

Kardiyak BT: Teknik ve Endikasyonlar

Tuncay HAZIROLAN

Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara

Koroner Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) miyokard, kapak ve perikard değerlendirmeye yönelik uygulamaların da eklenmesiyle Kardiyak BT adını almış ve hızla yaygınlaşarak kalp hastalıklarının değerlendirilmesinde klinik rutin görüntüleme yöntemleri arasına katılmıştır. Kardiyak BT endikasyonları koroner arter görüntülenme ve revaskülarizasyon sonrası kontrol, koroner arter anomalilerinin belirlenmesi, kalsiyum skorlama, koroner plak değerlendirme, sağ ve sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi, miyokardiyal canlılık ve iskemi değerlendirilmesi, kapak hastalıkları, koroner venoz anatomi, sol atriyum ve pulmoner ven anatomisi, konjenital kalp hastalıkları, ek patolojiler başlıkları altında toplanmaktadır.¹⁻³

Kardiyak BT'nin rutin kullanımının hızla yaygınlaşmasına rağmen değeri ve endikasyonları konusunda tartışmalar sürmektedir. Kardiyak BT'nin yerini ve yararlarını gösteren yeterli sayıda geniş kapsamlı çalışma olmaması, kardiyak BT'nin kullanıldığı alanlarda değeri kanıtlanmış alternatif yöntemlerin olması ve kardiyak BT uygulanırken hastanın X ışını ve nefrotoksik kontrast maddeye maruz kalması bu tartışmaların nedenidir.

Kardiyak BT Tekniği

Çok kesitli bilgisayarlı tomografinin (ÇKBT) kardiyak değerlendirmede kullanılabilmesini sağlayan teknolojik gelişmeler aynı anda çok sayıda görüntü alınabilmesi dışında zamansal çözünürlükteki (bir görüntünün alınma süresi) hızlanma, uzaysal çözünürlükteki (görüntüdeki birbirinden ayrılabilen en yakın iki nokta) artış, EKG eşliğinde görüntü alma teknolojisinin geliştirilmesidir.

ÇKBT ile zamansal çözünürlükteki hızlanma Kardiyak BT'yi mümkün kılan en önemli gelişmedir. Zamansal çözünürlükteki artış kalp hareketine bağlı artefaktların azalmasını sağlamıştır. İlk jenerasyon bilgisayarlı tomografilerde görüntü alınması için dakikalar gerekirken, 64 dedektörlü BT'de 165ms'ye, çift tüplü BT'de 83ms'ye düşmüştür. 64 dedektörlü BT ile 75/dk kalp hızı altında tüm koroner arterlerden diyagnostik görüntü alınabilmektedir. Çift tüplü BT'de ise 120/dk kalp hızına kadar kaliteli görüntüleme yapılabilmektedir.⁴⁻⁶

ÇKBT ile aksiyel ve longitüdüal düzlemde eşit (izotropik çözünürlük) uzaysal çözünürlük sağlanması ince ve tortiyöz seyirli koroner arterlerin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. 64 kesitli BT 0.65x0.65x0.65mm uzaysal çözünürlük sağlamaktadır. Elde olunan izotropik uzaysal çözünürlük sayesinde reformat teknikleri kullanılarak istenen her düzlemde görüntü kalitesinden kaybetmeden reformat görüntüler elde olunabilmekte ve tortiyöziteden kaynaklanan değerlendirme güçlükleri ortadan kaldırılmaktadır. Günümüzdeki çözünürlük düzeyi ile aterosklerotik hastalık yaygınlığı ve stenoz düzeyi doğru olarak belirlenebilmektedir. Stenoz oranlarının kesin olarak belirlenmesinde ise güçlüklerle karşılaşmaktadır.^{7,8}

Kardiyak BT, kalp siklusunun aynı fazında görüntü alınabilmesi için EKG eşliğinde yapılır. Bu amaçla iki tip EKG uygulaması kullanılabilir: prospektif tetikleme ve retrospektif gating. Prospektif tetikleme, "step and shoot" adıyla son dönemde kullanılmaya başlanmıştır. Step and shoot yönteminde orta- geç diyastolik fazda iki kalp atımında bir görüntüleme yapılır. Prospektif tetikleme ile X ışını dozunda belirgin azalma sağlanmaktadır. Bu yöntemin dezavantajı sadece tek fazda görüntü elde edilmesi ve işlem esnasında oluşan kalp hızı değişikliklerinin görüntü kalitesini bozmasıdır.⁹ Halen tercih edilen yöntem retrospektif gating tekniğidir. Bu yöntemde EKG eşliğinde sürekli olarak çekim yapılır. Tetkik bittikten sonra kalp siklusunun istenen herhangi fazında alınan görüntüler bir araya getirilerek değerlendirilebilir. Koroner arter değerlendirmesi amacıyla sistol sonu ve geç diyastolik fazdaki görüntüler kullanılırken, kalbin fonksiyonel değerlendirilmesi amacıyla kalp atımının tüm fazlarından oluşturulan görüntüler kullanılır. Retrospektif gating'in dezavantajı tetkik esnasında sürekli tarama yapıldığından radyasyon dozunda artışa sebep olmasıdır.⁹

Kardiyak BT'de radyasyon dozu

ÇKBT ile elde edilen yüksek uzaysal çözünürlükteki görüntülerden yeterli sinyal alınabilmesi için X ışını tüp akım oranlarının yüksek düzeyde tutulması gerekmektedir. Çekim esnasında retrospektif gating uygulanması ve masa hareket hızının düşük tutulma zorunluluğu Kardiyak BT'de radyasyon dozunun artmasına sebep ol-

maktadır. Step and shoot yönteminde dozda ileri derece azalma sağlansa da sık karşılaşılan artefaktlar nedeniyle bu yöntem tercih edilmemektedir. Kardiyak BT'de ortalama radyasyon dozu 5-20 mSv arasında değişmektedir. Otomatik doz kontrolü tekniklerinin kullanılması ile uygulanan total ışın miktarında %30-50 azalma sağlanmaktadır. Bu yöntemin efektif çalışması için hasta kalp atım hızının 70/sn'nin altında olması ve aritmi olmaması gereklidir.^{10,11}

Kardiyak BT'de hasta hazırlığı

Kardiyak BT uygulamalarının başarılı olabilmesi, hastaların uygun şekilde tetkike hazırlanmasına bağlıdır. Tetkik esnasında farklı düzeydeki görüntüler farklı kalp atımlarında alındığından hastanın sinüs ritminde olması gereklidir. Hastalara tetkik esnasında nefrotoksik etkileri olan BT kontrastı verildiğinden, tüm hastaların işlem öncesinde yeterli düzeyde hidrasyonu sağlanmalıdır. Alerji riski olan hastaların detaylı hikayesi alınmalı, daha önce oluşmuş reaksiyon miktarına göre profilaktik tedavi verilmeli veya tetkik yapılmamalıdır. Çift tüplü sistem kullanmayan merkezlerde kalp atım hızı 70/dk'dan fazla olan hastalara tetkikten 1 saat önce oral 50-100 mg veya tetkikten hemen önce İV 50-100 mg metaprolol verilerek kalp hızının 65/dk'nin altında olması sağlanmalıdır.

Kontrast madde tercihen sağ antekubital ven yoluyla otomatik enjektörle verilmelidir. Kontrast enjeksiyon hızı 64 kesitli ve çift tüplü sistem kullanılan merkezlerde kullanılan protokole göre ve kontrast maddenin iyot konsantrasyonuna göre 4-6cc/sn hızında değişmektedir.¹²

Koroner arter görüntülenme

Koroner arter hastalığı (KAH) orta ve ileri yaşta en sık ölüm sebebidir. Rölatif olarak erken yaşta ortaya çıkması nedeniyle halk sağlığı üzerine etkileri diğer ana ölüm nedenlerinden daha fazla olmaktadır. KAH çocukluk çağına intimal yağ plaklarıyla başlayan, orta ve ileri yaşta oluşan hemodinamik anlamlı darlıkların neden olduğu iskemik semptomlarla tanınan kronik süreci içermektedir. Pek çok hasta ise aterosklerotik plakların yırtılması sonucu akut koroner sendrom kliniğinde tanı almaktadır. Koroner arter hastalığının gelişim hızı genetik, hipertansiyon, hiperkolesterolemi, sigara, diyabet gibi faktörlerin etkileri ile kişiden kişiye değişiklik göstermektedir. KAH'nın arter lümeninde darlığa yol açmadan veya akut koroner sendroma sebep olmadan önce tanınması ve hastaya özel tedavi protokolünün kullanılmasıyla, KAH'nın ilerlemesinin durduğu hatta hastalığın geriletilebildiği, akut koroner sendrom oluşurmaya yatkın duyarlı plakların stabil hale döndüğü ve ani ölümlerin engellenebildiği bilinmektedir.

KAH'nın tanınmasında kullanılan noninvaziv görüntüleme yöntemleri anatomik ve fonksiyonel yöntemler olarak iki gruba ayrılmaktadır.³ Anatomik görüntüleme yöntemlerinin amacı koroner arterleri değerlendirmektir. Anatomik değerlendirme amacıyla kullanılan yöntemler koroner BT anjiyografi (BTA), Elektron demeti bilgisayarlı tomografi ve Manyetik rezonans anjiyografidir.

Günümüzde koroner BTA'nın yaygınlaşması ile diğer anatomik noninvaziv görüntüleme yöntemlerinin kullanımını hızla azalmıştır.

Noninvaziv fonksiyonel görüntüleme amacıyla kullanılan görüntüleme yöntemleri Single photon emission computed tomography (SPECT) veya Positron emission tomography (PET) perfüzyon görüntüleme, Stres ekokardiyografi, stres MRG ve stres MRG perfüzyon tetkikleridir. Noninvaziv fonksiyonel görüntüleme yöntemlerinin kullanım amacı klinik ve laboratuvar bulguları ile yüksek riskli grupta yer alan hastaların değerlendirilmesi ve anatomik görüntüleme yöntemleri ile saptanan KAH'ın fonksiyonel etkilerinin belirlenmesidir.³

Günümüzde Koroner BTA endikasyonları konusunda kesin olarak kabul edilmiş algoritma bulunmamakla beraber, koroner BTA uygulanmış hastalara pek çok merkezin kullandığı protokol benzeşmektedir. Koroner BTA ile aterosklerotik hastalığın yarattığı darlık oranı %50-75 arasında saptanan hastalar fonksiyonel görüntüleme yöntemleri ile değerlendirilir. Fonksiyonel etki saptanan hastalara invaziv anjiyografi uygulanarak bölgesel patolojiler için endovasküler tedavi, çok damar hastalığı veya yaygın hastalık için cerrahi tedavi planlanır. Koroner BTA ile %50'den az darlık saptanan hastalar medikal tedavi ile takip edilir.¹³ %75'den fazla darlık saptanan hastalar ise fonksiyonel görüntüleme yöntemleri kullanılmadan direk olarak invaziv koroner anjiyografi ile değerlendirilir. İnvaziv anjiyografide fonksiyonel etkinin değerlendirilmesi amacıyla intravasküler ultrasonografi kullanılmakta ve darlık düzeyinde lümen alanı veya koroner akım rezervi hesaplanmaktadır.¹³

KAH değerlendirmesinde koroner BT anjiyografi tetkikinin yeri günümüzün sıcak tartışma konularındandır. Bu amaçla en sık kullanılan araştırma modeli yüksek KAH risk grubundaki hastaların dahil edildiği stenoz değerlendirilmesine yönelik çalışmalardır. Bu gruptaki çalışmaların ortak bulguları %50'den fazla stenozların belirlenmesinde 16 ve 64 kesitli BT'nin duyarlılık ve seçiciliğinin %80'in üzerinde olduğu, tetkikin negatif öngörü değerinin %90'ın üzerinde olduğudur. Kesit sayısı artmasına bağlı tetkik süresinin kısalması 64 kesitli BT'lerle yapılan çalışmalara değerlendirilemeyen segment oranlarının %10'un altına düşmesi olarak yansımıştır. BT anjiyografi ile stenoz oranlarının olduğundan daha fazla saptandığı bu çalışmaların diğer ortak bulgularıdır. Stenoz oranlarının yüksek olarak saptanmasına neden olarak yüksek riskli hastalarda sık rastlanan kalsifiye plaklara bağlı atenüasyon ve parsiyel volüm etkisi, rölatif olarak düşük çözünürlük, yüksek vücut-kütle indeksine bağlı sinyal kaybı ve hareket artefaktları gösterilmektedir.¹⁴⁻¹⁶ Negatif öngörü değeri yükseliğinin riskli hasta grubunda sağladığı klinik yarar tartışmalıdır. Bu hasta grubunda çok yüksek oranda KAH saptandığından çok az sayıda hastada klinik değerlendirme algoritmasını değiştirmektedir. Bu gruptaki hastalarda Koroner BT anjiyografinin kullanılması pek çok hastanın gereksiz yere X ışını ve kontrast madde almasına neden olmaktadır.

Orta riskli hastaların değerlendirildiği az sayıda çalışma bulunmaktadır. Acil servise nonspesifik göğüs ağrısıyla başvuran iskemik EKG bulguları olmayan ve kardiyak markerları pozitifleşmemiş hastaların dahil edildiği çalışmada hastalara koroner BTA anjiyografi uygulanmış ve tetkikin negatif öngörü değerinin %100 olduğu, akut koroner sendromlu hastaların tümünün tanı aldığı bildirilmiştir.¹⁷ Kapak cerrahisi planlanan hastaların koroner BTA ile değerlendirildiği çalışmada duyarlılığın %100, seçiciliğin %92 ve negatif öngörü değerinin %100 olduğu gösterilmiştir.¹⁸ Dilate kardiyomyopati hastaların değerlendirildiği diğer çalışmada ise duyarlılık %99, seçicilik %96, pozitif öngörü değeri %81, negatif öngörü değeri %99 olarak belirlenmiştir.¹⁹

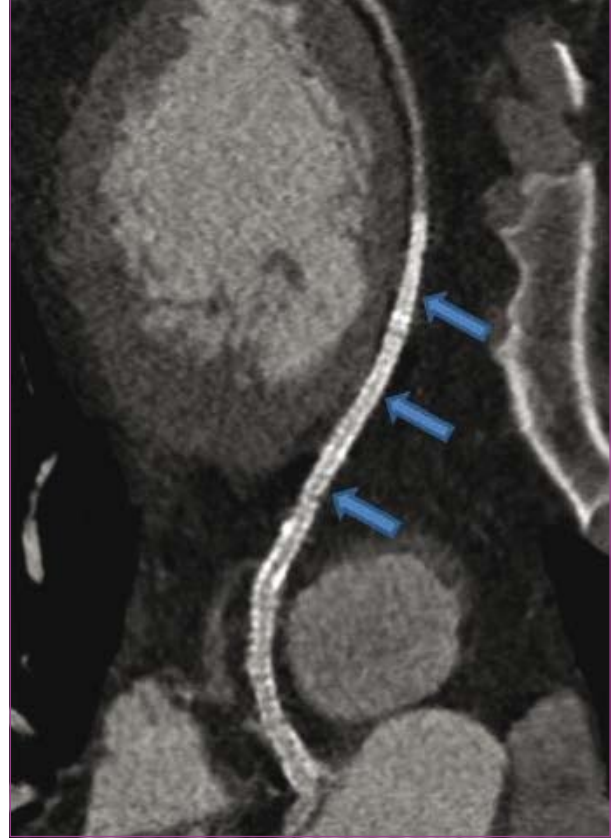
Bu bulgular ışığında günümüzde koroner BTA anjiyografi tetkikinin stenoz değerlendirilmesinde kullanılmasını önerilmemektedir. Bu amaçla kullanım hastaların endikasyonsuz kontrast madde ve X ışını yüklenmesine sebep olamakta ve KAH algoritmasını değiştirmeden maliyetin artmasına sebep olmaktadır. Orta risk grubunda yer alan hastalarda ve acil servise akut göğüs ağrısıyla gelen hastaların değerlendirilmesi ise günümüzün koroner BTA endikasyonunu oluşturmaktadır. Bu hasta gruplarında tetkikin yüksek negatif öngörü değeri klinik uygulamalarda yüksek oranda değişiklik sağlamaktadır. Orta riskli hasta grubunda normal invaziv koroner anjiyografi sayısında belirgin azalma sağlamaktadır. Acil serviste kullanımı ile hastaların hastanede kalış süresinde ve tedavi maliyetinde belirgin azalma sağlanmaktadır. EKG ve marker takibiyle belirlenemeyen akut koroner sendromların ve benzer semptomlara sebep olan aort diseksiyonu ve pulmoner tromboemboli hastalıklarının tanısı hızla konmaktadır.

Revaskülarizasyon sonrası kontrol

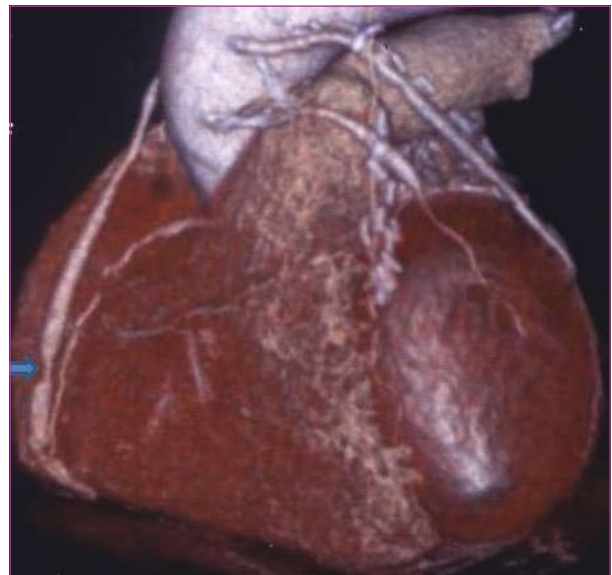
Metal artefakları nedeniyle stent değerlendirmesi koroner BTA'nın sorunlu konusunu oluşturmaktadır. Stent değerlendirilmesinde tetkik kalitesini belirleyen en önemli etken stentin özellikleridir. Çapı 3 mm ve üzeri olan stentlerin lümenleri daha yüksek doğrulukta değerlendirilebilmektedir. Stent çapı yanında stentin yerleştirildiği segment, stentin yapıldığı madde, tetkik esnasındaki kalp hızı, hastanın vücut kütle indeksi tetkik güvenilirliğini etkileyen diğer faktörleri oluşturur.²⁰⁻²² 64 kesitli BT'ler ile stent içi stenozların değerlendirildiği çalışmalarda değerlendirilemeyen stent oranı %10'un altındadır. Bu çalışmalarda duyarlılık seçicilik ve negatif öngörü değerleri %90'ın üzerinde saptanmış, pozitif öngörü değerleri %80'nin altında bulunmuştur.^{21,22} Bu bulgular ışığında düşük kalp hızlı hastalarda, proksimal segmentlere yerleştirilmiş 3mm'den geniş stentlerin değerlendirilmesinde koroner BTA kullanılabileceği söylenebilir (Resim 1).

Bypass greftleri nativ koroner arterlere göre daha az hareketli olmaları nedeniyle koroner BTA ile yüksek doğrulukta değerlendirilebilmektedir (Resim 2). Arteriyel greftlerin değerlendirilmesinde cerrahi kliplerin yarattığı artefaktlar değerlendirmeyi güçleştirse de farklı kesitler kullanılarak hemen hemen tüm arteriyel greftler

yeterli düzeyde değerlendirilebilmektedir.²³⁻²⁵ Bypass greft değerlendirilmesine yönelik çalışmaların duyarlılık ve seçicilik oranları %100'e yakındır. Ancak bypass değerlendirilmesine yönelik BTA tetkikinde greft bağlanmamış nativ arterlerin ve bypass distalinde kalan nativ arter segmentlerinin de değerlendirilmesi zorunludur. Bu grup hastalarda yaygın aterosklerotik hastalık ve kal-



Resim 1: Curved MPR görüntüde sol ana koroner arterden başlayıp sol ön inen arter distal kesimine dek uzanan çok sayıda patent stent izleniyor (oklar)

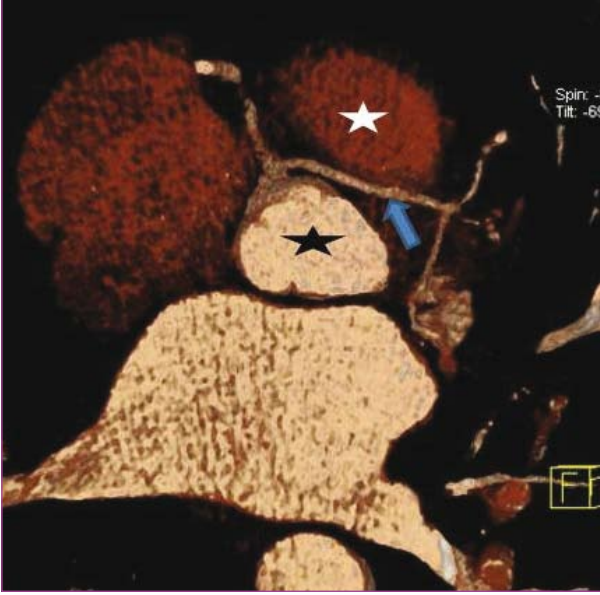


Resim 2: Volume rendering görüntüde aorta ile sağ koroner arter distal kesimi arasına yerleştirilmiş safen ven greftinde orta kesimde ileri derece darlık izleniyor (ok)

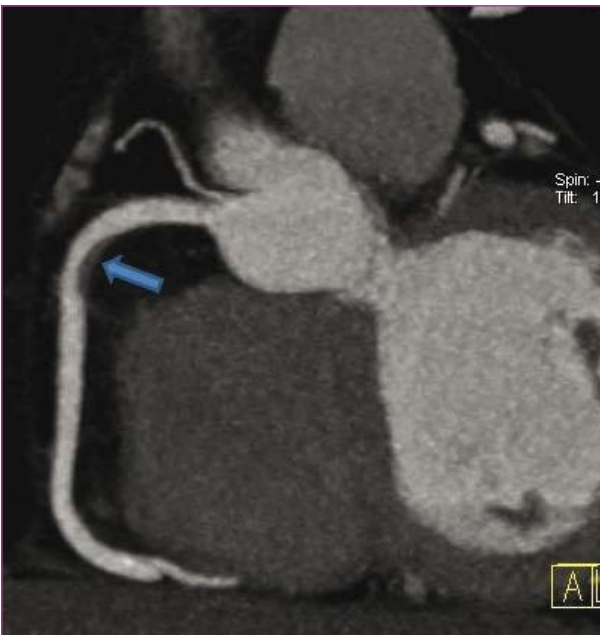
sifikasyonlar nativ arterlerin değerlendirilmesini engellemektedir. Nativ arterleri ve bypass greftlerini beraber değerlendiren çalışmalarda pozitif öngörü değeri %70 düzeyine kadar düşmektedir.²³⁻²⁵ Bu bulgular ışığında koroner BTA tetkikinin sadece bypass greftlerinin değerlendirilmek istendiği hastalarda ve invaziv anjiyografi ile kataterize edilemeyen hastaların değerlendirilmesinde kullanılması önerilmektedir.

Koroner arter anomalileri

Koroner arter anomalileri genç yaş kardiyak kökenli ölümlerin en sık ikinci sebebidir.²⁶ Koroner anjiyografi



Resim 3: İnce volune rendering görüntüde sağ ventrikül çıkışıyla (beyaz yıldız) aort kökü (siyah yıldız) arasından geçen sol ana koroner arter (ok) izleniyor. Sol ana koroner arter sağ sinüs valsaldan sağ koroner arterle ortak kök halinde çıkmaktadır



Resim 4: İnce MIP görüntüde sağ koroner arterde orta derece darlığa yol açan hipodens plak izleniyor (ok)

ile aberran koroner arterin aorta ve pulmoner arterle olan ilişkisi pek çok vakada belirlenememektedir.²⁷ Koroner arter anomalileri ve aberran arterin kardiyak ve ana vasküler yapılarla ilişkisi koroner BTA ile %100 kesinlikle saptanabilmektedir (Resim 3).²⁸ Koroner BTA anomali değerlendirilmesinde ilk tercih edilen yöntem olarak kullanılmaktadır. Ek olarak, Anjiyografi ile kateterizasyon yapılamayan çıkış anomalilerinde çıkış bölgesinin belirlenmesi amacıyla koroner BTA kullanılmaktadır.

Kalsiyum skorlama ve koroner plak değerlendirme

Elektron demeti bilgisayarlı tomografi (EDBT) ile başlatılan kalsiyum skorlama tetkiki günümüzde ÇKBT ile sürdürülmektedir. Hastaların koroner arter risk grubunu belirlemekte kullanılan çizelgeler EDBT ile oluşturulduğundan ÇKBT ile yapılan tetkiklerin parametreleri EDBT parametrelerine uygun olarak kullanılmaktadır.²⁹ Kalsiyum skorlama tetkikinde ışın dozu 1-2mSv düzeyindedir.³⁰ Uygulamada kontrast madde kullanımı gerekmez. Koroner arterde saptanan kalsifikasyonların diyaliz hastaları dışında tümüyle aterosklerotik hastalıktan kaynaklandığı bilinmektedir. Kalsiyum skoru yüksekliği ile akut koroner sendrom riski arasında yakın ilişki olduğu gösterilmiştir. Koroner kalsiyum skorlama tetkikinin klasik risk sınıflama yöntemleri ile orta risk grubunda yer alan hastalarda kullanılmasının tedavi protokolü belirlenmesinde etkili olduğu gösterilmiştir. Düşük ve yüksek riskli grupta yer alan hastaların değerlendirilmesinde kullanılması tartışmalıdır. Koroner kalsiyum skorlama tetkikinin tarama tetkiki olarak kullanılması ve skorlama yapılan hastalarda düzenli olarak tekrarlanması önerilmemektedir.³¹

Hemodinamik etkileri olmayan orta derece darlığa sebep olan yağ içerikli duyarlı plakların akut koroner sendromun en sık sebebi olduğu bilinmektedir. Koroner BTA ile intravasküler ultrason bulgularını karşılaştıran çalışmalar pozitif remodelling değerlendirilmesinde tetkikler arasında uyum olduğunu göstermektedir.³² Koroner BTA ile kalsifik plaklar ile kalsifiye olamayan plaklar kolaylıkla ayrılabilir (Resim 4). Koroner BTA ile yağ içerikli duyarlı plakların fibrotik stabil plaklardan ayrılması günümüz şartlarında mümkün değildir.³³ Koroner BTA tetkikinde Haunsfield ünitesi (HU) değerlerine bakılarak plaklar sınıflandırılmaktadır. Yağ içerikli plakların HU değerleri ile fibrotik plakların HU değerleri arasında belirgin fark bulunmamaktadır. Koroner BTA'nın plak değerlendirilmesindeki yerinin belirlenmesi için geniş kapsamlı prospektif çalışmaların yapılması zorunludur. Günümüzde sadece plak gruplandırması amacıyla koroner BTA kullanımı önerilmemektedir.

Ventrikül fonksiyonu

Retrospektif gating yöntemiyle yapılan kardiyak BT tetkikinde elde olunan verilerle ÇKBT'nin teknik özelliklerine bağlı olarak 10-20 fazlı sine görüntüleri oluşturulabilmektedir. Sine BT görüntüleri kullanılarak belirlenen fonksiyonel değerlendirme sonuçları ile ekokardiyografi ve MRG sonuçlarını arasında belirgin fark saptanmamış-

tır.³⁴ Ekokardiyografi ve MRG tetkikleri varken fonksiyonel değerlendirme için BT kullanılmaması gereklidir. Ancak koroner değerlendirme ile fonksiyonel değerlendirmenin eş zamanlı uygulanması pek çok ek bilgi sağlamaktadır.

Miyokardiyal canlılık ve iskemi değerlendirilmesi

Kardiyak BT tetkiki esnasında alınan görüntülerin miyokardiyal perfüzyon hakkında semi kantitatif bilgiler verdiği gösterilmiştir. Erken fazda alınan görüntülerin enfarktüs alanını olduğundan küçük gösterdiği, kontrast madde verilmesinden 10-15 dakika sonra alınan görüntülerde saptanan enfarktüs alanının ise patolojik olarak belirlenen enfarkt alanı ile tam olarak uyum gösterdiği bildirilmektedir. Geç fazda değerlendirme yapılabilmesi için hastaya ek tarama yapılma zorunluluğu günümüzde bu yöntemin kullanımını kısıtlamaktadır. Erken faz görüntülerin rutin kullanılması için ise geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.^{35,36}

Kapak hastalıkları

Sine görüntüler kullanılarak mitral ve aortik kapakların değerlendirildiği çalışmalarda kapak patolojilerinin yüksek kesinlikte saptandığı gösterilmiştir. Aortik stenoz tanısında sistol esnasında kapak alanı değeri kullanılmaktadır. Diyastol esnasında kapakta oluşan açık alan değeri yetmezlik miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Resim 5). Kapakçıklarda yoğun kalsifikasyonu olan hastaların BT ile değerlendirilmesi güçleşmektedir. Bu hastalarda negatif görüntüler oluşturularak kalsifikasyonların siyaha döndürülmesi değerlendirmeyi kolaylaştırmaktadır. Ekokardiyografi ve MRG ile yeterli değerlendirilemeyen az sayıda hastada BT ile değerlendirme düşünülebilir. Koroner arter hastalığı için BTA uygulanan tüm hastalarda ise kapak fonksiyonları değerlendirilmelidir.^{37,38}

Koroner ve pulmoner venöz anatomi

Koroner BTA tetkiki ile koroner arterlerle beraber koroner venlerde değerlendirilebilmektedir. Koroner venler yoluyla uygulanacak girişimsel işlemler öncesinde venöz anatomisinin belirlenmesi için kullanılacak tek yöntem günümüzde BTA tetkikidir.³⁹

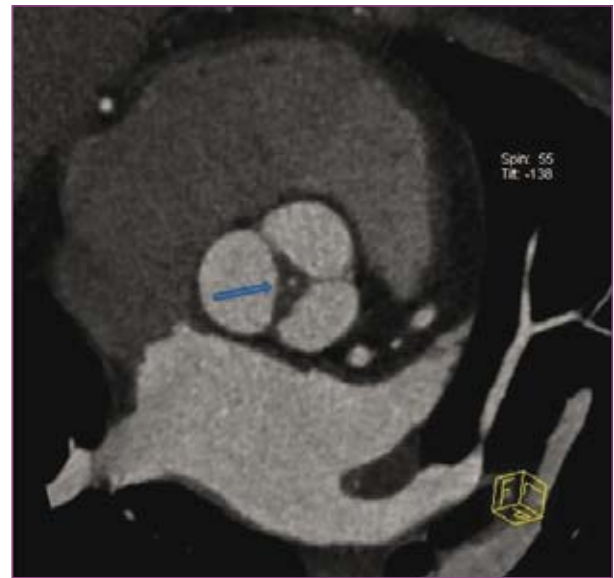
Aritmi tedavisi amacıyla uygulanan pulmoner ven ablasyon işlemi sayısında son yıllarda hızla artış olmuştur. Kardiyak BT ile pulmoner arter ve sol atriyum anatomisi, atriyumun esafagus ve aorta ile olan ilişkileri üç boyutlu olarak gösterilebilmektedir. Elde olunan görüntüler işlem sırasında yol gösterici olarak kullanılmakta, pulmoner ven varyasyonlarına bağlı işlem tekrarlarının önüne geçilmektedir. Esafagus ve aorta ile yakın ilişki gösteren atriyal segmentler korunarak hayati tehlike yaratacak fistül oluşumları engellenmektedir. Ablasyon sonrası en sık saptanan komplikasyon pulmoner venlerde stenoz oluşmasıdır. İşlem sonrasında pulmoner venlerin değerlendirilmesinde de kardiyak BT kullanılmaktadır.^{40,41}

Konjenital kalp hastalıkları

Konjenital kalp hastalıklarının değerlendirilmesinde en sık kullanılan noninvaziv görüntüleme yöntemleri hastaya X ışını ve kontrast uygulanmayan ekokardiyografi ve MRG'dir. Ekokardiyografi görüntüleme penceresindeki darlık nedeniyle kalp dışı anomalileri de olan konjenital kalp hastalıklarında yeterli değerlendirme sağlamamaktadır. Ekokardiyografi ile yeterli düzeyde değerlendirilemeyen vakalarda kardiyak MRG tetkiki kullanılarak kalp ve diğer tüm ana vasküler yapılar istenen düzlemde anatomik ve fonksiyonel olarak değerlendirilebilmektedir.

MRG tetkikinin uygulanmadığı kalp pili olan hastalar ve cerrahi olarak yerleştirilen metalik implantların yarattığı artefaktlar nedeniyle MRG tetkiki ile yeterli görüntü kalitesine ulaşılamayan hastalar kardiyak BT'nin hasta grubunu oluşturmaktadır (Resim 6). Kardiyak BT tetkikinin sağladığı yüksek yumuşak doku ve uzaysal çözünürlük sayesinde Fallot tetralojili hastalarda anatomi ve stenozlar belirlenebilmektedir. Konjenital kalp hastalıklarına sıklıkla koroner anomalilerde eşlik etmektedir. Bu hastalarda koroner anomalilerin cerrahi öncesinde kardiyak BT ile saptandığı gösterilmiştir. Aort koarktasyonu, venöz dönüş anomalileri ve patent duktus arteriosus gibi vasküler patolojilerin değerlendirilmesinde de kardiyak BT yüksek kesinlikte sonuçlar sağlamaktadır. Postoperatif konjenital kalp hastalıklarında ventrikül fonksiyonları değerlendirilerek hastalığın tedaviye cevabı takip edilebilmektedir.^{42,43}

Konjenital kalp hastalığı grubunda yer alan hastaların büyük kısmının çocukluk ve adolesan grupta yer alması hastaya uygulanan X ışını miktarını daha da önemli hale getirmektedir. Kardiyak BT uygulanması planlanan konjenital kalp hastalığı vakalarının görüntülenmesinde ekokardiyografi ve MRG denenmiş olması gereklidir. Kardiyak BT tetkiki sadece başka görüntüleme yöntemleriyle yeterli sonuç alınamayan hastalarda tercih edilmelidir.



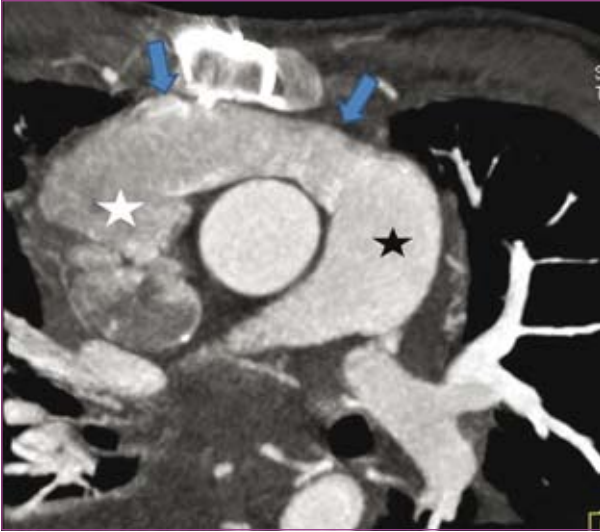
Resim 5: Aortik kapağa paralel düzlemde alınan sistolik faz görüntüde aortik kapağın kalınlaştığı ve orta kesiminde yetmezlik ile uyumlu boşluk olduğu izleniyor (ok)

Ekstrakardiyak patolojiler

Kardiyak BT tetkikinde elde olunan görüntülerle tarama alanına dahil olan tüm torasik yapılar değerlendirilebilmektedir. Kardiyak BT tetkikinde izlenen ekstra patolojileri değerlendiren çalışmalarda vakaların yaklaşık olarak %50'sinde kalp dışı klinik olarak önemli olabilecek patolojiler saptanmıştır (Resim 7). Bu nedenle kardiyak BT değerlendirilmesinde kesitlere dahil tüm yapıların değerlendirilmesi gereklidir.^{44,45}

Sonuç

Koroner BTA tetkiki hızlı teknolojik gelişmeler ile kardiyak BT tetkikine dönüşmüştür. Kardiyak BT tetkiki ile koroner arterlerin yanında miyokard, kardiyak fonksiyonlar, perikard, kapaklar, torasik damarsal yapılar değerlendirilebilmektedir. Kardiyak BT tetkikinin kulla-



Resim 6: Trikuspid atrezili hastada sistemik venöz dönüşün direk olarak pulmoner dolaşıma geçişini sağlayan sağ atriyum aurikulası (beyaz yıldız) ile ana pulmoner arter (siyah yıldız) arasına yerleştirilmiş cerrahi greft izleniyor (oklar)



Resim 7: Koroner BT anjiyografi uygulanan hastada kalp dışı patoloji taramasında sağ akciğer orta lobda medial segment yerleşimli sağ atriyum ile akın ilişkisi gösteren kitle saptanmıştır (yıldız)

nılabileceği tüm alanlarda klinik kullanımda uzun yıllardır kullanılan endikasyonları oturmuş rakip tetkikler olması kardiyak BT'nin endikasyonlarının belirlenmesini güçleştirmektedir. Kardiyak BT tetkikinin doğru endikasyonlarla kullanılabilmesinin en güvenilir yolu yöntemin pozitif ve negatif yönlerinin, teknik kapasitesinin bilinmesi ve tüm tetkiklerde olduğu gibi hastanın tanı ve tedavi protokolüne etkide bulunacak bilgiler sağlayacağı durumlarda uygulanmasıdır.

Kaynaklar

1. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, ve ark. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. Eur Heart J. 2008;29:531-56.
2. Prat-Gonzalez S, Sanz J, Garcia MJ. Cardiac CT: indications and limitations. J Nucl Med Technol. 2008;36:18-24.
3. Min JK, Wann S. Indications for coronary and cardiac computed tomographic angiography. Cardiol Rev. 2007;15:87-96.
4. Brodoefel H, Reimann A, Burgstahler C, ve ark. Noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography in an unselected patient collective: effect of heart rate, heart rate variability and coronary calcifications on image quality and diagnostic accuracy. Eur J Radiol. 2008;66:134-41.
5. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, ve ark. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. Eur Radiol. 2006;16:256-68.
6. Pannu HK, Sullivan C, Lai S, Fishman EK. Evaluation of the effectiveness of oral Beta-blockade in patients for coronary computed tomographic angiography. J Comput Assist Tomogr. 2008;32:247-51.
7. Chartrand-Lefebvre C, Cadrin-Chênevert A, Bordeleau E, ve ark. Coronary computed tomography angiography: overview of technical aspects, current concepts, and perspectives. Can Assoc Radiol J. 2007;58:92-108.
8. Flohr T, Schoepf U, Kuettner A, ve ark. Advances in cardiac imaging with 16-sections CT systems. Acad Radiol 2003;10:386-401
9. Ohnesorge B, Flohr T, Becker C, ve ark. Cardiac imaging by means of ECG gated multisection spiral CT: Initial experience. Radiology 2000;217:564-571
10. Jakobs TF, Becker JR, Ohnesorge B, ve ark. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG controlled tube current modulation. Eur Radiol 2002;12:1081-1086
11. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concept in multidetector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy. Radiographics 2003;23:111-125
12. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Marshall AJ, Roobottom CA. Multi-detector row computed tomography: imaging the coronary arteries. Clinical Radiology 2005;60:939-952
13. Hecht HS. Applications of multislice coronary computed tomographic angiography to percutaneous coronary intervention: how did we ever do without it? Catheter Cardiovasc Interv. 2008;71:490-503.
14. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, ve ark. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. Eur Heart J. 2005;26:1482-1487.
15. Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, ve ark. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. Circulation 2005;112: 2318-2323.
16. Leber AW, Johnson T, Becker A, ve ark. Diagnostic accuracy of dual-source multi-slice CT-coronary angiography in patients with an intermediate pretest likelihood for coronary artery disease. Eur Heart J 2007; 28: 2354-2360.

17. Hoffmann U, Nagurney JT, Moselewski F, ve ark. Coronary multidetector computed tomography in the assessment of patients with acute chest pain. *Circulation* 2006;114:2251–2260.
18. Meijboom WB, Mollet NR, van Mieghem CA, ve ark. Pre-operative computed tomography coronary angiography to detect significant coronary artery disease in patients referred for cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1658–1665
19. Andreini D, Pontone G, Pepi M, ve ark. Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2044–2050.
20. Maintz D, Juergens KU, Wichter T, ve ark. Imaging of coronary artery stents using multislice computed tomography: in vitro evaluation. *Eur Radiol* 2003;13:830–835
21. Cademartiri F, Schuijff JD, Pugliese F, ve ark. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2204–2210.
22. Oncel D, Oncel G, Karaca M. Coronary stent patency and in-stent restenosis: determination with 64-section multidetector CT coronary angiography—initial experience. *Radiology* 2007;242:403–409.
23. Nieman K, Pattynama PM, Rensing BJ, ve ark. Evaluation of patients after coronary artery bypass surgery: CT angiographic assessment of grafts and coronary arteries. *Radiology* 2003;229:749–756.
24. Salm LP, Bax JJ, Jukema JW, ve ark. Comprehensive assessment of patients Cardiac computed tomography 551after coronary artery bypass grafting by 16-detector-row computed tomography. *Am Heart J* 2005;150:775–781.
25. Stauder NI, Kuttner A, Schroder S, ve ark. Coronary artery bypass grafts: assessment of graft patency and native coronary artery lesions using 16-slice MDCT. *Eur Radiol* 2006;16:2512–2520.
26. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med* 2003;349:1064–1075.
27. Ishikawa T, Brandt PW. Anomalous origin of the left main coronary artery from the right anterior aortic sinus: angiographic definition of anomalous course. *Am J Cardiol* 1985;55:770–776.
28. Datta J, White CS, Gilkeson RC, ve ark.. Anomalous coronary arteries in adults: depiction at multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2005;235:812–818.
29. Sangiorgi G, Rumberger JA, Severson A, ve ark. Arterial calcification and not lumen stenosis is highly correlated with atherosclerotic plaque burden in humans: a histologic study of 723 coronary artery segments using noncalcifying methodology. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:126–133.
30. Schlosser T, Hunold P, Voigtlander T, ve ark. Coronary artery calcium scoring: influence of reconstruction interval and reconstruction increment using 64-MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:1063–1068.
31. Greenland P, Bonow RO, Brundage BH, ve ark. ACCF/AHA 2007 clinical expert consensus document on coronary artery calcium scoring by computed tomography in global cardiovascular risk assessment and in evaluation of patients with chest pain: a report of the American College of Cardiology Foundation Clinical Expert Consensus Task Force (ACCF/AHA Writing Committee to Update the 2000 Expert Consensus Document on Electron Beam Computed Tomography). *Circulation* 2007;115:402–426.
32. Moselewski F, Ropers D, Pohle K, ve ark. Comparison of measurement of cross-sectional coronary atherosclerotic plaque and vessel areas by 16-slice multidetector computed tomography versus intravascular ultrasound. *Am J Cardiol* 2004;94:1294–1297.
33. Schroeder S, Kuettner A, Leitritz M, ve ark. Reliability of differentiating human coronary plaque morphology using contrast-enhanced multislice spiral computed tomography: a comparison with histology. *J Comput Assist Tomogr* 2004;28:449–454.
34. Juergens KU, Grude M, Maintz D, ve ark. Multi-detector row CT of left ventricular function with dedicated analysis software versus MR imaging: initial experience. *Radiology* 2004;230:403–410.
35. Brodoefel H, Reimann A, Klumpp B, ve ark. Assessment of myocardial viability in a reperfused porcine model: evaluation of different MSCT contrast protocols in acute and subacute infarct stages in comparison with MRI. *J Comput Assist Tomogr* 2007;31: 290–298.
36. Lardo AC, Cordeiro MA, Silva C, ve ark. Contrast-enhanced multidetector computed tomography viability imaging after myocardial infarction: characterization of myocyte death, microvascular obstruction, and chronic scar. *Circulation* 2006;113: 394–404.
37. Alkadhhi H, Wildermuth S, Plass A, ve ark. Aortic stenosis: comparative evaluation of 16-detector row CT and echocardiography. *Radiology* 2006;240:47–55.
38. Willmann JK, Kobza R, Roos JE, ve ark. ECG-gated multi-detector row CT for assessment of mitral valve disease: initial experience. *Eur Radiol* 2002;12:2662–2669.
39. Kim YH, Marom EM, Herndon JE, ve ark. Pulmonary vein diameter, cross-sectional area, and shape: CT analysis. *Radiology* 2005;235:43–49.
40. Jongbloed MR, Dirksen MS, Bax JJ, ve ark. Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation—initial experience. *Radiology* 2005;234:702–709.
41. Scharf C, Sneider M, Case I, ve ark. Anatomy of the pulmonary veins in patients with atrial fibrillation and effects of segmental ostial ablation analyzed by computed tomography. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003;14:150–155.
42. Goo HW, Park IS, Ko JK, ve ark. Computed tomography for the diagnosis of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005;21: 347–365.
43. Ou P, Celermajer DS, Calcagni G, ve ark. Three-dimensional CT scanning: a new diagnostic modality in congenital heart disease. *Heart* 2007;93:908–913.
44. Haller S, Kaiser C, Buser P, ve ark. Coronary artery imaging with contrast-enhanced MDCT: extracardiac findings. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:105–110.
45. Hunold P, Schmermund A, Seibel RM, ve ark. Prevalence and clinical significance of accidental findings in electron-beam tomographic scans for coronary artery calcification. *Eur Heart J* 2001;22:1748–1758.