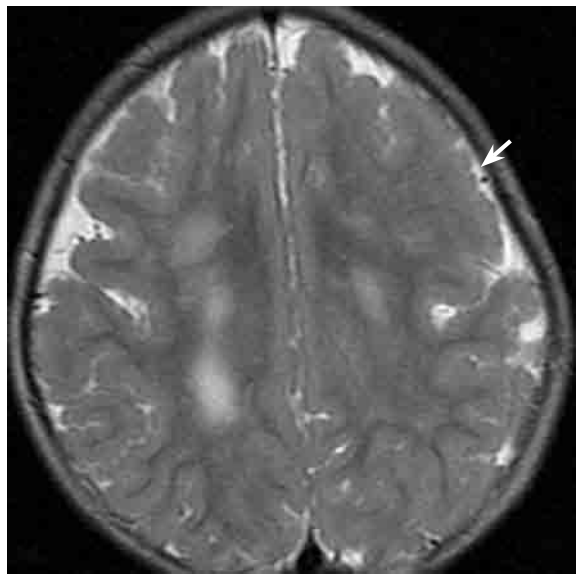


Resim 7.19 Lizensefali. Korteks kalın, giruslar gelişmemiş. Aksiyal kesitte 8 rakamına veya kum saatine benzer görünüm.

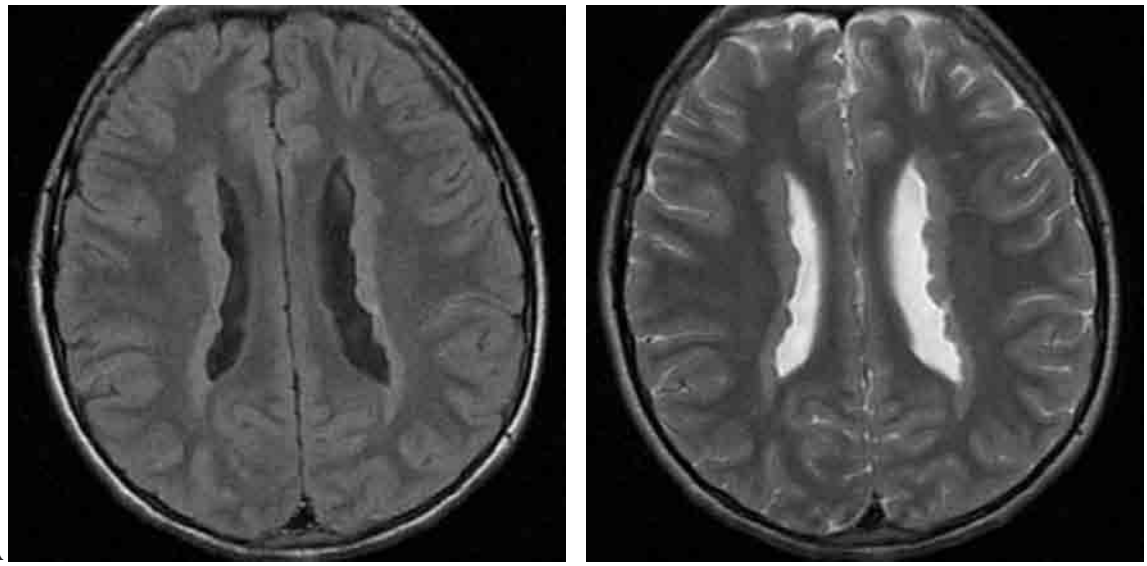
cevher sınırı düzdür, beyaz cevher görece azalmıştır. Pakigrik alanlar bölgeseldir, çevresindeki giruslar normal veya lizensafelide olduğu gibi agiriktir.

Polimikrogiri

Pakigirinin tersine giruslar çok küçüktür ve sayıları artmıştır (Resim 7.20). Sulkuslar sığdır ve gelişigüzel dağılmışlardır. Çıplak gözle beyin yüzeyi *arnavut kal-*



Resim 7.20 Polimikrogiri. Sol frontoparyetal bölgede, sulkuslarda sığlaşma ve beyin yüzeyinde mikronodüler görünüm (ok).



Resim 7.21 Heterotopi. A. FLAIR görüntüsü. B. T2AG. Yan ventriküllerin dış duvarlarını çevreleyen ve ventrikül kenarında düzensizlik oluşturan gri cevher şeridi.

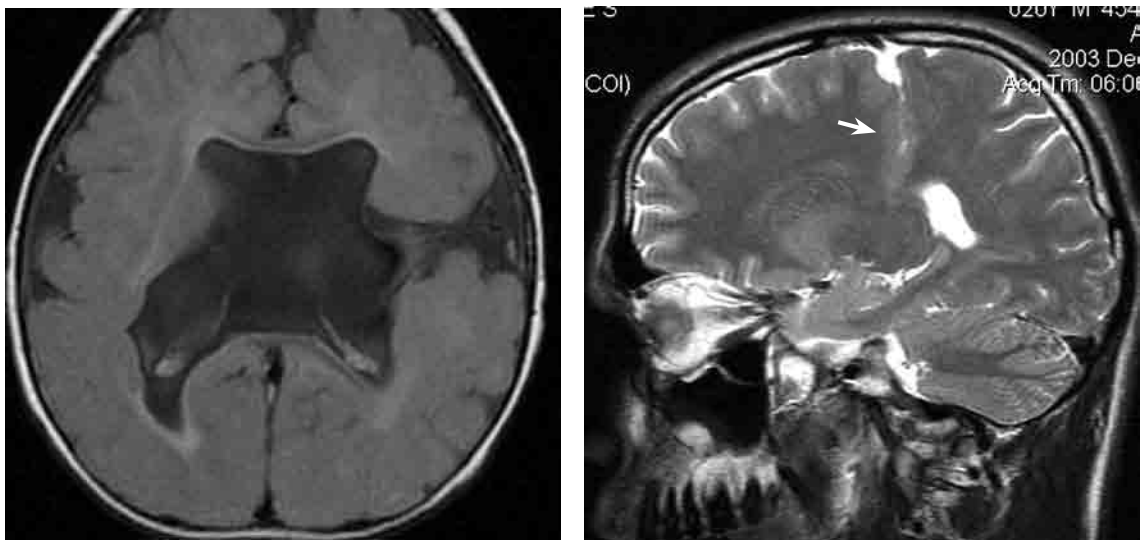
dırımı gibidir. Genellikle fokaldir ve en sık silviyan fissürün arkasında görülür. Şizensefalinin yarığındaki korteks, genellikle mikrogiriktir. Kesit görüntülerde tutulan kesimde korteks testere dişi gibi görülür, gri-beyaz cevher sınırı da benzer şekilde düzensizdir.

Nöronal heterotopi

Nöronal göçün durması sonucu beyaz cevher içerisinde gri cevher alanlarının kalmasıdır. Beyaz cevher içerisinde nodüler yapılardan oluşan gri cevher alanları vardır. Ventriküle komşu yerleşimde olanlar, ventrikül içerisine doğru tümseklenme oluşturur (Resim 7.21). Kontrast tutmamaları ve tipik görünümleri ile tanınmaları kolaydır. Bazen beyaz cevherin ortasında, beyaz cevheri ikiye ayıran bir gri cevher bandı şeklindedir. Bu şekline *laminer heterotopi* veya *bant heterotopisi* adı verilir.

Şizensefali

Gri cevherle çevrelenmiş ependimden piaya uzanan bir yarıktır. İki taraflı da olabilir (Resim 7.22). Genellikle silviyan fissür seviyesindedir. Yarık BOS içerecek şekilde açık veya kapalı olabilir. Yarığın kenarlarındaki korteks genellikle mikrogiriktir.



Resim 7.22 Şizensefali. A. Açık, B. Kapalı tipi. Yarığın her iki tarafında ince mikrogrik gri cevher görülüyor (ok).

SEREBELLUM VE POSTERİOR FOSSA ANOMALİLERİ

Dandy-Walker malformasyonları

Gelişim şekli tam olarak bilinmez. Serebellumun ve IV. ventrikülün gelişiminde bir anormallik olduğu veya Magendi ve Luschka foramenlerinin agenezisi sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Kesit görüntülerinde orta çizgide vermis hipoplazisi veya agenezisi, dördüncü ventrikülün kistik dilatasyonu ve posterior fossada genişleme ile karakterizedir (Resim 7.23). Serebellum hipoplaziktir. Tentorium, torkula ve transvers sinüs, lambdoid sütürün süperiorundadır. Birlikte korpus kallozum agenezisi sıktır. Olguların %75'inde hidrosefali gelişir.

Dandy-Walker variyantında bulgular hafiftir. Serebellar ve vermiyan hipoplazi belirgin değildir. Posterior fossa genişlemez. IV. ventrikülde kistik dilatasyon yoktur ve bazal sisternalar ile ilişkilidir. Bu ilişkinin aksiyal kesitlerdeki görünümü *anahtar deliğine* benzetilmiştir. Hidrosefali beklenen bir bulgu değildir.

Dandy-Walker malformasyonlarının ayırıcı tanısında megasisterna magna ve retroserebellar araknoid kisti göz önünde bulundurmalıdır. Araknoid kistte bası bulguları vardır. Posterior fossadaki kistik yapıların ayırıcı tanıları ancak kist duvarının histolojik yapısına bakarak yapılabilir. Bu nedenle posterior fossa kistlerinin radyolojik olarak isimlendirilmesinin yanlış olacağı, yapılması gereken şeyin kistin yerleşim yeri ve çevre etkilerini tanımlamak olduğu belirtilmektedir.

Chiari malformasyonları

Dört tip Chiari malformasyonu vardır.

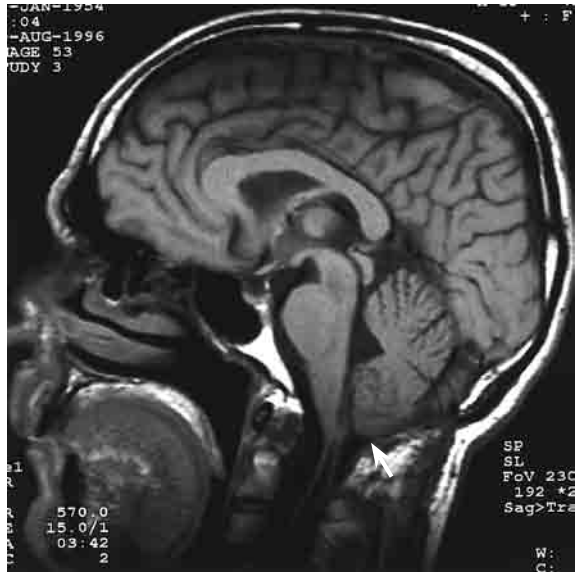
Tip I: Serebellar tonsiller, foraman magnumdan aşağıya doğru yer değiştirmiştir. Tonsillerin alt kenarının foramen magnumun ön kenarı (basion) ile arka kenarını (opistion) birleştiren çizginin altına 6 mm'den daha fazla inmesi tanı koydurur. Asemptomatiktir, ancak bazen başağrısı ile birlikte olabilir. Olguların %60-70'inde hidrosiringomiyeli görülür (Resim 7.24); kranioservikal bileşke anomalilerinin görülme sıklığı artar.

Tip II: En sık görülen şeklidir. Yenidoğanda ve bebeklik döneminde ortaya çıkar. Arnold-Chiari malformasyonu adı da verilir. Olguların %90'ına miyelomeningosel eşlik eder, %90 olguda hidrosefali, %80-90 olguda korpus kallozum agenezisi ve %50 olguda siringomiyeli vardır.

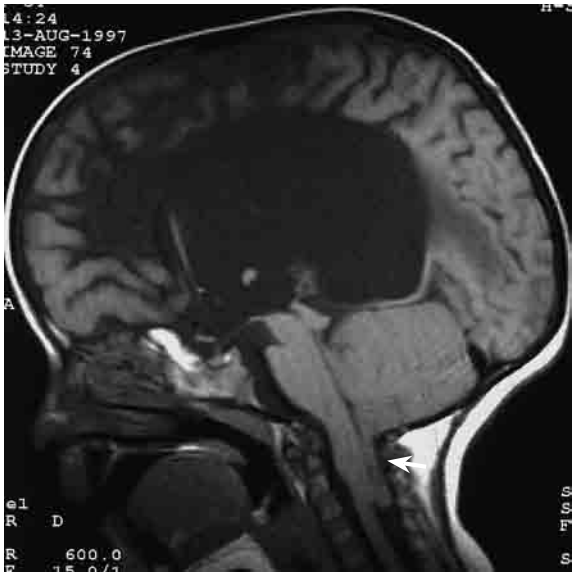
Posterior fossa küçüktür, beyin sapı aşağı doğru yer değiştirir; serebellar tonsiller, inferior serebellum ve medülla oblongata aşağı doğru servikal kanala iner (Resim 7.25). Buna bağlı olarak servikomedüller bileşke keskin bir kıvrım yapar. Foramen magnum geniştir, IV.ventrikül foramen magnum seviyesinde veya daha aşağıdadır. Tentorium normalden aşağıdadır; tentoriumun hipoplazisine bağlı olarak tentoriyal



Resim 7.23 Dandy-Walker malformasyonu. Posterior fossada büyük kistik yapı. Serebellar vermis hipoplazik. Kistik yapının basıncına bağlı olarak posterior fossa genişlemiş. Torküler herofili yukarı pozisyonda.



Resim 7.24 Tip I Chiari malformasyonu. Serebellar tonsil aşağı lokalizasyonda. Birlikte servikal omurilikte hidrosiringomyeli (ok).



Resim 7.25 Tip II Chiari malformasyonu. Serebellum hipoplazik deforme ve aşağı lokalizasyonda, 4. ventrikül silinmiş ve serebellumun tonsilleri servikal bölgeye herniye (ok). Birlikte hidrosefali mevcut.

hiatus belirgin şekilde genişlemiş olabilir ve buradan süperior vermis yukarı doğru herniye olur. Bu anormalliğin sagital kesitlerdeki görünümüne *kule serebellum* denir. Serebellar hemisferler her iki yandan ponsu sararak aksiyal kesitlerde *melek kanadı görünümü* oluşturur. Serebello-pontin sisternalar ve sisterna magna görülmez.

Supratentorial bölgede falks serebri hipoplazik veya penetredir. Buna bağlı olarak interhemisferik fissürde interdijitasyon denilen sulkus ve giruslarının dişli görünümü ortaya çıkar. Sıklıkla oksipital lobların mediyal kenarında stenogiri adı verilen anormal girus yapısı görülür. Tektum sivrileşmiş gaga şeklini almıştır. Massa intermedia belirgindir. Yan ventrikül çok, üçüncü ventrikül daha az genişler. Yan ventriküllerin arka boynuzları daha geniştir (kolposefali). Önde frontal boynuzun alt kesimi gittikçe incelerek sonlanır. Frontal boynuzların koronal kesitlerdeki görünümü *yarasa kanadına* benzetilmiştir.

Kalvaryum kemiklerinde büyük çocuklarda daha iyi izlenen kemik anomalileri sıktır. Bunlar laküner kafa, klivus ve petröz kemikte *oyuklanma ("scalloping")* ile geniş ve deforme foramen magnumdur.

Tip III: Tüm arka beyin ektopiktir. Serebellum yüksek tip servikal meningoselin içerisindedir.

Tip IV: Şiddetli serebellar hipoplazi vardır. Tip III ve IV çok nadirdir. Chiari malformasyonu pratik olarak sadece Tip II'dir.

NÖROKÜTANÖZ SENDROMLAR

Fakomatoz veya nöro-ektodermal displazi olarak da isimlendirilir. Sinir sistemi ile birlikte ektodermden gelişen deri, retina gibi yapılar tutulur. Genellikle çocukluk çağında ortaya çıkan herediter anomalilerdir. Bunlardan aşağıdaki dört tanesi daha sık görülür:

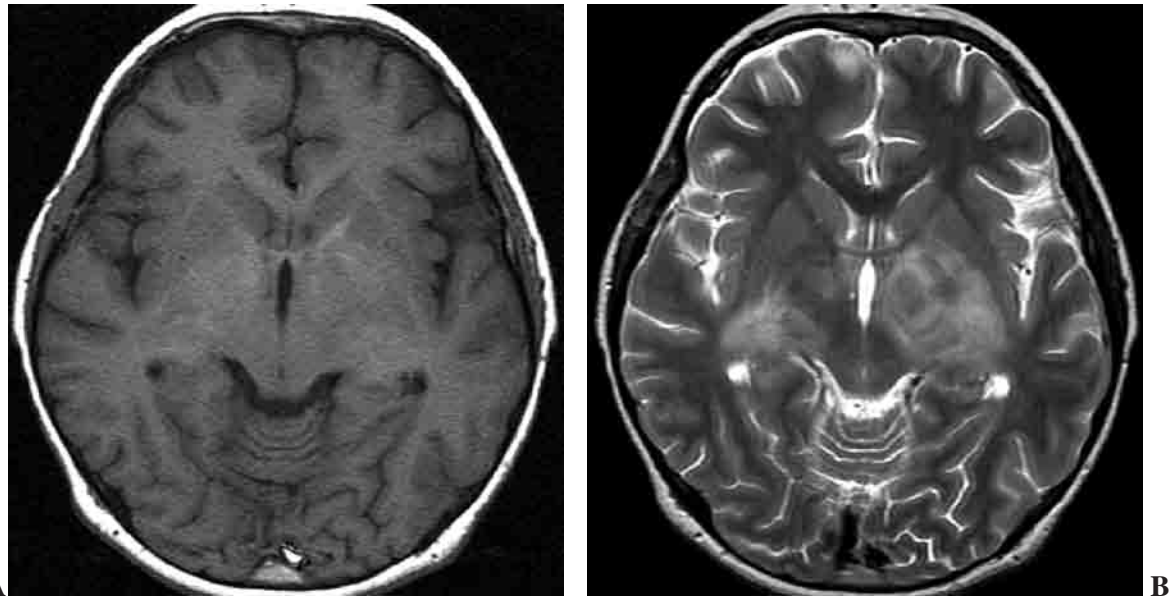
Nörofibromatoz (NF)

Sadece nöroektodermi ve mezodermi değil, endodermi de tutan ve bulguları organizmanın her organında ve bölgesinde görülebilen; muhtemelen nöral krest orijinli, olguların yarısı otozomal dominat geçişli herediter, diğer yarısı spontan mutasyonla gelişen hamartomatöz bir hastalıktır. Hastalık özellikle iskelet sistemini tutan displaziler ve neoplazik gelişmelerle kendini gösterir. Sekiz tipi tanımlanmıştır. En sık ilk iki tipi (NFl ve NF2) görülür.

NF1 (periferik nörofibromatozis, von Recklinghausen hastalığı) olguların %90'ınını yapar. Deride *sütlü kahve ("cafe au lait")* renginde pigmentasyonlar ve iriste Lirsch nodülleri vardır. %33 olguda görülen pleksiform nörofibromlar NF1 tanısı koydurur. Genellikle V. kraniyal sinir boyunca uzanan salkım şeklinde, belirgin kontrast tutan kitlelerdir. Olguların %10'unda sarkomatöz dejenerasyon gelişir. Olguların %80-90'ında beyinde bazal gangliyonlar, dentat nükleus ve beyaz cevher yerleşim yerlerinde, T1AG'de seçilemeyen, T2AG'de hiperintens hamartomatöz lezyonlar görülür (Resim 7.26). Bu lezyonların yer kaplayan etkisi yoktur, çevrelerinde vazojenik ödem bulunmaz ve genellikle kontrast tutmazlar. En sık görülen malign tümörler optik sinir gliyomu ve düşük greydli beyin sapı gliyomlarıdır.

Kraniyumda makrokrani, orbita duvarının bir kesiminin yokluğu, sfenoid kemiğin kısmen veya tamamen yokluğu, lambdoid ve sagital sütür çevrelerinde kemik defektleri gibi bulgular izlenebilir. Omurgada kifoz, kifoskolyoz, meningosel, araknoid kistleri ve interkostal sinirlerin nörofibromları görülür (Resim 7.27). Dural ektazi ve bunlara bağlı olarak nöral foramenlerde genişleme ve vertebraların posterior yüzlerinde *oyuklanmalar* görülür. Ekstremite kemiklerinde aşırı büyüme ve kemiklerin incelmesi ile subperiostal kanamalar, konjenital eğilmeler ve psödoartroz gelişebilir.

Renal arter stenozu, abdominal aort koarktasyonu, serebral damarlarda daralma, pulmoner stenoz ve konjenital kalp anomalileri de nörofibromatoza eşlik edebilir. İlerleyici akciğer fibrozu gelişebilir. Hastalıkta, birçok tümörün görülme sıklığı artmıştır.



Resim 7.26 Nörofibromatoz tip I. Beyinde hamartomatöz lezyonlar A. T1AG, B. T2AG. T2AG'de bazal çekirdek, talamus ve beyin sapında heterojen hiperintens görülen lezyonlar. T1AG'de seçilemiyor.

NF2 (santral nörofibromatoz) genellikle yetişkin dönemde ortaya çıkar. Optik gliyom ve iskelet displazisi görülmez. İki taraflı vestibuler schwannom patognomonik bulgusudur; diğer kraniyal sinirlerde de görülebilir. Sıklıkla birden fazla sayıda menenjiyom gelişir (Resim 7.28). Genel olarak NF1'de lezyonlar nöronlardan ve astrositlerden kaynaklanır; NF2'de ise schwann hücrelerinden ve meninkslerden çıkar.

Tüberöz skleroz (Bourneville hastalığı)

Adenoma sebaseum, epilepsi ve mental retardasyon üçlüsü ile karakterize heredofamilyal bir hastalıktır. Birçok organda hamartomlar görülür.

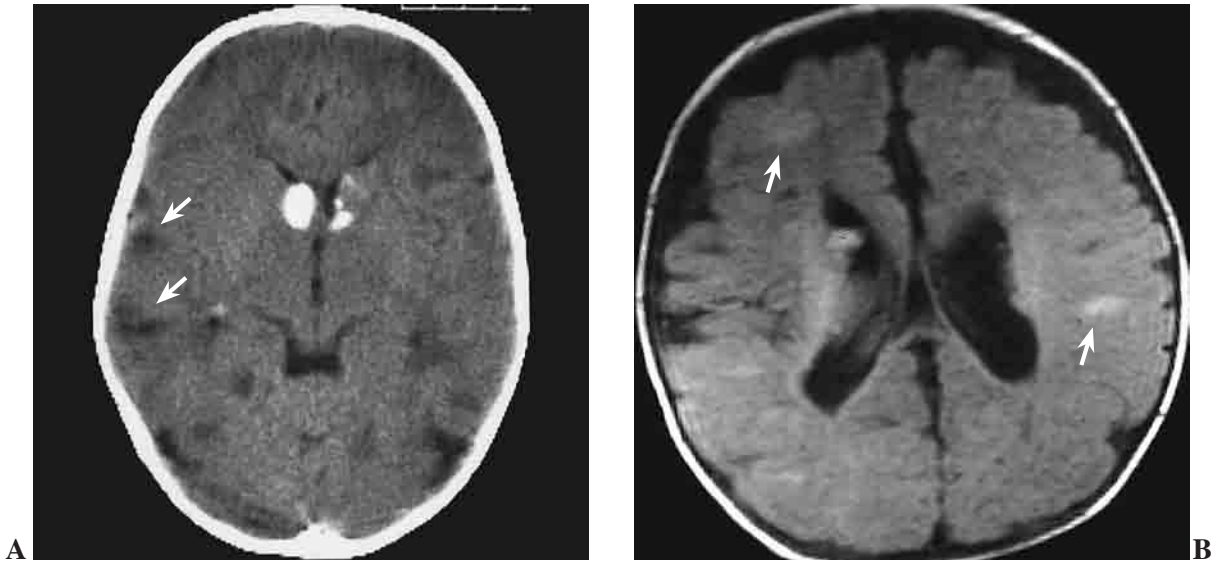
Hastalığı karakterize eden bulgu tüberlerdir. Tüberler anormal nöron ve astrosit içeren hamartomatöz lezyonlardır. Tipik olarak kortikal ve subependimal yerleşimdedırlar ve her olguda bulunur. BT'de ventri-



Resim 7.27 Nörofibromatoz tip I'li olguda her iki tarafta intervertebral foraminaya uzanan nörofibrom görünümleri (ok).

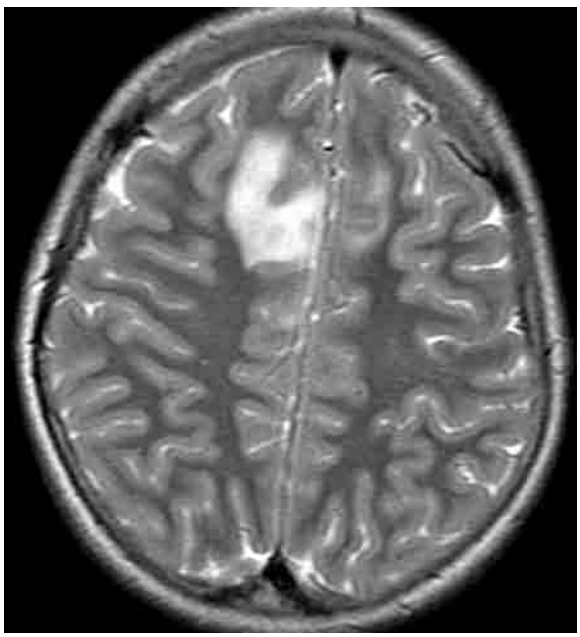


Resim 7.28 Nörofibromatoz tip II'li olguda parasagital menenjiyomlar ve sağda akustik nörinom. (vestibuler schwannom). Kontrastlı T1AG



Resim 7.29 Tüberöz skleroz. A. BT. Foromen Monro seviyesinde iki taraflı kalsifiye tüber görünümü. Ayrıca beyinde displastik bölgelere ait hipodens görünümler (ok). B. FLAIR görüntüsü. Ventrikül içine projekte olan tübere ait görünüm. Beyaz cevher içerisinde displastik bölgelere ait hiperintes görünümler izleniyor (ok).

küller çevresine yerleşmiş, sıklıkla kalsifiye, izodens ve hiperdens nodüller şeklinde görülürler (Resim 7.29). Kontrast tutma özellikleri değişkendir, ancak genellikle kontrast tutmazlar. Kalsifiye olduklarında ayırıcı tanı TORCH enfeksiyonları ile yapılır. Beyindeki displastik bölgeler hipodens görülür (Resim 7.30). Bazı olgularda serebral atrofi ve kalvaryum kemiklerinde kalınlaşma vardır.



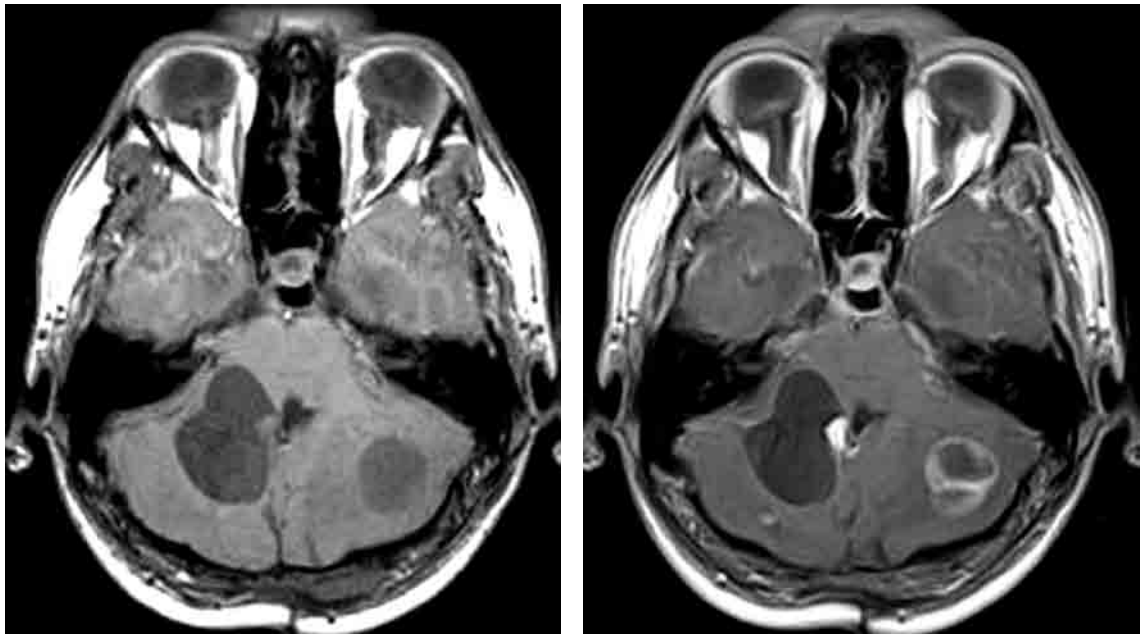
Resim 7.30 Tüberöz skleroz. Sağ frontal beyaz cevherde hiperintens tüber ile uyumlu displastik alan.

Olguların %5-15'inde genellikle yavaş büyüyen subependimal dev hücreli astrositom gelişir. Bu tümör en sık foramen Monro yerleşiminde görülür ve hidrosefaliye neden olabilir. Kontrast tutan ve kalsifikasyon gösterebilen kitleler şeklindedir. Bu tümörleri radyolojik görünümü ile hamartomlardan ayırmak olanaksızdır; tek ölçüt tümörün büyümesidir.

Tüberöz sklerozlu olguların yarısında genellikle iki böbrekte ve birden çok sayıda anjiyomiyolipomlar ve kistler görülür. Birçok kemikte kemik adacıkları, kistik lezyonlar ve uzun kemiklerde periostal kalınlaşmalar görülebilir. Torkasta görülebilecek lezyonlar pulmoner lenfanjiyoleyomyomatozis, spontan pnömotoraks, şilotoraks, kardiyak rabdomiyom ve aort anevrizmasıdır.

von Hippel-Lindau hastalığı

Serebelloretinal hemanjiyoblastomatoz olarak da bilinir. Otozomal dominant geçişlidir. Retina, serebellum ve omurilikte hemanjiyoblastomlar vardır. Beyindeki lezyonlar 30 yaş civarında bulgu verir; kontrast tutan mural nodüllü kistik kitleler şeklindedir. Mural nodül daima subpial yerleşimdedir. Lezyonlar çok küçük ve birden çok sayıda olabilir (Resim 7.31). Hemanjiyoblastom von Hippel-Lindau hastalığı olmadan da görülebilir; bu durumda lezyon genellikle tektir ve supratentoriyal yerleşimlidir.



Resim 7.31 Von-Hippel-Lindau hastalığında serebellar hemanjiyoblastomlar. A. T1AG. Sağ serebellar hemisferde kistik yapı ve kenarında mural nodül görülüyor. Sol hemisferde daha küçük hipointens bir kitle görünümü. B. Kontrastlı T1AG'de sağdaki kistik yapıda mural nodül belirgin kontrast tutuyor. Soldaki kitlenin çevresi kontrast tutuyor, mural nodülü yok.

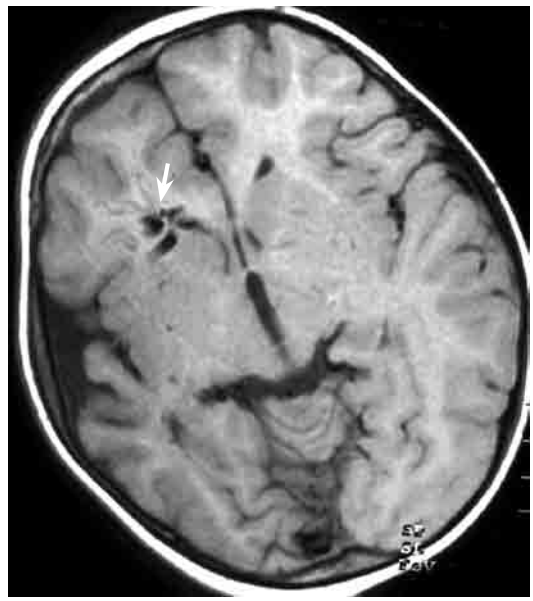
Olguların yaklaşık yarısında renal hücreli karsinom gelişir; birlikte basit kistler de görülür. Olguların %15'inde, yarıya yakını iki taraflı olan adrenal feokromositom gelişir. Pankreas, karaciğer, dalak ve epididimde basit kistler görülebilir, pankreasta ayrıca kistadenokarsinom ve "islet" hücreli tümörler gelişebilir.

Hastalık riski taşıyanlar klinik ve radyolojik olarak izlenmelidir. Bu olgularda 5 yaşından itibaren yıllık retinal inceleme, 15 yaşından itibaren ise 2 yılda bir beyin ve karın tomografisi yapılmalıdır.

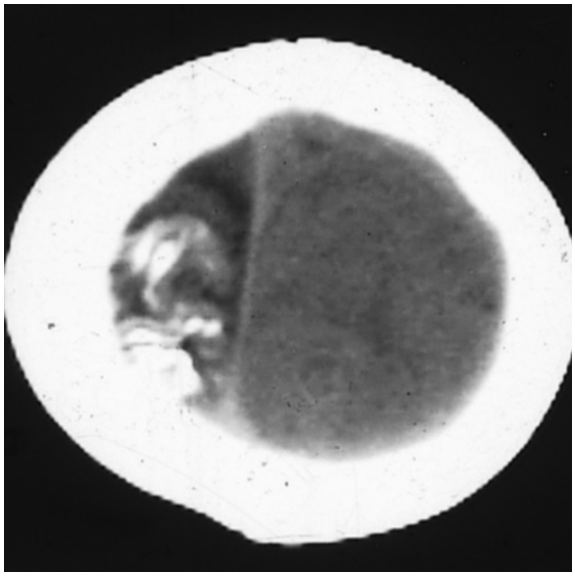
Sturge-Weber sendromu

Ensefalo-trigeminal anjiyomatoz adı da verilir. Hastalık trigeminal sinirin oftalmik dalını izleyen nevüsler, mental retardasyon ve epilepsi ile karakterizedir. Temporoparyetooksipital bölgeyi tutan leptomenenjeal anjiyomatoz görülür. Lezyonun bulunduğu bölgede giral yüzey kontrast tutar. Bu vasküler malformasyonun bulunduğu kesimde yüzeyel kortikal venler yoktur, akım derin venöz sisteme döner. Artan kan akımı nedeniyle medüller ve subependimal venlerde dilatasyon, aynı taraf koroid pleksusta genişleme görülür (Resim 7.32).

Pial anjiyomların komşuluğundaki kortekste genellikle 2 yaşından sonra ortaya çıkan, iskemiye bağlı tren rayı şeklinde giral distrofik kalsifikasyonlar izlenir (Resim 7.33). Bu kalsifikasyonlar posteriordan başlar ve öne doğru ilerler. Tutulan hemisfer atrofiktir; bunu kompanse etmek için aynı tarafta tabula kalınlaşır ve paranazal sinüsler genişler.



Resim 7.32 Sturge-Weber sendromu. T1AG. Sağ hemisfer atrofik. Frontal boynuz çevresinde genişlemiş medüller venler (ok).



Resim 7.33 Sturge-Weber sendromu. BT'de sağ hemisferde belirgin atrofi ve tren rayı görünümünde giral kalsifikasyonlar. Hemisferdeki atrofi nedeni ile sağ kalvaryal kemikler daha kalın.

KRANİYAL TRAVMA

Travmaya bağlı beyin hasarı birincil ve ikincil olmak üzere ikiye ayrılır. Birincil hasar doğrudan travmaya bağlı olarak gelişir. Epidural, subdural, subaraknoid ve intraventriküler kanama; difüz aksonal hasar, kortikal kontüzyon, intraserebral hematom, subkortikal gri madde hasarlanması ve beyin damarlarının doğrudan yaralanması birincil hasardır. İkincil hasar primer hasarın etkisine bağlı olarak gelişir ve genellikle kitle etkisi veya damarsal hasara bağlıdır. Beynin şişmesi ve herniyasyonu, hidrosefali, iskemi ve enfarkt, BOS sızıntısı, leptomeningeal kist ve ensefalomalazi de ikincil beyin hasarını oluşturur.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Amaç, nörolojik bulgu gelişmeden önce tedavi edilebilir lezyonları saptamaktır. Bu iş için BT en uygun yöntemdir. Görece olarak acil şartlarda kolay ulaşılabilen bir yöntemdir; hızlıdır, kanamaları duyarlılıkla saptar, travmanın yüzdeki hasarını da gösterir. Monitörize edilmesi gereken hastaların incelenmesinde MR gibi sorun oluşturmaz.

BT

Travmada BT görüntüleri değişik pencerelerde incelenmelidir. Beyin dar pencere ile incelenir. Ekstraaksiyal sıvı birikimleri biraz daha geniş pencerede daha belirgin olarak görülür. Kemikler için daha geniş pencereleme gerekir. Kesitler ortalama 5 mm kalınlığında ve aralıksız olarak ardışıktır. Orbita, yüz kemikleri ve kafa kaidesinde daha ince kesitler alınablilir. Kanamayı maskeleyebileceği için İV kontrast kullanılmamalıdır. Şuursuz hastalarda kraniyoservikal bölge incelemeye dahil edilmelidir; düz röntgenogramlarda görülemeyen kırıklar saptanabilir.

MR

İnceleme süresinin uzunluğu, monitörize hastaların incelenmesinde sorun oluşturması ve kemik ayrıntıyı iyi gösterememesi nedeniyle akut travmada tercih edilmez. Buna karşılık yöntem, akut epidural ve subdural hematomu BT kadar, hatta daha duyarlı olarak saptar. MR'nin travmada üstün olduğu noktalar şunlardır: 1) Kanamalı olmayan beyin hasarı, 2) Beyin sapı hasarı: Akut, subakut ve kronik kanamalar (FLAIR ve GRE sekansları ile), 3) Akut ve kronik nöron hasarı: DAG ve DTI sekansları ile, 4) Travmanın subakut ve kronik evreleri, 5) Nörolojik bulguları BT ile açıklanamayan akut travma olguları.

Paralel görüntüleme, daha hızlı sekans, geliştirilmiş monitör sistemi ve aygıtların gittikçe yaygınlaşması nedeni ile akut travmanın incelenmesinde MR'nin rolü gittikçe artmaktadır.

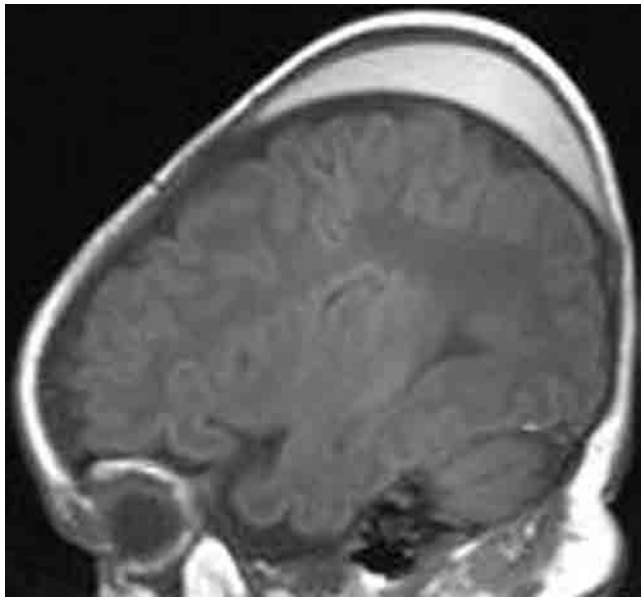
Kraniyum röntgenogramları

Kırıklar saptanabilir, ancak kırık ile hastanın kliniği arasında bir ilişki yoktur. Travmada radyolojik incelemenin yapılıp yapılmayacağına karar verdirecek olan, hastanın bulgularıdır. Bu nedenle adli olgular dışında kraniyum röntgenogramlarının kafa travmasının radyolojisinde yeri yoktur.

SAÇLI DERİ ve KEMİKLER

Saçlı deri lezyonları

Saçlı deri hematomları kırıklara eşlik edebileceği gibi kırık olmadan da görülebilir. Travmalarda skalpta yabancı cisim de bulunabilir. Sefal hematom, yenidoğanda doğum travmasına bağlı kalvariyum kemiklerindeki subperiostal kanamaya verilen isimdir. Paryetal kemiklerde görülür ve röntgende sütür sınırında duran yumuşak doku şişliği şeklindedir (Resim 7.34).



Resim 7.34 Yeni doğanda subperiostal kanamaya bağlı sefal hematom. T1AG. Kan hiperintens görülüyor

Kırıklar

Kraniyum kırıklarının gösterilmesi adli tıp ve akademik yönden önem taşır. Kırığın varlığı ve derecesi ile hastanın kliniği arasında genellikle bir ilişki yoktur.

Kafa kırıkları çizgisel kırıklar ve çökme kırıkları olarak ikiye ayrılır (Resim 7.35). En sık, ayrılma göstermeyen çizgisel kırıklar görülür. Çizgisel kırıklar radyolusent çizgiler şeklindedir. Özellikle kesit düzlemine paralel olanların BT ile saptanması zor olabilir.

Çökme kırıklarında çöken parçaların ışına daha dik gelmesi nedeniyle yer yer yoğunluğu artmış alanlar görülür. BT ile saptanmaları daha kolaydır ve altındaki beyin dokusunda kontüzyon bulguları vardır. Kraniyum içerisinde hava olması (pnömosefali) açık kırıklarda ve/veya paranazal sinüsleri de içine alan kırıklarda görülür. İnceleme kemik algoritmi ile yapılırsa kemiğe ait daha çok ayrıntı görülebilir. Röntgenogram istenirken kırık olduğu düşünülen tarafın yanı istenmelidir. Çökme kırıklarında çökmenin derecesi en iyi tanjansiyel pozisyonda gösterilir.

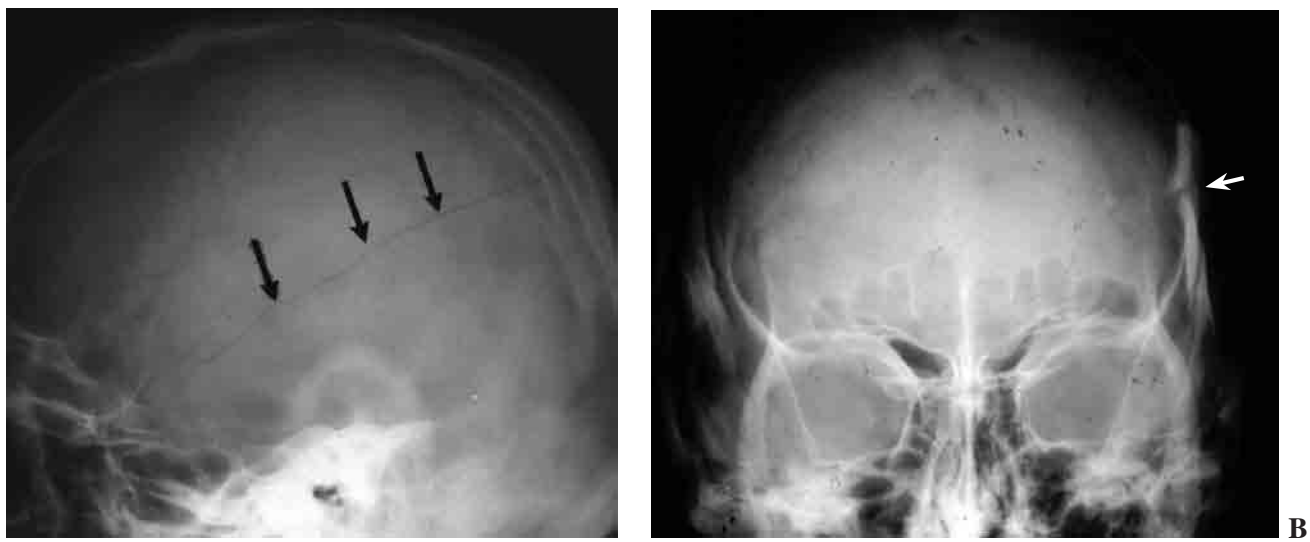
Kafa kırıklarında iyileşme yavaştır. Kırık çizgisinin kaybolması için dört yıl veya daha uzun bir süre gerekebilir.

Leptomeningeal kist

Çocuklarda kraniyum kırıklarında meninksler de yırtılırsa BOS subaraknoid aralıktan kırığın altındaki bölgeye geçerek bir kist oluşturur. Buna post-travmatik kist veya leptomeningeal kist adı verilir. Bu kist zamanla üzerini örten kemiği aşındırarak geniş bir kemik defektine neden olur. Travmanın hafif olduğu veya unutulduğu durumlarda tanı koymak zor olabilir.

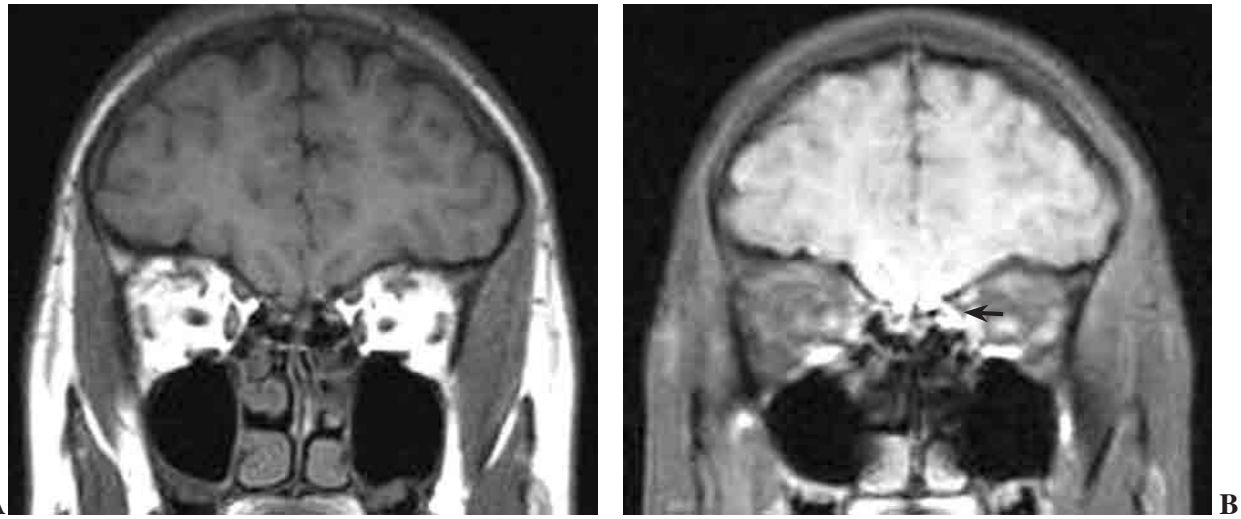
BOS fistülü

BOS fistülü, rinore veya otore şeklinde görülür. Subaraknoid mesafenin dışarı ile olan ilişkisi nedeniyle menenjit ve apse gelişebilir. BT'de kırığın kendisi gö-



A B

Resim 7.35 Kalvalyum kemiklerinde kırık. A. Çizgisel kırık, B. Sol paryetalde çökme kırığı (ok).



Resim 7.36 BOS fistülü. A. Koronal T1AG. B. MR sisternografi. Kribriform plağın sol tarafından aşağıya doğru kontrast madde sızıntısı görülüyor (ok).

rülebilir; paranazal sinüslerde veya orta kulakta sıvı seviyesi izlenebilir. Fistül yerini tam saptamak için BT veya MR sisternografi yapılır (Resim 7.36).

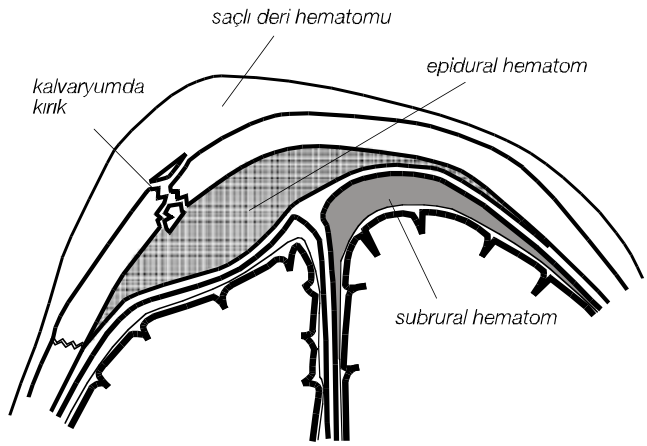
Radyonüklid sisternografide fistül olan yerde aktivite birikimi izlenir. Radyonüklid sisternografi çok az bir aktivitenin bile saptanabilmesi nedeniyle duyarlılığı yüksek bir yöntemdir ve aralı olabilecek BOS kaçaklarını saptamada çok başarılıdır. BOS kaçağının olduğu buruna veya kulağa bir pamuk tıkaç yerleştirilir. Radyofarmasötiğin tekal enjeksiyonundan 1-3 saat sonra pamuktaki aktivite ölçülür; gerekirse ölçüm 24 ve hatta 48 saat sonra tekrarlanır. Pamuk tıkaçtaki aktivitenin, periferik kandaki aktivitenin 1.5 katından fazla olması BOS kaçağı olduğunu gösterir.

EKSTRA-AKSİYAL LEZYONLAR (Şekil 7.5)

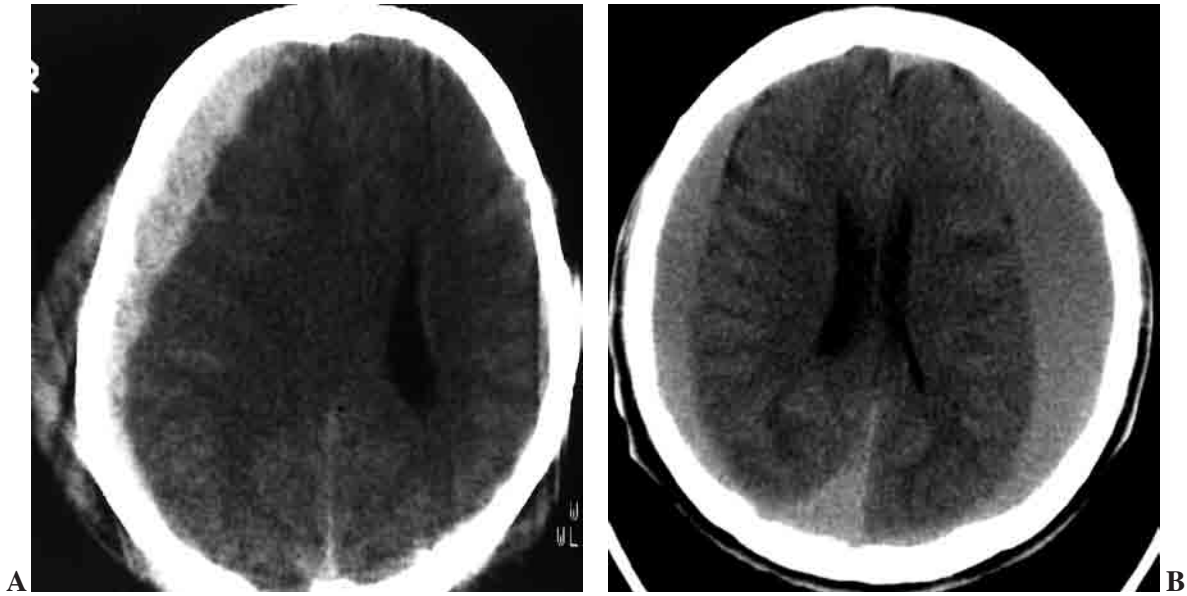
Subdural hematom

Tipik olarak venöz kaynaklıdır. Dural sinüslere açılan kortikal venlerin yırtılmasına bağlıdır. Dura, altındaki araknoide bağlı değildir ve ikisi arasında potansiyel bir boşluk vardır. Bu nedenle epidural hematomlardan daha kolay ve daha geniş bir alana yayılır; şekli de oval değil, hemisfer yüzeyine paralel konkav görünümdedir.

BT'de akut subdural hematom hilal şeklinde hemisferi saran değişik kalınlıklarda hiperdansite olarak görülür. BT'de 5 mm'den daha geniş lezyonlar saptanabilir. Genellikle kortekse paralel ince bir şerit şeklinde görülürler. Epidural hematomdan daha geniş alana yayılır. İnce olanları kemik tarafından maskelenebilir. Bu nedenle değerlendirmede pencere genişliği artırılmalıdır. Dansitesi zamanla değişir. Kanamanın devam ettiği hiperakut dönemde hipodens görülebilir. Bu dönemde hastanın hastaneye gelmesi çok düşük bir olasılıktır. Akut dönemin başlangıcında pıhtının retraksiyonundan dolayı hematomun yoğunluğu artar. Sonraki dönemlerde hematomun içerisindeki proteinlerin parçalanmasına bağlı olarak yoğunluk azalmaya başlar. Akut evreden sonraki dönemde bir kaç günle üç hafta arasında subdural hematom, beyinde izodens görülebilir. Bu evrede kontrastsız BT kesitleri dikkatle incelenmezse kanama gözden kaçabilir. Sulkal silinme, korteksin iç tabuladan uzaklaşması ile birlikte beyaz cevherde bükülme ve orta çizgi oluşumların-



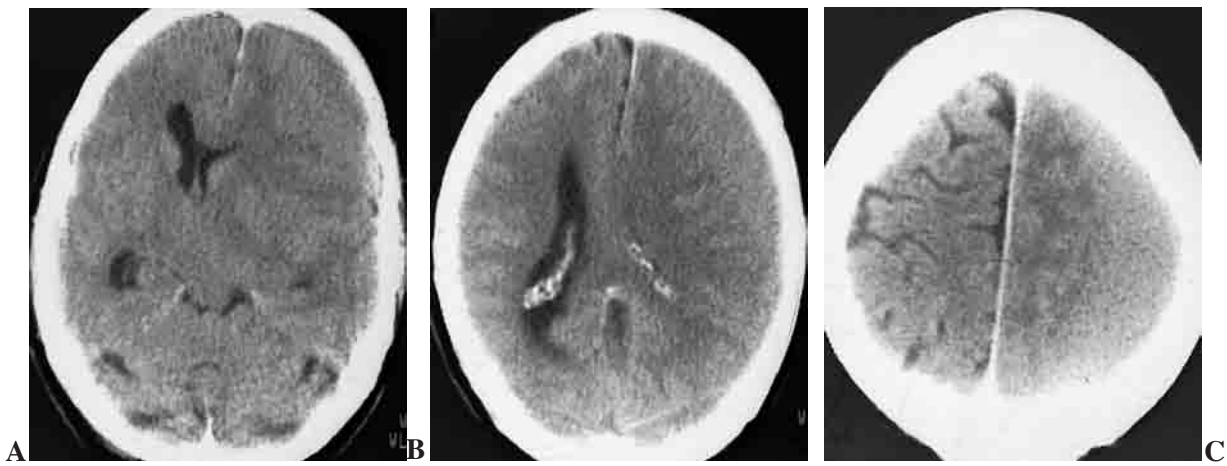
Şekil 7.5 Ekstraksiyal kanamalar ve saçlı deri hematomu.



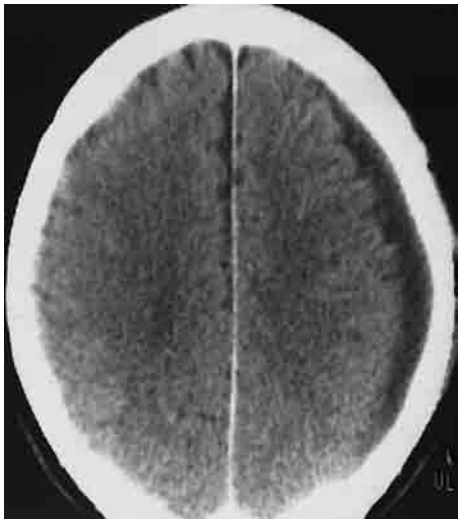
Resim 7.37 Akut subdural hematom. A. Sağ tarafta frontoparyetal lobları çevreleyen hiperdens görünüm. B. Her iki hemisferi çevreleyen hiperdens ekstraaksiyal kan birikimi. Sağ taraftaki subdural kanamanın arkada falks boyunca ilerlediği görülüyor

da itilme gibi eşlik eden bulgular uyarıcıdır. Kronik evrede hematom hipodens hale gelir. Kontrastsız BT ile bu evreyi genişlemiş subdural aralıktan ayırmak zordur. Kontrastla birikintinin kapsülünün boyanması ve kortikal venlerin itildiğinin gösterilmesi tanının konulmasını sağlayabilir.

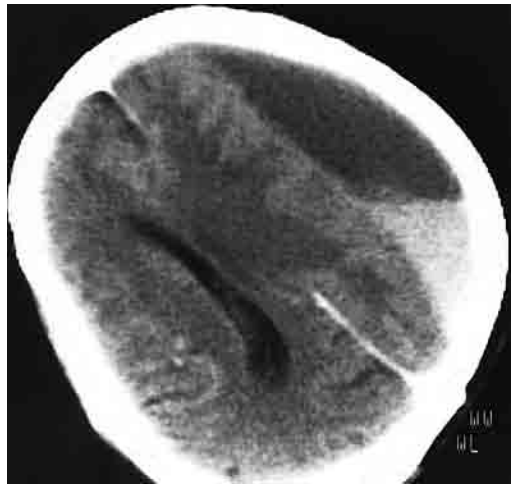
Subdural hematom birinci haftada hiperdenstir. Buna akut dönem denir (Resim 7.37). İkinci ve üçüncü haftalarda ise izodens olur (subakut evre) (Resim 7.38). Kronik evrede (dördüncü haftadan sonra) hipodenstir (Resim 7.39). Subdural hematomun evreleri ile ilgili bu kurallar şiddetli anemisi olan, hematokriti ileri derecede düşük hastalarda geçerli değildir; bu olgularda kanama akut olduğu halde hiperdens görünüm saptanmaz. Kronik subdural hematomların içine tekrar kanama olursa seviye veren hiperdens bir görü-



Resim 7.38 Subakut evrede subdural hematom. A. Ventriküler kesitlerde orta çizgi oluşumlarında karşıya yer değişikliği ve sol yan ventrikülde kompresyon. Beyin dokusundan ayrı belirgin bir dansite farklılığı seçilemiyor. B. Bir üst kesitte sulkuslarda silinme ve giruslar mediyale doğru yer değiştiriyor. Yan ventrikül yine komprese; sol frontoparyetal bölgede subdural kana bağlı hiperdens görünüm. C. Konveksiteden geçen kesitte sol hemisferi çevreleyen hiperdens subdural kanama görünümü.



Resim 7.39 Subdural hematomun kronik evresi. Sol hemisferi çevreleyen ekstraserebral sıvı birikimi



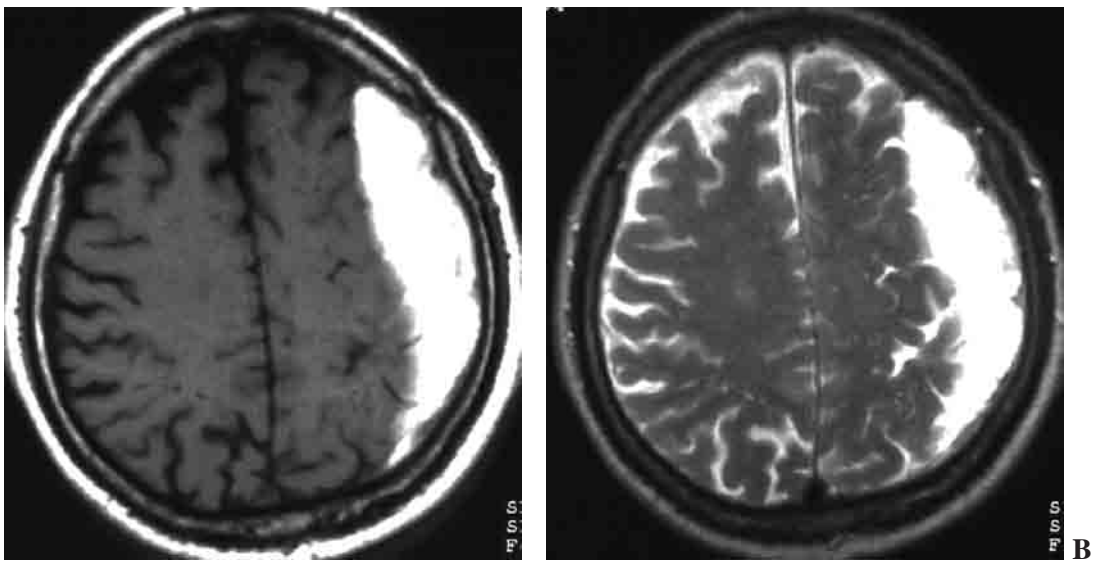
Resim 7.40 Solda kronik subdural hematom içerisine taze kanamanını görünümü. Taze kan alt kesimde seviye veriyor. Hematokrit etkisi bulgusu.

nüm ortaya çıkar (Resim 7.40). Bu görünüme *hematokrit etkisi* adı verilir.

Subdural hematom nedeni genellikle trafik kazalarıdır. Mekanizması ani yavaşlama ve çarpmadır. Aynı mekanizma kortikal kontüzyona ve difüz aksonal hasara da neden olabilir. Bu nedenle subdural hematom olgularında beyin bu açıdan da incelenmelidir.

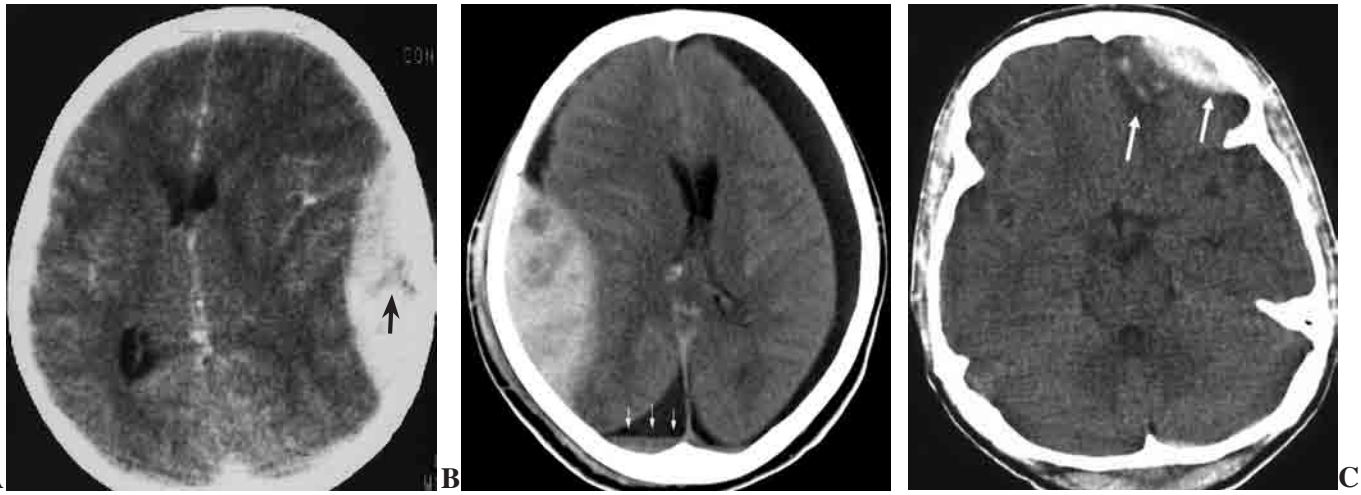
Subdural hematomun MR görünümü hemoglobinin biyokimyasal yapısına bağlıdır. Bu yapı zamana bağlı olarak değişir. Akut dönemde T1AG'de beyinle izointens, T2AG'de hipointenstir. Subakut fazda hemoglobin methemoglobine dönüşür ve hematom hiperintens görülmeye başlar (Resim 7.41). Bu evre BT'de izodens veya hipodenstir. Bu nedenle MR özellikle bu evrede değerlidir. Üç düzlemde görüntü alınabilmesi küçük subdural lezyonların görülmesini kolaylaştırır. Aksiyal kesitlerde hemisferi saran hilal şeklinde görüntü, koronal kesitlerde bikonveks görülebilir.

Epidural hematomun tersine kalvaryumda kırık sık görülmez. Hematom sütürleri geçer, ancak falks ve tentorium gibi dural uzantılarda devam edebilir; fakat geçemez. Yaşlı hastalarda %20, dövülen çocuk



A **B**

Resim 7.41 Geç subakut dönem subdural hematomun MR görünümü. A. T1AG'de ve, B. T2AG'de hiperintens.



Resim 7.42 Epidural hematom. A. Sol paryetal kemikte bikonveks görünümde kanama. Orta çizgi oluşumlarında karşıya doğru yer değişikliği. Kanama içerisindeki hipodens alanlar kanamanın devam ettiğini gösteriyor (ok). B. İki taraflı kronik subdural kanaması olan olguda sağ paryetal kemikte epidural kanama. Kanama içerisindeki hipodens alanlar kanamanın devam ettiğini gösteriyor. Sağ tarafta oksipital kesimdeki subdural kolleksiyonun tabanında hematokrit etkisi (ok). Her iki olgudada epidural kanama koronal ve lamdoid sütürler arasında sınırlı. C. Sol frontalde epidural hematom ve lezyona komşu kontüzyona alanları içerisinde küçük kanama odakları (ok).

sendromunda %80 oranında iki taraflıdır. Bir subdural hematomda kitle etkisi ve BOS alanlarının kompresyonu umulandan daha az ise, karşı tarafta da subdural hematomun olabileceği düşünülmelidir.

Epidural hematom

Subdural hematomdan daha dens görülür. Bir taraftaki subdural hematom boşaltılınca varsa karşı taraftaki epidural hematom daha belirgin hale gelebilir.

Genellikle arteriyel kaynaklıdır. En sık orta meningeal arter yırtılır. Sıklıkla (%85-95) kırıkla birliktedir. Dura kemiğe sıkıca yapıştığından diseksiyonu zordur ve bu nedenle hematom oval (bikonveks) yapıdadır (Resim 7.42). En sık temporal ve temporoparyetal yerleşimde görülür. Frontal ve oksipital bölge ikinci sıklıkta görüldüğü bölgelerdir.

BT'de keskin sınırlı oval şekilli hiperdens lezyonlar şeklindedir. Üzerindeki kemikte, kemik penceresi ile yapılan incelemede, sıklıkla kırık saptanır. Kraniyal kemiklerde dura periosttan ayrılmadığı için hematom sütür sınırında durur, sütürü geçmez. Buna karşılık tentorium gibi dural uzantıları geçmesi subdural hematomdan ayırt edilmesine yarayan bir bulgudur. Lezyon içerisinde yer yer hipodens alanlar taze kana aittir ve kanamanın devam ediyor olduğunu gösterir.

Epidural hematom çok az oranda (yaklaşık %10) venöz kanamaya bağlıdır. Düşük basınçlı bir kanama olduğu için şekli değişik olabilir. Genellikle dural sinüslerin yırtıklarına bağlıdır. Dural sinüsler periostla dura arasına yerleştiğinden hematomun sınırları sütürleri geçebilir. En sık vertekste, posterior fossada ve orta kraniyal fossanın ön kenarında görülür.

Subaraknoid kanama (SAK)

Subaraknoid kanama, kontrastsız BT kesitlerinde sisterna ve sulkuslarda hiperdens görünümler şeklindedir. Kanın görünümü bir kaç gün içerisinde kaybolur. Geciken olgularda subaraknoid kanı BT ile saptamak mümkün olmaz. Falks çevresindeki kanamalar falksın da hiperdens olması nedeniyle kolaylıkla gözden kaçabilir. Bu nedenle subaraknoid kanamalarda bu bölgeler dikkatle incelenmelidir.

Subaraknoid alandaki küçük damarların kanaması veya parankimal kanamanın doğrudan subaraknoid alana açılması sonucu ortaya çıkar. BT'de sulkus ve sisternalardaki BOS'un yoğunluğu artar ve hiperdens görülür (Resim 7.43). Konveksitede olanlar artmış yoğunluğun sulkuslar içerisine uzanması ile subdural hematomdan ayrılır. Bazen sulkuslarda görülen çok az bir kanama sulkusun silinmesi şeklinde görülebilir. Açık bir travması olmayan şuursuz olgularda saptanan SAK, çoğunlukla anevrizma yırtılmasına bağlıdır.

Akut SAK beyin ile izointens olacağı için MR ile saptamak zordur. FLAIR sekansı bu konuda daha duyarlıdır. Kronik kanamada subaraknoid alan hemosiderinle sıvanır ve bu kesimler T1AG ve T2AG'de be-



Resim 7.43 Posttravmatik subaraknoid kanama. Sol paryetooksipital bölgede çökme kırığı ve komşu sulkuslarda taze kana ait hiperdens görünümler.

lirgin hipointens görülür. Subaraknoid kanama araknoid villusları bloke ederek BOS emilimini önler ve hidrosefaliye neden olabilir.

İntraventriküler kanama

İntraventriküler kanama çoğunlukla intraserebral kanamalara eşlik eder. Subependimal venlerin yırtılmasına, parankimal hematomun ventriküler sistem içerisine girmesine veya subaraknoid kanamanın retrograd olarak ventrikül içerisine girmesine bağlı olabilir. Kesitler supin pozisyonunda alındığı için kan ventriküllerin alt kesiminde toplanır Bu görünüme hematokrit etkisi adı verilir. Kan görünümü hızla (günler içinde) kaybolur. Pıhtının akuaduktusu tıkaması veya kanın araknoid villusları blokajına bağlı olarak hidrosefali gelişebilir.

İNTRA-AKSİYAL LEZYONLAR

Difüz aksonal hasarlanma ("diffuse axonal injury - DAI")

Şiddetli kafa travması geçiren olgularda en sık görülen primer nöronal hasarlanma şeklidir. Ani hızlanma ve yavaşlamaya bağlı yaygın aksonal hasarlanmadır. En sık hıza bağlı trafik kazalarında görülür. Lezyonlar beyinin ani rotasyonel hareketine bağlıdır. Tutulan kesimler genellikle doğrudan travmanın olduğu yerden uzaktadır. Hastalarda şuur kaybı travmadan hemen sonra başlar ve parankimal kontüzyon ve hematomda görülenden daha derindir.

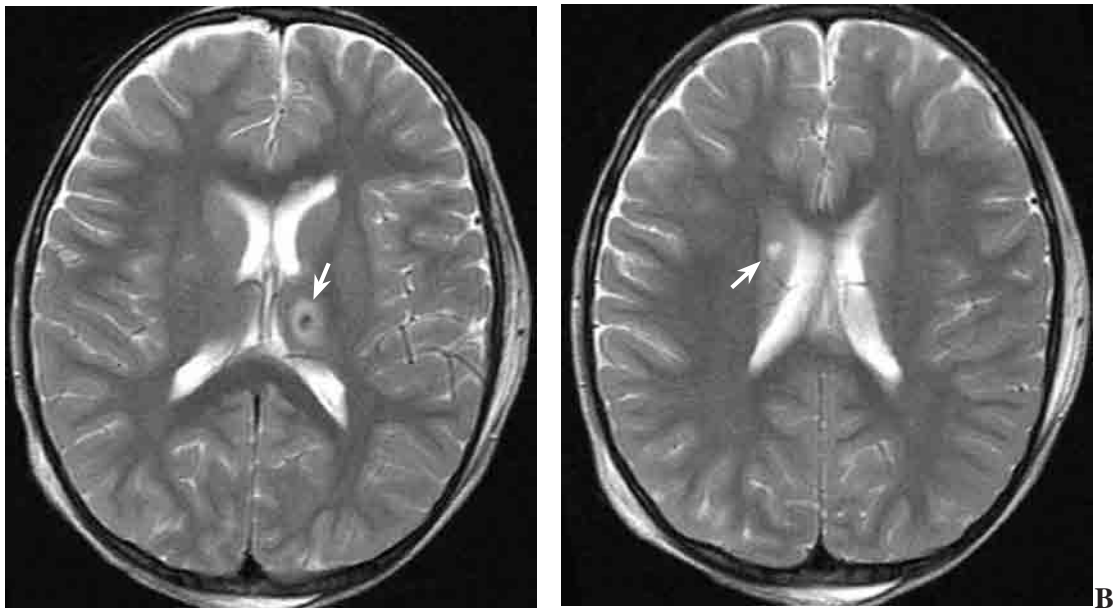
DAI'de, lezyonlar, travmanın şiddeti ile orantılıdır. Çok şiddetli olmayan travmalarda frontal ve temporal loblar tutulur. Lezyonlar beyaz cevherde, gri cevher sınırına yakın yerleşimdedir. Tipik olarak frontal lobda parasagital, temporal lobda periventriküler bölgededir. Daha şiddetli travmalarda lobar beyaz cevher ve korpus kallozum etkilenir. Korpus kallozumun özellikle arka gövde kesimi ve spleniumu tutulur. Korpuz kallozum tutulumu tüm olguların %20'sinde görülür. Birlikte daima lobar beyaz cevher tutulumu vardır. Çok şiddetli travmalarda ise bu lezyonlara ek olarak orta beyinin dorsolateral bölgeleri ve pons tutulur. Bu tutulum beyin sapı hasarıdır.

DAI, MR ile BT'den çok daha iyi görülür. T2AG'de çok sayıda hiperintens lezyonlardır (Resim 7.44). Kanama odakları içerenler evresine göre sinyal verirler. Özellikle kanamalı olanlar GRE sekansı ile, diğerleri ise DAG ile daha iyi saptanır (Resim 7.45). Bir haftadan sonra ödem gerilemeye başlar ve lezyonların görünümü silikleşir. Zamanla hasarlanan aksonlar dejenere olur ve hemosiderin içeren atrofik alanlar ortaya çıkar. Olguların %20'sinde BT'de kanama odakları görülür. Bazı olgularda hasarlanan kesimler sınırları iyi seçilemeyen küçük hipodansiteler şeklinde görülebilir.

Kontüzyon

Başlangıçta yüzeyel gri cevher tabakasını tutan sınırları belirsiz, homojen olmayan hiperdens alanlar şeklindedir. Kemik çıkıntılara ve kafa kaidesine yakın yerleşim yerlerinde, özellikle petröz kemiğin üstündeki temporal lob ve kribriform plağın, planum sfenoidalenin ve küçük sfenoid kanadın üzerindeki frontal lob kesimlerinde sık görülür. Depresyon kırıklarının komşuluğunda da görülür. Olguların %10'undan azında serebellumda da bulunur.

Kontüzyon alanları birden çok sayıda ve iki taraflı olmaya yatkındır. Travmadan hemen sonra yapılan incelemede, ödemin henüz gelişememesi nedeniye hemorajik olmayan birçok lezyon gözden kaçabilir. Lezyonlar birinci haftada gelişen ödem nedeniyle belirginleşir. Kanamalı lezyonlar hiperdens görülür (Resim 7.46). Lezyonlar DAI'den daha hemorajiktir; yoğunlukları 50-67 HÜ'dür. Çevreleri ödemlidir. Lezyonda hipodens ve hiperdens alanlarla yan yana karışık bir görüm izlenir. Bu görünüm, tuz ve karabi-

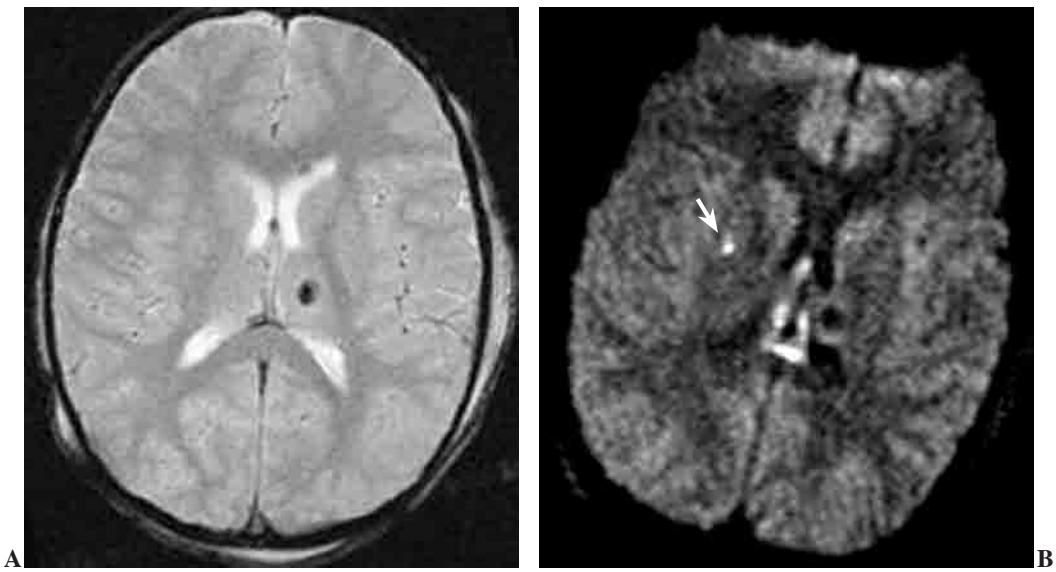


Resim 7.44 Difüz aksonal hasarlanma T2AG. A. Sol tarafta ventriküle komşu ortası kanamaya bağlı hipointens olan hiperintens küçük bir alan (ok). B. Bir üst kesitte sağ periventriküler bölgede benzer hiperdens odak mevcut (ok).

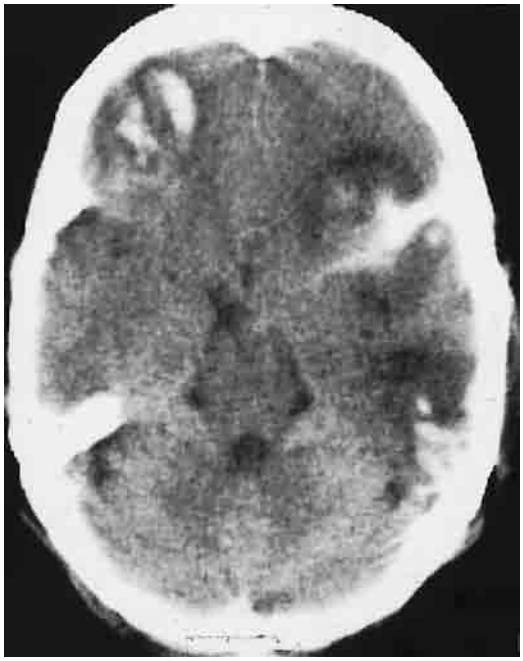
berin karışımına benzetilerek *tuz ve biber görünümü* olarak tanımlanmıştır. Hiperdens alanlar kanamayı, hipodens alanlar ödemi temsil eder. BT görünümü bu iki kesimin oranına ve travmadan sonra geçen zamana bağlıdır. Kontüzyona bağlı bulguların temizlenmesi yaklaşık 6 hafta sürer. Lezyon yerinde ya hiç iz kalmaz veya atrofi ve ensefalomalazi gelişir.

İntraserebral hematom

Travmatik intraserebral hematomlar düzensiz kenarlı, sınırları belirsiz, heterojen lezyonlardır. Genellikle multipl olmaları ve daha çok frontal ve temporal lobun anterior kesimine, beyaz cevhere yerleşmeleri nedeniyle diğer sebeplere bağlı hematomlardan ayrılırlar. Genellikle normal beyin dokusu içerisine kana-



Resim 7.45 Bir önceki olgunun A. GRE görüntüsü. Lezyondaki kanama odağı belirgin hipointens görülüyor. B. DAG görüntüsü. Sol periventriküler kanamalı lezyonun hipointens olarak görülmeye devam ediyor. Sağ derin beyaz cevher içerisinde hiperintens küçük bir kontüzyon odağı (ok).



Resim 7.46 Kontüzyon. Her iki frontal ve sol temporal lopda kanama odakları bulunan hipodens kontüzyon alanları.

dıkları için çevrelerindeki ödem kontüzyondakinden azdır (Resim 7.47). Birlikte kırık sık görülür.

İntraserebral hematom 70-90 HÜ yoğunluğunda, çevresi ödemli hiperdens lezyon şeklindedir; 2-4 hafta sonra izodens hale gelir. Bu evrede kitle etkisi devam edebilir. Geç dönemde hipodens, pronsefalik alanlar şeklinde görülür.



Resim 7.47 İntraserebral hematom. Hematomun kontraksiyonuna bağlı olarak çevresinde ince bir hipodens halka görülüyor. Lezyonun çevresindeki ödeme bağlı olarak komşu ventrikül komprese.

Vasküler lezyonlar

Travmaya bağlı olarak damarlarda rüptür, diseksiyon, tıkanma, psödoanevrizma ve AVF görülebilir.

TRAVMANIN İKİNCİL BULGULARI

Difüz serebral şişme

Travmada sık görülür. Genellikle travmanın diğer bulguları da vardır. Artmış kan hacmine (hiperemi) ve doku sıvısının artmasına (ödem) bağlıdır. Artmış kan hacmi genellikle çocuklarda görülür. Her iki olay da yaygın kitle etkisine neden olur; sulkuslar ve sisternalar (özellikle suprasellar ve kuadrigeminal sisterna) silinir, ventriküller komprese olur. Beyin sapındaki sisternaların silinmesi ciddi bir durumdur ve transtentorial herniyasyonun habercisi olabilir. Artmış kan hacmine bağlı şişmede beyinin dansitesi değişmez, ödemde ise düşer.

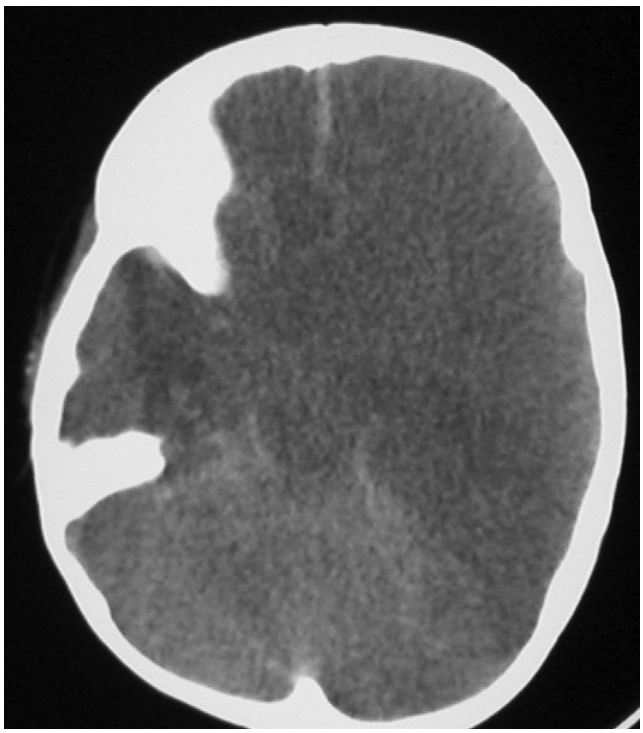
Difüz serebral ödem, doku hipoksisine bağlı olarak gelişir. BT'de beynin yoğunluğunda azalmayla birlikte, gri beyaz cevher ayırımı kaybolur. Beyin sapı ve serebellumun dansitesi değişmez; hipodens hemisferlere göre dens görülür. Bu görünüme *beyaz serebellum işareti* adı verilir (Resim 7.48).Falks ve serebral damarlar görece denstir ve SAK'ı taklit edebilir.

Ödem fokal veya multifokal de olabilir; 10-14 HÜ'lük hipodens alanlar şeklindedir (beyaz cevherin yoğunluğu 22-36 HÜ'dür. Travmaya bağlı iskemik enfarkt da hipodens alanlar şeklindedir. Ödemin kitle etkisi olması ayırıcı tanıya yardım eder.

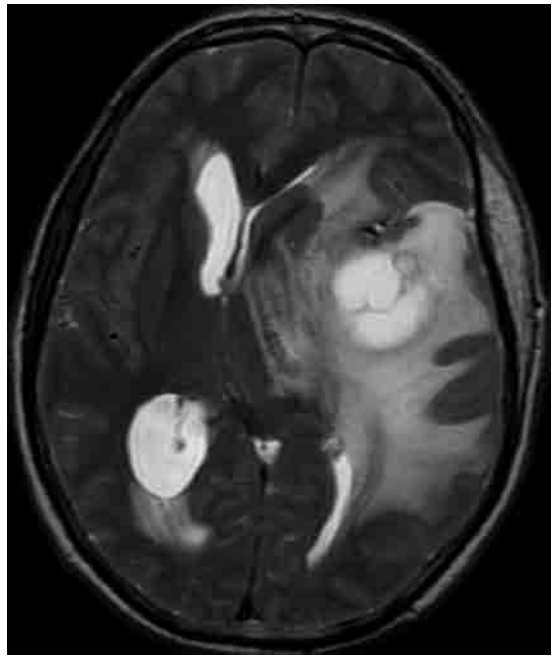
Beyin herniyasyonu

Kitle etkisine bağlı olarak beynin bazı kesimlerinin sıkışacak şekilde itilmesidir. Travmaya has değildir; beyni iten tüm yer kaplayan lezyonlarda görülebilir. Klinik olarak ciddi bir durumdur. Yerine göre isimlendirilir (Şekil 7.6).

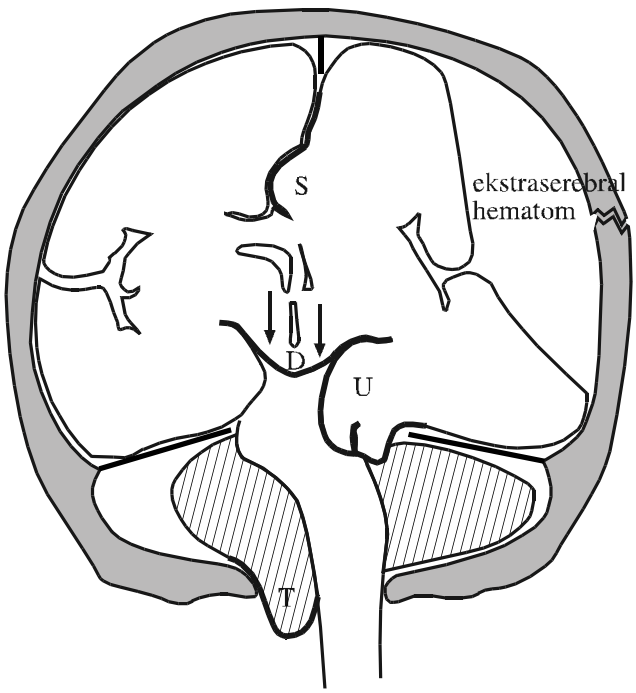
Subfalsin herniyasyon: Singulat herniyasyon adı da verilir. Singulat girus falksın altından karşıya itilir. En sık görülen (Resim 7.49) herniyasyon şeklidir. Kesit görüntülerde aynı taraftaki yan ventrikül komprese, karşı yan ventrikül ise Monro foramininin fonksiyonel obstrüksiyonuna bağlı olarak dilatedir. Her



Resim 7.48 Difüz serebral ödem. Her iki hemisfer hipodens. Ventriküller, sistenarlar ve sulkuslar seçilemiyor. Serebellum görece olarak dens. Beyaz serebellum işareti.



Resim 7.49 Subfalsin herniasyon. T2AG. Sol paryetal lobdaki yer kaplayan lezyona bağlı olarak paryetal lob falksın alt kesiminden karşı hemisfere doğru herniye.



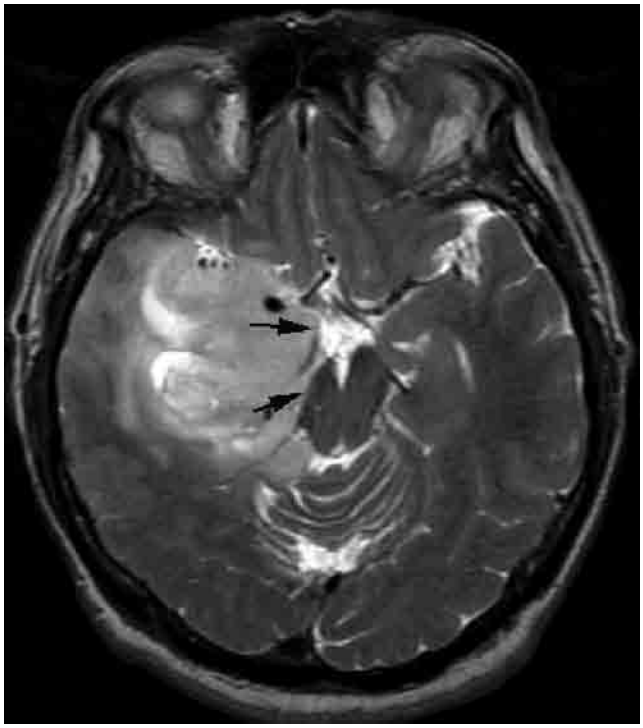
Şekil 7.6 Beyin herniasyonları. S: Subfalsin herniasyon, D: Desandan transtentoriyal herniasyon, U: Unkal herniasyon, T: Tonsiller herniasyon

iki anterior serebral arter karşı tarafa itilmiş olabilir. Şiddetli olgularda anterior serebral arter ve dallarında falks altında şıkışma ortaya çıkabilir. Kallozomarjinal arterin tıkanması sonucu iskemi ve enfarkt gelişebilir. Orta çizgi oluşumlarında 3 mm'den fazla bir itilme herniyasyonu düşündürmelidir.

Unkal herniyasyon: Temporal lobun çıkıntılı olan mediyal kenarı (unkus) tentoriyumun (Resim 7.50) serbest kenarı üzerinde mediyale doğru itilir. Ambiyent ve suprasellar sisternanın yan kesiminde silinme görülür, karşı yan ventriküller genişler. Beyin sapı karşıya tentoriumun serbest kenarına doğru itilir. Serebral pedinküldeki tentoriumun kenarının yaptığı bası izine *Kernohan çentiği* adı verilir. Bu itilme sonucu beyin sapında enfarkt ve kanama görülebilir. Beyin sapında tegmentumda, orta çizgide gelişen hematoma *Duret kanaması* adı verilir. Herniye kesim, komşuluğundaki kafa çiftlerine, özellikle de okülomotorsinire baskı yaparak tipik klinik bulgulara neden olur.

Transtentoriyal herniyasyon: En sık görülen ikinci herniyasyondur. İnen (desendan) ve çıkan (asendan) olmak üzere iki tipi vardır.

İnen transtentoriyal herniyasyon çıkan tipine göre çok daha sıktır. Mekanizması aynı olduğu için unkal-herniyasyonların tüm bulguları bu tip olgularda da görülür.



Resim 7.50 Unkal herniyasyon. Temporal lobun mediyal kesiminde yer kaplayan lezyona bağlı olarak unkusun ambiyent sisternaya ve suprasellar sisternaya doğru herniyasyonu. Beyin sapı komprese ve karşı tarafa doğru itilmiş.



Resim 7.51 4 yıl önce trafik kazası geçiren geçiren olguda sol frontal lobda posttravmatik atrofi. Hipodens alanlar ve komşu ön boynuzda genişleme.

Supratentoryal orta çizgi kitleleri veya iki taraflı büyük kitlelerin basısı ile beyin sapı aşağıya doğru herniye olur. Pineal kalsifikasyon aşağıya doğru yer değiştirir ve trigondaki koroid pleksus kalsifikasyonları ile aynı seviyede görülür. Suprasellar ve perimezensefalik sisternalar silinir, beyin sapının ön-arka çapı artar ve öne doğru kıvrılır, transvers çapı azalır.

Posterior fossada yer kaplayan büyük lezyonlar vermisin ve serebellar hemisferlerin tentoryal insisuradan yukarıya (asendan transtentoryal herniyasyon) ve serebellar tonsillerin foramen magnumdan aşağı doğru (tonsiller herniyasyon) herniyasyonuna neden olabilir.

Eksternal herniyasyon: Kalvaryumdaki travmatik veya cerrahi defektlerden beyinin dışarı doğru herniyasyonudur.

Hidrosefali

Travmanın geç sekelleri genellikle ikinci haftanın sonunda ortaya çıkar. Subaraknoid kanama sonucu, BOS emiliminin engellenmesine bağlı olarak kominikan tipte bir hidrosefali gelişebilir. Ventrikül içine kanama ise normal BOS dolanım yollarını tıkayarak non-kominikan tipte bir hidrosefali oluşturabilir.

İskemi ve enfarkt

İntrakraniyal basınç artımı, herniyasyon veya ekstraaksiyal kanamaların doğrudan komşu damar üzerine baskısı ya da vasküler diseksiyona bağlı embolizasyon sonucu gelişir. Travmayı izleyen yedi gün içerisinde akut iskemik enfarkt ortaya çıkabilir. Serebral kan akımının azlaması havza enfarktlarına neden olur.

Atrofi

Olguların %30'unda posttravmatik atrofi görülür (Resim 7.51). Anterior ve temporal loblarda sıktır. Gliyozle çevrelenmiş BOS intensitesinde atrofik alanlardır. Atrofi nedeniyle komşu BOS alanlarında da genişlemeler görülür. Yerleşim yeri dışında diğer nedenlerle gelişen atrofik alanlardan farkı yoktur.

Apse

Penetran yaralanmalarda daha çok olmak üzere travmaya bağlı olarak apseler gelişebilir.

DÖVÜLMÜŞ ÇOCUK SENDROMU

Karakteristik bulgular görüldüğünde düşünülmesi gereken bir tanıdır. Bu çocuklarda en sık uzun kemik

kırıkları, ikinci sıklıkta kalvaryum kırıkları görülür. BT temel yöntemdir; BT yapılıyorsa röntgene gerek kalmaz.

Subdural hematom dövülmüş çocuklarda en sık görülen intrakraniyal lezyondur; epidural hematom sık görülmez. İlk defa 1946 yılında ünlü pediyatrik radyolog J. Caffey tarafından, subdural hematom, retinal kanama, uzun kemiklerin metafiz kırıklarından oluşan bir tablo, "whiplash shaken injury" adıyla tanımlanmıştır. Bu isim, tarif edilen hasarlar çocuğun ön-arka yönde şiddetle sallanmasına bağlı olarak geliştiği için verilmiştir.

Dövülmüş çocuklarda subdural hematom tipik olarak posterior interhemisferik fissür çevresindedir; konveksitede, kafa kaidesinde ve posterior fossada da bulunabilir. Bazı olgularda kronik subdural hematomu temsil edebilecek ekstra aksiyal sıvı birikimi de görülebilir. Bu görünüm subaraknoid alanın benign genişlemesi ile karıştırılabilir. Benign genişleme olgularında nörolojik bulgu yoktur; 3-6 ay arasında ve baş çevresinde hızlı büyüme ile birlikte görülür. Genellikle 2 yaş civarında geriler.

Dövülmüş çocukta kraniyal travmanın en sık görülen intraaksiyal bulgusu beyin ödemidir. Nedeni başlangıçta otoregulasyon kaybına bağlı vazodilatasyondur; respiratuar depresyon, apne ve hipoksi de ödem gelişmesine katkıda bulunur. DAI görülebilir. Kortikal kontüzyon daha az izlenir. Kraniyal travmanın akut ve kronik lezyonları bir arada görülebilir.

KAFA TRAVMALARINDA PROGNOZ

Kafa travmasının BT bulgularına bakarak prognoz hakkında bir tahmin yürütmek mümkündür. BT'leri normal olan hastalarda komplikasyon olmadıkça sonuç genellikle iyidir. Beyin sapı, korpus kallozum ve bazal çekirdek lezyonlarında sonuç göreceli olarak kötü kabul edilmelidir. İki taraflı olan veya intraventriküler, intraserebral ve ekstraserebral kanamaların birlikte görüldüğü olgularda sonuç genellikle kötüdür. Birinci hafta içerisinde gecikmiş bir lezyon ortaya çıkmışsa bu da kötü bir prognoz bulgusu olarak kabul edilebilir. İlk BT'si normal olan fakat klinik durumu düzelmeyen olgularda, üçüncü gün BT tekrarlanmalı veya mümkünse MR yapılmalıdır. MR prognozu belirlemede BT'den çok daha etkindir. Bunun nedeni DAI'leri ve beyin sapı hasarlarını çok daha iyi göstermesidir. DAI'lerin çokluğu ve korpus kallozum ve beyin sapı tutulumu prognozun kötü olduğunu gösterir. Kontüzyon sayısı ile prognoz arasında doğru orantılı bir ilişki yoktur.

Travmada yapılan PET çalışmalarında Glasgow koma skoruna paralel bir şekilde glükoz metabolizmasında yaygın düşme gözlenir. PET ile saptanan alan, BT ve MR'de saptananlardan daha geniştir.

Travmada radyolojik tanı algoritmi

Kafa travmasına algoritmik yaklaşımda klinik veriler esastır. Nörolojik bulguları olmayan hastalarda gözlem yeterlidir. Bunlardan kliniği kötüleşen veya nörolojik bulgularında değişiklik olanlar BT'ye gönderilir. Belirgin nörolojik bulgusu olmayan ancak yüksek kırık olasılığı, palpe edilen kırığı veya mediko-legal zorunluluğu olanlarda kraniyum röntgenogramları istenir. Röntgenogramda çökme kırığı, orta meningeal arter oluklarından geçen kırık, sfenoid sinüste sıvı seviyesi, pnömosefalus ve pineal bez kalsifikasyonunda yer değiştirme saptanırsa BT yapılmalıdır.

Stupor, koma, ağır yaralanma, intrakraniyal hemoraji şüphesi ve anormal nörolojik muayene bulguları olan olgular doğrudan BT'ye gönderilir. BT'ye gönderilen olgularda kraniyum röntgenogramları gereksizdir.

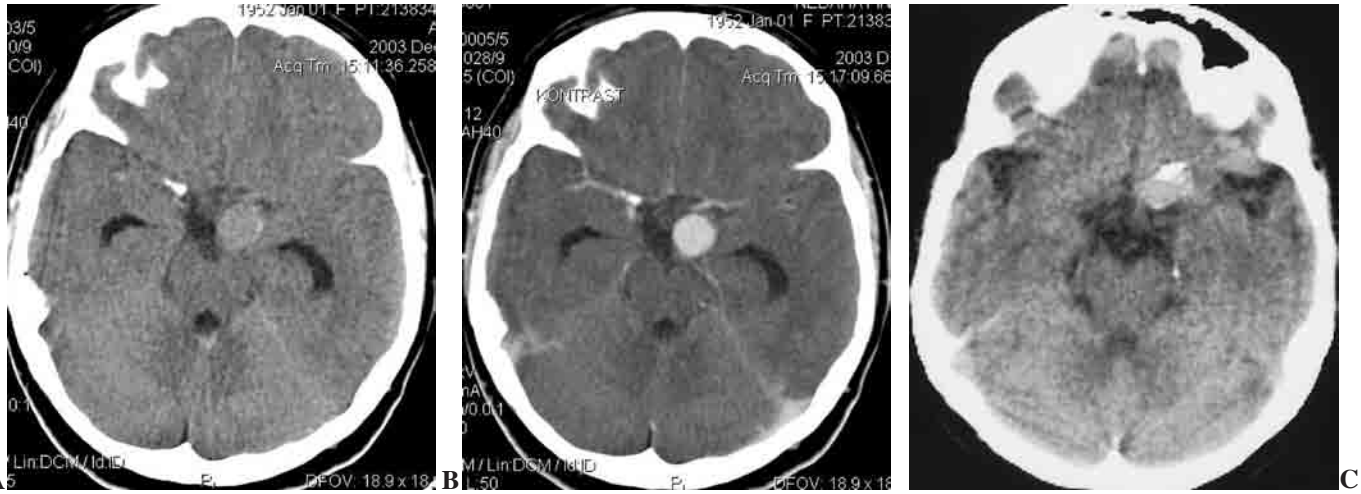
BT'ye gönderilen kafa travmalı olgularda önemli yüz travması da varsa, aynı seansta yüz BT'si de yapılır.

SEREBROVASKÜLER HASTALIKLAR

ANEVRİZMA

Anevrizmalar fuziform veya sakküler şekildedir. Fuziform olanlar genellikle aterosklerotik değişikliklere bağlıdır, sakküler olanlar gerçek anevrizmalardır. Anevrizma kesesi intima ve adventisiyadan ibarettir; dar bir boynu vardır ve çilek görünümündedir. Damarların bifurkasyonlarında yerleşir. Anevrizma nedeni genellikle gelişimsel veya dejeneratiftir; travmatik, enfeksiyöz (mikotik) veya neoplastik (onkotik) ya da vaskülopatilere (SLE, Takayashu arteriti, fibromusküler displazi) bağlı olarak ortaya çıkabilir. Yetişkin tipi polikistik böbrek hastalığı, Marfan ve Ehlers-Danlos sendromu gibi yapısal kollajen doku hastalıkları ve aort koarktasyonu ile beraber sık görülür.

Serebral anevrizmaların büyük çoğunluğu Willis poligonu civarındadır. Yaklaşık %90'ı supratentoriyaldir. Supratentorial anevrizmaların yaklaşık %27'si posterior kominikan arter çıkışında, yaklaşık aynı

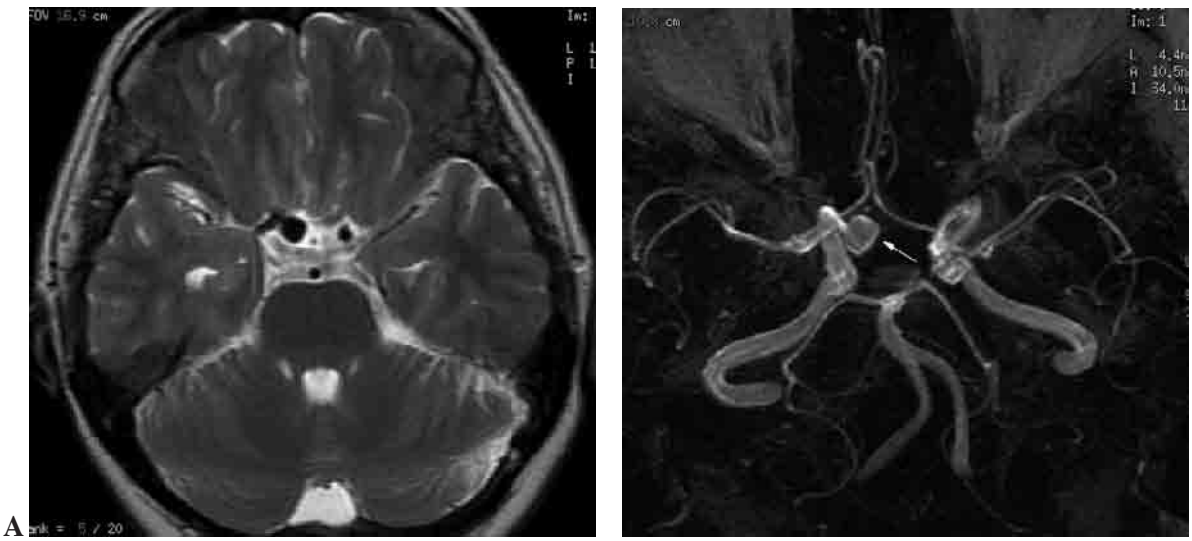


Resim 7.52 Posterior kominikan arter anevrizmasının BT görünümleri. A. Kontrastsız BT. Suprasellar sisternanın sol tarafında düzgün kenarlı beyine göre hiperdens lezyon. B. Kontrastlı BT kesiti. Anevrizma belirgin şekilde kontrast tutuyor. C. Diğer bir anevrizma olgusu. Muhtemelen sol orta serebral arter proksimalinde, spontan hiperdens görülen düzensiz kenarlı anevrizmanın kenarı kalsifiye.

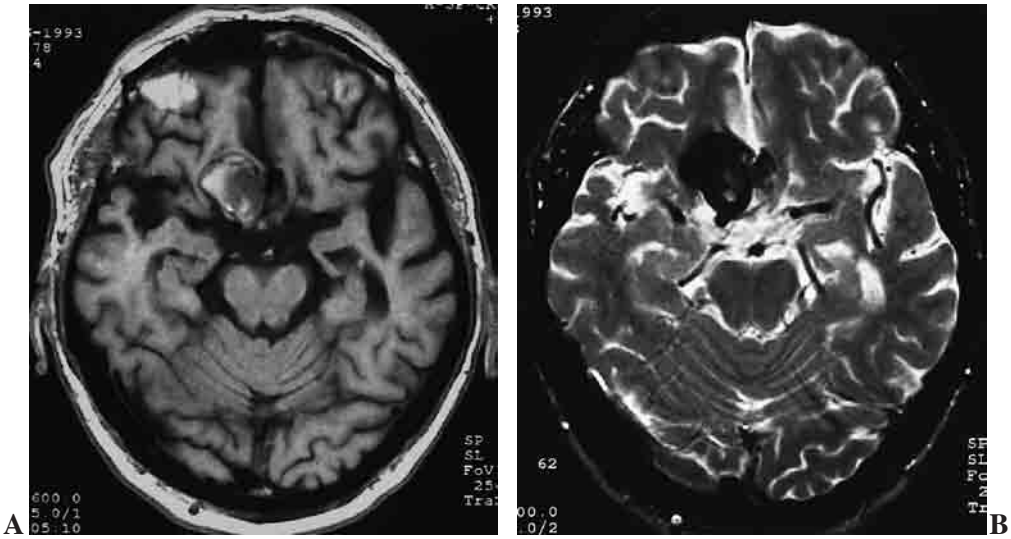
oranda anterior kominikan arterin anterior serebral arterle birleştiği kesimde, %20'si orta serebral arterin bifurkasyonu veya trifürkasyonunda ve %6'sı da internal karotid arterin terminal segmentinde görülür. Olguların %20'sinde birden fazladır.

Serebral anevrizmaların büyük bölümü subaraknoid kanama ile ortaya çıkar. Boyutuna ve yerleşim yerine göre, kitle bulguları ile de karşımıza çıkabilir. Çok büyük olanlar tümörle karışır. Örneğin büyük baziler anevrizmalar beyin sapı sendromuna neden olabilir. Anterior kominikan arterin büyük anevrizmaları suprasellar tümör görünümü verebilir. Posterior kominikan arter anevrizmaları tipik olarak, okülomotor felcine neden olur.

Yaklaşık 5 mm ve daha büyük boyuttaki anevrizmalar, iyi bir teknikle BT ve MR'nin kesit görüntülerinde gösterilir (Resim 7.52). Kontrastsız BT kesitlerinde izodens görülürler. Trombüs varsa hiperdenstirler. Duvar kalsifikasyonu gösterebilirler. Daha önce parankime kanamış lezyonlarda komşu alanda hema-



Resim 7.53 Anevrizmanın MR görünümü. A. T2AG'de sağ internal karotid arterin supraklinoidal segmentinde düzgün kenarlı flow-woid fenomenine bağlı olarak belirgin hipointens görülen anevrizma. B. TOF MRA'da anevrizmanın görünümü.



Resim 7.54 Sağ internal karotid arter distalinde tromboze dev anevrizma. A. Trombus T1AG'de kısmen hiperintens görülüyor. B. T2AG'de yoğun hipointensite.

tom sekeli atrofi görülür. Kontrastlı kesitlerde hızlı bir kontrast tutulumu ve düşüşü vardır. Ayırıcı tanıda karışıklığa neden olan menenjiyomda ise kontrast tutulumu yavaştır ve gittikçe artar.

MR kesitlerinde, anevrizmanın lümenindeki hızlı akım, "flow-void" fenomeni nedeniyle SE sekanslarında hipointens görülür (Resim 7.53). Trombüsün intensitesi evresine göre değişir (Resim 7.54). Daha önce kanamış lezyonlarda, çevrede hemosiderinin tipik hipointens görünümü izlenebilir. MR anjiyografi polikistik böbrek hastalığı gibi risk faktörü bulunan olgularda tarama amacıyla kullanılabilir. Bu yöntemle 3 mm'den büyük anevrizmalar görüntülenebilir. Anjiyografide görülenin gerçek bir anevrizmayı temsil edip etmediği kaynak görüntülerde de teyid edilmelidir.

Anevrizmalar kesit görüntü yöntemleri ile saptansalar da, tanıda temel yöntem kateter anjiyografisidir. Anjiyografi ile lezyonun patomorfolojisi ve damarla ilişkisi belirlenir, başka lezyon olup olmadığı araştırılır. Bu nedenle subaraknoid kanaması olan olgularda, her iki karotis ve vertebral arterlere girerek yapılan 4 kanal selektif anjiyografi esastır (Resim 7.55). Anevrizmanın boynunu ve damarla ilişkisini göstermek cerrahi yönden çok önemli olduğu için, floroskopi altında değişik oblik projeksiyonlarla en iyi görüntüler elde edilmeye çalışılır. Birden fazla anevrizma varlığında hangi anevrizmanın kanadığını saptamak, cerrahi önceliği belirlemek açısından önemlidir.

Anevrizmanın en önemli komplikasyonu kanamadır; genellikle subaraknoid alana kanar. Birlikte parankim ve ventrikül içerisine kanama görülebilir. Subaraknoid veya parankim içine kanamanın yerine bakarak anevrizmanın yerleşim yeri tahmin edilebilir. Ön interhemisferik fissürdeki kan, anterior kominikan arter anevrizmalarını, silviyan fissürdeki kan orta serebral arter bifurkasyon veya trifurkasyon anevrizmalarını (Resim 7.56), bazal sisternalardaki kan ise posterior kominikan ve baziler arter anevrizmalarını işaret eder (Resim 7.57). Bazal sisternadaki subarak-



Resim 7.55 Anterior kominikan arter düzeyinde anevrizma. DSA görünümü.



Resim 7.56 Muhtemelen anterior kominikan arter anevrizmasına bağlı, sağ frontal lobda, falksa komşu parankim içerisinde akut kanama.

noid kanın *örümcek şeklinde* tipik bir görünümü vardır. Taze ve yoğun kanamada bu görünüm sisternografideki görünüme benzer. Ventrikül içerisine kanama sonucu sıklıkla hidrosefali gelişir.

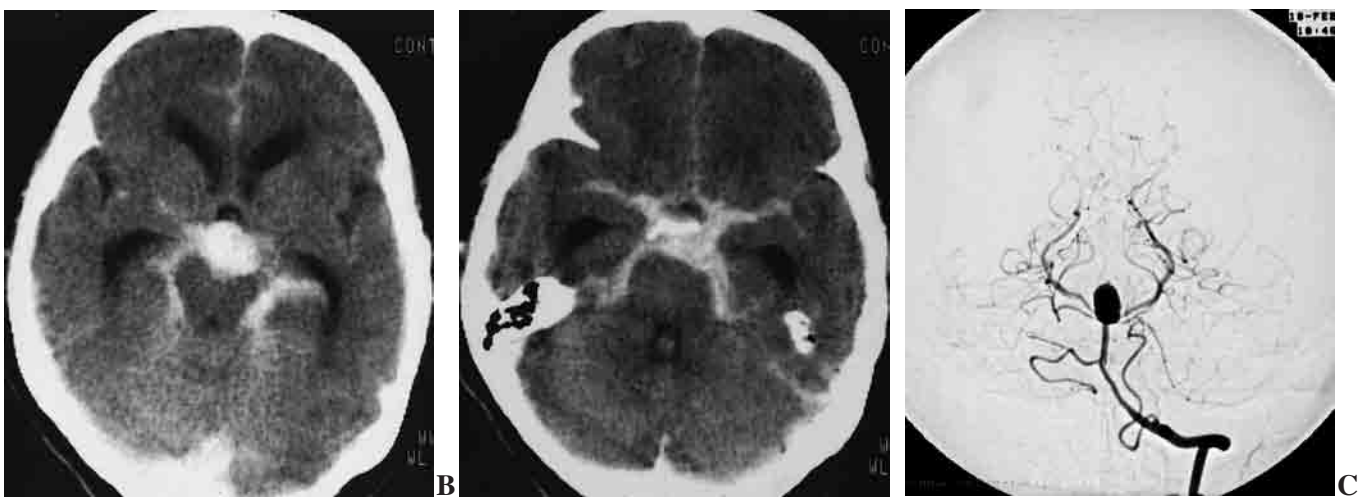
Birden fazla anevrizma varlığında hangisinin kanadığını belirlemek bir sorundur. En büyük boyutlu olanın kanaması daha büyük bir olasılıktır. Kanayan anevrizmanın kenarı düzensizdir, zamanla şekli değişebilir ve arterinde spazm görülebilir. Kanamanın bulunduğu bölge de yol göstericidir. Kontrast maddenin ekstravazasyonu nadiren görülür.

Vazospazm anevrizmanın yırtılmasını izleyen 4-5 günde görülür; ikincil olarak enfarkta neden olabilir. Anevrizma yırtılmasında en sık ölüm nedenidir. Anevrizmanın yırtılmasını izleyen 6 ay içerisinde tekrar kanama oranı yaklaşık %50'dir.

Anevrizma, boyutu 2.5 cm'i geçtiğinde *dev anevrizma* olarak isimlendirilir. Klinik olarak bulundukları yere göre kitle etkisi bulguları vardır. Damar lümeninin bir bölümünü çevreleyen trombüsle birlikte ekzantrik görünümü *yüzüğe* benzetilmiştir. Periferinde kenar kalsifikasyonu görülebilir. Tümüyle tromboze anevrizmalarda çevreleyen fibröz dış duvar kontrast tutabilir. Sella Tursika gibi komşu kemik yapılarda erozyona neden olabilir.

Mikotik anevrizmaların en sık (%80) nedeni bakteriyel endokardite ve intravenöz uyuşturucu kullanımına bağlı enfeksiyöz embolilerdir. Geriye kalan olgularda neden, menenjit ve septik embolidir. Mikotik anevrizmalar sıklıkla periferik yerleşimde ve birden fazla sayıdadır. BT'de damarlara bitişik yerel yoğunluk artımı şeklinde görülebilir; ancak çoğunluğu BT ve MR kesitlerinde görülmez. En iyi kateter anjiyografisi ile gösterilir.

Aterosklerotik anevrizmalar fuziform genişlemeler şeklindedir. Çoğunluğu vertebrobaziler sistemde görülür. Damarların arteriyosklorotik değişiklikleri



Resim 7.57 Baziler arter anevrizması, A. Baziler arterin tepesinde, kontrast tutan büyük bir anevrizma, B. Bazal sisternalarda subaraknoid kanamaya ait örümcek görünümünde hiperdansite, C. DSA. Baziler arterin tepesinde anevrizma. Ayrı olgu.

(dolikoektazi) ile birliktedir. Baziller arterin tepesi 3. ventriküle baskı yapabilir. Tromboze olan anevrizmalar BT'de hiperdens, MR'de hiperintensdir.

Anevrizmaların tedavisi, cerrahi klipleme veya koille embolizasyondur. Tedavi seçimi anevrizmanın boyutu, yeri ve hastanın durumuna göre değişir. Bu seçimde BTA ile elde edilen 3B damar görünümleriyle anevrizmanın her üç düzlemde incelemesi yol göstericidir. Koillenen anevrizmalar MRA ile izlenir.

Subaraknoid kanama (SAK)

Subaraknoid alan, damarları çevreleyen BOS alanıdır ve ventriküllerle ilişkilidir. SAK nedeni %90 olguda anevrizma yırtılmasıdır. Travma, AVM, koagülopati, intraparankimal kanamanın sızması diğer nedenlerdir. Olguların %5'inde bir neden bulunamaz. Açık bir travması olmayan şuursuz olgularda saptanan SAK, çoğunlukla anevrizma yırtılmasına bağlıdır.

SAK'da ilk ve temel inceleme yöntemi BT'dir. Kontrastsız BT kesitlerinde sisterna ve sulkuslar hiperdens görünümdedir (Resim 7.58). Konveksitedeki görünümü subdural hematomdan, artmış yoğunluğun sulkuslar içerisine uzanması ile ayırt edilir. Bazen sulkuslarda görülen çok az bir kanama, sulkusun silinmesi şeklinde görülebilir.

Subaraknoid kan, genellikle 1 hafta sonra BT'de görülemez. Bu süre kanamanın miktarına göre değişir Geciken olgularda subaraknoid kanı BT ile saptamak mümkün olmaz. Bu nedenle uygun görüntüleme zamanı çok önemlidir. Örneğin SAK'ın saptanmasında BT'nin duyarlılığı 3 gün sonra %66'ya düşer. Az miktardaki kanamayı ve/veya hematokriti düşük hastalardaki kanamayı da saptamak zordur.



Resim 7.58 Subaraknoid kanama. Kontrastsız BT kesiti. İnterhemisferik fissürde, sulkuslarda ve sol silviyan fissürde hiperdens görünümler. 3. ventrikülde ve sağ yan ventrikülün oksipital boynuzunda kan.

SAK'da kan ventrikül içerisine geçebilir; bu durumda kanın depandan kesimde seviyelenmesi (*hematokrit etkisi*) görülür. Hematokrit etkisi sırt üstü yatan hastada interpedinküler sisternada da görülebilir. Bir kaç gün sonra gelişebilecek vazospazm enfarktlara neden olabilir.

Akut SAK, beyin ile izointens olacağı için MR ile saptanması zordur. FLAIR sekansı bu konuda daha duyarlıdır (Resim 7.59). Kronik olgularda leptomeninjial yüzeyde biriken hemosiderin T2AG'de belirgin hipointensite oluşturur. Bazen çok fazla olan ve/veya tekrarlayan SAK kanamaları beyin yüzeyinde yaygın hemosiderin birikimine neden olur. Bu duruma yüzeyel hemosiderozis veya yüzeyel siderozis adı verilir.

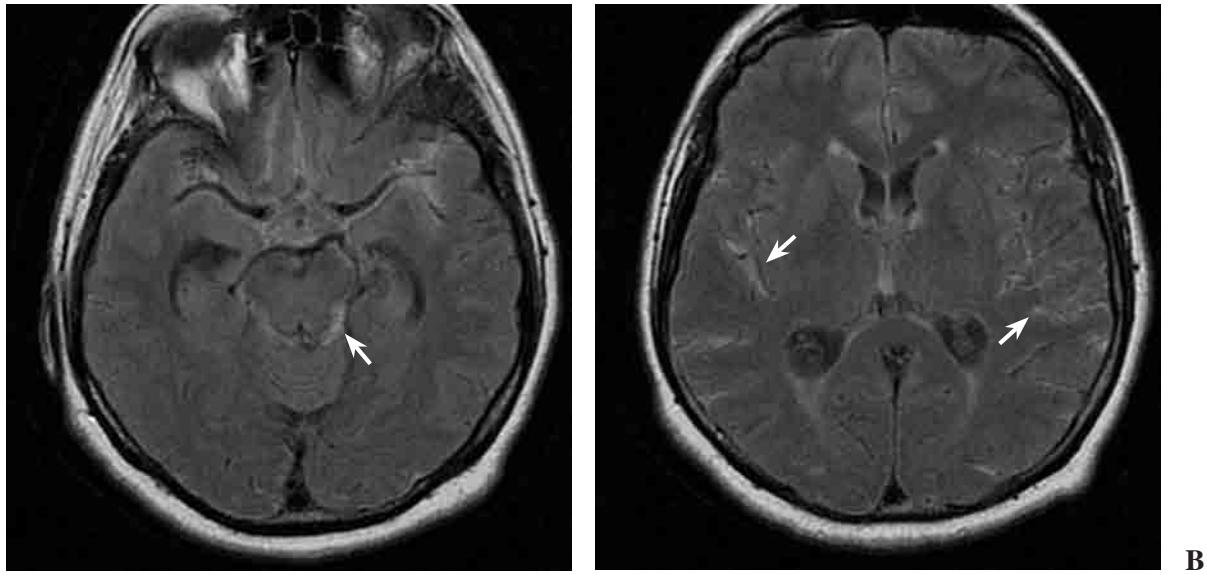
SAK'lı olgularda nedeni göstermek için yapılan kateter anjiyografinin yerini birçok merkezde BTA almıştır. BT'de incelemesinde SAK saptanan bir olguda, hasta masadan kaldırılmadan BTA yapılır. MRA'nın SAK'daki yeri henüz belirlenmiş değildir. MRA ile 3 mm'nin üzerindeki anevrizmalar saptanabilir ve bu yöntem polikistik böbrek hastalığı gibi riskli olgularda tarama testi olarak kullanılabilir.

VASKÜLER MALFORMASYONLAR

Vasküler malformasyonlar dört ana gruba ayrılır: 1) Arteriyovenöz malformasyonlar (AVM), 2) Kavernöz anjiyom, 3) Kapiller anjiyom (telanjiektazi), 4) Venöz malformasyonlar. AVM, parankimal (pial) ve dural AVM veya arteriyovenöz fistül (AVF) şeklinde olabilir. Bazı olgular bu iki lezyonun karışımı şeklindedir. Venöz malformasyonlar ise venöz anomaliler, Galen veni malformasyonu ve venöz varis şeklinde görülebilir.

Arteriyovenöz malformasyonlar

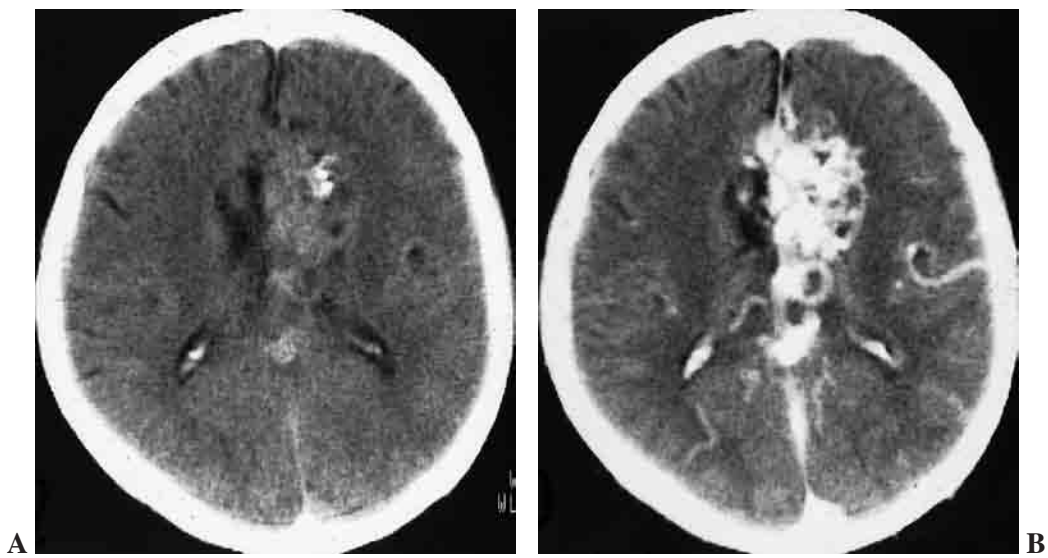
Arter ve venlerden oluşan anormal bir damar yumağıdır; arter ve ven arasında bağlantı arada kapiller yatak olmadan gerçekleşir (Resim 7.60). Besleyici arteri ve veni belirgin şekilde genişlemiştir; %10 olguda besleyici arterde anevrizma görülür. Arteriyel akım nidus



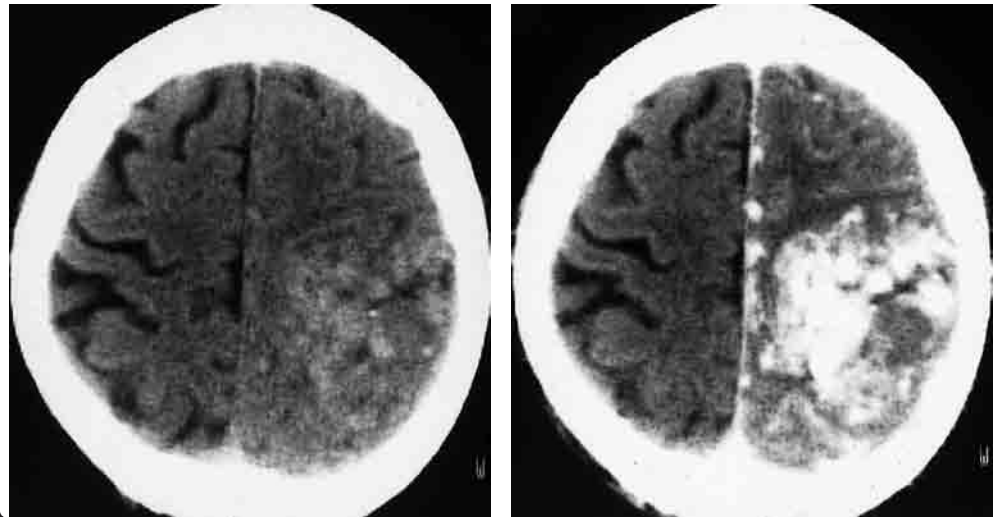
Resim 7.59 Subaraknoid kanamanın FLAIR görüntüleri. A. Ambiyent sisternada ve B. Diğer sisterna ve sulkuslarda kanamaya ait hiperintens sıvanmalar (oklar).

denilen bir merkezde venöz akımla karışır; nidus bir kaç yerden kanlanabilir. AVM'ler genellikle soliterdir. Olguların %80'i parankimaldir ve internal karotid veya vertebral arterden beslenir; doğumsal lezyonlardır. Geriye kalanların yarısı dural, yarısı da miks lezyonlardır. Dural olanlar eksternal karotid arterden beslenir ve çoğunluğu edinsel lezyonlardır.

Parankime yerleşen geniş lezyonlar kontrastsız BT kesitlerinde kıvrımlı hiperdens yapılar şeklindedir. Bunlar tromboze genişlemiş damarları veya hipertrofiye venleri temsil edebilir. Bazı olgularda vasküler yapılara has yuvarlak, hilal şeklinde veya kıvrımlı kalsifikasyonlar görülebilir. Geniş lezyonlarda genişlemiş damarlar benekli bir görünüm verir (Resim 7.61). Bu görüntülerin kenarlarında küçük kalsifik odaklar görülebilir. Malformasyonun çevresinde hipodens alanlar görülebilir. Bunlar posthemorajik kistleri ve/veya iskemiye bağlı atrofik beyin dokusunu temsil eder.



Resim 7.60 Korpus kallozum ve singulat giruslar yerleşiminde bir AVM, A. Kontrastsız, B. Kontrastlı BT kesitleri. Kontrastsız kesitte küçük kalsifik odakları olan hiperdens lezyon, kontrastlı kesitlerde kıvrımlı şekilde boyanıyor. Periferde geniş drenaj venleri görülüyor.

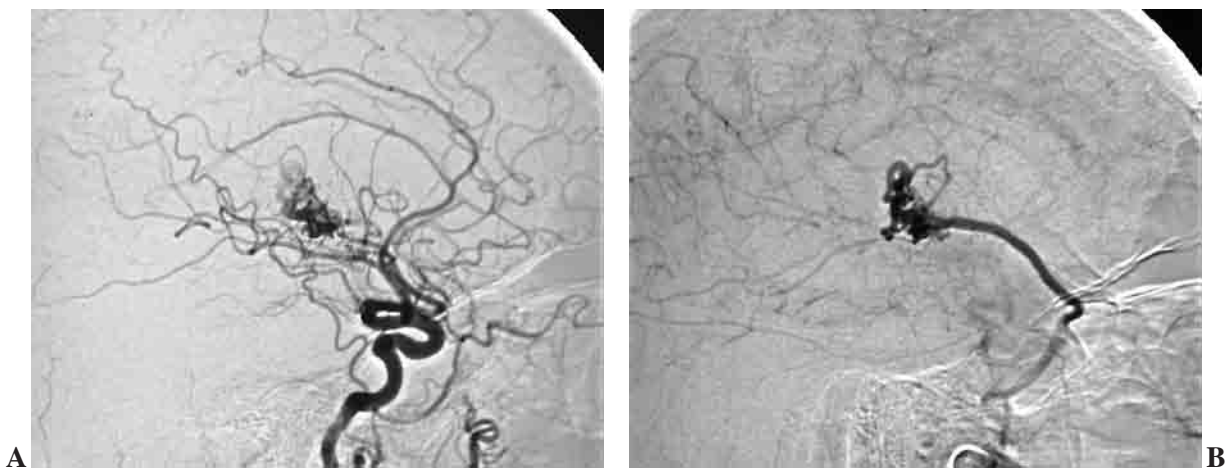


Resim 7.61 Arteriyovenöz malformasyon (AVM), A. Kontrastsız, B. Kontrastlı kesitler. Kontrastsız kesitlerde damarlar benekli hiperdens yapılar şeklinde. Küçük kalsifik odaklar mevcut, lezyonun büyüklüğüne karşın kitle etkisi yok.

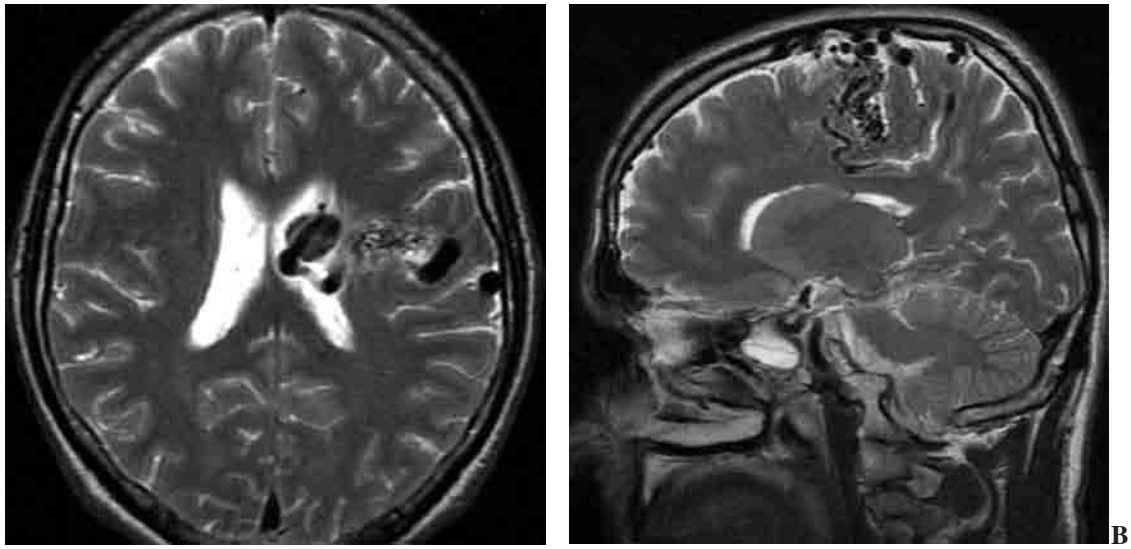
Kontrast maddenin enjeksiyonundan sonra görünüm çok daha karakteristik bir şekil alır. Kıvrımlı vasküler gölgeler kolaylıkla tanınır. Malformasyonun büyük bir bölümü yüzeyel olmakla birlikte geniş lezyonlarda beyinin derin tabakalarına doğru kama şeklinde ilerlemeler görülebilir. Kanama olmadıkça vasküler lezyonlarda kitle etkisi çok azdır, veya hiç görülmez. Bu nokta önemli bir ayırıcı tanı özelliğidir. AVM tanısı BT ile konabilir; anjiyografi girişim amacıyla ya da operasyondan önce besleyen ve drene eden damarların saptanması amacıyla yapılır (Resim 7.62). Tümüyle durada yerleşen lezyonlar kemik yapıya yakın olduğu için parankim lezyonları gibi açıkça gösterilemez.

Arteriovenöz malformasyonlarda çevre parankimi besleyen kanın arteriovenöz şant nedeniyle çalınması *("steal" sentromu)* çevre dokularda atrofiye yol açar. Atrofi, aynı zamanda, tekrarlayan kanamalara da bağlı olabilir. Beyinde bir lezyonun yer kaplayıcı etkisi yoksa öncelikle vasküler malformasyon düşünülmelidir.

MR'de AVM, hızlı akım nedeniyle *sinyal kaybı* ("*flow void*") ile karakterizedir (Resim 7.63). Çevrede kanama varsa evresine uygun sinyal karakteristikleriyle tanınır. AVM araştırılmasında tarama testi olarak MR anjiyografi kullanılabilir (Resim 7.64).



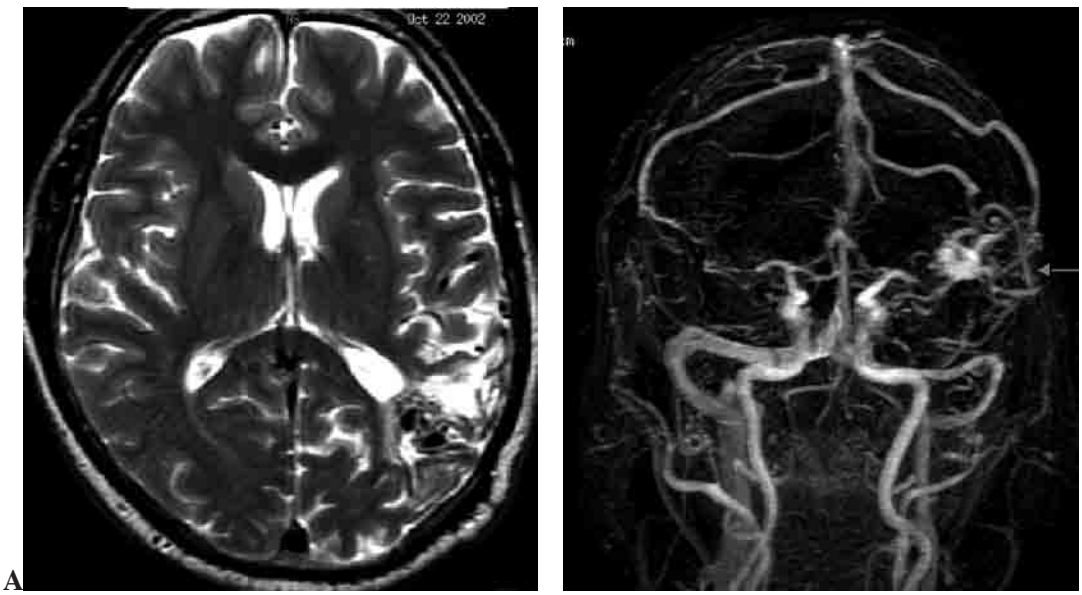
Resim 7.62 AVM'nin anjiyografik görünümü, A. Arteriyel faz, B. Venöz faz. Perforan arterlerle beslenen malformasyonun geniş drenaj veni.



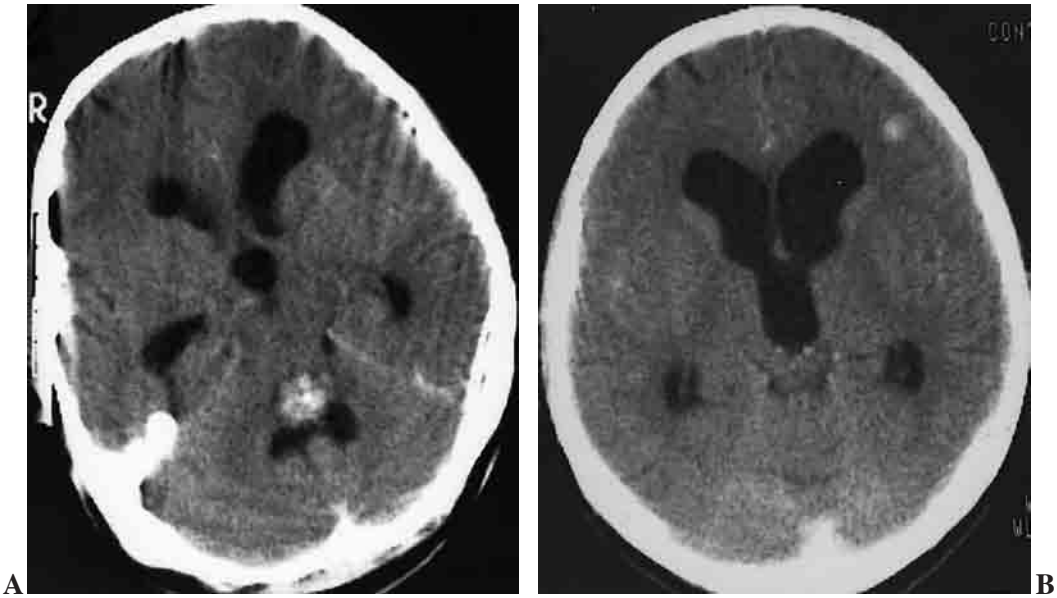
Resim 7.63 AV malformasyonun MR görünümleri. A. T2AG'de sol frontoparyetal yüzeyden başlayıp ventrikül içine kadar uzanan kıvrımlı hipointens damar görünümleri. B. Sagital T2AG'de lezyonun kama şeklinde gittikçe daralarak derine uzandığı görülüyor.

Kavernöz anjiyomlar

Dilate endotelle kaplı lümenlerden oluşur; aralarında normal beyin dokusu yoktur. Olguların büyük çoğunluğu supratentoriyaldir; %60-80 olguda birden fazladır. Anjiyografide genellikle opasifiye olmaz. Kontrastsız BT kesitlerinde 2-3 cm çapında %30'unda kalsifikasyon görülen hiperdens lezyonlar şeklindedir (Resim 7.65). Tromboze anjiyomun hiperdens görünümü çevresindeki hipodens alanla birlikte tümöre benzer görünüm verebilir. Tromboze olmayan lezyonlar hafif kontrast tutar. Görünümleri bazen menenjiyom benzer. Ancak ödem ve kitle etkisinin olmaması ve intraserebral yerleşimi ile menenjiyomdan ayrılır.



Resim 7.64 AVM. A. T2AG'de posterior paryetal kesimde kıvrımlı damar görünümleri. Çevrede atrofiye bağlı değişiklikler; sulkuslarda genişleme, komşu yan ventrikülün boynuzunda lezyona doğru çekilme ve hafif genişleme. B. kontrastlı MRA'da AVM'yi oluşturan damar yumağı (ok).



Resim 7.65 Kavernöz anjiyom. Kontrastlı BT kesitleri. A. 4. ventrikül tabanında ve B. Sol frontalde hiperdens, kalsifiye lezyonlar, anjiyografi ile opasifiye olmadı. Birlikte hidrosefali.

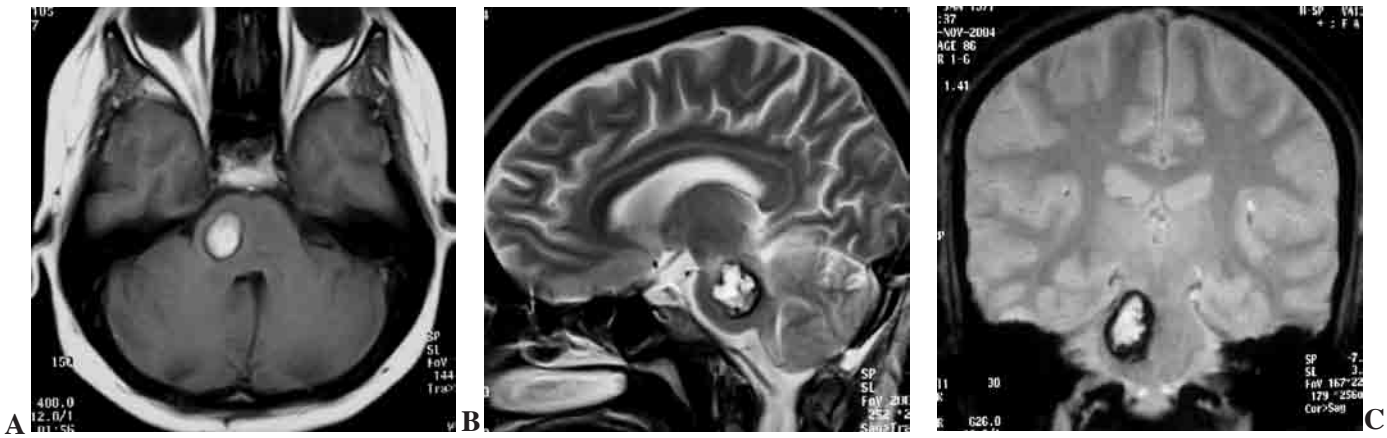
Kavernöz anjiyomlar, MR'de kan akımından dolayı değil, önceki kanamaya bağlı farklı evredeki kan yıkım ürünleri nedeniyle, örneğin hemosiderin birikimi ile tanınır (Resim 7.66). Manyetik duyarlılığı artmış sekanslar kullanılarak, kapiller telenjektazi gibi birlikte olabilecek küçük lezyonlar görünür hale getirilmelidir.

Kapiller telenjektazi

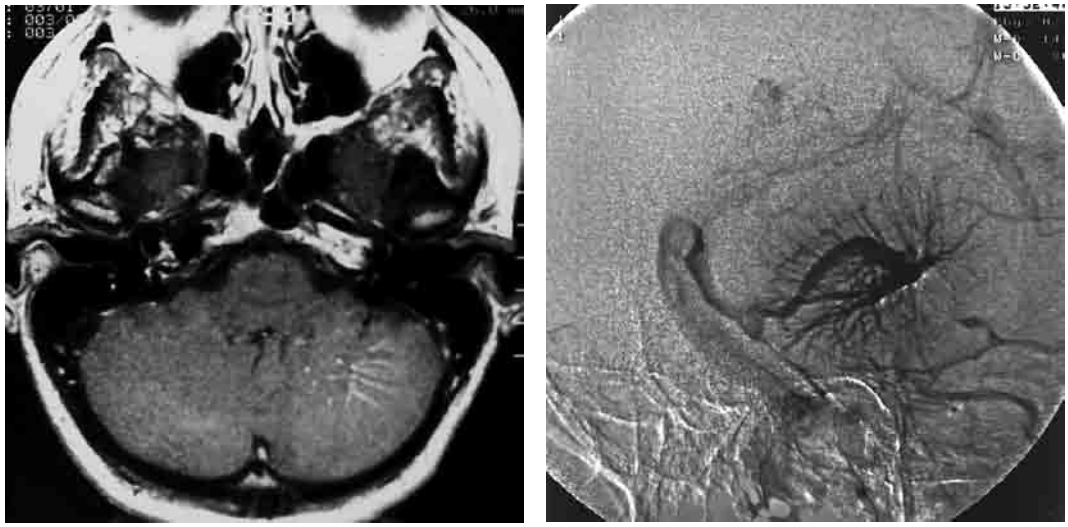
Aralarında normal beyin dokusu bulunan dilate kapillerlerden oluşan bir yumaktır. Nadiren bulgu verir. Kavernöz malformasyonla birlikte sık görülür. Sıklık sırasına göre ponsta, serebral kortekste ve omurilikte saptanır. BT genellikle normaldir. Kontrastlı MR'de hiperintens foküsler olarak görülebilir; kanama olmuşsa T2AG'de hipointens foküsler şeklindedir. Kavernöz anjiyom ve kapiller telenjiektazi, anjiyografi ile genellikle saptanamadıklarından "*occult*" veya *kriptik vasküler malformasyonlar* adıyla da anılır.

Venöz anjiyomlar

Küçük venlerin geniş bir transkortikal ven oluşturacak şekilde birleşmesiyle oluşan bir anomalidir. Se-



Resim 7.66 Ponsta kavernöz anjiyom görünümü. A. T1AG'de çevresinde hipointens rimi bulunan hiperintens görünüm. B. Sagital T2AG'de lezyonun 3. boyutu görülüyor. C. Koronal GRE sekansında hemosiderin halka daha belirgin. Lezyonun 3 ayrı sekansta da hiperintens görülmesi, hematomun geç subakut evrede olduğunu gösterir.



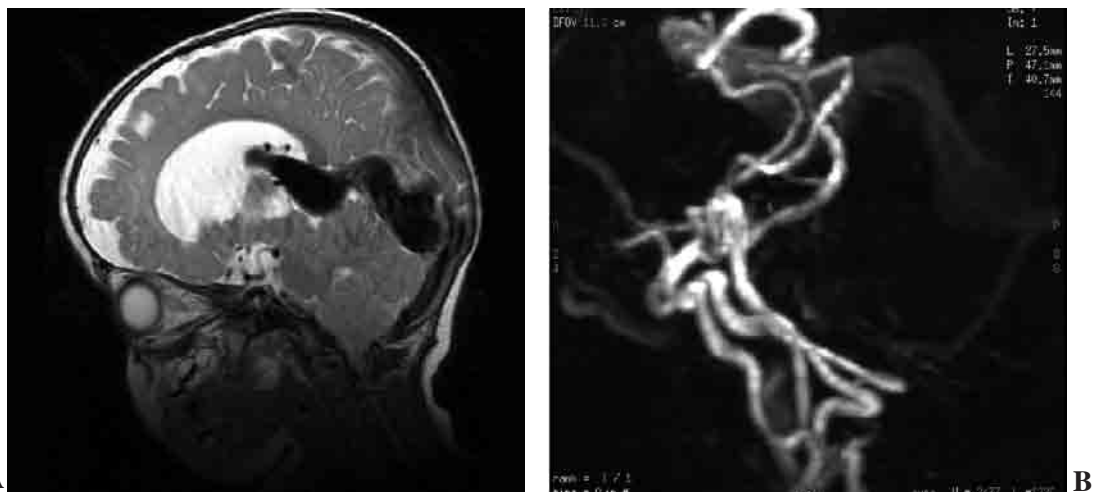
Resim 7.67 Serebellumda venöz anjiyom. A. Kontrastlı T1AG. Sol serebeller hemisferde tipik şemsiye veya şamdan görünümü. B. Anjiyografik venöz fazda konverjans gösteren ince venler birleşerek büyük bir ven oluşturuyor.

rebellar veya serebral derin beyaz cevherde yerleşir. Frontal boynuz çevresi en sık yerleştiği yerdir. Nadiren kanar ve klinik bulgu verir, genellikle rastlantısal saptanır.

Anjiyogramda arteriyel faz normaldir. Venöz fazda bir noktaya doğru toplanan ince venler görülür. İnce venlerin konverjansı anormal bir geniş venle sonlanır. Venöz anjiyomun geniş bir vende sonlanan ve konverjans gösteren ince ven demeti görünümü *şemsiyeye, çok kollu şamdan*a veya *Meduza başına* benzetilmiştir (Resim 7.67). BT'de ve MR'de genellikle drene eden anormal ven görülür. Konverjans gösteren venler, yeteri kadar genişse, kontrastlı kesitlerde de görülebilir.

Galen ven malformasyonları

Karmaşık bir grup damar anomalisini içerir. AVM ile birlikte Galen venin variköz genişlemelerinden oluşur (Resim 7.68). Kliniği farklı iki tipi vardır. Galen venin AVM'si denilen tipinde Galen venin embriyolojik prekürsörü olan prozansefalonun median veni ile çevre arterler arasında nidusu olmayan AV şantlar vardır; normal Galen veni yoktur. Yeni doğanda



Resim 7.68 Galen veni varisi. A. sagital T2AG'de galen veni ve sinüs rektusta belirgin genişleme. B. MRA'da lezyona doğru uzanan genişlemiş damarlar.

konjestif kalp yetmezliği ile birliktedir; daha sonra hidrosefaliye neden olur.

Diğer tipine Galen veni varisi de denir. Bu anomali, Galen venine drene olan ve onu genişleten primer parankimal AVM'dir. Genellikte primer AVM nidusu talamustadır. Yenidoğanda bulgu vermez. Kanama riski diğerine göre yüksektir.

Tanıda ilk yöntem US, temel yöntem ise kateter anjiyografisidir. Kesit görüntüleme yöntemleri ile beyin hasarı belirlenir. Endovasküler embolizasyon alternatif tedavi yöntemidir.

İNME

Akut gelişen nörolojik yetmezlik tablosuna inme ("stroke") denir. Transient iskemik atak (TIA), 24 saat içerisinde düzelen fokal nörolojik bulgulara verilen isimdir; 24 saatten sonra düzelen şekline ise reverzibl iskemik nörolojik defisit adı verilir. İskemi beyinin kanlanmasının azalmasını, enfarkt ise bu azlığın neden olduğu beyin hasarını ifade eder. Glikojen ve yağ gibi bir enerji deposu olmayan beyin, kanlanmanın azalmasından çabuk etkilenir. Gri cevherin kanlanması beyaz cevherden 3-4 misli fazladır ve dolayısıyla oligemiye karşı çok daha fazla duyarlıdır.

İnmede en sık (%80) neden enfarktır. İntraserebral kanama (%15), travmatik olmayan SAK ve venöz tıkanma diğer nedenlerdir. Olguların yarısından çoğunda damar, ateroskleroz nedeniyle tıkanır. Diğer nedenler kardiyak çıkışlı emboliler ve diğer damar hastalıklarıdır. Genç olgularda neden emboli, arteriyel diseksiyon, vaskülopati ve uyuşturucu kullanımıdır. Çocuklarda ise emboli konjenital kalp hastalığından kaynaklanır; venöz trombüs ve orak hücreli anemi diğer nedenlerdir.

İnmede tedavi eskiden önleyici ve destekleyiciydi; günümüzde tromboliz yapılabilmesi, tanının ve trombolitik tedaviye uygun hastaların seçiminin hızla yapılmasını gerektirir. Bu gereksinimle birlikte İA trombolitik tedavinin radyoloji departmanlarında yapılması, inmenin tanı ve tedavisinde radyoloğun görevini ve sorumluluğunu önemli ölçüde artırmıştır.

ATEROSKLEROTİK HASTALIK

Serebral iskemi ve enfarktın en sık nedenidir. Karotid ateroskleroz embolik iskemiye, intrakraniyal ateroskleroz ise bulunduğu kesimde trombotik, distalinde embolik iskemiye neden olur. Lezyonlar en sık internal karotid arterde, daha sonra sırasıyla distal baziler arter, karotid sifon ve orta serebral arterdedir.

Kritik karotid stenoz, arter çapının %70'i geçen darlıklarıdır. Kritik stenozu olan semptomatik olgularda inme riski artar ve bu olgular karotid endarterektomiden yararlanırlar. Bu sınırın altındaki darlıklar asemptomatiktir ve tedavi genellikle medikaldir. Günümüzde karotid stent uygulaması endarteroktominin alternatifidir.

Karotid arterlerin incelenmesinde temel yöntem kateter anjiyografisidir, ancak invaziv olduğu için tarama testi olarak kullanılmaz. Kateter anjiyografisi genellikle stent konulacak veya operasyon planlanan olgularda uygulanır (Resim 7.69). Günümüzde karotid arter sisteminin incelenmesinde tarama testi olarak dupleks renkli Doppler yöntemi kullanılmaktadır. Tarama testi olarak kullanılabilecek diğer yöntem MR anjiyografidir. MRA, US yerine veya birlikte kullanılabilir. Bazı merkezlerde US ve MR bulguları uyumlu ise anjiyografi yapılmadan karotid endarterektomi uygulanmaktadır. Bu iki incelemenin sonuçları arasında uyumsuzluk varsa kateter anjiyografisi yapılır.

Karotid Doppler US endikasyonları şu şekilde özetlenebilir: 1) Transiyent iskemik atak (TİA) veya inme hikâyesi, 2) Karotid arterde üfürüm, 3) Amorozis fugaks, 4) Büyük kalp/damar ameliyatları öncesi, 5) Damardaki lezyonun progresyonunu izlemek, 6) Endarterektomiden sonra restenozu araştırmak.

Doppler US incelemesinde, önce B-mode görüntülerle damarın morfolojisi değerlendirilir. B-mode görüntüleme en iyi 7.5-10 mHz'lik lineer transdusırlerle yapılır. Bunun için hasta sırt üstü yatar, yüzünü incelenecek tarafın karşı yönüne çevirir. Karotis internayı petröz kemiğe giriş yerine kadar görebilmek için, boyun üst kesimde, hafif hiperekstansiyondadır.

Önce damarların duvar kalınlıklarına bakılır; trombüs ve/veya aterom plakları saptanır ve karakterize edilir (Resim 7.70). İntima-mediya kalınlığının normalde 0,8 mm'yi aşmaması gerekir. Plakların boyutu ve yerleşim yeri belirlenir; homojen veya heterojen olup olmadığına bakılır. Homojen plaklar genelde dens fibröz dokudan oluşur. Hetereojenite genelde plak içine kanamaya bağlıdır. Yumuşak ("soft") plak da denilen bu plaklar ülsere olabilir. Plaklar zamanla kalsifiye olur. Ön duvarda lokalize kalsifik plaklar, akustik gölgeleri ile lümeni örterek o bölgedeki akımın değerlendirilmesini engeller (Resim 7.71).

Akımın renklendirilmesi ile gri ölçekte seçileme-

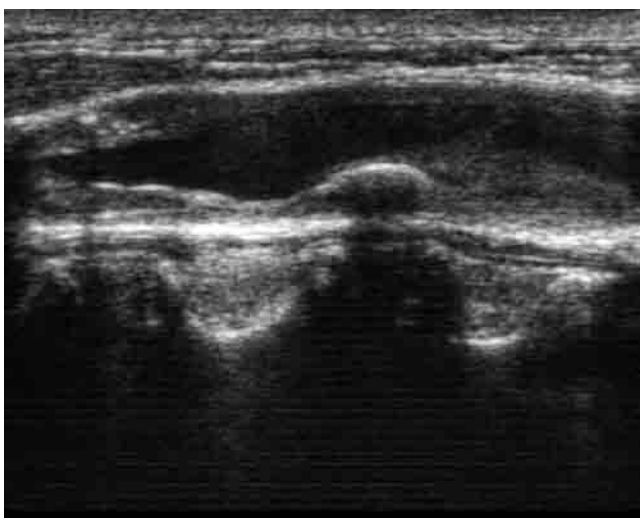


Resim 7.69 Karotid arterde arterosklerotik daralmada stent uygulaması. DSA görünümleri. A. Stent uygulamadan önce. İnternal karotid arterde düzensiz belirgin daralma mevcut (ok). B. Stent koyduktan sonra elde olunan kontrol DSA'da darlığın genişlediği ve akımın normale döndüğü görülüyor.

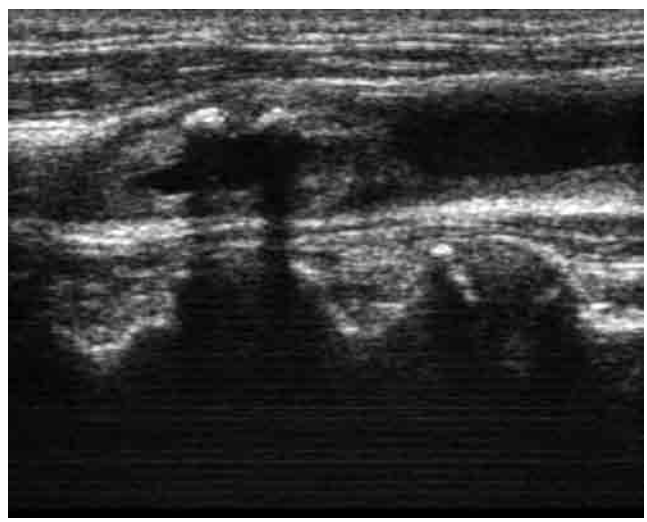
yen ülserasyonlar renkle dolarak belirgin hale gelebilir (Resim 7.72). Akımın renklendirilmesi patolojinin en belirgin yerlerinden ölçüm yapılmasına da olanak sağlar (Resim 7.73). Darlıkta darlığın proksimalinden, darlık seviyesinden ve darlığın distalinden olmak üzere üç düzlemden ölçüm yapılır. Renkli Doppler ile anjiyografide *ip bulgusu* olarak değerlendirilen tıkanmaya yakın darlıklar görüntülenebilir; bu tür tıkanmaya yakın darlıklarda spektral Doppler'in duyarlılığı daha düşüktür (Resim 7.74). Bu şekildeki darlıklar MRA'da da genellikle tıkanma olarak görülür.

Spektral Doppler ile darlıkların ölçülmesinde genellikle 5 mHz'lik transdusırlar kullanılır. Stenoz tanısındaki temel kriterler şunlardır:

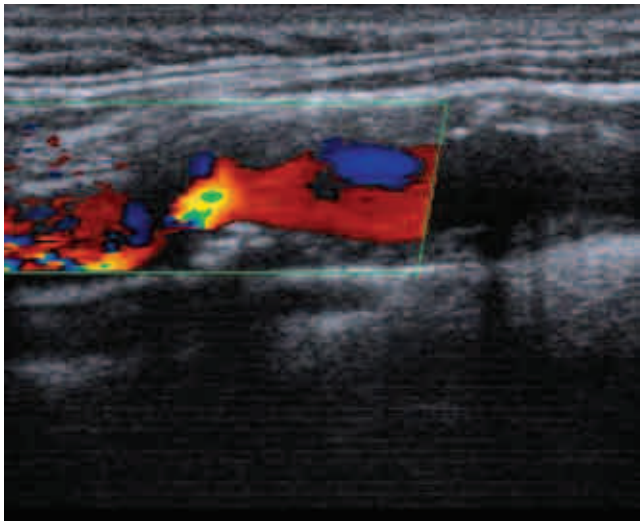
1. Akım hızı: Pik sistolik hızlarına göre internal karotid arter darlıkları şu şekilde sınıflandırılır:
   a. 125-225 cm/sn : Orta derecede darlık (%50-75)
   b. 225-350 cm/sn : Belirgin darlık (%75-90)
   c. > 350 cm/sn : Kritik darlık (> %90)
   d. < 25 cm/sn : Tıkanmaya yakın darlık (>%95)



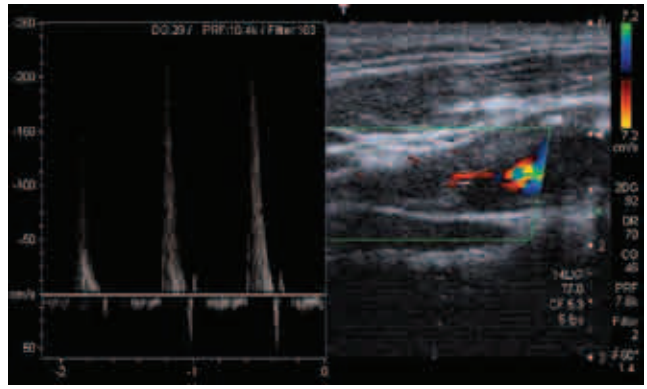
Resim 7.70 Karotid arteri tutan arteriyosklerozun gri skala US görünümü. Lümen içinde dolma defekti yapan yumuşak doku yoğunluğunda aterom plağı. Plak kenarında kalsifik odak. Lezyonun distalinde karotid arterin lümenin duvar kalınlaşmasına bağlı olarak gittikçe daraldığı izleniyor.



Resim 7.71 Gri skala US. Karotid arterin ön duvarında bulunan kalsifikasyonların gölgesi lümenin görülmesini engelliyor.



Resim 7.72 Karotid arter darlığında renkli Doppler US. Darlıktaki akımda türbülansa bağlı renk karmaşası.



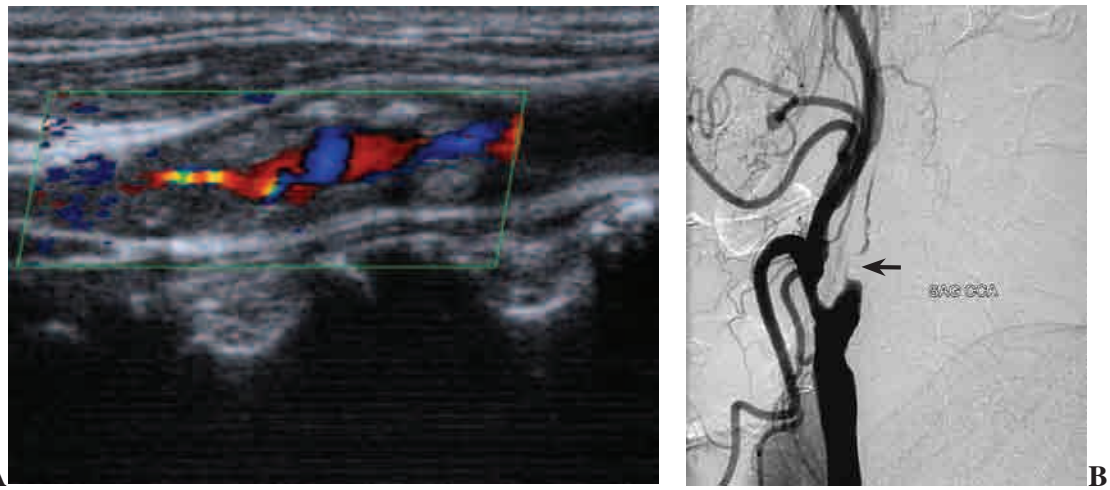
Resim 7.73 Darlıkta renkli ve spektral Doppler görünümü. Darlık kesiminde akım hızı belirgin şekilde artmış. İleriye doğru diyastolik akım yok, çok az tersine akım görülüyor.

2. İnternal karotid arter-ortak karotid arter akım hız oranı: Mutlak hız değerleri tanı için yeterli olmayabilir. Bu durumda internal karotid arterin akım hızını, ortak karotid arterdeki hızla orantılamak gerekir. İnternal karotid arter-ortak karotid arter akım hızı oranı normalde birden küçük iken, %50 civarındaki stenozlarda ikiye çıkar.
3. Spektral genişleme ve pencerede küçülme: Darlığa bağlı türbülans akımın göstergesidir.
4. İleri derecede stenozlarda, ortak karotid arterde yüksek direnç gösteren akım (diyastolik akım yokluğu veya tersine diyastolik akım) izlenir.

Damarın çapının %60, alanının %80'den daha fazla daraldığı karotid stenozlarda Doppler US'nin duyarlılığı %95, özgüllüğü %90 civarındadır.

SEREBRAL ENFARKT

Serebral enfarkt ya aterosklerotik tıkanmaya (trombotik enfarkt) ya da emboliye bağlı (embolik enfarkt) olarak gelişir. Embolik enfarktlar sanılandan daha fazladır. Emboli kalp hastalığından veya aortta, karotid arterlerde ve vertebral arterlerdeki ateromatöz plaklardan kaynaklanabilir. Olguların ¼'ünde tüm aramalara rağmen kaynak bulunamaz. Multipl lezyon embolik enfarktın karakteristiğidir. Genellikle 1.-5. günler arasında emboli parçalanır ve o bölgedeki dolaşım yeniden sağlanır. Erimeden önceki görünüm



A B

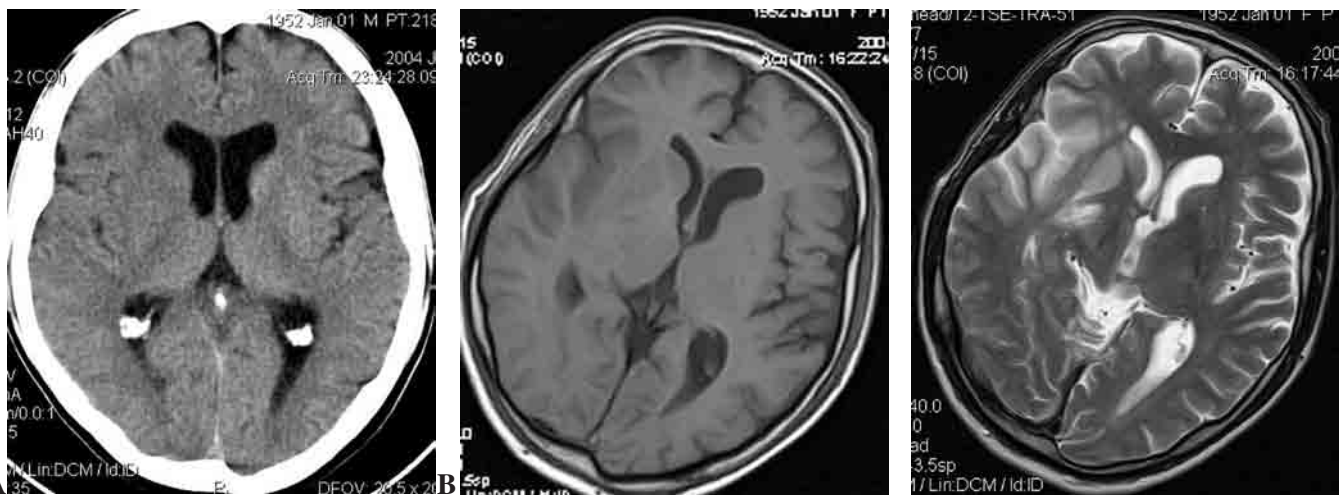
Resim 7.74 İnternal karotid arterde ip şeklinde %95'i aşan daralma. Renkli Doppler US görünümü. B. Aynı bölgenin DSA görünümü. DSA'da lümenin ip gibi inceldiği ve akımın belirgin şekilde azaldığı görülüyor (ok).

aterosklerotik trombotik enfarkta benzer. Trombotik ve embolik gruplar arasında klinik ve radyolojik olarak örtüşme vardır; bir damarın proksimalinde trombüs olarak başlayan olay, distalde emboli oluşturabilir. Bu nedenle bu iki grup pratikte *tromboembolik hastalık* olarak isimlendirilir.

İskemi, hücrenin membran pompasını bozarak içerisindeki potasyumun dışarı çıkmasına, dışarıdaki kalsiyum, sodyum ve suyun içeri girmesine neden olur ve sitotoksik ödem dediğimiz hücre ödemi gelişir. Enfarktın radyolojik görüntüsü temelde bu patofizyolojik olaya bağlıdır. Bu ödem en fazla gri cevherdedir ve enfarktı izleyen 3.-7. günlerde belirgindir. Birlikte bir miktar da vazojenik ödem izlenir. Vazojenik ödem, iskemik alandaki kapiller yatağın endotel hücrelerinin hasarlanmasına bağlıdır. Tümörlerin çevresinde başlıca vazojenik ödem görülür.

Erken tanı, tedavinin başarısında belirleyicidir. Amaç, iskemik bulguları olabildiğince erken saptamak ve hızlı bir tedavi ile tabloyu geriye çevirebilmektir. İnmeli hastaya yapılacak ilk inceleme yöntemi kontrastsız BT'dir. BT'nin amacı enfarktı saptamaktan daha çok kanamayı ve altta yatan tümör veya AVM olasılığını dışlamaktır. BT'si normal olan hasta, enfarktı saptamada en duyarlı yöntem olan MR'ye alınır ve standart MR görüntüleri ile birlikte DAG ve ADC görüntüleri elde edilir ve gerekiyorsa perfüzyon çalışmaları yapılır (Resim 7.75).

DAG, enfarktı saptamada en duyarlı sekanstır.Sitotoksik ödemi, enfarktın başlamasını izleyen dakikalar içerisinde hiperintens olarak saptayabilir. Enfarkta bağlı parankim değişiklikleri standart T2AG'ye göre, FLAIR'de daha belirgin olarak ortaya çıkar, fakat daha erken saptanmaz. FLAIR sekansı ile BOS'dan gelen sinyal baskılandığı için küçük kortikal lezyonlar daha açık olarak görüntülenir ve ayrıca akut subaraknoid kanama olasılığı dışlanabilir. Enfarktın radyolojik görünümü zamanla değişir; bu değişikliklerin saptanmasında yöntemlerin duyarlılıkları da farklıdır. Akut inme tablosunda ilk yöntem BT'dir; ancak kro-





Resim 7.5 Enfarktın BT'de ve MR sekanslarındaki görünümü. A. BT görünümünde belirgin bir dansite farklılığı yok; ancak sağ hemisferde silviyan fissür ve çevresindeki sulkuslar sola göre daha dar. B. T1AG'de benzer bulgular mevcut. İntensite farklılığı belirgin değil. C. T2AG'de silviyan sisterna çevresinde orta serebral arter bölgesinde giruslarda hiperintensite. D. DAG görüntüsünde daha geniş bir alanda enfarktı temsil eden belirgin hiperintensite.

nik olgularda doğrudan MR yapılabilir. Beyin sapı ve serebellum gibi bölgelerdeki enfarktlarda ve küçük lezyonlarda MR'nin duyarlılığı daha yüksektir. Serebral enfarkt olgularında semptomlar başladıktan üç saat sonra BT kesitlerinde bir şeyler görülebilirse de belirgin bulgular 24-72 saat sonra ortaya çıkar. Bu nedenle ilk 12 saatte BT'nin normal olması enfakt olasılığını dışlatmaz.

Enfarkt görünümünde zamansal değişim

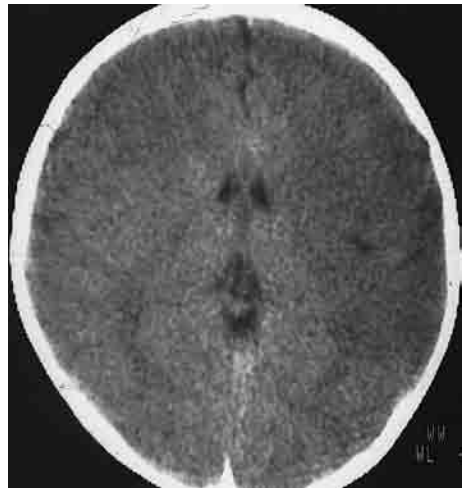
Damarın tıkanmasından sonraki dakikalardan başlayarak ilk bir kaç saat içerisinde elde edilen BT/MR görüntülerinde, belirgin doku ödemi ve kitle etkisi ortaya çıkmadan önce, iskemik hasarı temsil eden bazı bulgular saptanabilir. Bu *hiperakut dönem* bulguları parankimal değişiklilerden ziyade tıkanan damarın morfolojik değişiklikleridir. Bunlar damar içerisindeki trombüsün kontrastsız BT'de hiperdens (*hiperdens arter işareti*), MR'de normalde görülen "flow void" etkisinin kaybolması ve pıhtının evresine göre değişen sinyal intensitesidir. Bu bulgular büyük damarlarda daha iyi görülür.

Enfarktan hemen sonra, enfarkt alanı içerisindeki küçük damarlar kontrastlı MR kesitlerinde görülür hale gelir. İlk 1-3 gün içerisinde belirgin olan bu görünüm yaklaşık 10 gün devam eder. Kontrastlı BT'de izlenemeyen bu görünümün, enfakt alanındaki damarların vazodilatasyonuna ve/veya yavaş akıma bağlı olduğu kabul edilir.

İlk 6 saat içerisinde BT/MR kesitlerinde ödem bulguları saptanabilir. Örneğin, orta serebral arter tıkanmalarında insuler korteks ile beyaz cevher sınırı ödem nedeniyle silinir (*insular kurdale işereti*). Proksimal orta serebral arter tıkanmalarında lentiform çekirdekte ödem görülür. Ödem T2AG'de hiperintenstir. Enfarkt alanı T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstir.

Birçok akut olguda ilk çekilen BT normal görülür. İlk 12 saat içerisinde BT'nin normal olması enfarkt olasılığını dışlamaz. Enfarkt alanı ilk 24 saatte iyi sınırlanamayan benekli hipodens bir alan şeklindedir. Bu evrede belirgin kitle etkisi yoktur; gri-beyaz cevher sınırı kaybolur, sulkuslar silinir (Resim 7.76).

Enfaktın 3.-5. günlerinde ödem ve kitle etkisiyle birlikte hipodens bir alan ortaya çıkar. Enfarkttaki hipodensite hem korteksi hem beyaz cevheri tutar; kama veya dikdörtgen şeklindedir; sınırları keskindir; tıkanan arterlerin suladığı alanı kapsar (Resim 7.77).



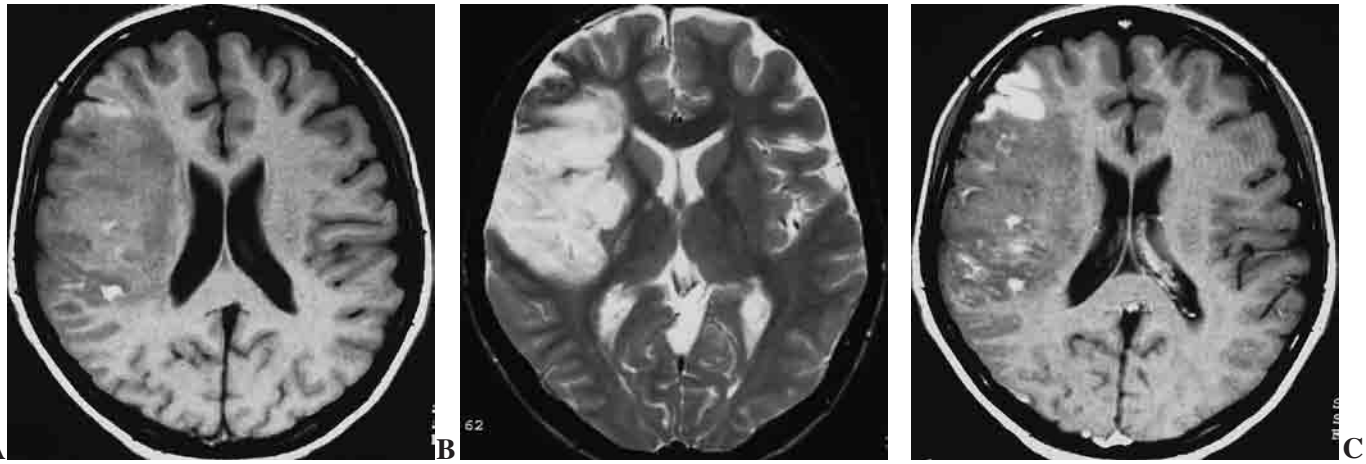
Resim 7.76 Erken dönem enfarktın BT görünümü. Sol orta serebral arter bölgesinde yoğunlukta azalmayla birlikte sulkuslarda silinme. Yer kaplayan özellik belirgin değil.

Tümör, inflamasyon ve diğer nedenlerle gelişen hipodansite ise özellikle beyaz cevheri tutan, sınırları keskin olmayan şekilsiz görünümdedir ve belirli bir arter dağılımı göstermez.

Ödem birinci haftanın sonunda azalmaya başlar; 2. haftada ödem ve kitle etkisi gerilerken, hücrelerdeki lizise bağlı protein birikimi nedeniyle, enfarkt alanı çevreyle izodens görülebilir. Bu durum enfarktı maskeleyebilir. *Tüllenme etkisi* denilen ve enfarktın gözden kaçmasına neden olan bu sorun kontrast kullanımı ve/



Resim 7.77 Akut-subakut enfarktın BT görünümü. Orta serebral arterin suladığı alanda sınırları belirgin hipodansite. Lezyonun yer kaplayan özelliğine bağlı olarak komşu yan ventrikül silinmiş.



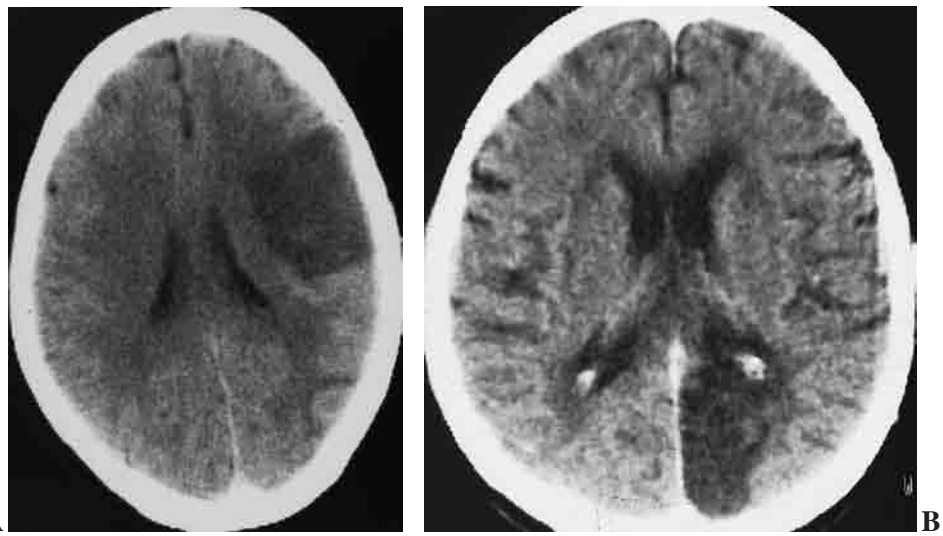
Resim 7.78 Enfarktta MR görünümleri. Subakut dönemde enfarkt. A. T1AG'de sağ paryetal bölgede orta serebral arterin suladığı kesimde keskin sınırlı kenarında küçük kanamaları bulunan enfarkt alanı. Lezyon alanında sulkuslarda silinme. B. T2AG'de aynı bölgede belirgin hiperintensite. C. Kontrastlı T1AG'de enfarkt alanının periferinde kontrast tutan giruslar.

veya MR ile çözülebilir (Resim 7.78). Ödem, 12.-21. günlerde kaybolur.

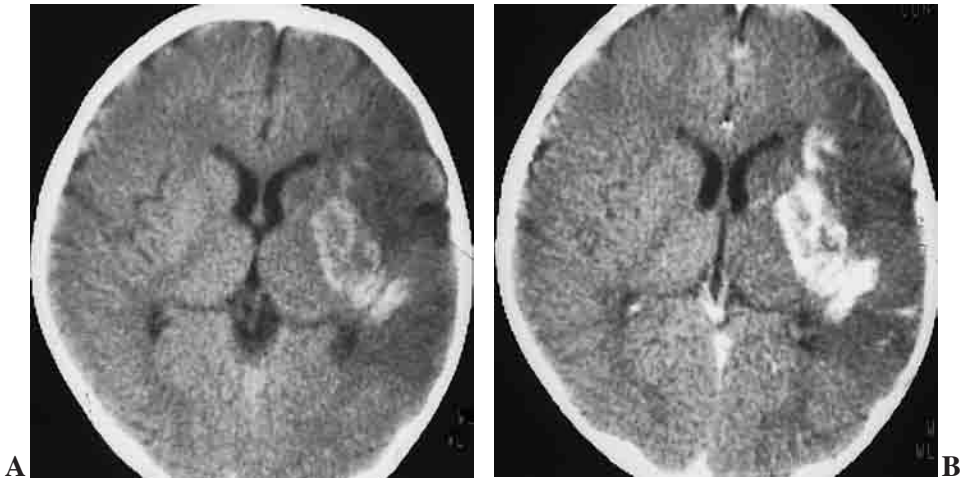
Enfaktın hipodens alanının periferinde, 2.-3. haftalarda, lineer veya nodüler yapıda izodens veya hiperdens alanlar ortaya çıkar. Yeni kapiller oluşumlara ve kollateral sirkülasyonuna bağlı bu alanlar gri cevher içerisindedir.

Enfarkt alanı 4.-5. haftadan başlayarak 2.-3. aya kadar daha da keskin kenarlı olur ve gittikçe su yoğunluğuna eşitlenir (Resim 7.79). Sonuçta BT'de hipodens, T2AG'de hiperintens atrofik bir alan ortaya çıkar ve buna bağlı olarak komşu BOS alanlarında genişlemeler ve lezyon tarafına doğru çekilmeler görülür. Bazı kortikal enfarktlarda sulkal genişleme tek sekel olarak karşımıza çıkar. Kronik enfarkt değişiklikleri üçüncü ayın sonunda artık durağandır. Ödem ve kitle etkisi 1 aydan fazla süren olgularda, altta yatan tümör benzeri bir neden düşünülmelidir.

Hemisferlerdeki büyük enfarktlarda, distalindeki aksonal yıkılmaya bağlı olarak beyin sapında Walleriyan dejenerasyon ve sonucunda atrofi gelişir. Beyin sapından geçen aksiyal kesitlerde tutulan tarafta atrofiye bağlı olarak beyin sapı asimetriktir.



Resim 7.79 Kronik dönemdeki enfarktların BT görünümleri. A. Enfarkt alanının kenarları keskinleşmiş. Ödem ve yer kaplayan etkisi yok. Belirgin hipodansite. B. Kronik enfarkt. Sol oksipital lobdaki enfarkt alanında atrofiye bağlı olarak yer kaybettiren özellik ortaya çıkmış ve buna bağlı olarak komşu yan ventrikül genişlemiş.



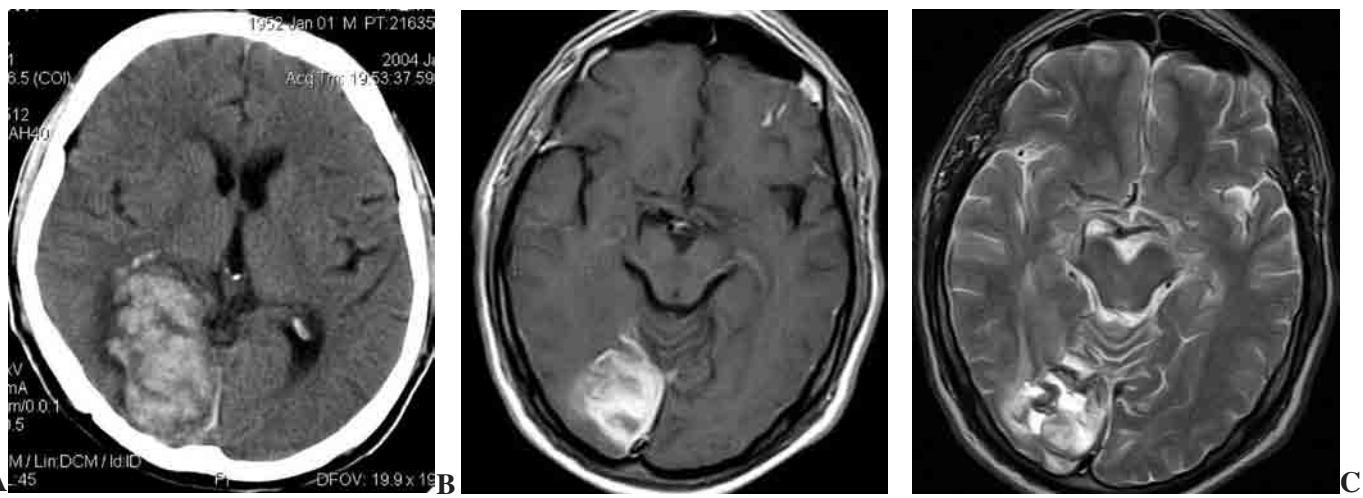
Resim 7.80 Enfarkt alanında kanama. A. Subakut dönemdeki enfarktta heterojen kanama alanları. B. Aynı alanlar belirgin kontrast tutuyor.

Enfarkt alanında vasküler değişiklikler ve kontrast tutma

Özellikle embolik enfarktta, embolinin 1.-5. günlerde erimesinden sonra enfarkt kesiminde perfüzyon çok artar. Buna "*luxury perfüzyon*" adı verilir. Bu hiperemik bir reaksiyondur. Bu durumda kontrastsız kesitlerde, enfarkt alanında özellikle gri cevherin yoğunluğunda artma görülür, alan izodens hale gelir; reperfüzyon hemorajileri gelişebilir. Beyaz cevherin vaskülarizasyonu az olduğu için yoğunluğu fazla değişmez.

Embolik enfarktta hemoraji sık görülür (Resim 7.80). Kontrastsız kesitlerde enfarkt alanında, daha çok gri cevherde, yaygın peteşiyal kanamalar vardır. Buna bağlı olarak tutulan kortikal kesimin yoğunluğu hafif veya orta derecede artmıştır. Lezyonun kenarları keskin değildir. Komşu beyaz cevher hipodens görülür. Bazen kanama beyaz cevhere de taşar. Bu evrede kitle etkisi devam eder; lezyon kontrast tutar. Bu tablo koagülasyon bozukluğu olan olgularda trombotik enfarktlarda da görülebilir. Enfarkt alanında bazen hematom oluşturacak şekilde kanamalar da ortaya çıkabilir (Resim 7.81).

Enfarktın kontrast tutma özelliği BT ve MR'de aynıdır. Verilen kontrast madde başlıca ekstrasellüler aralıkta toplanır. Nedeni kapiller endotelyumdaki kan-beyin bariyerinin yıkılmasıdır. Bu yıkılma peteşiyal



Resim 7.81 Belirgin hemorajik enfarkt. Sağ oksipital lobda hematomu andırır heterojen yoğunluk artımı. B. T1AG'de aynı bölgede heterojen hiperintens kanama görünümleri. C. T2AG'de hiperintensite devam ediyor. Kanama geç subakut dönemde.

kanamalara neden olduğu gibi kontrast ekstravazasyonuna da neden olur. Vaskülarite artışı, boyanmanın çok azından sorumludur. Kontrast madde başlıca gri cevherde tutulur. Beyaz cevher daha az ve daha geç boya alır veya boyanmaz. Kontrast tutulması multifokal, lineer, bant şeklinde, santral, periferal veya halka şeklinde olabilir. Halka şeklinde boyanma bazal gangliyon ve beyaz cevher enfarktlarında görülür.

Kontrast tutma zamanı geniş bir yelpaze gösterir. Enfarkt alanı genel olarak 2.-4. haftalarda kontrast tutar; ancak bazı olgularda ilk günden sonra bile kontrast tutulabilir. Üçler kuralına göre kontrast tutma, 3 gün ile 3 hafta arasında belirgindir, 3. haftadan sonra azalmaya başlar; 3 ay içerisinde de kaybolur. Bazen 6-7 hafta, geniş enfarktlarda 12 hafta devam edebilir.

Kontrast madde tutulumu embolik ve hemodinamik enfarktlarda daha sık görülür, persistan anemik enfarktta daha azdır ve genellikle embolik enfarktta 1.-5., trombotik enfarktta ise 10.-14. günlerde görülür. Tromboembolinin erimesinden sonra kontrast tutulumu belirgindir. Embolik enfarktlarda kontrast madde tutulduğunda ödem vardır. Trombotik enfarktta ise boyanma varken ödem ve dolayısıyla kitle etkisi yoktur.

BT'de kontrast tutma, kontrast maddenin dozuna ve kontrast maddeden sonra kesit alınana kadar geçen süreye bağlıdır. Kontrast tutmayan enfarktların bir bölümü yüksek dozda verilen kontrast madde ile boyanabilir. Hiç kontrast tutmayan enfarktlar ise çevre korteks dinamik çalışma ile boyanarak görünür hale getirilebilir.

Hemodinamik enfarkt

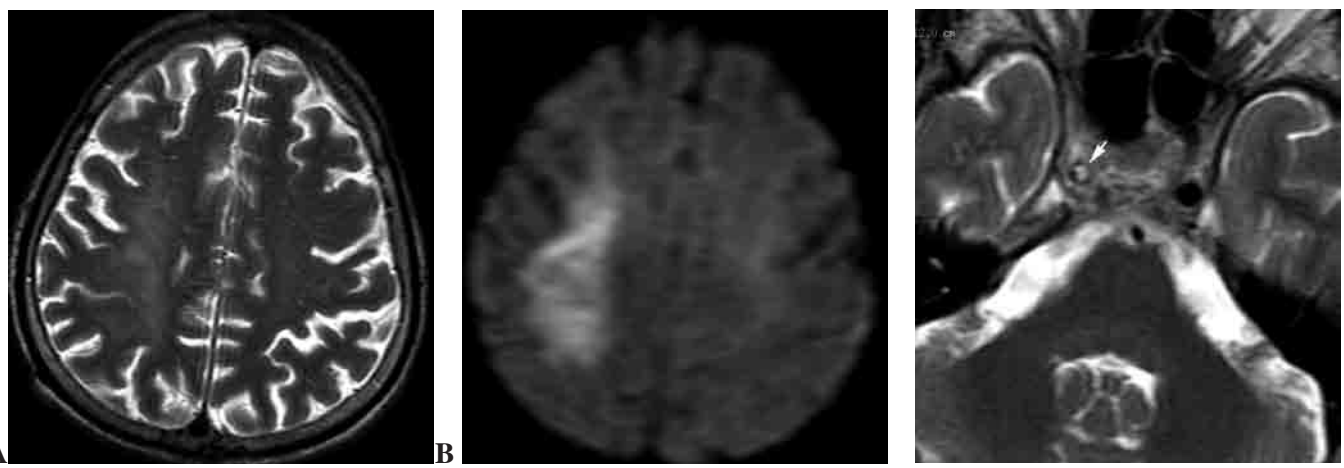
Enfarktın diğer bir şekli, hemodinamik enfarkttır. Üst ventriküler kesitlerde pariyetooksipital bölgede görülen özel şekline *havza* ("*watershed*") *enfarktı* adı verilir. Bu enfarkt anterior, mediyal ve posterior serebral arterlerin sulama havzalarının sınırlarında (uç dallarının birleştiği yerde) görülür (Resim 7.82). Nedeni beyin dolaşımının aniden azalmasıdır. Bu tür enfarktlar genellikle hipertansif hastalarda gelişen hipotansif ataklarda ortaya çıkar. Diğer nedenler anaflaksi, anestezi altında yapılan cerrahi müdahaleler, masif kan kayıpları ve kardiyak arresttir. Enfarkt alanında erken evrede kontrast madde tutulumu görülebilir. Boyanmanın olduğu bölgede 2-3 ay sonra sulkus dilatasyonu dikkati çeker.

Laküner enfarkt

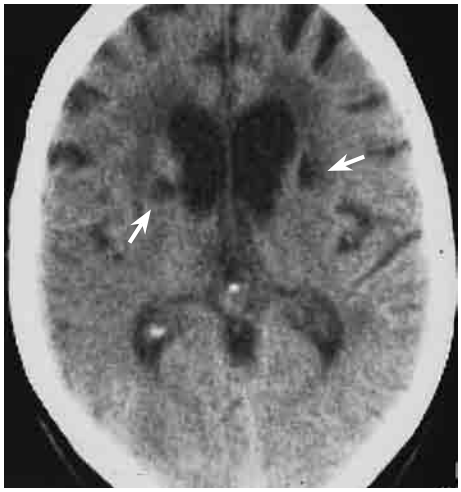
İnmelerin yaklaşık %15-20'sinin nedenidir. Periventriküler bölgeyi besleyen lentikülostriat ve talamoperforan arter gibi ince ve uzun parankimal seyirli arterler, trombotik tıkanmaya yatkındır. Bu nedenle bazal gangliyon ve internal kapsül çevresinde sıktır. Kronik hipertansif ve aterosklerotik hastalarda sık görülür.

Laküner enfarktlar 0.5-2.5 cm boyutlarındadır, (Resim 7.83) 3.-5. günde kitle etkileri vardır; 7.-10. günde kontrast tutarlar, 3-4 hafta sonra keskin kenarlı hipodens lezyonlar şeklini alırlar. Boyutları nedeniyle bazen sadece bir kesitte izlenebilir.

Laküner enfarktlar T1AG'de ve FLAIR görüntülerinde, merkezlerindeki hipointens enfarkt kavitesi ile karakterizedir. Böyle bir kavitenin bulunmadığı olgular iskemik gliyoz olarak değerlendirilir (Resim



Resim 7.82 Havza enfarktı. A. T2AG. Sağ sentrum semiovalede hafif intensite artımı. B. DAG görüntüsü. Havza alanında enfarkta ait belirgin hiperintens görünüm. C. Sağ internal karotid arterde muhtemelen enfarkta neden olan trombüs görülüyor (ok).



Resim 7.83 Laküner enfarktlar. Ön boynuzlara komşu lokalizasyonlarda, yaklaşık birer santimetre çapında keskin kenarlı hipodens alanlar (ok). Birlikte serebral atrofi bulguları.

7.84). Yaşlı popülasyonda periventriküler hiperintensite benekleri şeklinde oldukça sık karşılaşılan bu görünümün, klinik bir anlamı yoktur.

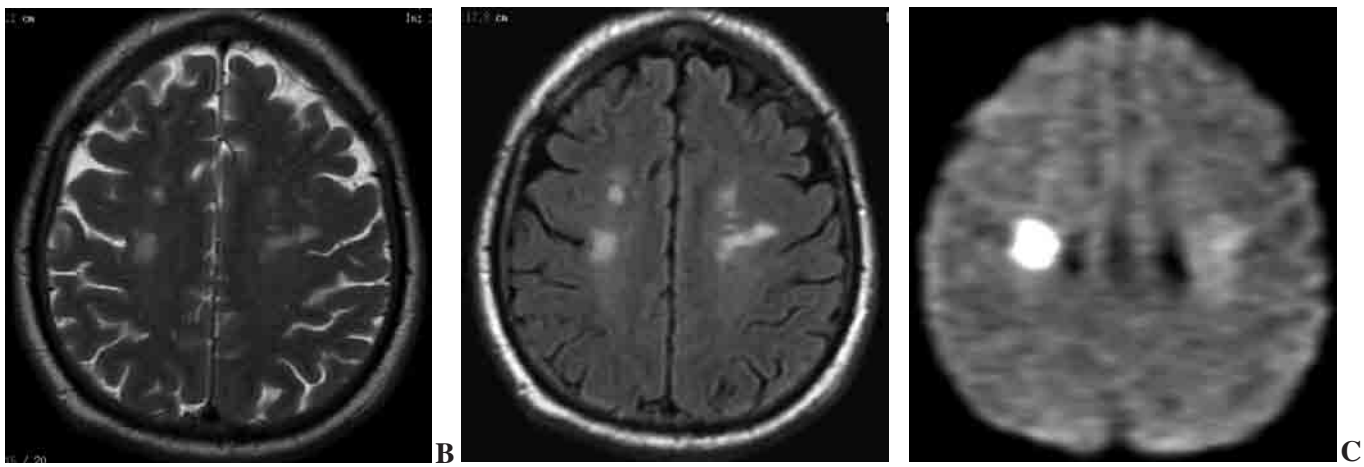
Genişlemiş perivasküler alanlar (Virchow-Robin alanları) da laküner enfarkta benzer görünüm verebilir. Bu alanlar, tüm sekanslarda BOS intensitesinde olmaları, birlikte kitle etkisinin bulunmaması, nörolojik bir bulgunun olmaması ve penetran damarlar boyunca devam etmeleri ile laküner enfarkttan ayrılır.

Derin sirkülasyondaki laküner enfarktlar sistemik lupus, uyuşturucu kullanımı, poliarteritis nodoza ve migren gibi vaskülit oluşturan hastalıklarda da görülebilir. Tutulan damarların suladığı alanlara dağılmış küçük enfarkt alanları şeklinde görülürler. BT'de akut enfarktlar eski lezyonlardan ayrılamaz ve küçük lezyonlar, nekrotik doku rezorbe olup küçük bir hipodens alan ortaya çıkıncaya kadar görülmeyebilir. Bu süre de oldukça uzundur. İnfratentorial enfarktların saptanması zordur. Beyin sapındaki enfarktlar da çoğunlukla görülemez. MR ile bu lezyonların büyük çoğunluğu görüntülenir.

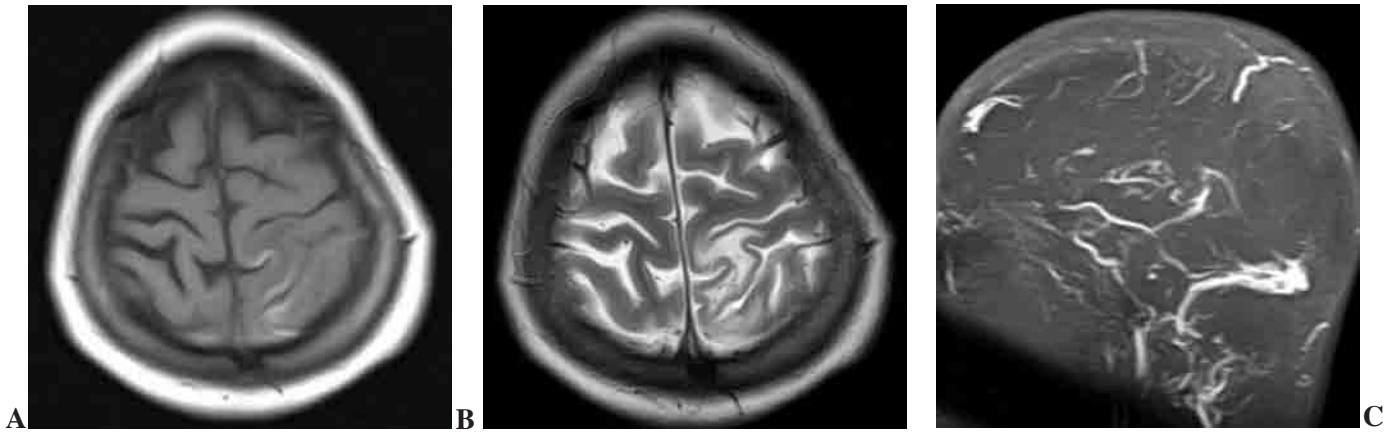
Venöz enfarkt

Görece olarak genç hastalarda daha sık görülür. Dehidratasyona, mastoidit, otit, menenjit gibi enfeksiyonlara ve tümör invazyonuna bağlı olarak gelişebilir. Travma, oral kontraseptif kullanımı, gebelik, lohusalık, koagulopatiler ve kan hastalıkları diğer nedenlerdir. Venöz sinüsler, kortikal venler, internal serebral ven, bazal ven ve Galen veni gibi derin serebral venlerin tıkanması sonucu drene ettikleri alanda gelişen staz, arteriyel akımın bozulmasına ve buna bağlı olarak enfarkt gelişimine yol açar. Venöz sinüs trombüslerinin klinik bulguları özgül değildir. Enfarkt ve kanamaya bağlı olarak mortalite oranları yüksektir.

Sinüs trombozu sıklık sırasına göre süperior sagital sinüs, transvers, sigmoid ve kavernöz sinüslerde görülür. BT'de sinüs içerisindeki trombüs, kontrastsız BT'de hiperdens, kontrastlı BT'de hipodensdir. Aksiyal kesitte, posteriorda pıhtının sinüs içerisindeki üçgen görünümü *delta işareti* olarak tanımlanmıştır. Kontrastlı kesitlerde pıhtının çevresindeki dura kontrast tutarak delta işareti belirginleşir ve görünümüne *boş delta işareti* adı verilir. MR'de pıhtının evresine göre T1AG'de intensitesi artar; normalde görülen



Resim 7.84 A. T2AG'de her iki sentrum semiovalede hiperintens odaklar. B. FLAIR görüntüsünde odakların hiperintensitesi daha belirgin. C. DAG görüntüsü. İskemik gliyoz odaklarından sağ taraftaki daha büyük olanı parlaması nedeniyle enfarktı temsil eder.



Resim 7.85 Venöz enfarkt. A. T1AG'de sol hemisfer posterior kesimindeki giruslarda hafif hipointensite ve kenarlarında kanamayı temsil eder ince hiperintens çizgilenmeler. B. T2AG'de aynı giruslarda hiperintensite. C. MRA görüntüsünde süperior sagital sinüs oblitere.

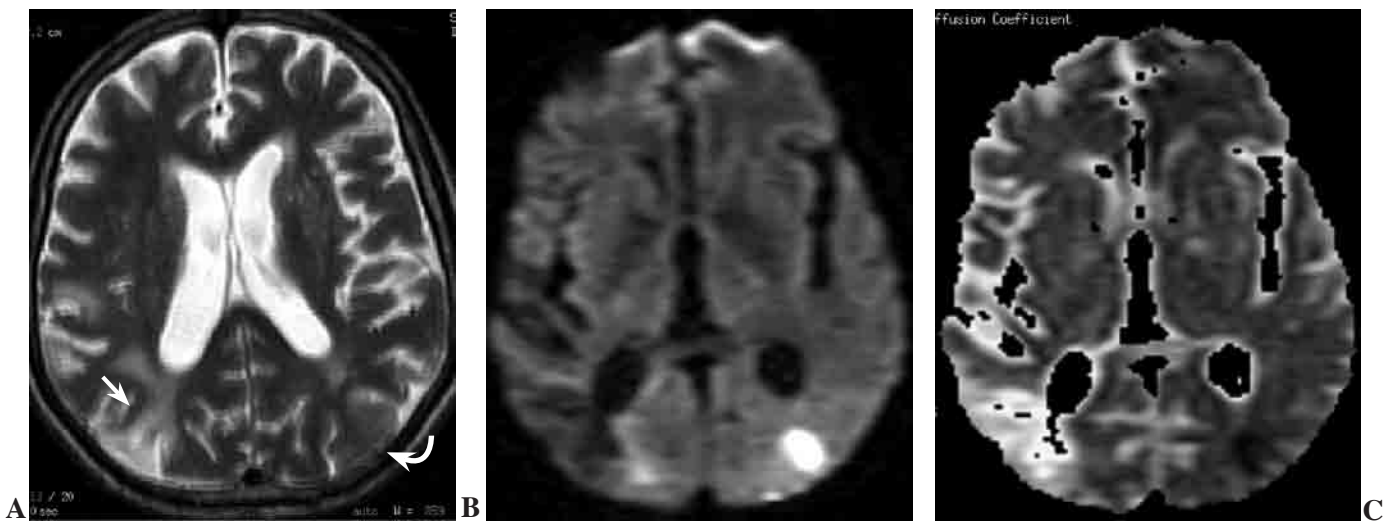
"flow void" etkisi kaybolur. Sinüs içerisindeki yavaş akım, trombozu taklit edecek şekilde hiperintens görülebilir. Geç fazda yapılan BT anjiyografi ile sinüsler ve varsa pıhtı çok iyi gösterilebilir. Ancak temel yöntem faz kontrast MRA'dır.

Tromboze venlerin drene ettiği alanlarda subkortikal enfarktlar ve kortikomedüller kanamalar görülür (Resim 7.85). Enfarktlar arteriyel enfarkttaki derine ilerleyen kama görünümünün tersine yüzeyin altında ve yuvarlak görünümdedir. Arteriyel dağılım alanına uymayan bir enfarkt görüldüğünde venöz enfarkttan şüphelenilmelidir.

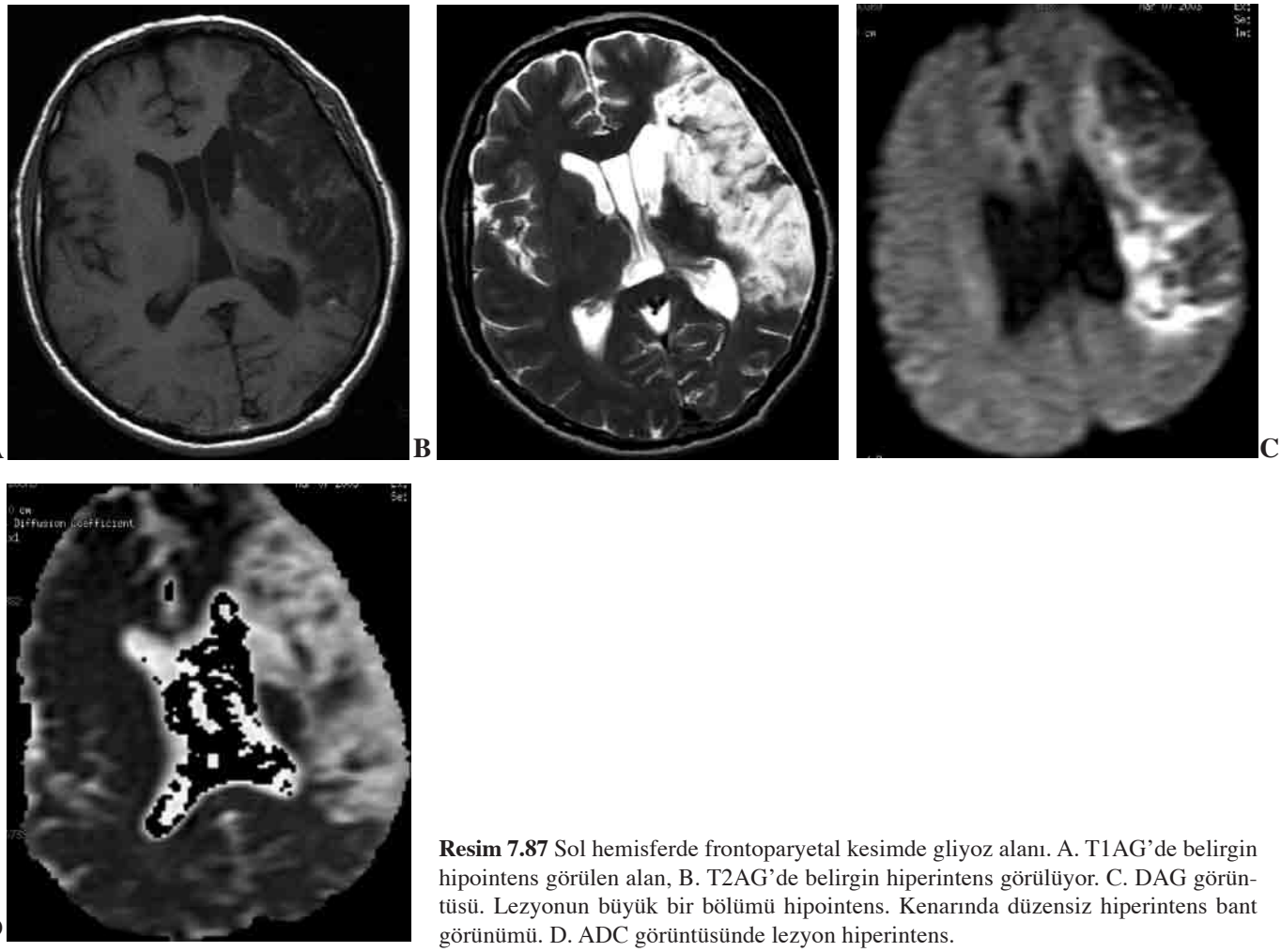
Enfarktta difüzyon görüntüleme

Standart difüzyon görüntüleme protokolü DAG ve ADC görüntülerini içerir (Resim 7.86). DAG görüntüleri difüzyon ve T2 etkilerinin toplamını, ADC görüntüleri ise sadece difüzyon etkilerini gösterir.

DAG görüntülerinde enfarkt, geliştikten çok kısa bir süre sonra (ilk yarım saat içerisinde) parlamaya başlar ve daima parlak kalır. İlk dönemdeki parlama difüzyon sınırlanmasına, parlamanın devamı ise T2 etkisinin artmasına bağlıdır. ADC görüntülerinde enfarkt alanı başlangıçta siyahtır, ilk 7 gün siyah kalır 7-10. günlerde gri cevherle izointens olur ve daha



Resim 7.86 Akut enfarktın MR görünümü. A. T2AG. Sağ oksipital boynuza komşu paryetooksipital bölgede hiperintensite (ok), solda aynı bölgede belirgin bir intensite değişikliği yok, ancak sulkuslar silinmiş (kıvrık ok). B. DAG'de hiperintens görülen soldaki lezyonun. ADC haritasında (C) hipointens görülmesi, ile akut enfarkta ait olduğunu gösterir. Sağdaki lezyon, DAG'de hipointens, ADC'de hiperintens olması nedeni ile kronik enfarkt olarak değerlendirilmiştir.



Resim 7.87 Sol hemisferde frontoparyetal kesimde gliyoz alanı. A. T1AG'de belirgin hipointens görülen alan, B. T2AG'de belirgin hiperintens görülüyor. C. DAG görüntüsü. Lezyonun büyük bir bölümü hipointens. Kenarında düzensiz hiperintens bant görünümü. D. ADC görüntüsünde lezyon hiperintens.

sonra hiperintens hale geçer. Bu değişim enfarkt alanındaki difüzyon etkisinin zamanla T2 etkisine evrilmesini gösterir. Enfarkt alanının ADC görüntülerinde izointens olduğu evreden sonraki dönemde, enfarkta uyar bir hikâye veya önceki görüntüler olmadan, tek başına DAG-ADC ile enfarkt tanısı koymak olanaksızdır.

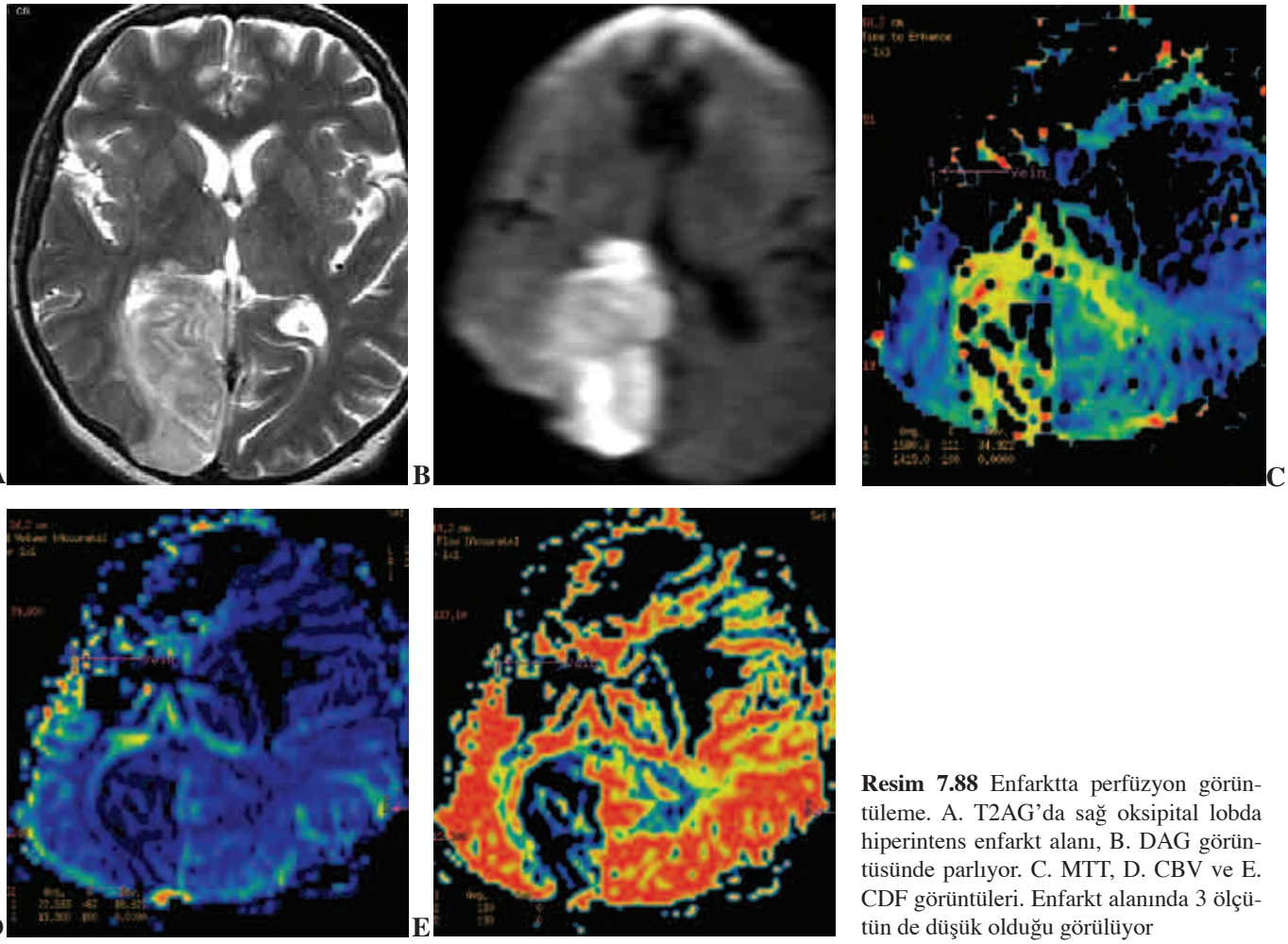
Gliyoz alanı DAG'de parlar, fakat aynı zamanda ADC görüntülerinde de parlar. Bu görünüm, parlamadaki etkinin difüzyona değil, T2 etkisine bağlı olduğunu gösterir (Resim 7.87). Enfarktta DAG görüntülerinin duyarlılığı çok yüksek, fakat özgüllüğü düşüktür. ADC görüntülerinin duyarlılığı DAG'den düşüktür, ancak sınırlanmış difüzyonu yani iskemiyi göstermede özgüllüğü çok yüksektir.

DAG görüntülerinde parlak, ADC görüntülerinde siyah görülen bir lezyon kesinlikle enfarkt alanıdır, doku nekrozedir. Çok nadir olarak bu görüntüyü veren reverzibl lezyonlar da (venöz tromboz, nöbet, hemiplejik migren, hiperakut arteriyel trombüs) rapor edilmiştir.

Enfarktta perfüzyon görüntüleme

Hızlı bolus şeklinde verilen kontrast maddenin dokudaki sinyali değiştirmesi temeline dayanır. Seçilen beyin hacmindeki sinyal değişiklikleri zamana karşı grafiklenir. Bu zaman-sinyal eğrisinden serebral perfüzyonu tanımlayan birçok ölçüt üretilir. Ortalama dolanım zamanı ("mean transit time - MTT") kanın seçilen bölgeye ne kadar sürede ulaştığını, serebral kan hacmi ("cerebral blood volume - CBV") vokseldeki dolanan kanın hacmini, serebral kan akımı("cerebral blood flow - CBF") ise voksel içerisindeki kan akımını gösteren, görece ölçütlerdir (Resim 7.88).

MTT, perfüzyon bozukluğunu göstermede duyarlı bir ölçüttür, fakat daha sonra olacakları göstermez. Örneğin asemptomatik bir karotid tıkanması MTT'de dramatik değişikliklere neden olur, fakat hastada bir bulgu görülmeyebilir.



Resim 7.88 Enfarktta perfüzyon görüntüleme. A. T2AG'da sağ oksipital lobda hiperintens enfarkt alanı, B. DAG görüntüsünde parlıyor. C. MTT, D. CBV ve E. CDF görüntüleri. Enfarkt alanında 3 ölçütün de düşük olduğu görülüyor

CBV iskemik olayın geç evresinde değişir. CBV'deki azalma, genellikle sınırlanmış difüzyonla birliktedir. Enfarkt gelişen dokuda bu iki ölçüt birbiri ile uyumludur.

CBF enfarkt olasılığını değerlendirmede kullanılır. Pratikte CBF, DAG'den daha önce bozulur ve bu duruma *difüzyon-perfüzyon uyumsuzluğu* adı verilir. CBF'nin pozitif, DAG'nin negatif olduğu bölgede iskemi vardır, fakat henüz enfarkt oluşmamıştır. Enfarkt alanı penumbra adı verilen bu iskemik, fakat canlı olan alan ile çevrelenmiştir. Risk altındaki bu bölge tedavi girişiminin hedefidir; enfarkt gelişmeden iskeminin geriye döndürülmesine çalışılır.

Akut enfarktta BT ve BTA

Akut evrede trombolitik tedaviye hızla karar verilmesi çok önemlidir. BTA ile beyin damarları aortdaki çıkışlarından başlayarak uç dallarına kadar gösterilir. Willis halkasının büyük damarlarındaki trombüslerde doğruluk oranı hayli yüksektir ve İA veya İV trombolitik tedaviye başlanacak lezyonları kolayca ayırabilir.

Önce kontrastsız BT yapılarak trombolitik tedavinin kesin kontrendikasyonu olan kanama dışlanır. Tipik olarak enfarkta ait geniş parankimal hipodansite de trombolizisin görece kontrendikasyonudur. Çünkü tedavinin etkin olamayacağı geç bir evreyi işaret eder.

Kontrastsız BT'de dar pencere ile incelenerek erken dönemdeki hafif iskemik değişiklikler araştırılır. Daha sonra hastayı kımıldatmadan BT anjiyo çalışmasına geçilir; 90-120 ml iyonik olmayan izo-ozmolar iyotlu kontrast madde bolus şeklinde verilir. 25 sn gecikme zamanı kullanılarak kafa kaidesinden vertekse kadar tarama yapılır. Arkasından hiç gecikmeden, arkus aortdan kafa kaidesine kadar olan kesim taranarak tüm damar yapısı anjiyografik olarak gösterilir.

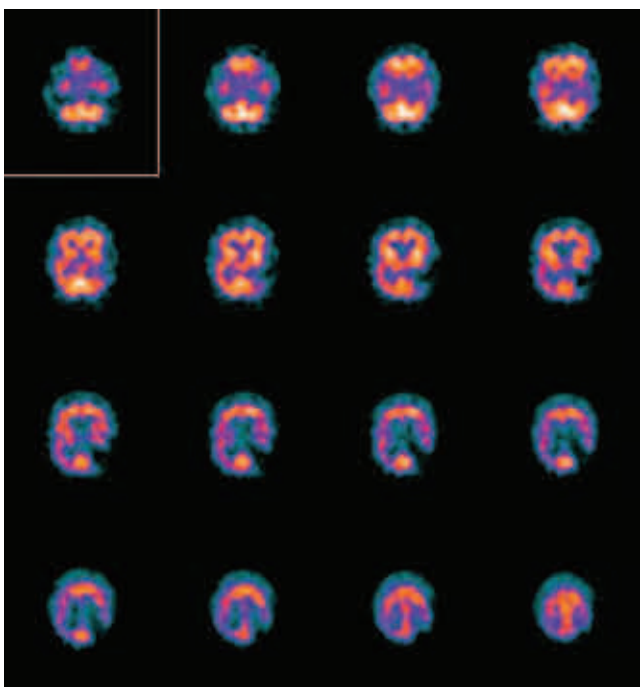
Kontrast verildikten sonra BT perfüzyon çalışmaları da yapılabilir.

İskemide RG

İskemi ve inmede yapısal değişiklikler ortaya çıkmadan önce fonksiyonel görüntüleme yöntemleri ile metabolik değişiklikleri saptamak olasıdır. Enfarkt PET ile, morfolojik görüntüleme yöntemlerinden daha erken saptanır ve daha geniş görülür. Enfarktta ilk 48 saatte aneorobik glükoliz nedeniyle $LCMR_{gl}$, rCBF den daha az düşer. Enfarkt çevresindeki normal dokuda da ödem nedeniyle perfüzyon bozukluğu saptanır (Resim 7.89). Subakut evrede enfarkt alanı çevresinde rCBF'nin artması "luxury" perfüzyonu temsil eder. Serebral enfarktlarda karşı taraf serebellar hemisferde rCBF değerleri düşer. Kortikopontin yolların etkilenmesi sonucu ortaya çıktığı düşünülen bu duruma, *karşı serebellar* "*diachisis*" adı verilir.

Transient iskemik atakta (TIA) ilk 4 saat içerisinde yapılan incelemelerde rCBF ve $LCMR_{O_2}$ değerlerinin reveribl olarak düştüğü gözlenir. SPECT ile yapılan rCBF çalışma sonuçları PET'e benzer, ancak duyarlılığı daha düşüktür.

Venöz sinüs trombüslerinin tanısında Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositlerle yapılan çalışmalar çok başarılıdır. Süperior sagital sinüs trombüslerinde yöntemin doğruluk oranının %94 olduğu bildirilmiştir.



Resim 7.89 İnmede SPECT incelemesi. Sol posterior paryetal kesimde hipoaktif enfarkt alanı.

Akut enfarktta girişimsel tedavi

Trombolitik tedavi uygulanır. İlk 3 saat içerisinde yapılmalıdır. Bu süreden sonra yapılan tromboliziste intrakraniyal kanama riski artar. Bu süre kanlanma yetmezliğinin ağır sonuçları nedeniyle posterior sirkülasyonda 6 saati geçebilir. Tedavi İV veya İA yapılabilir; seçim enfarktın zamanına, hastanın durumuna ve pıhtının proksimal veya distalde olmasına göre değişir. Proksimal pıhtılarda trombolizis İA, distaldekilerde İV yapılır. BTA'da tipik tıkayıcı bir trombus görünümü var, distalindeki parankimde BT perfüzyon çalışması normal ise ayırıcı tanıda laküner enfarkt, erken küçük embolik enfarkt, TIA, kompleks migren ve nöbet düşünülmelidir.

İNTRASEREBRAL KANAMA

En sık neden hipertansiyon, anevrizma ve vasküler malformasyonlardır. Tümöre bağlı kanama da görülebilir. Malign melanom ve koriyokarsinom metastazları kanamaya eğilimlidir. Antikoagülan tedavisi ve kan diskrazileri intraserebral kanamanın diğer nedenleridir.

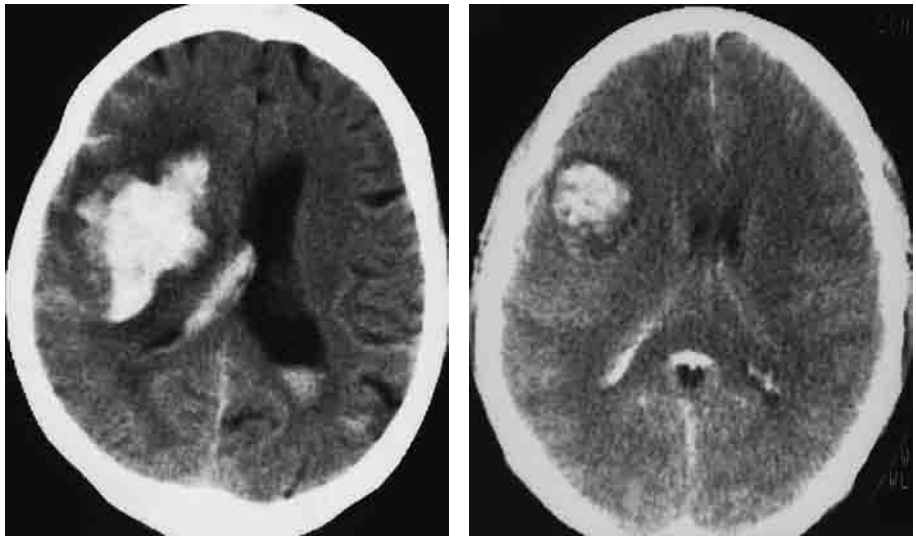
İntraserebral kanamalı olguların yaklaşık 1/3'ü hipertansiftir. Bunlarda kanamanın en sık görüldüğü yerler bazal gangliyon ve silvian fissür çevreleridir; daha sonra sıklık sırasına göre pons ve serebellum gelir. Travmatik olanlar ise frontal ve temporal loblarda yerleşir ve görünümleri farklıdır.

BT

İntraserebral hemorajilerde beyin dokusuyla karışmayan hiperdens, yoğunluğu 90-100 HÜ'e kadar çıkan bir lezyon görülür. Dansite artımı protein-hemoglobin bileşimine ve pıhtının retraksiyonuna bağlıdır. Kanamadan bir kaç saat sonra lezyonun çevresinde ince bir hipodens kenar ortaya çıkar (Resim 7.90). Pıhtının retraksiyonuna bağlı olan bu hipodansite 3-4 gün sonra daha belirgindir. Kanamanın çevresinde ayrıca ince bir ödem halkası görülür. İntraserebral hemorajinin kitle etkisi, bu ödem nedeniyle 3-7 gün sürer. Kanama heterojen hale gelir ve kontrast madde tutarsa altında tümör gibi bir başka neden araştırılmalıdır.

Kanama ilk 3 haftada hiperdenstir; 3.-6. haftalarda izodenstir; 6. haftadan sonra hipodens olur.

Kontrastlı kesitlerde 7-9 gün sonra lezyon kenarında halka şeklinde ince bir kontrast tutulumu dikkati çeker; kontrast tutulumu izodens evrede de devam eder (Resim 7.91). Bu evrede kitle etkisi genellikle yoktur. Halka şeklinde boyanan intraserebral hematomun ayırıcı tanısında; 7.-9. gün ortaya çıkması,



Resim 7.90 İntraserebral hematom. A. Sağ derin paryetalde intraserebral hematom ve ventrikül içerisinde kan. B. Başka bir intraserebral hematom olgusu. Kontrastlı BT. Lezyonun çevresinde pıhtının retraksiyonuna bağlı hipodens halka ve çevresinde çok ince kontrast tutulumu lezyonun daha geç evrede olduğunu gösteriyor.

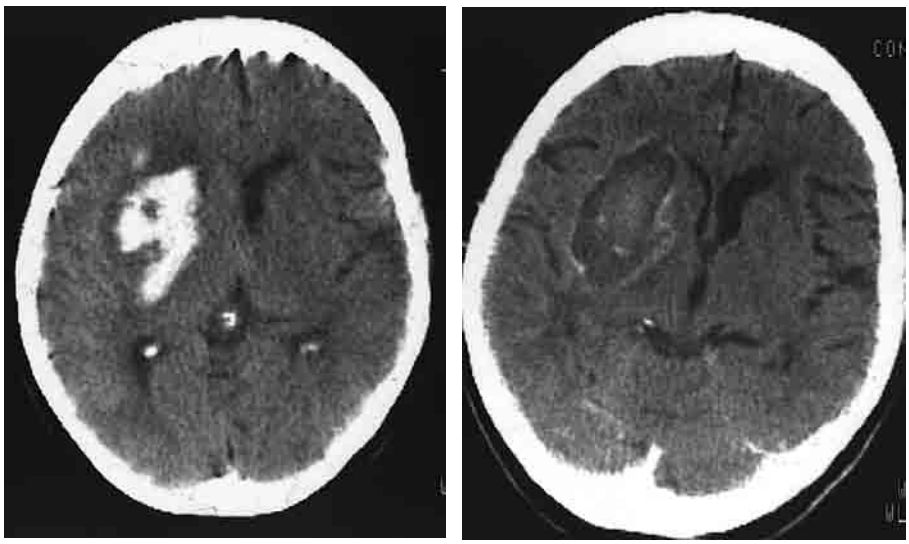
kitle etkisinin ve çevresinde ödemin olmaması, ince ve düzenli bir kenar göstermesi gibi özellikler göz önünde bulundurulmalıdır.

Kanamanın olduğu yerde 3-6 ay sonra atrofik değişiklikler ortaya çıkar ve görünüm artık durağandır.

MR

Kandan kaynaklanan MR sinyali; hematokrit, oksijen içeriği, hemoglobinin tipi ve içerdiği demirin kimyasal durumu, dokunun PH'sı, pıhtının protein içeriği ve alyuvar membranlarının sağlamlığı veya parçalanmış olması gibi birçok ögenin karmaşık etkisine bağlıdır. Bu mekanizma içerisinde baskın öge, hemoglobindeki demirin kimyasal yapısıdır. Oksijenize hemoglobin önce deoksihemoglobine, sonra methemoglobine ve daha sonra da zamanla hemosiderine çevrilir. Bu yıkım ürünleri çevrelerindeki protonların relaksasyon sürelerini değiştirir.

Oksihemoglobindeki demir (Fe^{+2}) diamanyetiktir; T2AG'de yüksek sinyal verir. Deoksihemoglobinde



Resim 7.91 İntraserebral hematom. A. Sağ derin paryetalde akut hematom. Çevresinde pıhtının retraksiyonu sonucu oluşan hipodens kenar. B. Bir ay sonraki kontrastlı BT'de kanama izodens evrede. Lezyonun çevresinde kontrast tutan ince halka görülmeye devam ediyor.

de demir aynı kimyasal yapıdadır fakat paramanyetik özellik gösterir; manyetik duyarlılık etkisi ile T2 AG'de hipointens görülür. Oksihemoglobinin deoksihemoglobine çevrilme hızı, kanamının olduğu kesimdeki doku pH'sına ve oksijen basıncına bağlıdır. Bu çevrilme parankimal hematomlarda saatler içerisinde gerçekleşirken, oksijen içeriği yüksek olan BOS içerisinde belirgin şekilde gecikir. Bu nedenle akut SAK, standart MR kesitlerinde görülemez, fakat kanlı BOS'dan gelen sinyal baskılanmayacağı için FLAIR görüntülerinde saptanabilir.

Deoksihemoglobinin oksidasyonu ile methemoglobin ortaya çıkar. Methemoglobindeki Fe^{+3} paramanyetik bir maddedir. Methemoglobin dokunun T1 değerinde belirli kısalmaya neden olur ve ister hücre içinde ister dışında olsun, T1AG'de hiperintens görülür; buna karşılık T2 etkisi hücre içinde veya dışında olmasına göre değişir. Hücre içerisindeki methemoglobinin paramanyetik etkisi çevresinde lokal bir gradiyent alan yaratabilir ve bu manyetik duyarlılık etkisi ile sinyal düşer. Hücrenin lizisinden sonra methemoglobin ortamdaki sıvı içerisinde dağılır, manyetik duyarlılık etkisi kaybolur ve sinyal artar. Bu nedenle bazen subakut kanamalarda T2AG'de, parçalanmamış alyuvarların oluşturdukları hipointens sedimentin üzerinde hiperintens sıvının görünümü bir tabakalaşma şeklini alır. Bu bir bakıma bir *hematokrit etkisidir*.

Hemoglobinin daha fazla oksidasyonu ve globin moleküllerinin yıkılması, hemosiderinin makrofajların lizozomları içerisinde birikmesine neden olur. Kanamanın çevresindeki dokuda yıllar sonra bile görülebilen pas renginde bir tabaka oluşur. Hemosiderin ferrimanyetik Fe^{+3} içerir, suda erimez bir maddedir; T1 değeri üzerinde belirgin bir etkisi yoktur, belirgin manyetik duyarlılık etkisi nedeniyle T2 kısalığına neden olur ve T2AG'de siyah görülür.

İntraserebral kanamanın 1.5 T'lik MR görüntülerinde, T1 ve T2 karakteristikleri ile birbirlerinden ayrılabilen hiperakut, akut, subakut ve kronik evreleri vardır (Tablo 7.3).

Hiperakut evre: Hiperakut dönemde (ilk 12 saat) damar dışına çıkan kanın hemoglobininde bir değişiklik olmaz, yani diamanyetik olan oksihemoglobin şeklindedir. Bu dönemde kanama sıvıdan ayrılamaz ve dolayısıyla T1AG'de izointens veya hafif hipointens, T2AG'de hiperintens görülür.

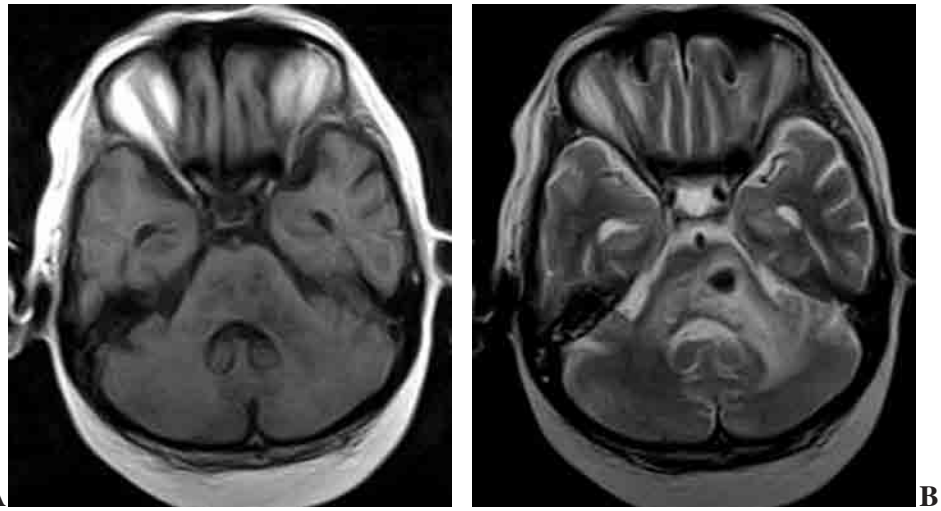
Akut evre: 12 saat sonra oksihemoglobin paramanyetik bir madde olan deoksihemoglobine çevrilmeye başlar. Deoksihemoglobin eritrosit içerisinde kaldığı sürece T2 değerinde belirgin kısalmaya neden olur, fakat T1 değeri değişmez. Bu nedenle bir kaç gün süren bu evrede, T1AG'de hiperakut dönemdeki sıvı sinyal karakteristiği devam ederken T2AG'de hipointensite ortaya çıkar (Resim 7.92).

Erken subakut dönem: Akut dönem sonunda yani kanamadan 2-3 gün sonra hemdeki demir okside olarak belirgin paramanyetik bir madde olan methemoglobin ortaya çıkar. Deoksihemoglobinden farklı olarak methemoglobin T1 değerini kısaltır ve hiperintens görünüme neden olur. Methemoglobin sinyallerinin ortaya çıkması erken subakut dönemin başlangıcını işaret eder. Erken subakut evrede eritrositler sağlamdır ve methemoglobinin sağlam eritrositler içerisinde olmasına bağlı olarak ortamda oluşan lokal manyetik nonüniformite T2 değerinin kısalmasına neden olur. Dolayısıyla erken subakut fazdaki kanama T1AG'de hiperintens T2AG'de hipointens olacaktır (Resim 7.93). Hiperintensite periferden başlayarak merkeze doğru ilerler.

Geç subakut dönem: Yaklaşık bir hafta sonra, eritrositlerin erimesi ile geç subakut evre başlar. Eritrositlerin erimesi sonucu lokal non-üniformite ile

Tablo 7.3 MR Görüntülerinde parankimal hematomun evreleri

				Beyine Göre İntensitesi	
Evre	**Süre**	**Hemoglobin**	**Bölme**	**T1AG'de**	**T2AG'de**
Hiperakut	24 saat ↓	Oksihemoglobin	İntrasellüler	İzointens	Hafif hiperintens
Akut	1-3 gün	Deoksihemoglobin	İntrasellüler	Hafif hipointens	Belirgin hipointens
Subakut					
Erken	3 gün ↑	Methemoglobin	İntrasellüler	Belirgin hiperintens	Belirgin hipointens
Geç	7 gün ↑	Methemoglobin	Ekstrasellüler	Belirgin hiperintens	Belirgin hiperintens
Kronik	14 gün ↑				
Merkez		Hemikrom	Ekstrasellüler	İzointens	Hafif hiperintens
Kenar		Hemosiderin	İntrasellüler	Hafif hipointens	Belirgin hipointens



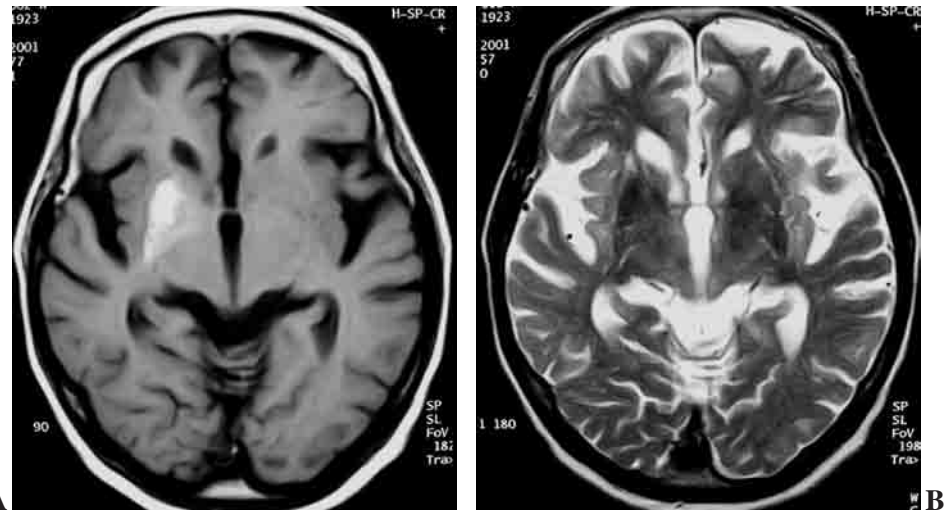
Resim 7.92 Ponsta akut kanama. A. T1AG'de güçlükle seçilebilen hafif hipo-izointens görünüm, B. T21AG'de belirgin hipointens görülüyor. Lezyon çevresinde ödeme bağlı intensite artışı.

birlikte T2AG değerinin kısalması da ortadan kalkar ve T1AG'de hiperintensite devam ederken lezyon T2AG'de de hiperintens olur (Resim 7.94).

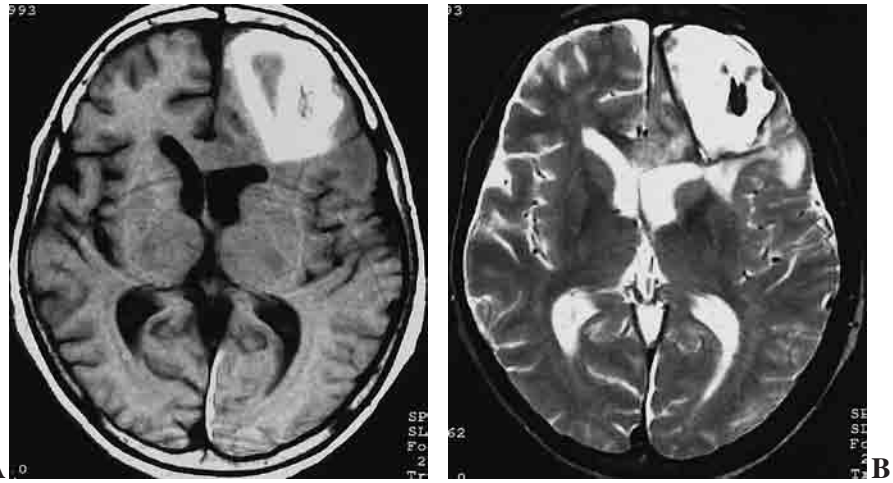
Kronik dönem: Aylarca sürecek kronik evrede bu T1 ve T2 karakteristikleri devam ederken hematomun çevresinde T2AG'de belirgin hipointens görülen bir hemosiderin halkası ortaya çıkar (Resim 7.95). Yıllar sonra, kanamanın T1 ve T2 karakteristiklerinin kaybolduğu ve lezyonun sıvı dolu atrofik bir yarık şeklinde görüldüğü evrede bile bu hemosiderin halkası, görülmeye devam eder (Resim 7.96).

BOS'daki yüksek oksijen basıncı subaraknoid ve intraventriküler kanamanın uzun süre oksihemoglobin evresinde kalmasına neden olur. T1 ve T2 değerleri değişmeyeceği için bu tür kanamaları saptamak zordur. Kanama nedeniyle BOS'un protein içeriği artar ve hafif sinyal artımı sonucu *kirli BOS* görünümü oluşur.

Hipertansif kanamaların yaklaşık %80'i bazal gangliyonlardadır. Tümör kanamaları glioblastoma multiforme gibi anaplastik tümörlerde ve pitüiter adenomda göreceli olarak sık görülür. Tüm tümörlerin yaklaşık %5-10'nunda kanama olabileceği kabul edilir. Beyin kanamasında kanamanın tümöral olup olmadığını belirlemek önemli bir sorundur. MR'de hemosi-



Resim 7.93 Erken subakut dönem kanamanın MR görüntüsü. A. T1AG'de lentiform çekirdekte hiperintens alan, B. T2AG'de hipointens.



Resim 7.94 Geç subakut dönemedeki kanamanın MR görünümleri. A. T1AG'de periferinden başlayıp merkeze doğru ilerleyen hiperintens görünüm. B. T2AG'de hiperintensite benzer şekilde devam ediyor. Kanamanın çevresinde ince hemosiderin halkası. Lezyonun yer kaplayan etkisine bağlı olarak komşu yan ventrikülün ön boynuzunda geriye doğru itilme ve T2AG'de lezyon çevresinde ödeme bağlı hiperintens alanlar.

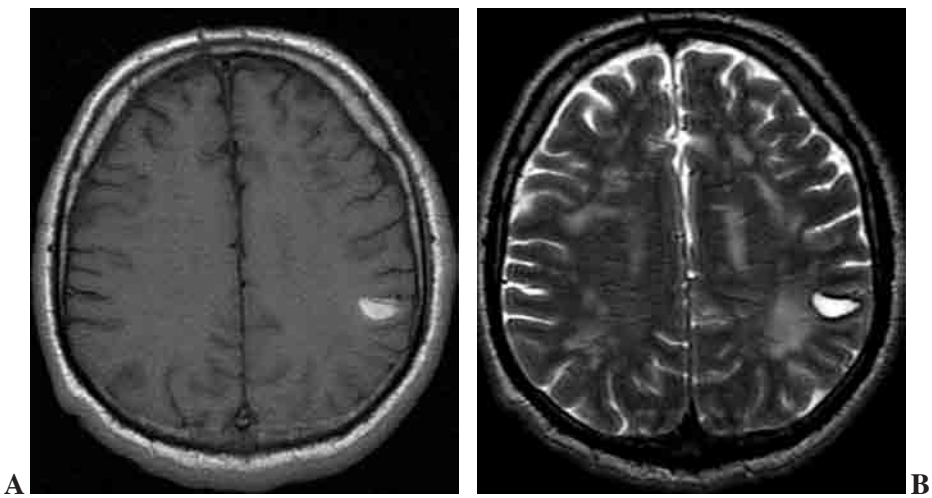
derin halkası görülüyorsa, bu halka kanamada tamdır; tümör kanamalarında tam değildir, yer yer kesintiye uğrar. Tümör kanamalarında kontrast tutulması parçalı ve belirgin olabilir; basit kanamada ise kanamanının evresine göre sadece kanamanın periferinde ince bir kontrast halkası vardır.

YENİDOĞAN ASFİKSİSİ

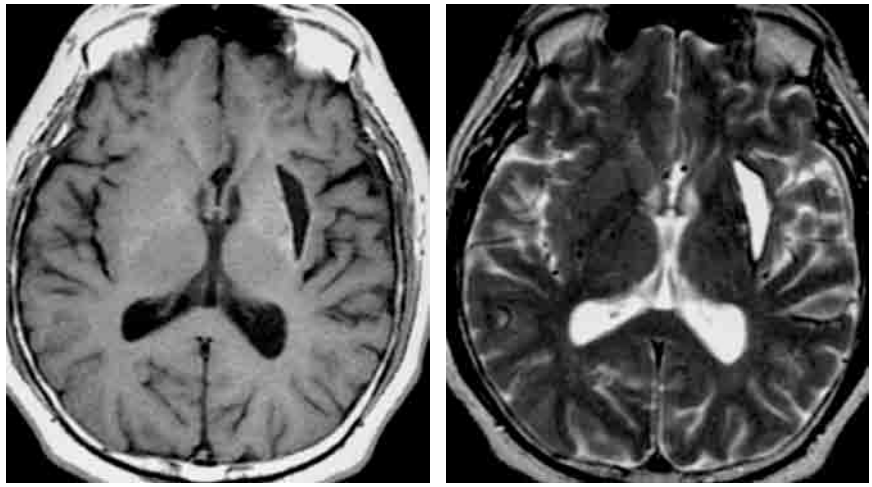
Asfiksi dokuda oksijen eksikliği ve karbondioksit birikimine bağlı şuur kaybını tanımlar. Hipoksi dokunun normal oksijen gereksiniminin karşılanamamasıdır. İskemi ise dokuya yeterli arteriyel kan gelmemesidir.

Asfiksi yenidoğanda oldukça sık görülen bir sorundur. İskemiden en çok kortikal gri cevher ve bazal gangliyonlar etkilenir; hipoksi beyaz ve gri cevherin her ikisinde birden ödem ve nekroz oluşturabilir. Prematürlerde germinal matris kanamasına neden olur. Asfiksinin beyinde yaptığı hasara hipoksik iskemik ansefalopati (HİE) adı verilir.

HİE'de hangi bölgelerin tutulacağı ve hasarın şiddeti, asfiksinin derecesi ve şiddeti ile bebeğin matüritesine bağlıdır. Örneğin yeni doğanda asfiksinin başat nedeni olan hipotansiyonun hafif şekli, prematüreler-



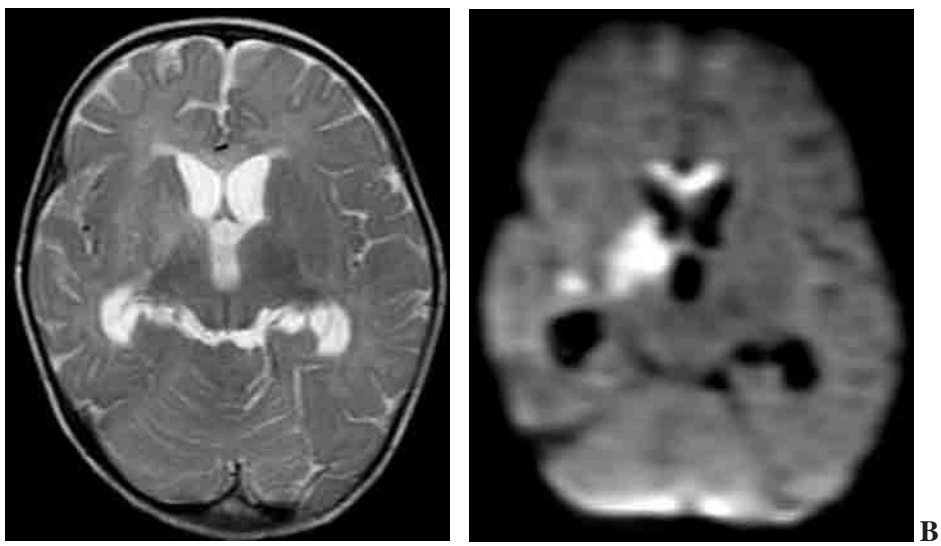
Resim 7.95 Geç subakut-erken kronik dönem hematomun MR görünümleri. A. T1AG'de homojen hiperintens görünüm. B. T2AG'de homojen intensite belirgin şekilde devam ediyor. Çevresinde tam bir hemosiderin halkası mevcut. Lezyonun kitle etkisi ve çevresinde ödem bulguları kaybolmuş.



Resim 7.96 Sol derin paryetalde kanama sekelinin MR görünümü. A. T1AG'de derin paryetalde içerisi BOS'la dolu bir yarık görünümü. B. T2AG'de yarığın yine BOS'la izointens sıvıyla dolu olduğu görülüyor. Lezyon çevresindeki hipointens hemosiderin halkası, lezyonun kanama sekeli olduğunu gösterir.

de periventriküler hasarlanmaya, miadındaki bir yenidoğanda ise parasagital bölgede kortikal-subkortikal hasara neden olur. Şiddetli hipotansiyon ise prematürlerde derin gri cevher, beyin sapı ve serebellumda enfarkta neden olurken, matürde talamusların laterali, putamenlerin posterioru, hipokampuslar, kortikospinal traktus ve sensorimotor kortekste hasara neden olur (Resim 7.97). Asfiksinin beyinde oluşturacağı hasar enfarkta ve prematürlerde germinal matris kanamasına yol açar.

Asfiksinin oluşturduğu beyin değişiklikleri transfontanel US ile saptanabilir. İskemik alanlar erken dönemde periventriküler alanda, özellikle "watershed" bölgelerinde yaygın ekojenite artışı şeklinde görülür (Resmi 7.98). Bu görünümün histolopatolojik karşıtı ödem, nekroz ve hücre infiltrasyonudur. Bu değişiklikler lökomalaziyi temsil eder. Ödemli dönemde komşu BOS alanları komprese olabilir ve beyin pulsasyonu azalabilir. Ekojen görülen bu alanın 2-4 hafta sonra ekojenitesi azalır; 3-6 hafta sonra ise kist veya küçük kaviteler görülmeye başlar. Kistler birleşir ve içerikleri rezorbe olabilir. Bu durumda genişlemiş ventri-



Resim 7.97 Yeni doğanda HİE. A. T2AG'de sağ bazal çekirdekler seviyesinde ve korpus kallozum genusunda düzensiz, hafif hiperintens görünümler. B. DAG'de lezyonların belirgin hiperintens olmaları enfarkt olduklarını gösterir.



Resim 7.98 Transfontanel US'de periventriküler ekojen alanlar (ok). HİE.

küllerle beraber periventriküler beyin atrofisi ortaya çıkar. Bu olgularda değişik derecelerde serebral palsi, spastik dipleji ve kuadripleji gibi birçok nörolojik sekel gelişir. Bazı olgularda beyin parankiminde belirgin destrüksiyon vardır ve yaygın kistik ansefalomalazi gelişir (Resim 7.99). Distrofik kalsifikasyon alanları görülebilir. Bazen büyük damarlardan birinin alanında enfarkt gelişebilir. Enfarkt US'de hiperekoik bir alan şeklindedir.

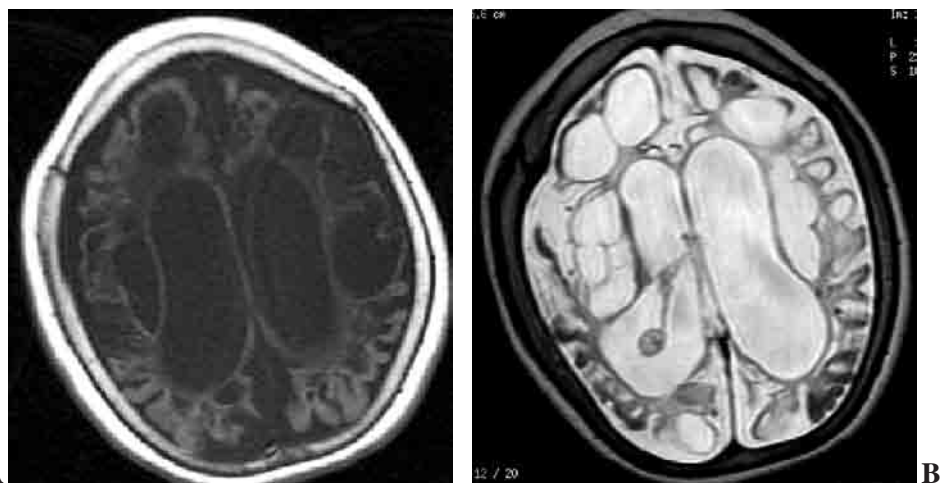
Germinal matris kanaması

Prematür bebeklerde, özellikle 32 haftadan daha küçük ve 1500 gramdan daha hafif doğanlarda, intrakraniyal kanama sık karşılaşılan bir sorundur. Kanama genellikle yan ventrikülleri çevreleyen subependimal germinal matristen kaynaklanır. Germinal matrisin en geniş olduğu kesim, kanamanın en sık görüldüğü kaudat nukleusun başı ile talamus arasındaki bölgedir.

Kanama bu bölgede kalabilir, ventrikül içine geçebilir veya komşu beyin parankimi içerisine uzanarak intraparankimal hemoraji şeklini alabilir. Kanama, bulunduğu yer ve ventrikül genişliğine göre 4 evreye ayrılmıştır. I. evrede kanama kaudotalamik oluktadır, II. evrede ventrikül içerisine de geçer, ancak ventrikül genişlememiştir; III. evrede ventrikül genişler (Resim 7.100), IV. evrede ise genişlemiş ventrikülün basıncına bağlı olduğu düşünülen periventriküler bölgede enfarkt ve kanama görülür.

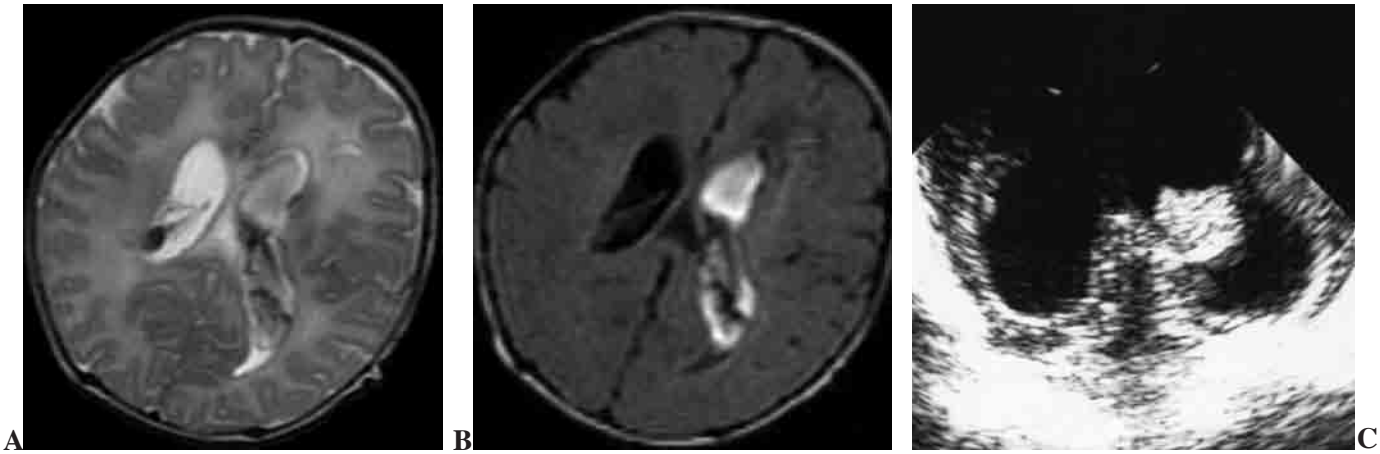
Germinal matris kanaması US'de, belirgin hiperekojen yer kaplayan lezyon şeklinde görülür. Olguların ¾'ü evre I'dir ve genellikle yerinde 3-5 mm çapında kistler bırakarak rezorbe olur. Ventrikül içine kanama, belirgin değilse ve ventriküler genişleme yoksa koroid pleksus asimetrisi şeklinde görülebilir. Ventriküler kanamada baziler araknoidit, organize ependimit veya pıhtının BOS'un dolanımını engellemesi sonucu hidrosefali ortaya çıkabilir.

Prematürlerde hemoraji sıklıkla 4.-7. günler arasında görülür. Ventriküler genişleme ise 14. günden sonra belirgindir. Bu nedenle risk altındaki prematürlerde US incelemesi 4. ve 14. günlerden sonra yapılmalıdır. Kanama saptandıktan sonra her hafta tetkik tekrarlanarak kanamanın veya hidrosefalinin progresyonu veya regresyonu izlenir. Yeni doğan evresindeki intrakraniyal kanamaların bir odağı da koroid pleksustur. Kanayan koroid pleksus diğerlerinden daha büyük ve daha ekojendir.



A **B**

Resim 7.99 Çocukta HİE sekeli kistik ensefalomalazi. A. T1AG'de hipointens, B. T2AG'de hiperintens görülen BOS'la izointens kistik alanlar. Mikrosefali ve ventriküler genişleme.



Resim 7.100 Prematür bir olguda evre III germinal matriks kanamasına bağlı ventrikül içerisinde kan. A. T2AG, B. FLAIR görüntüsü. Ventriküler genişlemiş ve içerisinde kan görünümü. C. Transfontanel US'de greyd III germinal matris kanaması. Ventriküller geniş, sol ventrikül içinde hematoma ait ekojen görünüm. (oyrı olgu)

TÜMÖRLER

Beyin tümörlerinin %70'i yetişkinlerde supratentoriyal, çocuklarda infratentoriyal yerleşimdedir. Yetişkinlerde tüm tümöral lezyonların %30'unu metastazlar yapar, çocuklarda metastaz oranı çok düşüktür. Buna karşın beyin tümörleri çocuklarda lösemiden sonra ikinci sıklıkta görülen tümör grubunu oluşturur. Solid tümör sıralamasında ise birincidir. Beyin tümörlerinin histopatolojisine göre yapılan sınıflandırma Tablo 7.4'de sunulmuştur.

Tümörlerin isimlendirilmesinde belirleyici olan hücre tipidir. Astrositlerin yoğun olduğu bir tümör astrositoma, oligodendrogliyal hücrelerin yoğun olduğu bir tümör ise oligodendrogliyom olarak isimlendirilir. Beyin tümörlerinin büyük çoğunluğu nöroepitelyal hücrelerden çıkar. Sinir siteminde en çok bulunan matür nöronların bölünme yetileri olmadığı için tümörleri yoktur. Bu nedenle beyin tümörlerinin büyük çoğunluğu (%40-50) gliyomlardır. Gliyal hücreler beyin parankiminden çıktıkları için hemen daima intraaksiyal yerleşimdedir. Gliyal hücre dışından çıkan tümörler ise genellikle ekstra-aksiyal yerleşimdedir. Bu ayırım radyolojik olarak önemlidir. Genel olarak tümörlerin histolojik tipi yerleştikleri yerle doğrudan ilişkilidir.

Beyin tümörlerinin kliniği intrakraniyal basınç artımı, nöbet veya fokal nörolojik defisitle ilgilidir. Kitle etkisine bağlı olarak herniyasyonlar ve hidrosefali görülebilir.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

İntrakraniyal tümörler BT ve/veya MR ile değerlendirilir. Eskiden temel yöntem olan BT günümüzde yerini MR'ye bırakmıştır. Hastadan kaynaklanan nedenlerle MR yapılamadığı durumlarda kesit görüntüleme BT ile yapılır. Kalsifikasyon varlığının tanı için önemli olduğu olgularda ve taze kanamanın saptanmasında da BT'ye başvurulur.

MR, yüksek yumuşak doku kontrastı, BT kalsifik lezyonları daha iyi gösterme yeteneği ile öne çıkar. MR'de SE sekansı kullanılır; FLAIR, BOS'a yakın

Tablo 7.4 Histopatolojisine göre beyin tümörlerinin sınıflandırılması

Hücre tipi	Tümör
Gliyal (nöroepitelyal) hücreler	Astrositom, Oligodendriogliyom, Ependimom, Koroid pleksus tümörleri
Sinir kılıfı hücreleri	Schwannom, Neurofibrom
Mezankimal hücreler	Menenjiyom, Hemangioblastom, Sarkomlar
Lenfosit, Lökosit	Lenfoma, Lösemi, Miyelom, Langerhans hücreli histiositoz
Germ hücreleri	Germinom, Teratomatöz tümörler (embriyonel karsinom, yolk kesesi tümörü, teratom, koriokarsinom)
Diğer nöroepitelyal hücreler	Kraniyofarinjiom, Rathke'nin kleft kisti
Endoderm, mezoderm, ektoderm	Epidermoid/dermoid, Lipom, Hamartom

yerlerdeki lezyonların belirginleşmesini sağlar. Orta çizgi ve temporal lob lezyonları koronal kesitlerde daha iyi görülür. Kontrast madde uygulaması standarttır. Gerekli yerlerde özel MR sekansları ve MRS kullanılabilir.

BT ve MR gibi kesit görüntü yöntemlerinin kliniğe girmesiyle kateter anjiyografisi tanıdaki yerini kaybetmiş, çoğunlukla preoperatif evrede tümörün vaskülarizasyonunu belirlemek veya girişimlere öncülük etmek amacıyla kullanılır olmuştur. Posterior fossadaki hemanjiyoblastomların BT ve MR ile gözden kaçabilen mural nodülünün, küçük boyutlu glomus jugulare ve glomus timpanikum tümörlerinin gösterilmesi, tümörlerdeki diyagnostik anjiyografi endikasyonunun nadir örnekleridir.

Serebral tümörlerin anjiyografik bulguları, damarların tümörün yer kaplayan özelliğine bağlı olarak yer değiştirmesi veya patolojik damarlanmadır. Bazen "encasement" denilen üçüncü bir bulgu saptanabilir. Bu, normal bir arterin tümör dokusu ile sarılması sonucu gelişen lokalize daralmadır. Bu bulgu en sık menenjiyomlarda görülür.

Beyin tümörlerinde FDG ile yapılan PET çalışmalarıyla tümör-ödem ve rekürrens-radyasyon nekrozu ayırımı yapılabildiği gibi, histolojik greydlemeye de yardım edilir. $LCMR_{gl}$ değerinin, malignitesi yüksek tümörlerde diğerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Metabolik aktivitesi yüksek tümörlerin prognozu kötüdür. Radyasyon nekrozunda hiç metabolik aktivite görülmezken, rekürrenste artar. Tl-201 ile yapılan SPECT çalışmalarında da rekürrent tümörde aktivite tutulumu izlenir.

Tümörlerin radyolojik görünümü

Beyin tümörlerinin kesit görünümleri, tümörün hücresel yoğunluğuna, kistik veya nekrotik alanlar içerip içermemesine, kanama ve kalsifikasyonun olup olmamasına bağlıdır. İntra-aksiyal tümörler BT'de, tipik olarak çevresinde ödem olan hipodens kitle şeklindedir. Çevredeki ödemin miktarı tümörün biyolojik davranışı ile kabaca ilişkilidir. MR'de primer ve metastatik tümörlerin çoğunun T1 ve T2 değerleri çevre dokuya göre uzundur. T1AG'de hafif hipointens, T2AG'de hafif hiperintens görülürler. Bu bulgular tümöre has değildir. MR ile tümör dokusu çevredeki ödemden tam olarak ayrılamaz. Bu ayırım bir dereceye kadar kontrast madde kullanılarak yapılabilir; ancak tümörün sınırları kontrast maddenin sınırları ile de tam uyumlu değildir. Kitle içerisindeki kalsifikasyon hem T1AG'de hemde T2AG'de hipointenstir; bazen kristal yüzeylerinin T1 değerini kısaltması nedeniyle, T1AG'de hiperintens görülebilir.

Genel bir kural olarak hücre yoğunluğu fazla olan (hipersellüler) lenfoma, pineoblastom, nöroblastom, medülloblastom gibi küçük hücreli tümörler BT'de hiperdens görülür. Melanom, akciğer, kolon ve meme kanseri metastazları da hiperdenstir. Bu tip hücre yapısındaki tümörler T2AG'de hipointens görülür. Bunun nedeni muhtemelen nükleus-stoplazma oranının artması sonucu sıvı içeriğinin azalması ve buna bağlı olarak T2 değerinin kısalmasıdır.

Menenjiyom, proton yoğunluğu düşük olan bazı akustik nörinomlar, bazı çocukluk çağı tümörleri ve radyoterapi gören tümörlerde ise T1 değerleri beyaz cevherinkine yakın bir şekilde kısadır. Çevre ile kontrastı düşük olan bu tümörlerin görüntülenmesi için kontrast madde kullanılmalıdır. Radyoterapiyi izleyen evrede tümörün T1 ve T2 değerlerinin kısalmasının gerçek remisyonu temsil edip etmediği araştırılmaktadır.

Beyindeki intraaksiyal bir lezyonun kontrast tutması, normalde kontrastın beyin dokusuna geçmesini önleyen kan-beyin bariyerinin yıkılması ile gerçekleşir. Bu bariyer, merkezi sinir sistemindeki kapiller endotelyumun vücudun diğer kesimlerinden farklı olarak sadece küçük boyutlu moleküllerin geçişine izin vermesi sayesinde var olur. Normal şartlarda, büyük yapıda olan kontrast madde molekülleri bu sınırı geçemez. Beyini tutan birçok hastalıkta bu bariyer yıkılır. Tümörlerin büyük bir bölümü kontrast tutar. Genel, fakat zayıf bir kural olarak kontrast tutmayan tümörler düşük, kontrast tutan tümörler yüksek greydli kabul edilir. Bunun nedeni, malignite derecesi düşük tümörlerin oluşturduğu yeni kapillerlerin normal beyindekilere benzemesi, malignitesi yüksek tümörlerdeki kapillerlerin endotelinin ise daha geçirgen yapıda olmasıdır. Steroid verilmesi kapiller permeabiliteyi ve kan-beyin bariyerini düzelterek tümörün boya alma özelliğini azaltır.

Beyin ödeminin vazojenik ve sitotoksik olarak iki ayrı şekli vardır. Vazojenik ödemde neden, kan-beyin bariyerinin yıkılmasıdır; kapiller endotel bozuktur. Tümörlerde, travmada ve kanamada görülen bu ödem şeklinde, sıvı ekstrasellüler alanda birikir ve beyinde beyaz cevher tutulur; steroid tedavisi ile ödem geriler. Sitotoksik ödem ise, hücre zarındaki Na-K pompasının bozulmasına bağlı olarak sıvının hücre içerisinde birikmesidir. İskemi ve enfeksiyonlarda görülen bu tür ödem, beyaz ve gri cevheri birlikte tutar ve steroide cevap vermez.

Tümörle birlikte bulunan ödem önemli bir tanı ölçütüdür. Ödem en çok glioblastoma multiformede ve metastazda görülür, yavaş büyüyen intraserebral tümörlerde daha azdır; ekstraaksiyel tümörlerde hiç görülmez veya çok azdır, intraventriküler tümörlerde ve bazı orta çizgi tümörlerinde de görülmez. Tümörün kitle etkisi komşu parankim ve BOS alanlarında distorsiyon, obliterasyon ve deplasman şeklindedir; intrakraniyal herniyasyona neden olabilir.

Gliyoblastoma multiforme gibi greydi yüksek tümörlerde kanama görülebilir. Yüksek vaskülariteleri nedeniyle koriokarsinom, melanom, tiroid ve renal hücreli kanser metastazları kanamaya yatkındır. Birden fazla kanamalı lezyon görüldüğünde bu metastazlar düşünülmelidir. Beyinde T1 değeri kısa olan diğer lezyonlar lipom, dermoid ve melanotik melanomdur.

Tümöral kanamanın tümöral olmayan intraserebral hematomlardan ayırımı önemlidir. Tümör kanaması tekrarlayıcıdır; birden fazla kanama evresi bir arada görülebilir. Kanamanın oturduğu kesim tümörden dolayı heterojen yapıdadır. Normal deoksihemoglobin oluşumu gecikir. Hemosiderin halkası kesintilidir. Lezyonda belirgin kontrast tutan alanların olması kanamanın tümöral nedenli olduğunu gösterir.

Tümörlerin radyolojik değerlendirilmesi

Beyinde farklı bir alan görüldüğünde, önce bu alanın bir yer kaplayan lezyon (kitle) olup olmadığına karar verilir. Lezyon çevre yapılarda baskı ve yer değişikliği oluşturuyorsa kitledir. Bu etkiler sulkuslarda silinme, ventriküllerde bası, herniyasyon ve hidrosefalidir. Bütün tümörler yer kaplayan lezyondur, ancak bütün yer kaplayan lezyonlar tümör değildir.

İkinci yapılması gereken iş, kitle olduğuna karar verilen lezyonun yerleşimini belirlemektir. Beyin tümörleri geleneksel olarak beyin parankimi içinde (intra-aksiyal) ve dışında (ekstra-aksiyal) olmak üzere ikiye ayrılır. Ventriküler sistem ekstra-aksiyal kabul edilir. İntra-aksiyal kitleler beyaz cevherin giral uzantılarını genişletir ve gri-beyaz cevher ayırımını bulanıklaştırır. Ekstra-aksiyal lezyonların komşu beyin parankimini sıkıştırması karakteristiktir, sıkışan giral yapılar bir araya gelerek kalabalıklaşır; kortikomedüller bileşke ve beyaz cevher bükülür. Beyaz cevherde ödem varsa bu görünüm meydana gelmez. Dolayısıyla bu görünümün varlığı değerlidir, yokluğu lezyonun intra-aksiyal olduğunu göstermez.

Son olarak tümörün kenarlarına bakılır. Pratik olarak tüm intra-aksiyal tümörler kapsülsüzdür ve mikroskopik sınırları görünen kitlenin uzağına kadar gider. Benzer şekilde radyolojik olarak da tümörün sınırlarını belirlemek olanağı yoktur. Bu nedenle tedavide, T1AG'de kontrast tutan kesim değil, T2AG'de hiperintens görülen tüm alan hedef alınır.

Beyin tümörlerinin radyolojik görünümlerine bakarak histopatolojik tanı koymak kaba bir tahminden öteye geçmez. Bununla birlikte, BT ve MR görüntülerindeki doku kontrastları, kontrast tutma özellikleri, yerleşimleri ve klinik bilgi ayırıcı tanı listesini kısaltır, bazı olgularda da kesin tanıya olanak verir.

Radyolojik izlem

Kontrast tutan postoperatif granülasyon dokusu gelişimini ameliyattan 72 saat sonra tamamlar. Bundan önce yapılacak kontrastlı MR'de kontrast tutan bir alan residiv olarak kabul edilmelidir. MR olanağı yok veya hasta MR'ye girecek durumda değilse yerine kontrastlı BT yapılabilir.

Birçok hastada cerrahiyi izleyen dönemde kemoterapi ve radyoterapi yapılır. Radyasyona bağlı hasarlanma beyaz cevherde yaygın beyaz cevher hasarı ve radyasyon nekrozu şekillerinde görülür.

Yaygın beyaz cevher hasarında, beyaz cevherde T2AG'de jeografik yapıda hiperintensite izlenir. Bu görünüm tümöre ait vazojenik ödem olarak yorumlanmamalıdır. Hemen bütün radyoterapi geçirmiş olgularda 6 ay sonra bu görünüm ortaya çıkar. Tutulan kesim kontrast tutmaz. Hastalarda lezyona bağlı olabilecek nörolojik defisit yoktur.

Daha az görülen radyasyon nekrozunu ise, kontrast tutan bir kitle görünümü verdiği için BT ve MR ile tümörden ayırmak çoğu zaman olanaksızdır. Klinik olarak sıklıkla nörolojik defisit gelişir. MRS, DAG, perfüzyon görüntüleme, metabolik görüntüleme (PET ve SPECT) gibi ileri yöntemlerle tanı konabilir. MRS'de nekroza bağlı olarak laktat piki yükselir, kolin pikinde yükselme NAA pikinde düşme genellikle görülmez. Tutulan kesim yoğun nekroze dokudan ibarettir; DAG görüntülerinde sınırlanmış difüzyon nedeniyle hiperintens görülür. Tümörlerin ise büyük çoğunluğunda sıvı sınırlanması yoktur, dolayısıyla DAG'de hiperintens görülmez. Radyasyon nekrozunda perfüzyonda artış görülmez; tümörlerin ise bir çoğunda artmıştır. Metabolik görüntülemede radyasyon nekrozu normal veya düşük metabolizma gösterir; rekurrenste ise metabolizma artmıştır. Bu artış tümörün greydi ile orantılıdır; düşük greydli (greyd I, II) tümörlerin rekurrenslerinde metabolizma normal olabilir.

GLİYAL TÜMÖRLER

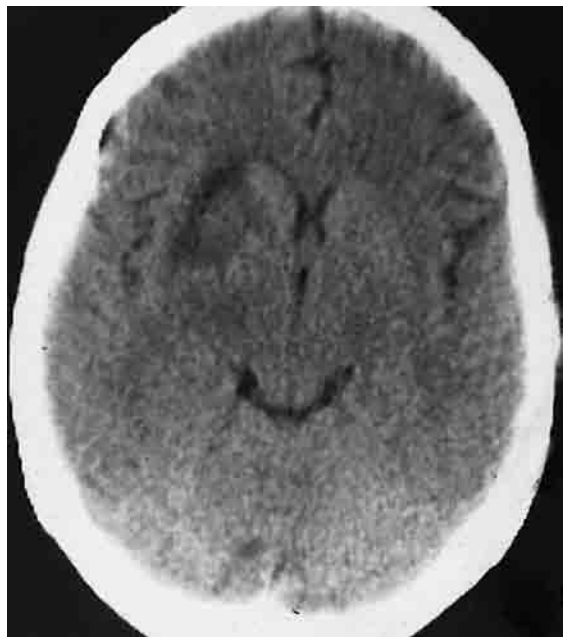
En sık görülen primer beyin tümörleridir; tüm beyin tümörlerinin yaklaşık yarısını oluşturur. Çocukluk çağında ve erkeklerde sıktır. Astrositom, glioblastom multiforme, oligodendrogliyom gibi şekilleri sık görülür. Bazen multisentrik olabilirler. Medülloblastom ve metastazda olduğu gibi gliyomlarda da tümör içine kanama sık görülür. Beyin tümörlerinin ekstrakranial metastazları çok nadirdir; daha çok BOS ile yayılırlar.

Astrositoma

Gliyomların %70'ini yapar. Bu neoplazmlar hücre yoğunluğu, mitotik aktivite, pleomorfizm, nekroz ve endotelyal proliferasyonlarına göre histopatolojik olarak 4 greyde ayrılır:

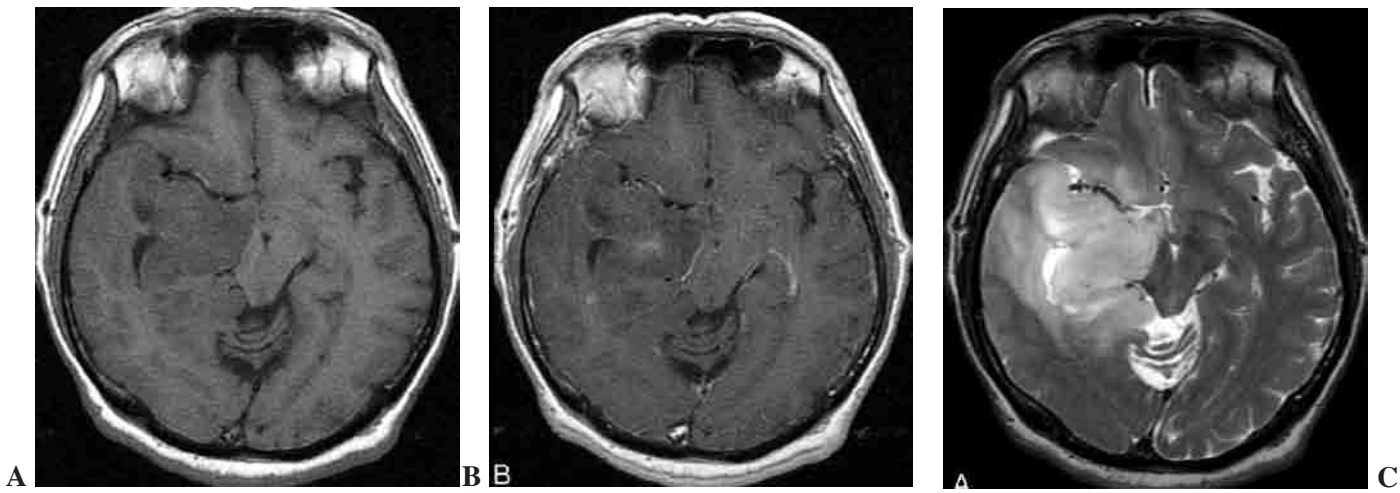
Greyd I-II, düşük greydli astrositomlar grubunu oluşturur. Bu grubun örneği pilositik astrositoma ve subependimal dev hücreli astrositomadır. Histopatolojik olarak nekroz ve endotelyal proliferasyon göstermezler. Kesit görüntülerde kenarları iyi seçilemeyen, nonhomojen, hipodens, bazen (%25) kalsifikasyon gösteren ve çevresinde az veya hiç ödemi olmayan lezyonlar şeklindedirler (Resim 7.101). Greyd I lezyonlar genellikle kontrast tutmazlar. Greyd II lezyonlarda kontrast tutulumu izlenir (Resim 7.102). Düşük greydli astrositomaların (greyd I-II) yaklaşık %10'u yüksek greyde (greyd III-IV) dejenerasyon gösterebilir.

Greyd III tümörlere anaplastik astrositoma adı verilir. Kenarları seçilebilen heterojen hipodens lezyonlar şeklindedir. Kontrast madde tutulumu nekrotik ve/veya kanama alanları nedeniyle heterojendir (Resim 7.103). Kalsifikasyon görülme olasılığı azalmıştır. Kistik astrositomalar ince duvarlı boya tutan kistik yapılar şeklindedir (Resim 7.104).



Resim 7.101 Sağ ön boynuzu hafifçe komprese eden, çevresinde belirgin ödemi olmayan ve kontrast tutmayan, kitle etkisi az, hipodens alan. Düşük greydli astrositom.

Greyd IV tümörler ise en malign grubu oluşturur ve glioblastoma multiforme adını alır. Glioblastoma multiforme gliyomların yaklaşık yarısını yapar; 50 yaşından yukarıda ve erkeklerde sık görülür. Beyaz cevhere yerleşir; frontal lob sık yerleştiği yerdir. Kenarları seçilebilir; çevresindeki ödem belirgindir. Kontrastsız



Resim 7.102 Sağ hemisferde derin temporal lobu tutan düşük greydli astrositom. A. T1AG'de hipointens. B. Kontarstlı T1AG. Hafif kontrast tutuyor. C. T2AG'de hiperintens.



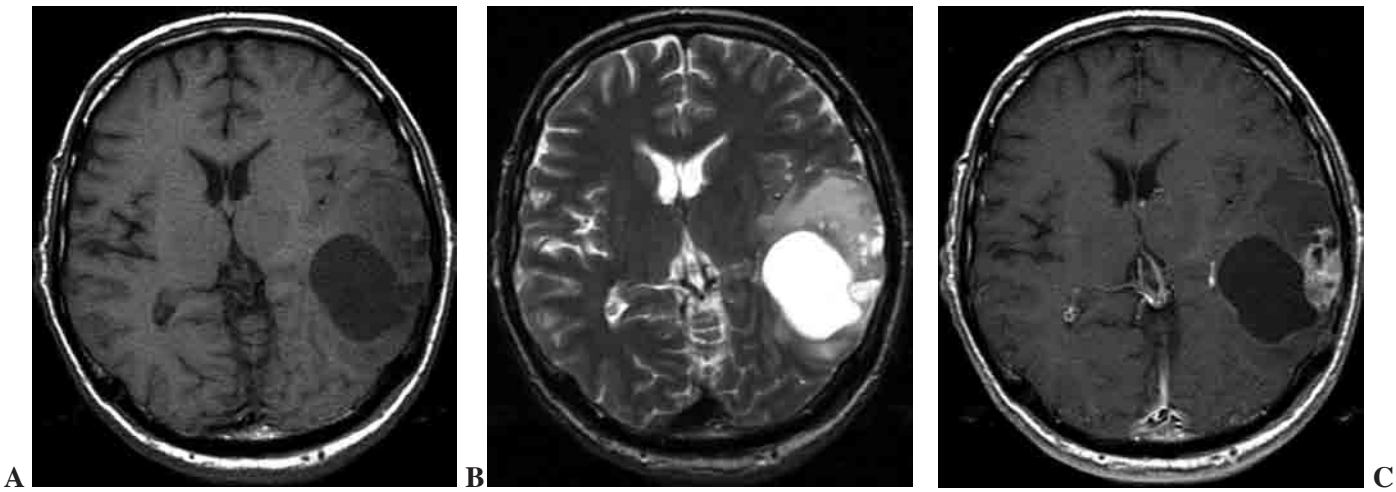
Resim 7.103 Sağ hemisferde kistik gliyal tümör. Belirgin kitle etkisi; orta çizgi oluşumları komprese ve karşıya itilmiş.

kesitlerde heterojendir. Kalsifikasyon görülmesi beklenmez. Halkasal, yamalı veya nodüler şekilde belirgin kontrast tutar (Resim 7.105). Kalınlığı 5 mm'den fazla, halka şeklinde boyanma tipiktir. Beyinde halka şeklinde kontrast tutan diğer lezyonlar metastaz ve apsedir; ayırıcı tanıda subakut evrede enfarkt, kontüzyon, demiyelinizan hastalıklar, temizlenme evresindeki hematom ve radyasyon nekrozu da düşünülmelidir. Periferik yerleşimdeki glioblastomlar etkstraaksiyal lezyonları taklit edecek şekilde geniş bir dural tabana oturur ve *dural kuyruk* görünümü oluşturabilir.

Glioblastoma multiforme çevreye beyaz cevherdeki traktuslar ve korpus kallozum gibi kommisürler boyunca yayılır. Ventriküllere subependimal olarak, subaraknoid alana da BOS yoluyla yayılım gösterir. Korpus kallozumdan geçerek iki hemisfere de yayılma özelliği olan iki tümör, glioblastoma ve lenfomadır. Morfolojisi böyle olan glioblastoma multiformeye *kelebek gliyom* adı verilir (Resim 7.106). Bu yerleşimdeki önemli nokta, korpus kallozum ve internal kapsül gibi sıkı paketlenmiş nöronlardan oluşan yapılarda vazojenik ödem gelişemeyeceği için, görülen lezyonun tümünün tümörün kendisine ait olduğunun bilinmesidir. Enfeksiyonlar ve demiyelinizan hastalıklar da korpus kallozumdan geçerek kelebek görünümü oluşturabilirler.

Gliyomatoz serebri

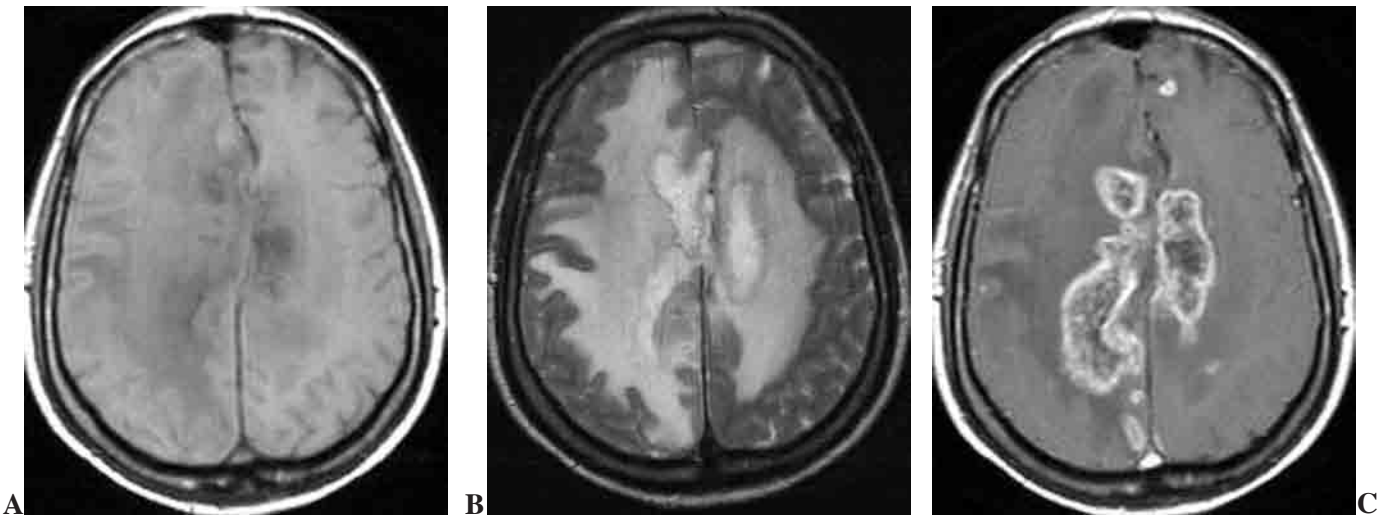
Nadir bir nöroepitelyal tümördür. En az üç lobun beyaz cevheri değişik derecelerde diferansiye hücrelerle, muhtemelen astrositlerle, infiltredir. Patolojik ve radyolojik olarak bu kadar yaygın olmasına rağmen klinik bulguları belirgin değildir. En sık görülme yaşı 40-50'dir.



Resim 7.104 Sol arka paryetal bölgede greyd III kistik astrositom. A. T1AG'de korteksi de içine alan hafif hipointens, sınırları seçilemeyen kitle. Kitlenin iç kesiminde düzgün kenarlı hipointens kistik yapı. B. T2AG'de tümör kitlesinin hafif hiperintens olduğu gözleniyor. C. Kontrastlı T1AG'de kitlenin solid kesimi kontrast tutuyor.



Resim 7.105 Greyd IV astrostom. Sol frontoperietal bölgede büyük kitle. A. T1AG'de beyin dokusuna göre hafif hipointens yer kaplayan lezyon görünümü. Komşu yan ventrikül komprese ve orta çizgi oluşumları karşıya doğru itilmiş. Kitle orta çizgiden karşıya doğru herniye. B. T2AG'de tümör hiperintens; ortasındaki daha hiperintens yapılar nekroze kesimleri temsil edebilir. C. Kontrastlı T1AG'de solid yapıların kontrast tuttuğu görülüyor. Ortasında kontrast tutmayan hipointens bölge, nekroz ile uyumlu.

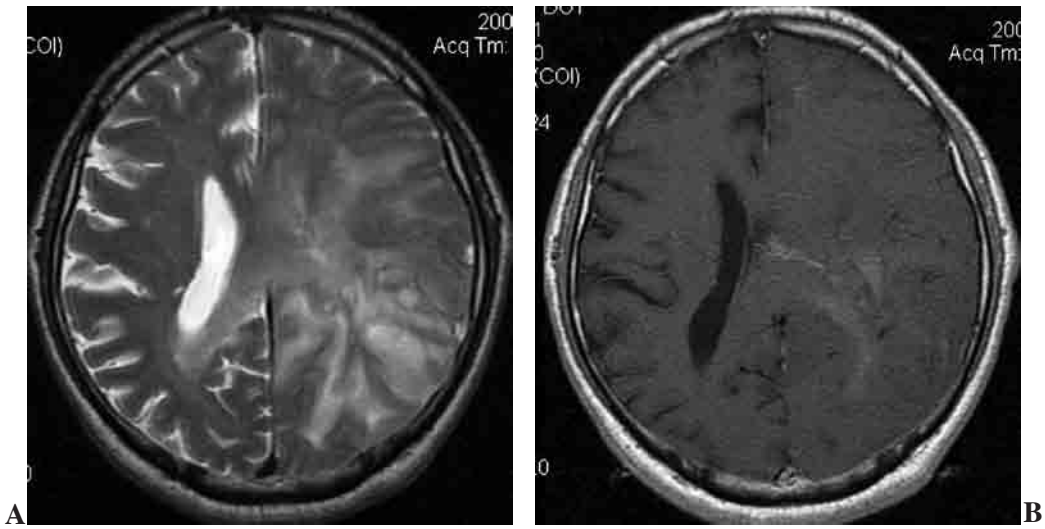


Resim 7.106 Glioblastoma multiforme. A. T1AG'de sağ hemisferin büyük bölümünü kaplayıp karşıya geçen tömüral kitleye ait hipointens görünüm. B. T2AG'de kitlenin belirgin hiperintensitesi ve çevresinde yoğun ödemi görülüyor. C. Kontrastlı T1AG'de lezyonun çevresi belirgin kontrast tutmuş, ortasındaki nekroze alan kontrast tutmuyor. Lezyon orta çizgiden karşıya geçmiş.

Radyolojik olarak difüz tutulum ve kitle olmak üzere iki şekilde görülür. Difüz tutulumda beyaz cevher yaygın olarak etkilenmiştir (Resim 7.107). Tutulan kesim BT'de izodenstir ve boyanmaz; MR'de T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstir. Belirgin bir kitle etkisi yoktur. Gri-beyaz cevher ayırımı kaybolur. Bu görünüm immün yetmezlikli olgularda görülen progressif multifokal lökoansefalopatinin görünümüne çok benzer.

Oligodendrogliyom

Sık görülmeyen, yavaş büyüyen ve genellikle büyük bir kitle şeklinde karşımıza çıkan bir tümördür**.** Gliyomların %5-18'ini yapar. Elli-altmış yaşlarında sık görülür. Sadece oligodendrositlerden oluşan şekli nadirdir; genellikle astrositom-oligodendrogliyom şeklindedir. İntraventriküler yerleşimi çok nadirdir; eskiden intraventriküler oligodendrogliyom olarak



Resim 7.107 Gliyomatoz serebri. A. T2AG'de hemen hemen sol hemisferin beyaz cevherini tümüyle tutan, hafif hiperintens doku artımı. Yan ventrikül komperese. B. T1AG. İntensite farklılığı belirgin değil tutulan hemisferde sulkuslar silinmiş korteks medulla ayırmı ortadan kalkmış.

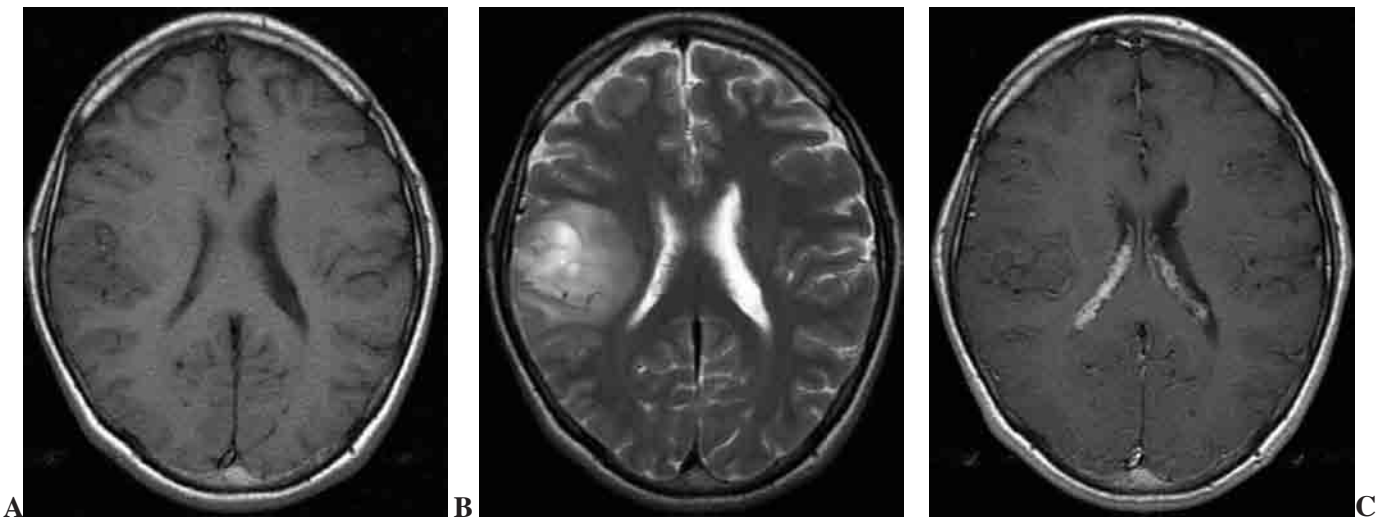
değerlendirilmiş birçok tümörün nörositom olduğu anlaşılmıştır.

Frontal lob sık yerleştiği yerdir. BT'de hipodenstir ve sıklıkla korteksi de tutar. Bazen komşu kalvaryal kemikleri erode edebilir. Ödemi ve kitle etkisi minimaldir; ödem olguların 1/3'ünde görülür. Olguların %66'sında lezyon periferinde kontrast tutulumu vardır (Resim 7.108). Histolojik olarak olguların tümünde kalsifikasyon saptanır; bu oran BT'de %70'dir (Resim 7.109).

GLİYAL DIŞI TÜMÖRLER

Primer lenfoma

İmmün yetmezlikli, özellikle AIDS'li olgularda insidansı hızla artar. Hemen tamamı B-hücreli NHL'dir. Glioblastoma multiforme, menenjiyom ve düşük greydli astrositomdan sonra 4. sıklıkta görülen primer beyin tümörüdür. Tümörler steroid tedavisiyle ve radyoterapiyle kaybolur, fakat bir süre sonra şiddetli bir reboundla tekrar ortaya çıkar. Olguların yaklaşık yarısı multisentriktir.



Resim 7.108 Oligodendrogliyom. A. T1AG. Sağ paryetal bölgede subkortikal kesimde yapısal düzensizlik ve hafif hipointensite. B. T2AG'de tanımlanan bölgede sınırları seçilemeyen heterojen hiperintens görünüm. C. Kontrastlı T1AG'de lezyon kontrast tutmuyor.

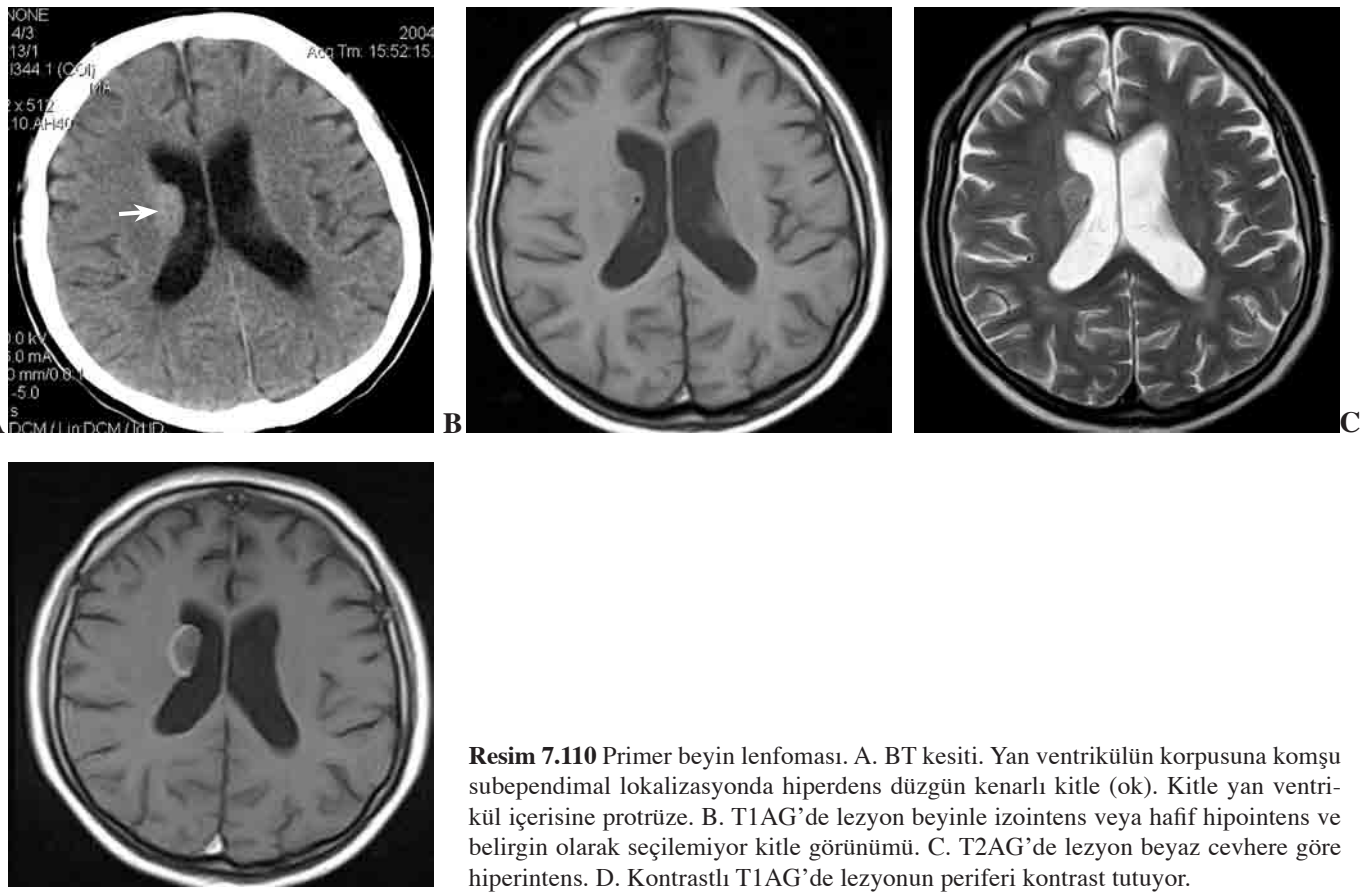


Resim 7.109 Oligodendrogliyom. Sağ frontalde kalsifiye kitle. Kitle çevresinde belirgin ödem. Komşu ventrikül komprese, orta çizgi oluşumları karşıya itilmiş.

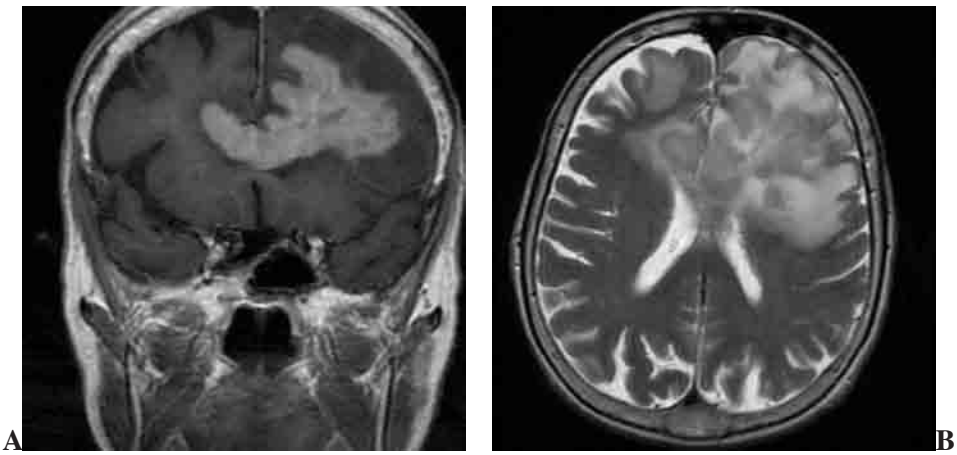
Merkezi sinir sisteminin primer lenfoması yüksek nükleus-sitoplazma oranına sahip küçük mavi hücrelerin sıkıştırılmış paketlerinden oluşur. Bu histoloji kesit görüntülere de yansır; BT'de hiperdens, T2AG'de beyaz cevhere göre hiperintens görülür (Resim 7.110). Homojen yapıdadır; homojen şekilde bir miktar kontrast tutabilir. İmmün yetmezlikli olgularda lezyonlarda nekroz gelişebilir ve lezyonlar genellikle birden fazladır. En sık yerleşim yeri ventrikül çevresi ve leptomeninkslerdir. Bazal gangliyonlar, talamus, periventriküler beyaz cevher sık görüldüğü yerlerdir. Subependimal yayılım sıktır. Lezyonlar korpus kallozumdan karşıya geçerek kelebek görünümü oluşturabilir (Resim 7.111).

Gangliogliyom ve gangliositom

Kronik temporal lob epilepsilerinde en sık görülen tümördür. En sık yerleşim yeri temporal lobdur (Resim 7.112). Olguların %80'den fazlası 30 yaşın altındadır. Radyoloik görünümü özellik göstermez (Resim 7.113); düşük greydli astrositomlardan ayrılamaz. Ayırıcı tanı, oligodendrigliyom ve disembriyoblastik nöroepitelyal tümörle yapılmalıdır.



Resim 7.110 Primer beyin lenfoması. A. BT kesiti. Yan ventrikülün korpusuna komşu subependimal lokalizasyonda hiperdens düzgün kenarlı kitle (ok). Kitle yan ventrikül içerisine protrüze. B. T1AG'de lezyon beyinle izointens veya hafif hipointens ve belirgin olarak seçilemiyor kitle görünümü. C. T2AG'de lezyon beyaz cevhere göre hiperintens. D. Kontrastlı T1AG'de lezyonun periferi kontrast tutuyor.



Resim 7.111 Primer lenfoma. A. Kontrastlı T1AG. Büyük bölümü sağ hemisferde, keskin kenarlı heterojen yapıda kontrast tutan lezyon, orta çizgiden karşıya geçiyor. B. T2AG'de sol frontoparyetal bölgedeki heterojen hiperintensite orta çizgiden karşıya geçiyor. Yan ventriküllerin ön boynuzları infitre.

Disembriyoblastik nöroepitelyal tümör (DNET)

Tedaviye dirençli kompleks parsiyel epilepsiye en sık eşlik eden tümördür. Olguların çoğunluğu 10-30 yaş arasındadır. Tümör histolojik olarak kortikal displazidir. Daima kortikal gri cevher içerisinde yerleşir (Resim 7.114). Bazı olgularda da tümör gri cevherden beyaz cevhere doğru sabun köpüğü şeklinde taşar. Bazen üzerindeki kalvarial kemiği erode eder. Çevresinde ödem yoktur, kontrast tutma özelliği değişkendir.

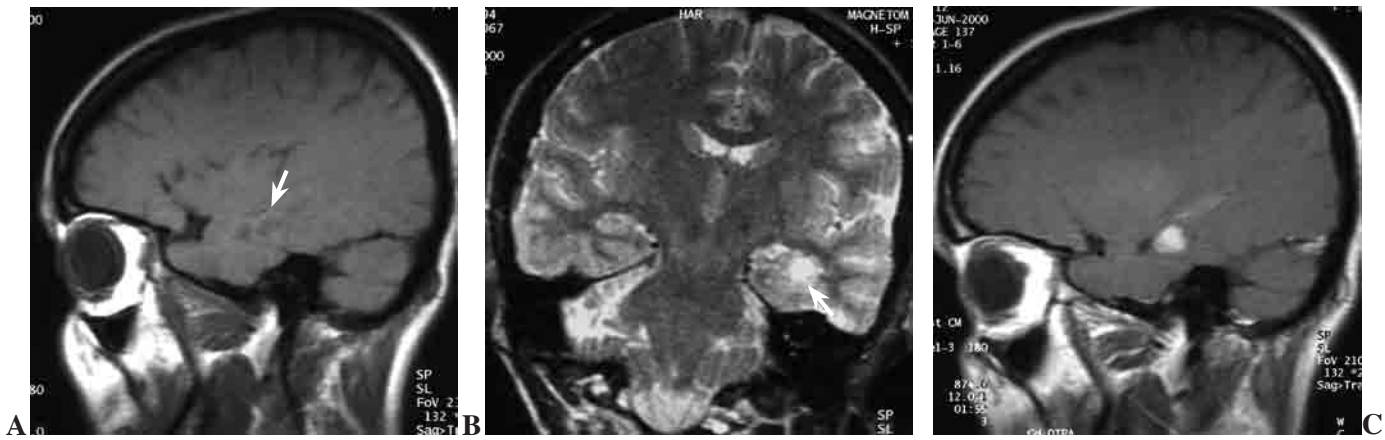
Kraniyum dışından metastaz

Kanserden ölenlerin %10'unda beyin metastazı saptanır. Metastaz intrakraniyal neoplazmların yaklaşık 1/3'ünü oluşturur. En sık beyin metastazı yapan tümörler; akciğer, meme, böbrek tümörleri ve malign melanomdur. Sindirim sistemi (kolon), tiroid, over ve prostat kanserleri ikinci sıradadır. Daha nadir olarak da pankreas kanseri ve sarkom metastazları görülür. Bu nedenle beyinde tümöral kitle saptanan şahıslarda göğüs röntgenogramı, böbrek US'si ve kadınlarda meme incelemesi yapılmalıdır.

Akciğer, meme ve kolon kanserleri ile melanom intra-aksiyal metastaz yapar. Ekstra-aksiyal metastaz yapan tümörler meme, prostat, akciğer kanserleri ve nöroblastomdur. Metastazların büyük çoğunluğu (%80-85) supratentoriyal bölgededir; renal hücreli karsinom metastazlarında posterior fossa yerleşimi daha



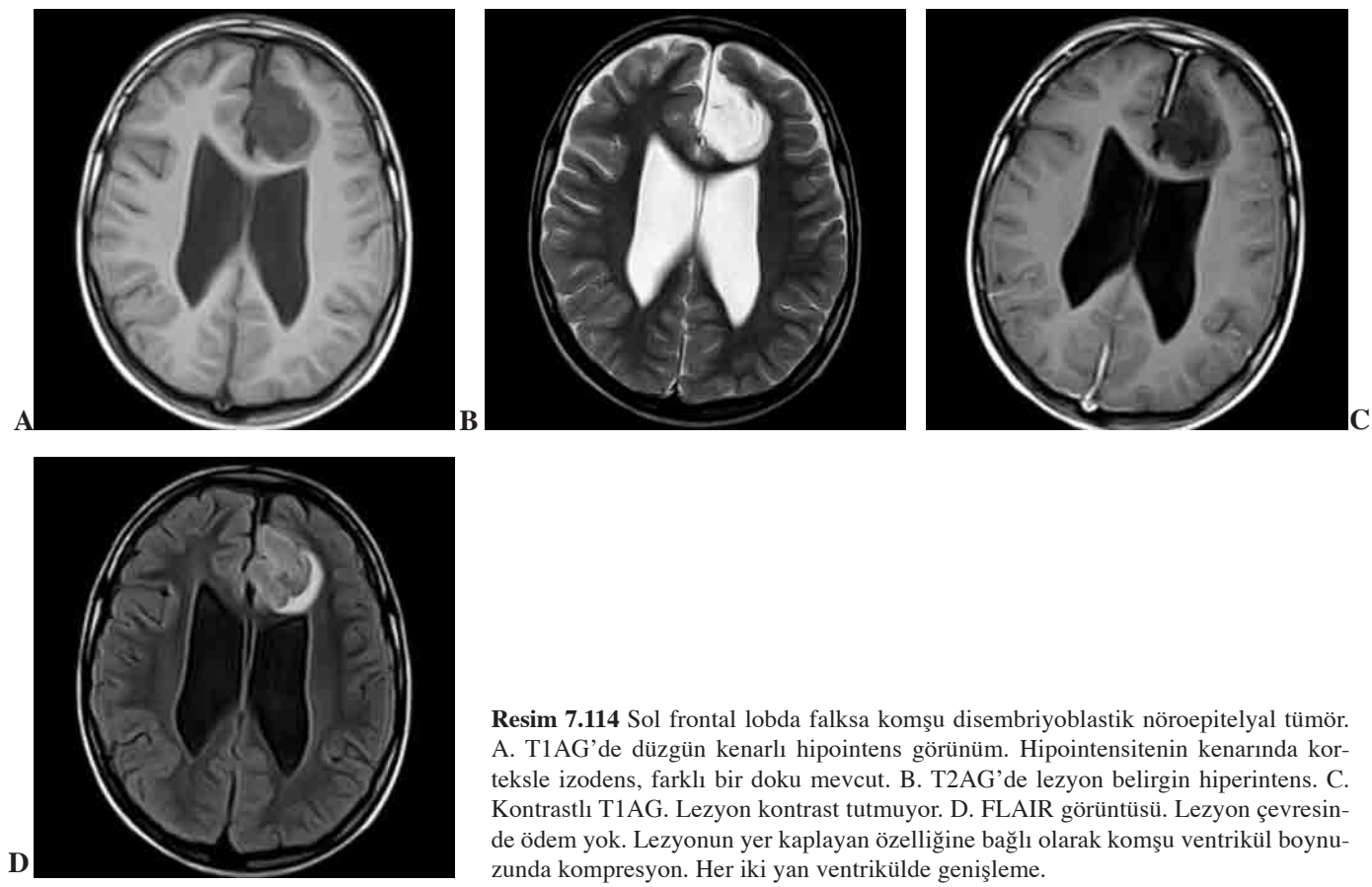
Resim 7.112 Sağ temporal lob tabanında kortikal yerleşimli gangliogliyom. A. T1AG'de heterojen hipointens, B. T2AG'de heterojen belirgin hiperintens görülüyor. Çevresinde dikkati çeker bir ödem görünümü mevcut değil.



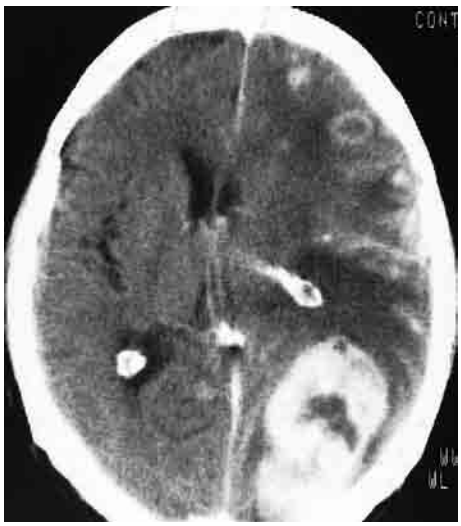
Resim 7.113 Sol hipokampal bölgede gangliostom. A. Parasagital T1AG. Hipokampüs çevresinde sınırları seçilemeyen heterojen hipointensite (ok). B. Koronal T2AG. Sol hipokampusa komşu lokalizasyonda düzgün kenarlı belirgin hipointensite (ok). Çevresinde ödem mevcut değil. C. Kontrastlı parasagital T1AG görüntüsü. Lezyon belirgin kontrast tutuyor.

sık görülür. Metastazların %30'u soliterdir. Epidural ve subdural metastaz oranı %15'dir ve hematomdan kontrast madde tutmaları ile ayrılırlar. Metastazların %5'i kalvaryum kemiklerine ve durayadır. Kemik lezyonları litik, sklerotik veya karışık olabilir. Kemiğe en çok prostat, meme, akciğer ve böbrek tümörleri metastaz yapar.

Metastazlar yuvarlaktır. Daha çok beyaz ve gri cevherin sınırında yerleşirler. Beş milimetreden küçük lezyonlar görülmeyebilir. BT'de hipodens, izodens



Resim 7.114 Sol frontal lobda falksa komşu disembriyoblastik nöroepitelyal tümör. A. T1AG'de düzgün kenarlı hipointens görünüm. Hipointensitenin kenarında korteksle izodens, farklı bir doku mevcut. B. T2AG'de lezyon belirgin hiperintens. C. Kontrastlı T1AG. Lezyon kontrast tutmuyor. D. FLAIR görüntüsü. Lezyon çevresinde ödem yok. Lezyonun yer kaplayan özelliğine bağlı olarak komşu ventrikül boynuzunda kompresyon. Her iki yan ventrikülde genişleme.



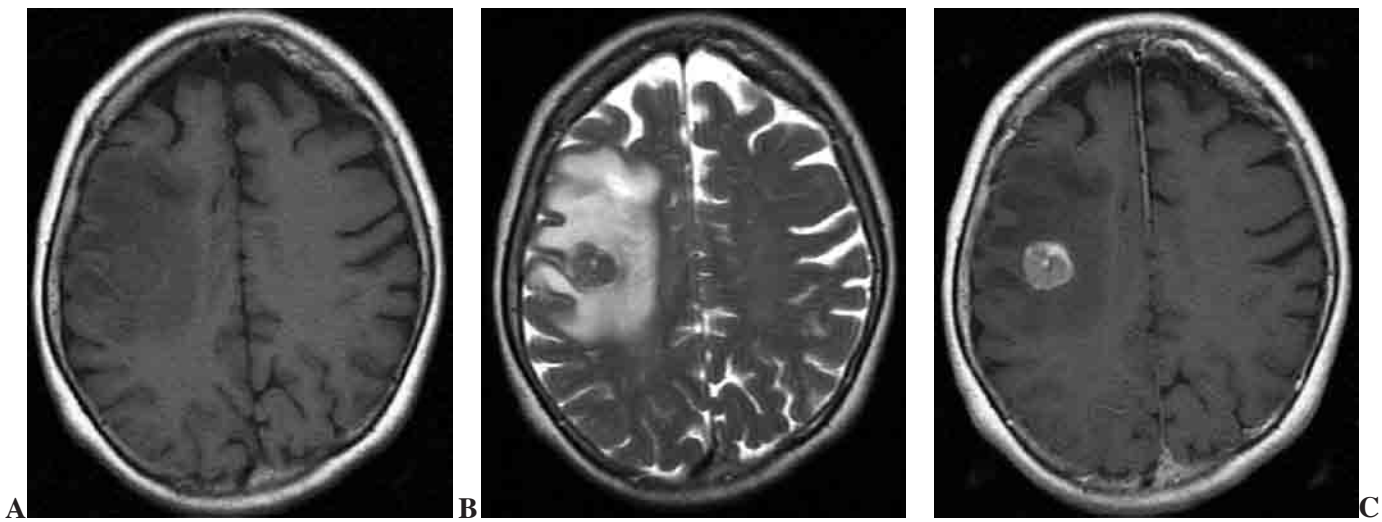
Resim 7.115 Metastaz. Kontrastlı BT. Sol hemisferde değişik büyüklükte ve değişik şekillerde kontrast tutan çevreleri ödemli yer kaplayan lezyonlar.

veya hiperdens olabilirler; çevrelerinde belirgin ödem vardır (Resim 7.115). Ödem adenokarsinom metastazlarında çok belirgindir. Yulaf hücreli ve squamöz hücreli karsinomda ise daha az görülür. Ortası nekroze metastazlarda ödem belirgindir. Ödemin fazla olması metastazın önemli bir özelliğidir. Malign melanom, koriyokarsinom metastazlarında kanama sık görülür.

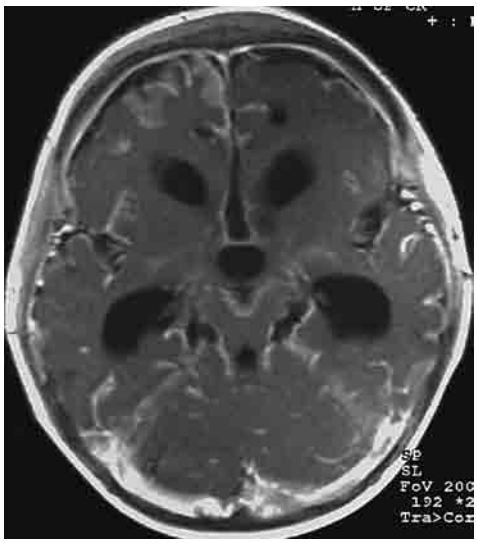
Metastazlar genellikle belirgin şekilde kontrast tutar. Lezyonun yoğunluğu, verilen kontrast maddenin miktarı, kontrast verilmesinden sonra geçen süre, hastaya uygulanan tedavi (steroid, kemoterapi, radyoterapi) ve tümörün tipi, kontrast madde tutulumunu etkileyen faktörlerdir. Hastaların steroid kullanması kontrast madde tutulumunu azaltır. Steroidin ödem azaltıcı etkisi de vardır. Koriyokarsinom, malign melanom, tiroid ve renal hücreli karsinom metastazları en çok kontrast tutan tümörlerdir. Hiperdens lezyonlar hipodens olanlardan daha az kontrast tutar (örneğin, skuamöz hücreli karsinom metastazı gibi). Boyanma halka şeklinde veya solid olabilir. Korteks yerleşimli metastazların ödemi ve kontrast tutması genellikle çok azdır.

Birden çok lezyon görüldüğünde yalnız metastaz değil, multisentrik gliyom, apse, menenjiyom, enfarkt, multipl skleroz (akut devrede boyanır, sonra kontrast tutma özelliği kaybolur), ilaca bağlı lökoansefalopati, multifokal ansefalopati (her ikisinde de hafif ventriküler dilatasyon görülür ve kontrast madde tutmazlar), radyasyon nekrozu düşünülmelidir. BT ile ayırıcı tanı zordur.

Metastatik beyin tümörleri MR'de T2AG'de değişik intensitede artmış sinyal alanları şeklinde görülür. (Resim 7.116). Lezyonu çevreleyen ödem belirgin hiperintenstir. T1AG'de tümör hipointens görülür. Bazı olgularda fokal hemoraji alanları saptanabilir. Melanoma metastazları intersellüler mesafedeki ve hücre içerisindeki sekestre melaninin paramanyetik etkisinden dolayı T1AG'de hiperintens, T2AG'de ise hafif hipointenstir. Sindirim borusu kaynaklı müsinoz adenokarsinom metastazları da, nedeni kesin olarak bilinmemekle birlikte, T2AG'de hipointens görülürler.



Resim 7.116 Beyin metastazı. A. T1AG'de sağ paryetalde subkortikal bölgede düzgün kenarlı yuvarlak hafif hipointens bir yer kaplayan lezyon. Çevresinde yoğun ödem. B. T2AG'de lezyon beyinle izointens, çevresindeki ödem hiperintens. C. Kontrastlı T1AG. Lezyon kontrast tutuyor.



Resim 7.117 Leptomenenjeal karsinomatoz. Kontrastlı T1A G'de, beyin yüzeyinde leptomelingial kalınlaşma ve boyanma. Hastada obstrüktif hidrosefaliye bağlı 3. ve yan ventriküllerde genişleme.

Yenidoğan ve bebeklik çağı tümörlerini, beyinin normal T1 ve T2 değerlerinin çok uzun ve tümör ödeminin az olması nedeniyle MR ile değerlendirmek yetişkin tümörlerine göre zordur.

Tek metastazlarda cerrahi tedavi uygulandığından, kortekse yerleşmiş olup ödemi ve belirgin boyanması olmadığı için görülemeyen lezyonlar, MR'de normalin iki veya üç katı kontrast madde kullanılarak görülür hale getirilebilir.

Leptomenenjeal karsinomatoz primer beyin tümörlerinin, ekstrakraniyal adenokarsinomların, lösemi ve lenfomanın leptomenikslere yayılımı ile ortaya çıkar. Genellikle bazal sisternaları tutar; görünümü menenjiti taklit edebilir (Resim 7.117). Yağ baskılamalı kontrastlı MR ve FLAIR sekansları ile tutulum ayrıntılı olarak gösterilebilir. Hidrosefali gelişebilir. Primeri bilinen bir kanserli olguda hidrosefali gelişimini açıklayacak bir kitle görünümü yoksa leptomeningeal metastaz düşünülmelidir.

POSTERİOR FOSSA TÜMÖRLERİ

Posterior fossa çocuklarda sık tutulan bir bölgedir. Çocuklarda görülen posterior fossa tümörlerinin 2/3'ünü medülloblastoma ve serebellar astrositoma, geriye kalan 1-3'ünü ise ependimoma ve beyin sapı gliyomu yapar. Yetişkinlerde en sık görülen primer posterior fossa tümörü hemanjiyoblastomdur. Semptomlar serebellar disfonksiyon ve kraniyal sinir tutulumları ile ilgilidir.

Medülloblastom

Olguların çoğu 10 yaşından önce görülür. Birinci görülme pikini 4-8 yaş arasında, daha basık olan ikincisini ise 15-35 yaş arasında yapar. Orta çizgi yerleşimi tipiktir; vermiste sık (%85) görülür (Resim 7.118). Sferik veya oval yapıda düzgün kenarlı lezyonlardır; T1AG'de hipointens T2AG'de hiperintens ve BT'de hiperdenstirler, çoğu zaman heterojen şekilde yoğun kontrast tutarlar. Çevrelerinde belirgin olmamakla birlikte ödem halkası izlenir. Olguların %60'ında tümör içerisinde nekroze alanlar, yaklaşık %10-20'sinde kalsifikasyon görülebilir. Ventriküle yaptığı bası nedeniyle hidrosefali sık görülür.

Medülloblastomla astrositomun ayırıcı tanısı BT'deki dansitelerine bakılarak yapılabilir; astrositomlar genellikle hipodenstir, medülloblastomlar ise hemen hiçbir zaman hipodens görülmez (Resim 7.119).

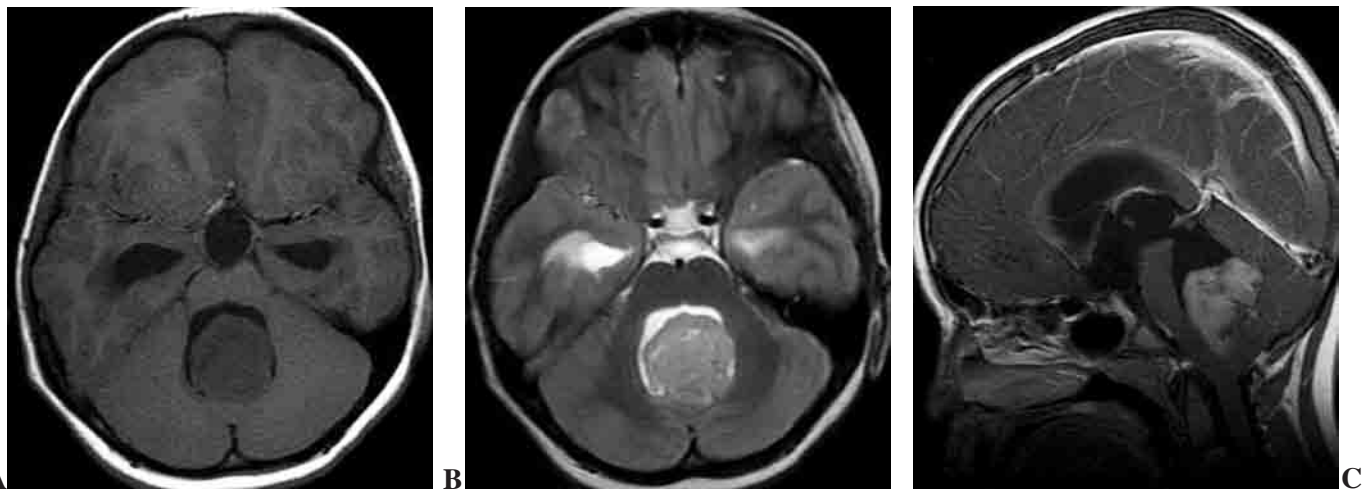
BOS metastazı sıktır. Genellikle medüller kanala tümör hücrelerinin düşmesi ve ekilmesi ("drop" metastaz) şeklinde yayılır. Kontrastlı MR, BOS yayılımını göstermede duyarlıdır. Medülloblastom olgularının %5'inde, büyük çoğunluğu kemiğe olan ekstrakraniyal metastaz görülür.

Pilositik astrositom

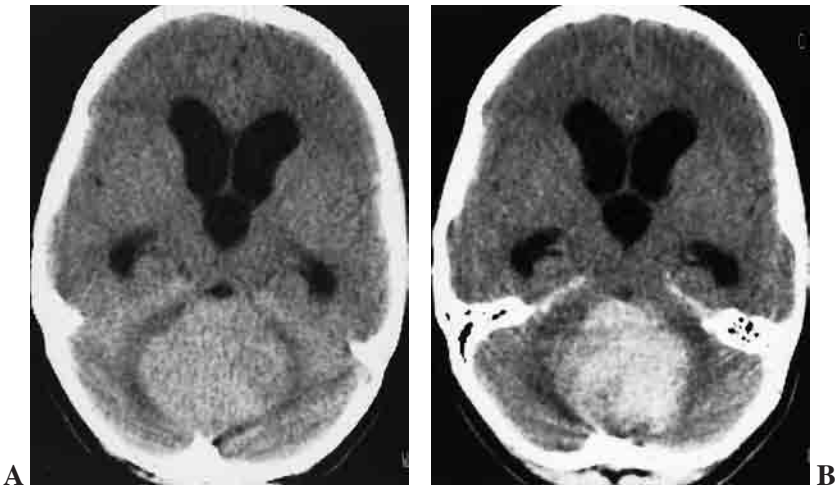
En sık görülen pediyatrik posterior fossa tümörüdür. Vermiste veya serebellar hemisferde yerleşir ve dördüncü ventriküle bası yapar. Optik traktus ve hipotalamus ikinci sıklıkta yerleştiği yerdir. Serebellar astrositomların % 85'ini oluşturur. Olguların büyük çoğunluğu 20 yaşından önce görülür. Nörofibromatoz tip-I (NF1), de en sık görülen tümördür; olguların yaklaşık %15-21'inde izlenir. NF1 birlikteliğinde beyinde farklı yerleşimdedir.

Pilositik astrositomanın iki farklı radyolojik görünümü vardır. Olguların %66'sı kiste benzer yapıdadır ve mural nodülü vardır (Resim 7.120). Kist duvarı kontrast tutar veya tutmaz; mural nodülü yoğun kontrast tutar. Kistin çevresinde kontrast tutan bölge tümör dokusunun varlığını gösterir. Diğer olgular solid kitle şeklindedir; merkezlerinde nekrotik alan bulunabilir. Solid tümörler iyi sınırlı, T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens ve BT'de hipodenstir. Çevrelerinde ödem belirgin değildir; yamalı şekilde kontrast tutarlar, yaklaşık %14'ünde kalsifikasyon görülür (Resim 7.121).

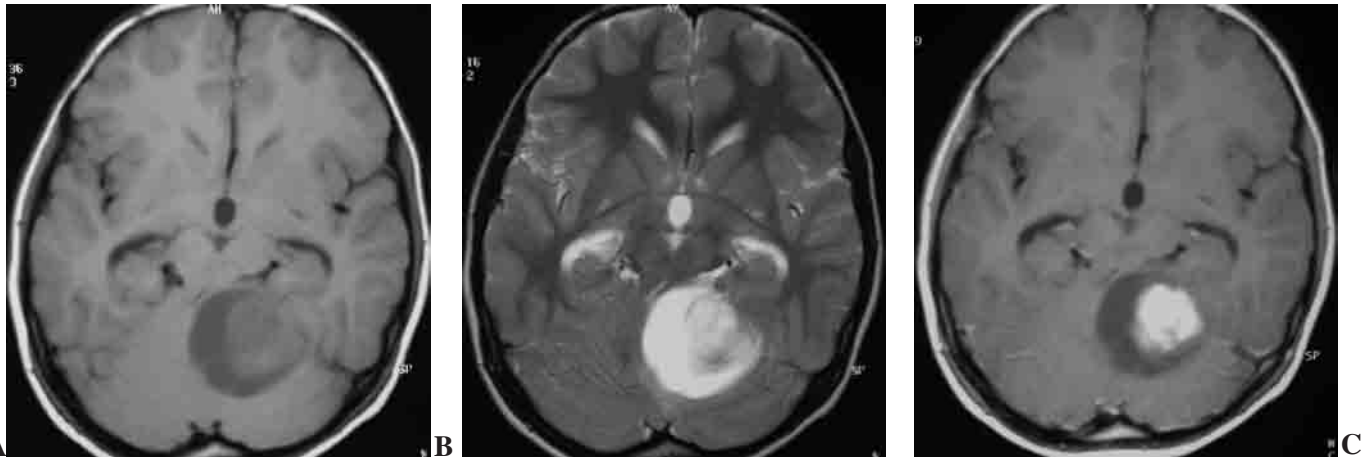
Kistik pilositik astrositomun ayırıcı tanısı hemanjiyoblastom ile yapılr. Temel ayırıcı tanı ölçütü hastanın yaşıdır; hemanjiyoblastom 35 yaşından sonra görülür, pilositik astrositomun en sık görüldüğü yaş grubu ise birinci dekaddır. Hemanjiyoblastomların mural nodül-



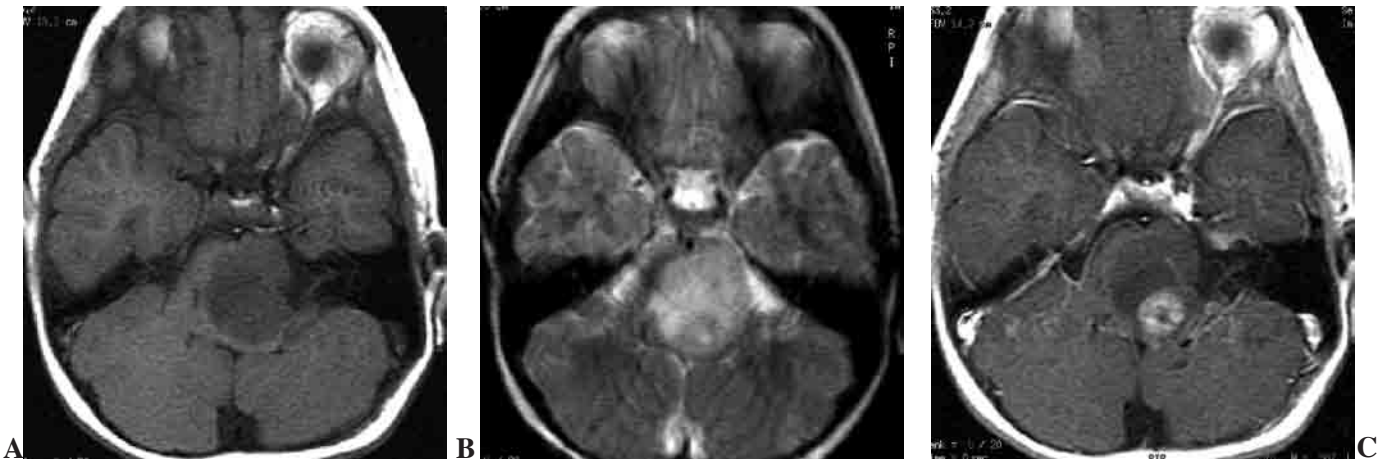
Resim 7.118 Medulloblastom. A. T1AG. 4. ventrikülün posteriorunda, hipointens, düzgün kenarlı kitle. B. T2AG'de lezyon hiperintens. C. Sagital kontrastlı T1AG. Tümöral kitle belirgin şekilde kontrast tutuyor.



Resim 7.119 Medulloblastom. A. Kontrastsız BT'de 4. ventrikül arkasında tipik yerleşimde, düzgün kenarlı hiperdens kitle. B. Konstrastlı kesitte yoğun kontrast tutulumu. Belirgin hidrosefali.



Resim 7.120 Serebellumda orta çizgiye yakın yerleşimde kistikpilositik astrositom. A. T1AG'de düzgün kenarlı kistik yapının kenarında hafif hipointens büyük bir nodül. B. T2AG'de kistik yapı belirgin hiperintens. C. Kontrastlı T1AG'de lezyonun solid kesimin belirgin kontrast tutuyor.



Resim 7.121 Pons ve beyin sapı yerleflimin de pilositik astrositom. A. T1AG'de ponstan çıkarak yukarı doğru büyüyen düzgün kenarlı hipointens kitle. B. T2AG'de belirgin hiperintens. C. Kontrastlı T1AG. Lezyonun arka kesiminde kontrast tutan bir alan.

lerinin daima kalvaryuma yakın yerleşimde olması da ayırıcı tanıda yardımcı bir bulgudur.

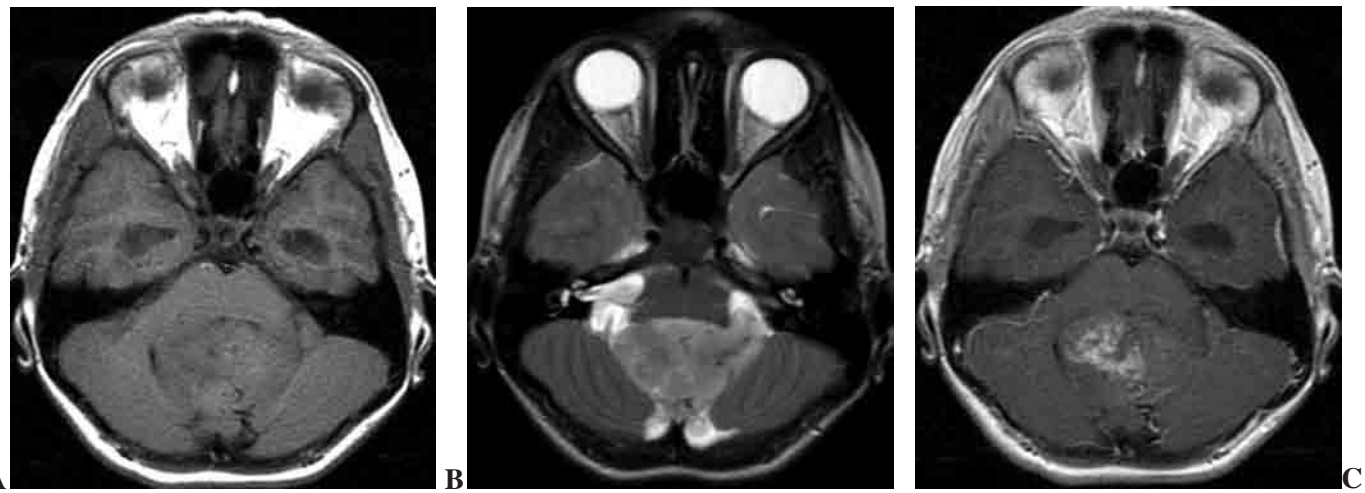
Ependimom

Ventrikül duvarını ve medülle spinalisin santral kanalını örten siliar hücre tabakasına ependim adı verilir. Ependimden çıkan tümörler ependimom, subependimom, anaplastik ependimom ve ependimoblastomdur. Ependimom en sık çocuklarda ve adolesan döneminde görülür. Çocuklarda çoğunluğu IV.ventrikülün içinden çıkar, ancak parankimde yerleşir. Spinal ependimomlar nörofibromatoz tip II'de sık görülür.

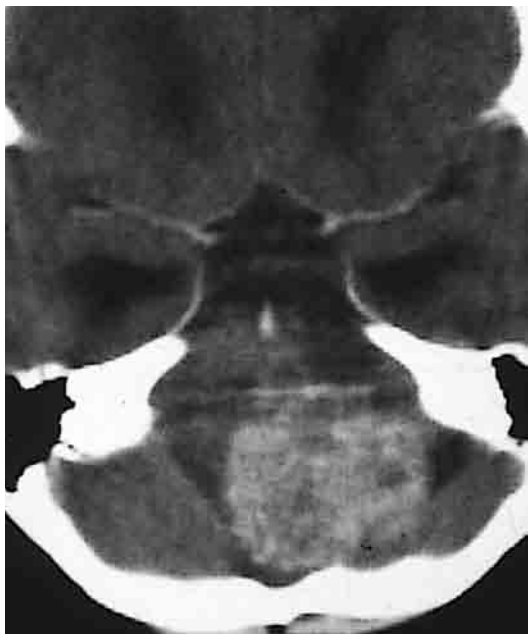
Tümörün biyolojik davranışı greyd II'ye uyar. IV. vertrikülden çıkanları Luschka ve Magendie foramenlerinden sisternalara doğru taşar (Resim 7.122). Genellikle T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstir. BT'de izodens veya hafif hiperdenstirler, kistik alanlar içerebilirler. Çevresinde belirgin olmayan ödem vardır ve kontrast tutar (Resim 7.123). Olguların %40-80'ininde kalsifikasyon, %36'sında ise yoğun kalsifikasyon görülür. Hemen daima hidrosefali eşlik eder. Foramen magnuma ve oradan da aşağıya doğru yayılabilir.

Beyin sapı gliyomu

Histolojik olarak çoğunluğu astrositomdur; %80'i anaplastik tiptedir, %20'si düşük greydlidir. Birinci



Resim 7.122 4.ventrikül yerleşiminde ependimom. A. T1AG'de beyin dokusuyla izointens yer kaplayan lezyon. B. T2AG'de serebelluma göre hiperintens kitle, Luschka ve Magendie foramenlerinden sisternalara doğru uzanıyor. C. Kontrastlı kesitte kitle kısmen kontrast tutuyor.



Resim 7.123 Ependimom (4. ventrikül). Kontrastlı BT'de heterojen boyanma.

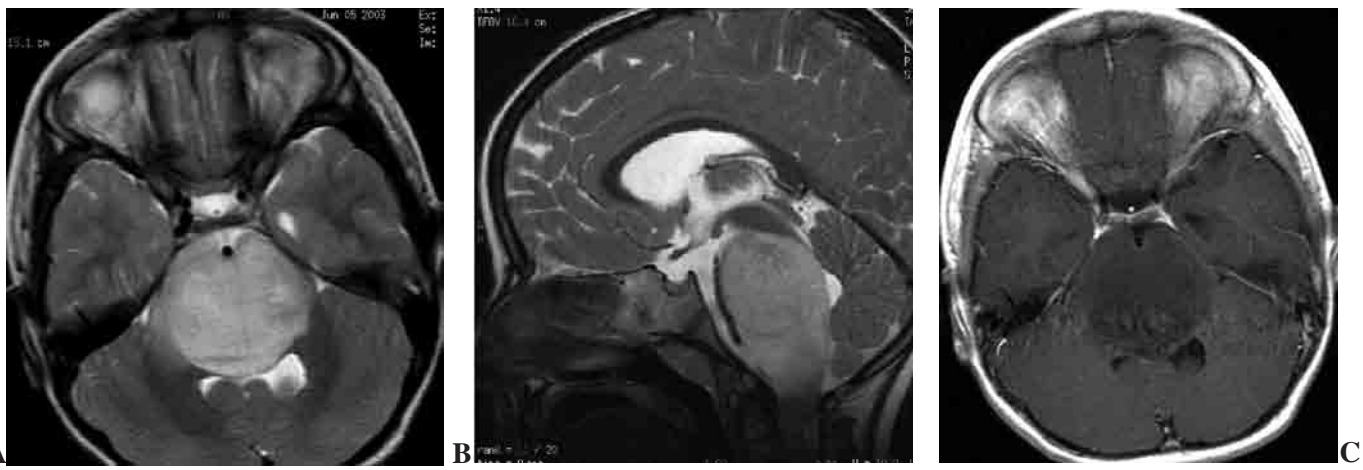
dekadda görülür. En sık ponsta, daha sonra sırasıyla orta beyin, medülla, serebellar pedinküller ve servikal spinal kordda yerleşir.

Difüz ve fokal olarak iki şekli vardır. Difüz olanlar tutukları kesimi genişletir, sınırları iyi seçilemez; kontrast tutmazlar veya çok az tutarlar (Resim 7.124). Fokal olanlar genellikle iyi sınırlıdır, sıklıkla kontrast tutar ve diğerine göre daha iyi bir prognozu vardır. Homojen, hipodens lezyonlardır. Bazal sisternalar içerisine ekzofitik büyüme gösterebilirler. Beyin sapı gliyomları yavaş büyür. IV. ventrikül geriye doğru itilmiştir. Hidrosefali sık görülmez. Tektumda yerleşen ve tektal gliyom olarak isimlendirilen şeklinde prognoz iyidir.

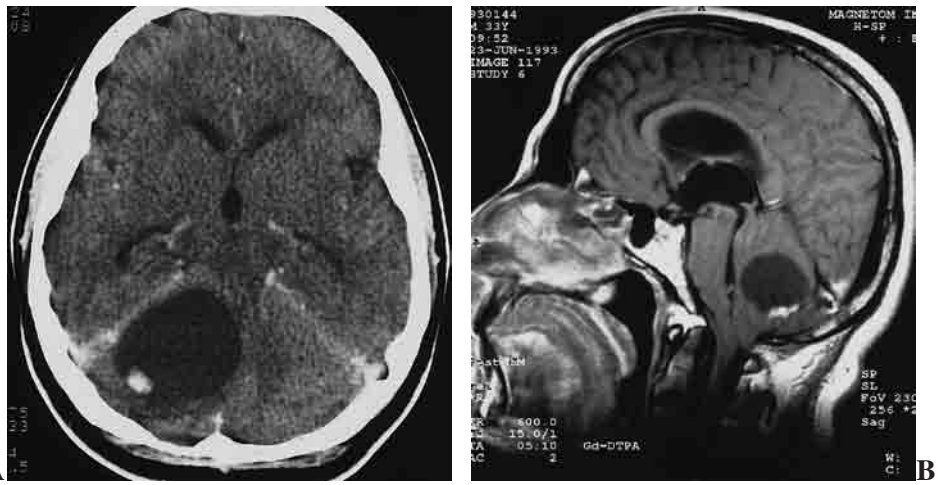
Hemanjiyoblastom

Histolojik olarak benign, vasküler yapıların gerçek neoplazmıdır. Genç ve orta yaşlılarda sıktır. Eritrositoza neden olabilir. Serebellar hemisferde paramediyan yerleşimde sık yerleşir, medülla spinalis, özellikle servikal bölge diğer yerleşim yeridir. Olguların %4-20'si von Hippel-Lindau sendromunun bir parçasıdır ve lezyon genellikle birden fazla sayıdadır. Von Hippel - Lindau'lu olguların ise %35-60'ında hemanjiyoblastom görülür.

Olguların yaklaşık %60'ında klasik görünümü olan kapsülsüz, iyi sınırlı, kenarında mural nodülü bulunan kistik kitleler şeklindedir (Resim 7.125). Geriye kalan solid lezyonların görünümü ise nonspesifiktir. Kanlanması piadan olduğu için mural nodül daima yüzeye yakın yerleşimdedir. Vasküler bir tümör olduğu için belirgin kontrast tutulması kuraldır. Mural nodülün içerisindeki damarlar MR'de görülebilir. Kalsifikasyon çok nadirdir. Çevresinde ödem bulunabilir. von Hippel-Lindau sendromundakiler solid, homojen, izodens ve yoğun boyanan lezyonlar şeklinde de görülebilirler. Ameliyatta mural nodül çıkarılamazsa tümör tekrarlar.



Resim 7.124 Beyin sapı gliyomu. A. T2AG'de beyin sapını genişleten hiperintens kitle, 4. ventrikülü geriye doğru itmiş. B. Sagital T2AG C. Kontrastlı T1AG'de lezyon kontrast tutmuyor.



Resim 7.125 Hemanjiyoblastom. A. Kontrastlı BT kesiti. Sağ serebellar hemisfer içerisinde düzgün kenarlı kistik yapı. Kistik yapının pial tarafında kontrast tutan küçük bir mural nodül. B. Sagital kontrastlı T1AG. Benzer görünüm. Ayrı olgu

MENENJİYOM

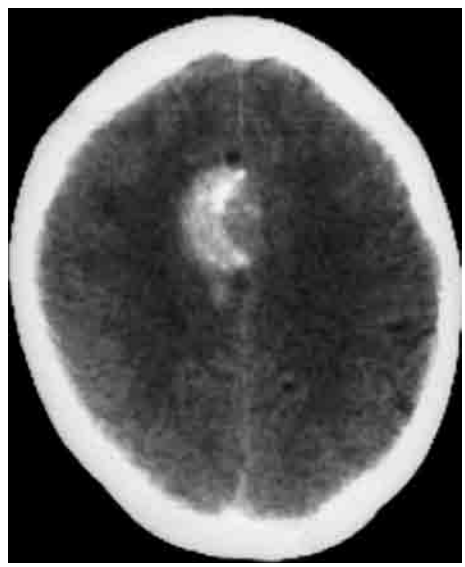
En sık görülen ekstra-aksiyal tümördür. Gliyomdan sonra en sık görülen primer beyin tümörüdür. Yetişkinde intrakraniyal tümörlerin %15'ini, çocukta %3-4'ünü yapar. Erkek-kadın oranı 2/3'tür. Yedinci dekadda pik yapar. Menenjiyomların yaklaşık yarısı parasagital bölgede ve konveksitede yerleşir. Sfenoid kanat, olfaktor oluk, suprasellar bölge, orbita ve posterior fossa diğer yerleşim yerleridir. Yan ventrikül yerleşimi çocuklarda, optik sinir kılıfından çıkanlar ise daha çok yetişkin kadınlarda görülür.

Mikroskopik olarak; sinsitiyal, transisyonel, fibroblastik, anjiyoblastik ve sarkomatöz olarak ayrılabilir. Sinsitiyal ve anjiyoblastik formları agresiftir; kalsifikasyonsuz, çevresi ödemli, iyi seçilemeyen düzensiz kenarlı, homojen kontrast tutan lezyonlardır. Transisyonel ve fibroblastik formları agresif değildir; kalsifiye, hiperdens ve düzgün kenarlı kitle şeklindedirler; homojen kontrast tutarlar. Fibroblastik tipte orta derecede ödem vardır. Makroskopik olarak sferik veya plak şeklinde, çevre beyin dokusundan kolayca ayrılabilen lezyonlardır. Olguların %1'i malign varyantı olabilir; radyolojik olarak malign-benign ayırımını yapmak olanaksızdır.

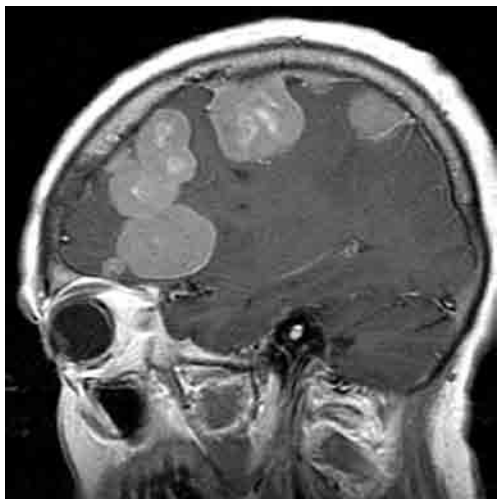
Kraniyum röntgenogramlarında komşu kemiklerde hiperostoz, erozyon, besleyen damardaki hipertrofiye bağlı olarak tabula internadaki menenjeal olukların genişlemesi ve tümöre ait kalsifikasyon görülebilir.

BT'de yuvarlak, keskin kenarlı, çoğunlukla hiperdens görülürler. Çevre kemikte hiperostoz veya destrüktif değişiklikler izlenir. Olguların %20'sinde kalsifikasyon vardır (Resim 7.126). Kalsifikasyon benign davranış ölçütüdür; transisyonel ve fibroblastik tiplerinin %39'unda görülür. Menenjiyomlar tipik olarak homojen şekilde yoğun kontrast tutarlar. Yavaş büyüdükleri için ödem belirgin değildir; yaklaşık %40 olguda çevrelerinde ödem görülmez. Menenjiyomlar, nadiren birden fazla sayıda olabilirler (Resim 7.127).

MR'de geniş dural tabanlı, T1AG'de gri cevherle izointens-hipointens, T2AG'de izointens-hiperintens görülen, düzgün kenarlı kitlelerdir. T2AG'de hiperintens olan lezyonlar hemen daima anjiyomatöz tip



Resim 7.126 Kalsifiye falks menenjiyomunun BT görünümü.



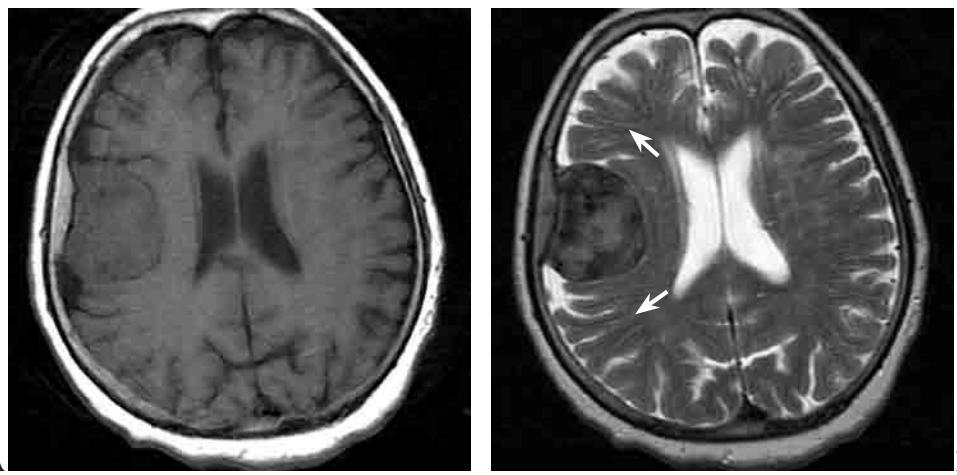
Resim 7.127 Kontrastlı T1AG'de yoğun kontrast tutan çok sayıda menenjiyom.



Resim 7.129 Menenjiyom T1AG'de sağ paryetalde büyük hipointens bir kite. Kitle çevresinde BOS yarığına ait, ince bir hipointens halka görülüyor. Kitleye komşu beyaz cevher komprese, sulkusların tipik sıkışık görünümü (ok).

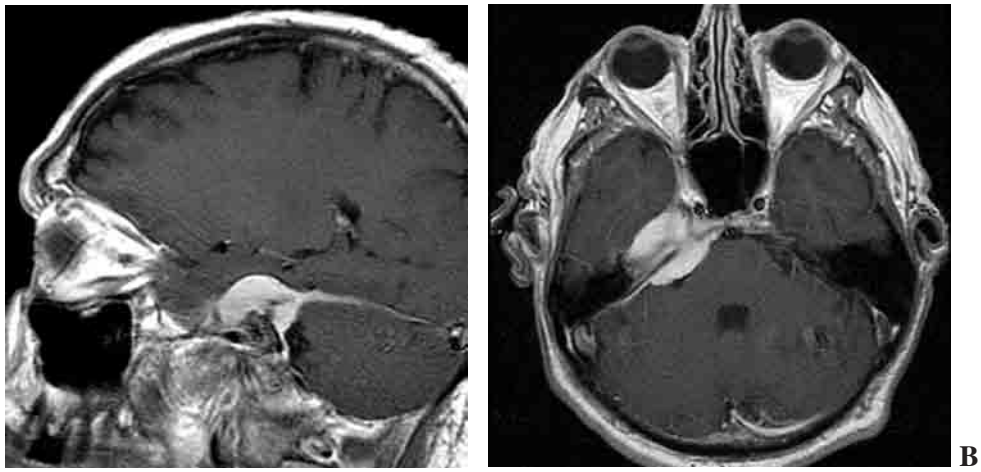
menenjiyom aittir. Tümör, içindeki kistler, damarlar veya kalsifikasyon nedeniyle heterojen görülür (Resim 7.128). Sıklıkla tümörün çevresinde hipointens bir kenar vardır (Resim 7.129).BOS tarafından oluşturulan bu görünüme *BOS yarığı* adı verilir. Tümörün üzerine oturduğu dura kalınlaşır ve tümörle birlikte kontrast tutarak çevreye doğru uzanır. Olguların %60'ında görülen bu bulguya *dural kuyruk* ("*tail*") adı verilir (Resim 7.130). Tümör dokusunu temsil etmeyen bu kalınlaşma menenjiyoma has bir bulgu değildir, duraya oturan diğer lezyonlarda da görülebilir. Komşu dural sinüsün invazyonu cerrahide önemlidir. Bu nedenle invazyon olup olmadığı dikkatle araştırılmalı, menenjiyoma komşu kesiminde sinüs çapındaki daralma MR venografi, gerekirse kateter anjiyografisi ile araştırılmalıdır.

Kateter anjiyografisi tümör vaskülaritesini ve vasküler yapılarla ilişkiyi en iyi gösteren yöntemdir. Tümörün, arteri çepeçevre sarması nedeniyle damarlarda bölgesel daralma ("encasement") izlenebilir. Menenjiyomlar hipervasküler tümörlerdir; erken fazda *araba tekerleği görünümü* ve venöz fazda uzun süre devam eden "blush" veya leke şeklinde boyanma gös-

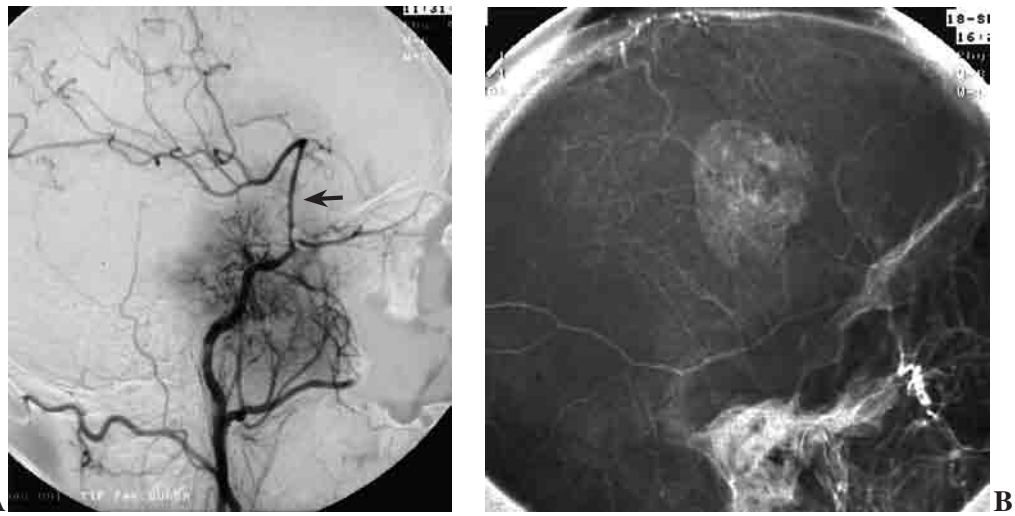


A **B**

Resim 7.128 Menenjiyom A. T1AG'de hafif hipointens düzgün kenarlı kitle ve komşu kemikte kalınlaşma (hiperostoz). B. T2AG'de kitle muhtemelen kalsifikasyona bağlı olarak hipointens görülüyor. Komşu beyin parankiminde kompresyona bağlı değişiklikler ve sulkuslarda sıkışmalar(oklar).



Resim 7.130 Petröz apeks menenjiyomu. Kontrastlı T1AG. A. Sagital. B. Aksiyal kesitler. Menenjiyom tentoryumun serbest ucundan çıkmış. Tentoryumda tipik dural kuyruk görünümü.



Resim 7.131 Menenjiyomun anjiografik görünümü. A. Arteriyel fazda tipik araba tekerleği şeklinde kontrastlanma. Orta serebral arterin başlangıç kesimindeki düzensiz daralma "encasement" olarak değerlendirilmiştir (ok). B. Venöz faz. Tümörde belirgin kontrast tutulumu ve yer yer leke şeklinde kontrast göllenmesi. Ayrı olgular.

terirler (Resim 7.131). Büyük tümörlerin embolizasyonla küçültülmesi ameliyatı kolaylaştırır.

Anjiyoblastik menenjiyom günümüzde, hemanjiyoperisitoma adıyla ayrı bir tümör olarak isimlendirilmektedir. Bu nadir tümör 30-50 yaşlarında sık görülür. Agressif bir tümördür ve uzak metastaz yapabilir. Radyolojik görünümü genel olarak menenjiyoma benzer, ancak duraya geniş tabanla oturmaması, multiloküler olması, hiperostozise değil daha çok kemik destrüksiyonuna yol açması ve kalsifikasyonun sık görülmemesi ayırt edici özellikleridir, T2AG'de parlak görülmesi kuraldır.

İNTRAVENTRİKÜLER TÜMÖRLER

Çevrelerinin BOS ile sarılı olması nedeni ile kesit görüntülerde seçilmeleri daha kolaydır. İntraventriküler tümörlerin ayırıcı tanısında hastanın yaşı ve ventrikül içerisinde yerleştiği yer önemlidir.

Atriyumda en sık görülen tümör çocukta koroid pleksus papillomu, yetişkinde menenjiyomdur. Akğer kanseri ve renal hücreli kanser ventrikül içerisine, özellikle beyinin en vasküler yapısı olan koroid pleksusa, en sık metastaz yapan tümörlerdir. Subependimal dev hücreli astrositoma ve pilositik astrositoma foramen Monro çevresine yerleşir ve orta yaşlarda gö-



Resim 7.132 Koroid pleksus papillomu. A. T1AG'de sol yan ventrikül içerisinde beyin ile izointens kitle görünümü. Her iki yan ventrikül belirgin şekilde genişlemiş ve periventriküler bölgede akut hidrosefaliye ait ektravazasyon. B. T2AG'de papillom belirgin hipointens. C. Kontrastlı T1AG'de papillom yoğun kontrast tutuyor.

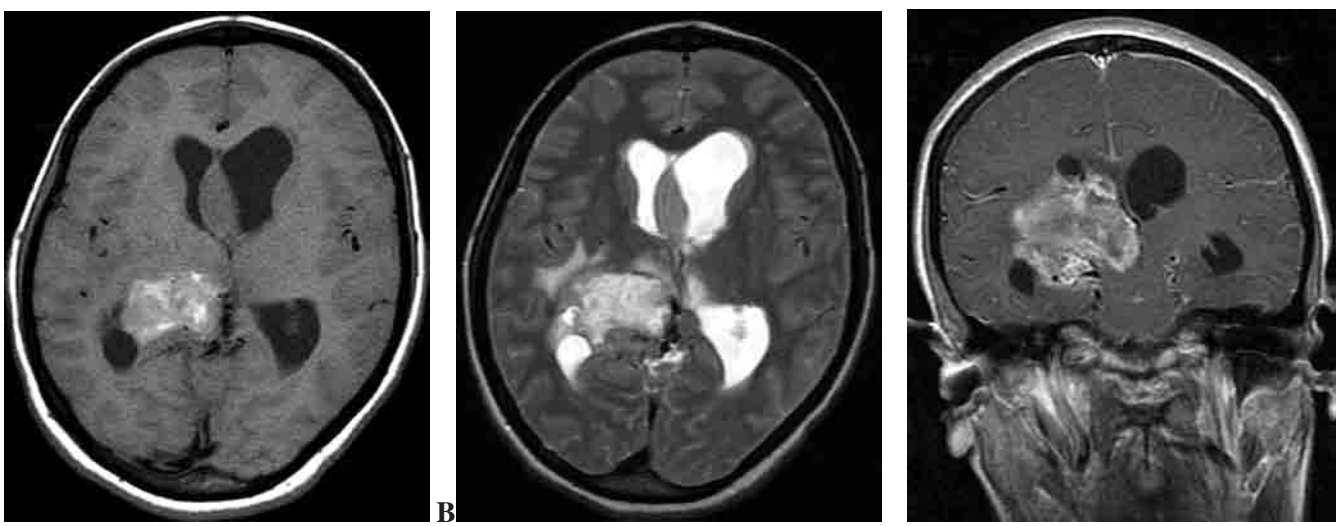
rülür. İntraventriküler tümörlerin geriye kalan kesimi daha çok ventrikülün gövdesinde yerleşir.

Koroid pleksus papillomu ve karsinomu

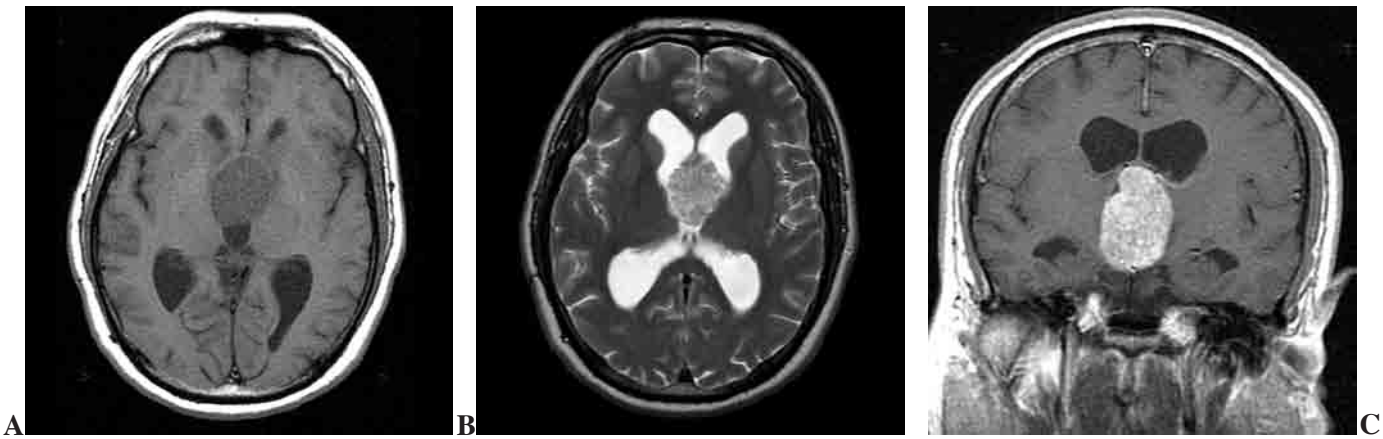
Gliyomların yaklaşık %2'sini yapar. İlk dekadda ve erkeklerde sıktır. Yetişkinde dördüncü, çocuklarda yan ve üçüncü ventriküllerde görülür.

Düzgün-lobüle kenarlı, kalsifiye olabilen lezyonlar şeklindedir. Vaskülaritesi yüksek olan bu tümör, homojen ve belirgin kontrast tutar (Resim 7.132). Birlikte hidrosefali sık görülür. Hidrosefali BOS'un aşırı yapımına ya da tümörün veya kanamasının BOS dolanım yollarını tıkamasına bağlı olabilir. Olguların %20'si malign özellikler gösterir; bunların büyük çoğunluğu çocuktur. Heterojen yapı ve çevre beyin dokusunun invazyonu, karsinomatöz dejenerasyonu gösterir (Resim 7.133). Menenjiyom, hemanjiyom ve karsinom da koroid pleksusta sık görülür.

Ventrikül içerisine yerleşen ve radyolojik olarak düşük agressivite gösteren diğer kitleler santral nörositoma ve subependimomadır (Resim 7.134). Radyolojik olarak özgül bulguları yoktur.



Resim 7.133 Koroid pleksus karsinomu. Sağ yan ventrikülün antrumunda kitle. A. T1AG'de kalsifikasyona bağlı hiperintens odaklar. Komşu ventrikül kesimlerinde kitle etkisine bağlı deformasyon. B. T2AG'de heterojen hiperintens görünüm. Kitle çevresinde ödem. C. Koronal kontrastlı T1AG'de kitle belirgin kontrast tutmuş ve ventrikülden taşarak çevre beyin parankimini invaze etmiş.



Resim 7.134 3. ventrikül içerisinde santral nörositom. A. T1AG. 3. ventrikülü dolduran ve genişleten, beyin dokusuna göre hafif hipointens kitle. B. T2AG'de kitle heterojen hafif hiperintens. C. Kontrastlı koronal T1AG'de kitle belirgin kontrast tutuyor. Birlikte hidrosefali.

Subependimal dev hücreli astrositoma

Tüberöz sklerozlu olguların yaklaşık %10'unda görülür. Yalnız başına son derecede nadirdir. Genç bir hastada foramen Monro yerleşim yerinda bir kitle görülmesi, tüberöz sklerozun subependimal ve kortikal hamartom gibi diğer bulgularının da araştırılmasını gerektirir. Yavaş büyüyen, malignite derecesi düşük bir tümördür. Kalsifikasyon sık görülür. Belirgin kontrast tutar.

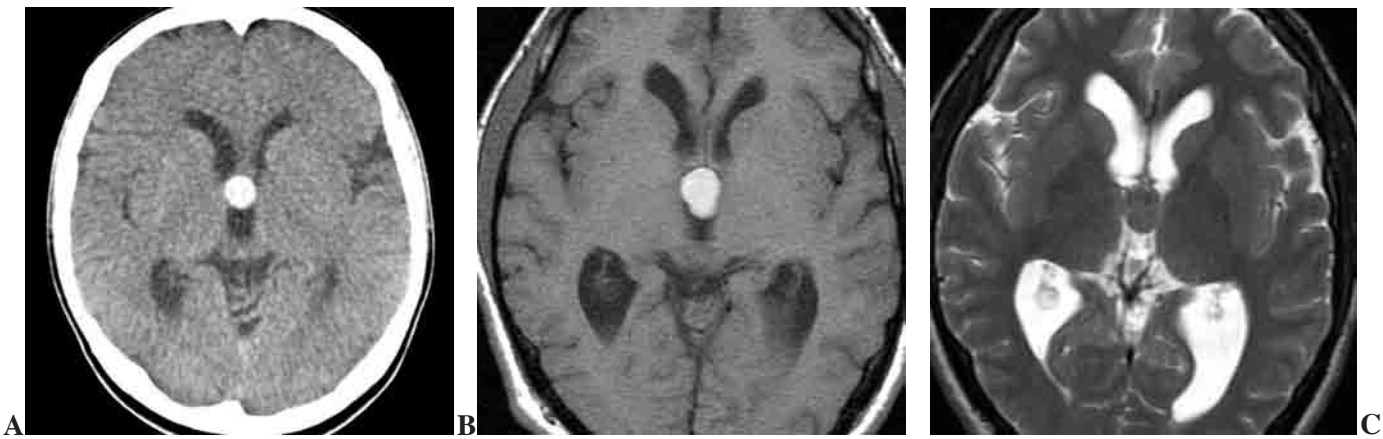
Kolloid kist

Nadir görülür. Erken yaşlarda sıktır. Foramen Monro civarındadır. Erkek-kadın oranı eşittir. Bazıları tümüyle kistiktir; bir bölümü eski kanama, kolesterol kristalleri ve değişik iyonlar içermesi nedeniyle heterojen görülür. Birçoğu respiratuar mukozaya benzer bir epitelle döşelidir.

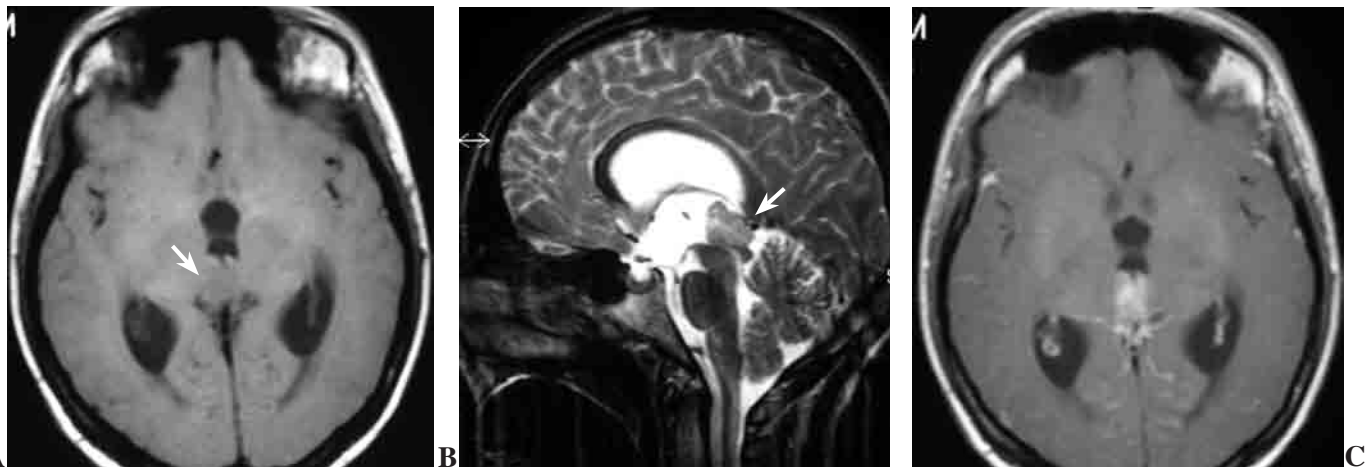
BT'de düzgün kenarlı, sferik veya ovoid, homojen hiperdens lezyonlar şeklindedir. (Resim 7.135). Büyüklüğü 3 cm'ye kadar çıkar. Olguların %40'ı halka şeklinde kontrast tutar. Lezyonun tümüyle boyanması kolloid kistin özelliği değildir. MR'de sinyal intensitesi içeriğine bağlı olarak değişkendir. Foramen obstrüksiyonu sonucu hidrosefali gelişebilir.

PİNEAL BÖLGE TÜMÖRLERİ

Pineal bölge tümörlenrinin %60'nı germ hücreli tümörler (germinom, teratom, embriyonel karsinom, endodermal sinüs tümörü, koriokarsinom), %14'ünü pineal parankimal tümörler (pineositom, pineoblastom) diğerlerini ise pineal kist ve bu yerleşimdeki gliyom, menenjiyom gibi lezyonlar oluşturur. Radyolojik olarak



Resim 7.135 Kolloid kist. A. BT görünümü. Foramen Monro lokalizasyonunda kontrastsız BT'de belirgin hiperdens düzgün kenarlı tipik kolloid kist görünümü. B. T1AG'de kist hiperintens. C. T2AG'de kist beyinle izointens.



Resim 7.136 Pineal tümör. A. T1AG'de pineal bölgede hipo-izointens düzgün kenarlı kitle (ok). B. Sagital T2AG'de kitle hafif hiperintens, kitle 3. ventrikülün arkasında bası oluşturmuş (ok). C. Kontrastlı T1AG'de kitle belirgin kontrast tuttuyor.

germ hücreli tümörlerle, parankimal tümörlerin ayırımı yapılamaz. Pineal kalsifikasyonun 1 cm'i geçmesi kitle yönünden uyarıcıdır.

Germ hücreli tümörler

Çocuklarda ve genç yetişkinlerde sık görülür. İntrakraniyal germ hücreli tümörlerin yarısı pineal bölgeye, %30'u ise suprasellar-hipotalamik bölgeye yerleşir. BT'de izo-hiperdens iyi sınırlı sferik veya lobule kenarlı kitle şeklindedir. Solid kesimi belirgin kontrast tutar. Tümör pinealdeki kalsifikasyonu içine alır.

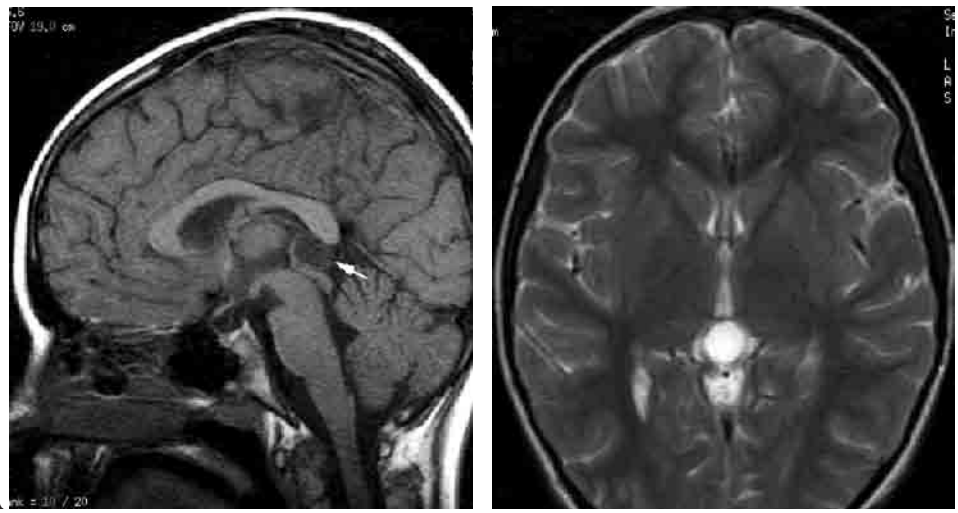
Teratom BT'de kistik ve solid alanlardan oluşan, yağ ve kalsifikasyon odakları içeren iyi sınırlı kitle şeklindedir. Malign dejenerasyon göstermedikçe kontrast tutmaz.

Pineositom ve pineoblastom

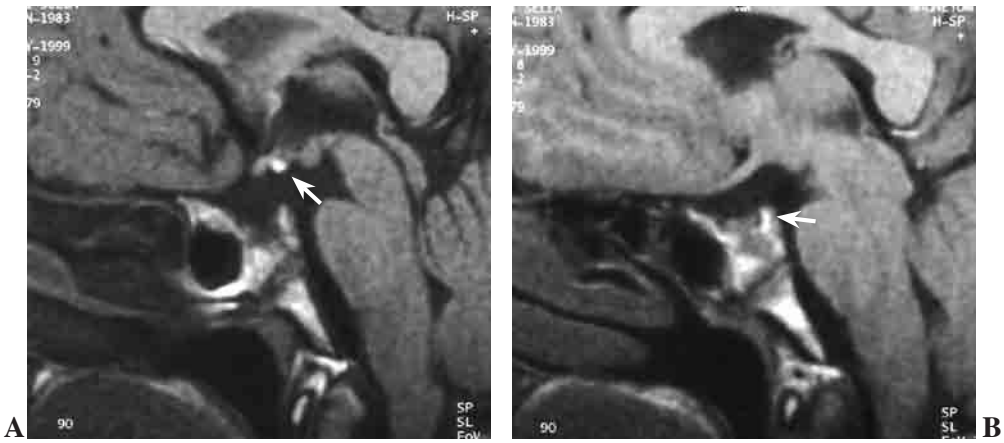
Pineositom herhangi bir yaşta görülebilen nadir bir tümördür; yavaş büyür ve invaziv değildir. Pineoblastom ise histolojik olarak medülloblastoma benzeyen küçük hücreli bir tümördür, genellikle çocuklarda görülür; lokal invazyon yapar ve BOS yoluyla yayılır. Genellikle lobuledirler, belirgin kontrast tutarlar; pineositom homojen, pineoblastom ise heterojen kontrast tutar (Resim 7.136).

Pineal kist

Küçük boyutlu neoplazik olmayan kistlerdir. BOS'la izodens/izointenstirler (Resim 7.137). Çevresindeki pineal parankim, halka şeklinde boyanır. Adolesan döneminde görülürler.



Resim 7.137 Pineal kist. A. T1AG'de pineal bölgesinde düzgün kenarlı hipointens kitle (ok). B. T2AG'de kist hiperintens.



Resim 7.138 Ektopik nörohipofiz. Sagital T1AG. A. Hipofiz sapı proksimalinde ektopik nörohipofize ait hiperintensite (ok). B. Başka bir ektopik nörohipofiz (ok).

SELLAR BÖLGE

Hipofiz ve sella, en iyi koronal planda incelenir. Kesitler ince olmalıdır. Normal hipofiz bezi yüksekliği erkekte 6.0-7.8 mm, kadında 6.8-8.0 mm arasındadır. Yüksekliği 4 mm'den az ve 8 mm'den çok olan hipofiz bezi anormal olarak değerlendirilir. Normalde hipofiz bezinin üst kenarı düz veya hafif konkavdır. Bu kenarın yukarı doğru konveks olması anormaldir. Normal hipofiz bezi hiperdenstir. Normal hipofiz bezi MR görüntüleri morfolojik olarak BT kesitlerinin analogudur. Sinyal intensitesi bakımından çevre yapılara benzer. Ancak nörohipofiz, T1AG'de hiperintens bir benek şeklinde görülür. Hipofiz bezi kontrastlı kesitlerde belirgin olarak boyanır; bu nedenle komşu yerleşimdeki kavernöz sinüslerle bezin sınırı ayrılamaz. Bazı olgularda nörohipofiz hipotalamik bölge içerisinde yerleşir (ektopik nörohipofiz) (Resim 7.138). Bu olgularda hipofiz bezi küçüktür veya seçilemez (pitüiter hipoplazi).

Suprasellar sisternanın sella içine girerek bezi inceltmesine *boş ("empty") sella* adı verilir (Resim 7.139). Boş sella yetişkinlerin yaklaşık %10'unda görülen anatomik bir varyasyondur, klinik bir önemi yoktur. Diyafragma sellanın yokluğuna bağlı olarak gelişen şekli primer, tümör tedavisi gibi nedenlere bağlı olanları da *sekonder boş sella* adını alır. Genellikle sella genişlemiştir, ancak erozyon görülmez.

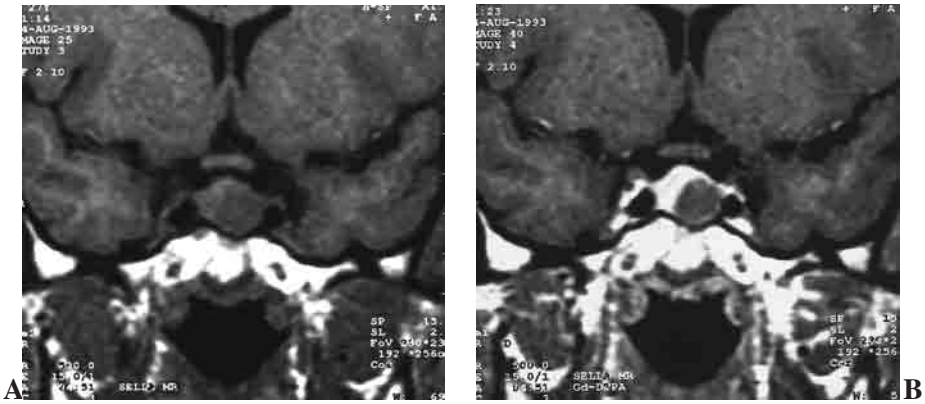


Resim 7.139 Boş sella görünümü. Kontrastsız koronal BT. Suprasellar sisterna sella içerisine girmiş. Sella içerisinde tabanda ptüiter beze ait görünüm yok.

Pituiter tümörler

En sık görülen hipofiz tümörleri pituiter adenomdur. Anterior lobdan çıkar. Hormon salgılamayan (kromofob adenom) ve hormon salgılayan olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Hormon salgılamayan adenom sella erozyonu, sinir basıları ve basıya bağlı hormonal bozukluklar gibi kitle etkisine bağlı bulgular verir. Hormon aktif adenomların bulguları salgıladıkları hormona göre değişir. Büyüme hormonu salgılayan adenom epifizler kapanmadan önce jigantizm, epifizler kapandıktan sonra akromegaliye neden olur. Prolaktin salgılayan prolaktinom kadınlarda amenore ve galaktoreye, erkeklerde jinekomasti ve libido azalmasına neden olur. Adrenokortikotropik hormon (ACTH) salgılayan adenom ise Cushing hastalığı oluşturur.

Pitüiter tümörler radyolojik olarak boyutlarına göre sınıflandırılır; 10 mm'den küçükleri mikroadenom, büyükleri makroadenomdur. Adenomların yaklaşık %75'i hormon aktiftir ve bunların da çoğunluğu mikroadenomdur.



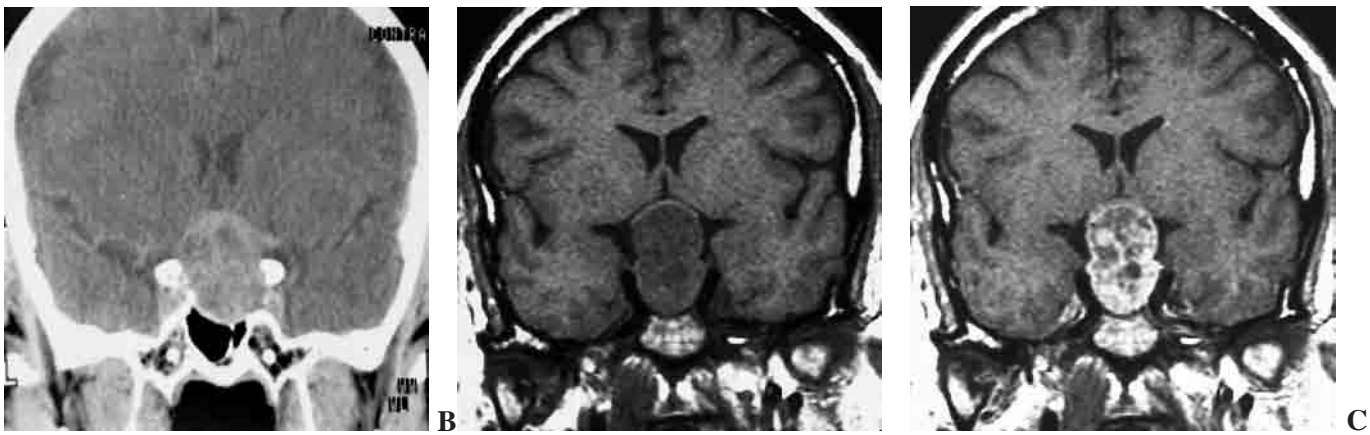
Resim 7.140 Hipofiz mikroadenomu. A. T1AG. Hipofiz bezi normalden kalın, üst kenarı konveks, sol tarafta hipointens yer kaplayan lezyon. B. Kontrastlı T1AG. Belirgin kontrast tutan normal hipofiz bezinin içerisinde kontrast tutmayan mikroadenom.

Mikroadenomlar: En sık görülen mikroadenom prolaktinomdur. Kandaki prolaktin seviyesi normalde 20 ng/ml'nin altındadır; 150 ng/ml'nin üstünde olması prolaktinomun varlığını, 1000 ng/ml'nin üstüne çıkması ise kavernöz sinüs invazyonunu gösterir.

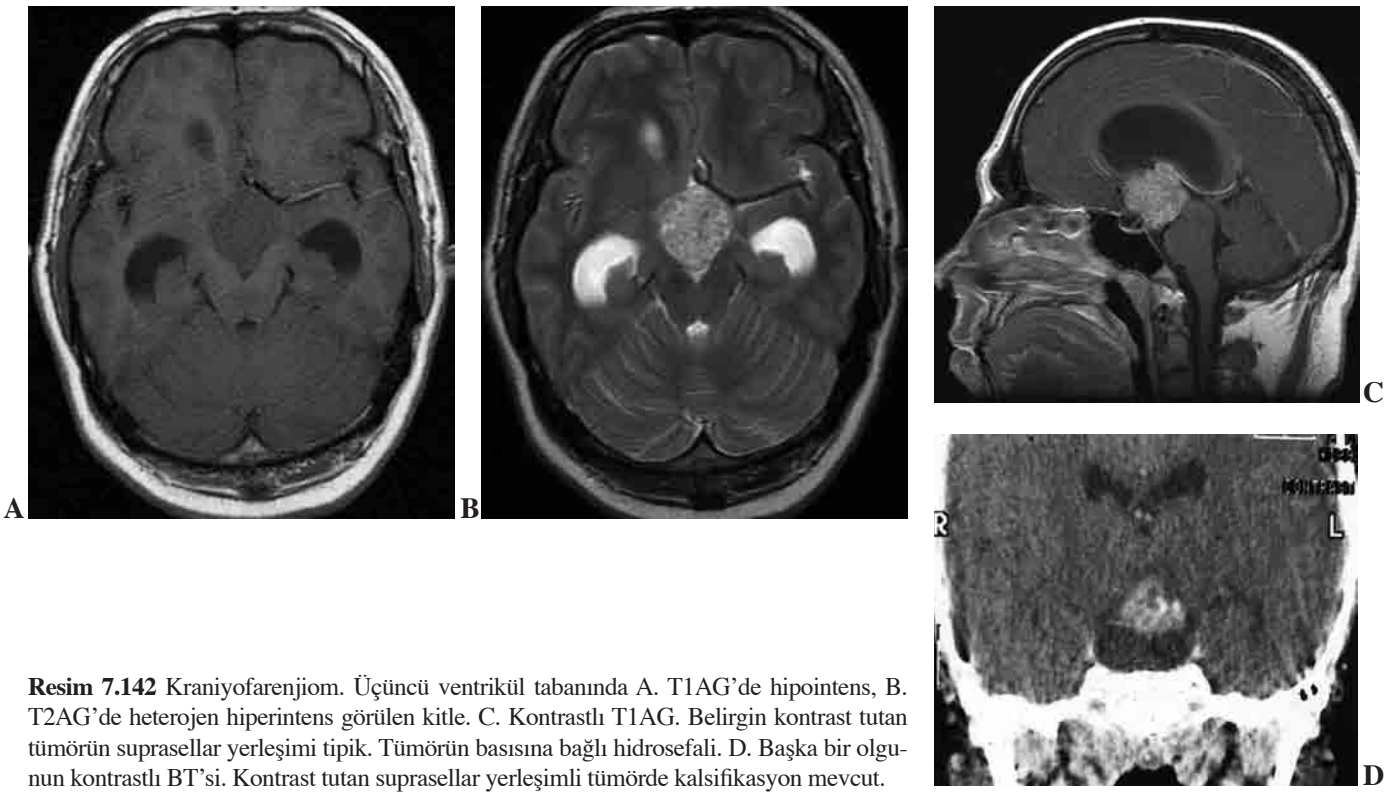
Mikroadenom tanısında en duyarlı yöntem MR'dir. Kontrastsız koronal ve sagital kesitler alınır. Gerçek bir lezyon her iki planda da görülmelidir; tek planda görülen lezyonlar daha çok artefakta aittir. Yüksek çözümlemeli ince kesitlerle çalışılır. Mikroadenomlar genellikle bezin periferine yerleşirler ve pitüiter beze göre T1AG'de hipo-izointenstir. Bez asimetrik kalınlıktadır, normalde düz veya konkav olan üst yüzeyi konveks hale gelir (Resim 7.140). Bezin sapı deviyedir. Sellanın tabanında asimetrik depresyon görülebilir.

Mikroadenom tanısında dinamik kontrastlı çalışma standarttır. Mikroadenomlar için düşük doz (0.05 mmol Gd/kg), makroadenomlar için normal doz (0.1 mmol Gd/kg) kullanılır. Adenomlar pitüiter bezden daha yavaş kontrast tutar. Prolaktinomlar kontrast tutmaz ve kontrast tutan normal hipofiz parankimi içerisinde hipointens olarak görülür. Geç evrede (30 dakika sonra) kontrast tutar. Bu nedenle sadece geç fazda kesit alınmışsa mikroadenom gözden kaçabilir. Büyüme hormonu ve adrenokortikotropik hormon salgılayan mikroadenomlar daha nadirdir; prolaktinomlardan farklı olarak erken dönemde kontrast tutarlar.

Makroadenomlar: Büyük boyutlardaki hipofiz tümörleri suprasellar sisternayı doldurur ve parasellar bölgeye yayılabilir (Resim 7.141). Kalsifikasyon nadirdir, nekroz ve kanama alanları görülebilir. Heterojen veya homojen belirgin kontrast tutar.



Resim 7.141 Hipofiz makroadenomu. A. Koronal kontrastlı BT görünümü. Sella tabanını aşağı doğru asimetrik olarak genişleten ve tüm sellayı doldurarak suprasellar sisternayı da doldurup yukarı doğru uzanan kitle. B. Başka bir hipofiz makroadenomunun MR görüntüleri. Koronal T1AG'de (B) düzgün kenarlı hipointens kitle suprasellar sisternayı doldurumuş. Kontrastlı T1AG (C). Kitle heterojen şekilde ve belirgin kontrast tutuyor.



Resim 7.142 Kraniyofarenjiom. Üçüncü ventrikül tabanında A. T1AG'de hipointens, B. T2AG'de heterojen hiperintens görülen kitle. C. Kontrastlı T1AG. Belirgin kontrast tutan tümörün suprasellar yerleşimi tipik. Tümörün basısına bağlı hidrosefali. D. Başka bir olgunun kontrastlı BT'si. Kontrast tutan suprasellar yerleşimli tümörde kalsifikasyon mevcut.

Çevrede yaptığı değişiklikler tümörün boyutu ve yayılım yönü ile ilgilidir. Sellada genişleme yapabilir; sella tabanında erozyon ve destrüksiyon oluşturarak sfenoid sinüs içerisine taşabilir. Kavernöz sinüsü komprese veya invaze eder. Tümör kavernöz sinüsü tamamen sarmadıkça kompresyon ve invazyonu ayırmak mümkün olmaz. Optik kiazmayı komprese eder, III. ventrikülü ve yan ventriküllerin ön boynuzlarını yukarı doğru iterek foramen Monro obstrüksiyonu ile hidrosefaliye neden olabilir.

Pitüiter adenomlar içerisine akut kanama sonucu gelişen pitüiter enfarkt ve nekroza, pitüiter apopleksi adı verilir. Bezin anterior parçasının postpartum enfarktının oluşturduğu tabloya da, Sheehan sendromu denir.

Kraniyofarinjiom ve Rathke'nin kleft kisti

Hipofiz bezi embriyolojik olarak iki farklı yerden kaynaklanır. Öndeki adenohipofiz primitif bukkal epitelden (Ratke kesesi), arkadaki nörohipofiz ve hipofizin sapı ise 3. ventrikül tabanının aşağıya doğru yaptığı çıkıntıdan (kraniofarinjial duktus) gelişir. Kraniofarinjiyom bu yapıların herhangi birinden köken alabilir. Yavaş büyüyen benign bir tümördür; araknoid reaksiyona neden olarak çevre dokulara yapışır.

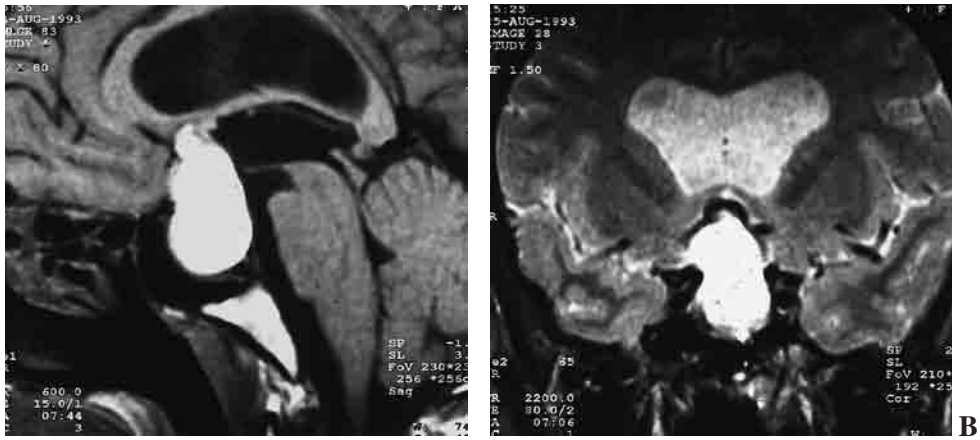
Çocukluk çağı tümörüdür, 10-14 yaşlarında pik yapar; ikinci görülme piki 50-60 yaşlarındadır. Suprasellar ve intrasellar yerleşimde görülürler (Resim 7.142). Hastaların ¼'ünde tümör büyük boyutlara ulaşabilir.

Solid veya kistik yapıda olabilir. Klasik görünümü, intrasellar ve suprasellar büyüyen, kenarı kontrast tutan ve kalsifikasyon içeren kistik bir tümördür. Tümör multilobüle ve multikistik yapıda olabilir. Kalsifikasyon görülme oranı iki yaşından aşağı çocuklarda %20, iki yaşından yukarı çocuklarda %80, yetişkinlerde ise %30-50'dir. Tümörün solid kesimleri ve kistler duvarı kontrast tutar. MR'de, kistik kesimler içerdiği yağ, kolesterol, protein, kanama ve debris miktarına göre T1AG'de hiperintens veya farklı intensitelerde görülür.

Rathke'nin kleft kisti ise mukoid materyal içeren, epitelle döşeli bir kistik yapıdır. Tipik yerleşim yeri hipofizin ön ve arka lobları arası, hipofiz sapının hemen önüdür. Kraniofarenjiomdan küçüktür. İçeriği BOS ile izodens, yuvarlak veya lobule bir kitledir. MR'de genellikle T1AG ve T2AG'de hiperintens görülür. MR'deki sinyal intensitesi kist içeriğine göre değişir.

Sellar bölge kitlelerinde ayırıcı tanı

Sella Tursika bölgesindeki kitlelerin ayırıcı tanısında; pituiter mikro ve makroadenomlar, menenjiyom,



Resim 7.143 Rathke'nin kleft kisti. A. T1AG, B. T2AG. Sella içinden çıkan düzgün kenarlı kistik yapı her iki sekansta da hiperintens.

kraniofarenjiyom ve Rathke klefti kisti, hipotalamik gliyom, optik sinir gliyomu ve distal karotid arter segmentinin anevrizmaları göz önünde bulundurulmalıdır. MR'de sagital kesitlerde nörohipofizin normal hiperintens görünümünün varlığı, kitlenin pituiter bezle ilişkili olmadığını gösterir. İçinden geçen arterleri daraltması menenjiyomların, akımın ve trombüsün tipik görünümleri anevrizmanın, yüksek protein içeriği nedeniyle T1AG'de hiperintens ile kraniyofarenjiom veya Rathke klefti kistinin karakteristik ayırıcı tanı bulgularıdır (Resim 7.143). Hipotalamik tümörler nörofibromatozisli olgularda sık görülür.

Bir çocuk veya adolesanda suprasellar yerleşmiş bir kitle, aksi ispat edilmedikçe kraniofarinjiom kabul edilmelidir. Kraniofarinjiomların mutlaka kistik bir kesimi vardır; tamamen solid yapıda görülmeleri nadirdir. Kraniofarinjiomlarda büyüme geriliği, hipofiz sapını tutan eozinofilik granülomlarda diabet insipidus, hipotalamik hamartomlarda ise puberte prekoks görülebilir.

GELİŞİMSEL KİTLELER

Epidermoid

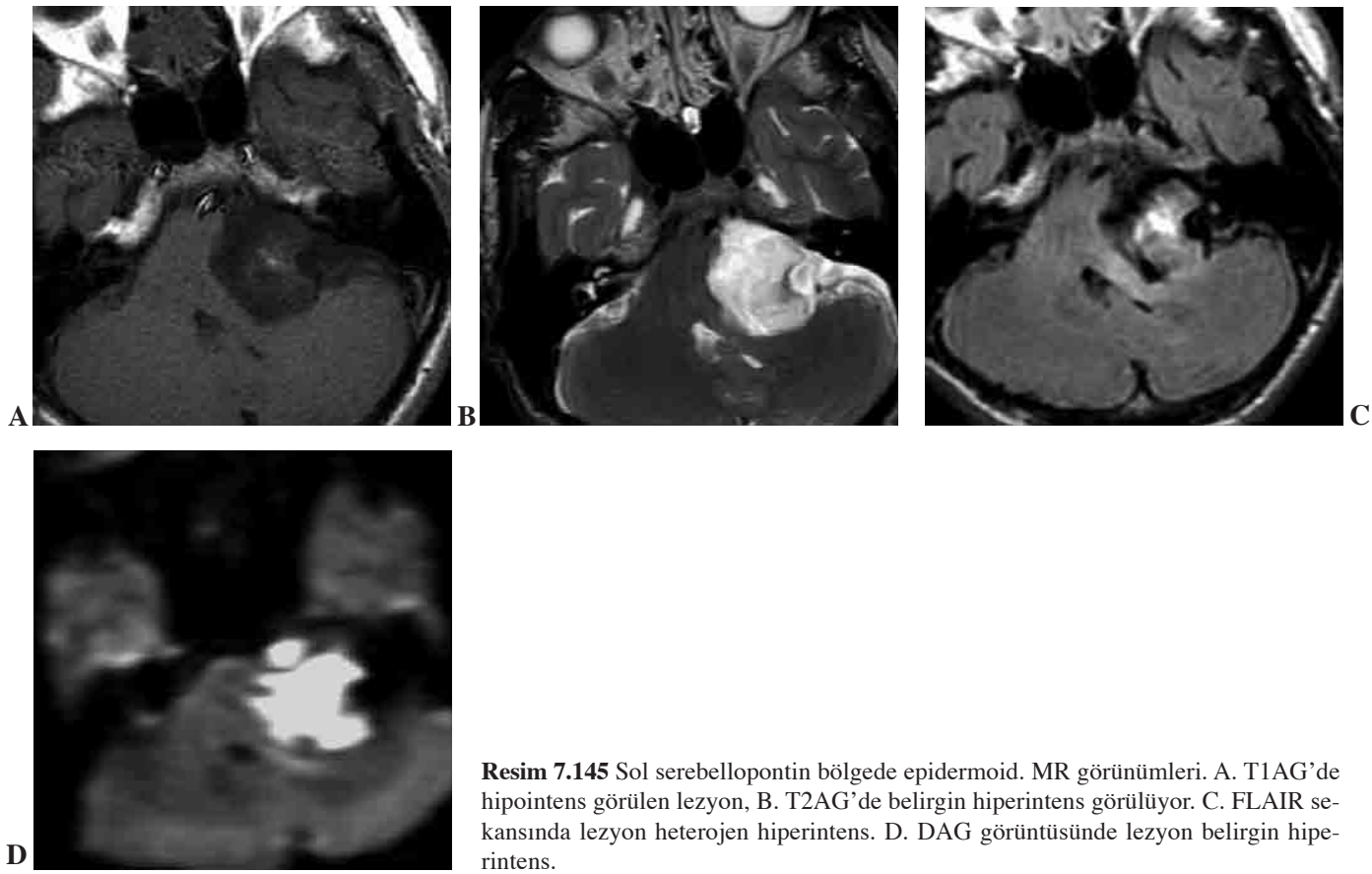
Ektodermden köken alan tümörlerdir. Keratin ve kolesterin birikimidir. İntrakraniyal ve ekstradural şekilleri vardır. Ekstradural şekilleri kemik defekti ile birlikte görülür. 40-50 yaş arasında sıktır. Erkek-kadın oranı 2/1'dir. En sık kafa tabanında, serebello-pontin bölgede yerleşir. Çevre yapılara, özellikle de komşuluğundaki kraniyal sinirlere sıkıca yapışır. BT ve MR de yoğunluk/intensitesi genellikle BOS'a benzer.

BT'de yoğunluğu BOS'a yakın kontrast tutmayan lobule kenarlı, hipodens alanlar şeklindedir (Resim 7.144). Verilen kontrast, lezyonun düzensiz kenarında gelişen granülasyon dokusu tarafından tutularak lezyonu çevreler. Yavaş büyür, kitle etkisi çok azdır ve ödem yoktur. Kenarında bazen kalsifikasyon görülebilir.

MR'de genellikle T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görülürler (Resim 7.145). Proton görüntülerinde daha intens olabilir. Trigliserid bakımından zengin olanlarda sinyal karakteristiği terstir (T1AG'de hiperintens, T2AG'de hipointens). FLAIR sekansında hiperintens görülerek BOS'dan ayrılır. T1AG'de hi-



Resim 7.144 Epidermoid. Sol serebellopontin bölgeden başlayıp yukarı doğru uzanan ve 4. ventrikülü komprese eden tümöral kitle. Kitle etkisi minimal ve çevrede ödem yok.



Resim 7.145 Sol serebellopontin bölgede epidermoid. MR görünümleri. A. T1AG'de hipointens görülen lezyon, B. T2AG'de belirgin hiperintens görülüyor. C. FLAIR sekansında lezyon heterojen hiperintens. D. DAG görüntüsünde lezyon belirgin hiperintens.

perintens olduğunda dermoid veya lipomla karışabilir; yağ baskılama sekansı ile içinde yağ olmadığı gösterilerek tanı konur. Araknoid kistle ayırıcı tanısı en iyi DAG ile yapılır; araknoid kist BOS'la izointens, epidermoid ise hiperintenstir.

Dermoid

Ektoderm ve mezodermden köken alır; saç, deri, yağ ve kalsifikasyon içerir. İlk üç dekadda sıktır. Kadınlarda biraz daha fazla görülür. Posterior fossada ve kafa kaidesinde, suprasellar bölgede genellikle orta çizgide yerleşir. Olguların %20'sinde birlikte dermal sinüs görülür. Özellikle orta çizgiye yerleşen dermoidlerde, dermal sinüs, yerleşim yerine göre nazal veya oksipital bölgede araştırılmalıdır. Sinüs traktı kistin enfekte olmasına neden olur.

BT'de yoğunluğu -20 ile -120 HÜ olan hipodens bir kitle şeklindedir. Yağ ve kıl gibi deri elemanları içerir. Enfekte olmadıkça kontrast madde tutmaz. Kitle etkileri azdır ve ödem yoktur. Nadiren görülen yağ-sıvı seviyesi tanı koydurucudur. MR görünümü içeriğine göre değişir. Kistin yağ içeriği, yağ baskılama sekansları ile gösterilir (Resim 7.146).

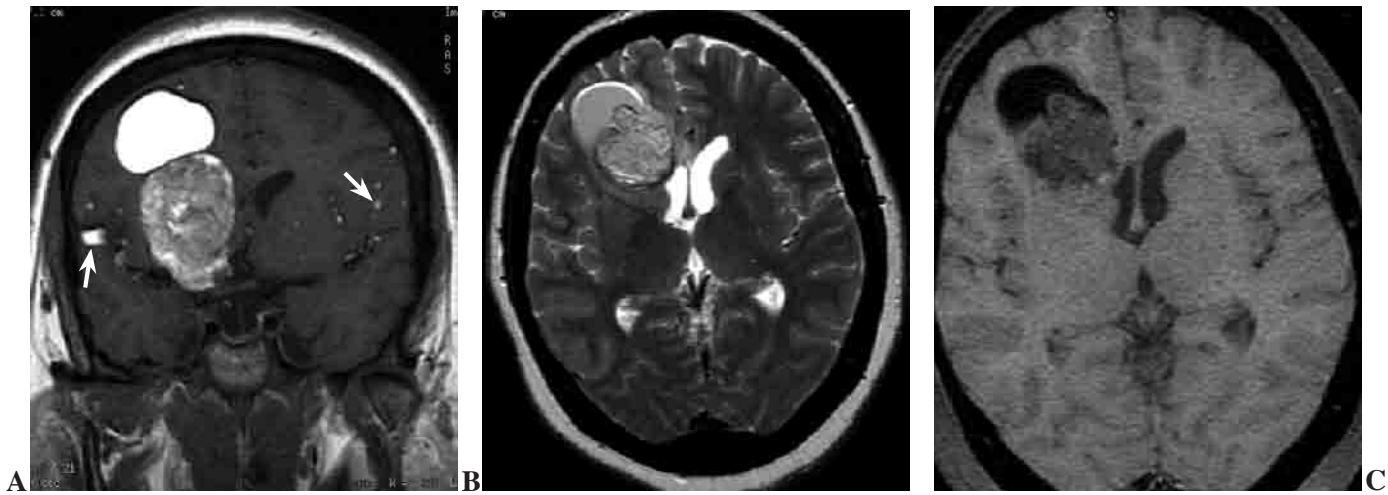
Bazı olgular tamamen kistiktir ve araknoid kiste benzer; yağ veya kalsifikasyon görülmez. Bazı olgularda solid kesimler bulunur ve kalsifiye olabilir. Dermoid kistler rüptüre olurlarsa içerdiği yağ partikülleri subaraknoid aralığa dağılarak tipik bir görünüm oluşturur ve kimyasal menenjite neden olabilir.

Teratom

Yağ, yumuşak doku, kemik gibi elemanlardan oluşur. Onbeş yaşın altında ve erkeklerde daha sıktır. Pineal bölge en sık yerleştiği yerdir. Kesit görüntülerde keskin kenarlı heterojen yapıda kitlelerdir; kistik ve solid alanlar içeririler. İçlerinde yağ ve kalsifikasyon görülebilir. Kontrast tutma dereceleri değişkendir. Orta hatta yerleşik, yağ ve kalsifikasyon içeren bir kitlede önce teratom düşünülmelidir.

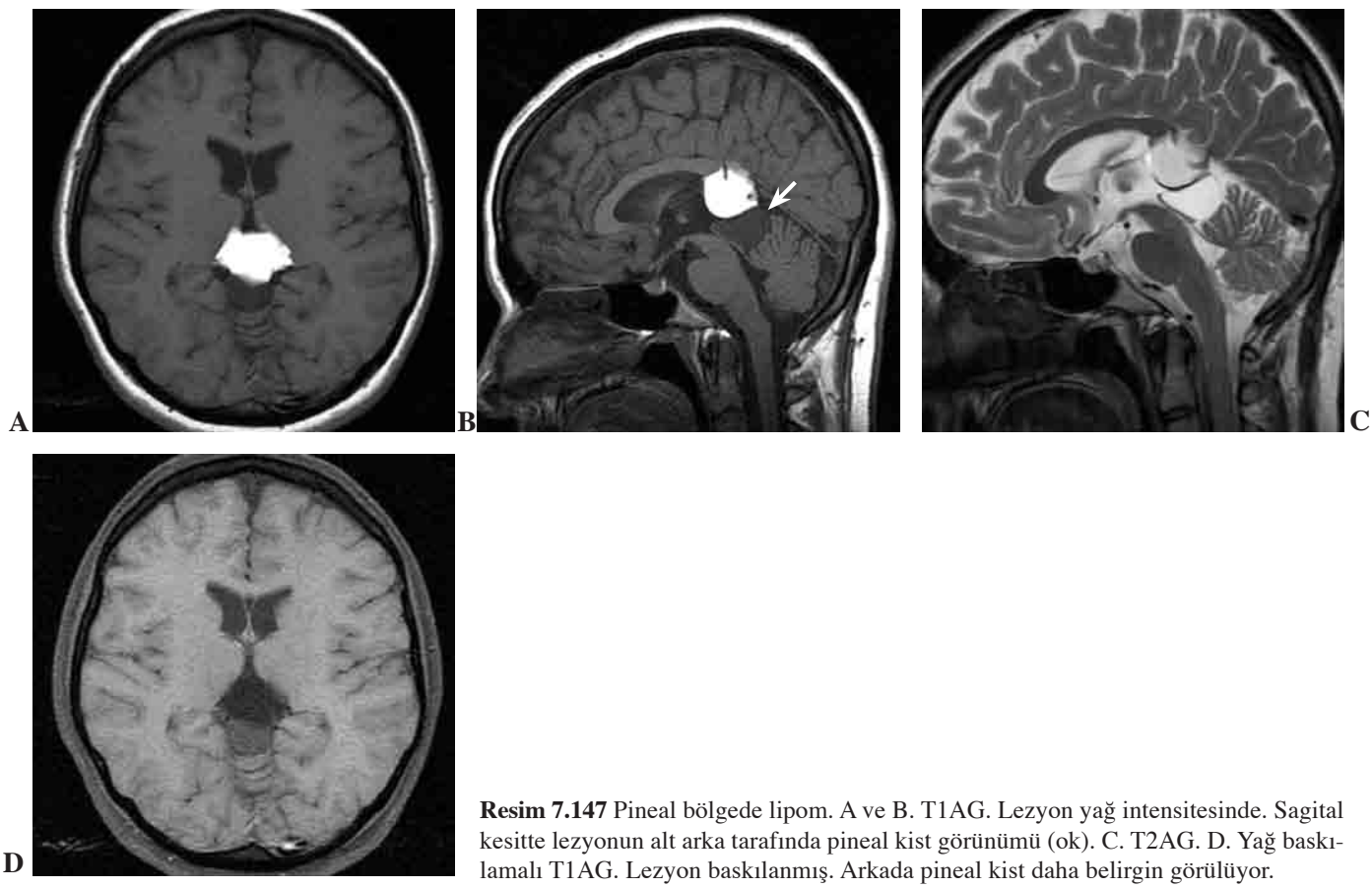
Lipom

Her yaşta görülebilir. En sık interhemisferik bölgede, korpus kallozum komşuluğundadır. Bu olguların yarısı korpus kallozum agenezisi ile birliktedir. Kuadrigeminal plak ve supraseller bölge diğer görüldüğü

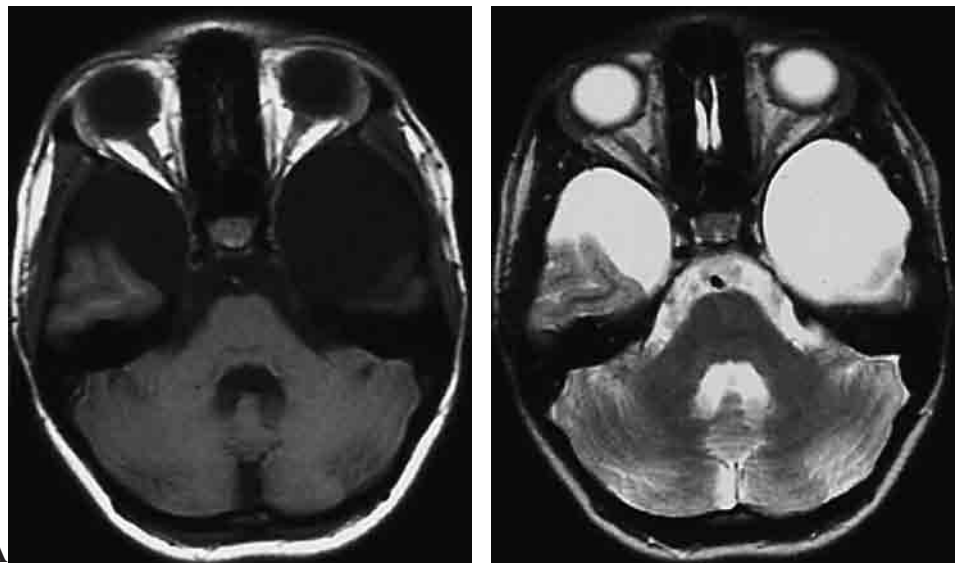


Resim 7.146 Rüptüre dermoid kist. A. T1AG. Ventriküle komşu, lokalizasyonda içerisinde yağa ait belirgin hiperintens alan bulunan heterojen hiperintens kitle, silviyan sisterna ve komşu sulkuslar içerisinde dermoidin perforasyonunu gösteren yağ parçalarının hiperintens görünümleri (oklar). B. T2AG'de lezyon heterojen hiperintens. C. Yağ baskılamalı T1AG'de yağ dokusu baskılanıyor.

yerlerdir. BT'de -100 HÜ değerinde kontrast tutmayan hipodensite şeklindedir. Kenarında bazen hilâl şeklinde tipik bir kalsifikasyon bulunabilir. MR sinyal özellikleri deri altı yağ tabakasının sinyal özelliklerinin aynısıdır (Resim 7.147). Lipomlar çevrelerindeki damar ve sinirlerin etrafını sarar ve onları itmez. Bu özelliği ile çevre yapıları deplase eden dermoidden ayrılır.



Resim 7.147 Pineal bölgede lipom. A ve B. T1AG. Lezyon yağ intensitesinde. Sagital kesitte lezyonun alt arka tarafında pineal kist görünümü (ok). C. T2AG. D. Yağ baskılamalı T1AG. Lezyon baskılanmış. Arkada pineal kist daha belirgin görülüyor.



Resim 7.148 Her iki orta fossada araknoid kist. A. T1AG. Sol tarafta daha büyük kistik yapı. Sfenoid kanadı öne doğru genişletmiş. B. T2AG görüntüsü

Araknoid kist

İntrakraniyal kitlelerin yaklaşık %1'ini oluşturur. Doğumsal lezyonlardır, ancak menenjit ve kanama gibi olaylar sonucu leptomenikslerde gelişen sekonder tipleri de vardır. Gerçek araknoid kist araknoid içerisindedir. Olguların yaklaşık yarısında orta fossadadır (Resim 7.148). Büyük boyutlara erişebilir. Asemptomatik lezyonlardır, ancak büyük boyutta olanları BOS obstrüksiyonu ve/veya beyine baskı yaparak semptomatik olabilir.

Kesit görüntülerde BOS özellikleri gösteren kistik yapılardır. Komşu kalvaryum kemiklerinde kiste uyar yeniden şekillenme görülebilir. Kontrast tutmaz. Genişlemiş sisterna magna ile ayırıcı tanısı için sisternografi yapılabilir; sisterna magna kontrast maddeyle hemen dolarken, araknoid kist dolmaz veya geç dolar.

ENFEKSİYONLAR VE ENFESTASYONLAR

İyi korunan bir organ olan beyin, enfeksiyonlara diğer dokulardan daha duyarlıdır. Intrakraniyal enfeksiyonlar, apse, granülom, parazitik kist, ensefalit veya menenjit şeklinde olabilir. Radyasyon tedavisi, immünosupressif durumlar, steroid tedavisi ve siyanotik konjenital kalp hastalığı serebral enfeksiyonlar için risk faktörleridir. Ekstraserebral enfeksiyonlar dışarıdan içeriye doğru; subgleal enfeksiyon, subperiosteal apse, osteomiyelit, epidural ampiyem ve subdural ampiyemdir.

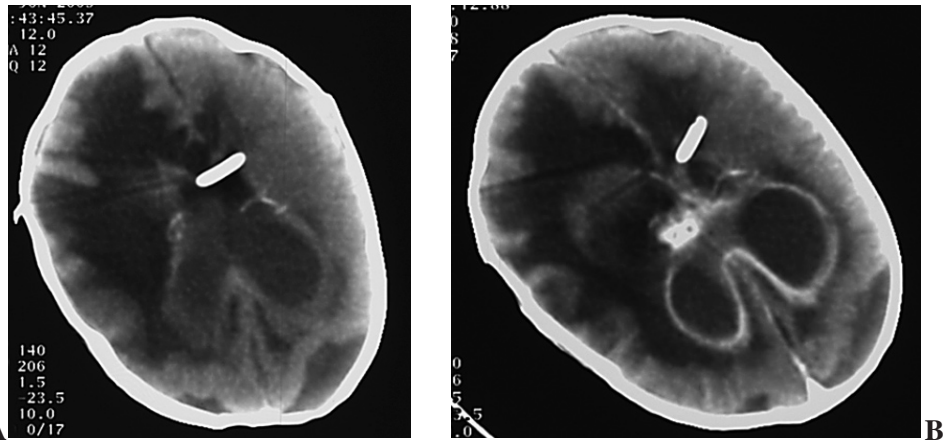
MENENJİT

Bakteriler, mikobakteriler, mantarlar, parazitler ve virüsler tarafından oluşturulabilir. Etken yenidoğanda ve çocuklarda sıklıkla Hemofilus influenza ve E coli; adolesan ve yetişkinlerde meningokok ve pnömokoktur. Patojen, hematojen yolla veya komşuluk yoluyla yayılır.

Patolojik olarak leptomenenjit ve pakimenenjit olarak ikiye ayrılır. Leptomenenjitte pia ve araknoid tutulmuştur; pakimenenjitte ise araknoidin dış tabakası ile dura tutulur. Çocukluk çağı hastalığıdır. Tanısı klinik ve lomber ponksiyonla konur. Komplikasyonları gelişmedikçe radyolojik incelemede anormal bir bulgu görülmez.

Komplikasyon gelişmemiş bazı piyojenik menenjit olgularında, leptomeninkslerin ve ependimin hafif kontrast tuttuğu izlenir. Kronik evrede sisternalarda granülasyon dokusuna ve hemorajik eksudaya bağlı yoğunluk artımı görülebilir. Bazı olgularda granülasyon dokusu MR kesitlerinde de belirgin kontrast tutar. Bu görünümü leptomeningeal karsinomatoz, postoperatif değişiklikler ve diğer nonspesifik nedenli boyanmalardan ayırmak zordur.

Difüz beyin ödemine bağlı olarak ventriküllerde kompresyon görülebilir. Ödeme benzer düşük yoğunluklu alanlar erken dönem serebriti temsil edebilir. Leptomeningeal ve kortikal zonlarda, meninkslerin konjesyonuna ve kan-beyin bariyerinin bozulmasına bağlı giral boyanma görülebilir.



Resim 7.149 Ventrikülit. A. Kontrastsız ve B. Kontrastlı BT. Ventriküller geniş, duvarları düzensiz hiperdens ve kontrast tutuyor. Hastaya şant takılmış.

Komplikasyon olarak enfarkt, serebrit veya apse, ventrikülit, hidrosefali, subdural sıvı veya ampiyem gelişebilir. Enfarkt nedeni arteriyel veya venöz vaskülit ve trombozdur. Küçük perforan arterlerde tıkanma bazal gangliyon ve talamus enfarktlarına neden olur. Büyük arterlerin spazmına bağlı olarak daha büyük enfarkt alanları görülebilir. Dural sinüs trombozda beyaz cevherde, birden fazla hemorajik enfarkt alan ortaya çıkar.

Hidrosefali kominikan veya nonkominikan tipte olabilir; çoğunlukla enfeksiyonun araknoid villuslarda yaptığı emilim yetersizliğine bağlı olarak kominikan tiptedir.

Subdural ampiyem veya sıvı, enfeksiyonun bu bölgeye yayılması sonucu gelişir. Periferi kontrast tutan, yoğunluğu ve intensitesi BOS'tan yüksek sıvı birikintileridir. Çocuklarda görülen H. influenza enfeksiyonlarında subdural sıvı sterildir.

Bebeklerin bakteriyel menenjitinde US inceleme de tutulan sulkusların ekojenitesinin arttığı, parankimde yer yer ekojen alanların ortaya çıktığı ve ventriküllerin genişlediği saptanabilir.

Ependimit (ventrikülit)

Enfeksiyonun ventriküllere yayılması sonucudur. Menenjitin veya bir apsenin doğrudan ventrikül içine açılması ile ortaya çıkabilir. Kesit görüntülerde BOS'un yoğunluğu artmıştır, ventrikülün depandan kesimlerinde proteinöz debrisin oluşturduğu seviyelenmeler vardır. Ventrikül duvarında yerel veya difüz kontrast tutulumu görülür (Resim 7.149). Ventrikül içinde lokulasyonlar ve septasyon izlenir; sonuçta nonkominikan tip hidrosefali gelişir. Kronik fungus veya tüberküloz ependimitinde subependimal gliyoz gelişir, ventrikül duvarı düzensizdir ve belirgin kontrast tutar. Transfontanel US'de ventrikül içerisinde septasyon, BOS içerisinde ekojen partiküller ve debris görülür; ependimin ekojenitesi artmıştır (Resim 7.150).

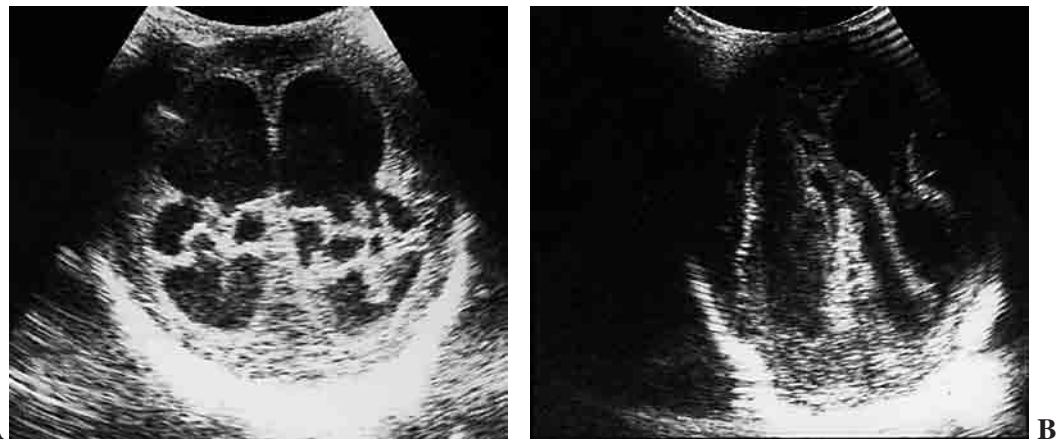
Epidural ve subdural ampiyem

Epidural ve subdural ampiyem en sık paranazal sinüs ve mastoid enfeksiyonların yayılımı sonucu ortaya çıkar. Osteomiyelit de epidural ampiyem nedenidir. Cerahat birikimi, iç tabulaya komşu, sınırları iyi seçilemeyen, hipodens alanlar şeklinde görülür. Kontrast tutan bir kapsülle çevrilidir (Resim 7.151). Epidural ampiyemin kapsülü daha kalındır. Epidural bikonveks, subdural hilâl veya oval şekillidir. Komşu beyin dokusu kontrast tutabilir; komşu venlerin ve sinüslerin obstrüksiyonuna bağlı venöz enfarktlar gelişebilir. Epidural ampiyemde birlikte kemik lezyonları daha sık görülür.

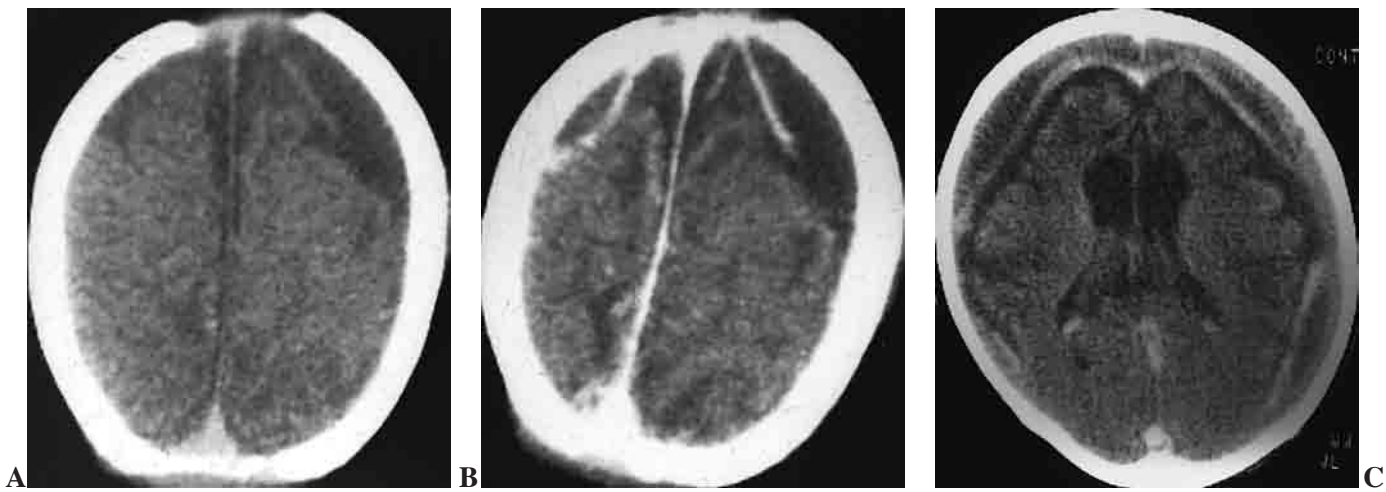
SEREBRİT ve APSE

Serebrit

Serebrit beyin parankiminin iltihaplanmasıdır ve apsenin erken şeklidir. Erken dönemde kontrast tutmayan hipodens alanlar şeklindedir; T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens görülür. Serebral yumuşama ve peteşiyal kanamalar geliştiğinde görünümü heterojen olur. Bu evrede lezyon giral veya yamalı şekilde kontrast tutar. Kitle etkisi boyanma ile ilişkisizdir. Olay ilerlediğinde tutulan parankim kesimi yumuşar ve nekroz gelişir. Nekroze alan bir kapsülle çevrelenerek, çevresi ödemli apse görünümü ortaya çıkar.



Resim 7.150 Ventrikülit. US görünümleri. A. Her iki ventrikül belirgin şekilde genişlemiş ve içerisinde fibrin septalara ait görünümler. Ventrikül duvarı ince fakat ekojenitesi hafif artmış. B. Diğer bir ventrikülit olgusu. Her iki ventrikül genişlemiş, ventirül duvarlarında belirgin kalınlaşma ve ekojenite görülüyor. BOS içinde ekojen partiküller.



Resim 7.151 Her iki frontalde kapsül boyanması gösteren ekstraserebral sıvı koleksiyonu. Özellikle sağdaki sıvının yoğunluğu yüksek (subdural ampiyem?), A. ve B. Kontrastsız ve kontrastlı BT, C. Kontrastlı T1AG'de iki taraflı subdural ampiyem. Duranın çepeçevre kalınlaştığı ve belirgin kontrast tuttuğu görülüyor. Serebre ampiyeme ait sıvı kolleksiyonu BOS'tan daha yüksek intensitede. Ventriküller hafif dilate. Her iki hemisferde atrofi mevcut.

Apse

Apsenin ekstraserebral nedenleri fokal veya sistemik olabilir. Orta kulak iltihabı, mastoidit, paranazal sinüzit, yüzde deri enfeksiyonları, diş apsesi, penetre kafa yaralanmaları apsenin fokal nedenleri; akciğer enfeksiyonu, bakteriyel endokardit, osteomiyelit ve doğumsal siyanotik kalp hastalığı (sağdan sola şant) da sistemik nedenleridir. Venöz yolla yayılımda subkortikal beyaz cevherde, arteriyel yayılımda kortekste yerleşirler. Arteriyel yayılımda çok sayıdadırlar. Daha çok orta serebral arterin suladığı bölgelere yerleşirler. Dissemine mikroapse şekilleri de görülebilir. Apselerin %25'inde neden belli değildir. En sık görülen etken streptokoklardır.

Kontrastsız BT kesitlerinde hiperdens veya izodens halka şeklinde bir kapsülün çevrelediği, hipodens bir alan şeklindedir. Kapsül belirgin kontrast tutar. Çevresinde yoğun ödem vardır. Ödem genellikle apsenin kapladığı alandan geniştir. Apsenin duvar kalınlığı 3-6 mm'dir. Kenarları düzgündür. Bazen 12-15 mm kalınlığında ve düzensiz kenarlı olabilir. Bu durumda genellikle glioblastomlarda görülen duvar



Resim 7.152 Multipl beyin apseleri. Halka şeklinde boyanan düzgün kenar.

boyanması ile karışabilir. Apsenin merkezindeki yoğunluk ortalama 11 HÜ, nekroze tümör merkezininki ise 23 HÜ civarındadır.

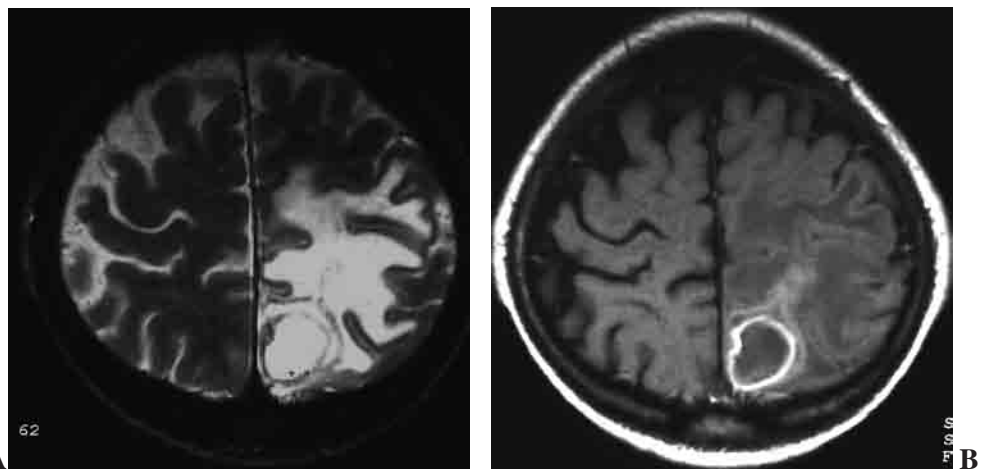
Apsenin kapsülünün en dış tabakası reaktif gliyal dokudan oluşur. Bunun iç kesiminde kollajen bir doku vardır. En iç tabakayı ise granülasyon dokusu yapar. Apsenin orta çizgiye yakın kenarı, beyaz cevherin kanlanmasının daha az olması nedeni ile, genellikle daha incedir. bu nedenle rüptür bu tarafta görülür. Apse kapsülünün iç kenarının düzgün olması, apse tanısında en önemli bulgudur (Resim 7.152). Hastanın kliniği ile birlikte apse merkezinin ortalama BT dansitesi, duvar kalınlığı, çevredeki ödemin lezyona oranı göz önüne alınırsa, BT görünümüne bakarak apse tanısı büyük bir doğrulukla konabilir. Serebellar apseler intrakraniyal apselerin %2-18'ini oluşturur; kapsülsüz olmaya meyillidirler; tedaviye daha iyi cevap verirler.

Apselerde intrakraniyal basınç artımı bulguları görülür. Ventrikül içerisine rüptür önemli bir komplikasyondur. Kontrast tutan belirgin kapsül görünümü sert bir kapsülün varlığını işaret etmez. Sert bir kapsül, genellikle semptomları iki haftadan uzun süren olgularda ortaya çıkar. Serebrit döneminde tedavi medikaldir; apsenin tedavisi ise cerrahidir. Apsenin iyileşmesi ile birlikte kapsül boyanması ve çevredeki ödemi azalır. Cerrahiden sonra hastada belirgin klinik iyileşmeye rağmen halka şeklinde boyanma uzun süre kalabilir.

Apsenin MR bulguları BT bulgularının analoğudur. Beyinle izointens olan ve kontrast tutan bir kapsülün çevrelediği T1AG'de hipointens, T2AG ve FLAIR görüntülerde hiperintens olan, yer kaplayan bir lezyon şeklinde görülür. Apse kronikleştikçe, kapsülü T2AG'de daha hipointens olur; çevrelerinde yoğun ödeme bağlı hiperintensite izlenir (Resim 7.153). Apse ile nekrotik tümör ayırımı için DAG incelemesi yapılabilir; apsenin merkezi hiperintens görülürken, tümöral nekroz parlamaz.

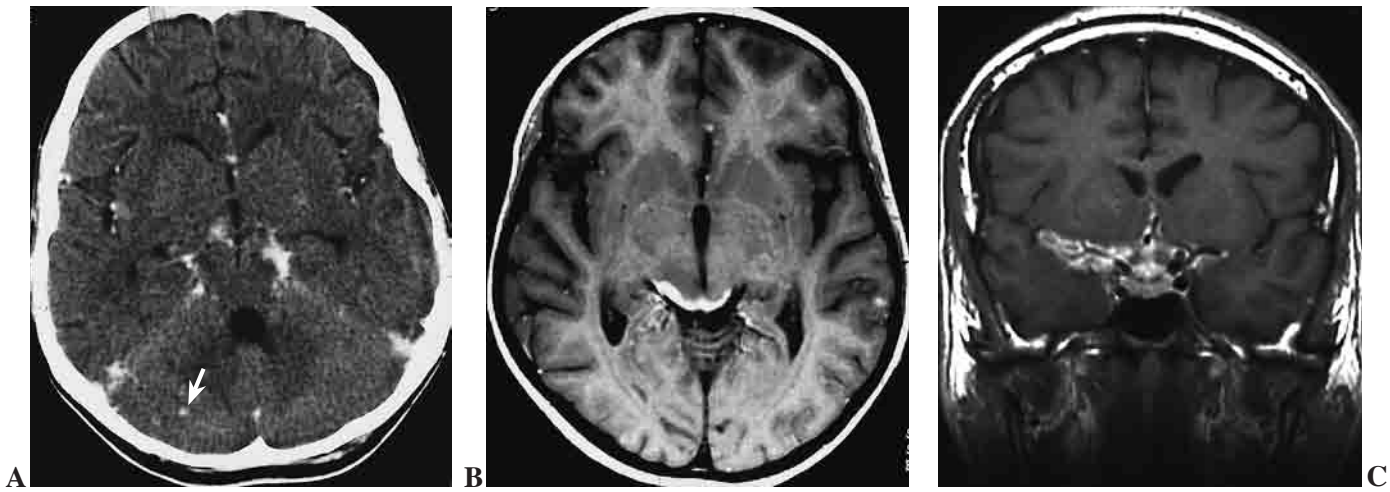
TÜBERKÜLOZ

Merkez sinir sisteminin tüberküloz enfeksiyonu en sık tüberküloz menenjit şeklindedir görülür. Beyin parankiminin tutulumu tüberkülom ve apse olmak üzere iki şekildedir. Tüberkülom, merkezinde kazeifi-



A **B**

Resim 7.153 Serebral apsenin MR görünümü, A. T2AG. Apsenin içeriği hiperintens, çevrede belirgin ödeme ait hiperintensite. B. Kontrastlı T1AG. Halka şeklinde kontrast tutan düzgün kapsül.



Resim 7.154 TB menenjit ve tüberkülomlar, A. Kontrastlı BT kesiti. Ambiyent sisternada kontrast tutan granülasyon dokusu ve sağ serebellar hemisferde gri cevher-beyaz cevher sınırında kontrast tutan küçük tüberkülomlar (milyer yayılım) (ok). B. Kontrastlı T1AG. Granülasyon dokusu ve kontrast tutuyor. C. Kontrastlı T1AG. Bazal sisternaların ve sağ silvian sisternada kontrast tutan yoğun leptomeninjial kalınlaşma.

kasyon nekrozu gelişen bir granülomdur. Tüberküloz apsesi piyojenik apseye benzer; T-hücre immünitesi bozulan hastalarda görülür.

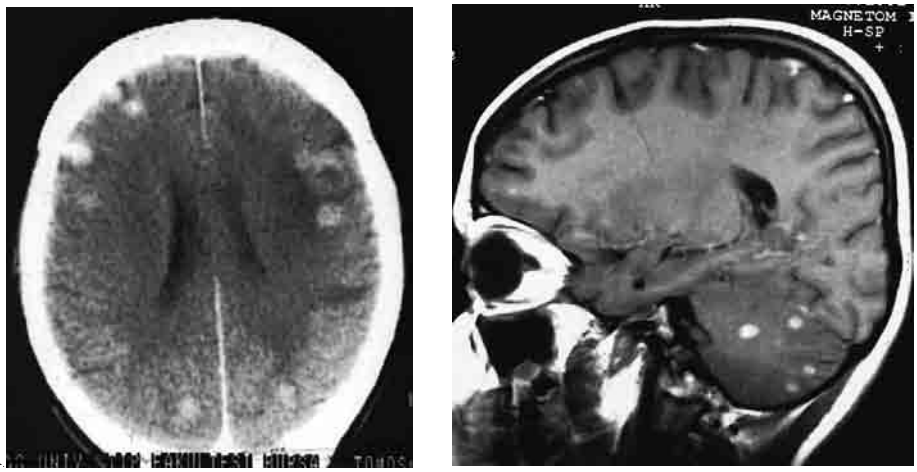
Tüberküloz menenjiti

Her yaşta görülebilirse de bebek ve çocuklarda daha sıktır. Tüberküloz menenjit, basilin hematojen yayılımı sonucu gelişir. Bazal sisternalarda belirgin kontrast tutan hiperdens granülomatöz doku gelişir (Resim 7.154). Tutulan meninksler, piyojenik menenjitten farklı olarak kalınlaşmıştır. Pitüiter ve parasellar bölge tutulumu sıktır. Görünüm subaraknoid kanamalara veya kontrast sisternografideki bazal sisternaların görünümüne benzer. Sonuç olarak kominikan hidrosefali gelişir. Uzun süren olgularda geç evrede meninkslerde kalsifikasyon görülebilir.

Bazal sisternalardaki koyu eksuda Virchow-Robin mesafelerinden ilerleyerek lentikülostriat ve talamoperforan damarlarda vaskülite neden olur. Vaskülit sonucu bazal gangliyonlarda ve talamuslarda enfarktlar gelişir (Resim 7.155). Tüberküloz menenjit ciddi bir klinik durumdur; tedavi edilmezse hastalar bir kaç hafta içerisinde kaybedilir.



Resim 7.155 Tüberkülozda vaskülit sonucu gelişen enfarkt. A. Kontrastsız BT görünümünde sol korpus striatumda ödeme bağlı hipodens görünüm ve yer kaplayan etkiye bağlı komşu yan ventrikül ön boynuzunda kompresyon. B. Olgunun T2AG'sinde enfarkt alanı daha belirgin.



A B

Resim 7.156 Tüberkülomlar. A. Kontrastlı BT. Çoğunluğu beyaz-gri cevher sınırında bazıları homojen, bazıları halka şeklinde kontrast tutan tüberkülomlar. B. Kontrastlı T1AG. İnfratentoriyal kontrast tutan tüberkülomlar.

Tüberkülomlar

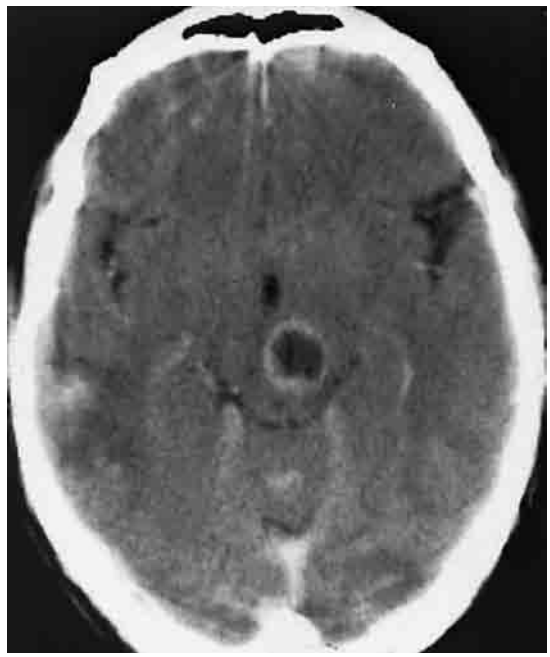
Yetişkinlerde supratentorial bölgede, en çok frontal ve paryetal loblarda; çocuklarda ise infratentorial bölgede, genellikle serebellumda yerleşirler. Her zaman menenjitle birlikte görülmesi beklenmez; çoğu olguda sadece tüberkülomlar görülür (Resim 7.156). Olguların yarısında, birden fazla lezyon görülür. Tanıda klinik veriler çok önemlidir. BOS'da daima TB'ye has biyokimyasal bulgular (proteinde yükselme, glükozda düşme) vardır. Hastada birçok lezyon bulunmasına rağmen, kliniğinin görece iyi olması önemli bir tanı ölçütüdür.

Tüberkülomlar BT'de korteksle hiperdens veya izodens olabilirler veya heterojendirler. Genellikle 2 cm'den küçük olanları üniform şekilde, büyük olanları halka şeklinde kontrast tutar (Resim 7.157). Halka şeklinde kontrast tutan tüberkülomların merkezleri kazeifikasyon nedeni ile hipodens değil izodenstir. Bu özellik, apseden ayırmaya yardım eder. Kazeifikasyon likefiye olduğunda izodansite hipodansiteye döner. Çevrelerinde değişik derecelerde ödem görülebilir. Bazı olgularda halka şeklinde boyanan nodüllerin ortasında kalsifiye olan veya boya tutan bir alan vardır; bu görünüme *hedef tahtası işareti* adı verilir. Kalsifikasyon sık görülmez; genellikle %5'den azdır.

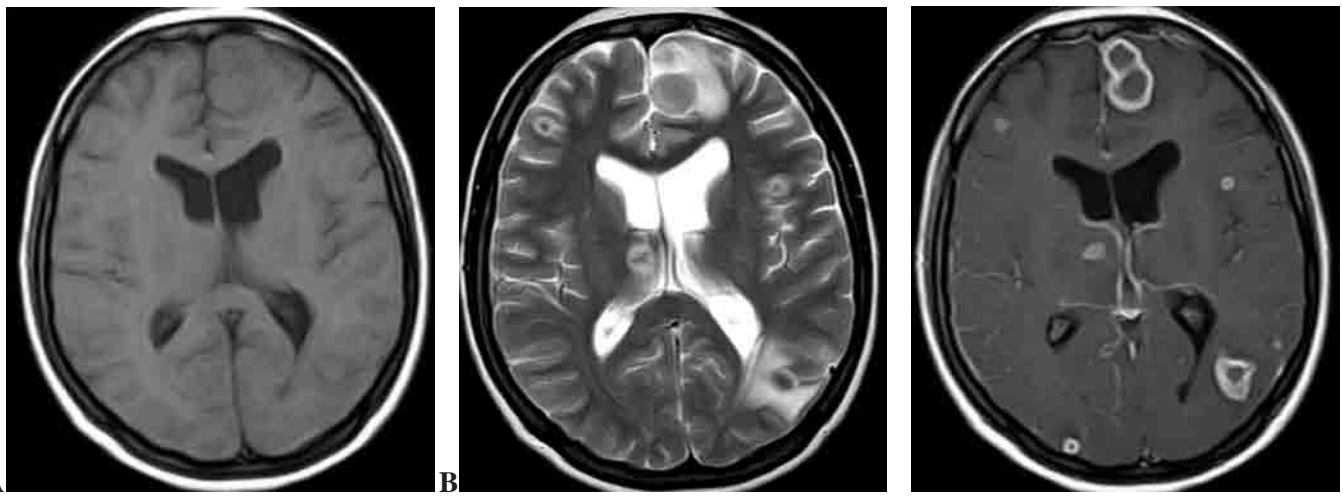
Tüberkülomların MR intensiteleri gelişim evresine göre değişir. Erken dönemde T1AG'de hipo-izointens, T2AG'de hiper-izointenstir, çevreleri ödemlidir ve homojen kontrast tutar. Daha sonra kapsülü kalınlaşır ve ortası kazeifiye olur. Bu evrede santral kesimi T1AG'de hipointens, T2AG'de hipointens veya izointenstir. Kapsül boyanması nedeniyle kontrast tutulumu halka şeklini alır. Santral kesim likefiye olursa T2AG'deki hipo-izointens görünüm hiperintensiteye döner (Resim 7.158).

Tüberküloz apsesi

Daha çok immün yetmezlikli olgularda görülür; hastalığın daha nadir bir şeklidir. Semptomları hızla ge-



Resim 7.157 Tüberkülomlar. Kontrastlı BT. 3. ventriküle komşu ortası hipodens halka şeklinde boyanan lezyon, tüberkülomun likefaksiyon evresini temsil eder. Sağ paryetalde ve sol oksipitalde homojen kontrast tutan, çevresi ödemli erken evrede tüberkülomlara ait görünümler.



Resim 7.158 Tüberkülomlar. A. T1AG'de sağ frontal ve sol paryetooksipital bölgede güçlükle seçilebilen izo-hiperintens lezyonlar. B. T2AG. Lezyonlar beyaz cevherle izo-hipointens ve çevrelerinde ödeme bağlı hiperintensite. Sinyal intensitesi kazeyifikasyon nekroz ile uyumlu. C. Kontrastlı T1AG'de daha fazla lezyon görülüyor. Lezyonlar halka şeklinde kontrast tutuyor. Küçük olan lezyonlarda boyanma homojen.

lişir. Kesit görüntülerde piyojenik apselere benzer; ancak onlardan farklı olarak, genellikle düzensiz hiperdens kenarlı, ortaları hipodens, multiloküle büyük kitle şeklindedir. Lezyonun kenarı kontrast tutar. Çevresindeki yoğun ödemle birlikte belirgin kitle etkisi oluşturur.

Miliyer TB

Miliyer yayılım genellikle beyaz-gri cevher sınırındadır. Miliyer tüberküller izodens olduğundan kontrastsız kesitlerde seçilemez. Kontrastlı kesitlerde çevresinde ödemi olmayan, boya tutan lezyonlar şeklindedir. Beyaz cevherde olanların çevresinde vazojenik ödem gelişebilir. Miliyer tüberküller tedavi ile kaybolur.

Sarkoidoz

Granülomatöz leptomenenjit veya intraserebral kitle şeklinde görülebilir. Kominikan tipte hidrosefaliye neden olur. Bazal sisternalarda tübeküloz gibi boyanma görülür. Granülomlar hiperdenstirler ve kontrast tutarlar. Ödem yoktur. Steroid verilmesi ile belirgin şekilde küçülürler. Hastalık üçüncü ve dördüncü dekadlarda ve kadınlarda daha sık görülür.

ANSEFALİT

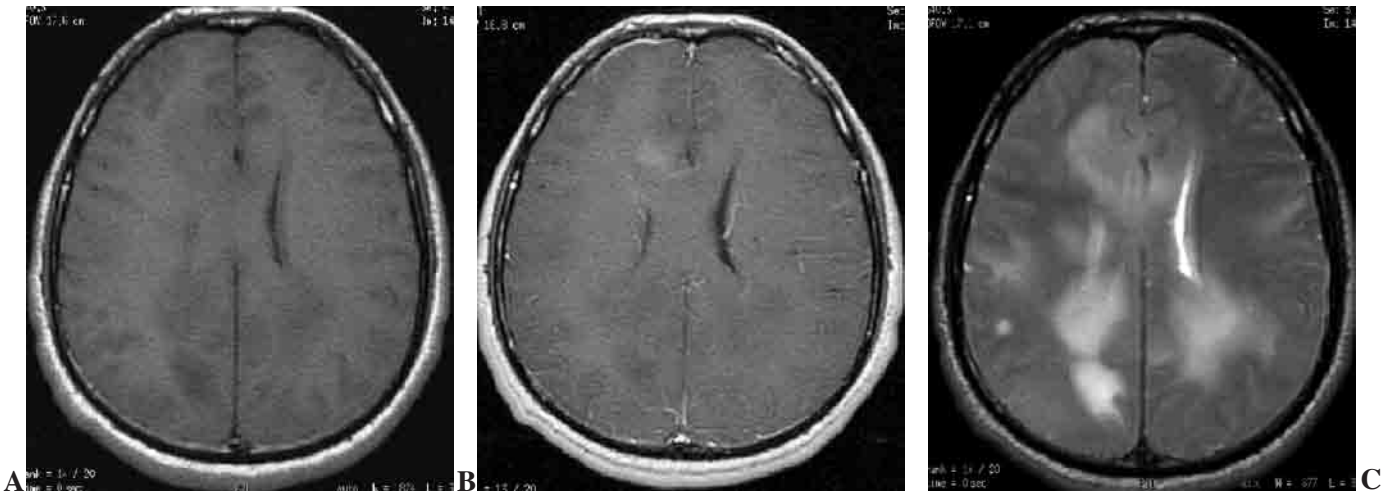
Beyin parankiminin inflamasyonuna verilen isimdir, serebritten farklı olarak süpüratif değildir. Viral enfeksiyonlara bağlı olarak gelişir. Bir kısım ensefalit, geçirilmiş viral enfeksiyonlara veya aşılara karşı gelişen immünolojik reaksiyon sonucu ortaya çıkar. Genellikle beyaz cevher tutulur; kabakulak ve koksakivirus daha çok meninksleri tutar.

Viral infeksiyonlar daha az fokal olmaya meyillidir ve tüm bir lobu hatta bir hemisferi tutabilir. Patolojik açıdan menengoensefalittirler. Herpes virusunun temporal lob tutulumu tipiktir. Bulgular MR ile BT'den daha erken saptanır.

Progresif multifokal lökoensefalopati (PVL), immun yetmezlikli (AİDS gibi) olgularda ortaya çıkan beyaz cevherin progressif tutulumu ile karakterize bir hastalıktır. Sentrum semiovalenin paryetooksipital kesiminde, beyaz cevherde subkortikal başlayıp derine yayılan, korpus kallozumu geçen, kontrast tutmayan ve kitle etkisi olmayan, iki taraflı asimetrik alanlar şeklinde görülür. T1AG'de hafif hipointens olan ve güçlükle seçilebilen bu alanlar T2AG'de hiperintenstirler. Lezyonlar hastalığın ilerlemesi ile birleşir.

Akut dissemine ensefalomiyelit (ADEM), subkortikal beyaz cevherde demiyelinize alanlar şeklinde görülür. Lezyonlar iki hemisferi de tutabilir; tutulum asimetriktir (Resim 7.159).

Subakut sklerozan panensefalit, oksipital ve paryetal loblarda gri ve beyaz cevheri birlikte tutan iki taraflı asimetrik lezyonlar şeklinde görülür. T2AG'de hiperintens olan bu lezyonlar erken evrede hafif kitle etkisi ve boyanma gösterebilirler. Radyolojik incelemeler, hastalığın klinik bulguları ortaya çıktıktan sonraki 3-4 ay içerisinde normal olabilir.



Resim 7.159 Akut dissemine ansefalomyelit (ADEM).A. T1AG'de sağ hemisferde ödeme bağlı yan ventrikülde kompresyon. Açık bir intensite farklılığı yok. B. Kontrastlı T1AG'de kontrast tutan bir görünüm mevcut değil. C. T2AG'de her iki hemisferde, periventriküler ve derin beyaz cevherde düzensiz kenarlı hiperintens lezyonlar.

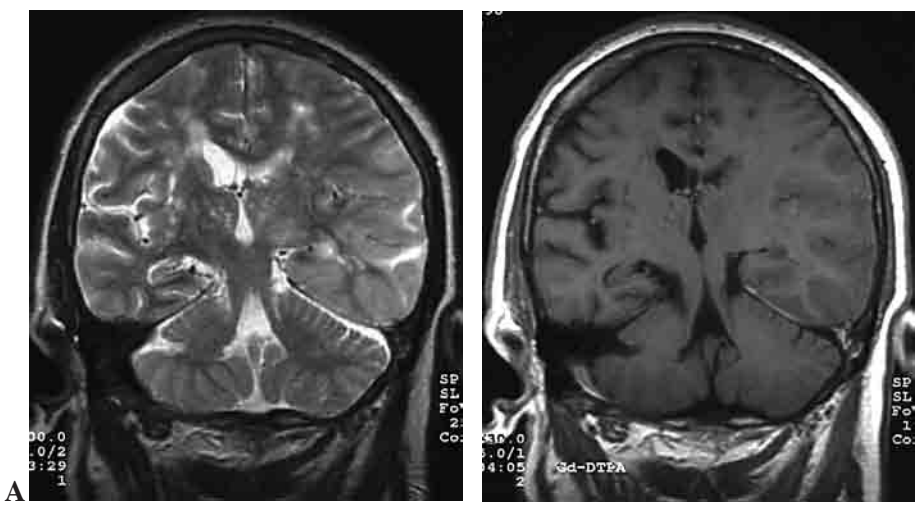
AİDS'li olgularda beyin atrofisi en sık görülen bulgudur. Frontal ve oksipital beyaz cevherde T2AG'de hiperintens alanlar görülür. Bu lezyonların kitle etkisi yoktur ve kontrast tutmazlar.

Birlikte de görülebilen bu değişik enfeksiyonların bazı ayırıcı tanı özellikleri olsa bile, tek başına MR görünümleri ile ayırt etmek genellikle olanaksızdır. Geniş birleşik alanlar sitomegalovirus veya HİV ensefaliti gibi viral ensefalitlerin bulgusudur.

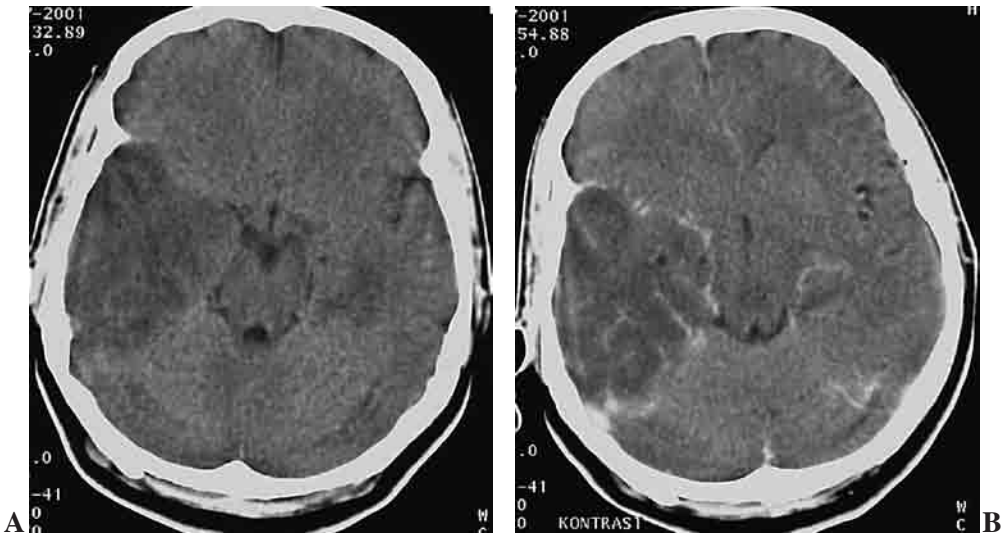
Herpes simpleks virus ensefaliti (HSV)

HSV'nin iki tipi vardır: HSV-1'e oral herpes, HSV-2'ye genital herpes adı verilir. Bu iki virüs tipiyle gelişen ensefalitler klinik ve radyolojik olarak farklıdır.

HSV-1 ensefaliti genellikle trigeminal gangliyondaki latent virusun aktivasyonu sonucu gelişir. Orofasiyal herpetik lezyonlardan trigeminal sinir boyunca retrograd yayılarak da ortaya çıkabilir. Erken dönemde kesit görüntüler normal olabilir. Başlıca temporal lobları tutar. Kitle etkisi yoktur. Tutulan kesimde yoğunluk belirgin şekilde azalmıştır. Saçılmış lezyonlar tipiktir ve kontrastlı kesitlerde yama şeklinde kortikal boyanma görülür (Resim 7.160). Hemoraji, bazen görülebilir. Değişiklikler sıklıkla iki taraflıdır. Akut fazda tek taraflı ve daha belirgin olarak görülür (Resim 7.161). Geç sekel olarak, tutulan kesimde yaygın nekroz gelişir.



Resim 7.160 HSV-I. A. T2AG. Sol temporal lobda ödeme bağlı sulkuslarda silinme ve korteks ve altındaki beyaz cevherde intensite artımı. Tutulan kesimde hacim artımı mevcut. B. T1AG.



A B

Resim 7.161 HSV-1 A. Kontrastsız BT'de sağ temporal lobda düzensiz kenarlı hipointens görünüm. Tutalan kesimde hacim artımı. B. Kontrastlı kesitte lezyon kenarlarında çok az kontrast tutulumu

HSV-2 ise yetişkinde genital enfeksiyona neden olduğu için, ensefaliti yeni doğanda görülür. Yetişkinlerdekinin tersine tutulum difüzdür. BT'de girusların muhtemelen mikroskopik hemoraji nedeniyle spontan hiperdens olduğu görülür. Bu kesimler yoğun ve uzun süre kontrast tutar. Sonuçta multikistik ensefalomazi ve mikrosefali gelişir. Tutulan kesimlerde kalsifikasyon sık görülür.

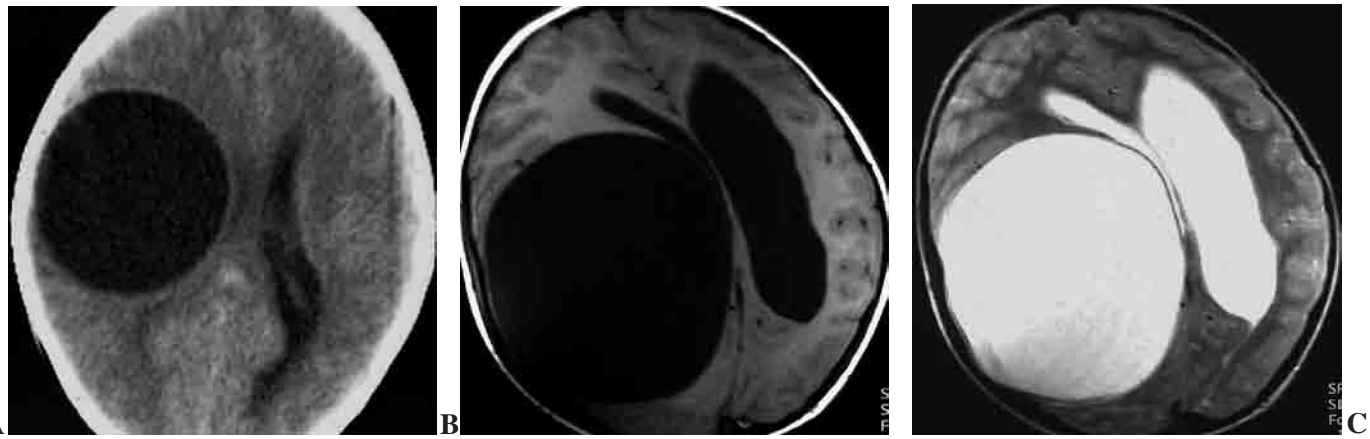
Herpes simpleks ensefaliti konvansiyonel beyin sintigrafisinin temel endikasyonudur. Sintigrafi semptomların başlamasından itibaren pozitifleşirken, BT'de lezyonun ortaya çıkması için yaklaşık 3 gün geçmesi gerekir. Arteriyal fazda temporal veya frontotemporal bölgelerde hiperperfüzyon, geç fazda ise aktivite artımı izlenir. Erken evrede BT'nin %79, sintigrafinin ise %90 doğruluk oranına sahip olduğu bildirilmiştir.

ENFESTASYONLAR

Hidatid kist

En sık akciğer ve karaciğerde yerleşir. Olguların %1-4'ü beyindedir. Orta serebral arterin suladığı bölgede sık görülür. Kistler çok yavaş büyüdükleri için, çok büyük boyutlara erişseler de hastalar asemptomatik kalabilir.

Genellikle üniloküler, düzgün kenarlı BOS yoğunluğunda kistik bir oluşum şeklindedir (Resim 7.162). Kontrast tutmaması ve çevrede ödemin bulunmaması serebral apseden ayırt edilmesini sağlayan önemli



A B C

Resim 7.162 Serebral hidatid kist. A. Düzgün kenarlı, çevresinde ödemi olmayan kistik yapı BT görünümü. B. Benzer yerleşimdeki daha büyük bir hidatid kistin T1AG'si. Büyük, düzgün kenarlı, BOS intensitesindeki lezyonun yan ventrikülü komprese ettiği ve karşı hemisfere doğru ittiği görülmektedir. C. Aynı olgunun T2AG'si.

özellikleridir. Kistin bir kenarı genellikle kraniyuma dayanır; kronik kitle etkisine bağlı olarak iç tabulada incelme meydana gelebilir. MR'de T2AG'de kist çevresinde hipointens bir halka görülebilir; bu halka T1AG'de genellikle hiperintenstir.

Kistin açılması sonucu çevrede ödem görülebilir ve multiloküle kistler ortaya çıkabilir. Ekstraserebral hidatid kisti yalnızca, BT görünümü ile araknoid kisten ayırabilmek mümkün değildir.

Sistiserkozis

Domuz etinin tüketildiği coğrafyada, beyinin en sık görülen enfestasyonudur. İnsan, hastalığın etkeni olan tenya soliumun ara konakçısıdır.

Yiyeceklerle alınan yumurtalar bağırsaktan hematojen yolla tüm vücuda dağılır; kaslara, beyine ve göze yerleşir. Yerleştiği yerlerde canlı larvalar haline geçen yumurtalar, daha ileri gelişim göstermez ve bulundukları kesimde ölürler.

Olguların yaklaşık %92'sinde merkezi sinir sistemi tutulur. Parankimal, intraventriküler ve menenjeal tutulum görülebilir. Lezyonları çevresinde hafif ödem görülür ve halka şeklinde kontrast tutarlar. Kalsifikasyon, yıllar sonra ortaya çıkar ve yalnız hastalığın parankimal formunda görülür.

BOS ALANI GENİŞLEMELERİ

HİDROSEFALİ

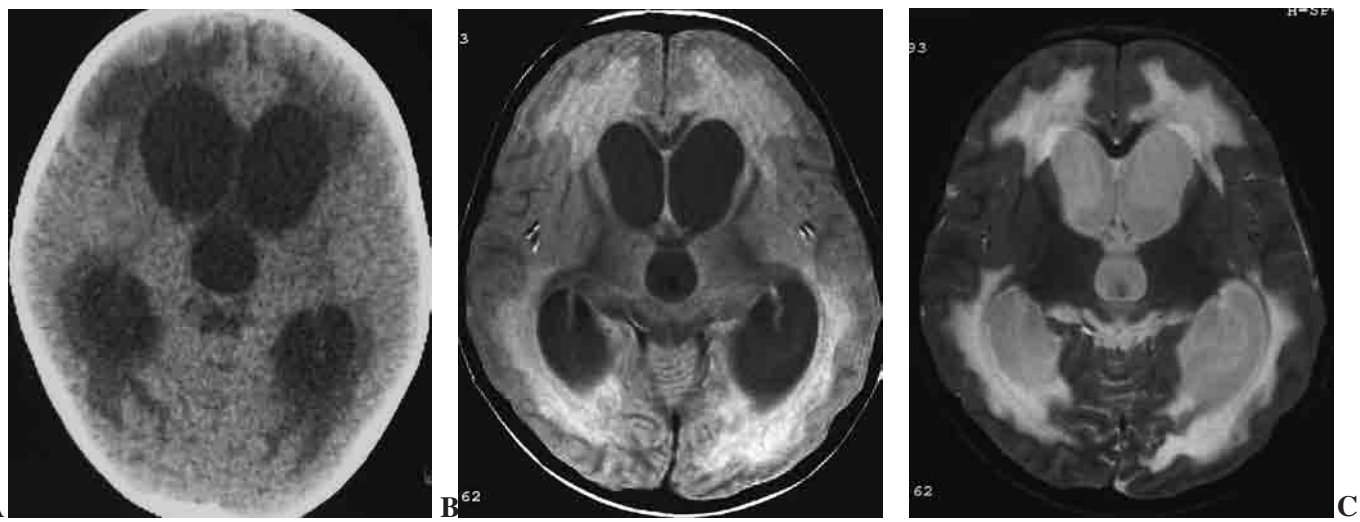
BOS emiliminin azalmasına veya nadiren BOS yapımının artmasına bağlı olarak santral ve/veya periferal BOS alanlarındaki genişlemeye verilen isimdir. Obstrüksiyon dördüncü ventrikül çıkımından önce ise nonkominikan, sonra ise kominikan hidrosefali adını alır. Sebep ortadan kalktığında ventriküllerin boyutunda normale dönüş III. ventrikülden başlar.

Nonkominikan hidrosefali

İntraventriküler obstrüktif hidrosefali (İVOH) adı da verilir. Sebep BOS dolanımının iç veya dış nedenlerle engellenmesidir. Birçok tümöral oluşum bu engellemeyi yapar. İntraventriküler kanama da, pıhtının kanalları tıkamasına bağlı olarak hidrosefali oluşturur. BT'de obstrüksiyonun proksimalindeki ventriküller genişler. Periferal BOS alanları kompresedir. Akut gelişen olgularda BOS'un sızıntısına bağlı olarak periventriküler hipodansite görülür; ventrikül duvarı seçilemez (Resim 7.163). Bu alanlar T2AG'de hiperintens, T1AG'de hipointenstir. Ödemin azalması ile ventrikül duvarı görülür hale gelir. Ventriküler sistemin obstrüksiyona bağlı olarak genişlediğini gösteren en duyarlı bulgu temporal boynuzların genişlemesidir. MR'de akuaduktusta normalde görülen *"flow-void" fenomeni* kaybolur.

Kominikan hidrosefali

Ekstraventriküler obstrüktif hidrosefali (EVOH) adı da verilir. Primer veya ikincil olabilir. Ikincil olanlar geçirilmiş travma, subaraknoid hemoraji, menenjit ve meningeal karsinomatoza bağlıdır. BT'de santral ve



Resim 7.163 Nonkominikan hidrosefali, A. BT. Ventriküllerde belirgin genişleme ve periventriküler hipodens alan, B. ve C. MR. Proton ve T2 ağırlıklı görüntülerde aynı morfolojik değişiklikler. Periventriküler hiperintensite BT'deki hipointensitenin analoğudur.

periferik BOS alanlarında genişlemeler görülür; fakat IV. ventrikül diğerleri kadar geniş olmayabilir. Sulkuslar normaldir veya izlenemez.

Kominikan hidrosefali olgularında MR'de akuaduktusta akıma ait hipointens "flow-void" fenomeninin saptanması beyinin kan dolanımının etkilenmediğini gösteren bir bulgudur. Bu bulgunun saptanmadığı olgularda beyinin kan akımı, atrofiye bağlı olarak azalmıştır. Böyle olgular genellikle ventriküloperitoneal şanttan yararlanmazlar. Bu nedenle, ventriküloperitoneal şant planlanan olgularda MR'de bu bulgunun varlığı araştırılmalıdır.

Normal basınçlı hidrosefali

Ataksi, demans ve üriner inkontinans üçlüsü ile karakterize klinik antiteye normal basınçlı hidrosefali (*Adams-Hâkim Sendromu*) adı verilir. BT'de olguların %50'sinde kominikan hidrosefali, %24'ünde ise atrofi görülür. %20 olguda ise BT normaldir. MR'de akuaduktusta flow-void fenomeni belirgindir.Tanı radyonüklid sisternografi ile konur.

Çocuklarda ventriküler genişleme

Çocuklarda ventriküler genişleme hidrosefaliden başka; prematüriteye, megalensefaliye veya atrofiye bağlı olabilir. Hidrosefali dinamik bir olay olduğundan kesin tanı, izlemle konur. Üç aylıktan küçük çocuklarda görülen hidrosefali genellikle konjenital, altı aydan büyüklerdekiler ise edinseldir.

İVOH nedenleri olarak; foramen Monro obstrüksiyonu, akuaduktus stenozu (Chiari II malformasyonu), akuaduktusa bası (tümörler, beyin sapı ödemi, Galen veni anevrizması, enfeksiyon, hemoraji), dördüncü ventrikül çıkış obstrüksiyonu (sisterna magnada araknoid kist, enfeksiyon, hemoraji, tümör, Dandy-Walker kisti) sayılabilir.

EVOH'da subaraknoid alan genişler. Genellikle neonatal dönemden sonra görülür. Ventriküler genişleme ve dolayısıyla kafadaki büyüme İVOH'dan daha az ve daha yavaştır. Lösemik infiltrasyon, metotraksat tedavisi, kortikosteroid tedavisi ve radyoterapiden sonra; bazen de posterior fossa tümörlerine bağlı olarak görülebilir. Menenjit, neonatal hemoraji, subdural hematom, akondroplazi de EVOH nedenleridir. Koroid pleksus papillomu ve karsinomunda da artmış BOS yapımına bağlı olarak EVOH tipinde hidrosefali görülebilir.

Hidrosefalinin ilerlediği durumlarda şant takılır. Şant kateteri yan ventriküllerin arka yan kesiminden girerek karşı yan ventriküllün ön boynuzuna uzanmalıdır. Şantın komplikasyonları olarak aşırı drenaja bağlı yarık venktrikül veya ventrikülit gelişebilir. Şant yerleştirildikten sonra kontrastsız BT ile kontrol edilir.



Resim 7.164 Eksternal hidrosefalide frontal lobları çevreleyen ekstraserebral sıvı artımı ve silviyan sisternalarda minimal genişleme.

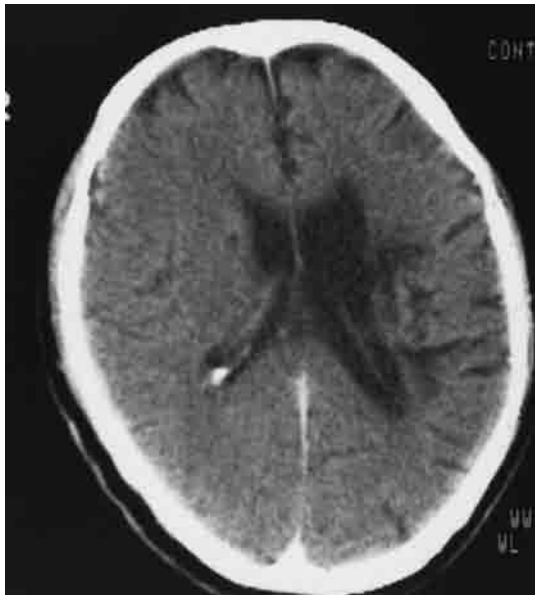
Süt çocuğunda subaraknoid alanın benign genişlemesi: İki yaşına kadar değişik genişlikte olabilen subaraknoid aralık üç yaşından sonra normal yetişkindeki görünümünü alır. Üç yaşından küçük çocuklarda baş çevresinde büyümeyle birlikte, bazal sisternalarda, interhemisferik fissürün ön kesiminde ve frontoparyetal sulkuslarda görülen genişlemeye, süt çocuğunda subaraknoid alanın benign genişlemesi adı verilir (Resim 7.164). Ventrikül boyutlarının normal veya hafif geniş görüldüğü bu tablo, kendi kendini sınırlayan benign bir antite kabul edilir. Benign makrosefali ve benign eksternal hidrosefali gibi isimler de verilmiştir. Hidrosefali sözcüğü hastalığı çağrıştırdığından isimlendirmede tercih edilmemektedir.

ATROFİ

Atrofi fokal ve difüz olarak ikiye ayrılır.

Fokal atrofi

Fokal atrofide hipodens bir alan vardır. Komşu BOS alanlarında genişleme görülür (Resim 7.165). Fokal atrofi; travma, enfarkt ve inflamasyon sekeli olabilir veya vasküler anomalilerle birlikte görülebilir. Posttravmatik fokal atrofi, travmadan 3-6 ay sonra ortaya çıkar. Hemorajik kontüzyon veya hemorajinin sık görüldüğü frontal veya temporal bölgelerde izlenir.



Resim 7.165 Fokal atrofinin BT görünümü. Sol derin paryetalde sulkuslarda ve ventrikülde genişlemeye neden olan atrofik alan.

Enfarkt sonucu atrofi genellikle 3-6 ay sonra ortaya çıkar. İntrauterin veya neonatal periyotta vasküler oklüzyona bağlı masif enfarkt sonucu gelişen ve adölesan dönemde ortaya çıkan serebral hemiatrofiye "Davidoff-Dyke" sendromu adı verilir. Hemiatrofi ile birlikte aynı taraf kalvaryum kemiklerinde kalınlaşma ve paranazal sinüslerde genişleme görülür (Resim 7.166).

Arteriovenöz malformasyonlarda komşu parankim alanında atrofi görülür. Nedeni malformasyonun çok kan çekmesi sonucu parankimin kanlanamaması ("steal" sendromu) ve tekrarlayan küçük kanamalardır. Sturge-Weber sendromunda da tutulan kesimde atrofi vardır.

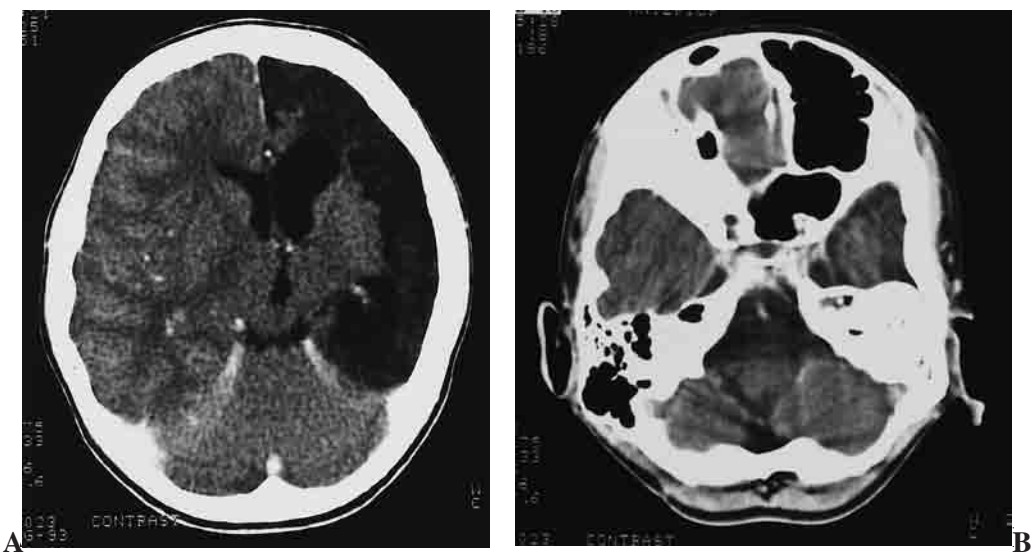
Postinflamatuar atrofi, beyin apsesi sekelidir. Tedavi medikal veya cerrahi yolla yapılmış olabilir.

Serebellar atrofi

Yalnız başına serebeller atrofi fokal atrofinin özel bir şeklidir. Serebeller atrofinin başlıca nedenleri; dejeneratif hastalıklar, dilantin kullanımı ve alkolizmdir. Atrofi dilantin kullanımında serebeller hemisferlerde, alkolizmde vermisde daha belirgindir. BT'de serebeller sulkusların 1, serebello-pontin sisternanın 1,5 mm'den daha geniş olduğu görülür (Resim 7.167). Bu ölçüm serebeller hemisferin üst dış kenarı ile petröz kemiğin kenarı arasından yapılır. Dördüncü ventrikülün genişliği 11 mm'yi geçer. Superior serebeller sisterna da genişlemiştir. Bu bulgulardan ikisi veya daha fazlası varsa serebeller atrofi tanısı konabilir.

Difüz atrofi

Difüz atrofi gri ve beyaz cevheri veya her ikisini birden tutabilir (Resim 7.168). Difüz atrofi tutulan kesime göre santral ve kortikal olarak ikiye ayrılabilir. Santral olanlarda ventrikül, kortikal olanlarda ise sul-



Resim 7.166 Davidoff-Dyke sendromu. Sol hemisferde belirgin atrofi. A. Tutulan tarafta kalvaryal kemikler kalın. B. Solda frontal ve sfenoid sinüs kompansatuar olarak belirgin şekilde genişlemiş. Sol petröz kemik sağdan daha büyük görülüyor.



Resim 7.167 Serebellar atrofide serebellar superior vermiste belirgin genişlemiş folyaların görünümü (ok).



Resim 7.168 Diffüz atrofi. Santral ve periferik BOS alanlarında genişleme.

kus genişlemesi daha belirgindir. Difüz atrofi nedenleri Tablo 7.5'de gösterilmiştir.

Difüz atrofi nedenlerini kesit görüntülerine bakarak birbirinden ayırmak çoğunlukla olanaksızdır. Alzheimer hastalığında (presenil demans) difüz atrofi görülür; semptomatik olgularda normal BT/MR görme şansı azdır. Kadınlarda sık görülen ve presenil bir demans şekli olan Pick hastalığında atrofi, frontal ve temporal loblarda belirgindir. Huntington hastalığı koreiform hareketlerle birlikte görülen bir demans şeklidir, 4. ve 5. dekadda sıktır; kaudat nukleus ve putamenin atrofisi ve bunlara bağlı olarak frontal boynuzun tipik genişlemesi bir tanı özelliği olabilir.

Binswanger hastalığı progressif demansla kendini gösterir. Remisyon ve eksaserbasyon periyodları görülür. Periventriküler beyaz cevherde hipodens alanlar mevcuttur. Bazal gangliyonlarda laküner enfarktlar izlenir. Ventriküller dilatedir. Jakob-Cruetzfeldt sendromunda ise hızla ilerleyen bir demans ve serebral atrofi vardır.

Anoreksiye nevroza ve hemodiyalizdeki kronik renal yetmezlikli hastalarda difüz atrofi görülebilir. Wilson hastalığı, serüloplazmin yetmezliğine bağlıdır. Bazal gangliyonlarda hipodens bölgeler görülür. Parkinson hastalığında ventriküler genişleme ve bazal gangliyonlarda kalsifikasyon görülür; atrofi daha çok subkortikal bölgeyi tutar. Serebral anokside kortikal atrofi belirgindir.

İlaca bağlı atrofiler ise başlıca steroid, dilantin, metotraksat, amfetamin, esrar-marihuana ve alkol alımına bağlıdır. Dilantine bağlı atrofi serebellar hemisferlerde belirgindir. Alkoliklerde ise serebral ve serebellar hemisfer atrofileri vardır. Bu olguların bazılarında alkolü kesince radyolojik bulgularında geriye dönüş izlenebilir.

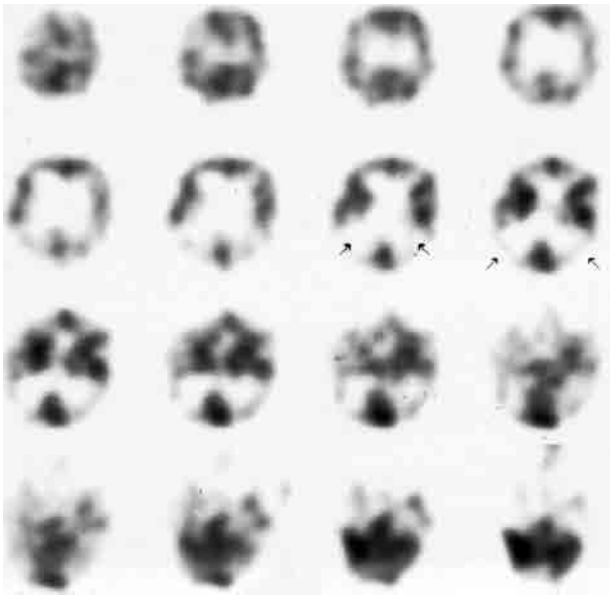
Normal olgularda, 2. ve 6. dekad arasında ventrikül boyutlarında hafif bir artma gözlenir. Bu genişleme 6. dekaddan sonra hızla artar. Normal yaşlanma süreci olan bu görünüm hidrosefali ile karıştırılmamalıdır.

Tablo 7.5 Difüz Atrofi Nedenleri

– Alzheimer hastalığı	– Binswanger hastalığı
– Pick hastalığı	– Jakob-Creutzfeldt hastalığı
– Multifokal enfarkt	– Neoplazik ve metabolik hastalıklar
– Huntington hastalığı	– İlaca bağlı atrofi
– Parkinson hastalığı	– Demiyelinizan hastalıklar
– Wilson hastalığı	– Kronik şizofreni
– Serebral anoksi	

Atrofi ve hidrosefalinin ayırıcı tanısı

Frontal ve temporal boynuzların, sulkuslar ve sisternaların görünümlerine bakarak atrofi-hidrosefali ayrımı yapılmaya çalışılır. Atrofide frontal boynuzlarda



Resim 7.169 Alzheimer tipi demansta SPECT. Her iki posterior pariyetal bölgede defekt (oklar).

balonlaşma yoktur, frontal boynuzlar şekil değiştirmeden genişler, temporal boynuzlardaki genişleme minimaldir; sulkus ve sisternalar geniştir. Temporal boynuzlar silviyan fissürlerle birlikte değerlendirilmelidir; fissürler de genişse atrofi düşünülür. Atrofide ventrikül kenarları gergin değil, düzensiz olabilir. Hidrosefalide bunların tersi görülür; ventriküller gergindir, boynuzları balonlaşır.

Akut gelişen hidrosefalideki periventriküler ödemin homojen görünümü lökoensefalopatilerdeki nonhomojen periventriküler hipodens görünümlerden farklıdır. Sulkuslar ventriküllere göre daha geniş görülüyorsa önce atrofi düşünülmelidir. Yerel atrofik alanların varlığı da atrofi lehinedir. Bu bulgularla kesin ayırıcı tanı yapılamayabilir. Ayırıcı tanı için kliniğe bakılır.

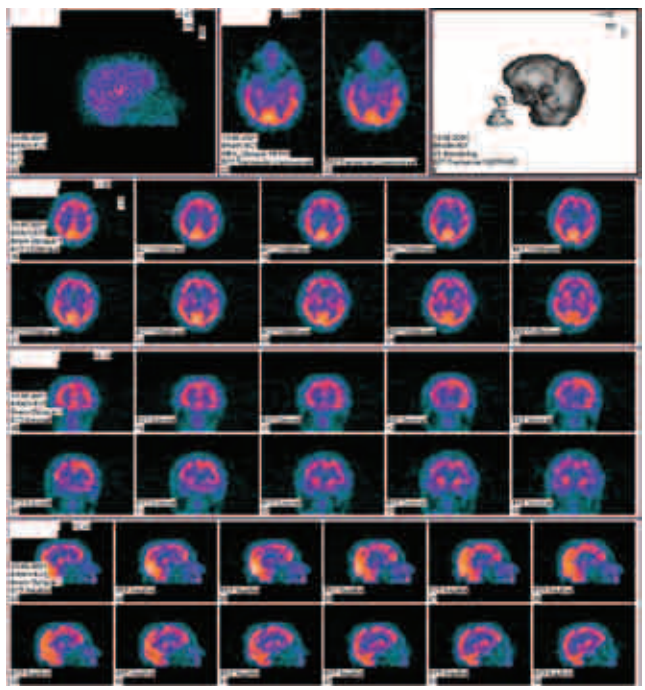
BOS alanlarının genişlemelerinde RG

BOS alanlarının genişlemelerinde RG'nin iki temel kullanım alanı vardır. Birincisi beyinin fonksiyonel görüntüleri ile değişik nedenli demansların ayırıcı tanısını yapmak ve hastalıkların progresyonunu izlemektir; bu amaçla SPECT ve PET çalışmaları yapılır. İkinci ise, hidrosefali ve atrofinin ayırıcı tanısını yapmaktır; bu amaçla da radyonüklid sisternografi yapılır.

Beyinin SPECT ve PET çalışmalarında Alzheimer hastalığında, posterior paryetal bölgelerde hipoperfüzyon ve hipometabolik alanlar gözlenir (Resim 7.169). Multienfarkt demansta ise BT ve MR'den daha yaygın olmak üzere LCMRgl değerleri düşük, yamalı hipointens alanlar görülür (Resim 7.170). Pick hastalığında frontal bölgede, Huntington hastalığında kaudat nukleusta ve putamende, Parkinsonda bazal gangliyonlarda, Wilson hastalığında kaudat ve lentiküler nükleuslarda ve olivopontoserebeller hastalıkta ise hastalığa ismini veren bölgelerde genellikle BT bulguları ortaya çıkmadan önce hipometabolizma saptanır.

Beyinin fonksiyonel görüntüleri psikiyatrik hastalıkların izlenmesinde yararlı bilgiler sağlar. Bipolar ve ünipolar depresyonun tedavileri farklıdır ve klinikte ayırıcı tanıları zor olabilir. Bipolar depresyonda supratentorial bölgede LCMRgl değerlerinin düştüğü ve tedaviden sonra yükseldiği; diğerlerinde ise bu değerlerin daha yüksek olduğu ve tedaviden sonra değişmediği saptanmıştır. Şizofrenide frontal bölgede LCMRgl değeri düşer. Methionin tutulumu %17 oranında azalır ve D2 dopamin reseptörleri artar. Manide ise temporal bölgelerde ve korpus striatumda metabolizmanın arttığı gözlenmiştir. SPECT çalışmaları ile de PET sonuçlarına paralel rCBF değerleri elde edilir.

Radyonüklid sisternografi: BOS alanı genişlemelerinin ayırıcı tanısında değerli bilgiler verir. BOS, yan, üçüncü ve dördüncü ventriküllerde bulunan ko-



Resim 7.170 Multienfarkt demanslı bir olguda spekt görünümleri. Enfarktlara ait hipoaktif alanlar.



Resim 7.171 Kominikan tip hidrosefalinin radyonüklid sisternografi görünümü.

roid pleksuslardan salgılanır. Dördüncü ventriküldeki foramen Luchka ve Magendi yoluyla ventriküler sistemden çıkarak subaraknoid aralığa geçer ve baziler sisternaları doldurur. Çoğu subaraknoid aralıkta sefalik yönde akarak serebral hemisferleri sarar. Daha sonra superior sagital sinüsteki araknoid granülasyon tarafından emilir. BOS'un küçük bir bölümü ise medülla spinalise ait subaraknoid aralıkta kaudal yönde akar; daha sonra geri dönerek bazal sisternaları doldurur ve sefalik yönde akarak emilir.

Radyonüklid sisternografide günümüzde In-111-DTPA tercih edilir; Tc-99m-DTPA da kullanılabilir. Lomber ponksiyon ile radyonüklidin subaraknoid aralığa verilmesinden sonra 4-6., 24., 48. ve 72. saatlerde sintigramlar elde edilir. Normalde 4-6. saat sintigramlarında bazal sisternalarda yüksek aktivite saptanır. Geç sintigramlarda, superior sagital sinüs çevresi ve serebral konvenksitede aktivite artarken, BOS'un araknoid granülasyonlar tarafından emilmesi sonucu bazal sisternalarda aktivite azalır. Normalde ventriküler bir aktivite yoktur.

Obstrükstif kominikan hidrosefalide (EVOH) radyonüklidin reflüsü sonucu dilate ventriküllerde hiperaktivite ve serebral konveksitede aktivite yokluğu görülür (Resim 7.171). Obstrüksiyona bağlı kominikan hidrosefaliyi serebral atrofiden ayırt etmek önemlidir. Çünkü serebral atrofide yapılacak olan şant operasyonu hastanın kliniğinde çok az bir iyileşme oluşturur. Serebral atrofide geçici bir ventriküler aktivite veya geç konveksite dolanımı veya ikisi birlikte bulunur.

Normal basınçlı hidrosefalide (Adams-Hâkim sendromu) sisternografi bulguları kominikan hidrosefaliye benzer. Bu hastalardaki ventriküler aktivite en az 24 saat sürer ve serebral konveksiteye geçiş uzamıştır. Bu hastalar BOS şant operasyonuna iyi yanıt verirler.

Nonkominikan hidrosefalide sisternografi normal olabilir veya serebral konveksite civarında kısmi veya tam obstrüksiyon saptanabilir. Ventriküler obstrüksiyon nedeniyle radyonüklid yan ventriküllere giremez.

Araknoid kistleri ve porensefalik kistlerde bir kaç gün boyunca sürebilen radyonüklid aktivitesi saptanabilir.

Şantların çalışıp çalışmadığı da sintigrafi ile kontrol edilir. Açık şantlarda şant rezervuarına enjekte edilen radyofarmasötiğin diğer uçtan çıktığı görülür.

BOS alanı genişlemelerinde US

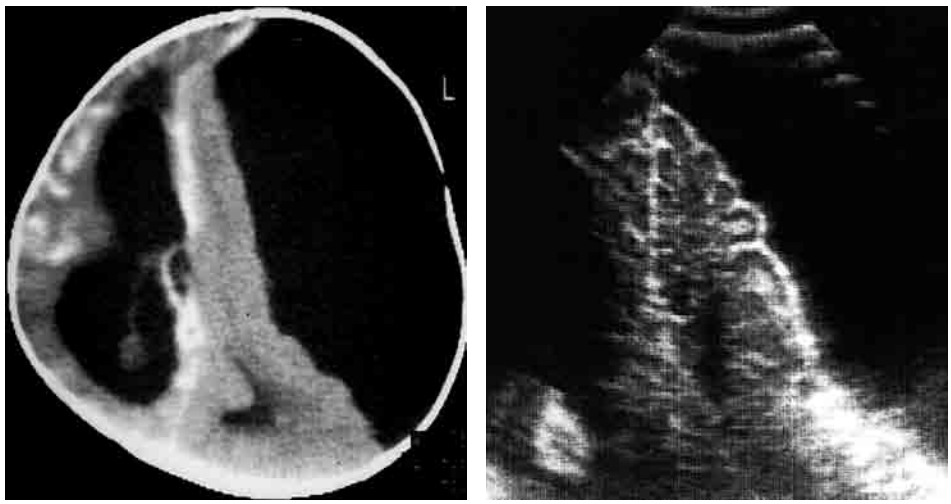
Yenidoğanda ve fontaneli kapanmamış bebeklerde, BOS alanı genişlemelerinin ve kistik lezyonların tanısı, ayırıcı tanısı ve izlenmesinde kraniyal US veri değeri yüksek, uygulaması basit, ucuz ve zararsız, değerli bir tanı yöntemidir (Resim 7.172).

DEJENERATİF HASTALIKLAR

Beyin parankimini tutan bu hastalıklarda temel tanı yöntemi MR'dir; anormallikler T2 görüntülerinde saptanır. BOS'a yakın yerleşimdeki lezyonların açık bir şekilde görüntülenmesi için FLAIR sekansları kullanılır. Demir birikimi, küçük kanama odakları ve kalsifikasyonlar, artmış manyetik duyarlılık etkisi nedeniyle GRE sekanslarında daha belirgin görülürler. Akut tutulumların saptanmasında DAG daha duyarlıdır. BT parankimal tututulumu tam ve açık olarak göstermez. BT kalsifikasyonların gösterilmesinde etkindir.

Dejeneratif hastalıklar başlığı altında beyaz cevher hastalıkları, gri cevher hastalıkları ve bazal gangliyonları tutan hastalıklar toplanır. Beyinin dejeneratif hastalıklarının önemlileri Tablo 7.6'da sunulmuştur.

Bu grup hastalıkların erken evredeki radyolojik görünümleri birbirinden farklıdır; geç evrede ise difüz atrofi nedeniyle çoğu benzer görünümdedir. Geç evrede klinik bulguları da benzeşir. Hastalıkların akut döneminde tutulan kesimlerde, radyolojik olarak genellikle kontrast tutmayan ödem bulguları, geç evrede ise hasarın derecesine göre gelişen atrofi görülür. Bu nedenle akut evrede tutulan kesimler, radyolojik olarak en önemli ayırıcı tanı ölçütüdür. Kesin tanı klinik ve laboratuar bulguları ile konur, radyolojinin ana görevi izlemdir.



Resim 7.172 Yenidoğanda araknoid kist. A. BT'de sağ yan ventrikülü genişlemiş olgunun, sol hemisferdeki geniş BOS alanının yapısı açık bir şekilde seçilemiyor. B. Kraniyal US'de sol hemisferdeki kistik yapının iç kenarının beyin girusları tarafından çevrelenmesi nedeni ile ekstrasserebral yerleşimde olduğu anlaşılıyor..

Yaşla ilgili beyaz cevher değişiklikleri

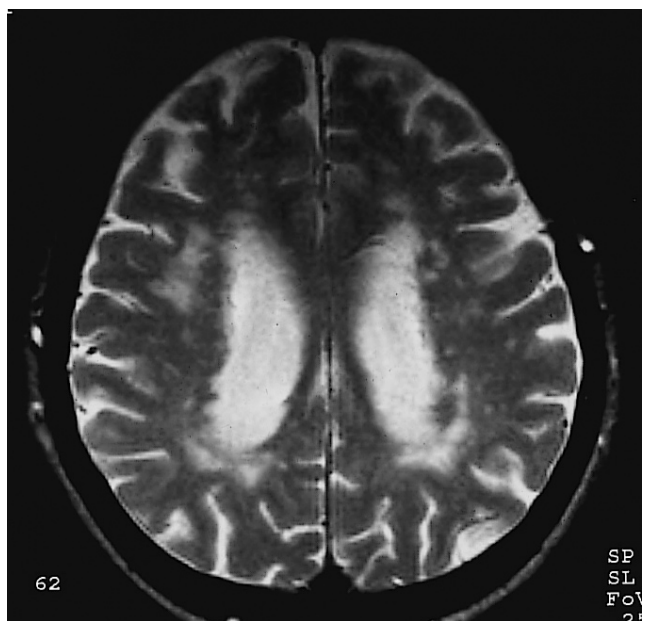
Yaşlanmayla beyinde dejeneratif olarak kabul edilen değişiklikler meydana gelir. Bunların başında beyin parankim kaybına bağlı olan atrofi vardır. Atrofi sonucu BOS alanları genişler; ventriküller, sulkuslar, sisternalar ve fissürlerde genişleme görülür.

Beyaz cevherde mikrovasküler hastalığa bağlı olarak iskemik demiyelinasyon, gliyoz, protein birikimi ve bazen laküner enfarktlar gelişir. Periventriküler ve subkortikal alanlarda T2AG'de hiperintens olan odaklar ortaya çıkar (Resim 7.173). Bu alanların kitle etkisi yoktur, kontrast tutmazlar. Yaşla birlikte görülme sıklığı artan ve genellikle iskemik gliyoz olarak isimlendirilen bu asemptomatik lezyonların bilinen klinik bir önemi yoktur. Perivasküler alanlar (Virchow-Robin aralıkları) demiyelinizasyon nedeniyle genişler ve BOS ile dolar. Bu alanlar en sık anterior perforat maddede görülür, bazal gangliyon seviyesinde ve sentrum semiolavede de görülebilir. Bazal gangliyonlar, demir birikimi sonucu T2AG'de hipointens görülürler.

Periventriküler hiperintens kep ve subkortikal küçük parlak odakların serebrovasküler hastalıklar ve bilişsel fonksiyonlarda azalma ile korele olabileceği ve bu hastalıklar için risk faktörleri olduğu ileri sürülmüştür.

Tablo 7.6 Beyinin dejeneratif hastalıklarının sınıflandırılması

Tutulan kesim	Hastalık grubu
Beyaz cevher	Demiyelinizan hastalıklar: edinseldir, normal miyelin yıkılır
	Dismiyelinizan hastalıklar: doğumsaldır, miyelinasyon bozuktur
Gri cevher	Senil demans (Alzheimer tipi), Pick hastalığı, vasküler kortikal demans (multienfarkt demans), Parkinson hastalığı, Lizozomal depo hastalığı
Bazal gangliyonlar	Huntington hastalığı, Wilson hastalığı, Fahr hastalığı, Leigh hastalığı



Resim 7.173 Periventiriküler iskemik gilyoz. Ventriküller ve sulkuslar genişlemiş. Senil atrofi.

BEYAZ CEVHER HASTALIKLARI

Demiyelinizan veya dismiyelinizan olabilirler. En belirgin örnek multipl sklerozdur. Diğer olgularda tanı koydurucu özellik taşımayan, beyaz cevhere lokalize yerel veya yaygın, BT'de hipodens, T2AG'de hiperintens alanlar şeklinde görülürler.

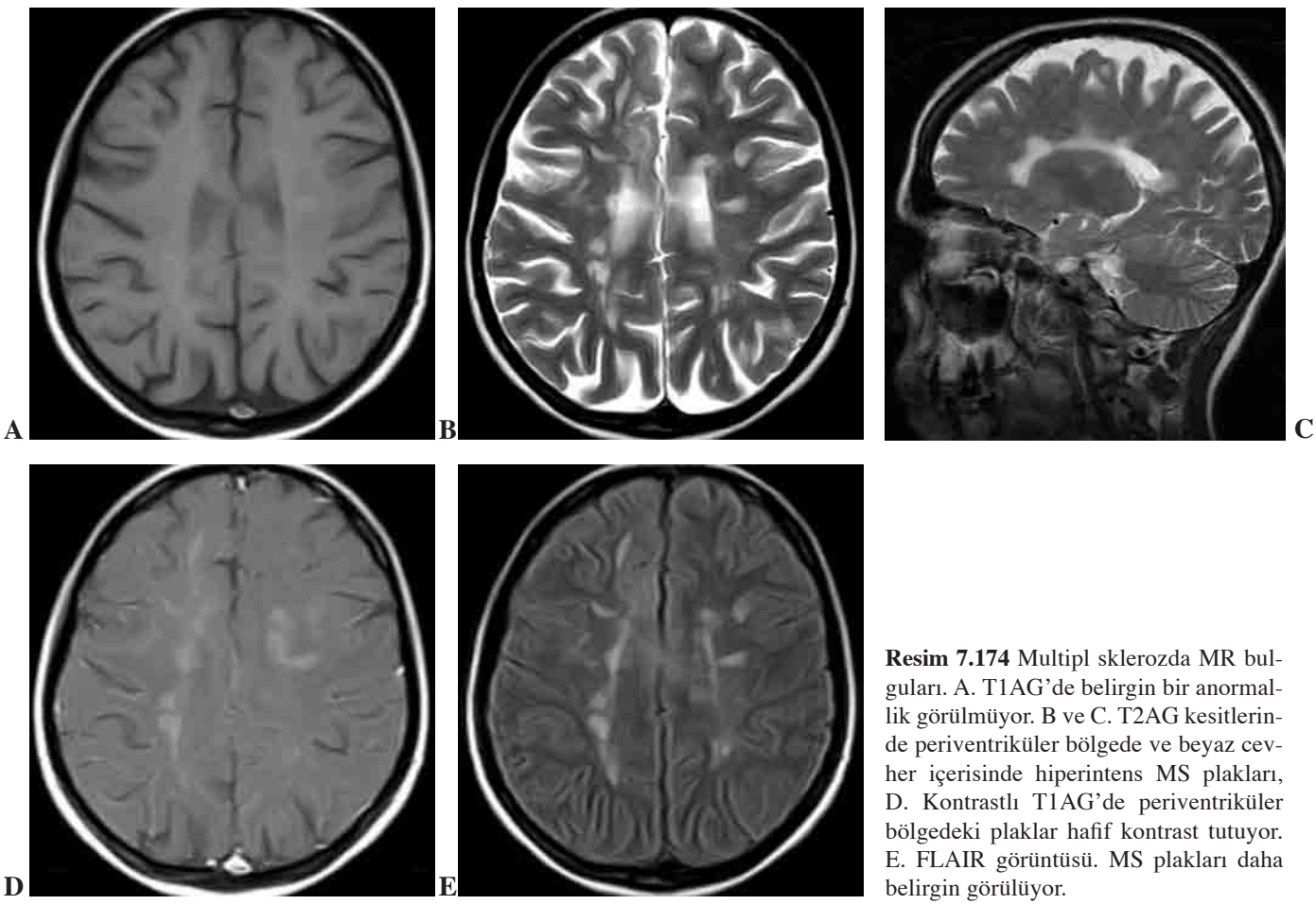
Demiyelinizan hastalıklar

Multipl skleroz (MS): Ödematöz perivasküler inflamasyonla karakterize, idyopatik demiyelinizan bir hastalıktır. Akut plakları oluşturan bu inflamasyon alanları, astrogliyal proliferasyon ve demiyelinasyon gelişerek kronik plaklara dönüşür. Genetik ve çevresel faktörlerden etkilenen otoimmün bir hastalık olduğu kabul edilir. Genç beyaz yetişkinleri tutar, kadınlarda biraz daha fazla görülür.

Kliniği, tutulan bölgeye göre değişir. Tek gözde görme kaybı, yürümede zorluk, duyu bozuklukları sık görülür. Tanı radyoloji ile değil, klinik ve laboratuar verileri ile konur. MR tedavinin takibinde yardımcıdır.

MR, demiyelinizan plakları saptamada en duyarlı yöntemdir. Standart MR incelemesi yanında FLAIR sekansı da uygulanır; supratentorial bölgedeki plakların saptanmasında en duyarlı sekanstır, ancak pulsasyon artefaktları nedeniyle infratentorial bölgede bu duyarlılık biraz düşer. Plaklar en sık (%85) periventriküler alanda ve korpus kallozumda (%70) görülür; beyaz cevher içerisine saçılmışlardır, gri cevherde daha az yerleşir. Beyin sapı, serebellum, medülla spinalis (%50), optik sinir ve kiazma diğer yerleştiği bölgelerdir.

Plaklar sıklıkla birden fazladır. MS tanısını desteklemek için en azından 5 mm'den büyük üç plak bulunmalıdır. Plakların boyutu 0.5-3 cm arasında değişir. Lezyonlar T2AG'de periventriküler yerleşimli keskin kenarlı hiperintensiteler şeklindedir (Resim 7.174). Subependimal yerleşimdeki plaklar T2AG'de BOS'un intensitesiyle gölgeleneceği için, BOS'un siyah görüldüğü FLAIR görüntülerinde daha belirgin olarak seçilir. Korpus kallozum dahil periventriküler tutulum tipiktir. Küçük lezyonlar daha ziyade perivas-



Resim 7.174 Multipl sklerozda MR bulguları. A. T1AG'de belirgin bir anormallik görülmüyor. B ve C. T2AG kesitlerinde periventriküler bölgede ve beyaz cevher içerisinde hiperintens MS plakları, D. Kontrastlı T1AG'de periventriküler bölgedeki plaklar hafif kontrast tutuyor. E. FLAIR görüntüsü. MS plakları daha belirgin görülüyor.

küler yerleşimlidir ve ependimal yüzeye dik olarak dizilirler. Bu özellikleri tanıda önemlidir. Çevrelerinde ödem olmaması ile metastazdan ayrılır.

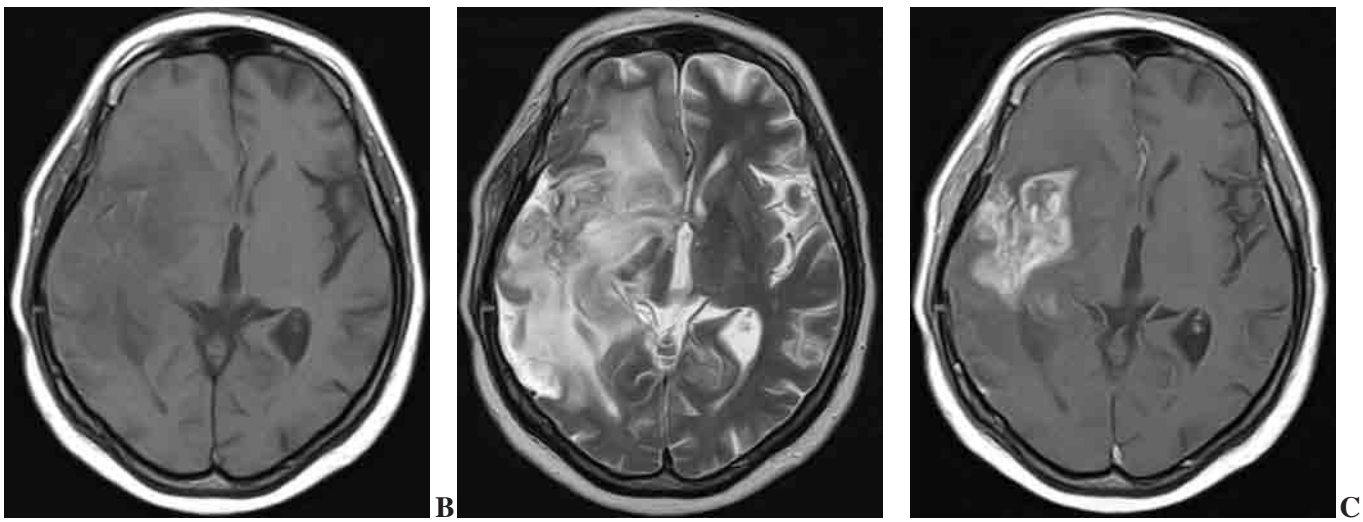
Aktif plaklar homojen, halka veya yamalı şekilde kontrast tutar. Tedavi ile semptomlarda gerileme ile birlikte boyanma özelliği de kaybolur. Bu nedenle plakların kontrast tutma özellikleri, tedavinin etkinliğini veya alevlenmeyi belirleyen objektif bir ölçü olabilir. İnaktif plaklar kontrast tutmaz. Kontrast tutan ve tutmayan plaklar bir arada görülebilir. Bazen 3 cm'den büyük plaklar tümör veya enfarktı taklit edebilir, ancak yer kaplayan özellikleri bu lezyonlar kadar belirgin değildir.

Uzun süren hastalıkta hemisferlerde, korpus kallozumda ve serebellumda, özellikle vermiste atrofi görülür. Artmış demir içeriği nedeniyle talamus ve putamen T2 görüntülerinde hipointens görülebilir.

MS plakları BT'de hipodens veya izodenstir, bazıları kontrast tutar.Yöntemin duyarlılığı MR'ye göre belirgin olarak düşüktür ve tanıdaki yerini MR'ye terketmiştir.

Radyasyon ve kemoterapiye bağlı hasarlanma: Radyasyona bağlı akut ve erken hasarlanma hafif bir ödem ve geçici miyelin kaybı şeklindedir; kitle etkisi yoktur ve kontrast tutmaz. Bir kaç aydan başlayarak yıllara uzanan evrede radyasyonun geç etkileri ortaya çıkar. Geç bulgular beyaz cevher enfarktı ve miyelin hasarıdır. Radyolojik olarak şiddetli ödem, kitle etkisi ve boyanma görülebilir; peteşiyal kanamalar bulunabilir (Resim 7.175). Bu görünüm tümör rekurrensi ile karışabilir; ayırıcı tanısı en duyarlı olarak metabolik görüntüleme (PET) ile yapılır. Radyoterapiden ortalama sekiz yıl sonra beyaz cevherde kavernom gibi vasküler malformasyonlar gelişebilir. Küçük çocuklarda, örneğin sellar ışınlamada moya moya hastalığı gibi, tıkayıcı vaskülopatiler daha sık görülür.

En sık lökoansefalopatiye neden olan kemotera-



Resim 7.175 Radyasyona bağlı beyin hasarı. A. T1AG'de sağ hemisferde frontoparyetal bölgedeki düzensiz hipointens alanının hafif yer kaplayan özelliği mevcut. B. T2AG görüntüde T1AG'deki hipointens alanın heterojen hiperintens olduğu izleniyor. C. Kontrastlı T1AG'de lezyonun merkezinde kontrast tutan bir alan mevcut. D. Proton MR spektroskopide tüm metabolitlerde (NAA,Cho, Cr) çökme ve 05-1 aralığında radyasyon nekrozunu gösteren artış.

pötik ajanlar methotrexate ve cisplatindir. Akut hasarlanmada klinik bulgular olmasına rağmen standart MR incelemeleri normal olabilir; lezyonları saptamak için DAG gerekebilir. Kronik hasarlanmada santral beyaz cevherde simetrik ve difüz patolojik sinyal saptanır.

Radyoterapi ve kemoterapinin birlikte uygulanması hasarlanmayı artırır. Difüz nekrotizan lökoansefalopatide hasta yaşarsa nekroz alanları küçülür, beyaz cevherde belirgin atrofi görülür; kan beyin bariyeri bozulduğu için lezyonlar yaygın kontrast tutar.

Dismiyelinizan hastalıklar (lökodistrofiler)

Enzim defektleri nedeniyle miyelinin yapımında ve yenilenmesinde anormallikle karakterize heterojen bir grup hastalıktır. Radyolojik bulguları spesifik değildir (Resim 7.176). Beyaz cevherin dışındaki alanlar da tutulabilir. Lökodistrofilerden görece sık görülenler Tablo 7.7'de sunulmuştur.

Lökodistrofilerde erken dönemde tanı, spesifik klinik ve laboratuar bulguları ile konur. Radyolojik görünümlerine bakarak tanı koymak çoğu zaman imkânsızdır, ancak bazı hastalıkların ayırt edici bazı özellikleri vardır. Örneğin makrosefali, Canavan hastalığı ve Alexander hastalığının, frontal lob tutulumu Alexander hastalığının, oksipital lob tutulumu adrenolökodistrofinin, kontrast tutulumu adrenolökodistrofi ve Alexander hastalığının, hiperdens bazal gangliyonlar Krabbe hastalığının, iskemik enfarktlar da mitokondrial hastalıkların (MELAS, MERRF) ve homosistinürinin baskın özellikleridir.

Tablo 7.7. Lökodistrofilerin sınıflandırılması

Bozulan mekanizma	Hastalıklar
Lizozomal bozukluklar	Sfingolipidozlar, mukolipidozlar, Mukopolisakkaridozlar
Peroksizomal bozukluklar	Adrenolökodistrofi, Zellweger sendromu
Mitokondrial bozukluklar	MELAS sendromu, MERRF sendromu, Leigh sendromu
Aminoasidopatiler	Fenolketonüri, homosistinüri, diğerleri
İdiopatik	Alexander hastalığı, Cockayne hastalığı, Pelizaeus-Merzbacher hastalığı, Canavan hastalığı

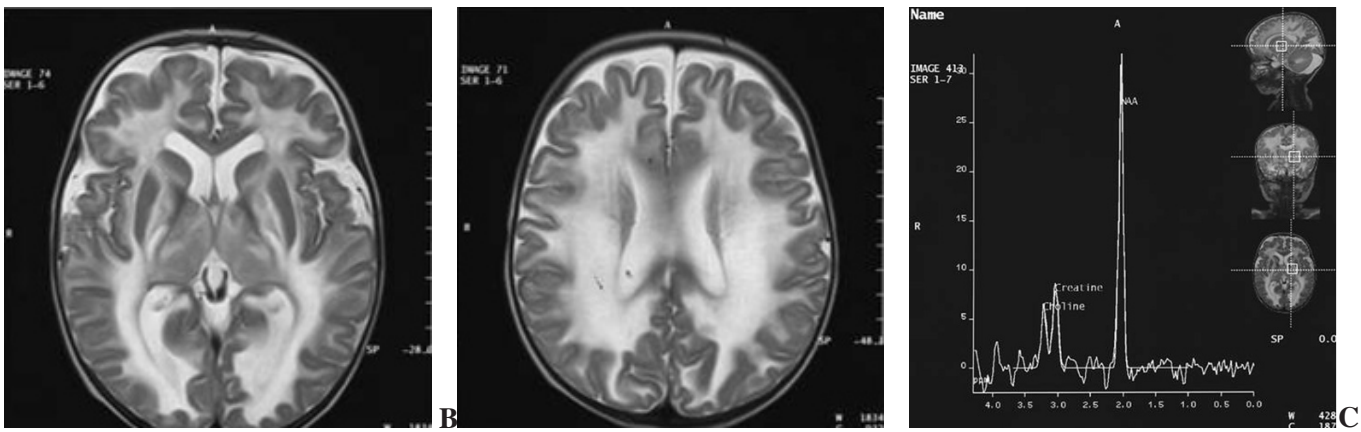
GRİ CEVHER HASTALIKLARI

Kortikal gri cevher tutulumunda korteks incelir, anormal sinyal ortaya çıkar, sulkuslar belirginleşir. Birlikte traktuslarda Wallerian dejenerasyon görülür. Derin gri cevherin akut tutulumunda ödem ve ona bağlı sinyal değişiklikleri, kronik evresinde ise atrofi izlenir. Kronik evrede demir birikimine bağlı olarak T2 görüntülerinde hipointensite gelişebilir.

Demans

Altmış beş yaşından yukarıdaki popülasyonda %5 oranında görülür. Olguların yarısı Alzheimer tipi senil demans, geriye kalanın büyük çoğunluğu ise vasküler kortikal demanstır.

Alzheimer tipi senil demans en sık görülen dejeneratif beyin hastalığı ve en sık görülen kortikal demanstır. Radyolojik bulgular spesifik değildir; benzer klinik tablo veren diğer nedenleri araştırmak amacıyla yapılır. Atrofi, en sık görülen radyolojik bulgudur; temporal lobun ön kesimleri, hipokampuslar ve silvi-



Resim 7.176 Canavan hastalığı. T2-ağırlıklı aksiyal kesitlerde (A ve B), iki taraflı internal ve eksternal kapsül, globus pallidus ve talamuslarla birlikte serebral beyaz cevherde diffüz intensite artışı, subkortikal U lifleri de tutulmuş. C. Proton MR spektroskopide, NAA pikinde belirgin artış izleniyor.

yan fissür bölgelerinde belirgindir. Beyaz cevher hiperintens görülebilir, ancak belirgin bir özellik değildir. SPECT ve PET çalışmalarında, iki taraflı temporoparyetal kesimlerde perfüzyonun ve metabolizmanın düştüğü saptanır.

Vasküler kortikal demans, multi-enfark demans ve subkortikal demans (Binswanger hastalığı) olmak üzere iki tiptir. Multi-enfarkt demansta damarların sulama alanlarında kortikal enfarktlar görülür, BOS alanları genişlemiştir, T2AG'de hiperintens odaklar belirgindir. Binswanger hastalığında ise penetran damarların iskemisine bağlı periventriküler hiperintens alanlar görülür; hastaların büyük çoğunluğu hipertansiftir.

Pick hastalığı 65 yaşından önce görülen nadir bir kortikal demans şeklidir. Frontotemporal atrofi ve frontal boynuzlarda genişleme görülür; parietooksipital kesimler korunmuştur.

BAZAL GANGLİYON TUTULUMU

Wilson hastalığı

Bakır taşıyıcı protein olan seruloplazminin anormalliğine bağlıdır. Otozomal resesif geçer. MR normal olabilir; anormal bulgu putamen ve talamuslarda T2AG'de intensite artışı şeklindedir (Resim 7.177). Beyinde yaygın atrofi görülür. Bazal çekirdekler BT'de hipodenstir. Hastalarda hepatik siroz gelişir.

Fahr hastalığı

Bu isim, eskiden bazal gangliyon kalsifikasyonuna neden olan bir grup hastalığı tanımlardı. Günümüzde ekstrapiramidal motor disfonksiyonla birlikte geç başlayan demans bulgularından oluşan bir grup hastalığı tanımlar. Bazal gangliyonlardaki yoğun kalsifikasyonun yanı sıra dentat nükleuslarda ve beyaz cevherde de kalsifikasyonlar görülür (Resim 7.178).

Leigh hastalığı

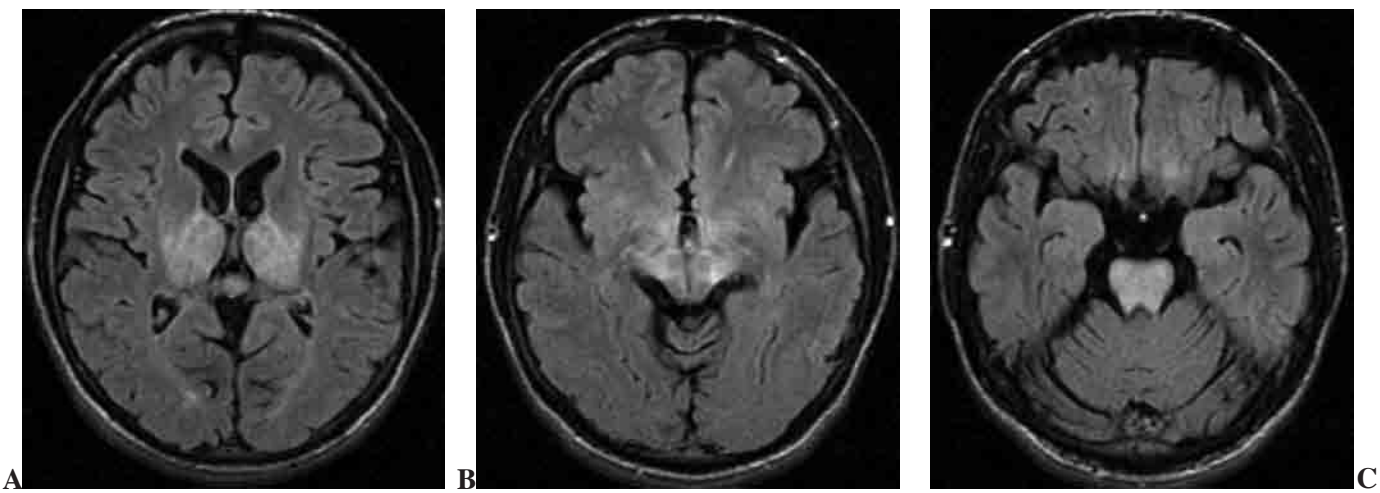
Mitokondiriyal oksidatif fosforilasyon hastalığıdır. Laktik asidozis ve bazal gangliyon tutulumu görülür. En sık putamen tutulur, bunu globus pallidus ve kaudat nükleus izler. Tutulan bazal gangliyonlar BT'de hipodens, T2AG'de hiperintenstir.

EPİLEPSİ

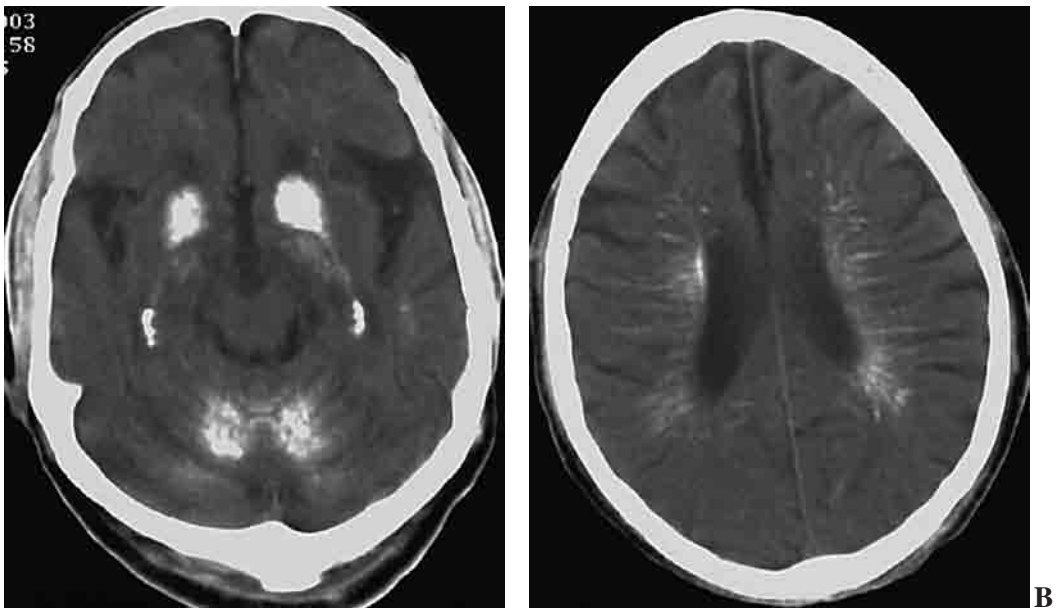
Epilepsi nöbetleri değişik metabolik bozukluklar veya serebral korteksi tutan tümör, enfarkt, hematom, konjenital malformasyon, travma ve anormal nöronal migrasyon gibi MR ile saptanabilen lezyonlar sonucu gelişebilir.

Epilepside uzun erimli medikal tedaviye gereksinim vardır. Seçilmiş olgularda epilepsiyi ortadan kaldırmak veya nöbet sayısını azaltmak için cerrahi girişim yapılır. Cerrahi tedavi en sık ilaç tedavisine dirençli epilepsilerde düşünülür. Epileptojenik odak ortadan kaldırılırken ağır nörolojik defisitlerin de olmaması gerekir. En sık cerrahi tedavi uygulanan epilepsi nedeni (%50-70) mezial temporal (hipokampal) sklerozdur. Bunu perinatal hipoksi veya diğer iskemiler, tümör, vasküler malformasyon ve gelişimsel anormalliklere bağlı epilepsiler izler.

MR, epileptojenik odağın yerini saptamada en değerli yöntemdir. Hipokampal sklerozun saptanmasın-



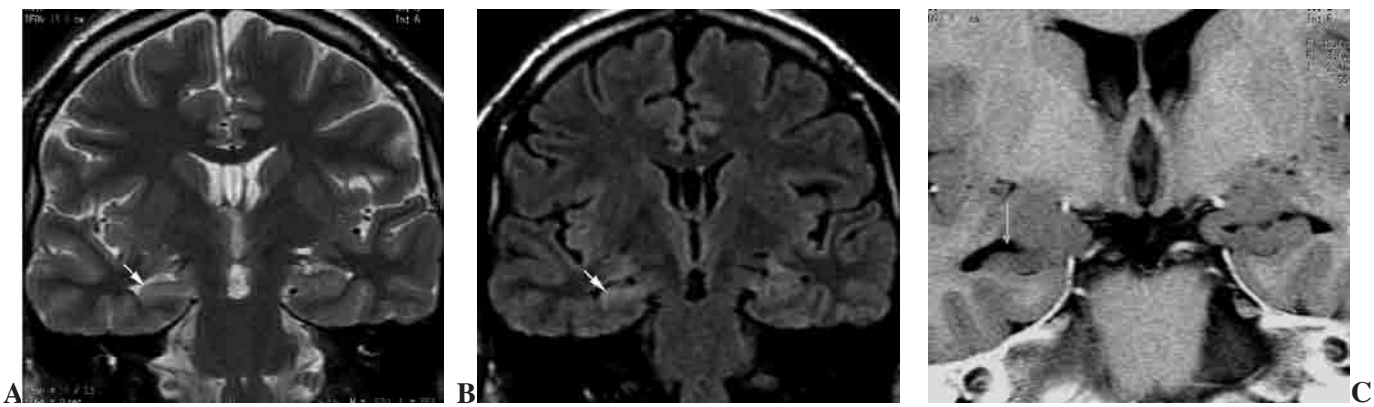
Resim 7.177 Wilson hastalığı FLAIR görüntüleri. A. Her iki talamusta, B. Beyin sapında ve 3. ventrikül çevresinde ve C. Ponsta hiperintens görünüm.



Resim 7.178 Fahr hastalığı. BT görünümleri. A. Nükleus kaudatus ve dentat nükleuslarda yoğun kalsifikasyon. B. Ventriküler kesitlerde, ventriküllerden çevreye doğru uzanan korona radiatayla uyumlu parankim kalsifikasyonları.

da MR'nin duyarlılığı %75-100 civarındadır. Hipokampal sklerozun primer MR bulguları: hipokampal atrofi, T2AG'de sinyal intensite artışı ve hipokampal morfolojinin bozulmasıdır (Resim 7.179). Buna temporal boynuzda dilatasyon, forniks ve mamiller cisim atrofisi gibi ikincil bulgular da eşlik edebilir.

PET'in de klinikteki en önemli kullanım alanlarından birini, medikal tedaviye dirençli epilepsilerde cerrahi girişime uygun epileptojenik odağın saptanması oluşturur. FDG ile yapılan çalışmalar foküsün LCMRgl'sinin iktal dönemde yaklaşık %82-130 oranında arttığını, interiktal dönemde ise %14-58 oranında azaldığını göstermiştir. Primer jeneralize epilepside bu değişiklikler yaygındır. Mezial temporal skleroz PET ile gösterilir. SPECT görüntüleri de PET görüntülerine benzer.



Resim 7.179 Meziyal temporal skleroz. Koronal MR görüntüleri. A. T2AG. Sağ hipokampusta atrofi ve hiperintens görünüm. B. FLAIR görüntüsü. Hipokampus çevresinde skleroza ait hiperintens görünüm. C. IR görüntüsünde sağ tarafta hipokampusun sola göre atrofik olduğu izleniyor.

Omurga ve Omurilik

Omurga ve omurilik tüm radyolojik yöntemler tarafından görüntülenen karmaşık bir yapıdır. Omurga tarafıyla ortopedi ve fizik tedaviyi, omurilik tarafıyla da nöroloji ve beyin cerrahsini ilgilendirir ve hareket sistemi radyolojisi ile nöroradyolojinin örtüştüğü bir alandır. Omurga ve omurilik lezyonları yerel veya yaygın sırt ağrısına, radikülopati ve miyelopati yakınmalarına neden olur.

Nörolojik bulguların eşlik etmediği sırt ağrısı çok yaygındır ve dejeneratif olan veya olmayan bir çok nedene bağlı olabilir. Aşağı bel ağrısının nedeni genellikle ortopedik bir lezyondur. Dejeneratif hastalıklar çok daha fazla görüldüğü için dejeneratif olmayan nedenler gözden kaçabilir.

Nörolojik bulguların radikülopati veya miyelopatiye ait olup olmadığı belirlenmelidir. Miyelopatide omurilik tutulmuştur ve dıştan bası, intrensek kitle veya miyelit gibi nedenlere bağlıdır. Klasik klinik bulguları idrar ve gaita inkontinansı, spastisite, zayıflık ve ataksidir. Omurilik hasarlanmaya karşı beyinden daha duyarlı olduğu için miyelopati bulguları tablonun acil olduğunu gösterir.

Radikülopati spinal sinirlerin sıkışmasına bağlıdır. Sıkışma medüller kanal içinde, lateral reseste, nöral foraminada veya nöral foraminadan distalde olabilir. Dermatomal duyu kusuru ve/veya kas zayıflığı oluşturur. En sık nedeni disk hernisi, spinal stenoz, servikal bölgede ise unkovertebral eklemin dejeneratif değişiklikleridir. Büyük boyutlardaki ekstradural tümör veya enfeksiyonda, miyelopatik ve radikülopatik bulgular birlikte görülür.

Miyelopatide MR şarttır; radikülopatide BT'nin duyarlılığı MR'ye yaklaşır. MR'nin bulunmadığı veya kontrendike olduğu durumda sorunu BT çözer.

Omurilik lezyonlarında tanının en önemli ölçütü lezyonların bulundukları bölmedir. Bu nedenle lezyonlar topografik bir sınıflandırmaya göre incelenir. Omurilik ve çevresindeki alan intramedüller, intradural-ekstramedüller ve ekstradural olmak üzere üç ana bölmeye ayrılır (Tablo 7.8). Radyolojik tanıdan önce lezyonun bulunduğu bölme belirlenir. Daha sonra lezyonun radyolojik görüntüsü ile birlikte hastanın yaşı göz önüne alınarak ayırıcı tanıya gidilir.

Tablo 7.8 Spinal lezyonların topografik sınıflandırılması*

İntramedüller
Ependimom
Astrositom
Dermoid-epidermoid
Hemanjioblastom
Lipom
Sringohidromiyeli
MS, myelit vb.
İntradural-ekstramedüller
Menenjiyom
Nörofibrom
Leptomeningeal metastazlar
AVM
Ekstradural
Disk prolapsusu
Metastaz
Lenfoma infiltrasyonu
TB absesi
Omurgayı tutan diğer lezyonlar

** En sık görüldükleri bölmeler*

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Radyografi

Omurga lezyonları değerlendirilir. Temel görüntüleme ön-arka ve yandan oluşan iki yönlü röntgenogramlardır. Buna intervertebral foraminalar ve pars interartikülarisleri gösteren iki yönlü oblik projeksiyonlar eklenerek dört yönlü röntgenogram seti oluşturulur. Servikal ve lomber bölgede stabiliteyi değerlendirmek için fleksiyon ve ekstansiyonda yan röntgenogramlar istenir. Odontoid çıkıntı en iyi ağız açıkken çekilen ön-arka röntgenogramla değerlendirilir.

Miyelografi

Subaraknoid aralığa kontrast madde verilerek spinal kanalı inceleme yöntemidir. Kullanılan kontrast madde düşük osmolariteli non-iyonik iyot bileşikleridir. Eskiden kullanılan yağda erir kontrast maddeler araknoidit gibi komplikasyonlar nedeniyle terkedilmiştir.

Miyelografide kontrast madde lomber bölgeden verilir. İleri derecede dejeneratif değişiklikler nede-

niyle bu bölgeden verilemezse veya kanalda tam blok varsa suboksipital yol kullanılır. Opak maddenin enjeksiyonundan sonra, floroskopik kontrol altında, masaya eğim verilerek kontrast maddenin akışı izlenir ve lezyonu en iyi gösteren görüntülerin spot röntgenogramları alınır.

Ön-arka, her iki oblik ve supin veya pron pozisyonunda dekubitus röntgenogramlar ("cross-table") temeldir. Dejeneratif değişikliklerin etkilerini belirginleştirmek için hiperekstansiyonda ve fleksiyonda röntgenogramlar alınabilir. Miyelografide normal spinal kanal, her iki tarafında subaranoid aralığı temsil eden düzgün kenarlı yoğun kontrast madde kolonları bulunan, ortası daha az yoğun bir boru şeklinde görülür (Şekil 7.7). Daha lusent kesim omuriliği temsil eder.

Omurilik lezyonlarının tanı ve ayırıcı tanısıda en önemli ölçütün lezyonun oturduğu bölme olması nedeniyle en az birbirine dik iki planda miyelografik görüntü elde edilmelidir. İntramedüller yer kaplayan lezyonlarda omurilik genişler. Buna bağlı olarak yandaki subaraknoid kolonlarda incelme ve dışa doğru itilme görülür. Bu lezyonlar birbirine dik iki planda da aynı şekilde görülür. İntradural-ekstramedüller lezyonlarda, profil görüntüde kontrast madde kitlenin şekline uyar bir konkavite gösterir; karşı taraftaki kontrast madde kolonu yer kaplayan lezyon nedeniyle incelmiştir. Ekstradural lezyonlarda ise omurilik subaraknoid aralıkla birlikte lezyonun bulunduğu kesimden karşı tarafa doğru itilir ve kontrast madde kolonu bu kesimde incelir. Ekstramedüller kitlelerin karşıdan (an-faz) görüntülerinde omurilik, kitlenin basısına bağlı olarak intramedüller lezyonlara benzer şekilde geniş görülür.

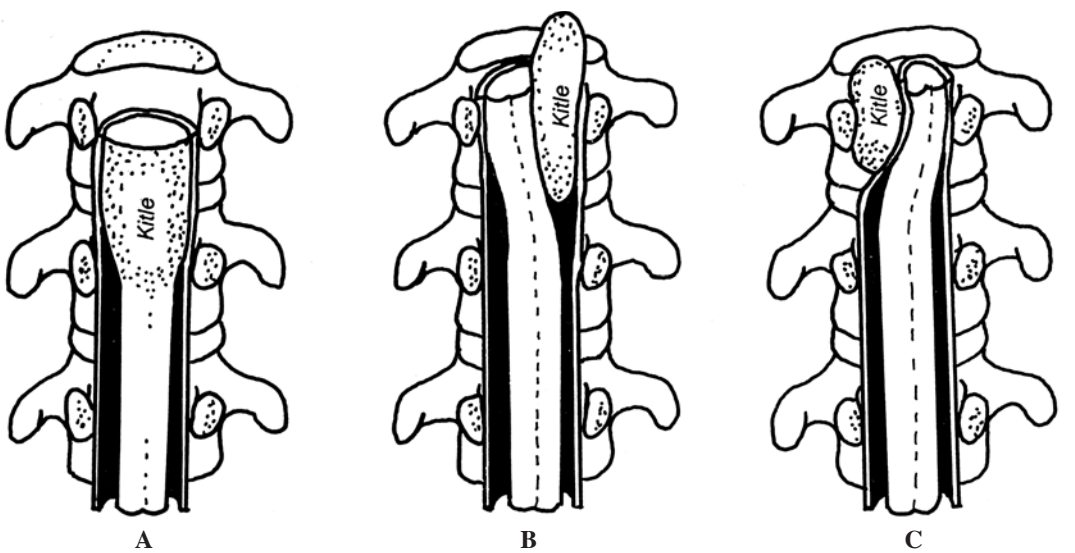
Günümüzde miyelografi endikasyonları araknoiditleri ve travmada kök kopmalarını araştırmakla sınırlıdır. Bununla birlikte MR ve BT'nin negatif olduğu ancak kliniğin bası düşündürdüğü olgularda miyelografi ve BT-miyelografi yapılabilir.

BT/BT-Miyelografi

Kemik yapıların incelenmesinde BT temel kesit görüntü yöntemidir. Aksiyal planda ince kesitlerle tarama yapılır. Kesit kalınlığı 2-3 mm'dir. Gerekirse sagital ve koronal düzlemlerde reformasyon görüntüleri elde edilir. Kırıklarda kemik parçalarının spinal kanal ilişkileri üç boyutlu görüntüleme yöntemi ile değerlendirilir.

MR'nin kliniğe girmesinden önce BT, omurga ve omuriliğin temel inceleme yöntemi idi. Günümüzde de MR'nin bulunmadığı ortamlarda bu görevini başarıyla yerine getirir. En sık kullanım alanı disk hernilerinin gösterilmesidir. Bu amaçla incelemeler İV kontrast verilmeden yapılır. İV kontrast postoperatif olgularda granülasyon dokusunu tekrar herniye olmuş diskten ayırmak amacıyla verilir; granülasyon dokusu kontrast tutar.

BT ile sinir köklerinin intratekal parçaları ve omurilik, çevresindeki BOS'dan ayırt edilemez; sadece



Şekil 7.7 Medülla spinaliste yer kaplayan lezyonlar, A. İntramedüller. Kontrast madde sütunları her iki taraftan dışa doğru simetrik olarak itiliyor (siyah kolonlar). B. İntradural-ekstramedüller. Kitlenin bulunduğu tarafta kitleyi çevreleyerek sonlanan genişlemiş kontrast sütunu, karşı taraf kontrast sütununla dışarı itilme, C. Ekstradural. Kontrast sütununa dıştan bası.

tekal aralığın kalınlığının 2 mm'yi geçtiği servikal bölgede ayrılabilir. Omuriliği ve kökleri çevreden ayırabilmek için tekal aralığa kontrast madde vermek gerekir. *BT-miyelografi* dediğimiz bu yöntemin ekstramedüller lezyonlarda duyarlılığı MR'ye eşit, araknoid kistler, divertiküller ve kök kopmaları gibi bazı lezyonlarda ise üstündür. Bazı sirinks kaviteleri opasifiye olarak daha iyi görülür hale gelir. Torasik bölgedeki disk hernileri de BT-miyelografi ileyüksek duyarlılıkla gösterilir.

MR

Omuriliğin temel inceleme yöntemidir. Yüzeyel sargılarla çalışılır. Standart olan SE sekansı günümüzde yerini hızlı SE sekansına bırakmıştır. Hızlı SE sekanslarında kemik iliği iyi görüntülenemez; bu sakıncayı ortadan kaldırmak için T2AG'de yağ baskılama teknikleri ile birlikte kullanılarak kemik iliğindeki lezyonların görülebilirlikleri artırılır. Sagital planda T1AG ve T2AG'de standarttır. Bunlara aksiyal T2AG eklenir. Gerekirse kontrast kullanılır. Kesit kalınlıkları ince (yaklaşık 3 mm) olmalıdır. Hareket artefaktlarını ortadan kaldırmak için hareket baskılama teknikleri kullanılır.

Ekstradural lezyonların tekal kese ile ilişkisini göstermek için miyelografik MR görüntüleri denilen, tekal aralığı belirgin hiperintens yapan sekanslar kullanılır. Bu sekanslarda alınan sagital kesitler miyelografiye, aksiyal kesitler ise BT-miyelografiye benzer. Küçük açılı GE sekansları ile elde edilen bu görüntüler T2* ağırlıklıdır. Servikal bölgede 1 mm inceliğinde kesit almaya olanak veren volümetrik GRE sekansları kullanılır.

Omurilik lezyonları T2AG ve kontrastlı T1AG'de belirgindir. Benign sirinksi kistik neoplazmdan ayırmak için. İV kontrast kullanmak gereklidir. Kontrast madde kullanımı leptomeningeal tümör yayılımının gösterilmesi için de şarttır. Postoperatif olgularda kontrastlı çalışma standarttır.

MR, lösemi ve lenfomanın kemik iliği infiltrasyonunu, kemik metastazını ve spondilodiskiti yüksek duyarlılıkla saptar. Vertebral kompresyon kırığının metastaza ait olup olmadığını belirlemek için DAG yapılır. Metastazda difüzyon kısıtlanır, travmatik çökmede ise böyle bir etki görülmez. Difüzyon ve perfüzyon MR ve MRS, beyinde olduğu gibi birçok omurilik lezyonunda da ayırıcı tanıya katkı sağlar.

Harakete çok duyarlı olması, kalsifikasyonu saptamada duyarlılığının düşüklüğü ve kontrastlı incelemede yalancı negatif sonuçlar olabilmesi MR'nin zayıf yanlarıdır.

Anjiyografi

Omurga ve omurilikte kullanımı sınırlı, fakat önemlidir. Temel endikasyonu spinal AVM'nin preoperatif veya embolizasyon öncesi değerlendirilmesidir. Femoral yoldan ince kateterlerle yapılır. Spinal korda hasar oluşturmamak için az kontrast madde kullanılmalıdır. Omurilik anjiyografileri potansiyel olarak riskli incelemelerdir ve ancak usta eller tarafından yapılmalıdır.

RG

Kemik sintigrafisinin temel endikasyonu omurga metastazlarında tarama yöntemi ve lokalize ağrısı olan radyografisi normal olgularda lezyon araştırmaktır. Sintigrafide pozitif tutulum gösteren yerler radyografide genellikle normal görülür. Bu nedenle böyle hastalar, kemik iliğini çok iyi görüntüleyen MR'ye gönderilir. Hastaların MR'ye alınmadan önce sintigrafik incelemelerinin gözden geçirilmesi, tetkikin doğru planlanması için şarttır.

US

Omurga ve omurilikte kullanımı sınırlıdır. Kemik yapıların incelemeye engel oluşturması nedeniyle US ancak meningosel içeriğini araştırmak, spinal kanal çapını ölçmek ve laminektomiden sonra intramedüller kistleri saptamak amacıyla kullanılır. İntraoperatif US ise yer kaplayan lezyonların sınırlarını belirleyerek operasyona önemli katkılar sağlar.

Yeni doğanda lumbosakral bölgede konjenital spinal anomalileri işaret eden deri bulgularının varlığında US tarama testi olarak kullanılır; omuriliğin seviyesini ve diastematomiyeli gibi birçok doğumsal anomaliyi saptar.

EKSTRADURAL LEZYONLAR

Omurilikle doğrudan ilişkisi olmayan, omuriliği çevreleyen yapılardan çıkarak omurilik üzerine bası oluşturan lezyonlardır. Omuriliği çevreleyen en önemli yapı omurgadır. Omuriliğe ekstradural basının en sık nedeni, disk ve çevre kemiklerdeki dejenerasyonun oluşturduğu çıkıntılar ve akut disk hernisidir.

Disk hastalığında klinik bulgular lezyonun yerleşim yeri ile uyumlu omirilik basısı, sinir kökü basısı veya irritasyonu şeklindedir ya da bu iki bulgu birlikte görülebilir. Disk lezyonları dejenerasyon ve herniyasyon olarak iki başlık altında incelenir.

Disk dejenerasyonu

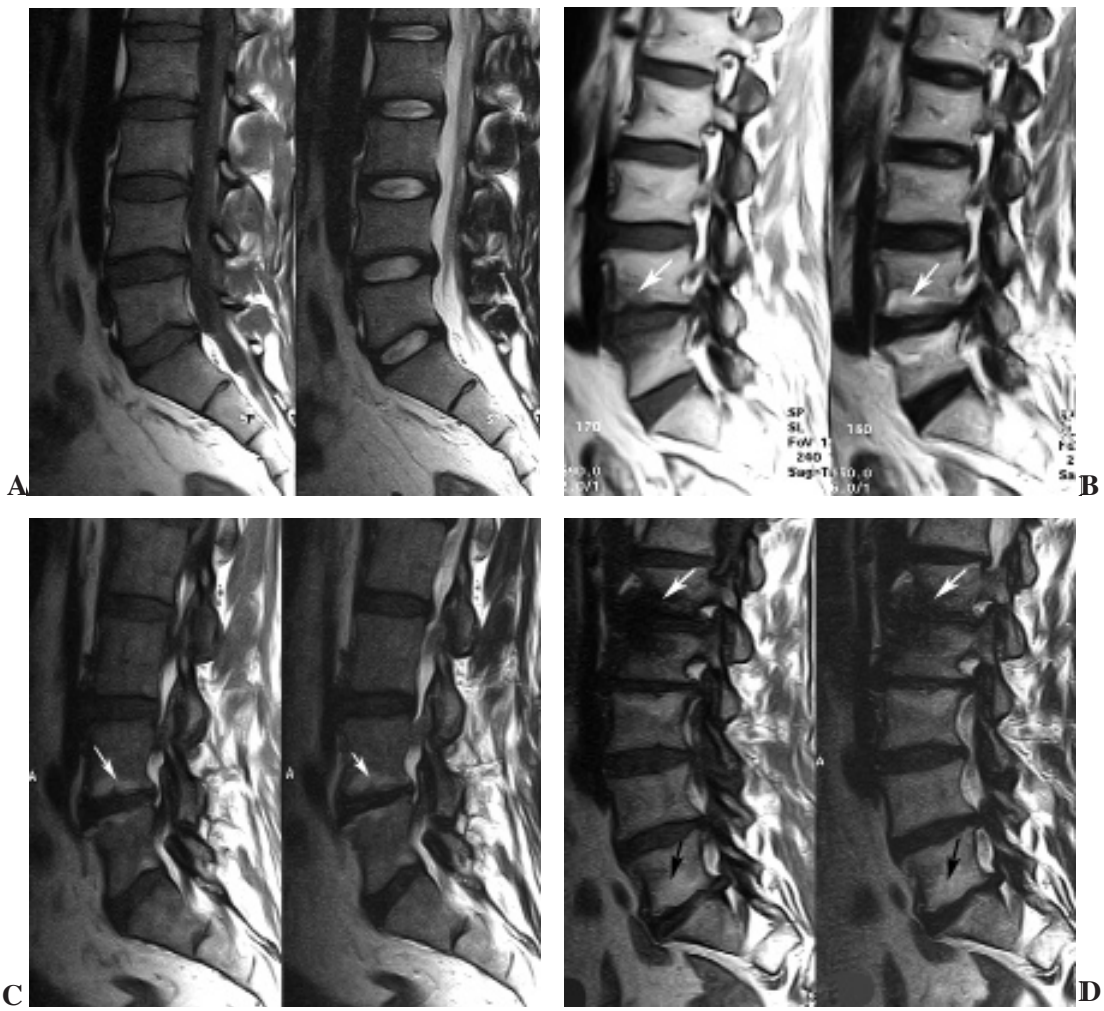
Disk dejenerasyonu genelde yaşlanmaya bağlı bir olaydır ve spondiloz adı verilen omurganın dejeneratif hastalığının nedenidir. Dejenerasyon nukleus pulpozusun su kaybı ile başlar. Diskin yükseklik kaybı sonucu anülus fibrozus dışarıya doğru difüz bir şekilde kabarıklık oluşturur. Anulus fibrozisin dışarıya doğru oluşturduğu kabarıklığa difüz anüler kabarıklık ("bulging") adı verilir.

Dejenere disk komşu kemik yüzlerinde osteofit oluşumunu stimüle eder. Difüz anüler kabarıklık, eşlik eden osteofitler ve onları çevreleyen yumuşak dokuda kalınlaşmalarla birlikte omuriliğe ve sinirlere bası oluşturabilir. Olaya katılan apofizyal eklemlerdeki dejeneratif değişiklikler basıyı artırır.

Spondiloz en sık alt servikal ve alt lomber bölgelerde görülür. Radyografik bulguları disk aralığında daralma, komşu kemik yüzlerinde osteofit oluşumları ile birlikte sklerozdur. Diskteki değişiklikler ve spinal kanalla ilişkisi BT ve MR ile incelenir. Osteofitler, disk kalsifikasyonu ve vakum fenomeni dediğimiz gaz görünümleri BT ile daha iyi gösterilir.

Spondilozun semptomatolojisi ile radyografik bulgular arasında bir korelasyon yoktur. Çok belirgin dejeneratif değişiklikleri olan kişiler asemptomatik olabileceği gibi, semptomatik olgularda radyolojik incelemeler normal olabilir.

Dejeneratif disk hastalığında MR'de vertebraların diske komşu kesimlerinde, diskojenik "endplate" değişikleri adı verilen yüksek veya düşük sinyal intensitesinde bantlar görülür. Bu bantların sinyal intensiteleri zamanla değişir. Bu değişiklikler T1AG ve T2AG'de intensitelerine göre 3 tipe ayrılır (Resim 7.180):



Resim 7.180 Diskojenik "endplate" değişiklikleri. A. Normal, B. Tip I değişiklikler, C. Tip II değişiklikler, D. Tip III değişiklikler (beyaz ok). Aynı olguda tip II dejenaratif değişiklikler de mevcut (siyah ok). İlk resimler T1AG, ikinci reasimler T2AG.

1. Tip I: Dejeneratif diske, komşu kemiğin ve kemik iliğinin inflamatuar veya granülomatöz cevabını gösterir; T1AG'de düşük T2AG'de yüksek intensitededir. Diğer tiplerden daha seyrektir; disk enfeksiyonları ile karıştırılmamalıdır.
2. Tip II: En sık görülen tiptir; yağlı kemik iliğine dönüşümü gösterir; bant hem T1AG hem de T2AG'de hiperintenstir.
3. Tip III: Bant hem T1AG hem de T2AG'de hipointenstir. Bu evre kemik sklerozunu gösterir ve değişiklikler düz röntgenogramda da saptanabilir.

Disk hernisi

Sebep genellikle mekaniktir ve anulus fibrozusun liflerinde parsiyel veya tam bir yırtık vardır. Disk hernileri patolojik olarak prolapsus, ekstrude disk ve sekestrasyon olarak isimlendirilen üç ayrı şekilde görülür. Prolapsusta anulus fibrozusun iç fibrilleri yırtılmıştır; nukleus pulpozus yerinden ayrılır ve bu fibriller arasından geçerek anulus fibrozusun geri kalan tabakasını dışarıya doğru iter. Bu olay nükleus pulpozusun herniyasyonudur. Ekstrude diskte anulus fibrozus fibrilleri tümüyle yırtılmıştır; nukleus pulpozus anulus fibrozustan dışarı doğru taşar. Sekestrasyonda ise dışarı taşan nukleus pulpozusun bir bölümü kopar ve kanal içerisinde yukarı ve aşağı doğru yer değiştirir. Disk hernisi radyolojik olarak disk kabarıklığı, sekestrasyon ve lateral disk olmak üzere üç şekilde görülür.

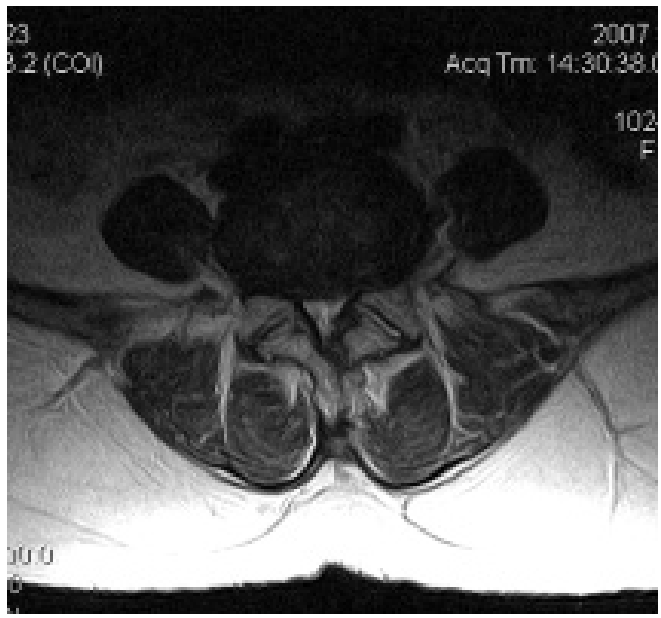
MR inceleme, standart olarak aksiyal ve sagital T1AG ve T2AG'den oluşur. Gerekirse aksiyal T1AG kontrastlı olarak tekrarlanır. Standart olarak L3'ün orta kesiminden S1'in ortasına kadar olan alan aralıksız olarak taranır. Herniye disk ana diske kıyasla daha hipointens görülür. Özellikle sekestre diskin intensitesi ana diskten farklıdır.

Operasyondan sonra yapılan BT/MR incelemelerinde kontrastlı kesitler standarttır. Kontrast madde ile skar dokusu belirgin boyandığı halde, disk herniyasyonları boyanmaz. Bu konuda MR, BT'den daha duyarlıdır.

Disk kabarıklığı (protrüzyonu) yaygın veya yerel kabartı şeklinde olabilir. Yaygın kabarıklık diskin dejenerasyonuna bağlıdır ve anulusun yırtılmadan dışarı doğru kabartı yaptığını gösterir. Bu şekildeki disk patolojisi asemptomatik yaşlı kişilerin yaklaşık yarısında vardır ve çoğu zaman klinik bir önemi yoktur (Resim 7.181). Yerel kabartı, hem nükleus pulpozus herniyasyonunu hem de ekstrude diski temsil edebilir. İkisi arasında radyolojik ayırım çoğu zaman yapılamaz (Resim 7.182). Protrüde parçada, T2AG'de *yüksek sinyal zonu* adı verilen hiperintens bir odağın varlığı anulus yırtığını gösterir, ancak her zaman farkedilemez (Resim 7.183). Protrüde kesimin düzensiz olması ekstrude disk lehine bir bulgudur (Resim 7.184). Sagital MR kesitlerinde ekstrude diskin, diskle devamlılığını kaybetmeden kanal içine doğru uzan-

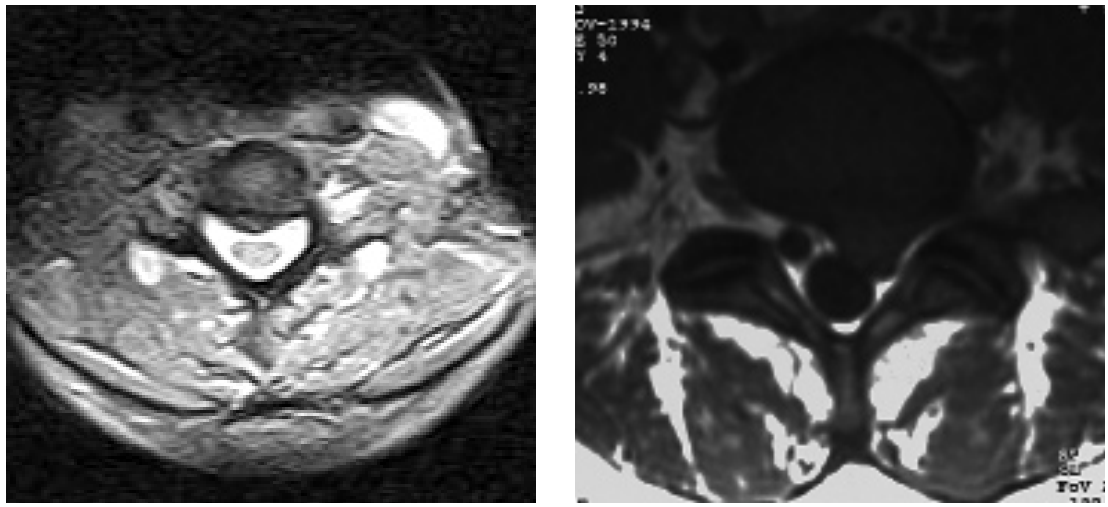


A



B

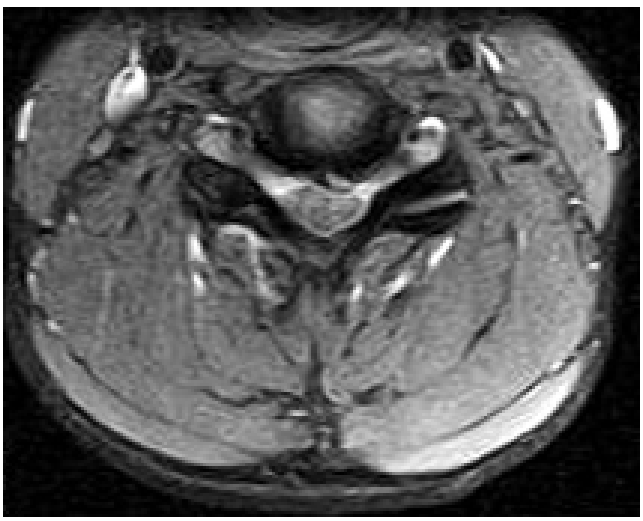
Resim 7.181 Difüz disk kabarıklığı. A. 4.ve 5. bel omurları arasındaki disk aralığında spinal korda hafif bası oluşturan disk protrüzyonu. B. Aksiyal görüntü



Resim 7.182 Disk kabarıklığının şekilleri. A. Difüz disk kabarıklığı, B. Fokal disk kabarıklığı. Bu boyuttaki fokal kabarıklık genellikle anulus fibrozusun yırtılması olarak kabul edilir.

ması *sıkılmış diş macunu bulgusu* olarak tanımlanır (Resim 7.185). Yerel kabartı, aksiyal kesitteki yerleşim yerine göre santral, santro-lateral, foraminal veya tam lateral olabilir.

Serbest parça (sekestrasyon), ekstrude diskin ana diskten koparak ekstradural alanda serbest bir parça şeklini almasıdır. Tanı için sekestre parçanın, ana parçadan ayrı görülmesi gerekmez; çıktığı disk seviyesinin üstünde veya altında olması yeterlidir (Resim 7.186). Bazen intensitesinin ana diskten farklı olması tanısına yardım eder. Disk hernisininin cerrahisinde başarısızlığın en önemli nedeni bu serbest parçanın saptanamamasıdır. Serbest parçanın varlığı, perkütan diskektomi, kimyasal eritme ve hatta mikrodiskektomi için kontrendikasyon oluşturur.

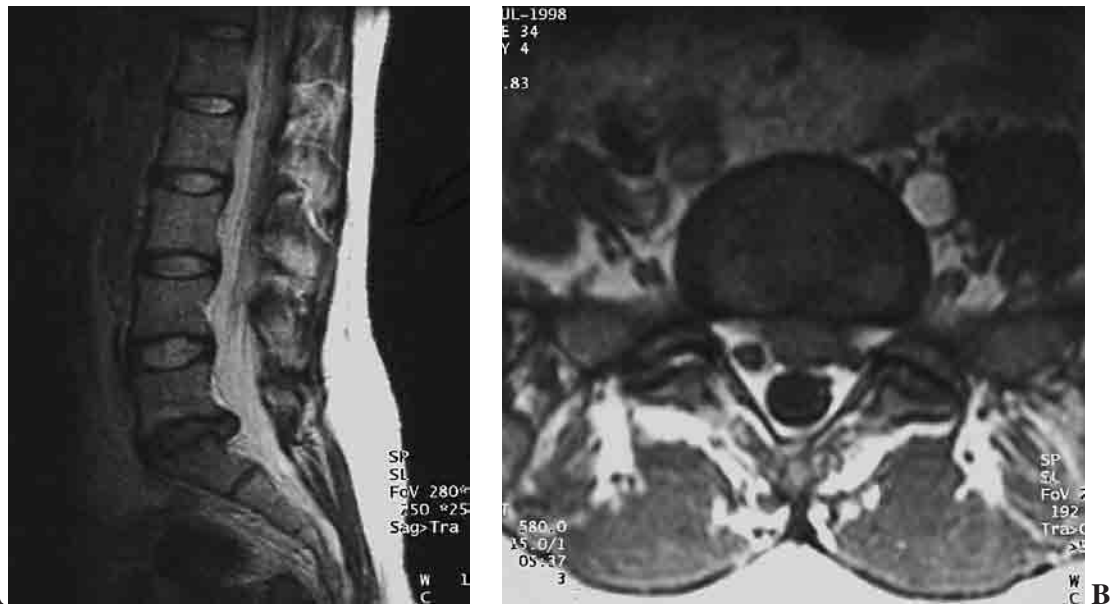


Resim 7.183 Ekstrüde diskte yüksek sinyal zonu.

Lateral disk, diskin laterale doğru protrüde olarak tekal aralığı henüz terketmiş olan sinir köküne baskı yapmasıdır. Sık görülmeyen bu durumun farkedilmemesi, birden çok seviyede protrüzyonu olan olgularda cerrahinin başarısız olmasının diğer bir nedenidir. Örneğin L4 sinirine bası bulgusu veren bir olguda bu bası, L3-L4 diskinin posteriora protrüzyonuna bağlı olabileceği gibi L4-L5 diskinin laterale protrüzyonuna da bağlı olabilir. Böyle bir durumda lateral disk fark edilemezse yanlış aralığa müdahale edilir. Lateral diskin cerrahisi de farklıdır; laminektomiye gerek duyulmaz. Lateral disk en iyi aksiyal kestilerde görülür. Sagital kesitlerde herniye diskin nöral forameni doldurduğu görülür; ancak her lateral disk olgusu foramen doldurmayabilir.

Epidural yağ herniye disk tarafından oblitere edilir. Özellikle S_1 seviyesinde sinir kökü yer değiştirebilir ve irrite sinir kökü kalınlaşır. Bu görünüm *birleşik kök* ve *sinir kökü çevresindeki BOS aralığının genişlemesinden (Tarlov kisti)* ayrılmalıdır (Resim 7.187). Herniye disk kalsifiye olabilir veya vakum fenomeni nedeniyle gaz içerebilir. L_5-S_1 aralığında, retrovertebral alandaki ekstradural ven pleksusu, disk kabarıklığı ile karıştırılmamalıdır.

Spinal kanalın en dar kesimi torasik bölgedir. Dorsal kifoz nedeniyle spinal kord bu bölgede önde lokalizedir. Bu nedenle torasik bölgedeki küçük bir protrüzyon hemen bulgu verir. Herni daha çok santral ve santro-lateraldir.



Resim 7.184 Ekstrüde disk. A. T2AG sagital kesit. L5-S1 diskinde belirgin protrüzyon. B. Aksiyal kesitte santralde düzensiz kenarlı ekstrüde diske ait görünüm.

BT**,** MR'den önceki dönemde disk hastalığının tanısında temel yöntem konumunda idi; günümüzde yerini MR'ye bırakmıştır**.** BT'de inceleme ince kesitlerle (2-3 mm) yapılır (Resim 7.188). Standart olarak L_{3-4}, L_{4-5}, L_5-S_1 aralıkları taranır. Kesitler disk aralıklarına paraleldir; ayrıca omur gövdelerinden de birer kesit alınır. Sekestrasyonların gözden kaçırılmaması için incelenen bölge aralıksız taranmalıdır. Normalde L_{3-4} ve L_{4-5} aralığında disklerin arka kesimi gençlerde hafif konkav, yaşlılarda düz görünümdedir. L_5-S_1 aralığında ise normalde hafif bir konveksite izlenebilir.

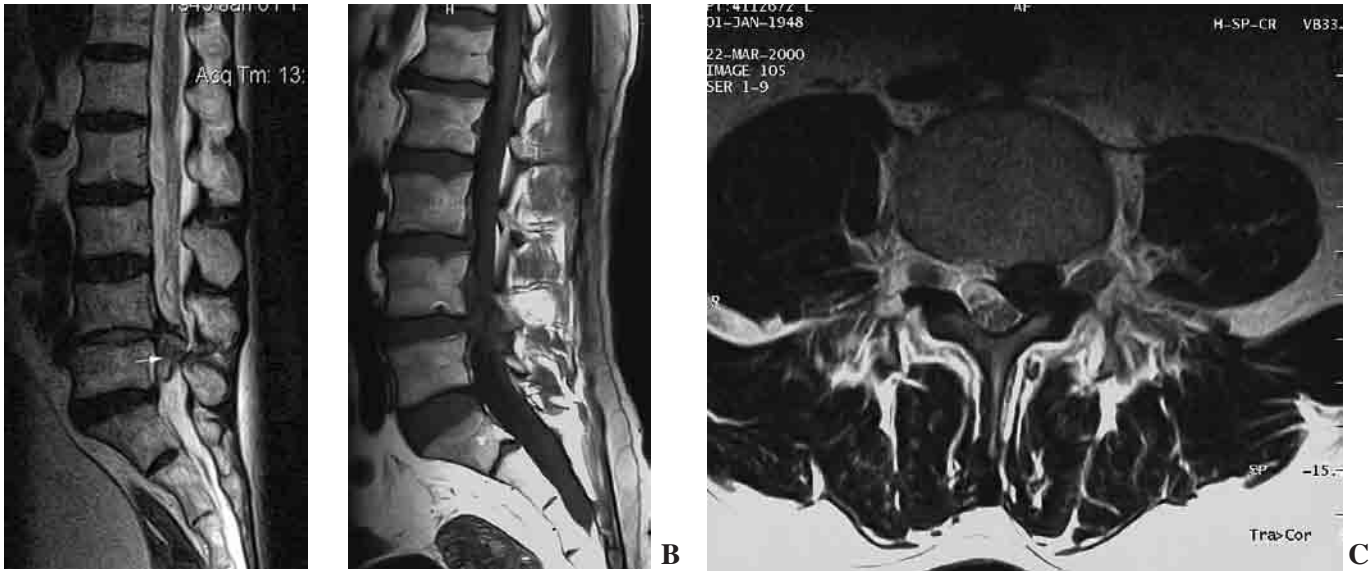


Resim 7.185 L4-L5 diskinde L5'in arkasına doğru uzanan ekstrüde disk. Sıkılmış diş macunu bulgusu

Disk hastalığı BT'de iki şekilde görülür; birincisi *difüz anüler kabarıklık*, ikinci şekil ise *fokal kabarıklıktır*. Fokal kabarıklık disk hernisinin karşılığıdır. Bu fokal kabarıklığın disk hernisinin hangi şeklini temsil ettiği bilinemez. Pratikte, kabarıklığın boyutuna göre karar verilmektedir. Fokal kabarıklık küçükse prolapsusu, belirginse ekstrude diski temsil ettiği düşünülür. Herniye kesim disk seviyesinin altında veya üstünde ise sekestrasyondur.

Servikal bölgede epidural yağ dokusu azdır. Bu nedenle disk hernisini saptamada BT'nin duyarlılığı düşüktür, BT-miyelografi gerekebilir. Ancak MR'nin kliniğe girmesi ile tekal aralığa kontrast vererek yapılan çalışmalara gereksinim kalmamıştır. Fakat disk kalsifikasyonlarını ve çevre kemik yapıları çok iyi gösterdiği için BT hâlâ değerli bir tanı yöntemi konumundadır.

Operasyondan sonra yapılan BT incelemelerinde, disk herniyasyonu mu yoksa fibroz mu sorusuna, lezyonun yoğunluğuna bakarak karar vermek mümkün olabilir. Diskin yoğunluğu skar dokusundan, skar dokusunun yoğunluğu ise omurilikten daha fazladır.

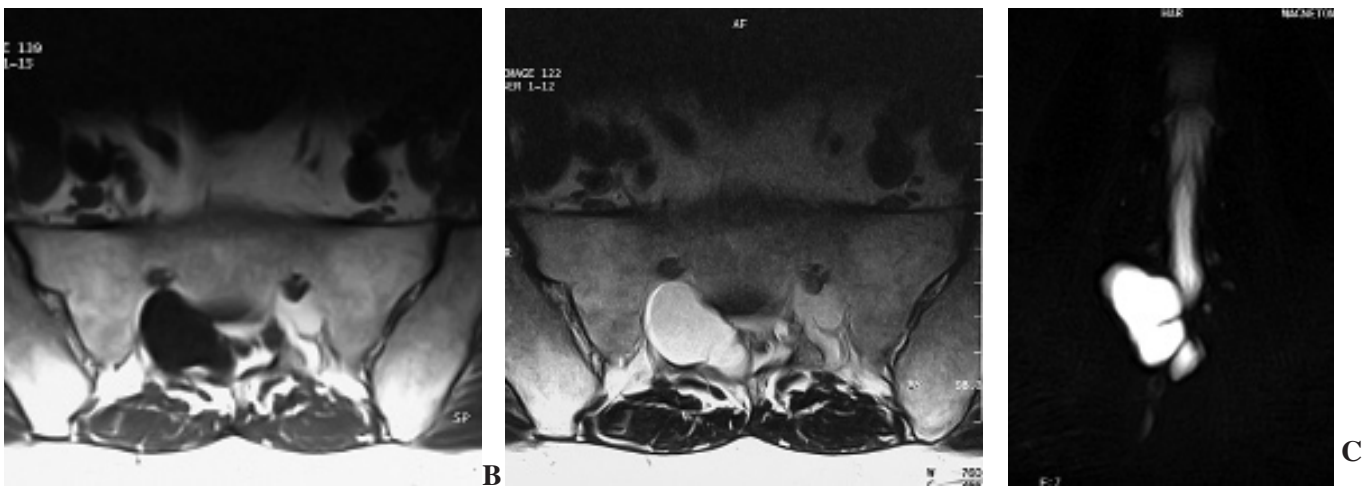


A B C

Resim 7.186 Sekestre disk A. T2AG. L4-L5 disk mesafesinde belirgin daralma ve L5 omur gövdesinin arkasında ilgili diskle ilişkisi olmayan kopmuş parça. B. Ayrı bir olgu. T1AG. L4 omur gövdesi arkasında sekestre disk parçası. L4-L5 aralığında disk herniasyonu. C. Vertebra korpusunun arkasına yükselmiş sekestre disk, tekal keseyi komprese ve deforme etmiş.

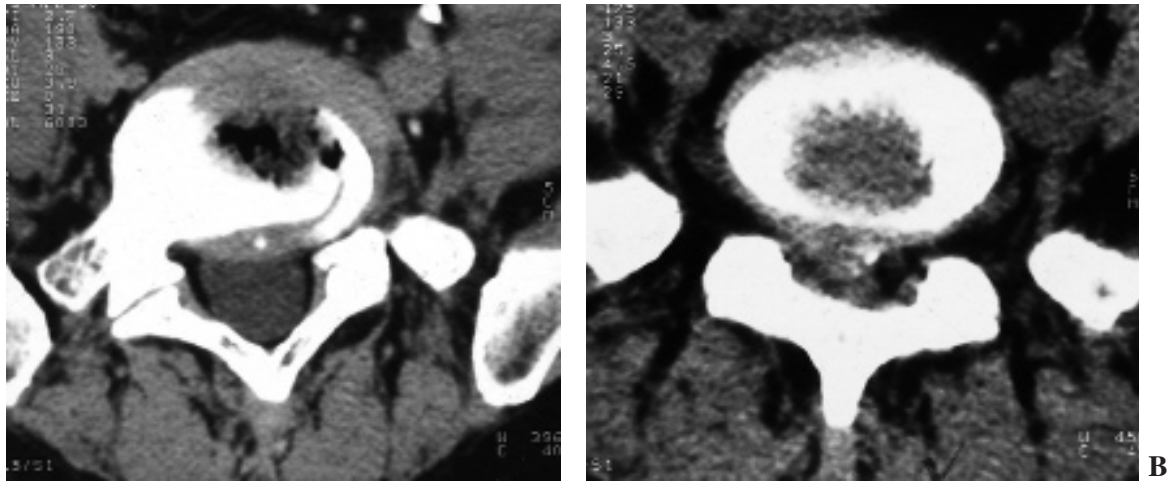
Miyelografide bulgular disk protrüzyonunun yerine ve derecesine göre değişir. Tam lateral disk protrüzyonu, kontrast madde kolonuna bası yapmadığı için saptanamaz. Santro-lateral hernide basının derecesine göre sinir köklerinde amputasyonlar izlenebilir. Santral protrüzyonda ise pron dekübitus projeksiyondaki "cross-table" röntgenogramlarda kontrast madde kolonuna önden bası izlenir. Belirgin bir prolapsus *kum saati* deformitesi, daha da şiddetli olursa tam bir blok oluşturabilir. Disk hernisini araştırmak amacıyla yapılan miyelografi günümüzde yerini MR'ye bırakmıştır.

Akut disk hernisinin radyografik bulgusu disk aralığının paralel hale gelmesi veya tersine ön tarafının daralması arka tarafının genişlemesidir (Resim 7.189). Kronik olgularda disk aralıkları daralır. Komşu kemik yüzlerinde skleroz ve osteofitik dejeneratif değişiklikler ortaya çıkar.

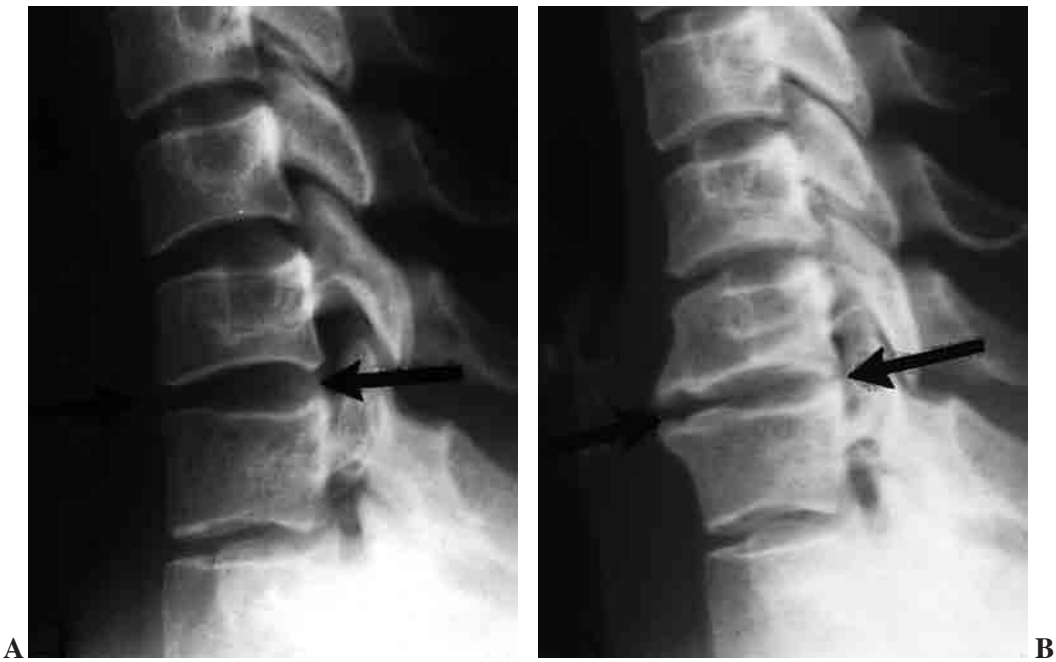


A B C

Resim 7.187 Tarlov kisti. A. T1AG, B. T2AG, C. T2 ağırlıklı MR-miyelografik görüntü.



Resim 7.188 Disk hernisinde BT görünümleri. A. Dejenere diske bağlı difüz kabarıklık. Disk içerisinde vakum fenomenine ait hava görünümleri. B. Sağ santrolateral belirgin disk protrüzyonu. Diskin kenarında görülen kalsifikasyon birlikte olan osteofitin uzantısını temsil edebilir.

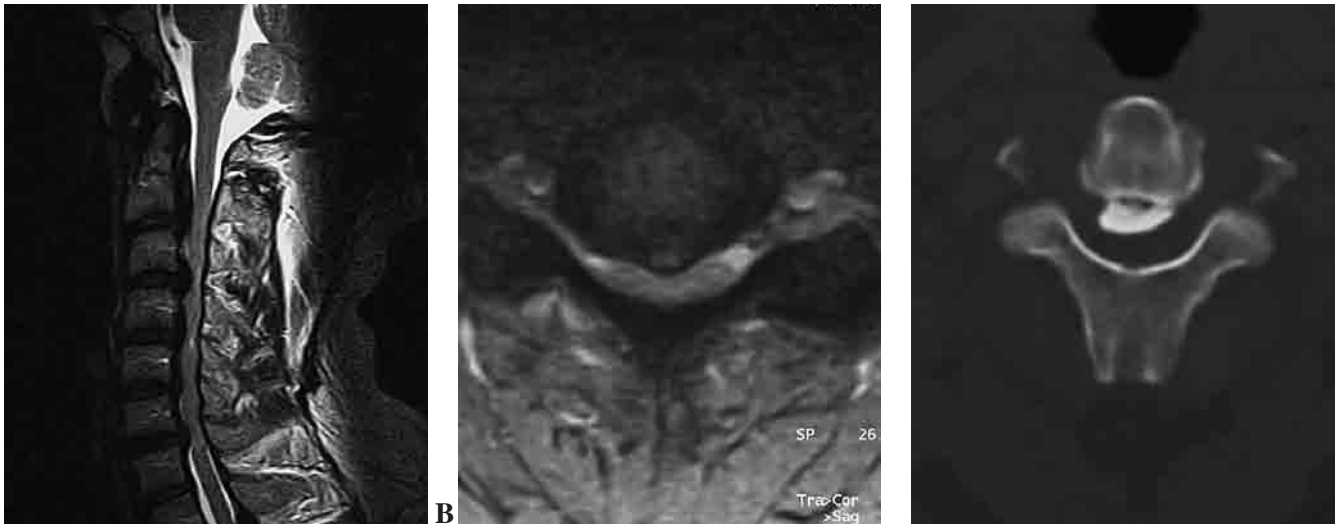


Resim 7.189 Servikal 6.-7. vertebralar arasında disk hernisi, A. Akut evre. Disk aralığı ön kesimde daralmış, fizyolojik lordoz düzleşmiş, B. 7 yıl sonra. Disk aralığında daralma ve komşu kemik yüzlerinde dejeneratif değişiklikler görülüyor.

Spinal stenoz

Spinal stenoz, omurganın kemik veya yumuşak dokularının, bir veya daha fazla nöral elemana semptomatik baskı yapacak şekilde kanalı daraltmasıdır. Bu ifade tek başına diskin yaptığı daralmayı kapsamaz. Spinal stenoz doğumsal ve edinsel olarak ikiye ayrılır. Doğumsal nedenli dar kanal çok belirgin bir darlık gösterse de genellikle üzerine edinsel değişiklikler oturmadan semptom vermez. Doğumsal stenoza örnek olarak akondroplazi verilebilir. Klinik olarak stenozun tuttuğu bölgeye göre yapılan sınıflama faydalıdır. Pratikte stenoz ve disk hastalığı genellikle birlikte görülür. Disk hastalığında olduğu gibi radyolojik görünüm ile klinik uyumlu olmayabilir. Spinal stenoz en iyi BT ile değerlendirilir.

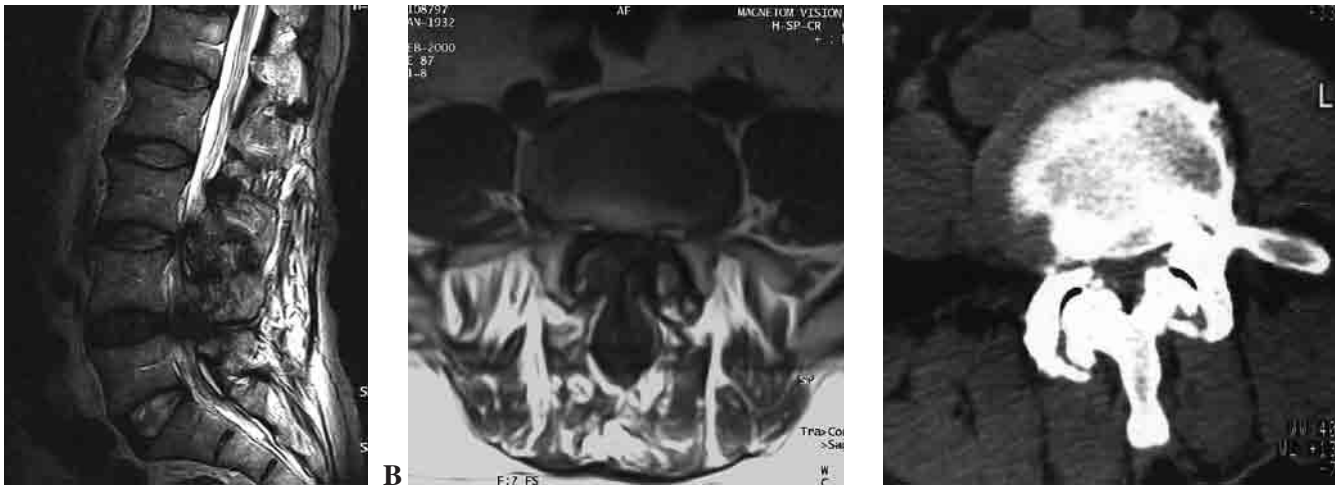
Spinal stenoz santral kanal stenozu, lateral reses stenozu ve nöroforaminal stenoz olarak üçe ayrılır.



Resim 7.190 Spinal kanal darlığı. A. T2AG. Kanalın belirgin şekilde daraldığı görülmektedir. Omur gövdelerinin arkasından geçen posterior ligamanın belirgin hipertrofisi. Ligamantum flavum da hipertrofiye. Hipertrofiye ligamanlar tekal kese üzerinde belirgin bası oluşturuyor. Bu kesimlerde tekal aralık obliteredir. B. Aksiyal kesit. Kanal belirgin şekilde dar görülüyor. C. Aksiyal BT kesiti. Posterior ligamanda yoğun kalsifikasyon. Kanal daralmış. Ayrı olgu.

Santral kanal stenozu: Spinal kanalın sagital çapı ortalama olarak servikal bölgede 12 mm, lomber bölgede ise 14 mm'dir. Bu değerlerin altı spinal kanal darlığı olarak yorumlanabilir. Bu ölçümlerde, foküs-obje ve film-obje uzaklığı gibi teknik faktörler nedeniyle ölçüm yanlışlıkları yapılabilir. Bu nedenle servikal bölgedeki kanal darlıklarının ölçümünde yan röntgenogramlarda spinal kanal-omur gövde oranı kullanılır. Bu oran 0.82'den daha az ise kanal darlığından bahsedilir. Kanal ölçümü günümüzde kanal darlığını belirlemede değerli bir ölçüt olarak kabul edilmez; kanal darlığına karar vermek için kanal ölçümü yerine tekal kesenin kompresyon derecesine bakılır. Normalde yuvarlak olması gereken kese, santral kanal darlıklarında ön-arka yönde yassılaşır. Pratikte tekal kesenin ön-arka yöndeki daralması subjektif olarak değerlendirilir ve hafif, orta ve şiddetli olarak derecelendirilir (Resim 7.190).

Santral kanal stenozunun en sık nedeni fasetlerin dejeneratif eklem değişiklikleri sonucu hipertrofisidir (Resim 7.191). Bu kemik hipertrofisi aynı zamanda



Resim 7.191 Faset eklemlerin hipertrofisi. A. T2AG. Alt segmentlerde daha belirgin görülen, faset eklemlerinin hipertrofisine bağlı kanalda daralma. Hipertrofiye kesimler yoğun hipointens görülüyor. B. Aksiyal kesit. Faset eklem yüzeylerinde siklerozun hipointens görünümü. Fasetler hipertrofiye. C. BT kesiti. Faset eklemlerinde dejenerasyona bağlı vakum fenomeni ve belirgin hipertrofi. Kanal dar ve lateral resesler de daralmış. Ayrı olgu



Resim 7.192 Faset eklem hipertrofisine bağlı ileri derecede lateral reses darlığı. Omur gövdelerinde ve posterior elemanlarda dejeneratif yeni kemik oluşumlarına bağlı kenar düzensizliği.

lateral reses stenozunun da nedenidir. Fasetlerdeki dejenerasyon, faset eklemlerinde hafif kaymaya neden olur; ligamentum flavum kıvrım yapar. Bu görünüme ligamentum flavum hipertrofisi adı verilir ve kanal darlığının sık nedenlerinden biridir. Genellikle hafif bir disk protrüzyonuna, minimal derecede faset ve ligamentum flavum hipertrofisi eşlik eder. Bu birliktelik belirgin kanal darlığı oluşturabilir.

Santral kanal stenozunun daha seyrek görülen nedenleri akondroplazi, Scheuermann hastalığı, Paget hastalığı, florozis, posttravmatik değişiklikler ve şiddetli spondilolistezdir.

Lateral reses stenozu: Sinir köklerinin tekal keseyi terkettikten sonra nöral foramene ulaşana kadar katettikleri kesimi çevreleyen kemik kanala lateral reses adı verilir. Darlığın en sık nedeni süperior artiküler fasetin hipertrofisidir (Resim 7.192). Lateral resesin ön-arka çapı 2 mm'den küçükse stenozdan bahsedilebilir. Stenoz dışında köke baskı yapan diğer nedenler ayırıcı tanıda göz önünde bulundurulmalıdır.

Nöroforaminal stenoz: Santral kanal stenozunda olduğu gibi en sık neden dejeneratif eklem hastalığına bağlı faset hipertrofisidir. Nöral foramen en iyi disk seviyesinin üzerinden geçen aksiyal kesitlerde değerlendirilir. Disk mesafesi forameni alttan çevreler; sinir kökü foramenin üst kesimindedir. Nöroforamen en iyi sagital MR kesitlerinde görülür, ancak tek kesitte değil ardışık tüm kesitlerde incelenmelidir. Foramen içerisindeki köke baskı yapan diğer nedenler fragmante disk, lateral disk ve postoperatif granülasyon dokusudur (Resim 7.193).



A



B

Resim 7.193 Nöroforaminal stenoz. Stenoz nedeni sekestre disk. A. Sagital, B. Aksiyal görünümleri (ok). Sekestre disk foramen oblitere ediyor.

ENFEKSİYON

Tüberküloz

Ülkemizde ekstradural enfeksiyonun en sık nedeni tüberkülozdur. Tüberkülozun omurgada yerleşen şekline Pott hastalığı ("*mal de Pott*") adı verilir. Kemik ve eklem tüberkülozunun yaklaşık yarısı omurgadadır. Torakolomber bölge en sık tutulan kesimdir, bunu servikal bölge izler. Omurga ile beraber sakroilyak eklemlerin tek taraflı tutulması sıktır.

Omurun gövdesi ya üst ve alt kenardan, ya ortadan, ya da önden periost altından tutulur. En sık vertebranın üst ve alt kenarından başlayan şekli görülür. Komşu disk hızla yıkılır. İki veya daha fazla vertebra tutulabilir. Korpusların ön kesimleri daha çok etkilendiği için lokalize kifoz ve bazen skolyoz görülebilir (Resim 7.194).

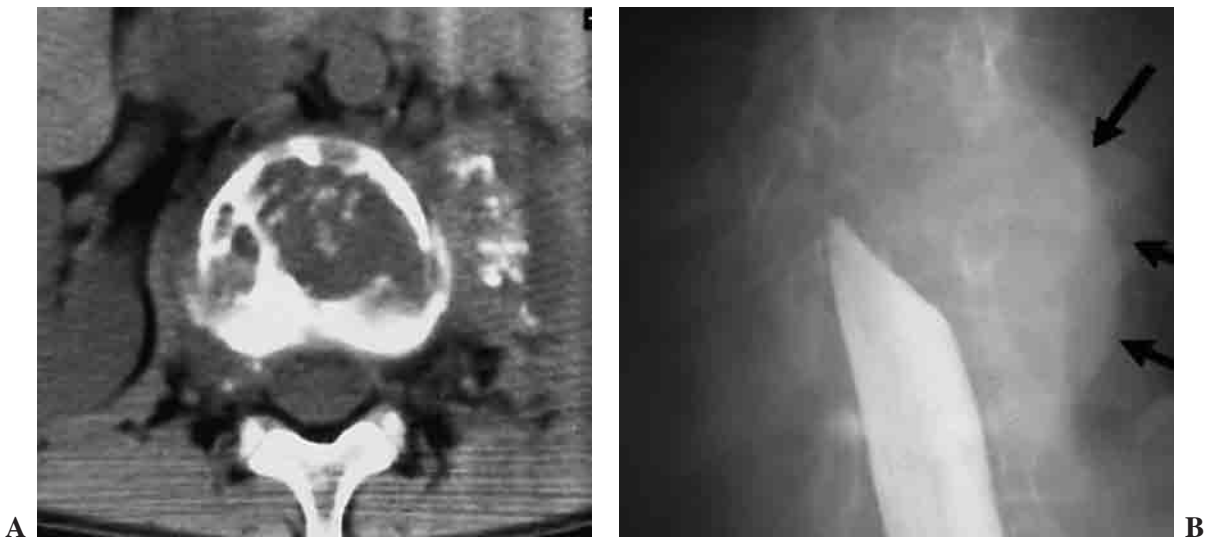
Vertebraların çevresinde soğuk abseye bağlı sıklıkla kalsifiye olan yumuşak doku kitlesi izlenir (Resim 7.195). Tüberkülozda disk aralıklarının öncelikle tutulması, tümöral nedenli omurga lezyonlarından ayırıcı tanısında yardımcıdır. Reaktif kemik yapımı tüberkülozun bulgusu değildir, ancak ikincil olarak gelişen dejeneratif değişiklikler sonucu ortaya çıkabilir (Resim 7.196). Miyelografide ekstradural bası veya blok görülür.



Resim 7.194 Vertebra tüberkülozu. İki yönlü dorsolomber omurga röntgenogramı. 12. sırt-1. bel omurlarında harabiyet ve kamalaşmaya bağlı hafif kifoskolyoz (ok).

Piyojenik spondilodiskit

Omurganın piyojenik enfeksiyonları sıklıkla üriner sistem enfeksiyonları ile birliktedir. Uyuşturucu kullananlarda sık görülür. En sık lomber bölgeyi tutar, torasik ve servikal bölgelerde daha az sıklıkla yerleşir.



Resim 7.195 Omurga tüberkülozu. A. BT görünümü. Tutulan omurda kemik destrüksiyonu ve paravertebral lokalizasyonda kalsifiye soğuk abse görünümü. B. Ayrı bir olguda tutulan omurgada harabiyetle birlikte yükseklik kaybı ve paravertebral yumuşak doku şişliği. Omurilik basısı olan hastada yapılan miyelografide absenin ekstradural basısı nedeniyle kontrast madde bloke ve yukarıya doğru geçememiş. Kontrast kolonunda ekstradural kitleye has tipik baskı.



Resim 7.196 Mal de Pott. Kontrastsız (A) ve kontrastlı (B) MR T1AG. Kemik harabiyeti ve soğuk apse. Soğuk absenin diske doğru uzanan kapsülü kontrast tutuyor.

İntervertebral diskler sıklıkla ve hastalığın erken evresinde tutulur. Omurların gövdelerinde kemik harabiyeti görülür. Reaktif yeni kemik oluşumu sıktır, osteoporoz genellikle beklenmez. Kemiğe komşu disk mesafesi enfeksiyonun yayılmasıyla birlikte daralır (Resim 7.197). Lezyonlar genellikle soliterdir. Sekestr oluşumu nadirdir. Paraspinal yumuşak doku kitlesi tüberkülozdan daha az belirgindir ve kalsifikasyon çok nadirdir. Tek bir röntgenogramla görünümü tüberkülozdan ayırmak zordur. Seri röntgenogramlar progresyon ve regresyonun tüberkülozdan daha hızlı olduğunu gösterir. Miyelografide blok nadirdir.

Genellikle yetişkin erkeklerin torasik ve lomber bölgelerinde görülen **diskitis** adı verilen enfeksiyonda, başlangıçta tutulan disk aralığında daralma görülür. Bunu, komşu vertebra yüzlerinde reaktif skleroz izler. Artiküler erozyon ve yeni kemik oluşumları görülür. Sonuçta gelişen osteofitler birbirleriyle birleşebilirler. Muhtemelen piyojenik spondilodiskitisin düşük virülanslı hafif bir şeklidir.

Bruselloz

Omurga değişiklikleri piyojenik ve tüberküloz spondiliti taklit eder. Tipik olarak lomber bölge tutulur. Klinik olarak akut başlar ve radyolojik bulguları hızla ilerler. Abseye ait paraspinal kitleler brusellozda tüberkülozdan daha az sıklıktadır ve kalsifiye olmaz. İleri evrede, tutulan vertebralarda yoğun skleroz, osteofit formasyonu ve kemik füzyon gelişir.

Omurga enfeksiyonlarındaki kemik değişiklikleri ve kalsifikasyonlar en iyi x-ışını yöntemleri ile görüntülenir. Yumuşak doku kitlelerinin kanal ile ilişkisini daha iyi göstermek için BT-miyelografi yapmak gerekebilir; MR'nin kliniğe girmesi ile bu gereksinim ortadan kalkmıştır.

Spinal enfeksiyonların tanısında ve yumuşak doku tutulumunun ayrıntılı görüntülenmesinde en duyarlı yöntem MR'dir. Tutulan disk ve komşu omurun gövdesi T1AG'de hipointens, T2AG'de belirgin hiperintenstir. Disk aralığı daralmıştır; disk ve kemik yapı arasında sınır kaybolmuştur. Enfeksiyonun paravertebral yayılımı T2AG'de ligamentler altında hiperintens olarak izlenir. Tutulan kesim difüz bir şekilde kontrast tutar. Lezyonun kenarlarında kontrast tutulumu daha belirgin olabilir. Soğuk absenin ise kapsülü kontrast tutar.

TÜMÖRLER

Omurganın primer tümörleri metastazdan çok daha az görülür. Metastaz lomber bölgeyi sık tutar. Primer malign kemik tümörleri bu bölgede nadirdir; ancak hemanjiom, anevrizmal kemik kisti ve eozinofilik granülom gibi benign lezyonlar görülebilir. Malignite düşünülen bir epidural kitlede birlikte kemik lezyonu varsa metastaz, yoksa lenfoma olasılığı yüksektir.

Primer kemik tümörlerinın tanısında düz röntgenogramlarla birlikte BT temel yöntemdir. BT ile kemik destrüksiyonları ve birlikte bulunan yumuşak doku kitleleri çok iyi görüntülenir (Resim 7.198).

MR tümörün yumuşak doku bileşenin çevre ile, özellikle de spinal kordla ilişkisini belirlemede değerlidir. Kemik metastazlarının değerlendirilmesinde MR konvansiyonel sintigrafiden daha duyarlıdır. Metastazlar T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstir (Resim 7.199); heterojen şekilde kontrast tutarlar (Resim 7.200). Ancak melanin pigmenti içerenler (melanom metastazı) ve hemorajik metastazlar T1AG'de hiperintens görülebilir.

Vertebral hemanjiom

Vertebral hemanjiomun *parmaklığa* ya da *kaba fitilli kadifeye* benzer vertikal kaba çizgili düz röntgenogram görünümü tipiktir. Bu yapı BT'de, kalınlaşmış seyrek trabeküllerden dolayı kaba benekli bir şekil-



Resim 7.197 Piyojenik spondilodiskit. A. T1AG sagital kesit. L4 ve L5 omurlarının diske komşu kesimlerini tutan hipointensite. Disk mesafesi daralmış ve bu seviyede posterior vertebral ligament altına uzanan yumuşak doku kabartısı. B. T2AG'de tutulan kesimler hiperintens. Diske komşu kemik yüzeylerinde küçük destrüktif alanlar mevcut. C. Kontrastlı T1AG'de kemik lezyonları ve yumuşak doku tutulumu belirgin kontrast tutmuş. Yumuşak doku kitlesi tekal keseye baskı yapıyor. D. Aksiyal kesitte omur gövdesinde harabiyet ve kanala uzanan yumuşak doku şişliği.

de görülür (Resim 7.201). Hemanjiomlar T1AG ve T2AG'de genellikle hiperintenstir. (Resim 7.202). Bu görünüm, hemanjiom stromasının yağ dokusundan zengin olmasına bağlıdır. Bazı hemanjiomlar ise T1AG'de hipointenstir. Bunlar daha agressiv davranır ve paraspinal uzanımla omuriliği komprese edebilir. Yağlı stroması olan lezyonlar genellikle asemptomatiktir.



Resim 7.198 Omur gövdesinde metastaz. BT görünümü. Metastaza bağlı kemik harabiyeti. Birlikteki yumuşak doku kitlesi kanal içerisine doğru protrüze.

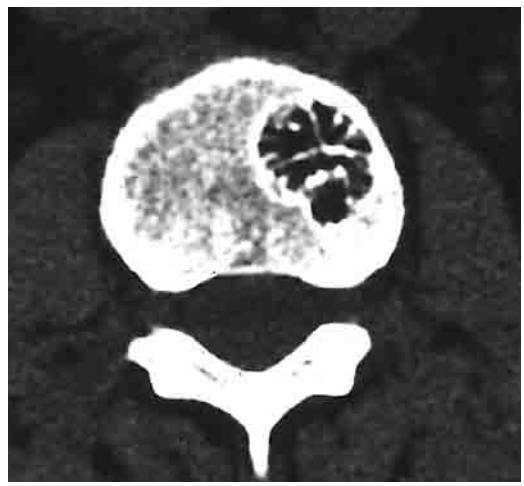


Resim 7.200 Omurga metastazı. Akciğer kanserli olguda kontrastlı T1AG'de sırt ve bel omurlarında heterojen kontrast tutulumu. Omurilikte leptomeninjeal metastaza uyar kontrastlanma (ok).



A **B**

Resim 7.199 Omurga metastazı. A. T1AG. 3. bel omuruda daha belirgin olmak üzere vertebralarda hipointens tutulum. B. T2AG. Metastatik odaklar. Hafif hiperintens görünümde. 4. bel omurunda omurga gövdesinde harabiyet, yumuşak doku kitlesi spinal kanala uzanıyor.



Resim 7.201 Vertebra hemanjiomu. BT görünümü. Vasküler kanallar çevresinde kalınlaşmış trabeküllerin oluşturduğu tipik görünüm.



Resim 7.202 Vertebra hemanjiomunun MR görünümü (oklar). A. T1AG. Vertebra korpusunda düzgün kenarlı hiperintens bir alan. B. T2AG görünümü. Lezyon hiperintens.

TRAVMA

Travma açısından bir omur ön, orta ve arka olmak üzere 3 parçaya ayrılır. Omur gövdesinin 2/3 ön kesimi ön parçayı, 1/3 arka kesimi orta parçayı, arka elemanları da arka parçayı oluşturur. İki veya daha fazla parçayı tutan kırıklar veya büyük ligamentlerin yırtıklarında kırık anstabildir.

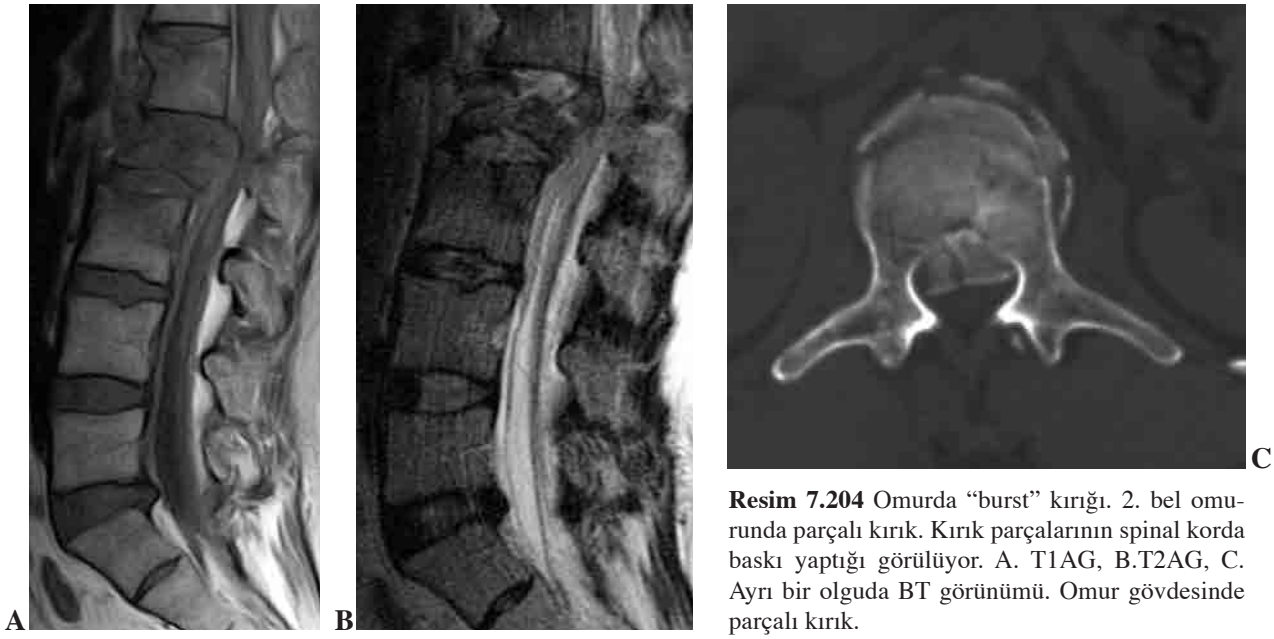
Omur kırıkları; anterior kompresyon kırıkları, fraktür dislokasyonları ve "burst" (patlama) kırıkları olarak üçe ayrılır. Anterior kompresyon kırıkları sadece ön parçayı tutar; omurga stabildir ve nörolojik komplikasyon yoktur. Fraktür dislokasyonlarında genellikle üç parça birden tutulur; omurga anstabildir ve nörolojik komplikasyonlarla birliktedir (Resim 7.203). "Burst" kırıklarında ise ön iki segment tutulmuştur; üzerine ağırlık bindiğinde kırık kemik parçaları spinal kanala doğru kayarak omurgayı anstabil hale getirebilir (Resim 7.204).

Omurga ve omuriliğin travmatik lezyonlarında radyografi temel yöntemdir; kırıkları ve omurganın travmaya bağlı diziliş değişikliklerini anatomik bütünlük içerisinde gösterir. Anterior kompresyon kırıklarında omur gövdesinin korpusunun ön parçasında yükseklik kaybı görülür; üst kenar konkavdır ve kompresyon nedeniyle yoğunluğu artmıştır. Disk kırık omurun gövdesi içerisine gömülmemişse disk aralığı normaldir.

Omurga kırıklarında kemik yapıların durumu BT ile, yumuşak doku ve omurilik hasarı ise en iyi MR ile incelenir. Özellikle "burst" kırıklarında ve fraktür dislokasyonlarında kemik yapıların spinal kanalla ilişkileri BT ile daha açık gösterilir. Ligament yırtıkları, disk herniyasyonu, epidural hematom, omurilik kesisi, kanaması ve kontüzyonu MR ile ayrıntılı ola-



Resim 7.203 Servikal travmada fraktür dislokasyonu. T2AG. 5. servikal vertebra öne kaymış. Komşu omurilikte posttravmatik miyelopati.



Resim 7.204 Omurda "burst" kırığı. 2. bel omurunda parçalı kırık. Kırık parçalarının spinal korda baskı yaptığı görülüyor. A. T1AG, B.T2AG, C. Ayrı bir olguda BT görünümü. Omur gövdesinde parçalı kırık.

rak gösterilir. Omurilik ödemi T2AG'de yerel homojen sinyal artımı şeklinde görülür. Omur kırıklarında T2AG'de görülen hiperintensite aylarca ve bazı olgularda yıllarca sürer.

Omuriliğin tam kesisinde kalıcı nörolojik defisit gelişir. Kontüzyona bağlı akut ödemin prognozu ise iyidir ve radyolojik olarak düzelir (Resim 7.205).



Resim 7.205 Travmada servikal omurilikte akut ödeme bağlı diffüz homojen sinyal artımı ve genişleme.

Akut hematom, sebep olduğu sirinks kavitesinin yukarıya doğru ilerlemesiyle post-travmatik progressif miyelopatiye neden olabilir.

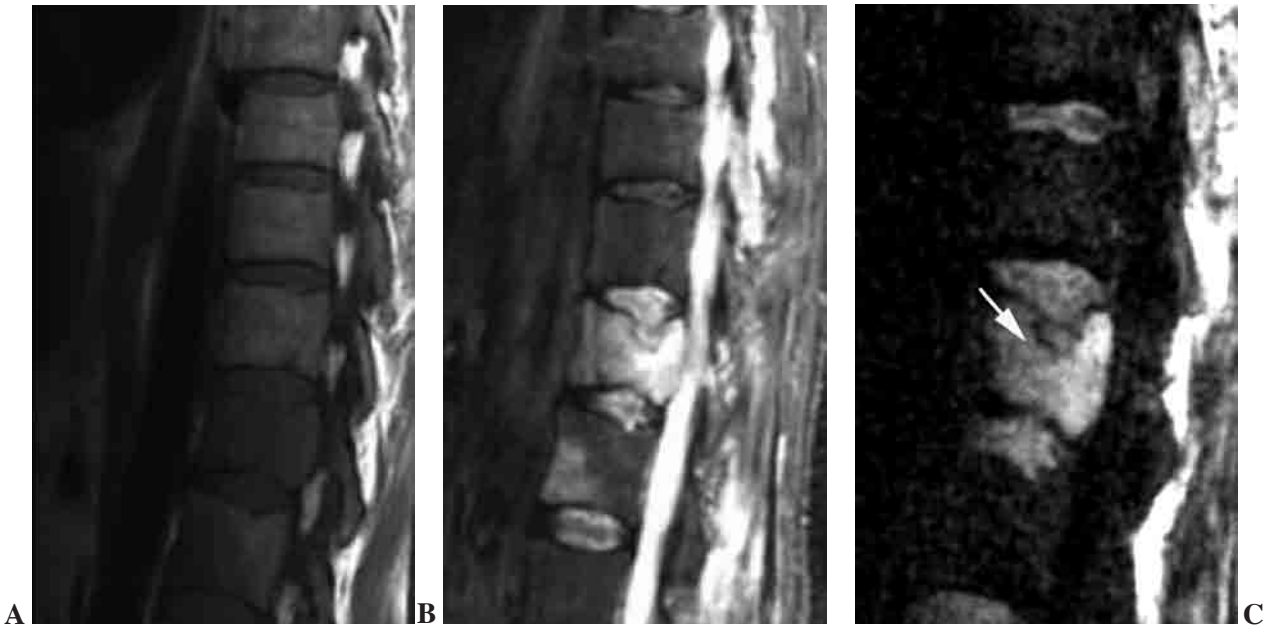
Omur çökmesinde ayırıcı tanı

Omur çökmesinde ayırıcı tanı yapmak kolay değildir. Ayırıcı tanıda öncelik, malign-benign ayırımıdır. Malign tutulumun en sık nedeni metastaz, benign tutulumun nedeni ise osteoporozdur. Metastaz ve osteoporozun aynı yaş grubunda görülmesi, bu iki nedene bağlı çökmenin ayırıcı tanısını zorlaştırır. Benign çökmenin diğer nedeni ise enfeksiyondur.

Omur çökmesinin MR görüntülerindeki ayırıcı tanı ölçütleri morfolojik değişikliklere ve sinyal intensitesine dayanır. Diğer vertebralar normalken tek bir vertebrada çökme olması malign tutulum lehinedir. Osteoporoz ve enfeksiyonda böyle bir tutuluma sık rastlanmaz. Enfeksiyon disk aralığını da içine alır ve devamlılık gösterir.

Osteoporoz ve metastazda ise disk aralıkları sağlamdır. Metastazda birden fazla segment tutulabilir, ancak lezyon segmentler arasında davamlılık göstermez; pediküllerin de tutulması tipiktir. Metastaza bağlı çökmede tüm omur gövdesi tutulur. Osteoporoza bağlı yeni oluşmuş vertebral kollapsta ise korpusun posterior kesiminin sinyal intensitesi normaldir ve kontrastlı incelemede çizgisel subkondral boyanma görülür.

Metastaz, enfeksiyon ve osteoporotik akut çökme-



Resim 7.206 Vertebrada metastaz. A. T1AG, B. T2AG (STIR), C. DAG görüntüleri. Tutulan vertebra T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens ve DAG görüntüsünde hiperintensite devam ediyor.

nin standart MR görüntülerinde sinyal özellikleri aynıdır; T1AG'de intensite azalır, T2AG'de artar (Resim 7.206). Osteopoza bağlı akut çökme ile metastaz arasındaki ayırıcı tanıda DAG görüntüleri yardımcı olabilir; metastazda kemik iliğinin hücre infiltrasyonuna bağlı olarak difüzyon kısıtlaması vardır, diğerinde tersine difüzyon artmış olabilir. Birkaç omuru tutan yükseklik kaybı ile birlikte T1AG'de sinyal yoğunluğu normal veya hafif artmışsa metastaz dışlanabilir ve olayın eski kırıklara bağlı olduğu varsayılabilir (Resim 7.207).



Resim 7.207 Osteoporotik kırık. A. T1AG, B. T2AG, C. DAG görüntüsü. Kollabe vertebra tüm sekanslarda hipointens, hiperintens bir odak yok.

Yaşlı olgularda özellikle osteoporozla birlikte görülen çökme kırıklarının yeni veya sekel olup olmadığı **radyonüklid** çalışma ile saptanabilir. Yeni olgularda hiperaktivite görülür; sekelde aktivite birikimi olmaz.

Spondilolistez

Spondilolistez, bir omur gövdesinin diğeri üzerinden öne doğru kaymasıdır. En sık lumbosakral bileşimde ve 4.-5. bel omurları arasında görülür. Genellikle süperior ve inferior artiküler fasetler arasındaki pars interartikülaris adı verilen kesimin defekti ile birliktedir. Spondiloliz adı verilen bu defektin aslında bir stres fraktürü olduğu kabul edilmektedir. Omurganın dejeneratif hastalığında, özellikle apofizyal eklemlerin de tutulmasıyla, spondiloliz olmadan hafif bir spondilolistez görülebilir.

Spondilolistez basitçe öne doğru kayma miktarına göre derecelendirilir. Üstteki omur gövdesinin yandan görünümü 4 eşit parçaya bölünür; alttaki omur gövdesine göre kayma miktarı belirlenir. Örneğin, sadece öndeki ilk parça kaymışsa kayma 1. derece, gövdenin tamamı kaymışsa 4. derecedir (Resim 7.208).



Resim 7.208 Spondiloliz ve spondilolistez. A ve B. Yan ve oblik röntgenogramlar. Defekt oblik röntgenogramda çok iyi görülüyor (ok). C. T1AG. D. Spondilolize ait defektler (ok). Defekt, artiküler fasetlerden farklı olarak omurga gövdesi seviyesinde. E. Omur gövdesinin öne kaymasına bağlı psödoherni görünümü (ayrı olgu) (ok)

Spondilolistez en iyi yan röntgenogramlar ve sagital MR kesitlerinde izlenir. MR, eşlik eden ligament ve kord değişikliklerini de gösterir. Spondilolize ait kemik defekti en iyi oblik röntgenogramlarda ve BT'de görülür. BT kesitlerinde kemik defektleri ile faset eklem aralığı karıştırılmamalıdır; defektler gövde, eklem ise disk seviyesinden geçen kesitlerde görülür.

Omur gövdesinin öne kayması sonucu spondilolistez seviyesindeki disk, BT kesitlerinde açığa çıkar ve disk hernisi gibi görünüm verir. Bu görünüme psödoherni adı verilir.

İNTRADURAL-EKSTRAMEDÜLLER LEZYONLAR

Duranın içinde fakat omuriliğin dışında yerleşik lezyonlardır. Bu grup içerisinde yer alan lezyonlar Schwannom, menenjiyom, nörofibrom, leptomeningeal metastaz, lipom, araknoid kist, dermoid, epidermoid, AVM, subdural abse veya hematom, araknoid adezyon ve araknoiditdir. İntradural tümörlerin yaklaşık %50-60'ını sinir kılıfı tümörleri (Schwannom, nörofibrom) ve menenjiyomlar oluştur.

Sinir kılıfı tümörleri

Histopatolojik olarak Schwannom ve nörofibrom adıyla ikiye ayrılır. Schwannom, nörinom veya nörilemmom olarak da bilinir ve genellikle lumbosakral bölgede tek lezyon şeklinde görülür. Kapsüllü olan bu tümör dorsal duyu dalını saran schwan hücre kılıfından çıktığından komşu kökü sarmaz. Kapsülsüz bir tümör olan nörofibromlar ise daha az sıklıkla görülür ve schwann hücreleri ve perinöral fibroblastlardan kaynaklanır ve sinir kökünü sarar. Çoğu kez birden fazla sayıdadır. Tek lezyonlarda bile nörofibromatoz açısından araştırmak gerekir.

Schwannom ve nörofibromların %70'i intradural-ekstramedüller yerleşimlidir; %15 olgunun hem intradural hem ekstradural komponenti vardır, %15 olgu ise tümüyle ekstradural yerleşimlidir. Ovoid şekilli keskin kenarlı kitlelerdir, omurilikte baskı ve itilme yapar. Foramenden uzanan kitlelerde kitlenin intraspinal ve ekstraforaminal kesimleri ortadaki foraminal parçaya kıyasla daha geniştir; kitlenin bu şekline *halter ("dumb-bell")* görünümü adı (Resim 7.209) verilir. Erozyon ve yeniden şekillenmeyle ("remodelling") foramenin ve kemik kanalın genişlemesine neden olur (Resim 7.210).

Sinyal intensiteleri T1AG'de komşu kaslara veya omuriliğe göre hafif hipointensten, hafif hiperintense kadar değişir. Tümör ve çevre ilişkisi kontrastlı yağ baskılama sekansları ile ayrıntılı olarak gösterilir. Sinir kılıfı tümörleri belirgin kontrast tutar. T2AG veya kontrastlı T1AG'de tümörün ortasında görülen *yıldız şeklindeki* fibröz stroma karakteristik bir bulgudur, fakat her zaman görülmez.

Menenjiyom

Araknoidin ve özellikle de araknoid villusların meningotelial hücrelerinden çıkar. Bu hücreler büyük dural



Resim 7.209 Spinal nörinomda tipik halter (dambıl) görünümü. Sol intervertebral foraminayı genişleten ve medüller kanala uzanan nörinom. A. T1AG'de hipointens, B. T2AG'de hiperintens görülüyor.



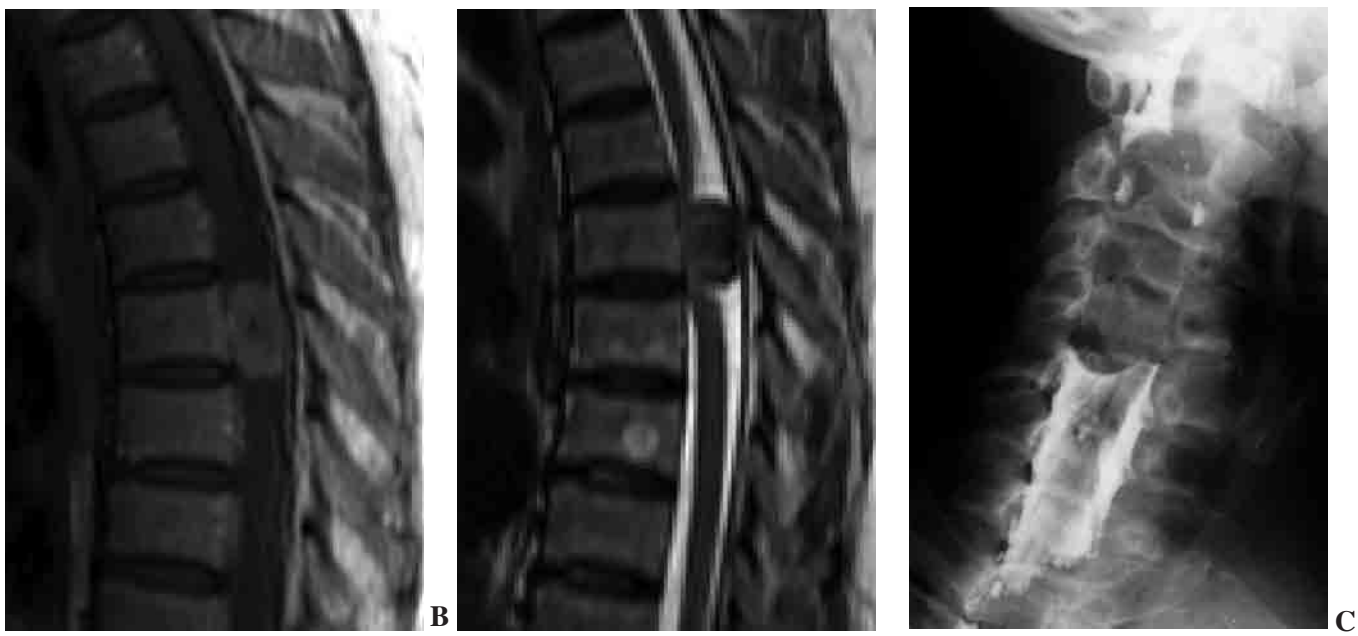
Resim 7.210 İntervertebral nörinom. Oblik servikal röntgenogramda intervertebral foraminada genişleme.

venöz sinüsler boyunca kümelenmiştir. Omurilikte, arka kök ganglionuna ve dentate ligamente yakın yerleşimde, sinir kökünün menenjeal kılıfı terk ettiği bölgelerde yerleşiktir. Bu nedenle menenjiyomlar, spinal kanal içerisinde sıklıkla posterolateral kesime yerleşir ve intervertebral foraminaya doğru uzanır. Tümüyle ekstradural yerleşim çok nadirdir. Lezyonların %80'i torasik bölgededir. Lumbosakral bölge menenjiyomu nadirdir. Geriye kalan olguların büyük çoğunluğu kranioservikal bileşkededir; bu seviyede önde yerleşim karakteristiktir. Menenjiyom kadınlarda 7-10/1 oranında daha fazla görülür. Nörofibromatozla birlikte olmadıkça genellikle tektir. Malign şekilleri nadirdir.

Menenjiyomların MR bulguları sinir kılıfı tümörlerinin bulgularıyla örtüşür; ancak bazı karakteristikleri bu iki lezyonu ayırmada yardımcıdır. Sinir kılıfı tümörleri hemen daima T2AG'de hiperintenstir; menenjiyomlar ise tüm sekanslarda spinal kordla izointenstir (Resim 7.211). Her iki tümör de belirgin kontrast tutar. Kontrastlı kesitlerde *dural kuyruk* bulgusu menenjiyomlar için tipiktir (Resim 7.212). Menenjiyomların bir kısmında, BT'de saptanabilen kalsifikasyon vardır.

Leptomeningeal karsinomatoz

Merkez sinir sistemi veya dışındaki bir tümörden kaynaklanan subaraknoid metastaza verilen isimdir. En sık neden yetişkinde meme ve akciğer kanseri, çocukta ise medulloblastom ve ependimomdur.



Resim 7.211 Spinal menenjiyom. A.T1AG'de ve B. T2AG'de medulla spinalisle izointens olan lezyonun arka tekal aralığa bastığı görülüyor. BOS'un lezyonun üst ve altını çevreleme şekli, lezyonun intradural-ekstramedüller yerleşimi için tipik. C. Başka bir olguda intradural ekstramedullar yer kaplayan lezyonun tipik miyelografik görüntüsü.



Resim 7.212 Servikal bölgede menenjiyom. Kontrastlı T1AG görüntüsünde tümör belirgin kontrast tutuyor. Tümörün oturduğu meninksteki kalınlaşma ve kontrast tutma dural kuyruk görünümü oluşturmuş (ok). Dural kuyruğun lokalizasyonu lezyonun spinal kanalda posteriordan çıktığını gösteriyor.

Leptomeningeal karsinomatoz tanısında MR'den önce miyelografi temel standart yöntem kabul edilirdi. Miyelografide ve BT-miyelografide nodüler dolma defektleri, kalınlaşmış ve yapışmış sinir kökleri, tekal kesenin düzensizliği, daralması, deformitesi gibi bulgular izlenir.

Kontrastsız MR incelemelerinin lezyonları saptamada duyarlılığı düşüktür. Yüksek su içeriği olan küçük düzensiz tümör birikimleri protein içeriği yükselmiş BOS içerisinde T2AG'de saptanamaz. Fakat kontrastlı MR incelemenin duyarlılığı miyelografi ve BT-miyelografi kadar, hatta daha da yüksektir. MR bulguları; sınırları belirgin kontrast tutan nodüller, kord yüzeyinde nodüler boyanma, subaraknoid mesafenin yaygın boyanması, sinir köklerinin distorsiyonu ve bir araya toplanması, normal görünümlü sinir köklerinin difüz boyanmasıdır (Resim 7.213). MR'nin yüksek duyarlılığına rağmen leptomeningeal karsinomatoz tanısında en duyarlı yöntem BOS sitolojisi ve kimyasal analizidir.

Arteriyovenöz malformasyon (AVM)

Arteriyovenöz malformasyonlar yeteri kadar büyükse miyelografide genişlemiş kıvrımlı damarların oluşturduğu tipik görünümleri ile tanınırlar. Damarlar MR kesitlerinde de görülür (Resim 7.214). Besleyen ve drene eden damarları göstermek için anjiografi gerekir.

Araknoidit

Enfeksiyon veya kimyasal irritasyonlar tarafından oluşturulur. Araknoid yapışıklıklar şeklindedir. Miyelografide köklerde budanmalar görülür. Kauda eküinada kökler bir araya gelerek bir kitle görünümü oluşturabilir. Pantopak miyelografisinden sonra sık görülen bu komplikasyonun günümüzde görülmesi beklenmez.

İNTRAMEDÜLLER LEZYONLAR

İntramedüller lezyonlar; neoplazm, miyelit, demiyelinizan hastalıklar, enfarkt, kontüzyon veya radyasyona bağlı ödem, hematomiyeli ve siringomiyeli/hidromiyelidir. Ayırıcı tanı açısından bu lezyonlar önce solid ve kistik olarak iki gruba ayrılır. Kistik lezyonların ayırıcı tanısı hidromiyeli, siringomiyeli, kistik tümör, abse, eski hematom ve nadiren tümefaktif multipl skleroz arasında yapılır.

KİSTİK LEZYONLAR

Sirinks kaviteleri

Omuriliğin kistik lezyonlarının başında sirinks kaviteleri gelir. Radyolojik bir terim olan sirinks, omurilik içerisinde, etrafında ödemi veya konrast tutan solid kesimi olmayan basit kistik bir yapıyı tanımlar. Histolojik olarak farklı olan siringomiyeli ve hidromiyeli radyolojik olarak sirinks görünümündedir.

Hidromiyeli omuriliğin santral kanalının genişlemesidir. Servikal bölgede belirgindir ve bazen yukarıya 4. ventriküle kadar uzanır. Sıklıkla Chiari malformasyonu, lipomiyelodisplazi ve diyastematomiyeli gibi konjenital anormalliklerle birliktedir. Meningomiyelosel ve bağlı ("tethered") kord sendromuyla birlikte de görülebilir. Hidromiyelisi olan olguların %85'inde skolyoz, %20-50'sinde ise medüller kanalda genişleme görülür. Medüller kanalda genişleme olabilmesi için semptomların 30 yaşından önce ortaya çıkmış olması beklenir.

Siringomiyeli kavitesi eksantrik yerleşimdedir ve ependimle değil glial hücrelerle kaplıdır. Santral



A



B

Resim 7.213 Leptomeninjial karsinomatoz. A. ve B. Kontrastlı sagital ve aksiyal T1AG. Sagital kesitte tekal kese içerisinde kontrast tutan nodüller izleniyor. Aksiyal kesitte tekal kese içerisinde kontrast tutan nodül.



A

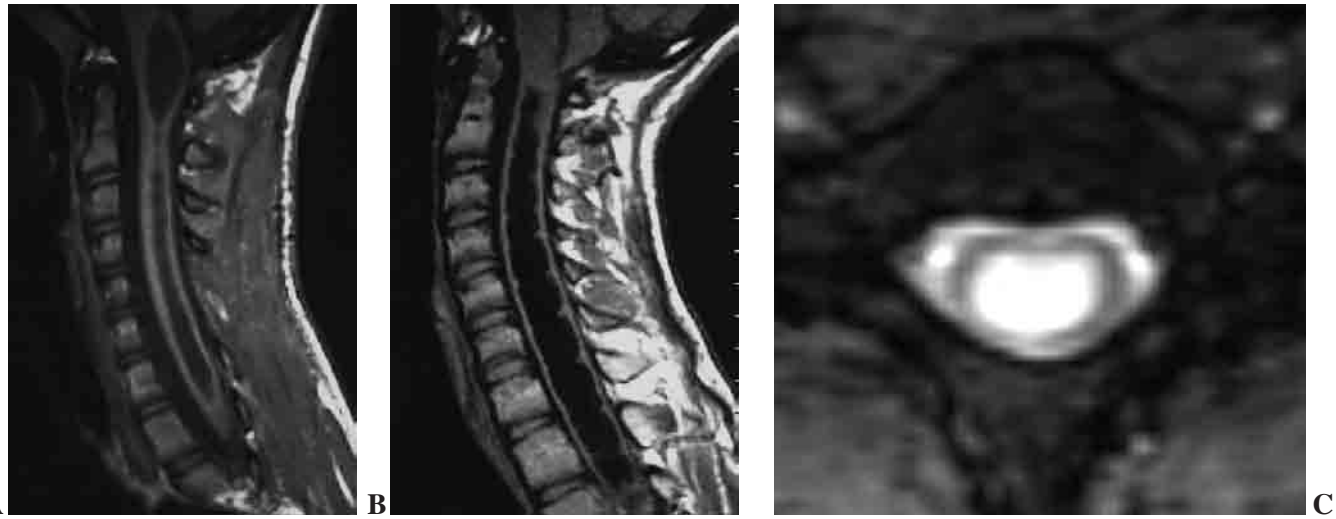


B



C

Resim 7.214 Spinal AVM. A. T1AG, B. T2AG. Her iki sekansta da "flow-void" fenomenine bağlı olarak genişlemiş damarlar hipointens. C. Diğer bir olguda genişlemiş kıvrımlı damar görünümleri.



Resim 7.215 Sringohidromiyeli. Ayrı olgular A ve B. T1AG. C. Aksiyal T2A. santral kanalda belirgin genişleme.

kanalın dışında olan bu kavite, santral kanalla ilişkili olabilir. Travmatik hematom, radyasyon nekrozu veya vasküler olaylara bağlı olarak gelişebilir. Kistik alan genişleyip yükselerek ilerleyici nörolojik defisite neden olabilir. Hidromiyeli ve siringomiyeli radyolojik olarak her zaman birbirinden ayırt edilemez. Bu nedenle bu şekildeki kistik lezyonlar sirinks veya siringohidromiyeli olarak tanımlanır (Resim 7.215).



Resim 7.216 Miyelomalazi. T2AG. Alt segmentlere komşu omurilikte sınırları belirli olmayan hiperintens alan.

Posttravmatik progressif miyelopati sirinks kavitesi ile birlikte görülebilir. İlerleyici nörolojik defisit nedeniyle posttravmatik kistlere şant konulması gerekebilir. Sirinks kaviteleri intramedüller ve ekstramedüller tümörlere de eşlik edebilir.

Sirinks kaviteleri standart sagital ve aksiyal MR kesitleri ile ayrıntılı olarak görüntülenir. Trunkasyon artefaktları sirinkse benzer görünümler oluşturabilir. Sirinks kavitesinin ayırıcı tanısı kistik tümörle yapılmalıdır. Sirinks kavitesinin kenarları keskindir ve içeriği BOS intensitesindedir. Şüpheli durumlarda kontrastlı inceleme yapılmalıdır. Sirinks kavitesinde kontrast tutan bir kesim yoktur.

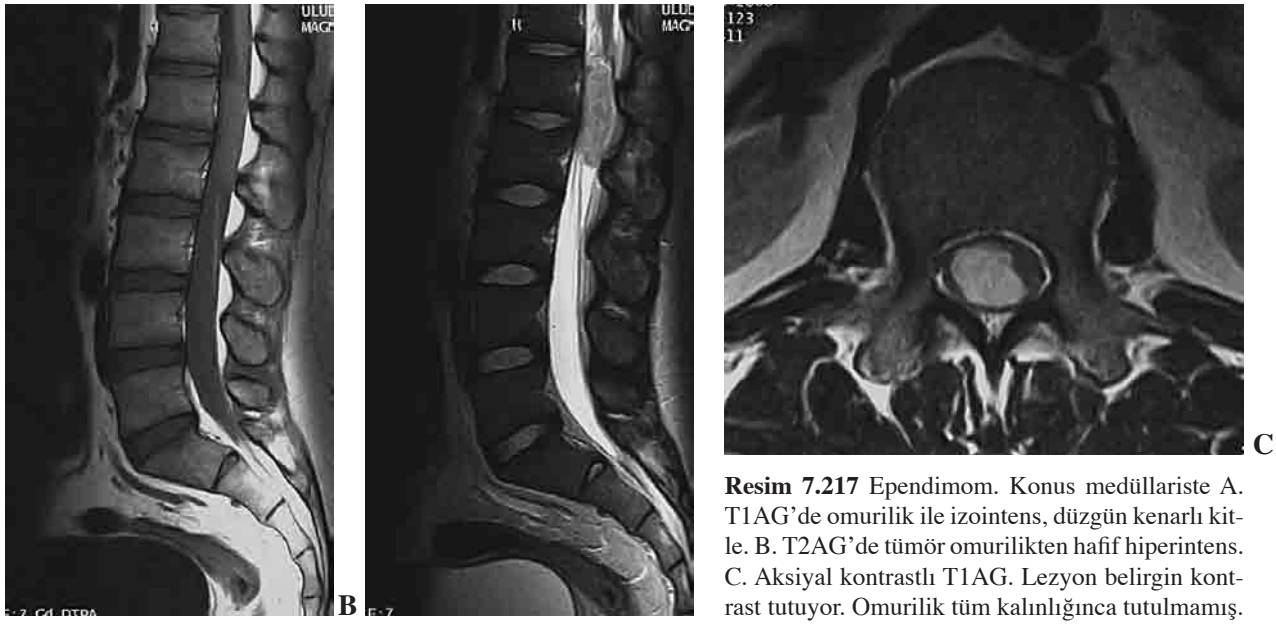
Miyelografide geç alınan görüntülerde kontrast maddenin kavitenin içerisine girdiği görülür. Yöntem, omurilikteki kavitenin BOS alanları ile ne kadar ilişkili olduğunu belirlemek açısından yararlıdır.

Miyelomazi

Miyelomalazi, T2AG'de hiperintens, T1AG'de sınırları belirsiz hafif hipointens alanlar şeklinde görülür (Resim 7.216). Hipointensite sirinkste olduğu gibi BOS'la izointens olacak kadar belirgin değildir.

İNTRAMEDÜLLER TÜMÖRLER

İntramedüller tümörlerin çoğu ependimom ve astrositom gibi glial orijinlidir.



Resim 7.217 Ependimom. Konus medüllariste A. T1AG'de omurilik ile izointens, düzgün kenarlı kitle. B. T2AG'de tümör omurilikten hafif hiperintens. C. Aksiyal kontrastlı T1AG. Lezyon belirgin kontrast tutuyor. Omurilik tüm kalınlığınca tutulmamış.

Ependimom ve Astrositom

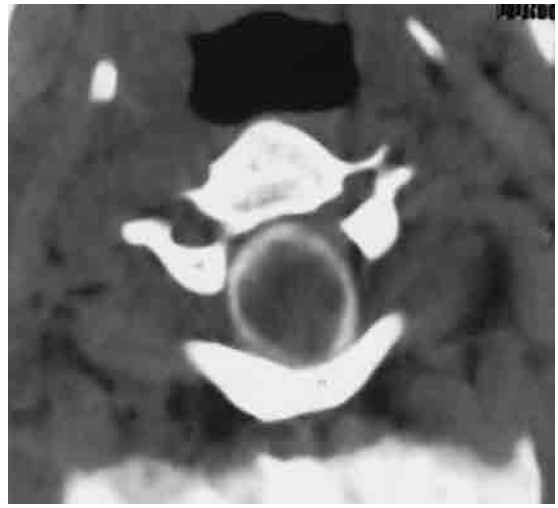
Her ikiside gliyal tümördür. Ependimom yetişkinlerde en sık görülen intramedüller tümördür. En sık 4. dekadda görülür. Santral kanalın ependim hücrelerinden veya filum terminaledeki hücre kalıntılarından çıkar. Histolojik olarak benign olmasına rağmen, intramedüller olanların cerrahi olarak tümünü çıkarmak mümkün olmaz. Ependimomun en sık yerleşim yeri omuriliğin distal kesimi, konus medullaris ve filum terminaledir. Konus medullaris ve filum terminalede yerleşen ependimomlar genellikle miksopapiller tiptedir. Astrositomlar en sık servikal ve üst torasik bölgede yerleşir. Beyindeki astrositomlardan daha benign seyirlidir.

Astrositom ve ependimomun MR bulguları birbirine benzer (Resim 7.217). Tutulan kesim fuziform şekilde genişler, T2AG'de heterojen sinyal artımı görülür ve kontrast tutarlar. Kistik yapı ve kanama ependimom lehinedir. Astrositom daha uzun bir segmenti tutar ve omurilik tüm kalınlığınca tutulmuştur.

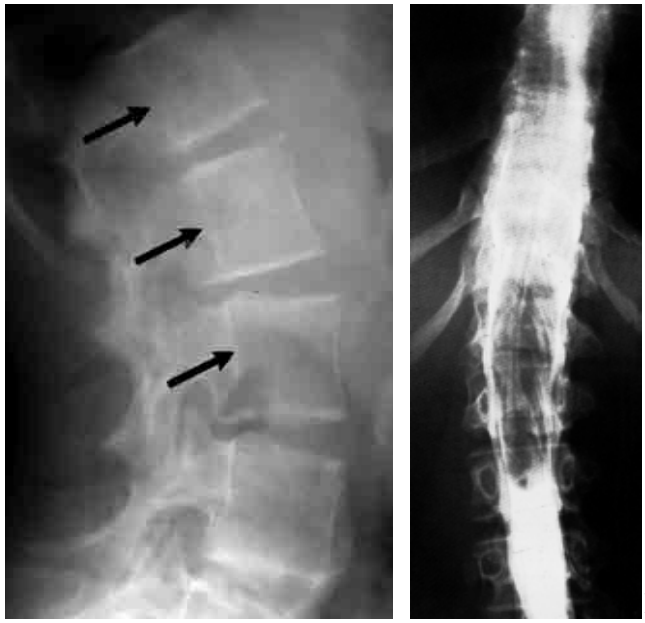
İntramedüller tümörlerle birlikte sirinks kavitesi sık görülür. Tümörün ucunda yukarı ve/veya aşağı uzanan kistik oluşum nekrozdan çok sirinksi temsil eder. Yüksek protein veya kan içermesi, kistin neoplazik olduğunu göstermez. Buna karşılık kist duvarının boyanması maligniteyi işaret eden önemli bir bulgudur. Tümör, çevredeki ödem ve sirinks kavitesinden kontrast madde ile ayrılabilir.

İntramedüller tümörlerin miyelografik görünümleri tipiktir. Çevrelerindeki subaraknoid aralığı simetrik bir şekilde iten oval kitleler şeklinde görülür. BT-miyelografide de medülla genişlemiş, kitlenin basısına bağlı olarak çevresindeki kontrast madde kolonu simetrik olarak incelmiştir (Resim 7.218).

Çocuklarda ve adölesan döneminde bu tümörler genellikle uzun bir segmenti tutar ve genellikle birlikte kronik intraspinal basınç artımı bulguları vardır. Kronik instraspinal basınç artımı, yavaş büyüyen intraspinal lezyonlarda görülür ve sıklıkla skolyoz da eşlik eder. Röntgende basınç erozyonu ve yeniden şekillenmeye bağlı olarak pediküllerde incelme, vertebra korpuslarının arkalarında ve arkusların ön yüzlerinde



Resim 7.218 BT-miyelografi. Servikal bölgede intramedüller bir tümörün oluşturduğu omurilik genişlemesinin tekal aralıkta yaptığı düzenli daralma.



Resim 7.219 Kronik intraspinal basınç artımı. A. Omur gövdelerinin arka kenarlarında kronik basınç artımına bağlı konkavitede artma (oyuklanmalar) ve kanal genişlemesi. B. Miyelografide genişlemiş kordun görünümü.

konkavite artımı ve kanalda genişleme saptanır (Resim 7.219). Kanal genişlemesi servikal bölgede önce sagital çapta, diğer bölgelerde ise transvers çapta ortaya çıkar. Kesit görüntüleme yöntemlerinin yaygın kullanımı nedeniyle günümüzde tümörler, kronik intraspinal basınç artımı bulguları oluşturmaya fırsat kalmadan önce saptanırlar.

Hemanjioblastom

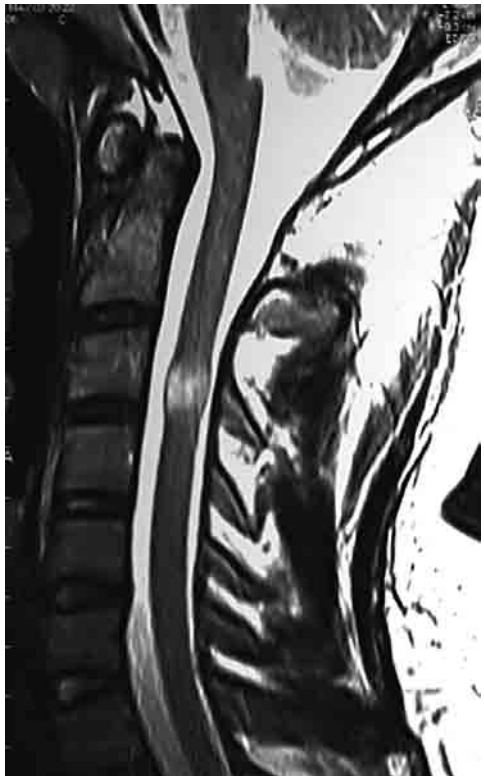
Daha seyrek görülen bir tümördür. Posterior fossadakilere benzer şekilde, kistik bir alan içerisinde belirgin kontrast tutan mural nodül görünümü tipiktir (Resim 7.220). Uzun bir segmenti tutan gliomaya benzer geniş solid lezyonlar şeklinde de görülebilir. Besleyen ve drene eden genişlemiş damarların varlığı yanıltıcı olarak AVM'yi düşündürür. Olguların bir bölümü *von Hippel-Lindau* hastalığı ile birliktedir ve olguların %20'sinde birden fazla lezyon görülür. Rekürrensin olmaması için mural nodülün çıkarılması gerektiğinden, incelemenin kontrast verilerek devam ettirilmesi şarttır. Bu kural omurilikteki tüm kistik oluşumların değerlendirilmesinde de geçerlidir.

SOLİD LEZYONLAR

Omuriliğin solid lezyonları; infiltratif neoplazmlar ve herhangi bir nedene bağlı ödemdir. Ödem nedeni; multipl skleroz ve miyelit gibi inflamatuar lezyonlar, akut enfarkt, kontüzyon ve radyasyon olabilir.



Resim 7.220 Hemanjioblastom. A. T2AG. Hemanjioblastomun nodülü hiperintens (ok). B. Kontrastlı T1AG'de lezyon kontrast tutuyor.



Resim 7.221 Multiple skleroz. T2AG'de lezyon hiperintens. Lezyonun hafif yer kaplayan etkisi mevcut.

Multipl skleroz

Multipl skleroz, omuriliğin en sık görülen inflamatuar hastalığıdır. Genellikle omurilik tutulumu beyin tutulumu ile birliktedir; ancak %20 olguda omurilik tek başına tutulur.

Tanı klinik olarak konur. MR ile lezyonlar erkenden saptanabilir. Akut plaklar ödemli alanlar gibi T2AG'de artmış sinyal intensitesindedir; T1AG'de görülemeyebilir (Resim 7.221). Hafif yer kaplayan etkisi vardır. Plaklar beyaz cevherin bulunduğu kesimde, periferde yerleşir. Aksiyal kesitte tutulan kesimin omuriliğin yarısından az olması tipiktir. Plakların boyu iki vertebrayı geçmez ve akut dönemde kontrast tutabilirler (Resim 7.222). Nadiren nekrotik bir neoplazma benzer ekspansil kistik lezyonlar şeklinde görülür, bu tipine tümefaktif multipl skleroz adı verilir.

Transvers miyelit

Miyelopatiye neden olan inflamatuar hastalıkların omurilikte yaptığı değişiklikler miyelit başlığı altında toplanır. Lupus eritematoz, romatoid artrit, radyasyon ve akut viral hastalıklar miyelite yol açabilir. Miyelit, fokal veya difüz olabilir. Klinik ve patolojik tutulum



Resim 7.222 Multiple skleroz. A. T1AG. Medulla spinaliste farklı intensitede bir lezyon görülemiyor. Ancak konus seviyesinde hafif genişleme. B. T2AG'de konusu tutan hiperintens büyük bir MS plağı. C. Kontrastlı T1AG. lezyonun kontrast tutuyor.

belirli bir seviyede ise bu durum genellikle transvers miyelit olarak isimlendirilir. Bu terim spesifik bir hastalığı tanımlamaz, tersine, aynı patolojik ve radyolojik görünümü veren bir grup hastalığı anlatır. Pratikte lezyonu tanımlamak ve ayırıcı tanı listesi vermek yeterlidir; spesifik isimlendirmeye gerek yoktur.

Tutulan kesim MR'de sınırları seçilemeyen ödemli bir alan şeklindedir ve T2AG'de hiperintenstir. Bulundukları kesimde omurilik genişlemiştir. Kontrast tutma miyelitin özelliği değildir, ancak etyolojik nedene göre, örneğin viral nedenli miyelitlerde değişik şekillerde kontrast tutulumu olabilir

Ayırıcı tanı infilitratif tümörlerle yapılır. Hızlı progresyon ve regresyon tümörün değil inflamasyon veya vasküler bir olayın karakteristiğidir. Tümörde kontrast tutulumu genellikle daha belirgindir. Doğru tanı için radyolojik bulgular, klinik ve BOS bulguları ile birlikte değerlendirilmelidir.

DOĞUMSAL LEZYONLAR

Omurga ve omuriliğin doğumsal lezyonları füzyon ve segmentasyon yetersizlikleri olarak iki gruba ayrılır. Segmentasyon yetersizlikleri doğumsal olarak omurların birbirinden ayrılamamasıdır. Asıl doğumsal anomaliler omurga arkusunun birleşmesindeki yetersizlikle birlikte görülen disrafik miyelodisplazilerdir.

Disrafik miyelodisplaziler

Embriyolojik olarak nöral dokunun, kemik ve diğer mezankimal dokuların orta çizgideki kapanması defektlidir. Vertebranın posterior elemanlarındaki yetersiz kapanmaya *spina bifida* adı verilir. Çoğunlukla tek başına görülür ve klinik önemi yoktur; ancak pekçok doğumsal anomaliye de eşlik eder.

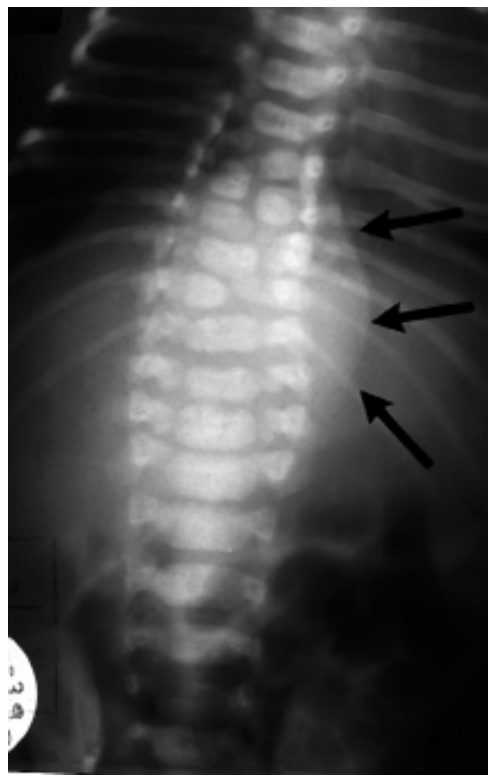
Disrafik miyelodisplazilerin ortak karakteri, arkusun kapanamaması ve omuriliğin ve/veya meninklslerin bu açıklıktan dışarıya doğru çıkmasıdır. Bir kısmı lumbosakral bölgede üzeri deri ile örtülü olan veya olmayan kistik kitle şeklindedir. Açıklıktan sadece meninkslerin, üstü deri ile örtülü bir kist şeklinde çıkmasına meningosel adı verilir. Omuriliğin nöral plakod adı verilen üstü açık bir şekilde deri seviyesine çıkmasına miyelosel, nöral plakodun arkadan itilerek bir kese şeklini almasına ise miyelomeningosel denir. Bu morfolojik değişikliklerin üstlerinin deri ile örtülü olması ve birlikte subkutan yağın bir kitle şeklinde anomalinin içerisine girmesine ise lipomiyelosel ve lipomiyelomeningosel adı verilir.

Üstü açık ve/veya kistik kitle şeklindeki olgularda tanı klinik olarak konur. Radyolojik inceleme genellikle tanı için değil cerrahi planlama amacıyla yapılır. Temel inceleme yöntemi MR'dir. Kemik yapılar BT ile incelenir. US yeni doğanda, özellikle lumbosakral bölgede deri işareti olan olgularda tarama yöntemi olarak kullanılır; bağlı kord tanısında ve postoperatif izlemde değerli bilgiler verir.

Meningosel: Spinal kanal genişlemiştir ve meninksler kemik defektten dışarı doğru keseleşir. Kese içerisinde omurilikle ilgili bir kesim yoktur. Dışarı doğru keseleşme, dorsal meningoselde arkus defektinden arkaya; ventral meningoselde vertebral korpus defektlerinden (genellikle değişik sakral ageneziler) öne; lateral meningoselde genişlemiş intervertebral foramina veya sakral kanallardan yana; intrasakral ve kaudal kistte ise sakral kanal içerisinde orta çizgide aşağıya doğrudur. Lateral meningosel NF-1 ve Marfan sendromu ile birlikte görülür.

Düz röntgenogramlarda spinal kanal genişlemiştir, kemik defekti ve yumuşak doku kitlesi görülür (Resim 7.223). BT/MR kesitleri ile lezyonlar ayrıntılı olarak görüntülenir (Resim 7.224).

Miyelosel ve miyelomeningosel: Nöroektodermin yüzey ektoderminden ayrılmasındaki yetersiz-



Resim 7.223 Meningosel. İnterpediküler mesafede genişleme, vertebra anomalileri ve yumuşak doku kitlesi.



A



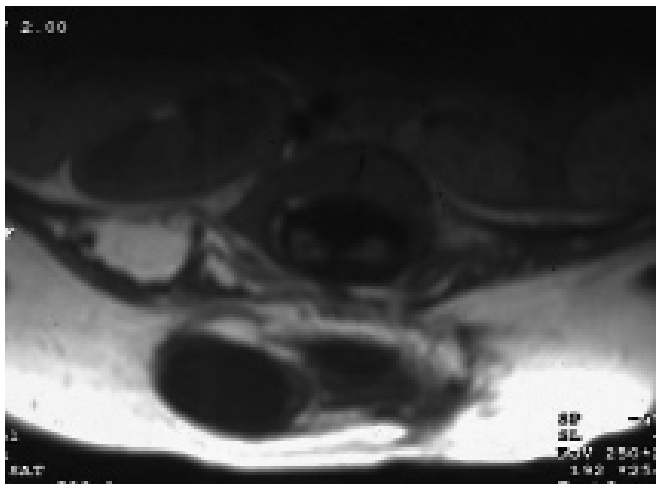
B

Resim 7.224 A. T1AG. Sakral meningosel. B. T2AG Miyelomeningosel ait kistik görünüm. Ayrı olgular.

lik sonucu nöral tüpün formasyonunu tamamlayamamasıdır. Omurilik nöral plakod adı verilen yassı bir plak şeklinde dışarıya açılır. Plakod miyeloselde deri seviyesinde, miyelomeningoselde ise kistik bir kitle şeklindedir.

Genellikle lumbosakral bölgededir. Tutulan kesimde nöral arkus gelişmemiştir, omur gövdelerinin sagital çapları normalden kısadır. Tanı klinik olarak konur; radyoloji, birlikte bulunan konjenital anomalileri; lipom ve dermoid gibi lezyonları gösterir.

Lipomiyelosel ve lipomiyelomeningosel: Omurilik anomalisi miyelosel ve miyelomenigoselde olduğu gibidir (Resim 7.225). Farkı, nöral plakodun dorsal yüzüne yapışan ve arkada subkutan yağla devamlılık gösteren yağ kitlesinin varlığı ve anomalinin üstünün deri ile kapalı olmasıdır. Lipom olarak isimlendirilen bu yağ kitlesi arkustaki defektten duraya uzanır ve ge-

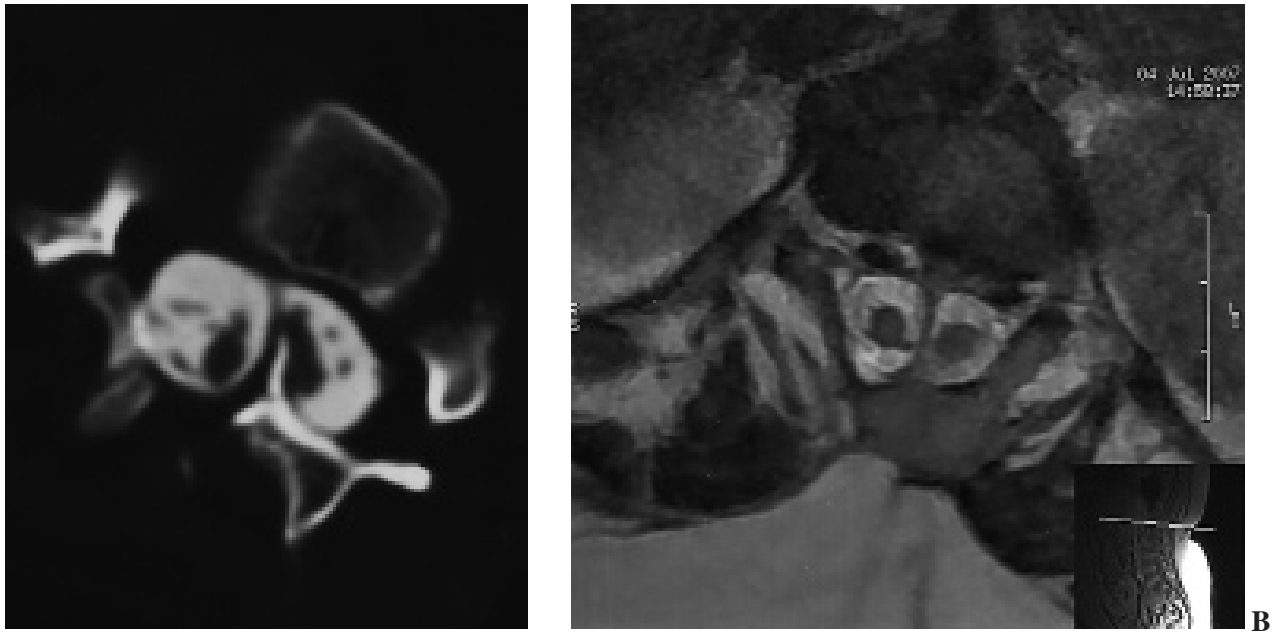


A



B

Resim 7.225 Lipomiyelomeningosel. A. Aksiyel, B. Sagital T1AG görüntüleri. Kalınlaşmış deri altı yağ dokusu lipom görünümünü almış. Yağ içerisinde meningoselin kistik komponentleri görülüyor. Sagital kesitte aşağı seviyede bağlı kord ve kord içerisinde kistik kitle. Komşu omur gövdelerinin ön arka mesafeleri kısalmış.



Resim 7.26 Diyastematomiyeli. A. BT-miyelografi. Kemik supurla ayrılmış iki ayrı tekal kese görülüyor. B. T2AG görüntüsü. İki ayrı tekal kese ve kord.

nellikle anormal şekilde aşağı pozisyonda olan spinal kordun terminal segmentine yapışır. Yağ kitlesi bazı olgularda klinik olarak farkedilecek kadar belirgin değildir.

Bağlı ("tethered") kord sendromu: Normalde omuriliğin alt ucu L1-L2 diski seviyesinde, kadınlarda biraz daha aşağıdadır. Yenidoğanda L3 seviyesini geçmemelidir. Normal filum terminale ise 2 mm'den kalın değildir ve yağ içermez.

Medülla spinalisin kısa ve kalınlaşmış bir filum terminale ile gergin bir şekilde aşağıya çekilerek tesbit edilmesine, bağlı kord sendromu denir. Konus medüllaris normalden aşağıdadır. Filum terminale içerisinde sıklıkla lipom vardır. Sıklıkla lipomiyelomeningodisplazilere eşlik eder. Klinik olarak omuriliğin distalinden çıkan sinirlerle ilgili nörolojik bulgular vardır.

Diastematomiyeli: Diastematomiyelide omurilik, çevresindeki zarlar ve spinal kanal uzunlamasına iki parçaya ayrılmıştır. Tutulan segment değişik uzunluklarda olabilir. Olguların yaklaşık yarısında omurilik yarılmıştır; diğer yarısında yalnız dural kese veya kemik kanal ikiye ayrılır. Spinal kanalda genişleme, disk aralıklarında daralma ve laminalarda füzyon vardır. Bazen kordu ikiye ayıran kemik, kıkırdak veya fibröz bir spikül görülür (Resim 7.226). Hemikordlar genellikle distalde birleşirler. Vertebral kolon daima anormaldir; hastaların yarısından çoğunda kifoskolyoz vardır (Resim 7.227)



Resim 7.227 Diyastematomiyeli olgusu. Skolyoz ve alt dorsal segmentler seviyesinde medüller kanal içerisine uzanan kemik spurun görünümü.



Resim 7.228 İntramedullar lipom. A. ve B. T1AG. Lipom belirgin hiperintens. C. T2AG. Lipom hiperintens. D. Yağ baskılamalı T2AG. Yağ dokusu baskılanmaya bağlı olarak belirgin hipointens.

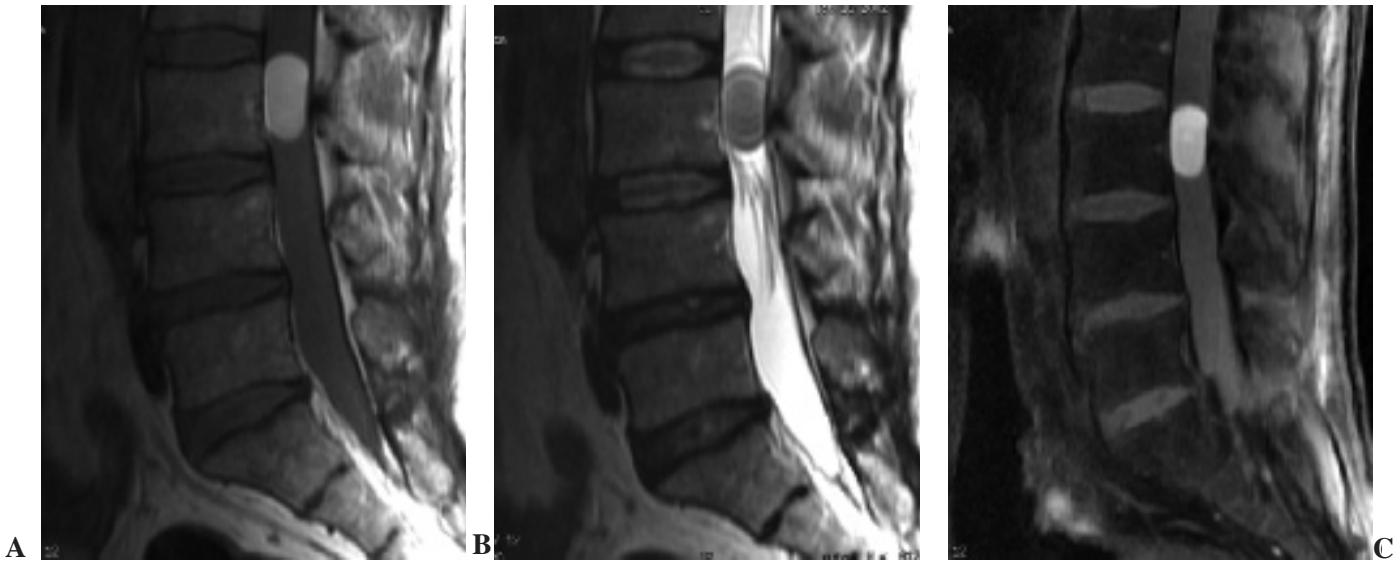
Gelişimsel tümörler

İntramedüller lipomlar: Nöroektodermin nöral tüpün formasyonunu tamamlamadan önce yüzey ektoderminden ayrılması sonucu ortaya çıkar. Bu süreçte nöral plağın arka yüzeyi ile mezankim dokusu temasta olacağından kordun içine yağ dokusu girebilir. Olguların %84'ü lipomiyelosel ve lipomiyelomeningosel, % 12'si filar lipom, %4'ü de intradural lipom şeklindedir (Resim 7.228). İntradural olanlar genellikle servikotorasik bölgede görülür. Lipom omuriliğin arkasına yapışmıştır. Bazı olgularda yağ dokusu omuriliğin arka kolonları arasından santral kanala kadar uzanır.

Dermoid-epidermoid-teratom: Epidermoid epidermisten gelişir, içinde sadece skuamöz epitel ürünü olan keratin ve kolesterol bulunur (Resim 7.229). Dermoidde ayrıca deri altına ait saç, ter ve yağ bezi bulunabilir. İkisi de kistik tümördür ve olguların %20 'sinde dermal sinüsle birliktedir (Resim 7.230). Sinüs traktı daima lezyondan kaudale doğru seyreder. Teratomlarda ise üç ana embriyonik tabaka ürünü de bulunabilir.

Dermoidler en sık lumbosakral bölgede yerleşir. İçlerindeki yağ MR ile tanınabilir. Normalde kontrast tutmazlar; kontrast tutmaları enfekte olduklarını gösterir.

Sakrokoksigeal teratom: Çocukluk çağında kaudal bölgenin en sık görülen tümörüdür. İçerisinde her tabakadan doku vardır; kalsifikasyon, kıkırdak, kemik ve yağ görülebilir. Kitle sakrum önünde yerleşir ve perineden aşağıya doğru keseleşir. Dışa doğru keseleşen kesimin büyüklüğü ile malignite arasında ters bir orantı vardır. Tümörün içerisinde kistik alan arttıkça malignite olasılığı azalır, solid tümörlerde ise yüksektir.



Resim 7.229 Epidermoid. A. T1AG'de hiperintens, B. T2AG'de hipointens, C. DAG'de lezyon belirgin şekilde parlıyor. Bu özellik epidermoid için karakteristiktir.



Resim 7.230 Dermoid. A. T1AG aksiyal kesit. Çevresi hafif hiperintens, ortası hipointens lezyonun kenarında yağ görünümü. B. Sagital T1AG kesitinde kenarındaki yağ görünümü parlıyor. C. T2AG görüntüsü. Lezyon hiperintens.

Segmentasyon yetersizliği

Bu grup anomalide, omur gövdelerinin ayrılmasında yetersizlik vardır. Buna bağlı olarak omur gövdeleri birleşiktir. Doğumsal birleşmeyi enfeksiyon sekeli gibi edinsel nedenli olanlardan ayırmak için bazı ölçütler kullanılır. Doğumsal birleşmede omur gövdelerinin ön arka çapları kısadır ve birleşen kesimde bir bel oluşturacak şekilde daha da kısalır; arkuslarında da genellikle füzyon görülür; intervertebral foraminalar yuvarlaktır. İnflamatuar füzyonlarda görülen açılanma doğumsal birleşmelerde görülmez. Birleşik segmentlere komşu disk aralıklarında erken spondiloz gelişir. Boyun omurları arasındaki doğumsal birleşmeye Klippel-Feil sendromu adı verilir. Bu sendroma başka malformasyonlar da eşlik edebilir; en sık Sprengel deformitesi ile birliktedir.

Baş-Boyun

Baş terimi boyunun üzerindeki ekstrakraniyal yapıları tanımlar. Bu başlık sinonazal kaviteyi, kafa kaidesini, ağız boşluğu ve orofarenksi, orbita ve temporal kemikleri kapsar. Boyun başlığı altında da boyundaki tüm yumuşak dokular, larenks, tiroid ve paratiroid gibi organlar toplanır. Baş-boyun çok farklı dokular içeren birçok bölmedan oluşur. Hemen hemen tüm organ sistemleri ile ilgili yapılar mevcuttur. Çok karmaşık olan anatomisinin iyi bilinmesi, radyolojik değerlendirmenin ön şartıdır. Bu bölümde baş-boyundaki temel birimler ayrı ayrı ele alınacak ve her birimi tutan belli başlı hastalıklar, genellikle radyolojik yöntemlere göre tartışılacaktır.

Baş-boyunun temel inceleme yöntemleri kesit görüntülemedir. BT veya MR tercihi, yöntemlerin tanı özellikleri göz önüne alınarak, aranan hastalığa ve hastanın durumuna göre belirlenir. BT veya MR ile kombine edilerek yapılan PET incelemeleri, onkoloji hastalarında duyarlılığı en yüksek yöntemdir.

TEMPORAL KEMİK ve KAFA KAİDESİ

Kafa kaidesi önde burundan başlar, arkada oksipital protuberansa kadar uzanır ve etmoid, sfenoid, oksipital, temporal ve frontal kemiklerden oluşur. Kafa tabanında damar ve sinirlerin geçtiği çok sayıda foramina bulunur ve bu bölge dalgalı yüzeyi nedeniyle en iyi koronal kesitlerle incelenir.

İnceleme yöntemleri

Kemik yapı düz röntgenogramla görüntülenir. Submentovertikal projeksiyonda iç ve dış kulak yolu, orta kulak, östaki borusu ve kohlea; Towne projeksiyonunda iç akustik kanal, labirent ve orta kulak yapıları incelenir. Yan röntgenogramın adına Schüller projeksiyonu denir. Bu projeksiyonda mastoid areasyonu ve attikoantral erozyon değerlendirilir. Oblik röntgenogram ise Stenvers adıyla anılır; petroz uç, iç kanal, semisirküler kanallar, orta kulak, mastoid antrum ve mastoid çıkıntı bu projeksiyonda incelenir. İnternal akustik kanallar en iyi arka-ön transorbital projeksiyonda görülür. Jugular foramen röntgenogramında; hasta supin pozisyonda yatar, baş hiperekstansiyondadır, orbitomeatal çizgi masa ile 45 °'lik açı yapar ve santral ışın orbitomeatal çizgiye diktir. Eskiden kullanılan konvansiyonel tomografi günümüzde yerini BT'ye terketmiştir.

BT, hem kemik yapıyı hem de yumuşak dokuyu çok iyi görüntüleyebilmesi nedeniyle temporal kemiğin temel incelenme yöntemidir. İncelemede YÇBT yöntemi kullanılır. Temporal kemik aksiyal ve koronal kesitlerle incelenir.

MR, üstün yumuşak doku çözümlemesi ve kemiğe komşu yumuşak doku yapılarını çok iyi görüntüleyebilmesi nedeniyle kafa tabanında, özellikle tümörlerin tanısı ve yaygınlığının belirlenmesinde önemli işleve sahiptir. Standart inceleme yöntemi T1A ve T2A SE görüntüleridir. 3B GRE sekansları da kullanılır. Temel projeksiyonlar aksiyal ve koronaldir. Kesit kalınlığı 3-4 mm'dir. Genellikle kontrast madde kullanılır.

Konjenital kulak deformiteleri

Dış, orta ve iç kulağı tutabilir. Dış ve orta kulağın gelişimi iç kulak gelişiminden bağımsızdır. Dış kulak yolunun agenezisi veya deformasyon anomalileri, orta kulak ve mastoid anomalileri ile birlikte görülür (Resim 7.231). İç kulak anomalilerinde semisirküler



Resim 7.231 Konjenital kulak deformitesi. Sol dış kulak yolu kapalı, orta kulak yapıları deforme.



Resim 7.232 Normal petroz kemiğin YÇBT görünümü. Molar diş işareti.

kanallar olmayabilir veya kötü gelişmiştir.. Kohlea anomalisinde, kohlea küçüktür, kıvrımları azdır. Konjenital anomaliler BT ile incelenir.

Travma

Petroz kemikte longitudinal veya transvers kırıklar görülebilir. Longitudinal tip kırıklarda %20 oranında fasiyal sinir yaralanması vardır. Travmaya bağlı olarak orta kulaktaki kemikçikler disloke olabilir. Kemikçiklerin normal görünümüne *molar diş işareti* adı verilir (Resim 7.232); dislokasyonda bu görünüm bozulur.

İNFLAMATUAR LEZYONLAR

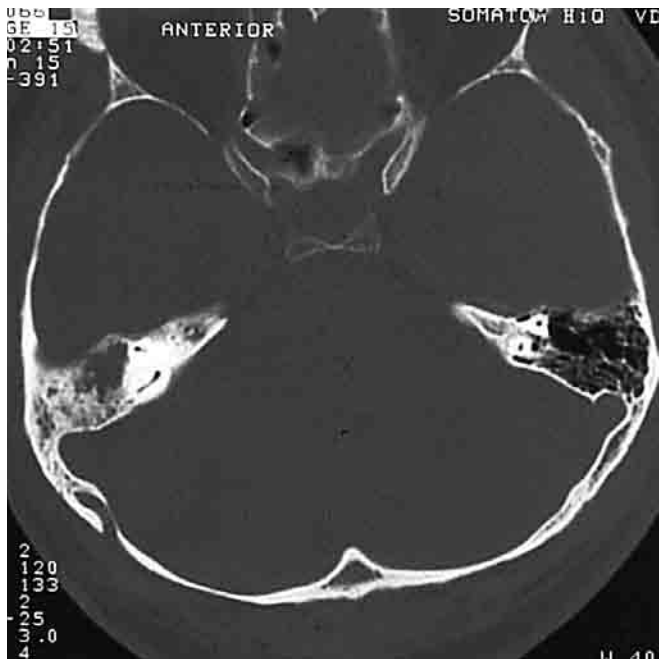
Temporal kemiği en sık tutan hastalık enfeksiyondur. Enfeksiyon gelişiminde etkin mekanizma, Eustachi tüpünün disfonksiyonuna bağlı olarak orta kulakta basınç düşmesidir.

Temporal kemiğin inflamasyonu akut mastoidit veya kronik süpüratif otitis media şeklinde olabilir. Akut mastoiditte mastoid hücre duvarları yıkılır ve hücrelerin radyolusensisi azalır. Kronik enfeksiyonda ise mastoid hücre kaybı ile birlikte kemikte skleroz gelişir (Resim 7.233). BT'de mastoid hava hücrelerinde yamalı opasifikasyon izlenir.

Kolesteatoma

Dökülen çok katlı skuamöz epitelden oluşan epidermoid bir kisttir. Lümen içine epitelyal debrisin birikimi sonucu gittikçe genişler. Doğumsal (%2) veya





Resim 7.233 Mastoidit. A. Schüller radyografisi. Petroz üçgende skleroz görülüyor. Mastoid hücre aerasyonu yok. Kronik mastoidit. B. Aksiyal YÇBT görünümü. Sağ maksiller hücreler içerisinde yoğunluk artımı ve aerasyon azlığı.

edinsel (%98) olabilir. Doğumsal olanlar temporal kemiğin içerisinde veya çevresindeki epitelyal artıklardan köken alır; petroz apekste zımba defekti şeklinde görülür. Edinsel olanlar timpanik membranın çok katlı yassı epitelinden çıkar, en sık attikte yerleşir; orta kulak hastalığı ile birliktedir. Attikte yerleşen lezyonlar orta kulağa veya mastoid hücrelere doğru yayılır.

Kolesteatomanın röntgen bulguları yumuşak doku kitlesi ve kemik destrüksiyonudur. Orta kulak kemikçikleri erode ve deplase olabilir. Attike lokalize olan kolesteatomada, Schüller projeksiyonunda meatus akustikus eksternus üstündeki normalde görülen köprü görünümü kaybolur. Olguların büyük çoğunluğunda kulak zarı perforedir. Zar perfore ise tanı klinik muayene ile konur; zar sağlamsa veya bulgular daha yaygın bir lezyonu düşündürüyorsa radyolojik inceleme gerekir. Lezyonlar en iyi BT ile görüntülenir (Resim 7.234).

Petroz apeksin kolesterol granülomu

Genellikle petroz apeksi tutan bir tip granülasyon dokusudur, dev kolesterol kisti adı da verilir. Petroz apeks hava hücreleri, kolesterol, debris ve hemorajik sıvı ile dolarak kısmi şekilde oblitere olur. BT'de beyinle izodens, kalsifkasyonu olmayan ve kontrast tutmayan lezyonlar şeklindedir. Bu lezyonlar MR'de hem T1AG, hem T2AG'de hiperintenstir.

Otoskleroz

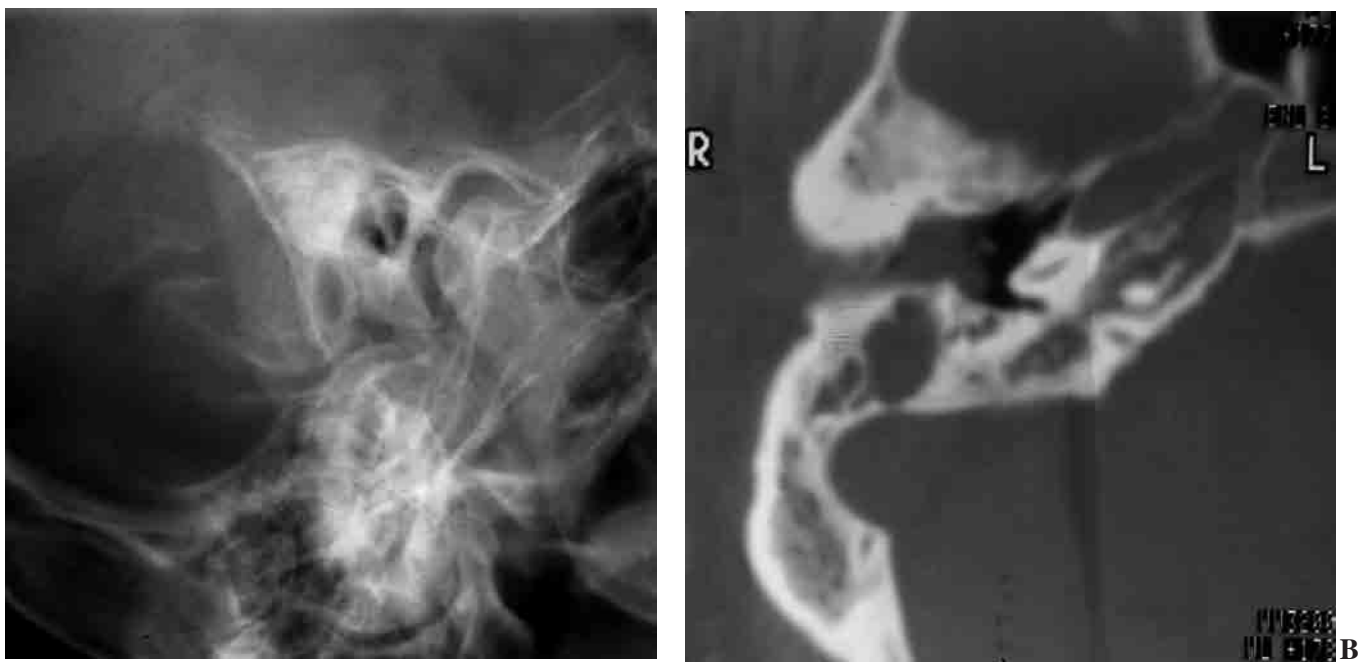
Otik kapsülün önce spongiöz, sonra dens kemiğe dönüşmesine neden olan sebebi bilinmeyen bir hastalıktır. Önce kohlea çevresinde radyolusent bir halo şeklinde dekalsifikasyon gelişir; skleroz geç evrededir. Stapesin tabanının ankilozuna neden olur. Kemik değişiklikleri BT ile gösterilir.

KAFA TABANI TÜMÖRLERİ

Tümörler kafa tabanındaki yapılardan çıkabilecekleri gibi kafa içi ve dışındaki lezyonların yayılımı şeklinde de görülebilir. Paranazal sinüslerde ve nazal boşlukta oluşan paragangliom, nöral kılıf tümörleri (schwannom ve nörofibrom) ve menenjiyomlar kafa kaidesini invaze edebilir. Kafa kaidesini en sık tutan primer tümörler kordoma, kondrosarkom ve osteojenik sarkomdur. Kafa kaidesinden çıkan birçok primer tümör olmasına rağmen bu bölgeyi en sık tutan malignite metastazdır.

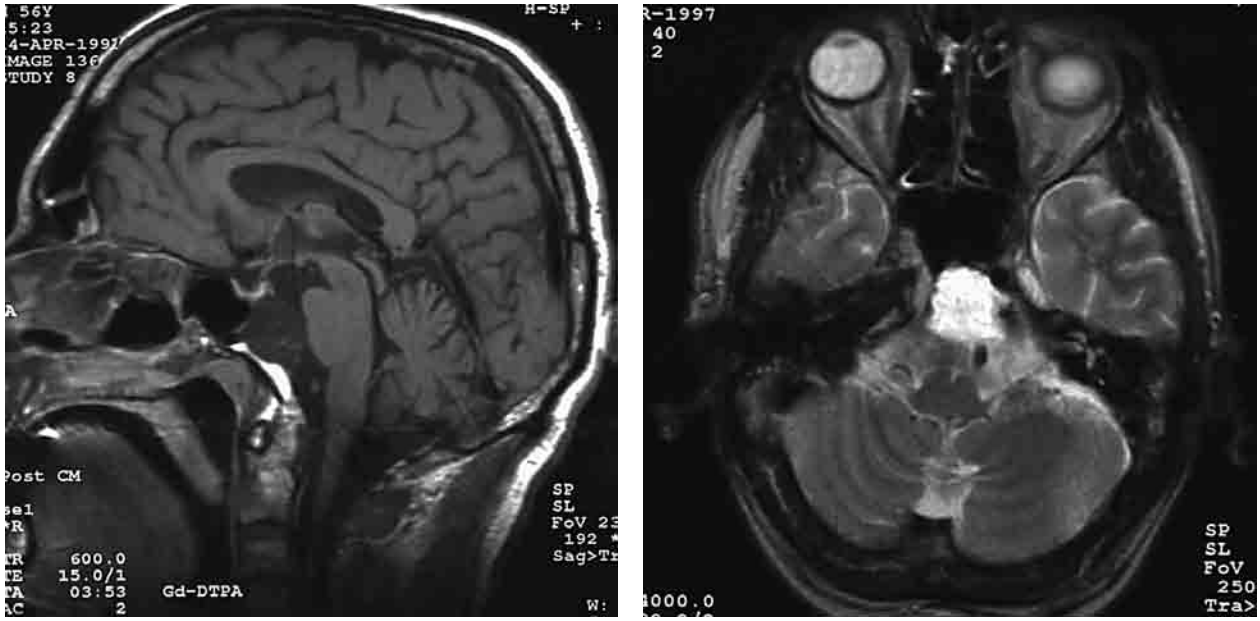
Kordoma

Primitif notokord artıklarından çıkar. Olguların %35'inde klivusta, %50'sinde sakrumda görülür. Orta çizgide ve özellikle sfeno-oksipital sinkondroz bölgesinde yerleşim tipiktir (Resim 7.235). Olguların 1/3-1/2'sinde BT ile saptanabilen kalsifikasyon var-



A B

Resim 7.234 Kronik mastoidit ve kolesteatoma. A. Schüller projeksiyonu. Periantral üçgende skleroz ve mastoidde kemik destrüksiyonu izleniyor. B. Aksiyal BT kesiti. Zarı perfore olan olguda orta kulağa doğru uzanan yumuşak doku kitlesi. Mastoid hücrelerinde destrüksiyon ve birlikte yumuşak doku kitlesi.

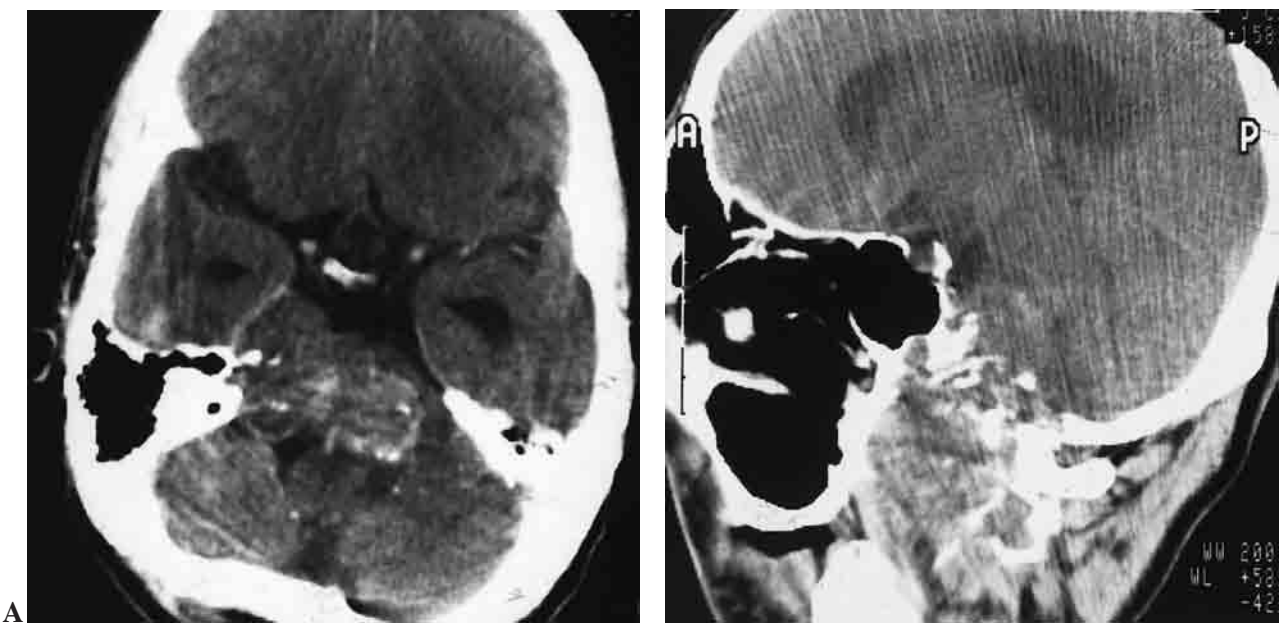


Resim 7.235 Kafa tabanında kordoma. A. T1AG. Klivus üzerine oturan ve kemik iliği içerisine giren yumuşak doku kitlesi. Kitleye bağlı olarak beyin sapı geriye doğru itilmiş. B. T2AG. Lezyon hiperintens.

dır; %40'ında klivusta kemik destrüksiyonu ve sekestrasyonları görülür ve tümör nazofarenkse geçer (Resim 7.236). Olguların %10'unda kemik değişiklikleri sklerotiktir. Tümör hafif hiperdenstir ve orta derecede kontrast tutar. Nazofarenkse geçmesi nedeniyle ayırıcı tanı nazofarenks kanseriyle yapılmalıdır. Bu yerleşimdeki bir tümörde kalsifikasyon veya kemik sekestrasyonu görülmesi kordoma lehinedir.

Sinir kılıfı tümörleri

İki tip sinir kılıfı tümörü vardır: Schwannom (neuri-



Resim 7.236 Kordomanın BT görünümü. A. Kafa tabanıdan geçen kontrastlı aksiyal kesit. Posterior fossada yukarı doğru büyüyen kalsifik kitle. B. Sagital oblik kesit. Kafa tabanı kemiklerinde destrüksiyon ve kafa tabanına ve nazofarenkse geçen ve kontrast tutan yumuşak doku kitlesi. Kesit, hasta gantri içerisine sagital kesit alacak şekilde pozisyonlandırılarak elde edilmiştir. Birlikte hidrosefali.

lemmom veya neurinom) ve nörofibrom. Malign sinir kılıfı tümörleri çok nadirdir. Nörofibrom çoğunlukla medülla spinalisten çıkan sinirleri tutar; baş-boyunda sık görülmez.

Schwannom aksonların miyelin kılıfını yapan şıvan hücrelerinden çıkar. Kapsüllü bir tümördür; kafa çiftlerini tutar; en sık VIII. ve V. sinirde görülür. Yetişkinlerde daha sıktır. BT'de izodens veya hipodenstir, yoğun kontrast tutar. Lezyon büyüdükçe kistik dejenerasyona bağlı heterojenite artar.

Vestibular schwannom VIII. kafa çiftinin internal akustik kanal (meatus) içerisindeki vestibuler dalından çıkar. Eskiden beri kullanılan popüler adı akustik nörinomdur. Tümör tümüyle intrameatal olabileceği gibi, ekstrameatal da olabilir veya intrameatal bir tümör serebellopontin köşeye de taşabilir. İki taraflı schwannom NF-2 için patognomonik kabul edilir.

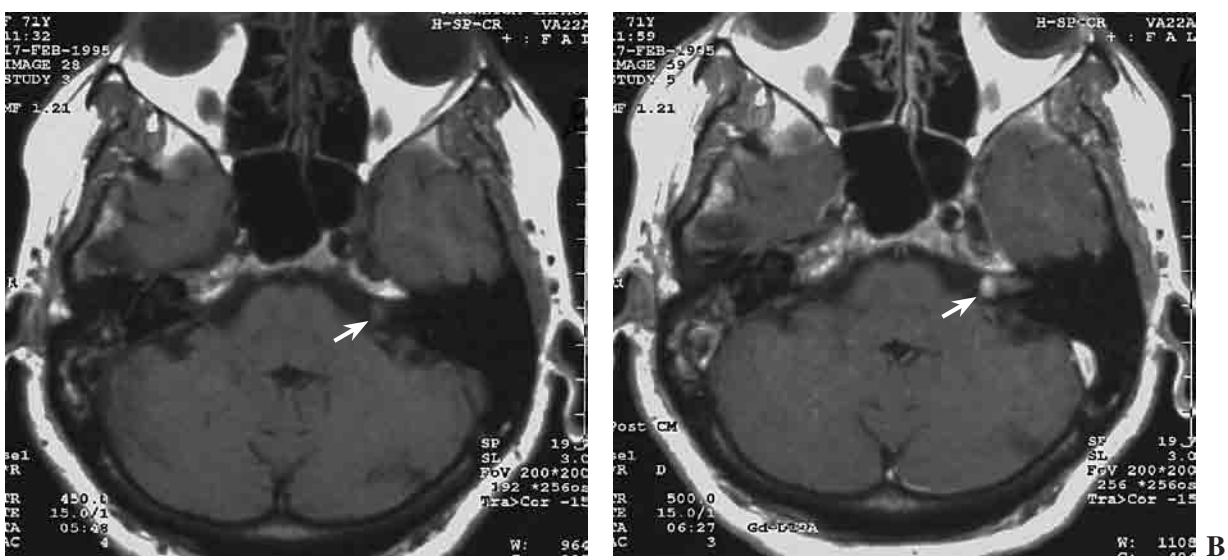
Düz röntgenogramlarda internal akustik kanal genişlemesi tanı koydurucu bir bulgudur. Akustik kanalda erozyon görülebilir. Röntgenogramlarda iki internal akustik kanal arasında 2 mm'lik genişlik ve arka duvarda 3 mm'lik uzunluk farkı akustik nörinom bakımından anlamlıdır. BT'de yuvarlak veya oval şekilli, izodens, kontrast tutan kitleler şeklinde görülür. MR'de genellikle kanal içerisine uzanan ve kontrast tutan kitleler şeklindedir. Beyin dokusu ile izointenstir ve belirgin kontrast tutar. MR, kemik artefaktının olmaması nedeniyle kanal içerisindeki lezyonları çok iyi görüntüler. Kontrastlı T1AG'de birkaç milimetrelik tümör görülebilir; ancak bu görünümü değişik nedenli nöritlerden, klinik olarak ayırmak gerekir.

Akustik nörinomların ayırıcı tanısı bu bölgeye yerleşen menenjiyomlarla yapılır. Nörinomlar internal akustik kanal ağzında veya çevresinde yerleşirler (Resim 7.237). Menenjiyomların yerleşim yeri değişkendir ve genellikle kanaldan daha geride oturur. Menenjiyomlar genellikle hiperdens ve kalsifiyedir. Nörinomlar izodenstir ve kalsifikasyon görülmez. Menenjiyomların komşu kemiğe dayandığı alan geniştir ve birlikte genellikle sklerotik kemik değişiklikleri görülür. Sinirlerin kontrast tutması nörinom lehinedir, *dural kuyruk* menenjiyomların bulgusudur. Nörinomlar T1AG'de menenjiyomalardan daha hiperintenstirler.

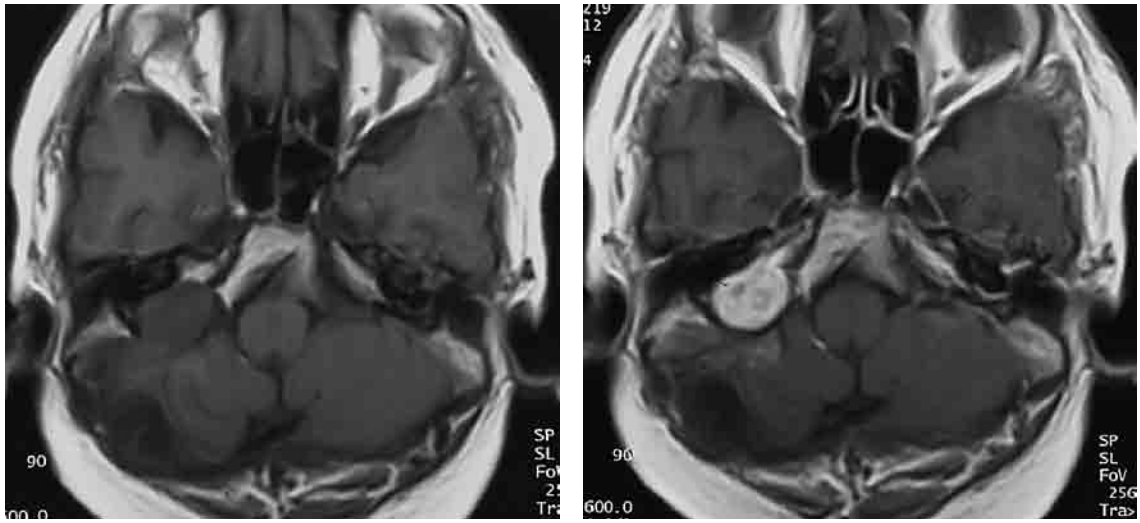
Trigeminal schwannom, ponsun ortasından geçen kesitlerde, kavernöz sinüsün hemen posterolateralindeki Meckel kavitesi ile beyin sapı arasında, pontin siterna içerisinde görülür. Meckel kavitesi içerisinde trigeminal ganglion oturur. Tümör ganglionu geçerek sinirin dalları boyunca foramen ovale, foramen rotundum ve süperior orbital fissüre uzanarak bu yapıları erode edip genişletebilir. Schwannomlar bazen IX. ve XI. sinirleri de tutabilir (Resim 7.238).

Glomus tümörleri

Diğer isimleri kemodektoma ve nonkromafin paragangliomadır. Baş-boyunda değişik yerlerde bulunan kemoreseptör hücrelerden çıkarlar. Büyük çoğunluğu benigndir, ancak yaklaşık %10 olguda başka bir ma-



Resim 7.237 Akustik nöronom. A. T1AG. Sol tarafta akustik sinirde belirgin kalınlaşma (ok). B. Kontrastlı T1AG'de tümör belirgin kontrast tutuyor (ok).

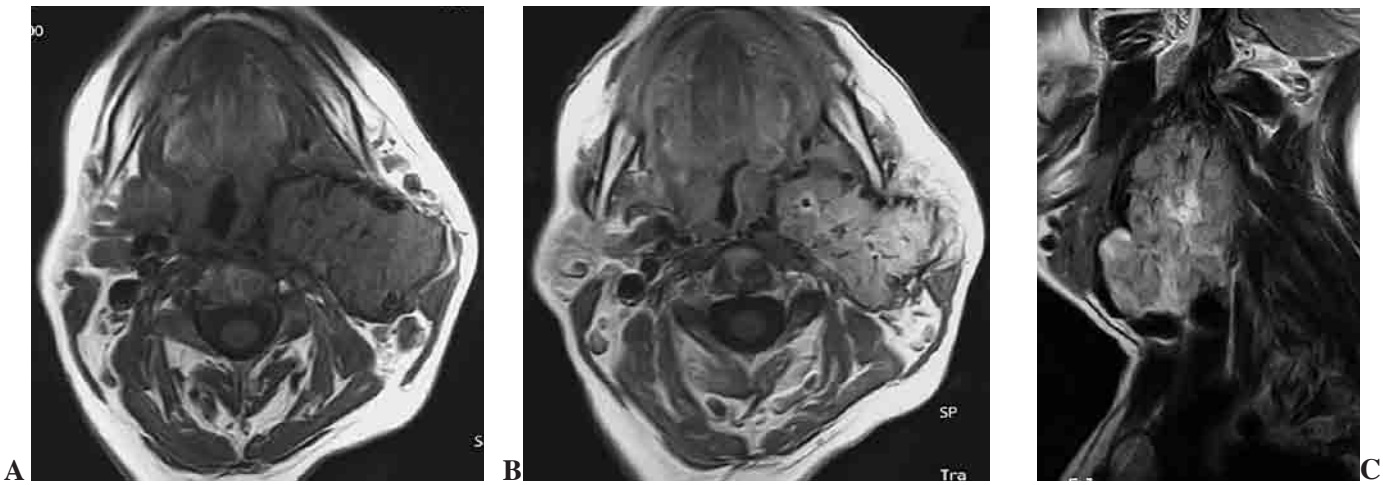


Resim 7.238 Schwannom. A. T1AG. Sağ tarafta serebello pontin köşede düzgün kenarlı beyinle izointens kitle. B. Kontrastlı T1A'da yoğun kontrast tutuyor. Tümör 10. sinirden köken almış.

lign tümörle birliktedir. Olguların %10'unda birden fazla sayıdadır; bu nedenle bir tümör saptandığında diğer kesimler araştırılmalıdır. Orta kulakta en sık görülen tümördür.

Üç glomus tümörü vardır: Glomus jugulare, jugular bulbustan çıkar, daha sıktır (Resim 7.239); glomus timpanikum, timpanik kavite içerisindeki Jacobson ve Arnold sinirlerinden çıkar, daha az görülür; glomus karotikum karotid bifurkasyonundan çıkar.

Hızlı ve belirgin kontrast tutmaları temel özellikleridir. Benign olmasına rağmen kemikte harabiyet yapar. Jugular foramene oturan nörinomda foramende ekspansiyon görülür. Glomus timpanikum tipik olarak kohlear promontorium üzerine oturmuş küçük yumuşak doku kitlesi şeklindedir. Timpanik kavitedeki diğer yumuşak doku kitlelerinden ayrılamaz. Glomus karotikum, bifurkasyonda internal ve eksternal karotid arterlerin proksimal kesimlerinin birbirinden uzaklaşmasına yol açar. Glomus tümörünün T2 değeri beyaz cevhere göre uzamıştır ve T2AG'de hiperintens görülür. Glomus tümörleri belirgin vasküler tümörlerdir. Tümör içerisindeki vasküler yapıların sinyalsiz odaklar şeklinde görülmesi T2AG'de tipik *tuz-biber görünümüne* neden olur.



Resim 7.239 Solda büyük bir glomus jugulare tümörü. A. T1AG'de çevre kaslarla izointens, heterojen iç yapısı olan büyük bir kitle. B. Kontrastlı T1AG'de kitle belirgin kontrast tutuyor. Kitle içerisinde küçük vasküler yapılara ait hipointens kanallar (tuz-biber görünümü). C. Kontrastlı oblik sagital T1AG.

ORBİTA ve GÖZ

İnceleme yöntemleri

Orbita ve gözü tutan lezyonlar günümüzde kesit görüntüleme yöntemleri ile incelenir. Görüntülemede amaç intraorbital lezyonların varlığını, yerleşimini, büyüklüğünü ve çevre yapıların durumunu araştırmaktır. İnceleme yöntemi klinik probleme göre düzenlenmeli ve tüm anatomik yapıları içine almalıdır. Radyoloğun incelemeyi yakın takibi ve gerekli yerlerde gerekli değişiklikleri yapması tanı yönünden çok önemlidir. Genelde BT temel, MR tamamlayıcı konumundadır. Bununla birlikte yumuşak dokuları ilgilendiren lezyonlarda doğrudan MR yapılabilir. Yağ baskılamalı MR sekansları, orbital yağa gömülü veya komşu lezyonların gösterilmesinde değerlidir.

BT

Orbitanın incelenmesinde BT, kemik ve kalsifikasyonu daha iyi göstermesi, retrobulber yağın çok iyi bir kontrast oluşturması ve daha yaygın ve daha ucuz bir yöntem olması nedeniyle, temel yöntemdir. Orbital apeksin ve özellikle optik kanalın yumuşak doku içeriği, kemiğe yakın konumları nedeniyle BT ile çok iyi incelenemez. Aksiyal kesitler orbito-meatal çizgiye -5° açılıdır; böylece optik sinire paralel görüntüleme yapılabilir. Kesitler ince olmalıdır. Aksiyal kesite ek olarak koronal kesitler alınabilir.

MR

Yüksek yumuşak doku kontrast çözümlemesi, multiplanar kesit alma kapasitesi ve kemik artefaktlarının olmaması nedeniyle MR, özellikle optik foramen içeriği, kiazma, kavernöz sinüs yapıları ve optik traktüsün intrakraniyal kesimini çok iyi gösterir. Orbitanın incelenmesinde MR'nin çözümleme gücü BT'den yüksektir. Örneğin koronal BT kesitlerinde birbirinden ayrılamayan süperior rektus ve levator palpebra kasları MR ile ayrı ayrı görülebilir. Yüzey sargılarının kullanılmasıyla orbitanın, histolojik preperatlara benzer çok ayrıntılı görüntüleri elde edilmektedir.

Orbita lezyonlarının MR görünümleri BT bulgularının analoğudur. Kalsifikasyonu iyi görüntüleyememesine karşılık, yumuşak doku lezyonlarının morfolojisini tıpkı BT gibi, fakat daha ayrıntılı olarak görüntüler. Uveal melanomların sinyal karakteristikleri ile tanınabilmeleri, vasküler yapıların ayırt edilebilmesi, kas ve yumuşak doku tutulumlarının daha iyi gösterilmesi MR'nin üstünlükleridir. Göz ve göz kapağı hareketleri görüntü kalitesini bozar. Gözdeki ferromanyetik yabancı cisimlerde, yabacı cismi yerinden oynatacağı için, kontrendikedir.

Orbital MR incelemesinde standart aksiyal ve koronal kesitlere, optik sinire paralel oblik sagital kesitler ilave edilir. Kesit kalınlığı 3 mm'dir. T1A ve T2A SE görüntüleri temeldir. Gerekli olgularda yağ süpresyonu yapılır.

US

Direkt oftalmoskop ve orbital US ile göz küresinde ve orbital segmentteki birçok lezyonu saptamak ve karakterize etmek olasıdır. Radyoloji departmanlarından daha çok göz kliniklerinde uygulanan bu yöntemin temel endikasyonu korneal opasite veya katarakt gibi nedenlerle optik ortamı saydam olmayan hastalarda arka segmenti ve orbita lezyonlarını değerlendirmektir. Lakrimal glandın kistik veya solid lezyonları veya etmoid sinüslerden çıkan tümör veya mukoseller US ile incelenebilir. US, oftalmopleji, pitoz ve orbita apeksindeki lezyonların değerlendirilmesinde çok başarılı değildir.

Orbitanın US incelenmesinde 10-15 mHz'lik problar kullanılır. B-tarama yöntemi ile görüntü elde edilir; A-tarama yöntemi ile de yapıların eko amplitüdleri değerlendirilir. Doppler US ise vasküler lezyonların tanısında değerlidir.

Orbita lezyonlarının radyografik görünümü

Travmada kırık araştırılması dışında genellikle tanı amacıyla radyografiye baş vurulmaz. Orbitanın düz röntgenogram bulguları genellikle başka amaçlarla istenmiş kraniyum röntgenogramlarında karşımıza çıkar. Dakriyosistografi, doğrudan tanı yöntemi olarak kullanılan tek röntgen yöntemidir.

Düz röntgenogramlarla orbita, başlıca yan, arkaön, Towne, optik kanal ve superior orbital fissür genişlemesi düşünülüyorsa, apikal projeksiyonlarla incelenir. Orbitadaki yoğunluk değişikliği yumuşak doku içeriğinin artması veya azalması ile ilgilidir; propitoza neden olan yer kaplayan bir lezyonun veya yumuşak doku ödeminin varlığında orbitanın yoğunluğu artar; enoftalmide tersine orbita yoğunluğu azalır.

Orbita boyutlarında küçülme, orbita yetişkin şeklini almadan önce yapılan erken enükleasyonlara veya mikroftalmi veya anoftalmiye; genişleme ise intraorbital basınç artımına bağlıdır. Büyüyen herhangi bir tümör, yeterli bir süre geçmişse orbitada ekspansiyon

oluşturabilir. Orbitadaki genişleme genellikle uzun süre devam eden benign yapıda bir lezyonun bulgusu olarak kabul edilir. Bu kural çocuklarda geçerli değildir; çocuklarda orbita süratle genişler.

Orbita duvarlarındaki destrüksiyon genellikle primer malign bir olaya veya metastaza bağlıdır. Komşu paranazal sinüsten çıkan tümör ve osteomiyelitlerde de görülebilir. Nadiren neden tüberküloz gibi bir enfeksiyondur. Orbita duvarında keskin kenarlı bir erozyon, dermoid kist veya epidermoid gibi benign yapıda bir tümörü de düşündürür. Artmış kemik yoğunluğu veya hiperostozun ise birçok nedeni vardır. Sfenoid kanatta görülen skleroz bu bölgede yerleşen bir menenjiyomla ilgili olabilir. Osteoblastik metastazlar, fibröz displazi, Paget hastalığı ve kronik sinüs enfeksiyonuna eşlik eden osteitis de orbitada skleroz yapan diğer nedenlerdir.

Orbitada yumuşak doku kalsifikasyonu sık görülmez. Benign kataraktta lensin yoğunluğu artar. Yaralanma veya enfeksiyonu izleyen dejeneratif değişiklik sonucu, koroidde ve vitreusta osifikasyon görülebilir. Retinoblastomlarda ince noktalı kalsifikasyonlar saptanabilir. Hiperparatiroidizmde kalsinozis oküli rapor edilmiştir. Optik sinir menenjiyomunda göz yuvarlağının arkasında kalsifikasyon izlenebilir. Propitozisli bir olguda orbitada flebolitlerin varlığı venöz malformasyonu gösterir.

Optik foramen ve sfenoid fissürdeki genişlemeler intraorbital yer kaplayan lezyonların varlığını gösteren önemli bir bulgudur.

Dakriyosistografi

Gözyaşı kanallarının kontrast madde verilerek incelenmesidir. Göz kapağının mediyalindeki inferior veya süperior lakrimal kanalikül kateterize edilir. Kontrast madde verildikten sonra değişik pozisyonlarda röntgenogramlar alınarak kanallardaki darlık ve obtrüksiyon saptanmaya çalışılır.

Göz içindeki yabancı cisimlerin yerinin radyografik incelemesi, kesit görüntülemenin kliniğe girmesi ile terkedilmiştir.

TÜMÖRLER

Orbitada retrobulber alan ekstraoküler göz kasları tarafından sınırı çizilen, ekstrakonal ve intrakonal adı verilen iki bölmeye ayrılır. Süperior, inferior, mediyal ve lateral rektuslar ile süperior oblik ve levator palpebra süperior kasları, fibröz bir septumla birlikte tepesi süperior orbital fissürde, tabanı önde bir koni oluşturur. Orbitada yer kaplayan lezyonların bu bölmelere göre lokalize edilmesi ayırıcı tanı listesini kısaltır. Bu koninin içerisinde kalan (intrakonal) bir lezyon saptandığında bu lezyonun optik sinir kılıf kompleksinden çıkıp çıkmadığı belirlenmelidir. Optik sinir beynin, BOS ve sinir kılıfını oluşturan meninkslerle çevrelenmiş uzantısıdır. Optik sinir kompleksinden çıkan tümörler bu nedenle optik sinir gliomu ve optik kılıf menenjiyomudur.

Optik gliom

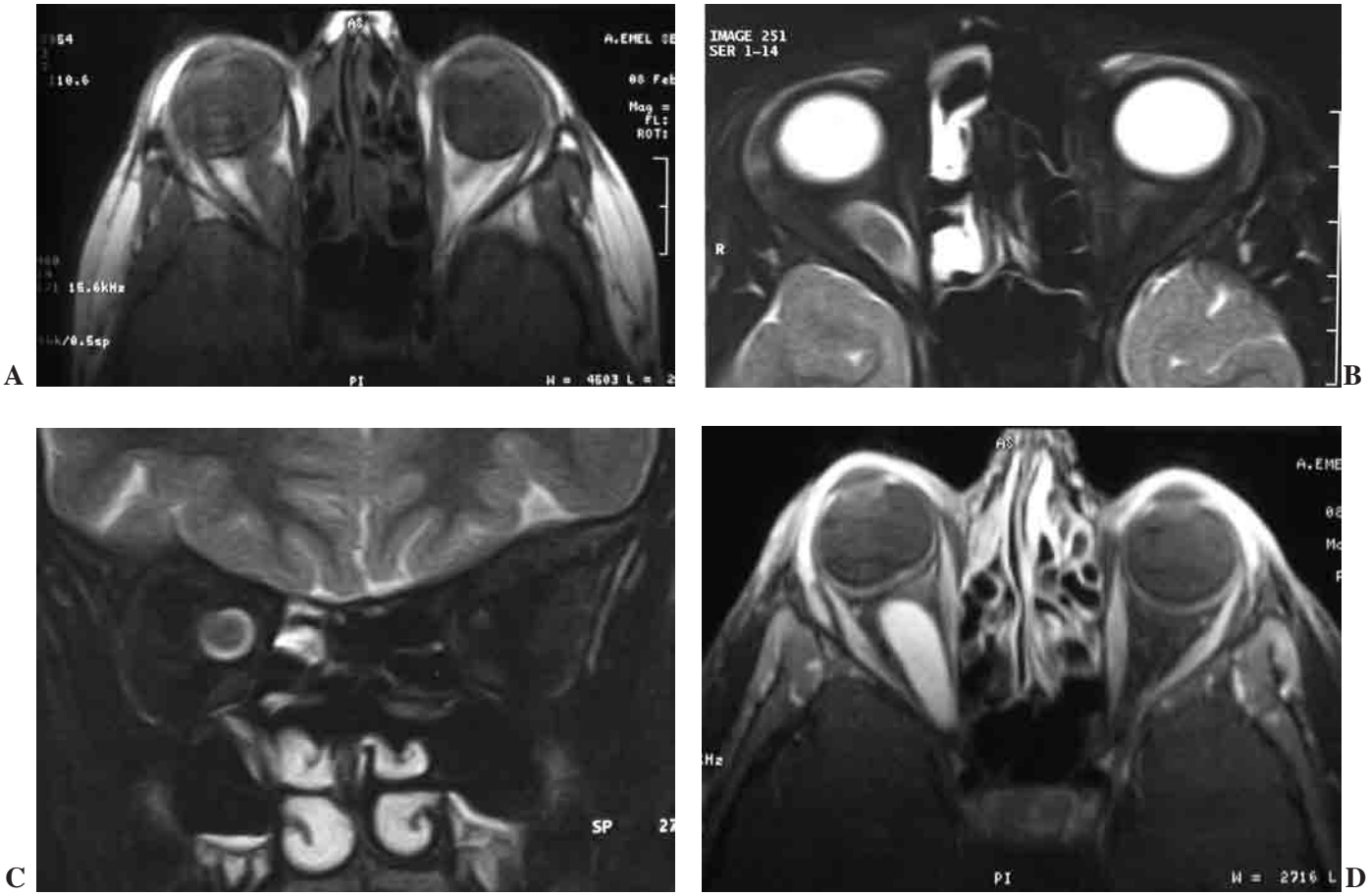
Olgularının %75'i 10 yaş içinde görülür. Soliter olabileceği gibi NF-1'in bir komponenti de olabilir. İki taraflı olması NF-1 için patognomik kabul edilir. Çocuklardaki optik gliom histolojik olarak pilositik astrositoma benzer ve genellikle büyümesi yavaştır; yetişkinlerdeki ise anaplastik astrositom veya glioblastom özellikleri gösterir ve yaşam süresi genellikle bir yıldan kısadır. Radyolojik olarak optik sinirde fuziform kalınlaşma ve kıvrımlanma görülür (Resim 7.240). Kistik değişiklikler sıktır, kalsifikasyon görülmez; kontrast madde tutma özelliği değişkendir, bazen hiç boyanmayabilir. NF-1 olgularında gliom dışında, optik sinir kılıfındaki reaktif araknoidal hiperplazi de sinirde kalınlaşmaya yol açabilir.

Menenjiyom

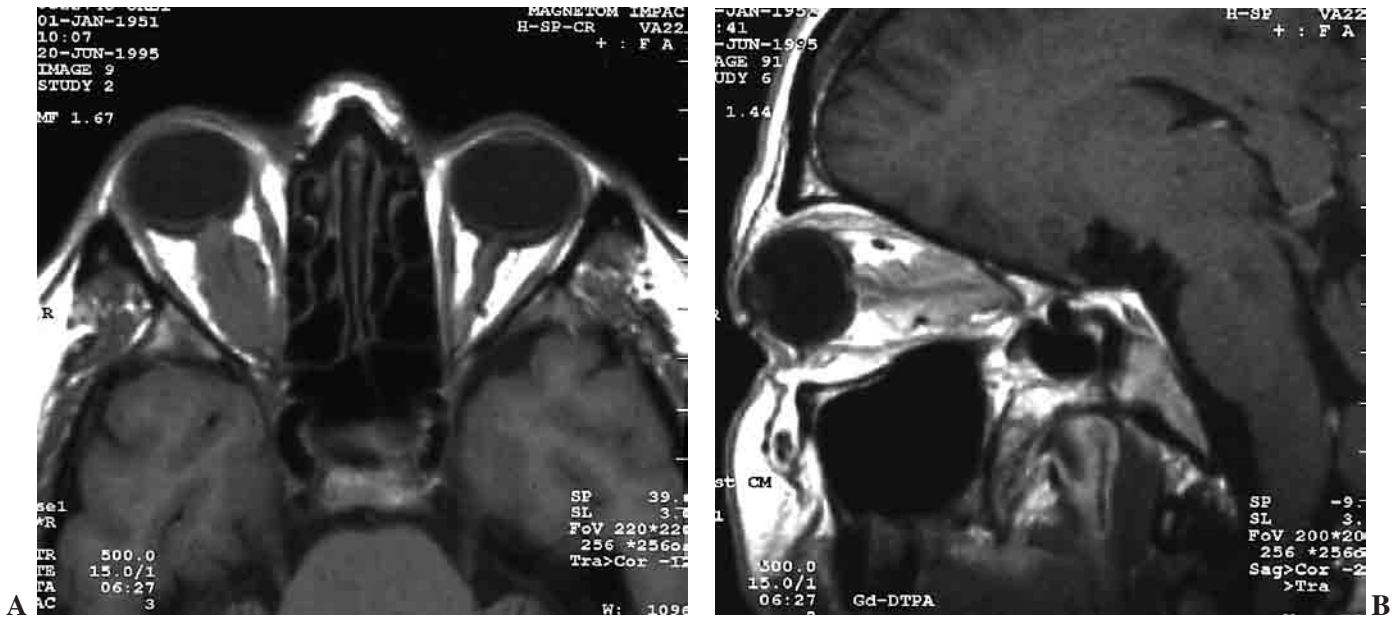
En sık 3.-5. on yıllarda görülür; kadınlarda daha sıktır. Optik sinir kılıfındaki araknoidin hemanjioendotelyal hücrelerinden, orbita duvarının periostundan veya orbita içerisindeki araknoid artıklardan çıkar; foraminal, intrakanaliküler ve intraorbital yerleşimde olabilir. Tümör dokusu sirküler tarzda siniri sarar ve sinir boyunca uzanır (Resim 7.241). Kontrastlı kesitlerde sinir kılıfının kontrast tutması *tren rayı* görünümüne neden olur. Tren rayı görünümü özgül bir bulgu değildir. Sinir kılıfında hücre infiltrasyonuna neden olan lenfoma, metastaz, sarkoidoz ve psödotümörde de görülebilir. Menenjiyomlar düzensiz ve asimetrik bir kitle görünümündedir; yoğun kalsifikasyon içerebilir. BT'de hiperdens, kontrast tutan bir lezyon şeklindedir. Çevrede kemik değişiklikleri olabilir. Görülme yaşı, kalsifikasyon içermesi, düzensiz kitle görünümü ve tipik boyanması ile optik gliomadan ayrılır.

Rabdomiyosarkom

Çocuklarda en sık görülen primer orbital malign tü-



Resim 7.240 Optik gliom. A. T1AG B ve C yağ baskılamalı T2AG. Sağ optik sinirde belirgin kalınlaşma. D. Yağ baskılamalı kontrastlı T1AG'de tümörde belirgin boyanma.



Resim 7.241 Optik sinir menenjiyomu. A. Aksiyal T1AG, B. Sagital kontrastlı T1AG. Tümörün optik siniri çepeçevre sardığı, kenarının düzensiz olduğu ve belirgin kontrast tuttuğu izleniyor.

mördür. Yetişkinlerde de görülebilir. Çocukluk çağında en sık embryonal ve alveolar, yetişkinlerde ise pleomorfik tipi izlenir. Ekstraoküler kaslardan değil, orbita yumuşak dokusundaki andiferansiye mezenkimal elementlerden köken alır. BT ve MR'de homojen, iyi sınırlı yumuşak doku kitlesi şeklindedir. Büyüdükçe kenar keskinliği kaybolur, çevre yapıları invaze etmeye başlar (Resim 7.242). Kemikte harabiyet yapar, ancak harabiyet yapmadan da yeniden şekillenmeyle kemikte bombeleşmeye neden olabilir. Tümör içi kanama alanları tümörün görünümünü heterojen hale getirir. BT'de kas ile izodenstir; MR'de T1AG'de beyne kıyasla izointens veya hafif hipointens, T2AG'de hiperintenstir. Genellikle belirgin kontrast tutar. Karakteristik olarak ani bir başlangıç gösterir ve hızla büyür.

Retinoblastom

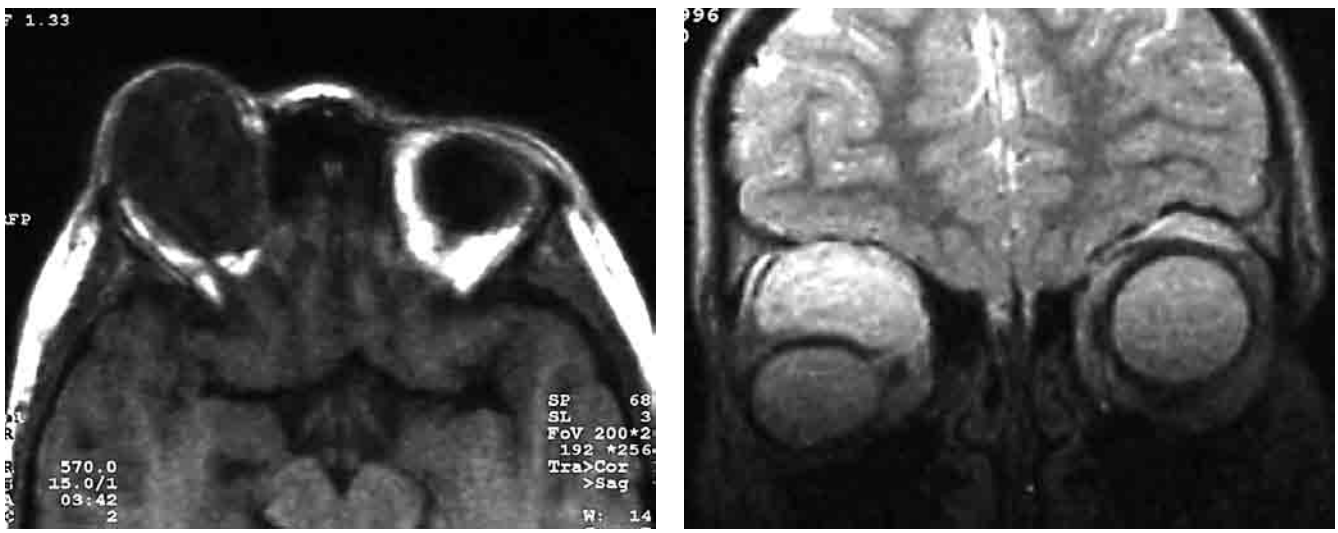
Çocukluk çağında en sık görülen intraoküler tümördür. Malignitesi yüksektir. Sadece göze sınırlıysa 5 yıllık sağkalım oranı %90'nın üzerindedir; göz dışına yayılımı varsa mortalite oldukça yüksektir. Sporadik veya herediterdir. Herediter formunda %85 oranında iki taraflıdır. BT'de olguların %90'nından fazlasında kalsifikasyon görülür (Resim 7.243). Üç yaşın altında bir çocukta intraoküler kalsifikasyon varlığı retinablastomu düşündürmelidir. MR'de kalsifikasyon fark edilmeyebilir. Ancak MR, retinablastomu taklit eden lezyonlardan ayırt etmede ve çevre yayılımını göstermede BT'den üstündür.

Oküler melanom

Uveadan (koroid, silier cisimcik, iris) köken alır. Makroskopik olarak mantar şeklinde, oval, yassı veya difüz olabilir. Genellikle klinik muayene veya US ile tanı konur. BT'de çoğu iyi sınırlı hiperdens lezyonlar şeklindedir. Tümörün MR görünümü içerdiği melanin nedeniyle tipiktir. Melanin hem T1 hem de T2 relaksasyon değerlerini kısaltır; buna bağlı olarak T1AG'de yüksek, T2AG'de düşük intensite görülür. Bazı tümörler amelanotiktir ve bu özellikleri göstermez. Tümör içinde nekroz ve kanama görülebilir. Orta derecede kontrast tutar. Tümörün lokal yayılımı ve intrakranial metastazları MR ile daha iyi gösterilir.

Orbital lenfoproliferatif hastalıklar

Benign (reaktif) lenfoid hiperplaziden malign lenfomaya uzanan bir spektrumu kapsar. Orbital lenfoma malign orbital tümörlerin yarısını oluşturur. Genellikle sistemik tutulumu yoktur. Klinik olarak inflamatuar psödotümörden ayırt edilemeyebilir. Radyolojik olarak genellikle 4 tutulum şekli gösterir:1) Superior rektus kasının üzerinde, anterior preseptal-postseptal alanda kitle şeklinde görülebilir. Çevre yumuşak dokuya infiltrasyon gösterebilir. 2) Lakrimal glandda büyümeye neden olabilir (Resim 7.244). Komşu kemikte basınç erozyonu oluşturabilir. Pleomorfik adenomdan ayırt edilmesi gerekir. 3) Lenfoid tümör retrobulber yağı infiltre edebilir. Kapsülsüzdür; iyi sınırlı izole kitle görüntüsünde olabileceği gibi, sınırları iyi ayırt



A B

Resim 7.242 Rabdomiyosarkom. A. Aksiyal T1AG. Sağ orbitada göz yuvarlağı üzerinde beyinle izointens heterojen kitle. B. Koronal T2AG. Kitle belirgin hiperintens görüloyar. Kitlenin basısına bağlı olarak göz küresi aşağı doğru itilmiş.



Resim 7.243 Retinablastom. Sol göz küresi içerisinde düzensiz kenarlı, içerisinde kalsifik odaklar bulunan tümöral kitle. A. Kontrastsız, B. Kontrastlı BT kesitleri. Tümör hafif kontrast tutuyor.

edilemeyen difüz tutulum şeklinde de olabilir. Büyük boyutlarda olsa bile globda bası oluşturmaz; orbital yapılara kendini uydurur. 4) Sinonazal kavitedeki lenfomatöz lezyonun orbitaya uzanımı şeklinde olabilir. Benign ve malign lenfoid lezyonlar klinik ve radyolojik olarak ayırt edilemezler, bu nedenle biyopsi şarttır.



Resim 7.244 Orbital lenfoma kontrastlı BT kesiti. Sol orbita dış duvarına dayanan ve hafif kontrast tutan kitle görünümü. Kitlenin basısına bağlı gözde öne ve içe doğru yer değişikliği.

Metastazlar

Nöroblastom, Ewing tümörü ve lösemi çocukta orbitaya en çok metastaz yapan tümörlerdir. Birlikte kemik lezyonları vardır. Göz küresine metastaz azdır. Yetişkinde ise meme ve akciğer kanseri metastazları sık görülür; çocuktakinin tersine göz küresi daha çok tutulur. Olguların yarısında metastazın primeri bulunamaz. Bu durumda primerin akciğerde olması muhtemeldir. Metastazlar infiltratif yapıdadır; sınırları belli değildir; psödotümöre benzer (Resim 7.245).

Lakrimal gland tümörleri

Yarısını epitelyal, diğer yarısını epitelyal dışı tümörler oluşturur. Epitelyal tümörlerin yarısı bening miks tümör (pleomorfik adenom), diğer yarısı adenokistik karsinomdur. Pleomorfik adenom ağrısız yavaş bir büyüme gösterir. Adenokistik karsinom ağrılıdır, hızlı ve infiltratif bir şekilde büyür. Tümör kenarının nodüler yapıda olması, komşu orbital yapılara infiltrasyon ve kemik erozyonu malignite lehine bulgulardır. Tümör içi kalsifikasyon daha çok malign olanlar da görülür. Hem benign hem de malign lezyonlar orta veya belirgin derecede boyanma gösterir (Resim 7.246). Lakrimal glandın epitelyal olmayan lezyonlarının çoğu inflamatuar ve lenfoproliferatiftir. İnflamatuar lezyonlar arasında en sık görülenleri dakriyoadenit,



Resim 7.245 Lösemi. Her iki orbita içerisinde lösemik infiltrasyon. Sağda orbitanın iç duvarında, solda dış duvarında ve göz küresi üzerinde yumuşak doku yoğunluğu görülüyor.

Sjögren sendromu, sarkoidoz ve idyopatik inflamatuar psödotümördür. Lenfomatöz lezyonları da reaktif lenfoid hiperplaziden malign lenfomaya kadar uzanan geniş bir spektrum gösterir. Bu lezyonları birbirinden ayırt edebilecek özgül radyolojik bulgular yoktur.

Dermoid kist

Lakrimal gland bölgesinde, özellikle superolateral orbital rim boyunca sık görülen bir lezyondur. Gerçek bir lakrimal gland tümörü değildir. MR'de T1A kesitte hipointens, T2AG'de hiperintens, BT'de de hiperdenstir. Sadece periferinden rim tarzında boyanır. Sıvı-sıvı seviyelenmesi gösterebilir veya bazen içerdiği yağa ait dansite/intensite ile fark edilir.

İDİOPATİK İNFLAMATUAR PSÖDOTÜMÖR

Orbitanın veya gözün nongranülomatöz inflamasyonudur. Yetişkinlerde orbitada en sık kitle görünümüne neden olan hastalıktır; 10-40 yaşları arasında görülür. Psödotümör orbita olarak da bilinir. Orbita içerisinde retrobulber yapıları infilitre eden inflamatuar lenfosit infiltrasyonu vardır. Sınırları seçilemeyen bir kitle şeklindedir (Resim 7.247), bazen izole bir kitle görünümü verir. Hastalığın kesit görüntü bulguları retrobulber yumuşak doku planlarının kaybı, rektus kaslarının kalınlaşması kontrast tutan sklero-uveal kalınlaşma ve optik sinirin ve rektus tendonlarının yapıştığı yerlerde silinmedir. Lakrimal bez tutulumu sıktır; radyolojik olarak bezde büyüme izlenir

Psödotümörün nedeni bilinmez; otoimmün bir hastalık olduğu kabul edilir. Genellikle tek, %10-15

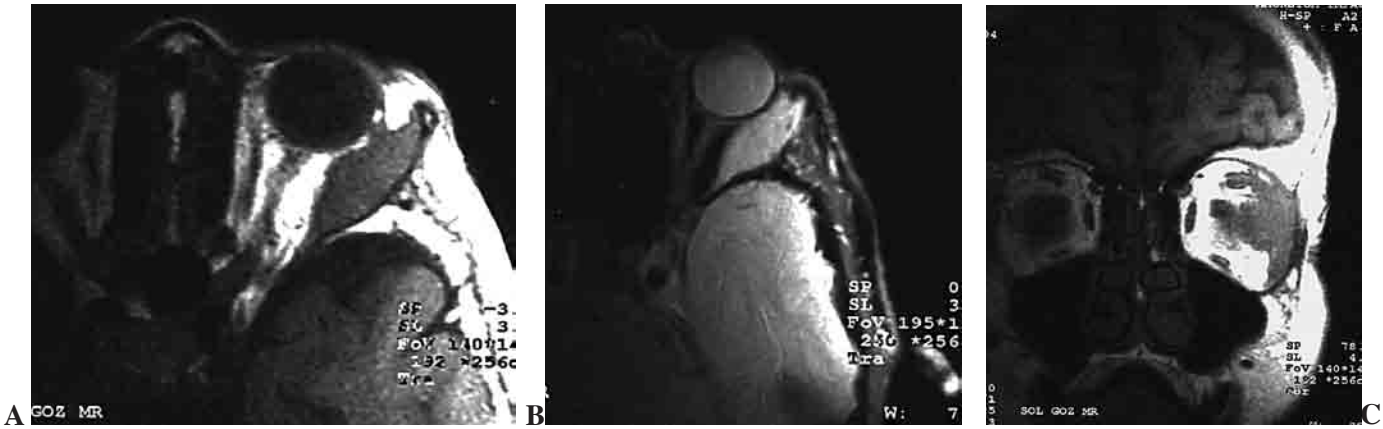


A



B

Resim 7.246 Lakrimal gland tümörü. A. Aksiyal T1AG. Sol orbitanın iç kesiminde göz küresini dışa doğru iten heterojen hipointens düzensiz kenarlı kitle görünümü. B. Kontrastlı koronal T1AG'de kitle kontrast tutuyor.



Resim 7.247 Orbital psödotümör. A. T1AG'de lateral rektus kasında belirgin kalınlaşma. B. T2AG'de tutulan kasın hiperintens görünümü. C. T1AG koronal kesit. Sol kalınlaşmış rektus kasının koronal kesiti. Komşu yağ planları infiltre görünümde.

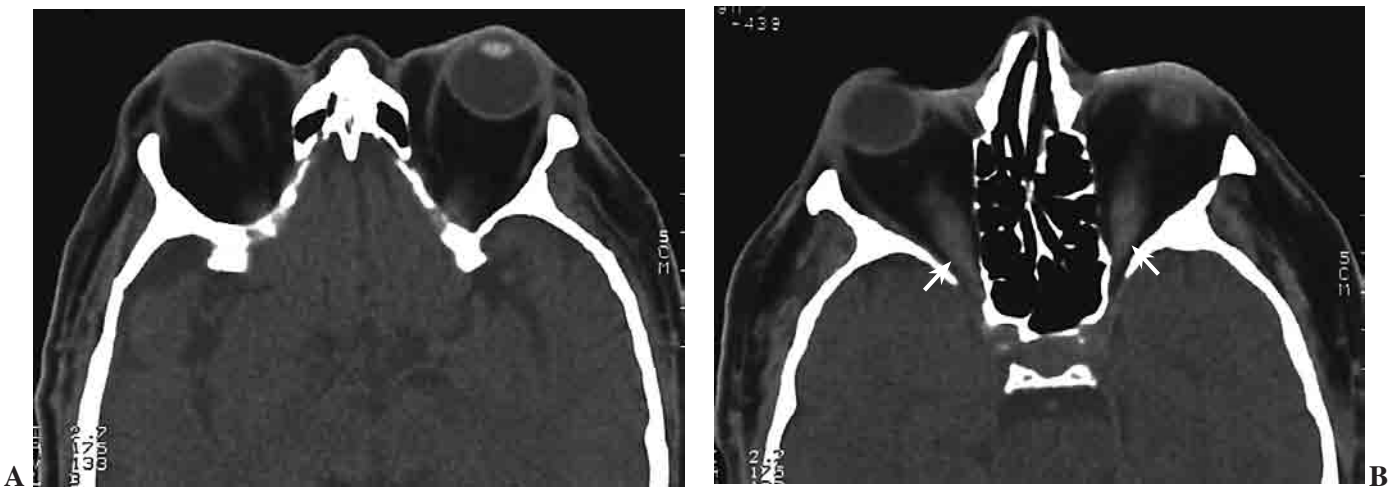
olguda ise çift taraflı görülür. Proptozis ve yumuşak doku şişliği vardır; akut başlangıçta görme sorunları olabilir. Tanı klinik olarak konur. Ayırıcı tanıda tiroid orbitopati, lenfoma ve metastatik karsinoma (meme) düşünülmelidir. Kas tendonlarının da tutulması ile tiroid orbitopatiden ayrılır. Radyolojik olarak orbital lenfomadan ayırt etmek güçtür.

Görüntülemede BT tercih edilir. MR özellikle kavernöz sinüs gibi ekstraorbital uzanımı değerlendirmede faydalıdır. Tutulan alanlar belirgin olarak boyanır. Yüksek doz steroid tedavisine hızla cevap verir. Hastaların çoğunda klinik ve radyolojik bulgularla tanı konulabilir; biyopsiye gerek duyulmaz.

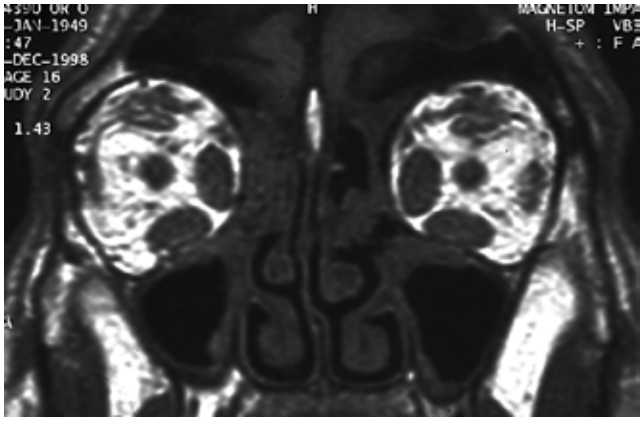
Tolosa-Hunt sendromu psödotümör orbitanın bir varyasyonudur; orbital apeks, süperior orbital fissür ve kavernöz sinüsün inflamatuar infiltrasyonu ile karakterizedir.

TİROİD ORBİTOPATİ

Yetişkinlerde en sık proptozis sebebidir. Orbital semptomlar genellikle hipertiroidi ile birliktedir; ancak hastalar hipo- veya ötiroidik olabilir. Radyolojik olarak karakteristik bulgusu, ekstraoküler kaslarda kalınlaşmadır. Genellikle birden çok kas tutulur; unilateral veya iki taraflı olabilir (Resim 7.248). En sık tutulan kaslar inferior ve mediyal rektuslardır. Kas tutulumu en iyi koronal planda elde edilen kesitlerde fark edilir. Tutulan kasların kenarı keskindir; tipik



Resim 7.248 Tiroid orbitopati. BT görünümleri. A. Her iki orbita içerisinde orbital yağda belirgin artış. B. İnferior rektus kasında belirgin kalınlaşma ve kontrast tutulumu (ok). Kontrastlı BT.



Resim 7.249 Tiroid orbitopatili olguda koronal T1AG görünümü. İnferior ve medial rektus kaslarında belirgin kalınlaşma

olarak kasların orta kesimi etkilenir, tendon insersiyonları görece normaldir (Resim 7.249). BT'de bazen, tutulan kaslarda dansite artışı görülebilir; MR'de T1AG'de normal kasla izointenstir, T2AG'de hafifçe yüksek intensite gösterebilir. Proptozis bazen orbital yağ miktarlarındaki artışa bağlı olabilir.

Optik nöropatiye yol açan apikal kalabalıklaşma sendromunda, kas çapında özellikle apikal bölgede artış, superior oftalmik ven ve retrobulber optik sinir kılıfında genişleme, lakrimal glandda öne doğru itilme ve proptoziste artış izlenir.

VASKÜLER LEZYONLAR

Hemanjiom kapiller ve kavernöz yapıda olmak üzere iki farklı şekilde görülür.

Kapiller hemanjiom

Bebeklerde en sık görülen orbital vasküler tümördür. Histolojik olarak endotel hücre proliferasyonu gösteren çok sayıda kapiller damar içerir. Sıklıkla göz kapaklarında yüzeyseldir, bazen derine de yerleşebilir. Tipik olarak hayatın ilk 6 ayında hızla büyür, 1 yaşından sonra involüsyona uğramaya başlar. Radyoloji, lezyonun uzanımını belirlemek ya da derine lokalize veya klinik tanının şüpheli olduğu lezyonları karakterize etmek amacıyla kullanılır. Hem BT hem de MR'de infiltratif karakterde düzensiz bir kitle olarak görülür; belirgin kontrast tutar. Özellikle MR'de daha iyi gösterilen internal septalar ve damarların oluşturduğu tipik iç yapısı ile rabdomyosarkom, metastatik nöroblastom veya venöz-lenfatik malformasyondan kolayca ayırt edilebilir.

Kavernöz hemanjiom

Orbitanın en sık görülen vasküler lezyonudur, genillikle orta yaşta ve kadınlarda izlenir. Yetişkinde en sık görülen orbital kitlelerden biridir. Enkapsüle malformasyon olarak da adlandırılır. Patolojik olarak fibroz kapsülle çevrilidir ve duvarı endotelle döşeli boşluklardan oluşur. En sık bulgusu, yavaş progresyon gösteren ağrısız proptozistir. Diğer vasküler lezyonlardan farklı olarak BT ve MR'de keskin sınırlı oval veya yuvarlak düzgün kenarlı kitle görünümündedir (Resim 7.250). İntrakonal yerleşimlidir; ekstrakonal de olabilir. BT'de homojen dens görünümdedir; belirgin kontrast tutar.

Venöz-lenfatik malformasyon

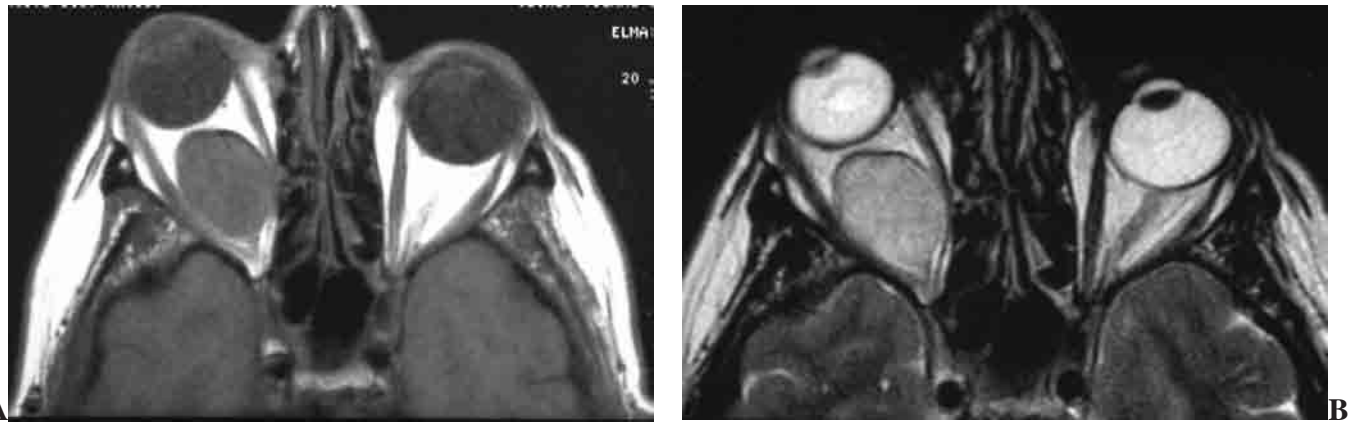
Çocukluk çağında en sık görülen intraorbital benign tümörlerden biridir. Lenfanjiom olarak da bilinir. Olguların çoğu doğumda vardır veya erken çocukluk döneminde belirgin hale gelir. En sık 1-15 yaş arasında görülür. Küçük bir travma sonucu veya spontan olarak lezyon içi kanama nedeniyle ani büyüme gösterebilir. Üst solunum yolu enfeksiyonundan sonra veya lenfatik kesiminin hiperplazisi sonucu da büyüyebilir. Kapsüllü değildir, büyük kistik alanlar içerebilir; anatomik sınırları geçerek farklı bölmelere uzanabilir; flebolit içerebilir; venöz kesimi kontrast tutar (Resim 7.251). Kapsülsüz ve hiperdens olmaları, ekstrakonal yerleşimleri, heterojen ve daha az boya tutmaları, daha genç yaşlarda görülmeleri ve cerrahi yaklaşımın zor olması ile hemanjiomlardan ayrılır.

Orbital varis

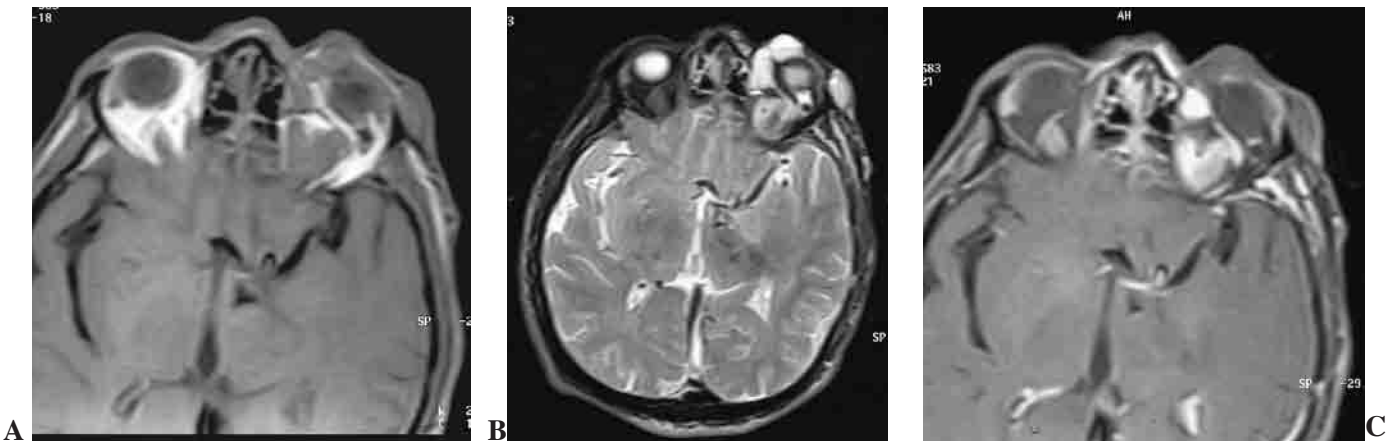
Bir veya birkaç orbital vende, anormal genişlemedir. Sistemik venöz basıncı artıran Valsalva manevrası gibi durumlarda ortaya çıkan proptozis ile karakterizedir. Supin pozisyonda yapılan BT/MR incelemelerinde lezyon tamamen kollabe olup görülmeyebilir. Tanısı, Valsalva manevrası sonrası elde edilen kesitlerde lezyon boyutunun artığının gösterilmesiyle konur. Bazı olgularda flebolit görülebilir.

Karotid-kavernöz fistül

Barrow sınıflamasına göre doğrudan (tip A) ve dolaylı (tip B) olmak üzere ikiye ayrılır. Tip A'da internal karotid arterin kavernöz parçasıyla kavernöz sinüs arasında yüksek akımlı şant vardır. Genellikle internal karotid arterin travmatik laserasyonuna veya anev-



Resim 7.250 Kavernöz hemanjiom. A. T1AG ve B. T2AG. İntrakonal yerleşimli, düzgün kenarlı kitle. C. Kontrastlı T1AG'de kitle heterojen kontrast tutuyor.



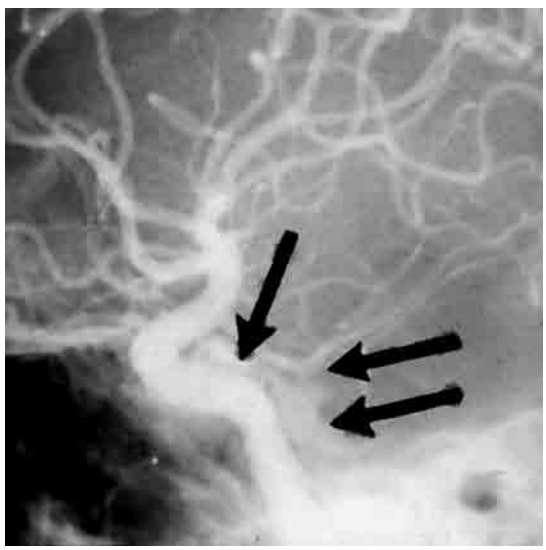
Resim 7.251 Venöz malformasyon. T1AG (A) ve T2AG'de (B) sol orbita da postseptal ve preseptal alanda septalı kitle. Kontrast madde ile kısmen boyanıyor (C). BT kesitinde (D) flebolit (ok) görülüyor.



A



B



C

Resim 7.252 Karotid-kavernöz fistül, A. Sol parasellar bölgede kavernöz sinüsün genişlemesine ait hiperdens görünüm (ok), B. Aynı olguda sol süperior orbital vende genişleme (ok), C. Karotid anjiografide arteriyel fazda kavernöz sinüs dolumu görülüyor (ok).

rizmasının yırtılmasına bağlıdır. Tip B'de ise internal veya eksternal karotid arter veya her ikisinin ekstradural (meningeal) dalları ile kavernöz sinüs arasında dural fistül bulunur.

Klinik olarak proptozis, kemozis, görme keskinliğinda azalma ve diplopi gibi bulgular görülebilir. Radyolojik olarak en önemli bulgusu, süperior oftalmik vende genişleme ve Doppler US'de ven akımının tersine döndüğünün ve arteriyalize olduğunun görülmesidir. BT'de süperior orbital ven genişler; rektus kasları kalınlaşır; kavernöz sinüsün genişlediği saptanabilir (Resim 7.252). Orbita içinde lokalize arteriovenöz fistül son derece nadirdir.

ENFEKSİYON

Periorbital inflamasyon preseptal veya postseptal alanda veya her ikisine birden olabilir. Preseptal sellülitte orbital görüntülemeye gerek yoktur. Fakat hastada görme keskinliğinde azalma, proptozis, kemozis veya göz hareketlerinde kısıtlılık gibi postseptal tutulumu düşündüren bulgular varsa ya da klinik tablo kötüleşiyor veya tedaviye cevap vermiyorsa orbital ve hatta gerekirse kranial görüntüleme şarttır.

Orbital sellülit etyolojisinde en sık paranazal sinüs enfeksiyonu bulunur. Özellikle etmoid ve frontal sinüs enfeksiyonlarının orbitaya yayılması subperiosteal abse gelişimine neden olabilir. Orbital sellülit, orbital veya subperiosteal absenin, kavernöz sinüs trombozunun, intrakranial abse ve menenjitin bir komplikasyonu olarak da görülebilir.

Görüntülemede BT tercih edilir. İnceleme aksial ve koronal planda yapılmalıdır. Kontrast madde kullanımı enfeksiyonun yayılımını saptamada yardımcıdır.



Resim 7.253 Orbita duvarında osteomiyelit ve subperiostal abse.

MR, tanının kesin olmadığı veya intrakranial komplikasyondan şüphe edilen olgularda kullanılabilir.

Tanıda yumuşak doku planlarının kaybı önemli bir bulgudur. Orbital sellülitte (postseptal), septal şişme, propitozis ve skleral kalınlaşma izlenebilir. Subperiostal enfeksiyonlarda periost kontrast tutar (Resim 7.253).

TRAVMA

Orbita travmasında radyografinin yeri sınırlıdır; metalik yabancı cisim varlığını dışlamada yararlı olabilir. Orbita travmasında en uygun inceleme yöntemi, BT'dir. Orbita kırıklarını ve yabancı cismi daha iyi gösterir. MR ise ekstraoküler kasların ve yağ dokusunun kırık bölgesinden herniasyonunu göstermede BT'ye üstündür.

Orbita kırıkları eksternal ve internal olabilir. Eksternal kırıklarda zigoma ve anterior orbital rim kırılır. İnternal kırıklar "blow-out" kırıkları şeklindedir; orbita içeriği maksiller ve etmoid sinüsler içerisine doğru girer.

PARANAZAL SİNÜSLER

İnceleme yöntemleri

Paranazal sinüslerin incelenmesinde en sık kullanılan yöntem radyografidir. Maksiller sinüsler Waters, frontal sinüsler Caldwell projeksiyonunda, sfenoid sinüs submentovertikal projeksiyonlarda daha iyi görülür. Etmoid sinüsler oblik projeksiyonlar ile orbita içerisine düşürülerek daha iyi gösterilir. Akut infeksiyonlardaki sıvı seviyesini gösterdiği için radyografi ayakta yapılmalıdır. Yüzün yan röntgenogramı tüm sinüslerin ikinci projeksiyonudur.

Paranazal sinüslerin ayrıntılı görüntülenmesi BT ile yapılır. Aksiyal ve koronal kesitlerle çalışılır. Kontrastlı kesitlerin lezyonu göstermede fazla bir katkısı yoktur; ancak anjiofibrom gibi vasküler bir tümör araştırılıyorsa, tümörlerin intrakranial yayılımları söz konusu ise, enfeksiyon ve tümör ayırıcı tanısı yapılmak isteniyorsa İV kontrast madde verilmelidir. Enfeksiyonlarda, özellikle piyoselde kapsül boyanması görülür.

MR, paranazal sinüslerin doğrudan uygulanan bir inceleme yöntemi değildir; bununla birlikte tümöral kitlelerin çevre ilişkileri en iyi MR ile gösterilir. İnflamatuar lezyonlarda kalınlaşmış mukoza T2AG'de hiperintenstir ve genellikle tümörlerden daha yüksek intensiteye sahiptir. T1AG'de inflamatuar ve tümöral lezyonların her ikisi de hipointenstir. İnflamatuar lezyonlar tümörlerden daha belirgin kontrast tutar. Kistik oluşumların ise sadece duvarında hafif bir kontrast tutulumu görülür.

ENFEKSİYONLAR

Sinüzit

Endoskopik sinonazal cerrahinin temel tedavi yöntemi olması, sinüslerin yapısının koronal BT ile görüntülenmesini standart hale getirmiştir. Sinonazal hastalıkların değerlendirilmesi için nazal kavitenin lateral duvarları ve paranazal sinüslerin mukosiliyer drenaj yolunun bilinmesi gerekir. Bu drenajın olduğu orta meatus osteomeatal birim olarak isimlendirilir. Maksiller ostiumda infindubulumun obstrüksiyonu sadece maksiller sinüzite, semilunar hiatusun obstrüksiyonu ise aynı taraftaki maksiller, frontal ve anterior orta etmoidal sinüzite neden olur. Bu şekildeki tutuluma ostiomeatal obstrüksiyon örneği adı verilir. "Inverting" papillomlar hemen daima semilunar hiatusda gelişir.

Paranazal sinüsleri en sık tutan hastalık grubu inflamatuar hastalıklardır. Asemptomatik bireylerde maksiller ve etmoid sinüsler içerisinde hafif bir mukozal kalınlık görülmesi normaldir. Akut sinüzitin röntgen bulguları sinüste opasifikasyon ve sıvı seviyesidir.



Resim 7.254 Maksiller sinüzit. Her iki maksiller sinüs duvarına paralel mukozal kalınlaşma. Kronik sinüzit.



Resim 7.255 Sol tarafta antrakonal polip. Maksiller antrumu doldurup burun içerisine doğru uzanan polipoid kitle.

Travma öyküsü yoksa ve sinüs lavajı yapılmamışsa bu görünüm akut sinüzit için özgüldür. Genellikle viral üst solunum enfeksiyonlarını izler. Kronik sinüzitte mukoperiosteal kalınlaşma görülür (Resim 7.254). Mukozal kalınlaşma sinüs duvarına paraleldir, birlikte duvarda reaktif skleroz görülebilir.

Alerjik sinüzitin tipik bir röntgen görünümü vardır; sıvı seviyesi yoktur, tutulum iki taraflıdır ve mukozal kalınlaşma konveks yapıdadır. Buna polipoid şekilli mukozal kalınlaşma adı da verilir.

Sinüzit komplikasyonları inflamatuar polipler, mukozal retansiyon kistleri, mukosel ve kavernöz sinüs trombozudur.

İnflamatuar polipler

Kronik inflamasyon mukozal hiperplaziye neden olur. Çoğalan mukoza uzar, kıvrılır ve polip şeklini alır. Yuvarlak yumuşak doku gölgesi şeklindedir. Çoğu zaman bu değişim, birlikteki mukoperiosteal kalınlaşma içerisinde farkedilmez. Bazen belirgin şekilde büyür, antrumu doldurup ostiumdan nazal kavite içerisine geçer. Bu şekildeki polipler *antrokoanal polip* olarak isimlendirilir (Resim 7.255). Kemik destrüksiyonu olmadan sinüste genişleme görülür; nazal boşluğa geçen polipler ostiumu genişletebilir.

Müküs retansiyon kistleri

Mukozadaki müküs bezlerinin obstrüksiyonu sonucu gelişir. Birkaç santimetre çapa ulaşabilen düzgün kenarlı kistlerdir. En sık maksiller sinüste görülürler; genellikle maksiller sinüs tabanında yukarıya doğru yükselen, düzgün kenarlı yuvarlak yoğunluk artımı şeklindedirler (Resim 7.256). Asemptomatik olgularda sık rastlanır.



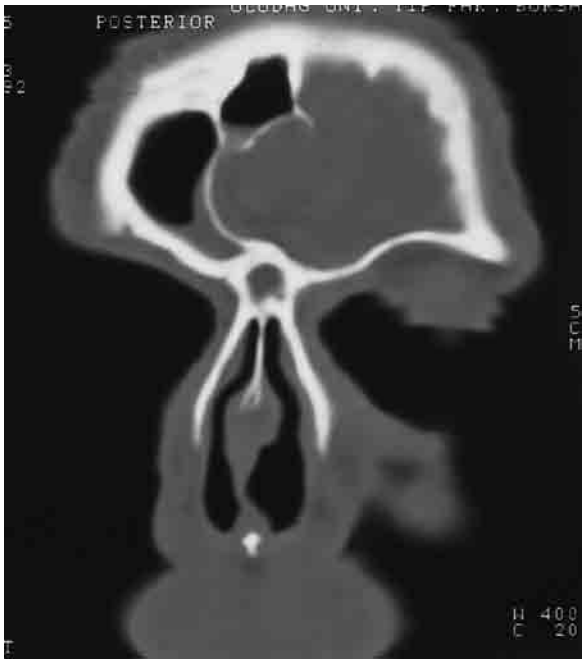
Resim 7.256 Maksiller sinüs tabanında retansiyon kisti (ok).



A



B

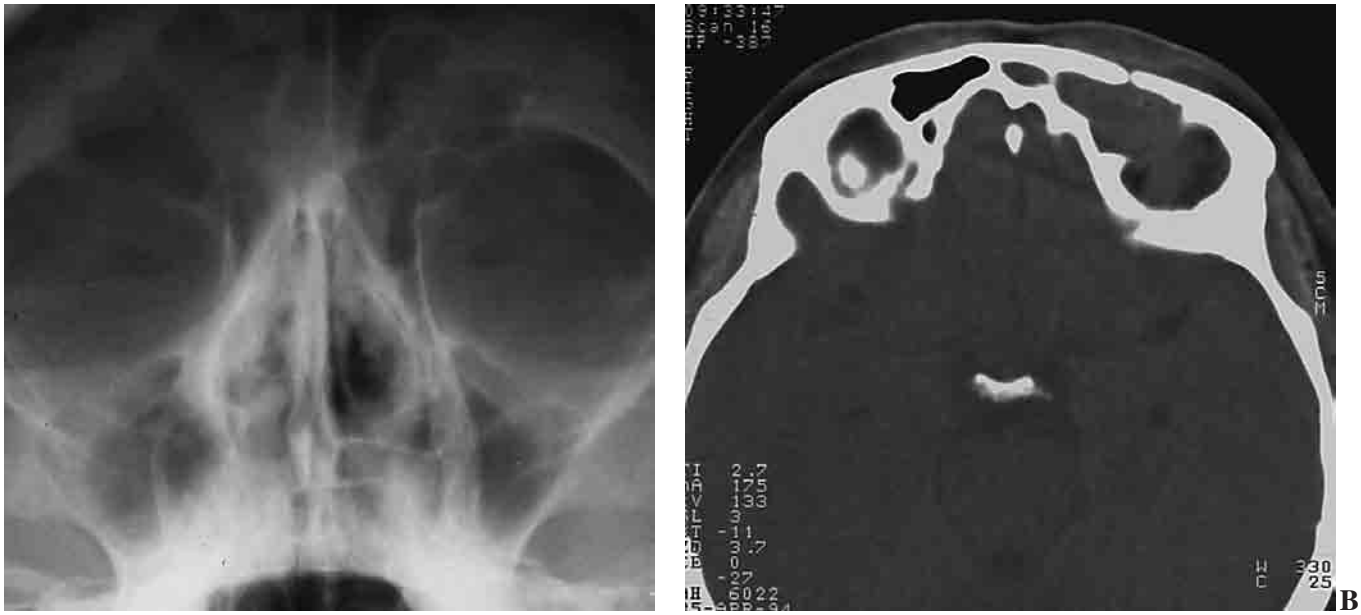


C

Resim 7.257 Sağ frontal sinüste mukosel, A. Waters projeksiyonu, B. Aksiyal ve C. Koronal BT. Sağ frontal sinüs kompartmanını dolduran yumuşak doku yoğunluğu, duvarlarda incelme ve septumda ekspansiyon. Maksiller sinüslerde mukozal kalınlaşma.

Mukosel

Retansiyon kistlerine benzer. Sinüslerin drenaj kanallarının kapanmasına bağlı olarak sinüs içerisinde sıvı birikimine verilen isimdir. En çok frontal sinüslerde daha sonra sırasıyla etmoid, sfenoid ve maksiler sinüste görülür. Röntgen bulguları tutulan sinüsün genişlemesi ve opasifikasyonudur (Resim 7.257). Ekspansiyonla birlikte kemik duvar incelir; sinüsün ekspansiyonu, basıncın erode ettiği duvarın yeniden şekillenmesi ile ortaya çıkar. Duvarın incelmesine rağmen kemikte destrüksiyonun olmaması tümörden ayırt edilmesini sağlar ve mukosel için önemli bir tanı ölçütüdür. Bazı olgularda lezyonu çevreleyen kemik inceldiği için, röntgende opasifikasyon görüleceği yerde tersine, radyolusensi artımı görülebilir (Resim 7.258). Mukosel enfekte olursa çevresi kontrast tutar. Enfekte mukosellere *mukopiyosel* adı verilir.



Resim 7.258 Frontal sinüste mukosel. A. Waters projeksiyonunda frontal sinüsün sol taraftaki hücrelerinde orbita tavanına doğru genişleme görülüyor. Ancak yoğunluk artımı yok. Bu görünüm, mukoselin kemiği çok inceltmesine bağlı. B. Koronal BT kesiti. Frontal sinüsün sol tarafı yumuşak doku yoğunluğuyla dolu ve ekspanse. Alt kesimdeki kemik kontur çok ince olduğu için parsiyel volum etkisi nedeniyle görülemiyor. Lezyonun ekspansiyonuna bağlı olarak orbita aşağı ve dışa doğru yer değiştirmiş.

TÜMÖRLER

Karsinomlar paranazal sinüslerin en sık (%80-90) görülen malign tümörleridir. En sık maksiller sinüste ve daha sonra sırasıyla etmoid, frontal ve sfenoid sinüste görülür. Histolojik olarak skuamöz hücreli kanserdir. Fibrosarkom, kondrosarkom, osteosarkom, malign lenfoma, plazmositom, olfaktör nöroblastomu ve menenjiyomu da bu bölgede görülebilen diğer tümörlerdir. Tümörlerin röntgen görünümü kemik destrüksiyonu ve yumuşak doku kitlesinden ibarettir. Radyolojik görünümlerine bakılarak ayırıcı tanı yapılamaz. Hastanın genç olması, sistemik adenopati gibi bulguların varlığı lenfomayı düşündürür. Lezyonlar BT ile çok iyi gösterilir (Resim 7.259). Sinüsü tümüyle dolduran bazı lezyonların sinüzitle ayırıcı tanısı sorun olabilir. Bu durumda ağırlıklı T2AG sorunun çözümüne yardım eder; sekresyon birikimi çok parlar, tümörlerin intensitesi ise o kadar yüksek değildir.

Esteziyonöroblastom

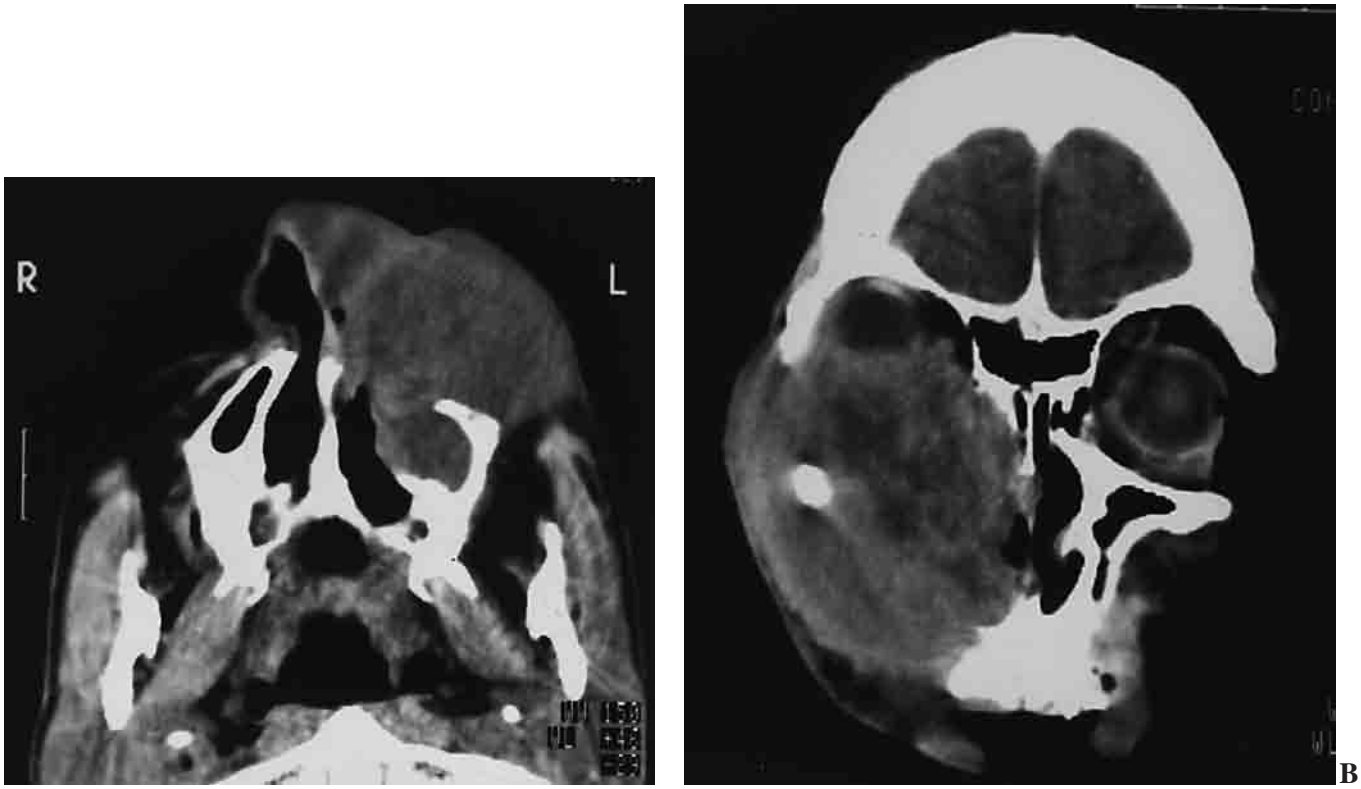
Olfaktor sinirin ve mukozanın nöroreseptör hücrelerinden köken alan bir tümördür. Kribriform laminadan konkalara kadar herhangi bir yerden çıkabilir. Tanı konduğunda genellikle kemik destrüksiyonu vardır. Kribriform laminada lokalize lezyonlar anterior fossaya geçebilir (Resim 7.260).

Kemik lezyonları

Osteom en sık frontal sinüs çevresinde görülür ve asemptomatiktir. Yoğun kemik kitlesi şeklindedir. Bazen spongioz yapıdadır. Ostiumları tıkarsa sinüzit veya mukosele neden olabilir. Fibröz displazide tutulan kemikte, içerisinde disorganize trabeküller bulunan buzlu cam görünümünde lezyonlar vardır. Kemikte ekspansiyon görülebilir. Ossifiye fibrom, ekspansil, kalsifiye yumuşak doku kitlesi şeklindedir (Resim 7.261).

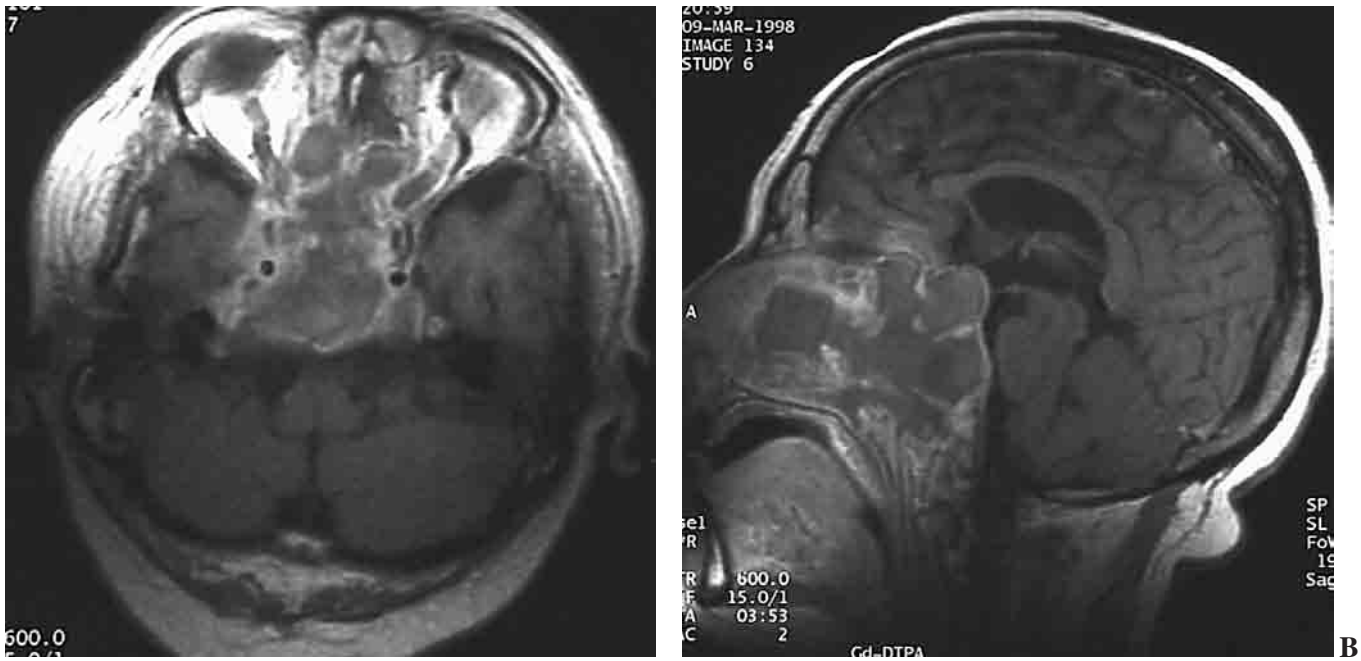
TRAVMA

Le-Forte kırıkları sinüsleri de içine alabilir. "*Blow out*" *tipi kırıklarda* orbita tabanı kırılır ve yumuşak doku maksiler sinüs içerisine herniye olur. Frontal sinüs kırıklarında arka duvar kırılırsa rinore, pnömosefalus ve menenjit gelişebilir. Sfenoid sinüs kırıklarında sinüs içerisinde sıvı seviyesi saptanabilir. BT ve özellikle 3B reformasyon görüntüleri ile kırıklar ayrıntılı olarak değerlendirilir.



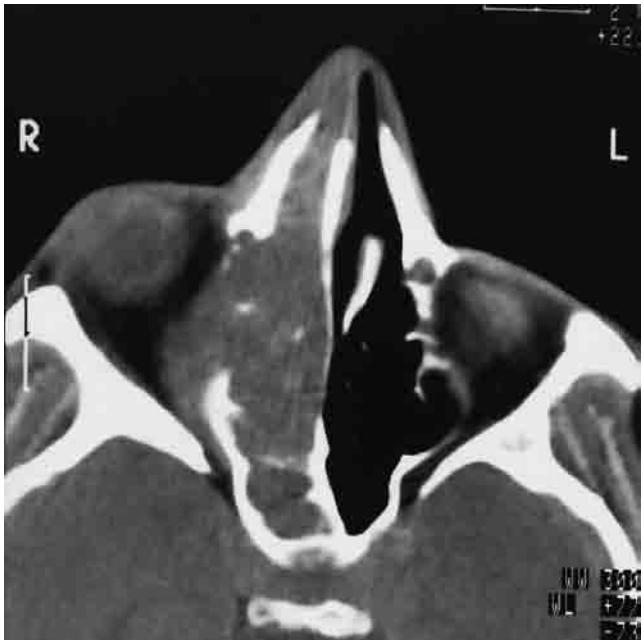
A B

Resim 7.259 Maksiller sinüsten çıkan malign tümör. Sol maksilladan çıkan malign tümörün çevre kemik yapıları destrükte ederek büyük bir kitle görünümü oluşturduğu izleniyor. A. Aksiyal, B. Koranal BT kesitleri.



A B

Resim 7.260 Esteziyonöroblastom. Lamina kribriformis seviyesinden başlayıp burun boşluğunu dolduran ve nazofarenkse doğru uzanan büyük tümöral kitle. T1AG'de burun kökünden intrakranial uzanım gösteren lobüle kitle görünümü. B. Kontrastlı T1AG. Kitlenin yer yer kontrast tuttuğu izleniyor.



Resim 7.261 Ossifiye fibrom. Etmoid sinüsü ekspanse eden ve kemik destrüksiyonu oluşturan tümöral kitle.

NAZOFARENKS

Nazofarenks, orofarenksin üst kesimindedir ve sert damaktan çekilen horizontal bir çizgi ile orofarenksten ayrılır. Arkasını farenjeal konstrüktör kaslar, ön kesimini nazal konkalar sınırlar.

İnceleme yöntemleri

Nazofarenks yan ve kafa kaidesi röntgenogramları ile incelenir. Anjiografi tümör damarlanmasını göstermek veya embolizasyon amacıyla yapılır.

BT, nazofarenksin temel inceleme yöntemidir; aksiyel ve koronal planda kontrastlı ve kontrastsız ince kesitlerle çalışılır. Değerlendirmede en önemli ölçüt, simetridir. Kemik tutulumu en iyi BT ile değerlendirilir.

MR incelemesinde transvers ve koronal planlar standarttır; gerekirse sagital kesitler eklenir. T1A ve T2A SE görüntüleri temeldir, genellikle kontrast kullanılır. Mukoza normalde hafif kontrast tutar. Çoğu zaman yağ baskılama sekanslarına gereksinim duyulur.

Lenfoid hiperplazi

Nazofarenksin tavanı lenfatik doku ile kaplıdır. Baş ve boyunda tonsillerden sonra lenfoid hiperplazisinin en sık görüldüğü bölge nazofarenkstir. Lenfoid hiperplazi, simetrik tutulumu ile, asimetrik tutulumlu lenfomadan ayrılabilir. Lenfoid hiperplazi T1AG ve T2AG'de yüksek sinyal intensitesindedir. Kontrastlı T1AG'de septalı görünümü tipiktir.

Çocuklarda adenoid vejetasyonu araştırmak için nazofarenksin yan röntgenogramları istenir. Bu röntgenogramda adenoid vejetasyon, nazofarenks hava kolonu içerisine posteriordan projekte olan yumuşak doku kitlesi şeklinde görülür.

Benign lezyonlar

En sık görülen benign lezyon Tornwaldt kistidir (Resim 7.262). Normal popülasyonda %1-2 oranında görülür. Nazofarenkste orta çizgide yerleşen küçük kistik bir yapıdır. Notokord artığından çıktığına inanılır. Yan röntgenogramda yuvarlak yumuşak doku dansitesi şeklinde hava kolonu içerisine projekte olabilir; BT ve MR'de tipik kist özellikleri gösterir. Mukozadaki glandüler hücrelerden çıkan retansiyon kistleri ve pleomorfik adenomlar nadir görülen diğer benign kitlelerdir.



Resim 7.262 Tornwaldt kisti. Nazofarenks arka duvarında düzgün kenarlı küçük hiperintens kistik yapı (ok). Yağ baskılamalı T2AG görüntüsü.

Juvenil nazofarenjeal anjiyofibrom

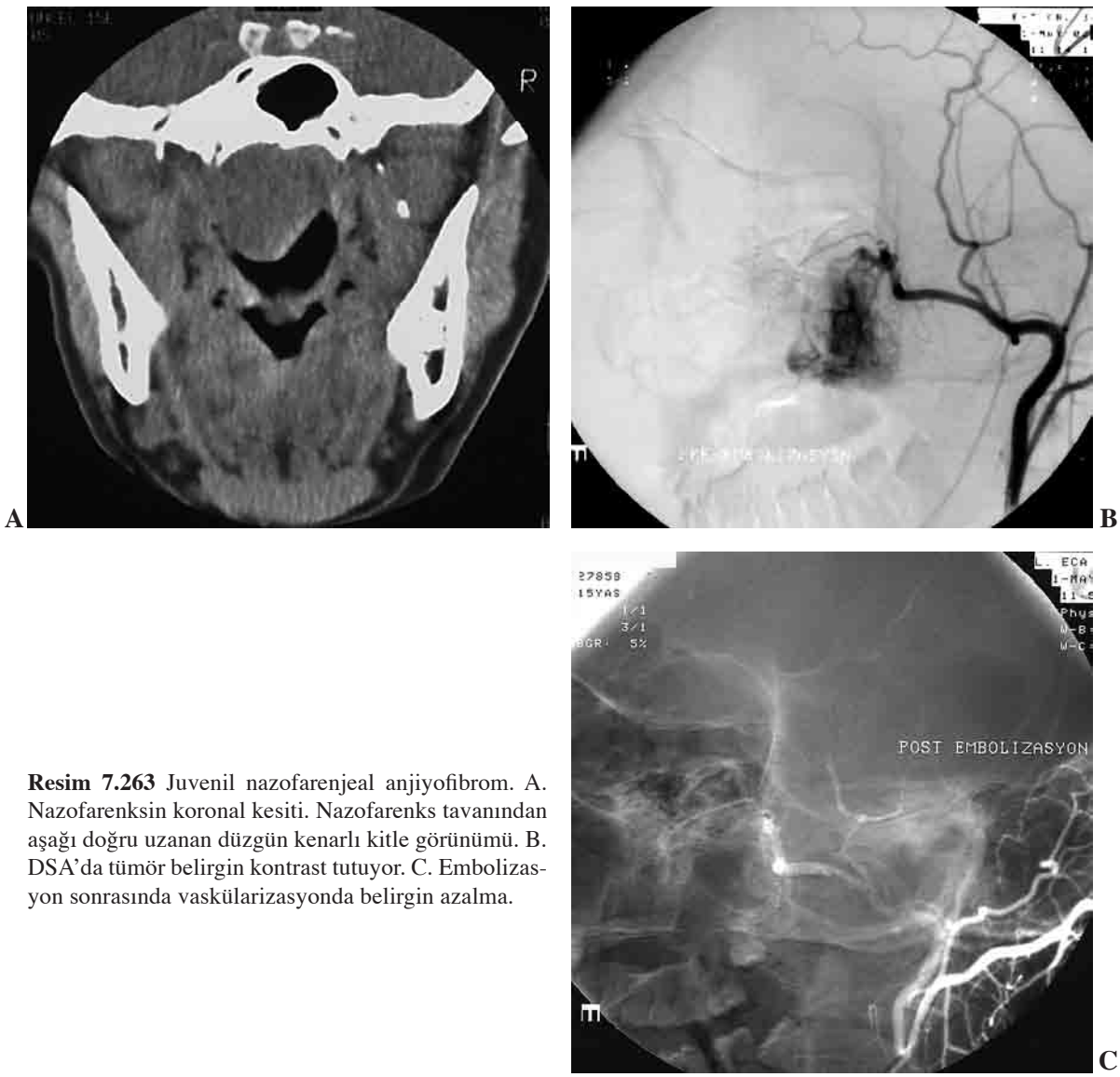
Adolesan yaş grubundaki erkeklerde sık görülür. Hastalar tipik olarak burun kanaması ile hekime başvurur. Sfenopalatin foramene komşu nazal duvardan çıkar. Retromaksiller pterigopalatin fossa tipik yerleşim yeridir. Bu kesimde lokalize kitleler aksi isbat edilinceye kadar anjiyofibrom kabul edilmelidir. Tümör karakteristik olarak nazofareksi doldurur ve maksiller sinüsün arka duvarını öne doğru bombeleştirir.

Tümör fibrovasküler stromadan çıkar. Benign bir tümördür, ancak bölgesel olarak saldırgandır. Çok vasküler olduğu için belirgin şekilde kontrast tutar. Çok kanayan bir tümör olduğu için biyopsi durdurulamayan kanamalara neden olabilir. Eksternal karotid arterin maksiller dalından kanlanır; bazen internal karotid arterden de dal alabilir. Preoperatif embolizasyon tümörün rezeksiyonunu kolaylaştırır (Resim 7.263).

Malign lezyonlar

En sık görülen malign neoplazmlar skuamöz hücreli karsinom, NHL ve glandüler hücrelerden çıkan malignitelerdir. Bu lezyonlar radyolojik görünümleri ile birbirinden ayrılamaz. Yetişkinde nazofarenks malignitelerinin yaklaşık %75'ini skuamöz hücreli karsinom ve lenfoepitelyal tümörler yapar.

Skuamöz karsinomların yaklaşık %80'i nazofarenksin dış duvarından, özellikle de farengeal resesten (Rosenmuller fossası) çıkar (Resim 7.264).



A B C

Resim 7.263 Juvenil nazofarenjeal anjiyofibrom. A. Nazofarenksin koronal kesiti. Nazofarenks tavanından aşağı doğru uzanan düzgün kenarlı kitle görünümü. B. DSA'da tümör belirgin kontrast tutuyor. C. Embolizasyon sonrasında vaskülarizasyonda belirgin azalma.



Resim 7.264 Nazofarenks karsinomu. Kontrastlı kesit. Sağda hafif kontrast tutan yumuşak doku kitlesi (ok). Nazofarenks hava kolonu asimetrik.

Tutulumun erken bulguları yüzeyel nazofarenks mukozasının asimetrisi, aynı tarafta retrofarenjeal lenfadenopati ve mastoid opasifikasyondur. Mastoid opasifikasyon, tensor veli palatini kasının infiltrasyonuna bağlı olarak Eustaki tüpünün disfonksiyonu sonucu gelişir ve en erken bulgu olabilir. Yaşlı bir hastada seröz orta kulak iltihabı görüldüğünde öncelikle nazofarenks kanseri dışlanmalıdır. İlerleyen olgularda nazofarenksin simetrisini bozan yumuşak doku kitlesi ortaya çıkar. Tümör kasları infiltre ederek paranazal sinüslere geçebilir. Çevre kemiklerde harabiyet yapabilir. Nazofarenk kanseri, morfolojisi aynı, histolojisi ve etyopatogenezi farklı olan, skuamöz hücreli karsinomdur.

MR'de skuamöz hücreli karsinomun sinyal karakteristikleri çevre kaslara benzer. Bu nedenle tümör en iyi yağ baskılamalı kontrastlı çalışmalarla gösterilir. Glandüler hücrelerden çıkan adenoid kistik karsinomalarda sık görülen perinöral yayılım da MR ile daha iyi gösterilir.

TÜKRÜK BEZLERİ

Boyundaki tükrük bezleri parotis, submandibuler ve sublinguler bezlerdir. Anormalliğin en sık görüldüğü bez parotistir. Bu nedenle, en sık radyolojik inceleme parotise yapılır. Bunu submandibuler bez izler. Sublinguler bez ise genellikle radyolojik incelemeye gerek duyulmayacak şekilde açıktadır.

Parotis bezi kapsülünün içerisinde 10-20 adet lenf nodu bulunur. Bu durum embriyogenezisde parotis kapsülasyonun geç kalmasına bağlıdır. Parotiste yer kaplayan lezyonlar parankime ait olabileceği gibi lenf nodlarına da ait olabilir.

İnceleme yöntemleri

Düz röntgenogramlarla taş ve kalsifikasyon araştırılır. Bu amaçla her iki bezin iki yönlü ve değişik oblik projeksiyonlarda röntgenogramları alınır.

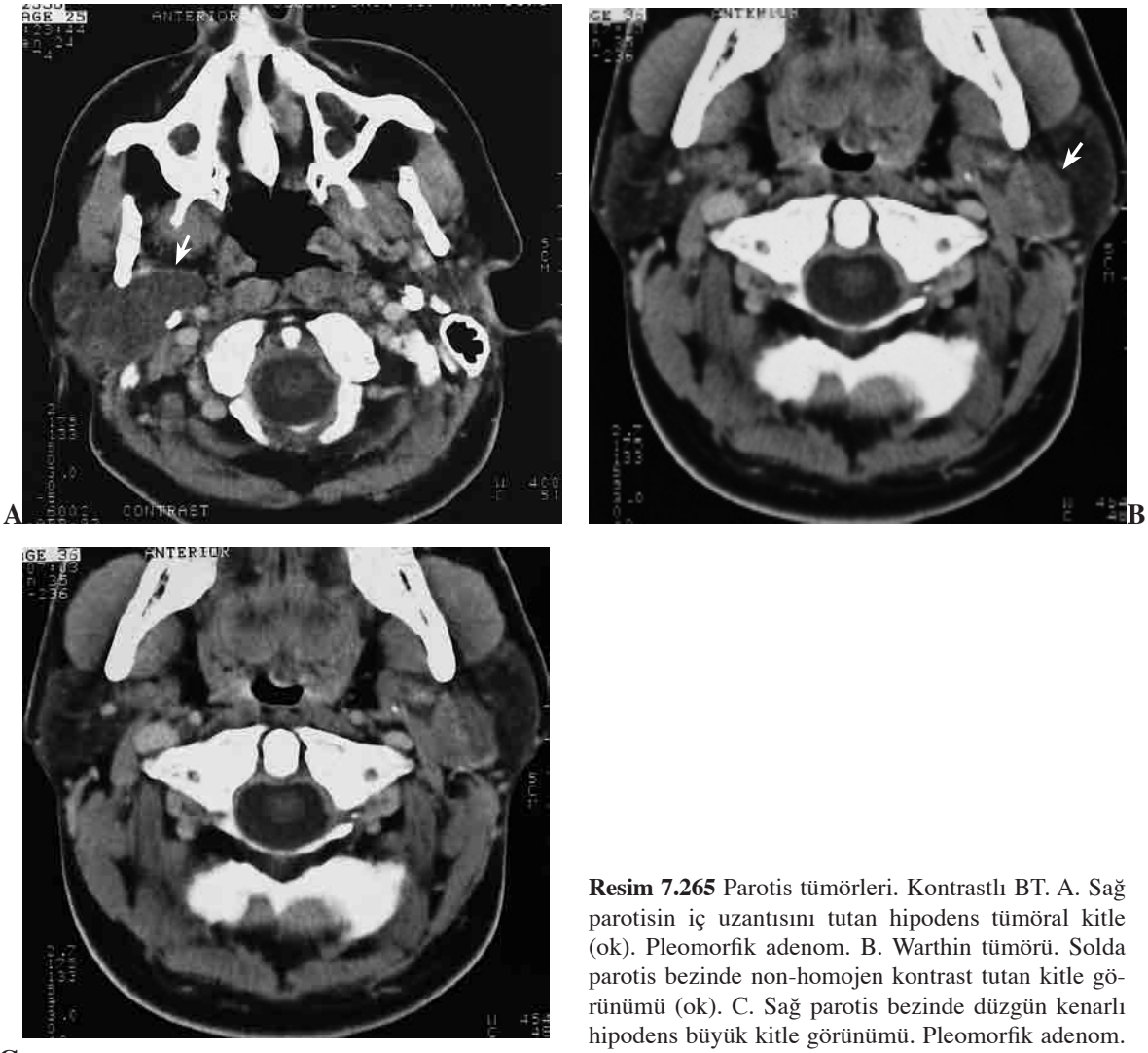
Tükrük bezi kanallarını kontrast madde ile doldurarak yapılan radyografik incelemeye siyalografi denir. Temel endikasyonu bezlerin neoplastik olmayan kronik büyümesidir. Akut parotitiste kontrendikedir. Amaç kanalların durumunu göstermektir. Kanal genişlemeleri tıkanmaya bağlı olabileceği gibi tıkanma olmadan da görülebilir. Tıkanma nedeni opak olmayan taş ve darlıklardır. Siyalektazi tıkanmanın proksimalindedir. Çocukların tekrarlayıcı siyaladeniti, yetişkinlerdeki tekrarlayıcı piyojenik parotit, Sjögren sendromu ve Mikulicz hastalığı ise tıkanmasız siyalektaziye neden olur. Bu grupta hastalığın tuttuğu kesime ve derecesine göre siyalografik görünüm değişir. Distal uçların genişlemesi *tomurcuklanmış ağaç görünümü* oluşturur. Kanallarda gittikçe artan genişlemeler görülebilir. Daha ileri olgularda, doku harabiyetinin olduğu alanlarda kontrast madde göllenmeler yapar.

Tükrük bezleriyle ilgili kitle lezyonları kesit görüntü yöntemleri ile incelenir. Parotis bezi BT'de hipodenstir. MR'de normal parotis bezinin sinyal intensitesi kasdan yüksek, yağdan düşüktür. Tümörler uzamış T1 ve T2 değerleri ile T1AG'de hipointens T2AG'de hiperintenstirler. MR ile fasiyal sinir çok iyi görüntülenir; tümörle ilişkisinin belirlenmesi sinirin operasyonda zedelenmemesini sağlar. Parotis bezini parafarengeal bölgeden ayıran yağ tabakası da MR ile çok iyi görüntülenir. Yer kaplayan lezyonlar ve çevre ilişkileri MR ile BT'den daha ayrıntılı görüntülenir. Parotis tümörlerinin evrelenmesi ve fasiyal sinirin yerini belirlemek için MR ilk seçilecek yöntem olmalıdır; inflamatuar hastalıklar ve siyalolitiyaz BT ile incelenir.

US'de bezler, homojen ince eko örneği veren hiperekoik yapıdadır. Kitleler ve lenfadenomegaliler hipoekoik görülür. Lenfadenomegaliler düzgün kenarlı, genellikle oval şekilli hipoekoik yapılardır.

Parotis bezi

Parotis bezinin iç kesimindeki kitleler genellikle ma-



Resim 7.265 Parotis tümörleri. Kontrastlı BT. A. Sağ parotisin iç uzantısını tutan hipodens tümöral kitle (ok). Pleomorfik adenom. B. Warthin tümörü. Solda parotis bezinde non-homojen kontrast tutan kitle görünümü (ok). C. Sağ parotis bezinde düzgün kenarlı hipodens büyük kitle görünümü. Pleomorfik adenom. Kontrastsız BT. Ayrı olgu.

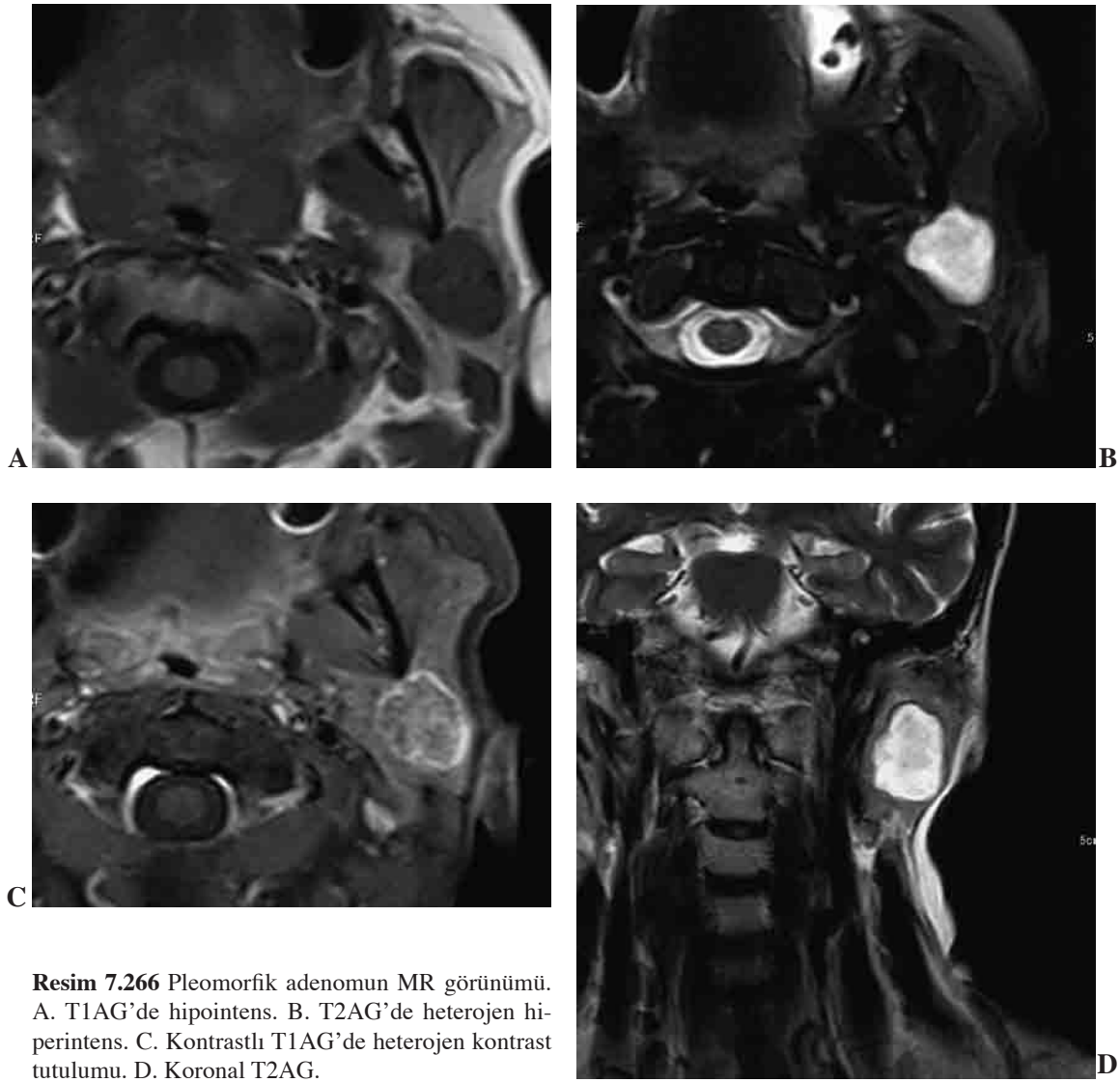
lign yapıdadır; dışındakiler ise çoğunlukla lenfadenopatiye aittir ve inflamasyonla ilgilidir. Parotis kitlelerinin yaklaşık %85'i benigndir. En sık pleomorfik adenom görülür, onu Warthin tümörü izler (Resim 7.265). En sık görülen malign tümör mukoepidermiod karsinomdur, bunu adenoid kistik karsinom izler.

Parotis tümörlerinde kesit görüntüleme bulgularına bakarak benign ve malign ayırımı yapılamaz. Her iki grup da iyi sınırlı görülebilir; seçilemeyen sınır, homojenite veya heterojenite ve sinyal intensiteleri ayırdedici ölçütler değildir. Bununla birlikte keskin sınır, T2AG'de belirgin hiperintensite ve heterojen kontrast tutulumu pleomorfik adenomun en sık görülen radyolojik bulgularıdır (Resim 7.266).

Düzensiz kenar ve çevredeki doku planlarının silinmesi daha çok malign tümörü düşündürür. Birlikte adenopati bulunabilir. Pleomorfik adenomlar ve karsinomlar heterojen kontrast tutar. Benign lezyonlar genellikle düzgün kenarlıdır. Parotisin derin parçasına yerleşen tümörleri parafarengial bölge tümörlerinden ayırmak zordur. Parotiste birden fazla lezyon görüldüğünde öncelikle inflamatuar veya malign nedenli lenfadenopati düşünülür. Warthin tümörü de %10 olguda birden fazladır. Bazen lenfoepiteliyal kistler de görülebilir.

Submandibuler bez

Taş oluşumu diğer bezlere göre submandibuler bezde daha fazladır. Taş US, radyografi ve/veya BT ile araştırılır. US'de akustik gölgesi olan ekojeniteler görülür. Submandibuler bezin daha iyi gösterilmesi için radyografide hasta parmağını ağzına sokar ve bezi aşağı



Resim 7.266 Pleomorfik adenomun MR görünümü. A. T1AG'de hipointens. B. T2AG'de heterojen hiperintens. C. Kontrastlı T1AG'de heterojen kontrast tutulumu. D. Koronal T2AG.

doğru iter. Submandibuler kanalının ön kesimindeki taşlar en iyi, ağız içine yerleştirilen diş filmleri ile submentovertikal projeksiyonda görüntülenir.

Submandibuler bezdeki ekstrensek kitleler genellikle lenfadenopatilerdir; intrensek kitleler çoğunlukla malignndir. İntrensek bir kitle ile bez çevresinde lenfadenopati varlığı malignite olasılığını artırır.

LARENKS

Larenksin iskeleti tiroid, krikoid, aritenoid, kornikülat ve küneiform kıkırdaklardan oluşur. Krikoid ve tiroid kıkırdakları arasında, krikotiroid adı verilen sert bir membran vardır. Ayrıca, tiroid kıkırdak hiyoide, tirohiyoid adı verilen bir membranla bağlıdır. Larenjeal ventrikülü göstermek çoğu zaman mümkün olmadığından gerçek ve yalancı vokal kordlar BT ile ayırt edilemez. Vokal kordlar BT kesitlerinde aritenoid kıkırdak seviyesindedir; ariepiglotik foldlar ise valleküla ile birlikte görülür.

İnceleme yöntemleri

Larenks incelemesinde endoskopik yöntemler temeldir. BT/MR gibi kesit görüntü yöntemleri ile lezyonların derindeki komponentleri ve çevre yayılımı değerlendirilir.

BT ile larenks gibi küçük bir organın görüntülemesinde iyi bir teknik şarttır. İnceleme sırasında hasta sırt üstü yatar. Omuzlarının altına yastık yerleştirilir. Larenksin uzun ekseni masaya paralel olmalı ve omuzlar kesitlere girmemelidir. İnceleme sırasında hastaya ağızdan yüzeyel solunum yapması söylenir. Bu sırada hasta inspirium ve ekspirium sonlarında

nefesini tutmamalıdır. Vokal kordların durumunu incelemek için kesitler hastaya "İ" dedirtilirken alınır. Bu durumda vokal kordlar addüksiyondadır, priform sinüsler genişler ve ariepiglotik fold ortaya çıkar.
Kesit kalınlığı 3-6 mm civarındadır. Kesitler krikoid kıkırdağın altından başlar ve vallekülaya kadar devam eder. Genellikle 12-15 kesit yeterlidir. Bazı subglottik ve supraglottik tümörlerde kesit daha aşağı ve daha yukarı seviyelere kadar uzanabilir. Kontrast madde verilmesinin tümörün gösterilmesinde bir yararı yoktur. Fakat kontrast madde ile çevresindeki vasküler yapılar opasifiye edilerek lenf nodu metastazlarının daha iyi görülmesi sağlanabilir.

MR ile larenks standart olarak aksiyal planda T1A, T2A ve kontrastlı T1A kesitlerle incelenir. Kesit kalınlığı 3-5 mm'dir. Gerekirse koronal ve sagital planlar ilave edilir. Kesit görüntüleme yöntemi olarak larenksin değerlendirilmesinde MR'nin BT'ye pratik bir üstünlüğü yoktur. Multiplanar kesit alma yeteneği nedeniyle tümör yayılımı BT'den daha iyi gösterilebilir. Her iki yöntem de tümörün çevresindeki inflamatuar ve ödematöz reaksiyonu tümörden ayıramaz.

Polipler

Vokal kordlar üzerinde ve genellikle birden fazladır; vokal kordlarda kenar değişikliği yapan yumuşak doku kitleleri şeklinde görülürler.

Laringosel

Larenjeal ventrikülün anormal dilatasyonudur. Ventriküle bağlı hava kistleri şeklindedir. Larenjeal ventrikül yalancı ve gerçek vokal kordları birbirinden ayırır ve önde apendiks adı verilen kör bir kese olarak sonlanır. Kronik intraglottik basınç artımına neden olan nefesli çalgı çalma, cam üfleme ve müzmin öksürük gibi nedenler bu keseyi genişletir. Genişleyen kese tirohiyoid membranın içerisinde kalıyorsa internal, dışına taşıyorsa eksternal laringosel olarak isimlendirilir. Eksternal laringoseller hiyoid kemiğin yanında kitle görünümü oluşturur. Sıklıkla hem larenks içerisinde hem dışarısındadır (miks tip). Laringoseli olan bir olguda predispozan bir faktör yoksa, ventrikülü tıkayan bir malignite olasılığını dışlamak gerekir. Olguların yaklaşık 1/5'i karsinomla birliktedir.

Larenks tümörleri

En sık görülen benign tümör papillomdur; anjiom, nörojenik tümör ve kondrom çok nadirdir. Benign tümörler malign olanlardan ayrılamaz.

Malign tümörlerin %95'inden çoğu skuamöz hücreli karsinomdur. 5-7. dekadlarda ve erkeklerde sıktır. İyi differansiye tümörlerdir ve uzun süre lokalize kalır. Çevreye invaze olmaya başladıktan sonra hızla yayılabilir. Yayılım hızı ve yönü tümörün yerleşimine bağlıdır. Yerleşim yerlerine göre supraglottik (%20 -30), glottik (%50-60) ve subglottik (%2-5) olarak üçe ayrılırlar.

Supraglottik tümörler yerleşim yerlerine göre süperior ve inferior olmak üzere ikiye ayrılır. Süperior yerleşimdeki tümörlere epilarenks tümörleri de denir. Bu tümörler suprahiyoid epiglodun arka yüzü ve tepesinde, ariepiglotik foldda ve aritenoitte yerleşir. İnferiorda yerleşenler vestibulüm tümörleri adını alır; infrahiyoid epiglotta, yalancı vokal kordlarda ve ventrikül kavitesinde oturur (Resim 7.267).

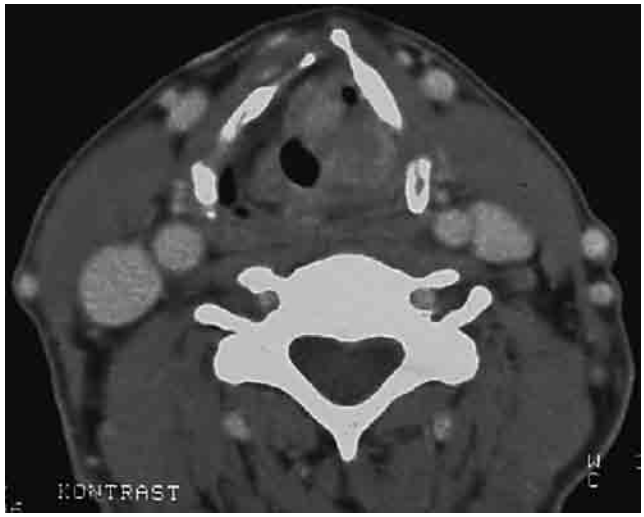
Glottik tümörler vokal kordları, anterior ve posterior komisürü tutar (Resim 7.268). Glottis tümörleri genellikle yukarı doğru yayılır. Bu şekilde çıktığı yerden başka bölgeye yayılan tümörlere transglottik tümörler denir.

Subglottik tümörler nadiren izole lezyon şeklindedir; genellikle glottik tümörlerin yayılımına bağlıdır. Erken nodal metastaz yaptığı için prognozu kötüdür.

Normalde anterior komisürdeki yumuşak doku kalınlığı 1-2 mm'yi geçmemelidir. Bu bölgenin daha geniş olması anormal kabul edilir. Vallekülaların asimetrik olması nedeniyle bu bölgeyi değerlendirmek zordur.

Kıkırdağın tutulması lezyonun ilerlediğini gösterir (Resim 7.269). Kıkırdağın tutulduğunu söylemek için korteks destrüksiyonunu görmek şarttır. Kıkırdak osifikasyonlarının çok değişik şekilde ve derecede olması nedeniyle değerlendirme dikkatle yapılmalıdır. Genellikle birlikte bir yumuşak doku kitlesi görülmüyorsa larenks iskeletindeki değişiklikler, tümöral destrüksiyon olarak yorumlanmamalıdır. Krikoid kıkırdak ile tiroid kıkırdağın posteromediyal kesimleri arasındaki normalde 2-3 mm olan mesafenin artması, bu bölgedeki tümöral invazyonu gösteren önemli bir işarettir.

BT, tümörün çevre yayılımını çok iyi gösterir; ancak erken evredeki mukozal yüzeye sınırlı tümörleri saptamada başarılı değildir. Priform sinüs tümörleri saptandığında, genellikle lenf nodu metastazı vardır.

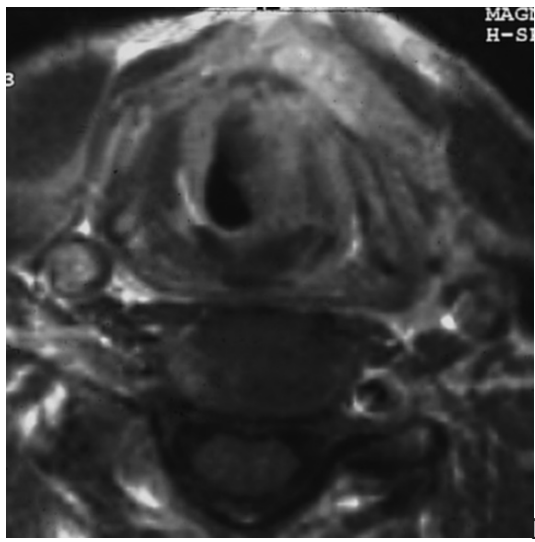


Resim 7.267 Supraglottik larinks tümörü. Kontrastlı aksiyal kesit. Tümör heterojen kontrast tutuyor.



Resim 7.268 Glottik seviyede larinks kanseri. Sağ vokal kord üzerinde kitle görünümü. Aksiyal BT kesiti.





A B

Resim 7.269 Larinks kanserinde tiroid kıkırdak destrüksiyonu ve çevreye yayılım. A. Kontrastlı aksiyal BT kesiti. Tümör kitlesi heterojen kontrast tutuyor. B. Kontrastlı T1AG.

TİROİD

Tiroid bezi ortalama 5x2x2 cm boyutlarındadır; hafif asimetri gösteren iki lob ve onları birleştiren ince bir istmusdan oluşur. Lobların arkasında longus kolli, önünde sternohiyoid, sternotiroid ve sternokleidomastoid kasları, yanlarda beze paralel uzanan karotid arterler ve internal juguler venler vardır.

İnceleme yöntemleri

İlk ve temel inceleme yöntemi US'dir. Fonksiyonel görüntüler sintigrafiyle elde edilir. Diğer radyolojik tanı yöntemleri nadiren kullanılır.

US'de tiroid parankimi, ince granülasyonlu homojen bir yapıdadır ve kasa göre ekojendir. Normal bez içerisinde, çözümlemesi yüksek aygıtlarla seçilebilen, küçük kolloid gölcükleri vardır. İstmusunun arkasında hava ile dolu trakeanın akustik gölgesi görülür. Aksiyal kesitlerde sol alt arka kenarında özofagus, konsantrik tabakalardan oluşan yuvarlak görünümdedir. Bu görünüm nodül veya paratiroid adenomu ile karıştırılmamalıdır.

Boyun ön kesiminde yüzeyel yerleşimli bir organ olan tiroid bezi, yüksek frekanslı problarla incelemeye çok uygundur. İnceleme hasta sırtüstü yatarken, enseye yerleştirilen bir yastıkla boyun ekstansiyona getirilerek yapılır.

Tiroid görüntüleme tartışmalı bir konudur. Tiroid nodülleri çok sık görülür; buna karşın tiroid kanseri ve tiroid kanserinden ölüm çok nadirdir. US tiroid nodüllerinin saptanmasında çok duyarlıdır, fakat benign-malign ayırımını yapamaz; bu nedenle incelemenin gerekliliği sorgulanmaktadır. US'nin tiroid lezyonlarındaki başlıca yeri fizik muayene bulgularını kontrol etmektir. Cevaplanması istenen soru; gerçekte bir kitlenin olup olmadığı, varsa yerleşim yeri ve birlikte başka kitlelerin bulunup bulunmadığıdır. US'nin diğer endikasyonları biyopsi için kılavuzluk etmek, tiroid kanseri riski yüksek olan olguları kontrol etmek ve bilinen kanserli olgularda rekurrensi araştırmaktır.

Tiroidin sintigrafik incelenmesinde iyot izotopları (I-123) ve Tc-99m-perteknetat (Tc-99m-O_4) kullanılır. Tc-99m-perteknetat 140 keV enerjisinde, yarılanma ömrü 6 saat olan ve sadece gama ışını veren ideal bir radyofarmasötiktir. İyot izotopları tiroid bezi tarafından işlenirken, teknisyum yalnızca tutulur. Bu nedenle iyot ve teknisyumun görüntüleri arasında uyumsuzluk olabilir. Teknisyumu tutan, iyodu tutmayan nodüllere "discordant" nodüller adı verilir. Diskordan nodüller malignite açısından soğuk nodül olarak değerlendirilir. Teknisyumun tiroid bezinde tutulum oranı iyoda göre düşüktür; dolayısıyla çevre vasküler yapılar ve tükrük bezinin görünümleri teknisyum çalışmalarında tiroidin iyi görülmesini engelleyebilir. Sintigramlar Tc-99m perteknetatın İV verilmesinden 20-30 dakika sonra anteriordan alınır. Gerekirse oblik görüntüler eklenebilir.

Normal tiroidin sintigrafik görünümü kelebek veya "V" harfi şeklindedir. İstmusun görünümü değişkendir, çok ince veya çok belirgin olabilir veya hiç görülmeyebilir. Tiroglossal kanalın kalıntısı olan piramidal lob, çok az olguda izlenir ve loblardan veya istmusdan yukarı doğru seyreden bir uzantı şeklindedir. Tükrük bezlerinden salgılanan Tc-99m özofagusta birikerek piramidal lobun görünümünü engelleyebilir. Hastaya su içirmekle bu aktivite kaybolur.

BT/MR'nin temel endikasyonları invaziv tiroid tümörlerinin çevre yapılarla ilişkisini, tiroid kanseri rekürrensini ve mediyastinal guatrı saptamaktır. Çevre invazyonu, bez çevresindeki yağın hiperintens olması nedeniyle T1AG'de çok iyi görülür. Trakeal ve özofajiyal invazyon da MR ile çok iyi değerlendirilir. Yumuşak doku kitlelerinin sınırlarını ve çevre ilişkilerini çok iyi görüntülemekle birlikte, pratikte MR'nin BT'ye bir üstünlüğü yoktur.

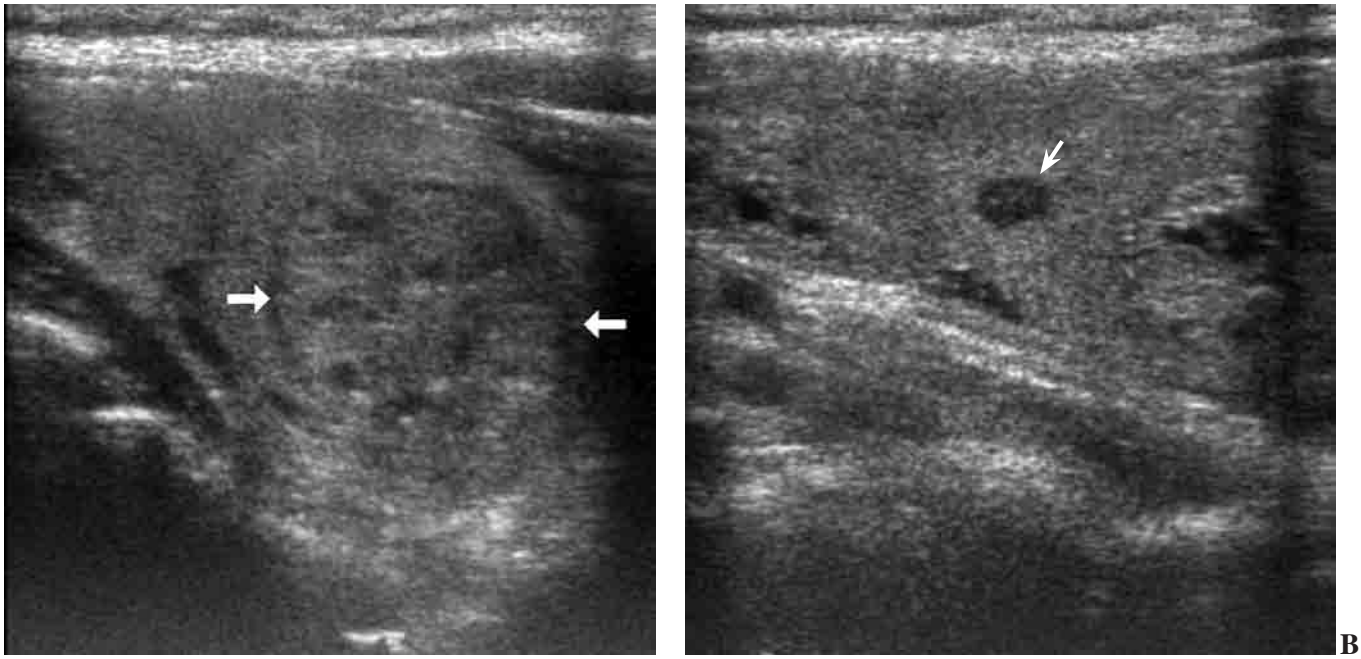
Tiroid nodülleri

Tiroid bezinin palpasyonla normal olduğu olguların yarısında otopside nodül bulunmuştur. US ile asemptomatik kadınların %35-45'inde nodül saptanmıştır. Buna karşılık tiroid kanseri popülasyonda %0.1 oranında görülür, tüm kanserlerin %1'inden azını oluşturur, tüm kanser ölümlerinin de %0.5'inden azından sorumludur. Benign tiroid nodülünün kansere oranı 500/1 civarındadır.

Benign tiroid nodülleri histolojik olarak ya kolloid nodül (adenomatöz nodül) ya da folliküler adenomdur. Kolloid nodül neoplazm değildir; tiroid dokusunun periyodik hiperplazisi ve gerilemesi sonucu ortaya çıkar. Genellikle birden fazla sayıdadır ve tiroid bezinin difüz büyümesine neden olur. Nodül genellikte izoekoik veya hipoekoiktir ve sıklıkla dejenerasyon nedeniyle kistik, nekrotik, hemorajik ve kalsifik alanlar içerir.

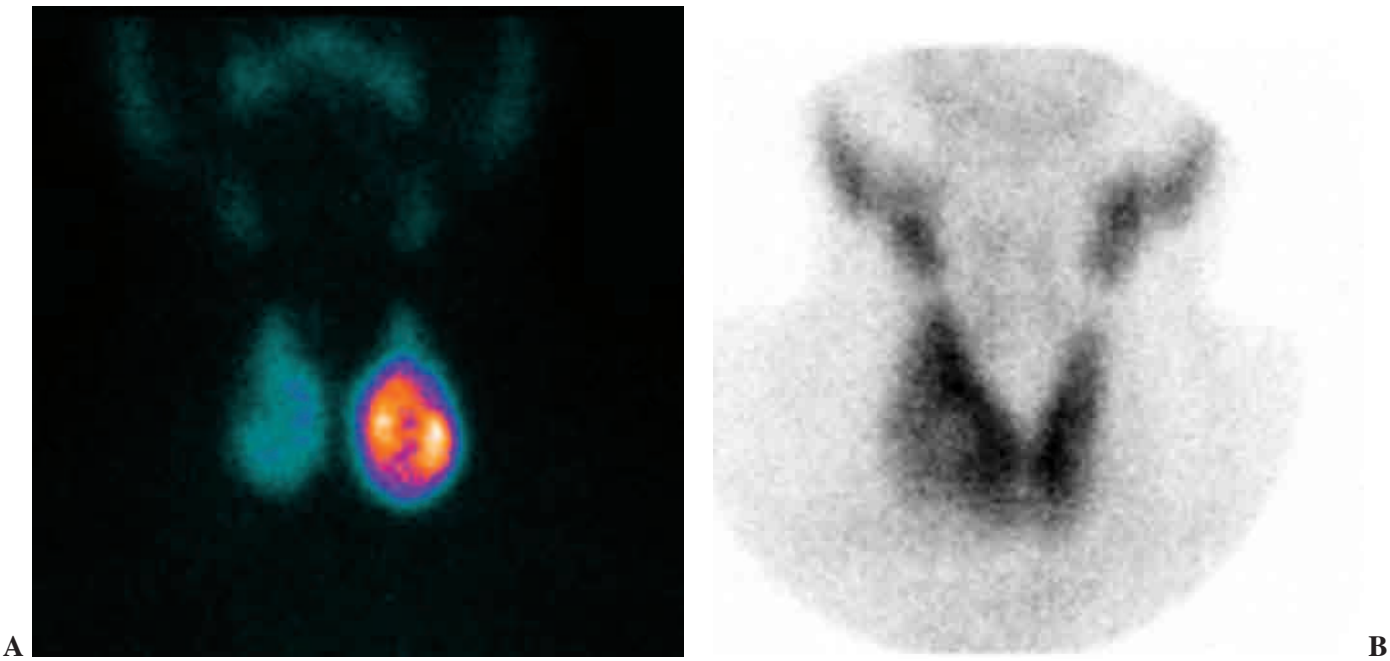
Solid tiroid nodüllerinin çoğu folliküler adenomdur. Çoğunluğu soliter olan kapsüllü nodüllerdir. US'de iç yapılarının tiroid dokusuna benzemesi ile (izoekoik) karakterizedirler; ancak hipoekoik ve hiperekoik de olabilirler (Resim 7.270). Nodüllerin ortasında hemoraji, kistik dejenerasyon, fibroz ve kalsifikasyon görülebilir. Adenomların yaklaşık %30'unda santral kistik bir kavite vardır. Çevrelerinde1-2 mm'lik ince hipoekoik bir halka bulunabilir. İyi huyluluk ölçütü olan ve *halo işareti* adı verilen bu halkanın duyarlılığı düşüktür. Halo işareti %20 oranında malign nodüllerde de görülür, ancak daha geniştir. Halo işaretinin görüldüğü malign lezyonlar genellikle kapsüllü olan folliküler karsinomlardır. Folliküler adenom ve folliküler karsinom US ile birbirinden ayrılamaz. Ayırıcı tanı, histolojik olarak yapılabilir. Tiroid adenomları nadiren birden fazladır. Çok büyük boyutlara erişebilirler. Nadiren hiperfonksiyon gösterebilirler. Hiperfonksiyone adenomlar renkli Doppler'de belirgin olarak hipervaskülerdir. Koyulaşmış kolloidin neden olduğu kuyruklu yıldız artefaktı benignite işaretidir.

Tiroidin gerçek konjenital kistleri çok nadirdir ve görünümleri vücudun diğer kesimlerindeki kistlerden farklı değildir. Tiroid kistlerinin büyük çoğunluğu hemorajik dejenerasyon gösteren kolloid nodül veya folliküler adenomdur. Bazı tiroid kanserleri de kistik dejenerasyon alanları gösterebilir; fakat kanserde kistik yapı, lezyonun küçük bir kesimindedir.



Resim 7.270 Tiroid nodülleri. A. Heterojen izoekoik nodül. Çevresinde ince halo görünümü. B. Hipoekoik düzgün kenarlı homojen bir nodül.

Tiroid nodülleri sintigrafik olarak sıcak ve soğuk nodüller olmak üzere ikiye ayrılır (Resim 7.271). Radyonüklid tutulumu yüksek olan sıcak (hiperaktif) nodüller genellikle benigndir; %90'ı benign adenomatöz hiperplazidir. Cerrahiden sonra normal tiroid dokusu da benzer görünüm verir. Nadiren karsinomlar da sıcak bir nodül şeklinde görülebilir. Tc-99m sintigramlarındaki sıcak nodüllerde karsinom olasılığı



Resim 7.271 Tiroid nodüllerinin sintigrafik görünümleri. A. Sol lobda sıcak nodül. Sağ lob suprese. B. Sağ lob normalden büyük ve içerisinde soğuk bir nodül görünümü izleniyor.

Tablo 7.9 Tiroid nodüllerinde malignite ve benignite ayırım ölçütleri

Benignite ölçütleri	Geniş kistik alanlar, keskin kenar, periferal kalsifikasyon, homojen hiperekojenite, kuyruklu yıldız artefaktı, sıcak nodül, sintigrafide birden çok nodül, hormon tedavisi ile küçülme
Malignite ölçütleri	Düzensiz kenar, kenarın seçilememesi, mikrokalsifikasyonlar, 4-5 cm'den büyük boyut, tek soğuk nodül, çocuklukta boyunun ışınlanması, özellikle medüller karsinoma ait aile hikayesi
Ortak ölçütler	Hipoekoik nodül, izoekoik nodül, solid nodül, amorf dens kalsifikasyon, hipoekoik halo, çok sayıda nodül, Doppler US'de artmış akım

daha yüksektir. İyot çalışmalarında hiperfonksiyon gösteren nodüller ise hemen daima benign yapıdadır. Sintigramda yalnız bir lobun görülmesi karşı tarafı baskılayan hiperfonksiyone bir nodülü temsil edebilir. Sıcak veya toksik bir nodüle bağlı hipertiroidi Plummer hastalığı olarak bilinir.

Soğuk nodüllerin (hipoaktif) malignite olasılığı daha yüksektir. İyi diferansiye tiroid karsinomları çoğunlukla soğuk nodül şeklinde görülür. Malign olma olasılığı gençlerde ve boynu ışınlanan olgularda daha yüksektir. Kist, adenom, küçük yerel tiroidit alanları ve erken multinodüler guatr, soğuk nodüllerin benign yapıdaki nedenleridir. 8-10 mm'den küçük nodülleri saptamak zordur. Periferal soğuk nodüller çevre doku ile karışıp görülmeyebilir. Tiroid bezinin tümünde aktivite tutulumu azalmışsa hipoaktif bir nodül seçilemeyebilir. Büyük hipoaktif nodüller tiroide baskı yapan ekstrensek kitleler şeklinde görülebilir. Soğuk bir nodülü örten normal tiroid dokusu, nodülün hafif aktif görünmesine neden olabilir. Şüpheli olgularda US yapılır. Tiroid modüllerinde malign-benig ayrım ölçütleri Tablo 7.9'da sunulmuştur.

Tiroid kanserleri

Tiroid kanserleri nadir görülür. Yaşlılarda anaplastik karsinom sıktır. Papiller karsinom her yaşta görülür ve psammoma cisimciklerinin mikrokalsifikasyonlarına ait ekojen odaklar içermeleri tipiktir. İnvaze ettiği boyun lenf nodlarında da benzer görünüm oluşturur. Boyun lenf nodlarına ve uzak bölgelere metastaz yapabilir. Papiller kanserin %20'si multisentriktir. Folliküler karsinom benign bir klinik seyir gösterir ve folliküler adenomdan US görünümü ile ayrılamaz.

Tüm tiroid karsinomları hipoekoik görünümdedirler ve çevre tiroid dokusunu veya kapsülü invaze ederler. Kenarları belirgin değildir. Kesin tanı iğne biyopsisi ile konur.

Basit kistlerde ve birden fazla tiroid nodüllerinde tümör insidansı ileri derecede düşüktür. Ankapsüle tümörlerde bu oran %1'den azdır. Sintigrafide tek soğuk nodülde malignite olasılığının %15 olduğu kabul edilir; sıcak nodüllerde bu olasılık ileri derecede düşüktür.

Tiroid kanserlerinin uzak metastazları I-131 sintigrafisinde pozitif tutulum gösterebilir. Bu nedenle tiroid kanseri metastazlarının araştırılmasında I-131 ile tüm vücut taranır. Metastaz odaklarının ve hipertiroidinin tedavisinde de yüksek doz I-131 kullanılır.

Difüz tiroid tutulumu

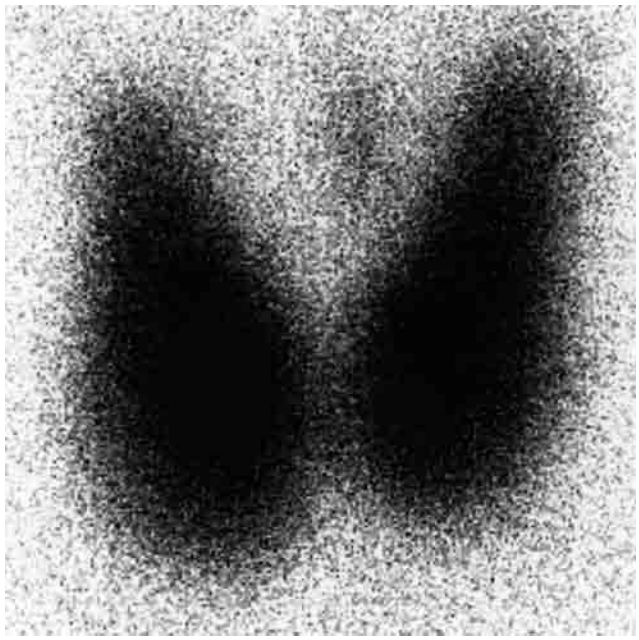
Guatr, difüz tiroid büyümesini tanımlayan genel bir terimdir. Büyümenin tiroid fonksiyonu ile bir ilişkisi yoktur. Tiroid bezi büyük boyutlara erişebilir. Boyut fizik muayene ile saptanır; belirgin olmayan büyümelerde US ile ölçüm yapılabilir. Büyümenin US bulguları, istmusun kalınlığının 3 mm'yi aşması ve bezin ön yüzeylerinin dışarı doğru konveksitesinin artmasıdır. Bezin boyutunun ölçülmesi, tedaviye verdiği cevabın kontrolü amacıyla yapılır.

Toksik olmayan guatr diyetteki iyot eksikliğine veya tiroid enzim eksikliğine bağlı olarak bezin difüz olarak büyümesidir. US'de parankim homojen görülür.

Toksik difüz guatr (Graves hastalığı), hipertiroidizmin en sık nedenidir. Tiroid büyümüştür, parankim yapısı homojendir, nodül yoktur. Bazen tiroid normal boyutta görülebilir. Renkli Doppler US'de belirgin difüz vaskülarite artışı görülür Renkli Doppler'deki bu parlayan görünüm, *tiroid "inferno" (cehennem*) olarak isimlendirilir. Sintigrafide tüm bezde aktivite tutulumu homojen bir şekilde artar (Resim 7.272).

Multinodüler guatrda (adenomatöz guatr, multinodüler kolloid guatr) bez büyümüştür. Sebep ya hormon sentezindeki –muhtemelen herediter- bir defekt veya iyot eksikliğidir. Düşük seviyedeki tiroid hormonunun neden olduğu TSH stimülasyonunun, nodül gelişimine yol açtığı sanılır. Hastalık genellikle, diyetteki iyotun eksik olduğu bölgelerde, 50-70 yaşındaki kadınlarda sık görülür.

Parankimde birden fazla sayıda ve değişik boyutta nodüler vardır. Bunların %80'inde neden adenomatöz



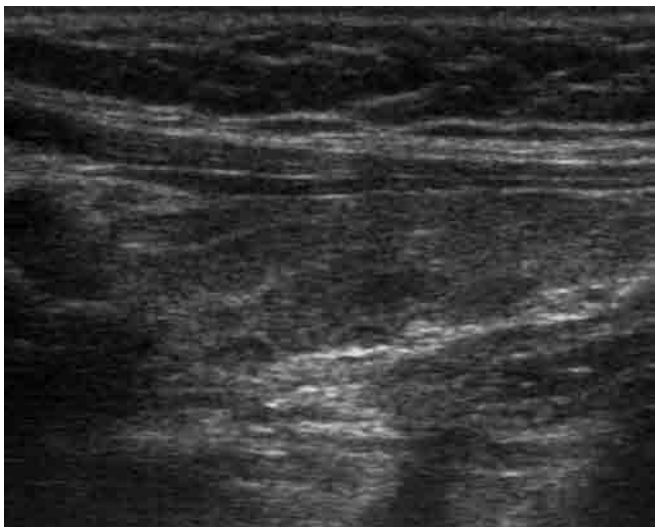
Resim 7.272 Graves hastalığında her iki lob normalden büyük ancak difüz ve belirgin aktivite tutuyor.

hiperplazidir; tiroid hücrelerinde kolloid birikimi ve nekroz gelişerek kolloid nodüller ortaya çıkar. Nodüller içerisinde kanama sık görülür ve kist formasyonu ile sonlanırlar. Hastalık ilerledikçe fibroz, skar dokusu ve kalsifikasyon gelişir; geriye kalan tiroid dokusu büyür. US bulguları hastalığın evresine göre değişir. Bez büyümüştür, kenarı lobüledir. İç yapı, hipoekoik nodüller, fibroz ait ekojen alanlar, anekoik dejeneratif bölgeler ve küçük kistler nedeni ile nonhomojendir. Malignite insidansında artma yoktur.

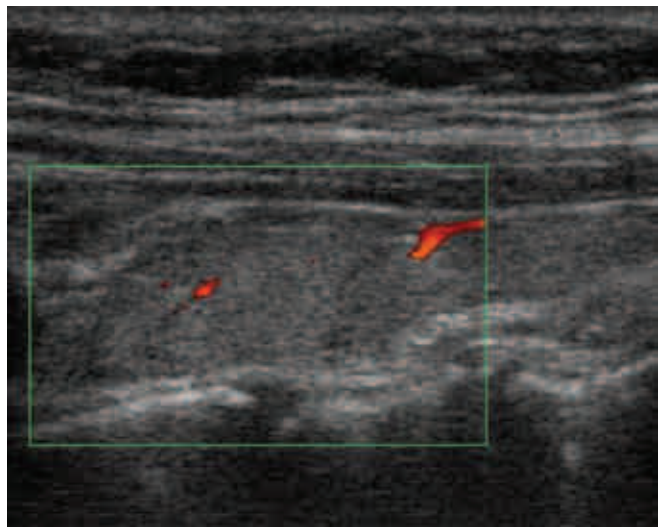
Sintigramlarda şekli bozulmuş tiroid bezinde simetrik veya asimetrik büyüme izlenir. Bezin kenarları düzensizdir ve iyi seçilemeyebilir. Artmış ve azalmış aktivite alanları nedeniyle bez heterojen görülür. Medikasyona bağlı olarak tiroid bezinde radyoaktif madde tutulumu difüz olarak azalır.

Büyümüş tiroid bezinin mediyastene uzanımı kesit görüntüleme yöntemleri ve aktif tiroid dokusu varsa sintigrafi ile saptanabilir. Mediyastene uzanımı araştırmada, enerjisi yüksek olduğu için radyonüklid olarak I-131 tercih edilmelidir.

Tiroiditlerin radyolojik bulguları genelde birbirine benzer. Akut süpüratif tiroidit, bezin nadir görülen bakteriyel enfeksiyonudur. Genellikle bezin bir kesimi tutulur. Tutulan bölgenin ekojenitesi düşer, abse gelişebilir. Subakut granülomatöz tiroiditde (Quervain hastalığı), tutulan kesim şiş, ödemli ve US'de hipoekoiktir. Başlangıçta büyük ve ağrılı olan bez zamanla küçülür. Kronik lenfositik tiroiditde (Hashimato hastalığı), düzgün kenarlı büyümüş bez karakteristik olarak hipoekoiktir ve parankim yapısı kabalaşmıştır; 1-6 mm boyutlarında ince nodüler yapı hastalık için oldukça karakteristiktir (Resim 7.273). Normal parankim alanı yoktur, bez tümüyle anormaldir. Klinik hipotiroidi olgularının %10-15'ini oluşturur. Sintigrafide aktivite dağılımı heterojendir. İnvaziv fibröz tiroiditde (Riedel struma) ise bez difüz olarak büyür ve parankimi heterojendir. İnflamatuar olay bezi dest-



A



B

Resim 7.273 Hashimato tiroiditi. Tiroid bezi hipoekoik ve kaba granüler eko yapısında; içerisinde septalar görülüyor. B. Doppler incelemesinde kanlanma azalmış.

rükte eder; ilerleyerek karotis gibi çevre oluşumları içine alabilir. Çok nadir görülen bir hastalıktır.

PARATİROİD

Paratiroidler, tiroid bezinin her iki lobunun üst ve alt arka kesimlerine komşu dört adet küçük hipoekoik yapıdır. Boyutları 5 x 3 x 1 mm'dir ve radyolojik incelemelerde genellikle görülmezler.

İnceleme yöntemleri

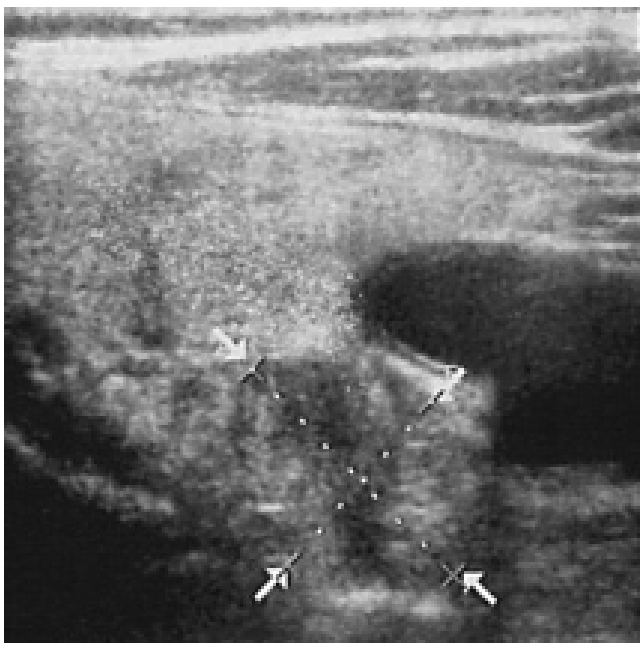
Temel endikasyon, hiperparatiroidizm olgularında paratiroid adenomunu ve/veya hiperplazisini saptamaktır. Yerleşim yeri cerrahiye yol gösterir, morbiditeyi düşürür. Bu amaçla kesit görüntüleme yöntemleri ve sintigrafi kullanılabilir. Duyarlılığı en yüksek yöntem sintigrafidir. Lezyonların %80-85'i boyunda olduğu için US'nin de duyarlılığı yüksektir.

Paratiroid adenomu/hiperplazisi

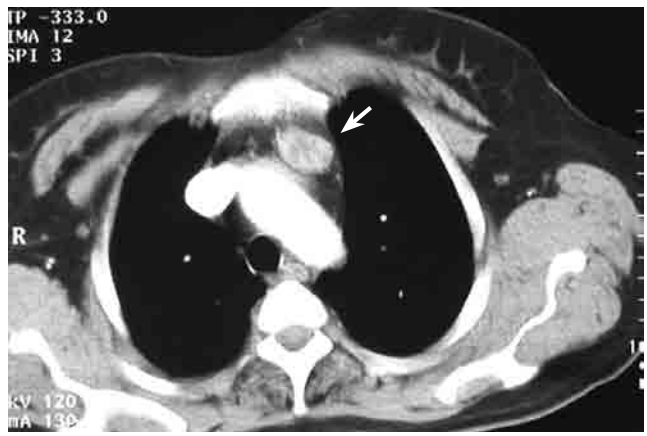
Normal yerleşimdeki paratiroidlerin 5 mm'den büyük lezyonları, US ile %85 doğrulukla saptanabilir (Resim 7.274). En sık paratiroid adenomu veya hiperplazisi görülür. Adenom ve hiperplazi aynı görünümdedir; ancak hiperplazide asimetrik olmakla birlikte bezlerin hepsi büyür. Büyümüş paratiroid bezleri tiroid dokusundan daha hipoekoiktir, oval şekilli homojen ve solid yapıdadırlar. Boyutları 8-15 mm arasındadır. Renkli Doppler'de hipervasküler görülürler. Tiroid bezinden, her iki organın kapsüllerinden oluşan ekojen bir septa ile ayrılır. Genellikle tiroid bezinin alt kesimindekiler büyür. Bu bölgedeki longus kolli kasının aksiyal kesiti, paratiroid lezyonu ile karışabilir. 2 cm'den daha büyük paratiroid adenomlarının ortalarında, tiroid nodüllerinde olduğu gibi dejeneratif kistik alan ortaya çıkabilir. Tiroid içerisine yerleşen paratiroid lezyonları, US ile tiroid adenomlarından ayrılamaz.

Üst kesimdeki paratiroid lezyonları BT ile daha iyi gösterilir. Paratiroid adenomlarının yaklaşık %20 'si kontrast tutar. Bu nedenle BT incelemeleri bolus şeklinde kontrast madde verilerek yapılmalıdır. Paratiroid adenomlarının MR'de spesifik bir sinyal özelliği yoktur; T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintenstirler. Kontrast tutan lezyonlar daha iyi görülür.

Paratiroid adenomlarının yaklaşık %10'u ektopiktir ve boyunda veya mediyastende, sıklıkla da timusun üzerinde yerleşir (Resim 7.275). Normal yerinde olmayan paratiroid (ektopik) lezyonlarında tanı zordur. Embriyolojik olarak timusla birlikte oldukları için ektopik bez, tiroid bezinin ve timusun üst uçları arasında, herhangi bir yerde olabilir. Böyle olgular US ile saptanamaz. Mediyasten yerleşimli paratiroid adenomlarının gösterilmesi için Tc-99m-sestamibi veya tetrofosmin sintigrafisi, BT ve MR incelemeleri yapılır. Bu üç yöntemin de ektopik paratiroid dokusunun saptanmasındaki duyarlılığı %75 civarındadır. Bu yöntemlerle de tanı konamazsa, son tanısal işlem olarak anjiografiye başvurulur.



Resim 7.274 Paratiroid adenomu. Hiperparatiroidli olguda tiroidin arka kesiminde düzensiz kenarlı heterojen yapıda büyümüş paratiroid bezi.



Resim 7.275 Hiperparatiroidli bir olguda mediyastinal ektopik paratiroid dokusu (ok). Lezyon kontrast tutuyor.

Çok nadir görülen paratiroid karsinomu 2 cm'den büyük, kenarları seçilemeyen, lobule, heterojen yapıda kistik ve kalsifik alanlar içerebilen kitleler şeklindedir.

BOYUN KİTLELERİ

Karotid alanındaki kitlelerin büyük çoğunluğu benign neoplazmlardır ve karotid kılıfı içerisindeki sinirlerden çıkarlar. En sık görülenleri paragangliom (kemodektom), Schwannom ve nörofibromdur.

Paragangliom

Paragangliomlar nöral krest kökenli hücrelerden çıkan vasküler tümörlerdir. Bu tümörler çıktıkları yere göre isimlendirilir. Karotid bifurkasyonundaki karotid cisimden kaynaklananlara karotid cisim tümörü adı verilir. Vagus sinirinin ganglionundan çıkanlar glomus vagale tümörü, vagusun juguler ganglionundan çıkanlar ise glomus jugulare tümörü adını alır. Orta kulakta Arnold ve Jacobson sinirlerinden kaynaklananlara da glomus vagale tümörü denir. Farklı isimlerine rağmen histolojik ve radyolojik özellikleri aynıdır.

Klinik olarak ağrısız ve yavaş büyüyen kitle şeklindedirler; kitle üzerinde pulsasyon ve üfürüm alınabilir. Olguların %10'unda birden fazla tümör vardır. Bu oran ailevi olgularda %25-33'e kadar çıkar. Bu nedenle bir tümör saptandığında diğerleri de araştırılmalıdır.

Çok vasküler tümörlerdir. BT ve MR'de yoğun şekilde kontrast tutarlar (Resim 7.276). MR'de lezyon içerisindeki damarlar sinyalsiz odaklar şeklinde görülebilir. Bu bulgu benzer şekilde çok belirgin kontrast tutan schwannomlardan ayırt edilmesinde yardımcıdır. Anjiografide kapiller fazda çok belirgin kotrast göllenmesi saptanır. Preoperatif embolizasyon rezeksiyonu kolaylaştırır.

Vagus sinirinden çıkan Schwannom ve nörofibromlar da bu bölgede görülebilir.

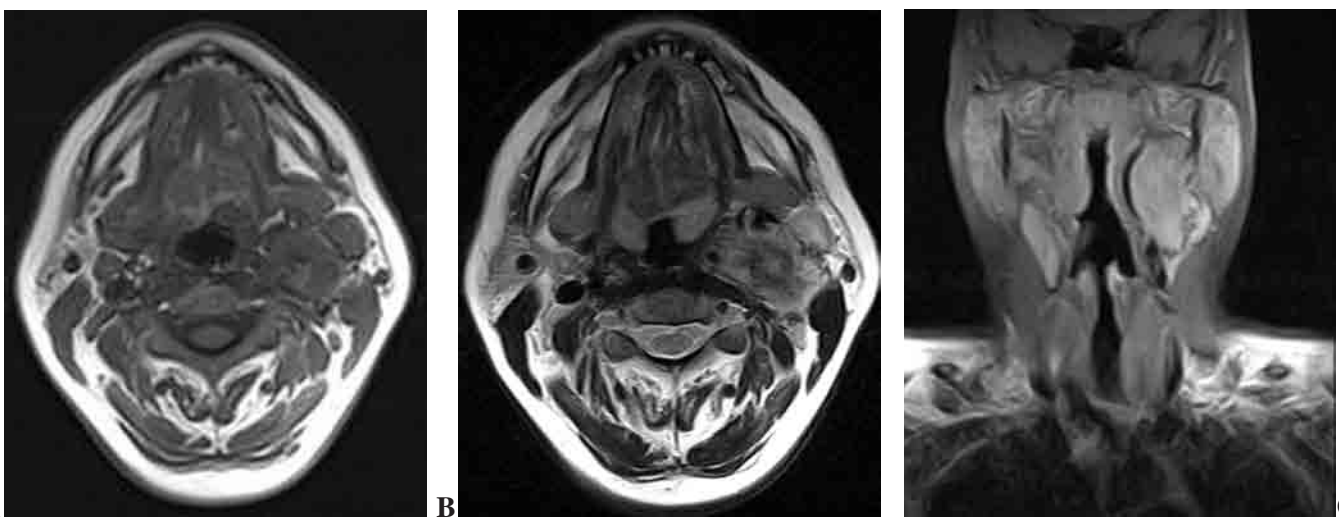
Brankial yarık kisti

Embriyonel hayatta yüz ve boyun, 6 arktan oluşan brankial kleft aparatından gelişir. Bu arkuslardan herhangi birinin regrese olmaması sonucu kist, fistül ve sinüsler ortaya çıkar. Brankial kleft kisti %95 olguda 2. brankial kleft artığından çıkar. En sık karotid bifürkasyonu seviyesinde, sternokleidomastoid kasının önünde ve internal juguler venin dışında oturur.

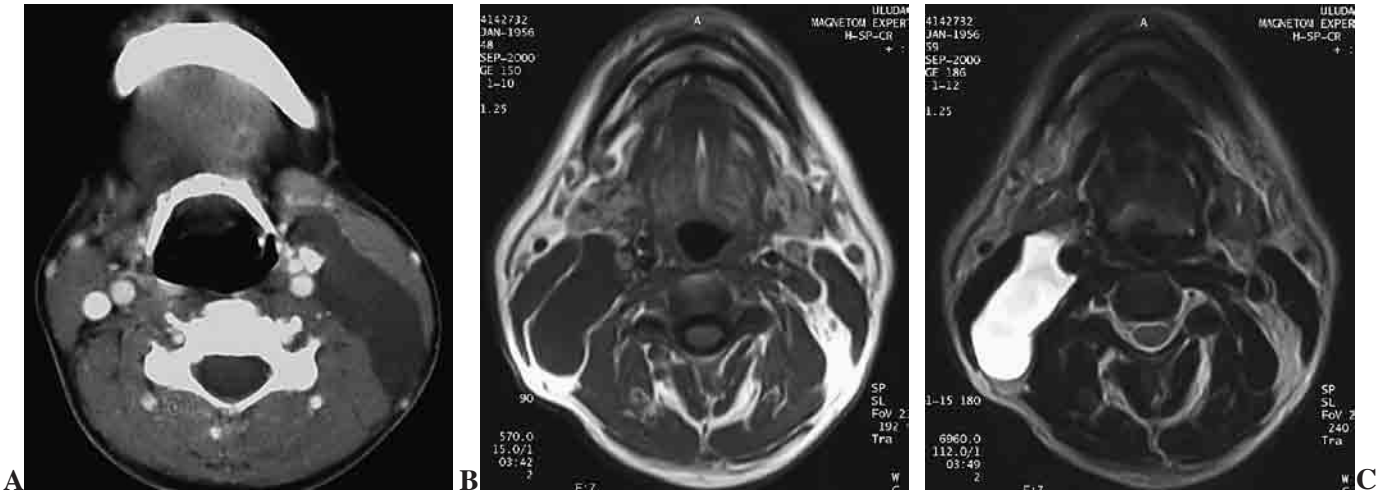
Genellikle 1-3. dekadlarda ağrısız boyun kitlesi şeklindedir. Boyutları değişkendir. Üst solunum yolu enfeksiyonları ile birlikte büyüyebilir. Kesit görüntülerinde iyi sınırlı, ince duvarlı kistik bir lezyon şeklindedir (Resim 7.277). Normalde duvarı kontrast tutmaz. Enfekte olursa daha çok protein içereceğinden dansitesi/intensitesi değişir, duvarı kalınlaşır ve belirgin kontrast tutar.

Lenfanjiom

Lenfatik kanalların konjenital malformasyonudur. Benign ve kapsülsüzdür. Histolojik olarak kapiller,



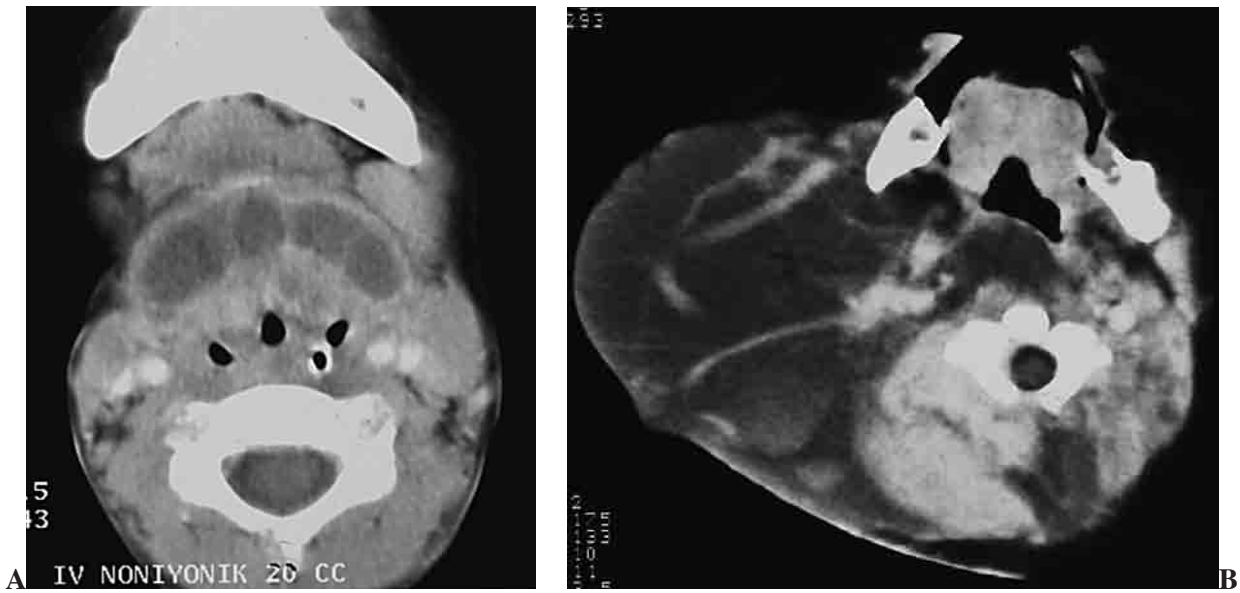
Resim 7.276 Paragangliyom. Boynun sol tarafından karotis lojunda düzensiz konturlu heterojen yapıda kitle. A. T1AG. Kitle, kasla izointens. İçerisinde damarlara ait hipoekoik kıvrımlı yapılar. B. T2AG. Lezyon çevre kaslardan hiperintens. C. Kontrastlı koronal kesitte kitle kontrast tutuyor ve karotid arteri içeri doğru itiyor.



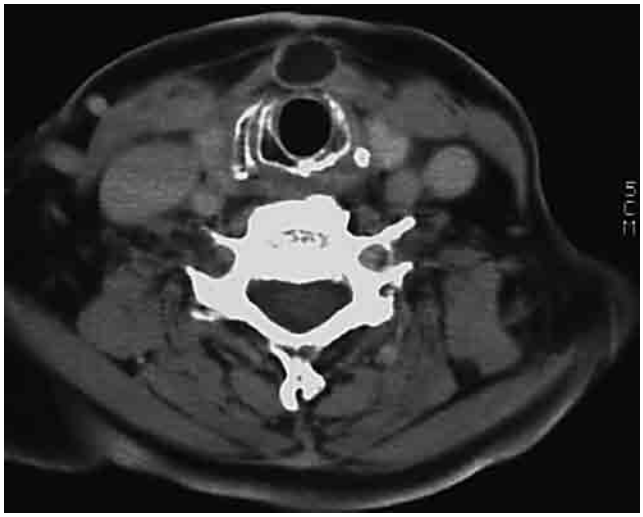
Resim 7.277 Brankial kleft kisti. A. BT Boynun sol tarafında sternokleidomastoid kasının arkasında düzgün kenarlı oval yapıda kistik lezyon. B. Başka bir brankial kleft kistli olgunun T1AG'si. Kist aynı lokalizasyonda sağda. Belirgin hipointens. C. Aynı lezyonun T2AG'si.

kavernöz ve kistik olarak sınıflandırılır. Lezyonda her üç komponent de vardır; ancak lezyon baskın formun ismiyle belirtilir. Kapiller tipi kapiller boyuttaki ince duvarlı lenfatik kanallardan oluşur. Kavernöz tipinde kanallar dilatedir ve fibröz adventisiyaları vardır. Kistik higromada ise büyük kistik alanlar görülür. Boyundan göğüse ve mediastinuma uzanabilir.

Lenfanjiomların yaklaşık yarısı doğumda vardır, %90'ı lenfatik gelişimin büyük ölçüde tamamlandığı 3 yaşına kadar ortaya çıkar. Ağrısız komprese edilebilir boyun kitleleri şeklindedir. Bu özellikleri nedeniyle çevre yapılarda baskı oluşturmaz. Sıklıkla boyunun arka üçgeninde yerleşir. Kesit görüntülerinde septalı multiloküle kistik kitleler şeklinde görülür (Resim 7.278). Kist içine kanama sık görülür. Kanamada lezyonun boyutu aniden artar, lezyon izçerisinde sıvı-kan seviyesi görülür, kan ürünlerine bağlı sinyal değişiklikleri ortaya çıkar.



Resim 7.278 Boyunda lenfanjiom. A. Boynun ön kesiminde septalı kistik kitle. B. Boynun sağında büyük bir lenfanjiyoma ait kitle



Resim 7.279 Tiroglosal kist. Larinksin alt seviyesinden geçen kontrastlı BT kesitinde orta çizgide düşük yoğunluklu kistik lezyon. Kist duvarı hafif kontrast tutuyor.

Tiroglossal kist

Çocuklarda sık görülür. Tiroglossal kanal tiroid bezinin embriyonel hayatta göç ettiği sekretuar epitelle döşeli bir kanaldır. Bu tubüler yapı dil kökündeki foramen çekumdan başlar tiroidin istmusuna uzanır. Normalde 8-10. gebelik haftasında kapanır. Kanalın açık kalan parçası kist veya sinüs traktı oluşturur. Birlikte ektopik tiroid dokusu da bulunabilir. Kistleri genellikle hiyoid kemiğinin altında orta çizgidedir. Kesit görüntülemede kist duvarının periferinden ince bir halka şeklinde kontrast tuttuğu izlenir (Resim 7.279).

Lenfadenomegaliler

Boyunda en az 10 adet lenf nodu grubu vardır. Bunların içinde en çok tutulan ve en önemli grup internal juguler lenf nodu zinciridir. Bu zincir baş-boyundaki lenf drenajının son istasyonudur. Zincir oblik olarak juguler venin seyrini izler, sternokleidomastoid kasının ön kenarının altındadır. Jugulodigastrik lenf nodu bu zincirin ilk elemanıdır, hiyoid kemik seviyesinde, submandibuler bezin hemen arkasındadır; tonsillerin, ağız boşluğunun, farenksin lenfatikleri ile submandibuler lenf nodları bu noda drene olur. Jugulodigastrik ve komşu submandibuler lenf nodlarında normal boyutun üst sınırı 1.5 cm kabul edilir. Boyunun diğer kesimlerindeki lenf nodları için bu sınır 1 cm'dir.

Lenf nodu büyüklüğünün nedeninin benign reaktif hiperplazi veya malign nedenlere bağlı olup olmadığını söylemek zordur. Boyut önemli bir ayırıcı tanı ölçütü değildir. Bununla birlikte uzun aksı 3.5 cm'den büyük lenfadenomegaliler genellikle malign nedenlidirler. Ayırıcı tanıda ölçüt longitudinal değil aksiyal çaptır. Benign-malign ayırımında boyutla beraber lenf nodunun şekli de önemlidir. Oval şekilli lenfadenomegaliler daha çok benign nedenlidir. Malign lenfadenomegaliler ise daha çok sferik şekillidir. Kısa aks-uzun aks oranı 0.5'den büyük olan lenfadenomegaliler, 0.5 den düşük olanlara kıyasla daha fazla malignite olasılığına sahiptir. Boyut ve şekil ölçütleri vücudun farklı bölgelerindeki lenfadenomegalilerde farklıdır. Malign bir lezyonun drenaj yolu üzerinde bulunmayan lenfadenomegalilerin reaktif olma olasılığı daha yüksektir.

Boyun lenf nodlarının değerlendirilmesine US ile başlanır. Derindeki lenf nodlarının araştırılması ve çevreye invazyonun değerlendirilmesinde BT temel, MR alternatif yöntemdir. Boyundaki lenfadenomegalilerin yaklaşık %25-33'ü fizik muayene ile saptanamaz. Bu nedenle lenfadenomegalinin saptanmasında kesit görüntüleme yöntemlerine güvenilir. BT/MR ile lenfadenomegaliler, PET ile de malign tutulum yüksek duyarlılıkla saptanabilir.

Benign-malign ayırımında lenf nodunun iç yapısının radyolojik görünümü de yardımcı olabilir. Metastatik nodların USD internal ekojenitesi heterojen; benign olanlarınki ise homojendir. Lenf nodu içerisinde kalsifikasyon ve kistik alanlar görülmesi tiroidin papiller karsinom metastazını düşündürür. Normalde hilus adı verilen ve lenf nodunun ortasına kadar uzanan komprese fibröz dokuya ait ince bir ekojenite görülür. Bazen lenf nodunun merkezinde lenfoid dokunun benign yağ replasmanını temsil eden ekojen bir benek vardır. Benign reaktif hiperplaziye bağlı lenfadenomegalide bu ekojen yapılar kaybolmaz; malign infiltrasyonda ise bu iki görünüm de ortadan kalkar.

Büyümüş lenf nodları BT ve MR ile aynı duyarlılıkla saptanır. Hangi yöntemin seçileceği hastanın durumuna bağlıdır. Hasta hareketinin kontrolü sorun ise BT tercih edilir. MR'de en duyarlı teknik yağ supresyonlu T2AG ve kontrastlı T1AG'dir. Normal lenf nodları kontrastsız ve kontrastlı kesitlerde homojen sinyal intensitesindedir. Heterojenite malign tutulum lehinedir. Lenf nodunun yağlı hilus görünümü normal olduğunu gösterir; ancak benign ve malign ölçütleri bir çok olguda örtüştüğünden, en güvenilir tanı yöntemi perkütan iğne biyopsisidir.

İnflamatuar nedenli lenfadenomegalilerin T1 ve T2 değerleri akut fazda uzar ve bu lenf nodları belirgin şekilde kontrast tutar. Kazeifiye ve nekroze kesim

kistik karakter gösterir. Viral nedenli lenfadenomegalilerin hemen hepsi GRE görüntülerde keskin kenarlı, homojen hiperintens yapılar şeklinde görülür. Metastatik lenf nodlarına özgü sinyal özelliği yoktur. Genellikle heterojen bir şekilde kontrast tutarlar. Lenf nodlarını saptama ve karakterize etmede MR'nin BT'ye pratik bir üstünlüğü yoktur.

BT/MR ile büyümüş lenf nodlarında benign reaktif hiperpazinin malign infiltrasyondan ayırımı zor, çoğu kez imkansızdır. Tüberküloz adenitin radyolojik görünümü malign tutulumla tam örtüşür. Kontrast tutma, kenar netliğinin kaybı ve konglomere kitle oluşturma malign tutulum lehine kabul edilen bulgulardır.

Normalde lenf nodları kontrast tutmaz. Nekroze merkez ile birlikte periferik boyanma malignite lehinedir. 15 mm'den küçük bazı lenf nodlarının çevresinde kontrastlı kesitlerde ince bir boyanma görülür. Bu görünüm lenf nodu tutulumunu düşündürür. Heterojen boyanma malignite lehine bir bulgudur. Sınırları belirgin olmayan kalın kenar boyanması ise lenf nodu içerisindeki tümörün ekstrakapsüler yayılımını gösterir.

Kapsülü geçerek komşu dokulara yayılan lezyonlarda lenf nodunun kenarları çok iyi seçilemez; sınırları seçilebiliyorsa invazyonun olmadığından bahsedilebilir. BT'de parsiyel hacim etkisine bağlı olarak çevre yapılarla, örneğin juguler ven ve karotis arterlerle sınırları ayırt edilemeyebilir; bu görünüm yanlışlıkla invazyon olarak değerlendirilmemelidir. Lenfadenopati araştırmak amacıyla yapılan BT incelemelerinde boyun damarlarının kontrastla iyi bir şekilde opasifikasyonu esastır.

Malign-benign ayırımında en değerli yöntem PET'dir; malign tutulumda metabolizma belirgin şekilde artar. Bu yöntemle normal boyutlu lenf nodlarının tutulduğu veya büyümüş lenf nodlarının benign reaktif bir yapıda olduğu söylenebilir.

Yararlanılan Kaynaklar

Amster JL, Bradley WG. MRI of the spinal cord, In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 205-216

Atlas SW. Magnetic resonance imaging of the brain and spine. New York: Raven Pres, 1991

Babcock DS, Matsumoto JS. Update on cranial sonography of the infant, In: Syllabus: special course, Ultrasound 1991; 337-346

Babcock DS. Cranial sonography of infants, In: Syllabus, categorical course in ultrasound, RSNA publications 1984; 123-138

Bohndorf K. Bone lesions of the spine, In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 217-224

Bradley WG. MR appearence of hemorrhage in the brain. Radiology 1993; 189: 15-26

Bradley WG. Pathomorphology of the brain. In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 23-34

Brant WE, Helms CA. Fundamentals of Diagnostic Radiology 3.ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins 2007.

Brant-Zawadzki M. MR imaging of the brain. Radiology 1988; 166: 1-10

Burrows EH, Leeds NE. Neuroradiology. New York: Churchill Livingstone, 1981

Bydder, GM. Magnetic resonans imaging of the brain. RCNA 1984; 22: 779-794

Caffey J. Pediatric x-ray diagnosis. 6. ed. Chicago: Year Book, 1972

Datz FL. Gamuts in nuclear medicine. 2 nd. ed. East Norwalk: Appleton and Lange, 1987

Gordon IRS, Ross FGM. Diagnostic radiology in pediatrics. London: Butterworths, 1977

Gottschalk A, Hoffer PB, Potchen EJ. Diagnostic Nuclear medicine. 2 nd. ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1988

Grainger RG, Allison DJ. Diagnostic Radiology, 3. ed, New York: Churchill Livingstone, 1999.

Grant EG, Tessler F, Perrella R. Infant cranial Sonography. RCNA 1988; 26: 1089-1110

Grant EG, Wong W, Tessler F, Perrella R. Cerebrovascular ultrasound imaging. RCNA 1988; 26: 1111-1130

Grossman GB. Magnetic resonance imaging and computed tomography of the head and spine. Baltimore: Williams and Wilkins, 1990

Han JS, Benson JE, Yoon YS. Magnetic resonance imaging in the spinal column and craniovertebral junction. RCNA 1984; 22: 805-828

Harwood-Nash DC. Pediatric central nervous system, In: MR: State of the art, Syllabus. Categorical course, ECR'91, Vienna 1991; 35-48

Haughton VM. MR imaging of the spine. Radiology 1988; 166: 297-301

Higgins CB, Hricak H, Helms CA. Magnetic resonance imaging of the body. New York: Raven Press, 1992

Hudgins PA, Gussack GS. MR imaging in the management of extracranial malignant tumors of the head and neck. AJR 1992; 159: 161-169

Jamieson D, Alavi A, Jolles P, Chawluk J, Reivich M. Positron emission tomography in the investigation of central nervous system disorders. RCNA 1988; 266: 1075-1088

Kaufman B. Magnetic resonance imaging of the pituitary gland. RCNA 1988; 22: 795-804

Koeller KK, Henry JM. Superficial gliomas: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2001;21:1533-1556

Koeller KK, Rushing EJ. Medulloblastoma: a comprehensive review with radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2003;23:1613-1637

Koeller KK, Rushing EJ. Pilocytic astrocytoma: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2004;24:1693-1708

Koeller KK, Sandberg GD. Cerebral intraventricular neoplasms: radiologic-pathologic correlation. Radiographics 2002;22:1473-1505

Koops W. MR imaging comperdium, Rotherdam: Philips Medical System Division, 1987

Lee SH, Rao KCVG. Cranial computed tomography, New York: McGraw Hill Book, 1983

Leopold GR. Superficial organ imaging, In: Syllabus, categorical course in ultrasound, RSNA publications 1984; 183-192

Maurer AH. Nuclear medicine: SPECT comparisons to PET. RCNA 1988; 26: 1059-1074

Meschan I. Anallysis of roentgen signs in general radiology. Philadelphia: WB Saunders, 1973

Moss AA, Gamsu G, Genant HK. Computed tomography o the body. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992

Parker PR, Smith PH, Taylor DM. Basic science of nuclear medicine. New York: Churchill Livingstone, 1987

Pomeranz SJ. Craniospinal magnetic resonance imaging. Philadelphia: WB Saunders, 1989

Reading CC. Thyroid, parathyroid, and cervical lymph nodes, In: Syllabus: special course, Ultrasound 1991; 363-378

Roberts TP, Rowley HA. Diffusion weighted magnetic resonance imagin in stroke. Eur J Radiol 2003;45:185-194

Scotti G, Triulzi F, Pieralli S, Simionato F, Mazza A, Parazzini C, Venturi C. Neuroradiological evaluation of sellar and parasellar lesions, In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 99-104

Som PM, Curtin HD. Head and Neck Imaging. St.Louis: Mosby, 2002.

Sutton D, Young JWR. A short textbook of clinical imaging. London: Springer-Verlag, 1990

Sutton D. A textbook of radiology and imaging. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987

Swischuk L. Imaging of the newborn, infant and young child. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989

Sze G. MR imaging of the spinal cord: Current status and future advances. AJR 1992; 159: 149-159

Taveras JM, Ferruci JT. Radiology: diagnosis-imaging-intervention. Philadelphia: J.B. Lippincot, 1987

Taveras JM, Wood EH. Diagnostic Neuroradiology. 2 ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1976

Taylor A, Datz FL. Clinical Practice of nuclear medicine, New York: Churchill Livingstone, 1991

Tuncel E, Yazıcı Z. Çocuk Hastalıklarında Radyolojik Bulgular, Bursa: Nobel&Güneş, 2002.

Valentine AR, Pullicino P, Banan E. A practical introduction to cranial CT: London: William Heinemann, 1986

Vignaud J, Pharaboz C, Cosnard G. MRI of cranial nerves and basal cisterns, In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 77-86

Vogl TJ, Juergens M, Balzer J, Dresel S, Steger W, Hetele-Rödel B, Assal J, Willimzig C, Lissner J. MR imaging of the head and neck, In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 49-76

Wegener OH. Whole body computed tomography. 2. ed. Boston: Blackwell, 1992

Weissleder R, Wittenberg J, Harinighani MG. Primer of Diagnostic Imaging, 3.ed., Mosby 2003.

Wilms G, Marchal G, Demaerel P, Baert AL, Dralands G. MRI of the orbit, In: MR: State of the art, syllabus. Categorical course ECR'91, Vienna 1991; 87-98

Wolpert SM, Barnes PD. MRI in pediatric neuroradiology. St Louis: Mosby, 1992

Wolpert SM, Caplan LR. Current role of cerebral angioraphy in the diagnosis of cerebrovascular diseases. AJR 1992; 159: 191-197

Ek-I

Kesitsel Radyolojik Anatomi

Kranyum

Boyun

Göğüs

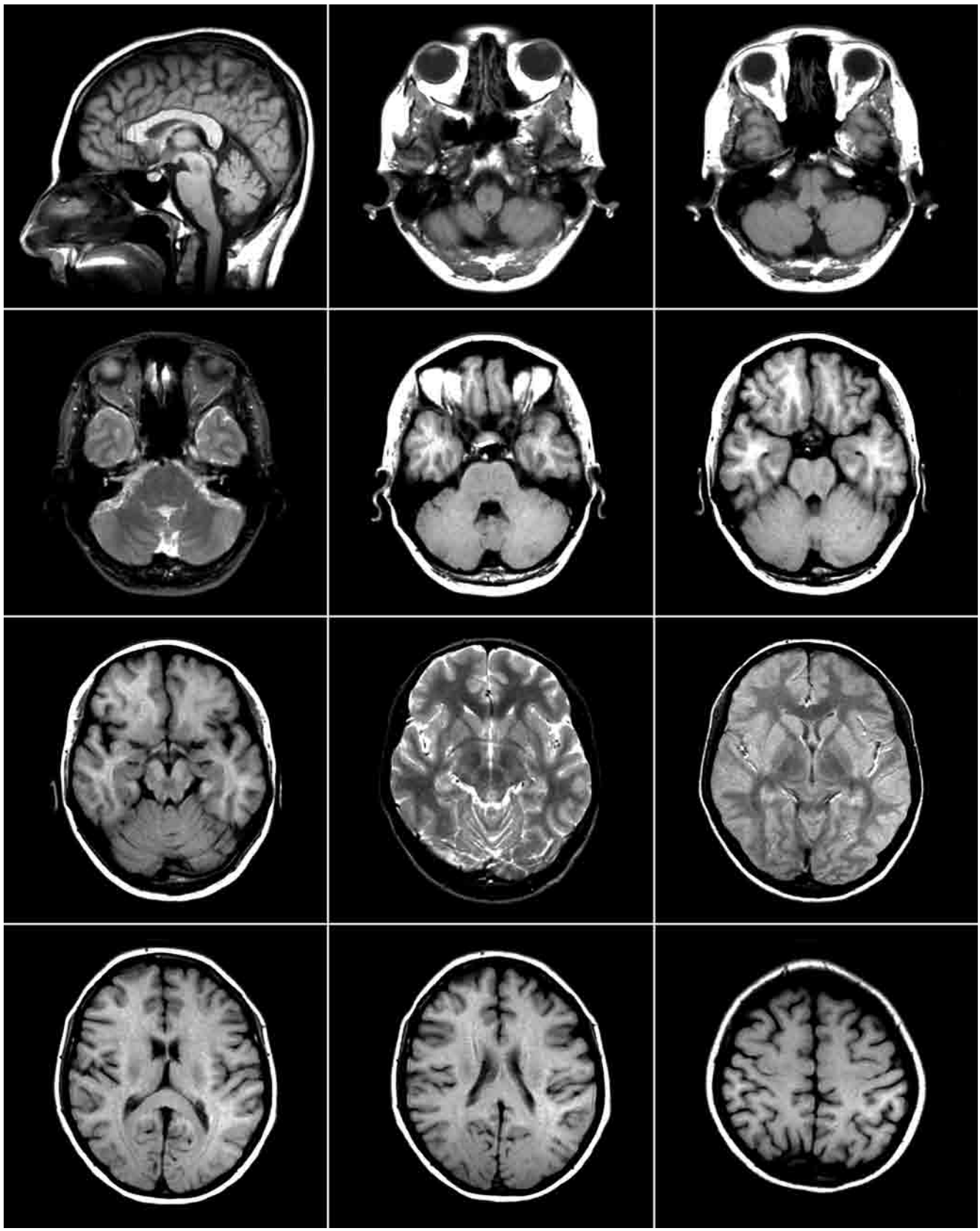
Karın

Radyolojik görüntüler değişik enerji türlerinin kullanıldığı yöntemlerle elde edilirler. Teknik olarak birbirinden çok farklı şekillerde elde edildikleri için birbirlerine benzemeyen bu görüntüler, radyolojik anatomi açısından projeksiyon ve kesitsel (tomografik) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Röntgen, temel projeksiyon görüntüleme yöntemi; BT, MR ve US ise kesitsel görüntüleme yöntemleridir. Konvansiyonel sintigrafik görüntüler projeksiyon görüntülerine benzer; SPECT ve PET ise kesit görüntüler üretirler.

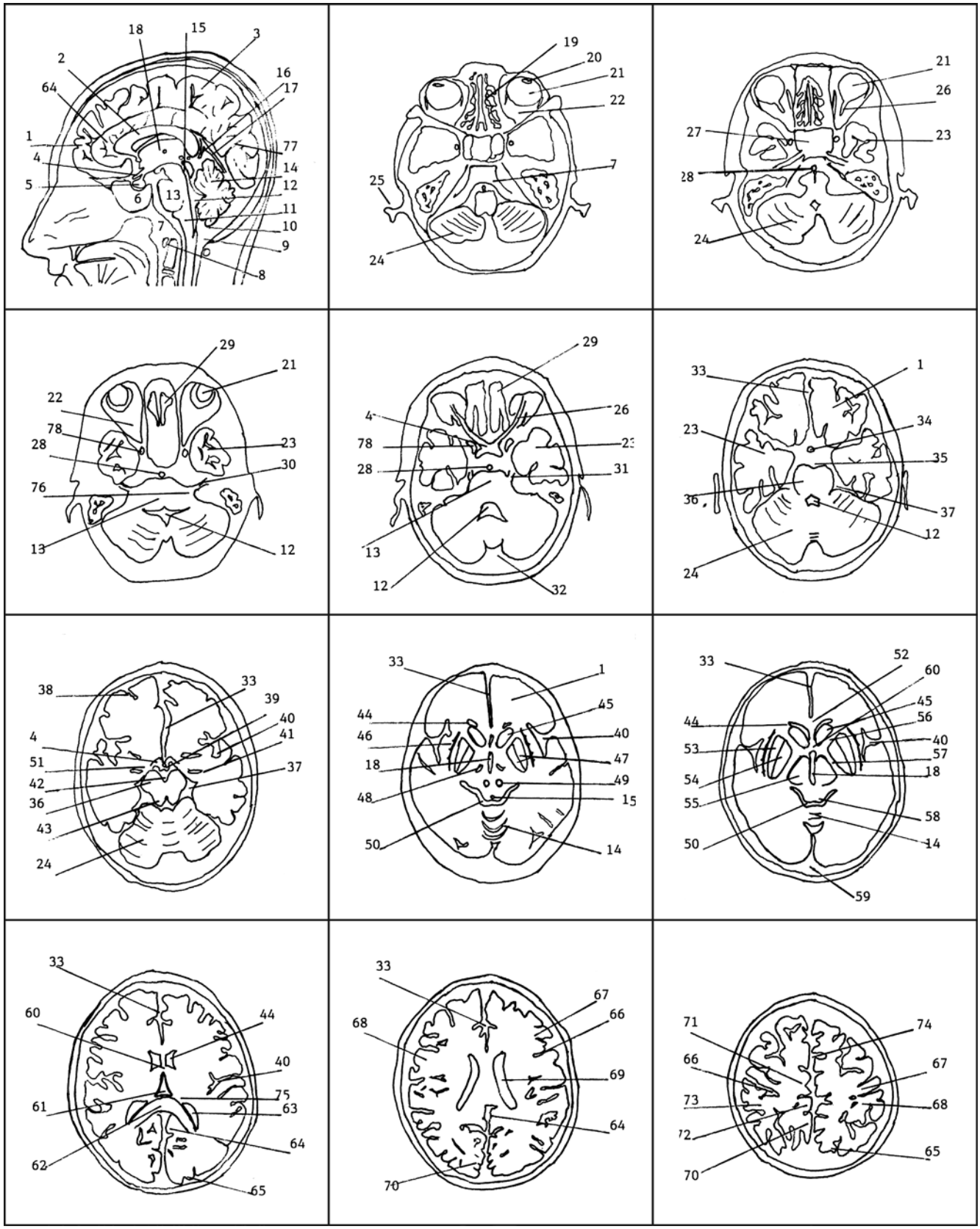
Temel projeksiyon yöntemi olan röntgende, organların görüntüleri bir kaydedici (röntgen filmi) üzerine düşürülür. Görüntü doğal olarak iki boyutludur; üçüncü boyuttaki yapılar üst üste düşer. Örneğin bir arka-ön göğüs röntgenogramında sternum, kalp ve vertebraların görüntüleri süperpoze olur. Kesit görüntüleme yöntemlerinde ise bu süperpozisyon ortadan kalkar. Ancak kesit görüntülerinde de süperpozisyonun tümüyle ortadan kalkmadığı, görüntülerin kesit kalınlığındaki yapıların tümünü temsil ettiği unutulmamalıdır.

Kesit görüntüleme yöntemleriyle her düzlemde kesit elde edilebilir. Temel kesit düzlemi aksiyaldır. Bazı bölgelerin incelenmesinde koronal ve sagital kesitler daha değerlidir. BT ile başlıca aksiyal kesitler elde edilir; MR, her üç düzlemde de kesit alabilir. US'de ise probun düzlemi ve açısına bağlı olarak sonsuz kesit alma olanağı vardır.

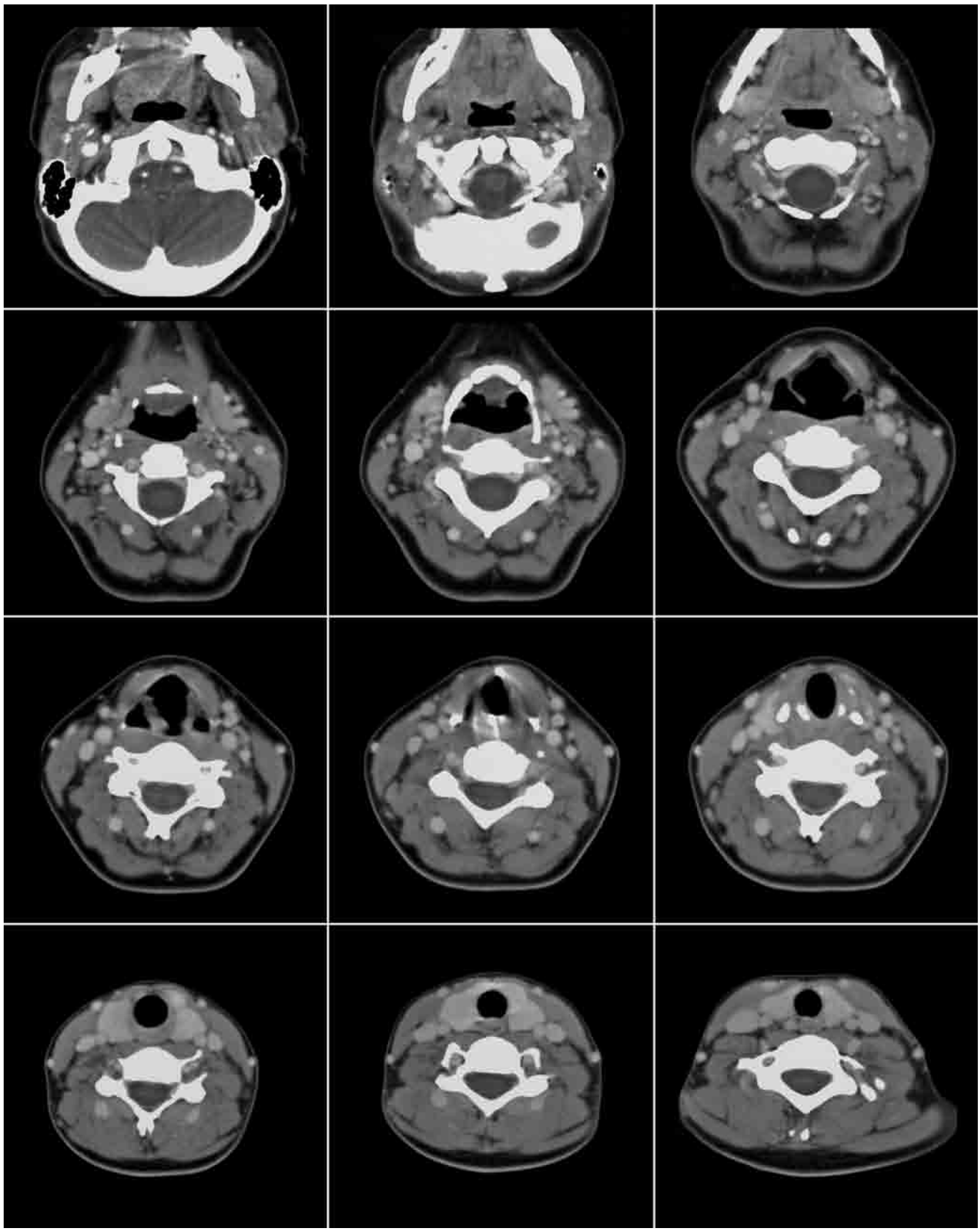
Görüntülerin yorumlanmasında gerekli olan radyolojik anatomi bilgileri kitabın ilgili bölümlerinde özet olarak verilmiştir. Bu bölümde, günümüzde, radyolojik görüntülerin büyük çoğunluğunu oluşturan kesit görüntülerin anatomisi şematik olarak özetlenecektir.



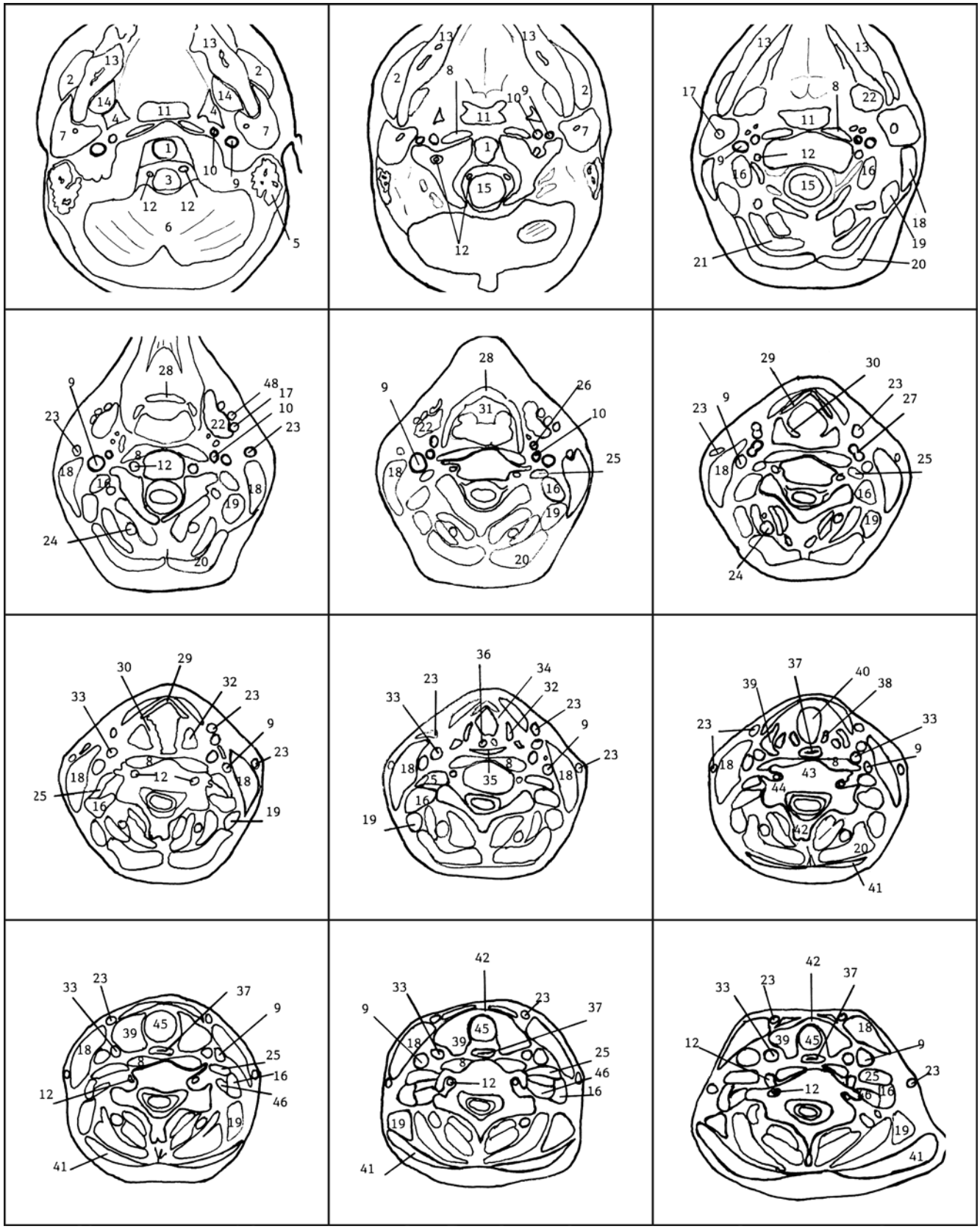
1: Frontal lob, 2: Korpus kallozum, 3: Parietal lob, 4: Optik kiazma, 5: Hipofiz, 6: Sfenoid sinüs, 7: Klivus, 8: Atlanto-axial eklem, 9: Foramen magnum, 10: Tonsiller, 11: Medulla oblangata, 12: 4. ventrikül, 13: Pons, 14: Vermis, 15: Akuaduktus sylvii, 16: Galen veni, 17: Straight sinüs, 18: 3. ventrikül, 19: Etmoid sinüsler, 20: Lens, 21: Göz küresi, 22: Retrobulber yağ dokusu, 23: Temporal lob, 24: Serebellar hemisfer, 25: Kulak sayvanı, 26: Optik sinir, 27: Nazofarenks hava sütunu, 28: Baziler arter, 29: Girus rektus, 30: Vestibulokoklear sinir, 31: Trigeminal sinir, 32: Sisterna magna, 33: İnterhemisferik fissür, 34: Hipofiz sapı, 35: Prepontin sisterna, 36: Serebral pedinkül, 37: Ambient sisterna, 38: Frontal sulkus, 39: Korpus mamillare, 40: Sylvian fissür, 41: Temporal boynuz, 42: İnterpedinküler sisterna, 43: Süperior serebellar pedinkül, 44: Anterior boynuz, 45: Kaudat



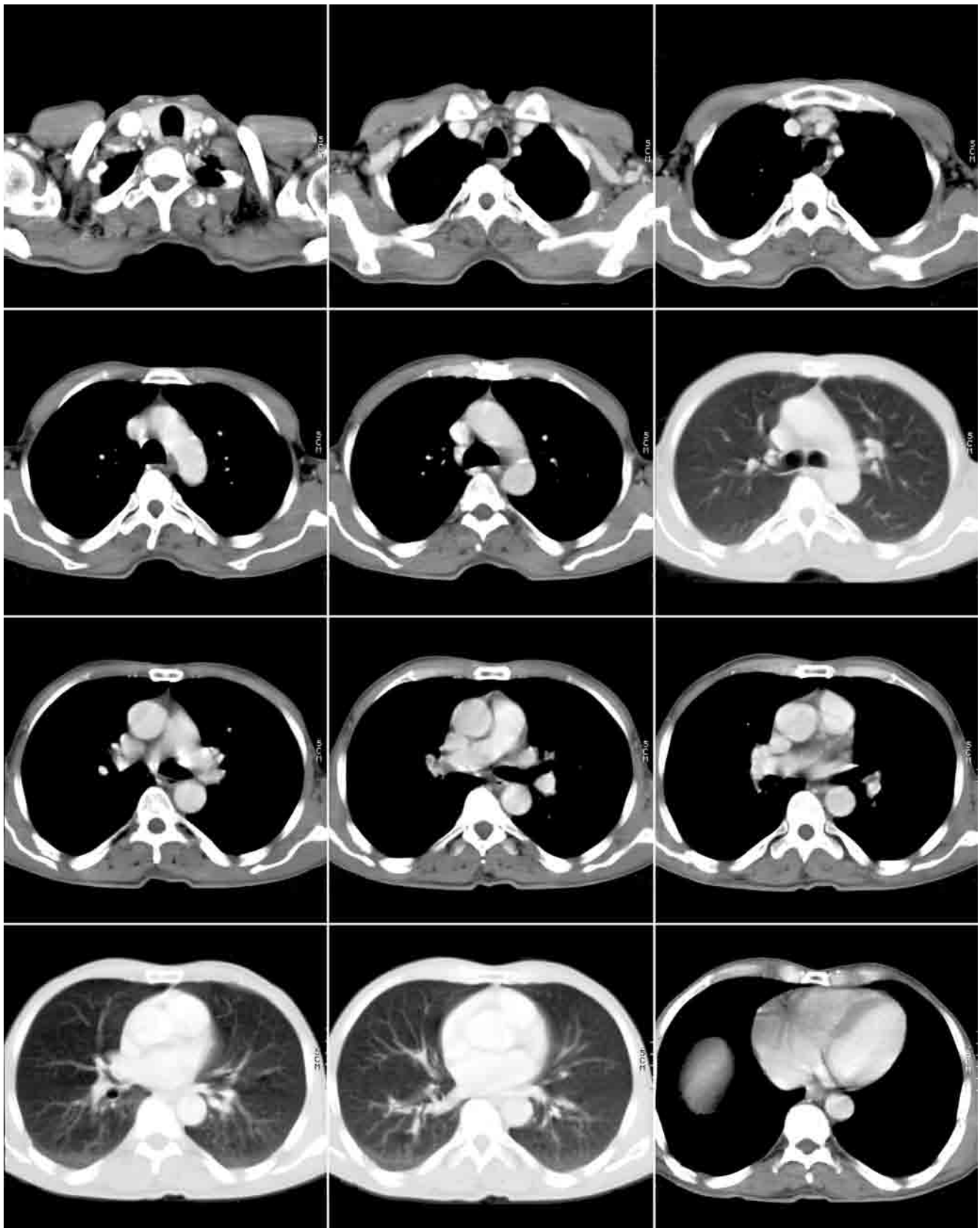
nükleus, 46: Eksternal kapsül ve klaustrum, 47: Lentiform nükleus, 48: Subtalamik nükleus, 49: Nükleus ruber, 50: Kuadrigeminal sisterna, 51: Parahipokampal girus unkus'u, 52: Korpus kallozum genu'su, 53: Putamen, 54: Globus pallidus, 55: Talamus, 56: İnternal kapsülün anterior limbi, 57: İnternal kapsülün posterior limbi, 58: Kuadrigeminal plate, 59: Süperior sagital sinüs, 60: Septum pellisidum ve forniks, 61: Pineal gland ve büyük serebral ven sisternası, 62: Korpus kallozum splenium'u, 63: Lateral ventrikül trigonu, 64: Cingulate girus, 65: Oksipital girus, 66: Sentral sulkus, 67: Presentral girus, 68: Postsentral girus, 69: Lateral ventrikül korpusu, 70: Kuneus, 71: Parasentral lob, 72: Prekuneus, 73: Angular girus, 74: Falks serebri, 75: Pulvinar, 76: Serebellopontin sisterna, 77: Parietooksipital sulkus, 78: Karotis interna arteri.



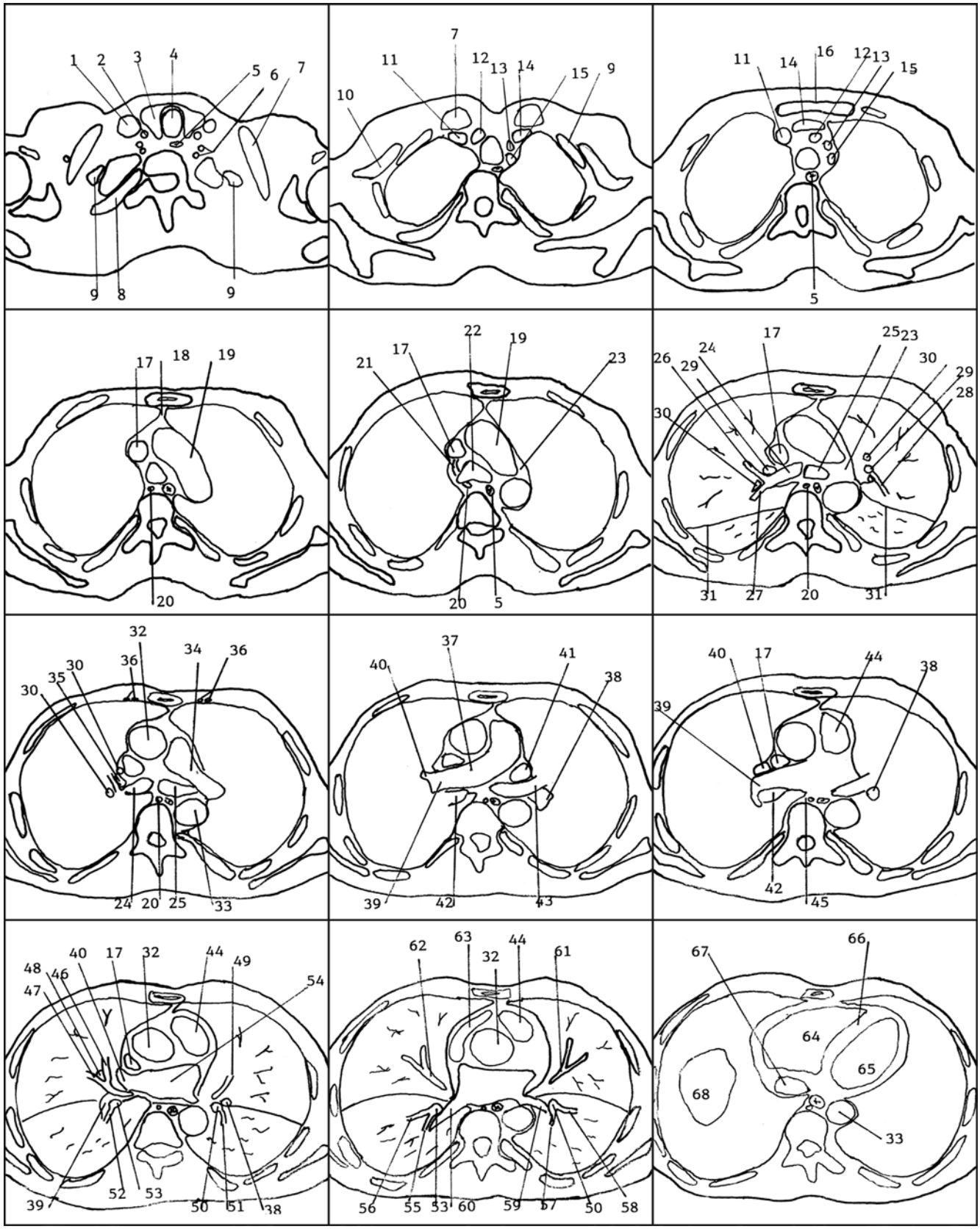
1: Dens axis, 2: Masseter kası, 3: Bulbus, 4: Parafarengeal yağ dokusu, 5: Mastoid hava hücreleri, 6: Serebellum, 7: Parotis bezi, 8: Longus kolli kası, 9: İnternal jugular ven, 10: İnternal karotid arter, 11: Orofarenks, 12: Vertebral arter, 13: Mandibula kemiği, 14: Medial pterigoid kası, 15: Medulla spinalis, 16: Skalenus medius kası, 17: Retromandibular ven, 18: Sternokleidomastoid kası, 19: Levator skapula kası, 20: Splenius kapitis kası, 21: Semispinalis kapitis kası, 22: Submandibular bez, 23: Eksternal jugular ven, 24: Derin



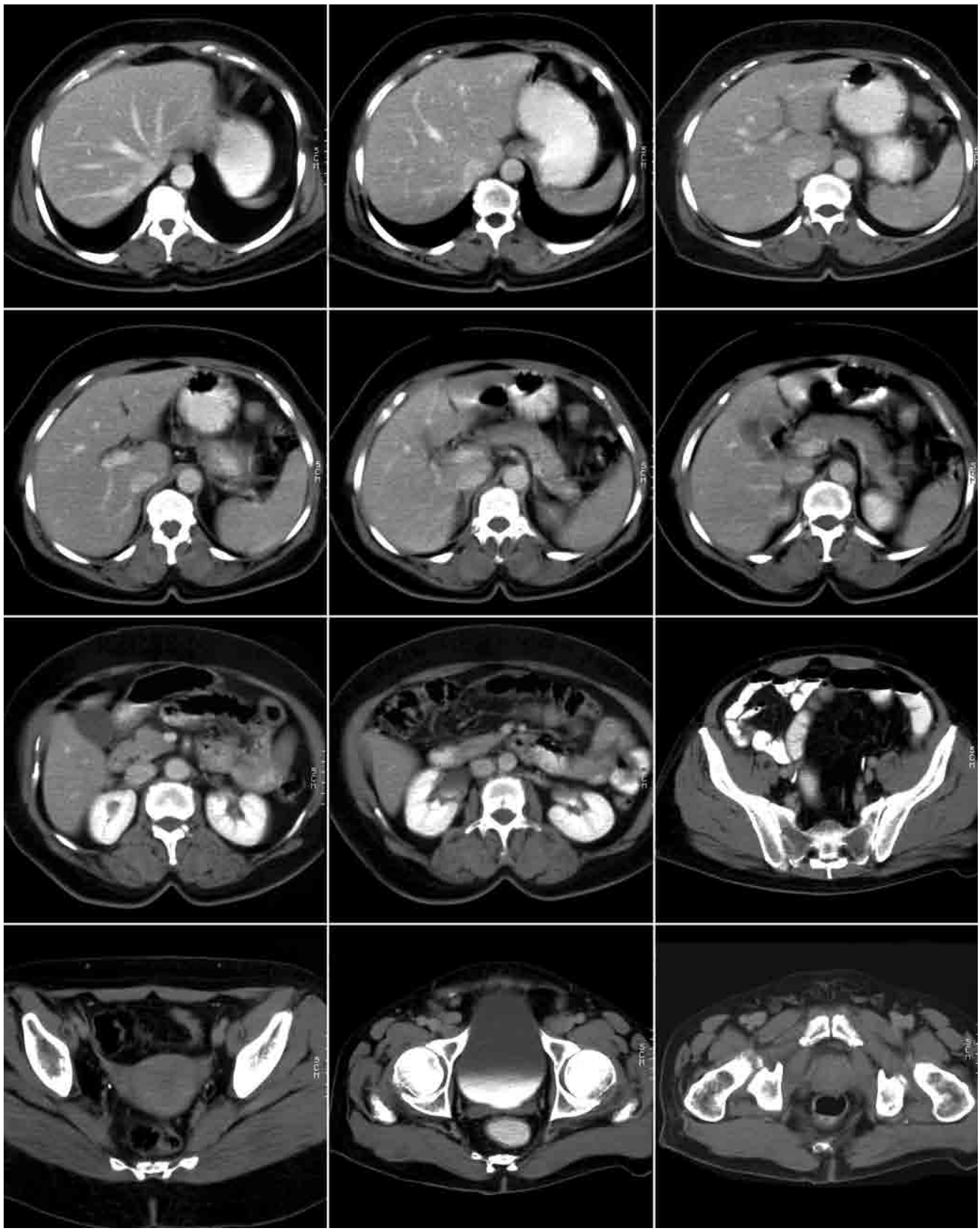
servikal ven, 25: Skalenus anterior kası, 26: Eksternal karotid arter, 27: Karotis bifurkasyonu, 28: Hyoid kemik, 29: Tiroid kıkırdağı, 30: Epiglottis, 31: Vallekula epiglottika, 32: Piriform sinus, 33: Kommon karotid arter, 34: Vokal kord, 35: Laringofarenks, 36: Arytenoid kıkırdak, 37: Ozefagus, 38: Krikoid kıkırdak, 39: Tiroid bezi, 40: Larenk, 41: Trapezius kası, 42: Spinos proçes, 43: Vertebra korpusu, 44: Transvers proçes, 45: Trakea, 46: Skalenus posterior kası, 47: Tiroid bezi isthmusu, 48: Fasiyal ven.



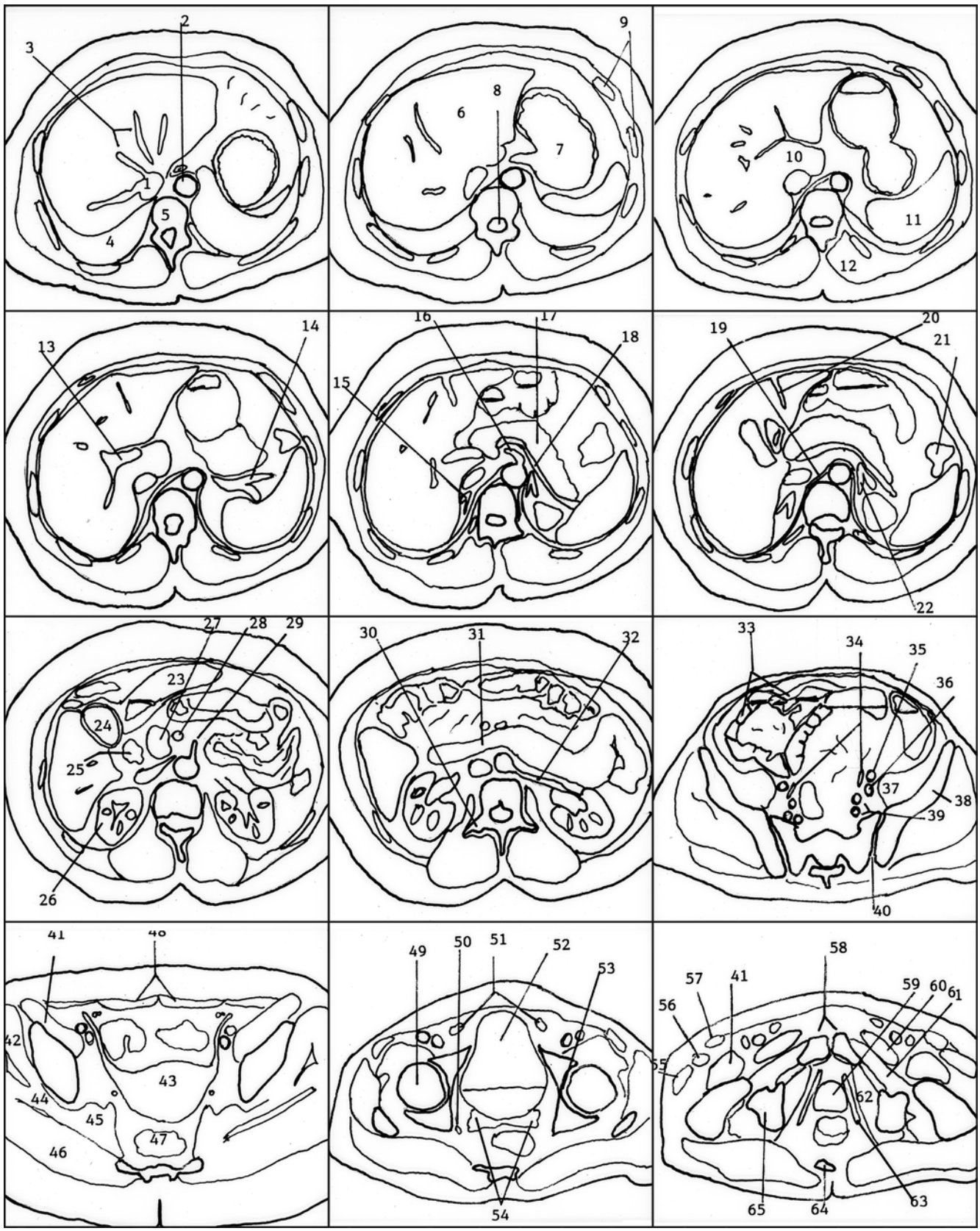
1: Sağ jugular ven, 2: Sağ kommon karotis, 3: Sağ tiroid lobu, 4: Trakea, 5: Özefagus, 6: Sol vertebral ven ve arter, 7: Klavikula, 8: 2. kosta, 9: 1. kosta, 10: Sağ subklavian ven, 11: Sağ brakiosefalik ven, 12: Brakiosefalik arter, 13: Sol kommon karotis, 14: Sol brakiosefalik ven, 15: Sol subklavian arter, 16: Sternum, 17: Süperior vena kava, 18: Ön bileşke çizgisi, 19: Arkus aorta, 20: Azigos veni, 21: Azigos arkı, 22: Trakeal karina, 23: Aortopulmoner pencere, 24: Sağ ana bronş, 25: Sol ana bronş, 26: Sağ üst lob anterior segment bronşu, 27: Sağ üst lob posterior segment bronşu, 28: Sol üst lob apikoposterior segment bronşu, 29: Üst lob arterleri, 30: Üst lob venleri, 31: Major fissür, 32: Çıkan aort, 33: İnen aort, 34: Sol pulmoner arter, 35: Trunkus anterior, 36: İnternal torasik (mammarian) arter ve ven, 37: Sağ ana pulmoner arter, 38: Sol interlober pulmoner arter, 39: Sağ interlober



pulmoner arter, 40: Sağ süperior pulmoner ven, 41: Sol süperior pulmoner ven, 42: Bronkus intermedius, 43: Sol üst lob bronşu, 44: Ana pulmoner arter, 45: Azigoözefajeal reses, 46: Sağ orta lob medial segment bronşu, 47: Sağ orta lob lateral segment bronşu, 48: Segmental arter, 49: Lingular bronş, 50: Sol alt lob bronşu, 51: Sol alt lob süperior segment bronşu, 52: Sağ alt lob süperior segment bronşu, 53: Sağ alt lob bronşu, 54: Sol atrium, 55: Sağ alt lob posterior bazal segment bronşu, 56: Sağ alt lob lateral bazal segment bronşu, 57: Sol alt lob posterio-lateral segmentlerin ortak bronşu, 58: Sol alt lob anteromedial segmentlerin ortak bronşu, 59: Sol inferior pulmoner ven, 60: Sağ inferior pulmoner ven, 61: Lingular ven, 62: Orta lob arterleri, 63: Sağ atrium, 64: Sağ ventrikül, 65: Sol ventrikül, 66: İnterventriküler septum, 67: İnferior vena kava, 68: Karaciğer.



1: İnferior vena kava, 2: Aort, 3: Hepatik venler, 4: Sağ akciğer alt lob, 5: Vertebra korpusu, 6: Karaciğer, 7: Mide, 8: Spinal kanal, 9: Kostalar, 10: Kaudat lob, 11: Dalak, 12: Longissimus dorsi ve iliokostalis lumborum kasları, 13: Portal ven, 14: Splenik arter, 15: Sağ sürrenal bez, 16: Trunkus çöliakus, 17: Pankreas, 18: Splenik ven, 19: Sağ diafragma krusu, 20: Falsiform ligament, 21: İnen kolon, 22: Sol sürrenal bez, 23: Antrum, 24: Safra kesesi, 25: Duodenum, 26: Sağ böbrek, 27: Pankreas başı, 28: Süperior mezenterik ven, 29: Süperior mezenterik arter, 30: Transvers proçes, 31: Duodenumun 3. parçası, 32: Sol renal arter, 33: İleum, 34: Üreterler, 35: Eksternal iliak arter, 36: Eksternal iliak ven, 37:



İliakus kası, 38: İliak kemik, 39: İnternal iliak arter ve ven, 40: Sakroiliak eklem, 41: İliopsoas kası, 42: Gluteus minimus kası, 43: Uterus, 44: Gluteus medius kası, 45: Piriformis kası, 46: Gluteus maksimus kası, 47: Rektum, 48: Rektus abdominis kası, 49: Femur başı, 50: Siyatik sinir, 51: Spermatik kanal, 52: Mesane, 53: Asetabulum, 54: Seminal vezikül, 55: Rektus femoris kası, 56: Tensor faysa lata, 57: Sartoryus kası, 58: Pubik kemik, 59: Prostat, 60: Pektineus kası, 61: Eksternal obturator kas, 62: İnternal obturator kas, 63: Levator ani kası, 64: Koksiks, 65: İskium kemiği.

Dizin

A

Abdominal aort, 393
Aberan sağ subklavian, 431
Adamantinoma, 746
Adams-Hâkim Sendromu, 945
Addison hastalığı, 602
Adenokarsinom, 307, 445, 451
Adenom, 558, 602
Adenomiyoz, 636
Adenoz, 839
Adeziv atelektazi, 264
Adneksa, 631
Adrenal ve Retroperitoneum, 200
Adrenal venöz obliterasyon, 212
Adrenogenital sendrom, 602
Agatston yöntemi, 364
Ailevi hiperfosfatazemi, 757
Akalazya, 344, 431
Akciğer Agenezisi, Aplazisi ve Hipoplazisi, 290
Akciğer kanlanması, 371
Akciğer Kanseri, 306
Akciğer Kanserinde Evreleme, 312
Akciğer, 200
Akciğere Metastaz, 317
Akdeniz anemisi, 764
Akım düzeltme (rektifikasyon), 31
Akımın değerlendirilmesi, 180
Akondrogenez, 704
Akondroplazi, 703
Akromegali, 763
Akromioklaviküler seperasyon, 695
Akroosteolizis, 707
Aks dışı ("off-axis") artefaktı, 172
Aksesuar dalaklar, 522
Aksiyal çözümleme, 164
Akustik direnç (Z), 153
Akustik gölge, 166
Akustik Güç ve Biyolojik Etki, 183
Akustik zenginleşme, 167
Akut apandisit, 458
Akut apandisitin, 417
Akut dissemine ensefalomiyelit (ADEM), 941
Akut enfarktta BT ve BTA, 900
Akut enfarktta girişimsel tedavi, 901
Akut evre, 903
Akut hepatit, 476
Akut kanamalar, 210
Akut kolesistit, 510
Akut kortikal nekroz, 565
Akut obstrüksiyon, 587
Akut pankreatit, 417, 517
Akut piyelonefrit, 568
Akut tubüler nekroz (ATN), 565, 577
Alerjik bronkopulmoner aspergilloz, 305
Alfa fetoprotein (AFP) ve üçlü tarama, 657
Alıcı ("receiver"), 160
Alınacak Dozun Sınırları, 83
Aliasing ("wraparound") artefaktı, 150
Aliasing, 181
Alkaptonüri (okronozis), 784
Alt ekstremite venleri, 406
Alt ekstremite, 207
Alveoler ekonokokkozis (E. Multilokülaris), 495
Alveoler nodül, 272
Alveoler örnek, 272
Ambiguity" artefaktı, 173
Bouchard nodülleri, 774
Amfizem terminal, 295
Amfizematöz, 510
Amfizematöz kolesistit, 417
Amip apseleri, 496
Amniyotik bant sendromu, 652, 664
Amniyotik sıvı, 653
Amniyotik sıvı indeksi, 653
Amniyotik sıvının azlığı, 654
Amniyotik sıvının fazlalığı, 653
A-mode, 161
Amorf selenyumlu yassı-panel, 824
Ana magnet, 113
Ana pulmoner arterlerin boyutu, pozisyonu ve biçimi, 373
Analog-Dijital Çevirici (ADC), 159
Anatomi, 498
Anemiler, 764
Anenbriyonik gebelik, 643
Anensefali, 659
Anevrizma, 387, 393, 878
Anevrizmal kemik kisti, 741
Ani kontrast değişimi ("flip-flop") işareti, 475
Anjiografi, 4
Anjiografi üniteleri, 53
Anjiyomiyolipom, 558
Anjiyodisplazi, 460
Anjiyografi, 250
Anjiyokardiyografi, 361
Ankilozan spondilit, 779
Ankiste plevral sıvı, 327
Anormal damar görünümleri, 856
Anormal pulmoner venöz dönüş, 376
Anot, 34
Ansefalit, 941
Antral mukoza prolapsusu, 442
Anüler pankreas, 443
Aort anevrizması, 387, 607
Aort diseksiyonu, 389
Aort kapak hastalığında kalbin şekli, 359
Aort koarktasyonu, 385
Aortik girişimler, 395
Aortit, 391
Aorto-ilyak tıkayıcı hastalık, 394
Aortopulmoner pencere (parsiyel trunkus), 374
Apendikolit, 415
Aplikolordotik, 250
Apse, 496, 878, 937
Apse drenajı, 222
Araba tekerleği işareti, 435, 444
Araknoid kist, 935
Araknoidit, 977
Arayüz işaret ("interface sign"), 278
ARDS, 352
Arka çapraz bağ, 796
Arkuat uterus, 625
Artefaktlar, 103, 146, 168, 181
Arterio-venöz şantlarda Doppler US, 404
Arteritis, 400
Arteriyel akım, 179
Arteriyel veya arteriyovenöz lezyonlar, 819
Arteriyojenik impotans, 619
Arteriyovenöz fistül (AVF), 401
Arteriyovenöz malformasyon (AVM), 213, 883, 977
Artmış kapiller permeabiliteye bağlı akciğer ödemi, 320
ASD, 374
Asetabular hipoplazi, 709
Asetabulum kırıkları, 698
Asılan adam kırığı, 691
Asılma kırığı, 691
Asimetrik, 649
Asit, 477
Aspergillom (miçetom, mantar topu), 305
Aspergilloz, 305
Aspirasyon pnömonisi, 301
Astım, 295
Astım-Amfizem, 295
Astrositoma, 911
Aşağı sindirim borusu kanamaları, 460
At nalı böbrek, 550
Aterosklerotik anevrizmal hastalık, 387, 401
Aterosklerotik hastalık, 889
Ateroskleroz, 399
Atlantooksipital, 691
Atnalı veya bumerang görünümü, 660
Atom, 17
Atom ve radyasyon, 17
Atonik, 597
Atrial septal defekt (ASD), 374
Atrofi, 878, 945
Atrofi ve hidrosefalinin ayırıcı tanısı, 947
Auger elektron, 22
Avasküler nekroz, 687, 750, 800
AVM, 317
Ayak bileği kırıkları, 699
Ayak ve Ayak Bileğinin MR, 806
Ayakta karın röntgenogramları, 461
Aygıtın zırhlanması ("shilding"), 114
Ayırıcı tanı, 373

Ayna görüntüsü ("mirror-image") artefaktı, 170
Aynı fazda ve karşıt fazda ("in-phase/out-of-phase") görüntüleme, 132
Aysberg tepesi bulgusu, 629

B

Bağ lezyonları, 796
Bağlar, 808
Bağlı ("tethered") kord sendromu, 985
Balpeteği görünümü, 277, 493
Bambu kamışı görünümü, 780
Barret özofagusu, 425
Barton kırığı, 696
Baryum, 73
Basit kistler, 492, 552
Basit renal kist, 552
Basit üreterosel, 580
Baş çevresi ölçümü (BPD), 647
Başıboş ("stray") radyasyon, 37
Bazal gangliyon tutulumu, 954
Baziler impresyon, 767
Behçet hastalığı, 393, 447
Bekçi bağırsak segmenti ("sentinel loop"), 417
Benign lezyonlar, 602, 835, 1009
Benign mikrokalsifikasyonlar, 828
Benign prostat hiperplazisi (BPH), 613
Benign prostatik büyüme, 592
Benign tümörler, 316, 558
Bennett kırığı, 697
Berelenme (kontüzyon), 798
Bertin kolonları, 541, 562
Beyaz cevher hastalıkları, 951
Beyin herniyasyonu, 876
Beyin sapı gliyomu, 921
Beyzbolcu parmağı, 697
Bifid kaburga, 350
Bilgisayar, 8
Bilgisayarlı tomografi (BT), 5
Binici kemiği, 814
Biparyetal çap ("biparyetal diameter"), 647
Birden çok gebelik, 654
Biseps tendonu, 804
Biyofizik profil, 657
Biyolojik etkiler, 26
Blount hastalığı, 708
Blow out tipi kırık, 1007
B-mode, 161
B-mode benzeri ayna görüntüsü artefaktı, 183
Bochdaleck hernisi, 347, 662
Bochdalek forameni, 424
Boehler açısı, 699
Boğulmuş ("drowned") akciğer, 310
Boksör kırıkları, 697
Boncuk dizisi görünümü, 422
BOS alanı genişlemelerinde US, 949
BOS alanlarının genişlemelerinde RG, 948
BOS fistülü, 869
Boyun kitleleri, 1021
Böbrekler, 541
Böbreküstü Bezi, 601
Bölgesel biyopsi teknikleri, 200
Brankial yarık kisti, 1021
Brodie absesi, 711
Bronkojenik kist, 341, 663
Bronkolitiazis, 288
Bronkopnömoni, 300
Bronkosel, 289
Bronş adenomu, 316
Bronş-damar yapılarında kalınlaşma, 276
Bronşektazi, 291
Bronşiolitis obliterans, 294
Bronşioloalveoler karsinom, 312
Bronşiyal arteriyografi ve embolizasyon, 321
Bronşiyal atrezi, 288
Bronşiyolit, 294
Brusella osteomiyeliti, 714
Bruselloz, 968
BT, 197, 250
BT Aygıtının Gelişimi, 87
BT floroskopik rekonstrüksiyon, 97
BT numarası (Hounsfield üniti, HÜ), 97
BT/BT-Miyelografi, 957
BT-anjiyogram bulgusu, 312
BT-koroner anjiyografi (BTKA), 364
Budanmış ağaç görünümü veren, 377
Budd-Chiari sendromu (hepatik veno-oklüziv hastalık), 480
Bull's eye işareti, 478
Burger hastalığı (tromboanjitis obliterans), 401
Burst kırıkları, 971
Burun kemiği kırıkları, 693
Buzlu cam görünümü, 278
Buzlu cam halosu, 281, 306
Büyük arterlerin düzeltilmiş transpozisyonu, 377
Büyük arterlerin transpozisyonu, 376
Büyük fetüs, 649
Büyük hücreli karsinom, 308

C

Calvé hastalığı, 753
Camurati-Engelmanın hastalığı, 707
Caplan sendromu, 778
Carman'ın menisküs işareti, 436
Caroli hastalığı, 507, 508
C-Avitaminozu (iskorbit), 756
CCD ("charged-coupled device"), 60
Cellat kırığı, 691
Cep iyonizasyon odaları, 85
Cerrahi ve radyoterapi sonrası meme, 839
Chamberlain çizgisi, 852
Chiari II malformasyonu, 659, 661
Chiari malformasyonları, 863
CNR, 130
Codman üçgeni, 683, 725
Coeur-en-sabot" (tahta pabuç görünümü), 378
Color-overwrite" artefaktı, 183
Colles kırığı, 696
Compton saçılması, 22
Computer aided diagnosis- CAD, 13
Conn sendromu, 602
Cooley anemisi, 764
Cowden hastalığı, 450
Cronkhite-Canada sendromu, 450
Cushing sendromu, 601

Ç

Çalışanların iyonizan ışından korunması, 84
Çam ağacı görünümü, 597
Çamur kürekçisi ("clay-shoveler's") kırığı, 691
Çapraz (kros) ektopide, 550
Çekum volvulusu, 469
Çentik ya da lobülasyon, 280
Çentik İşareti, 338
Çerçeve hızı ("frame rate"), 178
Çevirim ("look-up") tablosu, 11
Çıkan aortun ve dallarının pozisyonu, boyutu ve şekli, 373
Çıplak (dazlak) fundus, 434
Çıplak alan ("bare area"), 328, 776
Çift aort arkusu, 431
Çift ark işareti, 509
Çift çizgi işareti, 800
Çift dansite, 358, 720
Çift dansite işareti, 678
Çift desidual kese işareti, 642
Çift halka ("double-ring"), 657
Çift halo (iki halka), 419
Çift hava kabarcığı işareti ("double-bubble"), 415
Çift kabarcık ("double-bubble"), 667
Çift kenar, 358
Çift kenarlı yuvarlak defektler, 739
Çift kontrast artrografi, 675
Çift oluşumu, 24
Çift safra kesesi, 508
Çift toplayıcı sistem, 579
Çifte ağzı işareti, 390
Çikolata kistleri, 631
Çizgi taramalı sistem (sintilatör ve CCD), 824
Çizgisel ("linear") zayıflama katsayısı (μ), 24
Çizgisel örnek, 274
Çoban sopası görünümü, 743
Çocuklarda KİBAS, 853
Çocuklarda ventriküler genişleme, 945
Çocukluk çağında görülen polikistik hastalık, 554
Çok dedektör sıralı BT, 89
Çok kesitli BT, 89, 362
Çok kesitli spiral BT (ÇKBT), 250
Çok kollu şamdan görünümü, 888
Çok sıralı dedektörler, 91
Çökme kırıkları, 869
Çözümleme, 7, 236

Çözümleme (uzaysal/geometrik), 65
Çözümleme ölçümü, 67

D

Dakriyosistografi, 995
Dalak, 520
Dalak embolizasyonu, 212
Dalga işareti, 338
Damar darlıklarının genişletilmesi ve stent koyma, 206
Damar kalsifikasyonları, 813
Damar lezyonları, 607
Damar Protezleri, 214
Damarların sıkışması veya baskısı, 401
Damarsal ekstraksiyon teknikleri, 218
Damarsal kalsifikasyonlar, 854
Dandy-Walker malformasonları, 661, 863
Dandy-Walker variyatı, 863
Dantel görünümü, 716
Daralmış arterlerde Doppler US, 403
Darlık, 600
Davidoff-Dyke sendromu, 946
Dedektörler ve x-ışını tüpü, 90
Dedikodu tümörü ("gossypiboma"), 533
Değerlendirme yöntemi ve yanlışları, 238
Değişik düzlemlerde yeniden yapma multiplanar reformasyon-MPR), 98
Değişik kesit kalınlığında inceleme, 100
Dejeneratif eklem hastalığı, 773
Dejeneratif hastalıklar, 949
Demans, 953
Demet şekillendirici ("beam former"), 159
Demir eksikliği anemisi, 766
Demiyelinizan hastalıklar, 951
Dental enema hipoplazisi, 763
Deri dozu, 80
Derinlik ikilemi, 182
Dermatomiyozit, 430, 779, 813
Dermoid, 933
Dermoid kist, 630, 999
Dermoid-epidermoid-teratom, 986
Desmoid tümör, 733
Desmoplastik fibrom, 733
Deterministik etki, 79
Dev anevrizma, 882
Dev hemanjiyomlar, 484
Dev hücreli arterit, 392
Dev hücreli tümör, 733
Devamlı Dalga ("Continuous Wave-CW"), 175
Dış basılar, 286
Diyastematomiyeli, 985
Difüz aksonal hasarlanma ("diffuse axonal injury-DAI"), 874
Difüz anüler kabarıklık, 962
Difüz atrofi, 946, 947
Difüz idyopatik iskelet hiperostozisi ("DISH"), 776
Difüz ince bağırsak hastalıkları, 448
Difüz özofajeal spazm, 430
Difüz serebral şişme, 876
Difüz sistemik sklerozis (skleroderma), 430
Difüz tiroid tutulumu, 1018
Difüz yağlanma, 474
Difüzyon ağırlıklı görüntüleme DAG), 141
Difüzyon tensör görüntüleme, 142
Difüzyon-perfüzyon uyumsuzluğu, 900
Diğer bölgeler, 208
Dijital dedektör sistemleri, 823
Dijital floroskopi-fluororadyografi, 62
Dijital fotospot görüntüleme, 62
Dijital görüntü kalitesi, 72
Dijital görüntünün kaydı, 64
Dijital mamografi, 823
Dijital mamografinin özellikleri, 825
Dijital radyografi, 62
Dijital röntgen, 58
Dijital subtraksiyon anjiografi (DSA), 63, 381
Dijital-analog çevirim, 10
Dijitalizasyon, 9
Dilatatör maddelerin infüzyonu, 214
Dinamik yelpaze ("reync"), 160
Dirsek çıkıkları en, 696
Dirsek işareti, 358, 360
Diseksiyon, 395, 607
Disembriyoblastik nöroepitelyal tümör (DNT), 916
Disk dejenerasyonu, 959
Disk hernisi, 960
Disk kabarıklığı (protrüzyonu), 960
Disk şeklinde ("diskoid") atelektazi, 271
Diskoid menisküs, 794
Diskojenik vertabral skleroz, 769
Dismiyelinizan hastalıklar (lökodistrofiler), 953
Dismotil silia sendromu, 293
Displastik nodüller, 476
Displaziler, 699
Disrafik miyelodisplaziler, 983
Distal hava yolu, 255
Distrofik kalsifikasyonlar, 813
Divertikül, 423, 600
Divertiküloz, 457
Diyabetik nöropati, 787
Diyafizyal aklazi (multipl herediter ekzositoz), 727
Diyafragma, 257, 346
Diyafragma hernileri, 344
Diyafragma yırtığı, 352
Diyafragmanın aşağı pozisyonu, 347
Diyafragmanın yüksek pozisyonu, 347
Diyagnostik radyolojide çalışma kuralları, 84
Diz eklemi US, 798
Diz ekleminin MR incelemesi, 789
Doğrudan x-ışını dedektörleri, 61
Doğrudan yayılım, 319
Doğruluk ("accuracy"), 230
Doğumsal anomaliler, 384, 508, 579, 593, 858
Doğumsal aort stenozu, 385
Doğumsal diyafragma hernisi, 347
Doğumsal kalp hastalıklarının sınıflandırılması, 373
Doğumsal lezyonlar, 522, 983
Doğumsal mitral stenozu, 380
Doku manyetizasyonunun ölçümü, 108
Dokunun kalınlığını azaltmak, 41
Dolaylı x-ışını dedektörleri, 61
Dolma defekti; kitle lezyonları, 444
Dolu fırtınası görünümü, 495
Doppler frekans kayması, 174
Doppler US, 173
Doğumsal venolobar sendrom ("scimitar" sendromu), 291
Down sendromu, 667
Doz ölçümü, 103
Dövülmüş çocuk sendromu, 878
DQE, 70
Duktal adenokarsinomlar, 514
Duktal genişleme, 837
Duodenal atrezi, 667
Duodenal divertikül, 442
Duodenal peptik ülser, 440
Duodenal tümörler, 440
Duodenit, 441
Duplikasyon artefaktı, 172
Dura kalsifikasyonlar, 851
Dural kuyruk ("tail"), 924, 992
Duvar filtreleri, 178
Duvar-eko-gölge ("wall-echo-shadow") bulguları, 509
Duverney kırığı, 697
Duyarlılık (sensitivite), 229
Duyarlılık ve özgüllük, 230
Düğmeci parmağı, 697
Düşen parça işareti, 741
Düşük, 643
Düşük osmolariteli kontrast maddeler, 75
Düz karın röngenogramı, 413
D-vitaminine direçli rikets, 758
DVT'de Doppler US, 407
Dwarfizm, 668

E

Ebstein malformasyonu, 379
Eburnasyon, 774
Edge filtreler, 40
Egger kisti adı, 774
Eğerelti otu görünümü, 594
Eisenmenger fizyolojisi, 377
Ejeksiyon fraksiyonu, 370
Ekivalan doz (H), 29
Eko alımı, 159
Eko planar görüntüleme (EPI), 127
Ekojenite, 167
Ekokardiyografi, 366
Ekokonversiyon, 477
Ekoların saptanması ve işlenmesi, 158
Ekran bulanıklığı, 66
Ekran materyali, 47
Ekran-film hızı, 48
Ekran-film mamografisi, 821

Ekskretuar ürografi (EÜ), 543
Ekspojur (X), 28
Ekspojurun otomatik kontrolü (AEC), 52
Ekspoze filmin değerlendirilmesi, 49
Eksternal herniyasyon, 878
Ekstradural lezyonlar, 958
Ekstraplevral alan, 332
Ekstraplevral işaret, 333
Ektopik gebelik, 644
Ektopik pankreas, 439
Ektopik üreter, 579
Ektopik üreterosel, 580
El bileğinin MR, 810
Elavasyonel çözümleme, 165
Eldiven içerisindeki parmak görünümü, 289
Elektromanyetik radyasyon, 19
Elektron dansitesi, 19
Elektron demetli BT (EDBT), 362
Elektronik transdusırlar, 157
Eklem faresi, 698
Elemanter akciğer lezyonları, 262
Elemanter kemik lezyonları, 679
Embolizasyon, 209
Embolizasyon materyali, 209
Embolizasyonun komplikasyonları, 213
Empty sella, 856
Endokaviter US, 452
Endokrin neoplazi tip-1 (MEN-1), 441
Endokrin sendromlar, 601
Endometrial hiperplazi, 634
Endometrioz, 631
Endometriyal karsinom, 634
Endometriyal polipler, 634
Endoskopik retrograd koledoko-pankreatografi (ERKP), 502
Endoskopik US, 432
Enfarkt, 526
Enfarkt alanında vasküler değişiklikler ve kontrast tutma, 895
Enfarktsız pulmoner emboli, 322
Enfarktta difüzyon görüntüleme, 898
Enfarktta perfüzyon görüntüleme, 899
Enfeksiyon ve enfestasyon kalsifikasyonları, 855
Enfeksiyonlara bağlı yumuşak doku kalsifikasyonuları, 813
Enkondral kemikleşme, 673
Enkondromatoz (diskondroplazi, Ollier hastalığı), 725
Enteropatik osteoartropatiler, 782
Entesofit, 780
Entesopati, 780
Eozinofilik granülom, 738
Ependimit (ventrikülit), 936
Ependimom, 921
Ependimom ve Astrositom, 980
Epidermoid, 932
Epididimit ve orşit, 615
Epidural hematom, 873
Epidural ve subdural ampiyem, 936
Epifizyal diskinezi, 762
Epifrenik divertikül, 423
Epilepsi, 954
Erkek memesi, 840
Erken subakut dönem, 903
Erlenmeyer deformitesi, 764
Eroziv osteoartrit, 782
Essex-Lopresti kırık-çıkığı, 696
Ekstansiyon damla kırığı, 691
Esteziyonöroblastom, 1007
Ekstralober sekestrasyon, 290
Etkin doz (E), 29, 104
Ewing tümörü, 734

F

F-18-FDG PET/PET-BT, 192
Fahr hastalığı, 954
Fallopiyan tüp rekanalizasyonu, 224
Fallot tetralojisi, 378
Fallot triolojisi adı, 378
Familyal adenomatöz polipozis sendromu, 450
Fantom tümör, 328
Faset dislokasyonu, 691
Faz aktivasyonlu transdusırlar, 158
Faz kodlama, 123
Faz kontrast anjiografi (PCA), 137
Fazla kanal işareti, 503
Felty sendromu, 778
Femur başının avasküler nekrozu, 750
Femur boyu ("femur length"-FL), 647
Feokromositom, 602
Ferrumoksit, 129
Ferrumoxstran, 129
Fetal çevre, 649
Fetal kraniyum ve omurilik, 659
Fetal riskler, 81
Fetüsun US İncelemesi, 655
f-Faktörü, 29
Fiberoptik kablo ile mozaik dizilişli CCD'lere bağlı sintilatörler, 824
Fibroadenom, 836
Fibrodisplaziya ossifikans progressiva, 815
Fibrokistik değişiklikler, 835
Fibrolameller hepatoselüler karsinom, 489
Fibromatozlar, 817
Fibrosarkom, 731
Fibroz adaları, 477
Fibröz displazi, 742
Fibröz doku yapan tümörler, 728
Fil dişi vertebra, 767
Fildişi falanks görünümü, 781
Fildişi vertebra, 736
Filloid tümör, 837
Film banyosu, 48
Film dozimetreleri, 86
Film hızı, 50
Film kontrastı, 50
Filtrasyon, 35
First-pass yöntemi, 370
Flip-flop fenomeni, 481
Fissürlerde kalınlaşma, 276
Fiziko-kimyasal etkiler, 26
Fiziksel dansite, 19
Fiziksel etkiler, 26
FLAIR, 118
Fleischner çizgileri, 271
Fleksiyon kırık-çıkığı, 691
Florozis, 763
Flow void, 885
Fluktuasyon, 32
Fluoresans maddeler, 27
Fluoresans olayı, 26
Floroskopi, 52, 195, 249
Floroskopide ekspojur oranı, 82
Floroskopi-fluororadyografi, 52
FMD, 397
Fokal atrofi, 945
Fokal bakteriyel nefrit, 568
Fokal enfarkt, 566
Fokal kabarıklık, 962
Fokal nodüler hiperplazi (FNH), 486
Fokal spot, 35
Fokal yağlanma, 475
Fokal zon, 157
Foküs mesafesi, 157
Fonksiyonel görüntüleme, 142
Fosfor plakları, 59
Fosforesans maddeler, 27
Fotodiodlar, 44
Fotoelektrik etki, 22
Fotokatot, 53
Fotomultiplier tüpler (PMT), 43
Fotospot film, 58
Fotostimalabl fosfor plakları (CR), 825
Frankel çizgisi, 756
Fraunhofer zonu, 156
Frekans kodlama, 123
Frekans modellemesi, 68
Frekans seçimi, 177
Frenleme ("bremsstrahlung", "braking") radyasyonu, 21
Frensel zonu, 156
Frigyalı şapkası, 508
Fungal apseler, 497

G

Gadolinium şelatları, 128
Gaga görünümü, 552
Galaktografi, 830
Galaktosel, 838
Galeazzi kırık-çıktığı, 696
Galen ven malformasyonları, 888
Gamma-Gandy cisimcikleri, 522
Gangliogliyom ve gangliositom, 915
Gangrenöz kolesistit, 510
Gardner sendromu, 450

Garré'nin sklerozan osteomiyeliti, 711
Gastrik peptik ülser, 434
Gastritis, 434
Gastrointestinal stromal tümör (GİST), 438
Gastroözofajeal reflü (GÖR), 424
Gastroşizis, 663
Gated blood pool" yöntemi, 370
Heberden" nodülleri, 774
Gaucher hastalığı, 766
Gaz, 812
Gaz görünümleri, 415
Gazlı flegmon, 816
Gazlı gangren, 816
Geç subakut dönem, 903
Geçici bölgesel osteoporoz (lokalize osteoporoz), 755
Geçici kemik iliği ödemi, 801
Geçiş bölgesi (transisyonel zon), 718
Geiger sayaçları, 85
Gelişimsel kalça displazisi (GKD), 708
Gelişimsel kitleler, 932
Gelişimsel tümörler, 986
Genetik riskler, 81
Genişletilmiş FOV görüntüleme, 164
Geometri bulanıklığı, 65
Geri projeksiyon rekonstrüksiyonu, 94
Geriye basınç atrofisi, 568
Germ hücreli tümörler, 339, 928
Germinal matris kanaması, 661, 907
Gestasyonel kese, 642
Gestasyonel trofoblastik hastalık, 646
Gestasyonel yaş tayini, 647
Geyik boynuzu görünümü, 319, 584
Geyik boynuzuna ("stag-horn") benzeyen taşlar, 414
Girdap işareti, 463, 465
Giriş yöntemleri, 203
Girişimlerde kullanılan ilaçlar, 206
Glenohumeral eklem çıktığı, 694
Glenoid labrum, 804
Glioblastoma multiforme, 911
Gliyal dışı tümörler, 914
Gliyal tümörler, 911
Gliyomtoz serebri, 912
Glomerülonefrit, 565
Glomus karotikum, 993
Glomus tümörleri, 992
Glottik tümörler, 1014
Gode, 727
Golden'in S bulgusu, 310
Morton'un S eğirisi, 310
Gorham hastalığı, 745
Göğüs duvarı, 259, 349
Göğüs röntgenogramlarının teknik değerlendirilmesi, 259
Göğüs travması, 352
Görüntü arşivleme ve iletim sistemi (PACS), 14
Görüntü formatı, 16
Görüntü İlşlemi, 98
Görüntü kalitesi, 64, 101, 129, 823
Görüntü kaydı, 188
Görüntü oluşturma, 121
Görüntü yükseltici (imaj intensifayr-II), 53
Görüntü yükseltici artefaktları, 55
Görüntü yükselticisinin performansı, 55
Görüntüleme plakları, 59
Görüntüleme süresi, 123
Görüntüleme zinciri, 53
Görüntülerin değerlendirilmesi, 193
Görüntülerin depolanması, 15
Görüntülerin elde edilmesi, 7
Görüntülerin gösterimi, 16
Görüp pozitif bulgu kabul etmeme, 239
Gözü ("bull's eye"), 491
Gradiyent eko (GRE), 119
Gradiyent sargıları, 114
Graves hastalığı, 1018
Gray (Gy), 29
Gri cevher hastalıkları, 953
Gridler, 41
Guatr, 335
Gumma, 716
Gut artriti, 783
Güneş ışını ve birbirine paralel şekilde kemik, 683
Gürültü ("noise", parazit), 68

H

H harfi, 765
H. pilorinin varlığının sintigrafik olarak araştırılması, 434
Habenular kommisur kalsifikasyonu, 850
Halo işareti, 479
Hamartoma, 317
Hamartomatöz polipozis sendromları, 450
Hampton çizgisi, 434
Hand-Schüller-Christian hastalığı, 740
Hapishane üniforması bulgusu, 761
Hareket artefaktı, 103, 148
Hareket bulanıklığı, 66
Harmonik görüntüleme, 162
Hashimato hastalığı, 1019
Hasta korunması, 84
Hasta yatağında (portabl) radyografi, 250
Hastaların hazırlanması, 198
Hastalığın prevalansı, 230
Hastanın aldığı doz, 80, 103, 105
Hastanın aldığı dozun hesaplanması, 80
Hava alveologramı, 272
Hava aralığı ("air gap") tekniği, 43
Hava bronkogramı, 261, 272
Havalanma artışı (hiperaerasyon), 295
Hedef ("target"), üç halka, 419
Hedef ("target") bulgusu, 491
Hedef görünümü, 466
Hedef işareti, 463, 940
Hedef tahtası şeklinde kalsifikasyon, 283
Helikal BT, 89
Helikobakter pilori enfeksiyonu, 433
Hemanjioblastom, 981
Hemanjiom, 558, 744
Hemanjiyoblastom, 922
Hematojen yayılım, 317
Hematokrit etkisi, 872
Hematom, 818
Hemodinamik enfarkt, 179, 896
Hemofilik artropati, 784
Hemofilik psödotümör, 784
Hemokromatoz, 482, 783
Hemorajik kist, 626
Hemosideroz, 482
Hepatik adenom, 487
Hepatik arteriyel embolizasyon, 211
Hepatit, 476
Hepatoblastom, 489
Hepatoselüler karsinom, 488
Her iki ventrikül büyümesi, 358
Herediter hemorajik telanjiyektazi, 483
Herpes simpleks virus ensefaliti (HSV), 942, 943
Hız ötelemesi ("speed displacement") artefaktı, 172
Hızlı görüntü oluşturma, 126
Hızlı SE sekansları, 127
Hibernating miyokardiyum, 369
Islet hücreli tümör, 516
Hidatid Kist, 306, 493, 558, 943
Hidatid kistlerin perkütan drenajı, 224
Hidatiform mol, 646
Hidranensefali, 660
Hidrojen bombası bulutu, 434
Hidrokalisozis, 587
Hidromiyeli, 979
Hidronefroz, 587, 665
Hidrops fetalis, 657
Hidrosefali, 660, 878, 944
Hidrosel, 615
Hidrostatik akciğer ödemi, 319
Hidroüreter, 587
Hilal veya menisküs işareti, 306, 435
Hilum "overlay" işareti, 263
Hilum konverjans işareti, 263
Hiluslar, 256, 262
Hiperakut evre, 903
Hiperdens arter işareti, 893
Hiperekstansiyon kırık-çıkığı, 692
Hiperkortisizm, 756
Hiperparatiroidizm, 758
Hiperplazi, 602
Hipertrofik osteoartropati, 786
Hipervitaminozlar, 763
Hipofosfatazya, 756
Hipofosfatemik rikets, 758
Hipokondroplazi, 704
Hipoparatiroidizm, 761
Hipotiroidizm, 762
Hirschsprung hastalığı, 468
Histerosalpingografi (HSG), 625
Hiyatal herniler, 424
Holoprozensefali, 660, 858
Hörgüç işareti, 562

Humerus başında psödokist, 770
Humerusun yalancı çıkığı, 770
Humphry ligamenti, 789
Hurler sendromu, 700
Hutchinson dişleri, 716
Hutchinson kırığı, 696
Hücresel radyasyon etkileri, 79

I

Impingement sendromu, 803
Implantlar, 833
Intravasküler stent koyma, 208
IR ("Invertion recovery"), 117
Islanmış kurutma kâğıdı görünümü, 418
Işın sertleşmesi artefaktı, 103
Işınsal kenar, 281
IVC-Filtreleri, 214
Ivermark sendromu, 523
Izgara parça ("grating lobe"), 157

İ

İç içe çift radyolusent halka, 435
İdiopatik inflamatuar psödotümör, 999
İğne seçimi, 198
İğne yastığı ("pincushion") distorsiyonu, 55
İki iğne tekniği, 199
İki taraflı büyük hilus, 263
İkincil hiperparatiroidizm, 761
İkincil pnömoniler, 301
İkiye katlanma süresi ("doubling time"), 280
İkiz embolizasyon sendromu, 655
İkizden-ikize ("twin-twin") transfüzyon sendromu, 655
İlaç İnfüzyonu, 213
İlyak indeks, 707
İmperfore anüs, 469
İmpotans, 619
İnaktivite osteoporozu, 754
İnce bağırsak, 443
İnce bağırsak feçes işareti, 463
İnce bağırsak obstrüksiyonu, 461
İnce duvarlı kistler, 277
İnceleme tekniği, 193
İnceleme yöntemleri, 188, 384, 988, 1013
İnfantil hipertrofik pilor stenozu (İHPS), 464
İnfantil tip polikistik böbrek, 665
İnfantil uterus, 625
İnferior vena kava (İVK), 404
İnflamasyon ve enfeksiyon sintigrafisi, 190
İnflamatuar lezyonlar, 989
İnflamatuar polipler, 1005
İnfravezikal obstrüksiyonlar, 592
İnme, 889
İnmemiş-testis, 618
İnsular kurdale işareti, 893
İntensite, 38
İnterlobüler septal çizgiler, 275
İnterpolasyon (helikal), 94
İnterstisiyel örnek, 273
İnterstisiyel pnömoni, 300
İnterstisiyel tutulumda ayırıcı tanı, 279
İntradural-Ekstramedüller lezyonlar, 975
İntrakraniyal fizyolojik kalsifikasyonlar, 850
İntrakraniyal patolojik kalsifikasyonlar, 854
İntralober sekestrasyon, 290
İntralobüler çizgiler, 275
İntramedüller lezyonlar, 977
İntramedüller lipomlar, 986
İntramedüller tümörler, 979
İntramembranöz tip kemikleşme, 673
İntramural divertikül, 457
İntramural kanama, 446
İntraosseöz lipom, 746
İntraperitoneal yabancı cisimler, 533
İntraserebral hematom, 875
İntraserebral kanama, 901
İntrauterin gelişme geriliği (İUGG), 648
İntravasküler yabancı cisimler, 218
İntravenöz yapılan dijital subtraksiyon anjiografisi (İV-DSA), 572
İntraventriküler kanama, 874
İntraventriküler tümörler, 925
İnvajinasyon ("intussusception"), 465
İnvaziv aspergilloz, 305
İnvaziv mol, 646
İnvolukrum, 711
İp işareti, 465
İpe dizilmiş boncuk görünümü, 398
İrritabl kolon, 457
İskemi ve enfarkt, 878
İskemide RG, 901
İskemik kolit, 456
İstenmeyen radyasyon, 37
İşeme sistoüretrografisi, 545
İşlenmemiş pamuk görünümü, 767
İVK trombozları, 607
İyonizan ışınların biyolojik etkileri, 78
İyonizan ışınların dokuya enerji aktarımı, 78
İyonizan radyasyon, 20
İyonizasyon odaları, 85
İyotlu kontrast maddeler, 73

J

J şeklinde sella, 850
Jefferson kırığı, 691
Jeneratör, 29
Jeografik harita görünümü, 495
Jinekomasti, 840
Jones kırığı, V., 699
Juvenil nazofarenjeal anjiyofibrom, 1010
Juvenil romatoid artrit, 778

K

Kaba fitilli kadife işareti, 744
Kabuk ("rim") nefrogram, 589
Kaburga çentiklenmesi, 386
Kaburga kırıkları, 694
Kaburgalar, 349
Kafa tabanı tümörleri, 990
Kafa travmalarında prognoz, 878
Kahverengi tümör ("Brown tümörü), 758
K-alanı, 123
Kalbin boyutu, 372
Kalbin radyogarfik anatomisi, 357
Kalça ekleminin MR, 800
Kalça, 774
Kaldırım taşı görünümü, 442
Kaleci veya kayakçı başparmağı, 697
Kalem ucu görünümü, 431
Kalem ve hokka gönümü, 781
Kalın bağırsak lefoması, 450
Kalın bağırsak obstrüksiyonu, 461
Kalın bağırsak volvulusu, 469
Kalisiyel hilal bulgusu, 589
Kalkaneal kırıkları, 699
Kalkaneal psödokist, 770
Kalp, 355
Kalsifikasyon, 283, 603, 812, 827
Kalsinozis sirkumskripta, 813
Kalsinozis, 813
Kalsiyum fosfat birikim hastalığı, 783
Kalsiyum pirofosfat dihidrat ("CPPD") depo hastalığı (psödogut), 783
Kalsiyum sütü, 512, 584, 829
Kalvarium kemikleri, 849
Kama kırığı, 692
Kanatlı ("winged") kürek kemiği, 351
Kanser risk tahminleri, 81
Kapiller telenjektazi, 887
Kapiller veya küçük damar malformasyonları, 819
Kar fırtınası, 624
Karaciğer, 200
Karaciğerde radyolojik tanı algoritmi, 498
Karakteristik radyasyon, 21
Kardiyak MR, 365
Kardiyo-frenik açı opasiteleri, 342
Kardiyotorasik oran (KTO), 358
Kare vertebra, 780
Karga ayağı veya mersedes işareti, 414
Karın çevresi ölçümü, 647
Karın, 663
Karotid Doppler US, 889
Karotid-kavernöz fistül, 1001
Karpal tünel sendromu, 810
Karpiller hemanjiom, 1001
Karsinoid tümörler, 444
Karsinom, 605
Kartagener sendromu, 293
Kas spazmına bağlı kırıklar, 690
Kaset, 51

Katartik kolon, 456
Katater anjiyografisi, 380, 381
Kateterler, 205
Katot (filaman), 33
Kave çekirdeği veya tersine dönmüş "U", 417
Kavern, 285
Kavernolit, 284
Kavernöz anjiyom, 886
Kavernöz hemanjiyom, 484, 1001
Kavite, 285
Kaya kumu, 493
Kaybolan kemik sendromu, 745
Kaybolan tümör, 327
Kayıcı ("sliding") tip herni, 424
Kayıt gereci (ekran-film-kaset), 46
Kayma ("gliding") bulgusu, 328
Kellgren artriti, 782
Kemiğin primer malign lenfoması, 736
Kemik adacağı, 770
Kemik biyopsileri, 201
Kemik dansitometrisi, 756
Kemik ekspansiyonu, 680
Kemik enfarktı, 770
Kemik erozyonu, 680
Kemik içinde kemik görünümü, 706, 766
Kemik iliği tümörleri, 734
Kemik kısalığı, 679
Kemik lezyonları, 798, 1007
Kemik metastazları, 747
Kemik tümörlerin tanısında genel kurallar, 716
Kemik yaşı, 674
Kemik yıkımı, 680
Kemik yoğunluğunda azalma, 679
Kemik, 808
Kemikleşme, büyüme ve olgunlaşma, 673
Kemikte radyolojik tanı algoritmi, 678
Kemoterapötik infüzyon, 214
Kenar zenginleştirmesi, 12
Kerley A çizgileri, 274
Kerley B çizgileri, 274
Kerley C çizgileri, 274
Kesenin yokluğu, 508
Kesintili periost reaksiyonları, 683
Kesit kalınlığı artefaktı, 173
Kesit kalınlığı, 92
Kesit konumu, 92
Kesit seçme, 121
Kesit yapma (tomografik rekonstrüksiyon), 93
Kesitte sinyalin geldiği yerin saptanması, 122
Kestirim değerleri, 231
Kıkırdak lezyonları, 797
Kılavuz teller, 204
Kılavuz yöntemler, 195
Kılıç kını trakea, 287
Kırık iyileşmesi, 686
Kırık komplikasyonları, 687
Kırıklar, 769, 869
Kırılma ("refraction") artefaktı, 171
Kırışık mukoza görünümü, 448
Kısa özofagus, 424
Kısa TR'li (<50 msn) denge-durumlu ("steady-sate") presesyon, 120
Kıvrık palaya ("scimitar") 291
Kıvrılmış şerite, 390
Kimyasal etkiler, 26
Kimyasal şift artefaktı, 149
Kirli yağ görünümü, 459
Kist aspirasyonu, 841
Kist içinde kist görünümü, 581
Kist, 523, 603
Kistadenokarsinom, 628, 629
Kistadenom, 516
Kistik adenomatoid malformasyon, 663
Kistik anjiomatoz, 745
Kistik değişiklikler, 836
Kistik displazi, 557
Kistik fibroz, 293
Kistik higroma, 659
Kistik lezyonlar, 977
Klasik (Rayleigh, koherent) saçılma, 22
Klatskin tümörü, 506
Kleiditis sendromu, 416
Kobra başı görünümü, 417, 582
Koehler hastalığı, 752
Kolanjiyokarsinom, 506
Koledok kistleri, 507
Kolesistit, 510
Kolesistitis glandülaris proliferans, 512
Kolesistozlar, 512
Kolesteatoma, 989
Kolesterozis, 512
Kolimasyon, 41
Kolimatör alanı, 93
Kolimatörler, 187
Kollaps, 263
Kolloid kist, 927
Kolloid şift, 479
Kolposefali, 859
Kominikan hidrosefali, 944
Komplike kistler, 553
Kondroblastom, 726
Kondromalazi patella, 797
Kondromiksoid fibrom, 727
Kondrosarkom, 728
Konglomere kitleler, 279
Konjenital asimboli, 787
Konjenital kistik adenomatöz malformasyon, 290
Konjenital kulak deformiteleri, 988
Konjenital lobar amfizem, 297
Konjenital megakaliks, 593
Kontraksiyon kollaps, 264
Kontrast çözümleme ve gürültü, 165
Kontrast çözümleme, 71, 102
Kontrast madde reaksiyonları, 76
Kontrast maddeler, 73, 127
Kontrast maddelerin yan etkileri ve tedavisi, 76
Kontrast, 7, 64, 129, 236
Kontrasta bağlı nefropati gelişimi, 77
Kontrastlı MR anjiyografisi (KMRA), 139, 382
Kontüzyon, 874, 876
Konvansiyonel tomografi, 675
Kopma kırıkları, 769
Kordoma, 746, 990
Korioanjioma, 652
Koriokarsinom, 646
Koroid pleksus kalsifikasyonu, 850
Koroid pleksus kistleri, 660
Koroid pleksus papillomu ve karsinomu, 926
Korona radiata, 281
Koroner anjiyografi, 361
Koroner arter BT, 363
Koroner kalsiyum skorlaması, 363
Koroziv madde özofajiti, 427
Korpus kallozum agenezisi, 660
Korpus kallozum anomalileri, 859
Kortikal desmoid, 769
Kova sapı kırığı, 698
Köpeğin boynuna takılmış tasma şekli, 692
Köprücük kemiği ve kürek kemiği, 350
Köşe bulgusu, 756
Kötü kaynama ("malunion"), 687
Kraniyal travma, 868
Kraniyofarinjiom ve Rathke'nin kleft kisti, 931
Kraniyostenoz, 852
Kraniyum dışından metastaz, 916
Kraniyum içi basınç artması sendromu (KİBAS), 853
Kraniyumun şekil anormallikleri, 851
Krikofarenjeal indentasyon, 430
Kriptik vasküler malformasyonlar, 887
Kronik aktif hepatit, 476
Kronik bronşit, 291
Kronik dönem, 904
Kronik kolesistit, 512
Kronik obstrüksiyon, 589
Kronik osteomiyelitte, 711
Kronik pankreatit, 519
Kronik persistan hepatit, 476
Kronik piyelonefrit, 569
Kronik venöz yetmezlik, 408
Krukenberg tümörü, 436
Ksantogranülomatöz piyelonefrit, 570
Kuadriseps ve patellar tendon US, 798
Kuantum gürültüsü, 69
Kulağı pelvis şekli, 707
Kum saati şekli, 435
Kum saati veya birleşik hedef, 466
Kurşun boru şekli, 455
Kuru banyo, 64
Kutu veya resim çrçevesi görünümü, 769
Kuyruklu yıldız ("comet-tail") artefaktı, 169
Kuyruklu yıldız işareti ("comet-sign"), 272
Küçük hilus, 262
Küçük hücreli akciğer karsinomu, 308
Küçültme kazancı, 55
Kütle zayıflama katsayısı, 24

L

Lakrimal gland tümörleri, 998
Laküner enfarkt, 896
Laküner kafa, 852
Lameller opasite, 327
Laminer heterotopi veya bant heterotopisi, 862
Langerhans hücreli histiyositoz, 738
Larenks tümörleri, 1014
Larenks, 1013
Laringosel, 1014
Laser kamera, 64
Lateral çözümleme, 165
Lateral disk, 961
Lateral reses stenozu, 966
Le Fort kırıkları, 694, 1007
Legg-Calvé-Perthes, 751
Leigh hastalığı, 954
Lenf nodu anormallikleri, 830
Lenf sistemi, 257
Lenfadenomegaliler, 1023
Lenfadenopatiler, 607
Lenfanjitik yayılım, 318
Lenfanjiyom, 336, 1021
Lenfatik kitleler, 339
Lenfoid hiperplazi, 1009
Lenfoma, 338, 437, 445, 524, 561, 608
Leontiazis ossea, 857
Lepra, 787
Leptomeningeal karsinomatoz, 976, 977
Leptomeningeal kist, 869
Letterer-Siwe hastalığı, 740
Leyomiyosarkom, 445
Lezyonların yerleşim yeri, 830
Lezyonun kanlanması, 228
Lezyonun kenarı, 680
Ligament kalsifikasyonlar, 851
Light bulb işareti, 484
Limon işareti, 661
Linear enerji transferi (LET), 78
Linitis plastika, 436
Lipofibroadenom (hamartom), 837
Lipom, 817, 837, 933
Lipomiyelosel ve lipomiyelomeningosel, 984
Lipomlar, 609
Liposarkom, 609, 816
Lisfranc fraktür-dislokasyon adı, 699
Lizensefali, 861
Lobar kollaps, 266
Lobar nefroni, 568
Lobar pnömoni, 299
Lobuler pnömoni, 299
Lobüler ünite, 821
Loose body, 798
Looser zon, 688
Lökodistrofiler, 953
Lösemide kemik değişiklikleri, 736
Luxury perfüzyon, 895

M

Madelung, 727
Maffucci sendromu, 726, 820
Magnifikasyon, 823
Makroadenomlar, 930
Makroradyografi, 675
Mal de Pott, 352
Malabsorbsiyon, 448
Malgaigne kırığı adı, 698
Malign fibröz histiositoma, 816
Malign lezyonlar, 604, 1010
Malign mikrokalsifikasyonlar, 828
Malign tümörler, 558
Malleol kırıkları, 699
Mamografi aygıtları, 46
Mamografi tekniği, 822
Mamografide doz, 83
Mamografide elemanter lezyonlar, 826
Mamografide kullanılan x-ışını tüplerinin özellikleri, 822
Mamografide risk, 81
Mamogramların değerlendirilmesi, 825
Mandibula kırıkları, 694
Mangafodipir trisodium (Mn-DPDP), 128
Mantar topu, 286
Manyetik duyarlılık ("susceptibility") artefaktı, 146
Manyetik rezonans (MR), 5
Manyetizasyon transfer kontrast, 137
Martı kanadı görünümü, 782
Masif osteoliz, 745
Mastit, 839
Mastositozis, 766
McCune-Albright sendromu, 743
McGregor çizgisi, 853
Meckel divertikülü, 447
Meckel-Gruber sendromu, 665
Mediyal ve lateral yan (kolleteral) bağlar, 797
Mediyasten lipomatoz, 345
Mediyasten, 258
Mediyastenin BT anatomisi, 334
Mediyastinal hava, 345
Mediyastinal kanama, 345
Mediyastinit, 345
Medüller kistik hastalık, 556
Medüller nefrokalsinoz, 585
Medüller sünger böbrek, 556
Medülloblastom, 919
Mekanikal indeks (MI), 183
Mekonyum ileusu, 467, 668
Meme başı işareti, 465
Meme başı işareti, US, 464
Meme dokusunun asimetrisi, 830
Meme kanseri, 834, 840
Meme kanserinin mamografik bulguları, 835
Memede girişimsel işlemler, 840
Menenjit, 935
Menenjiyom, 923, 975, 995
Meningoansefalosel, 659
Meningomiyelosel, 659
Meningosel, 983
Meniskal kistler, 794
Menisküs işareti, 286
Menisküs yırtıkları, 792
Mesane divertikülü, 596
Mesane ekstrofisi (eksrofia vezikale), 594
Mesane fistülleri, 597
Mesane kulağı, 596
Mesane rüptüründe, 598
Mesane tümörleri, 594
Mesane, 542, 593
Metabolik Artritler, 782
Metabolik ve değişik nedenli kalsifikasyonlar, 855
Metabolik ve endokrin kemik hastalıkları, 753
Metakarpal indeks, 755
Metastataz ve lenfoma, 517
Metastatik kalsifikasyonlar, 812
Metastatik tümörler, 561
Metastaz, 491, 605, 998
Metastazda kalsifikasyon, 319
Metformin kullanımı, 77
Mezankimal tümörler, 339
Mezenter lenf nodları, 532
Mezenterik iskemi, 446
Mezenterik kist, 448
Mezenterik yağda "fibrofatty" proliferasyon, 454
Mezenteroaksiyal volvulus, 463
Mezoblastik nefrom, 558
Mide kanseri, 435
Mide tümörleri, 435
Mide volvulusu, 463
Midgut volvulusu, 465
Mikotik anevrizmalar, 389
Mikroadenomlar, 930
Mikronodüller, 278
Miliyer osteoporoz, 759, 856
Miliyer TB, 941
Milyom (leyomiyom), 632
Missed abortus, 643, 644
Mitral kapak hastalığında kalbin şekli, 359
Miyelografi, 956
Miyeloid metaplazi (miyelofibroz), 766
Miyelolipom, 603
Miyelomatoz (multipl miyelom), 737
Miyelomazi, 979
Miyelosel ve miyelomeningosel, 983
Miyokard perfüzyon sintigrafisi, 368
Miyokardiyal enfarkt görüntüleme, 369
Miyozitis ossifikans, 769, 814
M-mode, 161
Modülasyon transfer fonksiyonu (MTF), 68
Mongolismus (Trizomi 21-22, Down sendromu), 707
Monostotik fibröz displazi, 743
Monteggia kırık-çıkığı, 696
Morgagni forameni, 424
Morgagni hernisi, 348
Morquio hastalığı, 701
Motilite bozuklukları, 429
Mozaik şeklinde tipik bir non-homojen, 481

MR anjiyografi (MRA), 133, 382
MR Aygıtı, 113
MR hilâl işareti, 800
MR spektroskopi (MRS), 144
MR, 252
MR'de akım, 133
MRA'nın klinik kullanımı, 140
Mukoid tıkaç, 289
Mukopolisakkaridozlar, 700
Mukosel, 289, 1006
Mukoza bağlantılı lenfatik doku, 433
Mulaj işareti, 448
Multifaz görüntüleme, 418
Multifrekans (geniş band) transdusırlar, 158
Multikistik böbrek, 557
Multikistik displastik böbrek, 665
Multinodüler guatr, 1018
Multipi skleroz (MS), 951, 982
Multiples of the unaffected median-MOM, 657
Multisentrik osteosarkom, 724
Musinöz kistadenom, 629
Müküs retansiyon kistleri, 1005

N

Naboth kistleri, 637
Nazofarenks, 1009
Negatif kestirim değeri, 229
Negatif piyelogram, 589
Nidus, 719
Nilüfer çiçeği bulgusu, 306
Nilüfer çiçeği işareti, US, 494
Nodüler lenfoid hiperplazi, 444
Nodüler örnek, 274
Nonkominikan hidrosefali, 944
Normal akımın Doppler US görünümü, 381
Normal basınçlı hidrosefali, 945
Normal fetal hareketler, 656
Normal göğüs röntgenogramı ile birlikte görülen akciğer hastalıkları, 261
Normal rapor, 242
Normal retroperitoneal lenf nodları, 608
Normal varyantlar, 561
Nöral tüpün kapanma defektleri, 858
Nöroblastom, 604
Nöro-enterik kist, 344
Nörofibromatoz (NF), 864
Nöroforaminal stenoz, 966
Nörojenik kist, 663
Nörojenik mesane, 597
Nörojenik tümörler, 343
Nöronal heterotopi, 862
Nöronal migrasyon ve sulkasyon anomalileri, 861
Nöropatik artropati (Charcot eklemi), 786
Nörosifiliz, 786
Nükleer VSÜG, 545
Nyquist sınırı, 10

O

Obje kontrastı, 64
Obstrüksiyon kollapsı, 264
Obstrüksiyonun saptanması, 502
Obstrüksiyonun seviyesi ve nedeninin saptanması, 504
Obstrüktif üropati, 578, 590
Odontoid kırığı, 691
Oküler melanom, 997
Olekranon kırıkları, 696
Oligodendrogliyom, 913
Oligohidramniyozun, 654
Omega sella, 850
Omental kek, 529, 532
Omental manto, 532
Omental ve mezenterik kist, 533
Omfalosel, 663
Omur çökmesinde ayırıcı tanı, 972
Omur kırıkları, 971
Omurga kitleleri, 344
Omurga, 352, 690
Omuz eklemi MR, 801
Omuz işareti, 428, 465
Opasiteler, 414
Operatif ve postoperatif kolanjiyografi, 501
Optik bağlantı, 55
Optik dansite, 49
Optik gliom, 995
Orak hücreli anemi, 764
Orbita lezyonlarının radyografik görünümü, 994
Orbita ve Göz, 994
Orbital lenfoproliferatif hastalıklar, 997
Orbital varis, 1001
Organ dozları, 80, 104
Organoaksiyal volvulus, 463
Orşit, 616
Os odontoideum, 770
Osgood-Schlatter hastalığı, 752
Osifikasyon, 812
Osler-Weber-Rendu, 483Rastlantı tümörü ("incidentaloma"), 484
Ossifiye olmayan fibrom (fibröz kortikal defekt), 728, 770
Osteoartrit (dejeneratif artrit), 773
Osteoartropatiler, 784
Osteoblastom, 721
Osteogenezis imperfekta, 704
Osteoid osteom, 719
Osteoklastik Tümör, 733
Osteokondritis dissekans, 698, 753, 798
Osteokondrom (kartilaj kepli ekzositoz), 727
Osteom, 718
Osteomalazi, 758
Osteopeni, 756
Osteopetrozis, 706
Osteoporoz, 754
Osteoporozis sirkumskripta, 767
Osteoporozun kantitatif değerlendirilmesi, 755
Osteosarkom, 721
Otitis media, 989
Otomatik ekspojur kontrol, 29, 32
Otomatik parlaklık kontrolü, 57
Otoskleroz, 990
Oturan ördek şeklinde kalp, 377
Over torsiyonu, 627
Over tümörleri, 628
Overriding" aort, 378
pitch" faktörü, 93
Oyuklanma ("scalloping"), 725

Ö

Ölü fetüs, 668
Ön çapraz bağ, 796
Ön karın duvarında defekt veya herni, 663
Ön kol kırıkları, 696
Ön-arka (yatar pozisyonda ve grid kullanılarak, 249
Ön-yükseltici (pre-amplifier), 159
Örnek alma yöntemleri, 199
Örnekleme boyutu ("gate"), 177
Örnekleme hızı ("pulse repetition frequency" - PRF), 177
Örümcek ayağı görünümü, 555
Özel rapor şekilleri, 243
Özgüllük (spesifisite), 229
Özofagus atrezisi, 463
Özofajeal duplikasyonlar, 663
Özofajitler, 426

P

Paget hastalığı (osteitis deformans), 767
Pakigiri, 861
Palmiye yaprakları, 700
Pampiniform pleksus, 613
Pancoast tümörü, 312
Pankreas, 201
Pankreasta radyolojik tanı algoritmi, 520
Papiller nekroz, 567
Paragangliom, 1021
Parakolik oluk, 528
Paralel kanal işareti veya çifte işareti, 503
Paralitik durumlar, 787
Paralltik ileus, 462
Paramanyetik maddeler, 128
Paranazal Sinüsler, 1004
Parankimal bantlar, 276
Paraözofajeal ("rolling") tip herni, 424
Paratiroid adenomları, 1020
Paratiroid adenomu/hiperplazisi, 1020
Paratiroid, 337, 1020
Parazitik yumuşak doku kalsifikasyonları, 813
Parlaklık kontrolü, 33
Parosteal osteosarkom, 722, 724
Parotis bezi, 1011
Paskal, 153
Patella kırıkları, 698
Patellanın dorsal defekti, 770

Patent duktus arteriyozus (PDA), 374
Patent urakus, 593
Patlama ("blow-out") kırığı, 693
Patteller diş işareti, 775
Peçete halkasına benzetilmiştir, 451
Pektus ekskavatus, 351
Pektus karinatusta, 351
Pelken kemiği, 756
Pelvik lipomatoz, 590
Pelvikaleiektazi, 587
Pelvis duplikasyonu, 579
Pelvis içerisindeki sıvı birikimi, 631
Pencereleme ("windowing ve leveling"), 12, 98
Pençe görünümü, 701
Penis, 619
Perfüzyon görüntüleme, 142
Periampuller karsinom, 504
Peribronkovasküler kılıflanma, 274
Periferik arterler, 399
Perikardiyal sıvıda kalbin boyutu ve şekli, 361
Periost reaksiyonu, 718
Periosteal osteosarkom, 724
Perirenal sıvı birikimi, 579
Periton implantı, 532
Periton, 527
Peritoneal apse, 531
Peritoneal kanama, 530
Peritoneal kitle, 532
Peritoneal serbest sıvı, 528
Perkütan alkol enjeksiyonu, 225
Perkütan aspirasyon veya drenaj, 519
Perkütan aterektomi, 218
Perkütan biyopsi, 228
Perkütan İğne Biyopsisi, 195
Perkütan kateter nefrostomisi, 219
Perkütan kolesistostomi, 221
Perkütan safra kanal girişimleri, 220
Perkütan transhepatik kolanjiyografi (PTK), 502
Perkütan translomber piyelografi (antegrad piyelografi), 544
Perkütan translüminal anjioplasti (PTA), 206
Perkütan trombektomi, 218
Perkütan tümör tedavisi, 225
Permanent magnetler, 113
Persistan ortak atrioventriküler kanal, 374
Petroz apeksin kolesterol granülomu, 990
Peyroni hastalığı, 619
Piezo-elektrik (basınç-elektrik), 155
Pigmente villonodüler sinovitis, 788
Piknodizostozis, 706
Pilositik astrositom, 919
Pineal Bölge Tümörleri, 927
Pineal kist, 928
Pineositom ve pineoblastom, 928
Pirinç tanesi, 584, 589
Pituiter tümörler, 929
Piyojenik apseler, 496
Piyojenik artrit, 713
Piyojenik osteomiyelit, 710
Piyojenik spondilodiskit, 967
Planar sintigrafi, 188
Plasenta akreta, 652
Plasenta ayrılması (abrubsiyo plasenta), 652
Plasenta previa, 651
Plasenta, 650
Platibazi, 852
Plazmositom, 737
Plevik inflamatuar hastalık, 631
Plevra, 257
Plevral Kalınlaşma, 330
Plevral Kalsifikasyon, 331
Plevral kuyruk, 281
Plevral Sıvı, 326, 662
Plevral Tümör, 331
Pnömoartrografi, 675
Pnömobiliya, 505
Pnömoniler, 299
Pnömoperitoneum, 533
Pnömotoraks, 329
Poliarteritis nodozada (PAN), 399
Polihidramniyoz, 653
Polikistik böbrek hastalığı, 553
Polikistik over sendromu, 627
Polimikrogiri, 861
Poliostotik fibröz displazide, 743
Polipler, 439, 450, 1014
Polipoid adenom, 435
Polispleni ve aspleni, 523
Porensefalik kistler, 660
Porselen safra kesesi, 414, 512
Portal embolizasyon, 212
Portal hipertansiyon, 481
Portal ven çapında genişleme, 477
Porto-sistemik kollateraller, 477
Postel koksartropatsi, 775
Posterior fossa tümörleri, 919
Posterior tibial tendon, 807
Posterior üretral valv, 599
Poststenotik dilatasyon, 359
Power Doppler, 177
Pozitif kestirim (predictive), 229
Pozitif transdusır işareti, 510
Pozitron emisyon tomografisi (PET), 191
Presakral kitleler, 201
Presesyon hareketi, 107
Priapizm, 212
Primer fokus, 302
Primer hiperparatiroidizm, 758
Primer kompleks, 302
Primer lenfoma, 914
Primer megaüreter, 593
Primer osteoartrit, 774
Primer pnömoniler, 301
Primer tüberküloz, 302
Problar, 157
Progresif multifokal lökoensefalopati (PVL), 941
Progressif diyafizyal displazi, 707
Projeksiyon ("view"), 93
Prostat enfeksiyonları, 613
Prostat kanseri, 612
Prostat kistleri, 613
Prostat, 610
Prune belly sendromu, 593
Psödo-artroz ve neoartroz, 687
Psödoassit, 664
Psödobronşektazi, 292
Psödoekzostoz, 816
Psödofraktürler ("Looser" zonları), 758
Psödohipoparatiroidizm, 761, 762
Psödokidney işareti, 420
Psödokistler, 517
Psödolezyon, 475
Psödomiksoma peritonei, 531
Psödopsödohipoparatiroidizm, 761
Psödospondilolistez, 693
Psöriyatik artrit, 781
Pulmoner anjiyografi, 325
Pulmoner arterin ana dallarının doğumsal yokluğu, 379
Pulmoner arteriyel hipertansiyon, 326
Pulmoner atrezi, 379
Pulmoner emboli, 322
Pulmoner embolide radyolojik tanı algoritmi, 325
Pulmoner enfarkt, 323
Pulmoner hipoplazi, 290
Pulmoner kanama, 321
Pulmoner kontüzyon, 352
Pulmoner laserasyon, 352
Pulmoner osteoartropati, 311
Pulmoner ödem, 319
Pulmoner sekestrasyon, 289, 663
Pulmoner venlerin doğumsal stenozu, 380
Puls Doppler, 175
Puls floroskopi, 58
Pulsatilite indeksi, 180
Pulse repetation frequency-PRF, 160
Pulse repetation period-PRP, 160
Pulser (transmitter), 159
Putti triadı, 709

Q

Q faktörü, 157
QDE, 70
Quervain hastalığı, 1019

R

R/F üniteleri, 52
Rabdomiyosarkom, 995
Rad, 29
Radius başı kırıkğı, 696
Radiyal skar, 838
Radyasyon birimleri, 28
Radyasyon dedektörleri; 85
Radyasyon koliti, 456

Radyasyon riskleri, 81
Radyasyon ve kemoterapiye bağlı hasarlanma, 952
Radyasyona bağlı kanserler, 81
Radyasyonun zayıflaması (atenuasyon), 24
Radyofarmasötik, 184, 185
Radyofrekans ablasyonu (RFA), 226
Radyofrekans sargıları, 114
Radyogarfik anatomi ve röntgenogramların değerlendirilmesi, 255
Radyografi aygıtları, 45
Radyografi, 45, 249
Radyografide alınan ışın dozları, 82
Radyografik ekspojur, 52
Radyografik hilâl işareti, 800
Radyoloji çalışanlarının alacağı dozun sınırları, 83
Radyolojik değerlendirme, 259
Radyolojik görüntülerin nitelikleri, 7
Radyolojik izlem, 910
Radyolojik tanı algoritmi, 233, 605, 712
Radyolojik tanı, 227
Radyolusensi artımı, 284
Radyolusent bant görünümü, 716
Radyolusent bir hilâl, 751
Radyolusent lezyonlar, 856
Radyonüklid görüntüleme (RG), 5
Radyonüklid sisternografi, 948
Radyonüklid, 184
Ragbi topu işareti, 535
Rapor yazma, 240
Raporun bölümleri, 240
Raşitizm, 757
Ray, 93
Realaksasyon sürelerinin anlamı, 111
Rebound fenomeni, 338
Receiver operatör karakteristik ("ROC") eğrisi, 230
Reenfeksiyon tüberkülozu (ikincil TB, yetişkin tipi TB), 303
Reiter sendromu, 782
Rejeksiyon, 577
Rejeneratif nodüller, 476
Rejinal enterit (Crohn hastalığı), 453
Rekto-sigmoid indeks, 468
Rem, 29
Renal agenezi, aplazi ve hipoplazi, 549
Renal anjiyografi endikasyonları, 397
Renal apse, 570
Renal arter, 396, 397
Renal displaziler, 557
Renal ektopi, malrotasyon ve füzyon, 549
Renal halo işareti, 519
Renal hücreli karsinom, 558
Renal kist aspirasyonu, 219
Renal osteodistrofi, 761
Renal parankimde yaygın infiltrasyon, 566
Renal perfüzyon çalışması, 547
Renal pitoz, 549
Renal rikets, 758
Renal sinüs lipomatozisi, 552
Renal transplantasyon, 577
Renal ven trombozu, 566
Renkli Doppler (RDUS), 176
Renkli Doppler tekniği, 178
Renovasküler hastalık, 571
Renovasküler hipertansiyonda radyolojik tanı algoritmi, 575
Retiküler örnek, 273
Retikülonodüler örnek, 274
Retinoblastom, 997
Retrograd piyeloüreterografi (retrograd EÜ), 544
Retroperitoneal fibroz, 609
Retroperitoneal tümörler, 609
Retroperitoneum, 542
Retzius alanı, 542
Retzius aralığı, 598
Reverberasyon artefaktı, 168
Rezistans indeksi, 180
Rezistiv ve süperkonduktif magnetler, 113
RG aygıtı ve görüntü oluşumu, 185
RG görüntülerinin yorumlanması, 190
RG, 254
Riedel struma, 1019
Rigler işareti, 535
Ring artefaktı, 103
Risk faktörleri, 77
Rokitansky-Aschoff sinüsleri, 513
Rolando kırığı, 697
Romatoid artrit, 776
Rotator kılıf tendonu US, 805
Rotator kılıf, 803
Rotgen filmi, 48
Rozet formu, 494
Rozet işareti, 420
Röntgen, 4
Röntgenolojik spalding bulgusu, 668
Röntgen-pelvimetri, 641
Rubella, 661

S

Saç fırçası görünümü, 764
Saçılma radyasyonu, 37
Saçılma, 40
Saçılmış aktivite alanları, 479
Saçlı deri lezyonları, 868
Safra çamuru, 509
Safra kesesi kanseri, 513
Safra kesesi polibi, 513
Safra Kesesi, 508
Safra sistemi, 219, 498
Safra taşı ileusu, 417
Safra taşları, 508
Safra yollarında genişleme, 502
Safra yollarındaki gaz, 416
Safra yolu atrezisi, 508
Safrataşı ileusu, 467
Sağ atriyo-ventriküler büyüme, 358
Sağ atriyum genişlemesi, 358
Sağ ventrikül büyümesi, 358
Sağlam ventriküler septumla birlikte pulmoner stenoz, 378
Sakral fraktürler, 698
Sakrokoksigeal teratom, 986
Saldırgan fibromatozis, 733
Salter-Harris kırıkları, 688
Sandviç vertebra, 761
Santral kanal stenozu, 964
Santral venöz yol açma, 216
Saptama, 228
Sarkoidoz, 716, 941
Sarkom, 561
Satellit nodüller, 281
Schatzki halkası, 422
Scheuermann hastalığı, 752
Schmorl nodüller, 752
Scimitar işareti adı, 376
Seçici baskılama yöntemi, 131
Sefalosel, 858
Segmental kollaps, 271
Segmental veya fokal renal displazi, 557
Segmentasyon yetersizliği, 986
Segond kırığı, 698
Sekansiyal aktivasyonlu transdusırlar, 158
Sekonder boş sella, 929
Seldinger yöntemi, 203
Selektif olarak renal ven renin seviyesinin tesbiti, 572
Sella tursika, 850
Sellar bölge kitlelerinde ayırıcı tanı, 931
Sellar bölge, 929
Sentrilobüler belirginleşme, 276
Septo-optik displazi, 860
Serbest parça (sekestrasyon), 961
Serbest plevral sıvı, 326
Serebellar "diachisis", 901
Serebellar atrofi, 946
Serebral enfarkt, 891
Serebrit ve apse, 936
Serebrit, 936
Seronegatif spondiloartropatiler, 779
Servikal kitleler, 201
Servikal yetmezlik, 650
Serviks işareti, US, 464
Serviks kanseri, 637
Ses demeti, 156
Sesin doku ile etkileşimi, 153
Sesin özellikleri, 152
Sesin yayılım hızı, 152
Sıcak hiperaktif nodüller, 1017
Sıruma ovari, 629
Sıvı birikimleri, 664
Sızıntı radyasyonu, 37
Sideropenik disfajide (Plummer-Winson sendromu), 430
Siderotik nodüller adı, 522
Sievert (Sv), 29
Sifiliz osteomiyeliti, 715
Sigmoid volvulus, 417, 469
Siluet işareti, 260

Simetrik, 648
Simfizis pubiste erozyon, 698
Sindesmofitler, 779
Sindirim borusu kanamaları, 459
Sindirim borusu kanamalarının sintigrafik tanısı, 460
Sindirim borusu obstrüksiyonları, 461, 666
Sine-film, 58
Singh indeksi, 755
Sinir kılıfı tümörleri, 975, 991
Sinitilasyon dedektörleri ve otomultiplier tüpleri ("PMT"), 185
Sinoviyal osteokondromatoz, 787
Sinovyal hücreli sarkom, 817
Sintilatör ve amorf diyotlu yassı-panel, 824
Sintilatörler, 43
Sinüzit, 1004
Sinyal-gürültü ve kontrast-gürültü oranları, 70
Sinyalin ve geldiği yerin saptanması, 187
Siringomiyeli, 979
Sirinks kaviteleri, 977, 979
Siroz, 476
Sistemik lupus eritamatozda, 779
Sistiserkozis, 944
Sisto-üretro sintigrafi, 548
Sitomegalo virusu, 661
Siyah kan görüntüleme, 140
Skafoid kırığı, 697
Skip alanlar, 736
Sklerodermada, 779, 813
Sklerozan kolanjit, 507
Skrotum-Testis, 613
Skuamöz hücreli karsinom, 308, 582, 594
Smith kırığı, 696
SNR, 129
Soğan kabuğu periost reaksiyonu, 683
Soğan zarı görümü, 734
Soğuk nodüller, 1018
Soğurulan doz, 29
Soğurulma etkinliği (quantum tutma etkinliği –QDE), 47
Soğurulma ve saçılma, 22
Sol atriyum genişlemesi, 358
Sol ventrikül büyümesi, 358
Solid lezyonlar, 981
Solid periost reaksiyonları, 681
Solid-state dedektörler, 91
Soliter basit kistler, 625
Soliter enkondrom, 725
Soliter intraduktal papillom, 838
Soliter kemik kisti, 741
Soliter pulmoner nodül (SPN), 279
Solmuş çiçeğe, 580
Sonografik Murphy işareti, 510
Sonucu kirli BOS, 904
Sonuçlar, 201
Spalding bulgusu, US, 668
Spastik mesane, 597
SPECT, 189
Spektral Doppler, 175
Spin Eko (SE), 115
Spina bifida, 661, 787, 983
Spinal stenoz, 964
Spinoz çıkıntının fleksiyon kırığı, 691
Splenik apseler, 524
Splenik ektopi, 523
Splenomegali, 477, 522
Splenozis, 527, 692, 688, 775
Spondilolistez, 688, 974, 692
Spondilozis deformans, 775
Spot film, 58
Sprengel deformitesi, 351
Stafilokok pnömonisi, 302
Stag-horn taşlar, 584, 590
Steal sentromu, 885, 946
Stentler, 208
Stereotaktik perkütan biyopsi, 840
Sternoklaviküler eklem yaralanması, 695
Sternum, 351
STIR, 118
Stokastik etki, 79
Stres kırıkları, 688
Sturge-Weber sendromu, 867
Su eksitasyon yöntemi, 131
Subakut granülomatöz tiroiditde, 1019
Subakut sklerozan panensefalit, 941
Subaraknoid kanama (SAK), 873, 883
Subdural hematom 870
Subependimal dev hücreli astrositoma, 927
Subfalsin herniyasyon, 876
Subintimal anjiyoplasti, 208
Subje kontrastı, 64
Subkapital kırıklar, 698
Subkoryonik kanama, 646
Sublukse faset, 691
Submandibuler bez, 1012
Subperiosteal kortikal rezorbsiyon, 758
Subplevral çizgiler, 276
Subsegmental atelektazi, 271
Suçiçeği pönonisi, 283
Sudeck atrofisi, 687
Supraglottik tümörler, 1014
Supraspinatus tendonu, 803
Süperior mezenterik arter sendromu, 443
Süperior vena kava (SVK), 405
Süperior vena kava sendromu, 310, 340
Süperparamanyetik maddeler, 129
Sürekli (continuous) floroskopi, 58
Sürfaktan yetmezlik hastalığı, 297
Sürükleyici lezyon, 465
Süt çocuğunda subaraknoid alanın benign genişlemesi, 945

Ş

Şarap kadehi görünümü, 701
Şemsiye işareti, 465
Şemsiyeye benzer görünüm, 442
Şizensefali, 862
Şoför kırığı, 696

T

T1 A siyah kan yöntemi, 365
T1, T2 ve T2* relaksasyonları, 109
T2A gölgelenmesi, 631
Tabağa benzer ("saucerisation") görünüm, 735
Tabak şeklinde ("plate-like") atelektazi, 271
Takayasu arteriti, 391
Talasemi, 764
Tanatoforik displazi, 704
Tanımlama, 237
Tansiyon kaviteleri, 286
Tarama çeviricisi ("scan converter"), 160
Tarama, 835
Targa, hedef, 420
Target, 478
Tarlov kisti, 961
Tarsometatarsal dislokasyon, 699
Taş hastalığı, 583
Taş, 597
Taşınabilir röntgen aygıtları, 46
Taşınabilir üniteler, 53
Taşlı yüzüğe, 293
Tc-99m DMSA, 547
Tc-99m DTPA, 547
Tc-99m GH glükoz, 547
Tc-99m-MAG, 547
Tc-99m-MAG, 547
Tedavi girişimleri, 202
Tek iğne tekniği, 199
Tek taraflı büyük hilus, 263
Televizyon (TV), 56
Temel fizik, 184, 192
Temel puls sekansları, 114
Temporal kemik ve kafa kaidesi, 988
Temporomandibuler eklem MR, 810
Tendinit, 807
Tendon rüptürü, 807
Tendonlar, 806
Tenosinovit, 806
Teratom, 933
Teratom-Teratodermoid kist, 629
Termal indeks (TI), 183
Terminal duktal, 821
Termoluminesans dozimetri (TLD), 86
Termoluminesans maddeler, 28
Ters barton kırığı, 696
Ters dalga ("backwash") iletisi, 454
Ters madelung, 727
Tersine dönmüş bir armut şeklini, 590
Tersine kelebek görünümü, 273
Testere dişi görünümü, 454
Testiküler mikrolitiyazis, 619
Testis torsiyonu, 617
Testis tümörleri, 616
Tırpan bıçağı, 700
Tibianın stres kırığı, 699
Tiflitis, 456
Time gain compansation-TGC, 160

Timus, 337
Tirbuşon görünümü almışlardır, 465
Tirbüşon ("corkscrew") özofagus, 429
Tirbüşon özofagus, 422
Tiroglossal kist, 1023
Tiroid akropakisi, 763
Tiroid inferno, 1018
Tiroid nodülleri, 1016
Tiroid orbitopati, 1000
Tiroid, 1015, 1019
TOFanjiografi, 135
Tofüs, 783
Toksik difüz guatr, 1018
Toksoplazmozis, 661
Tomografi, 46
Tomurcuklanmış ağaç görünümü, 276
Toplayıcı sistem, 579
Toplayıcı sistemin obstrüktif olmayan genişlemesi, 593
Toplum dozu, 83
Topuk etkisi, 39
Torasik aort, 383
TORCH enfekiyon, 866
Total agenezi, 290
Total kollaps, 269
Trakea ve ana bronşlar, 255
Trakea, 286
Trakeada boyut değişiklikleri, 287
Trakeobronkomalazi, 287
Trakeobronkomegali ("Mounier-Kuhn" sendromu), 287
Traksiyon bronşektazisi, 293
Traksiyon divertikülleri, 423
Transabdominal US, 622
Transdusır, 155
Transformatörler, 31
Transisyonel hücreli karsinom, 581
Transisyonel hücreli, 594
Transjuguler intrahepatik portsistemik şant (TIPS), 215
Transtentoriyal herniyasyon, 877
Transvajinal US, 623
Transvers manyetizasyonu yok eden ("spoiled") GRE sekansları, 121
Transvers miyelit, 982
Travma sonrası gelişen lezyonlar, 769
Travma, 402, 497, 526, 575, 600, 684, 971, 989, 1004
Travmada radyolojik tanı algoritmi, 878
Travmanın özel tipleri, 688
Travmatik aort yaralanması, 392
Tren rayı görünümü, 454
Tren rayı işareti, 465
Tren rayı işareti, US, 464
Tren rayı şeklinde, 292
Triangüler fibrokartilaj yırtığı, 810
Trikuetrum kırığı, 697
Triküspit atrezisi, 379
Triple-bubble, 415
Trizomi 13 (Pataus sendromu), 668
Trizomi 18 (Edward sendromu), 668
Trizomi 21 (Down sendromu), 668
Trizomi sendromları, 668
Trokar tekniği, 204
Tromboembolik hastalık, 892
Tromboembolizm, 400
Trombolizis, 213
Trummerfeld zonu, 756
Trunkasyon artefaktı ("ringing" artefakt, Gibbs fenomeni), 150
Trunkus arteriyozus, 377
T-tüp aracılığı ile yapılan uygulamalar, 220
Tubülasyon bozukluğu, 679
Turner sendromu, 708
Tuz-biber görünümü, 759, 875, 993
Tüberkülom, 304, 940
Tüberküloz artrit, 714
Tüberküloz menenjiti, 939
Tüberküloz osteomiyeliti, 713
Tüberküloz ve sarkoidoz, 524
Tüberküloz, 302, 571, 938, 967
Tüberöz skleroz (Bourneville hastalığı), 558, 865
Tükrük bezleri, 1011
Tümerküloz apsesi, 940
Tümör damarlanması, 402
Tümör kalsifikasyonları, 854
Tümöral kalsinozis, 813
Tümörler, 211, 427, 450, 524, 816, 968, 995, 1007
Tünemiş ("perched") faset görünümü, 691
Tüp verileri, 37
Tüpten ısı atımı, 37

U

Ultrasonografi (US), 5
Ultrasonografik hava alveologramı, 254
Ultrasonografik hava bronkogramı, 253
Umbilikourakal sinüs, 593
Unikornuat uterus, 625
Unkal herniyasyon, 877
Urakal kalıntı anormallikleri, 593
Urakal kist, 593
US kılavuzluğunda amniyosentez, 654
US, 196, 253
Uterus bikornis ünikollis, 625
Uterus bikornus bikollis, 625
Uterus didelfis, 625
Uterus, 632, 649
Uterustaki miyom, 649
Uygulama açısına bağlı artefaktlar, 181
Uygulama, 198
Uzak alan, 156
Uzaysal (geometrik) çözümleme (çözümleme), 164
Uzaysal bileşik tarama, 163
Uzaysal çözümleme, 101, 131
Uzaysal filtreleme, 12
Uzaysal modelleme, 67
Uzun TR'li (>200 msn) GRE sekansları, 120

Ü

Üç boyutlu (3B) Fourier değişim, 125
Üç boyutlu (3B) görüntüleme, 164
Üç boyutlu gösterim (hacim rekonstrüksiyon teknikleri), 99
Ülseratif kolit, 454
Üremide gelişen renal kistler, 558
Üremik medüller kistik hastalık, 556
Üreter taşı, 585
Üreterik girişimler, 219
Üreterler, 541
Üreteropelvik darlık, 590
Üreterosel, 580
Üretra, 598
Üriner obstrüksiyon, 587
Üriner sistem girişimleri, 219
Üriner sistem taşlarında girişimler, 219
Üriner sistem, 665
Üst sindirim borusu kanamaları, 459

V

Vajina, 638
Vakum fenomeni, 775
Vanişing tümör, 327
Varikosel, 213, 618
Varisler, 425
Vasküler anomaliler, 211
Vasküler diskrepensi, 319
Vasküler komplikasyonlar, 577
Vasküler Lezyonlar, 876, 1001
Vasküler malformasyonlar, 819, 883
Vasküler tümörler, 745
Venojenik impotans, 620
Venöz (kavernöz) hemanjiomlar, 819
Venöz anjiyomlar, 887
Venöz enfarkt, 897
Venöz kalsifikasyon, 813
Venöz Sistem, 404
Venöz-lenfatik malformasyon, 1001
Ventilasyon/perfüzyon sintigrafisi, 324
Ventriküler genişleme, 659
Ventriküler septal defekt (VSD), 374
Veri toplama, depolama ve görüntüye çevirme, 123
Verici/alıcı ("transmit/receive") anahtar, 159
Vertebra plan, 739, 753
Vertebral hemanjiom, 968
Vezikal duplikasyon, 596
Vezikourakal divertikül, 593
Vezikoüreteral reflü, 545
Vibrasyon sendromu ("driller" hastalığı), 690
Viral infeksiyonlar, 941
Virgül işareti, 481
Vitamin A intoksikasyon, 763
Vitamin D intoksikasyonu, 764
Voiding sistoüretrografi (VSÜG), 545

Volkmann'ın iskemik kontraktürü, 688
Von Hippel-Lindau, 558, 922, 981, 866, 560
VSD, 374

W

Wilms tümörü, 560
Wilson hastalığı, 954
Wimberger halkası, 756
Wolman hastalığı, 415
Wormian kemikler, 762
Wrisberg ligamenti, 790

X

Xenon dedektörler, 90
X-Işını demetinin karakteristikleri (x-ışını spektrumu), 38
X-ışını demetinin niceliği (kantitesi), 38, 39
X-Işını Tüpleri, 33
X-ışını, 93
X-Işının Saçılması ve Önlenmesi, 40
X-ışınını etkileri, 25
X-Işınının oluşumu, 20

Y

Yabancı cisim ve yırtıklar, 426
Yabancı cisimler, 819
Yağ nekrozu, 838
Yağ sekansları, 131
Yağ yastığı işareti, 686, 696
Yağdan korunmuş alanlar, 475
Yağlı karaciğer, 474
Yakalık ve Hampton çizgileri, 436
Yalancı divertikül, 596
Yamalı yorgana ("patchwork quilt"), 300
Yan dekübitus, 250
Yan parça ("side lobe"), 157
Yapısal distorisyon ve traksiyon bronşektazisi, 279
Yapısal distorsiyon, 830
Yarasa kanadı görünümü, 272, 320
Yarı-iletken ("semiconductor") dedektörler, 44
Yarık dudak, 659
Yarım değer kalınlığı ("half value layer-HVL"), 25
Yassı-panel dekektör sistemleri, 60
Yaşla ilgili beyaz cevher değişiklikleri, 950
Yatak yayına benzer, 466
Yazım kuralları, 243
Yedioğan Asfiksisi, 905
Yelken göğüs, 694
Yeni kemik yapımı, 681
Yersinia enterokoliti, 447
Yetersiz osteoid mineralizasyonu, 757
Yetişkin tip polikistik böbrek, 555
Yetişkinlerde KİBAS, 853
Yıldız artefaktları, 103
Yıldız şeklindeki santral skar dokusu, 486
Yıldızlı sema görünümü, 476
Yoğunluk artımı, 857
Yolk kesesi, 642
Yorgunluk kırıkları, 688
Yorumlama yanlışları, 238, 240
Yöntemlerin planlanmasında genel kurallar, 232
Yöntemlerin seçiminde temel kurallar, 229
Yumurta kabuğu şeklinde kenar kalsifikasyonu, 283
Yumurta şeklinde kalp, 376
Yumuşak doku içerisinde gaz, 816
Yumuşak doku kalsifikasyon ve osifikasyonu (myozitis ossifikans), 687
Yumuşak doku kenarı bulgusu, 586
Yumuşak doku, 349
Yuvarlak ("round") atelektazi, 271
Yüksek çözümlemeli BT (YÇBT), 251
Yüksek greydli yüzey osteosarkomudur, 724
Yüksek osmolariteli kontrast maddeler, 74
Yükseltici ekran (ranforsatör), 46
Yüzer diş görünümü, 740
Yüzeye çıplak alan, 528
Yüzücü pozisyonunda, 690

Z

Zamansal çözümleme, 188
Zararsızlık ve Maliyet, 232
Zayıflama katsayısı (μ), 154
Zenker divertikülü, 423
Zeytin şeklindeki ("olive"), 465
Zımba ile delinmiş gibi, 783
Zigoma kırıkları, 694
Zollinger-Ellison sendromu, 441, 434