

Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin klinik uygulamaları

Clinical applications of computed tomography coronary angiography

Dilek Öncel, Güray Öncel

Şifa Hastanesi Radyoloji Bölümü, İzmir

Koroner arter hastalıkları Batı toplumlarında ölüme neden olan hastalıkların bir numaralı sebebidir. Koroner arter hastalıklarının değerlendirilmesinde altın standart konvansiyonel anjiyografidir. Ancak, yöntemin invaziv olması ve nadir olmakla birlikte ciddi komplikasyonlara neden olabilmesi, invaziv olmayan, etkin ve güvenilir alternatif bir tanısal yöntemin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Çokkesitli bilgisayarlı tomografi (BT) sistemlerinin gelişmesi ile birlikte, koroner anjiyografi BT en yaygın uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. Teknik gelişmelere rağmen henüz konvansiyonel anjiyografinin çözünürlüğüne ulaşamamış olmasına karşın, koroner anjiyografi BT'de koroner arter hastalıklarının tanı ve değerlendirilmesinde çok kısa sürede önemli mesafeler kaydedilmiştir. Bu derlemede, son yıllarda hızla gelişen ve kullanımı yaygınlaşan BT koroner anjiyografinin klinik uygulama alanları gözden geçirildi.

Anahtar sözcükler: Koroner anjiyografi/yöntem; koroner arter hastalığı/radyografi; görüntü işleme, bilgisayar destekli; bilgisayarlı tomografi/yöntem.

Koroner arter hastalıkları gelişmiş toplumlarda ölüme neden olan hastalıkların başında gelmektedir.^[1] Koroner arter hastalıklarının değerlendirilmesinde konvansiyonel koroner anjiyografi günümüzde altın standart olarak kabul edilmektedir. Konvansiyonel koroner anjiyografinin en önemli avantajları yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlüğün yanı sıra aynı seansta tedavi edici girişimlerin de uygulanabilir olmasıdır. Ancak, yöntem invazivdir ve nadir olmakla birlikte ciddi ve hatta ölüme yol açabilecek komplikasyonlara neden olabilmektedir (toplam komplikasyon oranı %1.8, mortalite %0.1).^[1,2] Aynı zamanda kateterizasyon hasta için sıkıntılıdır; ön hazırlık, hastanede yatış ve işlem sonrası takip gerektirmektedir. Daha da önemlisi, tanısal amaçla yapılan konvansiyonel koroner anjiyografi incelemelerinin yaklaşık %20-30'unda anlamlı koroner arter darlığı saptanamamaktadır ve yalnızca %30'unda aynı sırada girişimsel tedavi yaklaşımı uygulanabilmektedir.^[3,4] Bu durum, invaziv olma-

Coronary artery disease is the leading cause of death in western societies. The gold standard for the evaluation and diagnosis of coronary artery diseases is conventional angiography. However, its invasive nature and its potential risks for some rare but serious complications make it necessary to develop an alternative non-invasive diagnostic modality. Since the introduction of multidetector-row computed tomography (CT) systems, cardiac examinations have become one of the most popular applications of CT. Despite technical developments in CT, conventional angiography still remains superior with regard to improved temporal and spatial resolution; nonetheless, recent rapid achievements made in CT technology have considerably broadened diagnostic CT applications in coronary artery diseases. This article reviews the clinical applications of CT coronary angiography that have gained rapid and increasing utility in recent years.

Key words: Coronary angiography/methods; coronary artery disease/radiography; image processing, computer-assisted; tomography, X-ray computed/methods.

yan, etkin ve güvenilir alternatif bir tanısal yöntemin gerekliliğini ortaya koymaktadır.^[5]

Çokkesitli bilgisayarlı tomografi (BT) sistemlerinin gelişmesi ile birlikte, kardiyak incelemeler BT'nin en yaygın uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. Ancak, koroner arterlerin BT ile görüntülenmesinde önemli güçlükler vardır. Koroner arterler oldukça ince ve kıvrımlı yapıda olmalarının yanı sıra kalp ve solunum gibi fizyolojik hareketlerden sürekli olarak etkilenmektedirler.^[6,7] Bu nedenle, koroner arterlerin BT'de görüntülenebilmesi için yüksek uzaysal çözünürlük, yüksek zamansal çözünürlük ve kalp siklusu ile uyum gereklidir. Aynı zamanda solunum artefaktlarının en aza indirilebilmesi için çekim süresi mümkün olduğunca kısa olmalıdır.^[8-11]

Çokkesitli BT sistemleri çok hızlı bir teknolojik gelişim göstermektedir. Henüz konvansiyonel anjiyografinin uzaysal ve zamansal çözünürlüğüne ulaşılama-

Geliş tarihi: 8 Şubat 2008 Kabul tarihi: 29 Nisan 2008

Yazışma adresi: Dr. Dilek Öncel, Şifa Hastanesi Radyoloji Bölümü, 35240 Bornova, İzmir.
Tel: 0232 - 446 08 80 e-posta: dilekoncel@hotmail.com

makla birlikte, çok kısa sürede çok önemli mesafeler alınmıştır.^[8] Altmış dört kesitli BT sistemlerinin geliştirilmesi ile birlikte, BT koroner anjiyografinin tanılabilirliği 4 kesitli ve 16 kesitli sistemlere kıyasla belirgin ölçüde artmıştır; buna bağlı olarak yöntemin klinik kullanımını hızla yaygınlaştırmaktadır.^[6-10] Özellikle son olarak geliştirilen çift tüplü BT, artmış zamansal çözünürlüğü sayesinde 64 kesitli BT'de karşılaşılan birçok sorunu çözüme potansiyeline sahiptir.^[12-14] Böylece, kardiyak BT daha geniş bir hasta grubunda daha etkin ve kolay bir şekilde uygulanabilir hale gelmiştir.

Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin en önemli avantajı invaziv olmayışı ve çok hızlı olarak yapılabilmesidir. Üstelik hasta açısından son derece konforludur, hastanede yatış gerektirmemektedir. Ayrıca, damar duvarının değerlendirilebilmesi, kritik darlık olmayan durumlarda damar duvarındaki aterosklerotik değişikliklerin gösterilmesi ve plak karakterizasyonu BT anjiyografinin en önemli üstünlükleridir.^[6-9]

Doğru teknikte elde olunmuş bir BT anjiyografi incelemesi, tanılabilir özellikte görüntüler oluşturmanın önkoşuludur.^[10,11] Solunuma bağlı hareket artefaktlarını engellemek için inceleme süresince hastaya nefes tutturulur. Çekim süresinin kısa olması incelemenin kalitesi açısından önemlidir. Dört kesitli sistemlerde BT anjiyografi incelemeleri yaklaşık 40 sn sürmekte idi. Bu birçok hasta için başarması çok güç bir süre idi. On altı kesit sistemlerde ise süre yaklaşık 20 saniyeye inmiştir. Altmış dört kesitli sistemlerde yaklaşık 10-12 saniyedir.^[5-9] Çift tüplü BT'de ise kalp hızına bağlı olarak 5-7 sn arasında değişmektedir.^[13,14]

İnceleme sırasında hastaya otomatik enjektör ile yüksek hızda intravenöz kontrast madde enjeksiyonu yapılır. Bilgisayarlı tomografi anjiyografide kontrast madde enjeksiyonunu doğru olarak zamanlamak son derece önemlidir.^[10] Yüksek vasküler boyanma için yüksek iyot konsantrasyonlu non-iyonik kontrast madde (350-400 mg iyot/ml) kullanılmaktadır.^[9-11] Altmış dört kesit BT anjiyografi için 5 ml/sn, çift tüplü BT anjiyografi için 6 ml/sn hızla enjeksiyon yapılır. Kontrast madde enjeksiyonu sonrasında ise, kontrast maddenin plato fazını uzatmak ve sağ kalp boşluklarından kontrast maddeyi uzaklaştırmak için serum fizyolojik enjeksiyonu yapılması önerilmektedir.^[9-11] Koroner BT anjiyografinin değişik cihazlara göre teknik parametreleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Kardiyak BT incelemelerinde, incelemenin kalp siklusu ile uyumu için elektrokardiyografi (EKG) tetikleme-kapılama gereklidir. Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi incelemelerinde daima EKG kapılama kullanılır.^[6,8-10] Bu yöntemle inceleme sırasında EKG trasesi kaydedilir. Elde edilen spiral tarama tüm kalp fazlarını içermektedir. Daha sonra, istenen kalp

fazında aksiyal kesitler rekonstrükte edilir.^[6,8-10] En önemli unsurlardan biri hareket artefaktlarının en az olduğu doğru kalp fazını saptamak ve görüntü işleme işlemleri yaparken bu kalp fazını kullanmaktır. Bunun için genellikle, kalbin en az hareketli olduğu diyastolik fazlar kullanılır. Ancak, kalp hızının yüksek olduğu durumlarda sistolik fazlardan da yararlanılabilir.

Kalp hızı kontrolü için, 64 kesitli ve daha önceki sistemlerde incelemelerden önce 5-15 mg intravenöz beta-bloker kullanılabilir.^[8,9] Beta-bloker kullanılmasının kontrendikasyonları kronik obstrüktif akciğer hastalığı, astım, AV blok ve hipotansiyondur (sistolik kan basıncı <100 mmHg). Oral beta-bloker tercih edilirse incelemelerden bir gün önce ve incelemelerden 30-60 dakika önce olmak üzere 50-100 mg metoprolol tartrate tablet şeklinde verilebilir.^[8,9]

Koroner damarları genişleterek daha iyi görüntülenmesini sağlamak için veya stenozu taklit edebilecek koroner arter spazmını engellemek için incelemelerden hemen önce nitrogliserin kullanılmalıdır.^[8,9] Dilatı 0.4 mgr'lık nitrogliserin tabletleri veya dilatı sprey şeklinde nitrogliserin kullanılabilir. Kontrendikasyonları hipotansiyon, erken miyokard enfarktüsü, ciddi anemi, atılmış intrakraniyal basınç ve nitrogliserine karşı aşırı duyarlılık şeklindedir.

Koroner arterlerin değerlendirilmesinde orijinal aksiyal kesitler, multiplanar reformat (MPR), kavisi MPR, maksimum intensite projeksiyon (MIP) ve üçboyutlu hacim görüntüleri kullanılmaktadır.^[10,11] Koroner arterlerin analizi sistematik biçimde ve tecrübeli bir hekim tarafından yapılmalıdır.

Bilgisayarlı tomografi anjiyografi uygulamalarından yarar görebilecek hastalar birkaç geniş başlık altında toplanabilir.

1- Koroner BT anjiyografi en sık olarak koroner arter darlıklarının dışlanması amacıyla yapılmaktadır.

- Semptomu olmayan, ancak koroner arter hastalığı açısından orta risk grubundaki hastalar koroner arter hastalığının dışlanması amacıyla koroner BT anjiyografinin en sık kullanıldığı hasta grubudur.^[8]

- Framingham parametrelerine göre düşük ya da orta risk grubuna dahil, atipik göğüs ağrısı yakınması olan hastalarda yüksek negatif prediktif değeri nedeniyle BT anjiyografi çok yararlıdır. Normal bir BT anjiyografi (negatif kalsiyum skoru ile birlikte) invaziv anjiyografi gerekliliğini ortadan kaldırabilir.^[8,15]

- BT anjiyografi, koroner dışı cerrahi öncesi koroner damar hastalığını dışlamak için kullanılabilir. Bu grup hastalarda BT anjiyografi uygulanmasını ACC (American Collage of Cardiology) ve AHA (American Heart Association) önermektedir.^[15]

Tablo 1. Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi protokolleri

	Tüp dönüş zamanı (msn)	Zamansal çözünürlük (msn)	Kesit kollimasyonu (mm)	İnceleme süresi (sn)	Kalp hızı	Kontrast madde miktarı (ml)
4-kesit	500	250	1	40	<60/dk	180
16-kesit	420-375	210-185	0.75	20	<70/dk	120
64-kesit	330	165	0.6	10-12	<70/dk	90
Çift tüplü	330	83	0.6	5-7	*	60

*Çift tüplü bilgisayarlı tomografi anjiyografi için kalp hızı kontrolü gerekli değildir.

- Konvansiyonel anjiyografinin riskli veya yetersiz olduğu durumlarda alternatif olarak BT koroner anjiyografi kullanılabilir.

2- Koroner BT anjiyografi, daha önce koroner stent veya bypass uygulanmış, stenoz veya oklüzyon kuşkusu bulunan, ancak bu olasılığın düşük olduğu hastalarda kullanılabilir. Özellikle konvansiyonel anjiyografi ile bypass greftin gösterilememesi durumunda yararlı olabilir.^[8]

3- Koroner BT anjiyografi koroner arter anomalilerinin görüntülenmesinde son derece yararlıdır ve konvansiyonel anjiyografiye göre avantajları vardır.^[8]

- Kawasaki hastalığında koroner anevrizma varlığını araştırmak için kullanılabilir.

- Çocuklarda ve gençlerde koroner arter anomalisi kuşkusu durumunda ilk tercih olabilir.

4- Koroner BT anjiyografi invaziv anjiyografi bulgularını netleştirmek için veya perkütan girişime rehberlik yapmak amacıyla kullanılabilir.

5- Aritmi tedavisi amacıyla ablasyon tedavisi uygulanacak hastalarda venöz anatomiyi değerlendirmede BT anjiyografi kullanılabilir.^[8]

6- Arkus aorta anomalileri, aort koarktasyonu ve diğer doğuştan kalp hastalıklarının tanısında, tedavi planlamasında, tedavi sonrası kontrollerinde kullanılabilir. Ayrıca, bu hastalarda konvansiyonel anjiyografi öncesinde anatomik oryantasyon sağlaması açısından da son derece yararlı olabilir.

7- Koroner BT anjiyografi koroner ateroskleroz yükünün ortaya konması ve plak karakterizasyonu açısından da önemli bilgiler sağlayabilir.

KORONER ARTER ANOMALİLERİ

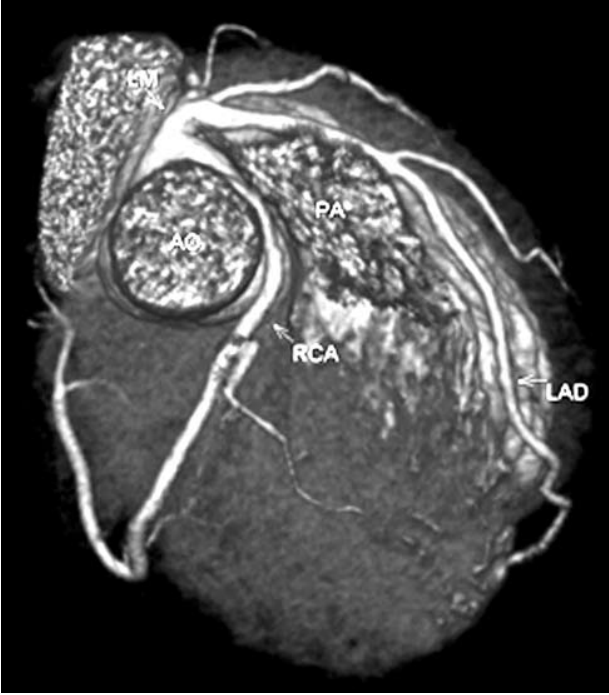
Koroner arter anomalileri genel bir terim olup, pek çok farklı anomali tipini içermektedir.^[16,17] Koroner arter anomalileri benign olabileceği gibi, yaşamı tehdit eder ciddiyette de olabilir.^[16,17] Koroner arter anomalilerinin görülme sıklığı %0.85'tir ve genç erişkinlerde ani ölüme neden olabilir.^[18,19] Sporcularda görülen ani kardiyak ölümlerin %12'sinden ve diğer ani ölümlerin ise %1.2'sinden koroner arter anomalilerinin sorumlu olduğu düşün-

nülmektedir.^[18,19] Koroner anomali görülme oranı koroner arter darlığı kuşkusu ile yapılan konvansiyonel koroner anjiyografilerde %1 olarak bildirilmektedir.^[16,17,19]

En sık görülen anomali sol sirkumfleks arterin sağ koroner arterden veya sağ koroner sinüsten çıkmasıdır (Şekil 1).^[16-20] Çoğunlukla da sol sirkumfleks arter retro-aortik seyir göstererek sol atriyoventriküler oluğa gelir. Bu durumda sol sirkumfleks arter, aort ile pulmoner arter arasında sıkışmayacağından, bu benign bir türdür. Daha sonra sol sirkumfleks arter ve sol ön inen arterin sol sinüs Valsalvadan ayrı ayrı çıkmaları görülür.^[16-20] Klinik olarak anlamlı olan bir anomali, sağ koroner arterin sol koroner sinüsten çıkıp, aort ile pulmoner arter arasından sağa geçmesidir. Bu durumda özellikle egzersiz sırasında sağ koroner artere bası izlenebilir (Şekil 2).^[16-20] Diğer anomaliler, sol ön inen arter veya sol ana koroner arterin sağ koroner sinüsten çıkması, sol sirkumfleks arterin sol ön inen arterden çıkması, sol ana koroner arterin pulmoner arterden çıkması^[16-20] ve koroner arterler ile kardiyak boşluklar veya diğer vasküler yapılar arasındaki fistüllerdir.^[16-20] Miyokard köprüleri, ana koroner arterlerin kısa bir segmentinin epikardial alanda değil de miyokardın içinde seyrettiği anatomi-



Şekil 1. Üçboyutlu hacim görüntüsü. Sol sirkumfleks arter sağ koroner arterden çıkış göstermektedir.



Şekil 2. Kırk beş yaşında spesifik olmayan göğüs ağrısı şikayeti ile incelenen hastada sağ koroner arter soldan çıkış göstermekte ve aort ile pulmoner arter arasından sağa geçmektedir (interarteryel seyir). Üçboyutlu hacim görüntüsü. AO: Aort; PA: Pulmoner arter; RCA: Sağ koroner arter; LAD: Sol ön inen arter.

mik varyasyonlardır.^[16-20] Çoğunlukla tesadüfen saptanmakta olup, genellikle klinik bulgu vermemektedirler. Özellikle MPR (Multiplanar reconstruction) görüntülerde net olarak görüntülenebilirler. Bu olgularda sistolik ve diyastolik faz görüntülerin birlikte değerlendirilmesi önemlidir. Sistolde miyokard içinde seyreden segmentte izlenebilecek nispi daralma diyastolde kaybolur.

Koroner arter anomalilerinin gösterilmesinde BT anjiyografi konvansiyonel anjiyografiye kıyasla önemli avantajlara sahiptir.^[20,21] Konvansiyonel anjiyografide selektif kateterizasyon yapıldığından, anormal koroner arter çıkışının saptanması güçtür. Ayrıca, anormal damarın seyrinin ve pulmoner arter-aort ilişkisinin belirlenmesi mümkün değildir. Bilgisayarlı tomografi anjiyografi ise üçboyutlu görüntüleme özelliği sayesinde koroner arter anomalilerini kolaylıkla saptayabilmekte ve anatomik ilişkilerini ortaya koyabilmektedir.^[20,21] Bu açıdan alışılmış “altın standart” tanımının değişmesi gereklidir.

KORONER ARTER DARLIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin en önemli kullanım amaçlarından biri koroner arter darlıklarının dışlanmasıdır. Bu, özellikle gereksiz konvansiyonel anjiyografi uygulamalarını azaltmak konusunda

çok önemlidir. Klinik olarak koroner arter hastalığı tanısının net olarak konamadığı durumlarda BT anjiyografi öncelikle tercih edilebilir. Ayrıca, BT anjiyografi ile koroner arter darlığının gösterilmesi durumunda, konvansiyonel anjiyografi tanısal olmaktan çok tedavi amaçlı planlanabilir ve aynı seansta stent-balon uygulamaları ile revaskülarizasyon yapılabilir.

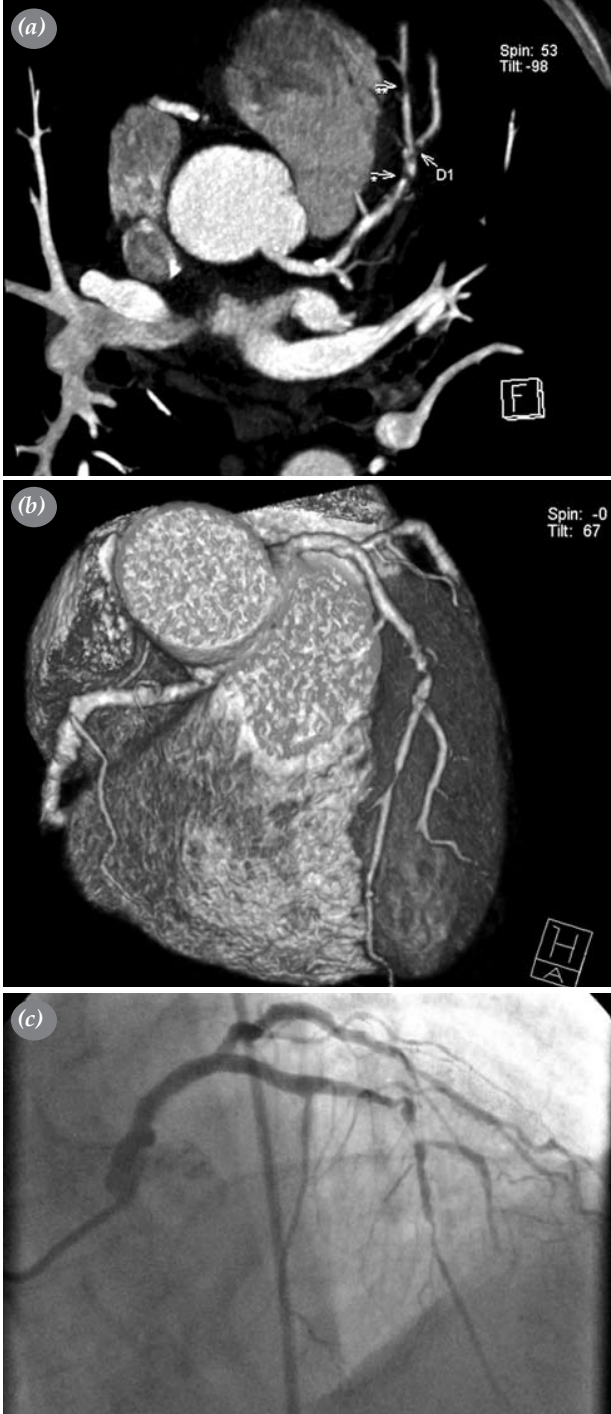
Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin konvansiyonel anjiyografiye kıyasla en önemli avantajları, uygulama kolaylığı, ön hazırlık, takip ve hastanede yatış gerektirmemesi, hasta açısından son derece konforlu oluşu ve en önemlisi, invaziv nitelikte olmaması nedeniyle ciddi komplikasyon riski taşımamasıdır.

Göğüs ağrısı sendromu nedeniyle incelenen (egzersiz testi, perfüzyon sintigrafisi veya stres ekokardiyogram ile), ancak inceleme sonuçları karar verdirici olmayan durumlarda BT koroner anjiyografi koroner darlık değerlendirmesi amacıyla konvansiyonel anjiyografiden önce tercih edilebilir.^[7-9,15] Benzer şekilde, EKG bulgularının yorum yapmaya uygun olmadığı ve hastanın egzersiz testi yapamadığı durumlarda kullanılabilir. Ayrıca, akut göğüs ağrısı olan ve koroner arter hastalığı açısından orta risk grubu hastalarda EKG bulguları veya enzim testleri negatif ise BT anjiyografi yararlı olabilir.^[7-9] Bilgisayarlı tomografi anjiyografinin negatif prediktif değeri pek çok klinik çalışmada %99'a yakın oranlarda bildirilmektedir. Bu nedenle, bu grup hastalarda BT anjiyografi ile anlamlı koroner arter darlığı olmadığı gösterilirse, konvansiyonel anjiyografi gerekliliği ortadan kalkabilir.^[8,15]

Darlık değerlendirmesi yapılırken aterosklerotik lezyonun özellikleri belirlenmelidir. Aterosklerotik plaklar kalsifik/non-kalsifik olarak sınıflandırılır.^[22-24] Kalsifik plaklar ise boyutlarına göre hafif, orta veya yoğun olarak sınıflanabilir.^[22-24] Non-kalsifik lezyonlarda, lezyonun konsantrik veya ekzantrik oluşu, değerlendirilebiliyorsa yağlı/fibrotik yapıda olduğu belirtilmelidir.

Darlık derecelendirmesi için, orijinal aksiyal görüntüleme ek olarak, çeşitli görüntü işleme yöntemlerinden yararlanılmalıdır. Özellikle MIP ve MPR en sık kullanılan ve kullanımı kolay uygulamalardır.^[10,11] Ayrıca, ileri görüntüleme ve analiz için özel programlar kullanılabilir. Darlık derecelendirmesinde, lezyonun uzun eksen görüntüleri yanı sıra damar trasesine dik transaksial görüntülerden de yararlanılmalıdır. Üçboyutlu hacim görüntülerde lezyon derecelendirme güvenilir sonuçlar vermemekle birlikte, anatomik oryantasyon sağlayabilir (Şekil 3).^[8,10,11]

Derecelendirme için yüzde hesaplamalarından çok hafif (<%50), orta (%50-70) ve yüksek (%70-99) şeklinde bir sınıflama yapılması önerilmektedir.^[9,10,24] Yeni geliştirilen yazılımlarla darlıkların işaretlenme-



Şekil 3. Spesifik olmayan göğüs ağrısı nedeniyle incelenen 52 yaşındaki erkek hastada sol ön inen arterdeki birinci diyagonal (D1) dallanma öncesinde (segment 6) ve sonrasında (segment 7) yüksek dereceli darlıklar izlenmektedir. Ayrıca, D1 arter orifisinde de anlamlı darlık vardır. (a) Aksiyal maksimum intensite projeksiyon görüntüde sol ön inen arterdeki ve D1 başlangıcındaki darlıklar izlenmektedir (oklar). (b) Üçboyutlu hacim görüntüde sol ön inen arterdeki darlıklar izlenmektedir. Bu planda D1 arter başlangıcı izlenememektedir. (c) Sağ ön oblik konvansiyonel anjiyografi görünüşünde sol ön inen arterdeki ve D1'deki darlıklar izlenmektedir.

si ardından darlık yüzdesi otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Ancak, BT anjiyografi ile yapılan yüzde değerlendirmelerinin konvansiyonel anjiyografideki değerlerle bire bir uyumlu olmayabileceği akılda tutulmalıdır.^[24] Ancak, klinik yaklaşım açısından darlığın yüzdelik değerinden çok hemodinamik açıdan anlamlı olup olmadığı önemlidir.

Özellikle retrograd akım varlığında, oklüzyonların yüksek dereceli darlıklardan ayırımında güçlükler yaşanabilir.^[20,25,26] Oklüzyon/yüksek dereceli darlık ayırımı için en önemli ölçüt lezyon uzunluğudur.^[20,25,26] Oklüzyon/yüksek dereceli darlık ayırımı perkütan tedavi yaklaşımı için önemlidir.^[26,27] Ayrıca, oklüzyonun niteliği de yine işlem stratejisi açısından önem taşımaktadır. Çok uzun segment oklüzyonlarda ve yoğun kalsifik lezyonlarda perkütan girişim başarısız olabilir.^[27] Ayrıca, oklüzyon distalindeki koroner lümenin değerlendirilmesi bypass ameliyatları için de yönlendirici olabilir.^[20,26,27]

Koroner arter darlıklarının değerlendirilmesinde BT anjiyografinin tanısal etkinliği teknolojik gelişimlere paralel olarak giderek artmakta ve tüm koroner ağacın görüntülenebilmesi mümkün olmaktadır. Literatürde bu konuda yapılmış çok sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Bu gelişim süreci Tablo 2'de özetlenmiştir.^[24,25,28-41] Uzaysal ve zamansal çözünürlüğün artmasıyla BT anjiyografinin şu andaki kısıtlamalarının aşılabileceği ve yakın gelecekte tanısal konvansiyonel anjiyografinin alternatifi olarak yaygınlaşabileceği düşünülmektedir.^[24]

KORONER STENTLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Koroner arter stent uygulamaları günümüzde en sık başvuru cerrahi dışı koroner revaskülarizasyon yöntemidir.^[42] Stent içi restenoz oranı, uygulama tekniğindeki ve stent teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak düşmekle birlikte, rutin klinik uygulamalarda genel olarak %10-30 oranında izlenmektedir.^[43,44] Sade metal stentlerde ilk altı ayda izlenen stent içi restenoz en önemli klinik sorundur.^[43,44] İlaç salınımlı stentlerde ise intimal hiperplaziye bağlı restenoz daha seyrek izlenmekle birlikte, geç stent trombozu görülebilir.^[43,44] Bu durum çok büyük bir hasta topluluğunun takibini gerekli kılmaktadır.

Stent açıklığı ve stent içi restenoz değerlendirilmesinde rutin olarak konvansiyonel koroner anjiyografi kullanılmaktadır.^[44] Ancak, güvenilir ve invaziv olmayan bir tanı yöntemi geliştirilmesi klinik uygulamalar açısından çok önemli ve değerlidir.

Koroner stent açıklığı ve stent içi restenoz değerlendirilmesi BT anjiyografinin en ilgi çekici uygulamaları

Tablo 2. 16-kesit, 64-kesit ve çift tüplü bilgisayarlı tomografi anjiyografinin koroner arter darlıklarını saptamada etkinliği

	Sayı	Dönüş zamanı (ms)	Kollimasyon (Yüzde)	Duyarlılık (Yüzde)	Özgüllük (Yüzde)	NPD (Yüzde)	Değerlendirme dışı (Yüzde)	
16-kesit								
Garcia ve ark. ^[28]	187	420	16x0.75	85	91	99	29	Segment bağımlı, segment >2 mm
Hoffmann ve ark. ^[29]	103	420	16x0.75	95	98	99	6	Segment bağımlı, segment >1.5 mm
Mollet ve ark. ^[30]	128	420	12x0.75	92	95	98	0	Segment bağımlı, segment >2 mm
Mollet ve ark. ^[31]	51	375	16x0.75	95	98	99	0	Segment bağımlı, segment >2 mm
Kuettner ve ark. ^[32]	124	375	16x0.75	85	98	96	7	Segment bağımlı, tüm segmentler
Achenbach ve ark. ^[33]	50	375	16x0.75	94	96	99	4	Segment bağımlı, segment >1.5 mm
64-kesit								
Leschka ve ark. ^[34]	53	370	64x0.6	94	97	99	0	Segment bağımlı, tüm segmentler
Raff ve ark. ^[35]	70	330	64x0.6	86	95	98	12	Segment bağımlı, tüm segmentler
Leber ve ark. ^[25]	59	330	64x0.6	73	97	99	0	Segment bağımlı, tüm segmentler
Mollet ve ark. ^[36]	52	330	64x0.6	99	95	99	2	Segment bağımlı, tüm segmentler
Nikolaou ve ark. ^[37]	72	330	64x0.6	86	95	97	10	Segment bağımlı, tüm segmentler
Öncel ve ark. ^[24]	80	330	64x0.6	96	98	99	0	Segment bağımlı, tüm segmentler
Çift tüplü								
Scheffel ve ark. ^[38]	30	330	64x0.6	97	98	99	0	Segment bağımlı, segment >1.5 mm
Leber ve ark. ^[39]	90	330	64x0.6					
	46			92	88	99	0	Hastaya göre, kalp hızı >65
	44			100	91	99	0	Hastaya göre, kalp hızı <65
Johnson ve ark. ^[40]	35	330	64x0.6	100	89	100	0	Hastaya göre, tüm kalp hızları
				88	98	99	2	Segment bağımlı, tüm segmentler
Öncel ve ark. ^[41]	80	330	64x0.6					
	34			96	97	99	0	Segment bağımlı, kalp hızı <70
	46			95	96	99	0	Segment bağımlı, kalp hızı >70

arasındadır.^[8,15,45] Ancak, BT anjiyografi ile stent görüntülenmesinde, stentlerden kaynaklanan yüksek dansite artefaktlarına bağlı önemli sorunlar vardır.^[20,46-49]

Parsiyel hacim ve ışın sertleşmesi artefaktları nedeniyle stent lümeninin BT dansite değerleri artar ve stent gövdesinin boyutu yapay olarak genişler. Buna bağlı olarak stent lümeninde yapay daralma oluşur.^[46-49] Bu durum özellikle restenoz değerlendirmesini güçleştirmektedir. Stentin yapıldığı materyal, gövde kalınlığı, boyutu ve şekli stent lümeninin değerlendirilebilir olmasında oldukça belirleyicidir.^[46-49] Bunun yanı sıra incelemenin yapıldığı BT cihazının teknolojik özellikleri de (uzaysal çözünürlük, zamansal çözünürlük, rekonstrüksiyon filtresi) son derece önemlidir.^[48]

Genel olarak, stent çapının 3 mm altında ve gövde kalınlığının 140 µm'nin üstünde olduğu durumlarda stent içi değerlendirme güçleşmektedir.^[48-51] Ayrıca, altın içerikli stentlerde metal artefaktları daha belirgindir. Çelik ve kobalt içerikli stentlerde ise metalik artefaktlar nispeten daha az izlenmektedir.^[46-49] Duvar kalsifikasyonları ve hareket artefaktları da stent içi değerlendirmeyi güçleştirmektedir.^[48]

Stent incelemelerinde stente bağlı artefaktları azaltmak amacıyla rekonstrüksiyonda BT anjiyografi için kullanılan standart filtreler yerine (örn: B20f-B30f) yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip kenar keskinleştirici filtre kullanılmalıdır (örn: B46f). Bu

durumda görüntü gürültüsü de artmasına karşın, uzaysal çözünürlüğün artması tanısal anlamda önemli katkı sağlamaktadır.^[48,52,53]

Stentlerin değendirilmesinde, orijinal aksiyal imajlara ek olarak, damar trasesine paralel ve dik MPR görüntüleri kullanılır. Böylece, stentler hem uzun hem de kısa ekseninde değerlendirilir. Lümen trasesine dik kısa eksen görüntüleri özellikle stenoz derecesini değerlendirmede yararlıdır. Maksimum intensite projeksiyon ve üçboyutlu hacim görüntüleri tanısal olarak kullanılmaz.^[48,49]

Değerlendirme yapılırken, stent içi lümeninde referans damara eş dansitede homojen kontrastlanma izlendiğinde stent açık olarak belirtilmektedir (Şekil 4). Stent lümeninde düşük dansiteli dolmuş defektlerinin izlendiği, ancak lümen açıklığının %50'den fazla korunduğu durumlarda neointimal hiperplaziden bahsedilmektedir. Lümen açıklığının %50'den fazla daralması stent içi restenoz şeklinde tanımlanmaktadır. Stent lümeninin tümüyle düşük dansitede izlenmesi ise oklüzyon ile uyumludur.^[48,49,54,55]

Özet olarak, BT koroner anjiyografinin stent açıklığı ve stent içi restenoz değerlendirmesindeki tanısal doğruluğu stentin yapısı ile BT cihazının teknik özelliklerine bağlıdır. Bilgisayarlı tomografi teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, BT anjiyografinin de etkinliği artmaktadır. Bu gelişim süreci Tablo 3'de özetlenmiştir.^[49,54-61] Günümüzde stent uygulama



Şekil 4. Stent içi lümeninde referans damara eş dansitede homojen kontrastlanma izlendiğinde stent açık olarak tanımlanmaktadır. (a) Kavisi multiplanar reformat görüntüde sol sirkumfleks arter orta segmentinde izlenen stent açıktır. Stent lümeni homojen yüksek dansitede izlenmektedir. (b) Sağ ön oblik konvansiyonel anjiyografi görüntüsünde stentin açık olduğu izlenmektedir.

malarının giderek daha çok sayıda hastayı kapsamaması özellikle takipteki hasta sayısını belirgin ölçüde artırmaktadır. Teknolojik gelişmelerin sürmesiyle stent değerlendirmede bugün için yaşanan kısıtlılıkların azalacağı düşünülmektedir. Bu anlayışla çokkesitli BT anjiyografi, stent değerlendirmesinde, özellikle takip incelemelerinde konvansiyonel anjiyografinin alternatifi olarak kullanılabilir ve gereksiz invaziv uygulamaları engelleyebilir.

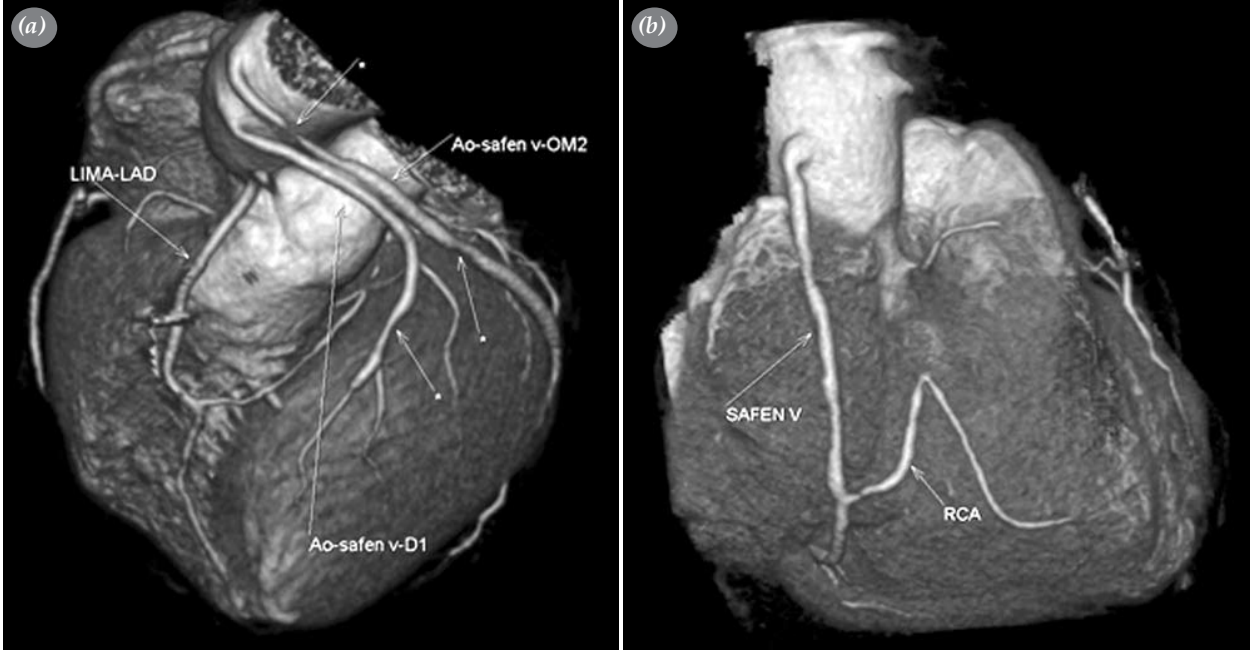
KORONER BYPASS GREFTLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Koroner arter bypass greft cerrahisi, ilerlemiş koroner arter hastalığı tedavisinde standart olarak kullanılan tedavi şeklidir.^[62-64] Miyokardiyal revaskülarizasyon sonrası uzun dönem klinik sonuçlar bypass greft açıklığına bağlıdır. Bypass greftlerin yaklaşık %10'unda ameliyat sonrası dönemde oklüzyon gelişir. Hastaların

Tablo 3. 16-kesit, 64-kesit ve çift tüplü bilgisayarlı tomografi anjiyografinin koroner stentlerin değerlendirilmesindeki etkinliği

	Sayı (mm)	Kollimasyon (mm)	Değerlendirme dışı (Yüzde)	Duyarlılık (Yüzde)	Özgüllük (Yüzde)	
16-kesit						
Cademartiri ve ark. ^[56]	74	16x0.75	8	83	99	
Schuijff ve ark. ^[57]	65	16x0.75	23	98	99	
Gilard ve ark. ^[58]	232	16x0.75	49	54	100	Stent <3 mm
			18	86	199	Stent >3 mm
64-kesit						
Van Mieghem ve ark. (16+64) ^[59]	74	16x0.75 / 64x0.6	5	100	91	LM stentleri (>4 mm)
Cademartiri ve ark. ^[55]	192	64x0.6	7	95	93	
Rixe ve ark. ^[54]	102	64x0.6	42	86	98	
Öncel ve ark. ^[49]	39	64x0.6	0	89	95	
Çift tüplü						
Pugliese ve ark. ^[60]	178	64x0.6	0.5	94	92	Tüm stentler
	78		0	100	100	Stent ≥3.5 mm
	59		0	100	97	Stent =3 mm
	41		22	84	64	Stent ≤2.75 mm
Öncel ve ark. ^[61]	48	64x0.6	0	100	94	

LM: Sol ana koroner arter.



Şekil 5. Beş yıl önce dört damar bypass greft ameliyatı geçiren 64 yaşındaki erkek hasta eforla artan göğüs ağrısı şikayetiyle başvurmuş ve greft açıklığı değerlendirilmesi amacıyla bilgisayarlı tomografi anjiyografi incelemesi yapılmıştır. Sol ön inen artere sol internal mamaryan arter; 1. diyagonal (D1), 2. obtüs media (OM2) ve sağ koroner artere safen ven greftleri uygulanmıştır ve greftler açıktır. Ancak Ao-safen ven-OM2 greftinde proksimalde yüksek dereceli, orta segmentte orta dereceli darlık izlenmektedir. Benzer şekilde Ao-safen ven-D1 greftinin distal kesiminde de hafif dereceli darlık vardır. Aort-safen ven-RCA greftinde de aterosklerotik kontur düzensizlikleri izlenmektedir. LİMA-LAD grefti normaldir. (a) Üçboyutlu hacim görüntüde LAD-LİMA, Ao-safen ven-D1 ve Ao-safen ven-OM2 greftleri izlenmektedir. Aort-safen ven-OM2 greftinde proksimalde yüksek dereceli, orta segmentte orta dereceli darlık, Ao-safen ven-D1 greftinin distal kesiminde de hafif dereceli darlık dikkat çekmektedir. (b) Üçboyutlu hacim görüntüde sağ koroner artere uygulanan greft açık olmakla birlikte konturları düzensizdir. Ao: Aort; LAD: Sol ön inen arter; LİMA: Sol internal mamaryan arter; RCA: Sağ koroner arter.

yaklaşık %40'ında ilk altı yıl içinde semptomlar yineler. Greftlerin %25'inde cerrahi sonrası beş yıllık takip süresinde oklüzyon saptanır. On yıl sonrasında, oklüzyon oranları arteryel greftler için %17, venöz greftler için %59 olarak bildirilmiştir.^[62-64] Bu nedenle, bypass greft cerrahisi sonrası hastaların takibi gerekir.

Bypass greft değerlendirilmesinde standart olarak konvansiyonel koroner anjiyografi kullanılmaktadır.^[2]

Ancak güvenilir ve invaziv olmayan bir tanı yöntemi algoritm açısından son derece önemlidir.

Bypass greft değerlendirmesinde BT 1980'lerin başından beri kullanılmaktadır.^[65,66] Geniş çapları, kalsifikasyonun daha nadir görülmesi ve nispeten hareketsiz olmaları nedeniyle bypass greftler BT ile koroner arterlere kıyasla daha kolay görüntülenebilir yapılarıdır.^[8,20] Özellikle venöz greftler net olarak görüntülenebilmek-

Tablo 4. 16-kesit ve 64-kesit bilgisayarlı tomografi anjiyografinin koroner bypass greft değerlendirmesindeki etkinliği

	Sayı	Greft oklüzyonu			Greft darlığı		
		Değerlendirme dışı (%)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	Değerlendirme dışı (%)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)
16-kesit							
Chiurlia ve ark. ^[72]	51	–	100	100	–	96	100
Schlosser ve ark. ^[73]	51	12	100	100	12	90	100
Martuscelli ve ark. ^[74]	96	9-12	100	100	9-12	90	100
Moore ve ark. ^[75]	50	–	100	100	–	100	99
64-kesit							
Pache ve ark. ^[69]	31	3	100	100	3	98	98
Malagutti ve ark. ^[68]	52	–	100	100	–	99	96
Ropers ve ark. ^[70]	50	–	100	100	–	100	94
Öncel ve ark. ^[71]	42	–	100	100	–	90	99

tedir. Daha ince kalibrasyonları ve metal klipslerin yol açtığı artefaktlar nedeniyle arteriyel greftlerin görüntülenmesinde ise özellikle 4 ve 16 kesitli sistemlerde bazı sorunlar yaşanabilir.^[8,67] Ayrıca, bypass sonrası BT koroner anjiyografi ile greftlerin yanı sıra nativ koroner arterlerin de güvenilir biçimde değerlendirilmesi gereklidir. Nativ koroner arterler ince kalibrasyonları ve sıklıkla yoğun kalsifik yapıları nedeniyle, yine özellikle 4 ve 16 kesitli sistemlerde değerlendirme güçlüğü yaratmaktadır.^[68-70] Ancak, 64 kesitli sistemlerin yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte arteriyel greftlerin ve nativ koroner arterlerin değerlendirilmesi ile ilgili bu kısıtlamalar belirgin oranda azalmıştır.^[70,71]

Değerlendirmede üçboyutlu hacim görüntüleri ve kavisli MPR-MIP uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır.^[71] Üçboyutlu rekonstrüksiyonlar vasküler anatominin değerlendirilmesi, üçboyutlu oryantasyon sağlaması ve greftlerin bütün olarak görüntülenmesi açısından son derece yararlıdır (Şekil 5). Kavisli MPR-MIP görüntüler bypass greftin ve anastomoz hattının aynı planda gösterilmesini sağlar.^[71]

Özet olarak, hızlı teknolojik gelişmelere paralel olarak BT anjiyografinin koroner bypass greftlerinin değerlendirilmesindeki etkinliği giderek artmaktadır. Son yıllardaki yayınlarda greft açıklığı, stenoza ve anastomoz hattı değerlendirmesinde %100'e yaklaşan doğruluk oranları bildirilmektedir.^[68-71] Bu gelişim süreci Tablo 4'de özetlenmiştir.^[68-75] Yüksek tanısal etkinliği nedeniyle çokkesitli BT anjiyografi bypass greft değerlendirmesinde konvansiyonel anjiyografiye alternatif bir tani yöntemi olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak, teknolojideki hızlı ve çarpıcı gelişmelere paralel olarak, çokdetektörlü BT sistemlerinin özellikle koroner arter görüntülenmesindeki tanısal etkinliği giderek artmakta ve klinik kullanımı yaygınlaşmaktadır. En önemli avantajı olan invaziv olmama niteliği ile BT koroner anjiyografi tanısal algoritmde konvansiyonel anjiyografinin tamamlayıcısı ve alternatifi olarak yerini giderek sağlamlaştırmaktadır. Bu durum, risk faktörlerini kontrol etmeye yönelik tüm gayretlere rağmen, hala tüm dünyada ölüme neden olan hastalıkların başında gelen koroner arter hastalıklarının tanısında ve takibinde gelecekte BT'nin daha çok rol oynayacağını düşündürmektedir. Teknolojik gelişmelerin sürmesi ve yöntemin klinik etkinliğinin geniş çalışmalarla gösterilmesi koşuluyla, tanısal koroner anjiyografinin büyük oranda BT ile yapılabileceği ve konvansiyonel anjiyografinin tanısal amaçla değil daha çok girişimsel tedavi amacıyla uygulanacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, Carabello B, Dehmer GJ, Eagle KA, et al. ACC/AHA guidelines for coronary angiography.

1. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography). Developed in collaboration with the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1756-824.
2. Bashore TM, Bates ER, Berger PB, Clark DA, Cusma JT, Dehmer GJ, et al. American College of Cardiology/Society for Cardiac Angiography and Interventions Clinical Expert Consensus Document on cardiac catheterization laboratory standards. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:2170-214.
3. Johnson LW, Lozner EC, Johnson S, Krone R, Pichard AD, Vetrovec GW, et al. Coronary arteriography 1984-1987: a report of the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. I. Results and complications. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1989;17:5-10.
4. American Heart Association. 2002 heart and stroke statistical update. Dallas, Tex: American Heart Association; 2001.
5. Budoff MJ, Achenbach S, Duerinckx A. Clinical utility of computed tomography and magnetic resonance techniques for noninvasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42:1867-78.
6. Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, Yucl EK. CT of coronary artery disease. *Radiology* 2004;232:18-37.
7. Schoenhagen P, Halliburton SS, Stillman AE, Kuzmiak SA, Nissen SE, Tuzcu EM, et al. Noninvasive imaging of coronary arteries: current and future role of multi-detector row CT. *Radiology* 2004;232:7-17.
8. Achenbach S. Cardiac CT: state of the art for the detection of coronary arterial stenosis. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2007;1:3-20.
9. Schoepf UJ, Zwerner PL, Savino G, Herzog C, Kerl JM, Costello P. Coronary CT angiography. *Radiology* 2007;244: 48-63.
10. Lawler LP, Pannu HK, Fishman EK. MDCT evaluation of the coronary arteries, 2004: how we do it-data acquisition, postprocessing, display, and interpretation. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184:1402-12.
11. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy. *Radiographics* 2003;23 Spec No:S111-25.
12. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Süß C, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol* 2006;16:256-68.
13. Achenbach S, Ropers D, Kuettner A, Flohr T, Ohnesorge B, Bruder H, et al. Contrast-enhanced coronary artery visualization by dual-source computed tomography-initial experience. *Eur J Radiol* 2006;57:331-5.
14. Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, Leber AW, von Ziegler F, Rist C, et al. Dual-source CT cardiac imaging: initial experience. *Eur Radiol* 2006;16:1409-15.
15. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS, Carr JJ, Goldin JG, Greenland P, et al. Assessment of coronary artery disease by cardiac computed tomography: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging, Council

- on Clinical Cardiology. *Circulation* 2006;114:1761-91.
16. Angelini P. Coronary artery anomalies-current clinical issues: definitions, classification, incidence, clinical relevance, and treatment guidelines. *Tex Heart Inst J* 2002;29:271-8.
 17. Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation* 2002;105:2449-54.
 18. Pelliccia A. Congenital coronary artery anomalies in young patients: new perspectives for timely identification. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:598-600.
 19. Engel HJ, Torres C, Page HL Jr. Major variations in anatomical origin of the coronary arteries: angiographic observations in 4,250 patients without associated congenital heart disease. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1975;1:157-69.
 20. Okur A, Kantarcı M, editörler. MBDT Koroner anjiyografi. Erzurum: Aktif Yayınevi; 2007.
 21. Datta J, White CS, Gilkeson RC, Meyer CA, Kansal S, Jani ML, et al. Anomalous coronary arteries in adults: depiction at multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2005;235:812-8.
 22. Leber AW, Knez A, Becker A, Becker C, von Ziegler F, Nikolaou K, et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques: a comparative study with intracoronary ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1241-7.
 23. Leber AW, Becker A, Knez A, von Ziegler F, Sirol M, Nikolaou K, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: a comparative study using intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:672-7.
 24. Öncel D, Öncel G, Taştan A, Tamcı B. Detection of significant coronary artery stenosis with 64-section MDCT angiography. *Eur J Radiol* 2007;62:394-405.
 25. 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.
 26. Mollet NR, Hoyer A, Lemos PA, Cademartiri F, Sianos G, McFadden EP, et al. Value of preprocedure multislice computed tomographic coronary angiography to predict the outcome of percutaneous recanalization of chronic total occlusions. *Am J Cardiol* 2005;95:240-3.
 27. Olivari Z, Rubartelli P, Piscione F, Etori F, Fontanelli A, Salemme L, et al. Immediate results and one-year clinical outcome after percutaneous coronary interventions in chronic total occlusions: data from a multicenter, prospective, observational study (TOAST-GISE). *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1672-8.
 28. Garcia MJ, Lessick J, Hoffmann MH; CATSCAN Study Investigators. Accuracy of 16-row multidetector computed tomography for the assessment of coronary artery stenosis. *JAMA* 2006;296:403-11.
 29. Hoffmann MH, Shi H, Schmid FT, Gelman H, Brambs HJ, Aschoff AJ. Noninvasive coronary imaging with MDCT in comparison to invasive conventional coronary angiography: a fast-developing technology. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:601-8.
 30. Mollet NR, Cademartiri F, Nieman K, Saia F, Lemos PA, McFadden EP, et al. Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2265-70.
 31. Mollet NR, Cademartiri F, Krestin GP, McFadden EP, Arampatzis CA, Serruys PW, et al. Improved diagnostic accuracy with 16-row multi-slice computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:128-32.
 32. Kuettner A, Burgstahler C, Beck T, Drosch T, Kopp AF, Heuschmid M, et al. Coronary vessel visualization using true 16-row multi-slice computed tomography technology. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005;21:331-7.
 33. Achenbach S, Ropers D, Pohle FK, Raaz D, von Erffa J, Yilmaz A, et al. Detection of coronary artery stenoses using multi-detector CT with 16 x 0.75 collimation and 375 ms rotation. *Eur Heart J* 2005;26:1978-86.
 34. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, Desbiolles L, Grünfelder J, Marincek B, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005;26:1482-7.
 35. 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.
 36. Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, Runza G, McFadden EP, Baks T, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation* 2005;112:2318-23.
 37. Nikolaou K, Knez A, Rist C, Wintersperger BJ, Leber A, Johnson T, et al. Accuracy of 64-MDCT in the diagnosis of ischemic heart disease. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:111-7.
 38. Scheffel H, Alkadhi H, Plass A, Vachenaer R, Desbiolles L, Gaemperli O, et al. Accuracy of dual-source CT coronary angiography: First experience in a high pre-test probability population without heart rate control. *Eur Radiol* 2006;16:2739-47.
 39. Leber AW, Johnson T, Becker A, von Ziegler F, Tittus J, Nikolaou K, et al. Diagnostic accuracy of dual-source multislice CT-coronary angiography in patients with an intermediate pretest likelihood for coronary artery disease. *Eur Heart J* 2007;28:2354-60.
 40. Johnson TR, Nikolaou K, Becker A, Leber AW, Rist C, Wintersperger BJ, et al. Dual-source CT for chest pain assessment. *Eur Radiol* 2008;18:773-80.
 41. Öncel D, Öncel G, Taştan A, Tamcı B, Aytekin D. Çift tüplü bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin koroner arter darlıklarının değerlendirilmesindeki etkinliği ve kalp hızının görüntü kalitesi ile tanısallık üzerine etkisi. In: 28. Ulusal Radyoloji Kongresi; 27-31 Ekim 2007; Antalya: Bay Matbaacılık; 2007. s. E82.
 42. Fischman DL, Leon MB, Baim DS, Schatz RA, Savage MP, Penn I, et al. A randomized comparison of coronary-stent placement and balloon angioplasty in the treatment of coronary artery disease. Stent Restenosis Study Investigators. *N Engl J Med* 1994;331:496-501.
 43. Antonucci D, Valenti R, Santoro GM, Bolognese L, Trapani M, Cerisano G, et al. Restenosis after coronary stenting in current clinical practice. *Am Heart J* 1998;135:510-8.

44. Mehran R, Dangas G, Abizaid AS, Mintz GS, Lansky AJ, Satler LF, et al. Angiographic patterns of in-stent restenosis: classification and implications for long-term outcome. *Circulation* 1999;100:1872-8.
45. Stein PD, Beemath A, Kayalı F, Skaf E, Sanchez J, Olson RE. Multidetector computed tomography for the diagnosis of coronary artery disease: a systematic review. *Am J Med* 2006;119:203-16.
46. Mahnken AH, Buecker A, Wildberger JE, Ruebben A, Stanzel S, Vogt F, et al. Coronary artery stents in multislice computed tomography: in vitro artifact evaluation. *Invest Radiol* 2004;39:27-33.
47. Maintz D, Juergens KU, Wichter T, Grude M, Heindel W, Fischbach R. Imaging of coronary artery stents using multislice computed tomography: in vitro evaluation. *Eur Radiol* 2003;13:830-5.
48. Pugliese F, Cademartiri F, van Mieghem C, Meijboom WB, Malagutti P, Mollet NR, et al. Multidetector CT for visualization of coronary stents. *Radiographics* 2006;26:887-904.
49. Öncel D, Öncel G, Karaca M. Coronary stent patency and in-stent restenosis: determination with 64-section multidetector CT coronary angiography-initial experience. *Radiology* 2007;242:403-9.
50. Rist C, Nikolaou K, Flohr T, Wintersperger BJ, Reiser MF, Becker CR. High-resolution ex vivo imaging of coronary artery stents using 64-slice computed tomography-initial experience. *Eur Radiol* 2006;16:1564-9.
51. Mahnken AH, Mühlenbruch G, Seyfarth T, Flohr T, Stanzel S, Wildberger JE, et al. 64-slice computed tomography assessment of coronary artery stents: a phantom study. *Acta Radiol* 2006;47:36-42.
52. Seifarth H, Raupach R, Schaller S, Fallenberg EM, Flohr T, Heindel W, et al. Assessment of coronary artery stents using 16-slice MDCT angiography: evaluation of a dedicated reconstruction kernel and a noise reduction filter. *Eur Radiol* 2005;15:721-6.
53. Maintz D, Seifarth H, Flohr T, Krämer S, Wichter T, Heindel W, et al. Improved coronary artery stent visualization and in-stent stenosis detection using 16-slice computed-tomography and dedicated image reconstruction technique. *Invest Radiol* 2003;38:790-5.
54. Rixe J, Achenbach S, Ropers D, Baum U, Kuettner A, Ropers U, et al. Assessment of coronary artery stent restenosis by 64-slice multi-detector computed tomography. *Eur Heart J* 2006;27:2567-72.
55. Cademartiri F, Schuijf JD, Pugliese F, Mollet NR, Jukema JW, Maffei E, et al. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2204-10.
56. Cademartiri F, Runza G, Marano R, Luccichenti G, Gualerzi M, Brambilla L, et al. Diagnostic accuracy of 16-row multislice CT angiography in the evaluation of coronary segments. *Radiol Med* 2005;109:91-7. [Abstract]
57. Schuijf JD, Bax JJ, Jukema JW, Lamb HJ, Warda HM, Vliegen HW, et al. Feasibility of assessment of coronary stent patency using 16-slice computed tomography. *Am J Cardiol* 2004;94:427-30.
58. Gilard M, Cornily JC, Pennec PY, Le Gal G, Nonent M, Mansourati J, et al. Assessment of coronary artery stents by 16 slice computed tomography. *Heart* 2006;92:58-61.
59. Van Mieghem CA, Cademartiri F, Mollet NR, Malagutti P, Valgimigli M, Meijboom WB, et al. Multislice spiral computed tomography for the evaluation of stent patency after left main coronary artery stenting: a comparison with conventional coronary angiography and intravascular ultrasound. *Circulation*. 2006;114:645-53.
60. Pugliese F, Weustink AC, Van Mieghem C, Alberghina F, Otsuka M, Meijboom WB, et al. Dual source coronary computed tomography angiography for detecting in-stent restenosis. *Heart* 2008;94:848-54.
61. Öncel D, Öncel G, Taştan A, Tamcı B. Evaluation of coronary stent patency and in-stent restenosis with dual-source CT coronary angiography without heart rate control. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191:56-63.
62. Campeau L, Enjalbert M, Lespérance J, Vaislic C, Grondin CM, Bourassa MG. Atherosclerosis and late closure of aortocoronary saphenous vein grafts: sequential angiographic studies at 2 weeks, 1 year, 5 to 7 years, and 10 to 12 years after surgery. *Circulation* 1983;68:III-7.
63. Cameron AA, Davis KB, Rogers WJ. Recurrence of angina after coronary artery bypass surgery: predictors and prognosis (CASS Registry). *Coronary Artery Surgery Study*. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:895-9.
64. Fitzgibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD, Burton JR. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol* 1996;28:616-26.
65. Godwin JD, Califf RM, Korobkin M, Moore AV, Breiman RS, Kong Y. Clinical value of coronary bypass graft evaluation with CT. *AJR Am J Roentgenol* 1983;140:649-55.
66. Daniel WG, Döhring W, Stender HS, Lichtlen PR. Value and limitations of computed tomography in assessing aortocoronary bypass graft patency. *Circulation* 1983;67:983-7.
67. Tello R, Costello P, Ecker C, Hartnell G. Spiral CT evaluation of coronary artery bypass graft patency. *J Comput Assist Tomogr* 1993;17:253-9.
68. Malagutti P, Nieman K, Meijboom WB, van Mieghem CA, Pugliese F, Cademartiri F, et al. Use of 64-slice CT in symptomatic patients after coronary bypass surgery: evaluation of grafts and coronary arteries. *Eur Heart J* 2007; 28:1879-85.
69. Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, Foell D, Ghanem N, Kotter E, et al. Initial experience with 64-slice cardiac CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J* 2006;27:976-80.
70. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, Pflöderer T, Anders K, Daniel WG, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation* 2006;114:2334-41.
71. Öncel D, Öncel G, Taştan A, Tamcı B. Evaluation of coronary bypass graft occlusion and stenosis with 64-detector-row computed tomography angiography. *Acta Radiol* 2007;48:988-96.
72. Chiurlia E, Menozzi M, Ratti C, Romagnoli R, Modena MG. Follow-up of coronary artery bypass graft patency by multislice computed tomography. *Am J Cardiol* 2005;95:1094-7.

73. Schlosser T, Konorza T, Hunold P, Kühl H, Schmermund A, Barkhausen J. Noninvasive visualization of coronary artery bypass grafts using 16-detector row computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1224-9
74. Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, Tomassini M, Razzini C, Sperandio M, et al. Evaluation of venous and arterial conduit patency by 16-slice spiral computed tomography. *Circulation* 2004;110:3234-8.
75. Moore RK, Sampson C, MacDonald S, Moynahan C, Groves D, Chester MR. Coronary artery bypass graft imaging using ECG-gated multislice computed tomography: comparison with catheter angiography. *Clin Radiol* 2005;60:990-8.