

# MEDİKAL GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ

Prof. Dr. Turan OLGAR

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi  
Fizik Mühendisliği Bölümü

# İÇERİK

## **Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri**

- Film/Ekran
- Dijital Radyografi Sistemleri
- Floroskopi Sistemleri
- Mamografi Sistemleri
- Bilgisayarlı Tomografi Sistemleri

## **Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri**

- Gama Kamera Sistemleri/Planer Görüntüleme
- Tek Foton Emsiyon Tomografisi (SPECT)
- Pozitron Emisyon Tomografisi (PET)

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

Elektromanyetik spektrumda görünür ışığın dışındaki bölge, tanısal radyolojide, mamografide ve bilgisayarlı tomografide görüntüleme amaçlı kullanılır. Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) radyofrekans (RF) ve nükleer tıpta gama ışınları kullanılır.

Mekanik enerji, yüksek frekanslı ses dalgaları şeklinde, ultrason görüntüleme kullanılır.

**Nükleer tıp hariç**, tüm medikal görüntüleme sistemlerinde, vücudun dokularına nüfuz etmek için kullanılan enerji aynı zamanda bu dokularla etkileşime girmelidir.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Radyografi**

Radyografi, ilk tıbbi görüntüleme teknolojisidir. Görüntüleme için kullanılan x-ışınları fizikçi Wilhelm Roentgen tarafından 8 Kasım 1895'te keşfedildi. Roentgen ayrıca insan anatomisinin ilk radyografik görüntüsünü almıştır. Radyografi hastanın bir tarafında bir x-ışını kaynağı ve diğer tarafında bir x-ışını dedektörü (tipik olarak düz) ile gerçekleştirilir.

X-ışını tüpünden kısa süreli (tipik olarak  $\frac{1}{2}$  saniyeden az) yayınlanan x ışınlarının, büyük bir kısmı hasta ile etkileşirken bir kısmı da radyografik görüntünün oluştuğu detektöre ulaşır.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Radyografi**

X ışınlarının homojen dağılımı, hastaya girdiğinde x-ışınlarının hastada soğurulması yada saçılması sonucu değişir. Hasta içindeki doku, kemik ve hava gibi yapıların x-ışınlarını zayıflatma derecesi farklıdır ve dolayısıyla hasta çıkışında heterojen bir x-ışın dağılımı elde edilir. Radyografik görüntü bu x-ışını dağılımının bir resmidir.

Dedektör radyografide kullanılan dedektör, radyografik film (film/ekran sistemleri) veya elektronik dedektör sistemi (yani dijital radyografi) olabilir.

Radyografi bir projeksiyon görüntüleme yöntemidir. Radyografik görüntüler, kırık kemik, akciğer kanseri, kardiyovasküler bozukluklar vb. dahil olmak üzere çok çeşitli tıbbi endikasyonlar için yararlıdır.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Floroskopi**

Floroskopi, belirli bir zaman boyunca bir dizi röntgen görüntüsünün sürekli olarak elde edilmesini ifade eder. Esasen hastanın gerçek zamanlı radyografisidir.

Floroskopi sistemleri, sırasıyla hızlı zamansal görüntü üretebilen x-ışını detektör sistemleri kullanır. Floroskopi, kateterlerin atardamarlara yerleştirilmesi, GI kanalında kontrast maddelerinin görselleştirilmesi ve gerçek zamanlı görüntü geri bildiriminin gerekli olduğu invazif terapötik prosedürler gibi diğer tıbbi uygulamalar için kullanılır. Ayrıca kalp veya yemek borusu gibi, anatomik hareketin x-ışını filmlerini elde etmek için kullanılır.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Mamografi**

Mamografi, memenin radyografisidir ve yine radyografi gibi transmisyona dayanan projeksiyon görüntüleme türüdür.

Memede kontrastı vurgulamak için mamografide, genel amaçlı radyografiye göre çok daha düşük x-ışını enerjileri kullanılır. Dolayısıyla hem x-ışın tüpü hem de dedektör sistemleri özellikle meme görüntüleme için tasarlanmıştır. Mamografi, asemptomatik kadınları meme kanseri (tarama mamografisi) için taramada kullanılır. Ayrıca yumru yada küme gibi meme semptomları olan (tanısal mamografi) kadınların tanısına yardımcı olmak için kullanılır.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Bilgisayarlı Tomografi**

Bilgisayarlı tomografi (BT), 1970'lerin başında klinikte kullanılmaya başlandı ve sayısal olarak ilk tıbbi görüntüleme yöntemidir. BT görüntüleri, hasta etrafında dönen x-ışın tüpünden elde edilen x-ışınlarının hastayı birçok açıda ışınlaması sonucu elde edilen projeksiyon görüntülerinden elde edilir. X ışını kaynağının karşısında yelpaze şeklinde bulunan bir dedektör dizisi projeksiyon verilerini toplar. Bilgisayarlı tomografi (BT) yine transmiyona dayanan projeksiyon görüntülemesidir ve hastanın vücut görüntüsü kesitler şeklinde elde edilir. BT'nin radyografiye göre avantajı, hastanın üç boyutlu görüntüsünü elde edilmesi ve böylece insan anatomisinde radyografik görüntüde üst üste örtüşen yapıların tomografik görüntülemeye ayrı ayrı görüntülenmesidir.



# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Bilgisayarlı Tomografi**

Modern BT tarayıcıları, 50 cm uzunluğundaki hastadan 5 saniyede 0,50 - 0,62 mm kalınlığında (yani 800 görüntü) tomografik görüntüler alabilir ve kanser, yırtılmış diskler, subdural hematomlar, anevrizmalar ve diğer birçok patolojilerin varlığını ortaya koymaktadır. Modern BT'de çift enerjili görüntüleme, organ perfüzyonu ve prospektif tetiklemeli kardiyak BT dahil birçok tarama modu mevcuttur.

BT genellikle anatomik görüntüleme amaçlı kullanılırken, damardan enjekte edilen iyotlu kontrast madde kullanımı aracılığıyla çeşitli organların işlevselliğinin değerlendirilmesine de olanak sağlar.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)**

Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) tarayıcıları, dünyanın manyetik alanından yaklaşık 10.000 ila 60.000 kat daha güçlü manyetik alan kullanır. Çoğu MRG, protonun nükleer manyetik rezonans özelliklerini kullanmaktadır - yani biyolojik dokularda bolca bulunan hidrojen atomunun çekirdeği (dokunun her bir milimetre küpünde doku yaklaşık  $10^{18}$  proton bulunur. Protonun bir manyetik momenti var ve 1.5 T manyetik alana yerleştirildiğinde, proton kendi eksenini etrafında yalpalar ve tercihen radyo dalga enerjisini yaklaşık rezonans frekansında (saniyede 64 milyon döngü (megahertz-MHz) emer. Hasta içindeki protonlar radyo dalgalarını emer ve daha sonra bu radyo dalgası enerjisini belirli bir süre periyodundan sonra, dokunun uzaysal olarak bağımlı manyetik özelliklere bağlı olarak geri salar.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)**

Hastadaki protonların yaydığı radyo dalgaları hastayı saran antenler tarafından tespit edilir. MRI sistemi, hastadan gelen her sinyalin konumunu belirlemek için, geri dönen her sinyalin frekansını ve fazını kullanır. MRI sistemlerinin sıkça kullanılan çalışma modlarından biri, spin eko görüntülemedir.

MRG, hastanın kesit görüntülerinin elde edilmesini sağlar ve kesit görüntüsündeki her nokta o noktadaki dokunun mikromanyetik özelliklerine karşılık gelir. Yağ, beyindeki beyaz ve gri madde, beyin omurilik sıvısı ve kanser gibi farklı dokuların hepsi farklı lokal manyetik özelliklere sahip olduğundan, MRG kullanılarak yapılan görüntüleme anatomik değişimlere karşı yüksek hassasiyet göstermekte ve yüksek kontrast bilgisi elde edilmektedir.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Ultrason Görüntüleme (MRG)**

Yüksek frekanslı (“ultra”) ses şeklindeki mekanik enerji hastanın anatomisinin görüntüsünü oluşturmak için kullanılabilir. Kısa süreli ses darbesi, görüntülenen dokularla doğrudan fiziksel temas halinde olan bir ultrason dönüştürücü tarafından üretilir. Ses dalgaları dokudan geçer ve vücut içindeki iç yapılar tarafından yansıtılır, yani yankı oluşturur. Yansıtılan ses dalgaları daha sonra dönen sesi kaydeden dönüştürücüye ulaşır. Ultrason cihazının bu çalışma moduna puls eko görüntüleme denir. Ses demeti, dikdörtgen taranmış bir alan üretmek için doğrusal bir dizi multielement dönüştürücü kullanarak hasta hattının bir diliminin üzerine satır satır geçirilir, veya sektör taraması yapılmış bir alan üretmek için bir dizi çok seviyeli dönüştürücü ile aşamalı artımlı açılardan geçirilir.

# Radyolojide Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Ultrason Görüntüleme (MRG)**

Her ultrason hattından eko genlikleri kaydedilir ve ilgilenilen dokuların tomografik bir dilimini temsil eden gri tonlamalı kodlu parlaklık modu görüntüsüne sahip akustik sinyalleri hesaplamak için kullanılır.

Ses dalgaları, karın organlarının yüzeyleri ve iç yapıları gibi yüzeylerden güçlü bir şekilde yansıtılır.. Ultrasonun büyüyen bir fetüse iyonlaştırıcı radyasyona göre daha az zarar verdiğiinden, obstetrikte hastalarda ultrason görüntülemesi tercih edilir.

# Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

Nükleer tıp, radyoaktif izotop içeren bir kimyasal maddenin veya başka bir maddenin hastaya oral yolla veya enjeksiyonla verildiği radyolojinin bir dalıdır. Malzeme hastanın fizyolojik durumuna dağıldıktan sonra, ajanın radyoaktif bozunması sırasında yayılan x- ve/veya gama ışınlarından projeksiyon görüntüleri elde etmek için bir radyasyon dedektörü kullanılır.

Nükleer Tıp, emisyon görüntüleri (transmisyon görüntülerinin aksine) üretir, çünkü radyoizotoplar enerjilerini hastanın içinden yayarlar. Nükleer tıp görüntüleme, fonksiyonel bir görüntüleme şeklidir.

# Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

Sadece hastanın anatomisi hakkında bilgi vermek yerine, nükleer tıp hastadaki fizyolojik durumlar hakkında bilgi sağlar. Örneğin, talyum normal kalp kasında konsantre olma eğilimindedir, ancak enfekte veya iskemik olan bölgelerde talyum da konsantre olmaz.

Bu alanlar nükleer tıp görüntüsünde “soğuk noktalar” olarak gözükür ve kalbin işlevsel durumunun göstergesidir. Tiroid dokusu iyot için büyük bir afiniteye sahiptir ve tiroid dokusuna radyoaktif iyot (veya analogları) verilerek, tiroid görüntülenebilir.

Tiroid kanseri hastada metastaz yaparsa, daha sonra metastaz konumlarını gösteren “sıcak noktalar” nükleer tıp görüntülerinde bulunabilir. Böylece fonksiyonel görüntüleme nükleer tıpın avantajıdır.

# Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Nükleer Tıp Planer Görüntüleme**

Nükleer tıpta planer görüntü, görüntü üzerindeki her nokta hasta üzerinden geçen bir çizgi boyunca radyoizotop aktivitesini temsil ettiğinden bir projeksiyon görüntüsüdür. Düzlemsel nükleer görüntüler, temel olarak 3D radyoizotop dağılımınının 2B haritalarıdır ve çok sayıda rahatsızlığın değerlendirilmesinde yardımcı olur.



# Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Tek Foton Emisyon Tomografisi**

Tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT), nükleer tıp düzlemsel görüntülemenin tomografik muadildir, tıpkı radyografinin tomografik muadili BT gibi.

SPECT'te bir gama kamera, hastanın etrafında farklı açılarda hastadan salınan bir dizi x veya gama ışını emisyonlarını kaydeder. Bu projeksiyon verileri bir dizi tomografik emisyon görüntüsünü yeniden oluşturmak için kullanılır.

SPECT görüntüleri, planer nükleer tıp incelemelere benzer tanısal fonksiyonel bilgiler sağlar; ancak SPECT'te tomografik görüntü, doktorların vücuttaki belirli organ veya dokularda radyoaktif maddenin dağılımını daha iyi anlamasına ve organ ve dokuların fonksiyonun daha iyi değerlendirmesine olanak sağlar.

# Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Pozitron Emisyon Tomografi (PET)**

Pozitronlar pozitif yüklü elektronlardır ve flor-18 ve oksijen-15 gibi bazı radyoaktif izotoplar tarafından yayılırlar. Bu radyoizotoplar uygulamadan sonra vücutta lokalize olan ( $^{18}\text{FDG}$ ) gibi metabolik olarak ilgili bileşikler ile birleştirilir. İzotopun bozunması sonucu oluşan pozitron ( $e^+$ ), hızlı bir şekilde çevredeki dokudan bir elektronla ( $e^-$ ) etkileşerek yok olur ve ikisinin kütesine eşdeğer bir enerji açığa çıkar. Yayınlanan enerji anhilasyon (yok olma) enerjisi adını alır. Yayınlanan radyasyon gama ışını emisyonuna benzer fakat burada iki foton aynı anda birbirine tamamen zıt yönlerde ( $180^\circ$  açı ile) üretilir.

# Nükleer Tıpta Kullanılan Medikal Görüntüleme Sistemleri

- **Pozitron Emisyon Tomografi (PET)**

Pozitron emisyonu tomografi (PET) tarayıcı, yok olma sırasında üretilen foton çiftlerini tanımlayabilen özel devrelere sahip hastayı çevreleyen dedektör halkalarını kullanır.

Bir foton çifti tarayıcıdaki iki dedektör tarafından tespit edildiğinde, imha olayının bu iki dedektör arasında düz bir çizgide bir yerde gerçekleştiği kabul edilir. Bu bilgi, PET ajanının 3B dağılımını matematiksel olarak hesaplamak için kullanılır. Böylece bir tomografik emisyon görüntüsü seti elde edilmiş olur.