

Sanal Görüntüleme [2] Teknoloji kalbin hızına yetişti: Koroner anjiyografide tomografi dönemi

Dr. Mesut Yıldırım



1969 Almanya doğumlu. 1993 yılında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden mezun oldu. Ankara Numune Hastanesi, Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nde çalıştı. Halen Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda görev yapmaktadır.

Gelişmiş dünyada ölümlerin yaklaşık yarısı kalp ve damar hastalıklarından kaynaklanmakta ve bu sebep ilk sıradaki yerini koruyacak gibi gözükmemektedir. En azından hastalık profili olarak çağdaş dünyayı yakalamakta olduğumuz göz önüne alındığında, koroner hastalıklar Türk toplumu için de ciddi ölçekte halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Genç nüfus yapısına rağmen kardiyovasküler mortalitenin yüksekliği, gelecekte nüfusun yaşlanması ile birlikte daha yüksek oranlarda bir artışı gündeme getirebilir. Geçmişte enfeksiyon hastalıkları ile mücadelede aşılama çalışmaları gibi –sanılanın aksine bunların da önemini yitirmediğini ve aksatılmaları halinde çok tehlikeli sonuçlara yol açabileceğini vurgulamak gerekir-kalp hastalıklarından korunma ve tarama uygulamaları, tedaviden daha yüz güldürücüdür. En yüksek öncelikli olanlar, akut koroner olaylar için mutlak riskleri tanı almış hastalar kadar yüksek olan, bilinen koroner kalp hastalığı bulunmayan kişilerdir.

Radyolojinin gelişiminde kesitsel görüntüleme kavramını başlatan bilgisayarlı tomografinin (BT) önemli bir yeri vardır. İlk BT sistemi Cormack ve Hounsfield'in çalışmaları sonucu 1972'de tasarlanmış ve 1979'da Nobel Tıp Ödülünün gerekçesi olmuştur. Farklı dokular tarafından X-ışınlarının atenuasyonuna bağlı olarak geniş bir

aralıkta görüntü dansiteleri olması genelinde BT çalışmalarının en yararlı özelliklerinden biridir. Daha sonra manyetik rezonansın (MR) keşfi, aslında birbirlerinden değişik alanlarda üstünlükleri olan ve farklı sistemler üzerinden çalışan iki cihaz olmalarına rağmen, BT'nin ikinci planda ve daha eskimiş bir teknik gibi algılanmasına neden oldu. Ancak BT yepyeni bir teknoloji ile görüntüleme alanında iddialı bir dönüş yaptı.

Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi

Multislice veya multidetektör olarak da bilinen Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografinin (ÇKBT) bulunuşu, 1970'lerde başlayan bilgisayarlı tomografinin gelişiminde gerçek bir dönüm noktasıdır. Daha hızlı görüntü elde etme, daha yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlük ve daha iyi görüntü kalitesi ÇKBT'nin kardiyak uygulamaya imkân tanıyan avantajlarıdır. ÇKBT aynı zamanda radyologların çalışma şekillerini de değiştirmiştir. Eski çalışma şekli olan eldeki mevcut kesitlerden zorlayarak bilgi çıkarma çabası yerine, operatörün içinde tekrar tekrar dolaşabileceği ve düzlemsel görüntüleri kolaylıkla yeniden inşa edebileceği (rekonstrüksiyon), gerçek bir anatomik hacmin varlığı bilgisayar teknolojisindeki gelişme ile mümkün olmuştur. Giderek artan karmaşıklıkta işlemlerin gerçekleştirilebilmesi, bu konuda derinlemesine uzmanlaşmayı; kardiyologlar ve radyologlar arasında yakın bir işbirliğini de beraberinde getirmiştir.

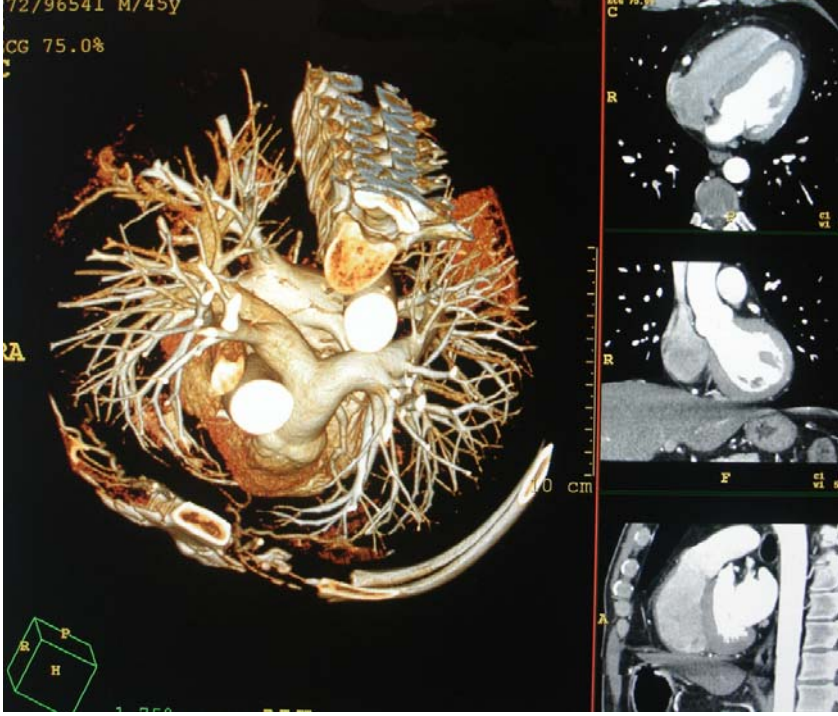
ÇKBT teknolojisinin temelinde kompleks bir matematik modele dayanan çoklu iki boyutlu (2D) görünüşlerden üç boyutlu (3D) bir nesnenin rekonstrüksiyonuna ait teorik prensipler yer almaktadır. Bu ilkeler çok önceden bilinmekle birlikte teknolojinin buna yetişi veya uygulamaya koyabilecek düzeye erişmesi ancak yakın zamanlarda mümkün olabilmıştır.

Genel olarak BT'de ilk sistemler bir X-ışını tüpü ve dönen bir cihazda karşılıklı yerleştirilmiş iki kesit detektöründen oluşuyordu ve 1800 dereceye kadar her rotasyon derecesinde kesitler elde ediyordu. Elde edilen görüntü 80 x 80 piksellik bir matrisle sahıpti ve edinim süresi (zamansal çözünürlük) 5 dakikanın üstünde idi. Bu mütevazı özelliklere rağmen, BT görüntüleri organik yapıların doku bileşenleri arasında iyi bir ayırım sağlayabili.

Sürekli teknik gelişmelerle zamansal çözünürlük 5 saniyenin altına indi ve masa hareketinin ölçülebilir değişimleri ile kombine edildiğinde paralel aksiyel kesitlerin sıralı olarak edinimlerine imkan sağlandı. Elektrokardiyografik senkronizasyonun ilave edilmesi 1980'lerin başında kalbin durağan görüntülerinin elde edilmesini sağladı.

Kalbin çalışması için çarpıcı bir keşif elektron-demet BT'nin (EDBT) uygulamaya konulması ile olmuştur. Bu sistemde bir X-ışını kaynağı veya gantride herhangi bir rotasyonel bileşen kullanılmaz. Onun yerine durağan tung-





Sanal görüntüleme artık birçok yönüyle gerçeğini de geçebiliyor. Normal anjiyografi ile görülemeyen damarın dış yüzeyine ait patolojilerin saptanması, tanısı ufukumuzu genişletmeye başladı.

sten hedeflerde odaklanmış bir elektron demeti kullanılır ve böylece çok hızlı tarama sürelerine imkân sağlar. Bir aksiyel kesit için zamansal çözünürlük 50-100 milisaniyeye indi ve 0.8 mm düzeyinde bir kesit kalınlığı koroner arter duvarında kalsifikasyonların tespiti ve ölçülmesine imkân verdi ve kontrast ajan kullanımı ile ilk invaziv olmayan koroner anjiyografi çalışmaları yapıldı. Ancak EDBT'nin yüksek fiyatı ve bakım maliyeti bu tekniğin yaygın kullanımını büyük ölçüde engelledi ve kalbin yeniden çalışır hale gelmesi ÇKBT'nin gelişimini bekledi.

1980'lerin sonunda spiral veya helikal edinime dayalı BT teknolojisinin uygulamaya girmesi önemli bir adım olmuştur. Bu sistemlerde, hem X-ışını yayan kaynağı hem de detektörleri içeren bir kayan halka, masa sürekli olarak hareket halinde iken gantrinin hızlı ve sürekli bir rotasyonuna imkan sağlar. Gantrinin rotasyon zamanı başlangıçta 1 sn iken 1994'te 0.75 sn'ye inmişti. Bu sayede ilk kez 25-30 saniyede 2-10 mm kalınlığında kesitler ile bir anatomik bölgenin görüntüleri alınabilmektedir. Ancak bu özelliklere rağmen, kalp ve koroner arterlerin yeterli bir şekilde görüntülenmesi hâlâ BT'nin kapasitesinin ötesinde idi.

ÇKBT teknolojisi ilk olarak 1993'te

gündeme geldi. Uygulama alanını genişletmeye yönelik değil sadece normal tomografik uygulamaların performansını iyileştirmeye yönelik olarak düşünülmüştü. Sistemler başlangıçta 2 sıra detektöre sahipti ve inceleme zamanını kısaltıyordu. Ancak bu sadece kalbin görüntülenebilmesi için yeterli idi. 1998'de 4, 2002 yılına kadar 8, 12 ve 16 sıra paralel detektörlerle donatılmış sistemler geliştirildi. 16 kesitli BT ilk kez 0.5 sn'nin altında rotasyon zamanları ve üç düzlemde 0.5-0.625 mm'lik eşit voksel boyutları ile kalbin gerçek izotropik bir uzaysal çözünürlüğünü sağladı. Böylece radyolojik cihazların performansında iki boyutlu ekranlarda ve görüntülerde çözünürlük ifade eden piksel kavramı yerine, üç boyutlu veri kalitesini gösteren voksel kavramı girmiş oldu. Ancak 16 kesitli cihazlar için gereken nefes tutma süresi 20-30 saniye civarında olup, mümkün olmakla birlikte yine de çok pratik değildi ve rutin klinik uygulamaya büyük ölçüde geçemedi.

ÇKBT'nin kardiyolojiye gerçek girişi 2005'te 64 kesitli cihazlar ile oldu. Bu cihazın esas avantajı tarama süresini kısaltarak, nefes 10 saniyenin altında tutmaya imkân sağlaması oldu. Böylece yüksek kalitede bir görüntü rutin olarak elde edilebilir hale geldi. Şu anda 64 kesitli BT ile tüm uygulamalar çok yüksek bir kesinlikle gerçekleştirilebilmektedir.

Koroner Anjiyografi

ÇKBT'nin kalbin çalışması için iki belirleyici özelliği uzaysal ve zamansal çözünürlük olmuştur. Bu da detektör sayısı ile doğru orantılı gelişmiştir. Görüntü rekonstrüksiyonu prospektif yani EKG tetiklenmiş veya retrospektif yani EKG kapılı tekniklerle yapılmaktadır. Retrospektif taramada görüntü verisi bir nefes tutma süresi boyunca sürekli helikal bir tarzda elde edilir. Eşzamanlı bir EKG kaydı tüm kardiyak siklusun belirlenmiş fazlarında görüntülerin rekonstrüksiyonuna imkân

sağlar. Bir görüntü, nefes tutma süresi boyunca gerçekleşen 8-10 kalp atımının o evresinin ortak görüntüsüdür. 0.5 mm kesit kalınlığı koronerlerin görüntülenmesi için yeterlidir ve tüm kalp siklusu boyunca verilerin sürekli olması ile sol ventrikül fonksiyonu çalışabilmektedir.

Kalbin hareket artefaktı olmaksızın aksiyel kesitini alabilmek zamansal çözünürlük üzerinde çok çalışılması gerekmiştir. Kalbin hareketi için maksimum süre yaklaşık 50 milisaniyedir (0.05 s) ve bu değere günümüzde ulaşılmıştır. Hatta cihazın hızı, verilen kontrast maddenin damarda yayılma hızını geçtiğinden, kontrast madde verildikten sonra ilgili bölgede kontrast yoğunluğu izlenmekte ve ancak belirli bir düzeye ulaştıktan sonra otomatik çekim yapılmaktadır. Böylece kontrast maddenin damar içinde bulunduğu anı yakalamaya yönelik zamanlama sorunu ortadan kalkmaktadır.

Geleneksel anjiyografi, lezyonların obstrüksiyon derecesinin değerlendirilebildiği arterlerin lümenini gösterir. ÇKBT de aynı görevi yerine getirir, fakat ayrıca arter duvarının kendisi hakkında ve aterosklerotik plakların yayılımı ve bileşenlerini de gösterir. Böylece içe doğru değil dışa doğru da büyüyen, yani pozitif remodeling gösteren lezyonlar daha iyi görülür. Rüptür tehlikesi olan ve acil stent takılması gereken hastalar bu tiptedir. Damar dışının değerlendirilmesi gereken bir durum, koroner arterin bir kısmının myokard içine gömülü olduğu köprüleşme vakalarıdır. Köprüleşme normal anjiyografide tespit edilememekte, damar lümeni açık görüldüğünde normal olarak rapor edilebilmektedir. Ancak myokardın kasılması anında basınç sonucu lümen kollabe olmaktadır. Bazı genç sporcu ölümünde köprüleşme vakalarının olduğu düşünülmektedir. ÇKBT'nin doğal damarlarda, bypass greftlerinde ve stent takılan hastalarda yüksek başarı göstermektedir. Stentlerin içi tıkanabileceğinden bunların düzenli kontrolü gereklidir, ancak her seferinde invaziv koroner anjiyografi yapılması oldukça yoldırıncı olabilir. ÇKBT özel bilgisayar programları ile özellikle stent için görüntülenmesini sağlar.

Sınırsız görüş açısına imkân sağladığından invaziv tekniğe göre üstün olduğu da düşünülebilir. Ayrıca seçilen bir damara ait curved (bükümlü) multiplanar reformasyon yapılarak, damar her türlü açılanmalardan arındırılmış düz bir hat boyunca izlenebilmektedir. 3 boyutlu görüntüleme (volume render reconstruction) kalbin dış yüzeyinin adeta bir fotoğrafını

çekmekte ve kalp damar cerrahlarına ameliyat öncesi yol gösterici olmaktadır. Ancak ÇKBT'nin bazı kısıtlılıkları da söz konusudur. Özellikle ağır kalsifiye lezyonların, metallik implantların varlığında ve düzensiz kalp ritminde değerlendirme zorlukları vardır. Bu durumda bir sonraki basamak olarak invaziv anjiyografi gerekebilir. İnvaziv anjiyografinin dikkate değer bir diğer özelliği de tedaviye yönelik girişimlerin yapılmasına imkan sağlamasıdır.

ÇKBT ile koroner damarların anjiyografik görüntülmesinin yanı sıra kalsiyum skorlama, morfolojik ve fonksiyonel değerlendirme de yapılmaktadır.

Yeni bir risk yaklaşımı: Kalsiyum Skorlama

Koroner arter kalsiyumu (KAK), sadece damar duvarının aterosklerotik plaklarında bulunduğundan dolayı, ateroskleroz sürecinin mükemmel bir göstergesidir. Bir ölçü birimi olarak geliştirilen kalsiyum skoru da hastalığın yükü ile korrelasyon göstermektedir. İleri yaşlarda kalsiyum skorunun ilerleme hızı, yaşamın daha erken dönemlerinde mevcut koroner risk faktörlerini yansıtmaktadır. KAK bu nedenle kendi başına bir risk faktörü değil ama risk faktörlerinin toplamının ve hastanın koronerlerindeki plak yükünün bir çeşit göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Kalsiyum skorlamada en yaygın olarak kullanılan Agatston yöntemi, Hounsfield Ünitesi (HU) olarak ölçülen doku yoğunluğu ve kalsiyum tortularının alanına dayanan bir hesaplama. Buna göre 130 HU veya daha yüksek dansitelerin kalsiyuma karşılık geldiği kabul edilmektedir. Kalsiyum miktarının hacim veya kitle hesaplaması da alternatif olarak bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Kalsiyum skorlama, koroner anjiyografi işlemi sırasında rutin olarak hesaplanmakla birlikte, ayrıca tek başına tarama amaçlı olarak da yapılabilir.

KAK ilerlemiş lezyonlarda yaygın olarak bulunur. Fakat 20'li ve 30'lu yaşlarda bile zaten gelişmiş olan erken aterosklerotik lezyonlarda küçük miktarlarda bulunabilir. Lipidden zengin plaklarda küçük kalsifikasyonların instabilite edici olabileceği düşünülmektedir. Bunun tersine plak rüptürü ve akut koroner sendrom hiç kalsifikasyon olmayan yumuşak bir plakta da

meydana gelebilir. Bu durum özellikle sigara içen gençlerde görülür. Asemptomatik bir hastada ilerlemiş bir koroner ateroskleroz sürecinin işareti olan KAK varlığı, eşlik eden diğer lipidden zengin ve dolayısıyla duyarlı plakların olasılığını da güçlendirir.

Morfolojik ve fonksiyonel değerlendirme

Non-invaziv koroner anjiyografi ÇKBT'nin kardiyolojik tanı alanındaki en önemli katkisidir. Ancak inceleme sırasında toraks hacminde ilave bilgiler sağlayabilecek büyük miktarlarda veri mevcuttur. ÇKBT'nin avantajı bu verilerin hepsinin başlangıçtan itibaren bir defada elde edilmesidir. Böylece ekokardiyografi veya kardiyak MR'da olduğu gibi belirli bir stratejinin izlenmesi gerekmemektedir. Bilgi geriye dönük değerlendirme için seçici olarak geri çağrılabilir.

Özellikle sol ventriküle ait olmak üzere hacim ve fonksiyon hakkındaki veriler, kalp hastalıkları için klinik öneme sahip bilgilerdir. Ventriküler hacim ve fonksiyon analizi, koroner arter görüntüleme için elde edilen EKG-kapılı veri setinden retrospektif olarak multip-lanar reformasyon yapılarak gerçekleştirilir. Tüm kardiyak siklus 100 eşit parçaya bölünür ve artan % 5'lik zaman kesitlerinde faz görüntülerinin rekonstrüksiyonları yapılır. Böylece bir atım 20 kalp fazı ile sine olarak görüntülenebilir. Operatör diyastol sonu ve sistol sonu fazlarını görsel olarak seçebilir ve ejeksiyon fraksiyonunu (EF) hesaplayabilir. Genelde EF hesaplamasında % 0 fazı diyastol sonu, % 40 fazı sistol sonu olarak belirlenmiştir. Çalışmalar ÇKBT ile diyastol ve sistol sonu hacimlerde hafif bir fazlalık olmakla birlikte ejeksiyon fraksiyonunda mükemmel bir uyum olduğunu göstermiştir.

Düzlemlerin herhangi birinde sine analiz ile bölgesel sol ventrikül fonksiyonu için kalitatif bir analiz mümkündür. Bu şekilde iskemik kökenli bölgesel sistolik disfonksiyon alanları, geçmiş enfarkta bağlı anormal ince duvarlı myokard alanları, sol ventrikül anevrizması, trombus varlığı belirlenebilir. Kontrast sonrası ÇKBT görüntüleri myokard perfüzyonu hakkında bilgi verebilir. Enfarkt geçirmiş bölgelerin HU değeri, yaklaşık 120 HU olan normal myokard dokusunun yarısı kadardır. Çoklu bilgilerin aynı anda değerlendirilmesi, geleneksel anjiyografinin aksine, hastanın daha geniş bir bakış açısı ile görülmesini sağlamak ve hastanın genel durumu hakkında daha sağlam bir şekilde fikir sahibi olunmaktadır.

ÇKBT ile koroner anjiyografi, kalp



64 kesitli bilgisayarlı tomografi kalbin üzerindeki 4 mm çapındaki koroner damarları tüm seyri boyunca görüntüleyebiliyor.

hastalığı için risk altında olanların belirlenmesinde, bypass geçirmiş veya stent takılmış hastaların takibinde büyük kolaylık sağlamaktadır ve toplumun genel kullanımına bu denli açık olan nadir ileri teknoloji örneklerinden biridir.

Kaynaklar

Lladó, Atlas of Non-Invasive Coronary Angiography by Multidetector Computed Tomography, Springer, 2006

Hausleiter J, Non-invasive coronary computed tomographic angiography for patients with suspected heart disease, Eur Heart J, May 2007

Liu CY, Congenital left circumflex coronary artery atresia detected by 64-slice computed tomography, Kaohsiung J Med Sci, Jun 2007

Raff GL, Coronary angiography by computed tomography: coronary imaging evolves, J Am Coll Radiol, May 2007

Gilkeson RC, Multislice CT evaluation of coronary artery bypass graft patients, J Thorac Imaging, Feb 2007

www.tkd-online.org'dan Ulusal Kalp Sağlığı Politikaları Ana İlkeleri

