

Röntgen Işıklarının Keşfinin Yüzüncü Yıldönümünde Tıbbî Görüntüleme Yöntemleri



İlk Röntgen filmi

Yöntemleri

1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen, rastlantıyla bulduğu ışınların tıpta etkin bir tanı yöntemi olarak kullanılabileceğini acaba aklına getirmiş miydi? Belki ilk deneylerini yaparken, eşinin o meşhur yüzüklü el filminde kemiklerini görüntülemeyi başardığında ilk aklına gelen, bu bilinmeyen ışınların (ki bu nedenle onlara x-ışınları adını vermişti) içini göremediğimiz pek çok objenin incelenmesinde yararlı olabileceğiydi. Ancak izleyen 100 yıl içinde, keşfettiği ışınların tıbbî tanıda kullanımında bugün geldiği noktayı herhalde düşlerinde bile göremezdi.

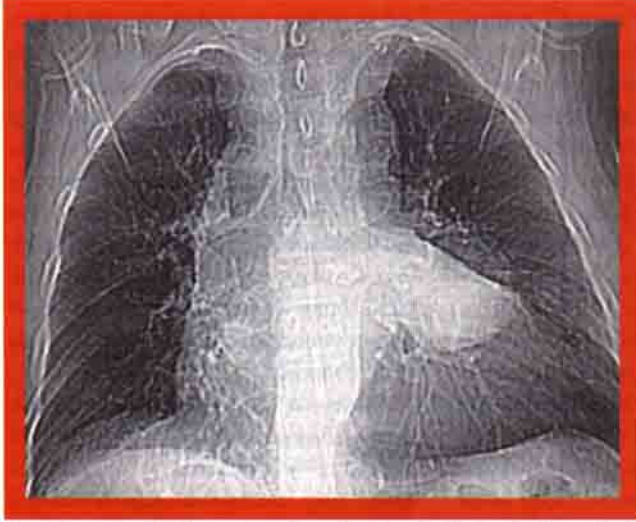
Barış Diren
Sevgi Hastanesi

SAĞLIK, insanoğlunun yaşam sürecinde üretici olabilmesinde en çok gereksinim duyduğu güç ya da bir başka deyişle "olmazsa olmaz" anamalıdır. Sağlığı bozulan bir insan, olanakları ne olursa olsun üretici niteliğini kaybeder. Bunun içindir ki insanlık tarihi ile birlikte insanların en çok gereksinim duydukları güç sağlık olmuş, buna sahip olmak için de her yolu denemişlerdir. Hekimlik mesleğinin insanlık tarihi ile başlamasının nedeni de budur. Günümüzde insan sağlığını tehdit eden unsurların nicelik ve nitelik yönünden artışı, özellikle son yıllarda bu alanda yapılan araştırma ve çalışmaları hızlandırmakla kalmamış, bu konunun önemi üzerinde ülke yönetimleri düzeyinde ortak çözümler üretmeye kadar varan işbirliğinin nedeni olmuştur.

Kişinin sağlığı bôzulduğunda başvurduğu hekim ilk önce kişinin yakınmalarını dinler, sonra muayene eder ve nihayet çeşitli test ve incelemeler yaptırmasını isteyerek sorunun adını koymaya çalışır. Bir sorunun çözülebilmesi için önce ne olduğunun saptanması ilkesi, tıbbî uygulamalarda da tedavi verilebilmesi için önce tanı konulması gerekliliği şeklinde gelişmektedir. Bu nedenle, tıpta pek çok araştırma öncelikle tanı yöntemleri alanında yoğunlaşmaktadır. Tıbbî tanıda yararlanılan pek çok laboratu-

var analizi (kan, idrar, dışkı gibi testler) bir hastalığın sonucunda ortaya çıkan değişkenleri ölçmektedir. Bu değişkenler pek çok hastalıkta kesin bir tanı ölçütü olabilsen, birçok hastalıkta da herhangi bir değer ifade etmeyebilir. Bunun için tanıda belki de en önemli olan, bizzat "hastalığın görüntülenmesi"dir; tıbbî görüntüleme teknikleri, hastalıkların tanısında kullanılanlar arasında en objektif yöntem kabul edilmektedir.

1900'lü yılların başında geliştirilen röntgen filmi çekme cihazları, insan vücudunun hasta olduğu düşünülen bölgesinden x-ışınlarının geçirilerek bu ışınların bir film üzerinde vücuttaki tutulma oranlarına bağlı bir görüntü oluşturması ilkesi ile çalışıyordu. Örneğin bu ışın, akciğerin içi hava dolu iken kolayca geçiyor ve bu sahalar filmde siyah görünüyor; eğer akciğer içinde hava olması gereken yerde başka bir yapı gelişmişse, örneğin burada bir tümör varsa ya da iltihap birikmişse, o zaman x-ışınları bu alandan geçemiyor ya da çok az geçiyor; bu kez bu bölge filmde beyaz görünüyordu. Bu yöntem halen günümüzde kullandığımız röntgenolojik incelemelerin temelini oluşturmaktadır. Bu sayede pek çok organın hastalığını anlayabiliriz. Ne var ki bu inceleme yönteminin bazı sınırları vardır. Birincisi, kemik yapıların içini ve arkasını gösteremez (örneğin kafatasının içini göremeyiz). İkincisi, hasta-



Bir akciğer grafisinde kanserin görüntüsü: Sol tarafta beyaz bir alan şeklinde izlenen bu yapı, sadece zatürreeye ait olabilirdi.

liğin nerede olduğunu gösterse de hastalığın ne olduğu hakkında çoğu zaman kesin bir bilgi veremez (örneğin yukarıdaki örnekte akciğerde beyaz görünen alan kanser mi yoksa zatürree mi bunu anlamamız için ölçüt yoktur). İşte röntgen incelemesindeki bu sınırlamalar yüzünden, yapılan araştırmalar sonucunda "opak maddeler" adı verilen özel ilaçlar bulunmuştur; bu ilaçların değişik kullanım yöntemleri sonucunda röntgen çekiminde göremediğimiz bazı organlar görünür olmuştur. Temel özellikleri x-ışınlarını tutması ve sonuçta bu ilacın bulunduğu bölgenin film üzerinde beyaz olarak görünmesini sağlamasıdır. Örneğin, baryum süspansiyonları içerildiğinde mide ve tüm barsaklar film üzerinde görünür hale gelir. Böylece bu organların hastalıklarını görüntülemek mümkün olmaktadır. Ya da iyotlu süspansiyonları damar içine vererek film çektiğimizde damarlar görüntülenebilmektedir. Anjiyografi adını verdiğimiz bu damar görüntüleme yöntemi sayesinde pek çok hastalığın tanısında büyük aşama kaydedilmiştir. Giderek x-ışınlarını, bir özel tüp (görüntü güçlendiriciler) tekniği ile kullanma yöntemi geliştirilmiş, bunun sonucunda da "floroskopi" adını verdiğimiz insan vücudunun içini seyrederek inceleme şansı elde edilmiştir. Böylece hem organların fonksiyonları araştırılmaya başlanmış (örneğin yutma anında takıntısı olduğunu baryum içilmesi anında yutağı izleme gibi) hem de izleyerek değişik pozisyonlarda görüntü alıp o organı ayrıntılı irdeleme olanağı sağlanmıştır.

1970'li yıllara kadar tıbbi görüntüleme teknikleri tamamen x-ışınlarının yukarıda anlatılan kullanım şekilleri çerçevesinde uygulanmıştır. Ancak bu uygulamalara karşı hâlâ pek çok organ görüntülenememektedir.

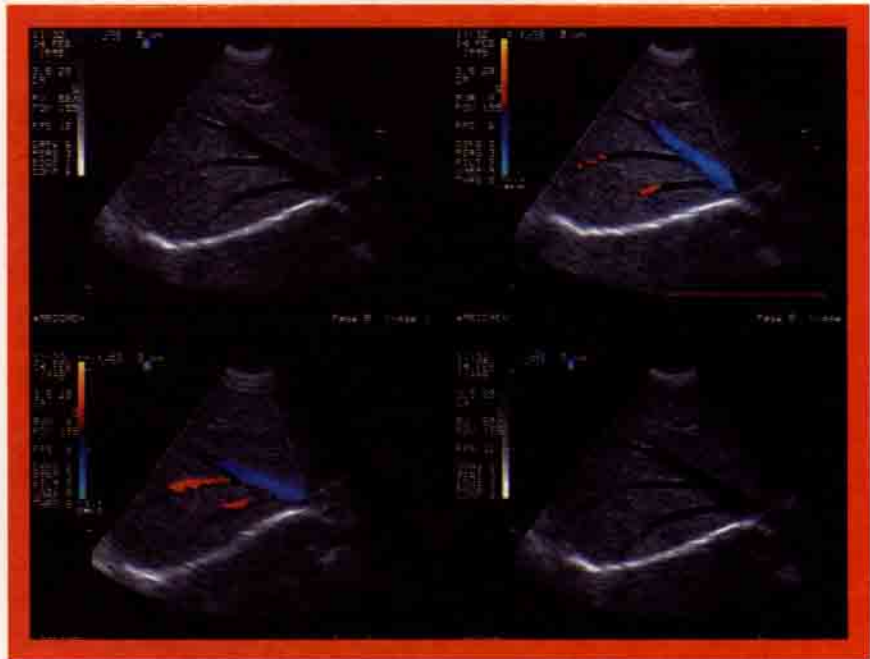
Örneğin karaciğer, dalak gibi yumuşak organlar ya da beyin, omurilik gibi kemik yapıların içinde yer alan organlar x-ışınları ile görüntülenememektedir. Bunun üzerine araştırmacılar x-ışınlarından farklı görüntüleyiciler üzerinde çalışmalara başlamışlardır.

Gemilerde ve denizaltılarda yaygın olarak kullanılan sonar sistemi, ses dalgalarının su içine gönderilerek çarptıkları alanları bir ekran üzerinde görüntüleme tekniğine dayanmaktadır. Araştırmacılar bu modelden hareketle insan vücuduna ses dalgası göndererek organların iç yapılarının görüntülenmesini başarmışlardır. "Ultrasonografi" adı ile artık hepimizin bildiği bu tanı yöntemi, ses dalgalarının insan vücudu içindeki seyirleri sırasında çarptıkları farklı yapıların gri skalalı bir TV ekranında görüntüye çevrilmesi esasına dayanmaktadır. Bu inceleme yöntemi ile karaciğer, dalak, böbrekler gibi yumuşak organların hastalıkları belirlenebilirken, hamilelikte ana rahmindeki bebeğin gelişimi de kolayca incelenebilmekte, hatta bebeğe ait hastalıklar çok erken dönemlerde tanımlanabilmektedir. Ultrasonografi tekniği de son 30 yıl içinde sürekli geliştirilmiş, kalp

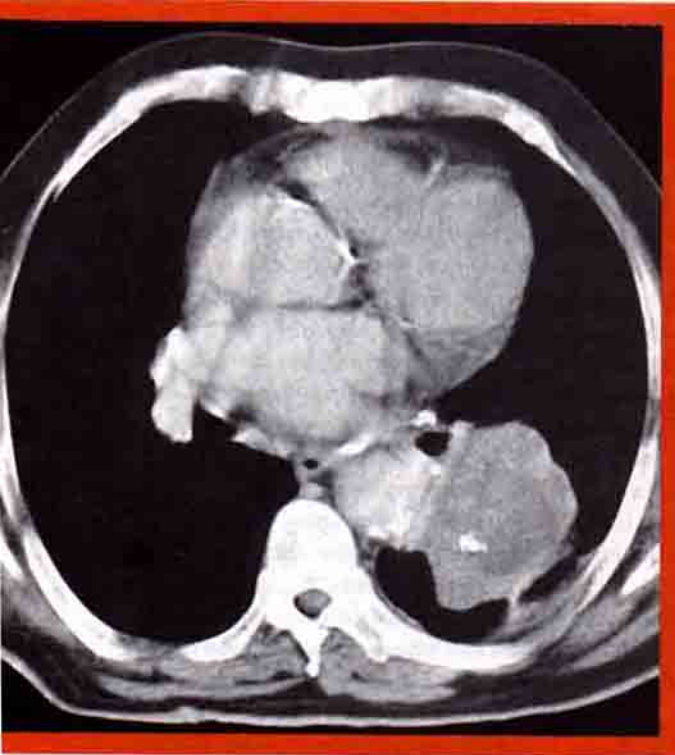
ve damar hastalıklarının da incelenmesinde kullanılabilen ve hatta matematik analizler ile objektif değerlendirmelere olanak tanıyan bir yöntem olmuştur. "Renkli doppler ultrasonografisi" adını verdiğimiz bu yöntem ile damarların içinde akan kanın akım hızı, akım oranı ve miktarı kolayca hesaplanmakta, damar tıkanıklığı ya da damar sertliğinin tanısı sağlıklı bir şekilde konabilmektedir.

Ultrasonografinin yumuşak organların iç yapılarını görüntülemeyi başarmış olması tüm sorunları çözmeye yetmemiştir. Ses dalgalarının kemik dokuları geçememesi, beyin ve omurilik hastalıklarının görüntülenmesinin hâlâ başarılmasına neden olmakta, bu bölge hastalıklarının tanısında hekimler sınırlı olanaklara sahip tanı yöntemlerini kullanmak zorunda kalmaktadırlar. 1970'lerde bilgisayarlarda katedilen başdöndürücü gelişmeler bu teknolojinin kısa sürede tıp alanında kullanılmasına öncülük etmesi buna çözüm olarak görülmüş ve tıbbi görüntüleme alanında devrim kabul edilen buluşlar birbirini izlemiştir.

Önce x-ışınları insan vücudundan belli bir kesit kalınlığında geçirilerek dokulardaki tutulma oranları bir bilgisayar yardımı ile yine TV monitöründe uygun gri tonunda görüntüye çevrilmiştir. "Algoritmik back projection" adını alan bu yöntem ile belli bir matriks alanında milimetrik boyutlu pikseller, gri skala içinde x-ışınının tutulması ile orantılı olarak görüntülenmiştir. Bu sayede insan vücudunun herhangi bir bölgesi enlemesine (transvers düzlemde kesitler) dilimler şeklinde, seçilen bir kalınlıkta



Ultrasonografide karaciğerin görüntüsü.



Bilgisayarlı tomografide akciğerlerin enlemesine kesiti. Sol tarafta yer alan kanser kitlesi net şekilde izlenebiliyor.

(1-12 mm arasında) görüntülenmiştir. "Bilgisayarlı tomografi" adı verilen bu yeni görüntüleme tekniği 1970'li yıllarda klinik kullanıma kazandırıldığında bu alandaki en büyük buluş olarak kabul edilmiştir; çünkü ilk defa beyin ve omurilik görüntülenebilmiştir.

İnsanoğlunun araştırma ve geliştirme dürtüsü, sürekli artan beklentileri ile doğru orantılıdır. 1980'li yıllara girilince insan vücudunda görüntülenmemiş hiçbir bölge olmamasına karşı, bu inceleme yöntemlerinin hastalıkların tanısındaki özgürlüğünün düşük olması ve sürekli ola-

rak bulguların yorumlanmaya gereksinim göstermesi, daha objektif bilgiler verecek teknikler gerektirmiştir. Ses dalgaları ve x-ışınlarının görüntü elde etmede kullandığı parametreler fizyolojik değildir. Bu tekniklerde görüntü ikincil etkileşmeler ile elde edilir (x-ışınının tutulma oranı, ses dalgasının ilerleme hızı gibi). Oysa insan vücudundaki fizyolojik özelliklerin görüntülenebilmesi, normal ile anormalin kesin bilgiler ile ayırımı yanında, anormalin ne olduğunu da söyleyebilecektir.

Manyetik bir ortamda yine manyetik özellikli bileşenlerin rezonans göstermesi özelliği, 1940'lı yıllardan beri bilinen bir gerçek olup, madencilik alanında pek çok analiz bu yöntem ile yapılabilmektedir. Tıbbi görüntüleme alanında çalışan araştırmacılar bu yöntemin tıbbi tanıda da kullanılabileceğini düşünerek insan vücudundaki

Ultrasonografinin Klinik Kullanımı

Okan Akhan
HÜ Tıp Fak. Radyoloji Bölümü

Ultrasonografi, ses dalgalarından görüntü elde etmeye dayanan bir yöntemdir. Tanısal ultrasonografide kullanılan sesin frekansı 2 ile 10 MHz (1 MHz= 1 milyon Hz) arasında olup, kulağın duyma sınırlarının dışındadır. Ultrasonografinin temel fizik prensibi piezoelektrik olayı olup denizcilikte kullanılan sonar sistemlere benzer.

Ultras, hastanın derisinin üzerine yerleştirilen ve cihazın ana gövdesine bağlı bir prob tarafından oluşturulur. Probların büyüklük ve şekilleri (konveks, lineer, sektör) farklıdır. Problar için değişik dizilimler gösteren quartz veya benzer özelliklere sahip yapay kristaller vardır. Üzerine küçük bir elektrik akımı uygulandığında bu kristaller deformasyona uğrayarak, elektrik enerjisini ses enerjisine çevirir. Bu yolla oluşan ultras, farklı yoğunluktaki dokuların ara yüzeyinden geçerken, bir kısmı kırılıp yoluna devam eder. Bir kısmı ise yansyarak proba geri döner. Yansıyan ve prob tarafından algılanan sese "eko" denir. Eko, kristalleri yeniden deformasyona uğratarak ses enerjisinden elektrik enerjisine döndürür. Her ara yüzeyden gelen ekolar kristallerce algılandıktan sonra değişik işlemlerden geçerek bir gri-skala üzerinde oluşan noktalarla görüntünün ortaya çıkmasını sağlar.

Ultrasonografi, diğer radyolojik görüntüleme yöntemlerinden birçok açıdan farklılık gösterir. Geleneksel radyolojik incelemeler

bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme ve anjiyografik incelemeler, genellikle daha sonra filmler üzerinden değerlendirilir. Ultrasonografik inceleme eşzamanlı bir incelemedir. İncelenen bölgenin normal ya da hastalıklı olup olmadığı, varsa ek ayırıcı tam, mümkünse tek tanı, mümkün değilse bir sonraki incelemenin planlanması, işlem sırasında karar verilmesi gereken aşamalıdır. Bu nedenle ultrasonografik inceleme bir yanıyla subjektif bir inceleme olup, diğer görüntüleme yöntemlerinden farklılık gösterir.

Ultrasonografinin klinik kullanımındaki sınırlılıklarının bilinmesi önemlidir. Bu sınırlılıkların bir kısmı fiziksel nedenlerle ortaya çıkar. Bunlar:

1. Ultrasenin tamamı hava-yumuşak doku ara yüzüne geldiğinde tanısal olmaktan çıkar. Bu nedenle vücutta akciğerler gibi havalan dokular ultrasonografi ile incelenemez. Aynı nedenle karnın incelemesinde barsak gazları engel oluşturur.

2. Benzer şekilde kemik-yumuşak doku ara yüzüne ulaşan ultrasenin % 70'i tanısal olmaktan çıktığı için kemikler de ultrasonografi ile incelenemez.

3. Şişmanlık bir diğer önemli sınırlılıktır. Karn bölgesinde kullanılan problar genellikle 3,5 MHz civarında frekansla 18-20 cm kadar bir derinliği gösterebilir. Çok şişman hastalarda özellikle pankreas, böbreküstü bezleri veya karaciğerin arka kısmı gibi derin yerleşimli organların ultrasonografi ile yeterince incelenmesi mümkün olamaz.

4. Kullanılan cihazın gri-skala ve çözümleme gücü gibi bazı teknik özellikleri vardır. Yüksek çözümleme gücüne ve daha geniş gri-skala sahip cihazlar daha ayrıntılı görüntü sağlar. Bu nedenle yeterli olmayan teknik koşullarla bazı ayrıntılar incelenemez.

5. İncelemeyi yapan hekim yeterli bilgi ve beceri düzeyinde değilse önemli klinik sorunlar ortaya çıkar. Ultrasonografinin görece subjektif özelliği nedeniyle kullanılması sakıncalı sonuçlar doğurabilir.

Tanısal ultrasonografi, karaciğer, dalak, uterus gibi karındaki organların; meme, tiroid prostat, testis gibi küçük yüzeysel organların; kasların ve yenidoğanda beynin incelemesinde kullanılır. Ayrıca göğüs bölgesinde göğüs duvarına komşu bir lezyon varsa (plevral sıvı, plevral kitle) ultrasonografik inceleme kolaylıkla yapılır. Vücuttaki bütün damarsal yapılar, renkli Doppler ultrasonografisi denilen bir teknikle incelenir. Ultrasonografi, bütün bu organların yaygın yada bölgesel hasarlarının gösterilmesinde duyarlılığı yüksek bir inceleme yöntemidir. Lezyonların gösterilmesinde ve tanınmasında (safra kesesi taşları gibi) yüksek derecede doğruluk oranı vardır. Ancak birçok organın değerlendirilmesinde özgünlüğü düşüktür. Kolay bulunabilmesi ve uygulanabilmesi, mobil olması, yüksek duyarlılık oranı gibi üstünlükleri nedeniyle radyolojik algoritma içerisinde genellikle ilk başvurulması gereken inceleme yöntemidir. Yararlı olabilmesi için sınırlılıklarının ve radyolojik algoritmadaki yerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

bileşenlerin rezonans özelliklerini araştırıp bunları görüntüleme konusunu incelemeye başladılar.

İnsan organizmasının büyük bir bölümünü su oluşturur. Su molekülü bilindiği gibi 2 hidrojen ve 1 oksijen atomundan oluşur. Hidrojen atomunun çekirdeğinde bir tane proton yer alır.

Protonlar (+) yüklü partiküllerdir ve kendi eksenleri etrafında gezegenlere benzer dönüş hareketleri vardır. Eğer (+) elektrik yüklü bir cisimde elektrik akım yönü hareket ile sürekli yön değiştirirse kendi çevresinde manyetik bir alan oluşumuna yol açar. İşte, insan vücudunu yüksek bir manyetik alan içine koyarsak bu protonlar o manyetik alan yönünde paralel dizilimler gösterir. Burada insan vücuduna bir radyo dalgası gönderilirse dizilmiş protonlara enerji transferi sağlanarak paralel dizilim eksenleri saptırılır. Radyo dalgasını kesersek tekrar eski haline gelecek olan protonlar, aldıkları enerjiyi yine bir radyo dalgası sinyali olarak geri verirler. Biz bu sinyalleri bir anten ile toplayıp bilgisayarlar aracılığı ile sinyalin gücüyle orantılı olarak yine gri skala üzerinde bir



Üç boyutlu görüntüleme: Trafik kazası geçirmiş bir hastada yüzdeki asimetrik görünüm ve cilt dokusu kaldırılarak bakıldığında yüz kemiğindeki kırık ortaya çıkıyor. Doğrudan incelemelerde bu bulguyu saptamak zor, hatta imkansız.

TV monitöründe (aynı bilgisayarlı tomografide olduğu gibi) görüntüye çevirebiliriz. İşte bu yöntem 1980'li yılların ortalarında tıba, tanı alanında ulaşılan son nokta olan "Manyetik Rezonans Görüntüleme" tekniğini kazandırmıştır. Bu inceleme yöntemi ile insan vücudunun tüm bölgelerini gerçek özellikleri ile görüntülemek mümkün olmuştur. İnsan vücudundaki fizyolojik parametrelere (protonlar) dayanan bu inceleme yöntemi, gelişebilecek normal dışındaki alanı kesin olarak ortaya koymaktadır. Bununla da kalmayarak o alandaki proton içeriklerinin değişik hastalık tiplerinde farklı özellikler göstermesi nedeniyle doku yapıları hakkında da bilgiler vermektedir. Örneğin kanama, kist, tümör, iltihap gibi yapılar net olarak tanımlanabilmektedir.

Manyetik rezonans görüntüleme tekniğinin bilgisayarlı tomografiden bir diğer farkı ise sadece enlemesine kesitler değil, istenen her düzlemde görüntüler elde edilebilmesini sağlamasıdır. Bu sayede bir hastalık her yönden incelenmekte, yayılım alanları araştırılabilmekte ve ameliyat planları daha sağlıklı yapılabilmektedir.

Gelecekte Beklentiler

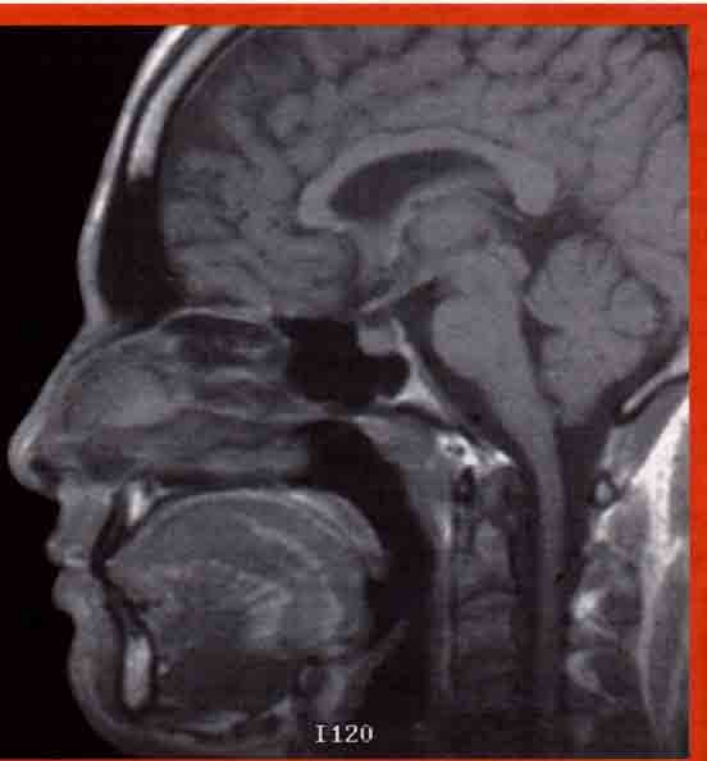
Bugün insan vücudunun her tarafı değişik teknikler ile görüntülenebilmektedir. Pek çok hastalık bu yöntemlerin

biri veya birkaçı bir arada kullanılarak objektif ölçütler ile tanımlanabilmekte, böylece uygun tedavi planlamaları yapılabilmektedir. İçinde bulunduğumuz yüzyıl, teknolojik gelişmelerin hızla ilerleme kaydettiği bir dönem olmuştur. Özellikle bilgisayar ve elektronik teknolojisinde katedilen gelişmeler tıpta tanı alanında büyük buluşları desteklemiştir. Artık özel yazılımlı çalışma istasyonlarında tüm yöntemlerden elde edilen görüntüler bir araya getirilebiliyor, birinin gösterip diğerinin gösteremediği bulgular bir arada değerlendirilebiliyor. Dahası, kesitsel görüntüleme tekniklerinden (bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi) elde edilen görüntüler bilgisayarda bir araya getirilip üç boyutlu görüntülere dönüştürülebiliyor. Böylece hasarlı bölge son derece gerçekçi olarak saptanabiliyor. Örneğin, cerrahi girişim öncesi simülasyon ameliyat düzenleyerek cerrahın planlama yapmasına önemli katkılarda bulunabiliyoruz.

Tıbbî tanı alanında gelecek için en büyük beklentimiz işlevsel bilgileri alabileceğimiz görüntüleri elde edebilmek olacaktır. Bu alanda ilk adım atılmış, "Pozitron Emisyon Tomografisi (PET)" adı verilen sintigrafik yöntemler ile metabolizmaya ilişkin veriler elde edilebilmiştir. Yine manyetik rezonans görüntülemede bazı organların fonksiyon anında hücre metabolizmasındaki değişiklikler irdelenmeye başlamıştır. Özellikle beynin değişik işlevleri, anında yapılan incelemelerle bu alanlardaki sinyal değişikliklerini saptanarak görüntülenmeye başlamıştır.

Yakın bir gelecekte tüm bu yöntemlerin daha objektif ölçütlerle hastalık ve organların işlevlerine ilişkin bilgilerin görüntülenerek ortaya konulmasında kullanılacağı düşünmek çok hayalci bir yaklaşım olmayacaktır.

Kaynaklar
Centennial Celebration: Discovery of the X-Ray, American Journal of Roentgenology, 1995.
Harder D. Roentgen's Discovery: How and Why it happened?, British Journal of Radiology, 1986.



Manyetik rezonans görüntülemede kafanın ortasından geçen kesit. Bütün yapıları gerçek özellikleri ile görebiliyoruz.