

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**KORONER ARTER PATOLOJİ VE VARYASYONLARININ
BELİRLENMESİNDE ÇKBT (128) ANJİOGRAFİNİN
TANISAL DEĞERİ**

Dr. Mehmet MUNDUZ

**UZMANLIK TEZİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAYAN**

ISPARTA - 2011

TEŞEKKÜR

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı'nda 2006-2011 yılları arasında asistanlık eğitimim sırasında emegi geçen ana bilim dalı başkanım sayın Prof. Dr. Meltem ÇETİN ve tezimin hazırlanmasında değerli katkılarından dolayı tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAYAN'a teşekkür ederim.

Tezimin istatistik değerlendirmelerinde bana yardımcı olan Halk Sağlığı Anabilim Dalı'ndan Doç. Dr. Ahmet Nesimi Kışioğlu'na teşekkür ederim. Ayrıca üzerimizde emegi olan üniversitemizden ayrılan değerli hocalarımız Prof. Dr. Orhan Oyar, Doç. Dr. Ahmet Yeşildağ, Doç. Dr. Mert Köroğlu ve Uzm. Dr. Bahattin Baykal'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tüm eğitim sürecimizde karşılıklı sevgi ve saygı ortamında, uyum içinde çalıştığımız tüm asistan arkadaşlarıma, bilgi ve becerileriyle eğitimimiz süresince katkıları olan tüm radyoloji teknisyenlerimize ve radyoloji ailemizin diğer tüm mensuplarına tek tek sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde maddi manevi hiçbir desteği esirgemeyen anne ve babama, sevgi ve anlayışını her zaman yanımda hissettiğim sevgili eşim Hilal MUNDUZ'a ve varlığı ile hayatıma mutluluk getiren biricik oğlum Ahmet Akif'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kardiyak Anatomi	4
2.2. Normal Koroner Arter Anatomisi	5
2.2.1. Sağ Koroner Arter (RCA).....	5
2.2.2. Sol Ana Koroner Arter (LMCA)	6
2.2.3. Sol Anterior Desendan Arter (LAD)	6
2.2.4. Sol Sirkumfleks Arter (Cx).....	7
2.3. Koroner Arter Segmentleri	7
2.4. Koroner Arter Varyasyonu.....	7
2.4.1. İntermedier Arter Varyasyonu	7
2.4.2. Ektopik Olarak Sağ Sinüs Valsalvadan Kaynaklanan Konus Arteri	7
2.4.3. Sinüs Nod Arterinin Ektopik Olarak Cx'ten Kaynaklanması.....	8
2.5. Koroner Arter Anomalileri.....	8
2.5.1. Çıkış ve Seyir Anomalileri	9
2.5.1.1. Sol Ana Koroner (LMCA) Yokluğu	9
2.5.1.2. Koroner Arterlerin Uygun Sinüsten Anormal Çıkışları	9
2.5.1.3. Normal Koroner Sinüs Dışından Anormal Çıkışlar	10
2.5.1.3.1. Çıkan Aortadan Koroner Arter Çıkışları	10
2.5.1.3.2. Koroner Arterin Sol Ventrikülden Çıkışı	10
2.5.1.3.3. Koroner Arterin Pulmoner Arterden Köken Alması	10
2.5.1.3.4. Diğer Ektopik Koroner Arter Çıkışları.....	10
2.5.1.4. Karşı Koroner Sinüsten Ektopik Çıkışlar.....	11
2.5.1.4.1. Sağ Koroner Arter ve Sirkumfleks Arterin Sağ Aortik Sinüsten Sol Ön İnen Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkışı	11

2.5.1.4.2. Sol Ana Koroner Arterin ve Sağ Koroner Arterin Sağ Aortik Sinüsten Çıkışı.....	11
2.5.1.4.3. Sağ ve Sol Ana Koroner Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkması... ..	12
2.5.1.4.4. Sağ Koroner Arter ve Sol Ön İnen Arterin Sağ Aortik Sinüs ve Sirkumfleks Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkışı.....	12
2.5.1.5. Tek Koroner Arter.....	12
2.5.2. Koroner Arterlerin Kendi Anotomileri ile İlgili Anomaliler	12
2.5.2.1. Doğumsal Osteal Stenoz ve Atrezi	12
2.5.2.2. Koroner Arterlerin Yokluğu ve Başka Bir Koroner Arterden Çıkış Anomalileri	13
2.5.2.3. Koroner Hipoplazi.....	13
2.5.2.4. Koroner Çaprazlaşması (CROSSİNG).....	13
2.5.2.5. Arka İnen Koroner Arterin Ektopik Çıkışı.....	14
2.5.2.6. Arka İnen Koroner Arterin Yokluğu.....	14
2.5.2.7. Koroner Arterlerin İkili Seyirleri	14
2.5.2.8. Birinci Septal Arterin Ektopik Çıkışı.....	15
2.5.2.9. Örgü (WOVEN) Koroner Arter	15
2.5.2.10. Koroner Arter Bası Sendromları	15
2.5.2.11. Koroner Arter Ostiyumlarının Aort Kapağı Tarafından Kapatılması	15
2.5.2.12. Miyokardiyal Köprüleşme (MK)	16
2.5.3. Koroner Arter Sonlanma Anomalileri	16
2.5.3.1. Koroner Arter Fistülleri.....	16
2.5.3.2. Sinüzoid–Koroner Arter Bağlantıları.....	16
2.5.3.3. Tersine Dallanma	17
2.5.4. Anormal Koroner Kollateraller ve Koronerler Arası Bağlantılar.....	17
2.6. Koroner Arter Anevrizma ve Disseksiyonları.....	17
2.7. Koroner Arter Ateroskleroza.....	18
2.7.1. Aterosklerozun Patogenezi	18
2.7.2. Aterosklerozu Etkileyen Faktörler.....	21
2.7.3. Plağın Yapısı ve Oluşturdukları Klinik Tablo Arasındaki İlişki	23
2.7.3.1. Kararlı (Stabil) Aterosklerotik Plak	23
2.7.3.2. Kararsız (Anstabil, Vulnerable) Aterosklerotik Plak.....	24
2.7.4. Koroner Arterlerde Aterosklerotik Plakların Tomografik Morfolojisi ve Stenoz Sınıflaması	24

2.8. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	26
2.8.1. Bilgisayarlı Tomografi Tarihçesi.....	26
2.8.2. Bilgisayarlı Tomografi Temel Fizik Prensipleri.....	27
2.8.3. ÇKBT Fizik Özellikleri	28
2.8.3.1. Gantri Rotasyon Süresi	28
2.8.3.2. Temporal Çözünürlük	29
2.8.3.3. Uzaysal Çözünürlük.....	29
2.8.3.4. Multislice Dedektör.....	30
2.8.3.5. İnce Kesit Kalınlıkları	30
2.8.3.6. Data Acquisition System (DAS) Veri Elde Etme Düzeni.....	30
2.8.3.7. Görüntü Rekonstrüksiyonu	31
2.8.3.7.1. Yarım Tarama Rekonstrüksiyon Prensipleri	31
2.8.3.7.2. Çok Noktalı Rekonstrüksiyon Algoritması ve Optimal Veri Örnekleme.....	31
2.8.3.7.3. Z Filtre Rekonstrüksiyonu.....	32
2.8.4. ÇKBT'deki Yeniliklerin Parametrelere Yansıması	32
2.8.4.1. Tarama Hızında Artış.....	32
2.8.4.2. Gantri Rotasyon Süresinin Kısalması	33
2.8.4.3. Kesit Kalınlığında Azalma.....	34
2.8.4.4. X-Işınından Yararlanma Faktöründe (X-ray utilization factor) Artış	34
2.9. Koroner Arterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Tetkikler.....	34
2.9.1. Kateter Koroner Anjiyografi.....	34
2.9.2. Dijital Substraksiyon Anjiyografi (DSA)	36
2.9.3. İntrakoroner Ultrasonografi	36
2.9.4. Manyetik Rezonans Anjiyografi.....	37
2.9.5. Elektron Beam Tomografi	37
2.9.6. Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi	38
2.10. Kardiyak BT Görüntüleme için Temel Performans Gereklilikleri.....	39
2.11. Koroner BTA Endikasyon ve Kontrendikasyonları	40
2.12. ÇKBT'nin Avantajları Dezavantajları	43
2.13. EKG Eşliğinde Senkronizasyon	44
2.13.1. Prospektif EKG Tetikleme (Triggering).....	44
2.13.2. Retrospektif EKG Pencereleme (Gating)	45
2.14. Rekonstrüksiyon ve Reformasyonların Olusturulması.....	45

2.14.1. Multiplanar Rekonstrüksiyonlar (MPR)	46
2.14.2. Maksimum İntensite Projeksiyon (MIP)	46
2.14.3. Surface Shaded Display (SSD)	46
2.14.4. Üç Boyutlu Volüm Rendering Teknigi (3D VRT)	46
2.14.5. Curved Planar Reformat (CPR)	47
2.15. Görüntü Artefaktları	47
2.16. Radyasyon Dozu	48
3. MATERYAL ve METOD	50
3.1. Çalışma Kapsamı	50
3.2. Hasta Seçimi ve Hazırlığı	50
3.3. Çekim Protokolü	51
3.4. Görüntülerin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması	53
4. BULGULAR	55
4.1. Hasta Populasyonu	55
4.2. Klinik	55
4.3. B-Bloker Kullanımı	55
4.4. Kontrast Madde Kullanımı	55
4.5. Koroner Arterlerin Görülebilirliği	56
4.6. Çok Kesitli BT Cihazıyla Elde Edilen Görüntülerde Koroner Arterlerin Değerlendirilmesi	56
4.6.1. Koroner Arterlerin Sinotubuler Bileşkeye Göre Çıkış Seviyeleri	56
4.6.2. Koroner Arterlerin Proksimal Segmentleri Düzeyinde Yapılan Çap Ölçümlerde	57
4.6.3. Aksiyel Kesitlerde Aortaya Göre Saat Aksında Çıkış Düzeyleri Değerlendirildiğinde	57
4.6.4. Sinüs Valsalvadan Çıkan Koroner Arterlerin Aorta ile Yaptıkları Açığa Göre	58
4.7. Koroner Arterlerde Varyasyon ve Anomalilerin Değerlendirilmesi	58
4.8. Koroner Arterlerde İzlenen Aterosklerotik Plakların Karakterlerinin, Darlıklarının ve Uzunluklarının Değerlendirilmesi	60
4.8.1. Segmentlere Göre Aterosklerotik Plakların Karakterizasyonu	61
4.9. By-Pass Greftlerinin Değerlendirmesi	64
4.10. Stentlerin Değerlendirmesi	65
4.11. Koroner Arter Dışı Bulgular	65
4.12. Koroner Arterlerin Değerlendirilmesi Amacıyla Yapılan BT Anjiyografi Tetkiklerinde Kullanılan Radyasyon Doz Miktarı	66

5. OLGU ÖRNEKLERİ	68
6. TARTIŞMA ve SONUÇ	73
ÖZET.....	81
SUMMARY	82
KAYNAKLAR	83

KISALTMALAR DİZİNİ

American Heart Association	: AHA
Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi	: ÇKBT
Magnetik Rezonans Görüntüleme	: MRG
Sağ koroner arter	: RCA
Sol ana koroner arter	: LMCA
Sol sirkumfleks arter	: Cx
Posterior desendan arter	: PDA
Sağ posterolateral ventriküler arterler	: PL
Sol anterior desendan arter	: LAD
Obtus marjinal arterler	: OM
Ramus intermedius	: RI
İntravasküler ultrasound	: IVUS
Elektron Beam Tomografi	: EBT
Saniye	: sn
Dakika	: dak
Region of interest	: ROI
Elektrokardiogram	: EKG
Sol internal mammaryan arter-LAD grefti	: LIMA-LAD
LIMA-obtüz marjinal grefti	: LIMA-OM
Safen ven-LAD grefti	: Safen-LAD
Safen-diagonal arter grefti	: Safen-Dx
Safen-posterior desendan arter grefti	: Safen-PDA
Multiplanar reformat	: MPR
Volume-rendered	: VR
Sol İnternal Mammarian Arter	: LIMA
Miliamper- Saniye	: mAs
Maksimum İntensite Projeksiyon	: MIP
Multiplanar Reformasyon	: MPR
MiliSievert	: mSv
Sinüs Nod Arteri	: SNA

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Endotel fonksiyonları üzerine etkili olan faktörler.....	19
Tablo 2. Framingham skorlama ve risk kategorisi.....	22
Tablo 3. Koroner arterlerin anotomik varyasyon prevelansı (hasta sayısı ve yüzdesi).....	59
Tablo 4. Koroner arterlerin anotomik anomali prevelansı (hasta sayısı ve yüzdesi).	60
Tablo 5. By-pass grefti izlenen hastalarda kullanılan greft, anostomoze edilen koroner arter ve darlık düzeyi.	64
Tablo 6. Stent izlenen hastalarda stentin izlendiği segment düzeyi ve darlık derecesi.....	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Koroner aterosklerozun aşamaları ve lezyonların morfolojileri	21
Şekil 2. AHA klasifikasyonuna göre koroner arter segmentleri	53

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. 45 yaşında normal olarak değerlendirilen hastanın örnek 3D VRT görüntüleri.....	68
Resim 2. 45 yaşındaki normal olarak değerlendirilen bayan hastanın koroner BT anjiyografi incelemesinde değerlendirmeler için kullanılan curved örnek MPR görüntü örnekleri.....	69
Resim 3. 64 yaşında ortalama kalp atım hızı 73 atım/dak olan hastada LAD orta segmentte izlenen miyokardial köprüleşmeye ait MPR görüntüleri.....	70
Resim 4. 64 yaşında ortalama kalp atım hızı 73 atım/dak olan hastada LAD proksimal segmentte orta derecede darlığa neden olan diskret soft plak formasyonu gösterilmektedir.	70
Resim 5. 50 yaşında ortalama kalp atım hızı 71 atım/dak olan erkek hastada LAD proksimal ve orta segmentte izlenen patent olarak değerlendirilen stentlerin curved MPR görüntüleri.....	71
Resim 6. 68 yaşında ortalama kalp atım hızı 71 atım/dak olan erkek hastada RCA orta segmentte hafif dereceli darlığa neden olan diskret kalsifiye plak formasyonları ve RCA distal segmentte patent olarak izlenen iki adet stentin curved MPR görüntüleri.....	71
Resim 7. 82 yaşında ortalama kalp atım hızı 64 atım/dak olan erkek hastada aorta düzeyinden anostomoze edilmiş RCA distal segmente ve Cx'in OM-1 dalına uzanan safen by-pass grefti ile LAD'nin distal segmentine anostomoze edilmiş LİMA by-pass greftine ait 3D VRT incelemesine ait görüntü izlenmektedir.....	72

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Koroner arter hastalığı (KAH); koroner arter lümeninin lipidden zengin, fibröz ya da kalsifik aterom plakları nedeniyle daralması olarak tanımlanan koroner aterosklerozun klinik prezentasyonu olup tüm dünyada mortalite ve morbidite nedenleri içerisinde en başta gelenlerden biridir. KAH'nın gelişim hızı genetik, hipertansiyon, hiperlipidemi, sigara, diyabet ve obezite gibi faktörlerin etkileriyle kişiden kişiye değişkenlik göstermektedir (1).

Aterosklerotik plak, savunma ve kas hücreleri akümüasyonu ve yağ birikimi ile büyümeye devam eder ve ileri evrelerinde fibröz kılıf ve hücre dışı lipidden oluşan lipid plak, fibröz plak, kalsifik plak ve rüptüre eğilimli kompleks trombotik lezyonlar şeklinde kendilerini gösterebilirler (2). Fibröz ve kalsifik plaklar, kompleks lezyonlar koroner arterlerin anlamlı şekilde daralmasına ve sonuç olarak iskemi ve kalp kasının fonksiyonunun azalmasına neden olabilirler. İskemi ise; angina pectoris, miyokard enfarktüsü, kronik iskemik kalp hastalığı ve bu üç durumdan birinin sonucu olabilecek ani kardiyak ölüme sebep olur. Buna karşılık lipid plaklar genellikle stenotik özellikte olmamakla birlikte rüptüre olabilir ve trombotik oklüzyon yaparak ani koroner olayların sebebi olabilirler (3).

Koroner arter hastalığına neden olan plakların arter lümeninde darlığa yol açmadan veya akut koroner sendroma sebep olmadan önce tanınması ve hastaya özel tedavi protokolünün uygulanmasıyla, KAH'nın ilerlemesinin durduğu hatta hastalığın geriletilebildiği, Akut Koroner Sendrom oluşturmaya yatkın duyarlı plakların stabil hale döndüğü ve ani ölümlerin engellenebildiği bilinmektedir (4).

KAH'nın klinik prezentasyonlarının çoğu asemptomatik popülasyonda aterosklerotik plakların yırtılması sonucu aniden meydana gelmektedir. Kateter anjiyografi, koroner arterlerin lümen morfolojisi hakkında bilgi vermesine rağmen, damar duvarında düzensizliğe neden olan plağın yapısı hakkında yeterince bilgi verememektedir. Kateter koroner anjiyografinin (KKA) en önemli avantajları; yüksek uzaysal çözünürlüğü ve ek girişimsel işlemlere olanak tanınmasıdır. Konvansiyonel koroner anjiyografi sırasında terapötik girişimsel işlemler yapılabilmesi mümkün olduğu halde, gerçekleştirilen konvansiyonel koroner anjiyografi tetkiklerinin yaklaşık %40'ından fazlasına herhangi bir terapötik girişimsel ya da cerrahi prosedür

eşlik etmemekte, tetkikler sadece koroner arter hastalığının ekartasyonu amacıyla yapılmaktadır (5). KKA uygulanan hastaların %25'inde koroner arter patolojisi saptanmadığı ve koroner anjiyografi tetkiklerinin %66'sının sadece koroner arter aterosklerotik hastalık düzeyinin saptanması amacıyla uygulandığı belirlenmiştir (6). Tetkikin invaziv olmasına bağlı olarak düşük oranda olsa da hayatı tehdit edebilecek aritmi, inme, koroner arter diseksiyonu ve giriş yeri kanaması gibi komplikasyonlar görülebilmektedir (total komplikasyon oranı, %1.8, mortalite oranı %0.1) (7,8). Gelişmiş yeni kateter tekniklerine rağmen koroner kateterizasyonun invaziv olması, bazı risklerin ve komplikasyonların eşlik etmesi, yüksek maliyeti ve hastaların üçte birinde balon dilatasyonu ve stent yerleştirilmesi gibi tedaviye yönelik gereksinimin ortaya çıkması tanısal amaçlı daha düşük maliyetli ve invaziv olmayan görüntüleme yöntemi arayışına neden olmuştur (9).

KAH tanısında, Egzersiz EKG testi, yaygın bir klinik kullanıma sahip, yerleşmiş bir non invaziv testir. Egzersiz EKG'nin hassasiyeti tamamıyla yapılan egzersizin düzeyine bağlı olup bazı hasta gruplarında sınırlı duyarlılığa ve spesifiteye sahiptir. KAH'ın yaygınlık derecesi Egzersiz EKG testinin duyarlılığını etkilemektedir. Tek damarı tutulmuş hastalarda, duyarlılık % 50'den düşükken, üç damarı tutulmuş hastalarda % 85'i bulmaktadır. KAH açısından yüksek riskli hastalar, risk değerlendirmesi için egzersiz EKG testine ihtiyaç duyarken, arada kalanlar yani KAH açısından orta riskli hastalar hem teşhis hem de risk sınıflandırması açısından farklı testlere ihtiyaç duymaktadır (10).

Son yıllarda, KAH'nin girişimsel tanısında daha ekonomik ve düşük risk taşıyan alternatif işlemler için yoğun araştırmalar yapılmış ve bu araştırmalar manyetik rezonans görüntüleme (MRG), intrakoroner ultrason, elektron beam tomografi (EBT) ve çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT) gibi tetkikler üzerinde günümüzde de devam etmektedir (11).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; akut koroner olayların yaklaşık %60-70'i anjiyografik olarak akımı engellemeyen minimal ve orta derecede lüminal daralmaya neden olan aterosklerotik lezyonlardan gelişmektedir (12,13,14). Ayrıca damar duvarının remodeling mekanizmaları nedeniyle aterosklerotik plak varlığı her zaman lüminal stenoza karşılık gelmeyebilmektedir (15). Koroner arterlerin

değerlendirilebilmesini zorlaştıran en önemli faktörler koroner arterlerin oldukça küçük çapta damarlar olmaları ve kalp atımı sırasında sürekli hareket göstermeleridir. Bu nedenle koroner arterleri iyi gösterebilecek bir tetkikin çok hızlı ve çok iyi kalitede görüntüleme yapması ya da diğer bir deyişle zamansal ve uzaysal rezolüsyonunun çok iyi olması gerekmektedir. Damar duvarı ve aterosklerotik plak morfolojisini değerlendirmeye olanak sağlayan koroner BT anjiyografi tetkiki, erken dönemdeki aterosklerotik lezyonları ve özellikle rüptüre eğilimli plakları tespit edebilecek ve bu şekilde ani ölümcül ve ölümcül olmayan miyokardiyal infarktüslerin önlenmesine yardımcı olabilecek ümit verici bir tetkik olarak karşımıza çıkmaktadır (16). ÇKBT'de artmış dedektör sayısı, EKG eşliğinde çok sayıda görüntü alınabilmesi, kesit kalınlığının incelenmesi, gantri rotasyonunun hızlı oluşu, temporal ve uzaysal rezolüsyonda artış, tarama verilerinden yeni reformat görüntülerin oluşturulabilmesi koroner arterlerin değerlendirilebilmesini sağlayan teknolojik gelişmelerdir. Günümüzde artan çözünürlük düzeyi ile KAH varlığı, ateroskleroz yaygınlığı ve stenoz düzeyi doğru olarak belirlenebilmektedir (17,18).

ÇKBT ile koroner anjiyografinin kullanım alanları; aterosklerotik plakların tespiti, koroner arter stenozunun derecelendirilmesi, koroner arter by-pass greftlerinin kontrolü, stentlerin lümen açıklığının kontrolü, koroner arter anatomisinin ve varyasyonlarının değerlendirilmesi ve aorto-ostial lezyonların tespitidir (19). Ayrıca uygun görüntüleme tekniğinin ve rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanımına bağlı olarak diyastol sonu volüm, sistol sonu volüm, ejeksiyon fraksiyonu, ventrikül duvar hareketleri, miyokard perfüzyonu ve kontraktilesi, skar dokusu varlığı, kalp kapakçıkları ve kardiak tümörlerde değerlendirilebilir (20). Amerikan Kalp Birliği'nin yakın zamanda yayımladığı bir bilimsel tebliğde koroner arter hastalığı açısından düşük-orta dereceli riskli hasta grubunda değerlendirme amacıyla kullanılmasının faydalı olabileceği ve gereksiz invaziv anjiyografi tetkiklerinin yapılmasını önleyebileceği öne sürülmüştür (21).

Çalışmamızın amacı, atipik göğüs ağrısı, çarpıntı, çabuk yorulma, göğüste baskı hissi gibi şikayetleri olan, koroner by-pass veya stenti olan hastaların koroner arterlerinin patensi başta olmak üzere diğer patolojilerinin yeni jenerasyon 128 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT) anjiyografi ile değerlendirilmesi, koroner arter darlıklarının derecelendirilmesi ve kullanılan radyasyon dozunun optimizasyonudur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kardiyak Anatomi

Kalp içi boş muskuler bir organ olup, şekil olarak piramide benzer ve mediastinumda, perikard içinde bulunur. Kalbin duvarları miyokardium denilen kalp kasından oluşmuştur. Bu kas dıştan epikardium denilen seröz perikard ile içten ince bir endotel tabakası olan endokardium ile sarılmıştır. Kalbin atrial bölümü nispeten ince duvarlara sahiptir ve septum interatriale ile sağ ve sol atrium olmak üzere ikiye bölünmüştür. Kalbin ventriküler parçası kalın duvarlara sahiptir ve septum interventrikulare ile sağ ve sol ventriküllere ayrılır. Kalbin 1/3 kısmı orta hattın sağında, 2/3 kısmı orta hattın solunda yer alır. Kalbin boyutları ortalama 12x9x6 cm.'dir. Perikard kalbi ve büyük damarların kökünü saran, çift duvarlı, fibroseröz bir kesedir. Kalp tabanında büyük kan damarlarıyla yaptığı bağlantı dışında perikardiyum içinde serbest haldedir. Perikard iki tabakadan yapılmıştır. Dış tabaka fibröz yapıdadır. Buna perikardium fibrosum denir. İç tabaka seröz yapıdadır ve perikardium serosum adını alır. Kalbin gelişimi sırasında yaptığı bazı katlanmalardan, perikard arasında sinüs denilen boşluklar oluşmuştur.

Kalbin embriyolojik gelişiminin ilk aşamalarında miyokardiyal hücrelerin beslenmesi, tamamı ile ventriküler kavite içerisindeki dolaşımdan difüzyonla sağlanmaktadır. Miyokard gelişip kalınlaştıkça beslenmenin yeterli olabilmesi için yüzeyini artırmaya yönelik olarak trabekülasyonlar oluşturur. Daha sonra bu trabekülasyonlar sinüzoidlere dönüşerek miyokard derinliklerindeki hücrelerin de beslenmesi sağlanır. Bir süre sonra sinüzoidal dolaşım da yetersiz kalır. Bu aşamada karaciğerden göçen bazı hücreler kalbin etrafını sararak epikard tabakasını ve yüzeyel koroner dolaşım sistemini oluşturur. Bu ilkel dolaşım sistemi daha sonra subepikardiyal mezenkimal hücrelerle birleşerek miyokardın derinliklerinin de beslenmesini sağlarken diğer yandan aortaya doğru ilerleyerek sinüslerine penetre olur (22).

2.2. Normal Koroner Arter Anatomisi

Koroner arterler kendilerine ait sulkuslar içinde kalbin dış yüzeyinde seyrederler. Ostiumları aortik kapakçıkların hemen üstündedir. Sağ koroner arter sağ sinüs valsaldan çıkarken, sol ana koroner arter sağa göre aortanın daha superior kesiminden, sol sinüs valsaldan köken alır. Dominantlık kavramı kalbin çoğunu besleyen arter olmayıp, sadece sol ventrikülün inferolateralini besleyen arter anlamına gelmektedir (23). Dominant olan arter PDA'yı daha büyük oranda oluşturmaktadır (23). Dominant olan arter sol ventrikül apeksi civarında küçük bir atriyoventriküler düğüm arteri verir (24). PDA ile posterior sol ventrikül dalları RCA'dan dallanıyorsa sağ dominant dolaşım, Cx'den köken alırsa sol dominant dolaşım, PDA RCA'dan, posterior sol ventrikül dalları ise Cx'den köken alır ise co-dominant sistemden bahsedilir.

Koroner arterler aort duvarından dar ya da geniş açıyla ayrılırlar. Segment açılanması; 45°-89° arasındaki açılanma orta derece iken 90°'nin üzerindeki açılanma aşırı açılanma olarak kabul edilir. Ostiumlar sinüsün merkezinde yerleşmiştir, aort kapakçığının serbest kenarının hemen üst kısmında ve sinotübüler bileşkenin hemen altındadır. Ektopik çıkış gösteren koroner arterler genellikle aort duvarına tanjansiyel seyreder ve aort kapak komissürlerine çok yakın komşuluktan köken alır (25).

2.2.1. Sağ Koroner Arter (RCA)

Sağ koroner arter, sağ sinüs valsaldan çıkarak pulmoner trunkus ve sağ atriyum arasından sağ atriyoventriküler oluğa girer ve posterior interventriküler septuma doğru ilerler. Sağ koroner arterin ilk dalı konus arteridir. Bu arter RCA'dan kaynaklanabileceği gibi sağ koroner sinüsten ayrı bir orifis ile de çıkabilir (26). Sağ koroner arterden ayrılan ikinci bir arter de sinoatriyal nodu besleyen sinüs nod arteridir. Sinüs nod arteri; %60 proksimal RCA'dan, %40 proksimal Cx'ten ayrılır. RCA sağ atriya atrial dallar ve sağ ventriküle marjinal dallar verir (27). Sağ koroner arterin orta bölümünden 1-2 adet akut marjinal dal çıkar ve bunlar sağ ventrikül ön yüzünde ilerler (24). Sağ koroner arterin ilk akut marjinal (AM) dalına kadar olan kısma proksimal ikinci AM'ye kadar orta ve sonrasına distal RCA adı

verilir (23). Distalde sağ koroner arter dominantlığına göre posteriyor desendan arter (PDA) ve posterolateral arter (PL) dallarına ayrılır (23,24,28,29). Sağ posterior desendan arter posterior interventriküler olukta ilerler. Eğer kalbin apeksini besleyen LAD arteri küçük ise PDA, anterior interventriküler septumun üçte birini beslemek üzere apeks çevresine dallar verebilir (26). Sağ dominant koroner dolaşımında RCA midventriküler, bazal inferior duvarı ve inferior septumu besler. PDA dalından büyük oranda (%90) A-V nodal arteri verir (29). Böylece RCA %60 kişide sinoatriyal ve %90 kişide atriyoventriküler düğümü beslemiş olur (23).

2.2.2. Sol Ana Koroner Arter (LMCA)

Sol ana koroner arter (LMCA) RCA seviyesinin hafif süperiorundan, sol sinüs valsalvadan çıkar. Buradan çıkan sol ana koroner arterin çapı 3-6 mm ve uzunluğu kişiden kişiye değişmekle beraber en fazla 10-15 mm'dir (29). Sol ana koroner arter sol ön inen arter (LAD) ve sirkumfleks arter (Cx) dallarına ayrılır (29).

2.2.3. Sol Anterior Desendan Arter (LAD)

Sol ön inen arter kalbin ön yüzünde ön interventriküler sulkustaki epikardiyal yağ dokusu içinde aşağıya kalbin apeksine doğru ilerler (23,24,27,28,29). Sıklıkla kalbin apeksini çevreler ve %78 oranında kalbin apeksini dönerek kalbin diyafragmatik bölgesini besler (24). İnferiyor interventriküler sulkusta belli değişken bir mesafe seyreder (28). Bunun terminal dalları posteriyor inen arterin(PDA) dallarına ulaşır (30). Sol ön inen arter ön interventriküler sulkusta seyrederken septal perforatör ve diyagonal dallarını verir (23,24,27,28,29). Septal dallar interventriküler septumun içine doğru 90 derecelik açıyla sayısı, şekli ve dağılımı kişiye göre değişerek dağılırlar (29). Bunlar posteriyor inen arterden gelen septal dallar ile (çoğunlukla sağ koroner arterin devamıdır) anastomoz yaparlar (24). Böylece bir kollateral kanallar ağı oluştururlar (29). İnterventriküler septum kalbin en iyi vaskülarize olan kısmıdır (29). İlk septal perforatör dal en iyi gelişmiş septal arter olup A-V (His) demetini ve sol ileti demetinin proksimal kısmını beslemektedir (28). Bu septal dallar interventriküler septumun 2/3 ön yüzünü besler (23,24,27,28,29). İnsanların %90'ında, fazlaca bir varyasyon olmakla beraber 1-3 arasında değişen diyagonal dal vardır ve %1 vakada ise diyagonal arter olmayabilir (24). Diyagonal

arterler kalbin ön yüzü ve lateral duvarın bir kısmını besler (24,29). Böylece LAD kalbin 2/3 anterior septum, ön yüzü ve lateral yüzünün bir kısmını beslemiştir. LAD'nin ilk septal artere kadar olan kısmı proksimal, ilk septalden birinci diyagonale kadar olan kısmı orta, sonraki kısmı ise anatomik ayırımı göre distaldir (23).

2.2.4. Sol Sirkumfleks Arter (Cx)

Sol sirkumfleks arter (Cx), sol atriyoventriküler olukta seyrederek ve sol ventrikül lateraline geniş açılı marjinal dallarını gönderir (31). Bunlar sirkumfleks arterin temel dalları olup kalbin lateral yüzünü beslerler (23,24,28). Sirkumfleks arterin çapı ve uzunluğu dominantlığına göre değişmekle birlikte obtus marjinal dallarından sonra oldukça küçülür (29). Normalde 2 ya da 3 koroner ostium bulunmaktadır. Sirkumfleks kalbin arka, alt ve kısmen de yan yüzünü besler. Ayrıca %40 sinoatriyal düğümü, %10 atriyoventriküler düğümü besler (23).

2.3. Koroner Arter Segmentleri

Koroner arterler Amerikan Kalp Birliğinin (AHA)(1975) sınıflamasına göre 15 segment halinde değerlendirilir. Bununla birlikte LAD ile sirkumfleks arter (Cx) bileşkesinden kaynaklanan intermedier koroner arter gibi çok sayıda koroner arter varyasyonu da vardır. RCA segment 1-4, LMCA segment 5, LAD segment 6-10, Cx ise segment 11-15 olarak incelenir (32).

2.4. Koroner Arter Varyasyonu

2.4.1. İntermedier Arter Varyasyonu

LMCA bifurkasyonundan ayrılır ve tüm popülasyonda %70 oranında görülür. İntermedier arter, LAD'ın diagonal dalları ve Cx'in obtus dalları arasında bir alanı besler (25).

2.4.2. Ektopik Olarak Sağ Sinüs Valsalvadan Kaynaklanan Konus Arteri

Konus arteri RCA'dan kaynaklanabileceği gibi, ayrı bir orifisle doğrudan sağ sinüs valsalvadan da köken alabilir (26).

2.4.3. Sinüs Nod Arterinin Ektopik Olarak Cx'ten Kaynaklanması

Sinüs nod arteri insanların %60'ında RCA'nın ilk birkaç milimetresinden köken alarak süperior ve posteriora doğru ilerler (26,31). Yüzde kırk oranında ise proksimal Cx'den kaynaklanır.

2.5. Koroner Arter Anomalileri

Koroner arter anomalisi terimi, genel popülasyonda %0,3–1,6 sıklıkta nadir gözlenen varyasyonlar için kullanılır (33). Bu anomalilerin büyük kısmı tesadüfen saptanmış, miyokart perfüzyonu açısından majör tehdit oluşturmayan benign (%81) anomalilerdir (34,35). Ancak bir kısmı ani ölüm ve miyokart iskemisine neden olabilen potansiyel malin anomalilerdir (35). Koroner arter anomalileri gençlerdeki ani ölümün kardiyovasküler nedeni olarak hipertrofik kardiyomyopatiden sonra ikinci sıradadır (34). Amerikan Kalp Birliği Ani Ölüm Kurulu'nun raporlarına göre, atlet ölümlerinin %19'una koroner anomalilerin yol açtığı bildirilmiştir (36).

Günümüze kadar koroner anomalilerin temel tercih edilen tanısal yöntemi kateter anjiyografi olmuştur. Ancak kateter anjiyografi ile anomalili arterin çıkış yerinin belirlenmesi zordur. Komşu pulmoner arter ve aorta ile ilişkisinin bilinmemesi nedeniyle anormal damarın kesin seyrini belirlemek de güçtür. Konvansiyonel anjiyografi ile derinlik bilgisi sağlanamadığından damarın gerçek 3 boyutlu seyri hakkında bilgi edinmek mümkün değildir (37). Tüm bunlara ilaveten bu tekniğin invaziv ve pahalı bir işlem olması ÇKBT anjiyografiyi alternatif bir görüntüleme yöntemi olarak karşımıza çıkarmaktadır. Çok kesitli BT (16 dedektör ve üstü) koroner anomalilerin tanısında ve görüntülenmesinde güvenilir ve yüksek görüntü kalitesine sahip bir görüntüleme yöntemidir. Ayrıca büyük damarlar ve kalp boşluklarıyla birlikte koroner arterlerin seyri eş zamanlı olarak gösterilebilir. Koroner arter anomalileri ile ilgili en geniş sınıflandırmalardan birisi de Angelini'nin sınıflandırmasıdır (25). Bu sınıflandırmada ana gruplar; 1-Çıkış ve seyir anomalileri, 2-Koroner arterlerin kendi anatomisi ile ilgili anomaliler, 3-Koroner sonlanma ile ilgili anomaliler, 4-Anormal kollateral damarlardır.

2.5.1. Çıkış ve Seyir Anomalileri

2.5.1.1. Sol Ana Koroner (LMCA) Yokluğu

Sol ana koroner arter yokluğu sol ön inen arter ve sirkumfleks arterin sol sinüs vasalvadan ayrı ostiumlarla çıkmasıyla karakterizedir (35). Koroner arter anomalileri konusunda yapılmış en geniş çalışma olan Yamanaka ve Hobbs'un araştırmasında %0.41 görülme oranı ile en sık rastlanan koroner arter anomalisi olduğu saptanmıştır (35,38). Sol ana koroner arter yokluğu dışında sol ön inen arter ve sirkumflex arter genellikle normal seyir gösterir. Sol ana koroner arter yokluğu hemodinamik bir bozukluğa neden olmamakla ve benin bir anomali olarak kabul edilmekle birlikte anjiyografi esnasında tanınmazsa yanlış olarak bir koroner arterin tam tıkalı olduğu veya doğumsal olarak bulunmadığı şeklinde yorumlanabilir. Bu durum hastaya gereksiz revaskülarizasyon işlemlerinin planlanmasına yol açabilir.

2.5.1.2. Koroner Arterlerin Uygun Sinüsten Anormal Çıkışları

Bir koroner arterin ostiumu aort kapak komissürlerine veya interküspsal üçgene 5 mm'den daha yakınsa bu durum komissürel çıkış olarak adlandırılır (35). Aort anulus seviyesinin altında, küspislerin alt kenarına yakın olan çıkışlar alçak çıkış olarak kabul edilmektedir. Sinotübüler bileşkenin altından çıkışlar ve bir cm'ye kadar üstünden çıkışların normal kabul edilmesi, daha yukardan çıkışları yüksek çıkış kabul etmek önerilmektedir (35). Normalde koroner arterlerin sinüs valsalva içinde bulunması koroner arterlerin diastolde optimal kanlanmasını sağlar (39). Ostiumun aortada tubüler kısımda yer alması (high takeoff) azalmış koroner perfüzyonla ilişkili olabilir (39). Böyle koroner arterler intramural seyretmekte ve bu kısım kompresyona uğrayabilmektedir (34,35). Bu arterlerde yarık tarzı ostium bulunabilmektedir (34,35). Bu nedenle koroner arter çıkışının yüksek olduğu olgularda ani ölümlere de rastlanabilmektedir (35,39). Çeşitli bildirimlere rağmen bu anomaliler (yüksek ve alçak çıkışlar) çok yüksek çıkış olmadığında klinik açıdan fazla bir sonuca yol açmazlar (35,40).

2.5.1.3. Normal Koroner Sinüs Dışından Anormal Çıkışlar

2.5.1.3.1. Çıkan Aortadan Koroner Arter Çıkışları

Çıkan aortadan en sık ektopik çıkış gösteren arter sağ koroner arterdir fakat sol ana koroner arter veya ayrı ayrı sol ön inen ve sirkumflex arterin de böyle ektopik çıkışları görülebilir (35). Burada sinotübüler bileşkenin oldukça üzerinden çıkışlar söz konusudur ve buna yarık tarzı koroner ostium ve eğik gidiş eşlik etmektedir (35,41). Ayrıca koroner arterin proksimal kısmı transmuraldir ve aort duvarı içinde seyreder (35).

2.5.1.3.2. Koroner Arterin Sol Ventrikülden Çıkışı

Bunların hemen hepsinde sağ koroner arter sol ventrikül dışı akım yolundan çıkmaktadır (42). Ciddi aort yetersizliği olmayan vakalarda sağ koroner artere kollateral akım gelişmişse diyastol esnasında sağ koroner arterden sol ventriküle doğru ters bir akım oluşacaktır. Bu anomali hastalarda iskemiye yol açabilir fakat ani ölüm bildirilmemiştir (35).

2.5.1.3.3. Koroner Arterin Pulmoner Arterden Köken Alması

En sık görüleni (%90) sol ana koroner arterin pulmoner arter veya dallarından kaynaklanmasıdır (35,39,43). Bu hastaların %90'ı çocukluk çağında ölmektedir (43). Eğer hasta hayatın ilk bir yılını aşabilirse kollateral oluşumundan dolayı erişkinlik çağına erişme şansı vardır (41). Bu anomali infant ve çocuklarda (hayatın ilk 4 ayında) miyokardial iskemi, infarkt ve konjestif kalp yetmezliğine yol açabilir (39,43,44). Burada patolojik olay pulmoner arterden köken alan koroner arter retrograd olarak kollaterallerden pulmoner artere doğru drene olur (soldan sağa şant), (43).

2.5.1.3.4. Diğer Ektopik Koroner Arter Çıkışları

Koroner arterlerin diğer ekstrakardiyak yapılardan ektopik çıkışları bildirilmiştir. Bunların içinde arkus aorta, innominate arter, sağ karotis, internal mammarian arter, bronşial arter, subklavian arter ve torasik inen aorta sayılabilir (35). Bunların büyük kısmında önemli doğumsal kalp defektleri koroner arter

anomalisine eşlik etmektedir (35). Bu nedenle bebeklik döneminde ölümler sık görülmektedir (35).

2.5.1.4. Karşı Koroner Sinüsten Ektopik Çıkışlar

Bir koroner arterin çıkması gereken vasalva sinüs yerine karşı taraftaki normal vasalva sinüsten anormal çıkması durumunda arterin ismi ve işlevi değişmez sadece çıkışı ve proksimal kısmının gidişi değişir (35).

2.5.1.4.1. Sağ Koroner Arter ve Sirkumfleks Arterin Sağ Aortik Sinüsten Sol Ön İnen Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkışı

Bu anomali sol ana koroner arterin yokluğundan sonra gelen en sık görülen koroner arter anomalisidir (35,41). Bu anomali çoğu zaman incidental bir otopsi bulgusu olarak oldukça benign bir anomali kabul edilmektedir (35,41,43). Yine de diğer koroner anomalilerinde olduğu gibi açıklanmayan aritmik ani kardiyak ölüm olan bazı vakalarda tarif edilmiştir (41).

2.5.1.4.2. Sol Ana Koroner Arterin ve Sağ Koroner Arterin Sağ Aortik Sinüsten Çıkışı

Sol ana koroner arterin sağ aortik çıkışından sonra sola doğru giderken aortaya ve pulmoner artere göre kat ettiği yola göre başlıca 4 ana gruba ayrılır: Septal, anteryor serbest duvar seyri, retroaortik seyir, interarteriyel seyir (35). Septal seyir oldukça benign seyretmekle birlikte, interarteriyel seyir sıklıkla kalple ilgili ciddi patolojilere yol açar (45). Vakaların %60'ında anormal sol ana koroner arter aorta ve pulmoner arter arasında seyreder (34). Bu geçişte risk en fazla olup, mortalite %82 gibi yüksek bir oranda olabilir (34,46). Burada ani kardiyak ölümler ani ve bazende şiddetli egzersizle ilişkili olmaktadır (35). Mekanizma olarak da egzersizle ana vasküler yapıların distansiyonu ile aortanın koroner arteri kompresyona uğrattığı öne sürülmektedir (34,35,44,46). Ayrıca bu anomalili koroner arterin yarık şeklinde çıkışı ve bunun bir kapak gibi koroner arterin ostiyumunu kapatabilmesi ve aortik tunika mediya içinde koroner arterin intramural seyrinin de buna katkısının ani ölümden sorumlu mekanizma olduğu daha sonra ileri sürülmüştür (34,40,46).

2.5.1.4.3. Sağ ve Sol Ana Koroner Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkması

Burada vakaların çoğunda sağ koroner arter aorta ve pulmoner arter arasında seyreder (%67), (34,35). Geri kalanların çoğu aortanın arkasında seyreder (34). Bu anomalide hemen hemen eninde sonunda herkesin öldüğü sol ana koronerin sağ aortik sinüsten çıkışına göre ölüm oranı daha düşük hesaplanmıştır (%43), (40).

2.5.1.4.4. Sağ Koroner Arter ve Sol Ön İnen Arterin Sağ Aortik Sinüs ve Sirkumfleks Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkışı

Bu anomali benin olarak kabul edilmektedir (35).

2.5.1.5. Tek Koroner Arter

Tek koroner arter deyimi ile hem sağ hem de sol koroner arterlerin aortadaki tek ostiyumdan çıktığı durumlar ifade edilmektedir (34,35). Bu anomali erişkinlerde nadirdir ve kompleks konjenital kalp hastalıkları ile ilişkilidir (35,39,46). Tek koroner arter bulunan olgularda klinik özellik özellikle tek koroner arterin seyriyle ilgilidir, sol ana koroner veya sağ koroner arterin ana pulmoner arter veya aorta arasında seyrettiği olgularda özellikle egzersiz ile ilişkili Akut MI ve ani ölümler tanımlanmıştır (34,35,44). Bu olgularda ani ölüm nedeni olarak koroner arterin iki büyük arter arasında sıkışması suçlanmıştır. Tek koroner arter sağ koroner sinüsünden kaynaklandığında ani ölüm insidansı daha yüksektir (34). Ayrıca bu vakalarda da koroner arter ostiyumlarının yarık şeklinde olduğu ve egzersiz esnasında aorta da genişleme ile birlikte ostiyumun daha da daralması sonucu koroner arterin yeterince kanlanamaması ile ölümlerin olabileceği bildirilmiştir (35). Sağ koroner arterin sol ön inen arter veya sirkumfleks arterden kaynaklandığı olgularda da miyokard iskemisi geliştiği bildirilmiştir (35).

2.5.2. Koroner Arterlerin Kendi Anatomileri ile İlgili Anomaliler

2.5.2.1. Doğumsal Osteal Stenoz ve Atrezi

Sol koroner arterin bulunması gereken yerde sadece bir çöküntü bulunmaktadır (35). Böylece olgular iki tipe ayrılmaktadır: luminal atrezi tipi (koroner arterin dış çapı normal fakat lümen tamamen tıkalıdır) ve koroner hipoplazi

tipi (dış çapı incelmış veya yoktur), (35). Bebeklerde akut miyokart enfarktüsü sık görülürken büyük çocuk ve erişkinlerde senkop ve taşiaritmiler sık görülmektedir (35). Bu bebeklerde yeterli kollateral kan akımı olmadığından miyokart infarktüsü geliştiği fakat erişkinlerdeki kollateral kanlanmanın onları miyokart enfarktüsünden koruduğu şeklinde açıklanmaktadır (35).

2.5.2.2. Koroner Arterlerin Yokluğu ve Başka Bir Koroner Arterden Çıkış Anomalileri

Cx Yokluğu: Kalbin tabanını katederek sol atriyoventriküler oluğa posteriorndan ulaşan RCA, Cx'in yokluğunu telafi etmeye çalışır (47).

Cx'in Ektopik Olarak RCA'dan Kaynaklanması: Aberrant Cx aort kapağının hemen altında aort kökünün arkasından dolaştığı için aberrant bir Cx bilgisi aort kapak replasmanı yapılacak hastalar için önemlidir. Aort kapak replasmanı yapılacak hastalar dışında retroaortik Cx benign kabul edilir (48).

RCA Yokluğu: Sağ sinüs valsalsvadan ayrılan bir RCA olmadığı durumda, sol koroner arterin bir dalı olarak çıkar ve anterior ya da posteriorndan ilerleyerek kendi sulama sahasına ulaşır (47).

RCA'nın Ektopik Olarak LAD'dan Kaynaklanması.

2.5.2.3. Koroner Hipoplazi

Koroner hipoplaziyi tanımlamak için iki özelliğin olması gerekir. Bunlar:1- Beslediği miyokart alanına göre küçük çaplı koroner arterin gösterilmesi ve 2- Azalmış koroner rezerve bağlı geriye dönebilen iskeminin miyokart perfüzyon sintigrafisi ile gösterilmesi (35). Özellikle hipoplastik koroner arterler ne sağ ne de sol sirkumfleks arter kalbin lateral sınırının ötesinde posteriyor atriyoventriküler oluğun orta kısmına ilerlemediği zaman saptanır (34).

2.5.2.4. Koroner Çaprazlaşması (CROSSİNG)

Hemodinamik bir sonucu yoktur. Literatürde bildirilmiş en fazla çaprazlaşma sirkumfleks arterin obtus marjinal dalları arasındadır (35).

2.5.2.5. Arka İnen Koroner Arterin Ektopik Çıkışı

Arka inen koroner arterin ektopik çıkış gösterdiğini gösteren birkaç olgu vardır ve en sık görüleni LAD'nin devamı şeklinde seyreder, ikinci sıklıkla septal arterden çıkabilir. Ayrıca sirkumfleks arterin obtus marjinal dalından veya pulmoner arterden çıktığı olgularda bildirilmiştir (36). Bu anomaliler benin anomaliler olarak kabul edilmektedir (35).

2.5.2.6. Arka İnen Koroner Arterin Yokluğu

Nadiren arka inen arter bulunmayabilir ve bu durumda septumun kanlanmasını uzun anteriyor septal dallar ve gelişmiş obtus marjinaldan ayrılan küçük dalcıklar sağlar. Genellikle klinik bir sorun çıkmaz ve stres testlerinde de iskemi bulunamamıştır.

2.5.2.7. Koroner Arterlerin İkili Seyirleri

İkili sol ön inen arter: Anteriyor interventiküler sulkusda iki farklı koroner arterin bulunmasına ikili sol ön inen arter ismi verilir.

Paralel sol ön inen arter: Majör bir diyagonal dal sol ön inen artere paralel olarak seyreder ve her ikiside apekse kadar ulaşırlar (35).

İkili sağ koroner arter: Genelde ayrı ostiyumlardan çıkan iki sağ koroner arter cruxa kadar paralel seyreder. Bazen tek ostiyumdan çıkan sağ koroner arter birkaç mm'lik seyirden sonra ikiye ayrılır.

İkili arka inen arter: Bu anomalinin en sık görülen tipi sağ koroner arter ve ön inen koroner arterden köken alan iki arka inen koroner arterin olmasıdır (35).

İkili sirkumfleks koroner arter: Burada sirkumfleksin kanlandığı bölge iki farklı koroner arter tarafından beslenmektedir. Sol ana koroner arterden ayrılan dal sol atriyoventriküler oluğa girmemektedir. Sağ koroner arterden ayrılan proksimal bir dal veya sağ sinüs vasalvadan bağımsız olarak çıkan ektopik sirkumfleks arter sol atriyoventriküler oluğa girerek ilerlemektedir (35).

2.5.2.8. Birinci Septal Arterin Ektopik Çıkışı

Tüm septal arterler içinde en geniş olanı birinci septal arterdir. Septumun en geniş alanını bu arter kanlandırmaktadır. Bu arter atrioventriküler düğümüne de dal verebilir. En sık görüleni bunun sağ sinüs vasalvadan ayrı bir ostiyum olarak çıkmasıdır (35,49).

2.5.2.9. Örgü (WOVEN) Koroner Arter

Burada koroner arter uzun eksen boyunca ince dallara ayrılmakta ve bu dallar tekrar ana lümeneye katılmaktadır (35,50). İlginç olarak bu anomali birkaç cm'lik damar segmentine sınırlı kalmakta ve distale kan akımını kısıtlamamaktadır. Bu benin bir anomalidir ve bunun disseksiyon veya intrakoroner trombus olarak yorumlanması hiç gerek olmayan anjiyoplasti işlemine ve muhtemel zararlarına yol açabilir (35).

2.5.2.10. Koroner Arter Bası Sendromları

Koroner arterler hem kalp içi hem de kalp dışı yapıların basısına maruz kalabilirler. Sol ana koroner artere bası yapan birçok sayıda lezyon olmakla birlikte başlıca lezyon genişlemiş ana pulmoner arterdir (35,51). Sol ana koroner arter sol sinüs vasalvanın ne kadar sağından çıkarsa basıya uğratılma ihtimali o kadar artmaktadır (35). Bu vakalarda pulmoner arteriel basınç yüksek olmakla birlikte nadiren normal olabilir fakat pulmoner çap/ aort çapı oranı her zaman artmıştır (35). Bunun dışında özellikle anormal çıkış ve gidişat gösteren bir sirkumfleks arter aort ve mitral kapak replasmanından sonra basıya uğrayabilmektedir (35).

2.5.2.11. Koroner Arter Ostiyumlarının Aort Kapağı Tarafından Kapatılması

Aort kapağının doğumsal hastalıklarında aort yaprakçıklarından birisi aort duvarına yapışarak koroner arter ostiyumunun tıkanmasına neden olabilir. Bu olgularda akut romatizmal ateş veya sifiliz öyküsünün ve kliniğinin bulunmaması yapışıklığın enfeksiyöz olmayıp doğumsal olduğunu düşündürmektedir (35,52).

2.5.2.12. Miyokardiyal Köprüleşme (MK)

Bir koroner arter segmenti üzerinde uzanan miyokardiyal kas bandı tarafından oluşturulur. En sık LAD'nin orta segmentinde lokalize olur (53,54). Bazı vakalarda MK anjina pektoris, miyokard infarktüsü, hayatı tehdit eden aritmiler ve hatta ölümden de sorumludur (54).

2.5.3. Koroner Arter Sonlanma Anomalileri

2.5.3.1. Koroner Arter Fistülleri

Bu anomalide normal yerinden çıkmış olan koroner arter kapiller yatak oluşturmadan, doğrudan doğruya bir kalp odacığı veya büyük damarla birleşmektedir. Bunlar konjenital (embriyonik arteriyoluminal sinüzoidlerin persistansı), veya edinsel (genellikle travmatik veya postoperatif) olabilir (34,39,46). Sağ koroner arter fistüllerde % 55 oranında (yaklaşık yarısı) yer almaktadır ve fistüllerin %90'ı venöz dolaşıma dökülmektedir (35,39,43). Geriye kalanların çoğu sol koroner arterden, %5 kadarı ise her iki koroner arterden kaynaklanmaktadır (35). Fistül sağ kalp boşluklarına açılıyorsa arteriovenöz fistül olarak işlev görmekte, arteriyel kanın venöz kana karışmasına sebep olmaktadır. Fistüllerin yaklaşık sadece %8'inin sol kalbe açıldığı düşünülmektedir (46). Bazı fistüller küçük olup koroner anjiyografide rastlantısal olarak saptanırlar fakat diğerleri devamlı üfürüm, angina, akut MI, konjestif kalp yetmezliği, endokardit, stroke, aritmi, koroner anevrizma oluşumu (rüptür, emboli), veya süperiyor vena kava sendromu ile ilişkilidir (39).

2.5.3.2. Sinüzoid–Koroner Arter Bağlantıları

Bunlar aslında koroner arter fistüllerinin bir tipidir. Sinüzoid – koroner arter bağlantıları hipoplastik sol kalp sendromu ve ciddi pulmoner stenoz gibi çeşitli konjenital kalp hastalıklarına eşlik etse de pulmoner atrezi ve intak ventriküler septuma eşlik etme olasılığı daha yüksektir (35). Bu olgularda sağ ventrikül basıncının yüksek olmasının sağ ventrikül ve koroner arasındaki bağlantıların açık kalmasına neden olduğu ileri sürülmektedir (35). Daha nadir olarak sol ventrikül obstrüksiyonu olan vakalarda persistan sinüsoidler yoluyla sol ventrikül-koroner arter bağlantıları olduğu bildirilmiştir. Burada koronerler sürekli ventriküllerin

sistolik basıncına maruz kaldığından miyointimal hiperplazi ve koroner arter darlıkları meydana gelebilmektedir (35).

2.5.3.3. Tersine Dallanma

Normalde koroner arterlerden ayrılan dallar doksan dereceden küçük açılarla ayrılırlar. Bu koroner arterlerdeki kan dolaşımının minimal enerji kaybı ile gerçekleşmesini sağlar. Bir koroner arterden doksan derecenin üstünde bir dal ayrıldığında koroner akım tersine doğru seyrederek ve buna tersine dallanma denir. Bu akım yavaş olur ve turbülans gösterir (35).

2.5.4. Anormal Koroner Kollateraller ve Koronerler Arası Bağlantılar

Kollateral deyimiyile bir koroner arterin başka bir koroner arteri veya kendisinin distal bölümünü normalden farklı yönde kanlandıran damarlar adlandırılmaktadır. Kollaterallerin genellikle bir koroner arterin tıkanması sonrası geliştiğine inanılmaktadır (35). Bazen nadiren tıkaçıcı veya daraltıcı lezyon olmadan iki koroner damar arasında bağlantı olduğu görülür (35). En sık sağ koroner ve sirkumfleks arter arası görülür (35,55). Kalp dışında bağlantılar koroner arterler ile bronşiyal, internal mammaryal, perikardiyal, antriyor mediastinal, süperiyor ve inferiyor frenik arterler, interkostal ve özefagus arterlerini birleştirebilirler (35). Bu bağlantıların normalde bir önemi olmamakla beraber koroner arterde basınç düştüğü zaman bronşiyal arterlerden koroner artere kan akımı başlayabilir (35).

2.6. Koroner Arter Anevrizma ve Disseksiyonları

Koroner arter anevrizması, normal komşu arter segment çapının 1,5 katından daha geniş çapa sahip koroner arter segmenti olarak tanımlanır. 20,087 hasta ile yapılan bir çalışmada koroner arter anevrizması insidansı % 4,9 olarak bildirilmiştir (56). Ateromatöz anevrizmaların çoğunluğu küçük ve kalın duvarlıdır, bu yüzden kendiliğinden rüptür riski düşüktür. Konjenital anevrizmalar genellikle sağ koroner arterdedir, büyüktür ve genç hastalarda izlenirler. Konjenital anevrizmaların kalp tamponadına yol açacak şekilde sağ atriuma ya da perikardiyal aralığa rüptüre olduğu bildirilmiştir (57). Koroner arter disseksiyonu ise geriye, koroner arter orifislerine doğru uzanan tip A aortik disseksiyonun nadir görülen bir komplikasyonudur.

2.7. Koroner Arter Ateroskerozu

Ateroskleroz; lipidler, fibroblastlar, makrofajlar, düz kas hücreleri ve hücre dışı maddelerin değişik oranlarda damar duvarının intima tabakasında birikimi ile seyreden, altındaki medya tabakasını zayıflatan, arterlerin esneklik ve antitrombotik özelliklerinin bozulmasına, lümene doğru gelişerek ilerleyici arteriyal darlık ve tıkanmalara yol açan intimal plaklara bağlı olarak meydana gelen yaygın ve ilerleyici süreçteki hastalığa denir.

Ateroskleroz, nedenleri tesbit edilip tedavi edilebildiği takdirde durdurulabilen veya geriletilebilen, multifaktöryel, morbit ve mortal, sadece koroner değil tüm arteriyal yapıları tutabilen sistemik bir hastalıktır. Koroner arterleri, karotisleri, abdominal aortayı, renal arterleri ve alt ekstremitayı daha çok tuttuğu bilinmektedir.

2.7.1. Aterosklerozun Patogenezi

Aterosklerozun patogenezi için başlıca iki hipotez öne sürülmüştür:

1) Lipid hipotezi: yüksek plazma LDL düzeyinin LDL'nin arter duvarına girmesine neden olduğunu öngörür. Bu şekilde damarın intima tabakasında, düz kas hücrelerinde ve makrofajlarda (köpük hücreleri) lipid birikir.

2) Kronik endotel hücre hasarı hipotezi: Hemodinamik güçler veya oksidatif hasar nedeniyle endotelde gelişen hasar yüzünden endotelin lipoproteinlere permeabilitesinde artış olması veya küçük yoğunluktaki lipoprotein partiküllerinin kolayca endotelden geçebilmesini öngörür.

Endotel fonksiyonlarını bozan ve düzelten faktörler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Endotel fonksiyonları üzerine etkili olan faktörler.

Endotel Fonksiyonlarını Bozan Faktörler	Endotel Fonksiyonlarını Düzelten Faktörler
Yaşın artması	L-arginie(NO artışı)
Erkek cinsiyet	Estrojen
Ailede KAH öyküsü olması	Antioksidanlar
Sigara içmek	Sigarayı bırakma
Yüksek serum kolesterolü	Kolesterolün düşürülmesi (statinler)
Düşük serum HDL kolesterolü	ACE inhibitörleri
Hipertansiyon	Egzersiz
Diabetes mellitus	Homosisteinin düşürülmesi
Yüksek serum homosistein düzeyleri	
Obezite	
Yağlı beslenme	

Amerikan Kalp Birliği (AHA), ateroskleroz lezyonlarını, ilerleme tipini klinik sonuçlarla eşleştirerek altı tipe ve beş evreye ayırmıştır (58).

Evre1: Küçük bir lezyondur ve genellikle 30 yaşın altında görülür. Endotel yüzeyi sağlamdır ve klinik bulgu vermezler.

Evre 2: Bu evrede semptom olmamasına karşın artık bir aterom plağı oluşmuş olup ekstrasellüler lipid kümeleri bir araya gelerek bir lipid çekirdek oluşturur. Bu havuzun etrafı DKH, inflamasyon hücreleri ve bağ dokusu ile sarılmıştır. Lipid çekirdeğin üzerinde ince bir fibröz başlık varlığıdır. Fibröz doku kollajen ve proteoglikan gibi ekstrasellüler matriks oluşturan düz kas hücreleri tarafından yapılır. Plak içinde damarlanma vardır. Erken dönemde bu lezyonlara yeniden biçimlenme eşlik ettiğinden koroner anjiyografi ile saptanamaz, ancak IVUS, MRI gibi tekniklerle görülebilirler. İleri dönemde yeniden biçimlenme ile kompanse edilemeyecek kadar büyük olduğundan, anjiyografi ile düzgün yüzeyli plaklar olarak görülebilir.

Evre 3: Evre 2 lezyonların rüptürü, fissürleşmesi, erozyonu, ülserasyonu ya da çok daha seyrek olarak yeni gelişen kapillerlerden kanama sonucu oluşur. Akut

myokard enfarktüsü ve kararsız anjina genelde bu evredeki lezyona bağlıdır. Plak yırtılması sonucu oluşan trombüsün çoğu, fibrinolitik sistem tarafından yıkılabilir. Hasarlı plak üzerine trombüs oturur. Trombüs damarı tıkarsa evre 4 lezyon oluşur. Tıkayıcı boyutta değilse damar çapındaki bu hızlı daralma anjina pektorisine neden olur.

Evre 4: Bu lezyonların evre 3'tekilerden farkı duvardaki trombüsün büyüklüğüdür. Tıkayıcı bir trombüstür ve akut koroner sendromlara neden olur.

Evre 5: Evre 3 ve 4'teki lezyonlarda hasarın onarımı ve duvarda oturan trombüsün organize olması sonucunda plağın boyutu büyür ve fibrotik tıkayıcı lezyonlar oluşur. Damar lümeninde kritik düzeyde daralma oluşturdukları için anjina pektorisine neden olurlar. Ancak bu lezyonlar ortaya çıkmadan önceki iskemik dönemde etkili bir kollateral dolaşım oluştu ise klinik bulgu vermeden sessiz olarak kalabilirler. Daha ileri aşamadaki lezyonlar birçok kez tekrarlayan hasar onarım süreci nedeniyle, lipit içermeyen veya az miktarda lipit içeren, kalsiyum depozit kitleleri içeren veya ön planda kollojenden oluşan lezyonlardır. Bu lezyonların hastalığın son safhasını yansıttığına inanılmaktadır. Plak kalsifikasyonunun klinik önemi belirgin değildir ama lezyonları daha az elastik ve gerilim kuvvetlerine karşı daha duyarlı hale getirir.

Amerikan Kalp Birliği (AHA), ilerleme tipini klinik sonuçlarla eşleştirerek altı tipe ve beş evreye ayırdığı aterosklerozun aşamaları ve lezyonların morfolojileri şekil 1'de gösterilmiştir.

Aşağıdaki tabloda klasik KAH risk faktörlerine ait düzeltilmiş Framingham skorlama puanları verilmiştir (Tablo 2). Bu puanların toplanması sonucu ortaya çıkan risk skoru ile KAH açısından risk kategorisi hesaplanmaktadır.

Tablo 2. Framingham skorlama ve risk kategorisi.

Risk Faktörleri	Framingham Skorlama Puanları		Risk Faktörleri	Framingham Skorlama Puanları	
	Erkek	Kadın		Erkek	Kadın
Yaş	<34	-1	Total Kolesterol	<160	-3
	35-39	0		169-199	0
	40-44	1		200-239	1
	45-49	2		240-279	2
	50-54	3		≥280	3
	55-59	4		7	
	60-64	5	HDL	<35	2
	65-69	6		35-44	1
	70-74	7		45-49	0
				50-59	-1
Glukoz (plasma mg/dl)	<110	0	Kan Basıncı	≥60	-2
	110-126	1		<120	0
	>126	2	120-129	0	
Sigara	Hayır	0	130-139	1	
	Evet	2	140-159	2	
			>160	3	
RİSK KATEGORİSİ			10 YILLIK MI OLASILIĞI		
YÜKSEK			>20		
ORTA			10-20		
DÜŞÜK			<10		

Sigara içme patogenetik olarak kolesterole bağlı bir risk faktörüdür ve diğer risk faktörleriyle sinerjistik yönde etki ederek KAH riskini artırır. Sigaranın aterosklerotik değil trombojen olduğu lehine güçlü kanıtlar vardır. Bu nedenle sigaranın stabil anjina için değil miyokard infarktüsü için güçlü bir prediktör olduğu düşünülmektedir (61).

2.7.3. Plağın Yapısı ve Oluşturdukları Klinik Tablo Arasındaki İlişki

Koroner arter stenozu koroner arter iskemisi ile ilişkilidir, ancak miyokart infarktüslerinin sadece dördte biri önemli koroner arter stenozundan kaynaklanır (stenoz $>75\%$). Non-stenotik plaklar ($<75\%$) 80% oranında miyokardial infarktüslerden ölümlerin sebebidir. Akut miyokart infarktüsü (AMI) hastaların 90% 'ında hemodinamik açıdan anlamlı stenoz yoktur.

Rüptür eğilimli plaklar konvansiyonel koroner anjiyografide anlamlı stenoz yapmadıkları sürece gözlenmezler (62). ÇKBT ile plak dansitesi ölçümü ile rüptür eğilimli yumuşak (soft) plaklar belirlenebilir, BT atenuasyon değerleri ile lipidden zengin plak ile fibrotik komponenti baskın olan aterosklerotik plaklar ayrılabilir. Plak kompozisyonunun noninvaziv olarak belirlenmesi rüptür eğilimli yumuşak plakların erken tedavisinde önemlidir (63). Aterosklerotik plağın içeriği ve konfigürasyonu plak stabilitesinin en önemli göstergeleridir (63). Olgunlaşmış bir aterom plağında lipid çekirdeğin üstü fibröz bir başlıkla örtülüdür.

2.7.3.1. Kararlı (Stabil) Aterosklerotik Plak

Kalın bir fibröz başlık vardır. Fibröz başlığın kalınlığı plağın her bölgesinde eşit düzeydedir. Fibröz başlık, DKH ve kollajen bakımından zengindir. Lipid çekirdek plağın toplam hacminin 40% 'ndan azdır. Lezyondaki inflamasyon (makrofaj ve T lenfosit) hücre sayısı azdır. Bu yapısal özellik plağa mekanik travmalara direnme yeteneği kazandırır. Plaktaki çevresel gerilme stresini azaltır. Plağın komplike olma riski düşüktür

Bu özellikleri taşıyan aterom plağı lümeninde kritik düzeyde daralma yapacak kadar büyür ise oluşturacağı klinik tablo kararlı anjina pektoristir. Ancak büyüme her zaman lümeneye doğru olmaz. Duvardaki yeniden biçimlenme ile damar dışı çapını artırır. Bu durumda büyüme dışı doğrudur ve lümeni etkilemez. Hacim olarak büyük bir aterom plağı olsa bile, bu şekilde oluşan bir aterom plağını anjiyografik olarak tanımak olanaklı olmayabilir.

2.7.3.2. Kararsız (Anstabil, Vulnerable) Aterosklerotik Plak

Komplikasyon riski yüksek, rüptür eğilimli plaklara hasarlanabilir plak denir. Kararsız bir plağın ortak özellikleri şunlardır: Plağın toplam hacminin %40'ndan daha büyük bir lipid çekirdek, inflamasyon hücrelerinin(makrofaj ve T-lenfosit) çok olması, DKH ve kollajen içeriği azalmış ince bir fibröz başlık, fibröz başlık üzerindeki çevresel duvar stresinde artmadır. Miyokarda iskemisine neden olmayacak kadar küçük plaklarda, eğer kararsız özelliklere sahiplerse, zedelenerek akut koroner sendromlara yol açabilirler (64,65).

Kararsız plaklar bütün aterosklerotik plakların %10-20'sini oluştururken, akut koroner sendromlardan sorumlu olanların %80-90 oranında bunlar olduğuna inanılmaktadır. Bir plak komplike olduğu zaman akut koroner sendromlara sebep olabileceği gibi tamamen sessiz de kalabilir. İleri derecede koroner damar daralmasına neden olan lezyonların %70'inin komplike olup onarılmış lezyonlar oldukları saptanmıştır (66). Kararsız plakların yaralanmaya en açık bölgeleri, "omuz" bölgeleri diye nitelendirilen, fibröz başlığın damar duvarı ile birleştiği bölgelerdir. İnflamasyon hücreleri en yoğun olarak burada birikmiştir. Zayıflayan fibröz başlık mekanik streslere karşı dirençsiz hale gelir. Fibröz başlığın hasarlanması sonucunda subendotel dokudaki adeziv ve prokoagülan maddeler, kan elemanları ve pıhtılaşma faktörleri ile karşılaşp trombüs oluşumunu tetiklerler (67). Bu da akut koroner olayların gelişmesine yol açar.

2.7.4. Koroner Arterlerde Aterosklerotik Plakların Tomografik Morfolojisi ve Stenoz Sınıflaması

Koroner plaklar uzunluklarına göre ACC/AHA (American College of Cardiology/American Heart Association) kriterleri esas alınarak aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

1. 10 mm'ye kadar olan plaklar diskret plak,
2. 10–20 mm arası plaklar tubuler plak,
3. 20 mm'den büyük plaklar ise diffüz plak olarak adlandırılmaktadır.

Kalsifikasyon varlığına göre ise;

- a. Kalsifikasyon içermiyorsa soft (0–130 HU),
- b. Kalsifikasyon içeriyorsa ve soft bileşeni varsa miks,
- c. Tamamı kalsifiye ise kalsifik plak (>130HU) olarak adlandırılır.

Plaklar tek (soliter) veya çok (multipl) olabileceği gibi yine aynı anda farklı evrelerde (preaterom, aterom, fibroaterom) ve farklı morfolojide (soft, miks, kalsifik) olabilirler (68). ÇKBT ile plak morfolojisinin değerlendirilmesi çok önemlidir. Çünkü irregüler lezyonlarda plakta fissür oluşumu, rüptür, trombosit ve fibrin birikimi sıkça izlenmektedir. Kompleks ve irregüler özellikte plaklar anstabil koroner sendroma yol açarken, düzgün bir lüminal kontür ise daha çok stabil anjina ile birlikte dir.

Koroner kalsiyum skoru, koroner arterlerde bulunan toplam aterosklerotik plak yükü ile ilişkilidir (69). Günümüzde bu amaçla MDBT kullanılmakta olup koroner arter kalsiyum miktarının belirlenmesinde ve koroner aterosklerozun tespitinde invazif olmayan, yüksek duyarlılığa sahip bir yöntemdir.

Agatston skorlamasına göre, birbirine komşu 2-3 pikselde 1 mm²'den geniş bir alanda BT dansitesi 130 HU'den fazla olan lezyonlar kalsifikasyon olarak yorumlanmaktadır (70). Histolojik çalışmalar +130 Hounsfield ünitesi (HU) değerindeki doku dansitelerinin kalsifikasyonla uyumlu olduğunu desteklemektedir (71). Kalsiyum skorlama için yeni metodlar milimetreküp içinde kalsiyum volümünün hesaplanmasını sağlayan volüm skorlama ile miligram içinde kalsiyumun mutlak kütesini gösteren kütle skorlama teknikleridir.

Volüm skorlama; $\text{Volüm} = \Sigma \text{alan} \times \text{KA}$, Kütle skorlama; $\text{Kütle} = \Sigma \text{alan} \times \text{KA} \times \text{ortalama BT dansitesi}$, eşitlikleri kullanılarak hesaplanır (72,73).

Koroner kalsiyum skorunun sıfır olması koroner aterosklerozun tamamen yokluğunu göstermese de, yaş ve cinsiyetten bağımsız olarak belirgin obstrüktif koroner lezyon (> % 50 lüminal darlık) bulunma olasılığının hiç olmadığını veya çok düşük (% 2) olduğunu gösterir. Agatston ve arkadaşlarının, otopsi incelemeleri ile yaptıkları bir çalışmada ise, saptanabilir koroner kalsiyum yokluğunda koroner arterlerde % 2 oranında obstrüktif koroner lezyon bulunmuştur (negatif prediktif

değer % 2) (70). Sonuç olarak koroner arter hastalığı için yüksek bir sensitiviteye ve yüksek negatif prediktif değere (\geq % 80) sahiptir ancak nonkalsifiye unstable plakların saptanmasında başarısızdır (74). Biz kliniğimizde rutin koroner MDBT anjiyografi tetkiki uygulanan hastalara koroner arterlerin kalsiyum yükünü belirlemek amacıyla anjiyografi öncesi kalsiyum skorlama çekimi yapmaktayız.

2.8. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

2.8.1. Bilgisayarlı Tomografi Tarihçesi

Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazları teknolojik gelişmelere paralel olarak büyük bir evrim geçirmiş ve halen bu süreç devam etmektedir. BT ile ilgili ilk başarılı klinik uygulamalar 1967 yılında G. Hounsfield tarafından gerçekleştirilmiş ve 1971 yılında hastane şartlarında uygulanmaya başlanmıştır. Birinci nesil cihazlarda ince bir X ışını ve tek dedektör kullanılıyorken tüp bir derece dönüyor, veri işleniyor ve tekrar bir derece dönüş yapıyordu. Bu işlem tüp ve dedektör 180 derece dönene kadar tekrarlanıyordu. Bu cihazlarda kesit alım süresi oldukça uzundu. İkinci nesil BT cihazlarında yelpaze şeklinde bir ışın ve birden fazla sayıda dedektör sistemi bulunmaktaydı. Tüp hareketi 10 derecelik açılarla 180 dereceye tamamlanıyordu. Böylece daha hızlı tarama zamanı ve aynı anatominin birden fazla dedektörce izlenmesi sayesinde ayrıntıda artış sağlanmaktaydı. Üçüncü nesil BT cihazlarında kolime edilmiş yelpaze şeklindeki X-ışını demetinin karşısında ışın demetini gören çok sayıda dedektör kullanılmaktadır. Dördüncü nesil cihazlarda gantri boşluğunu 360 derece çevreleyen çok sayıda dedektör kullanılmaktadır. Bu cihazlarda dedektörler sabittir ve hasta çevresinde sadece X-ışını tüpü döner. Beşinci nesil cihazlarda tüp ve dedektör hareketi ortadan kaldırılmıştır. Gantri çok büyük bir X-ışını tüpü haline getirilmiştir. Elektron-Beam Tomografi olarak adlandırılan bu sistem devreye girdikten bir süre sonra ÇKBT geliştirilmiştir (75,76). BT konusundaki teknolojik gelişmeler ile ilk ÇKBT 1998'de 4x1mm kesitli olarak klinik kullanıma girmiştir. Bunu 2000 yılında 8, 2001'de 16, 2004 yılında 64, 2008 yılında 128 kesitli sistemler izlemiştir.

2.8.2. Bilgisayarlı Tomografi Temel Fizik Prensipleri

BT aygıtında tarayıcı, bilgisayar ve görüntüleme ünitesi olmak üzere 3 bölüm vardır. Tarayıcı hasta masası ve gantriden oluşur. Gantri içerisinde tüp ve dedektör sistemi bulunur. Masa gantri boşluğu içerisine girip çıkabilir. Her kesit alma işleminden sonra masa bir miktar hareket ettirilir. Bu şekilde hastanın incelenen bölgesinden ardışık kesitler alınabilir. Tüpten çıkan x-ışınları kolime edilerek istenilen kesit kalınlığına eşit kalınlıkta yelpaze şeklinde bir X ışın demeti gönderilir. Işın demetinin kalınlığı operator tarafından belirlenir. Hasta vücudundan geçirilen bu X-ışını demeti diğer uçta x-ışınlarına hassas bir dedektör zincirine ulaşır. Dedektörlere ulaşan x-ışınları hasta vücudundan geçerken vücudun değişik dokularında değişen oranlarda zayıflamaya uğrar. Bilgisayar ünitesinde tarayıcı sistemden gelen bilgiler eşliğinde matematiksel işlem ve algoritmalarla x-ışınlarının taradığı alanın her bir noktasının X ışını zayıflatma değeri hesaplanır. Daha sonra bu işlemlerden elde edilen sonuçlar, tarama alanını temsil edecek, sayılardan oluşmuş bir haritaya dönüştürülür. Bu işleme rekonstrüksiyon adı verilir. Sistem X-ışını zayıflatma (attenüasyon) değeri en yüksek piksellere beyaz rengi atar, azalan değerleri giderek daha koyu gri tonlarla renklendirir ve en düşük değerleri siyaha boyar. Böylece bilgisayar ekranında, harita elemanları siyahtan beyaza dek değişen noktacıklar içeren bir resime dönüştürülür. Resmin en küçük elemanı olan bu noktacıklara piksel, resimdeki piksel sayısını belirten, noktacıkların ve çizgilerin birleşiminden oluşan örgüye de matriks (256X256- 520X520 gibi) adını veriyoruz. Organizmadaki bu odağın, kesit düzlemine paralel x-birim uzunluğunda ve y-birim genişliğinde iki boyutu vardır. Bunun yanı sıra X-ışını demet kalınlığına eşit derinlik boyutu da olacaktır. Bu durumda, noktasal odağımızı hacim boyutunda ele almamız gerekmektedir. Bu hacme voksel (voxel) adı verilir ve hacim elemanı anlamına gelen ingilizce (volume element) sözcüklerinin kısaltmasından oluşur (75). BT'de her bir vokselde hesaplanan X-ışını zayıflatma değerini standart bir değer ile belirtmek amacıyla Hounsfield skalası olarak adlandırılan bir referans sistemi kullanılmaktadır. Hounsfield skalasında X-ışını atenuasyon değerleri -1000 ve 1000 arasında 2000 birim içerisinde sınıflandırılmıştır. Bu skalaya göre suyun atenuasyon değeri sıfır, kemik gibi çok yoğun oluşumlar için bu değer 1000, hava için -1000 olarak kabul edilmiştir. Bilgisayar ekranında izlediğimiz görüntü renkle kodlanmış bir harita

olduğundan bu haritanın renklendirme kriterlerini pencereleme (windowing) dediğimiz bir işlemle kolayca değiştirebiliriz. Pencerelemeden amaç, siyahtan beyaza dek değişen bir spektrumda yaklaşık 20 tonu ayırt edebilen bir insan gözünün Hounsfield skalasındaki -1000, +1000 aralığında istediği oluşumları seçmesini sağlamaktır. Pencereleme işleminde birisi pencere genişliği 'window width' diğeri de pencere seviyesi 'window level' olmak üzere ayarlanabilen iki parametre vardır. Pencere genişliği görmek istediğimiz oluşumların HU değerlerini içine alıp ilgilenmediklerimizi dışarıda bırakacak şekilde seçilen bir Hounsfield skalası barındırır. Bu durumda sadece seçtiğimiz bant içerisinde kalan HU değerleri gri bir renk tonu alırken bandın dışında kalan HU değerleri ya beyaz ya da siyah renk ile boyanırlar. Pencere seviyesi ise seçtiğimiz pencere genişliğinin orta noktasıdır. Pencere seviyesi ve genişlik ayarlarının istenilen organ ve oluşumların en iyi görüntülenebilecekleri şekilde seçilmeleri halinde, inceleme optimal yapılacaktır. Pencerelemenin en güzel örneği, akciğer parakim incelemesi yapılırken mediastinal oluşumların ayrıntılarının kaybolması, ya da tam tersine mediastinal oluşumlar için ayarlanmış bir pencere değerlerinde, akciğer parankim ayrıntılarının izlenememesidir (75).

2.8.3. ÇKBT Fizik Özellikleri

ÇKBT cihazları, olaganüstü hızları sayesinde, konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, klasik kesit taramasından çok, bir anlamda "hacim taraması" yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki (z eksenindeki) çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığıdır. Dedektör teknolojisindeki iyileştirmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Böylece ulaşılan izotropik voksel geometrisi sayesinde multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüleme optimal kalitede yapılabilmektedir (77,78,79).

2.8.3.1. Gantri Rotasyon Süresi

Gantri rotasyon süresinin 1 sn'nin altına inmesi hareket artefaktlarını belirgin olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını doğurmuş ve longitudinal (z eksen) çözünürlüğü de artırmıştır. Bu durum

kalbin diastolik fazında göreceli olarak hareketsiz görüntülerin alınmasına izin vermektedir. Bu gelişme prospektif ve retrospektif elektrokardiyografik tetikleme ile birlikte, koroner arter kalsiyum skorlama ve koroner arter BT anjiyografi gibi kardiyak uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Tarama zamanının 1 sn'nin altına indirilmesi için gantri çiziminde (design), gantri motorunda, veri ileti düzeninde (Data transmission system-DAS) ve X-ışını tüpünde bazı değişikliklerin yapılması gerekmiştir. Tarama zamanı 1 sn'nin altına indiğinde gantriye uygulanan merkezkaç kuvvette büyük artış oluşmaktadır. Gantrinin bu kuvvet artışını karşılamak üzere yeniden biçimlendirilmesi gerekmektedir. Yine, tarama zamanı kısaltıkça birim zamanda ölçülen veri miktarı artmaktadır. Bu miktardaki verinin iletimi düşük voltajlı slip-ring yönteminden farklı, daha yüksek hacimli ve hızlı veri iletim sistemlerine ihtiyaç doğurmuştur. Tarama zamanının kısaltılması tüpe uygulanan merkezkaç kuvvetini arttırdığı gibi tüpün ürettiği X-ışını miktarının artmasını ve dolayısıyla tüpün soğutma yeteneğinin iyileştirilmesini de gerektirmiştir (80).

2.8.3.2. Temporal Çözünürlük

Temporal çözünürlük görüntü rekonstrüksiyonu için gerekli tarama verilerinin elde edilmesi sırasında harcanan zamandır ve bu süre gantri rotasyon süresinin yarısına eşittir. ÇKBT için temporal çözünürlük tarayıcının tek bir gantri rotasyonunu tamamlama süresine bağlıdır. Bununla birlikte kısmi tarama yöntemlerinin kullanılması ile yaklaşık 240 derecelik gantri rotasyonu sonucu elde edilen verilerden yeniden görüntü oluşturulabilir. Temporal çözünürlük düşük kalp hızlarında optimal görüntü sağlar. Yüksek kalp hızlarında bulanıklaşma ve basamak artefaktları ortaya çıkar (81). Yüksek kalp hızlarında temporal çözünürlük birden fazla kalp siklusuna ait veriler toplanarak artırılabilir. Buna 'multisegment' veya 'multisektör' rekonstrüksiyon adı verilir.

2.8.3.3. Uzaysal Çözünürlük

Uzaysal çözünürlük birbirine komşu iki yapının ayırt edilebilme gücünü gösterir (82). Koroner arterlerin lümen genişlikleri proksimalde 2-4 mm arasında, distalde 1 mm civarındadır (21). Koroner arterlerin kalp yüzeyinde seyrettikleri planlar da farklılık arz etmektedir. LAD aksiyel plana hemen hemen paralel seyir

gösterirken RCA ve Cx aksiyel plana dik seyir gösterirler. Hem çaplarının bu denli küçük olması hem de kalp yüzeyindeki karmaşık seyirleri sebebiyle koroner arterlerin değerlendirilebilmesi üst düzeyde bir uzaysal çözünürlük gerektirir (21,83). Koroner arterlerin görüntülenmesinde altın standart kabul edilen konvansiyonel anjiografinin uzaysal çözünürlüğü 0,2x0,2 mm'dir (84). Bu değer EBT için 0,7x0,7x3 mm, 4 dedektörlü BT için 0,6x0,6x1mm ve 16 dedektörlü BT için 0,5x0,5x0,6 mm'dir (85,86,87).

2.8.3.4. Multislice Dedektör

Multislice dedektör teknolojisinin ana komponenti dedektör yapısıdır. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında dedektör tek sıra halinde dizilmiş dedektör elemanlarının oluşturduğu tek boyutlu bir yapı iken, multidedektör BT cihazlarında çok sayıda dedektör sırasından oluşan iki boyutlu bir matris yapısındadır. Multislice BT cihazlarında minimum kesit kalınlığını belirleyen unsur en küçük dedektör elemanının Z eksenindeki genişliğidir.

2.8.3.5. İnce Kesit Kalınlıkları

Konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, ÇKBT cihazları artmış hızları sayesinde klasik kesit taramasından çok, bir anlamda "hacim taraması" yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki (Z eksenindeki) çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığıdır. Dedektör teknolojisindeki iyileştirmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Günümüzde 64 detektörlü bir cihazda kesit kalınlığı 0.5 mm'ye kadar inmiştir. Böylece elde olunan görüntülerle yüksek kalitede reformat, multiprojeeksiyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar oluşturulabilmektedir.

2.8.3.6. Data Acquisition System (DAS) Veri Elde Etme Düzeni

Dedektör sıralarından veya bunların kombinasyonlarından alınan kesit bilgileri daha sonra DAS'lara aktarılmaktadır. Örneğin 16 segmentli bir sistemde 16 dedektör kanalı/kanal kombinasyonundan alınan veriler 16 adet DAS aracılığıyla işlenmekte, yani DAS'lara gelen analog veriler dijital verilere dönüştürülmektedir.

DAS sayısının artması elektronik devre gereksiniminin de artması sonucunu doğurmuştur. Fazla miktardaki elektronik devrenin yer ihtiyacı bunların yüksek yoğunlukta monte edilmesiyle çözümlenmiştir.

2.8.3.7. Görüntü Rekonstrüksiyonu

2.8.3.7.1. Yarım Tarama Rekonstrüksiyon Prensibi

Yarım tarama rekonstrüksiyon olarak adlandırılan bu algoritmalar, yelpaze ışın geometrisindeki parsiyel tarama veri setinin ‘rebinning’ teknikleri ile paralel ışın geometri verisine dönüştürülmesi esasına dayanır (88). Yelpaze ışın geometrisindeki parsiyel tarama veri setinin rebinning işlemi ile dönüşümü, 180 derecelik tam paralel projeksiyonlar ve bunun yanında inkomplet, gerekenden fazla ‘redundant’ veri içeren paralel projeksiyonlar oluşturur. Bu inkomplet projeksiyonlar kullanılmadan sadece 180 derecelik paralel geometrik projeksiyon verisi ile görüntü rekonstrüksiyonu yapılacak olursa görüntünün merkezinde temporal rezolüsyon, gantri dönüş zamanının yarısı olacaktır. Günümüzde kardiyak uygulamalar için modern çok kesitli BT cihazları bu yarım tarama rekonstrüksiyonu kullanmaktadır.

2.8.3.7.2. Çok Noktalı Rekonstrüksiyon Algoritması ve Optimal Veri Örnekleme

ÇKBT cihazlarında dedektör iki boyutlu olduğundan tüpten çıkan X-ışını hüzmesi de iki boyutludur, yani koni şeklindedir. Konvansiyonel rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması durumunda, koni içinde belli bir açıyla dedektör elemanlarına gelen X ışınları artefaktlara yol açabilir. Bu artefaktların giderilebilmesi için, ÇKBT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntüler rekonstrükte edilmektedir (80,81). Bu şekilde konvansiyonel helikal tekniğe göre daha yüksek kalitede görüntü kalitesi elde edilebilmektedir. Multipoint rekonstrüksiyon algoritmasında verilerin örnekleme de optimize edilmiştir. Optimize edilmiş örnekleme adı verilen bu yöntemin amacı longitudinal yönde veri örnekleme miktarını arttırmak, yani daha fazla ölçüm bilgisi elde etmek ve böylece sinyal/gürültü (S/G) oranını arttırmaktır (89). Bir 4 segmentli cihazda helikal pitch 4

olduğunda helikslerin direkt verileri ile tamamlayıcı veriler çakışmaktadır. Bu nedenle tamamlayıcı verilerin görüntü kalitesine bir katkısı olamamaktadır. Dolayısıyla böyle bir sistemde helikal pitch faktörü 3,5 ya da 4,5 gibi kesirli sayılardan seçilmektedir. Böylece ortaya paradoksal bir sonuç çıkmaktadır. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında pitch faktörü arttıkça S/G oranı azalırken, bir 4 segmentli multislice cihazda 4,5 pitch faktörü daha verimli veri örnekleme sağladığından 4 pitch faktörü ile mukayese edildiğinde S/G oranı bakımından daha kaliteli bir görüntü elde edilmesini sağlayabilmektedir. Konvansiyonel yöntemle göre daha fazla ölçüm verisi kullanılmasına olanak veren optimal örnekleme yöntemi sayesinde ÇKBT cihazlarında aynı dozun kullanılması durumunda S/G oranı konvansiyonel BT cihazlarına göre % 20 artmaktadır (81).

2.8.3.7.3. Z Filtre Rekonstrüksiyonu

Tek bir helikal veri kümesinden uygun Z kernelleri seçilerek farklı kesit kalınlıklarında çok sayıda görüntü serisi oluşturulabilmektedir (80). Buradaki ilke standart veya akciğer kernelleri ile yapılan görüntü rekonstrüksiyonuna benzemektedir. Nasıl bu kernellerde düzlem içi (in-plane) frekans yanıtı değiştirilerek standart veya akciğer algoritmasında görüntüler oluşturuluyorsa, Z kernelleriyle de kabaca benzer bir biçimde Z eksenindeki frekans yanıtı değiştirilmekte ve bu şekilde farklı kesit kalınlıklarında görüntüler oluşturulabilmektedir (80).

2.8.4. ÇKBT'deki Yeniliklerin Parametrelere Yansıması

2.8.4.1. Tarama Hızında Artış

ÇKBT sistemlerinde hızın artması esas olarak iki nedene bağlıdır: Gantri rotasyon süresinin kısalması (0,5 sn'ye ve altına inmesi) ve pitch faktörünün artması. Bu iki etki birleştirildiğinde, örneğin 4 segmentli bir cihaz konvansiyonel helikal cihaza göre 8 kat, 8 segmentli bir cihaz 16 kat hızlı tarama yapabilmektedir. Burada bilinmesi gereken bir nokta daha vardır. Tarama hızındaki bu 8 ya da 16 kat artış her kesit kalınlığı için geçerli değildir. Düşük kesit kalınlıklarında maksimum hız (yani 4 ya da 8 segment tarama) mümkün olmakta, ancak kesit kalınlığı arttıkça bu şans

azalmaktadır. Pitch 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının tek kesit kalınlığına oranı olarak hesaplanabileceği gibi, 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının toplam ışın demeti genişliğine oranı şeklinde de hesaplanabilir. İkinci formülle, yani rotasyon süresince olan masa hareketini toplam ışın demeti genişliğine bölerek hesaplamakta ve beam pitch olarak adlandırmaktadırlar. Bu şekilde örneğin 4 segmentli bir cihazda ikinci yöntemin 3 olarak verdiği pitch değeri birinci yöntemde 0.75'dir. İkinci yöntemde, örneğin 3 ve 6 gibi pitch değerleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde pitch'in 3 olarak kullanıldığı tarama modları yüksek kalite, pitch'in 6 olarak kullanıldığı tarama modları hızlı olarak tanımlanmaktadır. Uzaysal çözünürlüğün önemli olduğu klinik durumlarda 3 pitch'in, yüksek hacimlerin kısa zamanda taranmasının gerekli olduğu durumlarda 6 pitch'in kullanılması önerilmektedir (90).

Dört segmentli bir ÇKBT cihazını, gantri rotasyon süresi aynı ama tek segmentli yani konvansiyonel helikal bir cihazla karşılaştıran bir çalışmada 4 segmentli cihazda helikal pitch'i 3 seçerek 3 kat daha hızlı elde olunan görüntülerin tanısal kalitesinin pitch'in 1 seçildiği tek segmentli cihazla karşılaştırılabilir düzeyde olduğu bulunmuştur. Daha açık ifade edecek olursak, 4 segmentli cihaz konvansiyonel helikal cihaza göre 3 kat daha hızlı tarama yapmakta ve bu artmış hıza karşın tanısal kalite açısından benzer görüntüler oluşturmaktadır (78).

2.8.4.2. Gantri Rotasyon Süresinin Kısalması

Gantri rotasyon süresinin bu denli kısalması hareket artefaktlarını belirgin olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını doğurmuş ve longitudinal (z eksen) çözünürlüğü de artırmıştır. Bu gelişme, prospektif ve retrospektif elektrokardiyografik tetikleme ile birlikte, koroner arter kalsiyum skorlama ve koroner arter BT anjiyografi gibi kardiyak uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Bu süre çalışmamızda kullandığımız 128 ÇKBT cihazında 0,3 sn'ye inmiştir. Böylelikle 150 msn'ye inen temporal çözünürlük sağlanabilmektedir. 150 msn'lik temporal çözünürlük de kalbin diastolik fazında göreceli olarak hareketsiz görüntülerin alınmasına izin vermektedir.

2.8.4.3. Kesit Kalınlığında Azalma

Günümüzde ÇKBT cihazlarında minimum kesit kalınlığı 0.5-0.62 mm arasında değişmektedir.

Multidedektör sayesinde bu denli ince kesit kalınlıkları ile birçok anatomik bölge taranabilmekte, elde olunan izotropik görüntülerle yüksek kalitede reformat, multiprojektasyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız 128 ÇKBT cihazında detektör 64 sıralı 0.6mm'lik elemanları ve birbirinden bağımsız olarak 128 adet data toplama kanalına sahip olup 0,3mm'lik dolayısıyla 128 x 0,33 mm'lik izotropik rezolüsyon oluşturabilmektedir.

2.8.4.4. X-Işımından Yararlanma Faktöründe (X-ray utilization factor)

Artış

X-ışını istifade faktörü konvansiyonel helikal cihazlara göre daha yüksektir. Bunun nedeni X-ışını demetinin longitudinal yöndeki toplam kalınlığı ÇKBT'de konvansiyonel helikal cihazlara göre daha fazladır. Böylece konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılmayan, bir anlamda ziyan edilen X ışınları çok kesitli sistemlerde veri eldesi amacıyla kullanılmaktadır. X-ışını istifade faktöründeki bu artış tüp yüklenmesini azaltmakta, helikal taramanın tüp soğuması için bekleme süresi olmaksızın daha uzun süreler devam edebilmesine olanak tanımaktadır (81). X ışını yararlanma faktörünün artması nedeniyle tüp ömrü de belirgin olarak uzamaktadır (81).

2.9. Koroner Arterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Tetkikler

Kardiyak anatomik yapıları görüntüleme ve kardiyak hareket ve kan dolaşımını değerlendirme yoluyla kardiyak fonksiyon hakkında bilgi edinme amacıyla invazif ve noninvazif olmak üzere pek çok kardiyak tanı görüntüleme tekniği mevcut bulunmaktadır.

2.9.1. Kateter Koroner Anjiyografi

Koroner anjiyografi periferik bir arterden yerleştirilen kateterlerin koroner arterlerin orijinine kadar ilerletilmesi ve kateter içerisinden verilen radyopak

maddeler ile x-ray altında koroner arter lümen anatomisinin radyografik olarak görüntülenmesi yöntemidir (91). Geometrik rezolusyonu yaklaşık milimetrede 5 çizgi çiftidir (92). Radyasyon ekspozuru tanısal işlemlerde yaklaşık 5 mSv olup girişimsel işlemlerde ise yaklaşık 15 mSv'dir. Koroner anjiografinin görsel incelenmesi geleneksel olarak koroner arter darlıklarının ciddiyetini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır (93,94). Ölçü için diyastol sonu en ciddi darlığı gösteren kare kullanılır. Görsel değerlendirme ile normal koroner arterler ve ciddi darlıklar kolayca değerlendirilirken, orta düzeydeki darlıkların değerlendirilmesinde güçlükler ve farklılıklar yaşanmaktadır. Kateter anjiografi KAH varlığında lümen çapını, stenoz miktarını, lümen düzensizliğini yüksek rezolusyon ile gösterir ve hastanın klinik bulgularına göre aynı seansta acil veya elektif koroner balon ve stent uygulamaları yapılabilmesine olanak tanımaktadır. KKA koroner arterlerin intralüminal değerlendirmesini sağladığı için kısıtlı bir değerlendirme ve koroner arter duvarları doğrudan gözlenemez. Bu işlem lümen daralması oluşmadan önceki erken KAH hakkında da bilgi vermez (95). Aterosklerotik plağın; rüptür eğilimi, histopatolojik özellikleri ve kompozisyonu hakkında bilgi vermez. Stenoz miktarı stenotik segmentin normal segmente oranlanması ile belirlenir, ancak diffüz aterosklerotik KAH'da stenoz miktarı normal segmentin olmaması durumunda normalin altında tahmin edilebilir. Ek olarak plaklar lümen dışına doğru yer değiştirdiğinde lümen çapı önemli KAH'a rağmen normal izlenebilir (63). Her invaziv işlemde olduğu gibi koroner arteriyografi ile uygulanan hastalar içinde sınırlı riskler söz konusudur. Riskin büyüklüğü anjiografiyi yapan uzmanın becerisi, klinik semptomların stabilitesi ve koroner hastalığın yaygınlığı ile ilişkilidir. En önemli komplikasyonlar inme, miyokart infarktüsü ve ölümdür. Koroner arteriyografi mortalite oranı %0,007 ile %0,1 arasında değişmektedir. Yine bu oranlar tek damar hastalığında %0,05, iki damar hastalığında %0,07, üç damar hastalığında %0,12 ve sol ana koroner darlıklarında %0,8 olarak saptanmıştır (96,97). Genel olarak komplikasyonlar şu şekilde özetlenebilir: A) Genel komplikasyonlar: 1) Kontrast madde reaksiyonları. 2) Emboli 3) Septisemi 4) Vagal inhibisyon 5) Miyokart infarktüsü (%0,05). 6) Ritm bozuklukları (%0,38). 7) Nörolojik olay(%0,07)(98). B) Lokal komplikasyonlar: 1) Giriş yerinde: a) Hemoraji ve hematoma, b) Oklüzyon, c) Psödoanevrizma, d) Arteriyovenöz fistül, e) Perivasküler veya subintimal kontrast

madde enjeksiyonu, f) Lokal tromboz, g) Vazospazm, h) Lokal enfeksiyon 2) Hedef organda hasar: a) Fazla kontrast maddeye bağlı, b) Kateter pıhtı embolisine bağlı 3) Kateter ucunda dğümlenme (99).

2.9.2. Dijital Substraksiyon Anjiyografi (DSA)

DSA, dijital floroskopi kullanılarak verilerin dijitalize edildiği, görüntülerin elde edildikten sonra rekonstrüksiyona tâbi tutulabildiği, imajların substraksiyon işlemi sonucunda sadece incelenecek bölgedeki damarların kontrastlı görüntüsünden ibaret olduğu anjiyografi yöntemidir. Anjiyografide kontrast madde, arter ya da vene, direkt perkütan iğne enjeksiyonu, perkütan yerleştirilen kateter veya cerrahi teknik yoluyla verilebilir. DSA'de temel teknik kontrast madde verilmeden ve verildikten sonra görüntüler almak ve pre-kontrast görüntüleri post-kontrast görüntülerden çıkarmaktır. Bu sebeple hasta çekim sırasında kesinlikle hareket etmemelidir. Hasta tamamen koopere olsa da intestinal peristaltizm, vasküler ya da kardiyak pulsasyonlar gibi bir dizi biyolojik hareketler imaj kalitesini düşürebilmektedir. Anjiyografi için ideal kontrast madde, damarı tamamen opasifiye eden, ancak toksik ya da fizyolojik değişikliğe yol açmayan kontrast maddedir. Verilecek kontrast maddenin miktarı ve enjeksiyonun hızı ise incelenecek bölgeye göre değişmektedir. Genel kural olarak, enjekte edilecek kontrast madde dozu, damardaki akım hızı ile orantılıdır.

2.9.3. İntrakoroner Ultrasonografi

Kateter anjiyografi eşliğinde küçük bir ultrason transdüserinin kateter ucuna yerleştirilerek damar duvarından ve aterosklerotik plak seviyesinden gerçek zamanlı kesitsel görüntü elde etme yöntemidir (100). Küçük çaplı ultrason kateterleri yardımıyla koroner lezyonların perkutan girişimler öncesinde rahatlıkla incelenmesi mümkün hale gelmiştir. İntravasküler ultrason görüntüleme için çapı 2,9–3,5 French (F) arasında değişen, 20-40 MHz transduser içeren kateterler kullanılmaktadır. Kateterle alınan görüntüler intravasküler ultrason konsolunda real time incelenebilir veya daha sonra değerlendirme yapmak üzere kayda alınabilir. Kateter koroner anjiyografide kontrast madde ile doldurulan koroner arter lümenindeki lezyona sekonder değişimlerle indirekt yoldan inceleme yapılırken, intrakoroner ultrason

direkt olarak damar duvarı, plak ve lümen hakkında bilgi vermekte, ateromun büyüklüğü, yapısı ve yaygınlığı saptanabilmekte, lezyon ve referans segmentlerinde kesin ölçümler yapılabilir (91). IVUS; plak boyutu, plakların lipid, fibröz ve kalsifik materyal açısından içeriği ve lümen çapının değerlendirilebilmesini sağlamaktadır (101). İntrakoronar ultrasonografi (İKUS)'nin kullanım alanları; anjiyografik olarak tam ortaya konulamayan ancak yüksek derecede invaziv oluşu, değerlendirmenin proksimal koroner arterler ile sınırlı oluşu ve pahalı olması nedeniyle klinik rutin kullanıma girememiştir.

2.9.4. Manyetik Rezonans Anjiyografi

MRA'da iyonizan radyasyon ve kontrast madde kullanılmaması bir avantajdır. MRA ile tüm kardiyak siklularda görüntü elde edilir. Ancak kalp ve solunum hareketleri, küçük damar çapı, koroner arterlerin tortüöz seyri görüntüleme için teknik problemlerdir (102). Stenoz tespitinde KKA ile yapılan ilk karşılaştırmalı çalışmalarda MRA sensitivitesi % 90 spesifitesi ise % 92 bulunmuştur. Son yapılan çalışmalarda ise sensitivite % 65–86 spesifite ise % 88–97 arasında değişmektedir (102). Aterosklerotik plak karakterizasyonu MRG ile farklı sekanslardaki değişik sinyal özellikleri ile yapılabilir (103). Kompleks aterosklerotik lezyonların (fibröz kep, lipid kor, kalsiyum ve hemoraji) komponentlerinin belirlenmesi konusunda son zamanlarda yapılan başarılı çalışmalar vardır (103). Koroner MR görüntüleme seçilmiş hasta popülasyonlarında, koroner arter anomalilerinin saptanması ve karakterize edilmesinde, koroner arter anevrizmalarının değerlendirilmesinde ve bypass-greft patensisini değerlendirmek amacıyla günümüzde klinik kullanımda yerini almıştır (104). Uzun inceleme zamanları ve yetersiz uzaysal rezolüsyon gibi dezavantajlarının koroner arter hastalığı şüphesi olan hastalarda kullanımını kısıtlamaktadır.

2.9.5. Elektron Beam Tomografi

Elektron Beam Tomografi (EBT) yüksek temporal ve kontrast rezolüsyonu olan, dizaynında mekanik hareket gerektiren parça bulundurmeyen ve bu nedenle 50-100 msn/kesit gibi çok hızlı görüntüleme hızına ulaşabilen, ayrıca imajları elektrokardiyografi (EKG) tetiklemesi eşliğinde alabilen kesitsel bir görüntüleme

teknikidir. EBT, Boyd ve arkadaşları tarafından 1979'da özellikle kalp gibi hareketli organların değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. EBT'de, sabit x-ışını kaynağı ve dedektör kombinasyonu kullanılmakta ve x-ışını oluşturulmasında kullanılan elektron demetinin dönmesi sağlanarak, 100 msn'de, kalp ritmi ile uyumlu olarak diyastol sonunda ardışık ince aksiyel kesitler elde edilmektedir. EBT ile koroner arterlerdeki kalsiyumun görüntülenmesi, yüksek rezolüsyonlu volüm modunda gerçekleştirilir. EBT ile koroner arterler kardiyak siklusun seçilen bir fazında prospektif olarak görüntülenir. Üç büyük koroner arterin hareket paterni kardiyak siklusun farklı kısımlarındadır. Bu nedenle sadece belli bir fazda prospektif görüntü elde edilmesi üç koroner arterden sadece biri için optimal görüntüleme sağlar. İnceleme 3 mm kesit kalınlığı, 1.5 mm masa hareketi, 100 ms tarama zamanı, %80 EKG tetikleme, 512x512 matriks ve 30 cm FOV parametreleri ile 160 ml (4 ml/sn) non-iyonik intravenöz kontrast madde enjeksiyonu kullanılarak gerçekleştirilir.

2.9.6. Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi

Koroner arter hastalığı tanısında EKG, eforlu EKG, ekokardiyografi, myokard perfüzyon sintigrafi gibi tanı araçları kullanılmakta ve bu tetkiklerle koroner arter hastalığı şüphesi olan hastalara konvansiyonel koroner anjiyografi uygulanmaktadır. Yapılan bir çalışmada koroner anjiyografi uygulanan hastaların yaklaşık %25'in de koroner patoloji saptanmadığı, hastaların %66 sında girişim gerektirmeyen koroner arter hastalığı saptandığı gösterilmiştir (105). Bu nedenle son 20 yıldır yüksek sensitivite ve spesifite gösteren, tekrarlanabilirliği olan, invaziv olmayan, koroner arter hastalığını belirleyerek sadece endovasküler veya cerrahi yöntemlerle revaskülarizasyon ihtiyacı olan ileri evre aterosklerotik hastalıklı vakaların seçilmesine olanak tanıyan tanı araçları geliştirilmeye çalışılmaktadır. Günümüzde çok sayıda görüntüyü aynı anda alabilen ÇKBT ile koroner arterler ve kalbin diğer yapıları ve büyük damarın görüntülenmesi mümkün olmaktadır. ÇKBT'nin koroner arter değerlendirilmesinde kullanılabilmesini sağlayan teknolojik gelişmeler; aynı anda çok sayıda görüntü alınabilmesi dışında zamansal rezolüsyonda hızlanma, uzaysal çözünürlükteki artış, EKG eşliğinde görüntü alma teknolojisinin gelişmesi ve ham görüntüler üzerinden istenen her düzlemde değerlendirme sağlayan reformat tekniklerinin kolaylaşmasıdır. ÇKBT ile zamansal rezolüsyondaki hızlanma

Koroner BT Anjiyografiyi mümkün kılan en önemli gelişmedir. Zamansal rezolüsyondaki artış kalp hareketine bağlı artefaktların azalmasını sağlamıştır.

2.10. Kardiyak BT Görüntüleme için Temel Performans Gereklilikleri

Koroner arterler ve kalp kapakçıkları gibi küçük boyutta ve kompleks üç boyutlu hareketli anatomik yapıların görüntülenebilmesi için iyi zamansal rezolüsyonun yanı sıra uzun eksen çözünürlüğün, düzlem içi çözünürlüğe yakın veya eşit olduğu izotropik submilimetrik uzaysal çözünürlük gerekmektedir. Sağ koroner arter ve sol sirkumfleks arterin segmentlerinin bir kısmı görüntüleme düzlemine dik seyir göstermekte, sol anterior desendan arter ise hemen hemen görüntüleme düzlemine paralel seyir izlemektedir (106). Dolayısıyla hem görüntüleme düzleminde hem de z-ekseninde iyi uzaysal rezolüsyon gerekmektedir (21). Kardiyak siklusun az hareket gösterdiği diastolik dönemde görüntüleme için 60 atım/dak ve altındaki kalp hızlarında 250 ms, 70 atım/dak ve altındaki hızlarda 200 ms ve 90 atım/dak ve altındaki hızlarda ise 150 ms temporal rezolüsyona ihtiyaç duyulduğu tahmin edilmektedir (107). Teorik olarak tüm kalp hızlarında koroner arterlerin hareket artefaktı olmaksızın görüntülenmesi için gereken zaman rezolüsyonu 50 msn altında olması gerektiği bilinmesine rağmen 64 dedektörlü BT ile 75 /dk, 16 dedektörlü BT ile 70 /dk altındaki kalp hızlarında orta ve geç diastolik kalp fazında tüm koroner arterlerde görüntü alınabilmektedir. ÇKBT ile aksiyel ve longitudinal düzlemde eşit uzaysal rezolüsyon sağlanması ince ve tortiyoze seyirli koroner arterlerin yeterli düzeyde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Koroner arter stenozunu %10-20 lüminal değişikliği saptayabilecek kadar iyi değerlendirebilme koroner BT görüntülemenin gelecekte ulaşmaya çalışılan hedeflerinden biridir. Bu hedefe ulaşabilmek için ise her üç boyutta 0,3 mm'nin altında uzaysal rezolüsyona ihtiyaç duyulmaktadır (108). Stentlerin restenoz açısından değerlendirilmesi ve yoğun kalsifik plakların incelenebilmesi için ise 0,2 ve 0,25 mm gibi uzaysal çözünürlük gerekmektedir (109). 64-kesitli BT cihazları 0,4 mm'ye kadar izotropik rezolüsyon sağlayabilmektedir. Çift tüplü çok-kesitli BT cihazları ise ince kesitler ve yüksek filtreler kullanıldığında düzlem içi 0,5 mm, longitudinal ise 0,4 mm uzaysal rezolüsyon değerlerine ulaşabilmektedir (110). Farklı atenüasyon değerlerine sahip aterosklerotik plakları değerlendirebilmek için yüksek uzaysal çözünürlüğün yanında

yeterli kontrast gürültü oranı da teknik gerekliliklerden birisidir (107). Solunum artefaktlarını engellemek ve optimum kontrastlanmayı sağlayabilmek için tek ve olabildiğince kısa nefes tutma süresinde tarama gerçekleştirilmelidir (108). Sağlıklı stabil hastalar için 15 sn nefes tutma süresi yeterli olurken, dispneik hastalar için 10 sn ve altında nefes tutma süresinde tetkikin tamamlanması uygun olacaktır. Aslında en ideali, masa hareketi olmaksızın bir kardiyak siklus süresince tüm kardiyak anatomiye tarayabilecek sistemlerdir. Günümüz çok kesitli BT sistemleri ile teknik nedenlere bağlı olarak detektör genişliğinin tüm kardiyak anatomiye içerecek kadar geniş olmaması nedeniyle, ardışık z-pozisyonlarında farklı kardiyak siklusa ait veri toplanarak kesintisiz şekilde kardiyak yapıları kapsayan hacim bilgisi elde edilmektedir. EKG ile senkronizasyon sayesinde, elde edilen hacim verisinden kardiyak siklusun istenen bir fazında görüntü rekonstrüksiyonu yapılabilmektedir. Bu nedenle iyi kalitede üç boyutlu anatomik görüntülerin elde edilebilmesi için stabil sinüs ritminde kalp atımına gereklilik vardır (107). Açık olarak görüldüğü gibi BT ile kardiyak görüntüleme gerçekleştirilebilmesi için, aynı anda zamansal, uzaysal ve kontrast çözünürlüklerinin ve tarama zamanının, radyasyon dozunu konvansiyonel koroner anjiyografi gibi ilgili görüntüleme modalitelerinin düzeyleri ile sınırlayarak, optimizasyonu gerekmekte olup, bir parametrenin diğerlerinden feragat edilerek optimize edilmesi görüntü kalitesi ve klinik uygulama açısından iyi sonuç alınamaması ile noktalanabilir.

2.11. Koroner BTA Endikasyon ve Kontrendikasyonları

Tetkik esnasında miyokart ve kardiyak kaviterde görüntülenir. Retrospektif EKG eşleme ile tüm kardiyak siklusa ait veri içerdiğinden kalbin fonksiyonel değerlendirilmesi amacıyla diyastol sonunda ve sistol sonunda alınan görüntüler değerlendirilerek ejeksiyon fraksiyonu, atım hacmi gibi fonksiyonel parametreler özel analiz programları yardımıyla hesaplanabilir. Bu değerlendirmeler için ek radyasyon alınmamaktadır. Ekokardiyografi ve anjiyografi, ventrikülografide çekimler iki boyutlu yapıldığından kalbin elipsoid şeklinde meydana gelen değişiklik yanlış veya subjektif değerlendirmelere neden olur. Ancak ÇKBT ile yapılan üç boyutlu çekimlerde ventrikül şeklinden etkilenmeden daha objektif değerlendirmeler yapılmaktadır (111).

Koroner arterlerin değerlendirilmesinde, koroner anjiyografi gold standart olarak kabul edilir. Koroner aterosklerozun erken evresi pozitif remodeling olarak adlandırılır. Bu evrede damar duvarı lümeninde daralmaya yol açmadan kalınlaşır. Bu dönemde ateroskleroz başlamış olmasına karşın koroner anjiyografi tamamen normaldir (112,113). ÇKBT anjiyografi ile hem damar duvarı hem koroner lümen değerlendirilerek lümeninde daralma yapmamış ateroskleroz tanınarak erken başlayacak lipit düşürücü tedavi ile hastalığın ilerlemesi durdurulabilir. Bir çalışmada da 16 dedektorlu BT ile sadece koroner arterlerin %6,6 sının yeterli düzeyde değerlendirilmediği ve hemodinamik anlamlı darlıkların gösterilmesindeki başarı oranının %90 olduğu belirtilmiştir (114,115). 64 dedektorlu BT ile yapılan bir çalışmada konvansiyonel anjiyografi karşılaştırılınca koroner stenozu tanımlama sensitivite %99 ve spesifite %95 olarak belirlenmiştir. Spesifitenin daha düşük olmasının nedeni stenoz derecesinin bazı lezyonlarda olduğundan fazla değerlendirilmesine bağlı olduğu düşünülmektedir (116). Koroner arterlerin değerlendirilmesinde kullanılması gereken ÇKBT dedektor sayısının 16 ve üzeri olması gerekmektedir. ÇKBT koroner anjiyografi kullanımı, tanısal algoritmalar kesinleşmiş olmamakla birlikte, her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle ÇKBT koroner anjiyografi çekimlerinde başarı için doğru endikasyon ve hasta seçimi çok önemlidir.

1. Koroner arter anomalilerinin tanısında
2. Atipik göğüs ağrılı hastalarda stres testine alternatif olarak
3. Şüpheli stres testi olan hastalarda invazif koroner anjiyografiye alternatif olarak
4. Hafif ya da orta dereceli koroner kalsiyum skoru olan semptomatik hastalarda stres testi veya invaziv koroner anjiyografiye alternatif olarak
5. İskemik kalp hastalığı için düşük ya da orta derecede riskli yeni kardiyomiyopati tanısı almış hastalarda stres testi veya invaziv anjiyografiye alternatif olarak
6. Koroner stentleme işlemi sonrasında stentli ve stentsiz koroner arter segmentlerinin açıklığını değerlendirmede

7. Koroner arter by-pass cerrahisi geçirmiş atipik semptomlu hastaların takibinde. İnvaziv koroner anjiyografi bypass greftlerinin değerlendirilmesinde gold standarttır. Ancak farklı anatomik bölgelere bağlanan greftler anjiyografinin değerlendirilmedeki başarı oranının azalmasına neden olmaktadır. ÇKBT ile by-pas greft lokalizasyonundan etkilenmeden yüksek duyarlılık ve seçicilikle değerlendirilebilir (117,118). 64 dedektörlü BT ile yapılan by pass greft değerlendirmede distal anastomozlarla birlikte greftlerin %94 değerlendirilebilmiştir. Değerlendirilemeyen segmentlerinde dahil edildiği çalışma sonucunda negatif prediktif değer %97,7, sensitivite %96, spesifite %95 olarak bulunmuştur (119).
8. Pre-operatif değerlendirilmesi gereken orta derecede koroner arter hastalığı riski olan hastalarda stres testi veya invaziv koroner anjiyografiye alternatif olarak kullanılmaktadır (120).

Ciddi aterosklerotik darlık düşünülen hastalarda ve özellikle stabil angina pectoris, kronik kalp yetmezliği ve akut koroner sendrom ile gelen hastalarda yeri yoktur. Bu hasta grubunda tüm epikardiyal koroner ağacın kesin görülmesi, lümen darlığının tam ölçümü ve gerekirse aynı seansta anjiyoplasti veya stent konması gerekebileceğinden selektif koroner anjiyografi endikasyonu vardır.

Ancak özellikle klinik risk skorlamalarına göre orta risk grubunda olanlar veya yüksek risk grubunda olup asemptomatik olan kişilerde koroner BT anjiyografi koroner arter hastalığını ekarte etmede veya düzeyini göstermede çok başarılıdır (121). Bilinen kontrast madde alerjisi ve böbrek fonksiyon bozukluğu (serum kreatinin >1,5 mg/dl) mevcut olan hastalarda ÇKBT koroner anjiyografi kontrendikedir. B- bloker kullanımının kontrendike olduğu durumlarda (kalsiyum kanal blokeri kullananlar, kalp yetmezliği, bronşiyal astım hikayesi, Reynaud sendromu, atriyoventriküler iletim bloğu), tahmin edilen tetkik süresi kadar (ortalama 25 sn) nefes tutamayan, aritmisi olan, kalsiyum skoru 800'ün üzerinde olan ve kalp hızı dakikada 90 atımdan yüksek olan hastalarda ÇKBT koroner anjiyografi yapılması önerilmemektedir (122,123).

2.12. ÇKBT'nin Avantajları Dezavantajları

En önemli avantajı tarama hızındaki artıştır. Tarama hızının konvansiyonel helikal cihazlara ve sisteme göre 8 ya da 16 kata varan miktarlarda artması daha geniş hacimlerin daha kısa sürelerde taranması olanağını getirmiştir. Buna bağlı avantajlar şöyle sıralanabilir (124); 1) ÇKBT esnasında solunum hareketlerine bağlı artefaktların azaltılması için hastanın nefesini tutması gerekmektedir. İncelemelerin daha kısa sürelerde bitirilmesi solunumla ilgili hareket artefaktlarını azaltmaktadır. Koroner arterleri değerlendirme 4 dedektörlü BT ile 45–65 sn iken 16 dedektörlü BT ile 20 sn, 64 dedektörlü BT ile 5 sn dir. 30 cm genişliğindeki toraks incelemesi konvansiyonel helikal bir cihazda 30 sn sürerken multidedektör cihazlarda daha ince kesit kalınlıkları ile 5-9 sn arasında tamamlanabilmektedir. Ayrıca artmış tarama hızının solunum ve barsak hareketlerinden kaynaklanan artefaktları bertaraf etmesiyle birlikte yüksek uzaysal rezolüsyonla geniş volümlerin taranabilmesi sanal endoskopi uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. 2) Travma hastalarında, çocuk yaş grubunda ve kooperasyon gösteremeyen hastalarda incelemenin son derece hızlı bir biçimde tamamlanabilmesini sağlamaktadır. 3) Pulmoner emboli hastalarında önceleri mümkün olmayan subsegmental düzeydeki embolilerin değerlendirilmesi, aort diseksiyonu, aort anevrizması, ekstremitelerinin aterosklerotik lezyonları, renal arter patolojileri, mezenter iskemisi, pankreas, biliyer ağaç, karaciğer ve böbrek neoplazmlarında arteriyel/venöz tutulumun araştırılması, karaciğer transplantasyonlarında hepatik arteriyel, portal ve hepatik venöz anatomisinin preoperatif değerlendirilmesi gibi birçok BT anjiyografi uygulaması multidedektör cihazlarla daha yüksek rezolüsyonla yapılabilen ve longitudinal çözünürlüğün artmasıyla daha kaliteli 3 boyutlu uygulamalar mümkün olmaktadır. Yüksek tarama hızının ince kesit kalınlıklarıyla birleştirilmesi sayesinde Willis poligonu damar yapıları BT anjiyografi ile de değerlendirilebilir hale gelmiştir (125,126,127). Akut inme hastalarında rutin BT incelemelerinde patolojinin belirlenemediği ilk 6 saatlik dönemde ÇKBT teknolojisi software desteği ile serebral kan akımı, serebral kan volümü ve ortalama geçiş zamanı değerlendirilerek beyin perfüzyonunun değerlendirilmesi olanaklı hale gelmiştir (76). 4) ÇKBT sistemleri çok fazlı kontrastlı çalışmalara olanak sağlamaktadır. Örneğin karaciğerde üstüste iki kere arteriyel faz taraması yapılabilir. Bu şekilde siroz hastalarında daha çok sayıda erken evre

karaciğer kanseri yakalandığını gösteren çalışmalar mevcuttur (128). 5) Tarama hızının artması özellikle BT anjiyografi (BTA) uygulamalarında kontrast madde dozundan tasarruf edilmesine imkan vermektedir. Tetkik süresinin kısalmasına bağlı olarak kullanılan kontrast miktarıda azalmaktadır. 4 dedektörlü BT ile 160 cc opak kullanılırken 64 dedektörlü BT ile bu miktar 80'cc ye düşmüştür. Pulmoner arter BTA'de daha önceleri 140 -160 cc arasında değişen doz gereksinimi yeni cihazlarla 100 cc'nin altına indirilmiştir (127). ÇKBT(128) ile 83 hastada yaptığımız çalışmamızda kullanılan ortalama kontrast madde miktarı yaklaşık 64cc olarak hesaplandı. 6) ÇKBT teknolojisi koroner arterlerde stenoz varlığının belirlenmesinde, plakların görüntülenmesi, miyokardiyal perfüzyonun değerlendirilmesinde noninvaziv bir yöntem olarak umut vericidir.

Görüntülerde gürültü (noise) kesit kalınlığı azaldıkça artmaktadır. Hasta dozunda artış, sadece yüksek kalitede ince kesit görüntü elde edilmek istendiğinde karşımıza çıkan önemli bir sorundur (76).

2.13. EKG Eşliğinde Senkronizasyon

ÇKBT ile kalp siklusunun aynı fazında görüntü alınabilmesi için çekim EKG eşliğinde yapılır. ÇKBT ile kardiyak incelemede görüntü elde etmek için iki yöntem kullanılır; prospektif tetikleme (triggering), retrospektif pencereleme (gating). Rekonstrüksiyon; "absolute" veya "relative yaklaşım olarak iki şekilde yapılır. "Relative" yaklaşımda R-R mesafesinin belirli yüzdelerinde (%30, 40 gibi) rekonstrüksiyon yapılır. "Absolute" yaklaşım önceki R pikinden belli bir süre sonra (+400, + 500 msn gibi) veya sonraki R pikinden belirli bir süre önce (-400, -500 msn gibi) rekonstrüksiyon başlatılır.

2.13.1. Prospektif EKG Tetikleme (Triggering)

Bu yöntemde tarama R-R intervalinin daha önceden belirlenen belli bir yüzdesinde yapılır. Hastanın EKG trasesinde mevcut R-R aralığı üzerinden prospektif olarak seçilen R-dalgasını takip eden belli bir gecikme zamanı sonrasında BT ile tarama başlar ve veri toplanır (107). Prospektif EKG tetiklemeli yöntemde bu tarama dilimi dışında X ışını verilmez. Her tarama sonrasında masanın z-ekseni yönünde sonraki tarama noktasına doğru, aralıksız hacim kapsama sağlayabilmek

için ilerlemesi gerekmektedir. Tamamı ile ardışık özellikte, süperpozisyon göstermeyen veri seti nedeniyle düşük longitudinal rezolüsyona yol açan bu teknik, üç boyutlu inceleme gerektiren koroner arterler gibi küçük boyutlu kardiyak anatomi incelemesi için yeterince uygun olarak değerlendirilmemektedir (107,108). Ayrıca kalp atım hızında ya da ritminde tetkik sırasında oluşacak değişiklikler uyumsuz kardiyak fazlarda veri toplanmasına, yeterli görüntü hacmi kapsanamamasına ve ardışık görüntü gruplarının birleştiği kesimlerde basamak artefaktlarına yol açabilir. Retrospektif yöntemle göre avantajı ise daha düşük doz ile çekimin gerçekleştirilmesidir (129,130).

2.13.2. Retrospektif EKG Pencereleme (Gating)

EKG kaydı eşliğinde sürekli tarama ile elde edilen veriler tüm kardiyak sıklusa ait olduğundan kardiyak fonksiyon değerlendirilmesi için de kullanılabilir (107). Ardından toplanan hacim verisinden R-R intervalinin istenilen kısımlarından (erken diyastol, geç diyastol gibi) retrospektif rekonstrüksiyon yapılır. Kopp ve arkadaşları RCA'nın en iyi erken diyastolde R-R intervalinin %40'lık bölümünde, Cx'in döngünün ortasında ve LAD'ın R-R intervalinin %60-70'lik bölümünde görüntülediğini bildirmişlerdir (131).

2.14. Rekonstrüksiyon ve Reformasyonların Oluşturulması

Tüm olgularda aksiyel plandaki kaynak görüntülerin tamamının değerlendirilmesi mutlaka gereklidir. Bununla birlikte özel bilgisayar yazılımları ile 'multiplanar reformasyon (MPR)', 'Surface shaded display (SSD)', 'maximum intensity projection (MIP)' veya 'volume rendering tekniği (VRT)' yöntemleri ile iki veya üç boyutlu, değişik planlarda görüntüler oluşturulabilir (127,132). Bu görüntüler aksiyel plandaki görüntülerin incelenmesinde gözden kaçan ayrıntıların saptanmasında yardımcı olabilir. Ayrıca klinisyenler patolojinin kafada daha kolay canlandırılması nedeniyle bu görüntüleri tercih etmektedir.

2.14.1. Multiplanar Rekonstrüksiyonlar (MPR)

MPR'da damarlar, koronal, sagittal ya da bu iki plana göre değişik açılardaki planlarda, kesitsel olarak gösterilir. Reformat planının dışındaki damar ve yapılar vizüalize edilmez.

2.14.2. Maksimum İntensite Projeksiyon (MIP)

MIP yönteminde incelenen volüme giren en parlak vokseller seçilerek görüntü oluşturulur. MIP'te belirli volüm içerisinde farklı lokalizasyondaki voksellerden tek bir düzlemde iki boyutlu görüntüler elde edilir. Damar duvarındaki kalsifikasyonu lümendeki kontrast maddeden en iyi ayıran tekniktir (133).

2.14.3. Surface Shaded Display (SSD)

SSD yönteminde eşik değerleri seçilerek belirli atenüasyona (Hounsfield Units) sahip voksellerden bilgi elde edilir. Elde edilen hacim bilgisi yüzey bilgisine çevrilerek objelerin üç boyutlu yüzey görüntüleri oluşturulur. Bu yöntem en az kullanılan yöntemdir. Küçük çaplı damarların görüntülenmesinde yalancı stenoz ve oklüzyon gibi durumlar ortaya çıkabilir. Yani eşik değere göre görüntü değişir (134).

2.14.4. Üç Boyutlu Volüm Rendering Tekniği (3D VRT)

Koroner arteryal ağacın 3D gösterimi için kullanılan en yaygın teknoloji volüm rendering tekniğidir. Çoğunlukla iki boyutlu aksiyel imajları 3D anatomik görüntüler olarak hayal etmek, özellikle radyolog olmayanlar için zordur. 3D postprosesing genellikle tortiyöz koroner arterlerin komplike anatomilerinin gösterimi ve bilgisinin taşınımında kullanılan güncel bir yöntemdir (135,136).

Hem 3D volüm çevirim (örneğin MIP, VRT) hem de 3D yüzey çevirim (SSD), VOI (ilgilenilen volüm)'yi tanımlayan ve onu 3D imajda temsil edilmemesi gereken yapılardan ayırdeden bir işleme (segmentasyon) ihtiyaç duyar. Çevirimde hangi yapıların katılacağı veya dışlanacağını kontrol amacıyla data kümesinin manüplasyon işlemine tabi tutulmasına kurgulama (editing) denir. Pozitif editing 3D imajda kalmasını istediğimiz, negatif editing ise uzaklaştırmak istediğimiz yapıları işaretleme işlemidir. Segmentasyon için optimum eşik değeri, bir yapıyı gerçek-tam

büyükliğünde belirleyen değerdir. Segmentasyona uğrıtılacak volümü tanımlamak için bir eşik değer ya da BT sayıları aralığı kullanılır bu işleme threshold tekniği denir. Threshold azaltıldığında daha çok voksel gösterilen objeye iştirak edeceğinden obje çap-hacmi artar. Bu durum parsiyel volüm etkisini kompanse edip daha küçük objelerin daha gerçekçi tanımlanmasını sağlayabilir. Threshold arttırıldığında daha az sayıda voksel obje gösterimine gireceğinden objenin görülen çap-hacmi azalır. Bu, uçan pikseller ve düşük attenuasyonlu yapıların süperimpozisyonunu elimine edebilir ama yalancı darlık görünümü gibi artefaktları arttırır (137).

2.14.5. Curved Planar Reformat (CPR)

Bu gösterim, özellikle kalsifiye yapıda tek bir damarın incelenmesinde kullanılan bir tekniktir. CPR tekniğinde kullanıcı farklı referans imajları kullanarak reformat planı elde etmektedir. Günümüzde CPR görüntüleri oluşturan otomatik, yarı-otomatik yazılım programları kullanılmaktadır (137,138,139).

2.15. Görüntü Artefaktları

ÇKBT koroner anjiografinin görüntü kalitesini ve değerlendirmedeki başarısını etkileyen önemli bir unsurdur. Görüntü artefaktları Choi ve arkadaşları tarafından dört grupta toplanmıştır (140):

1) Kardiyak, pulmoner veya diğer vücut hareketlerinin neden olduğu harekete bağlı oluşan artefaktlar: Nabzın 70-75 atım/dk'nın üzerine çıktığı durumlar, nefes tutma sırasında kardiyak ritmin bozulduğu durumlar, aritmiler ve uygunsuz pitch seçimi gibi çeşitli sebepler görüntü kalitesini etkiler. Bunun sonucunda kalp konturlarında ve vasküler yapılarında basamaklanmalar oluşur. Hareket artefaktından en çok etkilenen, en hızlı hareket eden, x ve y planlarında en çok yer değiştiren sağ koroner arterdir. Sırasıyla Cx, LMCA ve LAD azalan oranlarda hareket artefaktından etkilenirler. Kardiyak hareket artefaktına neden olan hızlı kalp atımı ve aritmi gibi hasta bağımlı faktörler beta-bloker verilmesi ile kontrol altına alınabilir. Yapılan bir çalışmaya göre stenoz saptamada BT anjiografinin sensitivitesinin kalp atım sayısının dakikada 70'in altında olan serilerde % 62 iken 70'in üzerindeki serilerde % 33'lere gerilediği saptanmıştır (141). Rekonstrüksiyon penceresi seçimi konusunda yapılan çalışmalar göstermiştir ki; LAD genellikle kardiyak siklusun %

60-70, RCA % 40, Cx ise % 50'lik dilimlerinde en iyi vizualize olmaktadır (142). Hareket artefaktlarının diğer sebepleri olan solunum hareketleri ve diğer vücut hareketlerinin oluşması hastanın inceleme öncesinde iyi bilgilendirilmesi ve nefes tutma provaları ile önlenir.

2) Metalik implantlar, ciddi kalsifikasyonlar veya pulmoner arterdeki hava kabarcıklarının ışın şiddetlendirici etkilerinin koroner arter lümenini örtmesi.

3) Kontrast madde ile dolu komşu yapı ve damarların neden olduğu yapısal artefaktlar: Kontrast madde enjeksiyonundan sonra uygulanan serum fizyolojik enjeksiyonu veya sağ kalpteki kontrast maddenin yıkanmasına yetecek kadar bir süre taramaya geç başlanması bunun oluşumuna engel olabilir.

4) Teknik hatalar ve sınırlılıklardan dolayı ortaya çıkan artefaktlar: Tarama prosedürünün uygun planlanması ve uygulanması, taranacak alanın optimal seçimi, kontrast verilmesini takiben tarama başlamadan önceki gecikme süresinin, pitch ve rekonstrüksiyon penceresinin uygun seçimi ile engellenebilir (143).

2.16. Radyasyon Dozu

ÇKBT ile daha yüksek rezolüsyonda görüntü elde etmek için daha ince kesitler ve daha küçük pitch'ler kullanılması gerekmektedir. Bu hastaya verilen dozu artırmak demektir. Yeni cihazlarda buna bir miktar çözüm için pitch düşürülürse kendiliğinden tüp akım miktarı düşürülmekte ya da vücut kalınlığı ile orantılı olarak doz ayarlanması yapılmaktadır. Ekspozur faktörü ($mAs/slice$)= tüp akımı (mA)x gantri dönüşü (sn)/pitch/kesit başına şeklinde hesaplanabilir. Bu değerlerdeki yapılan değişiklikler hastanın alacağı doz miktarında farklılıklara yol açacaktır (144). Çekim esnasında retrospektif EKG pencereleme (gating) uygulanması ve masa hareket hızının düşük tutulma zorunluluğu Koroner BTA'da radyasyon dozunun artmasına sebep olmaktadır. Koroner BTA'da ortalama radyasyon dozu 5–10 mSv arasında değişmektedir. ÇKBT teknolojisindeki gelişmeler sayesinde görüntü kalitesinde kayıp olmaksızın hastanın aldığı doz bir ölçüde azaltılabilmektedir. Yeni geliştirilen otomatik doz kontrolü tekniği ve kalp fazına göre uygulanan ışın miktarını ayarlayan teknikler sayesinde total X ışını dozunda %30–50 azalma sağlanmıştır (20,145). Rubin ve arkadaşları tüm vücut anjiografisinde, ÇKBT ile klasik anjiografinin

karşılaştırıldığı yayınlarında ÇKBT ile yapılan anjiografide hastanın 3,9 kat daha az doz aldığı hesaplanmıştır (146). Çalışmalarında radyasyon dozunun, büyük oranda kullanılan teknik ve hastanın vücut yapısına bağlı olduğunu göstermişlerdir. Radyasyon dozu göz önüne alındığında tüm vücut incelemelerinde ÇKBT anjiyografi, klasik anjiyografiye oranla daha avantajlıdır (147). Efektif doz ise, koroner BT incelemesi yapılan kişinin belki de en fazla ilgileneceği kısım olan, alınan radyasyon dozunun muhtemel sağlık risklerinin tiplerini ve sonuçlarını bildirir. Efektif dozun SI birimi miliSieverttir (148). Ancak çok kesitli koroner BT anjiyografi tetkikinde katater anjiyografiye oranla belirgin doz artışı izlenmektedir. ÇKBT de radyasyon dozu 5–10 mSv arasında değişmektedir. Katater anjiyografide ortalama efektif doz $5,0 \pm 0,5$ miliSievert (mSv)'dir. Anjiyoplastide bu değer $6,6 \pm 1,0$ mSv ve anjiyoplastiyi takiben yapılan stent implantasyonunda bu doz $10,2 \pm 1,5$ mSv kadar çıkmaktadır. Hastada olası kanser gelişme riski sırasıyla 0,025%, 0,033%, 0,051% kadar tahmin edilmektedir (149). Çok kesitli BT ile yapılan koroner anjiyografi çalışmalarında hastanın aldığı efektif doz değerleri, büyük oranda görüntüleme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Genelde bu parametreler 120–140 kV, 150–225 mA arasındadır. Translüminesans dozimetre kullanılarak, 16 dedektörlü BT koroner anjiyografide doz hesaplanması yapılmıştır. Kalp hızının dakikada 60 atım olduğu bir çalışmada kalsiyum yükü ölçümü için ortalama doz erkeklerde 2,9 mSv ve bayanlarda 3,6 mSv'dir. Retrospektif EKG bandı uygulanan koroner anjiyografide hastaların aldığı efektif radyasyon dozu erkeklerde 8,1 mSv, kadınlarda 10,9 mSv olarak hesaplanmıştır (150). Elektrokardiyografik pulsa duyarlı tüp akım modülasyonu ile radyasyon ekspozuru % 47 oranında azaltılabilir. Böylelikle ortalama doz 4,3 mSv düzeyine çekilebilir. Bu ise katater anjiyografi sırasında alınan doz seviyesindedir. Prospektif EKG tetiklemeli koroner BT anjiyografide alınan doz ortalama batın ve pelvik BT' de alınan doza yakın olup bu da hastanın doğadan aldığı 1 yıllık doza eşittir (149).

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Çalışma Kapsamı

Eylül 2009-Ekim 2010 tarihleri arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı'nda 128 kesit BT cihazı (Definition AS, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany) kullanılarak gerçekleştirilen Koroner BT Anjiyografi tetkikleri retrospektif olarak değerlendirildi.

3.2. Hasta Seçimi ve Hazırlığı

Atipik göğüs ağrısı, çarpıntı, çabuk yorulma, göğüste baskı hissi gibi şikayetleri olan, koroner by-pass greft ve stenti olan hastaların koroner arterlerinin patensi başta olmak üzere diğer patolojilerinin değerlendirilmesi amacıyla BT anjiyografi tetkiki için gönderilen 83 hastayı kapsamaktadır. Olgular retrospektif olarak incelendi. ÇKBT koroner anjiyografi için kontrendikasyonu olanlarda tetkik gerçekleştirilmedi.

ÇKBT koroner anjiyografinin kontrendikasyonları arasında;

1. Bilinen kontrast madde alerjisi
2. Böbrek fonksiyon bozukluğu (serum kreatinin > 1,5 mg/dl)
3. Gebelik
4. Solunum sıkıntısı
5. Genel durum bozukluğu
6. Hipertiroidi
7. Epilepsi

8. Beta-bloker kullanımının kontrendike olduğu durumlar (sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun % 30'un altında olması, bronşial astım hikayesi, Reynaud sendromu, atrioventriküler iletim bloğu) bulunmaktadır.

Bu değerlendirmelerin ardından çekim öncesi her hastaya işlem hakkında bilgi verildi. Çekim sırasında olası kusma nedeniyle hastada oluşacak komplikasyonları önlemek için çekim günü en az altı saatlik açlık gerektiği, bunun

yanında; düzenli olarak kullandıkları ilaçlarını da mutlaka almaları gerektiği hatırlatılmıştır.

Hastalara varsa düzenli olarak kullandıkları ilaçlarını mutlaka almaları, çekim sırasında bolus kontrast madde uygulamasına bağlı oluşabilecek kusma ve bunun komplikasyonlarını önlemek için en az altı saatlik aç olmaları gerekliliği gibi işlem hakkında bilgilendirmeler yapılarak onamları alındı. Çekim öncesinde hastaların rahatlatılması ve tetkike uyumunu artırmak için düzenli ve ritmik nefes alıp vermeyi (ortalama 10 sn nefes tutma) sağlamak amacıyla, her hastaya solunum egzersizleri yaptırıldı. Nefes tutamayan ve aritmisi olan hastalar çalışma kapsamı dışında tutuldu. Tüm hastaların kan basınçları ve nabızları ölçüldü. Dakikadaki kalp atım hızı 80 atım/dk'nın üzerinde olan hastalara oral yoldan β -bloker (40 mg propranolol) verildi. Herhangi bir nedenle β -bloker kullanmakta olan olgular ise normal dozlarını çekim öncesi aldılar. Yarım saatlik periodlar ile hastaların nabız kontrolleri yapıldı ve kalp hızı 80 atım/dk'nın altına indiğinde koroner damarlarda optimal dilatasyon oluşturmak için sublingual nitroglycerin verildi. Daha sonra hasta çekim için gantriye supin pozisyonda yatırıldı. Sağ üst ekstremitede antekübital venden 20 G branül ile damar yolu açıldı. Hastalarda ani oluşabilecek bir telaşın ve buna bağlı nabızda yükselme ve aritminin önüne geçmek için uygulanacak bolus kontrast maddeye bağlı olarak aynı taraf koldan başlayarak tüm vücuda yayılan sıcaklık hissi ve miksiyon ihtiyacı olacağı konusunda bilgilendirildi. Hastaya çekim boyunca hareketsiz kalmanın ve 'nefes tut' komutuna uymanın tetkik kalitesi ve güvenilirliği yönünden önemi çekime başlamadan önce bir kez daha hatırlatıldı. Ayrıca tetkikten 2 dakika önce, bütün hastalarda koroner arterlerin dilatasyonu ve daha iyi vizualizasyonunu sağlamak amacıyla vazodilatör etkisinden dolayı sublingual nitrat verildi.

3.3. Çekim Protokolü

Tüm olgularda KBTA öncesi koroner arterlerin kalsiyum yükünü (Kalsiyum skorlama) belirlemek amacıyla çekim gerçekleştirildi. Kalsiyum skorlama çekimi; karina ve kalp bazalini içine alan skenogram sonrası karinadan başlanarak kalbin tabanına kadar, inspiyumda, kontrastsız, EKG kayıtlı, 3 mm kesit kalınlığında helikal görüntüler alınarak gerçekleştirildi. Kalsiyum skorlama özel üretilmiş programlar sayesinde kalsifiye alanlara işaretlemeler yapılarak cihaz tarafından

otomatik olarak hesaplanmaktadır. Agatston skorlamasına göre, birbirine komşu 2–3 pikselde (1 mm²'den geniş bir alanda) BT dansitesi 130 Hounsfield ünitesi (HU)'den fazla olan lezyonlar kalsifikasyon olarak değerlendirildi.

Koroner BT anjiografi tetkiki 128 kesit BT cihazı (Definition AS, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany) ile gerçekleştirildi. Tetkik süresi, olguya göre değişmekle birlikte ortalama 5 kalp atım süresinde gerçekleştirildi. Tetkik esnasında EKG-kontrollü tüp akım modülasyonu kullanıldı. Tüm tetkikler standart çekim protokolü ile gerçekleştirildi. Çekim parametreleri; kolimasyon 0,6 mm, gantri rotasyon zamanı 300 ms, tüp voltajı 120 kV, 200 mAs, Field of view (FOV) 120–220 mm olarak alındı. Cihaz detektörü 64 sıralı 0,6 mm'lik elemanları ve birbirinden bağımsız olarak 128 adet veri toplama kanalına sahip, dolayısıyla 128 x 0,33 mm'lik izotropik rezolüsyon oluşturabilmekte, pitch değeri ise kalp hızına göre cihaz tarafından otomatik olarak ayarlanmakta idi.

Çekim öncesi taranacak bölgeyi belirlemek için karina ve kalp bazalini içine alan skenogramlar alındı. Daha sonra inspirasyonda, karinadan başlayarak kalp bazaline kadar kalbin tamamını içine alan EKG kayıtlı helikal görüntüler elde edildi. Bypass değerlendirmesi yapılacak olgularda ise toraks giriminden diyafragma düzeyine kadar kraniokaudal yönde kesitler alındı. Otomatik enjektörle 5 ml/sn hızla yüksek iodin konsantrasyonu (≥ 350 mg/mL) içeren ortalama 64 ml kontrast madde uygulandı. Kontrast uygulamasını takiben sağ kalpteki kontrast maddeden kaynaklanabilecek artefaktları azaltmak ve ölü boşluklardaki (line, antekubital ven ve sağ kalp) kontrast maddeyi incelemeye dahil etmek için 5 ml/sn hızla 40 ml serum fizyolojik bolus olarak verildi. Kontrast madde ve salin uygulamaları için iki başlıklı otomatik enjektör (Stellant, Medrad, Inianola, USA) kullanıldı.

Görüntüleme için 'bolus tracking' yöntemi uygulandı; hastaya göre değişmekle beraber EKG monitörlerinde izlenen kalp hızına uygun olarak, asendan aorta santraline yerleştirilen ROI (istenilen eşik değer) için 150 HU tetikleme değeri alındı. Kontrast madde ve salin infüzyonu sonrası bu seviyeden bir saniye aralıklarla kesitler alındı ve belirlenen tetik değere (150 HU) ulaşıldığında ortalama 5–7 saniye

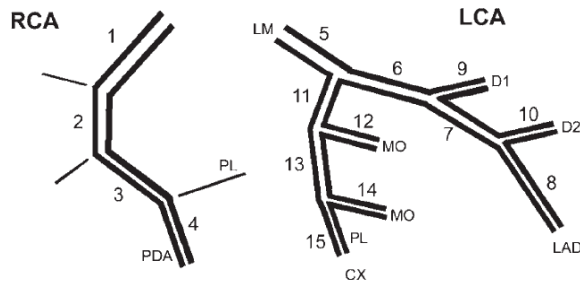
gecikme süresi ile çekim gerçekleştirildi. KBTA uygulamaları herhangi bir komplikasyon gelişmeden başarıyla tamamlandı.

3.4. Görüntülerin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması

Çekim süresince retrospektif olarak kalp hızı ve EKG trase kaydı yapıldı. Elde olunan görüntüler Workstation'a (Leonardo, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany) aktarılarak analiz edildi. Koroner arterleri değerlendirmek için en az hareketin olduğu yüzdellik değerinden rekonstrüksiyon görüntüleri oluşturuldu. Daha sonra ince aksial kesitlerden iki boyutlu maximum intensity projection (MIP), multiplanar reconstruction (MPR) ve üç boyutlu hacimsel gösterim formatında (Volüm rendering) görüntüler oluşturuldu. MPR ve MIP görüntülerde damar lümeni, damar duvarı ve kalp odacıkları değerlendirilirken üç boyutlu görüntülerde koroner arter anatomi ve stenozlar değerlendirildi. Volüm rendering tekniği ile özellikle tortüöz koroner arterlerin komplike anatomileri 3D yöntemi ile gösterilmeye çalışılarak ve aksiyel plandaki görüntülerin incelenmesinde gözden kaçan ayrıntılar tekrar gözden geçirildi.

Çalışmamızda RCA için daha çok EKG trasesinde %35-40'a karşılık gelen, LAD ve Cx için ise daha çok %70'e karşılık gelen rekonstrüksiyon yüzdeleri kullanıldı. Tüm görüntüler kardiovasküler radyoloji konusunda deneyimli iki radyolog tarafından değerlendirildi.

Koroner arterler American Heart Association (AHA) sınıflamasına göre toplam 15 segment üzerinden incelendi (151). Buna göre RCA 1-4 nolu segmentleri, sol ana koroner arter LAD'ye dahil edilerek 5-10 nolu segmentleri ve Cx ise 11-15 nolu segmentleri içermekteydi. Koroner arterlerin segmentlerin sınıflandırması Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. AHA klasifikasyonuna göre koroner arter segmentleri.

Stenoze arterial segmentin proksimalindeki stenozsuz lümen çapı referans alınarak stenoze segmentteki lümen çapında $\% 50 \geq$ daralmalar obstrüktif KAH olarak yorumlandı. Tespit edilen koroner arter stenozları ise 4 gruba ayrıldı; normal, non-obstrüktif ($\% 1-49$), anlamlı stenoz ($\% 50-74$), yüksek dereceli stenoz ($\% 75-99$) ve oklüzyon ($\% 100$).

Plaklar, morfolojilerine göre; kalsifiye, soft (yumuşak) ve miks, uzunluklarına göre; 10 mm'den küçüklere diskret plak, 10–20 mm arası tubuler plak, 20 mm'den büyüklere diffüz plak, kalsifikasyon varlığına göre; kalsifikasyon içermiyorsa soft (0–130 HU), kalsifikasyon içeriyor ($130 <$) ve soft bileşeni varsa miks, tamamı kalsifiye ise kalsifiye plak ($>130\text{HU}$) olarak adlandırıldı.

Çalışmanın istatistiksel analizi SPSS sürüm 15.0 programı kullanılarak yapıldı. Sürekli değişkenler, aritmetik ortalama \pm standart sapma, kategorik değişkenler yüzde (%) olarak ifade edildi.

4. BULGULAR

4.1. Hasta Populasyonu

Toplam seksenüç hastanın yaşları 31 ile 80 arasında değişmekte olup, ortalama 53,67 +/-10,85 yaş olarak saptandı. Hastaların ellisekiz'i (%69,9) erkek, yirmibeş'i (%30,1) bayandı. Hastaların ortalama kalp hızı ise 50 ile 92 atım/dakika arasında değişmekte olup, hastaların ortalama kalp hızı 67,73+/-8,99 atım/dakika olarak tespit edildi. Koroner arterial sistemde sağ dominansı 67 hastada (%80,7), sol dominansı 7 hastada (%8,4) ve ko-dominansı ise 9 hastada (%10,8) idi.

4.2. Klinik

Hastaların 10'u (%12) koroner stent, 8'i (%9,6) koroner bypass-greft patensisi değerlendirilmesi amacıyla koroner BT anjiyografi tetkiki için ünitemize refere edilmişti. Koroner bypass-greft değerlendirilmesi için refere edilmiş hastaların 3'ünde (%3,6) ayrıca toplam 7 adet koroner stent mevcuttu. Geri kalan 68 hasta (%82) ise nonspesifik EKG değişiklikleri, atipik göğüs ağrısı, çarpıntı, çabuk yorulma, göğüste baskı hissi gibi şikayetleri olan koroner arter hastalığı açısından düşük-orta riskli hasta grubunda değerlendirilebilecek hastaları kapsamaktaydı.

4.3. B-Bloker Kullanımı

Koroner BT Anjiyografi tetkiki esnasında hastalarımızın hiçbirinde dikkate değer bir komplikasyon ya da kontrast maddeye bağlı majör alerjik reaksiyon gelişmedi. Otuz yedi hastaya (%44,6) kalp hızları dakikada 80 atım/dk'nın üzerinde olması nedeniyle oral β -bloker verilerek işlem gerçekleştirildi. Yirmi hasta (%24,1) daha önceden kardiyolog tarafından başlatılmış olan oral β bloker tedavisi olduğundan normal dozlarını işlem öncesi aldılar. Yirmi altı hastanın (%31,3) ise kalp hızları 80 atım/dk'nın altında olduğu için β -bloker verilmedi.

4.4. Kontrast Madde Kullanımı

Seksenüç hastada koroner BT anjiyografi görüntülemeleri için kullanılan kontrast madde ortalaması 64+/-2,2 ml olup kullanılan kontrast madde miktarı en düşük 60 ml ve en fazla ise 68 ml idi.

4.5. Koroner Arterlerin Görülebilirliği

Seksenüç hastada koroner arterlerin 15 segmentinin görülebilirliğinin değerlendirilmesinde, toplam 1245 segmentin 1211 segmenti (%97,26) görülebildi. Değerlendirmenin kısıtlı olduğu 34 segmentin 19'unu Segment 2, 4'ünü Segment 3, 4'ünü Segment 13, 3'ünü Segment 15, 2'sini Segment 14, 1'ini Segment 11 oluşturmaktaydı. Segment 13, 14, 15 düzeylerindeki görülebilirliği etkileyen temel faktör hastalarda bu segmentlerin belirgin ince kalibrasyonda olmasıydı. Segment 2 ve 3 düzeylerinde görülebilirliği kısıtlayan temel faktör kalp hızına bağlı basamaklanma ya da bulanıklaşma şeklinde izlenen artefaksiyel görünümlemlerdi. LAD'nin Cx ve RCA'ya göre görülebilirliği genel olarak daha iyiydi. LAD, Cx ve RCA'nın görülebilirliğini değerlendirmek için farklı rekonstrüksiyon aralıkları kullanıldı ve uygun olan sistolik-diastolik rekonstrüksiyon aralıkları seçildi. LAD ve Cx için daha çok diastol ağırlıklı (ortalama %70+/- 6,9), RCA için ise sistol ağırlıklı (ortalama %35+/-4,6) rekonstrüksiyon aralıkları kullanıldı.

4.6. Çok Kesitli BT Cihazıyla Elde Edilen Görüntülerde Koroner Arterlerin Değerlendirilmesi

Seksenüç hastanın Koroner BT anjiyografi incelemesinde ortalama 143+/-16,6 mm'lik alan taramaya dahil edilmiş olup en kısa tarama mesafesi 101 mm, en uzun tarama mesafesi 187,6 mm olarak ölçüldü.

4.6.1. Koroner Arterlerin Sinotubuler Bileşkeye Göre Çıkış Seviyeleri

Hastaların tümünde koroner arterler, aort anulusu ile sinotubuler bileşke mesafesinde sinüs valsaldan çıkış göstermekte olup alçak ya da yüksek çıkış izlenmedi. Dört hastada RCA ve bir hastada ise sağ sinüs valsalva çıkışlı Cx arter aort kapak komissürlerine 5 mm'den daha yakın komissürel çıkış göstermekteydi. Sinotubuler bileşkeye en yakın çıkış gösteren koroner arter yetmişyedi hastada LMCA olarak izlendi. LMCA'nın izlenmediği bir hastada Cx ve LAD, Cx arterin karşı koroner sinüsten çıktığı bir hastada ise LAD en yakın çıkış göstermekteydi. Üç hastada RCA ve LMCA aynı seviyeden çıkış göstermekte ve bir hastada ise RCA sinotubuler bileşkeye en yakın çıkış göstermekteydi.

4.6.2. Koroner Arterlerin Proksimal Segmentleri Düzeyinde Yapılan Çap Ölçümlerde

RCA'nın ortalama çapı $3,783 \pm 0,86$ mm olup minimum 1,8 mm, maksimum 5,6 mm ölçüldü. RCA'nın çapının 1,8 mm ölçüldüğü hastada sol koroner arter dominansı mevcut olup RCA sol sinüs valsalva orjinli ve interarterial seyirliydi, bu nedenle proksimal segmenti basılı ve çapı da azalmış olarak izlenmekteydi. LMCA'nın ortalama çapı $5,107 \pm 0,77$ mm olup minimum 3,4 mm, maksimum 7,8 mm ölçüldü. LAD'nin ortalama çapı $4,181 \pm 0,60$ mm olup minimum 3 mm, maksimum 5,9 mm ölçüldü. Cx arterin ortalama çapı $3,514 \pm 0,71$ mm ölçülmüş olup minimum 2 mm, maksimum 5,3 mm ölçüldü.

4.6.3. Aksiyel Kesitlerde Aortaya Göre Saat Aksında Çıkış Düzeyleri Değerlendirildiğinde

RCA 33 hastada saat 11 hizasında, otuzbir hastada saat 12 hizasında, yedi hastada saat 11:30 hizasında ve iki hastada ise saat 10 ve 10:30 hizasında çıkış göstermekteydi.

RCA ayrıca iki hastada 12:30 hizasında, dört hastada saat 1 hizasında, üç hastada saat 2 hizasında, bir hastada ise 2:30 hizasında çıkış göstermekteydi. Saat 2:30 hizasında çıkan RCA sol sinüs valsalva orjinli olup interarterial seyir göstermekte, belirgin basılı ve aorta ile yaklaşık 9 derecelik dar açılanma göstermekteydi. Diğer dokuz hastada ise sol küspis bileşkesine yakın çıkmakta ve kısa bir segmentte pulmoner trunkus konusunun basısına uğramakta, buna sekonder ise RCA'da proksimal segmentte hafif dereceli basılanma ve aortaya göre dar açılı çıkış dikkati çekmekteydi.

LMCA otuzaltı hastada saat 4 hizasında, onaltı hastada saat 5 hizasında, oniki hastada saat 3 hizasında, dokuz hastada saat 3:30 hizasında ve altı hastada ise saat 4:30 hizasında çıkış göstermekteydi. İki hastada ise saat 5:30 ve 6 hizasında çıkış göstermekteydi. Posteriora açılı izlenenlerde LMCA'da sol atriumun hafif dereceli basısı ve hafif büküntülü seyir dikkati çekmekteydi.

4.6.4. Sinüs Valsalvadan Çıkan Koroner Arterlerin Aorta ile Yaptıkları Açığa Göre

RCA onyedide hastada, LMCA ise yirmibir hastada dar açılı (<45 derece) çıkış göstermekteydi. Bir hastada ise Cx sağ sinüs valsalva orjinli olup retroaortik seyirli ve dar açılı çıkış göstermekteydi. Sinüs valsalvadan çıkış pozisyonuna ve açısına bağlı olarak dört hastada LMCA proksimal segmentinde hafif dereceli daralma izlenmekteydi.

4.7. Koroner Arterlerde Varyasyon ve Anomalilerin Değerlendirilmesi

Normalde koroner arterler epikardial seyir göstermektedir. Eğer miyokart içerisine girip seyir gösterirse buna miyokardial köprüleşme denir. İnsidansı invaziv koroner anjiyografi serilerinde 0,5 ile %2,5, ÇKBT anjiyografide ise %3,5-38,5 arasında rapor edilmiştir. Genellikle belirgin bir semptom oluşturmaz ve Akut MI, aritmi , ani ölüm oldukça nadirdir. Ancak göğüs ağrısı aritmisi olan genç hastalarda miyokardial köprüleşme dışlanmalıdır (152,153). Çalışmamızda seksenüç hastanın otuzaltı'sında (%43,3) toplam 53 segmentte izlendi. Hastaların yirmiiki'sinde (%26,5) tek segmentte, onbeş'inde(%18) iki segmentte ve bir hastada (%1,2) ise üç segmentte miyokardial köprüleşme saptanmıştır. Miyokardial köprüleşme ensik LAD orta-distal segmentte ve Cx'in OM-1 dalı düzeyinde izlendi.

Sol ana koroner arter normal durumda LAD ve Cx dallarına ayrılır. Bazen varyasyonel olarak 3 dala ayrılarak LAD ve Cx arasında ramus intermedius olarak isimlendirilen bir dal verir. Sık görülen varyasyonlardan birisi olup insidansı %33'lere kadar bildirilmiştir (154,155). Çalışmamızda seksenüç hastanın 25'inde (%30,12) varyasyonel Ramus intermedius dalı saptandı.

Seksenüç hastanın ondokuz'unda (%22,9) segment 12, Cx arter orjin düzeyine 5mm'den daha yakın çıkış göstermekte ve bu hastalardan iki'sinde(%2,4) ise segment 12 ve 14 aynı seviyeden çıkış göstermekteydi. Üç hastada (%3,6) ise segment 9 ve segment 10, LAD'den aynı seviyeden çıkış göstermekteydi.

Konus arteri RCA'dan kaynaklanabileceği gibi, ayrı bir orifisle doğrudan sağ sinüs valsalvadan da köken alabilir (26). Çalışmamızda seksenüç hastanın ondört'ünde (%16,9) konus arteri sağ sinüs valsalva orjinli olarak izlenmekteydi.

Sinüs nod arteri insanların %60'ında RCA'nın ilk birkaç milimetresinden köken alarak süperior ve posteriora doğru ilerler (26,31). Yüzde kırk oranında ise proksimal Cx'den kaynaklanır. Çalışmamızda sinüs nod arteri seksenüç hastanın onbeş'inde (%18,1) Cx arterden, iki'sinde (%2,4) LMCA'dan, iki hastada(%2,4) ise sağ sinüs valsalva orjinli olarak izlenmekteydi.

Çalışmamızda saptadığımız koroner arterlerin varyasyonlarının prevalansı, hasta sayısı ve yüzdesi ile Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Koroner arterlerin anatomik varyasyon prevalansı (hasta sayısı ve yüzdesi)

1) Dominans	Sağ	67 (%80,7)
	Sol	7 (%8,4)
	Kodominans	9 (%10,8)
2) Konus arteri	RCA orjinli	69 (%83,1)
	Sağ sinüs valsalva	14 (%16,9)
3) Sinüs nod arteri	RCA orjinli	64 (%77,1)
	Cx orjinli	15 (%18,1)
	LMCA orjinli	2 (%2,4)
	Sağ sinüs valsalva	2 (%2,4)
4) Ramus intermedius		25 (%30,12)

Seksenüç hasta ile yapılan çalışmamızda bir hastada RCA posterior sinüs valsalvadan komissürel çıkış göstermekte, iki hastada Cx arter sağ sinüs valsalvadan orjin almakta, ince kalibrasyonda ve retroaortik seyir göstermekteydi. Bir hastada ise RCA sol sinüs valsalvadan orjin almakta ve interarterial seyirli olup aortaya göre 9 derecelik dar açılı çıkış göstermekteydi ve seyri boyunca ise hipoplazik izlenmekteydi. Koroner arter hipoplazisi bir hastada RCA'da orjin düzeyinin 1 cm distalinde başlamakta ve atrioventriküler olukta seyri izlenmemekteydi. Koroner arter sağ dominansı izlenen bir hastada ise PDA RCA'nın akut marjinal arter

dalından önce çıkış göstermekte, atrioventriküler oluk yerine sağ atrium posterioinferiorunda seyir göstermekte, bu düzeyden interventriküler oluğa uzanmakta buna sekonder ise sağ atriumun posterioinferior seyirince hafif basılı izlenmekteydi. Bir hastada ise LMCA yokluğu dikkati çekmekte, sol sinüs valsalsvadan LAD ve Cx ayrı çıkış göstermekteydi. Çalışmamızda saptadığımız koroner arterlerin anomalilerinin prevalansı, hasta sayısı ve yüzdesi ile Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Koroner arterlerin anatomik anomali prevalansı (hasta sayısı ve yüzdesi)

Koroner arter gidiş ve seyir anomalileri	Sol ana koroner arter yokluğu		1 (%1,2)
	Uygun sinüs valsalsvadan anormal çıkışlar	Komissürel çıkış	4 (%4,8)
	Karşı koroner sinüsten çıkış	Cx arterin sağ sinüs valsalsvadan çıkışı	2 (%2,4) (Retroaortik seyir)
		Sağ koroner arterin sol sinüs valsalsvadan çıkışı	1 (%1,2) (interarterial seyir)
		Sağ koroner arterin posterior sinüs valsalsvadan çıkışı	1 (%1,2)
Koroner arterlerin kendi anatomileri ile ilgili anomaliler	Koroner hipoplazi		2 (%2,4)
	Miyokart köprüleşmesi		36 (%43,3) (Toplam 53 segmentte)
	PDA’nın RCA’dan anormal çıkışı ve seyri		1 (%1,2)

4.8. Koroner Arterlerde İzlenen Aterosklerotik Plakların Karakterlerinin, Darlıklarının ve Uzunluklarının Değerlendirilmesi

Seksenüç hastanın BT anjiyografi tetkiklerinin incelemesinde otuziki hasta (%38,55) normal olarak izlendi. Ondokuz hastada (%23) hafif dereceli darlıklar, yirmi hastada (%24) hafif-orta dereceli darlıklar, on hastada (%12,04) ileri derecede darlıklar ve iki hastada (%2,41) ise koroner arter segmentlerinde oklüde görünüm mevcuttu. Oklüde segmentler by-pass operasyonu geçiren iki hastada izlenmekte

olup bir olguda oklüde segment RCA proksimal segmentte, diğerinde ise diagonal arter-1(D1) düzeyinde izlenmekteydi.

Ellibir hastada 247 segment düzeyinde izlenen aterosklerotik plakların 43'ü (%17,4) segment 6 düzeyinde, 29'u (%11,7) segment 1, 25'i (%10,1) segment 7, 25'i (%10,1) segment 2, 21'i (%8,5) segment 5, 20'si (%8,1) segment11, 18'i(%7,3) segment 8, 16'sı (%6,5) segment 9, 16'sı (%6,5) segment 3, 13'ü (%5,3) segment 13, 8'i (%3,2) segment 12, 6'sı (%2,4) segment 10, 3'ü (%1,2) segment 4, 2'si (%0,8) segment 14 ve 2'si (%0,8) ramus intermedius düzeyinde izlendi.

Plaklar karakterlerine göre 247 segment düzeyinde izlenen aterosklerotik plakların 103'ü (%41,7) kalsifiye, 91'i (%36,8) miks ve 53' ü (%21,5) soft plaktı. Uzunluklarına göre ise plakların 162'si (%65,6) diskret, 51'i (%20,6) tubuler ve 34'ü (%13,8) difüz tipteydi. Seksenüç kişilik hasta grubunun 7'sinde (%8,4) ise sadece soft tipte plak formasyonu izlenmekteydi.

Ca skorlama yetmişdört hastada uygulandı. Hastaların otuzüçünde kalsiyum skoru 0 olarak ölçüldü. Kalsiyum skoru 1-10 arasında yedi hasta, 11-100 arasında onyediy hasta, 101-400 arasında yedi hasta ve kalsiyum skoru >400 olan on hasta vardı. Ca skorlama yapılan toplam yetmişdört hasta içerisinde; Ca skoru '0' olarak ölçülen ancak soft plakların izlendiği yedi hastamız (%9,45) vardı.

4.8.1. Segmentlere Göre Aterosklerotik Plakların Karakterizasyonu

Segment 1 düzeyi; Ellidört hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 18 hastada hafif dereceli darlık, beş hastada orta derecede darlık, beş hastada ileri derecede darlık ve bir hastada ise oklüde görünüm mevcuttu. Plakların 11'i kalsifiye,11'i miks ve 7'si ise soft plak olup uzunluklarına göre 19'u diskret, 7'si tubuler ve 3'ü ise difüz tipteydi.

Segment 2 düzeyi; Elliyedi hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder on hastada hafif dereceli darlık, dokuz hastada orta derecede darlık, altı hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 9'u kalsifiye, 10'u miks ve 6'sı ise soft plak olup uzunluklarına göre 16'sı diskret, 7'si tubuler ve 2'si ise difüz tipteydi. Bir hastada ise bu düzeyde instent restenozuz izlendiği stent mevcuttu.

Segment 3 düzeyi; Altmışaltı hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder on hastada hafif dereceli darlık, dört hastada orta derecede darlık, iki hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 10'u kalsifiye, 4'ü miks ve 2'si ise soft plak olup uzunluklarına göre 13'ü diskret, 1'i tubuler ve 2'si ise difüz tipteydi. Bir hastada ise bu düzeye uygulanmış 2 adet stent izlenmekte olup stentler patent olarak değerlendirildi.

Segment 4 düzeyi; Seksen hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 3 hastada hafif dereceli darlık mevcuttu. Plakların 3'ü kalsifiye plak olup uzunluklarına göre 3'ü diskret tipteydi.

Segment 5 düzeyi; Altmışiki hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder onaltı hastada hafif dereceli darlık, dört hastada orta derecede darlık, bir hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 8'i kalsifiye, 7'si miks ve 6'sı ise soft plak olup uzunluklarına göre 15'i diskret, 6'sı tubuler tipteydi.

Segment 6 düzeyi; Kırk hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 26 hastada hafif dereceli darlık, 10 hastada orta derecede darlık, 6 hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 13'ü kalsifiye, 22'si miks ve 8'i ise soft plak olup uzunluklarına göre 22'si diskret, 16'sı tubuler ve 5'i ise difüz tipteydi. 1 hastada ise stent mevcut olup patent olarak değerlendirildi.

Segment 7 düzeyi; Elliyeedi hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 8 hastada hafif dereceli darlık, 11 hastada orta derecede darlık, 6 hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 13'ü kalsifiye, 10'u miks ve 2'si ise soft plak olup uzunluklarına göre 17'si diskret, 5'i tubuler ve 3'ü ise difüz tipteydi. 1 hastada ise neointimal hiperplazinin izlendiği 1 adet stenti mevcuttu.

Segment 8 düzeyi; Altmışbeş hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 14 hastada hafif dereceli darlık, 2 hastada orta derecede darlık, 2 hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 8'i kalsifiye, 5'i miks ve 5'i ise soft plak olup uzunluklarına göre 16'sı diskret, 1'i tubuler ve 1'i ise difüz tipteydi.

Segment 9 düzeyi; Altmışaltı hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 9 hastada hafif dereceli darlık, 6 hastada orta derecede darlık, 1 hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 9'u kalsifiye, 1'i miks ve 6'sı ise soft plak olup uzunluklarına göre 14'ü diskret, 2'si tubuler tipteydi. Bir hastada ise neointimal hiperplazi gösteren stenti mevcuttu.

Segment 10 düzeyi; Yetmişyedi hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 4 hastada hafif dereceli darlık, 1 hastada orta derecede darlık ve 1 hastada ise oklüde görünüm mevcuttu. Plakların 4'ü kalsifiye ve 2'si ise soft plak olup plaklar uzunluklarına göre 6'sı diskret tipteydi.

Segment 11 düzeyi; Altmış hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 12 hastada hafif dereceli darlık, 8 hastada orta derecede darlık mevcuttu. Plakların 7'si kalsifiye, 8'i miks ve 5'i ise soft plak olup uzunluklarına göre 18'i diskret, 1'i tubuler ve 1'i ise difüz tipteydi. 3 hastada ise stent mevcuttu bunlardan 2'si patent diğ erinde ise neointimal hiperplazi izlenmekteydi.

Segment 12 düzeyi; Yetmişbeş hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 4 hastada hafif dereceli darlık, 3 hastada orta derecede darlık, 1 hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 4'ü kalsifiye, 3'ü miks ve 1'i ise soft plak olup uzunluklarına göre 6'sı diskret, 2'si tubuler tipteydi.

Segment 13 düzeyi; Altmış hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 6 hastada hafif dereceli darlık, 5 hastada orta derecede darlık, 2 hastada ileri derecede darlık mevcuttu. Plakların 3'ü kalsifiye, 8'i miks ve 2'si ise soft plak olup uzunluklarına göre 10'u diskret, 1'i tubuler ve 2'si ise difüz tipteydi. 1 hastada ise instent restenozun izlendiği stent mevcuttu.

Segment 14 düzeyi; Seksenbir hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 1 hastada hafif dereceli darlık, 1 hastada orta derecede darlık mevcuttu. Plakların 2'i miks plak olup uzunluklarına göre 2'si tubuler tipteydi.

Segment 15 düzeyi; Seksenüç hastada anlamlı darlık ayır tedilmedi.

Ramus İntermedius düzeyi; 81 hastada normal olarak değerlendirildi. Aterosklerotik plaklara sekonder 2 hastada hafif dereceli darlık mevcuttu. Plakların 1'si kalsifiye ve 1'i ise soft plak olup uzunluklarına göre 2'si diskret tipteydi.

4.9. By-Pass Greftlerinin Değerlendirmesi

Sekiz bypass-greft hastasında uygulanan toplam 19 adet by-pass grefti mevcuttu. Hastaların 4'ünde 3 adet, 3'ünde 2 adet ve 1'inde 1 adet by-pass grefti izlenmekteydi. Arteryal orjinli 8 by-pass greftinin 7'sinde LİMA, 1'inde ise radyal arter kullanılmıştı. Arteryal greftlerin 7'si sol internal mammaryan arter- LAD (LİMA-LAD), 1'i ise radial arter-OM1 (Radial-OM1) şeklinde anostomoze izlenmekteydi. Venöz greft sayısı ise 11 olup safen ven kullanılmıştı. Venöz greftlerin 2'si safen ven- LAD (safen-LAD), 1'i safen ven-D2 (safen-D2), 2'si safen ven-OM1 (safen-OM1), 2'si safen ven-OM2 grefti (safen-OM2) ve 4'ün ise safen ven-sağ koroner arter (safen-RCA) şeklinde izlenmekteydi. Sekiz arteryal greftin 3'ü oklüde 5'i patent olarak izlenmekteydi. Onbir venöz greftin 2'si oklüde, 1'i suboklüde, 5'i ise patentti. Venöz greftlerin 3'ü ise sadece anostomoz düzeyinde izlenen 1'i hafif, 1'i orta derecede darlık ve diğeri ise suboklüde olarak izlenmekteydi. Çalışmamızda By-pass grefti izlenen hastalarda kullanılan greft, anostomoze edilen koroner arter ve darlık düzeyleri Tablo 5'de gösterilmektedir.

Tablo 5. By-pass grefti izlenen hastalarda kullanılan greft, anostomoze edilen koroner arter ve darlık düzeyi.

Hasta Adı	LİMA	SAFEN-1	SAFEN-2	RADİAL
S.Ö	LAD-Oklüde	RCA-Suboklüde		
H.E	LAD-Patent	RCA-Patent	OM1-Patent	
F.O	LAD-Patent	OM2-Oklüde	D2-Patent	
Ş.P	LAD-Patent	RCA-Anostomoz düzeyinde suboklüde	OM1-Oklüde	
Y.B	LAD-Oklüde	RCA-Anostomoz düzeyinde orta derecede darlık	LAD-Patent	
C.Ç		LAD- Anostomoz düzeyinde hafif derecede darlık		
Y.U	LAD-Oklüde	OM2-Patent		
T.T	LAD-Patent			OM1-Patent

4.10. Stentlerin Değerlendirmesi

On hastada toplam 20 stent izlendi. Beş hastada 2'şer adet, 3 hastada 1'er adet ve hastaların birinde 3 adet stent diğer hastada ise 4 adet stent mevcuttu. Stentlerin 7'si patent, 9'unda neointimal hiperplazi ve 4'ünde ise instent restenoz izlenmekteydi. Çalışmamızda koroner arterlerde stent izlenen hastalarda stentin uygulandığı segment ve darlık derecesi Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Stent izlenen hastalarda stentin izlendiği segment düzeyi ve darlık derecesi.

Hasta Adı	1.Stent'in Uygulandığı segment ve Darlık Derecesi	2.Stent'in Uygulandığı segment ve Darlık Derecesi	3.Stent'in Uygulandığı segment ve Darlık Derecesi	STENT-4 in Uygulandığı segment ve Darlık Derecesi
Y.Y	S6-Neointimal hiperplazi	S7- Patent		
S.Ö	S7- Neointimal hiperplazi	S11- Patent		
A.N.Ö	S3- Patent	S3- Patent		
E.A	S2-İnstent restenoz			
MK	S1- Neointimal hiperplazi	S2- Neointimal hiperplazi	S11- Neointimal hiperplazi	
C.T	S1- Patent	S6- Patent		
R.T	S8- İnstent restenoz			
C.Ç	S6- Neointimal hiperplazi	S7- Neointimal hiperplazi	S9- Neointimal hiperplazi	S13- İnstent restenoz
H.E	S2- İnstent restenoz	S11- Patent		
Y.U	S6- Neointimal hiperplazi			

4.11. Koroner Arter Dışı Bulgular

Bir olguda sol atrial septumda sağa projekte 26x14 mm anevrizmatik dilatasyon ve sol atrium süperior konturunda 14x10 mm anevrizmatik genişleme izlenmekteydi.

Bir olguda ise sol ventrikülde mitral kapak posterior-inferior komşuluğunda 13x11mm boyutlarında anevrizmatik dilatasyon ve miyokardiumda bu düzeyde belirgin ince görünümde izlenmekteydi. Mitral kapağı normal olan, geçirilmiş miyokart infarktüs öyküsü olmayan ve EKG bulguları normal olan hastada insidental konjenital miyokardial anevrizma olarak değerlendirildi.

Ayrıca hastaların 13'ünde aort kapağında, 2'sinde mitral kapakta ve 1'inde ise trisküspit kapakta cidar kalsifikasyonları vardı. Bir hastada mitral valv replasmanı ve 1 hastada ise aort kapağında 2 mm'ye ulaşan kalınlık artışı izlenmekteydi. Stent ve by-pass patensi için gönderilen hastaların 6'sında sol ventrikül apekte, 2 hastada interventriküler septum düzeyinde miyokard kalınlığında azalma, defektif görünüm mevcuttu. Üç hastada asendan aorta çapı yaklaşık 4 cm çapta anevrizmatik, 6 hastada ise pulmoner trunkus çapı >30 mm olarak raporlandı. Yedi hastada ise kesite dahil akciğer parankim alanlarında büyüğü 14x9 mm ölçülen ancak çoğunluğu 5mm çapta ölçülen 8 adet nodül saptandı. Bir hastada ise kesite dahil karaciğer kubbede 3,2cm çapında hipodens kitlesel lezyonu vardı. Ayrıca bir hastada plevral kalınlaşma ve plevral kalsifiye plaklar mevcuttu.

4.12. Koroner Arterlerin Değerlendirilmesi Amacıyla Yapılan BT Anjiyografi Tetkiklerinde Kullanılan Radyasyon Doz Miktarı

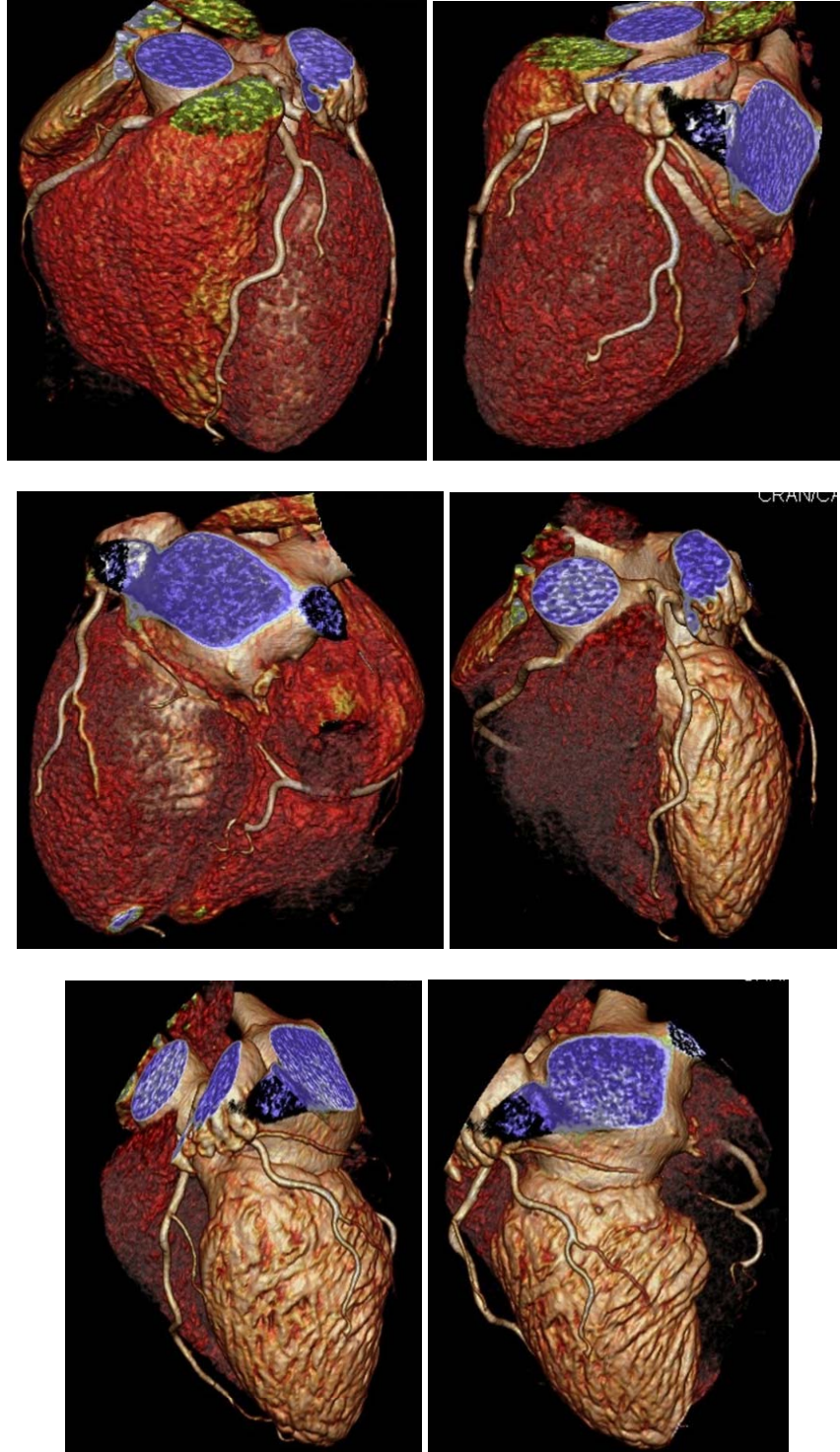
Koroner BT anjiyografi tetkiki ile alınan efektif doz tahmini için oldukça güvenilir olduğu gösterilmiş, Avrupa Çalışma Grubu tarafından BT'de kalite kriterleri kılavuzunda önerilmiş bir metod kullanıldı (156). Bu metod ile efektif doz, doz uzunluk çarpımı (dose-length product, DLP, mGy.cm) ve incelenen anatomik bölge olan göğüs bölgesi için bir dönüşüm katsayısının ($k=0.017 \text{ mSv.mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) çarpımından türetilmekte olup doz-uzunluk çarpımı hastanın tetkikin kapsadığı uzunluk boyunca aldığı dozun bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Efektif doz hesaplaması için kullanılan DLP değerleri her koroner BT anjiyografi tetkiki için cihaz tarafından otomatik olarak verilen protokol üzerinden elde olunmuştur.

Referans mAs değerlerini cihaz belirlemekle beraber 7 hastada 180 mAs, 1 hastada 191 ve 75 hastada 200mAs değerleri kullanıldı. Koroner BT anjiyografi tetkiki için 120 kv ile elde edilen görüntülerde ortalama mAs değeri $147,8 \pm 31,11$ olarak ölçüldü. Kullanılan mAs değeri minimum 55 (referans mAs değeri 180), maksimum 199 (referans mAs değeri 200)'du. DLP ortalaması 529,91 mGy.cm (9,01 mSv) olarak hesaplandı. Yüksek DLP değerleri aşırı şişman ve by-pass grefti değerlendirmek için tarama mesafesi geniş tutulan hastalarda izlendi. DLP değerleri en düşük değerlerini ise mAs referans değerleri 180 olarak seçilen, kullanılan mAs

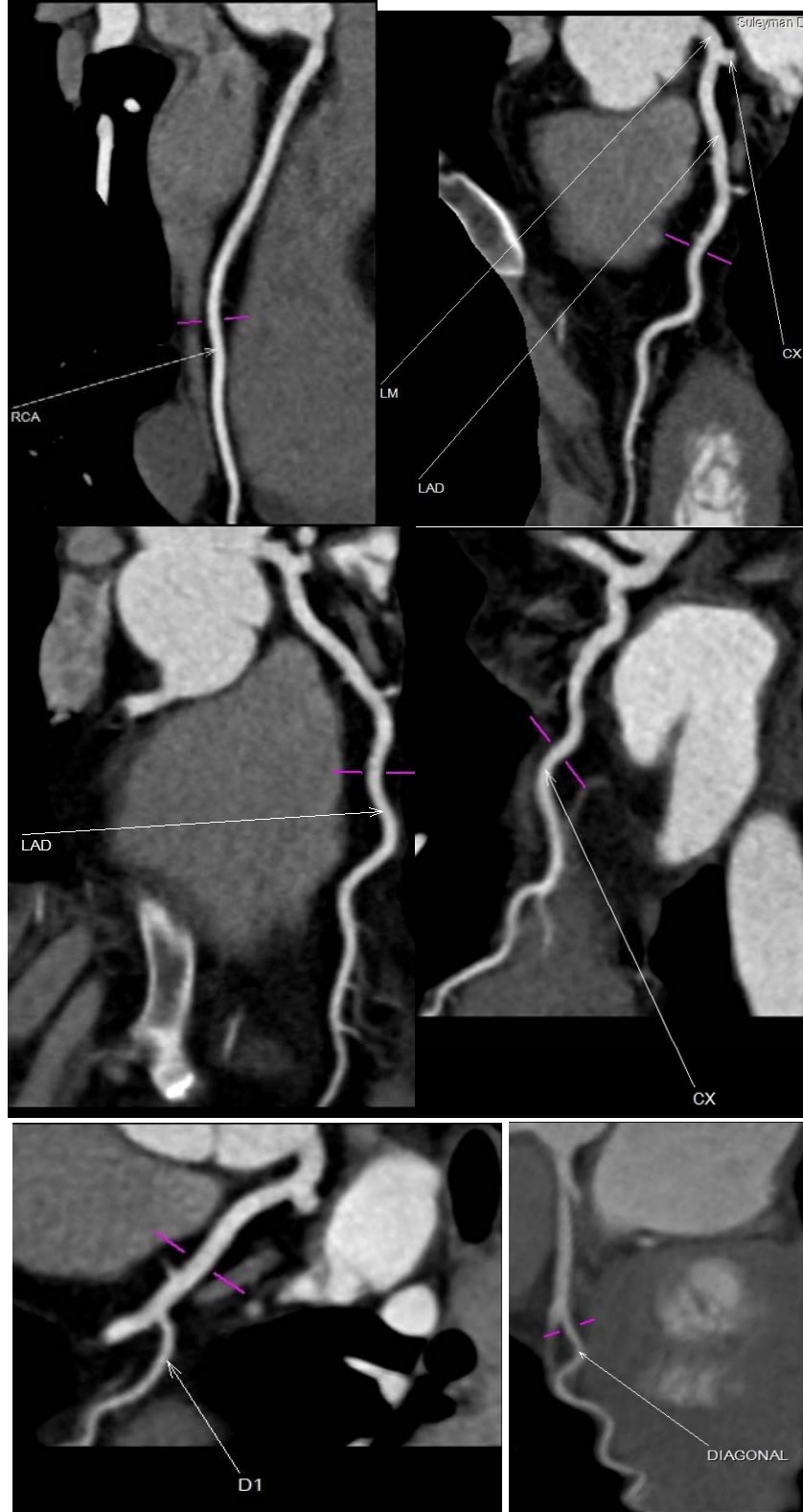
değeri 64, tarama mesafesi 129mm olan hastaya aitti ve 181 mGy.cm (3,017 mSv) olarak hesaplandı.

Kalsiyum skortlama tetkiki için 120 kv ile elde edilen görüntülerde ortalama mAs değeri 22,08+/-8,9 olarak ölçüldü. Kullanılan mAs değeri minimum 10, maksimum 60'dı. DLP ortalaması 81,63 mGy.cm (1,38 mSv) olarak hesaplandı. DLP değerleri en düşük değerlerini ise kullanılan mAs değeri 10 olan hastaya aitti ve 34 mGy.cm (0,578 mSv) olarak hesaplandı.

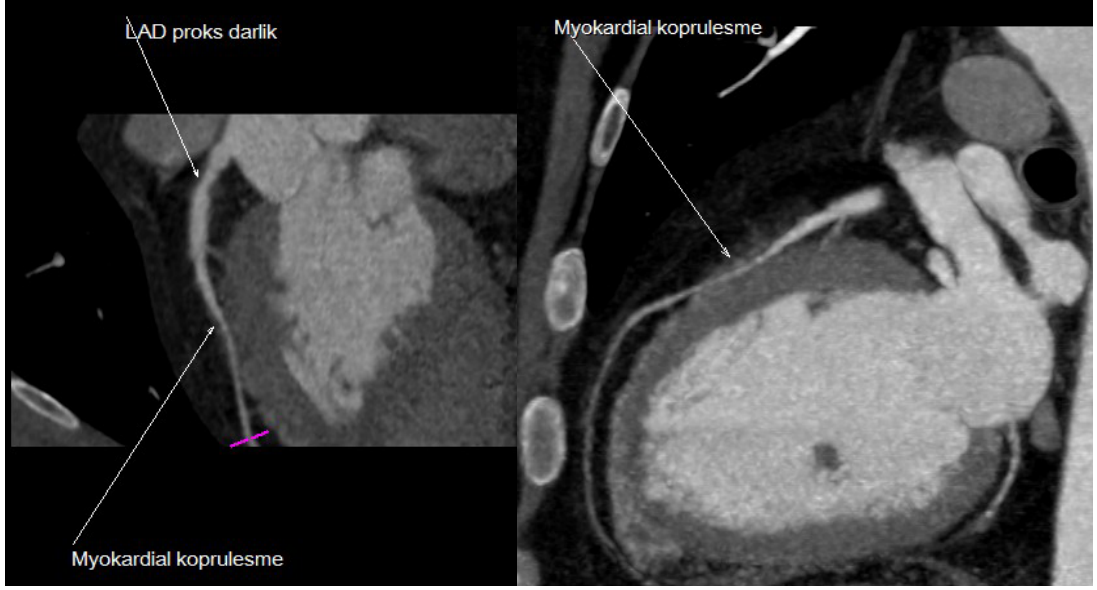
5. OLGU ÖRNEKLERİ



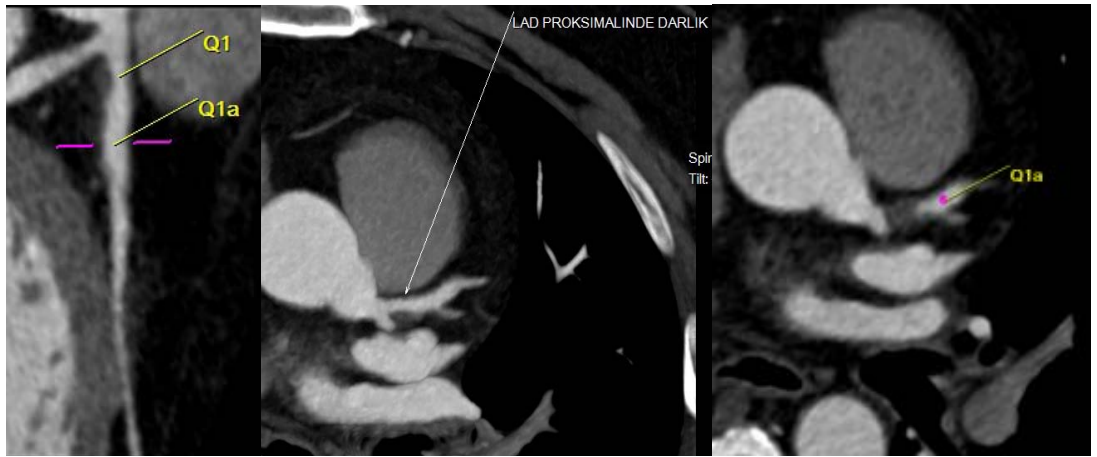
Resim 1. 45 yaşında normal olarak değerlendirilen hastanın örnek 3D VRT görüntüleri.



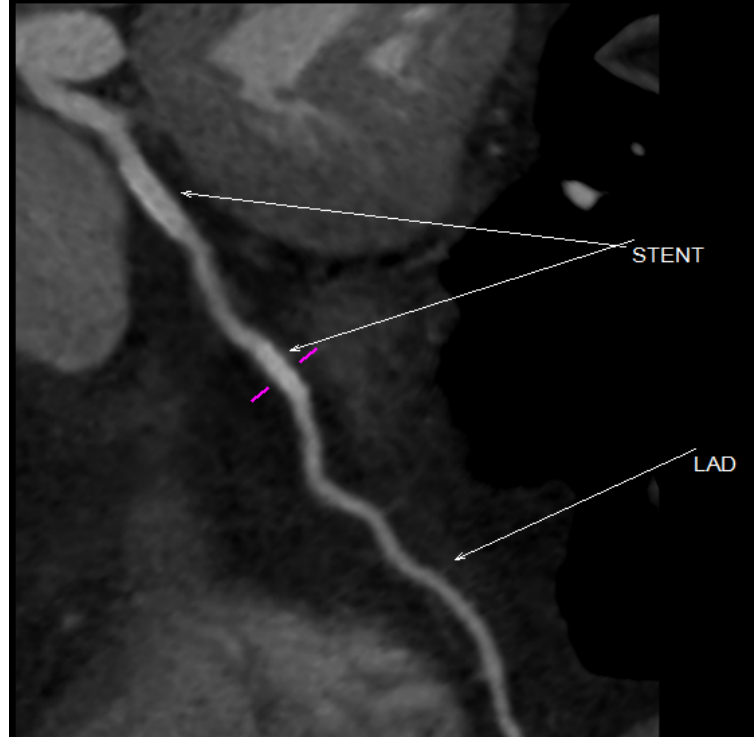
Resim 2. 45 yaşındaki normal olarak değerlendirilen bayan hastanın koroner BT anjiyografi incelemesinde değerlendirmeler için kullanılan curved örnek MPR görüntü örnekleri.



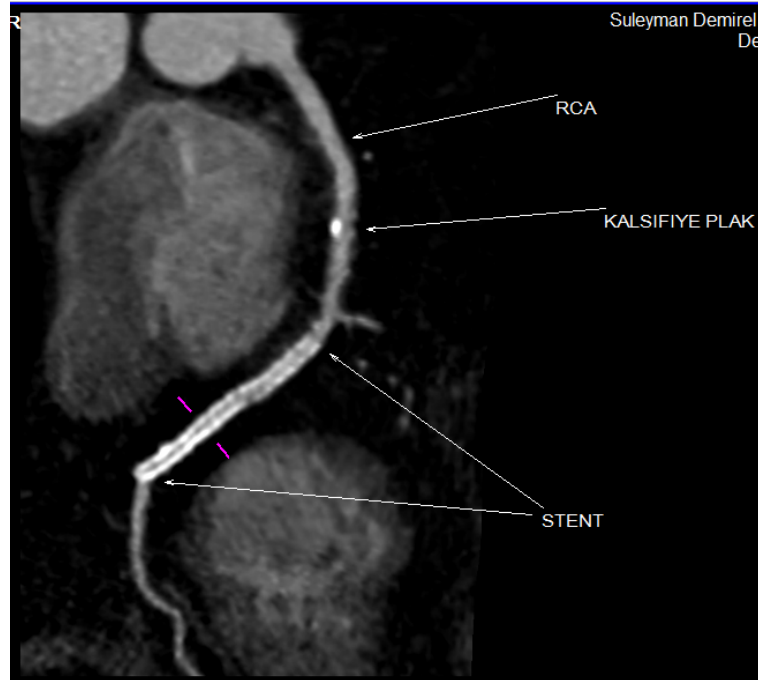
Resim 3. 64 yaşında ortalama kalp atım hızı 73 atım/dak olan hastada LAD orta segmentte izlenen miyokardial köprüleşmeye ait MPR görüntüleri.



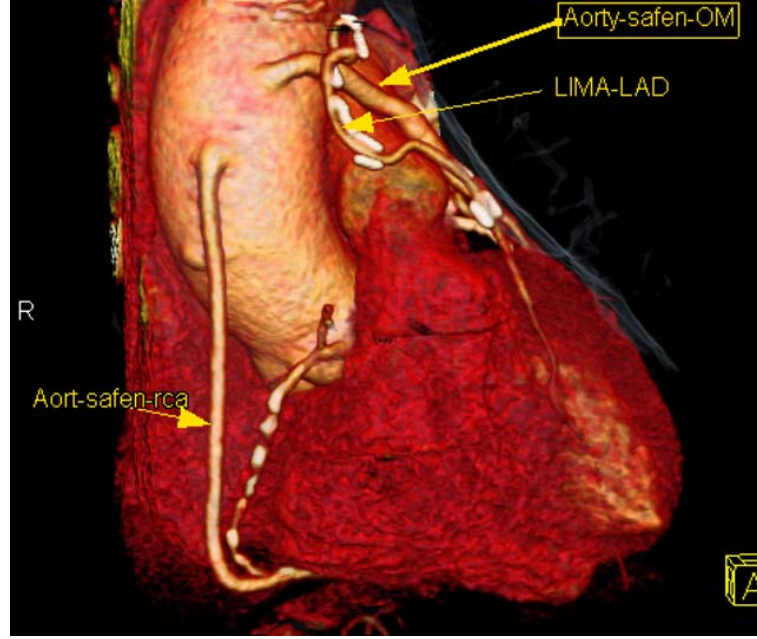
Resim 4. 64 yaşında ortalama kalp atım hızı 73 atım/dak olan hastada LAD proksimal segmentte orta derecede darlığa neden olan diskret soft plak formasyonu gösterilmektedir.



Resim 5. 50 yaşında ortalama kalp atım hızı 71 atım/dak olan erkek hastada LAD proksimal ve orta segmentte izlenen patent olarak değerlendirilen stentlerin curved MPR görüntüleri.



Resim 6. 68 yaşında ortalama kalp atım hızı 71 atım/dak olan erkek hastada RCA orta segmentte hafif dereceli darlığa neden olan diskret kalsifiye plak formasyonları ve RCA distal segmentte patent olarak izlenen iki adet stentin curved MPR görüntüleri.



Resim 7. 82 yaşında ortalama kalp atım hızı 64 atım/dak olan erkek hastada aorta düzeyinden anastomoz edilmiş RCA distal segmente ve Cx'in OM-1 dalına uzanan safen by-pass grefti ile LAD'nin distal segmentine anastomoz edilmiş LİMA by-pass greftine ait 3D VRT incelemesine ait görüntü izlenmektedir.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Koroner arter hastalığı; koroner arter lümeninin lipidden zengin, fibröz ya da kalsifik aterom plakları nedeniyle daralması olarak tanımlanan koroner aterosklerozun klinik prezentasyonu olup tüm dünyadaki mortalite ve morbidite nedenleri içerisinde en başta gelenlerden biridir. Ateroskleroz, lipidler, fibroblastlar, makrofajlar, düz kas hücreleri ve hücre dışı maddelerin değişik oranlarda damar duvarının intima tabakasında birikimi ile seyreden, altındaki medya tabakasını zayıflatan, arterlerin esneklik ve antitrombotik özelliklerinin bozulmasına, lümene doğru gelişerek ilerleyici arteryal darlık ve tıkanmalara yol açan aterom adı verilen intimal plaklara bağlı olarak meydana gelen yaygın ve ilerleyici süreçteki hastalığa denir.

Fibröz ve kalsifik plaklar, kompleks lezyonlar koroner arterlerin anlamlı şekilde daralmasına ve sonuç olarak iskemi ve kalp kasının fonksiyonunun azalmasına neden olabilirler. İskemi ise; angina pectoris, miyokart infarktüsü, kronik iskemik kalp hastalığı ve bu üç durumdan birinin sonucu olabilecek ani kardiyak ölüme sebep olur. Buna karşılık lipid plaklar genellikle stenotik özellikte olmamakla birlikte rüptüre olabilir ve trombotik oklüzyon yaparak ani koroner olayların sebebi olabilirler (3).

Ateroskleroz nedenleri tesbit edilip tedavi edilebildiği takdirde durdurulabilen veya geriletilebilen, multifaktöryel, morbit ve mortal, sadece koroner değil tüm arteryal yapıları tutabilen sistemik bir hastalıktır.

KAH tanısında, Egzersiz EKG testi, yaygın bir klinik kullanıma sahip, yerleşmiş bir non invaziv testir. KAH'ın yaygınlık derecesi Egzersiz EKG testinin duyarlılığını etkilemektedir. Tek damarı tutulmuş hastalarda, duyarlılık % 50'den düşükken, üç damarı tutulmuş hastalarda % 85'i bulmaktadır. KAH açısından yüksek riskli hastalar, risk değerlendirmesi için egzersiz EKG testine ihtiyaç duyarken, arada kalanlar yani KAH açısından orta riskli hastalar hem teşhis hem de risk sınıflandırması açısından farklı testlere ihtiyaç duymaktadır (10).

Koroner anjiografinin görsel incelenmesi geleneksel olarak koroner arter darlıklarının ciddiyetini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır (93,94). Kateter

anjiyografi KAH varlığında lümen çapını, stenoz miktarını, lümen düzensizliğini yüksek rezolüsyon ile gösterir ve hastanın klinik bulgularına göre aynı seansta acil veya elektif koroner balon ve stent uygulamaları yapılabilmesine olanak tanımaktadır. KKA koroner arterlerin intralüminal değerlendirmesini sağladığı için kısıtlı bir değerlendirme değildir ve koroner arter duvarları doğrudan gözlenemez. Aterosklerotik plağın; rüptür eğilimi, histopatolojik özellikleri ve kompozisyonu hakkında bilgi vermez. Stenoz miktarı stenotik segmentin normal segmente oranlanması ile belirlenir, ancak diffuz aterosklerotik KAH'da stenoz miktarı normal segmentin olmaması durumunda normalin altında tahmin edilebilir. Ek olarak plaklar lümen dışına doğru yer değiştirdiğinde lümen çapı önemli KAH'a rağmen normal izlenebilir (63). Her invaziv işlemde olduğu gibi koroner arteriyografi ile uygulanan hastalar içinde sınırlı riskler söz konusudur. Riskin büyüklüğü anjiyografi yapan uzmanın becerisi, klinik semptomların stabilitesi ve koroner hastalığın yaygınlığı ile ilişkilidir. En önemli komplikasyonlar inme, miyokart infarktüsü ve ölümdür. Koroner arteriyografi mortalite oranı %0,007 ile %0,1 arasında değişmektedir. Yine bu oranlar tek damar hastalığında %0,05, iki damar hastalığında %0,07, üç damar hastalığında %0,12 ve sol ana koroner darlıklarında %0,8 olarak saptanmıştır (96,97).

EBT'de, sabit X-ışını kaynağı ve dedektör kombinasyonu kullanılmakta ve X-ışını oluşturulmasında kullanılan elektron demetinin dönmesi sağlanarak, 100 ms'n'de, kalp ritmi ile uyumlu olarak diyastol sonunda ardışık ince aksiyel kesitler elde edilmektedir. EBT ile koroner arterler kardiyak siklusun seçilen bir fazında prospektif olarak görüntülenir. Üç büyük koroner arterin hareket paterni kardiyak siklusun farklı kısımlarındadır. Bu nedenle sadece belli bir fazda prospektif görüntü elde edilmesi üç koroner arterden sadece biri için optimal görüntüleme sağlar.

MRA'da iyonizan radyasyon ve kontrast madde kullanılmaması bir avantajdır. MRA ile tüm kardiyak siklularda görüntü elde edilir. Ancak kalp ve solunum hareketleri, küçük damar çapı, koroner arterlerin tortüöz seyri görüntüleme için teknik problemlerdir (102). Uzun inceleme zamanları ve yetersiz uzaysal rezolüsyon gibi dezavantajlarının koroner arter hastalığı şüphesi olan hastalarda kullanımını kısıtlamaktadır.

Çalışmamız toplam 83 hasta ile elde olunmuş olup hastaların on'u (%12) koroner stent, 8'i (%9,6) koroner bypass-greft patensisi değerlendirilmesi amacıyla koroner BT anjiyografi tetkiki için ünitemize refere edilmişti. Koroner bypass-greft değerlendirilmesi için refere edilmiş hastaların üç'ünde (%3,6) ayrıca toplam 7 adet koroner stent mevcuttu. Geri kalan altmışsekiz hasta (%82) ise nonspesifik EKG değişiklikleri, atipik göğüs ağrısı, çarpıntı, çabuk yorulma, göğüste baskı hissi gibi şikayetleri olan koroner arter hastalığı açısından düşük-orta riskli hasta grubunu kapsamaktaydı.

ÇKBT koroner arter varyasyonlarının ve anomalilerinin değerlendirilmesinde kullanışlı bir yöntemdir. Koroner arter anomalilerin büyük kısmı tesadüfen saptanmış, miyokart perfüzyonu açısından majör tehdit oluşturmayan benin (%81) anomalilerdir (34,35). Ancak bir kısmı ani ölüm ve miyokart iskemisine neden olabilen potansiyel malin anomalilerdir (35). Yapılan çalışmalarda genç yaş kardiyak nedenli ani ölümlerin %12 sinin koroner arter anomalileri nedeni ile oluşan infarktlar ve aritmiler nedeni ile oluştuğu gösterilmiştir. Koroner arterlerin kompleks anatomisi 3 boyutlu ÇKBT de kolayca değerlendirilebilir (154). Günümüze kadar koroner anomalilerin temel tercih edilen tanısal yöntemi kateter anjiyografi olmuştur. Ancak kateter anjiyografi ile anomalili arterin çıkış yerinin belirlenmesi zordur. Komşu pulmoner arter ve aorta ile ilişkisinin bilinmemesi nedeniyle anormal damarın kesin seyri belirlenememesi de güçtür. Konvansiyonel anjiyografi ile derinlik bilgisi sağlanamadığından damarın gerçek 3 boyutlu seyri hakkında bilgi edinmek mümkün değildir (37). Tüm bunlara ilaveten bu tekniğin invaziv ve pahalı bir işlem olması ÇKBT anjiyografiyi alternatif bir görüntüleme yöntemi olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Seksenüç hasta ile yapılan çalışmamızda bir hastada RCA posterior sinüs valsaldan komissürel çıkış göstermekte, iki hastada Cx arter sağ sinüs valsaldan orjin almakta, ince kalibrasyonda ve retroaortik seyir göstermekteydi. Bir hastada ise RCA sol sinüs valsaldan orjin almakta ve interarterial seyirli olup aortaya göre 9 derecelik dar açılı çıkış göstermekteydi ve seyri boyunca ise hipoplazik izlenmekteydi. Koroner arter hipoplazisi bir hastada RCA'da orjin düzeyinin 1 cm distalinde başlamakta ve atrioventriküler olukta seyri izlenmemekteydi. Koroner arter sağ dominansı izlenen bir hastada ise PDA RCA'nın akut marjinal arter

dalından önce çıkış göstermekte, atrioventriküler oluk yerine sağ atrium posterioinferiorunda seyir göstermekte, bu düzeyden interventriküler oluğa uzanmakta buna sekonder ise sağ atriumun posterioinferior seyirince hafif basılı izlenmekteydi. Bir hastada ise LMCA yokluğu dikkati çekmekte olup sol sinüs valsavadan LAD ve Cx ayrı çıkış göstermekteydi.

Konus arteri RCA'dan kaynaklanabileceği gibi, ayrı bir orifisle doğrudan sağ sinüs valsavadan da köken alabilir (26). Çalışmamızda 83 hastanın 14'ünde (%16,86) konus arteri sağ sinüs valsalva orjinli olarak izlenmekteydi.

Sinüs nod arteri insanların %60'ında RCA'nın ilk birkaç milimetresinden köken alarak süperior ve posteriora doğru ilerler (26,31). Yüzde kırk oranında ise proksimal Cx'den kaynaklanır. Çalışmamızda sinüs nod arteri 83 hastanın 15'inde (%18,1) Cx arterden, 2'sinde (%2,4) LMCA'dan, 2 hastada (%2,4) ise sağ sinüs valsalva orjinli olarak izlenmekteydi.

Sol ana koroner arter normal durumda LAD ve Cx dallarına ayrılır. Bazen varyasyonel olarak 3 dala ayrılarak LAD ve Cx arasında ramus intermedius olarak isimlendirilen bir dal verir. Sık görülen varyasyonlardan birisi olup insidansı %33'lere kadar bildirilmiştir(154,155). Çalışmamızda 83 hastanın 25'inde (%30,12) varyasyonel Ramus intermedius dalı saptandı.

Normalde koroner arterler epikardial seyir göstermektedir. Eğer miyokart içerisine girip seyir gösterirse buna miyokardial köprüleşme denir. İnsidansı invaziv koroner anjiyografi serilerinde 0,5 ile %2,5, ÇKBT anjiyografide ise %3,5-38,5 arasında rapor edilmiştir. Genellikle belirgin bir semptom oluşturmaz ve Akut MI, aritmi, ani ölüm oldukça nadirdir. Ancak göğüs ağrısı aritmisi olan genç hastalarda miyokardial köprüleşme dışlanmalıdır (152,153). Çalışmamızda seksenüç hastanın otuzaltı'sında (%43,3) toplam 53 segmentte izlendi. Hastaların yirmiiki'sinde (%26,5) tek segmentte, onbeş'inde(%18) iki segmentte ve bir hastada (%1,2) ise üç segmentte miyokardial köprüleşme saptanmıştır. Miyokardial köprüleşme en sık LAD orta-distal segmentte ve Cx'in OM-1 dalı düzeyinde izlendi.

Koroner arter dışı bulgularda ise; bir olguda sol atrial septumda sağa projekte 26x14 mm anevrizmatik dilatasyon ve sol atrium süperior konturunda 14x10 mm anevrizmatik genişleme izlenmekteydi.

Bir olguda ise sol ventrikülde mitral kapak posterior-inferior komşuluğunda 13x11mm boyutlarında anevrizmatik dilatasyon ve miyokardiumda bu düzeyde belirgin ince görünümde izlenmekteydi. Mitral kapağı normal olan, geçirilmiş miyokart infarktüs öyküsü olmayan ve EKG bulguları normal olan hastada insidental konjenital miyokardial anevrizma olarak değerlendirildi.

ÇKBT'nin koroner arter değerlendirilmesinde kullanılabilmesini sağlayan teknolojik gelişmeler; gantri rotasyon süresinin kısalması, multislice detektör teknolojisindeki gelişmeler, temporal ve uzaysal çözünürlükte artış, EKG eşliğinde ince kesit kalınlıklarında aynı anda çok sayıda görüntü alınabilmesidir. ÇKBT cihazları, olağanüstü hızları sayesinde, konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, klasik kesit taramasından çok, bir anlamda "hacim taraması" yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki (z eksenindeki) çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığı olup dedektör teknolojisindeki iyileştirmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Ayrıca kaynak görüntüler üzerinden özel bilgisayar yazılımları ile 'multiplanar reformasyon (MPR)', 'Surface shaded display (SSD)', 'maximum intensity projection (MIP)' veya 'volume rendering tekniği (VRT)' yöntemleri ile iki veya üç boyutlu, değişik planlarda görüntüler oluşturulabilmektedir. Bu görüntüler by-pass greft uygulanan hastalarda ve koroner arter anomalisi olan hastalarda genel anatomik morfolojiyi kavramakta kolaylık sağlamakta ayrıca aksiyel plandaki görüntülerin incelenmesinde gözden kaçan ayrıntıların saptanmasında yardımcı olmaktadır.

Tetkik sürelerindeki kısalma gantri dönüş hızı ve dedektör sayısı artırılmış yeni sistemlerde daha da belirgin olmaktadır. Koroner BTA tekik süresi 16 kesitli BT'de 20 saniye iken, 128 kesitli BT de 9-10 saniyeye inmektedir. Bu durum hastaların kısa nefes tutma süresi avantajını getirerek solunum artefaktlarının engellenmesinde önemli bir avantaj sağlamaktadır (157,158). Olgularımızda koroner BTA tetkik süresi yaklaşık 10 saniye idi.

ÇKBT tetkik hızındaki artış koroner BTA'da kalp hareketlerine ve nefes tutamamaya bağlı artefaktların azalmasını sağlamaktadır. İlk jenerasyon BT'lerde görüntü alınması için dakikalar gerekirken, 4 kesitli BT'de 250 milisaniye, 16

dedektörlü BT’de 210 msn, 64 kesitli BT de 165 msn’ dir. Bizim kullanmış olduğumuz 128 kesit BT ünitesinde temporal rezolüsyon 150 milisaniyeye düşmektedir. Bu süreler hareket artefaktı olmaksızın çekim yapılabilecek kalp hızlarını etkilemektedir; 16 kesitli sistemlerde tetkik için kalp hızı dakikada 60 atım düzeyinde tutulması gerekirken, 128 kesitli sistemlerde 80 atım/dakika kalp hızlarına kadar artefaktsız çekim yapılabilmektedir (159). 83 hasta ile yaptığımız çalışmada hastaların ortalama kalp hızı 67,73+/-8,99 atım/dakika olarak tespit edildi. Ancak, olgular içerisinde görüntü kalitesinde bozulma olmadan kalp hızları 80’i geçenler mevcuttu.

Koroner BTA’da kullanılan kontrast madde hacmi kesit sayısının artışına paralel olarak azalmıştır. 4 kesitli BT ile 160 ml, 64 kesitli BT ile yaklaşık 90 ml ile tetkik gerçekleştirilebilmektedir (159). Çalışmamızda 128 kesitli BT ile 83 hastada elde olunan koroner BT anjiyografi görüntülemeleri için kullanılan kontrast madde miktarı ortalaması 64+/-2,2 ml olup kullanılan kontrast madde miktarı en düşük 60 ml ve en fazla ise 68 ml idi. Kontrast madde miktarındaki bu azalma, hem maliyeti düşürmekte hem de doza bağımlı nefrotoksik etkileri azaltmaktadır.

İnvaziv koroner anjiyografi uygulanan hastaların %25’inde koroner arter patolojisi saptanmadığı, patolojisi olan olguların ise yalnızca üçte birinde girişimsel işlemlere gereksinim olduğu görülmüştür (6). Bu nedenle son yıllarda non-invaziv bir yöntem olarak ÇKBT koroner arterlerin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntem haline gelmektedir. Çalışmamızda 83 hastanın BT anjiyografi tetkiklerinin incelemesinde 32 hasta (%38,55) normal olarak izlendi. 19 hastada (%23) hafif dereceli darlıklar, 20 hastada (%24) hafif-orta dereceli darlıklar, 10 hastada (%12,04) ileri derecede darlıklar ve 2 hastada (%2,41) ise koroner arter segmentlerinde oklüde görünüm mevcuttu. Oklüde segmentler by-pass operasyonu geçiren iki hastada izlenmekte olup bir olguda oklüde segment RCA proksimal segmentte, diğesinde ise diagonal arter-1(D1) düzeyinde izlenmekteydi. Normal olarak değerlendirilen 32 hasta (%38,55) ve hafif dereceli darlıkları bulunan 19 hasta (%23) toplam 51 hastada (%61,55) gereksiz invaziv anjiyografi uygulamasından kaçınılmış oldu. Hafif dereceli ve orta dereceli darlığı olan hastalar medikal tedavi ile izleme alındılar.

Koroner arter stenozu koroner arter iskemisi ile ilişkilidir, ancak miyokart infarktüslerinin sadece dörtte biri önemli koroner arter stenozundan kaynaklanır (stenoz $>75\%$). Non-stenotik plaklar ($<75\%$) 80% oranında miyokardial infarktüslerden ölümlerin sebebidir. Akut miyokart infarktüsü (AMI) hastalarının 90% 'ında hemodinamik açıdan anlamlı stenoz yoktur. Rüptür eğilimli plaklar konvansiyonel koroner anjiyografide anlamlı stenoz yapmadıkları sürece gözlenmezler (62). Koroner arter hastalığının erken dönemde belirlenmesinde hem lümeni hem de damar duvarını görüntüleyebildiğinden ÇKBT'nin avantajları mevcuttur.

MDBT ile plak dansitesi ölçümü ile rüptür eğilimli yumuşak (soft) plaklar belirlenebilir, BT atenuasyon değerleri ile lipidden zengin plak ile fibrotik komponenti baskın olan aterosklerotik plaklar ayrılabilir. Plak kompozisyonunun noninvaziv olarak belirlenmesi rüptür eğilimli yumuşak plakların erken tedavisinde önemlidir (63).

Koroner BTA tarama amaçlı asemptomatik olgulara ve semptomatik olgu gruplarına uygulanabilmektedir. Asemptomatik grup semptomu olmayan, ancak koroner arter hastalığı açısından orta risk grubundaki hastalardır. Bu grup toplumun yaklaşık 40% 'ını oluşturmaktadır ki bu koroner BTA'nın en sık kullanıldığı gruptur. Semptomatik ve düşük ya da orta risk grubuna dahil atipik göğüs ağrısı yakınması olan olgu grubunda da yüksek negatif prediktif değeri nedeni ile yararlı bir yöntemdir. Normal raporlanmış bir Koroner BTA invaziv anjiyografi gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır. Akut koroner sendrom ile başvuran tipik göğüs ağrılı yüksek risk grubuna dahil hastalarda invaziv anjiyografi ilk tercih olmalıdır (160). Koroner arter stenozlarının belirlenmesinde koroner BTA'da yüksek duyarlılık ve seçicilik oranları bildirilmiştir. Bu oranların ÇKBT'de kesit sayısına göre değiştiği gösterilmiştir. İnvaziv koroner anjiyografi 16 kesitli ÇKBT ile yapılan bir çalışmada duyarlılık ve seçicilik sırası ile 89% ve 98% olarak bildirilirken, 64 kesitli ÇKBT ile yapılan başka bir çalışmada 94% ve 97% olarak bulunmuştur (115,161). Koroner BT Anjiyografi tetkiki için kullandığımız 128 ÇKBT cihazında detektör 64 sıralı $0,6\text{ mm}$ 'lik elemanları ve birbirinden bağımsız olarak 128 adet data toplama kanalına sahip olup dolayısıyla $128 \times 0,33\text{ mm}$ lik izotropik rezolüsyon oluşturabilmektedir. 64 ÇKBT ile karşılaştırıldığında daha yüksek görüntü kalitesi ve belirgin daha düşük

radasyon dozu (hasta gruplarında en düşük radasyon dozu 181 mGy.cm (3,017 mSv) olarak ölçüldü) sağlamaktadır.

Sonuç olarak 128 ÇKBT Koroner anjiyografi tetkiki; koroner arter anomali şüphesi olan atipik göğüs ağrısı tarifleyen genç hastalarda, düşük ve orta riskli asemptomatik hastalarda ve atipik göğüs ağrısı olan hastalarda, daha düşük kontrast madde dozu ve hızlı çekim protokolü ile koroner arter darlıklarının ve varyasyonlarının değerlendirilmesinde; noninvaziv, hospitalizasyon gerektirmeyen, yalnızca lümen bilgisi değil damar duvarındaki aterosklerotik değişiklikleri gösterebilen, plak karakterizasyonunun yapılabildiği bunun yanında anatomik varyasyonlar ve anomaliler hakkında da bilgi verebilen etkin bir yöntemdir.

ÖZET

Koroner Arter Patoloji ve Varyasyonlarının Belirlenmesinde ÇKBT (128)

Anjiografinin Tanısal Değeri

Çalışmamızın amacı, atipik göğüs ağrısı, çarpıntı, çabuk yorulma, göğüste baskı hissi gibi şikayetleri olan, koroner by-pass veya stenti olan hastaların koroner arterlerinin patensi başta olmak üzere diğer patolojilerinin yeni jenerasyon 128 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT) anjiografi ile değerlendirilmesi, koroner arter darlıklarının derecelendirilmesi ve kullanılan radyasyon dozunun optimizasyonudur.

Toplam seksenüç hastanın on'u (%12) koroner stent, 8'i (%9,6) koroner bypass-greft patensisi değerlendirilmesi amacıyla koroner BT anjiyografi tetkiki için ünitemize refere edilmişti. Koroner bypass-greft değerlendirilmesi için refere edilmiş hastaların üç'ünde (%3,6) ayrıca toplam 7 adet koroner stent mevcuttu. Geri kalan altmış sekiz hasta (%82) ise düşük-orta riskli hasta grubunda değerlendirilebilecek hastaları kapsamaktaydı. Koroner arterlerin görülebilirliğinin değerlendirilmesinde toplam 1245 segmentin 1211segmenti (%97,26) görülebildi. Koroner BT anjiografi tetkikinde DLP ortalaması 529.91 mGy.cm (9.01 mSv) olarak hesaplandı. DLP en düşük 181 mGy.cm (3,017 mSv) olarak hesaplandı. Çalışmamızda 83 hastanın BT anjiyografi tetkiklerinin incelemesinde 32 hasta (%38,55) normal olarak izlendi. 19 hastada (%23) hafif dereceli darlıklar, 20 hastada (%24) hafif-orta dereceli darlıklar, 10 hastada (%12,04) ileri derecede darlıklar ve 2 hastada (%2,41) ise koroner arter segmentlerinde oklüde görünüm mevcuttu. Normal olarak değerlendirilen 32 hasta (%38,55) ve hafif dereceli darlıkları bulunan 19 hasta (%23) toplam 51 hastada (%61,55) gereksiz invaziv anjiyografi uygulamasından kaçınılmış oldu.

Sonuç olarak 128 kesit BT Anjiyografi özellikle orta riskli asemptomatik hastalar ve atipik göğüs ağrısı olan hastalarda daha düşük kontrast madde dozu ve hızlı çekim protokolü ile koroner arter darlıklarının ve varyasyonlarının değerlendirilmesinde etkin bir yöntem olarak kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: ÇKBT, Koroner Anjiyografi, Varyasyon.

SUMMARY

The Diagnostic Value of MDCT (128) Angiography for Determining Coronary Artery Pathology and Variations

The aim of our study is evaluation of particularly coronary arteries, coronary artery stenosis grading, coronary by-pass or stent patency, optimization of radiation dose and other pathologies in patients who have complaints such as atypical chest pain, palpitations, fatigue, chest pressure sensation by using the new generation 128 Multi-Slice Computed Tomography (MSCT) angiography.

Ten patients (%12) for the coronary stents patency and eight patients (%9,6) for coronary artery bypass-graft patency to assess for coronary CT angiography was referred to our unit in total eighty three patients. Three (%3,6) of patients were referred for evaluation of coronary artery bypass-graft patency also had total 7 coronary stents. The remaining sixty-eight patients (%82) have such as symptoms the non-specific ECG changes, atypical chest pain, palpitations, fatigue, chest pressure sensation in terms of coronary artery disease with low-intermediate-risk group included the patients evaluated. The evaluation of coronary artery segments in the eighty three patients, 1211 of 1245 segments (%97,26) could be evaluated. Mean effective radiation dose for coronary CT angiography examination was calculated as 529,91 mGy.cm mean DLP (9,01 mSv). The lowest DLP value was calculated as 181 mGy.cm (3,017 mSv). Calculating of the DLP for calcium scoring average was 81.63 mGy.cm (1,38 mSv). The lowest DLP value for calcium scoring was 34 mGy.cm (0,578 mSv). In our study of CT angiography examinations of 83 patients, 32 patients examination (%38,55) determined as normal. Nineteen patients (%23) have mild-grade stenosis, 20 patients (%24) have mild to moderate grade stenosis, 10 patients (%12,04) have severe grade stenosis and two patients (%2,41) have the occluded coronary artery segments. Thirty two patients (%38,55) the normally assessed and 19 patients with mild-grade stenosis (%23) of 51 patients (%61,55) were avoided unnecessary administration of invasive angiography.

As a result, 128 slice CT angiography can be used as an effective method for the evaluation stenosis and variations of coronary arteries especially in asymptomatic patients with intermediate risk and the patients who have atypical chest pain, with a lower dose of contrast agent and shorter scanning time.

Key words: MDCT, coronary angiography, Variation.

KAYNAKLAR

1. Solberg LA, Strong JP. Risk factors and atherosclerotics lesions: A Review of autopsy studies. *Arteriosclerosis* 1983;3: 187-198.
2. Stary HC, Chandler AB, Dinsmore RE ve ark. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histologic classification of atherosclerosis. *Circulation*. 1995;92: 1355-1374.
3. Pasterkamp G, Falk E, Woutman H ve ark. Techniques characterizing the coronary atherosclerotic plaque: influence on clinical decision making? *J Am Coll Cardiol*. 2000;36: 13-21.
4. Baigent C, Keech A, Kearney PM, Blackwell L, Buck G, Pollicino C, Kirby A, Sourjina T, Peto R, Collins R, Simes R; Cholesterol Treatment Trialist (CTT) Collaborators. Efficacy and safety and cholesterol lowering treatment: prospective meta-analysis of data from 90,056 participants in 14 randomised trials of statins. *Lancet* 2005;366:1267-1278.
5. Windecker S, Maier-Rudolph W, Bonzel T ve ark. Interventional cardiology in Europe in 1995: working group coronary circulation of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 1999;20: 484-95.
6. Papaconstantinou HD, Marshall EJ, Burrell CJ. Diagnostic cardiac catheterization in a hospital without on site cardiac surgery. *Heart* 1999; 81: 465–9.
7. Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM ve ark. ACC/AHA guidelines for coronary angiography. 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. PDF version of: Scanlon et al. 1999;99 (17): 2345.
8. Bashore TM, Bates ER, Berger PB ve ark. 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.
9. Ohnesorge B, Becker C, Flohr T, Reiser MF. Multi-slice CT in cardiac imaging: technical principles, clinical application and future developments Berlin: Springer-Verlag, 2002; 3–109.
10. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, Bricker JT, Duvernoy WF, Froelicher VF ACC/AHA guidelines for exercise testing: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). *Circulation*. 1997 Jul 1;96(1):345–54.
11. Schoepf UJ, Becker CR, Obuchowski NA et al. Multislice computed tomography as a screening tool for colon cancer, lung cancer and coronary artery disease. *Eur Radiol* 2001; 11: 1975–1985.
12. Virmani R, Kolodgie FD, Burke AP ve ark. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20: 1262-1275.
13. Shah PK. Plaque disruption and thrombosis. Potential role of inflammation and infection. *Cardiol Clin*. 1999;17: 271-81.

14. Giroud D, Li JM, Urban P ve ark. Relation of the site of acute myocardial infarction to the most severe coronary arterial stenosis at prior angiography. *Am J Cardiol.* 1992; 69: 729-32.
15. Glagov S, Weisenberg E, Zarins C ve ark. Compensatory enlargement of human atherosclerotic coronary arteries. *N Engl J Med.* 1987;316:1371-1375.
16. Hamdan A, Assali A, Fuchs S ve ark. Imaging of vulnerable coronary artery plaques. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007;70: 65-74.
17. Brodoefrel H, Reimann A, Burgstahler C, ve ark. Non invaziv coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography in an unselected patient collective: effect of heart rate variability and coronary calcifications on image and diagnostic accuracy. *Eur J Radiol.* 2008;66: 134-41.
18. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, ve ark. First performance evaluation of dual source CT (DSCT) system. *Eur J Radiol.* 2006;16: 256-68.
19. Kantarcı M, Duran C, Durur I, Ulusoy L ve arkadaşları. Koroner arterlerin değerlendirilmesinde multi dedektör BT anjiyografi: teknik, anatomi ve varyasyonlar. *Bilgisayarlı tomografi bülteni.* 2005; 8: 89-98.
20. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concept in multidetector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy. *Radiographics* 2003; 23: 111-25.
21. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS ve ark. 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.
22. Sadler TW, Langmans medical embryology, Baltimore: Williams & Wilkins 2004:175-183.
23. Katzberg RW: Urography into the 21st century: new contrast media, renal handling, imaging characteristics, and nephrotoxicity. *Radiology* 1997; 204:297-312.
24. Salem DN, Findlay SR, Isner JM, et al: Comparison of histamine release effects of ionic and nonionic radiographic contrast media. *Am J Med* 1986; 80: 382.
25. Basso C, Maron BJ, Corrado D, Thiene G. Clinical profile of congenital coronary artery anomalies with origin from the wrong aortic sinus leading to sudden death in young competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 1493-1501.
26. Miller SW. Normal angiographic anatomy and measurements. *Cardiac angiography* Boston, Mass: Little, Brown Library of Radiology, 1984; 51-71.
27. Bashore TM, Davidson CJ, Mark DB, et al: Iopamidol use in the cardiac catheterization laboratory: A retrospective analysis of 3313 patients. *Cardiology* 5 (Suppl):6, 1988.
28. Hill JA, Lambert CR, Pepine CJ: Radiographic contrast agents. In Pepine CJ, Hill JA, Lambert CR: *Diagnostic and Therapeutic Cardiac Catheterization.* 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1994: 192.
29. Schwab S, Hlatky MA, Pieper KS, et al. Contrast nephrotoxicity: A randomized study of the nephrotoxicity of ionic versus nonionic contrast following cardiac catheterization. *N Engl J Med.* 1989;320: 149.

30. Younathan CA, Kaude JV, Cook MD, et al: Dialysis is not indicated immediately after administration of nonionic contrast agents in patients with end-stage renal disease treated by maintenance dialysis. *AJR Am J Roentgenol* 1994; 163:969-971.
31. Schweiger MJ. Coronary angiography. In: Uretsky BF, eds. *Cardiac catheterization: concepts, techniques and applications*. Malden, Mass: Blackwell Science, 1997; 196–260.
32. Vogl TJ, Abolmaali ND, Diebold T et al. Techniques for the Detection of Coronary Atherosclerosis: Multi-detector Row CT Coronary Angiography. *Radiology* 2002; 223: 212-220.
33. Hauser M. Congenital anomalies of the coronary arteries. *Heart* 2005; 91: 1240–1245.
34. Taylor Allen J, Virmani Renu. Koroner Arter Anomalileri. In: Michael H Crawford, John P DiMarco. *Crawford Kardiyoloji, Michael H Crawford, John P DiMarco (eds). Mosby. 1. baskı, And, türkçe, 2003.*
35. Ali Otto, Kursaklıoğlu Hürkan, İyisoy Atilla, Çelik Turgay, Günay Celalaettin. Koroner arter anomalileri. *Hacettepe Ün. Hastaneleri basımevi, birinci basım, 2005: 16-91.*
36. Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, McGrew CA, Strong WB, Douglas PS, Clark LT, Mitten MJ, Crawford MH, Atkins DL, Driscoll DJ, Epstein AE. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Clinical Cardiology) and Congenital Cardiac Defects Committee (Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. *Circulation* 1996; 94: 850–856.
37. Van Ooijen PMA, Dorgelo J, Zijlstra F, Oudkerk M. Detection, visualization and evaluation of anomalous coronary anatomy on 16-slice multidetector-row CT. *Eur Radiol* 2004; 14: 2163–2171.
38. Yamanaka O, Hobbs RE. Coronary artery anomalies in 126,595 patients undergoing coronary arteriography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 21: 28-40.
39. Waller Bruce F. Nonatherosclerotic Coronary Heart Disease. In *The Heart*. Valentin Fuster, R Wayne Alexander, Robert A Rourke (eds), 11. ed, 2004:1175-81.
40. Cristina Basso, Domenica Carrado, Gaetano Thiena. Coronary artery anomalies and sudden death. *Cardiac Electrophysiology Review* 2002; 6: 107-11.
41. Basso Cristina MD, PhD; Corrado Domenico MD et al. Congenital coronary artery anomalies as an important cause of sudden death in the young. *Cardiol Rev*, vol 9(6), november/december 2001; 312-317.
42. Moltedo JM, Kopf G, Melo DM. Right coronary artery arising from the left ventricular outflow tract: a rare congenital anomaly of the coronary arteries. *Pediatr cardiol* 2003; 24: 598-600.
43. Berger Peter B. Diagnostic Coronary Angiography and Ventrilography. In *Mayo Clinic Cardiology Review*. Murphy Joseph G (eds). Second ed. 2000: 871-880.
44. Popma J Jeffery. Coronary Angiography and Intravascular Ultrasound Imaging. In *Braunwald Heart Disease*, Zipes, Libby, Bonow (eds), 7th. Ed. 2005: 440-41.
45. Topaz O, De Marchena EJ, Perin E, Sommer LS, Mallon SM, Chahine RA. Anomalous coronary arteries: angiographic findings in 80 patients. *Int J Cardiol* 1992; 34: 129–138.
46. Walker Fiona, Webb Gary. Congenital coronary artery anomalies: The adult perspective. *Coronary Artery Disease*: vol 12(8), december 2001: 599-604.

47. Parmley WW, Chatterjee K: Coronary arterial anomalies. *Cardiology* 1989;178–184.
48. Baltaxe HA, Wixson D, The incidence of congenital anomalies of the coronary arteries in the adult population. *Radiology* 1977; 122: 47–52.
49. Van der Brandof G, Zilstra F. Separate origin of a large septal perforator branch. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1992; 25: 151-153.
50. Kaya D, Kilit C, Ornat E. Uncommon congenital anomaly of coronar arteries misdiagnosed as intracoronary trombus: Woven coronary artery disease. *Anadolu Kardiyoloji dergisi* 2006 Dec; 6(4): 383-4.
51. Mesquita SMF, Castro CRP, İkari NM, Oliveira SA, Lopes AA. Likelihood of left main coronary artery compression based on pulmonary trunk diameter in patients with pulmonary hypertension. *Am J Med* 2004;116: 369-374.
52. Kawasuji M, Sakakibara N, Matsumoto Y, et al. Occlusion of the left coronary ostium due to fusion of the aortic cusp to the wall. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 233-234.
53. Amoroso G., Battolla L., Gemignani C., et al. Myocardial bridging on left anterior descending coronary artery evaluated by multidetector computed tomography. *Int. J. Cardiol* 2004;95: 335–337.
54. Tio RA, Van Gelder IC, Boonstra PW, Crijns HJ. Myocardial bridging in a survivor of sudden cardiac near-death: role of intracoronary Doppler flow measurements and angiography during dobutamine stress in the clinical evaluation. *Heart* 1997;77: 280–282.
55. Atak R, Guray U, Akin Y. Intercoronary communication between the circumflex and right coronary arteries distinct from coronary collaterals. *Heart* 2002; 88: 29.
56. Robertson T, Fisher L. Prognostic significance of coronary artery aneurysm and ectasia in the Coronary Artery Surgery Study (CASS) registry. *Prog Clin Biol Res* 1987; 250: 325-339.
57. Kantarcı M, Duran C, Bayram E, Subaşı ID. MDBT Koroner Anjiografi. *Aktif Yayınevi* 2006: (Bölüm 8); 63-92.
58. Sary HC, Chandler AB et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and histological classification of atherosclerosis: a report from the Committee on Vascular lesions of Council on Atherosclerosis, American Heart Association, *Circulation* 1995;95: 1355-74.
59. Ellison RC, Zhang Y, Wagenknecht LE, et al. Relation of the Metabolic Syndrome to Calcified Atherosclerotic Plaque in the Coronary Arteries and Aorta. *Am J Cardiol* 2005; 95: 1180-1186.
60. Heuschmid M, Kuettner A, Schroeder S, et al. ECG-Gated 16-MDCT of the Coronary Arteries: Assessment of Image Quality and Accuracy in Detecting Stenoses. *AJR* 2005; 184:1413-1419.
61. Bottcher M, Falk E Pathology of the coronary arteries in smokers and nonsmokers. *J Cardiovasc Risk*. 1999 Oct;6(5):299–302.
62. Z.A.Fayad, V.Fuster Clinical İmaging of the High-Risk or Vulnerable Atherosclerotic Plaque. *Circulation Research*.2001;89: 305.
63. Schroder S, F.Kopp A, Baumbach A, Meisner C, Kuettner A, Georg C, Ohnesorge B, et al. Noninvasive Detection and Evaluation of Atherosclerotic Coronary Plaques With Multislice Computed Tomography. *J Am Coll. Cardiol* 2001;37: 1430-1435.

64. Ambrose JA, Tannenbaun MA, Alexopolus D, Hjemdahl-Monsen CE, Leavy J, Weiss M, Borrico S, Gorlin R, Fuster V. Angiographic progression of coronary artery disease and the development of myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 1988; 12: 56-62.
65. Little WC, et al. Can coronary angiography predict the site of subsequent myocardial infarction in patients with mild to moderate coronary artery disease. *Circulation* 1988;12: 56-62.
66. Klinik Kardiyoloji. Editör Prof. Dr. Çetin Erol. 2004 MN Medikal & Nobel.
67. Davies MJ. Acute coronary thrombosis- the rol of plaque distruption and its initiation and prevention. *Eur Heart J* 1995; 16(suupl):3-7.
68. Leiner T, Gerretsen S, Botnar R, Lutgens E, Cappendijk V, Kooi E, van Engelshoven J. Magnetic resonance imaging of atherosclerosis. *Eur Radiol* 2005; 15: 1087–1099.
69. Cademartiri F, Mollet NR, Lemos PA, et al. Impact of Coronary Calcium Score on Diagnostic Accuracy for the Detection of Significant Coronary Stenosis With Multislice Computed Tomography Angiography. *Am J Cardiol* 2005; 95: 1225-1227.
70. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 827-32.
71. Mautner GC, Mautner SL, Froehlich J, et al. Coronary Artery Calcification: Assessment with electron beam CT and histomorphometric correlation. *Radiology* 1994; 41: 1037-1047.
72. Herzog C, Britten M, Balzer JO, Mack MG, Zangos S, Ackermann H, Schaechinger V, Schaller S, Flohr T, Vogl TJ. Multidetector-row cardiac CT: diagnostic value of calcium scoring and CT coronary angiography in patients with symptomatic, but atypical, chest pain. *Eur Radiol* 2004; 14: 169–177.
73. Horiguchi J, Yamamoto H, Akiyama Y, Marukawa K, Hirai N, Ito K. Coronary Artery Calcium Scoring Using 16-MDCT and a Retrospective ECG-Gating Reconstruction Algorithm. *Am J Roentgenol* 2004; 183:103–108.
74. Herzog C, Zangos S, Zwerner P et al. CT of Coronary Artery Disease. *J Thorac Imaging* 2007; 22: 40-48.
75. Adapınar B. Temel radyoloji teknigi. 3. baskı Günes-Nobel, 1997:316– 372.
76. Baykal B., Oyar O. Bilgisayarlı Tomografi Fizigi. Oyar O., Gülsoy UK (ed.). “Tıbbi görüntüleme fiziği” den, 1. baskı. _stanbul, Nobel Tıp Kitapevi: 2003; 235–276.
77. Grenier PA, Beigelman AC, Fetita c, et al. New frontiers in CT imaging of airway disease. *Eur Radiol* 2002; 12: 1022–1044.
78. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidedector-row helical CT: image quality and volume covarege speed. *Radiology* 2000; 215: 55–62.
79. Saito Y. Multislice X-ray CT Scanner. *Medical Review* 1999; 66: 1–8.
80. Katada K. Half-second, half millimeter real time multidedektör helical CT: CT diagnosis using Aquillon. *Medical Review* 68: 31–38.
81. Flohr T, Ohnesorge B. Heart rate adaptive optimization of spatial and temporal resolution for electrocardiogram-gated multislice spiral CT of the heart. *J Comput Assist Tomogr* 2001; 25: 907-923.
82. Okur A, Kantarcı M. MDBT Koroner Anjiografi. *Aktif Yayınevi* 2006:1-11.
83. Schoenhagen P et al. CT of tha heart: Principles, advances, clinical uses. *Cleve Clin J Med* 2005: 72; 127-138.

84. Becker CR. Assessment of coronary arteries with CT. *Radiol Clin North Am* 2002; 40: 773-782.
85. Flohr T, Stierstorfer K Bruder H, , Simon J, Schaller S, B. New technical developments in multislice CT, part 1 Approaching isotropic resolution with sub-millimeter 16 slice scanning. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 2002; 174(8): 845-845.
86. Flohr T, Bruder H, Stierstorfer K et al. New technical developments in multislice CT, part 2: Sub-millimeter 16-slice scanning and increased gantry rotation speed for cardiac imaging. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 2002; 174(8): 1022-1027.
87. Ohnesorge B, Becker CR Flohr T, Reiser MF. *Multi-slice CT in cardiac imaging: technical principles, clinical application and future developments* Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002; 3-109.
88. Kak AC, Slaney M. *Principles of computerized tomographic imaging*. IEEE Press, New York 1998: 77-86.
89. Klingenberg-Regn K et al. Subsecond multi-slice computed tomography: basics and applications. *EJR* 1999; 31: 110-124.
90. Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *Radiographics* 2002; 22: 949-962.
91. Candan İ, Oral D, Kardiyoloji. Ankara: ANTIP A.Ş. 2002; 227-270.
92. Fisher LD, Judkins MP, Lesperance J et al. Reproducibility of coronary arteriographic reading in the coronary artery surgery study (CASS). *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1982; 8: 565-575.
93. Kemp HG, Evans H, Elliott WC, Gorlin R Diagnostic accuracy of selective coronary cinearteriography *Circulation*. 1967 Oct;36(4):526-33.
94. Detre KM, Wright E, Murphy ML, Takaro T. Observer agreement in evaluating coronary angiograms. *Circulation*. 1975 Dec;52(6):979-86.
95. Rodenwaldt J. Multislice computed tomography the coronary arteries. *Eur Radiol*. 2003; 13: 748-757.
96. Davis K, Kennedy JW, Kemp HG Jr, Judkins MP, Gosselin AJ, Killip T. Complications of coronary arteriography from the Collaborative Study of Coronary Artery Surgery (CASS). *Circulation*. 1979 Jun;59(6):1105-12.
97. Johnson LW, Lozner EC, Johnson S, Krone R, Pichard AD, Vetrovec GW, Noto TJ. 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 May;17(1):5-10.
98. Noto TJ Jr, Johnson LW, Krone R, et al. Cardiac catheterization 1990: a report of the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions (SCA&I). *Cathet Cardiovasc Diagn* 1991; 24: 75-83.
99. Kadir S. *Diagnostic Angiography*. 1st ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1986: 445-464.
100. Worthley SG, Farouque HMO, Helft G, Meredith IT. Coronary artery imaging in the new millennium. *Heart, Lung and Circulation* 2002;11: 19-25.

101. Nair A, Kuban BD, Tuzcu EM ve ark. Coronary plaque classification with intravascular ultrasound radiofrequency data analysis. *Circulation* 2002; 106:2200–2206.
102. Gerber TC, Kuzo RS, Karstaedt N, hane GE, Morin RL, Sheedy PF 2nd, Safford RE, Blackshear JL, Pietan JH. Current results and new developments of coronary angiography with use of contrast-enhanced computed tomography of the heart. *Mayo Clin Proc.* 2002; 77: 55–71.
103. ChengHong, MD, Christoph R. Becker, MD, Armin Huber, ECG-gated Reconstructed Muhi-Detector Row CT Coronary Angiography: Effect of Varying Trigger Delay on Image Quality. *Radiology* 2001; 220: 712- 717.
104. Manning WJ, Nezafat R, Appelbaum E ve ark. Coronary magnetic resonance imaging. *Cardiol Clin.* 2007;25: 141-70.
105. Papaconstantinou HD, Marshall AJ, Burrell CJ Diagnostic cardiac catheterisation in a hospital without on-site cardiac surgery. *Heart.* 1999 May;81(5):465–9.
106. Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A ve ark. Coronary arteries: retrospectively ECG-gated multi-detector row CT angiography with selective optimization of the image reconstruction window. *Radiology.* 2001;221:683-8.
107. Ohnesorge B, Flohr TG, Becker CR, Knez A, Reiser MF. Multi-slice and dual-source CT in cardiac imaging: principles-protocols-indications-outlook. İkinci Baskı. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007 Almanya.
108. Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM ve ark. CT of coronary artery disease. *Radiology.* 2004; 232: 18-37.
109. Flohr TG, Schoepf UJ, Ohnesorge BM. Chasing the heart: new developments for cardiac CT. *J Thorac Imaging.* 2007;22: 4-16.
110. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H ve ark. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol.* 2006;16: 256-68.
111. Harell GS, Guthaner DF, Breinman RS et al. Stop-action cardiac computed tomography. *Radiology* 1977; 123: 515-517.
112. Glagov S, Weisenberg E, Zarins CK, Stankunavicius R, Kolettis GJ. Compensatory enlargement of human atherosclerotic coronary arteries. *N Engl J Med.* 1987 May 28;316(22): 1371–5.
113. Falk E, Shah PK, Fuster V. Coronary plaque disruption. *Circulation.* 1995 Aug 1;92(3): 657–71.
114. Mollet NR, Cademartiri F, Nieman K, Saia F, Lemos PA, McFadden EP, Pattynama PM, Serruys PW, Krestin GP, de Feyter PJ Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol.* 2004 Jun 16;43(12): 2265–70.
115. Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, Razzini C, Tomassini M, Sperandio M, Simonetti G, Romeo F Accuracy of thin-slice computed tomography in the detection of coronary stenoses. *Eur Heart J.* 2004 Jun;25(12): 1043–8
116. Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, Runza G, McFadden EP, Baks T, Serruys PW, Krestin GP, de Feyter PJ. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography *Circulation.* 2005 Oct 11;112(15): 2318–23.

117. 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 Sep 15;44(6):1224–9.
118. Lepor NE, Madyoon H, Friede G. The emerging use of 16- and 64-slice computed tomography coronary angiography in clinical cardiovascular practice. *Rev Cardiovasc Med*. 2005 Winter;6(1):47–53.
119. Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, Foell D, Ghanem N, Kotter E, Geibel-Zehender A, Bode C, Langer M, Bley T Initial experience with 64-slice cardiac CT: noninvasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J*. 2006 Apr;27(8):976–80.
120. Rumberger JA. Noninvasive Coronary Angiography Using Computed Tomography Ready to Kick It Up Another Notch *Circulation*. 2002;106:2036–2038.
121. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, Raaijmakers R, Pattynama PM, de Feyter PJ. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2002;106:2051–54.
122. Kantarcı M, Subası ID, Eren S. ÇKBT Koroner Anjiyografi. *İstanbul Aktif yayınevi* 2006; 13–19.
123. 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 May;184(5):1402–12.
124. Mahesh M. Search for isotropic resolution in et from conventional through multiple-row detector. *Radiographics* 2002; 22: 949–962.
125. Kato Y, Nair S, Sano H, Sanjaykumar MS, et al. Multidedektör 3DCTA- an improvement over single slice helical CTA for cerebral aneurysms. *Acta Neurochir* 2002; 144: 715–722.
126. Laghi A, Jannaccone R, Catalano C, et al. Multidedektör spiral computed tomography angiography of mesenteric arteries. *Lancet* 2001; 358: 638–639.
127. Prokop M. Multidedektör CT angiography. *Eur J Radiol* 2000; 36(2): 86–96.
128. Murakami T, Kim T, Takamura M, et al. Hypervascular hepatocellular carcinoma: detection with double arterial phase multi-detector row helical CT. *Radiology* 2001;218(3): 763–767.
129. Fuster V, Aleksander RW, O’rourke RA, Hurst’s the heart.10.baskı. İstanbul, 2002.
130. Prokop et al. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body*. 1nd edition 2003.
131. Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A, et al. Noninvasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography: results in 102 patients. *Eur Heart J* 2002; 23: 1714 –1725.
132. Kalender WA, Prokop M. 3D CT angiography. *Crit Rev Diagn Imaging*. 2001; 42: 128.
133. Prokop M, Shin HO, Schanz A, Schaefer-Prokop CM. Use of maximum intensity projections in CT angiography: a basic review. *Radiographics* 1997; 17: 433–451.
134. Ogawa T, Okudera T, Noguchi K et al. Cerebral aneurysms: Evaluation with threedimensional CT Angiography. *AJNR Am J Neuradiol* 1996; 17: 447–454.
135. Lawler L, Fishman E. Multi-detector row CT of thoracic disease with emphasis on 3D volume rendering and CT angiography. *RadioGraphics* 2001; 21: 1257–1273.

136. Van Ooijen P, van Geuns R, Rensing B, Bongaerts A, de Feyter P, Oudkerk M. Noninvasive coronary imaging using electron beam CT: surface rendering versus volume rendering. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180:223–226.
137. Galanski M, Prokop M, Van der Mole: *Spiral and Multislice CT of the Body. Part 3: Image processing and display*, Stuttgart, Thieme, 2003: 46–82
138. Duddalwar VA. Multislice CT angiography: a practical guide to CT angiography in vascular imaging and intervention. *Br J Radiol.* 2004; 77 (Spec No 1): 27-38.
139. Rubin GD. 3-D imaging with MDCT. *Eur J Radiol.* 2003; 45 (Suppl 1):37-41.
140. Choi SI, Seo JB, Choi SH et al. Variation of the size of pulmonary venous ostia during the cardiac cycle: optimal reconstruction window at ECG-gated multi-detector row CT. *Eur Radiol* 2005; 15: 1441-1445.
141. Achenbach S, Ropers D, Holle J, Muschiol G, Daniel WG, Moshage W. In-plane coronary arterial motion velocity: measurement with electron beam CT. *Radiology* 2000; 216:457-463.
142. Giesler T, Baum U, Ropers D, et al. Noninvasive visualization of coronary arteries using contrast-enhanced multidetector CT: influence of heart rate on image quality and stenosis detection. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179:911-916.
143. Choi HS, Choi BW, Choe KO, Choi D, Yoo KJ, Kim MI, Kim J. Pitfalls, Artifacts, and Remedies in Multi-Detector Row CT Coronary Angiography. *RadioGraphics* 2004;24: 787-800.
144. Kaya T, Adapınar B, Ozkan R, Temel radyoloji tekniği, 3.baskı, İstanbul, Nobel yayınları 1997: 6-7.
145. Jakobs TF, Becker JR, Ohnesorge B, et al. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG controlled tube current modulation. *Eur Radiol* 2002; 12: 1081–6.
146. Rubin GD, Schmidt AJ, Logan LJ, Sofilos MC. Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff: initial experience. *Radiology* 2001; 221: 146–158.
147. Martin ML, Tay KH, Flak B, Fry PD, Doyle DL, Taylor DC, Hsiang YN, Machan LS. Multidetector CT angiography of the aortoiliac system and lower extremities: a prospective comparison with digital subtraction angiography. *Am J Roentgenol* 2003; 180: 1085–1091.
148. Gerber TC, Kuzo RS, Morin RL. Techniques and parameters for estimating radiation exposure and dose in cardiac computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005; 21: 165–176.
149. Katriasis D, Efstathopoulos E, Betsou S, Korovesis S, Faulkner K, Panayiotakis G, Webb-Peploe MM. Radiation exposure of patients and coronary arteries in the stent era: A prospective study. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 51: 259–264.
150. Trabold T, Buchgeister M, Kuttner A, Heuschmid M, Kopp AF, Schroder S, Claussen CD. Estimation of radiation exposure in 16-detector row computed tomography of the heart with retrospective ECG-gating. *Rofo* 2003; 175: 1051–1055.
151. Austen WG, Edwards JE, Frye RL ve ark. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation.* 1975;51: 5-40.

152. Kantarci M, Duran C, Durur I, et al. Detection of myokardial bridging with ECG gaited MDCT and multiplanar reconstruction. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186:391-4.
153. Canyigit M, Hazirolan T, Karcaaltincaba M, et al. Myocardial bridging as evaluated by 16 row MDCT. *Eur J Radiol* 2009; 69: 156-64.
154. Koşar P, Ergun E, Cansu Ö, Koşar U. Anatomic variation and anomalies of the coronary arteries: 64-CT angiographic appearance. *Diagn Interv Radiol* 2009; 15: 275-83.
155. Dewey M, Kroft LJM. Anatomy. In Dewey M, ed. *Coronary CT angiography*. Berlin, Springer, 2009;11-26.
156. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M ve ark. Radiation dose estimates from cardiac multislice computed tomography in daily practice: impact of different scanning protocols on effective dose estimates. *Circulation*. 2006;113:1305-10.
157. Hazirolan T. Koroner arterlerin çok dedektörlü bilgisayarlı tomografi ile görüntülenmesi. *Hacettepe Tıp Dergisi* 2006; 37:6-13.
158. Flohr T, Stierstorfer K, Raupach R, Ulzheimer S, Bruder H. Performance evaluation of a 64-slice CT system with z-flying focal spot. *Rofo* 2004; 176:1803-810.
159. Öncel D. Koroner BT Anjiyografi. İzmir, Arkadaş Matbaacılık, 2008; 21-24.
160. Schoepf JU, Zwerner PL, Savino G, et al. Coronary CT angiography. *Radiology* 2007 244; 48-63.
161. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005; 26:1482-7.