

# TIPTA MODERN GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

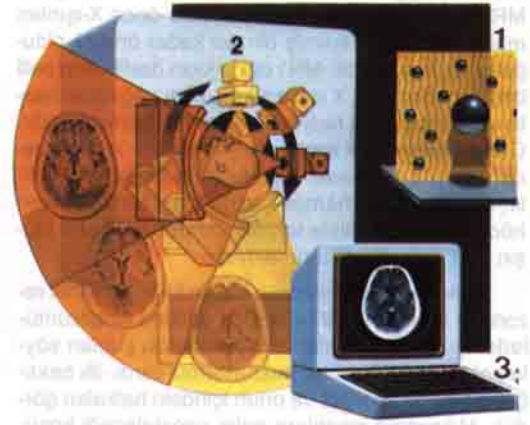
- 1895 yılında Alman fizikçi Wilhelm Konrad Röntgen, X ışınlarını vücudun dıştan görülemeyen kısımlarını gösterebilmek üzere kullandığında tıpta büyük bir çığır açmıştı. Bu buluştan sonraki aylar içinde doktorlar X ışınlarını kemik kırıklarının teşhisinde kullanmaya başladılar. Röntgen'in bu ışınlara "X" demesi bunların tabiatının anlaşılammış olmasındandı. O dönemde doktorlar, -bugün artık elektromanyetik ışınının çok kısa dalgalı bir şekli olduğu bilinen- bu gizemli ışınların kemiklerin yoğun yapısı tarafından tutulduğunu ve film üzerinde gölgeler oluşturduğunu öğrendiler. Fakat bu ışınların daha kolayca geçtiği yumuşak dokular çekilen filmlerde ayrıntılı bir şekilde görünmüyordu.

**Derleyen: Üstün AYDINGÖZ**

## BİLGİSAYARLI TOMOGRAFI

**1895**'ten beri X ışınlarıyla çekilen filmlerde daha keskin ve bilgi verici görüntülerin elde edilebilmesi için çeşitli teknikler geliştirildi. 15 yıl kadar önce doktorlar vücudun net, kesitsel görüntülerini oluşturmak üzere bir bilgisayarın da kullanıldığı yeni bir X-ışınları makinasıyla daha fazla ayrıntı görme imkânına kavuştular. '**Bilgisayarlı tomografi tarayıcısı**' olarak bilinen bu alet, tıbbın vücut dokularının görüntülenmesiyle ilgili dalı olan radyolojide yeni bir dönemi başlatmış oldu. İlk defa 1972'de İngiltere'de geliştirilen ve her biri yaklaşık olarak bir milyon dolar maliyetinde olan bilgisayarlı tomografi tarayıcıları artık dünyanın hemen her yerindeki büyük hastanelerde ve tıp merkezlerinde kullanılmaktadır.

Bilgisayarlı tomografi tarayıcısı, vücuda ince bir X-ışını demetiyle nüfuz ederek derindeki dokuların kesitsel bir görüntüsünü oluşturur. Klasik röntgen filmlerinde vücut sadece tek bir açıdan görüntülediğinden, kemiklerin, kasların ve organların gölgeleri birbirlerinin üzerine binmekte ve yorum yapmak



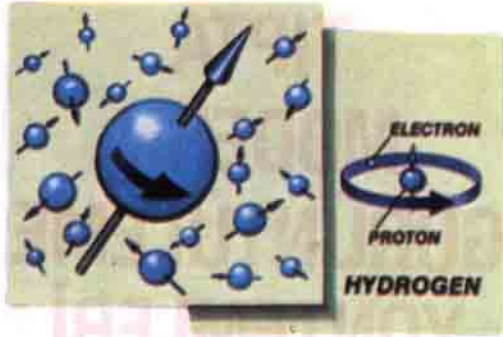
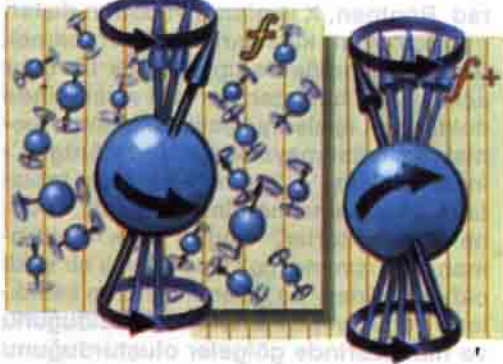
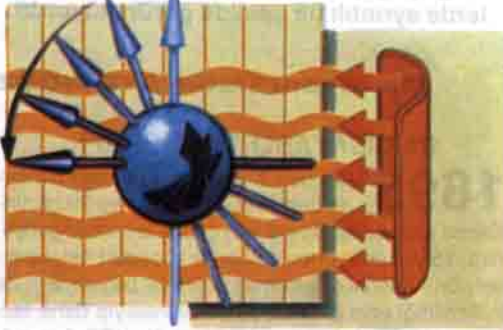
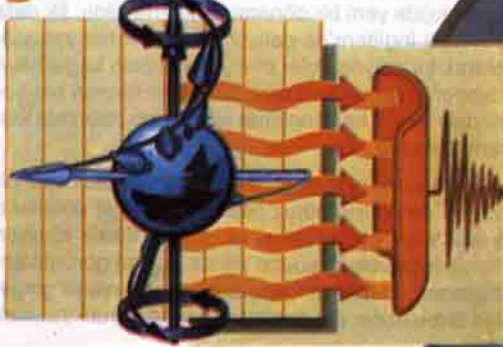
güçleşebilmektedir. Kalsiyum gibi büyük moleküller X ışınları vücudtan geçerken onları tutmakta(1), böylece arkalarında bulunan yapıları kısmen maskeleymektedir. Fakat bilgisayarlı tomografi makinaları bir X-ışını tüpünü hastanın etrafında çevirerek vücudun bir "dilim"ini pek çok açıdan görmektedir"(2). Karşı tarafta yer alan hassas detektörler tarayıcının gördüklerini kaydetmekte ve bir bilgisayar(3) çok sayıda görüntüyü tek bir video görüntüsü oluşturmak üzere değerlendirmektedir. Burada kullanılan görüntü oluşturma tekniği uzaya gönderilen araçların Dünya'ya radyo sinyalleri olarak gönderdikleri fotoğrafların Dünya'da tekrar oluşturulmasında kullanılan tekniğe benzerlik göstermektedir. Son zamanlarda, dilimler halinde elde edilen bilgisayarlı tomografi görüntülerinin yine bir bilgisayar tarafından alt alta dizilmesiyle üç boyutlu görüntüler oluşturulmaktadır.

## MANYETİK REZONANS TEKNİĞİ

Yine 1970'lerde geliştirilen 'manyetik rezonans görüntüleme' yöntemi ise klasik röntgen filmleri bir yana, bilgisayarlı tomografi tekniğinden de üstün niteliklere sahiptir. **Manyetik Rezonans (MR)** tekniğinin geliştirilmesinde rol alan Nottingham Üniversitesi

*Röntgen tarafından 1895'te çekilen ilk X-ışını fotoğrafı Alman fizikçinin elindeki bir yüzüğü göstermektedir.*



**A****B****C****D**

tesi radyologlarından Profesör Brian Worthington, MR'in geliştirilmesinin yüz yıl kadar önce X-ışınları makinasının geliştirilmiş olması kadar önemli olduğunu söylemektedir. MR'ı cazip kılan özelliklerin belli başlılarından biri, X ışınları kullanılmadığından hastanın iyonize edici radyasyona maruz kalmamasıdır. Önemli dozlarda X ışınları radyasyonu, hücrelere zarar verebilir ve kanser oluşumunda bir faktör olabilir; çocuklarda ve hamile kadınlardaki hızla bölünen hücreler için özellikle tehlikeye yaratabilir. Buna karşın MR zararsız görünmektedir.

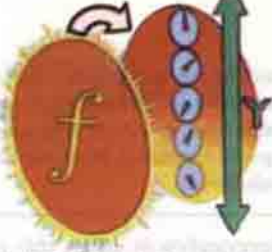
Çok güçlü mıknatısların kullanıldığı manyetik rezonans tekniğiyle 1974'te elde ettikleri ilk görüntülerle ilgili olarak Profesör Worthington şunları söylemektedir: "Küçük bir mıknatısımız vardı. İlk baktığımız şey bir soğandı ve onun içindeki halkaları gördük. Mıknatısın insanlara neler yapabileceği konusunda ciddi endişelerimiz vardı. Çok güçlü bir manyetik alanın insan hafızası üzerine bir etkisinin olup olmayacağını bile düşünüyorduk." 1977'de canlı insan dokusuna yönelik ilk MR taramalarından biri bir el bileği üzerinde gerçekleştirildi. İki yıl sonra cesur bir bilim adamı bir beyin taraması için kafasını gönüllü olarak manyetik alana soktu.

Manyetik rezonans görüntüleme yönteminin potansiyeli ancak 1980'den itibaren genel kabul görmüştür ve bugün ABD'de 400 kadar MR görüntüleme makinası çalışmaktadır.

MR tarayıcısı bir koronun şefi gibi insan vücudundaki hidrojen atomlarının "şarkısını" yönetir. Tarayıcı, vücudu güçlü elektromıknatıslarla çevreler. Sıvı helyum tarafından -270°C'ye kadar "süper soğutulmuş" bu mıknatıslar Dünya'nınkinin 60.000 katı kadar güçlü bir manyetik alan yaratabilir. Bu manyetik alan hidrojen atomlarının çekirdeğini oluşturan protonlar üzerinde esaslı bir etkiye sahiptir. Topaç gibi dönen protonlar normal olarak rasgele yönlere yönelmişlerdir (A). Fakat tarayıcının manyetik alanının içinde (B) protonlar kendilerini alanın kutupları yönünde düzene sokarlar. Bununla birlikte bu düzenlenişte bile belirli bir hızda veya frekansta titreşirler. Manyetik alan ne kadar güçlüyse frekans da (f+) o kadar yüksektir.

Tarayıcı bu protonları onları titreşimleriyle aynı frekansta zamanlanan bir radyo dalgasıyla uyararak, onların düzenlenişlerini bozmuş olur (C). Milisaniyeler içinde protonlar bir spiral çizerek tekrar önceki pozisyonlarına dönerler (D), bu arada kendilerine ait zayıf bir radyo sinyali verirler.

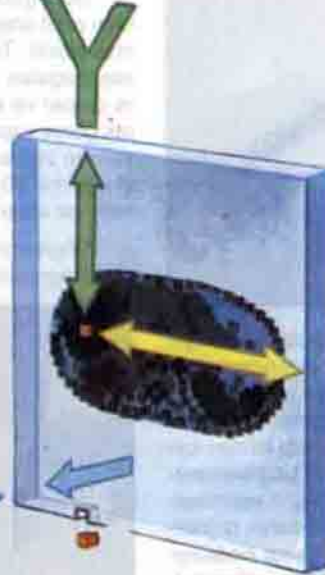
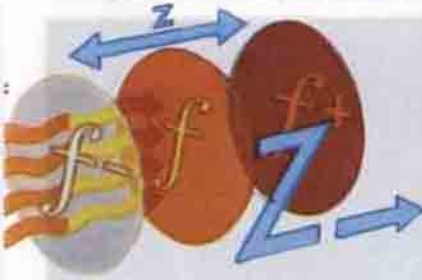
Bu zayıf sinyaller bir bilgisayar tarafından, taramanın bir görüntüsü haline dönüştürülür (karşı sayfadaki çizimlere bakınız). Oluşan görüntü, vücudun bir kesitinde, değişen yoğunluklardaki hidrojen atomlarını ve onların çevre dokuyla etkileşimlerini ortaya koyar. Hidrojen su kapsamını yansıttığından, doktorlar görüntüyü dokuların birbirinden ayırtmaya üzere kullanabilirler, zira dokuların su kapsamı farklıdır.



**2** Protonlar daha kendilerini yeniden düzene sokmadan başka makaralar düzlemin manyetik kuvvetini Y yönünde gezdirirler. Bu, protonların düzlemin üstünden altına doğru değişik hızlarda titreşmelerine neden olur. Bu değişiklikleri yüzlerce uyarı-ve-cevap siklusunda tesbit eden bilgisayar, voxelleri Y yönünde yerleştirir.



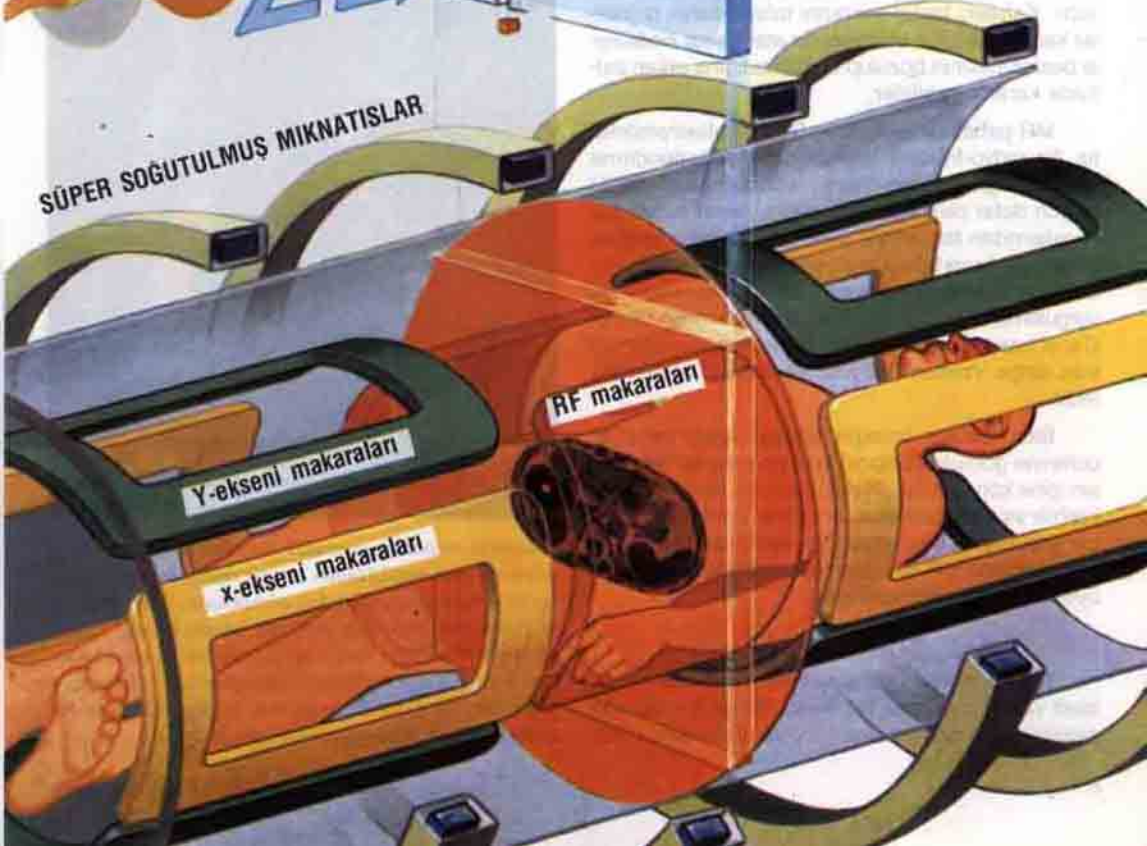
Bir görüntü (çizimlerin ortasında yer alan oval) oluşturmak üzere bilgisayar boyutunda (X,Y,Z) voxel denilen küçük utulardan oluşan bir yapı meydana gelir. Manyetik alan önce Z yönünde telden turnağa "gezdirilir" ve vücudun tanacağı ilgili düzlem (turuncu renkli disk) olur. Bu düzlem içindeki protonlar belirli bir frekansta (f) titreşirler. Daha sonra radyo-frekans (RF) makaraları protonların pozisyonunu değiştirmek üzere önce bu frekansta bir dalga yayırlar.



**3** Makaralar daha sonra manyetik alanı X yönünde soldan sağa gezdirirler. Protonların, kendilerini yeniden düzene sokarken, değişik frekanslarda "şarj" söylemelerine neden olurlar. Her voxel için X, Y ve Z yönlerinde yerleştiren bilgisayar her voxele video ekranında bir nokta verir. Bu noktanın parlaklığını voxel içindeki protonların sayısı ve dokunun manyetik özellikleri belirler. Noktalar bir araya gelince okunabilir bir görüntü ortaya çıkar.



SÜPER SOĞUTULMUŞ MIKNATISLAR





63 adet bilgisayarlı tomografi taramasından oluşturulan bu üç boyutlu görüntüde genç bir adamın bir motosiklet kazasında kırılan omurgasının bir bölümü görünmektedir. Ortada görülen omurga darbenin etkisiyle sıkışmış ve parçalanmıştır.

lanan sonografidir. Sonografiyle ilk kaliteli tıbbi görüntüler ABD'de 1950'lerin başlarında elde edildi. Bugün bilgisayarlı gösterim teknikleri sonografik görüntülerin niteliklerini yükseltmektedir.

Sonografide küçük bir transdüser (hem yayıcı, hem alıcı) araştırılacak vücut bölgesinin yüzeyiyle temas ettirilir. Transdüserden yayılan yüksek-frekanslı ses dalgaları vücuda nüfuz eder, içerdeki organlara çarpar ve tekrar transdüserin şimdiki bir alıcı olarak görev yaptığı yüzeye yansır. Bu geri dönen sinyallerin zamansal olarak gecikmeleri hedefin yerleşim yerini, büyüklüğünü, şeklini, hatta doku özelliklerini bir ekranda satır satır göstererek ortaya koyar.

Bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans gibi sonografi de ağsız bir yöntemdir. Sonografide

Bilim adamlarının MR için temel olarak hidrojeni seçmeleri bu elementin vücutta bol miktarda bulunması ve belirgin manyetik nitelikleri nedeniyle. Sodyum veya fosfor gibi, değişik özellikleri beyindeki kanamalar ve damar tıkanıklıkları ile kalp krizleri için erken uyarı işaretleri verebilecek başka bazı elementlerin kullanılmasına yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Kalpteki fosfor miktarını tahlil ederek doktorlar kas dokusunun tıkanmış bir atardamar nedeniyle beslenmesinin bozulup bozulmadığına erken safhada karar verebilirler.

MR pahalı bir sistemdir. Dev bir elektromıknatis, bir radyo-frekans jeneratörü ve değerlendirme için bir bilgisayardan oluşan tehzizatın maliyeti iki milyon dolar civarındadır. Sistem, harici radyo frekanslarından tamamiyle izole edilmiş bir mekanda bulunmalıdır ve bu da maliyete yaklaşık 750 bin dolar daha eklenmesi demektir. İzolasyonun önemini vurgulamak üzere, New York Hastanesi'nden Dr. Pat Cahill hastanelerindeki yeni MR makinesinin bir ara kısa dalga Vatikan Radyosu'nu aldığı söylenmektedir.

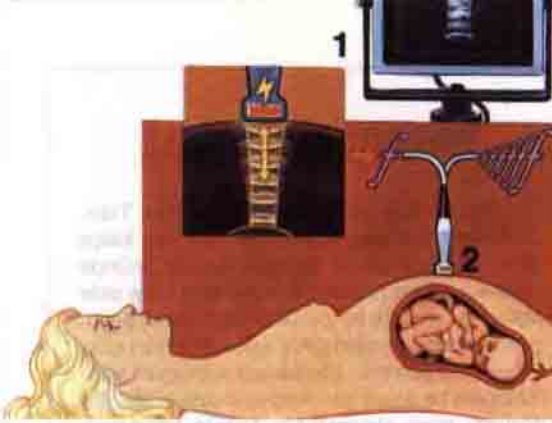
Bazı hastalar, örneğin kalp pili olanlar veya vücutlarına gömülü şarapnel taşıyan askerler mıknatısın içine konamazlar. Metal, mıknatıs tarafından çekilebilir ve bu sırada dokulara zarar verilebilir. Bir de Long Island'da tabancasının ayrılması gerektiğini öğrendiğinde MR ile taranmayı reddeden bir Mafya üyesinden bahsedilmektedir!

## SONOGRAFİ

Tıptaki modern görüntüleme yöntemlerinin en basit ve ucuzlarından biri İkinci Dünya Savaşı'nda geliştirilen sonarın bir uzantısı olan ultrasound'u kul-



Manyetik rezonans, yumuşak dokuları bariz bir şekilde gösterebilme özelliğinden dolayı özellikle omuriliğin incelenmesinde çok faydalı olmaktadır. MR'dan önce doktorlar omuriliğe bakmak istediklerinde hastaya tehlikeli ve ağrı verici bir işlemle bir X-ışını kontrast maddesi enjekte etmek zorundaydılar. Burada, 4 yaşındaki bir kızın omuriliğinde büyümekte olan bir tümör MR ile kırmızı renkte gösterilmiştir.



sistemin kalbi, elektriksel uyarıları vücuda nütuz edecek titreşimlere dönüştüren bir piezoelektrik kristaldir (1). Daha sonra bu ses dalgaları onları tekrar elektrik sinyallerine dönüştürecek olan kristale yansır.

Doktor, taranacak olan alanın (örneğin hamile bir kadının karnı) üzerine kristal içeren bir transdüser (2) yerleştirir. Fetustan gelen ekolar bir bilgisayarın video görüntüsü (3) haline getirdiği zayıf sinyallere dönüştürülür.

Sonografide son zamanlarda Doppler etkisi kullanılarak kanın kalpten, toplardamarlardan ve atardamarlardan akışı bilgisayar yardımı ile görüntü halinde gösterilmektedir. Doppler etkisi, hareketli bir cismin belirli bir noktaya yaklaşırken veya o noktadan uzaklaşırken çıkardığı ses dalgalarının (veya ışık ya da radyo dalgalarının) frekansında değişme olmasıdır.

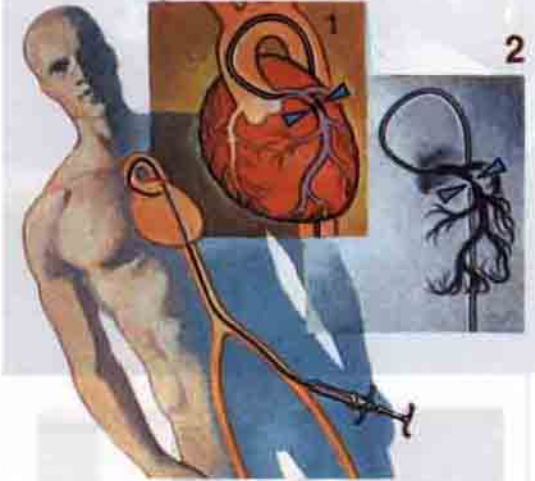
Yüksek frekanslı ses dalgaları hedef bölgeye, örneğin bir kan damarına ulaşır. Eğer kan normal bir şekilde akıyorsa akseden ses sakin bir derinliğine benzer ve görüntüde iyi bir akış izlenir. Fakat eğer kan dar, düzensiz bir bölgeden akıyorsa kaba bir ses çıkarır ve görüntü düzensiz bir akışı gösterir. Böylece Doppler, normal işlevini görmeyen bir kapağı veya krize yol açabilecek bir atardamar tıkanıklığını ortaya koyar.

Sonografi beyin cerrahisinde de yardımcıdır. Kafatası açıldıktan sonra (ultrasound kemiğin arkasını "göremez") yumuşak doku tümörlerinin yerini belirlemek üzere transdüser beyin üzerine yerleştirilir. Bazen başka yöntemlerle görülebilmesi güç olan bu tümörlerin kendine has dokusu ses dalgalarından gizlenemez ve tümörün kesin yeri ve büyüklüğü belirlenir.

## DİJİTAL SUBTRAKSİYON ANJİYOGRAFİSİ

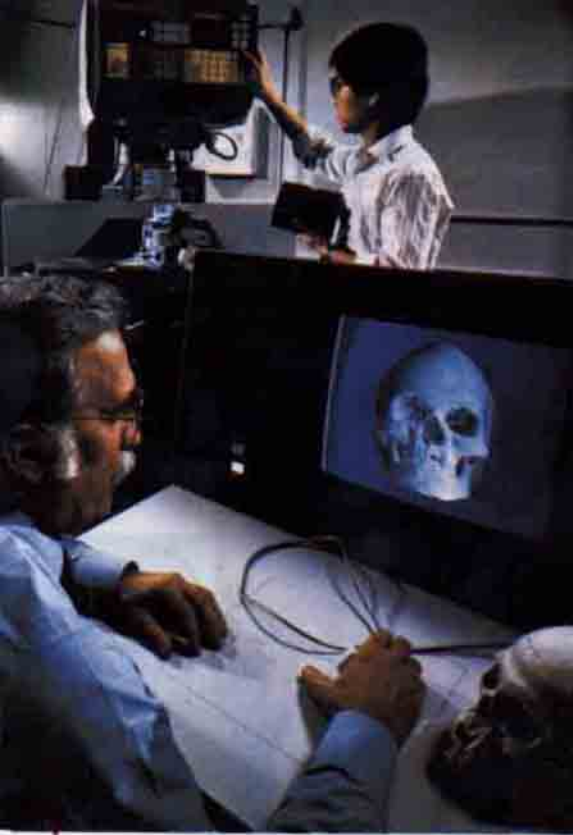
**Dijital subtraksiyon (çıkarma) anjiyografisi** (DSA) de modern tıbbi görüntüleme yöntemlerinden biridir. DSA, X ışınlarına opak olan iyodu içeren bir kontrast maddenin damarlara enjeksiyonuna dayanır. Bu opaklığın gölgesi doktorların kan akışını gör-

mesine imkân verir. DSA sıklıkla kalbin kanlanmasına bakmak için kullanılır. Kanı bütün vücuda pompalayan kalp kasının koroner damarlar vasıtasıyla kanlanması kalbin normal işlevini görmesi bakımından çok önemlidir. Kontrast maddenin enjeksiyonundan önce bir X-ışını görüntüsü elde edilir ve bilgisayarda depolanır. Daha sonra bir kateter aracılığıyla kontrast madde koroner damarlara enjekte edilir. (1) ve bu sırada maddenin kalp damarlarından geçişini gösteren ikinci bir X-ışını görüntüsü elde edilir. Bilgisayar ilk görüntüyü ikinciden "çıkartır" ve geriye kontrast maddeyi içeren koroner damarların görüntüsü kalır (2) Bu görüntü bir tıkanıklığı yansıtabilir (oklar).



DSA, bu şekilde teşhiste yardımcı olmaktan başka tedavide de rol almaktadır. ABD'de koroner bypass cerrahisi yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu ameliyatta, kan akışı, tıkanan koroner arterler yerine vücudun başka bir yerinden (genellikle bacadan) alınıp kalbe yerleştirilen damarlardan devam ettirilmektedir. Son yıllarda ABD'de yılda bu tür 200.000'den fazla ameliyat yapılmakta, bunların her biri ortalama 25 bin dolara malolmakta, böylece yıllık toplam maliyet beş milyar dolara ulaşmaktadır. DSA'nın ve 'balon anjiyoplastisi' denilen bir işlemin sayesinde artık bu ameliyatlara önemli bir bölümüne gerek kalmamaktadır.

Koroner arter anjiyoplastisinde doktor kol veya kasıktaki bir damardan bir kurşun kalemdeki grafiten daha ince bir kateteri sokar. Görüntüler ekrandan geçerken DSA kamerasının gözleriyle gören doktor kateteri bir koroner artere sokar. Bu anda kontrast madde enjekte edilir ve damar tıkanıklığının bariz bir şekilde görünmesi sağlanmış olur. Tıkanıklık bölgesine çok küçük bir balon taşıyan daha da ince ikinci bir kateter ilkinin içinden sokulur. Balon, daman tıkanan maddeleri sıkıştırıp kanın tekrar kalp kasını beslemesine imkân sağlayana dek şişirilir. Böylece tıkanıklık giderilmiş olur.



## GÖRÜNTÜDEN MODELE

Sunnyvale, California'dan My Tien Tran, Dr. Steven Woolson'la beraber yeni sağ kalça eklemine gösteren bir röntgen filminin önünde mutluluk içinde gülüyor. Ameliyattan önce elde edilen üç boyutlu bir görüntü My Tien'in doğuştan beri var olan çıkık kalça eklemine gösteriyor. Bu görüntü, bilgisayarlı tomografi taramalarının bir araya getirilmesiyle elde edildi. Bu görüntü esas alınarak My Tien'in kalçasının plastik bir modeli yapıldı. Takılacak protezin tam olarak yerine oturmasını isteyen Dr. Woolson hazırlanan modeli cerrahiyi planlamak üzere kullandı.

Bilgisayarlı tomografi taramalarıyla elde edilen bir vücut bölgesinin üç boyutlu görüntülerinden, bilgisayar aracılığıyla ve balmumuna şekil verebilen bir yontma makinesi sayesinde sözkonusu vücut bölgesinin bir modeli çıkarılabiliyor.

Üç boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntüleri ve bunlardan yola çıkılarak elde edilen modeller özellikle rekonstrüktif cerrahide tedavinin planlanmasında giderek önemli bir rol oynuyor.



DSA, tıkanmış damarları açmakta olduğu gibi, bazı durumlarda, anormal dokuların beslenmesini önlemek veya patlamış damarlardan olan kanamaları durdurmak için damarları tıkamakta da kullanılabilir. DSA kılavuzluğunda, güçlü bir yapışkan madde olan izobütül-2-syanoakrilat küçük damlalar halinde kateterden enjekte edilir ve büyümekte olan tümörlerin beslenmesi veya patlamış damarların tehlikeli bir şekilde kanaması önlenir.

Buraya kadar sözü edilenler gibi modern tıbbi görüntüleme yöntemlerinin yaygın ve verimli bir şekilde kullanılmaya başlanmış olması, bilgisayar ve

tıbbi görüntüleme aletlerinin evliliğinin şimdiden meyvalarını vermeye başladığını göstermektedir. Bu yöntemler sayesinde çeşitli hastalıkların daha erken teşhisi mümkün olmuş, tedavilerin planlanmasında daha kesin veriler elde edilmiş, ekonomik yönden büyük tasarruflar sağlanmış ve en önemlisi belki de eskiden kurtarılması mümkün olmayan pek çok hayat kurtarılmıştır. Giderek artan sayıda genç, dinamik doktor, tıp doktorluklarının yanı sıra fizik veya bilgisayar bilimi üzerine doktora yapmaktadır. Bilgisayarlı tıbbi görüntüleme yöntemleri için gelecek daha da ümit vericidir. □

*Bu yazı, National Geographic'in Ocak 1987 sayısından yararlanılarak hazırlanmıştır.*