

Kalp Kapaklarının Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT) ile Değerlendirilmesi

Gonca Eldem, Tuncay Hazirolan

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Çekim tekniği ve kontrast protokolü
- Değerlendirme
- Bulgular
- Kaynaklar

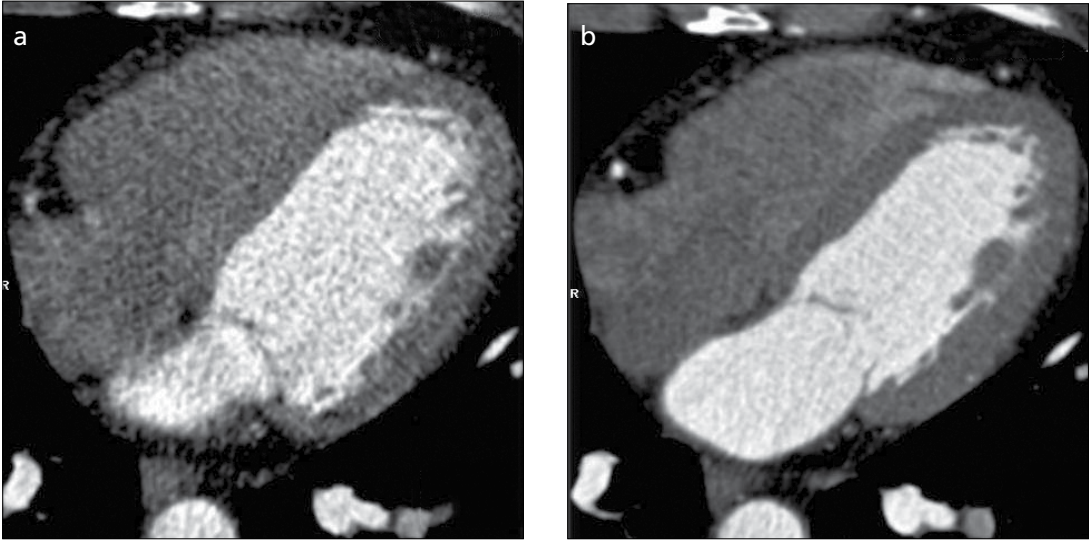
Kapak hastalıklarının değerlendirilmesinde ekokardiyografi (EKO) ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) başlıca kullanılan yöntemlerdir. Ekokardiyografi ucuz ve yaygın kullanılabilirliğinden dolayı en sık başvuru alan yöntem iken, kullanıcıya bağımlı olması ve yeterli akustik pencere sağlanamayan hastalarda optimum değerlendirme yapılamaması tetkikin dezavantajlarından [1]. Kardiyak MRG, istenen tüm düzlemlerde üç boyutlu görüntüleme sağlaması ve kapakların anatomik lokalizasyonlarından bağımsız, hem fonksiyonel hem de morfolojik değerlendirme yapabilmesi, akım yönüyle beraber akım miktarlarını ve yetmezlik miktarlarını sayısal olarak ölçebilmesi ile EKO'ya üstünlük sağlamaktadır [2, 3].

Multi dedektör bilgisayarlı tomografilerin kullanılmaya başlanması ile koroner BT anjiyografi (BTA) koroner arter patolojilerinin ve konjenital kalp hastalıklarının değerlendirilmesinde hızla yaygınlaşmıştır [4-6]. Günümüzde BTA, uygun EKG ve kontrast protokolleriyle

beraber kullanıldığında tek uygulama ile kompleks kardiyak değerlendirme sağlayabilmekte ve “Kardiyak BT” (KBT) olarak adlandırılmaktadır. Tek uygulamada KBT ile koroner arter patolojilerinin yanında, kapaklar, her iki ventrikülün fonksiyonları, miyokart perfüzyonu, miyokart canlılığı ve kalp kitleleri değerlendirilebilmektedir. Kardiyak BT kalp kapaklarının değerlendirilmesinde, EKG ve MRG ile yeterli düzeyde değerlendirme yapılamayan olgularda kullanılabilir. Ayrıca KBT ile, sıklıkla koroner arter hastalığı değerlendirilmesi amacıyla refere edilen olgularda ek patoloji olarak kapak hastalıkları tanımlanmaktadır [1, 7].

Çekim tekniği ve kontrast protokolü

Kardiyak BT için kullanılan cihazların, diğer sistemlerin görüntülenmesinde kullanılan cihazlardan farkları bu cihazların en az 64 kesitli olması ve EKG eşliğinde görüntüleme yapabilmeleridir. Bu cihazların diğer ortak özellikleri,



Resim 1. a, b. EKG tetikleme kullanılarak alınan sistolik (a) ve diyastolik (b) görüntüler izlenmektedir. EKG tetikleme ile sistolik fazda MaS değeri %20 düzeyine düşürülerek alınan görüntüde (a) görüntü kalitesinin halen kapakların ve miyokardın değerlendirilmesini sağlayacak düzeyde olduğu görülmektedir.

kısa çekim süresi, yüksek zamansal ve uzaysal çözünürlük sağlamalarıdır [8].

Kapaklar statik ve sine görüntülerle, hem fonksiyonel hem de morfolojik olarak değerlendirileceğinden retrospektif EKG tekniğiyle görüntüleme yapılmalıdır [9]. Bu yöntemde, hastaya çekim boyunca kesintisiz X-ışını uygulanır ve elde edilen ham görüntüler 10-20 eşit aralıklı kardiyak fazda reformatlanır. Bu reformatların bir araya getirilmesiyle oluşturulan görüntülerle de sine değerlendirme sağlanır. Sine modundaki görüntüler kullanılarak ventriküllerin fonksiyonları, miyokart segmentlerinin sistolik ve diyastolik hareketleri, kapaklar değerlendirilebilmektedir.

Retrospektif EKG uygulamasında olguların aldığı X-ışını dozunu azaltmak amacıyla, günümüzde tüm üreticilerin cihazlarında bulunan EKG tetiklemeli dozunu modülasyonu yazılımları geliştirilmiştir [10]. Bu yazılımının çalışma prensibi, koroner arter değerlendirilmesinde kullanılamayan kardiyak siklusun geç diyastolik ve sistolik fazlarında cihazın hastaya gönderdiği X-ışını dozunun azaltılmasına dayanmaktadır. Ancak, bu yazılımın kullanılması kapak değerlendirmesi için en kritik fazlar olan diyastol sonu ve sistolik fazlarda görüntü kalitesinde düşmeye neden olacağından, kapakların morfolojik değerlendirilmesi açısından dezavantaja neden olmaktadır.

Kapak patolojisi şüphesi olan hastaların değerlendirilmesinde, çekim öncesinde “EKG tetikleme” yazılımının parametrelerinin kapak değerlendirilmesine uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Merkezin tercihinine bağlı olarak bu yazılım kapatılabilir, aktif olduğu pencere aralığı daraltılabilir ya da MaS değerinin düşürülme miktarı ayarlanabilir. En kaliteli görüntüler EKG tetikleme kapatıldığında alınsa da, bu yöntem hastanın aldığı dozda belirgin derecede artışa neden olacaktır. Bu yüzden sistolik fazda kabul edilebilir kalitede görüntü alınabilmesi için, MaS düzeyini %20’den daha fazla düşürmeyecek şekilde yazılım ayarlanmalıdır (Resim 1) [7, 10].

Kardiyak BT tetkikinde “bifazik” ya da “trifazik” kontrast protokolleri kullanılabilmektedir. Bifazik protokolün amacı, sadece sol kalp boşluklarında ve koroner arterlerde kontrast madde kalması ve sağ boşlukta kalan kontrast maddenin sebep olabileceği artefaktların engellenmesidir. Bu protokol uygulandığında, kalbin sağ boşlukları ve pulmoner ve triküspit kapaklar değerlendirilemez. Trifazik protokolda ise kontrast madde infüzyonunu takiben %30 kontrast-%70 serum fizyolojik karışımı ve ardından serum fizyolojik verilir [11]. Bu yöntemle, kalbin sağda yer alan boşluklarında kapak değerlendirmesine yetecek düzeyde kontrastlanma sağlanır. Bu nedenle, kalbin

sağda yer alan boşluklarının ve kalbin sağında yerleşik kapakların değerlendirilebilmesi için trifazik protokol uygulanmalıdır [7, 8].

Değerlendirme

Değerlendirmede elde olunan aksiyel görüntülerden farklı olarak kapağa özgül düzlemde statik ve sine görüntüler kullanılmalıdır.

Değerlendirme aksiyel görüntüler, iki boşluk uzun aks, dört boşluk uzun aks, kısa aks ve sağ ventrikül iki boşluk düzlemler kullanılarak incelenecek kapağa iki düzlemde dik ve kapağa paralel görüntüler üzerinden yapılmalıdır [3, 12]. Resim 2’de düzlemler ve düzlemlerin planlanması ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Morfolojik değerlendirme

Kapakların morfolojik değerlendirmesinde uygun planda hazırlanan görüntüler üzerinden kapak ve anülüs kalsifikasyonları, displazik değişiklikler ve kalınlaşmalar, kapakçık sayılarındaki farklılıklar, kapakçıklardaki yırtık ve defektler, varsa kapakçıklar üzerindeki kitleler değerlendirilmelidir. **Kardiyak BT’nin sağladığı en önemli avantaj kalsifikasyonların gösterilebilmesidir.** Hasta yaşı arttıkça kapak ve anülüs kalsifikasyonu ile karşılaşılma yüzdesi de artmakta ve izlenen kalsifikasyon miktarı arttıkça kapak fonksiyon bozukluğu da artmaktadır. Mitral anülüs ve aortik kapak kalsifikasyonları kalbin en sık koroner dışı kalsifikasyon odaklarından olup, KBT ile koroner arter değerlendirilmesi sırasında hastada kapak fonksiyon bozukluğu olabileceğini gösteren ilk ve en dikkat çekici bulgu olmaktadır [13-15].

Fonksiyonel değerlendirme

Kapakların KBT ile fonksiyonel değerlendirilmesinde planimetrik yöntem kullanılmaktadır. Bu teknikte, kapağa paralel alınan görüntüler kullanılarak kapağın yeterince açılıp açılmadığı ve tamamen kapanıp kapanmadığı değerlendirilir. Hastalığın şiddetinin değerlendirilmesi için, yetmezliklerde kapağın kapanmayan bölgesinin alanı, stenozlarda ise kapağın açılma alanı ölçülür [16, 17]. Stenoz değerlendirmesi aortik ve pulmoner kapaklarda sistol fazında, mitral ve

triküspit kapaklarda ise diyastol fazında kapakların açılma alanı belirlenerek yapılmaktadır. Yetmezliklerinin değerlendirilmesinde ise aortik ve pulmoner kapağın diyastol fazında, mitral ve triküspit kapağın sistol fazında değerlendirilmesi gerekmektedir (Resim 3).

Ventriküllerin atım hacimlerinin değerlendirilmesi

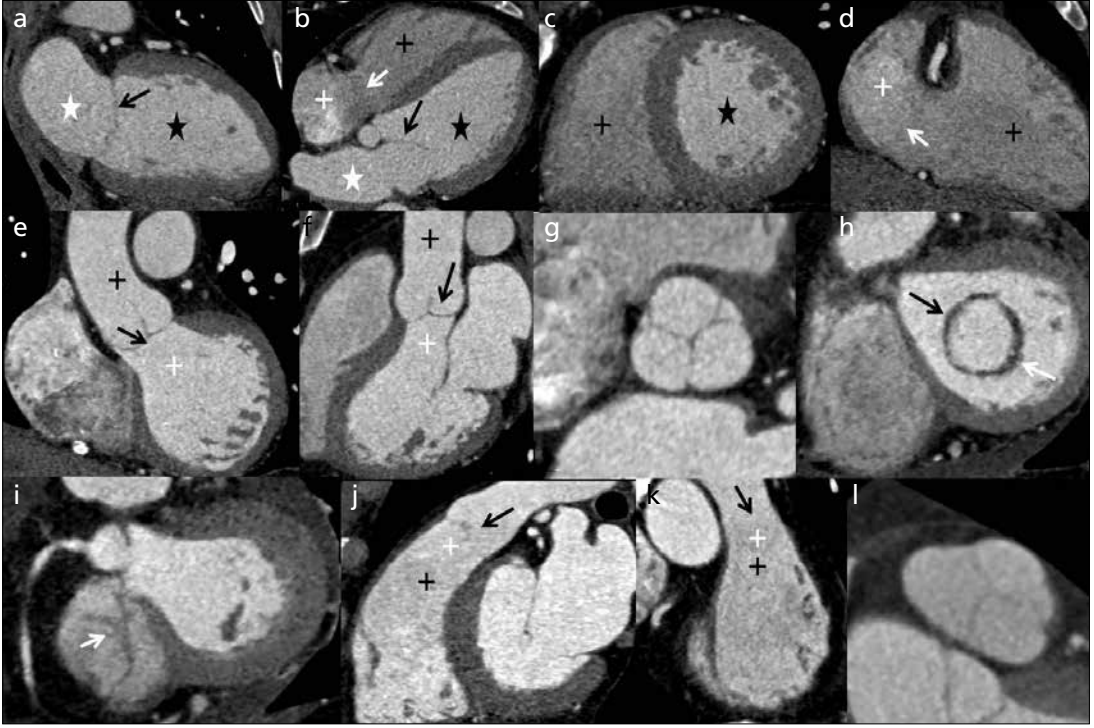
Tek kapak yetmezliklerinin değerlendirilmesinde ventriküllerin atım hacimlerinin belirlenmesi, geri kaçış hacminin ve geri kaçış oranının bulunması için kullanılmaktadır. Bilgisayarlı tomografinin ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde güvenilir sonuçlar sağladığı, MRG ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalarla gösterilmiştir. Normal fizyolojide ventriküllerin atım hacimleri arasında fark olmaması gerekmektedir. Ventriküllerin atım hacimleri arasındaki fark, yetmezlikli kapağın sebep olduğu geri kaçış hacmini göstermektedir. Ancak birden fazla kapakta patoloji varsa, bu yöntem uygulanamamaktadır. [18].

Bulgular

Aort kapağı

Normal aortik aparat aort kapakçıklarından, sinüslerden, komisürlerden ve koroner arter ostialarından oluşmaktadır. Aort kapağı semilüner şekilli olup 3 (sağ, sol ve posteriyor) ince kapakçıktan oluşmaktadır [12]. Her kapakçığın serbest ucunda fibröz bir nodül izlenmekte olup diyastol sırasında bu 3 nodülün ortada birleşmesi (koaptasyonu) normal kapanmayı göstermektedir. Normal açılma sırasında ise, bu 3 kapakçık retrakte olarak üçgen şekilli orifise sahip aortik kapak alanını oluşturmaktadır [19]. Normal aortik kapak alanı 3-4 cm² arasında izlenmelidir [20].

Aort kapağının en sık konjenital anomalisi biküspit kapak olup, iki simetrik kapakçıktan oluşmaktadır (Resim 4). Diyastol sırasında açılan biküspit kapakta elipsoid şekil izlenmekte olup, bu kapaklarda normalden daha hızlı olarak dejeneratif değişiklikler gelişir ve aortik stenoz erken dönemde izlenebilir. Özellikle, cerrahi düzeltmeye gidecek hastalarda kapağın



Resim 2. a-l. Değerlendirme için gerekli düzlemlerin planlanması, a) İki boşluk uzun aks: Aksiyel görüntü kullanılarak mitral kapak ortası ile sol ventrikül apeksi arasından geçen düzlemde elde olunan sagittal oblik görüntü. Sol atriyum; beyaz yıldız, sol ventrikül; siyah yıldız, mitral kapak; siyah ok, b) Dört boşluk uzun aks: İki boşluk uzun aks görüntü üzerinden mitral kapak orta kesimi ile sol ventrikül apeksi arasından geçecek şekilde planlanan aksiyel oblik görüntü. Sol atriyum: beyaz yıldız, sol ventrikül: siyah yıldız, sağ atriyum: beyaz artı, sağ ventrikül: siyah artı, mitral kapak: siyah ok, triküspit kapak lokalizasyonu: beyaz ok, c) Kısa aks: İki boşluk uzun aks ve dört boşluk uzun aks kullanılarak septuma ve kalp düzlemine dik sagittal oblik görüntü. Sağ ventrikül: siyah artı, sol ventrikül: siyah yıldız, d) Sağ ventrikül iki boşluk: Dört boşluk uzun aks görüntü kullanılarak triküspit kapak orta kesimiyle sağ ventrikül apeksi arasından planlanan sagittal oblik görüntü. Sağ ventrikül: siyah artı, sağ atriyum: beyaz artı, triküspit kapak düzeyi: beyaz ok, e f g) Aort Kapağı: aortik kapak değerlendirilirken aksiyel kesit üzerinden aortik anülüse ve aortik kapağa dik koronal oblik ilk görüntü oluşturulur (e) (çıkan aorta: siyah artı, subaortik bölge: beyaz artı, aortik kapak: siyah ok). Elde olunan görüntü kullanılarak sagittal oblik düzlemde aortik kapağa dik ikinci görüntü hazırlanır (f) (çıkan aorta: siyah artı, subaortik bölge: beyaz artı, aortik kapak: siyah ok) ve bu iki görüntü kullanılarak aortik kapağa paralel aksiyel oblik görüntü planlanır (g), h) Mitral Kapak: Mitral kapağın değerlendirilmesi için iki boşluk uzun aks ve dört boşluk uzun aks görüntüleri kapağa dik düzlemleri oluşturur. Bu iki görüntü kullanılarak mitral kapağa paralel görüntü planlanarak değerlendirme yapılır (Anteriyör kapakçık: siyah ok, posteriyör kapakçık: beyaz ok), i) Triküspit Kapak: Triküspit kapağın değerlendirilmesinde ise kapağa dik düzlemler için sağ ventrikül iki boşluk ve dört boşluk uzun aks görüntüleri kullanılır. Bu iki görüntü üzerinden triküspit kapağa paralel görüntü oluşturulur ve değerlendirme yapılır (siyah ok). j,k,l) Pulmoner Kapak: Pulmoner kapak değerlendirilmesi için ilk basamak aksiyel görüntü üzerinden pulmoner kapağa dik olacak ve sağ ventrikül çıkışından geçecek şekilde sagittal oblik düzlemde görüntü oluşturulmasıdır (j) (Prepulmonik bölge: siyah artı, subpulmonik bölge: beyaz artı, pulmoner kapak: siyah ok). Elde olunan görüntü üzerinden aksiyel oblik düzlemde pulmoner kapağa dik ikinci görüntü (k) (Prepulmonik bölge: siyah artı, subpulmonik bölge: beyaz artı, pulmoner kapak: siyah ok) alınır ve bu iki görüntü kullanılarak pulmoner kapağa paralel görüntü oluşturularak değerlendirme yapılır (l).

yaşısı ve komisürlerin kapanma şekilleri sine mod ile izlenmeli ve eşlik eden kalsifikasyonların derecesi cerrahi şeklini değiştireceğinden raporlanmalıdır [12].

Aort stenozu

Aort stenozuna neden olan sebepler konjenital ya da edinsel olarak sınıflanmakta olup,

edinsel sebepler ya romatolojik ya da dejeneratifdir. Dejeneratif nedenler yaşla birlikte görülürken, konjenital ya da romatolojik edinsel sebepler daha genç hastalarda izlenmektedir [3].

Yaşa bağlı dejeneratif ya da biküspit kapakların stenozunda KBT'de kapaklarda fibrozis

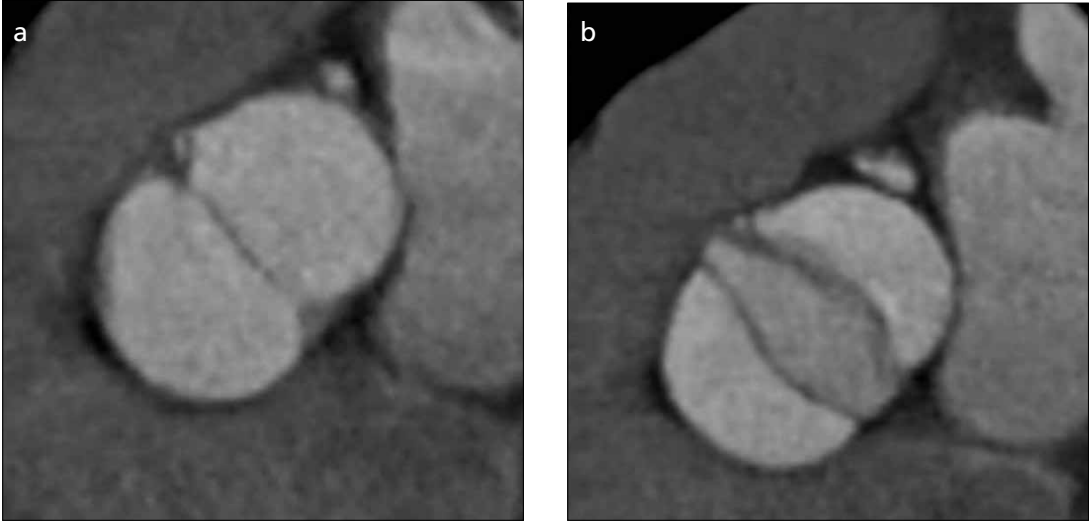


Resim 3. a-d. Aortik kapağa paralel alınan sistol faz görüntüde aortik kapakta kalınlaşma (oklar) izleniyor (a). Kapaktan açılma miktarı ölçüldüğünde (b) alanın 3 cm^2 'nin üzerinde olduğu ve aortik kapakta stenoz olmadığı belirlenmiş. Başka bir hastanın aortik kapağa paralel düzlemde planlanan diyastol faz görüntülerinde (c) aortik kapakçıklarda kalınlaşma ve kapak yetmezliğin göstergesi olan açıklık saptanmış (ok). Açıklık alanının $0,43 \text{ cm}^2$ olduğu belirlenmiş (d). Açıklık alanının genişliği ile yetmezlik düzeyi arasında doğru orantı olduğu bilinmektedir.

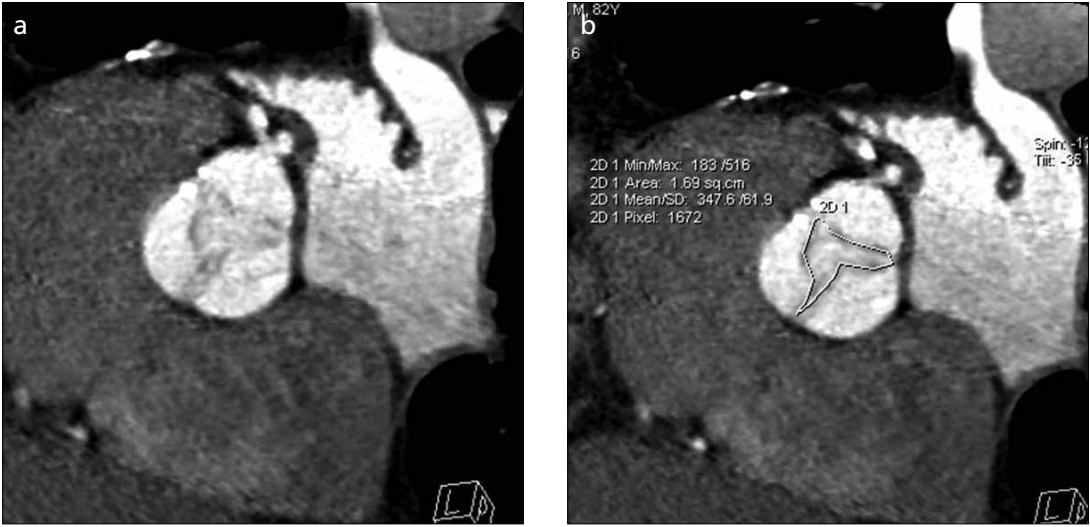
ve kalsifikasyon izlenmektedir. Romatolojik kapak hastalıklarında ise, kapakçıkların serbest kenarlarına süperempoze fibrozis ve post inflamatuvar füzyona bağlı kapak komisürlerinde fibrozis izlenmektedir. Planimetrik yöntemle aort kapağı alanı ölçülebilmekte olup, hafif aortik stenozda $1,5\text{-}2 \text{ cm}^2$ arasında, orta derece stenozda $1\text{-}1,5 \text{ cm}^2$ arasında, şiddetli aortik stenozda ise 1 cm^2 'nin altında açılma alanları saptanmaktadır (Resim 5) [21]. İzlenebilecek sekonder bulgular ise, çıkan aortada ektazi veya anevrizma ve sol ventrikülde kompansatuvar konsantrik hipertrofidir.

Aortik yetmezlik

Aort kapağında yetmezlik, intrinsik kapak hastalıklarına, aort kökü hastalığına ya da her ikisine bağlı gelişebilir. Miksomatöz dejenerasyon, konjenital biküspit kapak, romatolojik hastalıklar ve bakteriyel endokardit intrinsik nedenler arasında yer almaktadır [22]. Primer aort kökü hastalığına bağlı gelişen sekonder yetmezlik aortik anülüsün idiyopatik dilatasyonuna bağlı olabileceği gibi hipertansiyona, Marfan sendromuna, sifilize sekonder aortite, aort anevrizmasına ya da diseksiyon veya travmaya bağlı olabilir [23]. Romatolojik hastalıklar kapakçık-



Resim 4. a, b. Biküspid aortik kapağa paralel düzlemde alınan diyastolik (a) ve sistolik (b) görüntülerde aortik kapağın iki adet kapakçığı olduğu ve sistolik fazda tipik fusiform şekilli (balık ağzı görünümünde) açıldığı izlenmektedir.



Resim 5. a, b. Aortik kapakta stenozu olan olgunun planimetrik ölçüm yöntemiyle stenoz şiddetinin belirlenmesi.

larda difüz fibroze neden olarak kalsifikasyon olmadan kontraktür ve kısalmaya sebep olurlar. Aort kökü dilatasyonunda ise, kapakçıklarda kalınlaşma ve retraksiyon izlenmekte olup, her ikisi de sonuçta kapakçıkların kapanmasında zayıflamaya yol açmakta ve kanın diyastol sırasında ventriküle geri kaçışına neden olmaktadır. Kardiyak BT ile kapakçıkların malokupasyonu izlenebilmekte, diyastolde alınan planimetrik yöntemle özellikle orta ve ciddi dereceli yetmezliklerde rezidüel açık kalan orifis alanı ölçülerek yetmezlik miktarı hesaplanabilmektedir. Buna göre $0,04 \text{ cm}^2$ rezidüel alan hafif,

$0,037 \text{ cm}^2$ orta, $0,81 \text{ cm}^2$ rezidüel alan ciddi aortik yetmezlik olarak tanımlanabilmektedir [24-26]. Kardiyak BT'de izlenebilen diğer bulgular yetmezliğin sebebine bağlı olarak değişmekte olup, intrinsik kapak hastalığında kapakçıklar kalınlaşmış ve kısalmış olarak izlenirken, aort kökü hastalığında aort kökünde dilatasyon izlenmektedir. Sol ventrikülde dilatasyon izlenebilecek bir diğer non spesifik bulgudur.

Mitral kapak

Mitral kapak biküspid bir kapak olup semi-sirküler şekilli anterior kapakçıktan ve kre-

sentrik şekilli posteriyor kapakçıktan oluşmaktadır. Kapakçıklar korda tendinealar aracılığı ile sol ventrikül papiller kasları ile ilişkilidir. Normalde erişkinlerde korda tendineaların kalınlığı 0,4-1,2 mm arasında olup, mitral kapak anülüsü 10 cm'dir. Mitral kapak alanı ise 4-5 cm² arasında izlenmelidir [27].

Mitral stenoz

Mitral stenozun en sık nedeni romatizmal ateşe bağlı kronik inflamatuvar değişiklikler olup, daha nadir nedenler arasında paraşüt deformitesi ile giden konjenital mitral stenoz ve konektif bağ doku hastalıkları yer almaktadır. Mitral stenozda ön ve arka kapakçıkların kenarlarında komisür boyunca uzanan füzyon izlenmektedir. Korda tendinealarda kalınlaşma ve kısalma eşlik edebilmekte olup, kapakçıklarda çekilmeye neden olarak kapak hareketlerinde kısıtlanmaya yol açmaktadır. Uzun dönemde sol atriyal dilatasyon, pulmoner hipertansiyon, sağ ventrikül ve triküspit kapak yetmezliği izlenebilir.

Kardiyak BT ile mitral kapak alanı erken diastolde (R-R intervalinin %75'i) direkt ölçülebilmekte olup, mitral kapağın açılma alanı 2 cm²'nin altında olduğunda stenotik olarak kabul edilmektedir. Bir cm² altındaki düzeylerde ise şiddetli mitral stenozdan bahsedilir. Tipik olarak, stenozlarda mitral kapak huni şeklinde izlenmekte olup, kalınlaşmış ve kalsifiye olmuş

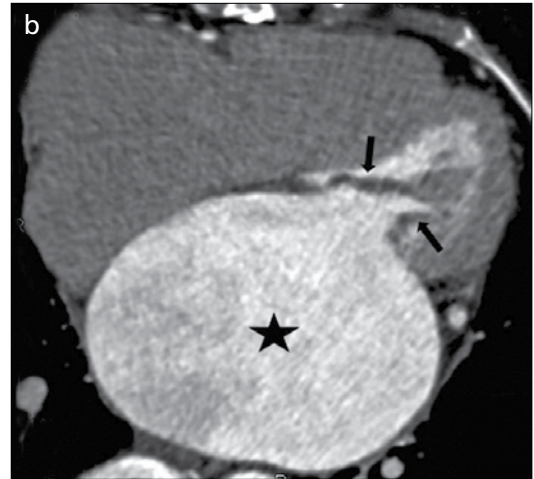
kapakçıklar yanında sol atriyal genişleme, eşlik eden trombüs varlığı, pulmoner ödem ve sağ ventrikül hipertrofisi eşlik edebilecek diğer bulgulardır. Sine imajlarda kapaklardaki kısıtlanmış hareket visualize edilebilmektedir (Resim 6).

Mitral yetmezlik

Mitral kapak apparatusunu oluşturan herhangi bir komponentte disfonksiyon olduğunda, mitral kapakta yetmezlik gelişmektedir. Anüler dilatasyon, kapakçıklarda fibrozis ve kalsifikasyona bağlı retraksiyon, korda tendinealardaki anormallikler ve papiller kas disfonksiyonu bunların arasında yer almaktadır. Kabaca nedenler, fonksiyonel ve valvüler olarak gruplanabilir. Fonksiyonel nedenler en sık iskemik kalp hastalıklarına sekonder gelişmekte olup, kapakçık hareketlerinde disfonksiyona ve kısıtlanmaya neden olmaktadır [28]. Valvüler kaynaklı nedenler arasında miksomatöz dejenerasyona bağlı mitral kapak prolapsusu mitral yetmezliğin en sık nedeni olup, ikinci sırada post inflamatuvar dejenerasyon yer almaktadır [29, 30]. Altta yatan etiyolojinin saptanması cerrahi şeklini değiştireceğinden önemlidir [28].

Geriye kaçırın orifisin alanı KBT ile planimetrik yöntemle ölçülebilmektedir [31]. Bunun dışında **KBT ile mitral kapakçıkların, korda tendineaların ve papiller kasların morfolojik özellikleri değerlendirilerek altta yatan etiyolojik faktörün ayırımında yol gösterici olmaktadır** [20, 31].

EĞİTİMİ
NOKTA



Resim 6. a, b. Mitral kapağa paralel diastolik faz görüntüde (a) anterior (beyaz ok) ve posterior (siyah ok) mitral kapakçıkların kalınlaştığı izlenmektedir. Aynı hastanın dört boşluk düzlem görüntüsünde (b) sol atriyumun (yıldız) ileri derece genişlediği ve mitral kapaktaki kalınlaşmalara korda tendinea kalınlaşmasının (oklar) eşlik ettiği izlenmektedir.

Buna göre valvüler nedenlerde kapakçıklarda kalınlaşma, kalsifikasyon ve uzunluklarında artış izlenirken hareketlerinde prolapsus vardır, buna karşın fonksiyonel nedenlerde kapakçıklar morfolojik olarak normal izlenmekte olup sadece hareketlerinde kısıtlılık izlenmektedir. Kompensatuvar sol atriyal dilatasyon, sol ventrikül dilatasyonu, pulmoner konjesyon KBT ile izlenebilecek diğer bulgular olup, sine imajlarda kapağın sol atriyum içine prolapsusu izlenebilir. Fonksiyonel nedenlerde miyokartta incelme, bölgesel olarak duvar hareketinde bozulma, kalsifikasyon ve yağlı değişim izlenebilirken, valvüler sebeplerde miyokart normal olarak izlenmektedir [28].

Pulmoner kapak

Pulmoner kapak semilüner bir kapak olup anterior, sağ ve sol olmak üzere 3 kapakçık-tan oluşmaktadır. Aort kapağından farklı olarak pulmoner kapakta koroner ostia yoktur. Normal pulmoner kapak alanı vücut yüzey alanının $2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 'sini oluşturmaktadır [1].

Pulmoner stenoz

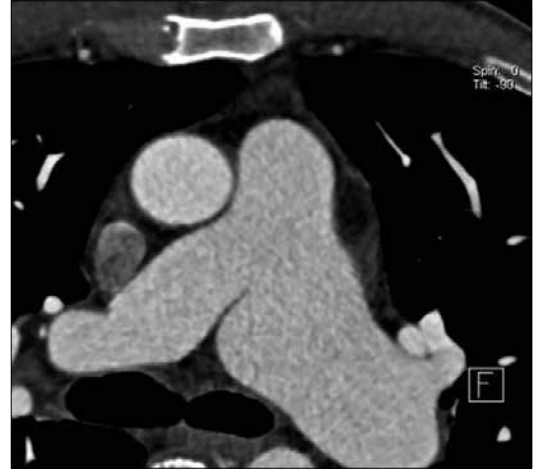
Hastaların %95'inde pulmoner darlık konjenital nedenlidir. Konjenital pulmoner stenoz yenidoğan grubunda izole olarak da saptanabileceği gibi, Fallot Tetralojisi gibi kompleks konjenital kalp hastalıklarının komponenti olarak da saptanabilmektedir [32]. Kazanılmış pulmoner darlık çok nadir görülmekte olup, romatizmal ateşe ya da metastatik karsinoid sendroma bağlı gelişebilmektedir [3]. Pulmoner stenoz prepulmonik, pulmonik ve subpulmonik olmak üzere üçe ayrılmakta, en sık pulmonik tipte karşılaşılmaktadır. Hafif pulmoner stenozda alan $1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 'nin üzerinde, orta derece stenozda $0,5-1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ arasında, şiddetli stenozda ise $0,5-1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 'nin altında açılma alanları saptanmaktadır. Pulmoner stenoz sağ ventrikülde basınç ve volüm artışına neden olmakta ve sağ ventrikül hipertrofisi, dilatasyonu ve disfonksiyonuna yol açmaktadır. Uzun dönemde triküspit anülüsde sağ ventrikül genişlemesine bağlı genişleme izlenmekte, triküspit yetmezliğine ve sağ atriyumda genişlemeye neden olmaktadır [1, 18].

Kardiyak BT'de ana ve sol pulmoner arterlerde post stenotik dilatasyon ve sağ ventrikül-

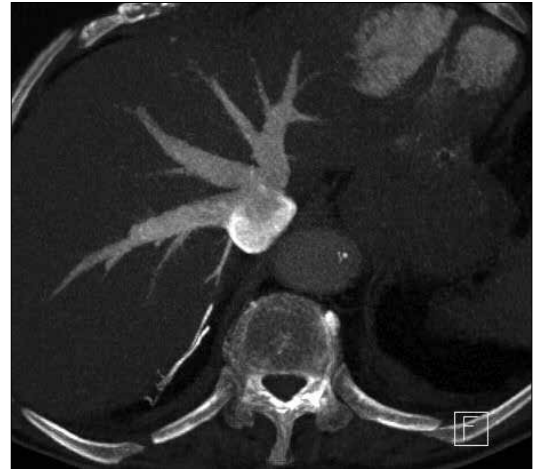
de hipertrofi izlenmektedir (Resim 7). Stenoza bağlı jet akımdan sağ pulmoner arter 90 derece ile çıkış gösterdiğinden etkilenmemekte olup, post stenotik dilatasyon izlenmemektedir [7].

Pulmoner yetmezlik

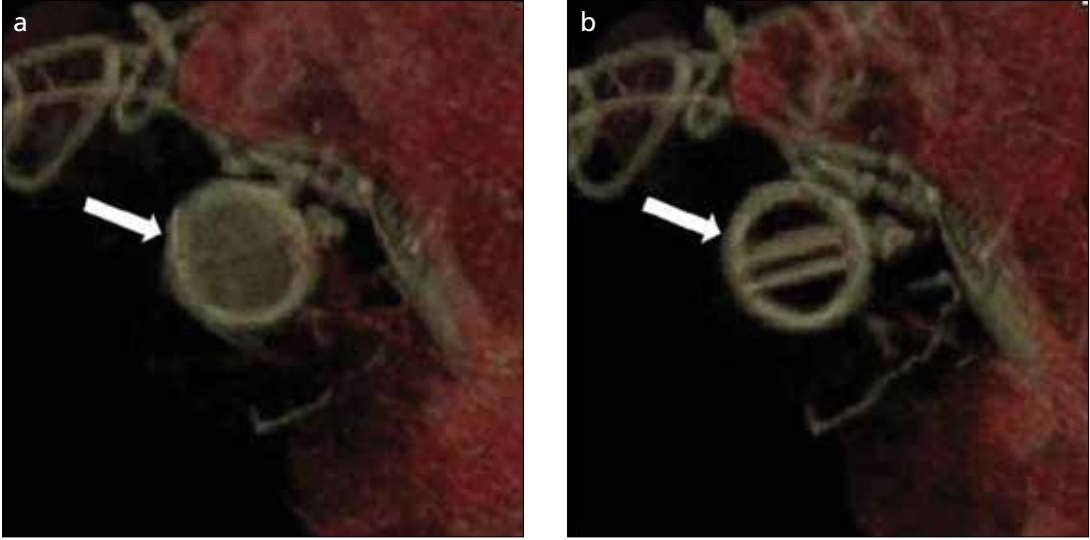
Pulmoner yetmezlik genelde kapakçıklarda dilatasyona neden olan pulmoner hipertansiyon ve Marfan sendromu gibi bozukluklara bağlı görülmektedir. Nadiren, romatizmal ateşe, infektif endokardite ya da karsinoid hastalığına sekonder direkt kapak hasarıyla da gelişmektedir.



Resim 7. Aksiyel görüntüde pulmoner stenozu sekonder sol ana pulmoner arterin genişlediği sağ ana pulmoner arter çapının normal olduğu izlenmektedir.



Resim 8. Sağ ventrikül basınç artışı olan olguda kontrast maddenin inferior vena kava ve hepatic venlere geri kaçışını izleniyor.



Resim 9. a, b. Replase kapağın her iki kapakçığının sistolik ve diyastolik fazlarda normal hareketi izleniyor.

Diyastol sonunda kapakçıkların yetersiz apozisyonu, pulmoner arterde dilatasyon, kompensatuvar sağ ventrikül dilatasyonu ve hipertrofisi KBT ile gözlenmektedir.

Triküspit kapak

Triküspit kapak papiller kaslardan, korda tendinealardan, anülüsden ve septal, anterior, posterior olmak üzere 3 kapakçıktan oluşmaktadır. Bazen, 3 yerine 2 ya da 4 kapakçık da izlenebilir. Triküspit kapak genellikle mitral kapağa kıyasla daha ince olarak izlenmektedir. Normal triküspit kapak alanı 3-5 cm² arasındadır [1].

Triküspit stenozu

Triküspit darlığı hemen daima romatolojik kalp hastalıklarına bağlıdır. Diğer nedenler arasında infektif endokardit, konjenital triküspit atrezisi ve metastatik karsinoit sendrom yer almaktadır. Romatolojik hastalıklarda triküspit darlığı genellikle mitral ve aortik kapak hastalıkları da eşlik eder.

Valvüler anülüsde daralma, korda tendinealarda ve kapakçıkların kenarlarında füzyon ve kısalma KBT’de izlenmekte olup, sağ atriyumda dilatasyon ve kalınlaşma izlenir [3].

Triküspit yetmezliği

Triküspit yetmezliği en sık olarak artmış pulmoner arteriyel basınca cevaben sağ ventrikül

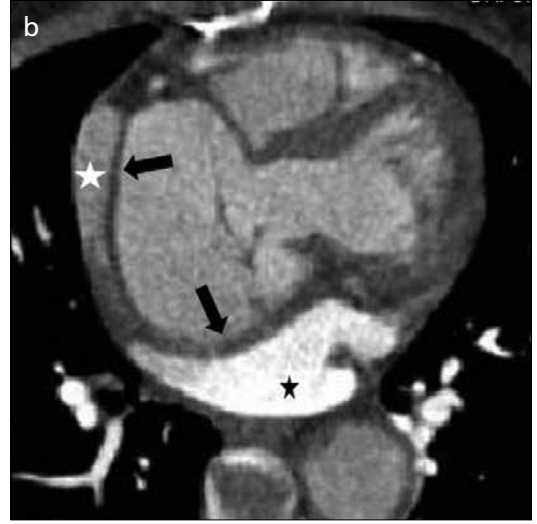
ve triküspit anülüsdeki dilatasyona ve kapakçıkların buna bağlı gerilmesine sekonder gelişmektedir.

Kardiyak BT ile kapakçıklarda diyastol sonunda izlenen apozisyonun kaybolduğu gözlenmekte olup, sağ atriyumda ve ventrikülde dilatasyon, sağ ventrikülde sola deplasman ve interventriküler septumda sola yayılma izlenmektedir [3]. Sağ atriyum ve ventriküldeki basınç artışına sekonder antekübital venden verilen kontrast maddenin ilk geçiş esnasında inferior vena kavaya ve hepatik venlere geçmesi KBT’de izlenebilen diğer bir bulgudur (Resim 8) [33]. Ancak, hastanın şiddetli valsava yapması da bu sonucu doğrulayabileceğinden tetkik öncesinde hastaya derin nefes tutmaması ve çekim esnasında valsava yapmaması söylenmelidir [3].

Replase kapaklar

Yapay kapak replasmanı en sık aort ve mitral kapaklara uygulanmakta olup, yapay kapaklar biyolojik (doku) ve mekanik kapaklar olmak üzere iki tiptir [8]. Kardiyak BT ile uygun pencere genişliği ve seviyesi ayarlanarak ve sine görüntülerin yardımı ile replase kapakların fonksiyonları, hareketleri ve açılma açıları değerlendirilebilmektedir [12, 22].

Replase kapakların farklı tipleri olsa da tüm replase kapaklar için KBT ile temel değeri



Resim 10. a, b. Koronal oblik reformat görüntüde (a) aortik kapak replasman cerrahisi sonrasında subaortik bölgede gelişen yırtılmaya bağlı (beyaz ok) oluşmuş dev yalancı anevrizma izleniyor. Yalancı anevrizma sağ (beyaz yıldız) ve sol (siyah yıldız) atriyumu itmektedir (b). Yalancı anevrizma (siyah oklar).



Resim 11. a, b. Aksiyel görüntüde (a) paravalvüler kaçış ile uyumlu replase aortik kapağın çevresinden kontrast geçişi izleniyor (oklar). Reformat görüntüde (b) paravalvüler kaçağa (ok) eşlik eden parsiyel tromboze yalancı anevrizma (yıldız) ile uyumlu görünüm izlenmektedir.

dirme stratejisi aynıdır. Protezin kapakçık hareketlerinin normal olup olmadığı değerlendirilmeli ve çevre doku ile bağlantılarının korunup korunmadığına bakılmalıdır (**Resim 9**). Donmuş kapak, kapak dehisansı, psödoanevrizma, endokardit ya da paravalvüler apse varlığı açısından değerlendirme yapılmalıdır (**Resim 10**). En sık saptanan patoloji donmuş kapak olup, kapakçıkların hareketlerinin yıpranmaya ya da trombüs veya kapağa uzanan pannus-fibrotik dokuya sekonder azalması veya tamamen

durmasıdır. Kapak dehisansı da sık izlenmekte olup, replase kapağın yerleştirildiği yerden bölgesel olarak ayrılması ve paravalvüler kaçağa neden olmasıdır (**Resim 11**).

Sonuç olarak günümüzde KBT endikasyonlarını, kardiyak damarsal yapıların değerlendirilmesi ve konjenital kalp hastalıkları oluşturmaktadır. Damar dışı yapıların değerlendirilmesinde KBT endikasyonu günümüz koşullarında bulunmamakla birlikte, bu tetkik kalbin tüm bölümleri hakkında morfolojik

ve fonksiyonel bilgi sağlamaktadır. Kariyak BT'de uygulanan X-ışını dozu ve kontrast dozunun azaltılması ile bu tetkikin hızlı görüntüleme özelliği ve sağladığı üç boyutlu görüntüleme avantajı ile damar dışı kardiyak görüntülemede de kullanımı artacaktır.

Kaynaklar

- [1]. Ryan R, Abbara S, Colen RR, Arnous S, Quinn M, Cury RC, et al. Cardiac Valve Disease: Spectrum of Findings on Cardiac 64-MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 190: 294-303.
- [2]. Myerson SG. Heart valve disease: investigation by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012; 14: 7.
- [3]. Manghat NE, Rachapalli V, Lingen RV, Veitch AM, Roobottom CA, Morgan-Hughes GJ. Imaging the heart valves using ECG-gated 64-detector row cardiac CT. *Br J Radiol* 2008; 81: 275-90.
- [4]. Goo HW, Park IS, Ko JK, Kim YH, Seo DM, Park JJ. Computed tomography for the diagnosis of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005; 21: 347-67.
- [5]. Leber AW, Knez A, von Ziegler F, Becker A, Nikolaou K, Paul S, et al. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 147-54.
- [6]. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, Goldstein JA. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 552-7.
- [7]. Chen JJ, Manning MA, Frazier AA, Jeudy J, White CS. CT Angiography of the Cardiac Valves: Normal, Diseased, and Postoperative Appearances. *Radiographics* 2009; 29: 1393-412.
- [8]. Vogel-Claussen J, Pannu H, Spevak PJ, Fishman EK, Bluemke DA. Cardiac Valve Assessment with MR Imaging and 64-Section Multi-Detector Row CT1. *Radiographics* 2006; 26: 1769-84.
- [9]. Gopal A, Mao SS, Karlsberg D, Young E, Waggoner J, Ahmadi N, et al. Radiation reduction with prospective ECG-triggering acquisition using 64-multidetector Computed Tomographic angiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009; 25: 405-16.
- [10]. Schuhbäck A, Marwan M, Gauss S, Muschiol G, Ropers D, Schneider C, et al. Interobserver agreement for the detection of atherosclerotic plaque in coronary CT angiography: comparison of two low-dose image acquisition protocols with standard retrospectively ECG-gated reconstruction. *Eur Radiol* 2012; 22: 1529-36.
- [11]. Habets J, Mali WP, Budde RP. Multidetector CT angiography in evaluation of prosthetic heart valve dysfunction. *Radiographics* 2012; 32: 1893-905.
- [12]. Gilkeson RC, Markowitz AH, Balgude A, Sachs PB. MDCT evaluation of aortic valvular disease. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186: 350-60.
- [13]. Fox CS, Vasan RS, Parise H, Levy D, O'Donnell CJ, D'Agostino RB, et al. Mitral annular calcification predicts cardiovascular morbidity and mortality: the Framingham Heart Study. *Circulation* 2003; 107: 1492-6.
- [14]. Jeon DS, Atar S, Brasch AV, Luo H, Mirocha J, Naqvi TZ, et al. Association of mitral annulus calcification, aortic valve sclerosis and aortic root calcification with abnormal myocardial perfusion single photon emission tomography in subjects age $\leq$ 65 years old. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38: 1988-93.
- [15]. Lindroos M, Kupari M, Heikkilä J, Tilvis R. Prevalence of aortic valve abnormalities in the elderly: an echocardiographic study of a random population sample. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 1220-5.
- [16]. Zeb I, Mao SS, Hamirani YS, Raina S, Kadakia J, Elamir S, et al. Central aortic valve coaptation area during diastole as seen by 64-multidetector computed tomography (MDCT). *Int J Cardiovasc Imaging* 2010; 26: 947-51.
- [17]. Alkadhi H, Wildermuth S, Plass A, Bettex D, Baumert B, Leschka S, et al. Aortic stenosis: comparative evaluation of 16-detector row CT and echocardiography. *Radiology* 2006; 240: 47-55.
- [18]. Koskenvuo JW, Jarvinen V, Parkka JP, Kiviniemi TO, Hartiala JJ. Cardiac magnetic resonance imaging in valvular heart disease. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009; 29: 229-40.
- [19]. Johnson PT, Horton KM, Fishman EK. Aortic Valve and Ascending Thoracic Aorta: Evaluation With Isotropic MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2010; 195: 1072-81.
- [20]. de Heer LM, Habets J, Chamuleau SA, Mali WP, van Herwerden LA, Kluin J, et al. Multidetector row computed tomography assessment of the native aortic and mitral valve: a call for routine assessment of left-sided heart valves during coronary computed tomography. *Cardiol Rev* 2012; 20: 222-9.
- [21]. Hoey ET, Ganeshan A, Nadar SK, Gulati GS. Evaluation of the aortic root with MRI and MDCT angiography: spectrum of disease findings. *AJR Am J Roentgenol* 2012; 199: 175-86.
- [22]. Abbara S, Soni AV, Cury RC. Evaluation of cardiac function and valves by multidetector row computed tomography. *Semin Roentgenol* 2008; 43: 145-53.
- [23]. Rozenshtein A, Buxt LM. Computed tomography and magnetic resonance imaging of patients with valvular heart disease. *J Thorac Imaging* 2000; 15: 252-64.
- [24]. Feuchtnner GM, Dichtl W, Müller S, Jodocy D, Schachner T, Klausner A, et al. 64-MDCT for diagnosis of aortic regurgitation in patients referred to CT coronary angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 191: 1-7.
- [25]. Alkadhi H, Desbiolles L, Husmann L, Plass A, Leschka S, Scheffel H, et al. Aortic regurgitation: as-

- essment with 64-section CT. *Radiology* 2007; 245: 111-21.
- [26]. Jassal DS, Shapiro MD, Neilan TG, Chaithiraphan V, Ferencik M, Teague SD, et al. 64-slice multidetector computed tomography (MDCT) for detection of aortic regurgitation and quantification of severity. *Invest Radiol* 2007; 42: 507-12.
- [27]. Maganti K, Rigolin VH, Sarano ME, Bonow RO. Valvular heart disease: diagnosis and management. *Mayo Clin Proc* 2010; 85: 483-500.
- [28]. Killeen RP, Arnous S, Martos R, Abbara S, Quinn M, Dodd JD. Chronic mitral regurgitation detected on cardiac MDCT: differentiation between functional and valvular aetiologies. *Eur Radiol* 2010; 20: 1886-95.
- [29]. Tomaru T, Uchida Y, Mohri N, Mori W, Furuse A, Asano K. The multifactorial etiology of mitral valve prolapse, a new entity of postinflammatory mitral valve prolapse. *Herz* 1988; 13: 271-6.
- [30]. Tomaru T, Uchida Y, Mohri N, Mori W, Furuse A, Asano K. Postinflammatory mitral and aortic valve prolapse: a clinical and pathological study. *Circulation* 1987; 76: 68-76.
- [31]. Alkadhi H, Wildermuth S, Bettex DA, Plass A, Baumert B, Leschka S, et al. Mitral regurgitation: quantification with 16-detector row CT--initial experience. *Radiology* 2006; 238: 454-63.
- [32]. Brickner ME, Hillis LD, Lange RA. Congenital heart disease in adults. First of two parts. *N Engl J Med* 2000; 342: 256-63.
- [33]. Groves AM, Win T, Charman SC, Wisbey C, Pepke-Zaba J, Coulden RA. Semi-quantitative assessment of tricuspid regurgitation on contrast-enhanced multidetector CT. *Clin Radiol* 2004; 59: 715-9.

Kalp Kapaklarının Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Gonca Eldem, Tuncay Hazirolan

Sayfa 108

Kapak patolojisi şüphesi olan hastaların değerlendirilmesinde, çekim öncesinde “EKG tetikleme” yazılımının parametrelerinin kapak değerlendirilmesine uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

Sayfa 109

Değerlendirme aksiyel görüntüler, iki boşluk uzun aks, dört boşluk uzun aks, kısa aks ve sağ ventrikül iki boşluk düzlemler kullanılarak incelenecek kapağa iki düzlemde dik ve kapağa paralel görüntüler üzerinden yapılmalıdır.

Sayfa 109

Kardiyak BT’nin sağladığı en önemli avantaj kalsifikasyonların gösterilebilmesidir.

Sayfa 109

Kapakların KBT ile fonksiyonel değerlendirilmesinde planimetrik yöntem kullanılmaktadır. Bu teknikte, kapağa paralel alınan görüntüler kullanılarak kapağın yeterince açılıp açılmadığı ve tamamen kapanıp kapanmadığı değerlendirilir.

Sayfa 113

KBT ile mitral kapakçıkların, korda tendineaların ve papiller kasların morfolojik özellikleri değerlendirilerek altta yatan etiyolojik faktörün ayırımında yol gösterici olmaktadır. Buna göre valvüler nedenlerde kapakçıklarda kalınlaşma, kalsifikasyon ve uzunluklarında artış izlenirken hareketlerinde prolapsus vardır, buna karşın fonksiyonel nedenlerde kapakçıklar morfolojik olarak normal izlenmekte olup sadece hareketlerinde kısıtlılık izlenmektedir.

Kalp Kapaklarının Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Gonca Eldem, Tuncay Hazırolan

1. Kapakların değerlendirilmesinde kontrast madde kullanımı ve çekim tekniği nasıl olmalıdır?
 - a. Kontrastsız
 - b. Bifazik, prospektif EKG tetiklemeli
 - c. Trifazik, retrospektif EKG tetiklemeli
 - d. Bifazik retrospektif EKG tetiklemeli
2. Aşağıdakilerden hangisi kapakların fonksiyonel değerlendirilmesi açısından yanlıştır?
 - a. Kapağa paralel alınan görüntüler üstünden açıklığın ölçülmesine planimetrik yöntem denir
 - b. Fonksiyonel değerlendirmede BT uygun değildir
 - c. Her kapağa özgü düzlemde statik ve sine imajlar değerlendirilmelidir
 - d. Stenoz değerlendirmesi aortik ve pulmoner kapaklarda sistol fazında, mitral ve triküspit kapaklarda ise diyastol fazında yapılır.
3. Aortik kapakla ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
 - a. En sık konjenital darlık nedeni biküspit aortadır
 - b. Dejeneratif nedenler genç hastalarda, romatolojik nedenler yaşlı hastalarda izlenir
 - c. Darlıklarda kalsifikasyon miktarı cerrahi şeklini değiştirmemektedir
 - d. Normal aortik alan 6-8 cm²'dir
4. Replase kapağın yerleştirildiği yerden bölgesel olarak ayrılması BT'de hangi bulguyla izlenir?
 - a. Donmuş kapak
 - b. Kapak üstünde vejetasyonlar
 - c. Paravalvüler kaçak
 - d. Pnömotoraks
5. Hangisi mitral kapakla ilgili yanlıştır?
 - a. 1 cm²'nin altındaki açıklıklar şiddetli stenozdur
 - b. Yetmezliklerde morfolojiye bakılarak altta yatan etiyolojik ayırım yapılamamaktadır
 - c. Yetmezliğin en sık nedeni mitral kapak prolapsusudur
 - d. Stenozlarda ek olarak BT'de sol atriyal dilatasyon, pulmoner ödem, sağ ventrikül hipertrofisi görülür