

# Radyoloji Ders Notları

## (Tıp Öğrencileri İçin)

### İçindekiler

---

#### ÖNSÖZ YERİNE

##### GİRİŞ

Radyolojik tanı yöntemleri  
Radyolojik görüntüler  
Radyolojinin hekimlikteki yeri

#### X-IŞINI İLE GÖRÜNTÜLEME

X-ışını

##### Röntgen

Röntgen aygıtları  
Röntgen incelemesi nasıl yapılır?  
Görüntü oluşturulması ve işlenmesi  
Röntgenin ayırt edebildiği yapılar  
Röntgenin klinikteki yeri  
Röntgenin zararlı etkileri ve korunma

##### Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT aygıtı  
BT incelemesi nasıl yapılır?  
Görüntü oluşturulması ve işlenmesi  
Yöntemin ayırt edebildiği yapılar  
BT'nin klinikteki yeri  
Yöntemin güçlü ve zayıf yanları, zararlı etkileri

#### RADYO DALGALARI İLE GÖRÜNTÜLEME

##### Manyetik Rezonans (MR)

Spin, presesyon, MR sinyali  
MR aygıtı  
Görüntü elde edilmesi  
Yöntemin ayırt edebildiği yapılar  
Özel amaçlı görüntüleme teknikleri  
MR Spektroskopi (MRS)  
MR'nin klinikteki yeri  
Yöntemin güçlü ve zayıf yanları, zararlı etkileri

#### SES DALGALARI İLE GÖRÜNTÜLEME

##### Ultrasonografi (US)

Ses fiziği  
US aygıtı  
Görüntü oluşturulması  
US incelemesi nasıl yapılır?  
Yöntemin ayırt edebildiği yapılar  
US'nin klinikteki yeri

##### Doppler US

İnceleme yöntemleri,  
Doppler ile damar nasıl incelenir?  
Diğer Doppler yöntemleri  
Doppler US'nin klinikteki yeri,  
US yöntemlerinin güçlü ve zayıf yanları, zararlı etkileri.

#### RADYONÜKLİD GÖRÜNTÜLEME (RG)

#### RADYOLOJİK TANI YÖNTEMLERİ NE YAPABİLİR, NASIL İSTENİR VE KLİNİKTEKİ YERİ NEDİR?

Saptama  
Karakterize etme  
Radyolojik tetkik istenirken uyulması gereken temel kurallar  
Hangi organ sisteminde hangi yöntem?

#### RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLEME

#### KILAVUZLUĞUNDA PERKÜTAN TEDAVİ

##### GİRİŞİMLERİ

Damar girişimleri  
Üriner sistem girişimleri  
Safra sistemi girişimleri  
Apse drenajı  
Hidatid kist drenajı  
Perkütan tümör tedavisi

#### SON SÖZ YERİNE

## Önsöz Yerine

---

Bu ders notlarını, 2014-2015 ders yılında radyoloji stajında anlatacağım *radyolojik yöntemler* derslerine kaynak olmak üzere hazırladım. Notlar, 2008 yılında tıp ve sağlık hizmetleri yüksek okulu öğrencileri için yayımladığım, baskısı tükenmek üzere olan *Radyolojiye Giriş* ders kitabımın, teknik bilgilerden arındırılmış bir özetidir. Bu şekliyle notlar, sadece anlatılan dersler için kaynak değil, hekimler için radyoloji uzmanlık alanının sistematik bir özeti niteliğindedir.

Amacım, günümüzde modern tıbbın vitrini ve tanının temel yöntemi haline gelmiş olan radyolojik yöntemlerin ne olduklarını ve ne yapıp ne yapamayacaklarını basit ve anlaşılır bir şekilde anlatmaktı; umarım bu amaca yaklaşmışımdır. Daha iyiye ulaşabilmek ancak eleştirilerinizle ([ercantuncel@uludag.edu.tr](mailto:ercantuncel@uludag.edu.tr)) mümkündür. Böyle bir davranışın, sizden sonraki arkadaşlarınıza verebileceğiniz en güzel armağan olacağını düşünüyorum. Ancak şunu da hatırlatmak isterim: Bir öğretmen ne kadar usta öğretici olursa olsun, öğrenmenin temel belirleyeni, öğreticinin ustalığı değil, **öğrencinin öğrenme isteği ve çabasıdır**.

İyi bir hekim olmanızda az da olsa katkısı olursa, ders notları amacına ulaşmış demektir. Bu umutla azımın çoğa sayılmasını diliyorum

Temmuz 2014  
Göynüklü, Mudanya

E.Tuncel  
U.Ü.T.F. Radyoloji AD  
Emekli Öğretim üyesi

Röntgen ışınları bizi asla yanıltmazlar;  
onların dilini yanlış yorumlamakla  
ya da onlardan verebileceklerinden  
fazlasını istemekle yanılan biziz”  
1897, Antoine Béclère

# Giriş

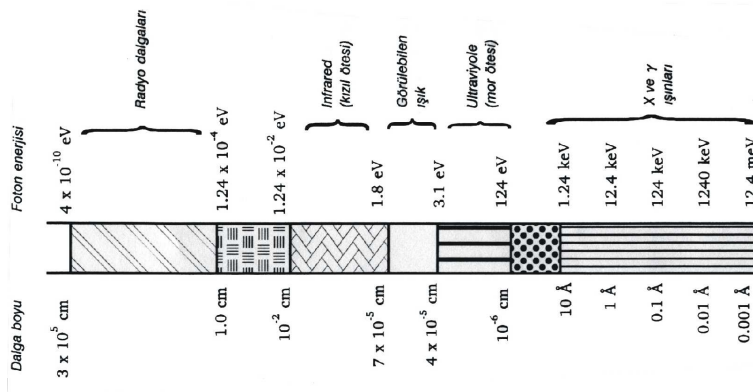
- Radyolojik tanı yöntemleri
- Radyolojik görüntüler
- Radyolojinin hekimlikteki yeri

Diğer tıp dallarına göre oldukça yeni olan Radyoloji biliminin doğuşuna yol açan x-ışınları, 1895 yılında Alman fizik Profesörü Wilhelm Konrad Röntgen tarafından keşfedilmiştir. Tıpta devrim yaratan bu önemli keşfe, fizik dalında ilk Nobel ödülü (1901) verilmiştir.

Radyoloji sözcüğü eski Yunanca ışın anlamındaki *radius* ve söz anlamındaki *logos* sözcüklerinin birleşmesinden oluşur ve ışın bilimi anlamına gelir. Radyoloji, bir tıp dalı olarak yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde kliniğe girmiştir. Ülkemizde önce *Röntgen* daha sonra *Radyodiyagnostik* olarak isimlendirilen bu dalın günümüzdeki adı *Radyoloji*dir.

Radyolojik tanı yöntemlerinin işlevi, vücudun bir enerji ile test edilerek içyapılarının bir fotoğraf şeklinde gösterilmesidir. İçyapıların görüntülenebilmesi için kullanılan enerjilerin vücudu geçebilmesi gerekir. Bu amaçla üç tür enerji kullanılır: *x-ışınları*, *radio dalgaları* ve *ses dalgaları*. Ülkemizde Nükleer Tıp adıyla ayrı bir anabilim dalı olan, radyonüklid görüntüleme kullanılan enerji ise *gamma ışınları*dır.

Bu enerji türlerinden ses dalgaları dışındakiler elektromanyetik radyasyon spektrumu içerisinde yer alır. Geniş bir spektrum oluşturan elektromanyetik radyasyonlar, transvers dalga formunda yayılırlar. Hızları sabittir (yaklaşık 300.000 km/sn). Dalga boyları ile karakterize edilirler; dalga boyları kısaltıkça enerjileri artar. Spektrumun bir ucunda dalga boyları metrelerle ölçülen radyo dalgaları, diğer ucunda dalga boyları çok kısa olan yüksek enerjili x ve gama ışınları bulunur; ortasında görülebilen ışık vardır (Şekil 1). Taşıdıkları enerji, kesintisiz değil, makineli tüfek mermileri gibi enerji paketleri şeklindedir. Bu enerji paketlerine *foton (kuantum)* adı verilir. Ses dalgaları ise mekanik bir enerji türüdür.



**Şekil 1. Elektromanyetik spektrum.** Işınları dalga boyları karakterize eder. Dalga boyu ne kadar kısa ise ışının enerjisi o kadar yüksektir. Spektrumun bir ucunda enerji en yüksek olan x ve gama ışınları, diğer ucunda ise dalga boyları metrelerle ölçülen radyo dalgaları vardır.

X- ve gamma ışınlarının enerjileri yüksektir, geçtikleri ortamlarda iyon çiftleri oluştururlar. Bu nedenle bu ışınlar *iyonizan ışın* adı verilmiştir. İyonizasyon dokunun yapısının atomik seviyede değişmesi demektir; dolayısıyla biyolojik yapılar için zararlıdır.

#### RADYOLOJİK TANI YÖNTEMLERİ

Radyolojide, kullandıkları enerji türleri ile belirlenen üç temel tanı sistemi vardır: *X-ışını ile görüntüleme*, *Radyo dalgaları ile görüntüleme* ve *Ses dalgaları ile görüntüleme*. Bunlara Nükleer Tıp yöntemi olan *Radyonüklid görüntülemeyi* de eklemek gerekir.

X-ışınları ile görüntülemenin, görüntü teknolojisine göre iki ana yöntemi vardır: **Röntgen** ve **Bilgisayarlı Tomografi (BT)**. Röntgen, Radyoloji disiplininin en eski ve en temel yöntemidir. Bu yöntemde vücudu farklı oranlarda geçen x-ışınları, iki boyutlu bir fotoğraf şeklinde kaydedilir (radyografi) veya canlı olarak izlenir (floroskopi). Görüntüler, vücut içyapılarının bir *projeksiyonudur*. BT’de ise vücut kesitler şeklinde (*tomografi*) görüntülenir. Görüntüleri röntgene göre çok ayrıntılıdır.

Radyo dalgaları ile görüntüleme yöntemi **Manyetik Rezonansdır (MR)**. Yöntemin veri kaynağı su ve yağ moleküllerindeki hidrojen çekirdeğidir (proton). Görüntü, hidrojen çekirdeklerinin buldukları ortama göre farklılaşan manyetizasyon değerlerinden oluşturulur. Kesit şeklinde üretilen görüntüleri çok ayrıntılıdır; yumuşak dokuda kontrast çözümü en yüksek yöntemdir.

Ses dalgaları ile görüntülemenin yöntemi **Ultrasonografidir (US)**. Kulağın duyma sınırının çok üstündeki yüksek frekanslı ses (ultrason), vücudu geçerken farklı yapıların yüzeylerinden yansır. Görüntü, bu yankılardan oluşturulur ve incelenen bölgenin kesiti şeklindedir. Kan akımı ise, kanın şekilli elemanlarından dönen ekoların frekans ve faz değişiklikleri ile değerlendirilir (**Doppler US**).

Vücuda verilen radyoaktivitenin ilgili organ veya dokuda dağılımının saptanması temeline dayanan radyonüklid görüntülemenin yöntemi **Sintigrafidir**. Birçok batı ülkesinde radyoloji disiplini içerisinde yer alan bu yöntem, görüntülerinin hem oluşturulması, hem de taşıdıkları bilgiler ve yorumlanması bakımından, radyolojik tanı yöntemleri ile aynı kategoride değerlendirilir.

Radyolojik görüntüler analog veya dijital yöntemlerle elde edilir. Analog görüntülerde sinyal farklılıkları, nitelikleri değiştirilmeden görüntü şeklinde kaydedilir. Dijital görüntülerde ise saptanan sinyaller dijitalize edilir ve sayılaştırılmış bu değerler bilgisayar aracılığı ile görüntüye çevrilir. BT ve MR görüntüleri dijital olmak zorundadır. US ve sintigrafi görüntüleri analog olabilir ancak günümüzde dijital sistemlere dönüşmüşlerdir. Tek analog görüntü elde eden yöntem röntgen kalmıştır; o da hızla dijital sistemlere evrilmektedir.

#### RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLER

Radyolojik görüntüler ya sabit bir görüntüdür veya canlı olarak izlenebilen video görüntüsüdür. Genel olarak sabit olan tüm radyolojik görüntüler *radyogram*, görüntünün elde edilme sürecine ise *radyografi* denir. *Röntgenogram*, röntgen görüntülerine; *röntgenografi* ise bu görüntüleri elde etme sürecine verilen isimdir. Ancak pratikte radyogram ve radyografi terimlerinin ikisi birden daha çok röntgen için kullanılır; BT, MR ve US’ de ise *görüntü* ya da *kesit* terimleri tercih edilir. RG görüntülerine *sintigram*, görüntülerin elde edilme işlemine *sintigrafi* denir. Röntgendeki canlı izleme yöntemine *floroskopi* adı verilir.

Röntgenogramlar için kullanılan *akciğer filmi*, *sinüs filmi* gibi deyimler yanlıştır; doğrusu *göğüs röntgenogramı*, *paranasal sinüs röntgenogramı* olmalıdır. *Röntgen filmi* ifadesi çekim yapılmadan önceki filmi tanımlar.

Radyolojik tanı yöntemleri, kullandıkları enerji türüne, görüntülerinin şekline, verilerin görüntüye çevrilme teknolojisine ve oluşan görüntülerin gösterilme şekillerine göre Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1. Radyolojik Tanı Yöntemlerinin Sınıflandırılması**

Sınıflandırma ölçütleri	Röntgen	BT	MR	US	RG
Kullanılan enerji	x-ışını	x-ışını	radyo dalgası	ultrason	γ-ışını
Görüntünün şekli	projeksiyon	kesit	kesit	kesit	projeksiyon/ kesit
Görüntü teknolojisi	analog/dijital	dijital	dijital	analog/dijital	analog/dijital
Görüntü gösterimi	sabit/hareketli	sabit	sabit	hareketli	sabit

### **Görüntülerdeki gri tonların anlamları ve terminolojisi**

Radyolojik görüntüler, renkli Doppler gibi bazı uygulamalar dışında, bir ucunda beyaz diğer ucunda siyah rengin bulunduğu gri tonlardan oluşur. Her yöntem farklı enerji ve/veya farklı teknoloji ile görüntü ürettiğinden, görüntülerdeki gri tonlamanın anlamı da yöneme göre değişir.

X-ışını yöntemlerinde (Röntgen ve BT) koyu tonlar x-ışınını görece olarak az zayıflatan (çok geçiren), açık tonlar ise tersine çok zayıflatan (az geçiren) dokuları temsil eder. MR görüntülerinde, açık tonlar sinyalin fazla olduğu, koyu tonlar az olduğu yerlerdir. US görüntülerinde, açık tonlar sesin çok yankılandığı, koyu tonlar az yankılandığı kesimleri gösterir. İçlerinde 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. Modern aygıtlarda sintigrafî görüntüleri renkli olarak da üretilmektedir.

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. Sintigrafide zemin beyaz olursa tutulum siyah, zemin siyah olursa tutulum beyaz noktalar şeklindedir. Radyolojik görüntülerdeki gri tonların terminolojisi Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Radyolojik Görüntülerdeki Gri Tonların Terminolojisi

	Koyu tonlar	Açık tonlar
Röntgen	radyolusent, lusent alan, düşük dansite, yoğunluk azlığı	radyopak, opasite, dansite artımı, yoğunluk artımı
BT	hipodens	hiperdens
MR	hipointens	hiperintens
US	hipoekoik / anekoik	hiperekoik
RG (zemin siyahsa)	soğuk alan, negatif aptek, düşük aktivite alanları	sıcak alan, pozitif aptek, artmış aktivite alanları

### Yöntemlerin çözümüleme yetenekleri

Rezolüsyon sözcüğünün karşılığı olan çözümüleme, bir görüntüleme yönteminin ayrıntıları gösterebilme yeteneğidir. Bir yöntem ne kadar küçük bir yapıyı gösterebiliyorsa o yöntemin çözümüleme gücü o kadar yüksektir. Bu yeti, görüntülenen yapının çevre ile oluşturduğu kontrasttan doğrudan etkilenir.

Çözümülemenin birbiri ile ilişkili iki bileşeni vardır: Geometrik (uzaysal, “spatial”) çözümüleme ve Kontrast çözümüleme. **Geometrik çözümüleme** ölçütü görüntülenen iki yapı arasındaki mesafe ya da kenar keskinliğidir. Bu mesafe ne kadar küçük ya da kenar ne kadar keskinse sistemin geometrik çözümüleme gücü o kadar yüksektir.

Bir yöntemin geometrik çözümüleme gücü ne kadar yüksek olursa olsun, nesnenin çevresi ile kontrast farkı yoksa görüntülenemez. **Kontrast çözümüleme** sistemin, kullandığı enerjide oluşan farklılıkları gri tonlamaya çevirebilme yeteneğidir. Bir sistem kullandığı enerjide oluşan farklılıkları ne kadar fazla gri tonlama ile gösterebiliyorsa, sistemin kontrast rezolüsyonu o kadar yüksek demektir.

Radyolojik tanı yöntemleri içerisinde geometrik çözümüleme gücü en yüksek olan analog röntgendir, bunu BT ve MR, daha sonra US izler. Geometrik çözümüleme yetisi en düşük yöntem RG’dir. Kontrast çözümüleme yetisi (yumuşak dokularda) en yüksek olan radyolojik tanı yöntemi ise MR’dır. Röntgene göre BT’nin kontrast çözümüleme gücü belirgin şekilde yüksek, US ve RG’nin ise görece düşüktür.

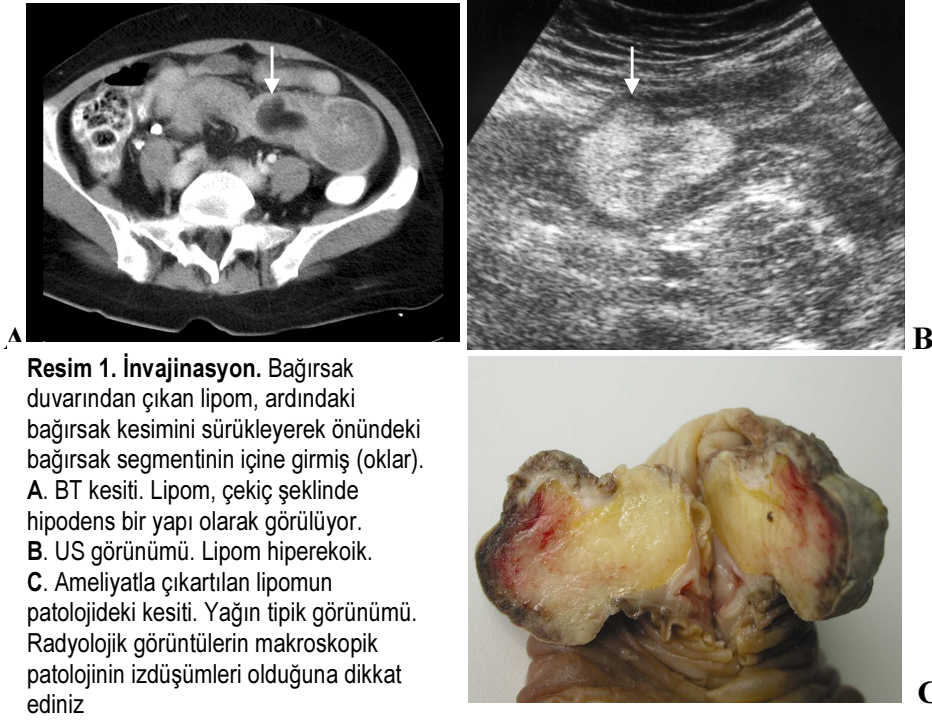
### RADYOLOJİNİN HEKİMLİKTEKİ YERİ

Tedavi edici hekimlikte asıl önemli olan, tanı koymaktır, çünkü hastalıkların tedavisi çoğunlukla standart hale getirilmiştir. Tanı için hekimin yaptığı ilk iş, yakınması ile ilgili olarak hastayı sorgulamaktır. Anamnez alma dediğimiz bu sorgulamayı fizik muayene (bakı) izler. Fizik muayenede hekim hastasını inspeksiyon, palpasyon, perküsyon ve oskültasyon ile, yani, beş duyusunu kullanarak inceler. Amaç hastanın yakınmasının nedenini bulmak, hastalığını ortaya çıkarmaktır. Ayrıntılı bir anamnez ve iyi bir fizik muayene ile çoğu olguda tanı konabilir. Tanının konamadığı olgularda vücudu beş duyumuzdan daha duyarlı yöntemlerle incelemeye gereksinim duyulur.

Hastalıkların vücut yüzeyinde oluşturduğu değişiklikler doğrudan, iç yüzeyleri de endoskop dediğimiz gelişmiş optik aletler aracılığıyla gözle incelenir. Bu şekillerde ulaşamadığımız organ ve dokuların içyapıları ise radyolojik tanı yöntemleri ile görüntülenir. Bu resimlerdeki veriler mikroskobik değil, gözümüzle görebileceğimiz boyutlardadır. Çoğu zaman, hastalıklı organın kesitlerinde makroskopik olarak ne görüyorsak radyolojik yöntemlerin oluşturduğu

resimlerde de onu görürüz. Yani radyolojik görüntüler, hastanın içyapılarının radyolojik izdüşümleridir (Resim 1).

Anormallikler radyolojik görüntülerde normal anatominin ve/veya doku yapısının bozulması şeklinde karşımıza çıkar. Bu değişiklikler yerel olabileceği gibi yaygın da olabilir. Yerel anormallikler genellikle, oturdukları organ ya da dokudan farklı gri tonlarda oldukları için fark edilirler. Bu anormalliklere genel olarak *lezyon* adı verilir. Makroskopik patolojide olduğu gibi bu lezyonlar şekil, boyut, kenar, içyapı vb. özelliklerine bakarak değerlendirilir.



Radyolojik tanı yöntemleri sadece tanımladığımız bu anatomopatolojik bilgileri vermez; aynı zamanda fonksiyonel bilgiler de verir. Örneğin dokunun kanlanması ölçülebilir, beyindeki motor ve sensoriyal merkezler belirlenebilir ve hatta invivo (canlı organizmada) bazı metabolitler ölçülebilir. Fonsiyonel bilgi bakımından en zengin radyolojik yöntem radyonüklid görüntülemesidir.

Radyolojik görüntülerde lezyonların varlığı saptanır; boyutları ve yayılımı değerlendirilir ve saptanan lezyonun ne olduğu söylenmeye (karakterize etme) çalışılır. Ancak tüm teknolojik gelişmişliklerine karşın bu yöntemler lezyonların histopatolojisini belirlemede çoğu zaman başarısızdır. Histolojik tanı, lezyondan alınan doku örneğinin mikroskopik incelemesi ile konur.

Günümüzde radyolojik yöntemler insan vücudunu adeta şeffaflaştırmıştır. Teknolojideki ilerlemeler iğne ve kateterlerin daha iyi kontrol edilebilir ve dokuya daha az hasar verecek şekilde yapılabilmesini de sağlamıştır. Bu gelişmeler sayesinde görüntüleme kılavuzluğunda lezyonlara kolayca ulaşılarak biyopsi (*perkütan iğne biyopsisi*) ve/veya tedavi girişimleri (girişimsel radyoloji) yapılmaktadır.

**Girişimsel radyolojide**, görüntüleme kılavuzluğunda, vücuda dışardan sadece iğne ve/veya kateterle girilerek birçok tedavi girişimi yapılır. Vücudun derinlerindeki iltihap birikintilerinin (apse) boşaltılması, köpeklerden geçen ve iç organlarda su keseleri oluşturan (hidatid kist)

hastalığın tedavisi, safra yolu tıkanıklıklarının açılması, damar darlıklarının genişletilmesi, damar baloncuklarının (anevrizma) tıkanması ya da damar içerisindeki yeni pıhtının (trombüs) eritilmesi benzeri birçok işlem, radyolojik görüntüleme kılavuzluğunda yapılan perkütan tedavi örnekleridir.

Yöntem birçok olguda cerrahiye ve dolayısıyla genel anesteziyi ortadan kaldırır. Operasyonun riskli olduğu durumlarda, cerrahinin hastanın genel durumu düzeldikten sonra yapılmasını sağlar. Birçok olguda kanamayı azaltıp tümör boyutunu küçülterek cerrahiye kolaylaştırır. Yöntemin, hastanın hastanede kalma süresini kısaltması ve bazı durumlarda ameliyatı ortadan kaldırması önemli ekonomik yarar sağlar.

Bu gelişmeler sonucunda günümüzdeki radyoloji uzmanlığının tanımını şöyle yapabiliriz:  
***Değişik enerjiler aracılığı ile vücudu görüntüleyerek tanı koyan ve bu görüntülerin kılavuzluğunda tanı ve tedavi amaçlı perkütan girişimler yapan bir uzmanlık dalıdır.***