

TIBBIN BİR BAŞKA GÖZÜ

BİLGİSAYARLI TOMOĞRAFİ

Bilgisayarlı tomografi (Computed Tomography), X-ışınlarının bulunuşundan bu yana, radyoloji alanındaki en büyük yeniliklerden biri. Kısaca CT ya da "CAT tarama" (Computed Axial Tomography) da denilen bilgisayarlı tomografi, günümüz tıbbının görüntüleme araçlarından biri. Kuramının 1917'den beri bilinmesine karşın ilk klinik sonuçlar, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere koşut olarak, ancak 1967'de açıklanabildi; 1971'den beri de kliniklerde kullanılmakta. Son 20 yıldaki yoğun teknolojik gelişmeler, bu donanımların türlerinde ve yaklaşımlarında farklı tasarımların doğmasını sağladı. CT tarayıcıları, başlangıçta, beyin enine kesit görüntülerini almak üzere geliştirilmişlerdi, ama çok kısa sürede, vücudun çoğu bölgesinin görüntülenmesinde de kullanılır oldular. Günümüzde CT'ler, yumuşak doku, damar ve kemik görüntülemeindeki güvenilirlik, inandırıcılık, hızlilik, yalınlık gibi sıradışı yetenekleriyle, tanı merkezlerinin ve radyoloji bölümlerinin en çok kullanılan cihazları.

CT'nin donanım yapısında, hasta yatağı, "gantry" denilen dairesel bir boşluk, X-ışını kaynağı ve detektörler, çok gelişkin bir bilgisayar sistemi ve

film baskı ünitesi gibi ana elemanlar var. Kabaca, bir X-ışını kaynağının, görüntülenmesi hedeflenen bölgenin çevresinde döndürülerek, X-ışınlarıyla bölgeyi oluşturan yapılar arasındaki etkileşiminin, X-ışını sönümleri cinsinden bir detektörce algılanması ve bu yöntemle elde edilen verilerin bilgisayarda işlenerek, gri ölçekte görüntüye dönüştürülmesi temeline dayanır.

Geleneksel X-ışınıyla, yani röntgen ya da bilgisayarsız tomografiyle yapılan incelemelerde, X-ışınları vücudun içinden geçerek filme ulaşır ve vücudun incelenen bölümüne özgü anatominin gölgesini içeren iki boyutlu bir görüntü oluşturur. Kullanılan X-ışını kaynağı hareketsizdir ve çok yönde radyasyon yayımına neden olan nokta kaynağa benzer bir özellik taşır. Bu yöntemler, yumuşak doku, sıvı gibi benzer yoğunluktaki iki dokuya özgü farkları ayırtmakta, kesinlikle yetersiz. Elde edilen görüntülerde, bazen, kemik ya da doku gibi diğer yapılar, sonuç görüntüde gizli kalabilir ya da görüntülenmesi hedeflenen alanla üstüste binebilir; bu da hem filmin okunmasını, hem de tanının doğru konulmasını zorlaştırarak, yanlış tedavilerin uygulanmasına yol açabilir. Oysa

CT'yle yapılan incelemelerde, vücudun, incelenen bölgesinin çevresinde dönebilen X-ışını kaynağından yayılan X-ışınları, uzmanların istedikleri kalınlıkta seçebildikleri X-ışını demetiyle, vücudu dilimlere ayırarak verileri toplar. Hacimsel özellik gösteren bu dilimlerden elde edilen verilerin, bilgisayarda işlenmesiyle oluşan iki boyutlu kesit görüntülerinde, birbirine çok benzer dokular arasındaki farklılıklar bile ayırdedilir; ek olarak CT, üç boyutlu modeller yaratarak, perdelenmiş olan dokunun bile kolayca görülebilmesini sağlar.

Nasıl Çalışıyor?

CT'nin çalışma biçimi iki aşamada ele alınabilir. Birinci aşama, dönmekte olan bir X-ışını kaynağından yayılan seçilmiş kalınlıktaki X-ışını demetinin, hastanın içinde yer aldığı incelenen bölgeyle etkileşmesinden doğan sönümlerinin kaydedildiği süreç. Bu süreçte, iyi tanımlanmış kalınlıktaki dilim biçimli bir hacimden geçen X-ışınlarının uğradığı değişimlerle (sönümler) ilgili veriler biriktirilir. X-ışını kaynağının dönmesi sırasında, kemik, doku gibi vücut parçaları, yapılarındaki

farklılıklar nedeniyle, içlerinden geçen X-ışınlarını farklı miktarlarda sönmeye uğrattırır. Bu sönmüş farklarının, CT tarafından yüksek duyarlılıkla algılanmasında, vücuttan geçen fotonlara duyarlı algılayıcılar içeren detektörler çok önemli. Vücuttan geçerek değişime uğramış X-ışını foton yoğunluğu, sıralı dizilmiş detektörlerle ölçülür ve vücuttan uzak bir yerde tutulan başka bir referans detektörce X-ışını kayna-

ğından çıkarken ölçülmüş foton yoğunluğuyla karşılaştırılır. Aradaki fark, vücuttan geçen X-ışınının sönmüş miktarına ilişkin veriyi oluşturur.

Verilerin toplanması tamamlandı-ğında ikinci aşama, yani verilerin bilgisayarda işlenmesini, bir radyologca ekran üzerinde değerlendirilmesini, sonra da filme dönüştürülmesini içeren süreç başlar. Bilgisayar, bir hacimden elde edilen bilgileri, "derinlik" ve

"genişlik" boyutlarına indirgeyerek, hacim içinden seçilen bir kesitin gri ölçekte görüntülenmesini sağlar. Gri ölçekte ton akışı, X-ışını sönmünün yüksek olduğu kemik gibi yapılarda beyaza, düşük olduğu yağ dokusu gibi yapılarda da siyaha kayan bir özellik taşır. Başka bir deyişle, gri ton akışı, incelenen yapının atom numarası arttıkça beyaza, atom numarası azaldıkça da siyaha doğru olur.

-2 saat önce ve sonra bol miktarda su içmeleri istenir. Kontrast maddelerin bir yan etkisi de mide bulantısı. Hasta toksa, tokluk bulantıya neden olarak kusma riskini artırıyor. Bu nedenle hastaların aç olmalarını tercih ediyoruz. Bir de radyasyon güvenliği açısından, gebelik riski olan ya da gebe kadınların mutlaka doktorunu bilgilendirmesi gerekiyor. Bu durumdaki hastaların çekimleri ya erteleniyor, ya da ultrason ya da MRI gibi incelemelere kaydırılıyor. Ek olarak inceleme bölgesinde ya da ona yakın yerlerdeki metal malzemelerin çıkarılmasını istiyoruz. Metal malzemeler, görüntü kalitesini olumsuz etkiliyor.

-Hasta ve Radyolog açısından radyasyon tehlikesi var mı, radyasyon sızıntıları oluyor mu?

-CT incelemesindeki bir hastanın normal koşullarda maruz bıraktığı doz çok düşük. Ancak tekrar eden incelemeler olursa fazla doz alımı söz konusu olabilir; bu durumda bile alınabilecek dozun, güvenlik sınırlarının çok altında olduğunu söyleyebiliriz.

Radyologlara gelince, bütün radyologlar radyasyon güvenliği konusunda oldukça bilinçlidir. Radyolog hastayla birlikte sürekli çekim ortamında çok fazla bulunmuyorsa, önemli bir tehlike yok. Aslında tüm CT odaları, güvenliği sağlamak amacıyla, radyasyon yayılımını durdurucu kurşun plakalarla kaplıdır. Çekimi yöneten radyolog ya da teknisyen, tarama sırasında bu odanın dışında kalır. Ancak hasta yakını ya da hastaya refakat eden biri yoksa ya da hastanın bilinç sorunu varsa, çekim odası içinde eşlik edilmesi gerekiyor ki, böyle durumlarda özel üretilmiş kurşun önlükler giyiliyor. Ek olarak mesleki açıdan radyolog radyasyona çok uzun süre maruz kalacağı için, çekim ortamında sürekli bulunmaktan kaçınması gerekiyor. Elimizden geldiğince teknisyen ve radyologları bu ortamdaki uzak tutmaya çalışıyoruz.

Cihazların hepsi yüksek teknoloji ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun denetiminde. Ayrıca, bakım ve ayar işlemleri de yılda 6 kez düzenli olarak yapılır. Kaçak ya da sızıntı olması pek olası değil. Bakım için tek gün ayrılır, bakımın yanı sıra radyasyon güvenlik konuları da incelenir; o gün hasta alınmaz.

-Sosyal güvencesi olmayan hastalar CT görüntüleme için ne bedel ödüyorlar?

-Hastanemizde uygulanan fiyatlar her yıl Maliye Bakanlığı tarafından belirlenmektedir. Çekim yapılacak bölgeye göre, 2002 yılı için 50 - 110 milyon TL arasında değişiyor.

Doç. Dr. Sergin Akpek
Radyolog
Gazi Hast., Radyoloji Böl.

Uzmanına sorduk

-Çok dilimli CT denilen yeni cihazların ne tür üstünlükleri var?

-Bu cihazlar kritik hastalar için çok önemli. Denetlemediğiniz bir durumda karın gibi, tamamının incelemesi vakit alan bölgelerde inceleme süresi gerçekten çok kısalıyor. İnceleme kalitesinin artması için incelenen organların hareketsiz olması gerekiyor. Bazı CT çekimleri sırasında hareketi önlemek için hastanın, her bir kesit görüntüsü için, nefesini tutması gerekiyor. Bu tür CT'ler, tek bir nefes tutumunda tüm karın ya da tüm göğüs boşluğunun incelenmesini sağlıyor.

-Tek bir nefes tutumunda X-ışını cihazı kaç tur atabiliyor?

-Spiral olmayan CT'lerde tek bir tur atıyor, ama spiral CT'de X-ışını cihazı dönerken masa da hareket ediyor. Böylece cihaz bir hacmi taramış oluyor. O hacim üzerinden kesitler yeniden oluşturuluyor. Geleneksel CT'lerde her kesit görüntü için hasta ayrı ayrı nefes tutmak zorunda. Ancak nefes tutma eylemi, nefesin tutulması gereken organlar için söz konusu; örneğin, beyin incelemelerinde nefes hareketiyle kafa oynamadığı için nefes tutmak gereksizken, karında ve özellikle akciğerlerde nefes tutulması bir zorunluluk. Geliştirilmiş yazılımlarla, makinenin kendisi önceden kaydedilmiş bir sesle, hastayı çekimden önce ve sonra, "nefesinizi tutun", "rahat nefes alın" gibi komutlarla yönlendiriyor.

-CT'lerin dört boyutlu oluşu ne kazandırıyor?

-Dördüncü boyut, zamanın da devreye girdiği anlamına geliyor. Bazı taramalarımızda damardan verilen ve X-ışını sönmünün artıran bir takım maddeler var. Kontrast ajan denilen bu maddeler, görüntülenen bölgedeki yapıların parlaklıklarını etkileyerek, daha kaliteli sonuçlar alınmasını sağlıyorlar. Enjeksiyon ya da ağız yoluyla verilebiliyorlar. Patolojik olduğunu düşündüğümüz ya da normal bir dokunun bu maddeyi hangi hızda alıp, hangi hızda bıraktığını da ölçülebiliyor; yani, dokular ya da patolojiler arası tanımlamaları anlamamızı sağlıyor.

-Kontrast ajanlar hangi durumlarda kullanılıyor?

-Kontrast ajanları, incelediğimiz bölgenin damarsal beslenmesinin ve yapılarının, patolojiyi anlamamıza katkısı olacağını düşündüğümüz durumlarda kullanıyoruz. Örneğin bir beyin tümörüyle karşılaştık; tümörün damarsal beslenmesi yüksek mi düşük mü, yani damarsal yapısı çok mu az mı

anlamak istiyorsak -ki çoğunlukla anlamak zorundasınız- kontrast ajan kullanmamız gerekiyor. Genellikle kitle lezyonunda kontrast ajan kullanımı çok yaygındır. Kontrast ajan toplardamar sistemine enjeksiyon yoluyla verilir, oradan akciğer dolaşımından geçip, sistemik dolaşıma ulaşıyor, oradan da şüphelendiğimiz alana gidiyor. Özellikle karın bölgesi tomografilerinde kullanılan kontrast ajanlar ağız yoluyla verilir. Hasta çekim öncesinde bu sıvıdan yaklaşık 1.5 litre içmek zorundadır. Bağırsaklar çok uzun olduklarından karın içinde katlanmış halde bulunurlar; bu katlantılar karın içinde karmaşa bir görünüm oluşturuyorlar. Örneğin bir lenf bezesi büyümesi arıyorsanız, lenf bezi ile bağırsaklar birbirine karışabilir. Bağırsaklar kontrast maddeyle doldurulursa, dolmayan diğer yumuşak dokuları onlardan ayırtedebilirsiniz.

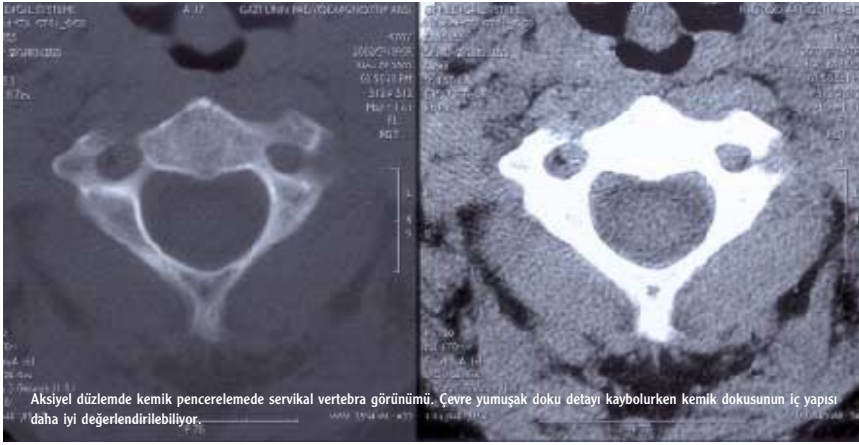


-Kontrast ajanlar hangi maddeleri içeriyor?

-İyot, atom numarası yüksek ve diğer atom numarası yüksek maddelere göre toksisitesi düşük olduğu, ek olarak da suda çözünebildiği için çoğunlukla kullandığımız bir kontrast ajan. Baryum da aynı özelliklere sahip, ama damar içi kullanımı mümkün değil; o da ağız yoluyla kullanılan bir kontrast ajan. Bir maddenin kontrast ajan olarak kullanılabilmesi için, atom numarasının yüksek olması, vücutta kabul edilebiliyor olması belirleyici.

-Hastanın yapması gerekenler var mı?

-Özellikle, iyot içeren kontrast maddelerin en önemli olumsuzluğu böbreklerde toksik etki yaratabilmesi. Toksikiteyi azaltmak için hastanın damarı içindeki sıvı hacminin yüksek tutulması gerekiyor. Sıvı hacmi ne denli yüksek olursa, toksisite o denli düşer. Bu nedenle hastaların çekimden 1.5



Aksiyel düzlemde kemik pencerelemede servikal vertebra görünümü. Çevre yumuşak doku detayı kaybolurken kemik dokusunun iç yapısı daha iyi değerlendirilebiliyor.



Temporomandibuler eklemin (çene eklemi) 3 boyutlu görünümü.



Atlantoaksial eklem (1. ve 2. boyun omurgaları arasındaki eklem) 3 boyutlu görünümü.

Vücut içindeki yapıların yarattığı sönüm oranlarının değerlendirilmesinde sayısal bir ölçek de kullanılır. CT çalışmalarıyla 1979 Nobel tıp ödülünü alan Sir Godfrey Newbold Hounsfield'ın geliştirdiği bu ölçekteki sayılar, dantsitometrik sayılar ya da Hounsfield birimleri (HU) olarak adlandırılır. Dantsitometrik sayılar, farklı parlaklık düzeylerine sahip 60-80 gri tonunu, ekranda -1000 - 4000 aralığında gösterirler. Parlaklık, farklı vücut yapılarını açığa çıkarmak için radyologca yönlendirilir. Parlaklık ve dantsitometre sayıları arasındaki ilişkiyi değiştirebilen bu yönlendirme, "pencere ayarları", "pencere" ya da "pencereleme" gibi adlar alır. Pencere, bilgisayarda işlenen verilerin görüntüye dönüştüğü ilk ortamdır; "genişlik" ve "düzey" de değiştirilebilir. Genişlik denetimi, ekran üzerindeki gri ölçek tarafından verilen dantsitometrik ölçeğin genişletilerek ya da daraltılarak, görüntü kontrastının ayarlanmasını sağlarken, pencere düzeyi, dantsitometrik ölçekle ilişkideki gri tonlarının, ton merkezini

gösterir; yoğunluk düzeyinin denetiminin ifadesi olarak değerlendirilir.

Pencere ayarları, ilgilenilen anatomik yapının görünüş netliğini en uygun hale getirmek için, tümüyle bilgisayar yazılımları sayesinde, genellikle radyologlarca yapılır. Birbirlerine benzer ya da yakın yoğunluklu dokular, farklılıkların daha iyi görünmesini sağlayabilmek için daha dar pencere lenirken, farkın çok olduğu yerlerde daha geniş pencereler seçilerek, her bir gri tonu elde edilmeye uğraşılır; böylece farklı dokular daha iyi değerlendirilir. Pencereleme yoluyla hem birbirinden çok farklı, hem de yüzlerce kesit görüntü elde edilebilmekte. Radyologlar her bir kesiti ayrı ayrı inceler, tanıyı veren etkin kesit görüntülerini seçerek filme dönüştürülmesini sağlarlar; film ve filmle ilgili yorumu içeren bir raporu hastaya ya da ilgili kliniğe teslim ederler.

CT'deki gelişmeler

CT'ler üretimlerindeki teknolojinin değişim ve gelişimine bağlı olarak kuşak kuşak adlandırılmışlar. İlk kuşak CT'lerde yalnızca X-ışını kaynağı dönüyor, sonraki kuşaklarda önce X-ışını kaynağının yanısıra, detektör sistemi de hareketlenmiş, sonra, gantri adı verilen CT boşluğu içinde halka hareketiyle 360 derecede tarama yapabilen detektör sistemi yerleştirilmiş; sabit detektör sistemi de hareketlendirilmiş. 4. Kuşak CT'lerden sonra üretici firmalar kuşak adlandırmalarından vazgeçerek, yapılan teknolojik yeniliklere göre CT'lerini isimlendirmişler.

X-ışını kaynağının dönmesi sırasında, hastanın bulunduğu masanın da, dönme düzlemine dik olacak biçimde ikinci bir hareket yapmasıyla, göreceli

olarak, spiral bir hareket yaratma yeteneğinde üretilmiş cihazlar spiral CT olarak anılmakta.

Çoklu detektör CT sistemleri, X-ışını kaynağının ve detektör sisteminin her bir dönüşte, birden fazla sıralanmış detektörlerle, aynı anda çok sayıda görüntü elde edilmesini sağlıyorlar.

En son gelişme çok dilimli CT'lerin üretilmesi olmuş. Bu tür CT'ler kesit görüntü elde etme süresini çok kısaltarak saniyenin daha altında sürelerle indirgeyerek, incelemenin çok hızlı yapılmasını sağlıyor. Tek bir nefes tutumunda bütün bir bölgenin taramasını yapabilecek kadar kısa sürelerle çalışıyor. Bu tür CT'ler, zamana karşı değişimleri de inceleyebilme olanağı verdiği için dört boyutlu CT olarak da anılmaktalar.

Radyasyon Korunumu.

Tasarım ve teknik olarak, CT'nin X-ışını tüpünden olabilecek radyasyon sızıntısı genellikle çok düşük; ışın demet yönünün geometrisi de, hareket-siz X-ışını kaynağından yayılardan farklı. Düşük de olsa, CT'de de, ışınlama ayarını yapan sistemden ya da donanımı saran kaplamadan radyasyon yayımı söz konusu. Bir CT'de en düşük radyasyon düzeyi, hastanın X-ışınına maruz bırakıldığı tarama düzleminde.

Hareketsiz X-ışını kaynağına (sıradan röntgen cihazı) göre çok daha düşük dozda radyasyon yaysa da, CT'de kullanılan enerji kaynağının da X-ışınları olduğu asla unutulmamalı. X-ışınlarının, DNA yapısında yol açtığı kırılmalarla ya da mutasyonlarla canlıya zarar verdiği biliniyor. Özellikle ardar da yapılan görüntüleme işlemleri, söz konusu riskleri artırabiliyor. Zararlı etkileri en aza indirmekte ya da yayımı önlemekte alınacak önlemler de, radyasyondan korunma ve radyasyon güvenliği kuralları doğrultusunda uygulanıyor ve ilgili kurumlarca, örneğin ülkemizde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nca denetleniyor.

Serpil Yıldız

Kaynaklar
Damascelli, B.; Basic Concepts in Diagnostic Imaging, Raven Press, New York, 1991
<http://www.healthprintdct.com/newpage4.htm>
<http://www.mayfieldclinic.com/PE/PE-CT.htm>