

# Kardiyak Morfoloji ve Fonksiyonların Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT) ile Değerlendirilmesi

Uğur Bozlar, Sebahattin Sarı

## ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Kardiyak görüntüleme kullanılan görüntüleme planları
- BT incelemede normal kalp anatomisi ve morfolojik özellikleri
- Kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesi
- MDBT ile kardiyak fonksiyonların ölçüm tekniği
- MDBT ile sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi
- Kaynaklar

Günümüzde, Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografilerde (MDBT) mevcut olan milimetrenin yarısı kalınlığında dedektörlerin varlığı, gantri rotasyon hızındaki inanılmaz artış, elektrokardiyografi (EKG) eşliğinde çekim yapmaya izin veren tarama ve rekonstrüksiyon protokolleri, özel olarak geliştirilmiş çekim ve rekonstrüksiyon algoritmaları gibi teknolojik gelişmeler, kardiyak morfoloji ve fonksiyonun etkin bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Klinik pratikte kardiyak fonksiyonel değerlendirmenin ekokardiyografi, manyetik rezonans (MR) inceleme gibi daha zararsız yöntemlerle yapılması öncelikle tercih edilmektedir. **Kontrast madde kullanma zorunluluğu ve radyasyon maruziyeti nedenleriyle BT inceleme, kardiyak fonksiyonların değerlendirmesinde öncelikle tercih edilen bir modalite değildir.** Diğer taraftan kardiyak fonksiyonların BT ile değerlendirilmesinin bazı avantajları da bulun-

maktadır. Bu avantajlar; 1) Geometrik tahmine göre değil, direkt voksel bazlı volüm ölçümü yapmaya olanak tanınması, 2) Uzaysal rezolüsyonunun çok iyi olması, 3) Bütün görüntüleme datasının tek nefes tutma süresinde toplanabilmesi, 4) Kardiyak implant varlığının herhangi bir kontrendikasyon teşkil etmemesi, 5) Fonksiyonel datanın ek bir çekim gerektirmeden herhangi bir nedenle yapılan kardiyak BT incelemesinden elde edilebilmesi olarak sıralanabilir.

Kardiyak morfolojinin ve ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi, kardiyak anatominin ve kardiyak görüntüleme planlarının iyi bir şekilde bilinmesini gerekli kılmaktadır.

## Kardiyak görüntüleme kullanılan görüntüleme planları

Kardiyak görüntüleme genel radyolojide alışık olunan aksiyal, sagittal, koronal görüntü

planlarının yanı sıra, kendisine özgü görüntüleme planları da kullanılmaktadır. Ekokardiyografi ve MR incelemede kullanılan görüntüleme planları, volüm görüntüleme yapılması nedeniyle BT görüntüleriyle de oluşturulabilmekte ve böylelikle ortak terminoloji kullanılabilir. Kardiyak incelemelerde kullanılan görüntüleme planları **Tablo 1**'de sıralanmıştır. Kardiyak görüntülemeye yeni başlayanlar için spesifik kalp görüntüleme planlarının oluşturulmasında kullanılan anatomik noktaların bilinmesi faydalı olacaktır.

**Sol ventrikül vertikal uzun aks (iki oda) görüntüsü:** Sol ventrikül iki oda görüntüsünü oluşturmak için sol ventrikülden geçen aksiyal kesitten faydalanılmaktadır. Kesit planı, mitral kapağın ortası ile sol ventrikül apeksinden geçecek şekilde ayarlanmalıdır. Bu planda, sol atriyum, sol ventrikülün anterior ve inferior duvarları ile mitral kapak görüntülenmektedir (**Resim 1a**).

**Sol ventrikül horizontal uzun aks (Dört oda) görüntüsü:** Sol ventrikül dört oda görüntüsünün oluşturulmasında, iki oda görüntüsü ve kısa aks görüntüsünden faydalanılmaktadır. Kesit planı, iki oda görüntüsünde mitral kapağın 1/3 inferior kısmı ile apeksden geçecek şekilde, kısa aks görüntüde ise sol ventrikül lateral duvarının ortası ile sağ ventrikül anterior ve inferior duvarlarının kesiştiği köşeden geçirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu planda, her iki atriyum, her iki ventrikül, interatriyal ve interventriküler septum, sağ ventrikül anterior duvarı, sol ventrikül lateral duvarı ile mitral ve triküspit kapaklar görüntülenmektedir (**Resim 1b**).

**Sol ventrikül kısa aks görüntüsü:** Sol ventrikül kısa aks görüntüsünün oluşturulmasında, iki oda ve dört oda görüntüler birlikte kullanılmaktadır. Kesit planı, iki oda görüntüsünde anterior ve inferior duvarı, dört oda görüntüsünde ise interventriküler septumu ve lateral duvarı mümkün olduğunca dik kesecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda sağ ventrikül anterior ve inferior duvarı, interventriküler septum, sol ventrikülün anterior, inferior ve lateral duvarları görüntülenmektedir (**Resim 1c**).

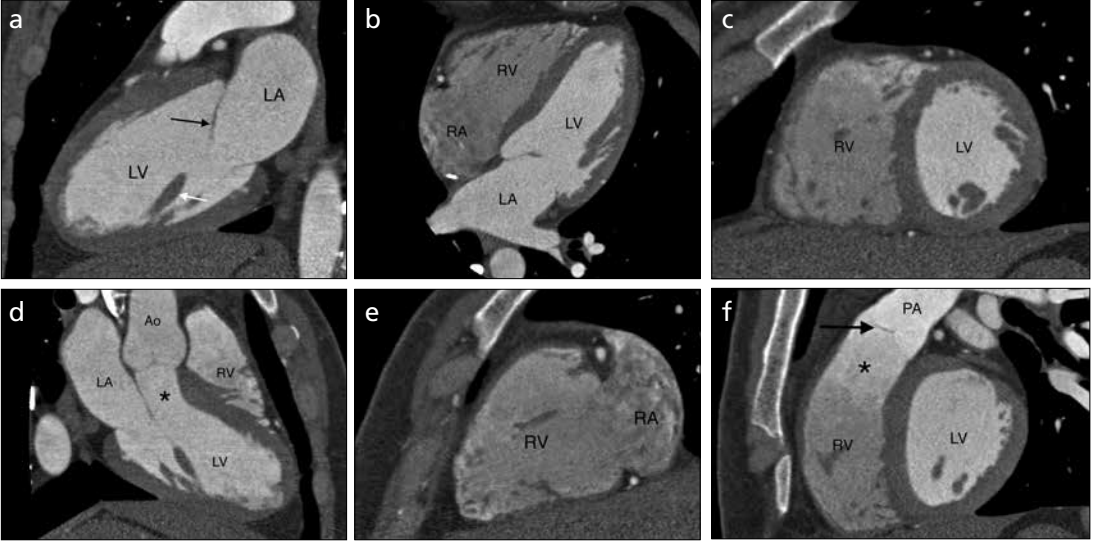
**Sol ventrikül çıkış yolu aksı (LVOT veya Üç oda görüntüsü):** Sol ventrikül üç oda görüntüsünün oluşturulması için iki oda görüntüsü ile kısa aks görüntülerde aort kapağının görüldüğü bazal kesit kullanılmaktadır. Kesit planı, kısa aks görüntüde aort kapağı ortasından, iki oda görüntüde ise apeksden geçecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda, sol atriyum, sol ventrikül, sağ ventrikülün bir kısmı, sol ventrikül çıkış yolu ve aort kapağı görüntülenmektedir (**Resim 1d**).

**Sağ ventrikül vertikal uzun aks:** Sağ ventrikül iki oda görüntüsünün oluşturulması için, dört oda görüntüsü kullanılmaktadır. Kesit planı, triküspit kapaktan ve sağ ventrikül apeksinden geçecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda, sağ atriyum, sağ ventrikül ve triküspit kapak görüntülenmektedir (**Resim 1e**).

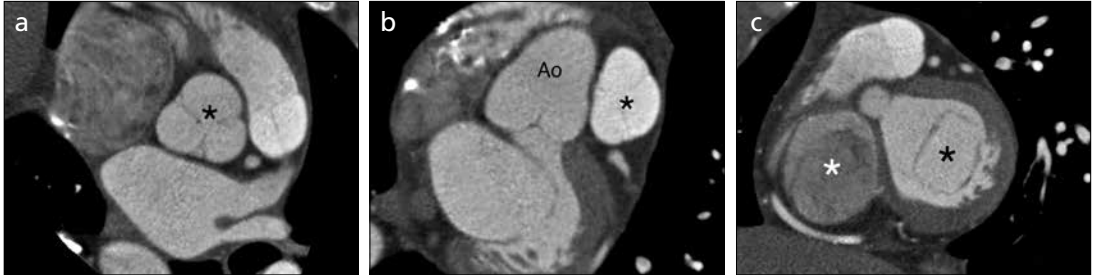
**Sağ ventrikül çıkış yolu aksı (RVOT):** Sağ ventrikül çıkış yolu aksını oluşturmak için kesit planı, aksiyal kesitte pulmoner trunkusun ortası ile sağ ventrikül anterior duvarı ortasından geçecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda, sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner kapak değerlendirilmektedir (**Resim 1f**).

**Tablo 1: Kardiyak görüntüleme planları**

1. Sol ventrikül vertikal uzun aks (iki oda görüntüsü)
2. Sol ventrikül horizontal uzun aks (Dört oda görüntüsü)
3. Sol ventrikül kısa aks (SA)
4. Sol ventrikül çıkış yolu aksı (LVOT yada üç oda görüntüsü)
5. Sağ ventrikül vertikal uzun aks (RV iki oda görüntüsü)
6. Sağ ventrikül çıkış yolu aksı (RVOT)
7. Aort, pulmoner, mitral ve triküspit kapak görüntüleme planları



**Resim 1. a-f.** a) Sol ventrikül vertikal uzun aks (2 oda) BT görüntüsü. Siyah ok; mitral kapağı, beyaz ok; papiller kası gösteriyor. b) Sol ventrikül horizontal uzun aks (4 oda) BT görüntüsü. c) Sol ventrikül kısa aks (SA) BT görüntüsü. d) Sol ventrikül 3 oda (LVOT) BT görüntüsü. \* işareti; sol ventrikül çıkış yolunu işaret ediyor. e) Sağ ventrikül vertikal uzun aks (sağ ventrikül 2 oda) BT görüntüsü. Siyah ok; pulmoner kapağı, \*işareti; sağ ventrikül çıkış yolunu işaret ediyor. f) Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) BT görüntüsü. Siyah ok; pulmoner kapağı, \*işareti; sağ ventrikül çıkış yolunu işaret ediyor. RA: Sağ atriyum, RV: Sağ ventrikül, LA: sol atriyum, LV: Sol ventrikül. Ao: Aort, PA: Pulmoner arter.



**Resim 2. a-c.** a) Aort kapağına paralel olarak elde edilen aort kapağı BT görüntüsü. \* işareti; Aort kapağını gösteriyor b) Pulmoner kapağa paralel olarak elde edilen pulmoner kapak BT görüntüsü. \* işareti; Pulmoner kapağı gösteriyor c) Mitral ve triküspit kapaklara paralel olarak elde edilen mitral kapak ve triküspit kapak BT görüntüsü. Siyah \* işareti; mitral kapağı, beyaz \* işareti; triküspit kapağı gösteriyor. Ao: Aort.

**Aort, pulmoner, mitral ve triküspit kapak planları:** Kapaklara ait planları oluşturmak için kesit planı, kapağın görüldüğü kesitlerde, kapağa paralel olacak şekilde ayarlanmaktadır (Resim 2a-c).

### BT incelemede normal kalp anatomisi ve morfolojik özellikleri

**Sağ atriyum:** Süperior vena kava, inferior vena kava ve sinüs venozusdan gelen kan sağ atriyuma boşalmaktadır. Terminal oluk; sağ atriyumun epikardiyal tarafındaki lipoma-

töz oluk olup, atriyumun iç yüzündeki krista terminalise karşılık gelmektedir [1]. Krista terminalis sinoatriyal nod ile sinoatriyal nod arterinin terminal kısmını içermektedir. Krista terminalis sağ atriyumun sinüs venozus parçası ile atriyal apendiksi birbirinden ayırmaktadır (Resim 3a) [1].

Sağ atriyum apendiks tabanı sol atriyal apendikse göre daha geniş olup, piramit şeklinde bir yapı iken, sol atriyum apendiksi parmak şeklindedir (Resim 3b) [1]. Eustachian valvi; sağ atriyum ile inferior vena kava arasında olup, intraurterin dönemde kanın foramen ovaleye doğru

yönlendirilmesinden sorumludur (Resim 3c). Bu valv tipik olarak eustachian çıkıntısının medialine yapışarak, oval fossa ile koroner sinüs arasında bir sınır oluşturmaktadır [1]. Thebesian valvi; koroner venöz sinüsün sağ atriyuma giriş yerinde bulunmakta ve kanın koroner sinüse reflüsünü engellemektedir [1].

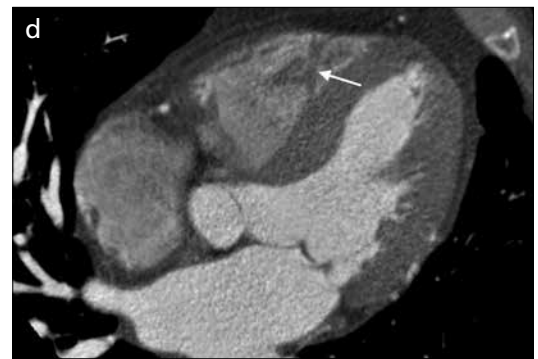
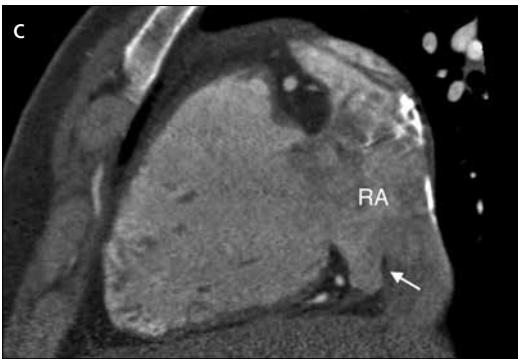
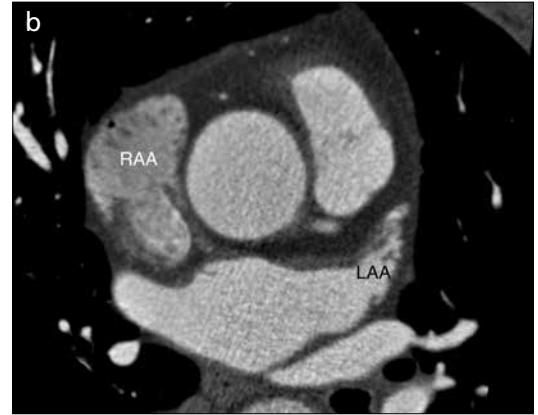
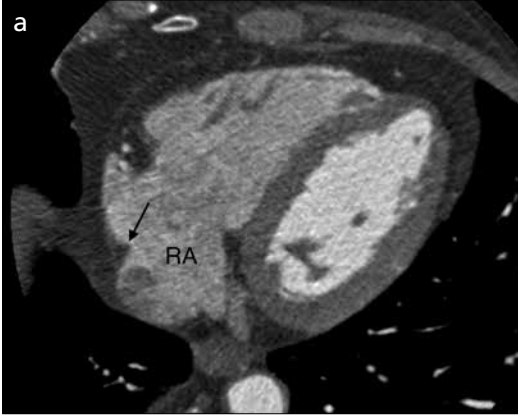
Triküspit kapak; sağ atriyumunu sağ ventrikülden ayırır ve üç kapakçıktan (anteriyor, posteriyor ve septal) oluşur. Mitral kapak direkt aortik kapakla devamlılık gösterirken, triküspit kapak pulmoner arterden krista supraternalis olarak adlandırılan musküler bir sırt ile ayrılmaktadır. Mitral kapaktan farklı olarak, triküspit kapak interventriküler septum ile direkt bağlantılıdır [1].

**Sol atriyum:** Sol atriyum; venöz parça, vestibül ve apendiksden oluşmaktadır. Posteriyordaki venöz komponentine sağ ve sol, sü-

perior ve inferior pulmoner venler boşalmaktadır. Pulmoner venlerin sol atriyuma katılma şekillerinde varyasyonlar oldukça sık olarak karşılaşılmaktadır.

Sol atriyumun iç yüzeyi oldukça düz olmakla birlikte, tübüler şekilli ve sol atriyumun süperolateralinde yer alan apendiksi trabekülasyonlar içermektedir (Resim 3b). Sol atriyal apendiks içinde yer alan pektinat kaslar tipik olarak sağ atriyal apendikte bulunanlardan daha küçüktür (Resim 3b) [1].

Mitral kapak sol atriyumunu sol ventrikülden ayırmakta ve beş komponentten oluşmaktadır. Bunlar; mitral anülüs, 2 kapakçık, 2 komisür, 2 papiller kas ve korda tendineadır [1]. Anülüs miyokart içine gömülmüş, eyer şeklinde fibröz bir halkadır. Anülüs, mitral kapakçıklara dayanak oluşturmakta ve aortik anülüs ile devamlılık göstermektedir. Mitral kapak, anteriyor ve posteriyor olarak iki kapakçıktan oluşur



**Resim 3. a-d.** a) Sağ atriyum duvarında yer alan krista terminalisin (siyah ok) BT görüntüsü. b) Sağ atriyum apendiksi (RAA) ve sol atriyum apendiksini (LAA) gösteren BT görüntüsü c) Sağ atriyumun inferior vena kava girişine yakın lokalizasyonunda bulunan Eustachian valvinin (beyaz ok) BT görüntüsü. d) Sağ ventrikül apikaline yakın lokalizasyonda interventrikül septum ile sağ ventrikül anteriyor duvarı arasındaki moderatör bandın (beyaz ok) BT görüntüsü. RA: Sağ atriyum.

(Resim 2c). Korda tendinealar, mitral kapakçıklar ile anterolateral ve posteromedial papiller kasları birbirine bağlayan fibröz yapılardır [1].

**Sağ ventrikül:** Sağ ventrikülün değerlendirilmesinde ilk basamak morfolojik sağ ventrikülün doğru olarak tespit edilmesidir. Sağ ventrikül anatomisi sol ventriküle göre daha kompleks bir geometrik şekle sahip olup, sol ventrikülün etrafını kısmen saran bir şekle sahiptir. Sağ ventrikülün kompleks geometrisi sağ ventrikülün “inflow” ve “outflow” komponentlerinin iki boyutlu düzlemde, aynı anda görüntülenmesini zorlaştırmaktadır [2]. Sağ ventrikül trabekülasyonu sol ventriküle göre daha fazla olup, duvarı daha incedir [2]. Sağ ventrikül apikal kesimi karakteristik olarak, yoğun trabekülasyon göstermekte ve septomarginal bantlar içermektedir [1]. Sağ ventrikülün ayırt edici özelliklerinden biri olan moderatör band (septomarginal trabekülasyon ya da trabekula septomarginalis olarak da adlandırılır) interventriküler septumdan anteriyor papiller kasın tabanına uzanır (Resim 3d). Moderatör band, His demeti olarak da adlandırılan atriyoventriküler demetin sağ dalını içermektedir. Moderatör band majör olarak sol koroner arteriyel sistemden beslenmekle birlikte, sağ koroner arteriyel sistem ile sol sistem arasında potansiyel kolateral bağlantıları içermektedir [1]. Sağ ventrikülün konusu ya da musküler infundibulumu olarak adlandırılan ve düz bir yapıda olan komponenti, pulmoner kapağın hemen inferiorunda yer alır ve sağ ventrikülün pulmoner artere doğru olan çıkış yolunu (RVOT) oluşturur (Resim 1f). Pulmoner kapak, üç kapakçıktan (anteriyor, posteriyor ve pulmoner kapakçıklar) oluşmaktadır (Resim 2b) [1].

**Sol ventrikül:** Sol ventrikül kalın duvarlı olup, sağa göre daha az trabekülasyon içermektedir. Sol ventrikül içinde anteriyor ve posteriyor olmak üzere 2 adet papiller kas mevcut olup, bu kaslar direkt ventriküler miyokardiyumla bağlantılıdır [1]. Sol ventrikül, sol ventrikül çıkış yolu (LVOT) vasıtasıyla aort kapağı ve sonrasında aortaya bağlanmaktadır (Resim 1d).

Aort kapağı sağ, sol ve nonkoroner kapakçık olarak adlandırılan 3 kapakçıktan oluşmaktadır (Resim 2a). Aort kapağı mitral kapakla fibröz devamlılık göstermekte olup, bu özellik kompleks konjenital kalp hastalıklarında sol kalp boşluk ve kapaklarının sağdan ayırt edilmesine yardımcı olmaktadır [1].

### Kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesi

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler, ventriküler fonksiyonu değerlendirmede kullanılan görüntüleme modalitelerinin performansını önemli derecede arttırmıştır. Günlük pratikte ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesinde ilk başvuru yöntemi ekokardiyografi olmakla birlikte günümüzde; sağ ve sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kardiyak MR inceleme referans standart görüntüleme haline almıştır [3-5]. Manyetik rezonans incelemenin kontrendike olduğu veya uzun çekim süresine klinik durumun izin vermediği durumlarda BT görüntüleme alternatifi ön plana çıkmaktadır. Literatürde kardiyak fonksiyonun değerlendirilmesinde kullanılan 2 boyutlu ekokardiyografi, 3 boyutlu ekokardiyografi, MR, BT, “Single Photon Emission Computed Tomography” (SPECT) gibi alternatif görüntüleme yöntemlerini birbirleriyle karşılaştıran birçok çalışma bulunmaktadır [3, 6-12]. Bu çalışmalarda ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesinde BT inceleme sonuçlarının, MR inceleme ile iyi bir korelasyon gösterdiği belirtilmektedir [3, 6-12]. Literatürde mevcut çalışmalar incelendiğinde, BT ile elde edilen fonksiyonel parametre ölçüm sonuçlarının karşılaştırıldığı modaliteye göre, biraz daha yüksek ya da düşük çıkabildiğini ancak, çoğu zaman bu farklılıkların klinik olarak önemli olmayan miktarlarda olduğu belirtilmektedir [12]. Bu farklılıkların muhtemel sebepleri olarak; 1) BT incelemenin temporal rezolüsyonunun rölatif olarak daha düşük olması nedeniyle endsistolik veya enddiastolik fazların tam olarak tespit edilememesi, 2) Çoğu zaman kalp atım sayısını düşürmek amacıyla yapılan medikasyonun fonksiyonel parametrelerde



oluşturduğu [beta bloker kullanımının negatif inotropik etki nedeniyle stroke volüm (SV) ve ejeksiyon fraksiyonu (EF) azaltması, endsistolik volümü (ESV) arttırması gibi] değişiklikler, 3) Hızlı bir şekilde enjekte edilen yaklaşık 80-120 mL miktarındaki kontrast madde ve serum fizyolojik nedeniyle fonksiyonel parametrelerde oluşabilecek değişiklikler 4) Yapılan volüm ölçümlerine papiller kasların, trabekülasyonların, sağ ventrikül ya da sol ventrikül çıkış yollarının dahil edilip edilmemesine bağlı farklılıklar ve 5) Görüntüleme esnasındaki nefes tuturma işleminin derin nefes alınarak veya verilerek yaptırılmasına bağlı venöz dönüş miktarındaki değişikliklerin sebep olabileceği ve öne sürülmektedir [3, 6, 13-15].

Yamamoto ve ark. [16] yaptıkları çalışmada, MDBT ile ölçülen sol ventrikül fonksiyonel parametrelerinin, 2 boyutlu ekokardiyografi ve EKG-gated SPECT incelemelerinden daha doğru olarak, MR görüntüleme ile benzer sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Orakzai ve ark. [17] kardiyak fonksiyonun değerlendirilmesinde BT'nin; ekokardiyografi, sineventrikülografi, SPECT ve MR inceleme ile benzer sonuçlar verdiğini, multisegmental imaj rekonstrüksiyonunun uzaysal ve temporal rezolüsyonu artırarak, kardiyak görüntülemenin daha hızlı bir şekilde yapılmasına ve BT anjiyografide elde edilen datanın fonksiyonel değerlendirme için de kullanılabilmesine olanak tanıdığını, ancak kontrast madde kullanımı, radyasyon maruziyeti ve sınırlı temporal rezolüsyon gibi nedenlerle, BT incelemenin sadece fonksiyonel değerlendirme amacıyla kullanılmasının çok uygun olmayacağını belirtmişlerdir.

**Ventrikül fonksiyonun BT ile değerlendirilebilmesi için tüm kardiyak siklusu içeren bir görüntü serisinin elde edilmiş olması gerekmektedir.** Modern BT cihazlarında bu görüntü serisinin elde edebilmesi için, retrospektif EKG gating, EKG tetiklemeli dual step pulsing doz modülasyon veya EKG kontrollü doz modülasyon gibi yöntemlerden birinin kullanılması gerekmektedir. Retrospektif EKG gating tekniğiyle yapılan çekimlerde, kardiyak siklus boyunca data toplanması nedeniyle radyasyon dozu daha yüksek olmakta, doz modülasyonlu teknikler kullanıldığında ise, sistolik veya

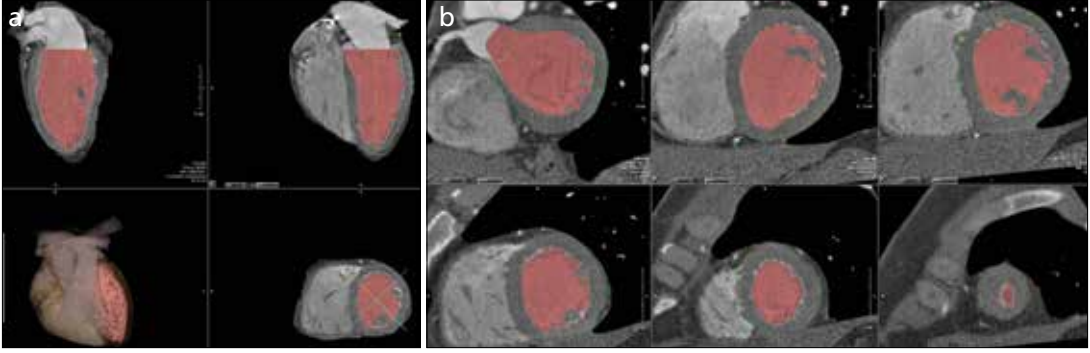
diyastolik faz dışındaki zaman dilimlerinde daha düşük dozda X-ışını kullanılması nedeniyle verilen doz miktarı azaltılabilmektedir. Son yıllarda doz miktarını mümkün olduğunca azaltmak amacıyla daha sık olarak kullanılan "step and shoot" veya prospektif EKG gating olarak adlandırılan teknikte ise kardiyak siklusun sadece bir kısmında (genellikle diyastolik fazda) data toplanarak yapılan kardiyak BT incelemeler tüm kardiyak siklusu içermediklerinden, kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesi amacıyla kullanılamamaktadır. Ancak, literatürde prospektif EKG gating tekniğiyle yapılan çekimler kullanılarak sol ventrikül sistolik disfonksiyonunun tahmin edilebileceğini belirten çalışmalar da mevcuttur [18].

Lin ve ark. [19] 64 kesitli BT ile yaptıkları çalışmada sağlıklı yetişkinler için kalp boşluklarının volümlerini, fonksiyonlarını ve miyokardiyal kitle miktarlarını ölçerek ortalama değerlerini yayınlamışlardır. Bu çalışmada; sağ ve sol ventrikül volümlerine sağ ve sol ventrikül çıkış yollarının volümleri, sağ ve sol atriyumlara ise apendikslerinin volümleri dahil edilerek hesaplanmıştır. Lin ve ark. [19] MDBT ile yaptıkları

**Tablo 2: Lin ve ark. [19] çalışmalarında MDBT ile ölçülen kalp boşluklarının ortalama volümleri**

	Ortalama volüm (Standart sapma)	%95 Güven aralığı
<b>Sol ventrikül</b>		
EF, %	63,8 (7,7)	48,7-78,9
ESV, mL	52,6 (19,2)	15,0-90,2
EDV, mL	143,6 (36,4)	72,3-214,9
<b>Sağ ventrikül</b>		
EF, %	57,9 (8,0)	42,2-73,6
ESV, mL	82,1 (29,2)	24,9-139,3
EDV, mL	174,9 (48,0)	80,8-269,0
<b>Sol atrium</b>		
ESV, mL	102,3 (24,4)	54,5-150,1
<b>Sağ atrium</b>		
ESV, mL	111,9 (29,1)	54,9-168,9

EF: Ejeksiyon fraksiyonu, ESV: Endsistolik volüm, EDV: Endsistolik volüm



Resim 4. a, b. Sol ventrikülün fonksiyonel değerlendirilmesi yapılırken elde edilen ve sol ventrikül kavitesinin segmentasyonu (a) ile endokardiyal ve epikardiyal konturların belirlendiği aşamalarda (b) elde edilmiş BT görüntüleri.

rı ölçümlerin kardiyak MR inceleme ile daha önce yapılan ölçüm sonuçları ile benzer olduğunu, sağ ve sol ventrikül ölçüm değerlerindeki MDBT ile kardiyak MR veya ekokardiyografi arasındaki küçük farklılıkların; MDBT ölçümlerinde papiller kasların ölçüme dahil edilmesi ile uzaysal ve temporal rezolüsyon farklılıklarına bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ölçülen fonksiyonel parametrelerin bir kısmı Tablo 2’de sıralanmıştır.

Fonksiyonel değerlendirmede, %5’lik intervallerin kullanılması endsistolik fazın daha hassas bir şekilde tespit edilmesine olanak tanımakta ve böylece ejeksiyon fraksiyonu (EF) değeri daha doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Suzuki ve ark. [20] MDBT ile kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde 10 faz (%10’luk intervallerden oluşan) ve 20 faz (%5’lik intervallerden oluşan) rekonstrüksiyonları birbirleriyle karşılaştırdıklarında, 10 faz ile yapılan incelemelerde sol ventrikül EF değerlerinin kardiyak MR ve 3 boyutlu ekokardiyografiye göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan, 10 faz veya 20 faz kullanılarak yapılan ölçümlerde ortaya çıkan farklılığın klinik olarak çok anlamlı olmadığını, 10 faz kullanıldığında görüntülerin daha kısa bir zamanda işlenebilmesi nedeniyle sol ventrikül volümü ve EF hesaplamasında tercih edilebileceğini belirten çalışmalar da mevcuttur [21].

Annur ve ark. [5] MDBT, 2 boyutlu ekokardiyografi ve MR incelemeyi karşılaştırdıkları çalışmalarında; global sol ventrikül fonksiyonunun değerlendirilmesinde MDBT ile MR inceleme sonuçlarının birbirleriyle güçlü korelasyon gösterdiğini, lokal fonksiyonların de-

ğerlendirilmesinde ise, 2 boyutlu ekokardiyografinin MR inceleme ile daha uyumlu sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

### MDBT ile kardiyak fonksiyonların ölçüm tekniği

Multi dedektör bilgisayarlı tomografiler ile kardiyak fonksiyonların ölçümü iş istasyonlarında bu işlem için özel olarak geliştirilmiş yazılımlar aracılığıyla yapılmaktadır. **Kardiyak fonksiyonlar, global veya lokal fonksiyonlar olarak değerlendirilmektedir. Global kardiyak fonksiyonlar olarak; ejeksiyon fraksiyonu (EF), stroke volüm (SV), endsistolik volüm (ESV), enddiastolik volüm (EDV), kardiyak output (CO) gibi parametreler değerlendirilirken, lokal kardiyak fonksiyonlar olarak; miyokart duvar kalınlığı (MWT), sistolik duvar kalınlığı (SWT), sistolik duvar hareketi (SWM) gibi parametreler değerlendirilmektedir.**

Kardiyak görüntüleme için elde edilen görüntüler, fonksiyonel değerlendirme yapılması amacıyla %5’lik veya %10’luk intervaller şeklinde (20 faz veya 10 faz olarak) retrospektif olarak rekonstrükte edilmekte, rekonstrüksiyon kesit kalınlığı için 0,5-9 mm arasında bir değer seçilebilmektedir [15, 22-25].

Kardiyak fonksiyonun değerlendirilmesinde otomatik veya yarı otomatik yazılımlar kullanılabilenekte olup, otomatik versiyon kullanımı hesaplama için harcanan zamanı kısaltmaktadır [26]. Yarı otomatik programda tüm fazlardaki endokardiyal ve epikardiyal kontürlerinin manuel olarak çizilmesi gerekirken, otomatik versiyonda bu çizim cihaz tarafından yapılmış olarak

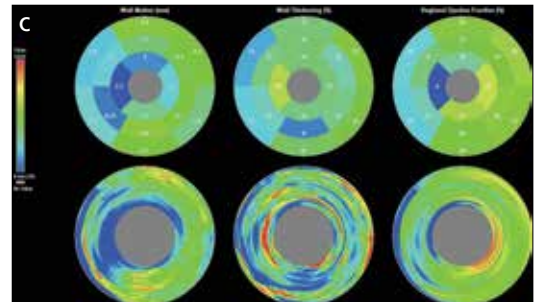
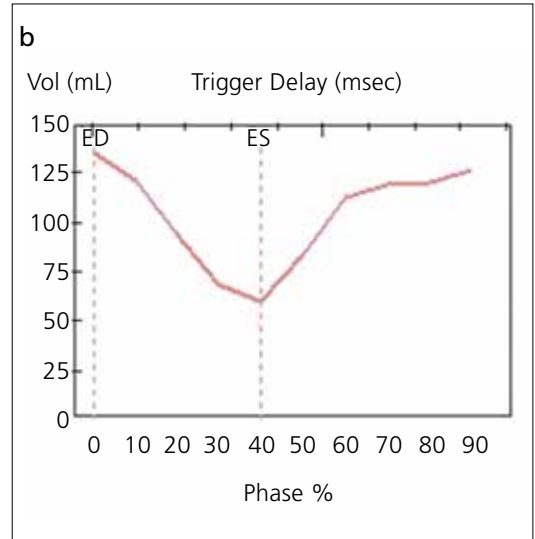
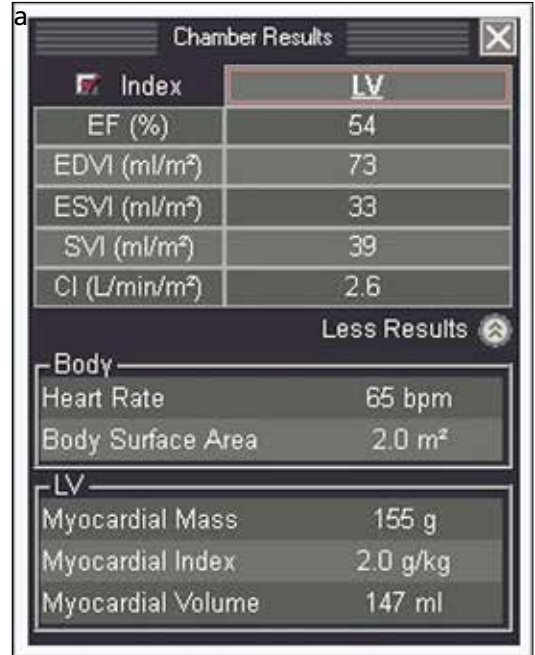
görüntüler oluşturulmaktadır. Otomatik çizim yapılan versiyonda, eğer çizimde herhangi bir yanlışlık var ise manuel olarak düzeltilebilmekte ve tek bir komutla global ventrikül fonksiyon parametreleri tekrar hesaplanabilmektedir.

Fonksiyonel değerlendirme yapılacak görüntülerin, kardiyak bazisten apekse kadar olan tüm volümü içermesi gerekmektedir (Resim 4a). Rekonstrükte görüntülerden kısa aks görüntüler oluşturulmakta ve bu görüntüler üzerinde endokardiyal ve epikardiyal kontürler belirlenmektedir (Resim 4b). Multi dedektör BT ile sol ventrikül volümü hesaplanırken ekokardiyografi ve MR inceleme ile uyumlu olması amacıyla aort çıkış yolu volüme dahil edilmezken, papiller kaslar volüme dahil edilmektedir [27]. Endokardiyal kontür çizilirken papiller kas ve trabekülasyonlar hem enddiastolde hem endsistolde sol ventrikül kavitesi içine dahil edilmektedir [3, 28]. Bazı üreticilerin kullanıma sürdükleri yazılımlarda, BT ile hesaplanan global ventrikül fonksiyonun hesaplanmasında papiller kasların ölçüme dahil edilip edilmemesi seçeneği de kullanıcıya sunulmaktadır.

Kardiyak siklusun her fazında endokardiyal ve epikardiyal kontürlerin belirlenmesine müteakip ölçüm sonuçları Simpson metodu vasıtasıyla software tarafından hesaplanmaktadır. Enddiastolik volüm, ESV, EF, SV, CO gibi değerler rakamsal olarak ve grafik üzerinde (Şekil 1a, b), MWT ve miyokardiyal duvar hareketi (MWM) gibi parametreler ise “American Heart Association” (AHA)’nın 17 segment modeline uygun olarak iki boyutlu polar harita üzerinde gösterilebilmektedir (Şekil 1c). Diğer taraftan lokal duvar hareketleri, uzun veya kısa aks görüntüler sine şeklinde oynatılarak kalitatif olarak değerlendirilebilmekte (Video 1 a, b, c) veya SWM değerlendirilmesi iki boyutlu polar harita üzerinden yapılabilmektedir.

### MDBT ile sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi

Sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi amaçlanan olgularda, çekim proto-



Şekil 1. Sol ventrikülün fonksiyonel değerlendirilmesi sonucunda elde edilen ölçüm sonuçlarının tablo (a), grafik (b) ve iki boyutlu polar harita (c) formatında gösterimleri.



kolünün sağ ventrikül kavitede de kontrast madde olacak şekilde modifiye edilmesi gerekmektedir. Bunun için, enjeksiyon süresinin biraz daha uzun tutulması ya da trifazik enjeksiyon tekniğinin kullanılması yeterli olmaktadır. Bifazik çekim protokolünde kontrast maddeyi takiben serum fizyolojik (SF) enjeksiyonu yapılırken, trifazik enjeksiyon protokolünde; kontrast madde ile SF enjeksiyonu arasında, kontrast ve SF karışımı verilerek sağ ventrikülün daha dilüe bir kontrastla dolması sağlanabilmektedir. Trifazik enjeksiyon protokolü hastanın kilosuna, kullanılan cihaza ve çekim yapılan merkezin tercihlerine göre bazı farklılıklar gösterebilmektedir. Normal kilolu bir olguda, trifazik çekimde 5-6 mL/sn hızla verilen 50-60 mL kontrast maddeye müteakip 20-30 mL %50:%50 ya da %30-%70 oranında karıştırılmış kontrast madde ve serum karışımı, akabinde ise 3-6 mL/sn hızla 25-50 mL SF şeklinde enjeksiyon yapılabilmektedir [24].

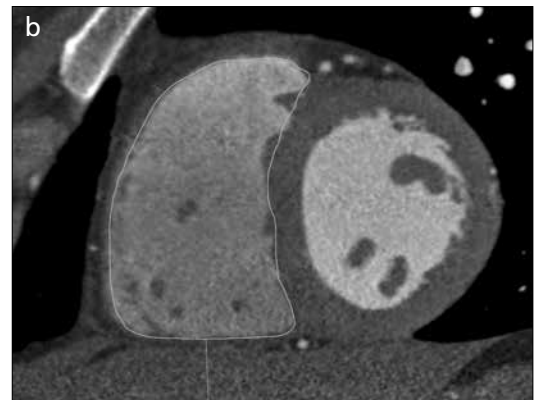
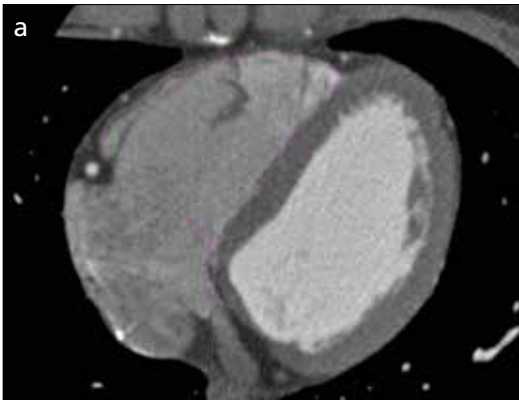
Sağ ventrikül fonksiyonunun hesaplanmasında endokardiyal ve epikardiyal sınırlar çizilmekte ve trabekülasyonlar ile papiller kaslar kaviteye dahil edilmektedir [3, 27]. Ölçümler hem enddiastolde hem endsistolik fazlarda yapılmakta ve interventriküler septum sağ ventrikülün bir parçası olarak değerlendirilmektedir [3]. Ölçümlerde triküspit kapak ile pulmoner kapak arasındaki tüm sağ ventrikül kavitesi volüme dahil edilmektedir.

Sağ ventrikülün yapısal olarak MDBT ile değerlendirilmesinde sağ ventrikülün boyut ve volümünün ölçülmesi yanı sıra miyokart duvar kalınlığı da ölçülmektedir. Enddiastolik fazda

sağ ventrikül serbest duvar kalınlığı 4 mm'den az olmalıdır [19, 29]. Sistemik venlerin geniş olarak izlenmesi preload artışının, pulmoner arterlerdeki çap artışı ise afterload artışının indirekt bulgularıdır [30].

Sağ ventrikül volümündeki artış; volüm yüklenmesi, basınç yüklenmesi veya her ikisi nedeniyle olabilmektedir. İnterventriküler septumun sol ventriküle doğru bombeleşme göstermesi sistolde oluyorsa basınç yüklenmesini, diyastolde bombeleşme olması ise volüm yüklenmesini, hem sistol hem de diyastolde oluyorsa basınç ve volüm yüklenmesini işaret etmektedir [2]. Sağ ventrikül volüm artışının ilk bulgularından biri, sağ ventrikül boyutunun sol ventrikül boyutuna oranının artmasıdır. Bu oran ölçülürken; mitral ve triküspit kapakların görüldüğü 4 oda görüntüsünde sağ ve sol ventrikülün serbest duvarları ile interventriküler septum arasındaki mesafenin en geniş oldukları yerde kalbin uzun aksına dik olacak şekilde ölçüm yapılmalıdır [29, 31, 32]. Bu oranın 1'den büyük olması sağ ventrikül disfonksiyonunu işaret etmektedir [29, 33, 34].

Sağ ventrikül kontraktilitesini değerlendirmede en çok kullanılan parametre EF olmakla birlikte; sağ ventrikül EF değeri, sağ kalbin yüklenmesine bağlı olarak değişiklik gösterebileceğinden, her zaman sağ ventrikül kontraktilitesini doğru bir şekilde yansıtmayabilmektedir [29]. Sağlıklı bireylerde MDBT ile hesaplanan sağ ventrikül EF değeri %60 civarındadır [19]. Sağ ventrikül EF değeri kısa aks görüntüler veya aksiyel görüntüler üzerinden hesaplanabilmektedir (Resim 5a,b). Aksiyel



Resim 5. a, b. Sağ ventrikül endokardiyal sınırlarının belirlendiği aksiyel (a) ve kısa aks (b) BT görüntüleri.

kesitlerin kullanılması ölçüm sonuçları arasında daha az farklılığa neden olmaktadır [35].

Sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, MDBT kullanımı tıpkı sol ventrikülde olduğu gibi kontrast madde ve radyasyon maruziyetleri nedeniyle öncelikle tercih edilmemektedir. Bununla birlikte, literatürde sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde MDBT, ekokardiyografi, sintigrafik inceleme ve MR görüntülemeyi karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır [15, 19, 25, 36-38]. Sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, BT inceleme sonuçlarının genel olarak MR inceleme sonuçları ile iyi bir korelasyon gösterdiği belirtilmekle birlikte, kardiyak MR ile karşılaştırıldığında MDBT'nin temporal rezolüsyonunun daha düşük olması MDBT ile hesaplanan ESV ve EDV değerlerinin daha yüksek çıkmasına neden olabilmektedir [38, 39].

Sağ ventrikül fonksiyonlarının MDBT ile doğru bir şekilde değerlendirilebilmesine ek olarak, komşu akciğer parankimindeki patolojilerin tespit edilmesinde diğer tekniklerden daha üstündür.

Literatürdeki çalışmaların çoğu sol ventriküle yönelik yapılmış olmakla birlikte, sağ ventrikül lokal duvar hareketleri de MDBT ile değerlendirilebilmektedir. Ancak, BT'nin temporal rezolüsyonunun nispeten düşük olması, fokal duvar hareket bozukluklarının tespit edilmesi ve sınıflandırılmasındaki rolünü kısıtlamaktadır [40].

Sonuç olarak, MDBT inceleme uzaysal rezolüsyonunun yüksek olması nedeniyle, kardiyak morfoloji ve anatominin değerlendirilmesinde oldukça başarılı bir modalitedir. Diğer taraftan temporal rezolüsyonunun nispeten düşük olması ve radyasyon maruziyeti gibi nedenlerin MDBT'nin kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesindeki rolünü kısıtlamasıyla birlikte, gerekli durumlarda uygun çekim protokollerinin kullanılmasıyla MR inceleme ile benzer şekilde oldukça güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir.

**Video 1. a-c.** Sol ventrikül lokal duvar fonksiyonlarının görsel olarak değerlendirilmesi amacıyla kullanılan kısa aks (a), sol ventrikül iki oda (b) ve 4 oda (c) aksında oluşturulan sine BT görüntüleri.

## Kaynaklar

- [1]. Jacobs JE. Computed tomographic evaluation of the normal cardiac anatomy. *Radiol Clin North Am* 2010; 48: 701-10.
- [2]. Valsangiacomo Buechel ER, Mertens LL. Imaging the right heart: the use of integrated multimodality imaging. *Eur Heart J* 2012; 33: 949-60.
- [3]. Takx RA, Moscariello A, Schoepf UJ, Barraza JM Jr, Nance JW Jr, Bastarrika G, et al. Quantification of left and right ventricular function and myocardial mass: comparison of low-radiation dose 2nd generation dual-source CT and cardiac MRI. *Eur J Radiol* 2012; 81: 598-604.
- [4]. Beygui F, Furber A, Delepine S, Helft G, Metzger JP, Geslin P, et al. Routine breath-hold gradient echo MRI-derived right ventricular mass, volumes and function: accuracy, reproducibility and coherence study. *Int J Cardiovasc Imaging* 2004; 20: 509-16.
- [5]. Annular BR, Liew CK, Chin SP, Ong TK, Seyfarth MT, Chan WL, et al. Assessment of global and regional left ventricular function using 64-slice multislice computed tomography and 2D echocardiography: a comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur J Radiol* 2008; 65: 112-9.
- [6]. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, Burgstahler C, Cademartiri F, de Feyter P, et al. 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.
- [7]. Mahnken AH, Koos R, Katoh M, Spuentrup E, Busch P, Wildberger JE, et al. Sixteen-slice spiral CT versus MR imaging for the assessment of left ventricular function in acute myocardial infarction. *Eur Radiol* 2005; 15: 714-20.
- [8]. Heuschmid M, Rothfuss JK, Schroeder S, Fenchel M, Stauder N, Burgstahler C, et al. Assessment of left ventricular myocardial function using 16-slice multidetector-row computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging and echocardiography. *Eur Radiol* 2006; 16: 551-9.
- [9]. Juergens KU, Grude M, Maintz D, Fallenberg EM, Wichter T, Heindel W, et al. Multi-detector row CT of left ventricular function with dedicated analysis software versus MR imaging: initial experience. *Radiology* 2004; 230: 403-10.
- [10]. Dewey M, Muller M, Eddicks S, Schnapauff D, Teige F, Rutsch W, et al. Evaluation of global and regional left ventricular function with 16-slice computed tomography, biplane cineventriculography, and two-dimensional transthoracic echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 2034-44.
- [11]. Henneman MM, Bax JJ, Schuijff JD, Jukema JW, Holman ER, Stokkel MP, et al. Global and regio-

- nal left ventricular function: a comparison between gated SPECT, 2D echocardiography and multi-slice computed tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006; 33: 1452-60.
- [12]. van der Vleuten PA, Willems TP, Götte MJ, Tio RA, Greuter MJ, Zijlstra F, et al. Quantification of global left ventricular function: comparison of multidetector computed tomography and magnetic resonance imaging. a meta-analysis and review of the current literature. *Acta Radiol* 2006; 47: 1049-57.
  - [13]. Halpern EJ, Owen AN. Cardiac morphology and function. In: Halpern EJ (Ed) *Clinical cardiac CT: Anatomy and function*. Second Ed. Thieme Medical Publishers, New York, 2011. pp.174-229.
  - [14]. Jensen CJ, Jochims M, Hunold P, Forsting M, Barkhausen J, Sabin GV, et al. Assessment of left ventricular function and mass in dual-source computed tomography coronary angiography: influence of beta-blockers on left ventricular function: comparison to magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol* 2010; 74: 484-91.
  - [15]. Maffei E, Messalli G, Martini C, Nieman K, Catalano O, Rossi A, et al. Left and right ventricle assessment with Cardiac CT: validation study vs. Cardiac MR. *Eur Radiol* 2012; 22: 1041-9.
  - [16]. Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S, Toyoda H, Nishina T, Ohba M, et al. Cardiac functional analysis with multi-detector row CT and segmental reconstruction algorithm: comparison with echocardiography, SPECT, and MR imaging. *Radiology* 2005; 234: 381-90.
  - [17]. Orakzai SH, Orakzai RH, Nasir K, Budoff MJ. Assessment of cardiac function using multidetector row computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 2006; 30: 555-63.
  - [18]. Gupta M, Hacıoglu Y, Kadakia J, Ahmadi N, Gao Y, Mao SS, et al. Left ventricular volume: an optimal parameter to detect systolic dysfunction on prospectively triggered 64-multidetector row computed tomography: another step towards reducing radiation exposure. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011; 27: 1015-23.
  - [19]. Lin FY, Devereux RB, Roman MJ, Meng J, Jow VM, Jacobs A, et al. Cardiac chamber volumes, function, and mass as determined by 64-multidetector row computed tomography: mean values among healthy adults free of hypertension and obesity. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008; 1: 782-6.
  - [20]. Suzuki S, Furui S, Kaminaga T, Yamauchi T, Suzuki D, Kuwahara S, et al. Accuracy and efficiency of left ventricular ejection fraction analysis, using multidetector row computed tomography: effect of image reconstruction window within cardiac phase, slice thickness, and interval of short-axis sections. *Circ J* 2006; 70: 289-96.
  - [21]. Ko YJ, Kim SS, Park WJ, Jeong JO, Ko SM. Comparison of global left ventricular function using 20 phases with 10-phase reconstructions in multidetector-row computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012; 28: 603-11.
  - [22]. Desjardins B, Kazerooni EA. ECG-gated cardiac CT. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182: 993-1010.
  - [23]. Wuest W, Zunker C, Anders K, Ropers D, Achenbach S, Bautz W, et al. Functional cardiac CT imaging: a new contrast application strategy for a better visualization of the cardiac chambers. *Eur J Radiol* 2008; 68: 392-7.
  - [24]. de Graaf FR, Schuijf JD, van Velzen JE, Nucifora G, Kroft LJ, de Roos A, et al. Assessment of global left ventricular function and volumes with 320-row multidetector computed tomography: A comparison with 2D-echocardiography. *J Nucl Cardiol* 2010; 17: 225-31.
  - [25]. Zhang XC, Yang ZG, Guo YK, Zhang RM, Wang J, Zhou DQ, et al. Assessment of right ventricular function for patients with rheumatic mitral stenosis by 64-slice multi-detector row computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging. *Chin Med J (Engl)* 2012; 125: 1469-74.
  - [26]. Greupner J, Zimmermann E, Hamm B, Dewey M. Automatic vs semi-automatic global cardiac function assessment using 64-row CT. *Br J Radiol* 2012; 85: 243-53.
  - [27]. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography: American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; 2: 358-67.
  - [28]. Papavassiliu T, Kühl HP, Schröder M, Süselbeck T, Bondarenko O, Böhm CK, et al. Effect of endocardial trabeculae on left ventricular measurements and measurement reproducibility at cardiovascular MR imaging. *Radiology* 2005; 236: 57-64.
  - [29]. Dupont MV, Drăgean CA, Coche EE. Right ventricle function assessment by MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 196: 77-86.
  - [30]. Revel MP, Faivre JB, Remy-Jardin M, Delannoy-Deken Vr, Duhamel A, Remy J. Pulmonary hypertension: ECG-gated 64-section CT angiographic evaluation of new functional parameters as diagnostic criteria. *Radiology* 2009; 250: 558-66.
  - [31]. Quiroz R, Kucher N, Schoepf UJ, Kipfmüller F, Solomon SD, Costello P, et al. Right ventricular enlargement on chest computed tomography: prognostic role in acute pulmonary embolism. *Circulation* 2004; 109: 2401-4.
  - [32]. Araoz PA, Gotway MB, Trowbridge RL, Bailey RA, Auerbach AD, Reddy GP, et al. Helical CT pulmonary angiography predictors of in hospital morbidity and mortality in patients with acute pulmonary embolism. *J Thorac Imaging* 2003; 18: 207-16.
  - [33]. Contractor S, Maldjian PD, Sharma VK, Gor DM. Role of helical CT in detecting right ventricular dysfunction secondary to acute pulmonary embolism. *J Comput Assist Tomogr* 2002; 26: 587-91.

- [34]. Lim KE, Chan CY, Chu PH, Hsu YY, Hsu WC. Right ventricular dysfunction secondary to acute massive pulmonary embolism detected by helical computed tomography pulmonary angiography. *Clin Imaging* 2005; 29: 16-21.
- [35]. Alfakih K, Plein S, Bloomer T, Jones T, Ridgway J, Sivanathan M. Comparison of right ventricular volume measurements between axial and short axis orientation using steady-state free precession magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging* 2003; 18: 25-32.
- [36]. Coche E, Vlassenbroek A, Roelants V, D'Hoore W, Verschuren F, Goncette L, et al. Evaluation of biventricular ejection fraction with ECG-gated 16-slice CT: preliminary findings in acute pulmonary embolism in comparison with radionuclide ventriculography. *Eur Radiol* 2005; 15: 1432-40.
- [37]. Doğan H, Kroft LJ, Bax JJ, Schuijf JD, van der Geest RJ, Doornbos J, et al. MDCT assessment of right ventricular systolic function. *AJR* 2006; 186: 366-70.
- [38]. Guo YK, Gao HL, Zhang XC, Wang QL, Yang ZG, Ma ES. Accuracy and reproducibility of assessing right ventricular function with 64-section multidetector row CT: comparison with magnetic resonance imaging. *Int J Cardiol* 2010; 139: 254-62.
- [39]. Plumhans C, Muehlenbruch G, Rapae A, Sim KH, Seyfarth T, Gaenther RW, et al. Assessment of global right ventricular function on 64-MDCT compared with MRI. *AJR* 2008; 190: 1358-61.
- [40]. Fischbach R, Juergens KU, Ozgun M, Maintz D, Grude M, Seifarth H, et al. Assessment of regional left ventricular function with multidetector-row computed tomography versus magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2007; 17: 1009-17.



## Kardiyak Morfoloji ve Fonksiyonların Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT) ile Değerlendirilmesi

Uğur Bozlar, Sebahattin Sarı

### Sayfa 93

Kontrast madde kullanma zorunluluğu ve radyasyon maruziyeti nedenleriyle BT inceleme, kardiyak fonksiyonların değerlendirmesinde öncelikle tercih edilen bir modalite değildir.

### Sayfa 97

İncelemenin kontrendike olduğu veya uzun çekim süresine klinik durumun izin vermediği durumlarda BT görüntüleme alternatifi ön plana çıkmaktadır.

### Sayfa 97

Literatürde mevcut çalışmalar incelendiğinde, BT ile elde edilen fonksiyonel parametre ölçüm sonuçlarının karşılaştırıldığı modaliteye göre, biraz daha yüksek ya da düşük çıkabildiğini ancak, çoğu zaman bu farklılıkların klinik olarak önemli olmayan miktarlarda olduğu belirtilmektedir.

### Sayfa 98

Ventrikül fonksiyonun BT ile değerlendirilebilmesi için tüm kardiyak siklusu içeren bir görüntü serisinin elde edilmiş olması gerekmektedir.

### Sayfa 99

Kardiyak fonksiyonlar, global veya lokal fonksiyonlar olarak değerlendirilmektedir. Global kardiyak fonksiyonlar olarak; ejeksiyon fraksiyonu (EF), stroke volüm (SV), endsistolik volüm (ESV), enddiastolik volüm (EDV), kardiyak output (CO) gibi parametreler değerlendirilirken, lokal kardiyak fonksiyonlar olarak; miyokart duvar kalınlığı (MWT), sistolik duvar kalınlığı (SWT), sistolik duvar hareketi (SWM) gibi parametreler değerlendirilmektedir.

## Kardiyak Morfoloji ve Fonksiyonların Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT) ile Değerlendirilmesi

Uğur Bozlar, Sebahattin Sarı

1. Aşağıdakilerden hangisi sağ atriyum ile ilgili bir anatomik yapı değildir?
  - a. Eustacian valv
  - b. Septomarjinal band
  - c. Krista terminalis
  - d. Pektinat kaslar
2. Aşağıdakilerden hangisi mitral kapağın komponentlerinden biri değildir?
  - a. Kapakçık
  - b. Komisür
  - c. Korda tendinea
  - d. Semilüner
3. Aşağıdakilerden hangisi kardiyak fonksiyonların MDBT ile değerlendirilmesinin avantajlarından biri değildir?
  - a. Voksel bazlı ölçüm yapması
  - b. Yüksek uzaysal rezolüsyon
  - c. İmplant varlığında yapılabilmesi
  - d. Fonksiyon ölçümü için ek bir çekim gerektirmesi
4. Aşağıdakilerden hangisi lokal kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir?
  - a. Ejeksiyon fraksiyonu
  - b. Kardiyak output
  - c. Stroke volüm
  - d. Sistolik duvar hareketi
5. Aşağıdakilerden hangisi kardiyak fonksiyonların MDBT ile değerlendirilmesindeki dezavantajlarından biridir?
  - a. Yüksek uzaysal rezolüsyon
  - b. Düşük temporal rezolüsyon
  - c. Yüksek kontrast rezolüsyon
  - d. Kısa çekim süresi