

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
İLE MİYOKARDİYAL KÖPRÜLEŞME’NİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ
Dr. ÇAĞRI AĞIRGÜN**

**TEZ DANIŞMANI
Prof Dr. Mehmet ARAÇ**

**ANKARA
ARALIK 2010**

TEŞEKKÜRLER

Gerek uzmanlık eğitimim boyunca gerekse tezimin tüm aşamalarında desteğini hiç eksik etmeyen, tüm içtenliği ile bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Mehmet Araç'a teşekkür ederim.

Doktorluktan önce nasıl insan olunmalı kavramını tüm çocuklarına yerleştirmek için bizimle sabırla ilgilenen hocam Prof.Dr.Sedat Işık'a , uzmanlık eğitimim süresince derin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, gerek mesleki gerekse sosyal anlamda her türlü desteği esirgemeyen anabilim dalı başkanımız hocam Prof. Dr. Erhan T. Ilgıt'a teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca bana her zaman destek olan ve yardımlarını esirgemeyen, Prof. Dr. Turgut Talı, Prof.Dr Hakan Özdemir, Prof.Dr. Öznur L Boyunağa, Prof. Dr. Cem Yücel, Prof. Dr. Ayşegül Özdemir, Doç. Dr. Nil Tokgöz, Doç. Dr. Baran Önal, Doç. Dr. Suna Özhan Oktar, Doç. Dr. Yusuf Öner, Yrd. Doç. Dr. Gonca Erbaş, Doç. Dr. Serap Gültekin, Uzm. Dr. Koray Kılıç, Uzm. Dr. Bilgen Coşkun'a ve bu dönem boyunca birlikte çalıştığım tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Asistanlık eğitimim boyunca ve zorlu tez çalışması aşamasında çoğu kez zamanından çaldığım, tezimin her aşamasında bana olan sonsuz desteğinden ve sabrından dolayı eşim Dr. Ferda Ağırgün'e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca örnek aldığım, sabrının ve bilgisinin sınırı olmayan, gücünün yettiği yere kadar hep arkamda olan babama; yorucu bir günün ardından bile dertlerimi of demeden dinleyen, bizim için yoku var etme gücüne ve azmine hayran olduğum anneme; mutluluk kaynağı canım kardeşime çok teşekkür ederim.

Dr. Çağrı AĞIRGÜN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	Sayfa No
İÇİNDEKİLER.....	I
KISALTMALAR DİZİNİ	III
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Bilgisayarlı Tomografi (BT).....	5
2.1.1 Bilgisayarlı Tomografi Tarihçesi.....	5
2.1.2 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT) teknolojisi	10
2.2 ÇKBT ile Kardiyak Görüntüleme	12
2.2.1 Elektrokardiyografi (EKG) Eşliğinde Görüntüleme.....	15
2.2.2 Çok Kesitli BT ile Kardiyak Görüntülemede Radyasyon Dozu.....	20
2.3 Çok kesitli Bilgisayarlı Tomografi Koroner Anjiyografi İnceleme Tekniği.....	24
2.3.1 Hasta hazırlığı.....	24
2.3.2 Kalp hızının düzenlenmesi	25
2.3.3. Kalsiyum Yüğü Ölçümü	26
2.3.4 Çok kesitli Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (ÇKBTA)'de Kontrast Madde Kullanımı	28
2.4 ÇKBTA' de Artefaktlar	29
2.5 Kardiyak Görüntüleme Planları	31
2.5.1 Vertikal Uzun Aks görünümü.....	31
2.5.2 Horizontal Uzun Aks (Dört Boşluk) Görünümü	32
2.5.3 Oblik Uzun Aks (Üç Boşluk)Görünümü	33

2.5.4 Kısa Aks Görünümü	34
2.6 ÇKBT’de Yeniden Görüntü Oluşturma Yöntemleri	35
2.7 Koroner Arterler	38
2.7.1 Embriyoloji.....	38
2.7.2 Koroner Arter Anatomisi	38
2.7.3 Koroner Arterlerin Segmental Anatomisi.....	43
2.8 Koroner Arter Anomalileri	44
2.8.1 Çıkış Anomalileri.....	46
2.8.2 Seyir Anomalileri.....	51
2.8.3 Miyokardiyal Köprüleşme	53
2.8.4 Sonlanma Anomalileri	61
 3. GEREÇ ve YÖNTEM	 64
3.1 Çalışma Kapsamı.....	64
3.2 Kardiyak BT Görüntüleme Protokolü	64
3.3 Çalışma Metodu.....	66
3.3 İstatistiksel Analiz	67
 4.BULGULAR	 69
4.1 Olgulardan Örnekler	81
 5. TARTIŞMA	 97
 6. SONUÇ	 110
 7. KAYNAKLAR	 112
 8.ÖZET.....	 120
 9.SUMMARY	 122
 10.EKLER	 125

KISALTMALAR DİZİNİ

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
EDBT	: Elektron demeti BT
ÇKBT	: Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi
ÇKBTA	: Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi
EKG	: Elektrokardiografi
LMCA	: Sol ana koroner arter
RCA	: Sağ koroner arter
LCx	: Sol sirkumfleks arter
PDA	: Posterior desendan arter
PLV	: Sağ posterolateral ventriküler arterler
LAD	: Sol anterior desendan arter
OM	: Obtüz marjinal arterler
SAN	: Sinoatrial nodal arter
sn	: Saniye
dak	: Dakika
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
ROI	: Region of interest (İlgi alanı)
MPR	: Multiplanar reformat(Çok düzlemlı yeniden yapılandırma)
VR	: Volume-rendered (Hacim kazanımlı görüntüleme)
FBP	: Filter back projection(Filtre edilmiş geri gösterim)
SIR	: Statistical iterative reconstruction

1.GİRİŞ

Tıpta görüntüleme yolu ile tanı koyulması ilk olarak 1895 yılında Alman Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Roentgen tarafından bulunan X-ışını ile başlamıştır. İngiliz mühendis GN Hounsfield ise 1971 yılında kesitsel görüntüleme yöntemi Bilgisayarlı Tomografi (BT) ile beyin görüntülemeyi mümkün kılmıştır (1).

Daha hızlı BT aygıtı arayışları iki büyük teknik gelişmeye neden olmuştur; sürekli rotasyon yapabilen BT düzenekleri ve esas kardiyovasküler görüntüleme için dizayn edilmiş elektron demeti BT (EDBT) aygıtları. EDBT klinik uygulamalarda ilk olarak 1982’de kullanılmıştır. Bu düzenekte konvansiyonel tomografi aygıtlarında ortaya çıkan tüp ısınmasına bağlı çekimin durması, kesitler arası bekleme gibi hızlı çekimi engelleyen faktörler ortadan kaldırılmıştır. Mekanik herhangi bir hareketin söz konusu olmaması nedeniyle, 50-100 ms gibi kısa bir zaman süresince tarama gerçekleştirilebilmektedir. Bu özelliği ile birlikte EKG eşliğinde görüntüleme yapılabilmesi nedeniyle koroner arterleri görüntülemeye kullanılsa da x-ışını saçılmalarına karşı kolimatör kullanılamaması, yüksek kontrast farkına sahip yapılarda artefaktlara neden olması ve uzaysal çözünürlüğünün yetersiz oluşu EDBT ‘nin kardiyovasküler görüntülemeye geri planda kalmasına neden olmuştur (3).

Spiral BT teknolojisi 1989 yılında ortaya çıkmış olup klinik kullanımı ilk kez Kalender ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Spiral BT’nin kullanıma girmesiyle beraber kesit aralarında masanın ilerlemesi ve tüpün uygun pozisyona gelmesi için kaybolan zaman azaltılmış ve kısa sürede hacimsel tarama

yapılabilmiştir. Spiral BT'nin, ince kesit tarama yapamaması ve yeterli x-ışını gücü olmaması nedeniyle klinik olarak tatmin edici sonuçlar elde edilememesi sonucunda güçlü x-ışını tüpleri için gerekli bileşenlerin ve çok detektörlü düzeneklerin ortaya çıkışı tetiklenmiştir (2). İlk 4-kesitli BT aygıtları 1998 yılında, 64 kesitli BT aygıtları ise 2004 yılında piyasaya sürülmüştür (1,14). Çok kesitli BT'nin getirisi hastanın longitudinal aksı boyunca (z-ekseni) iki ya da daha çok sayıda detektör dizileri ile donatılmış olması, x-ışın kolimasyonunun genişletilebilmesi bu sayede masa hızının arttırılabilmesidir. Bunların sonucunda kısa inceleme süresinde büyük hacimlerin incelenebilmesi ve ince kesit kalınlığı sağlanabildi.

Miyokardiyal köprüleşme epikardiyal yağ tabakasında seyir göstermesi gereken koroner arterlerin miyokardiyal doku içerisine yönelmesi ve miyokardiyal kas lifleri tarafından sarılması ile karakterize konjenital koroner arter seyir anomalisidir (70). İlk defa Reyman tarafından 1737 yılında otopsi serilerinde tanımlanmıştır. Daha sonra Portmann ve Iwing tarafından 1960 yılında konvansiyonel anjiyografi sırasında miyokardiyal köprüleşmeye bağlı sistolik fazda geçici olarak oklüde olan LAD segmenti gösterilmiştir (41, 57, 60). Koroner anjiyografi sırasında tesadüfen ortaya konulabileceği gibi özellikle genç ve erkek hastalarda daha belirgin olmak üzere anstabil göğüs ağrısı, akut miyokardiyal enfarkt, hayatı tehdit eden aritmi ve ani kardiyak ölüm gibi geniş bir klinik yelpaze ile de karşımıza çıkabilir. Bu nedenle erken tanısı yanlış tedavinin engellenmesinde önemlidir (41,70). Rutin olarak konvansiyonel anjiyografi ile ancak %0,5-2,5 oranında tanısı konulabilen bu patolojinin tanısı için, yakın

geçmiş döneme kadar görüntüleme yöntemlerinin kullanılamayışının nedeni kalbin hareketli bir organ olması, koroner arterlerin çaplarının çok küçük olması ve bunların inceleme esnasında yoğun artefaktlara neden olmasıdır. Bu nedenle koroner arterleri iyi gösterebilecek bir incelemenin çok hızlı ve çok iyi kalitede görüntüleme yapması ya da diğer bir deyişle zamansal ve uzaysal çözünürlüğünün çok iyi olması gerekmektedir.

Kısaca ifade etmek gerekir ise *uzaysal çözünürlük* birbirine komşu iki yapının ayırt edilebilme gücünü gösterir. Diğer bir ifade ile bir nokta, çizgi ya da kenarın bulanıklaşmasının ölçütüdür. Uzaysal çözünürlük, görüntüyü oluşturan piksel boyutları ile yakından ilişkilidir. Piksel boyutlarının küçülmesi, görüntünün daha fazla sayıda noktadan oluşmasına yol açacağından, daha küçük oluşumların birbirlerinden ayrımı sağlanacak ve uzaysal çözümleme artacaktır. Çok kesitli bilgisayarlı tomografide uzaysal çözünürlüğün belirleyicileri detektör boyutu (0.5-0.625 mm), rekonstrüksiyon aralığı (genellikle kesit kalınlığının yarısı) ve hasta hareketidir.

Zamansal çözünürlük görüntü rekonstrüksiyonu için gerekli ham verilerin elde edilmesi sırasında harcanan zamandır. Dolayısıyla en iyi görüntü kalitesini en az miktarda ham veri ile sağlayacak tarama teknikleri ve rekonstrüksiyon algoritmaları kullanmak zamansal çözünürlüğün daha iyi olması ile sonuçlanacaktır.

Kontrast çözünürlük ise film üzerindeki farklı yoğunlukları ayırt edebilme yeteneğidir ve x-ışını dozu ve intensitesine bağlıdır. BT sistemlerinde hastaya gönderilecek x-ışını dozu kV, mA değerleri ve tarama süresi ile ayarlanmaktadır.

ÇKBT teknolojisi koroner arterlerin BT ile non-invaziv olarak değerlendirilebilmesini yüksek zamansal, uzaysal ve kontrast çözünürlüğü sayesinde teknik olarak mümkün kılmıştır. ÇKBT aygıtlarına EKG düzeneklerinin entegrasyonu sonrasında kalbin en hareketsiz olduğu diyastolik fazda görüntü elde edilebilmesi sağlanmış ve koroner arter görüntülemenin en büyük sınırlamasını oluşturan harekete bağlı artefakt en aza indirilmiştir (12).

Bu çalışmada miyokardiyal köprüleşmenin toplumdaki sıklığı, koroner arter segmentlerindeki dağılımı, miyokardiyal köprüleşmenin sınıflandırılması ÇKBT 'nin getirilerinden yararlanılarak araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Bilgisayarlı Tomografi (BT)

2.1.1 Bilgisayarlı Tomografi Tarihçesi

İngiliz mühendis GN Hounsfield 1971 yılında beyin görüntülemeyi mümkün kılan ilk bilgisayarlı tomografi (BT) aygıtlarını kullanıma sunmuş, fizikçi AM Cormack' ın çalışmaları ise BT ile görüntü rekonstrüksiyonu yapılabilmesine katkıda bulunmuştur. 1979 yılında GN Hounsfield ve AM Cormack bilgisayarlı tomografi (BT)'nin gelişimine büyük katkıları nedeniyle Nobel ödülüne layık görülmüşlerdir (1,2).

1970'li yıllardan sonra BT aygıtları teknolojinin gelişimine paralel olarak hızlı bir gelişim sürecine girmiştir .

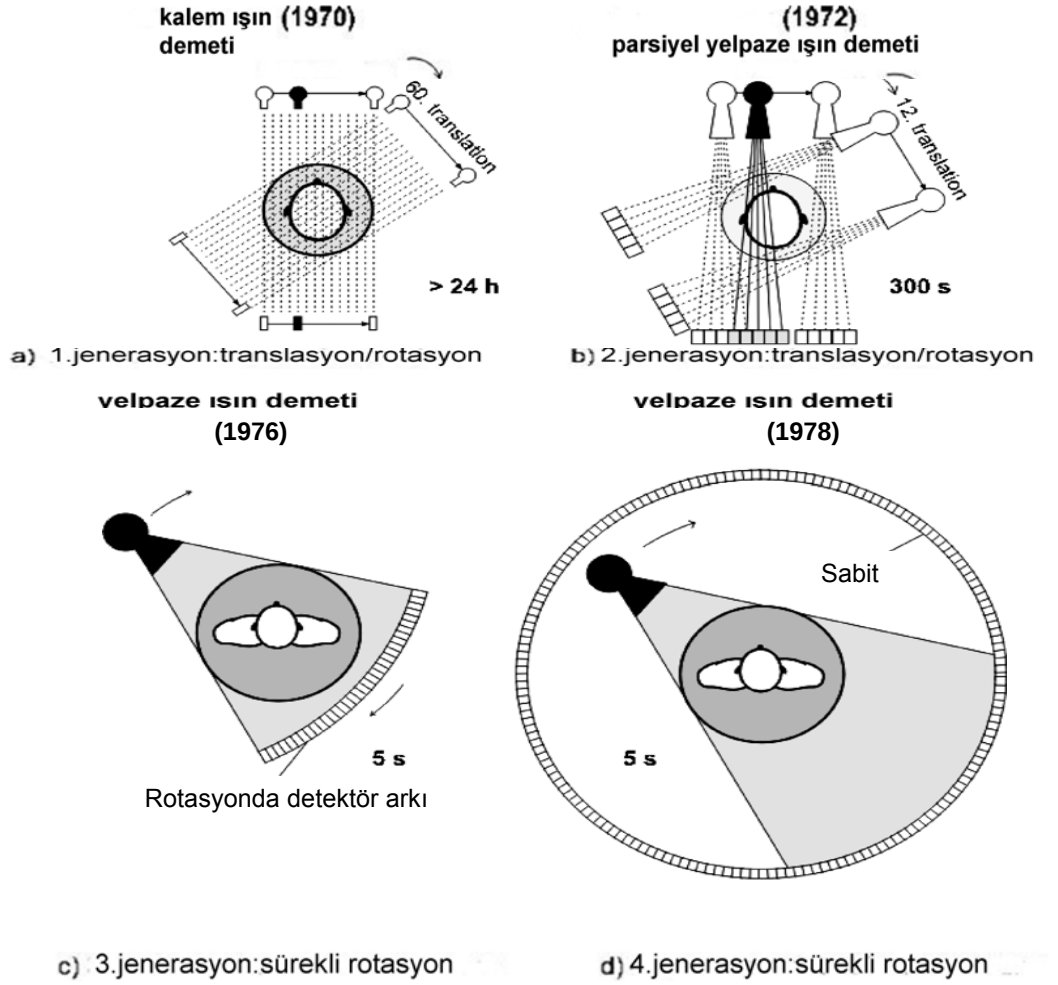
Hounsfield tarafından geliştirilen ilk BT aygıtı 1.kuşak olarak isimlendirilmiştir. Birinci kuşak aygıtlarda kalem ışın demeti (pencil-beam x ışını) ve karşılığında tek detektör kullanılıyordu. İncelenecek obje, lineer bir doğrultuda bir uçtan diğerine taranıyor sonra tüp bir derece dönüyor, veri işleniyor ve tekrar bir derece dönüş yapıyordu. Bu işlem tüp ve detektör 180 derece dönene kadar tekrarlanıyordu. Bu 180 derecelik tek bir dönüşün tamamlanması yaklaşık 4,5 dakika almaktaydı (3).

Görüntülemeyi hızlandırmak ve mevcut x-ışını gücünü daha verimli hale getirmek için detektörlerin eklenerek kısmi yelpaze x-ışını (fan-beam) demetinin oluşturulduğu düzenek ise 2. kuşak olarak isimlendirilmiştir. Daha hızlı tarama zamanı elde etmenin yanı sıra aynı anatominin birden fazla detektörce izlenmesi sayesinde ayrıntıda artış sağlanmıştır (3).

İlk iki kuşak aygıt da translasyon /rotasyon (çevirme /döndürme) prensibi ile çalışmakta olup bu düzeneklerde radyasyon kaynağı-detektör, cismi lineer translasyonel hareket ile taramakta ve bu hareketi ufak rotasyonlarla tekrar etmektedirler.

Üçüncü kuşak BT aygıtlarında ise kolime edilmiş yelpaze şeklindeki X-ışını demetinin karşısında ışın demetini gören çok sayıda detektör konveks şekilde dizilerek kullanılmaktadır. Tüp ve detektörler birbirleri ile koordineli olarak incelenecek objenin etrafında tam bir dönüş yapmaktadır (3).

Dördüncü kuşak aygıtlarda gantri boşluğunu 360 derece çevreleyen çok sayıda detektör kullanılmaktadır. Bu aygıtlarda detektörler sabittir ve hasta çevresinde sadece X-ışını tüpü döner. Kesit alım süresi 1-2 saniye düzeyine indirgenmiştir (3).



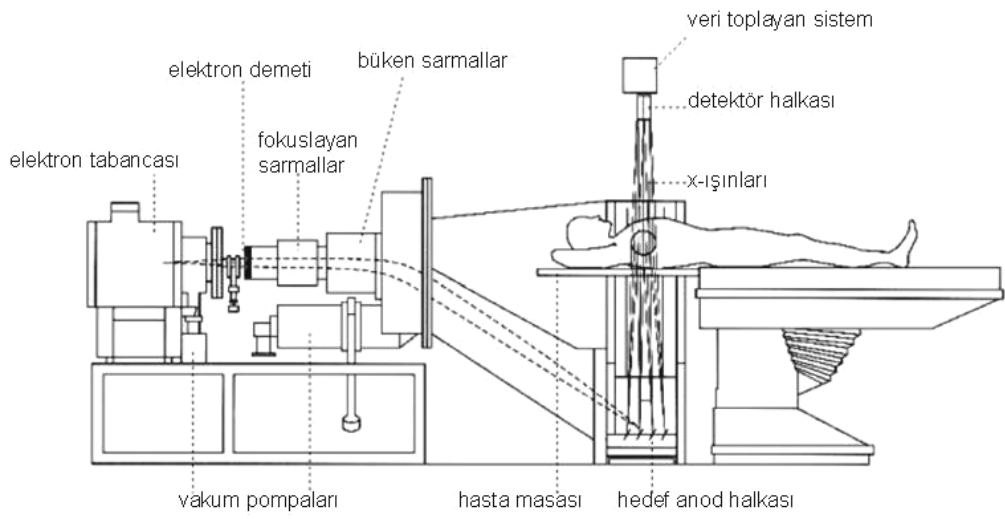
Şekil 2.1. Farklı kuşaklarda BT aygıtları. (1. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

Zaman içerisinde 3.kuşak BT düzenekleri hakim gelmiş olup günümüzde spiral ve çok detektörlü aygıtlarda bu kuşak kullanılmaktadır.

Daha hızlı BT aygıtı arayışları bu dönemde iki büyük teknik gelişmeye neden oldu; sürekli rotasyon yapabilen BT düzenekleri ve esas kardiyovasküler görüntüleme için dizayn edilmiş elektron demeti BT (EDBT) aygıtları.

EDBT klinik uygulamalarda ilk olarak 1982’de kullanılmıştır (4). Sabit bir kaynaktan çıkan elektron demeti, düzenek içerisinde hızlandırılıp ve koiller

yardımıyla saptırılarak hasta etrafında dönen anod üzerine düşürülmektedir. Tungsten anod ringinden bir X ışını demeti yayılır, x-ışınlarının hastadan geçerek atenüe olan kısmının hastanın üstünde yer alan detektör halkaya ulaşması sonucu görüntü elde edilir (3).



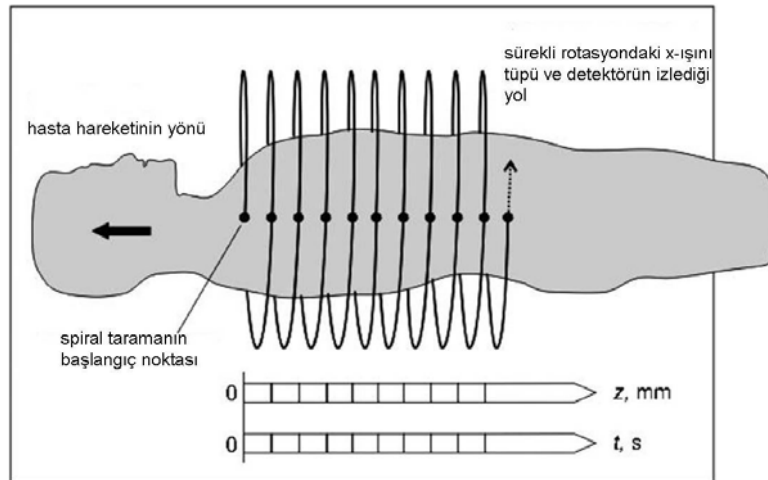
Şekil 2.2. EDBT aygıtı. (1. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

Bu düzenekte konvansiyonel tomografi aygıtlarında ortaya çıkan tüp ısınmasına bağlı çekimin durması, kesitler arası bekleme gibi hızlı çekimi engelleyen faktörler ortadan kaldırılmıştır.

Mekanik herhangi bir hareketin söz konusu olmaması nedeniyle, 50-100 ms gibi kısa bir zaman süresince tarama gerçekleştirilebilmektedir. Bu özelliği ile birlikte EKG eşliğinde görüntüleme yapılabilmesi nedeniyle koroner arterleri görüntülemeye kullanılmıştır. Ancak detektör halkasının sabit olması nedeniyle saçılmaya karşı kolimatör kullanılamaması, anod halkası ve detektör halkasının aynı düzlemde olmayıp birbirine komşu düzlemlerde yer alması yüksek kontrast

farkına sahip yapılarda artefaktlara neden olmaktadır. Ayrıca uzaysal çözünürlüğünün yetersiz oluşu gibi nedenlerden dolayı EDBT kardiyovasküler görüntülemede geri planda kalmıştır (3).

Spiral BT teknolojisi 1989 yılında ortaya çıkmış olup klinik kullanımı ilk kez Kalender ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Gantriye elektrik enerjisi iletimini sağlayan halkasal iletkenler ve fırçalar (slip ring) eklenmiş x-ışını tüpüne gerekli elektrik enerjisi kablolar yerine bu yolla ulaştırılmıştır. Bu sayede dönüşler arasında bağlantı kablolarının geri sarılması gerekmez böylece tüp detektör donanımı sürekli dönebilir ve sürekli x-ışını oluşması sağlanır. Ayrıca x-ışın kaynağı ve detektörlerin sürekli rotasyonu esnasında hastanın eş zamanlı olarak sabit bir hızda gantri içerisine hareketi sağlanmıştır. Bunun sonucunda kesit aralarında masanın ilerlemesi ve tüpün uygun pozisyona gelmesi için kaybolan zaman azaltılmış ve kısa sürede hacimsel tarama yapılabilmiştir. Ayrıca tüp soğutma kapasitelerinin artmış olması detektör etkinliğinin ve spiral BT teknolojisinin gelişimine olanak sağlamıştır (3).



Şekil 2.3. Spiral BT'nin teknik prensibi. (1. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

Spiral BT'nin, ince kesit tarama yapamaması ve yeterli x-ışını gücü olmaması nedeniyle klinik olarak tatmin edici sonuçlar elde edilememesi sonucunda güçlü x-ışını tüpleri için gerekli bileşenlerin ve çok detektörlü düzeneklerin ortaya çıkışı tetiklenmiştir (2).

2.1.2 Çok Kesitli BT Teknolojisi

Çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT) ("multislice CT", "multidetector-row CT", "volume CT") BT teknolojisindeki en son gelişmelerden biridir. 1998 yılında 4-kesitli, 2001 yılında 16 kesitli , 2004 yılında ise 64 kesitli BT aygıtları piyasaya sürüldü (1,14). Yeni teknoloji beraberinde yeni ileri uygulamaları da getirdi. Çok kesitli BT'nin getirisi hastanın longitudinal aksı boyunca (z-ekseni) iki ya da daha çok sayıda detektör dizileri ile donatılmış olması, x-ışın kolimasyonunun genişletilebilmesi ve bunların sonucunda masa hızının arttırılabilmesidir. Böylece kısa inceleme süresinde büyük hacimlerin incelenebilmesi ve ince kesit kalınlığı sağlanabildi.

İnceleme süresinin kısalması ile hareket artefaktlarının azaltılması özellikle çocuklarda, travma hastalarında ve acil durumlarda görüntü kalitesinin artmasını sağlamıştır. İnceleme süresinin kısalması ile incelemede kullanılan kontrast madde miktarı da azaltılabilmektedir. İnce kesit alınabilmesi, isteğe bağlı görüntü planının değiştirilebilmesine, çok planlı yeniden görüntü oluşturulması ve üç boyutlu görüntülerin uygun görüntü kalitesiyle elde edilmesine olanak sağlamıştır (6,7,8,9).

ÇKBT düzeneklerinin en önemli sınırlaması özellikle kesit kalınlığı azaltıldığında ortaya çıkan bilgi fazlalığıdır. Bu problemin aşılması için görüntü rekonstrüksiyonunda daha kalın kesitler seçilir. ÇKBT ile hastanın aldığı radyasyon dozu kesit kalınlığının inceltilmesiyle artar. Ayrıca kesit kalınlığı azaldıkça görüntülerde gürültü artmaktadır. Gürültüyü azaltmak için aksiyel ya da MPR kalın kesitlerin oluşturulması önemlidir.

Günümüzde ÇKBT düzeneklerinde 4 ya da daha fazla detektör sırası ve üç ayrı detektör geometri dizaynı mevcuttur.

Matriks detektörlerde, eşit kalınlıkta birbirine paralel yerleştirilmiş birden fazla detektör sırası bulunur. Kullanılan x-ışınının kolimasyonunun değiştirilmesi ya da birbirine bitişik detektör sıralarından alınan sinyalin birleştirilmesi ile farklı kesit kalınlıkları elde edilir.

“Adaptive Array” detektörlerde merkezden periferik gidildikçe detektörlerin kalınlığı artar (6,9,10).

Hibrid detektörler matriks detektörlere benzemekle birlikte merkezde bulunan detektör sırası diğerlerinden daha incedir. ÇKBT düzeneklerinin performansı, kullanılan detektör sayısının artması, x-ışını tüpünün dönüş hızının artırılması ve “pitch”in ayarlanabilmesi ile artmaktadır . Artan bu performans inceleme süresinin kısaltılması, kesit kalınlığının azaltılması ve incelenen hacmin artırılmasında önemlidir. Tüpün dönüş hızı, tüpün tek bir rotasyonu tamamlaması için geçen süredir. Tüm ÇKBT düzenekleri 0,8 sn ve daha kısa tüp rotasyon hızına sahiptir (9).

2.2 Çok Kesitli BT ile Kardiyak Görüntüleme

Konvansiyonel anjiyografinin invaziv oluşu, yüksek maliyeti ve olguların yalnızca üçte birinde girişimsel işlemlere gerek duyulması morbidite ve mortalitenin önemli bir nedeni olan koroner kalp hastalıklarının tanısında invaziv olmayan ve maliyeti düşük görüntüleme yöntemlerinin arayışına neden olmaktadır.

1972 yılındaki başlangıcından bu yana BT, vasküler rahatsızlıkların tanısında en sık kullanılan non-invaziv görüntüleme modalitesi olmuştur (5,11).

BT teknolojisindeki ilerlemeler ve özellikle ÇKBT teknolojisi koroner arter hastalıklarında non-invaziv görüntülemeye yaklaşımı belirgin ölçüde değiştirmiştir. Submilimetrik uzaysal çözünürlük ($< 0,75\text{mm}$), artan zamansal çözünürlük (80-200 ms) ile, prospektif EKG tetiklemeli ya da retrospektif EKG uyarlamalı düzeneklerin entegrasyonu ÇKBT ile kardiyak görüntüleme yapmayı ve koroner arter hastalıklarını doğru şekilde saptamayı mümkün kılmıştır. ÇKBT koroner anjiyografi kesitsel bir görüntüleme yöntemidir ve damar lümeninin yanı sıra damar duvarının da değerlendirilmesini sağlar.

ÇKBT teknolojisindeki gelişmeler uzun mesafeleri kısa sürede ve yüksek çözünürlükte görüntülemeyi mümkün kıldığından, ÇKBTA 1998'den beri koroner arterler dışındaki vasküler yapıların görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Kalbin hareketli bir organ olması nedeniyle ÇKBT'nin koroner arterleri görüntülemeye kullanılabilmesi ancak bu aygıtlara EKG tetiklemenin entegre edilmesinden sonra mümkün olmuştur.

Bilgisayarlı tomografi ile kardiyak görüntülemenin önündeki en önemli güçlük kalp ve solunum hareketleri ile koroner damarların küçük çaplı olmasıdır.

İdeal olarak kalp siklusunun tüm fazlarında hareketsiz görüntüler alabilmek için zamansal çözünürlük (görüntü rekonstrüksiyonu için gerekli veriyi toplama süresi) ideal olarak 50 ms civarında olmalıdır (12). EKG tetiklemeli ÇKBT anjiyografide görüntüler genellikle kalp hareketinin en az olduğu diyastol fazında alınır. İyi kalitede koroner arter görüntüsü alabilmek için zamansal çözünürlük 70 atım/ dakikanın altındaki kalp hızlarında en az 250msn, 100 atım/ dakikanın üzerindeki kalp hızlarında ise 150 msn düzeyinde olmalıdır (12,13).

İnceleme süresi aygıtın rotasyon süresinin yanı sıra incelenecek bölgenin uzunluğuna da bağlıdır. ÇKBT Koroner anjiyografide karinanın 1cm altından başlanarak kalp tabanına kadar 10-12 cm'lik mesafe taranır. Aygıtın detektör sayısı ve rotasyon hızı yüksek ise, uzaysal çözünürlükte azalma olmaksızın inceleme süresi dolayısıyla da nefes tutma süresi kısalmış ve bu sayede artefaktların azalmasına olanak sağlanır. Kısa inceleme süresi x-ışını tüpünün daha az ısınmasına neden olur. Böylece çok fazla çalışmalar tüpün soğumasını beklemeye gerek kalmadan daha kısa sürede tamamlanabilir. Ayrıca bu şekilde tüp ömrü artırılarak maliyette azaltılmış olur. Sonuç olarak kardiyak BT incelemelerinde zamansal çözünürlüğün en önemli belirleyicisi gantri rotasyon süresidir.

Koroner arterler küçük çaplı (2-4mm) damarlar olup, koroner arterlerin ve kalp kapakçıkları gibi küçük boyutta, kompleks üç boyutlu hareketli anatomik yapıların ayrıntılı olarak gösterilebilmesi için uzaysal çözünürlüğün yüksek olması gerekir. Sağ koroner arter ve sol sirkumfleks arterin segmentlerinin bir

kısmı görüntüleme düzlemine dik seyir göstermekte, sol ön inen koroner arter genellikle görüntüleme düzlemine paralel seyir izlemektedir (19). Dolayısıyla hem görüntüleme düzleminde hem de z-ekseninde iyi uzaysal çözünürlük gerekmektedir. Çok kesitli bilgisayarlı tomografide uzaysal çözünürlüğün belirleyicileri detektör boyutu (0.5-0.625mm), rekonstruksiyon aralığı (genellikle kesit kalınlığının yarısı) ve hasta hareketidir. İdeal olarak her üç boyutu da aynı olan izotropik voksel (volum elementi) alınabilmelidir. Vokselin x-y eksenindeki boyutunu, görüntüleme alanının matrikse oranı, z-eksenindeki boyutunu ise kesit kalınlığı belirler. Günümüzde kullanılan 16-kesitli düzeneklerde uzaysal çözünürlük 0.5 x 0.5 x 0.6mm ve 64-kesitli düzeneklerde 0.4 x 0.4 x 0.4mm dolayında iken kateter anjiyografide bu değer 0.2 x 0.2 mm'dir (15,16).

Farklı atenüasyon değerlerine sahip aterosklerotik plakları değerlendirebilmek için yüksek uzaysal çözünürlüğün yanında yeterli kontrast gürültü oranı da teknik gerekliliklerden birisidir. Kardiyak ve koroner kalsifikasyonların değerlendirilebilmesi için kontrast maddeye ihtiyaç duyulmazken, özellikle miyokardiyuma çok yakın yerleşimli ve ince bir epikardiyal yağ dokusu ile miyokardiyumdan ayrılan distal koroner arter segmentlerinin darlık açısından değerlendirilebilmesi için yeterli miktarda ve uygun zamanlama ile verilmiş kontrast maddeye gerek duyulmaktadır. Solunum artefaktlarını engellemek ve uygun kontrastlanmayı sağlayabilmek için tek ve olabildiğince kısa nefes tutma süresinde tarama gerçekleştirilmelidir (20). Sağlıklı stabil hastalar için 15 sn nefes tutma süresi yeterli olurken, nefes darlığı olan

hastalar için 10 sn ve altında nefes tutma süresinde incelemenin tamamlanması uygun olacaktır.

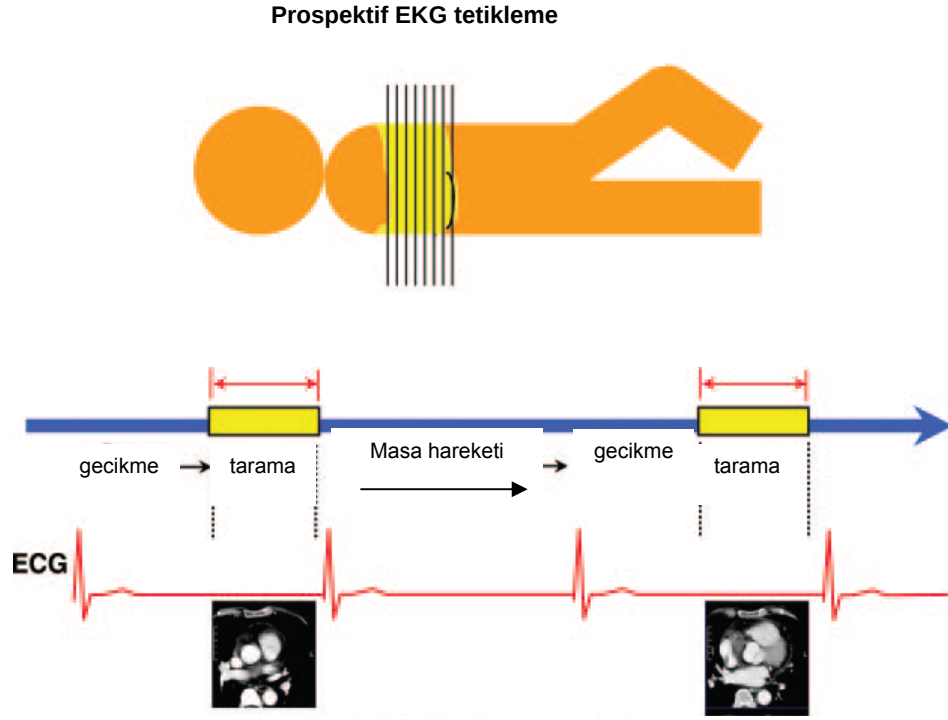
Aynı anda zamansal, uzaysal ve kontrast çözünürlüklerin ve radyasyon dozunun uygunluğu gerekmekte olup, bir parametrenin diğerlerinden vazgeçerek iyileştirilmesi görüntü kalitesi ve klinik uygulama açısından iyi sonuç alınamaması ile noktalanabilir.

2.2.1 EKG Eşliğinde Görüntüleme

Koroner arterler hareket eden kas yapılarına yakın seyir gösterdiklerinden en iyi görüntü kalp hareketinin en az olduğu diyastol fazında alınır. Bu nedenle, prospektif ya da retrospektif elektrokardiyogram (EKG) tetiklemesi kullanılır.

A. Prospektif EKG Tetikleme

Prospektif EKG tetiklemeli ardışık görüntülemelerde 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. Konvansiyonel BT'deki gibi, bir görüntü alındıktan sonra masa sonraki pozisyona ilerler ve kalbin aynı fazında tekrar görüntü alınır. Bu döngü 10-15 cm'lik kalp mesafesi boyunca tekrarlanır (21). Sadece önceden belirlenen kalp fazında (örneğin R-R aralığının % 70'i) aksiyel görüntü alındığı için parsiyel görüntüleme de denir (12).



Şekil 2.4. Prospektif EKG tetikleme ile görüntüleme. (12. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

Prospektif EKG tetikleme elektron demeti BT aygıtlarında yaygın olarak kullanılmıştır (22). Tamamı ile ardışık özellikte, süperpozisyon göstermeyen veri seti nedeniyle düşük longitudinal çözünürlüğe yol açan bu yöntem, üç boyutlu inceleme gerektiren koroner arterler gibi küçük boyutlu kardiyak anatomi incelemesi için yeterince uygun olarak değerlendirilmemektedir (20). Ayrıca kalp atım hızında inceleme sırasında oluşacak ufak değişiklikler, uyumsuz kardiyak fazlarda veri toplanmasına, yeterli görüntü hacmi kapsamamasına ve ardışık görüntü gruplarının birleştiği kesimlerde artefaktlara yol açabilir.

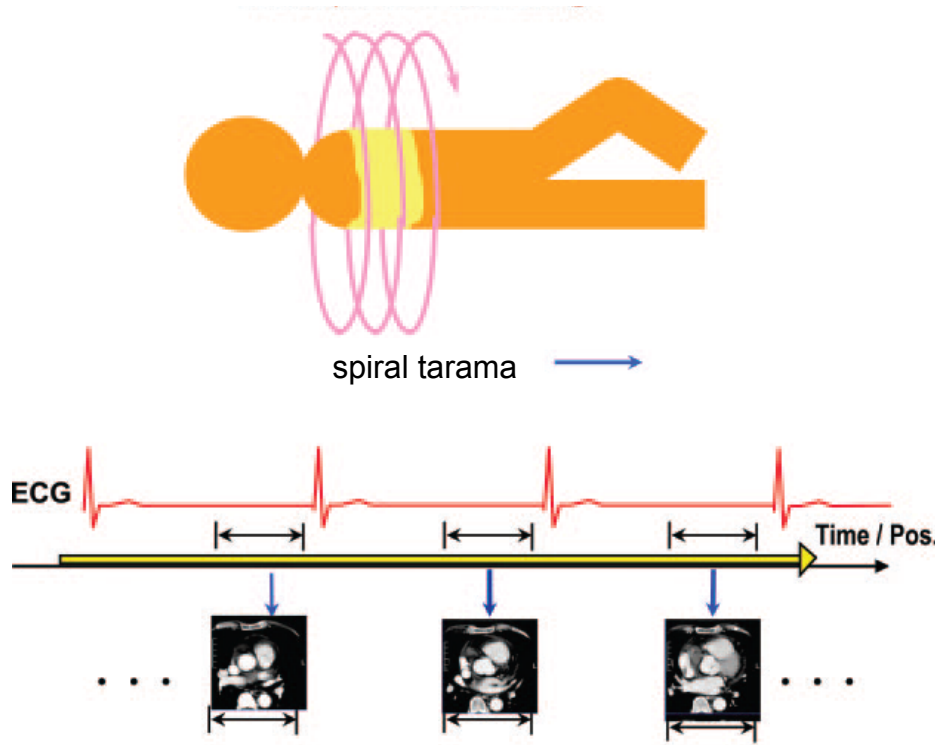
Ancak parsiyel görüntüleme yapıldığından radyasyon dozu düşüktür (1-3 mSv). Rutinde BT ile koroner kalsiyum skorlamada kullanılan bu yöntem, çift tüplü BT aygıtlarında koroner anjiyografide de tercih edilebilir (21).

B. Retrospektif EKG Uyarlamalı (Gaiting) Yöntem

Spiral görüntüleme yapılabilmesi ve gerçek hacim verisi toplanabilmesi için retrospektif EKG uyarlamalı yöntemin kullanılması gerekmektedir. Kalp siklusunun tüm fazları boyunca helikal görüntüler alınır ve daha sonra istenilen fazlardan rekonstrüksiyon yapılır. EKG'nin retrospektif olarak analizi, inceleme sırasındaki kalp hızı değişikliklerine daha az duyarlı olunması ile sonuçlanmaktadır (17,20). Retrospektif olarak değerlendirilebilen EKG trasesinde saptanabilen ekstrasistolik atımların rekonstrüksiyon dışı bırakılması mümkün olabilmektedir (18,23).

Retrospektif EKG uyarlama ile spiral veri toplama ayrıca tüm kardiyak sıklusa ait veri içerdiğinden kardiyak işlevin değerlendirilmesi için de kullanılabilir.

Retrospektif EKG Uyarlama



Şekil 2.5. Retrospektif EKG Uyarlamalı yöntem ile kardiyak rekonstrüksiyon. (12. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

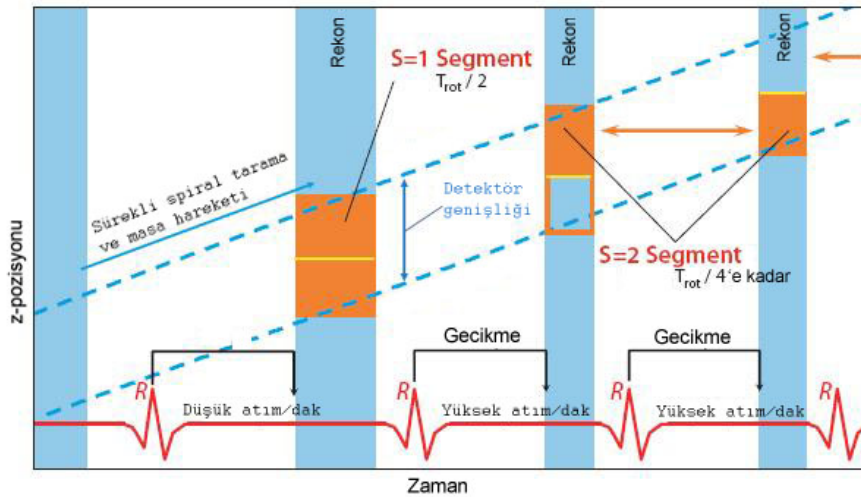
Hem prospektif EKG tetikleme, hem de retrospektif EKG uyarlamalı yöntem için, veri toplama başlangıç noktalarının ya da rekonstrüksiyon için kullanılacak veri setinin başlangıç noktalarının her kardiyak siklus için belirlenmesi gerekmektedir.

Tek bir kalp döngüsünden elde edilen veriler yeniden görüntü oluşturmada kullanılırsa buna tek segment rekonstrüksiyon denir. Eğer birden fazla kalp döngüsünden elde edilen veriler kullanılırsa buna çok segmentli rekonstrüksiyon

adı verilir. Düşük kalp hızına sahip hastalar için, diyastolün ortasında yapılacak tek segment rekonstrüksiyon tercih edilen bir yöntemdir

Yüksek kalp hızlarında ise artefaktsız görüntü eldesi için aynı gantri rotasyon zamanında, daha iyi zamansal çözünürlükte görüntü rekonstrüksiyonu için birden fazla kardiyak sıklusa ait veri kullanılır. Bu yöntem çok segmentli rekonstrüksiyon olarak isimlendirilir. Bu yöntemle zamansal çözünürlük, gantri rotasyon zamanının bir kalp döngüsünün iki katına bölünmesiyle elde edilir. Zamansal çözünürlükte iyileşme için, farklı kardiyak siklusların görüntü rekonstrüksiyonunda kullanılan verilerinin yani subsegmentlerin projeksiyon açılarının başlangıç ve bitiş noktalarının birbirlerini uygun şekilde tamamlayabilmesi gerekmektedir. İyi zamansal çözünürlüğe rağmen bu yöntem, her zaman iyi görüntü kalitesi vermemektedir. Bu yöntemin faydalı olabilmesi için kalp hızının stabil ve öngörülebilir olması gerekmektedir (28,29).

Gerçekte iyi görüntü kalitesi elde etmek için hastanın kalp hızının çekimden önce düşürülmesi çekim sonrası işlemlerden daha önemlidir.



Şekil 2.5. Kalp hızı adaptif çok segment rekonstrüksiyon

(56. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

Gantri rotasyon zamanının, artan merkezkaç kuvvetleri ve gantri rotasyon hızının artışı karşılayacak yeterli x-ışını gücünün sağlanamaması gibi nedenlerle daha fazla kısaltılamaması, zamansal çözünürlüğü iyileştirmek için alternatif yöntemlerin arayışına neden olmuştur. Bunun sonucunda gantriye birbirine dik olarak yerleştirilmiş iki x-ışını tüpü ve karşılık gelen detektör düzeneklerinden oluşan Çift tüplü ÇKBT aygıtları ortaya çıkmıştır. Birinci detektör yaklaşık 50 cm çapındaki tüm görüntü alanını (field of view-FOV) kapsarken, ikinci detektör daha küçük çapta merkezi bir görüntü alanını kapsamaktadır. Çift tüplü BT aygıtında zamansal çözünürlük gantri rotasyon zamanının çeyreği kadardır. Çift tüplü düzeneklerde görüntü rekonstrüksiyonu için gerekli 180 derecelik paralel geometrik veri projeksiyonu, birbirine 90 derece açı ile yerleştirilmiş iki ayrı düzenek tarafından aynı anda elde edilen iki ayrı 90 derecelik veri setinden (çeyrek tarama segment) oluşturulur (55). Çeyrek tarama veri segmentleri aynı anda gantrinin 90 derecelik rotasyonu kadar zamanda elde edildiğinden, sonuçta gantri rotasyon zamanının çeyreği kadar zamansal çözünürlük elde edilmiş olur. Çift tüplü BT aygıtında gantri rotasyon zamanının kalp hızına göre desenkronize olup olmamasına bağlı olarak sadece belli birkaç kalp hızında 42 ms kadar zamansal çözünürlük elde edilir (28,55).

2.2.2 Çok Kesitli BT ile Kardiyak Görüntülemede Radyasyon Dozu

Kalp ve koroner arter görüntülemesi için ÇKBT gün geçtikçe daha fazla popülerite kazanmakta bu da iyonizan radyasyon kullanılarak gerçekleştirilen bu işlemin sayısını her geçen gün artırmaktadır. Yöntemin en önemli olumsuzluğu

toplum için toplam radyasyon dozunu artırmasıdır ve bu durum dünya üzerinde bilim insanlarını aynı görüntü kalitesini elde ederken daha düşük doz kullanımını sağlamaya yöneltmiştir (81).

2009 yılında Ertel ve arkadaşları tarafından, ÇKBT ile yüksek masa hızı (pitch 3) değerlerine çıkılarak düşük hızda olan görüntü kalitesine benzer görüntüler elde edilebildi ve bu ilk incelemelerde radyasyon dozu sadece 2 mSv.olarak hesaplandı (81).

Lell ve arkadaşları, çift tüplü BT aygıtı ile 25 kişilik bir hasta grubu üzerinde çalışmışlar ve EKG ile senkronize olarak kalp siklusunun % 60 lık diliminden, 3,2 ya da 3,4 lük bir pitch ile kardiyak incelemeyi gerçekleştirmişlerdir. Diyagnostik olarak elde edilemeyen çok küçük bir segment göz ardı edilirse yüksek pitch değerlerinde kalp ve koroner arterlere ait görüntülerin mükemmel olduğunu ve daha önemlisi inceleme için verilen radyasyon dozunun 0,8-1,0 mSv arasında olduğunu bildirmişlerdir (81).

EKG uyarlmalı kardiyak incelemede radyasyon dozu ile masa hızı ya da pitch değeri yakından ilişkilidir ve 64 kesitli BT'lerde bu hız 0,2-0,5 gibi oldukça düşük değerlerde olduğu için verilen radyasyon dozu 21 mSv, ortalama efektif doz ise 15 mSv. gibi yüksek değerlere çıkmaktadır. Kardiyak BT incelemesinin en büyük sınırlaması olan radyasyon dozunu azaltmak için şu yöntemler kullanılabilir;

EKG tabanlı Tüp Akım Yöntemi

Retrospektif EKG uyarlamalı yöntemde doz azaltılmasında önemli bir yaklaşımdır. Burada diyastol dışı fazlarda tüp akımı değerleri % 25 oranında azaltılır ise efektif doz 10 mSv dolaylarına inmektedir (81).

Tüp Voltajını Azaltma

İncelemenin radyasyon dozunu azaltmada önemli bir adımdır. Bunun yanında tüp voltajının azaltılmasının sağladığı bir diğer getiri de kullanılan iyotlu kontrast madde miktarının azaltılabilmesidir. Düşük voltaj değerleri ile meydana gelen radyasyonun fiziksel etkilerindeki değişiklikler (artan fotoelektrik etki ve azalan Compton saçılması) damar içindeki aynı atenuasyon değerlerinin daha düşük doz kontrast madde ile de elde edilmesini sağlamaktadır. Sonuçta tüp akımındaki azalma ile birlikte değerlendirildiğinde radyasyon dozu 6,5 mSv değerlerine ulaşmaktadır. Ancak önemli bir nokta tüp voltajındaki azalma BMI'yi 25 kg/m² nin üzerindeki hastalarda uygulanamamaktadır (81).

Prospektif EKG tetikleme

Bu yöntemde aygıtın X-ışını tüpü sadece önceden belirlendiği şekilde kardiyak siklusun diyastol fazında işlem yapmakta ve bu işlem sırasında masa hareketsiz kalmaktadır. Rutin uygulamada kullanılan 120 kV ya da 100 kV gibi düşük voltaj protokolü kullanıldığı durumlarda bu yöntemle verilen doz aralığı 1,5-4 mSv düzeylerine çekilebilmektedir. Yöntemin önemli bir getirisi de tek ya da çift tüplü aygıtların yanında 256, 320 kesitli aygıtlar ile de kullanılabilmesidir.

Ancak işlemin en önemli kısıtlayıcı unsuru 65-70 arasında düşük kalp hızı değerlerine ihtiyaç duyulmasıdır (81).

EKG Eşlemeli Yüksek Masa Hızı

Son dönemlere büyük ilgi uyandıran en önemli yenilik olan bu yöntemde pitch en çok 3,4 yani masa hızı 46 cm/sn değerlerine çıkarılmaktadır. Böylelikle kalp tek bir siklusa ve genelde de diyastol fazında incelenip bitirilebilmektedir. Bu durumda hastanın aldığı efektif doz 1 mSv düzeyindedir. Aynı yöntemle tüm toraks BT anjiyografisi 2-4 mSv dozla yapılabilir. Yüksek masa hızı ile sağlanan doz azaltımının, doz sınırlayıcı diğer yöntemler ile birlikte daha da azalacağı da vurgulanmaktadır. Ancak bu yöntem de kullanılabilmesi için 63'ün altında kalp atım hızı istemektedir (81).

Halen çözülmeyi bekleyen sorunların başında stentli hastalarda stentin lümen açıklığının gösterimi gelmektedir. Doz kısıtlayıcı yöntemler stent görüntülemeye sınırlı kalmaktadır (81).

Tüm bu yöntemler kardiyak ve koroner BT incelemesinde kullanılan radyasyon dozunun koroner damarlar için referans görüntüleme yöntemi olan kateter anjiyografinin yanında rutin toraks ve abdomen için BT incelemelerinin de çok altında olduğunu göstermektedir.

Statistical iterative reconstruction (SIR) ise günümüzde kullanılan filter back projection (FBP) gibi BT'nin klasik rekonstruksiyon yöntemlerine bir alternatif oluşturmaktadır. SIR yöntemi ile görüntünün gürültüsü ve bununla beraber tüp voltajı azaltılmakta bu da radyasyon dozunun azalmasına olanak

sağlamaktadır. Sonuç olarak koroner arter görüntülemeye rutin olarak kullanılsa da ilk deneyimler SIR yöntemi kullanılarak oluşturulmuş görüntülerde FBP ye kıyasla %44 oranında doz azaltımı sağlandığını göstermektedir (81).

2.3 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi Koroner Anjiyografi İnceleme Tekniği

2.3.1 Hasta Hazırlığı

İyi kalitede, artefaktan arınmış bir görüntü için hasta hazırlığı çok önemlidir. İnceleme öncesi hasta en az 4 saat katı gıda almamalıdır. Bu, kontrast madde enjeksiyonunu takiben oluşabilecek bulantı ve kusmayı azaltır. Hastaların dehidrate kalmaması için sıvı alımı kısıtlanmamalıdır. Ancak, kalp hızını artırmaması için, incelemeden en az bir gün önce kafein ve nikotin alınmaması önerilir. Yine kalp hızını artıracığından incelemeden önce atropin ve nitrogliserin gibi ilaçlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca, inceleme sırasında hastanın rahatlığı için işlem öncesi mesanesini boşaltması önerilir ve buna bağlı kalp hızı artışı önlenmiş olunur (30,31). Kas artefaktlarını önlemek için elektrotlar kemik çıkıntılar üzerine yerleştirmeye dikkat edilmeli ve EKG dalgalarının birbiriyle çakışmasını engellemek ve artefaktsız trase elde etmek için üç elektroda ilaveten sağ ayak bileği medialine toprak elektrodu bağlanmalıdır.

İnceleme odasına alınmadan önce hastaya, 18-20 gauge kanül ile antekübital venden damar yolu açılmalıdır. Damar yolunun çekim masasında açılması, hastada strese ve nabzın artmasına neden olabilir. Hastanın rahatlatılıp

anksiyetesini azaltmak inceleme sırasında uyumunu arttırmak için çekim öncesi hasta inceleme hakkında bilgilendirilmeli, kontrast madde enjeksiyonu sonrası sıcaklık hissi olabileceği ve inceleme sırasında hareket etmemesi ve iyi nefes tutması gerektiği net olarak anlatılmalı ve bunların incelemenin niteliğini artıracığı önemle vurgulanmalıdır. İnceleme öncesi hastaya 20-25 sn süreyle nefes tutma alıştırmaları yaptırmak yararlıdır. Çekim tekniği ve elde edilebilecek klinik bilgilerin önemi hakkında kısa ve anlaşılır bir açıklama yapılmalı işlem sırasında doktorunun sürekli hasta ile irtibat halinde olacağı söylenmelidir (30,31).

2.3.2 Kalp Hızının Düzenlenmesi

Normal kalp hızındaki hastada bir kalp atımı süresinin 800 milisaniye civarında olduğu düşünülürse hareket artefaktının engellenmesi için kalp hızının düşürülmesi ya da başka bir deyişle kalp hareketinin azaldığı diyastol fazının uzatılması gerekliliği ortaya çıkar. Kalp hızı dakikada 70 atımın altında olduğunda diyastol de geçen süre daha uzun olur. Kalp hızı arttıkça sistol süresi uzar ve diyastol kısalır. Bu durum ÇKBT' nin yüksek zamansal çözünürlüğünün varlığında bile, kalp hızını, en uygun hale getirmeyi gerekli kılmaktadır. Kalp atım hızı 70 atım/dakikadan fazla olan hastalara incelemeden bir saat önce B-adrenerjik reseptör blokörü oral yoldan ya da taramadan hemen önce intravenöz yoldan verilmelidir. 50–100 mg metoprolol süksinat (Beloc 50mg tb, dideral 40 mg tb) oral yoldan verildikten sonra kalp hızı dakikada 70'in altına düşene kadar tansiyon nabız takibi yapılır. Gerek duyulursa incelemeden hemen önce hastaya

en fazla 25 mg metoprolol süksinat (beloc 5mg ampul) yarı yarıya izotonik ile sulandırılarak intravenöz yoldan verilir. Kalp hızının 50-65 / dakikanın altında olması hedeflenmelidir. Ancak Beta blokörlerin, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, astım, 2. ve 3. derece kalp blokları, sistolik kan basıncının 100 mmHg' nin altında olan hipotansif hastalarda kullanımı uygun değildir. Beta blokörlerin aşırı doz tedavisi hastanede yapılmalı ve uzman görüşü alınmalıdır. Hava yolunun açık ve temiz tutulması ve yeterli ventilasyon sağlanması büyük önem taşır. Bradikardi ve hipotansiyon gibi yan etkiler olduğunda IV atropin enjeksiyonu gerekebilir. Beta-blokörlerin kullanımının uygunsuz olduğu hastalarda kalsiyum kanal blokörleri kullanılabilir. Çift tüplü ve 64-kesitli ÇKBT düzeneklerinde ise, kalp hızı yüksek ya da aritmik hastalarda beta-blokör kullanmadan yüksek doğrulukta anjiyografik görüntüler elde etmek mümkündür (21,32). Koroner arter lümenini genişleteceğinden, incelemeden 2-4 dakika önce dil altı kısa etkili nitrogliserin verilebilir (30,31).

2.3.3. Kalsiyum Yüğü Ölçümü

Arteriyel kalsifikasyon daima aterosklerozy temsil ettiğı için BT ile koroner arterlerdeki kalsiyum miktarının belirlenmesi, koroner aterosklerozun belirlenmesinde yüksek duyarlılığa sahip bir yöntemdir. Koroner arterde kalsifikasyon varlığı ve miktarı, aterosklerotik hastalığın yayılımı ve ciddiyeti hakkında öngörü kazandırabilir. Yüksek riskli ancak yakınması bulunmayan hastalarda koroner arterlerde kalsifikasyon saptanması ciddi bir koroner arter hastalığı gelişimini öngörmede orta dereceli bir risk faktörüdür. Ancak koroner

arterlerdeki kalsiyumun toplam miktarı, ciddi bir koroner arter hastalığının doğrudan bir göstergesi olarak kabul edilmez, kalsiyum yokluğu ise koroner arter hastalığının dışlanmasıyla yüksek bir negatif tahmini değere sahiptir (78). Koroner arter kalsiyumunun ölçümünde en sık kullanılan algoritma Agatston ve arkadaşlarının tanımladığı kesit değerlendirme yöntemidir. Aksiyel kesitlerin incelenmesinde kalbe ait dört ana koroner arter tüm seyirleri boyunca kalsifiye lezyon varlığı yönünden değerlendirilmektedir. Kontrastsız incelemede koroner arterler içerisindeki kanın dansitesi çevre epikardiyal yağ tabakasından belirgin yüksek olduğu için koroner arterler çevre dokudan rahatlıkla ayırt edilebilirler. Ayrıca kalsifikasyonun dansitesin BT de kana göre belirgin fazla oluşu nedeniyle kontrastsız incelemede koroner arterlerdeki kalsifikasyon rahatlıkla saptanabilir. ÇKBT ile aynı zamanda kalsiyum saptanmasına ek olarak, kalsiyum alan ve yoğunluğunun belirlenmesi de mümkündür. Agatston skorlamasına göre birbirine komşu 2-3 pikselde 1 mm² den geniş bir alanda, BT dansitesi 130 HÜ dan fazla olan lezyonlar kalsifikasyon olarak yorumlanmaktadır (79). İncelemeyi yapan kişi tarafından işaretlenen lezyonların alanı ve dansitesi aygıt yazılımı tarafından otomatik olarak ölçülmektedir. Her kalsifiye lezyon için kalsiyum skoru: lezyon alanı ile lezyon dansitesine göre belirlenen dansite skorunun çarpılması sonucu hesaplanmaktadır. Lezyon dansitesine göre belirlenen dansite skoru;

- 130–199 için 1
- 200–299 için 2
- 300–399 için 3
- ≥ 400 için 4 olarak belirlenir.

Koroner arterin her biri için kalsiyum skoru saptanarak o hasta için toplam kalsiyum skoru hesaplanır (79).

2.3.4 Koroner BTA’da Kontrast Madde Kullanımı

ÇKBT anjiyografide kullanılan kontrast maddenin miktarı, çekim esnasında antekübital venden gönderilen kontrast maddenin zamanlaması, görüntü ve doğru tanı konulmasını yakından ilgilendiren parametrelerdir.

Arterin kontrastlanması, damar duvarındaki kalsifiye lezyonları gizleyecek derecede fazla olmamalı ve vasküler yapıyı da yeterli düzeyde gösterebilmelidir (20).

64-kesitli ve çift tüplü düzeneklerde 70-80 ml kontrast madde 5-6 ml/sn hızla verilir. Sağ ventriküldeki kontrastı yıkamak için, kontrast enjeksiyonunu takiben 2-3 ml/sn hızla 40-50 ml serum fizyolojik verilmesi önerilir. Kontrast madde sonrası serum fizyolojik uygulaması ile çizgilenme artefaktları ve kullanılan kontrast madde miktarı azaltılır. Serum fizyolojik uygulaması için tek ya da çift hazneli enjektörler kullanılabilir (33). Uygulanan kontrast maddenin damar lümeninde görüntüleme süresince eşit konsantrasyonda kalması gereklidir. Kontrast madde uygulamasında zamanlama önemli bir parametredir. Kontrast maddenin incelenecek damarda en yüksek konsantrasyona ne zaman ulaşacağı, kalp atım hızı, kardiyak output, kan hacmi gibi parametrelerle değişkenlik gösterir. Bu nedenle, test bolus enjeksiyonu, “bolus tracking” gibi metodlar rutin olarak kullanılır (10,34). İyi bir yöntemle sol ventrikül ve koroner arterlerde yüksek kontrastlanma, ancak sağ ventrikül ve pulmoner arterlerde düşük dansite

sağlanmalıdır. Yine koroner arterlerde yüksek kontrast sağlanırken koroner venlerde kontrastlanma olmamalıdır.

Sabit gecikme tekniği; Görüntüleme, kontrast madde enjeksiyonu sonlandırıldığında serum fizyolojik enjeksiyonu ile eş zamanlı başlar. Bu gecikme yaklaşık 25 saniyedir. Yapılan çalışmalarda sabit gecikme tekniği kullanılarak koroner arterlerde yüksek, sağ ventrikülde ise düşük kontrastlanma sağlanarak uygun görüntülerin elde edilebildiği ifade edilmektedir. Çekime erken başlandığı zaman sağ kalp ve vena kava superiorda yoğun kontrasta bağlı streak artefaktı oluşur. Kalp hızı dakikada ortalama 70 olan bir hastada 21-23 sn sonra çekim başlatılacak olursa istenmeyen koroner venlerde opaklaşma izlenir ve değerlendirmede güçlük yaratır.

Test bolus tekniği; Çıkan aortada sabit bir seviyeden kesit alınırken bir miktar kontrast madde verilerek görüntüleme yapılır. Bu test dozu enjeksiyonunun, esas kontrast volümünün davranışını göstereceği varsayılarak çekim başlatma zamanı belirlenir.

“Bolus tetikleme” tekniği; Çıkan aortadaki kontrastlanma koroner artere giden kontrastı gösterdiği için çıkan aortadan dansite ölçümü yapılır. Görüntüleme, kontrast madde önceden belirlenen eşik değere ulaştığında başlar.

2.4 Koroner BTA’da Artefaktlar

Kalp, akciğer ya da diğer vücut hareketleri ile ortaya çıkan hareket artefaktları; Kalp hareketi, kalp kenarlarında ya da damarda basamak artefaktına yol açar. Yeniden oluşturulan iki görüntü serisi arasındaki bu basamaklanma, ilk

serinin elde edilmesinden ikinci serinin elde edilmesine kadar kalbin aynı pozisyonda olmamasına bağlıdır. Bu durumun teyidi için EKG trasesinde kalp döngüsünü gösteren işaretlerin diyastole rastlayıp rastlamadığına bakılır. Erken gelen bir R dalgası rekonstrüksiyonların sistole rastlamasına neden olabilir. Bu durumda artefaktlı kesitlerin belirlenerek buna karşılık gelen EKG trasesinin silinmesi önerilmektedir (37).

Kalp ritminin düzensiz olduğu ve kalbin hareket artefaktlarının bulunduğu durumlarda incelemeden sonra EKG ile ilgili yapılacak düzeltmeler, görüntü kalitesinde iyileşme sağlayabilir. Fakat bu şekildeki bir düzeltme 1 ya da 2 atım ile sınırlıdır. Çünkü daha fazlası verilerde boşlukların oluşmasına yol açacaktır. Tarama süresinin en aza indirilmesi solunum hareketinden kaynaklanan artefaktları engellemede yararlı olabilir.

Metalik implantlar, ciddi kalsifikasyonlar ve pulmoner arterlerdeki hava kabarcıkları tarafından oluşturulan ışın güçlendirici etkiler görüntü kalitesini etkileyebilir.

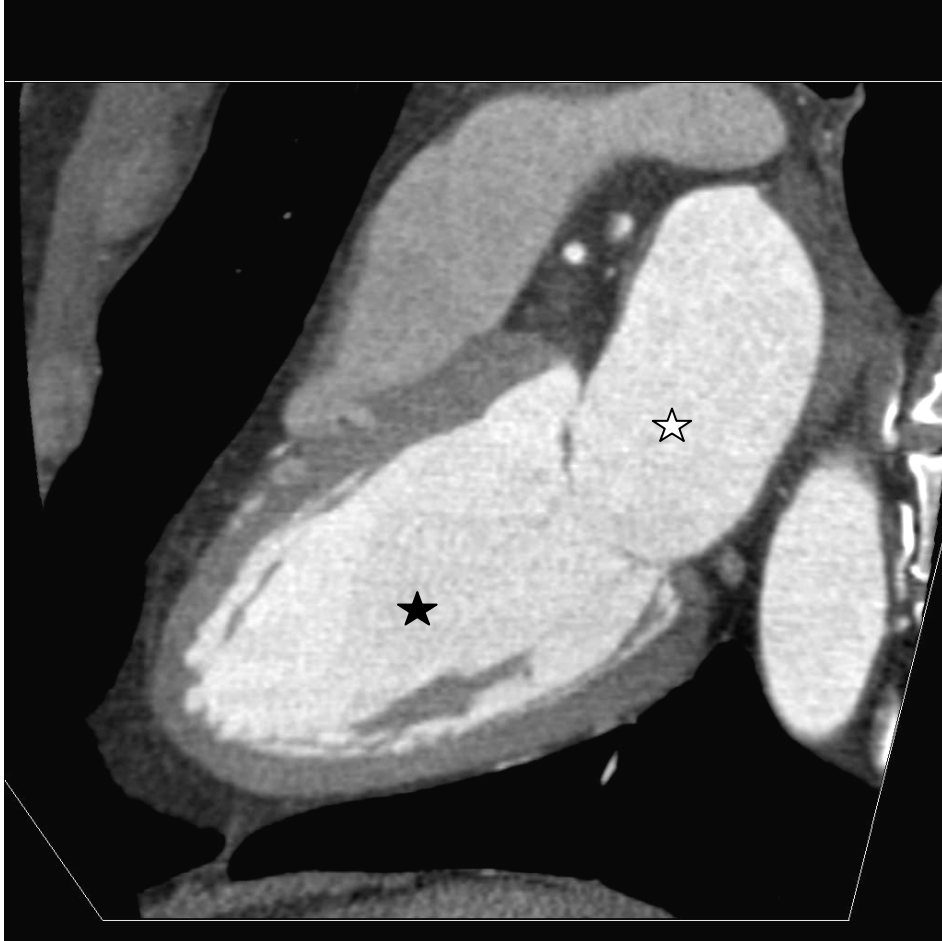
Kontrast madde ile dolu komşu yapılar ve damarların neden olduğu yapısal artefaktlar, sağ kalpteki kontrast maddeden kaynaklanan ışın sertleşme artefaktı, RCA'nın görüntü kalitesini etkileyebilir.

Teknik hatalar ve sınırlılıklardan dolayı ortaya çıkan artefaktlar kardiyak görüntü kalitesini etkileyen başlıca nedenlerdir (38).

2.5 Kardiyak Görüntüleme Planları

2.5.1 Vertikal Uzun Aks Görüntü

Vertikal uzun aks görüntüsü sol ventrikül uzun aksı boyunca alınan parasagittal plandır. Sol atriyum ile sol ventrikül arasındaki ilişki vertikal uzun aks görüntüde değerlendirilir. Mitral kapak ve sol ventrikülün yapı ve işlevi vertikal uzun aks sine görüntülerde iyi bir şekilde gösterilebilir ve sol atriyum appendiksi tanımlanabilir (36).



Resim 2.1. Vertikal uzun aks görüntüde sol ventrikül (siyah yıldız), sol atriyum (beyaz yıldız)

2.5.2 Horizontal Uzun Aks (Dört Boşluk) Görüntü

Horizontal uzun aks görüntü, ya da dört boşluk görüntü, dört kardiyak boşluğu ikiye bölen horizontal plandır. Boşluk boyutu ve kapak pozisyonunu değerlendirmek mümkündür. Septal, apikal ve lateral sol ventrikül duvarları eş zamanlı değerlendirilebilir. Sol ventrikül lateral duvarı anormal olarak kalınlaşmış kalpte bile apekte incedir (tipik olarak 1–2 mm). Atriyovenriküler kapaklar ve ventriküler işlev açısından değerlendirme de sine mod ile yapılabilir (36).



Resim 2.2. Horizontal Uzun Aks (Dört Boşluk) Görüntüde sol ventrikül (siyah yıldız), sağ ventrikül (beyaz yıldız), sol atriyum (küçük siyah yıldız), sağ atriyum (küçük beyaz yıldız)

2.5.3 Oblik Uzun Aks (Üç Boşluk) Görüntü

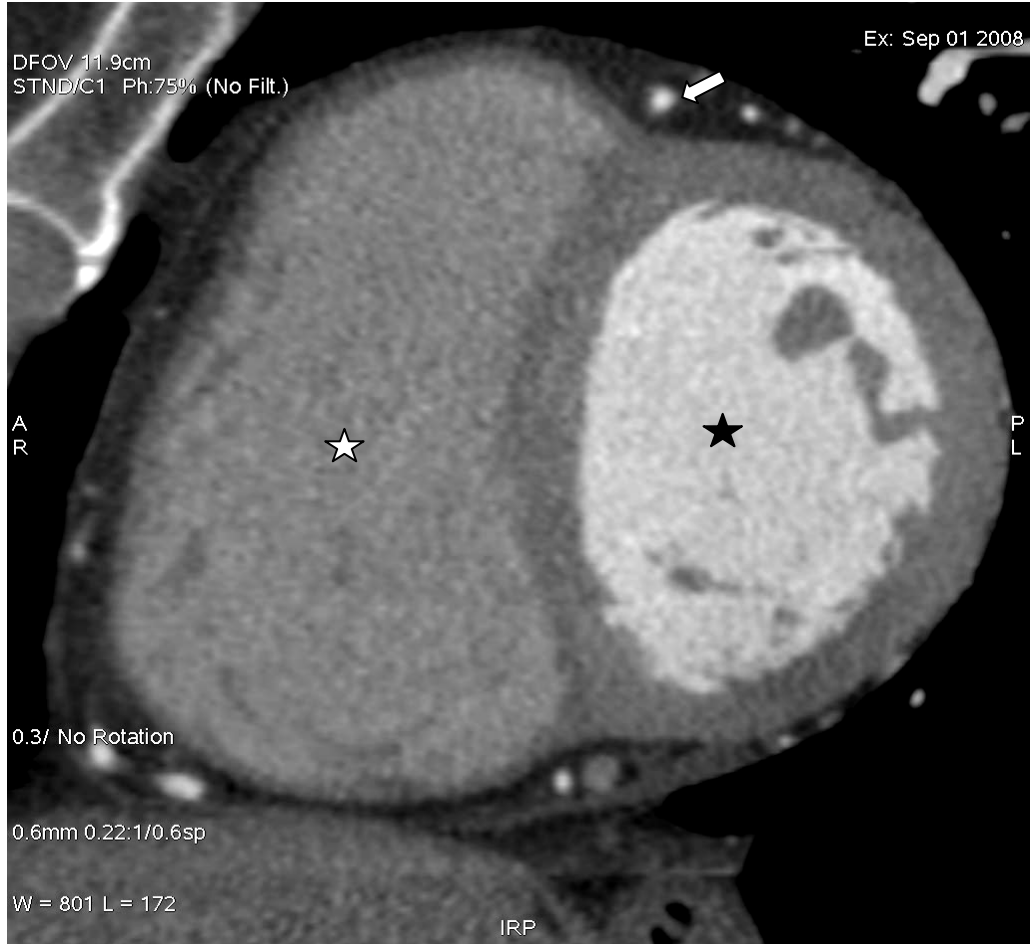
Üç boşluk görünümü sol ventrikül, sol atriyum, aortik kök, mitral kapak ve aortik kapağın uygun görünümünü sağlayan oblik uzun aks görüntüsüdür. Üç boşluk görünümü sol ventrikül çıkış yolu, aortik kapak, aortik kök ve proksimal çıkan torasik aortanın değerlendirilmesine olanak verir. Bu görünümde posteromedial papiller kasların sol ventrikül serbest (lateral) duvarından çıkımı görülür. Bu kaslar mitral kapağa lineer fibröz bantlar olan korda tendinealar ile bağlıdır. Sistol sırasında sol ventrikül miyokardı kontrakte olur. Papiller kaslar da kontrakte olur, mitral kapağı kuvvetle çekerek kapatır ve regürjitasyonu önler (36).



Resim 2.3. Oblik Uzun Aks (Üç Boşluk)Görüntüde sol ventrikül (siyah yıldız), sol atriyum (beyaz yıldız), papiller kas (kalın siyah ok) ve korda tentinealar (siyah ok başı)

2.5.4 Kısa Aks Görüntü

Kısa aks görünümü sol ventrikül lümeninin aşağısında toraksa yakın oblik koronal planda elde edilir . Kısa aksta mitral kapaktan apekse doğru ilerledikçe sol ventrikül miyokardının bazal, orta ve apikal kesimleri değerlendirilebilir. Bu plan sol ventrikül boyutu ve miyokard kasılmasının kolayca değerlendirilmesini sağlar (36).



Resim 2.4. Kısa Aks Görüntüde sağ ventrikül (siyah yıldız), sağ ventrikül (beyaz yıldız) ve epikardiyal seyirli LAD (beyaz ok)

2.6 ÇKBT’de Yeniden Görüntü Oluşturma Yöntemleri

ÇKBT ile elde edilen veriler genellikle çeşitli yöntemler kullanılarak değerlendirilir.

A-Multiplanar Reformasyon (MPR) : Çok Düzlemli Yeniden Yapılandırma

Koronal, sagittal, oblik planlarda yeniden yapılandırılmış iki boyutlu görüntülerdir. Koronal ve sagittal reformatlarda görüntü, görüntülenen düzeydeki vokselin bilgisini içerir. Oblik ya da “curved” reformatlarda görüntü birbirine komşu voksellerdeki bilginin işlenmesi sonucu elde edilir. MPR görüntülerde derinlik bir voksele eşittir (9,40). Görüntü planına dik birbirine komşu voksellerin ortalaması alınarak kalın MPR görüntüler elde edilir. Kalın MPR görüntülerle imaj gürültüsü uzaysal çözünürlük değişmeden azaltılır. Koronal ve sagittal planlarda görüntü kalitesi kalınlık artırılarak iyileştirilebilir. Ancak, kalınlığın çok fazla arttırılması parsiyel volüm etkisi oluşturur. MPR görüntülerin bir diğer getirisi ise visseral anjiyografi incelemesine eş zamanlı olarak parankimal görüntülerin de değerlendirilebilmesidir (9,39).

B-Maximum Intensity Projection (MIP) : En Yüksek Yoğunluk Gösterimi

Bu yöntemde görüntü, incelemeyi yapanın seçtiği yönde elde edilen en yüksek voksel değerinin görüntüde piksel değeri olarak alınmasıyla oluşur (9,40). MIP görüntülerin temel getirisi damar lümeni kontrastlanmasıyla kalsifikasyonların birbirinden ayrılabilirdiği anjiyografi benzeri görüntüler elde edilebilmesidir (9,34). MIP tekniğinde temel prensip en yüksek voksel değerinin alınması olduğundan antero-posterior görüntülerde kemik yapılar görüntüye karışabilir (9,39). Bu

nedenle görüntüdeki kemik yapıların çıkarılması gerekmektedir. Günümüzde bu işlemi el ile, yarı-otomatik ya da otomatik yapabilen yazılımlar mevcuttur (9). Kontrastlı Koroner BTA'da koroner anatominin görüntülenmesi için, MIP görüntüleri klinik uygulamalarda veri gösteriminde oldukça iyi ve yapılması kolay bir görüntüleme aracıdır. Büyük hacimli ÇKBT koroner anjiyografi verilerinin rutin görüntülenmesinde, MIP rekonstrüksiyon yöntemleri aksiyel kaynak görüntülere muhakkak ilave edilmelidir. Özellikle miyokardial köprüleşme gibi vakalarda hacim görüntüleri ile hasta ve klinisyen sorunun ne olduğunu ve nerede olduğunu 3 boyutlu görerek anlayabilir (41).

C-Surface Shaded Display (SSD) : Gölge Yüzey Gösterimi

Belirlenen yapının üç-boyutlu yüzey görüntüsü elde edilir. Görüntülenmek istenen obje, segmentasyon adı verilen bir işlemle arka plandan ayrılır. Bu işlemde üç-boyutlu objeyi tanımlamada bir eşik değeri seçilir. SSD tekniğinde eşik değeri yüksek tutulursa damarlarda yalancı daralma ya da oklüzyonlar görülebilir. SSD tekniği ile elde edilen görüntüler çevrilerek istenilen açıdan incelenebilir ve operasyon öncesinde cerraha üç-boyutlu değerlendirme olanağı sağlanır (9,34).

D-Volume Rendering (VR) : Hacim Kazanımlı Görüntüleme

VR tekniğinde elde edilen tüm atenüasyon değerleri kullanılır. VR görüntüler atenüasyon eğrisine bağlı olarak oluşturulur. Belirlenebilen atenüasyon değerlerine göre farklı dokular (yağ dokusu, kas dokusu, kemik yapılar, damarlar) görüntüye dahil edilir.

Farklı atenüasyon değerlerine renk kodlamaları uygulanarak farklı dokuların birbirinden ayırt edilebildiği üç- boyutlu görüntüler elde edilir. Sadece yüzey bilgisini değil tüm hacim bilgisini de içerir (9,40). En önemli özelliği görüntünün çevrilerek farklı açılardan incelenebilmesi ve derinlik bilgisi verebilmesidir (9). Koroner arteriyel ağacın 3 boyutlu gösterimi için kullanılan en yaygın teknoloji volüm rendering tekniğidir. Çoğunlukla iki boyutlu aksiyel imajları üç boyutlu anatomik görüntüler olarak hayal etmek, özellikle radyolog olmayanlar için zordur. Üç boyutlu postprosesing genellikle tortiyöz koroner arterlerin komplike anatomilerini gösterim ve bilgisinin aktarımında kullanılan güncel bir yöntemdir (42,43).

E-Curved Planar Reformat (CPR) : Eğimli Yeniden Yapılandırma

Özellikle kalsifiye yapıda tek bir damarın incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir. CPR tekniğinde kullanıcı farklı referans imajları kullanarak reformat planı elde etmektedir. Günümüzde CPR görüntüleri oluşturan otomatik, yarı otomatik yazılım programları kullanılmaktadır (9,39,40).

2.7 Koroner Arterler

2.7.1 Embriyoloji

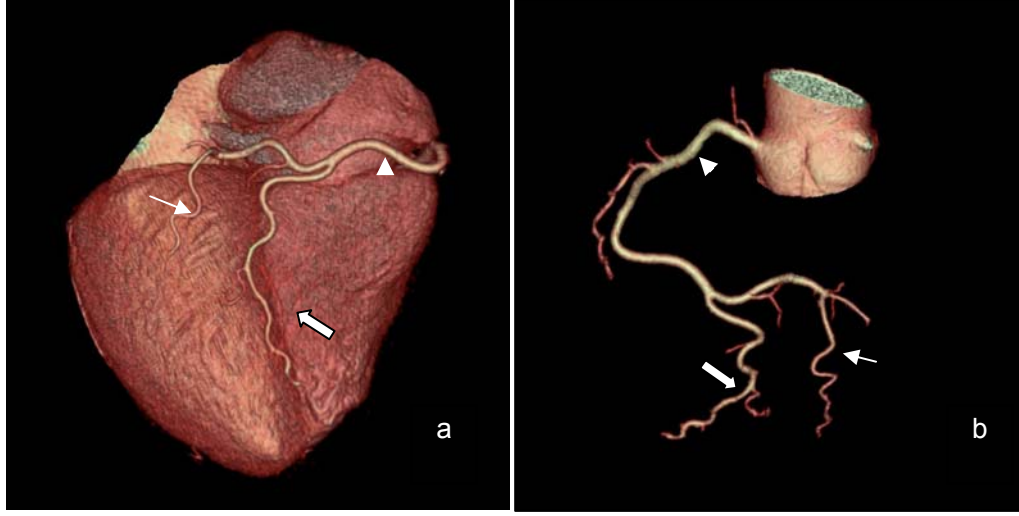
Kalbin embriyolojik gelişiminin ilk aşamalarında miyokardiyal hücrelerin beslenmesi tamamı ile ventriküler kavite içerisindeki dolaşımdan diffüzyonla sağlanmaktadır. Miyokard gelişip kalınlaştıkça beslenmenin yeterli olabilmesi için yüzeyini arttırmaya yönelik olarak trabekülasyonlar oluşturur. Daha sonra bu trabekülasyonlar sinüsoidlere 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 yüzeysel 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 (80).

2.7.2 Koroner Arter Anatomisi

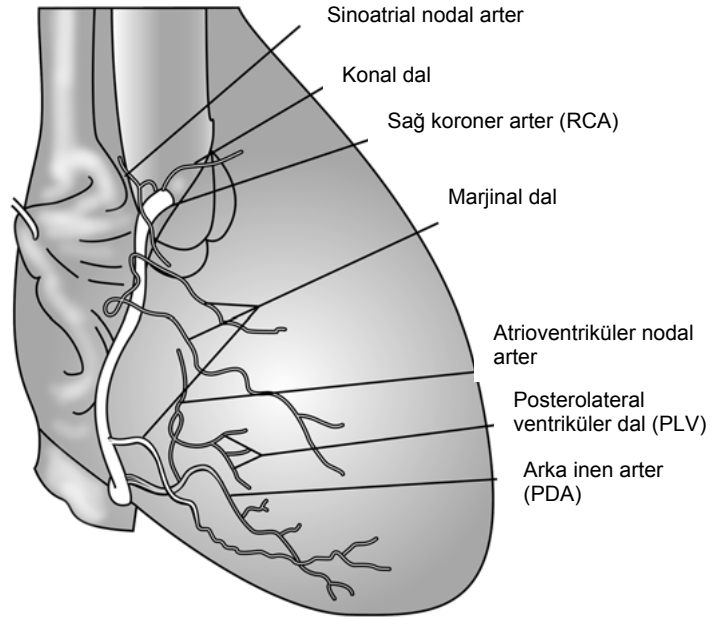
Koroner arterler damar lümen çapı 4 mm' nin altında küçük ince damarlardır. Sağ ve sol koroner arterler aort kökünde sağ ve sol sinüsten köken alırlar ve miyokardiyumun oksijen ihtiyacını karşılamak üzere epikard tabakasında seyir gösterirler (46). ÇKBT anjiyografi ile dört ana koroner arter değerlendirilebilmektedir. Bunlar sağ koroner arter (RCA), sol ana koroner arter (LMCA), sol sirkumfleks arter (LCx) ve sol ön inen koroner arter (LAD) dir.

Sağ Koroner Arter (RCA)

RCA sağ ön koroner sinüsten çıkar ve aortada LMCA' in orijinininden daha aşağıda yer alır. RCA pulmoner arterin sağından ve arkasından geçer daha sonra sağ atrioventriküler olukta aşağı posterior interventriküler septuma doğru ilerler. Sağ koroner sinüsten ayrı olarak çıkmadıkça insanların % 50'sinden fazlasında RCA' nın ilk dalı "konus" arteridir. Öne ve yukarı doğru seyir gösteren bu arter sağ ventrikül çıkışını besler. Bu arter ayrı olarak sağ aortik sinüsten sağ koroner arter ostiumu hemen süperiorundan da ayrılabilir. İkinci dalı sinoatrial nodal arter (SAN) olup sağ atrium komşuluğunda seyreder, bazı bireylerde LCx proksimalinden köken aldığı da izlenebilir. SAN arter, %60 proksimal RCA'nın aortadan çıkımından birkaç milimetre sonra yada %40 proksimal LCx' ten ayrılır (45). Orta ve distal RCA birleşimindeki sağ ventriküle giden dal akut marjinal dal olarak adlandırılır ve sağ ventrikül anterior duvarını besler. İnsanların %85'inde koroner dolaşım sağ dominant olup, arka inen arter (PDA) ve sol arka lateral ventriküler (PLV) dallar RCA'dan köken alır (15,45). PDA posterior interventriküler olukta ilerler. Kalbin apeksini besleyen LAD arter küçük ise PDA, anterior interventriküler septumun üçte birini beslemek üzere apeks çevresine dallar verebilir (48).



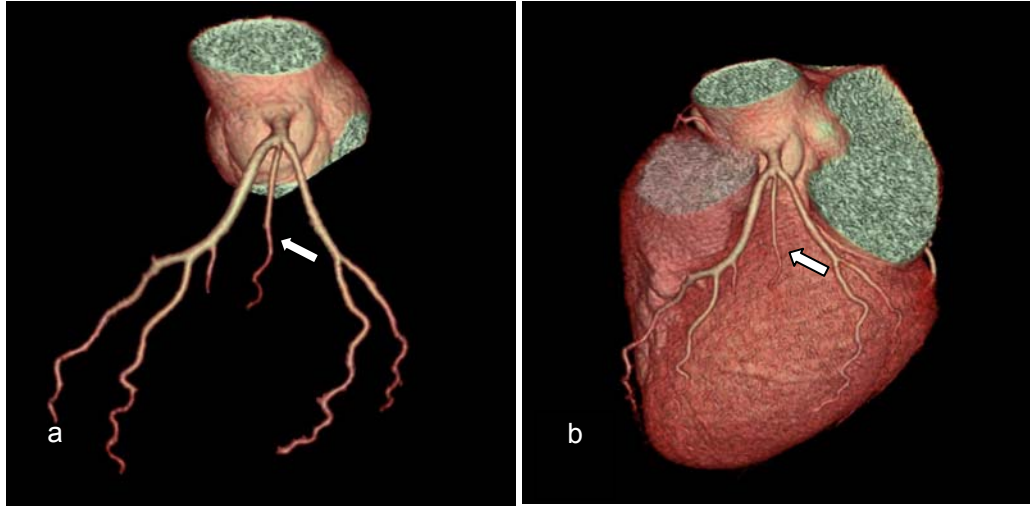
Resim 2.5. (a,b) VR görüntülerde sağ dominansi gösteren olguda RCA (beyaz ok başı), PDA (kalın beyaz ok), PLV (ince beyaz ok)



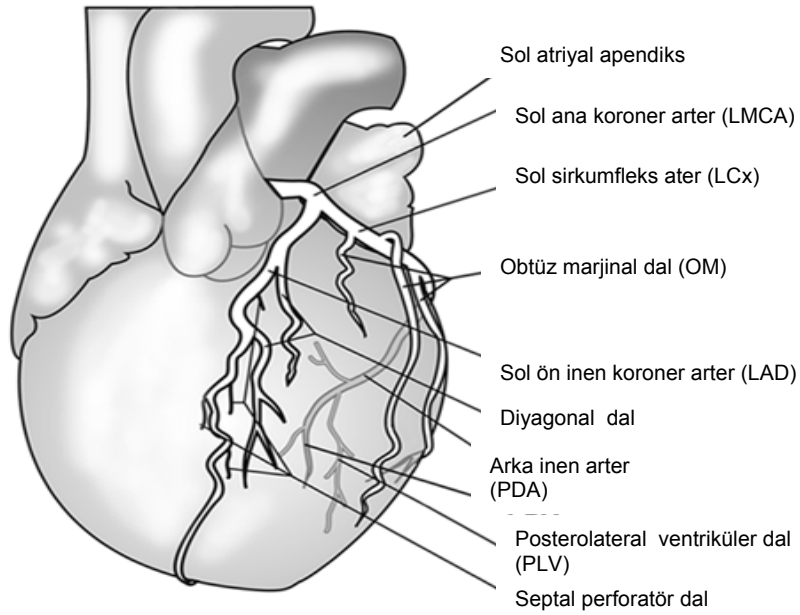
Şekil 2.6. Sağ koroner dolaşım (45. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

Sol Ana Koroner Arter (LMCA)

Sol koroner sinüsten RCA seviyesinin daha yukarısından köken alan LMCA kısa bir segmenttir (5–10 mm). LMCA pulmoner trunkusun arkasından geçer, sol aurikulanın hemen önünden sola, öne doğru ilerler LAD ve LCx arterlerine ayrılır. Bazende LMCA; LAD, LCx ve ramus intermedius (RIM) olmak üzere üçe ayrılır. RIM LAD' nin ilk diagonal dalına benzer şekilde bir seyirle sol ventrikülün ön duvarında ilerler ve besler. Olguların %0,41'inde LMCA bulunmaz, LAD ve LCx arterleri sol koroner sinüsten ayrı ostiumlardan çıkarlar (45).



Resim 2.6. (a,b) VR görüntülerde ramus intermedius (kalın beyaz ok)



Şekil 2.7. Sol koroner dolaşım (45. kaynaktan alınıp türkçeleştirilmiştir.)

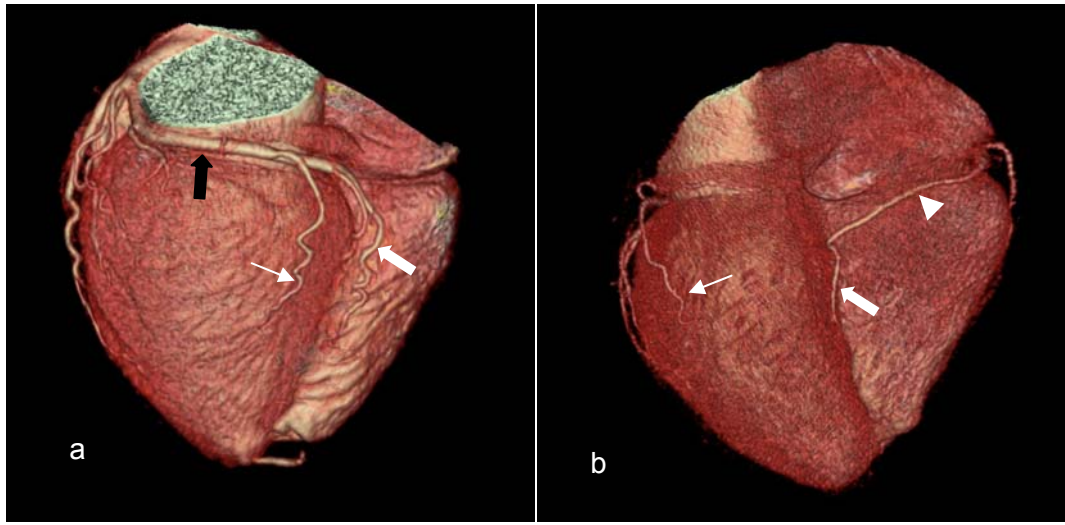
Sol Ön İnen Koroner Arter (LAD)

LAD pulmoner trunkusun solundan geçer ve anterior interventriküler olukta ilerleyerek kardiyak apeks düzeyinde sonlanır. Sol ventrikülün ön serbest duvarını beslemek üzere diyagonal dallar ve ön interventriküler septumu beslemek üzere septal dallar verir (45). Diyagonal dalların sayısı bireyden bireye oldukça değişkenlik göstermektedir.

Sol Sirkumfleks Arter (LCx)

LCx, sol atrioventriküler olukta ilerler ve sol ventrikül lateraline geniş açılı marjinal dallar verir. Bu dallar ana daldan çıkış sıralarına göre numaralandırılır. LCx sol ventrikül lateral duvarını besleyen obtüz marjinal (OM) dallarını verdikten sonra incelerek sonlanır. Sol dominant koroner dolaşım bireylerin

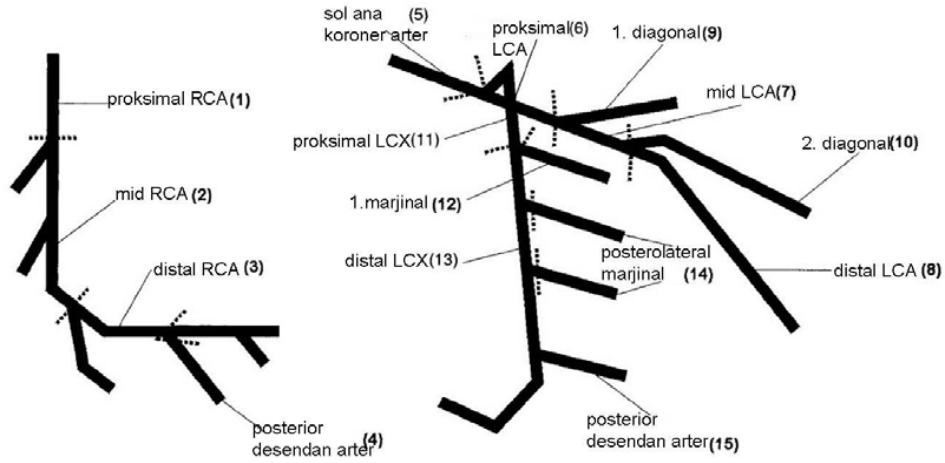
yaklaşık %8'inde görülmekte olup, bu durumda PDA ve PLV dallarının LCx' den ayrıldığı izlenir. Bireylerin yaklaşık %7'sinde ise PDA'nın RCA'dan, PLV' nin ise LCx'ten ayrıldığı kodominant arteriyel dolaşım görülmektedir (15). Sağ dominant koroner dolaşımında LCx midventriküler ve bazal inferolateral segmentleri besler (45).



Resim 2.7. VR görüntülerde (a) sol dominansi gösteren olguda LCx (siyah kalın ok), PDA (kalın beyaz ok), PLV (ince beyaz ok), (b) kodominansi gösteren olguda PDA (kalın beyaz ok), PLV (ince beyaz ok), RCA (ok başı)

2.7.3 Koroner Arterlerin Segmental Anatomisi

Amerikan Kalp Birliğinin (AHA) (1975) sınıflamasına göre koroner arterler 15 segment halinde değerlendirilir. RCA segment 1–4, LMCA segment 5, LAD segment 6–10, LCx ise segment 11–15 olarak incelenir.



Şekil 2.8. Amerikan Kalp Birliğinin (AHA) sınıflamasına göre koroner arter segmentleri

2.8 Koroner Arter Anomalileri

Koroner arter anomalileri sağlıklı bireylerin %0,3-1'inde raslantısal olarak saptanır ve çoğunlukla semptomsuzdur. Günümüze kadar koroner anomalilerin tanısı konvansiyonel anjiyografi ile konulmaya çalışılmış ve konvansiyonel anjiyografi tanıda altın standart kabul edilmiştir. Ancak yakın zamanda ÇKBTA ile ortaya konan koroner arter anomalili hastalara yapılan konvansiyonel anjiyografilerde vakaların yalnızca %53'ünde anomalilerin doğru tanınabilmesi sonucu günümüzde koroner arter anomalilerinin saptanmasında ÇKBT ön plana çıkmıştır (44,49). Bunun nedeni kateter anjiyografi ile anomalili arterin çıkış yerinin belirlenmesindeki ve komşu pulmoner arter, aorta ile ilişkisinin kesin bilinmemesi nedeniyle anormal damarın kesin seyrini belirlemek deki güçlülüdür. Ayrıca anormal bir çıkış aranması ve damar anatomisinin yorumlanması da kolay

değildir. Konvansiyonel anjiyografi ile derinlik bilgisi sağlanamadığından damarın gerçek üç boyutlu seyri hakkında bilgi edinmek mümkün değildir (50).

Koroner arter anomalileri, koroner arter hastalıklarına göre daha az sıklıkla saptanmasına rağmen genç erişkinlerde kardiyak kökenli morbidite ve mortalitenin daha sık nedenidir (44).

Koroner arter anomalileri dinlence durumunda sıklıkla belirtisizdir. Anomalinin tipine ve olgunun yaşına göre görülebilecek bulgular değişmekle birlikte tipik olarak egzersiz sonrası semptomlar belirginleşir. Göğüs ağrısı, nefes darlığı, miyokard infarktüsü, aritmi ve ani kalp ölümüne neden olabilirler.

Greenberg ve arkadaşlarının sınıflamasına göre koroner arter anomalileri ,çıkım, seyir ve sonlanma anomalileri olarak üç grupta incelenmiştir. Bu anomalilerin yaklaşık % 85'ini çıkım ve seyir anomalileri oluşturmaktadır (44).

Tablo 2.1. Koroner arter anomalilerinin sınıflaması

ÇIKIM ANOMALİLERİ
Yüksek çıkım
Çok sayıda ostium
Tek koroner arter
Koroner arterin pulmoner atrterden anormal çıkımı
Koroner arterin ya da dalının ters ya da non koroner sinüsten çıkması ve anormal seyir
SEYİR ANOMALİLERİ
Miyokardiyal Köprüleşme
Arter Duplikasyonu
SONLANMA ANOMALİLERİ
Koroner Arter Fistülü
Koroner Arkad
Kalp dışı sonlanma

2.8.1 Çıkım Anomalileri

Yüksek çıkış

Koroner arterlerden herhangi birinin çıkan aortada sinotübüler bileşkenin en az 1cm üzerinden çıkmasıdır . Sıklıkla hiçbir klinik probleme yol açmaz.

Vlodaver ve arkadaşları randomize seçilmiş yetişkin kalplerinin %6'sında her iki koroner ostiumunda sinotubuler bileşkenin yukarısında yerleştiğini rapor etmişlerdir (44). Kateter anjiyografide damarın kanüle edilmesi, özellikle sağ koroner arter çıkımı anormal olarak sol koroner sinüsten yukarı yerleşimli ise, zor olabilir. Bypass cerrahisi öncesi bu anomalinin varlığından kalp cerrahının haberdar olması önemlidir.

Çoğul Ostium

Çoğul çıkımın iki tipik örneği şunlardır:

1- Sağ ana koroner arter (RCA) ve sağ koroner arterin konal dalının direkt olarak aortadan çıkması. RCA'dan ayrı olarak çıkan bir aberan konus arteri özellikle kalp cerrahisinde uygulanan ventrikülostomi ya da diğer manevralar sırasında yaralanma riskine sahiptir (44).

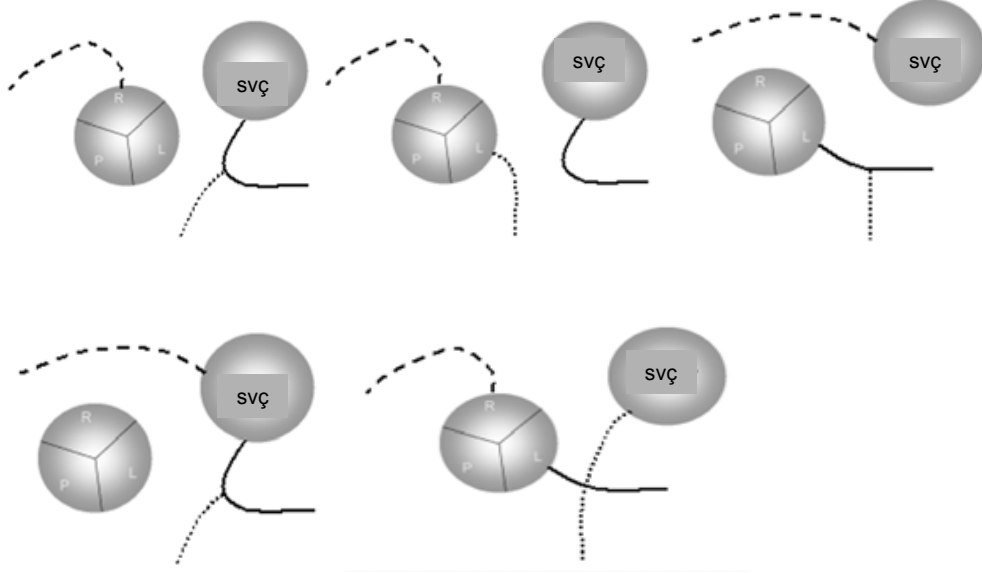
2- Sol ön inen koroner arter (LAD) ile sol ana koroner arterin sirkumfleks dalının (LCx), sol ana koroner arter (LMCA) olmaksızın, aortadan ayrı ayrı çıkmalarıdır. Oldukça nadir görülür (%0.41). Kateter anjiyografide kanülasyon zorluğu yaratabilmesinin yanı sıra koroner aterosklerotik hastalığı olan olgularda alternatif kollateral gelişimine olanak sağlayabilir (44).

Tek Koroner Arter

Aortadan tek bir çıkım ile bir koroner arter çıkar. Populasyonun %0,0024–0,044’ünde görülen çok nadir bir konjenital anomalidir (44). Bu koroner arter daha sonra iki dala ayrılarak sağ ve sol koroner arterlerin sulama alanlarına uygun bir dağılım izler ya da normal koroner arteriyel dolaşımdan tamamen farklı bir dağılım yapısı gösterebilir. Tek koroner arter normal yaşam beklentisi ile uyumlu olabileceği gibi, eğer bir major koroner arter dalı interarteriyel seyir gösterip pulmoner arter ile aorta arasından geçiyorsa hastalar yüksek ani ölüm riski altındadır (44).

Koroner Arterin Pulmoner Arterden Çıkım Anomalisi

Konjenital koroner arter anomalilerinin en ciddilerindendir. Hastaların çoğu infant ve erken çocuklukta semptom verir. Tedavi edilmemiş infantların çoğu hayatın ilk yılında kaybedilir ve sadece az bir kısım hasta erişkin döneme kadar hayatta kalır. Bu hastaların en yaygın formunda LMCA pulmoner arterden çıkar ve RCA normal olarak aortadan çıkar(Bland-White-Garland sendromu) (44). Bu anomaliye sıklıkla doğumsal kalp hastalığı eşlik eder, cerrahi olarak tedavi gerektirir.



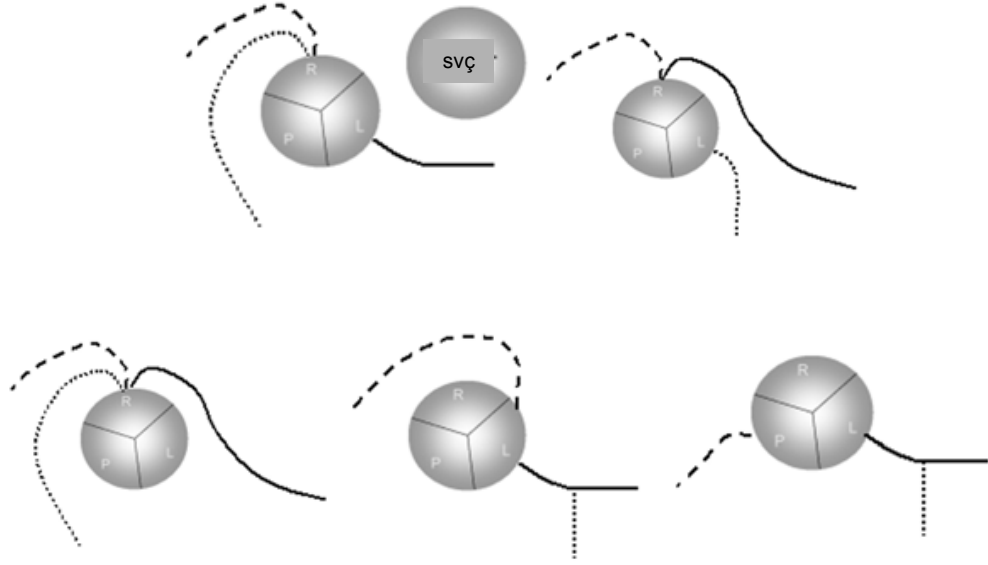
Şekil 2.9. Pulmoner arter kökenli koroner arter anomalilerini gösteren şemalarda, Sağ ventrikül çıkımı SVÇ, RCA kesik çizgi, LAD ve LMCA düz çizgi, LCx ise noktalı çizgilerle gösterilmiştir (47.kaynaktan alınmıştır).

Koroner Arter ya da Dalının Ters ya da Non-koroner Sinüsten Çıkması ve Anormal Seyir

Koroner arterlerin ters koroner sinüsten çıkışının dört şekli tanımlanmıştır.

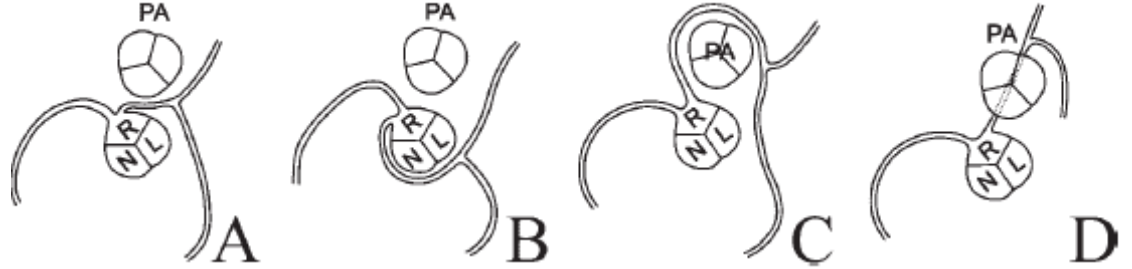
- 1- RCA'nın sol koroner sinüsten çıkması
- 2- LMCA'nın sağ koroner sinüsten çıkması
- 3- LAD ya da LCx'nin sağ koroner sinüsten çıkması
- 4- LMCA ya da RCA'nın (ya da dallarından birinin) koroner olmayan sinüsten çıkması

Tüm bu anomalilerde koroner arter normal, yüksek ya da düşük çıkışlı olabilir.

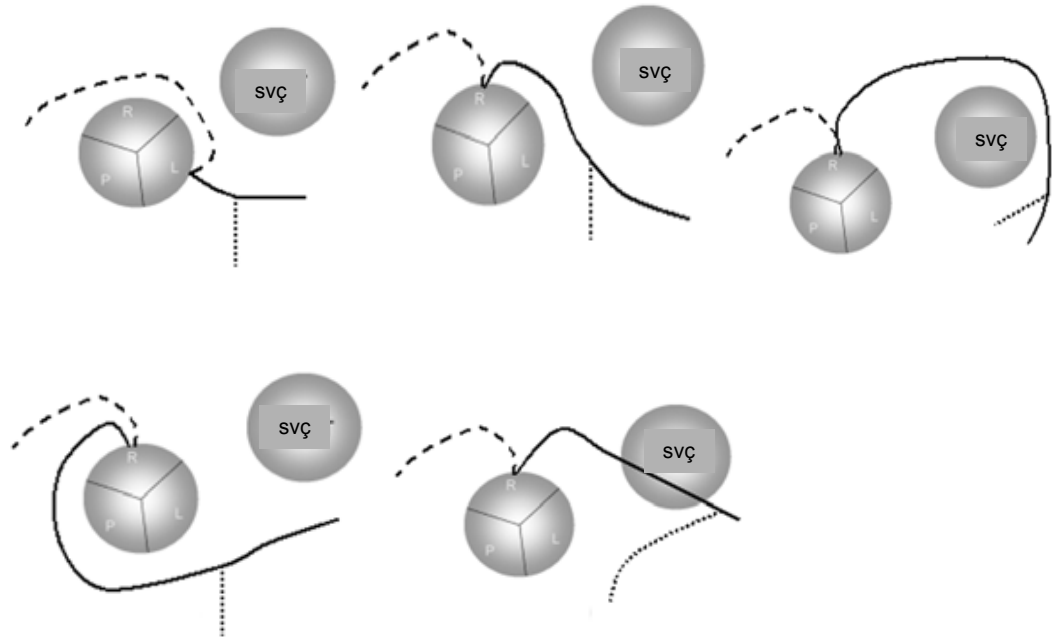


Şekil 2.10. Aortik köken anomalilerini gösteren şemalarda, Sağ ventrikül çıkımı SVÇ, RCA kesik çizgi, LAD ve LMCA düz çizgi, LCx ise noktalı çizgilerle gösterilmiştir (47. kaynaktan alınmıştır).

Anormal çıkışlı olan koroner arter sıklıkla pulmoner arter ve aorta ile olan ilişkisine göre şu dört seyir ile normal sulama alanına ulaşır: İnterarteriyel, retroaortik, prepulmonik, septal (subpulmonik). Proksimal seyir anormal çıkışın klinik önemini belirler. İnterarteriyel seyir yani anormal çıkışlı koroner arterin pulmoner trunkus ile aort kökü arasından geçmesi, ani kalp ölümü için yüksek risk taşır (44).



Şekil 2.11. Sağ Valsalva sinüs kökenli LMCA'nın seyir özelliği açısından 4 tipi vardır.: (A) interarterial (aorta ve pulmoner arter arasında), retroaortic (B), prepulmonic (C), septal (subpulmonic :sağ ventrikül çıkımının altından) (D). L :sol koroner sinus, N : non-koroner sinus.,R: sağ koroner sinus **(44. kaynaktan alınmıştır).**



Şekil 2.12. Aortik köken ve koroner arterlerin proksimal seyir anomalilerini gösteren şemalarda, Sağ ventrikül çıkımı SVÇ, RCA kesik çizgi, LAD ve LMCA düz çizgi, LCx ise noktalı çizgilerle gösterilmiştir **(47. kaynaktan alınmıştır)**

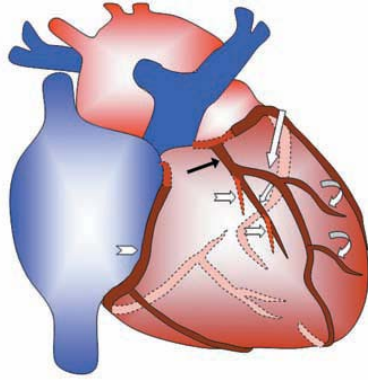
Sol koroner sinüs çıkışlı RCA en sık interarteriyel seyir gösteren anomalidir (%93). Sağ koroner sinüs çıkışlı LAD'nin interarteriyel seyir gösterme olasılığı %75'e kadar yükselebilir. Bu olgular arterin dar açılanması, intramural segmentindeki gerilme, sağ ve sol koroner kapak komissurları arasında basılanma nedeni ile artmış ani kalp ölümü riski taşırlar. Ayrıca egzersiz sırasında aortanın genişlemesi anormal ve dar olan arter çıkışının daha da daralmasına yol açar; bu da koroner kan akımını kısıtlayan diğer olası nedendir. LCx ya da LAD arterlerinden biri anormal olarak sağ koroner sinüsten çıkabilir. LCx en sık direkt olarak ya da RCA'nın bir dalı olarak sağ koroner sinüsten çıkabilir. Bu anormal çıkışlı LCx, çoğunlukla aort kökünün arkasından sola geçiş gösterir ve semptomsuzdur (44).

2.8.2 Seyir Anomalileri

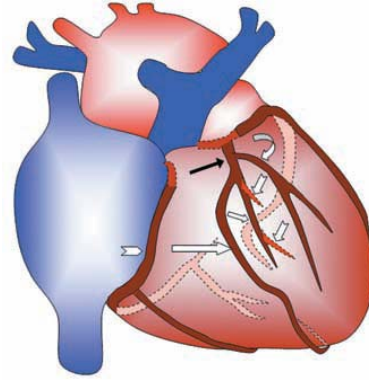
Koroner Arter Duplikasyonu

Çift LAD, ön interventriküler sulkusun değişik kısımlarında seyreden iki LAD varlığı ile karakterize bir koroner arter anomalisidir. Toplumda çift sol ön inen koroner arter saptanma oranı % 0.13 ile %1 arasında değişmektedir(51). Uzun LAD'nin seyri ve köken aldığı yere göre Spindola-Franco tarafından 1983'te 4 tipi tanımlanmıştır. Bunlardan tip 1-3'de; proksimal LAD segmenti (LAD propria) kısa ve uzun olarak izlenen birbirine paralel seyirli iki dala ayrılmaktadır. Uzun LAD ya doğrudan LAD propriadan ya da sağ ana koroner arterden (tip 4) çıkarak distal sulkusta seyreder ve apekse kadar uzanır, kısa olanı apekse kadar uzanmayıp anterior interventriküler sulkusun orta kısmında sonlanır (52).

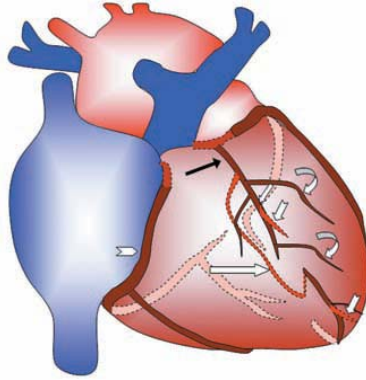
Tip 1



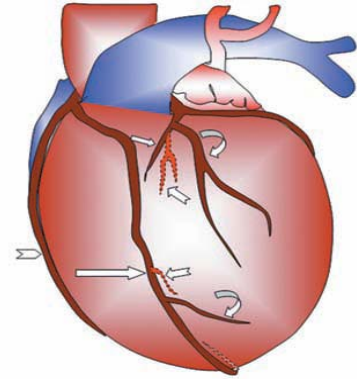
Tip 2



Tip 3



Tip 4



Şekil 2.13. Çift LAD alt tiplerini gösteren şemalarda siyah ok LAD properi, uzun beyaz ok uzun LAD, kısa beyaz ok kısa LAD, kıvrık beyaz ok diagonal dalı, çentikli beyaz ok septal perforator dalı ve rütbe işaretide sağ koroner arteri göstermektedir (**52. kaynaktan alınmıştır**).

- **Tip 1 :** Proksimal uzun LAD sol ventrikül üstünde ön interventriküler oluğa paralel bir yol izler ve major diyagonal dalı verir.
- **Tip 2:** Proksimal uzun LAD sağ ventrikül üzerinde ön intervenriküler oluğa paralel seyrederek. Kısa LAD ise major septal perforatör dalları verir. Major diyagonal dal ise LAD properden köken alır

- **Tip 3:** Uzun LAD sağ ventrikül üzerinde ön intervenriküler oluğa paralel intramiyokardiyal yol alır.
- **Tip 4:** Uzun LAD sağ koroner arterden köken alıp ön interventriküler oluğa girer

Dört tip arasında en sık görüleni Tip 1 dir. (Normal popülasyonun yaklaşık % 1’inde) Bu anomaliler genellikle asemptomatiktir. Ancak varlığının bilinmemesi anjiyografi ve cerrahi sırasında ciddi komplikasyonlara yol açabilir.

2.8.3 Miyokardiyal Köprüleşme

Epikardiyal yağ tabakasında seyir gösteren koroner arterlerin miyokardiyal doku içerisine yönelmesi ve miyokardiyal kas lifleri tarafından sarılması ile karakterize konjenital koroner arter anomalisi miyokardiyal köprüleşme olarak isimlendirilir. İntramural seyirli koroner arter segmentine tünel segment adı verilir (41, 57, 59, 61-63, 66, 67). Tünel arter segmenti miyokardiyal kas lifleri içerisinde belli bir mesafeyi kat ettikten sonra tekrar epikardiyal mesafeye dönmektedir (70). Miyokardial köprüleşme ilk defa 1737 yılında Reyman tarafından ve daha sonra 1805 yılında Black tarafından otopsi serilerinde tanımlanmıştır. Daha sonra Portmann ve Iwing 1960 yılında konvansiyonel anjiyografi sırasında sistolik fazda geçici olarak oklüde olan LAD segmentini göstermişlerdir. 1976 yılında ise Noble ve arkadaşları 5250 hastaya yaptıkları selektif koroner anjiyografide 27 hastada (%0,5) sistol sırasında geçici olarak oklüde olan koroner arter segmenti saptamış ve bulguyu “milking effect” (sağma işareti) olarak isimlendirmişlerdir. Bütün koroner arterlerde görülmekle birlikte miyokardial köprüleşme en sık LAD

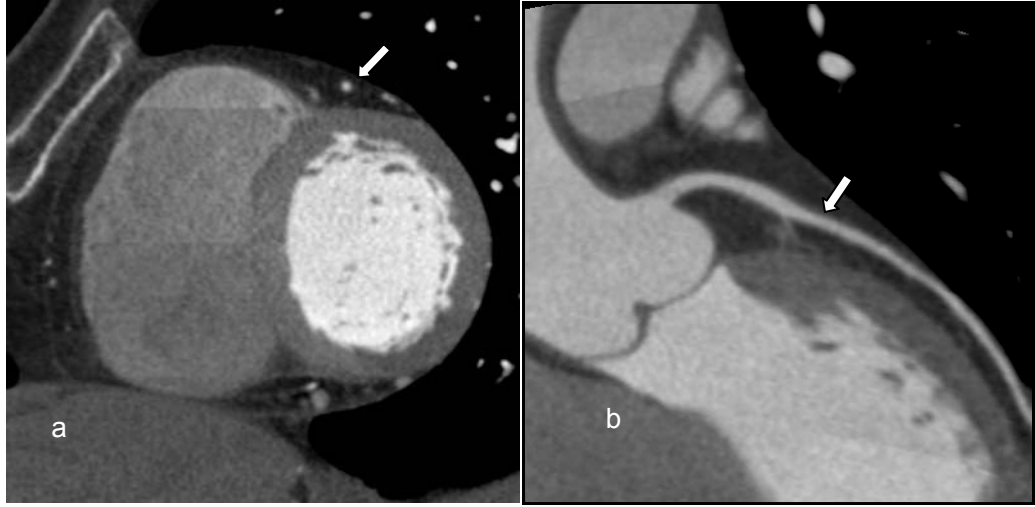
orta segmentinde görülür (60, 65, 68- 70). Aynı koroner arter segmenti üzerinde birden fazla köprünün görüldüğü olgular da bulunmaktadır.

Ferreira ve arkadaşları ise otopsi serilerinde miyokardiyal köprüleşmeyi, yüzeysel (%75) ve derin (%25) köprüleşme olarak ikiye ayırmışlardır. LAD de izlenen miyokardiyal köprüleşmeyi tanımlamak için kullanılan sınıflandırmaya göre yüzeysel köprüleşme olguların %75 ini oluşturmakta olup burada LAD apekse doğru dik ya da ani bir açılanma göstermektedir. %25 olguda izlenen derin köprüleşmede ise LAD interventriküler septumda sonlanmadan önce sağ apikal ventrikülden kaynaklı kas lifleri tarafından transvers, oblik ya da helikal şekilde sarılmaktadır (60).

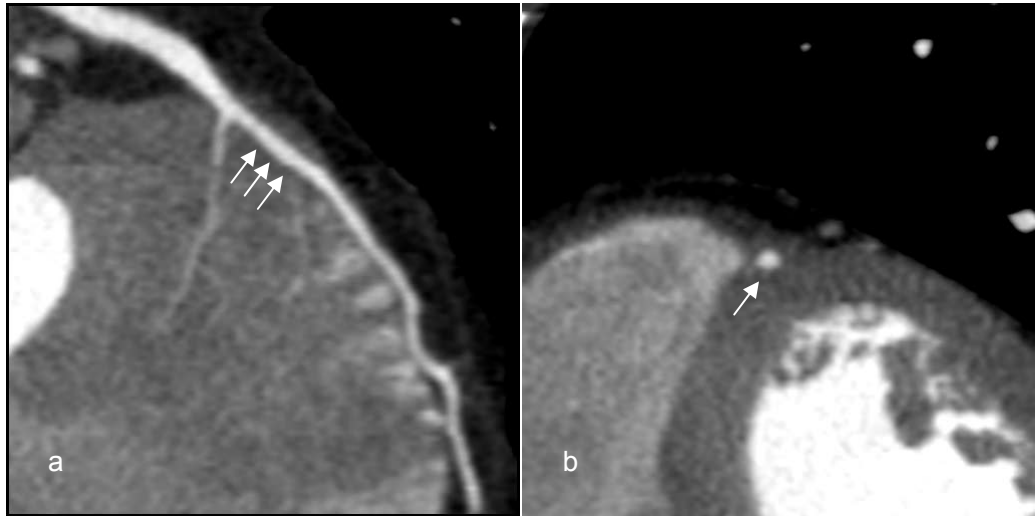
2004 yılında Earls ve arkadaşları miyokardiyal köprüleşmeyi geleneksel sınıflandırmadan farklı olarak ÇKBT görüntülerini göz önünde bulundurarak komplet ve inkomplet olarak sınıflandırmışlardır (62).

Sınıflandırma koroner arter üzerideki miyokardiyal kas bantlarına göre yapılmış olup kas bantları koroner arter segmentinin üzerini tamamen kaplarsa komplet miyokardiyal köprü olarak isimlendirilir.

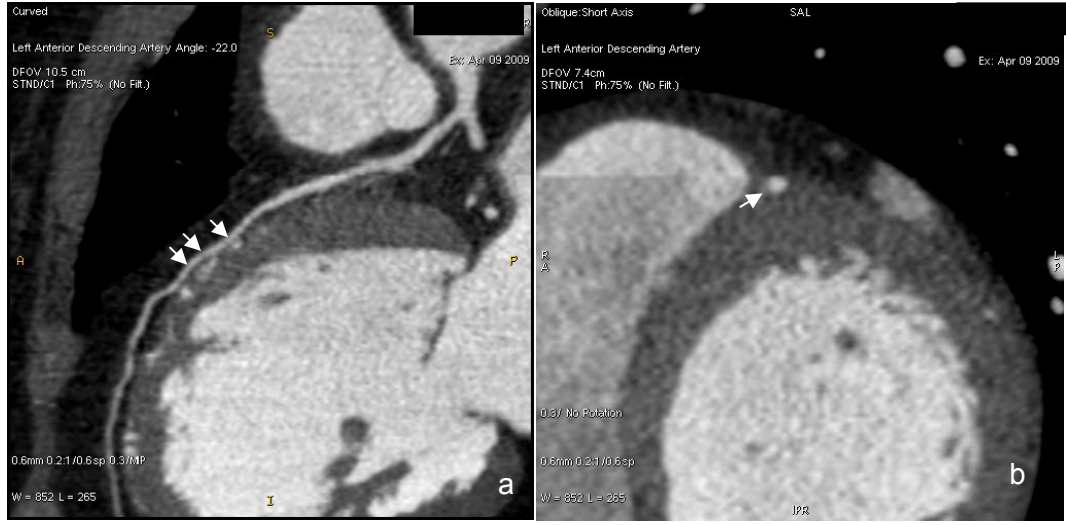
Arteriyel segmentin üzeri ince bir bağ doku, sinir ya da yağ doku tarafından örtülü ise bu durum inkomplet miyokardiyal köprü olarak adlandırılır. Ancak her iki durum da sistol sırasında damarda kompresyona neden olduğundan benzer klinik durumlara neden olmaktadır ve miyokardiyal köprüleşmeyi sınıflandıran kesin tanımlanmış derinlik kriterleri bulunmamaktadır (62,67).



Resim 2.8. (a) kısa aks, (b) curved reformat görüntülerde epikardiyal seyirli LAD (kalın beyaz ok)



Resim 2.9. (a) curved reformat, (b) kısa aks görüntülerde intramiyokardiyal seyirli LAD (beyaz ok) (komplet miyokardiyal köprüleşme)



Resim 2.10. (a) curved reformat, (b) kısa aks görüntülerde inkomplet miyokardiyal köprüleşme

Miyokardiyal köprüleşme otopsi serilerinde %15–85 arasında saptanırken konvansiyonel anjiyografi çalışmalarında ise %0,5-2,5 oranında izlenmektedir(41, 57, 59-63, 65-70). Bu oran konvasiyonel anjiyografi sırasında uygulanan provakasyon testleri ile %40'lara çıkmaktadır (57). Otopsi serileri ile konvansiyonel koroner anjiyografiler arasındaki bu uyumsuzluğun nedeni birçok faktöre bağlı olabilmektedir. Bunlardan biri tünel segmentin uzunluğu ve derinliği ile ilişkili olup anjiyografi sırasında sadece daha derinde yerleşmiş arter segmentindeki kompresyonun anlamlı derecede olması ve bunun işlem sırasında tespit edilebilmesidir. Tünel segmentinin proksimalindeki atherosklerotik plak varlığı da miyokardiyal köprüleşmenin tespit edilebilmesini güçleştirmektedir (57).

Hipertrofik kardiyomyopatili hastalarda konvansiyonel anjiyografide miyokardiyal köprüleşmenin görülme sıklığı %30'lara çıkmaktadır, yine kalp

transplantasyonu yapılan hastalarda da bu anomalinin görülme sıklığı artmaktadır (57).

Miyokardiyal köprüleşme konvansiyonel koroner anjiyografi sırasında genelde tesadüfen ortaya konmakla birlikte anstabil göğüs ağrısı, akut miyokardiyal enfarkt, hayatı tehdit eden aritmi ve ani kardiyak ölüm gibi geniş bir klinik yelpaze ile de karşımıza çıkabilmektedir. Daha çok erkek ağırlıklı olan hasta grubu semptomatik koroner arter hastalarından 5 ila 10 yaş daha gençlerden oluşmaktadır ve asıl yakınmaları şiddetli göğüs ağrısı olmaktadır. Olguların çoğunun asemptomatik olması ve tesadüfen koroner anjiyografide ve daha çok ta otopsi serilerinde saptanması nedeniyle miyokardiyal köprüleşme uzun zaman benign anatomik varyasyon olarak kabul edilmiştir. Ancak daha sonra yapılan çalışmalarda miyokardiyal köprüleşmenin sistolik fazda koroner kan akımını anlamlı derecede etkilediği kanıtlanmış ve göğüs ağrısı nedeni olduğu ortaya konulmuştur. Miyokardiyal köprüleşmeye bağlı iskemi gelişimi ve klinik bulguların ortaya çıkması intramiyokardiyal tünel segmentin sistol sırasında kalibrasyonunda %75 den fazla azalma ile açıklanmaya çalışılmıştır. Stres ve egzersizle daha belirginleşen iskemi durumu taşikardiye zemin hazırlamakta sonuçta sistol diyastol oranı artmaktadır (41,70).

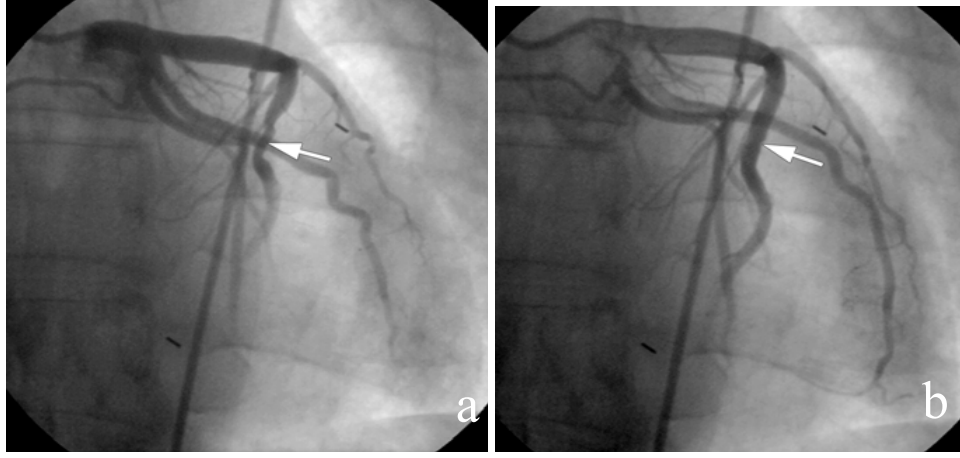
Miyokardiyal köprüleşmeye bağlı iskeminin sebeplerinin bir diğeri de sistol sırasında tünel segmenti ile miyokardiyal kas bandı arasında oluşan 90 derecelik büküntünün bu segmentin endotel hücrelerine yaptığı direk fiziksel hasardır. Yüksek aortik kan basıncı, yüksek duvar tansiyonu ve miyokardiyal köprü proksimalinde oluşan türbülant akım ile savunmasız koroner arter endotel

hücrelerinde ateroskleroz formasyonu gelişmektedir. Sonuç olarak ateroskleroz için başka bir risk faktörü olmayan, göğüs ağrısı ve aritmisi bulunan özellikle genç yaştaki hastalarda miyokardiyal köprüleşme akılda tutulmalıdır (57,61).

Miyokardial köprüleşme by-pass cerrahisi sırasında önemli problem olup bu hastalara operasyon öncesi tanı koymak hastaların uygun tedavisi için önemlidir.

Miyokardial köprüleşme tanısında konvansiyonel koroner anjiyografi, intravasküler ultrason, intravasküler Doppler ultrasonografi kullanılan invaziv yöntemlerdir.

Miyokardiyal köprüleşme tanısında altın standart konvansiyonel koroner anjiyografidir, koroner anjiyografide Miyokardiyal köprüleşme’de tünel segmentin sistolik kompresyonun neden olduğu tipik milking (sağma) etkisi ve step down-step up fenomeni tanı koydurucu bulgulardır (41, 57, 66, 67). Tünel segmentin proksimalinde aterosklerotik plak varlığı nedeniyle miyokardiyal köprüleşme konvansiyonel anjiyografide bazen ihmal edilebilmekte ve ancak darlıkların stent ile tedavisinden sonra anlaşılabilir.



Resim 2.11. Konvansiyonel koroner anjiyografi görüntülerinde (a) sistolik fazda tünel arter segmentinde kompresyon sağma bulgusu. (beyaz ok) ,(b) diyastolik fazda normal kalibrasyonda koroner arter (beyaz ok)

İntravasküler sonografi ve intrakoroner Doppler sonografi ile miyokardiyal köprüleşmenin morfolojik ve işlevsel özellikleri efektif biçimde değerlendirilebilir. İntravasküler sonografide “half moon” (yarım ay) işareti miyokardiyal köprüleşme için oldukça tipik bir bulgudur. İntrakoroner Doppler sonografi ile damar içi kan akım hızı ölçülebilmektedir. “Finger tip” fenomeni Doppler işlemi sırasında köprüleşen segmentte meydana gelen geri akımı ifade eden karakteristik bulgudur. İntrakoroner Doppler ultrasonografi miyokardiyal köprüleşmeyi gösterebilmesine karşın invaziv ve pahalı bir yöntem olması nedeniyle rutinde kullanılan bir yöntem değildir (57,70).

Altın standart olan konvansiyonel anjiyografinin getirisi ise aynı anda balon anjioplasti yapılabilmesi ya da stent yerleştirilebilmesidir. Ancak koroner anjiyografi invaziv bir yöntemdir ve buna bağlı komplikasyonlar

gelişebilmektedir, bu durum miyokardial köprüleşmeyi gösterebilecek invaziv olmayan bir yöntem ihtiyacı ortaya çıkarmıştır.

ÇKBT yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlüğü sayesinde kalbin ve özellikle küçük arterlerin görüntülenmesinde kullanılabilen ve invaziv olmayan bir yöntem olup ilgili koroner arter segmentinin intramiyokardiyal lokalizasyonunu net bir biçimde gösterilebilmektedir (7). Ancak hareket artefaktları işlem sırasında görüntü kalitesini etkileyen en önemli sorundur. Koroner arterin standart ÇKBTA incelemesinde kullanılan EKG tetiklemeli rekonstrüksiyonu maksimum vazodilatasyon ve en az hareket artefaktı için genellikle diyastolik faz boyunca elde edilir. Ancak miyokardial köprüleşme şüphesi olduğunda EKG tetiklemeli rekonstrüksiyonun sistolik fazının da eklenmesi tavsiye edilmektedir. İki fazda da elde edilmiş görüntülerin karşılaştırılması sistolik faz sırasındaki luminal daralmanın değerlendirilebilmesine olanak sağlar (66). Düşük kalp hızı değerlerinde 64 kesitli ÇKBT görüntüleri yüksek zamansal çözünürlüğü ve görüntüleri kısa sürede oluşturabilmesi nedeni ile konvansiyonel anjiyografiye önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Miyokardiyal köprüleşme olguları semptomatik olmadığı sürece tedaviye gerek duyulmamaktadır. Semptomatik hastalarda ise ilk seçenek medikal tedavidir. Semptomların rahatlatılması ve miyokardiyal iskeminin azaltılması ve olası koroner olaylardan korunulması amacıyla tedavide Beta blokörler , kalsiyum kanal blokörleri ve anti platelet ajanlar kullanılmaktadır. Beta blokörler negatif inotropik ve kronotropik etki ile sistemik ve intramural basıncı azaltarak koroner

arterlerde perfüzyonu ve diyastol süresini arttıırırlar bu etkilerinden dolayı medikal tedavide ilk seçenek olmuşlardır. Beta blokör kullanımının uygunsuz olduğu hastalarda kalsiyum kanal blokörleri tercih edilir. Nitratlar vasodilatasyon mekanizması ile kalbin ön yükünü azaltmalarının yanında buna bağı taşıikardiye neden olarak ve anjiyografi sırasında tespit edilen kardiyak kontraksiyonu ve milking etkisini belirginleştirmektedirler. Bu durum klinik semptomları şiddetlendirebileceğinden nitratlar tedavide tercih edilmemektedir. Medikal tedaviye yanıt vermeyen olgularda stent yerleştirilmesi, cerrahi miyotomi ya da by-pass greft uygulanabilir (41,70).

2.8.4 Sonlanma Anomalileri

Koroner Arter Fistülü

Koroner arter fistülleri, bir ya da iki koroner arter ile kalp boşlukları, koroner sinüs, süperior vena kava ya da pulmoner arterlerden biri arasında bağlantı olması durumudur (44). Erişkin popülasyonda koroner arter fistülü insidansının %0.1 ile %1 arasında olduğu bulunmuştur. Olguların %60'ında sağ koroner arter etkilenir. Etkilenen koroner arter artan kan akımı nedeni ile genişlemiş ve tortiyöz görünümündedir. Fistülün drenaj ucu klinik ve fizyolojik olarak önemlidir. En sık drenaj lokalizasyonları sırası ile sağ ventrikül, sağ atriyum ve pulmoner arterlerdir. Sol atriyum ve ventrikül daha az sıklıkta drenaj alanı olabilir (44). Koroner arter fistülleri koroner arter anomalilerinin %13'ü kadarını oluşturur ve bunların %90'ından fazlası sağ boşluklara olmakta, sol ventriküle olan koroner arter fistülü %2-3 kadarlık bir bölümünü oluşturmaktadır.

Yapısal olarak iki farklı tip koroner fistül ayırt edilmiştir ; 1. Ayrı bir damar yapısında ve 2. Diffüz ya da pleksiform tiptir ve daha nadir görülür. Etyolojisi tam olarak aydınlatılmış olmasa da, koroner arter fistülleri, lokalize inflamasyon ya da travmaya bağlı ortaya çıkabilir ya da miyokard infarktüsü, trombüs ya da miksoma etken faktör olabilir (54). Ancak daha büyük olasılıkla konjenitaldir. Bu olguların etyopatogenezinde, embriyogenez sırasında endokard ile miyokard arasında kanlanma sağlayan Thebesian venlerinin persistansı suçlanmaktadır. Fistül sağ boşluklardan birine drene olduğunda hemodinamik olarak soldan sağa kalp dışı şant oluşturur; drenaj sol kalp boşluğuna olursa hemodinamik olarak kalp yetmezliği benzeri bulgular görülür.

Koroner Geçit

Koroner arterde daralma olmaksızın anjiyografik olarak saptanabilen RCA ile LMCA arasında geniş bir bağlantının olması durumudur. Erişkin kalbinde sağ ile sol koroner dolaşım arasında anjiyografilerde görülemeyecek kadar ince kollateraller zaten vardır. Ancak koroner arkad olgularında kollateral dallanmadan farklı olarak aterosklerotik daralma bulgusu olmayan iki arteriyel dolaşım arasında doğrudan geniş bir bağlantı görülür (44).

Ekstrakardiyak Sonlanma

Koroner arterler ile kalp dışı damarlar arasında (bronşiyal arter, internal mammarian arter, süperior ve inferior frenik arter, özefagiyal arter vb.) bağlantı

görölmesi durumudur. Bu bağlantılar her iki arter sistemi arasında basınç farkının belirgin olması durumunda işlevsel olarak belirgin hale gelir (44).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1 Çalışma Kapsamı

Mayıs 2007- Mayıs 2010 tarihleri arasında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Bilgisayarlı Tomografi Ünitesinde Light Speed VCT (GE Medical Systems, ABD) aygıtı kullanılarak kardiyak BT anjiyografi incelemesi yapılan 513 hasta retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Hastaların 11 tanesinde inceleme kalitesi uygun olmadığından inceleme dışı bırakılmış ve 502 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışma Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır.

3.2 Kardiyak BT Görüntüleme Protokolü

Değerlendirilen tüm kardiyak BT anjiyografi incelemeleri Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Bilgisayarlı Tomografi ünitesinde Light Speed VCT (GE Medical Systems, ABD) aygıtı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm hastaların incelemeden önce, kardiyak risk faktörleri, soy geçmişleri, kullandığı ilaçlar ve yakınmaları sorgulanıp her bir hasta için kardiyak form oluşturulmuştur. Hastalara incelemeden 1 gün önce kafein ve nikotin almamaları önerilmiştir. İncelemeden önce hasta ilgili işlem hakkında bilgilendirildikten sonra hastalara antekübital yoldan 18-20 gauge damar yolu açılmıştır. Nabız ve tansiyon kontrolünden sonra kalp atım hızı 70 atım/dakikadan fazla olan hastalara incelemeden önce B-adrenerjik reseptör blokörü (Dideral 40 mg; propranolol hcl ya da Beloc 50 mg; metoprolol süksinat) oral yoldan verilmiş ve yakın nabız takibi yapılmıştır. Nabız uygunluğu sağlanamayan hastalarda

gereklilik durumunda Beloc ampul 5-10 mg/ml 10cc'ye tamamlanarak sulandırılmış ve çekimden hemen önce İV yoldan verilmiştir. Çekim odasına alınan hastalar gantriye supin pozisyonda yatırılmış ve EKG elektrotları yerleştirilmiştir. Aygıtta bulunan kardiyak BT protokolü seçilerek teknik parametreler 120 Kvp, 400 mAs, gantri rotasyon süresi 0,35 sn, dedektör kolimasyonu 64 x 0.625mm, kalp hızına göre otomatik olarak pitch aralığı 0.2- 0,29, kesit kalınlığı 0,625mm olarak belirlendi. Çekim süresi ortalama 7,4 sn idi. Skenogram alınmasını takiben inceleme alanı belirlendikten sonra her hastaya antekubital ven yoluyla, 20 G intavenöz kanül aracılığı ile otomatik enjektörden (Ulrich, GmbH & CO, Ulm, Germany) önce 25 cc salin solüsyonu 5ml/sn hızla verilmiş daha sonra 5ml/sn hızla 70 ml yüksek konsantrasyonlu (350-370 mg/100 ml) noniyonik kontrast madde verilmiştir. Aort kökü düzeyinden geçen bir kesit alınarak bolus izleme yöntemi ile aort kökünden dansite ölçümü yapılmış ve 100 HU dansiteye ulaştığında veri toplanmaya başlanmıştır. Kraniokaudal yönde karina düzeyinden diafragma kadar tarama yapılmıştır. IV kontrast maddeyi takiben 50 ml salin solüsyonu yine 5 ml/sn hızla verilmiştir. Her hasta için R-R mesafesinin %0,10,20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 'ında rekonstrüksiyonlar elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler, konsoldan "Advantage Windows Volume Share 2 (AW 4.4)" (GE Medical Systems, USA) iş istasyonuna aktararak Tree VR, Anjiographic view ve Heart programları kullanılarak koronal, sagittal, curved reformat, kısa aks MIP ve VR görüntülerde değerlendirme yapılmıştır.

3.3 Çalışma Metodu

Tüm kardiyak BT incelemesi yapılmış hastaların kardiyak risk faktörleri (hipertansiyon, diabetes mellitus, hiperlipidemi, sigara içiciliği ve soygeçmiş) hastalar adına oluşturulmuş kardiyak formlardan ve Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Avicenna sisteminden yararlanılarak kaydedildi.

Kardiyak BT anjiyografi incelemelerinin hepsi “Advantage Windows Volume Share 2 (AW 4.4)” (GE Medical Systems,USA) iş istasyonunda Tree VR, Anjiographic wiew ve Heart programları kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.

Hastaların inceleme sırasındaki nabız değerleri ve aort dansiteleri ölçülüp kaydedildi.

Aksiyel görüntülerle birlikte koronal, sagittal, curved reformat, kısa aks ve VR görüntülerde koroner arter segmentleri Amerikan Kalp Birliğinin sınıflandırmasına göre toplam 15 segment üzerinden incelendi. Buna göre RCA 1-4 nolu segmentleri, sol ana koroner arter LAD’ye dahil edilerek 5-10 nolu segmentleri ve LCx ise 11-15 nolu segmentleri içermekteydi. Ayrıca tüm hastalarda ramus intermedius varlığı araştırıldı. PDA’nın ve PLV’nin RCA ya da LCx’ten çıkışına göre tüm hastalarda koroner arteriyel dominansi değerlendirildi. Hastalarda koroner arter anomali varlığı, çıkım, seyir ve sonlanma anomalileri olarak sınıflandırıldı ve tüm hastalar bu çerçevede değerlendirildi.

Normalde epikardiyal yağ tabakasında seyir gösteren koroner damarların intramiyokardiyal seyir göstermesi miyokardiyal köprüleşme olarak tanımlandı. İntramiyokardiyal seyir gösteren segment tünel segment arteri olarak adlandırıldı. LAD segmentlerinde saptanan miyokardiyal köprüleşme olgularında tünel

arteriyel segment miyokardiyal kas bandı altında seyrediyor ve tamamen miyokardiyal kas lifleri ile çevreniyorsa komplet miyokardiyal köprüleşme, arteriyel segment miyokard dokusu ile çok yakın ilişkili ve kontakt halde olmasına rağmen tamamen miyokardiyal kas ile çevrenmiyorsa inkomplet miyokardiyal köprüleşme olarak sınıflandırıldı. Diğer koroner arterlerde saptanan miyokardiyal köprüleşmeler komplet olarak sınıflandırıldı. Tüm hastalarda miyokardiyal köprüleşme bu çerçevede tarandı. Miyokardiyal köprüleşmenin sıklığı ve segmental dağılımı hesaplandı. Miyokardiyal köprüleşme saptanan hastalarda tünel arterin uzunluğu ve komplet miyokardiyal köprülerde tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bandı kalınlığı ölçüldü. Ayrıca komplet miyokardiyal köprüleşmesi bulunan hastalarda sistolik kompresyonun değerlendirilmesi açısından tünel segmentin lümen çapı 1,5mm altında olanlar ve sistol sonu, diyastol sonu değerlendirmesi uygun yapılamayan hastalar bu aşamada çıkarıldı. Kalan 58 tünel segmentin ve epikardiyal seyirli tünel öncesi segmentin sistol sonu (%30 ve 40) ve diyastol sonu (%0 ve 90) fazlarda çapları kısa aks görüntülerde manuel olarak, lümen görüntülerde ise otomatik olarak ölçüldü ve ortalamaları alındı. Son olarak tüm hastalar ekstra kardiyak bulgular açısından tarandı.

3.4 İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS for Windows 11.5 paket programında yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler sürekli değişkenler için ortalama $\pm$ standart sapma olarak kategorik değişkenler ise olgu sayısı ve (%) olarak gösterildi. Miyokardiyal

köprüleşme üzerinde yaşı etkili olup olmadığı Student's t testi ile cinsiyet, yandaş hastalıklar, aile öyküsü ve sigaranın önemliliği ise Pearson Ki-Kare testiyle araştırıldı. Her bir değişkene ait Odds Oranı ve %95 güven aralıkları hesaplandı. Sürekli değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olup olmadığı Spearman'ın Korelasyon testiyle incelendi. $p<0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamıza dahil edilen 513 hastanın 11 (% 2,1) tanesinde inceleme kalitesi uygun olmadığından inceleme dışı bırakılmış ve 502 (%97,9) hasta çalışmaya dahil edilmiştir.

Tablo 4.1 Olguların Nabız ve Aort HU ortalamaları

Değişkenler	n=513
Nabız	62,6±17,7
Aort HU	415,9±85,4

Ortalama nabız değeri 62,6±17,7, ortalama Aort dansitesi 415,9±85,4 HU bulunmuştur (Tablo 4.1).

Tablo 4.2 Olgularda koroner arteriyel dominansi

Değişkenler	N=502
Dominansi	
Sağ	401 (%79,9)
Sol	60 (%12,0)
Kodominant	41 (%8,1)

Olguların 401' inde (%79,9) sağ dominasi, 60'ında (%12,0) sol dominasi, 41'inde (%8,1) kodominasi mevcuttu (Tablo 4.2).

Tablo 4.3 Olgularda Ramus Intermedius varlığı

Değişkenler	n=502
RIM var	144 (%28,7)
RIM yok	358 (%71,3)

Olguların 144'ünde (%28,7) RIM varlığı izlendi (Tablo 4.3).

Tablo 4.4 Olguların Demografik Özellikleri

Değişkenler	N=513
Yaş	54,7±12,9
Cinsiyet	
<i>Kadın</i>	188 (%36,6)
<i>Erkek</i>	325 (%63,4)
HT	251 (%48,9)
Hiperlipidemi	223 (%43,5)
DM	92 (%17,9)
Aile Öyküsü	282 (%55,0)
Sigara kullanımı	207 (%40,4)

513 olgunun yaş ortalaması 54,7±12,9 idi.Olguların 188'i (%36,6) kadın, 325'i (%63,4) erkekti. 251 olguda (%48,9) hipertansiyon, 223 olguda (%43,5) hiperlipidemi, 92 olguda (%17,9) diabetes mellitus vardı. 282 olguda (%55,0) aile hikayesi, 207 olguda (%40,4) sigara kullanımı mevcuttu (Tablo 4.4).

Tablo 4.5 Olgularda Miyokardiyal Köprüleşme varlığı

Değişkenler	n=502
Miyokardiyal Köprüleşme var	124 (%24,7)
Miyokardiyal Köprüleşme yok	378 (%75,3)

Olguların 124'ünde miyokardiyal köprüleşme saptandı (Tablo 4.5)

Tablo 4.6 Miyokardiyal Köprüleşmenin tiplerine göre dağılımı

Değişkenler	n=134
Komplet Köprüleşme	83 (%61,9)
İnkomplet Köprüleşme	51 (%38,1)

Saptanan 134 miyokardiyal köprüleşmenin 83'ü (%61,9) komplet, 51'i (%38,1) inkompletti (Tablo 4.6).

Tablo 4.7. Miyokardiyal Köprüleşmenin Görüldüğü Segmentlere Göre Frekans Dağılımı

Değişkenler	Komplet Köprüleşme	İnkomplet Köprüleşme	n=134
RCA	2		2 (%1,4)
LAD	68	51	119 (%88,9)
<i>Proksimal LAD</i>	4		4 (%3,0)
<i>Orta LAD</i>	46	42	88 (%65,7)
<i>Distal LAD</i>	18	9	27 (%20,1)
1.Diagonal	3		3 (%2,2)
2.Diagonal	1		1 (%0,7)
Obtus Marjinal	6		6 (%4,5)
Ramus İntermedius	3		3 (%2,2)

134 miyokardial köprüleşmenin 88 tanesi (%65,7) LAD orta segmentte saptandı.

Tablo 4.8. Miyokardiyal Köprüleşmenin Ortaya Çıkmasında Demografik Özelliklerin Etkilerinin İncelenmesi

Değişkenler	Yok (n=378)	Var (n=124)	p değeri	Odds Oranı (%95 GA)
Yaş	54,9±13,0	54,9±11,9	0,975	1,000 (0,984-1,016)
Erkek Olmak	228 (%60,3)	91 (%73,4)	0,009	1,814 (1,159-2,841)
HT	178 (%47,1)	67 (%54,0)	0,180	1,321 (0,879-1,984)
HPL	164 (%43,4)	56 (%45,2)	0,730	1,075 (0,715-1,616)
DM	73 (%19,3)	19 (%15,3)	0,319	0,756 (0,436-1,312)
Sigara	152 (%40,2)	51 (%41,1)	0,857	1,039 (0,688-1,569)
Aile Öyküsü	210 (%55,6)	65 (%52,4)	0,543	0,881 (0,587-1,324)

GA: Güven Aralığı

Miyokardiyal köprüleşme varlığı ve erkek cinsiyet arasında istatistiksel anlamlılık ($p < 0,05$) saptanmıştır (Tablo 4.8).

Tablo 4.9 Tünel arter segmentlerinin uzunluk ve derinlik dağılımı

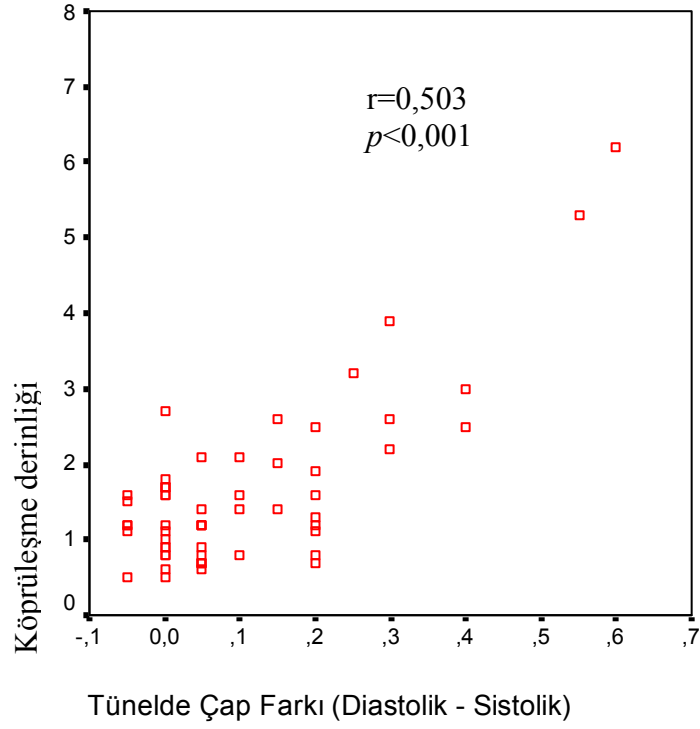
	Uzunluk			Derinlik		
	Min	Max	Ortalama	Min	Max	Ortalama
Komplet	5,5mm	65,9mm	22,19±11,7mm	0,5mm	7mm	1,83±1,13
İnkomplet	4,1mm	36mm	14,87±8,37mm			

Miyokardiyal köprülemeşme saptanan olgularda, komplet köprüleşmelerin ortalama derinliği 1,83±1,13mm. (en az 0,5mm., en fazla 7mm.), uzunluğu 22,19±11,7mm. (en az 5,5mm., en fazla 65,9mm.) bulunmuştur. İnkomplet köprüleşmede ise ortalama uzunluk 14,87±8,37mm. (en az 4,1mm., en fazla 36mm.) olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.10 LAD’ de izlenen komplet miyokardiyal köprüleşmelerde tünel arter segmentlerinin uzunluk ve derinlik dağılımı

	Uzunluk			Derinlik		
	Min	Max	Ortalama	Min	Max	Ortalama
Komplet	5,5mm	65,9mm	20,98±11,24	1,1mm	7mm	1,85±1,19mm

LAD segmentlerinde saptanan komplet miyokardiyal köprüleşmelerde ortalama derinlik 1,85±1,19mm. (en az 1,1mm, en fazla 7mm.), ortalama uzunluk ise 20,98±11,24mm. (en az 5,5mm., en fazla 65,9mm) olarak bulunmuştur (Tablo 4.10).



Grafik 4.1. Tünelde Diyastolik Sistolik Çap Farkı ile Köprüleşme Derinliği Arasındaki Saçılım Grafiği

Tünel arter segmenti üzerinde ölçülen doku kalınlığı arttıkça tünel arterde izlenen diyastol sonu ve sistol sonu çap farkı istatistiksel anlamlı olarak artmaktaydı ($r=0,503$ ve $p<0,001$).

Tablo 4.11 Koroner arter anomalilerinin dağılımı

Değişkenler		n=502
Koroner arter anomalisi yok		486 (%96,8)
Koroner arter anomalisi var		16 (%3,2)
Aortik Çıkım Anomalisi		
Sol sinüs Valsalva çıkışlı RCA ve interarteriyel seyir		7 (1,4)
Sağ sinüs	<i>Retroaortik seyir</i>	1 (%0,2)
Valsalva çıkışlı	<i>Prepulmonik seyir</i>	1(%0,2)
LAD	<i>İnterarteriyel seyir</i>	1(%0,2)
LMCA yokluğuna eşlik eden, farklı kök çıkışlı LAD, LCx		2(%0,4)
LMCA yokluğuna eşlik eden, aynı kök çıkışlı LAD, LCx		1(%0,2)
Yüksek çıkışlı RCA		1(%0,2)
Seyir Anomalisi		
Çift LAD		1(%0,2)
Sonlanma Anomalisi		
Koroner Arter Fistülü		2(%0,4)

Olguların 16 tanesinde (%3,2) koroner arter anomalisi saptandı (Tablo 4.11).

Tablo 4.12 Ekstra kardiyak bulguların dağılımı

Değişkenler	n=502
Ekstra Kardiyak Bulgu Yok	411 (%81,8)
Ekstra Kardiyak Bulgu Var	91(%18,2)
Atelektazi	8(% 1,6)
Bronşiektazi	7(% 1,4)
Amfizem	4(%0,8)
Akciğerde nodül	6(% 1,2)
Akciğerde kitle	1(% 0,2)
Kalsifiye lenfadenopati	28(%5,6)
Hiler lenfadenopati	2(% 0,4)
Paraözefagial lenfadenopati	1(% 0,2)
Kalsifiye plevral plak	1(% 0,2)
Plevral kitle	1(% 0,2)
Operasyona sekonder hematoma	2(% 0,4)
Aort diseksiyonu ve anevrizma	2(% 0,4)
Çıkan Aort anevrizması	4(%0,8)
İnen aortada trombus	1(% 0,2)
Plevral effüzyon	4(%0,8)
Perikardiyal effüzyon	3(%0,6)
Hiatal herni	9(% 1,8)
Karaciğerde kist	5(%1,0)
Karaciğerde hemanjiom	1(% 0,2)
Kifoskolyoz	1(% 0,2)

Olguların 91 tanesinde (%18,2) ekstra kardiyak bulgu saptandı.

Çalışmamızda değerlendirdiğimiz 502 olgunun 124'ünde (%24,7) miyokardiyal köprüleşme saptandı (Tablo 4.5). 10 olguda aynı arter üzerinde yada farklı bir koroner arterde iki ayrı köprüleşme mevcuttu. Saptanan 134 miyokardiyal köprüleşmenin 83'ü (%61,9) komplet, 51'i (%38,1) inkomplet olarak sınıflandırıldı (Tablo 4.6). 134 miyokardiyal köprüleşmenin 88 tanesi (%65,7) LAD orta segmentte, 27 tanesi (%20,1) LAD distal segmentte, 4 tanesi (%3) LAD proksimal segmentte, 6 tanesini (%4,5) OM'de, 3 tanesini (%2,2) Ramus intermedius'ta, 3 tanesini (%2,2) 1. Diyagonal dalda, 1 tanesini (%0,7) 2. Diyagonal dalda, 2 tanesini (%1,4) ise RCA' de saptandı (Tablo 4.7).

Olguların yaş ortalaması $54,7 \pm 12,9$ idi. Olguların 188'i (%36,6) kadın, 325'i (%63,4) erkekti. 251 olguda (%48,9) hipertansiyon, 223 olguda (%43,5) hiperlipidemi, 92 olguda (%17,9) diabetes mellitus vardı. 282 olguda (%55,0) aile hikayesi, 207 olguda (%40,4) sigara kullanımı mevcuttu (Tablo 4.4). Miyokardiyal köprüleşme saptanan olguların yaş ortalaması $54,9 \pm 11,9$, 91 tanesi (%73,4) erkek, 33 tanesi (%26,6) kadındı. Miyokardiyal köprüleşme saptanan olguların 67 sinde (%54,0) HT, 56 sında (%45,2) hiperlipidemi, 19'unda (%15,3) DM, 51 'inde (%41,1) sigara kullanımı, 65'inde (%52,4) aile öyküsü vardı (Tablo 4.8).

Miyokardiyal köprüleşme üzerinde yaşın etkili olup olmadığı Student's t testi ile cinsiyet, yandaş hastalıklar, aile öyküsü ve sigaranın önemliliği ise Pearson Ki-Kare testiyle araştırıldı. Her bir değişkene ait Odds Oranı ve %95 güven aralıkları hesaplandı. Yaş, HT, hiperlipidemi, DM, sigara kullanımı ve aile öyküsü ile miyokardiyal köprüleşme varlığı arasında istatistiksel anlamlılık

saptanmadı. Ancak miyokardiyal köprüleşme varlığı ve erkek cinsiyet arasında istatistiksel anlamlılık ($p < 0,05$) saptanmıştır (Tablo 4.8). Miyokardiyal köprüleşme saptanan olgularda, komplet köprüleşmelerin ortalama derinliği $1,83 \pm 1,13$ mm. (en az 0,5 mm., en fazla 7 mm.), uzunluğu $22,19 \pm 11,7$ mm. (en az 5,5 mm., en fazla 65,9 mm.) bulunmuştur. İnkomplet köprüleşmede ise ortalama uzunluk $14,87 \pm 8,37$ mm. (en az 4,1 mm., en fazla 36 mm.) olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.9).

LAD segmentlerinde saptanan komplet miyokardiyal köprüleşmelerde ortalama derinlik $1,85 \pm 1,19$ mm. (en az 1,1 mm, en fazla 7 mm.), ortalama uzunluk ise $20,98 \pm 11,24$ mm. (en az 5,5 mm., en fazla 65,9 mm) olarak bulunmuştur (Tablo 4.10).

Komplet köprüleşmelerde tünel arter segmenti üzerinde ölçülen doku kalınlığı ile tünel arterde diyastol sonu (%90-0) ve sistol sonu (%30-40) fazlarda ölçülen ortalama çap farklılığı arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olup olmadığı Spearman'ın Korelasyon testiyle incelendi. Tünel arter segmenti üzerinde ölçülen doku kalınlığı arttıkça tünel arterde izlenen diyastol sonu ve sistol sonu çap farkı istatistiksel anlamlı olarak artmaktaydı ($r=0,503$ ve $p < 0,001$).

Ayrıca olgularda koroner arteriyel dominansi ve ramus intermedius varlığı araştırıldı. Olguların 401' inde (%79,9) sağ dominasi, 60'ında (%12,0) sol dominasi, 41'inde (%8,1) kodominasi mevcuttu (Tablo 4.2). Olguların 144'ünde (%28,7) RIM varlığı izlendi (Tablo 4.3).

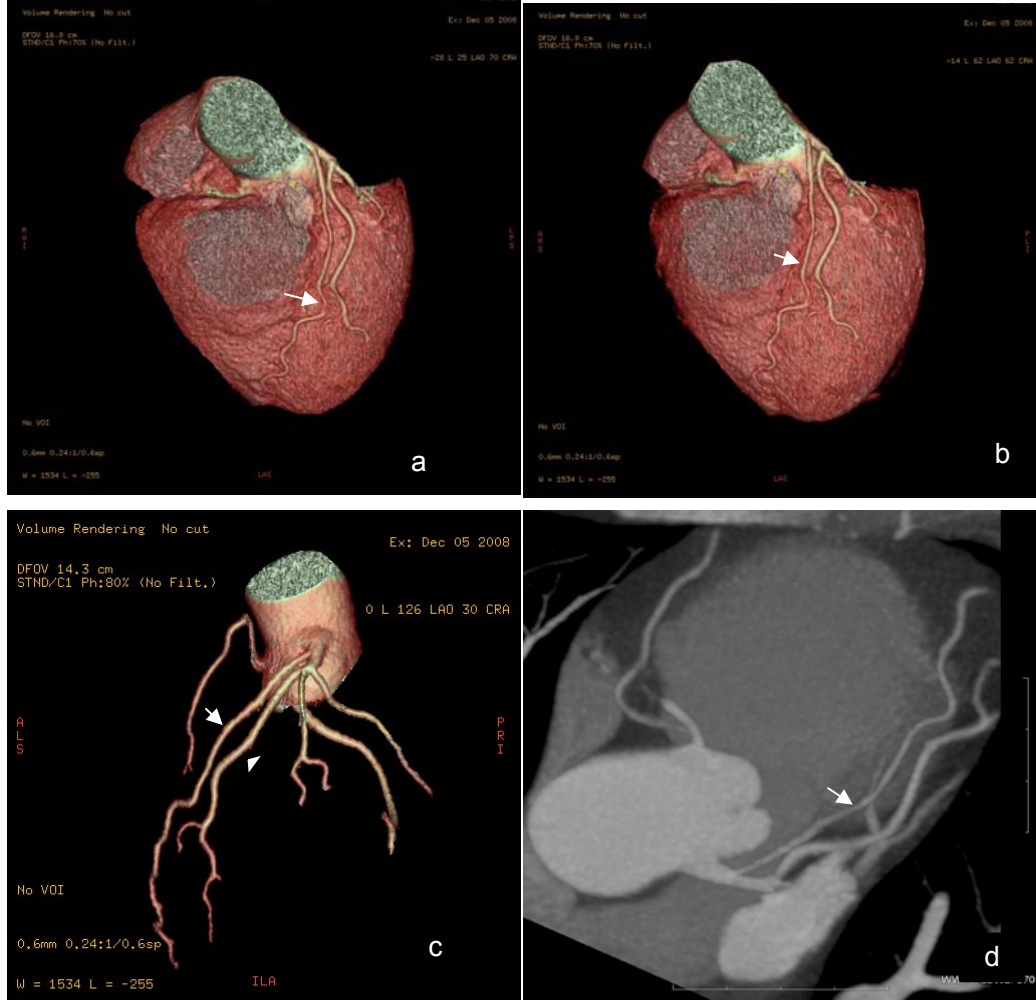
Olguların 16 tanesinde (%3,2) koroner arter anomalisi saptandı. Bunlardan 7 tanesinde (%1,4) sol sinüs Valsalva çıkışlı RCA ve RCA'da interarteriyel seyir,

3 tanesinde (% 0,6) sağ Sinüs Valsalva çıkışlı LAD saptandı. Bu anomalide LAD ayrı ayrı retroaortik ,prepulmonik ve interarteriyel seyir göstermekteydi. Toplam 3 olguda LMCA izlemedik, bunlardan 2'sinde (% 0,4) LAD ve LCx farklı köklerle sol sinüs Valsalvadan çıkarken, 1 tanesinde ise (% 0,2) LAD ve LCx aynı kökten çıkmakta idi. Olgularımızdan 1 tanesinde (% 0,2) yüksek çıkışlı RCA saptadık. (Tablo 4.11).

Olguların 91 tanesinde (%18,2) ekstra kardiyak bulgu saptandı. .En sık olarak 28 olguda (%5,6) kalsifiye lenfadenopati izlendi. Ayrıca olguların 2 tanesinde (% 0,4) çıkan aort anevrizması ve eşlik eden diseksiyon, 1'inde (% 0,2) akciğerde, 1'inde (% 0,2) plevrada kitle saptandı. 4 hastada (% 0,8) aort anevrizması izlendi (Tablo 4.12).

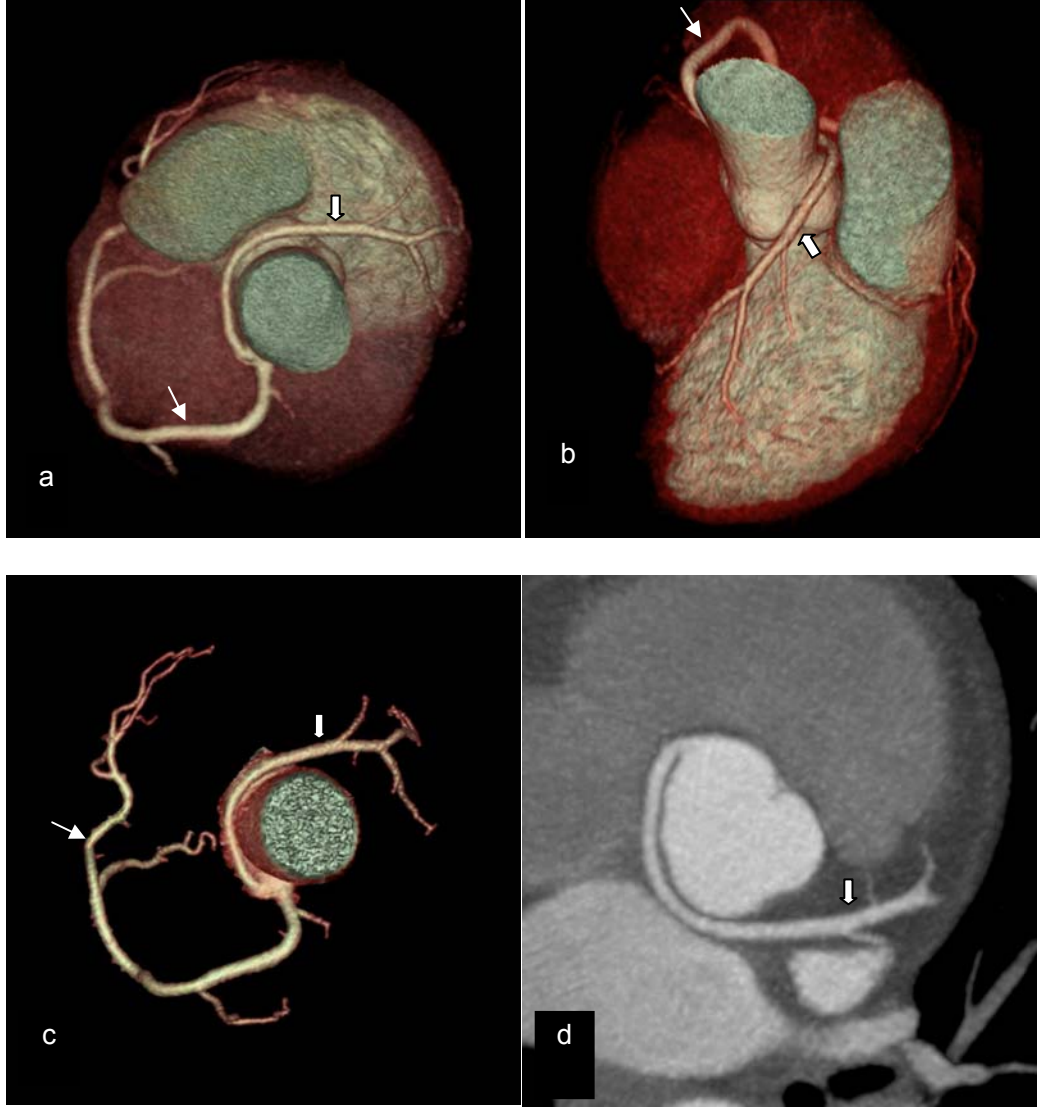
4.1 OLGULARDAN ÖRNEKLER

Olgu1: 40 yaşında kadın hastada Tip 2 çift LAD anomalisinin görüntüleri sunulmaktadır.



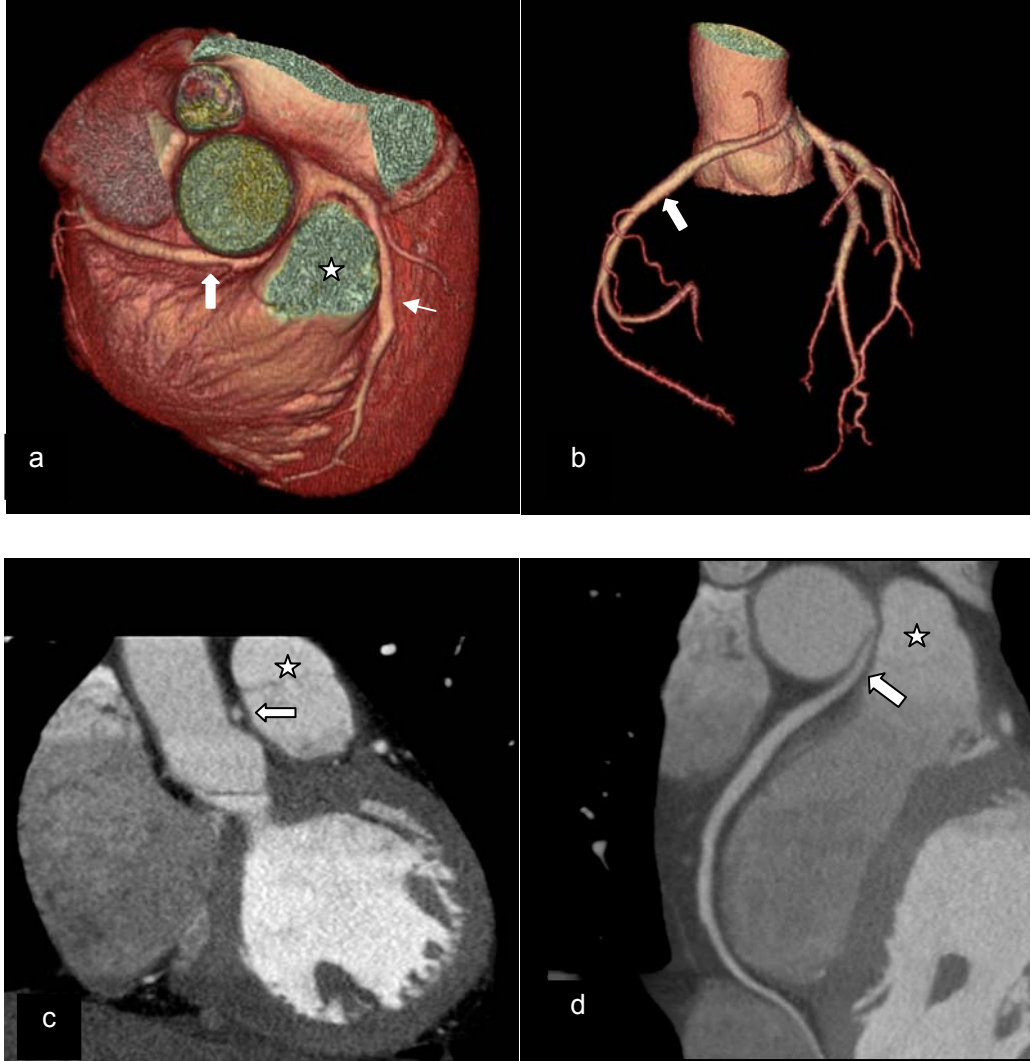
Resim 4.1. (a,b,c) VR görüntülerde sağ taraflı seyir gösteren uzun LAD (beyaz ok) ve eşlik eden kısa LAD (ok başı), (d) Oblik MIP görüntülerde interventriküler sulkus boyunca sağ taraflı seyir gösteren ve apekse uzanımı izlenen uzun LAD

Olgu 2: 42 yaşında kadın hastada Sağ Sinüs Valsalva çıkışlı LAD ve LAD'de retroaortik seyir anomalisinin görüntüleri sunulmaktadır.



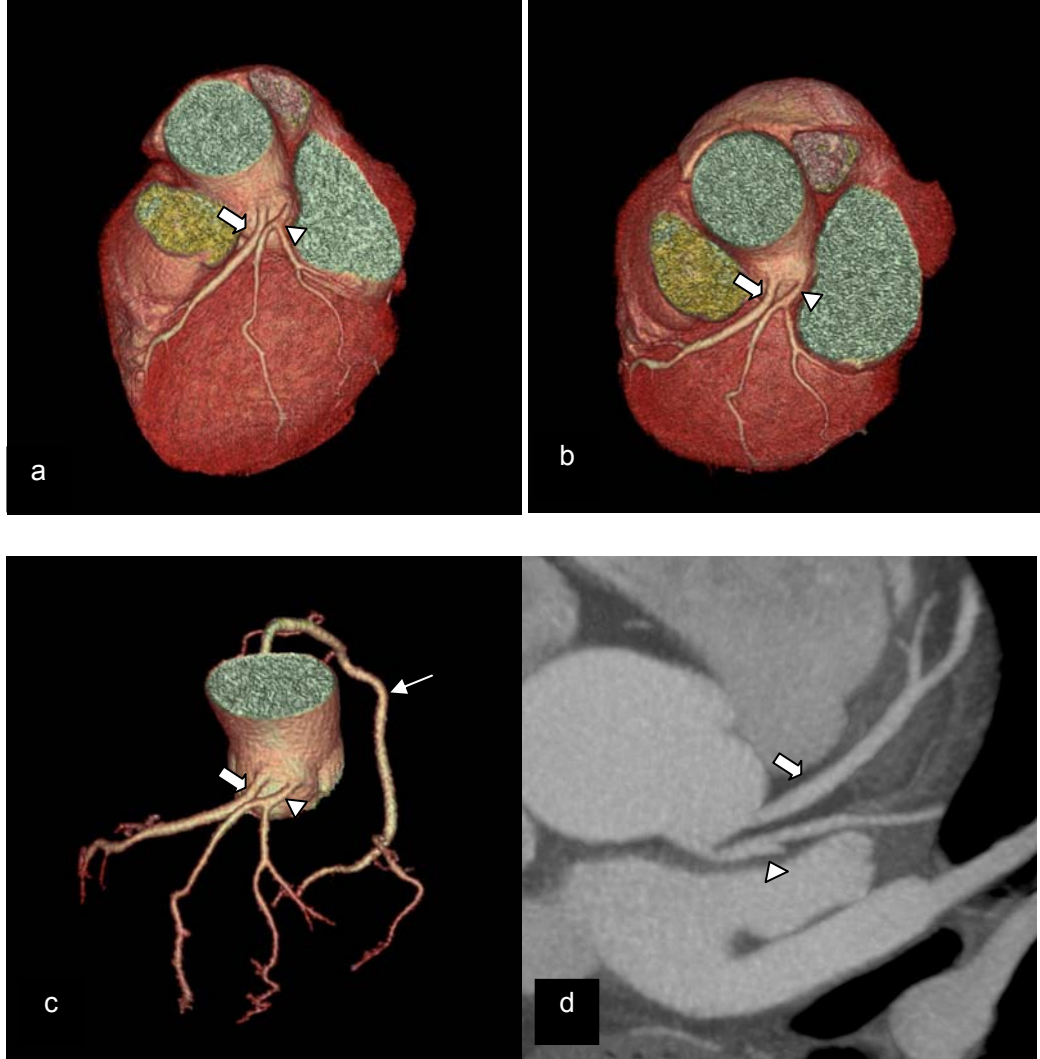
Resim 4.2. (a,b,c) VR, (d) MIP görüntülerde Sağ Sinüs Valsalvadan köken alıp retroaortik seyir gösteren LAD (kalın beyaz ok) , RCA (ince beyaz ok)

Olgu 3: 42 yaşında erkek hastada Sağ Sinüs Valsalva çıkışlı RCA ve RCA' da interarteriyel seyir anomalisinin görüntüleri sunulmaktadır.



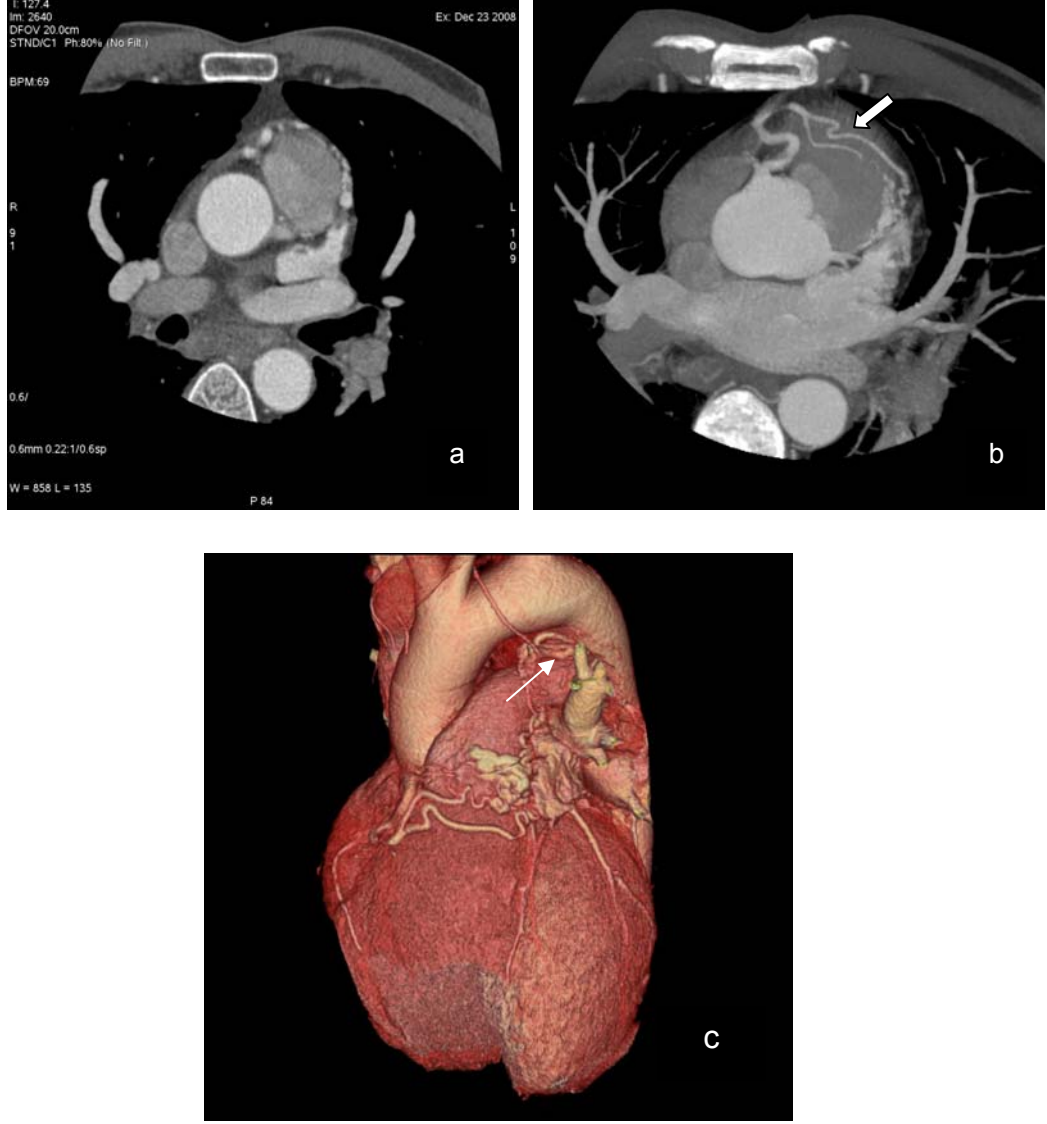
Resim 4.3. (a, b) VR, (c) sagittal reformat ve (d) curved reformat görüntülerde Sol Sinüs Valsalvadan köken alıp aort ve pulmoner arter kökü arasında interarteriyel seyir gösteren RCA (kalın beyaz ok), pulmoner arter (yıldız), LAD (ince beyaz ok)

Olgu 4: 41 yaşında erkek hastada Sol Sinüs Valsalvadan ayrı ayrı çıkan LAD ve LCx arterlerin görüntüleri sunulmaktadır.



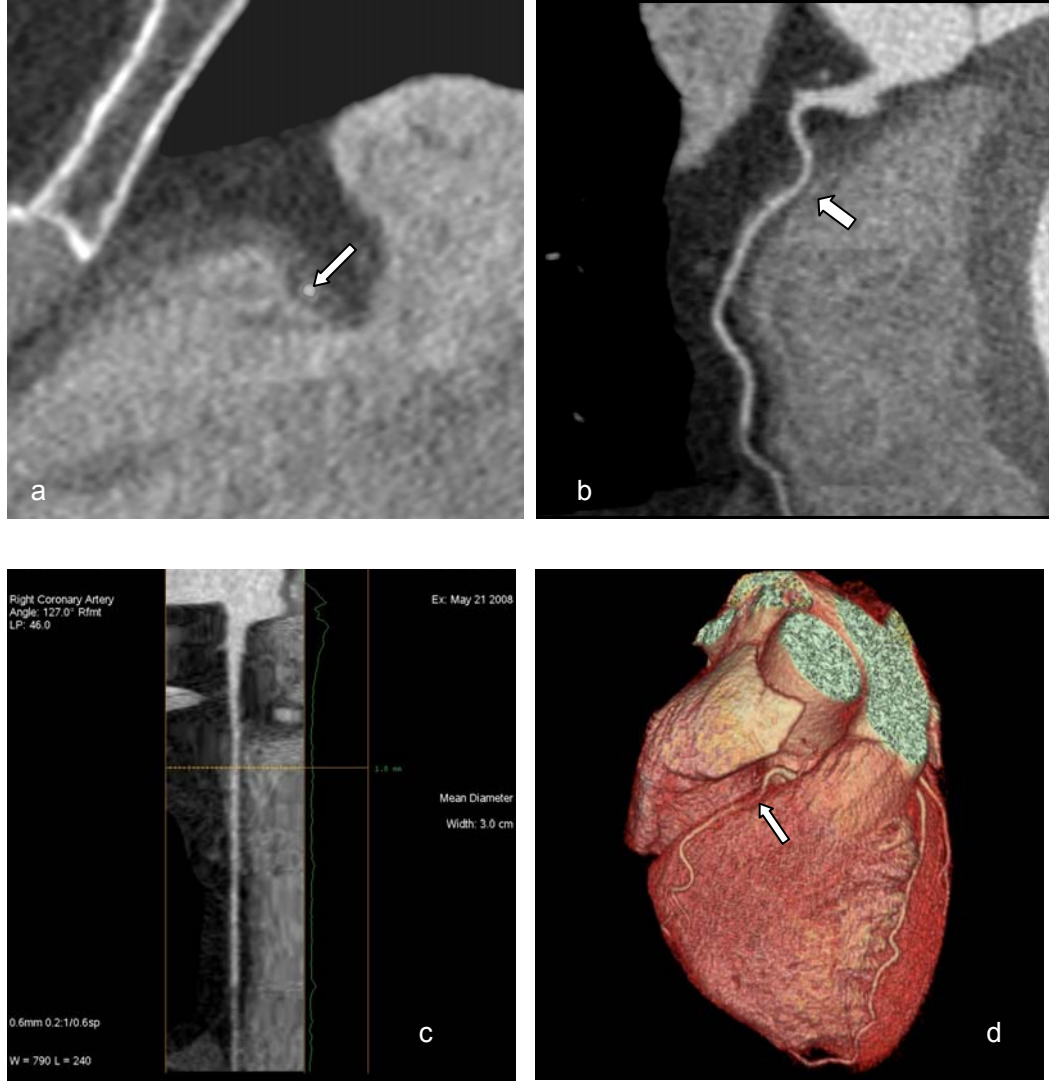
Resim 4.4. (a,b,c) VR görüntülerde Sol Sinüs Valsalvadan ayrı ayrı köken alan LAD (beyaz kalın ok) , LCx (ok başı) ve Sağ Sinüs Valsalvadan kökenli RCA, (d)Oblik MIP görüntülerde Sol Sinüs Valsalvadan ayrı ayrı köken alan LAD (beyaz kalın ok) , LCx (ok başı)

Olgu 5: 45 yaşında erkek hastada koroner arter fistülü görüntüleri sunulmaktadır.



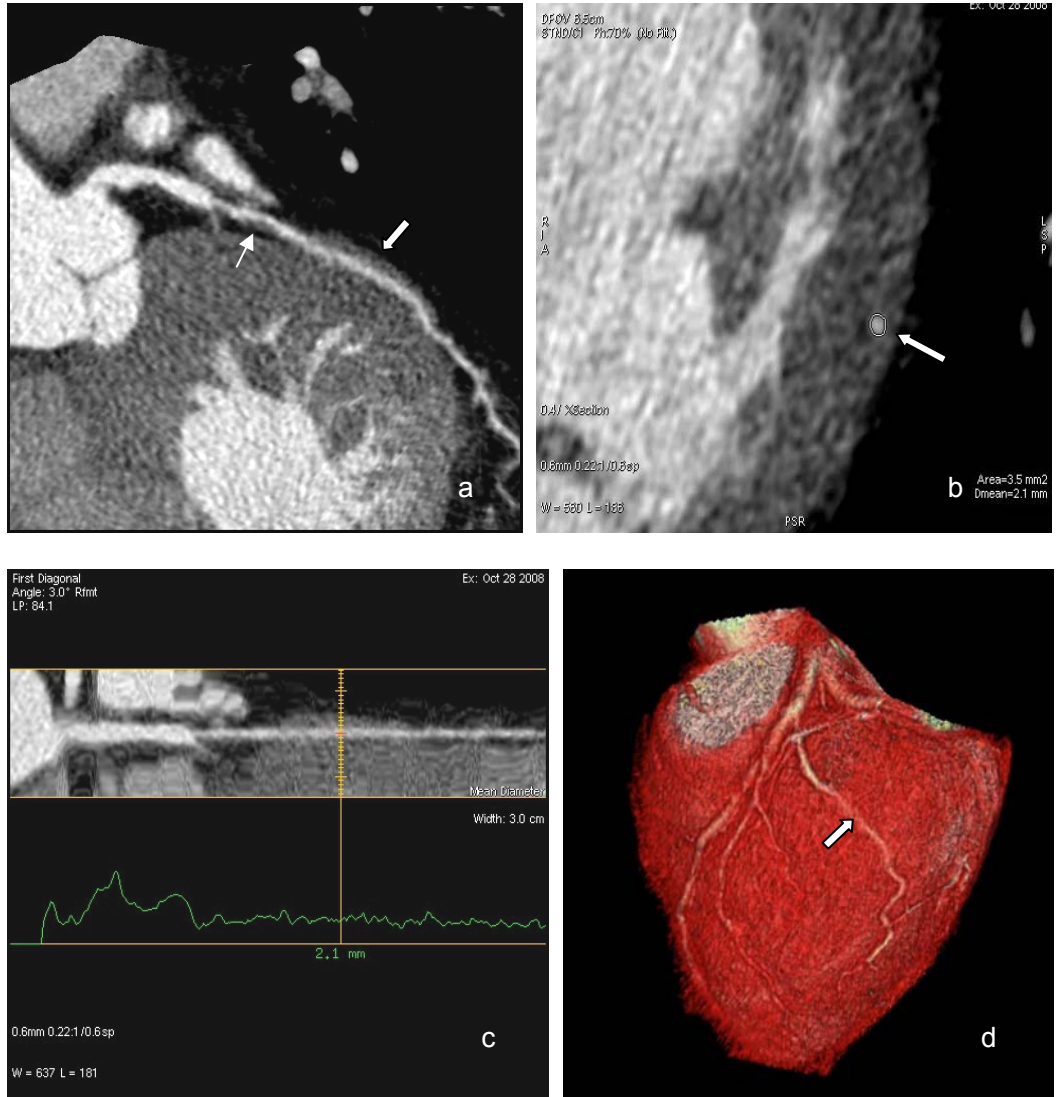
Resim 4.5. (a) aksiyel, (b) aksiyel MIP ve (c) VR görüntülerde RCA(kalın beyaz ok) ,LAD, pulmoner arter ve inen aortadan (ince beyaz ok) dallar alan fistül izlenmektedir.

Olgu 6: 55 yaşında bayan hastada RCA orta segmentte miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır



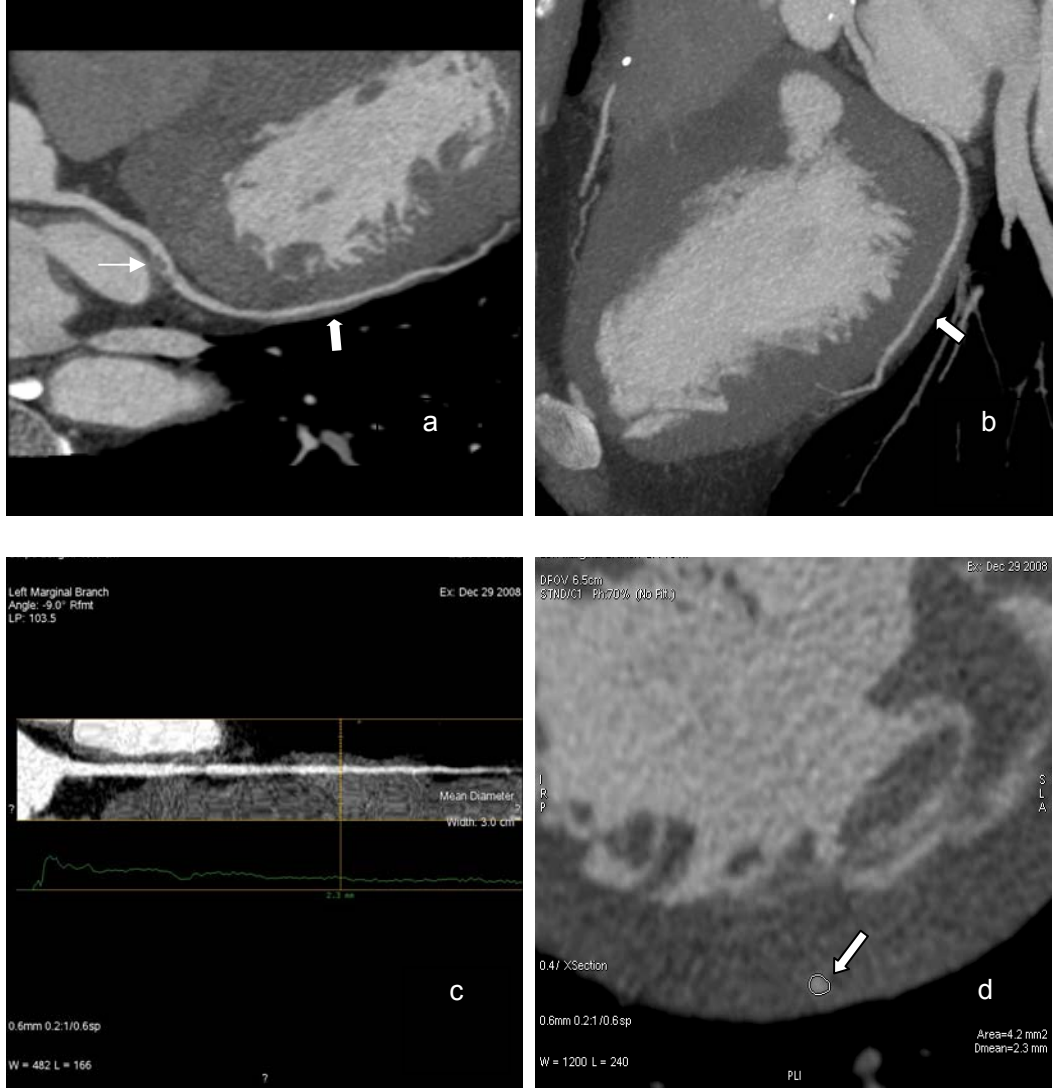
Resim 4.6. (a) oblik reformat, (b) curved reformat, (c) lümen ve (d) VR görüntülerde RCA orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (beyaz ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları.

Olgu 7: 73 yaşında erkek hastada 1.diyagonal dalda miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



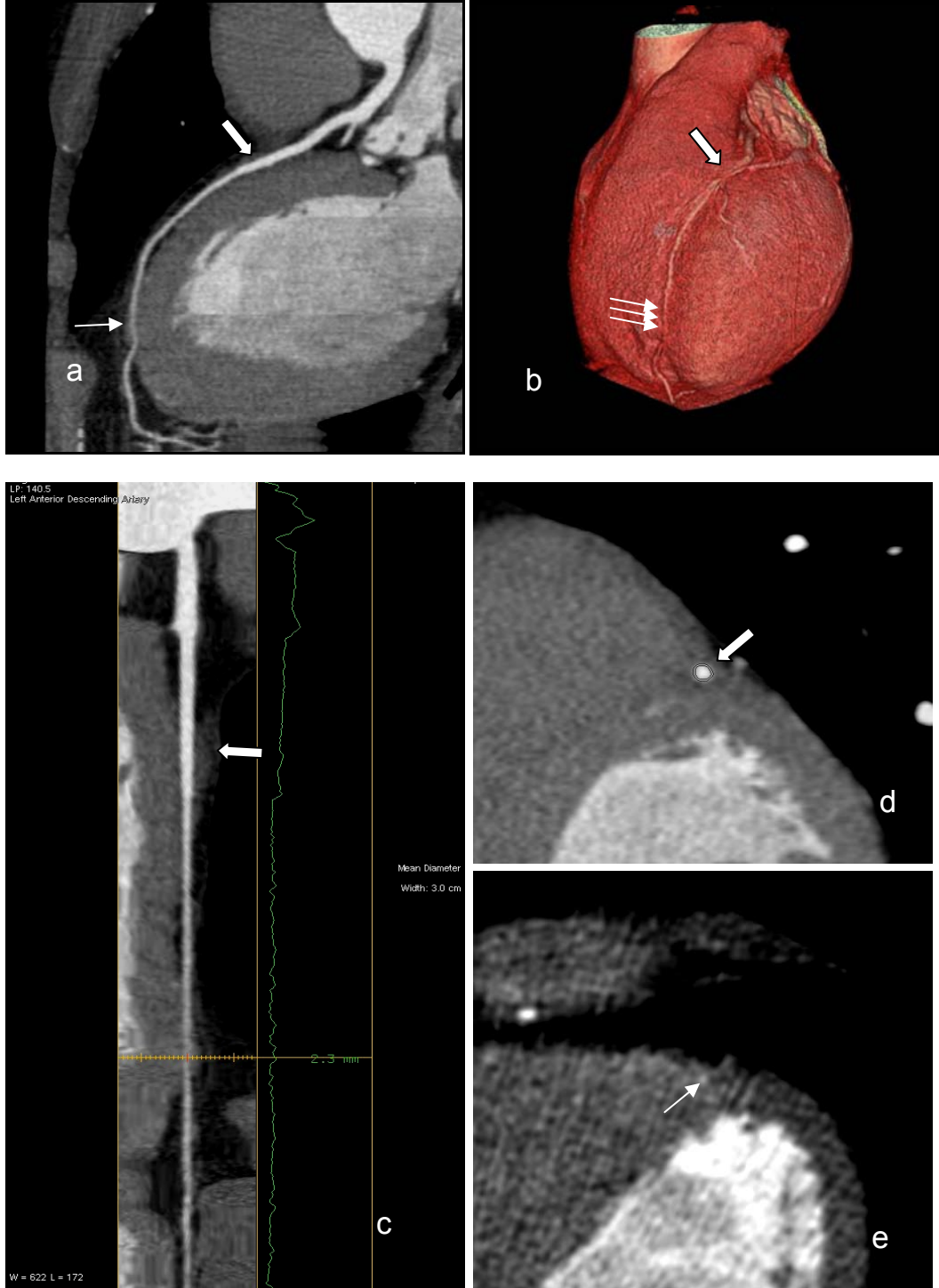
Resim 4.7. (a) curved reformat, (b) oblik reformat , (c) lümen ve (d) VR görüntülerde 1.diyagonal dalda intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (kalın beyaz ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları. Miyokardiyal köprüleşme öncesi segmentte lümende anlamlı darlığa yol açmayan aterosklerotik soft plak (ince beyaz ok)

Olgu 8: 51 yaşında erkek hastada obtüz marjinal dalda miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



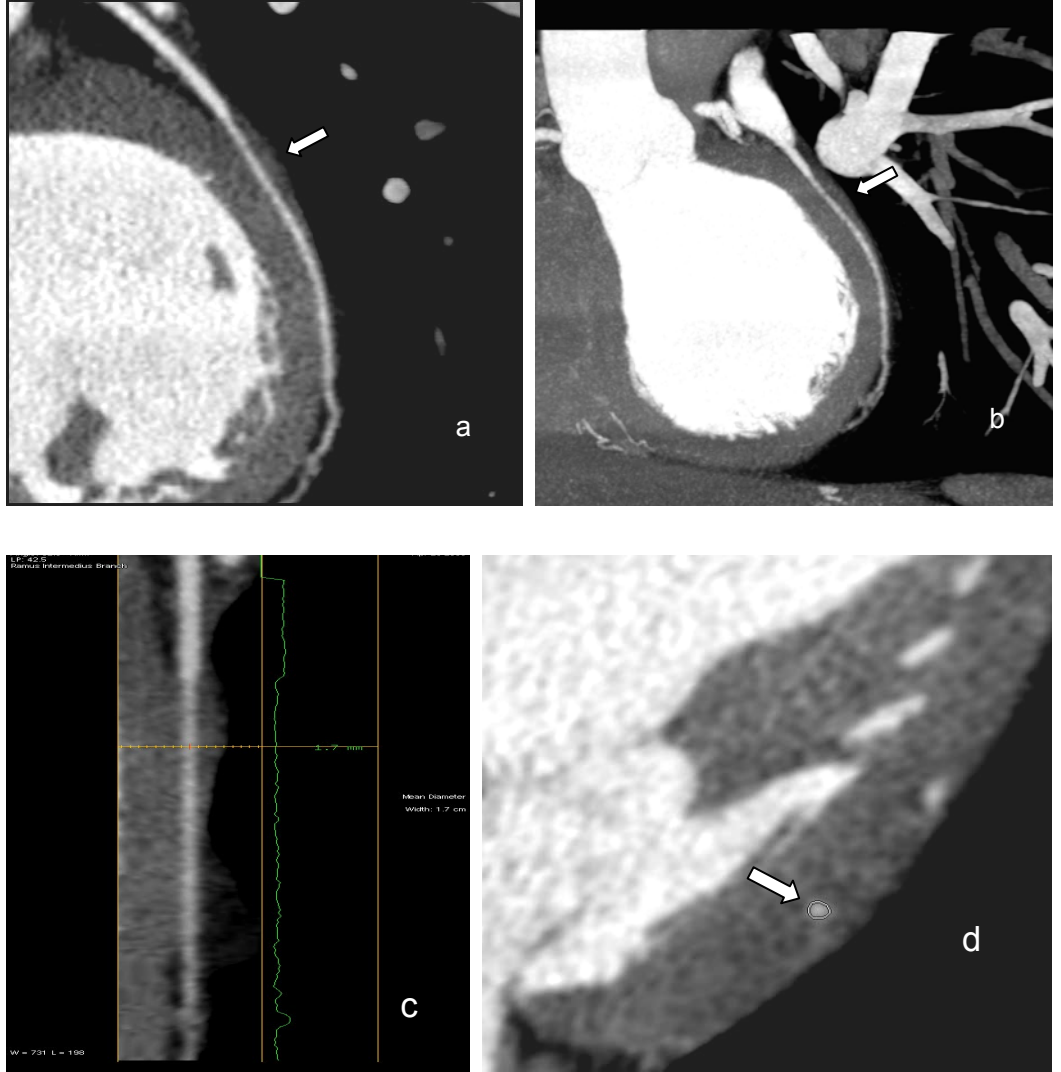
Resim 4.8. (a) curved reformat , (b) oblik MIP, (c) lümen, (d) oblik reformat görüntülerde obtüz marjinal dalda intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (kalın beyaz ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları. Miyokardiyal köprüleşme öncesi segmentte lümeninde anlamlı darlığa yol açmayan aterosklerotik yumuşak plak (ince beyaz ok)

Olgu 9: 41 yaşında erkek hastada orta ve distal LAD segmentlerinde komplet miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmuştur.



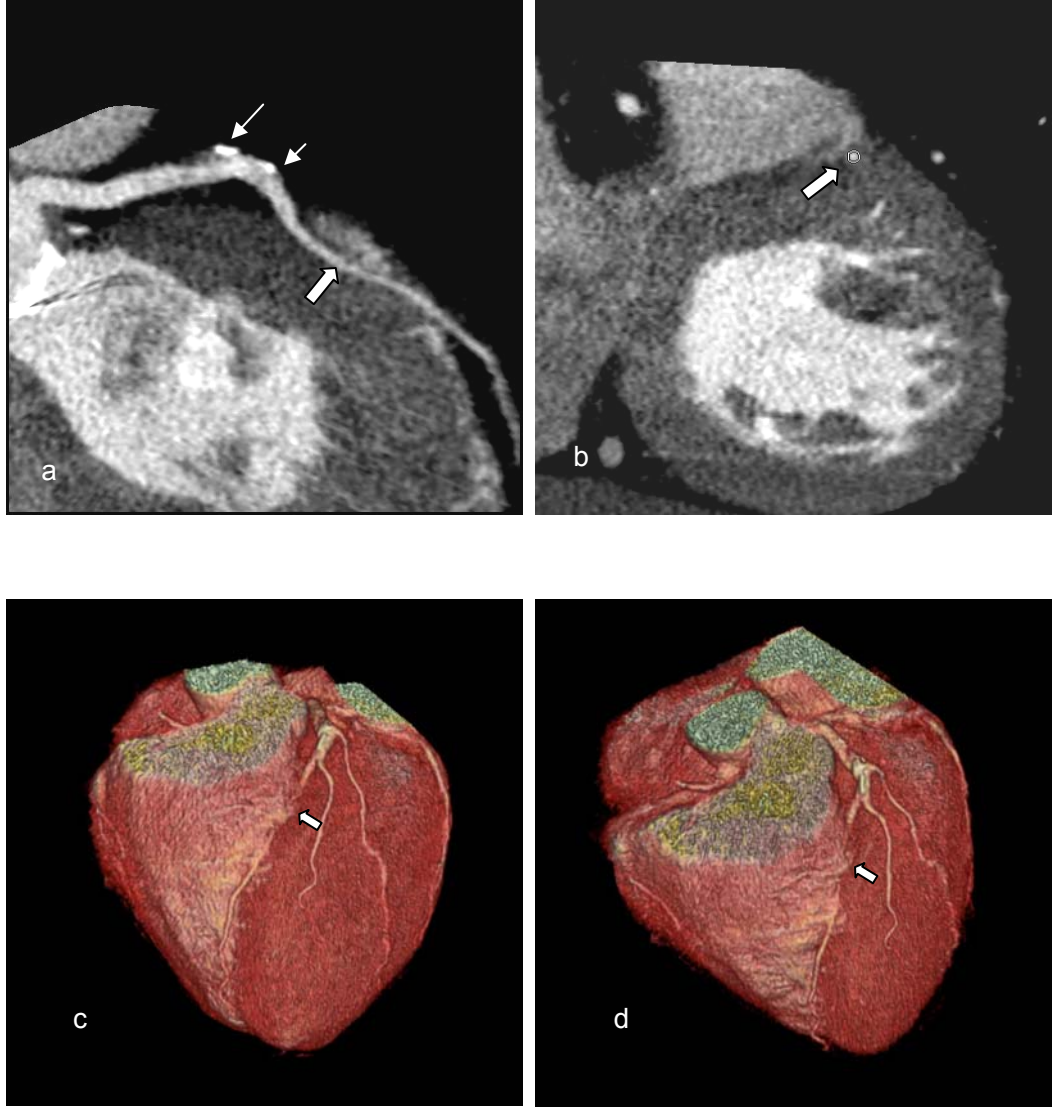
Resim 4.9. (a) curved reformat, (b) VR, (c) lümen, (d) kısa aks (e) oblik reformat görüntülerde orta LAD (kalın beyaz ok) ve distal LAD (ince beyaz ok) intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arterler.

Olgu 10: 47 yaşında erkek hastada Ramus İntermediusta miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



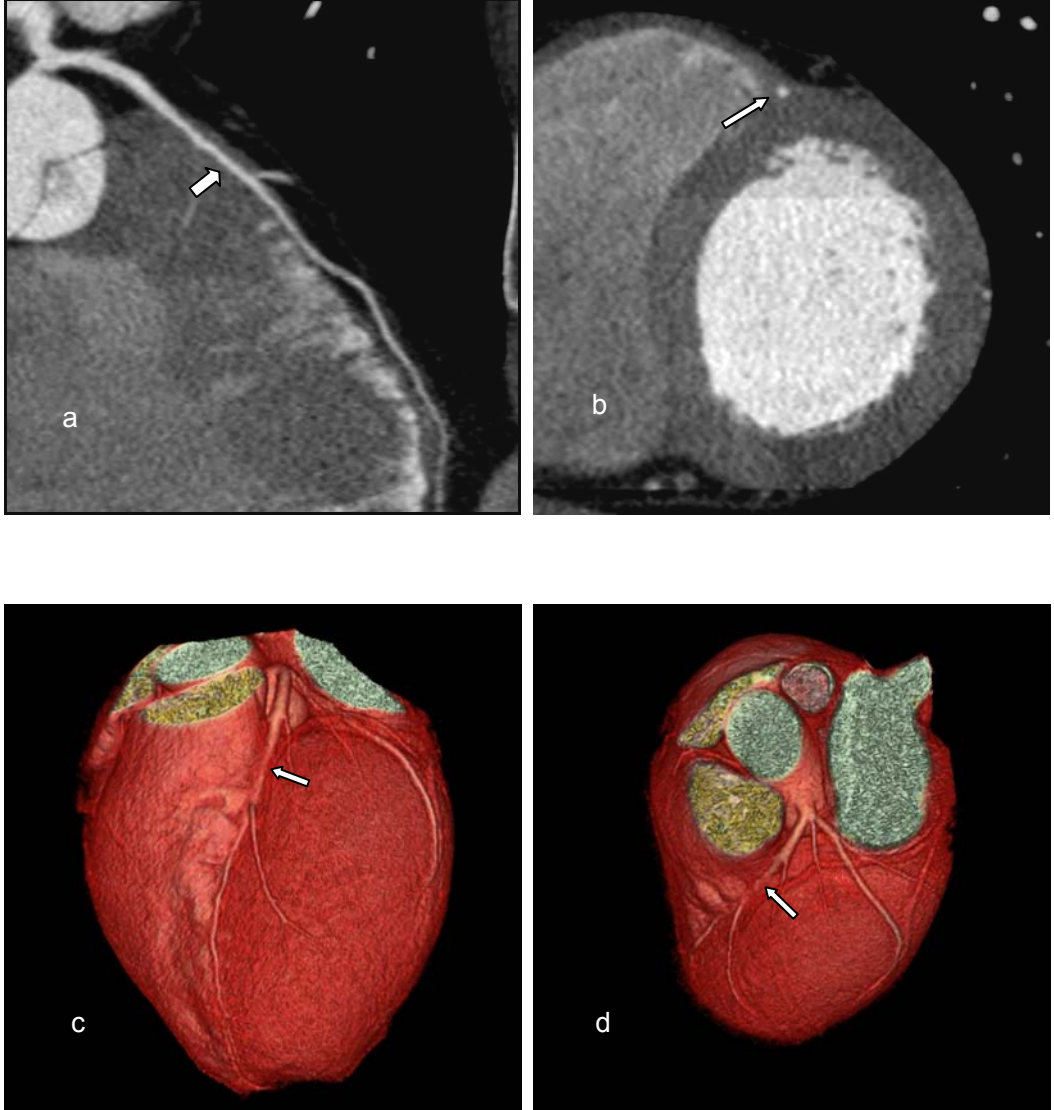
Resim 4.10. (a) curved reformat , (b) oblik MIP, (c) lümen, (d) oblik reformat görüntülerde ramus intermediusta intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (kalın beyaz ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları.

Olgu 11: 46 yaşında erkek hastada LAD orta segmentte komplet miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



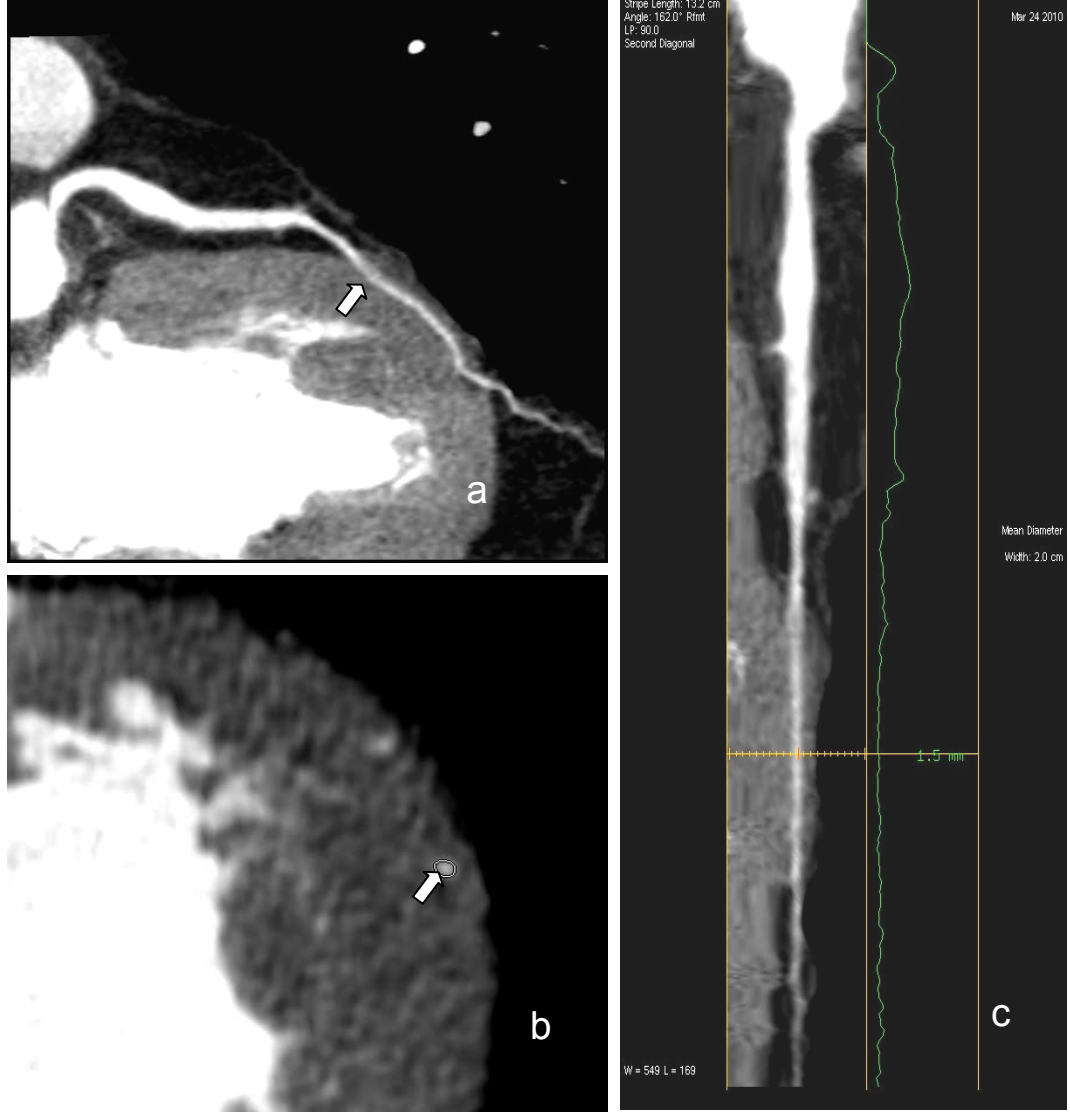
Resim 4.11. (a) curved reformat, (b) oblik reformat ve (c,d) VR görüntülerde LAD orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (beyaz ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları. Miyokardiyal köprüleşme öncesi segmentte kalsifiye aterosklerotik plak (ince beyaz ok).

Olgu 12: 38 yaşında erkek hastada LAD orta segmentte komplet miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



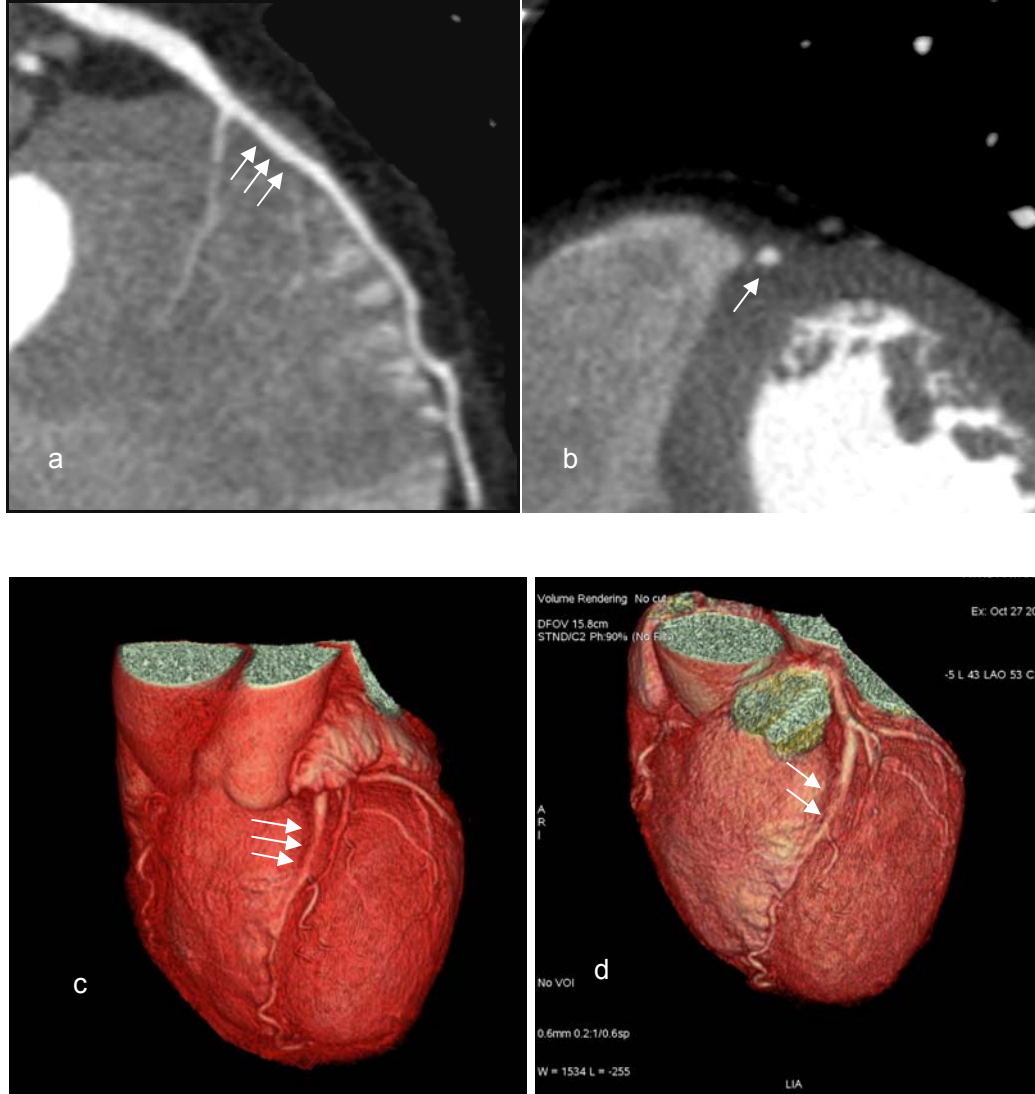
Resim 4.12. (a) curved reformat, (b) kısa aks ve (c,d) VR görüntülerde LAD orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (beyaz ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları.

Olgu 13: 60 yaşında erkek hastada 2.diyagonal dalda miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.

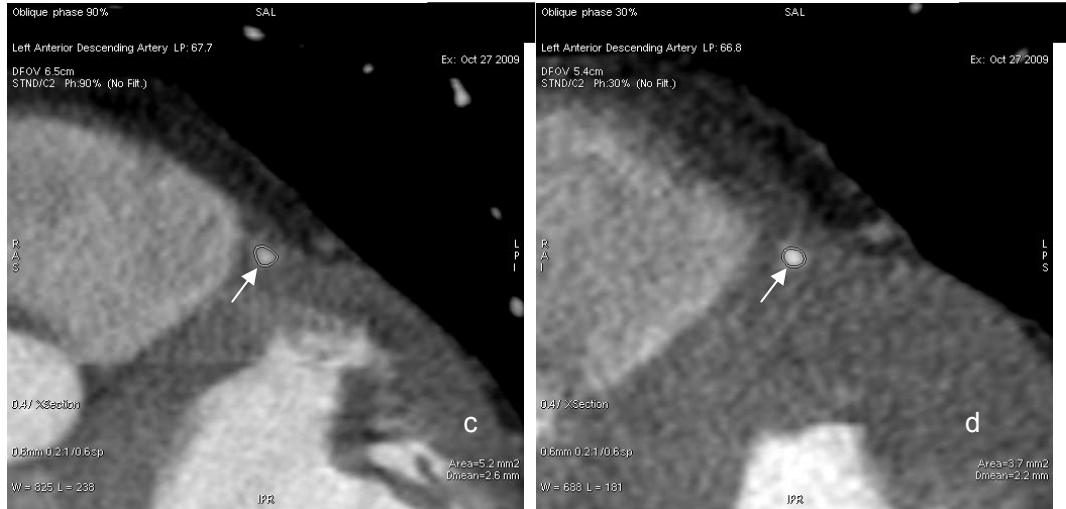
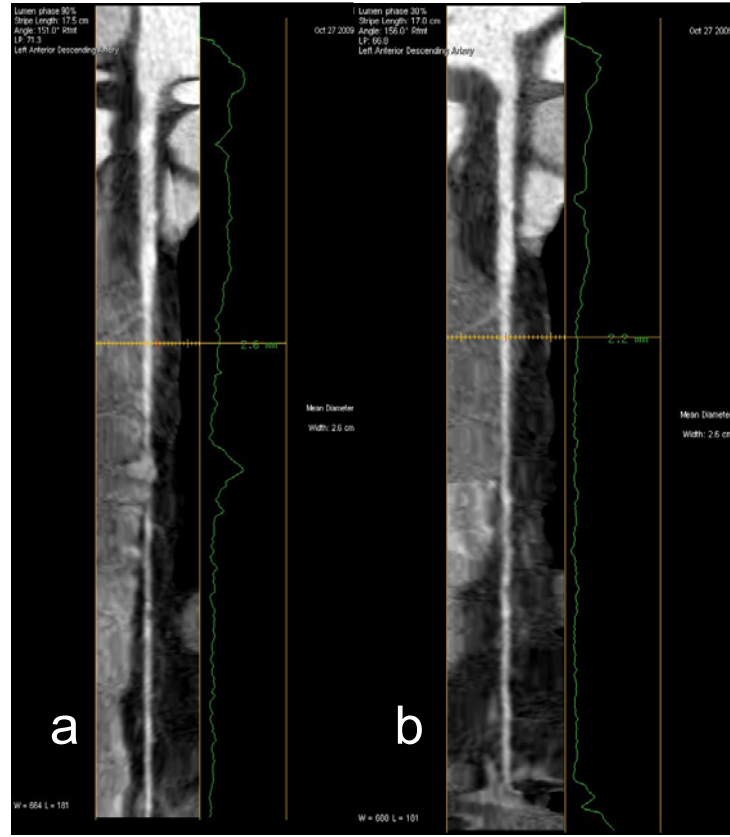


Resim 4.13. (a) curved reformat, (b) oblik reformat ve (c) lümen görüntülerde 2.diyagonal dalda intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (beyaz kalın ok) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları.

Olgu 14: 66 yaşında erkek hastada LAD orta segmentte izlenen komplet miyokardiyal köprüleşmenin diyastol sonu ve sistol sonu fazlardaki görüntüleri sunulmaktadır.

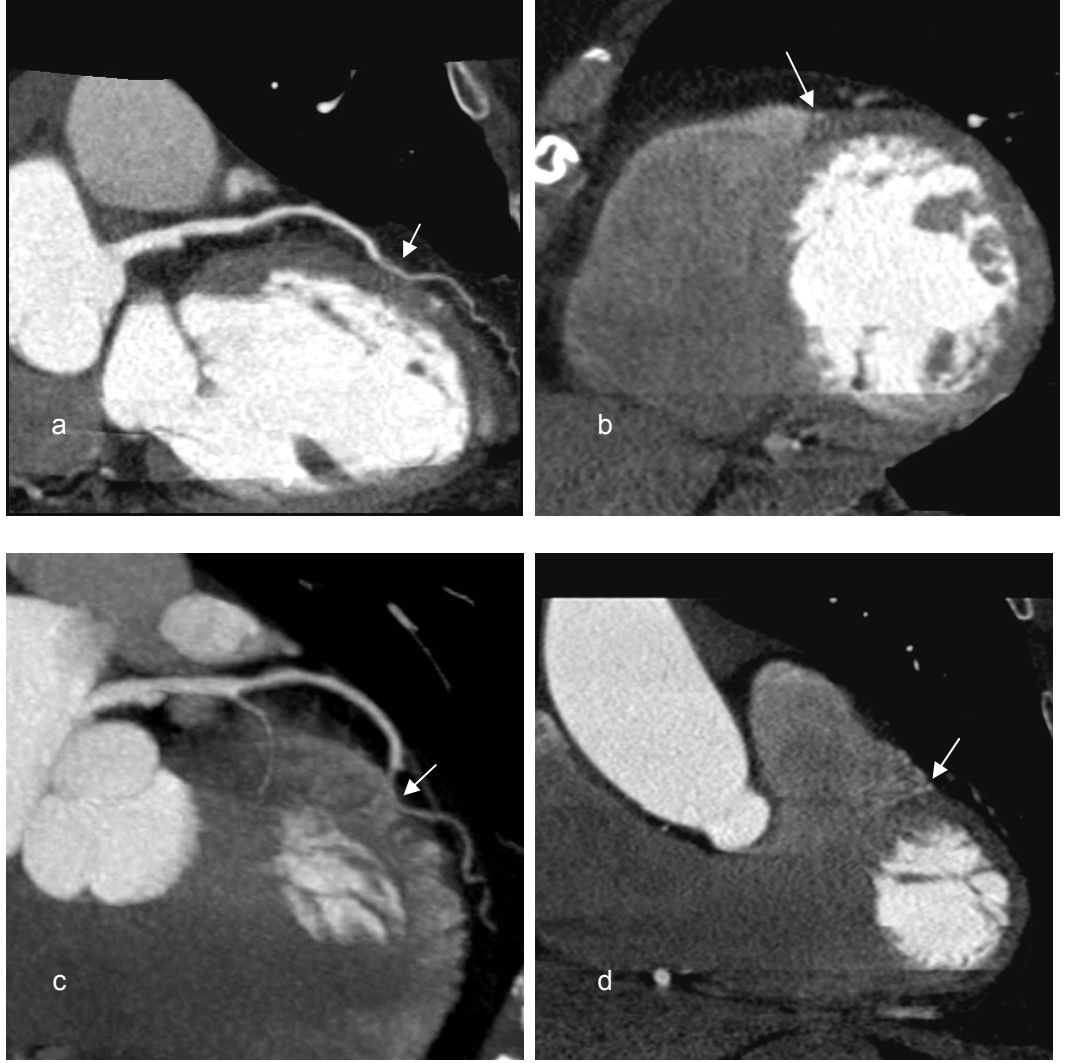


Resim 4.14. (a) curved reformat, (b) kısa aks ve (c,d) VR görüntülerde LAD orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter (beyaz oklar) ve tünel segment üzerindeki miyokardiyal kas bantları.



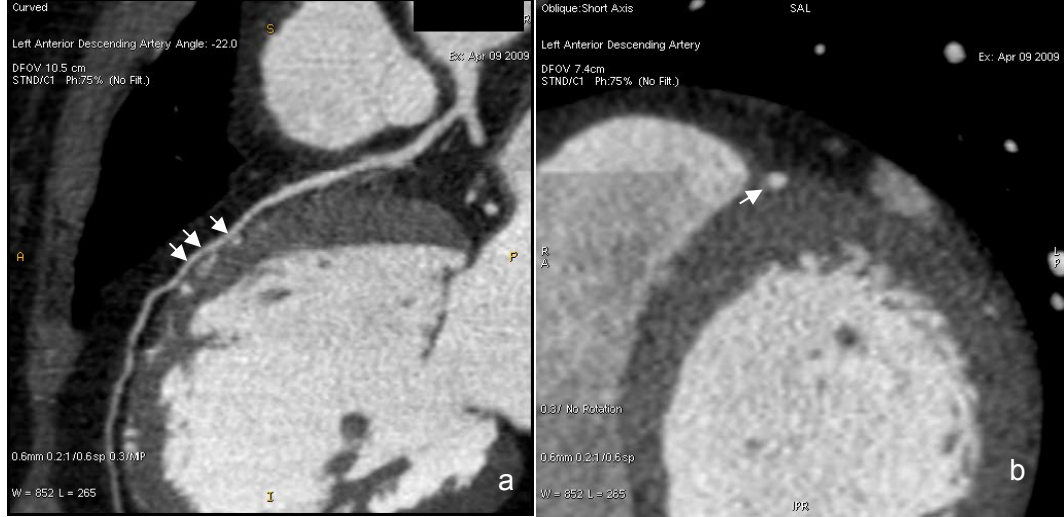
Resim 4.15. (a) lümen , (c) oblik reformat görüntülerde diyastol sonu (%90) faz ve (b) lümen, (d) oblik reformat görüntülerde sistol sonu (%30) fazlarda tünel segment çapları ve sistolik kompresyon.

Olgu 15: 73 yaşında erkek hastada LAD orta segmentte inkomplet miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



Resim 4.16. (a) curved reformat, (b) kısa aks, (c) oblik MIP ve (d) koronal reformat görüntülerde LAD orta kesimde kısa bir segmentte inkomplet miyokardiyal köprüleşme (beyaz ok)

Olgu 16: 63 yaşında kadın hastada LAD orta segmentte inkomplet miyokardiyal köprüleşme görüntüleri sunulmaktadır.



Resim 4.17. (a) curved reformat ve (b) kısa aks görüntülerde LAD orta segmentte inkomplet miyokardiyal köprüleşme (beyaz ok)

5. TARTIŞMA

Epikardiyal yağ tabakasında seyir gösteren koroner arterlerin miyokardiyal doku içerisine yönlenmesi ve miyokardiyal kas lifleri tarafından sarılması ile karakterize konjenital koroner arter anomalisi miyokardiyal köprüleşme olarak isimlendirilir (41, 57, 61- 63, 70). İntramural seyirli koroner arter segmentine tünel arter segmenti adı verilir. Tünel arter segmenti miyokardiyal kas lifleri içerisinde belli bir mesafeyi kat ettikten sonra tekrar epikardiyal mesafeye dönmektedir (70).

Miyokardiyal köprüleşme, koroner anjiyografi sırasında tesadüfen ortaya konulabileceği gibi özellikle genç ve erkek hastalarda sistolik fazda gelişen kompresyona bağlı göğüs ağrısı, miyokardiyal iskemi, miyokardiyal enfarkt, sol ventrikül işlev bozukluğu, egzersizle uyarılmış ventriküler taşikardi ve ani kardiyak ölüm şeklinde de karşımıza gelebilmektedir. Miyokardiyal köprüleşmeye bağlı iskeminin önemli sebeplerinden biri sistol sırasında tünel arter segmenti ile miyokardiyal kas bandı arasında oluşan büküntünün bu segmentin endotel hücrelerine yaptığı direk fiziksel hasardır. Yüksek aortik kan basıncı, yüksek duvar tansiyonu ve miyokardiyal köprüleşme proksimalinde oluşan türbülant akım ile koroner arter endotel hücrelerinde ateroskleroz formasyonu gelişmektedir (57, 61). Sonuç olarak ateroskleroz için başka bir risk faktörü olmayan ancak göğüs ağrısı ve aritmisi bulunan özellikle genç yaştaki hastalarda miyokardiyal köprüleşme akılda tutulmalıdır.

Miyokardiyal köprüleşme ilk defa Reyman tarafından 1737 yılında ve daha sonra 1805 yılında Black tarafından otopsi serilerinde tanımlanmıştır. 1960 yılında Portman ve Iwing ilk defa konvansiyonel anjiyografide miyokardiyal köprüleşmeyi ve buna bağlı LAD’de sistol sırasında geçici oklüzyonu tanımlamışlardır. 1976 da Noble ve arkadaşları ise 5250 konvansiyonel koroner anjiyografi yapılan hastanın dahil edildiği çalışmalarında 27 hastada (%0,5) LAD’ de sistol sırasında geçici oklüzyon saptamışlar ve bu bulguyu “milking effect” (sağma bulgusu) olarak adlandırmışlardır. Literatürde miyokardiyal köprüleşmenin otopsi serilerinde %15-85, anjiyografik serilerde ise %0,5-2,5 oranında saptandığı bildirilmiştir. Ferreira ve arkadaşları otopsi serilerinde miyokardiyal köprüleşmeyi; yüzeysel (%75) ve derin (%25) köprüleşme olarak ikiye ayırmışlardır. Ancak literatürde miyokardiyal köprüleşmeyi sınıflandıran kesin tanımlanmış derinlik kriterleri bulunmamaktadır (41, 57- 63, 65-70).

Literatürde 16 ve daha üstü ÇKBT aygıtlarıyla çalışan farklı araştırmacılar farklı miyokardiyal köprüleşme oranları saptamışlardır. Kantarci ve arkadaşları 626 hastanın 22 sinde (%3,5), Javier ve arkadaşları 380 hastanın 68’inde (%17,8), Leschka ve arkadaşları 100 hastanın 26’sında (%26) miyokardiyal köprüleşme saptadıklarını bildirmişlerdir (57, 62, 66) .

Earls ve Canyigit literatürde, geleneksel olarak tanımlanan miyokardiyal köprüleşme sınıflamasından farklı olarak miyokardiyal köprüleşmeyi komplet ve inkomplet olarak sınıflamışlardır. Earls ve arkadaşları 182 hastanın 70’inde (%38,5) miyokardiyal köprüleşme tespit etmiş ve bu hastaların 30 tanesini (%16,5) komplet, 40 tanesini (% 22) inkomplet köprüleşme olarak

değerlendirmiştir. Komplet olarak tariflenen miyokardiyal köprüleşmelerde tünel arter segmentini saran miyokardiyal kas liflerinin kalınlığını kısa aks MPR görüntülerden ölçmüş ve 1,2mm. ile 4,2mm. arasında saptamışlardır (62). Benzer şekilde Canyigit ve arkadaşları da yaptıkları 280 hastayı içeren çalışmada 108 hastada (%38,5) miyokardiyal köprüleşme tespit etmişler ve benzer ölçüm metodunu kullanarak bunların %70,8'ini komplet, %29,2'sini inkomplet olarak saptamışlardır. Bu çalışmaya göre komplet miyokardiyal köprüleşme izlenen olgularda tünel arter segmenti üzerinde kalan kas liflerinin kalınlığı 1,3mm olarak tespit edilmiştir. Çalışmacılar 1,3mm. kalınlığından daha az ölçülen dokunun miyokardiyal kas bandı olmadığını bunun ince bağ dokusu, sinir ve yağ dokusu olabileceği görüşünü bildirmişlerdir. Ancak bu çalışmada da belirtildiği gibi tünel arter segmentini çevreleyen yumuşak dokunun miyokardiyal kas bandı mı yoksa bağ dokusu mu olduğunu tanımlayabilecek her hangi bir dansitometrik ölçüm ya da patolojik çalışma imkanı bulunmamaktadır. Bir diğer kısıtlama da değerlendirmeyi yapan çalışmacıların bireysel ve birbirleri arasında, 1-1,3mm aralığındaki derinlikte ortaya çıkan ölçüm anlaşmazlıklarıdır. Canyigit ve arkadaşlarının da belirttiği gibi inkomplet-komplet miyokardiyal köprüleşme sınıflamasında tünel arter segmentini çevreleyen doku kalınlığının ölçümü objektif bir parametre değildir (62).

Lazoura ve arkadaşları 128 kesitli BT ile yaptıkları çalışmada 875 hastanın 184'ünde miyokardiyal köprüleşme izlemiş olup ,161 hastada (%18,4) komplet, 23 hastada (%2,6) inkomplet köprüleşme saptamışlardır. Bu çalışmacı miyokardiyal köprüleşmeyi, tünel arter segmenti miyokardiyal kas bandı altında

seyrediyor ve tamamen miyokardiyal kas lifleri ile çevreniyorsa komplet, tünel arter segmenti miyokard dokusu ile çok yakın ilişkili ve temas halinde olmasına rağmen miyokardiyal kas lifleri ile tamamen çevrenmiyorsa inkomplet olarak sınıflandırmıştır (67).

Biz çalışmamızda bütün hastalarda LAD için aksiyel, kısa aks ve curved reformat görüntüleri, diğer koroner arterlerde ise damara dik oblik reformat, aksiyel ve curved reformat görüntüleri değerlendirerek miyokardiyal köprüleşme varlığına karar verdik. LAD segmentlerinde saptanan miyokardiyal köprüleşmeleri kısa aks ve curved reformat görüntüleri değerlendirerek Lazoura ve arkadaşları gibi komplet ve inkomplet olarak sınıflandırdık. Çalışmamızda 513 hastanın 11 tanesi inceleme kalitesi uygun olmadığından inceleme dışı bırakıldı ve 502 hastanın 124'ünde (%24,7) miyokardiyal köprüleşme saptandı. 10 hastada aynı koroner arter üzerinde ayrı iki miyokardiyal köprüleşme saptanmış olup toplam 134 segmentte miyokardiyal köprüleşme izledik. İzlenen 134 miyokardiyal köprüleşmenin 83 tanesini (%61,9) komplet, 51 tanesini (%38,1) inkomplet olarak sınıflandırdık.

Miyokardiyal köprüleşme diğer koroner arterlerde de olmakla birlikte en sık olarak LAD orta segmentinde görülmektedir. Kantarcı 16 kesitli BT ile %3,5 oranında saptadığı miyokardiyal köprüleşmenin %2,4'nün LAD orta segmentte, %0,8'inin LAD distal segmentte ve %0,3'ünün ise proksimal segmentte olduğunu bildirmiş, diğer arterlerde miyokardiyal köprüleşme saptamamıştır (41). Başka bir çalışmada %26 oranında saptanan miyokardiyal köprüleşmenin %61,5'inin LAD orta segmentte, %29,5'inin distal segmentte, %1,3'ünün 1.diyagonal dal,

%1,3'ünün 2.diyagonal dal, %2,6'sının Ramus İntermediusta, %2,6'sının Obtüz Marjinal dalda ve %1,3'ünün RCA'da saptandığı bildirilmiştir (61). Canyigit ve arkadaşları ise miyokardiyal köprüleşmeyi %60 LAD orta segmentte, %20,8 LAD distal segmentte, %0,8 LAD proksimal segmentte, %1,6 1.diyagonal dal, %9,1 Obtüse Marjinal dal, %3,3 RCA'da saptamışlardır (62).

Biz, çalışmamızda saptadığımız 134 miyokardiyal köprüleşmenin 88 tanesini (%65,7) LAD orta segmentte, 27 tanesini (%20,1) LAD distal segmentte, 4 tanesini (%3) LAD proksimal segmentte, 6 tanesini (%4,5) OM'de, 3 tanesini (%2,2) Ramus intermedius'ta, 3 tanesini (%2,2) 1. Diyagonal dalda, 1 tanesini (%0,7) 2. Diyagonal dalda, 2 tanesini (%1,4) ise RCA'da tespit ettik.

Literatürde bazı araştırmacıların sadece LAD'de miyokardiyal köprüleşme saptamaları semptomatik miyokardiyal köprüleşme vakalarının daha sıklıkla LAD'de olması ve diğer koroner arterlerin bu açıdan ihmal edilmesi nedeni ile olabilir (62). Ancak Gowda ve arkadaşları sundukları olguda Ramus İntermediusta myokardial köprüleşmeye bağlı sistolik kompresyon olduğunu ve bunun da hastanın şikayetlerini açıkladığını ortaya koymuşlardır (71). Miyokardiyal köprüleşmenin tüm koroner arter segmentlerinde görülebileceği ve bunun hastanın yakınmasını açıklayabileceği unutulmamalı ÇKBTA incelemesi değerlendirilirken tüm koroner arterler bu açıdan dikkatli bir şekilde gözden geçirilmelidir.

Kawawa ve arkadaşları miyokardial köprüleşme oranını %18,5 saptadıkları çalışmalarında tünel arter segmenti ortalama derinliğini $1,8 \pm 0,7$ mm., ortalama uzunluğunu ise $20 \pm 0,8$ mm. olarak bulmuşlardır (65). Lazoura ve

arkadaşları miyokardiyal köprüleşmeyi komplet ve inkomplet olarak sınıfladıkları çalışmalarında komplet miyokardiyal köprüleşmede tünel arter segment uzunluğunu ortalama 20,9mm., derinliğini ise 2,6mm, inkomplet miyokardiyal köprüleşmede ise tünel arter uzunluğunu ortalama 17mm. olarak saptamışlardır (67).

Çalışmamızda komplet köprüleşmelerin ortalama derinliğini $1,83 \pm 1,13$ mm. (en az 0,5mm., en fazla 7mm.), uzunluğunu $22,19 \pm 11,7$ mm. (en az 5,5mm., en fazla 65,9mm.) saptandı. İnkomples köprüleşmede ise ortalama uzunluk $14,87 \pm 8,37$ mm. (en az 4,1mm., en fazla 36mm.) olarak tespit edildi.

İlk olarak Fereria ve arkadaşlarının sınıfladığı yüzeysel ya da inkomplet köprüleşme literatürde sadece interventriküler olukta seyreden LAD segmentleri için tanımlanmıştır.

Çalışmamızda LAD segmentlerinde izlediğimiz miyokardiyal köprüleşmelerde tünel arter segmenti üzerinde ölçtüğümüz miyokardiyal kas dokusu kalınlığını ortalama $1,85 \pm 1,19$ mm. (en az 1,1mm, en fazla 7mm.), tünel arter uzunluğunu ise $20,98 \pm 1,24$ mm. (en az 5,5mm., en fazla 65,9mm) olarak saptandı. LAD segmentlerinde saptadığımız 1,1 mm derinliğin altındaki hiçbir miyokardiyal köprüleşmenin komplet olarak sınıflanmadığı ve tünel arter segmentinin miyokard dokusu tarafından tam sarılmadığı tespit edildi. Bu bulgular göz önüne alındığında ÇKBTA ile miyokardiyal köprüleşme değerlendirilirken komplet-inkomples köprüleşme sınıflamasında öncelikle tünel arter segmentinin miyokardiyal kas lifleri tarafından tamamen çevrenip çevrenmediği dikkate alınmalıdır. Sonrasında LAD segmentleri için kısa aks görüntülerden, tünel arter

segmentini çevreleyen kas lifi kalınlığının ölçümünün de ayrıma katkı sağlayacağı düşüncesindeyiz.

Leschka ve arkadaşları, miyokardiyal köprüleşmeye bağlı geçici sistolik kompresyonu koroner anjiyografi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirdikleri çalışmalarında 12 hastada farklı derecelerde sistolik kompresyon saptamışlar ve kompresyon derecesinin tünel arterin derinliği ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir (66).

Çalışmamızda komplet miyokardiyal köprüleşmesi bulunan hastalarda sistolik kompresyonun değerlendirilmesi açısından tünel arter segmentin lümen çapı 1,5mm.'nin altında olanlar ve sistol sonu-diyastol sonu değerlendirmesi uygun şekilde yapılamayan hastalar değerlendirme dışı bırakıldı. Kalan 58 hastada epikardiyal seyirli tünel öncesi segmentin ve tünel arter segmentinin sistol (%30 ve %40) ve diyastol sonu (%0 ve %90) fazlarda çapları ölçüldü. Komplet köprüleşmelerde tünel arter segmenti üzerinde ölçülen doku kalınlığı ile tünel arterde diyastol sonu (%0 ve %90) ve sistol sonu (%30 ve %40) fazlarda ölçülen ortalama çap farklılığı arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olup olmadığı Spearman'ın Korelasyon testiyle incelendi. Tünel arter segmenti üzerinde ölçülen doku kalınlığı arttıkça tünel arterde izlenen diyastol sonu ve sistol sonu çap farkı istatistiksel anlamlı olarak artmakta idi ($r=0,503$ ve $p<0,001$).

Literatürde araştırmacıların çoğu kardiyak risk faktörleri (hipertansiyon, diabetes mellitus, hiperlipidemi, sigara içiciliği ve aile öyküsü) , yaş ve cinsiyet ile miyokardiyal köprüleşme arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulamamışlardır

(61,67). Ancak Angelini ve Loukas ayrı ayrı olarak çalışmalarında erkek hastalarda miyokardiyal köprüleşme ile daha sık karşılaşıldığını ortaya koymuşlardır (67). Biz de çalışmamızda miyokardiyal köprüleşme üzerinde yaştan etkili olup olmadığını Student's t testi ile, cinsiyet, yandaş hastalıklar, aile öyküsü ve sigaranın anlamlılığını ise Pearson Ki-Kare testiyle araştırdık. Yaş, HT, hiperlipidemi, DM, sigara kullanımı ve aile öyküsü ile miyokardiyal köprüleşme varlığı arasında istatistiksel anlamlılık saptanmadı. Ancak miyokardiyal köprüleşme varlığı ve erkek cinsiyet arasında Angelini ve Loukas'ın çalışma sonuçlarına benzer şekilde istatistiksel anlamlılık ($p < 0,05$) saptanmıştır (Tablo 4.8).

Semptomatik olmadığı sürece miyokardiyal köprüleşme izlenen olgularda tedaviye gerek duyulmamaktadır. Semptomatik hastalarda ise ilk seçenek medikal tedavidir. Semptomların rahatlatılması ve miyokardiyal iskeminin azaltılması ve olası koroner olaylardan korunulması amacıyla tedavide Beta blokörler , kalsiyum kanal blokörleri ve anti platelet ajanlar kullanılmaktadır. Medikal tedaviye cevap alınamayan hastalarda balon anjioplasti ya da cerrahi miyotomi tedavi seçenekleridir.

PDA'nın ve PLV'nin RCA ya da LCx'ten çıkışına göre koroner arteriyel dominansi 3'e ayrılır. Sağ dominanside, PDA ve PLV RCA'dan köken alır . Sol dominant koroner dolaşım durumunda PDA ve PLV dallarının sol sirkumfleks arterden (LCx) ayrıldığı izlenir. PDA'nın RCA'dan, PLV dallarının ise LCx'ten ayrıldığı durum ise kodominant dolaşım olarak isimlendirilir.

Bazen LMCA; LAD, LCx ve Ramus İntermedius (RIM) olmak üzere üçe ayrılır. RIM LAD' nin ilk diyagonal dalına benzer şekilde bir seyirle sol ventrikülün ön duvarında ilerler ve bu bölgeyi besler.

Çalışma grubumuzda koroner arter dominansi oranlarını ve Ramus İntermedius sıklığını değerlendirdik. Buna göre 502 hastanın 401'inde (%79,9) sağ dominansi, 60'ında (%12) sol dominansi, 41'inde (%8,1) kodominansi saptadık. 502 hastanın 144'ünde (%28,7) Ramus İntermedius varlığı izlendi.

Sundaram ve arkadaşları sağ dominansinin % 85, sol dominansinin %8-10, kodominansinin % 7-8, Koşar ve arkadaşları 700 hastalık çalışmalarında sağ dominansinin % 76, sol dominansinin %9,1, kodominansinin ise % 14,8 olduğunu ve ramus intermediusun %31 hastada görüldüğünü belirtmişlerdir (72). Bizim de bulgularımız bu çalışmalar ve literatürdeki diğer çalışmalar ile uyumludur.

Koroner arter anomalileri sağlıklı bireylerin %0,3-1'inde genellikle rastlantısal olarak saptanır. Greenberg ve arkadaşlarının sınıflamasına göre koroner arter anomalileri, çıkım, seyir ve sonlanma anomalileri olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bu anomalilerin yaklaşık % 85'ini çıkım ve seyir anomalileri oluşturmaktadır (44,73). Çıkım anomalileri; Yüksek çıkım, çok sayıda ostium, tek koroner arter, koroner arterin pulmoner arterden anormal çıkımı, koroner arterin ya da dalının ters ya da non koroner sinüsten çıkması ve eşlik eden anormal seyir şeklinde izlenmektedir. Seyir anomalileri; miyokardiyal köprüleşme ve çift LAD, sonlanma anomalileri; koroner arter fistülü, koroner geçit ve kalp dışı sonlanma olarak sınıflandırılır.

Koroner arter anomalileri sıklıkla asemptomatik olsa da bu anomalilerden koroner arter fistülü, pulmoner arterden anormal çıkım gösteren koroner arter, ters ya da non koroner sinüsten çıkım gösterip interarteriyel seyir gösteren koroner arterler ve miyokardiyal köprüleşmeler miyokardiyal perfüzyon anormalliklerine neden olarak miyokardiyal iskemiye ve ani ölüme yol açabilmektedirler (44). Günümüze kadar koroner anomalilerin tanısı konvansiyonel anjiyografi ile konulmaya çalışılmış ve altın standart olarak kabul edilmiştir. Ancak yakın zamanda ÇKBT anjiyografi ile ortaya konan koroner arter anomalilerinin aynı zamanda yapılan konvansiyonel anjiyografi ile ancak yarısının saptanabildiği gösterilmiş bunun sonucunda günümüzde koroner arter anomalilerinin saptanmasında ÇKBT ön plana çıkmıştır (44,49). Alexander ve Griffith 18950 olguluk otopsi serisinde 54 olguda (%0,3) koroner arter anomalisi bildirmektedir (74). Topaz ve arkadaşları 13010 olguluk yayınlarında koroner perfüzyon bozukluğu oluşturmayan koroner anomali insidansını %0,61 olarak saptamışlardır. Bu çalışmada RCA çıkış anomalisi ise %72 oranıyla en sık görülen anomali olarak bildirilmiştir (76). Bunu %27 oranı ile LCx çıkış anomalisi izlemiştir.

Çalışmamızda 502 hastanın 16'sında (%3,2) koroner arter anomalisi saptadık. Bunlardan en sık olanı sol sinüs Valsalva çıkışlı RCA ve eşlik eden RCA'da interarteriyel seyir idi (7 hastada %1,4). Kim ve arkadaşlarının da belirttiği gibi sol Sinüs Valsalva çıkışlı RCA en sık interarteriyel seyir gösteren anomalidir (%93) (44). Bizim çalışmamızda da tüm sol sinüs Valsalva çıkışlı RCA'lar interarteriyel seyir göstermekteydi. Çalışmamızda 3 hastada (% 0,6) sağ

Sinüs Valsalva çıkışlı LAD saptadık. Bu anomalide LAD ayrı ayrı retroaortik ,prepulmonik ve interarteriyel seyir göstermekteydi. Toplam 3 hastamızda LMCA izlemedik, bunlardan 2'sinde (% 0,4) LAD ve LCx farklı köklerle sol sinüs Valsalvadan çıkarken, 1 tanesinde ise (% 0,2) LAD ve LCx aynı kökten çıkmaktaydı. Hastalarımızın 1 tanesinde (% 0,2) yüksek çıkışlı RCA saptadık.

Bir hastada (% 0,2) seyir anomalisi olan tip 2 çift LAD izlendi. Yine 2 hastada (% 0,4) sonlanma anomalisi (koroner arter fistülü) saptadık.

ÇKBT'de gelişen çekim parametreleri, artan zamansal çözümleme ve kesit kalınlığının belirgin incelmış olması koroner arterler ve kardiyak semptomlar için yapılan incelemenin aynı zamanda akciğer parankimi, göğüs duvarı ve plevra, büyük vasküler yapılar ve mediasten, vertebralar ve üst abdominal yapılarda mevcut olan ekstra kardiyak bulguların da rastlantısal olarak ortaya çıkarılmasına olanak sağlamıştır. Bu şekilde saptanan bulgulardan bazıları kardiyak kökenli olduğu düşünülen klinik şikayetleri açıklayabilmekte, bazıları zeminde var olabilecek bir maligniteye yönlendirmekte, bazıları ise ileri inceleme için öngörü oluşturmaktadır (77).

Literatürde EBDT, 16 ya da 64 kesitli BT ile yapılan çalışmalarda %10-60 oranında ekstra kardiyak bulgu saptandığı bildirilmiştir. Onuma ve arkadaşlarının 16 ve 64 kesitli BT kullanarak gerçekleştirdikleri koroner BT anjiyografilerde %22,7 oranında takibi gereken ekstra kardiyak bulgu tespit edilmiş olup bunlardan %3,6'sı tedavi görmüştür. Yine Koonce tarafından yapılan 1764 hastayı içeren çalışmada %18 oranında takibi gereken ekstra kardiyak bulgu saptanmıştır (77).

Biz de çalışmamızda diğer araştırmalar ile benzer olarak 502 hastanın 91'inde (% 18,2) ekstra kardiyak bulgu saptadık. Bu hastalardan 2 tanesinde (% 0,4) çıkan aort anevrizması ve eşlik eden diseksiyon, 1'inde (% 0,2) akciğerde, 1'inde (% 0,2) plevrada kitle, 4 hastada (% 0,8) aort anevrizması gibi acil müdahale gerektiren bulgular dikkati çekmiştir. Günümüzde koroner arterlerin değerlendirilmesinde ÇKBT kullanımı giderek artmakta olup buna bağlı rastlantısal olarak ekstra kardiyak bulgu saptama ihtimali de giderek artmaktadır. Bu nedenle radyoloğlar bu açıdan da dikkatli olmalıdır.

Burada ekstra kardiyak bulgunun ortaya konmasındaki önemli bir kısıtlama kardiyak çekim için kullanılan sınırlı FOV alanıdır. Sadece kalbe spesifik yapılan çekimde göğüs transvers çapının ancak 1/3'ü çekim alanı içerisine girmekte ve geri kalan akciğer parankimi dışarıda kalmaktadır. Northam ve arkadaşları bu konu ile ilgili, yaptıkları çalışmada 1cm.den büyük nodüllerin %67'sinin, 1cm.den küçüklerin ise %80'inden fazlasının inceleme dışı kaldığını belirtmişlerdir. Yine Onuma, akciğer kitlelerinin ancak 1/3'ünden azının inceleme alanı içerisinde kaldığı için tespit edilebildiğini belirtmiştir (77).

Özetle ÇKBT ile kardiyak semptomları olan bir hastada, koroner arter patolojileri ile birlikte koroner arter anomalileri ayrıca diğer kardiyak ve ekstra kardiyak bulgular aynı çekim sırasında hızlı ve güvenilir bir şekilde incelenebilmektedir. Yöntem hastayı ve klinisyeni ne kadar doğru şekilde yönlendirirse yönlendirsin inceleme iyonizan radyasyon temeline dayanmaktadır ve her inceleme için hastanın hiç te hafife alınmayacak bir doza maruziyeti söz konusudur. Son yıllarda özellikle de yakın geçmiş dönemlerde bu olumsuzluğun

en az düzeye indirilmesi ve hastanın aldığı radyasyon dozunun görüntü kalitesini etkilemeden olabildiğince kısıtlanması için çalışmalar yaygın şekilde tüm dünya çapında devam etmektedir. Tüp voltajının azaltılması, prospektif EKG tetiklemenin yanında bugün pitch değerinin rutinde kullanılan değerler olan 0,2-0,4'ün yaklaşık 10 katına çıkartılmaya çalışılması hasta dozunu belirgin şekilde azaltmaktadır. Tüm bu değişiklikler bir arada düşünüldüğünde her hangi bir klinik yakınması olmayan hastalarda tarama amaçlı kullanılmadığı sürece ÇKBT ile kardiyak inceleme koroner arterleri değerlendirmek için çok önemli bir görüntüleme yöntemidir.

6. SONUÇ

Rutin olarak konvansiyonel anjiyografi ile ancak %0,5-2,5 oranında tespit edilebilen miyokardiyal köprüleşme tanısında yakın geçmiş döneme kadar non-invaziv görüntüleme yöntemlerinin kullanılamayışının nedeni, koroner arter çaplarının çok ince ve kalbin hareketli bir organ olması bunlara bağlı inceleme sırasında yoğun artefakt oluşmasıdır. Bu nedenle koroner arterleri başarı ile gösterebilecek bir incelemenin çok hızlı ve çok iyi kalitede görüntüleme yapması yani zamansal ve uzaysal çözümleme gücünün çok iyi olması gerekmektedir. 1998 yılında kullanıma giren ÇKBT teknolojisi koroner arterlerin BT ile non-invaziv şekilde değerlendirilebilmesine olanak sağlamıştır. ÇKBT aygıtlarına EKG düzeneklerinin entegrasyonu ile de kalbin en hareketsiz olduğu diyastolik fazda görüntü elde edilebilmesi sağlanmış ve koroner arter görüntülemenin en büyük sınırlamasını oluşturan harekete bağlı artefakt en az düzeye indirilmiştir (12).

Literatürde 16 kesit ve daha üstü ÇKBT aygıtları ile yapılan çalışmalarda miyokardiyal köprüleşmenin %3,5-38,5 arasında saptandığı bildirilmiştir. Biz de çalışmamızda miyokardiyal köprüleşme oranını % 24,7 gibi literatürler ile uyumlu ve konvansiyonel anjiyografinin miyokardiyal köprüleşme saptama oranına kıyasla oldukça yüksek değerde saptadık.

Konvansiyonel anjiyografi ile sadece lümenin değerlendirilebilmesi ve miyokardiyal köprüleşmeye bağlı sistolik kompresyon derecesinin %20 den az olduğu durumlarda köprüleşme varlığının saptanamaması, buna karşılık ÇKBT ile lümen çeperinin, tünel arter segmenti üzerindeki kas dokusunun kalınlığının ve

tünel arter segmentinin uzunluğunun net olarak izlenebilmesi, sistolik ve diyastolik fazlarda lümen çaplarının ölçülebilmesi miyokardiyal köprüleşme tanısında ÇKBT'yi konvansiyonel anjiyografinin bir adım önüne geçirmiştir (66).

Sonuç olarak ÇKBT, non-invaziv oluşu ve miyokardiyal köprüleşmeyi saptamadaki üstünlüğü, bunlara ek olarak semptomatik hastalarda eşlik eden diğer kardiyak ve ekstra kardiyak bulgular hakkında da yüksek zamansal ve uzaysal çözünürlüğü sayesinde bilgi sağlaması nedeni ile miyokardiyal köprüleşme tanısında güvenle kullanılabilecek önemli bir görüntüleme yöntemidir.

7. KAYNAKLAR

- 1- Kalender WA. X-ray computed tomography. *Phys Med Biol.* 2006;51:29-43.
- 2- Kalender WA. CT: the unexpected evolution of an imaging modality. *Eur Radiol.* 2005;15:21-4.
- 3- Oyar O, Gülsoy UK: *Tibbi Görüntüleme Fiziği* Rekmay, Ankara
- 4- Boyd DP, Lipton MJ (1982). Cardiac computed tomography. *Proceedings of the IEEE* 71:298–307
- 5- Kalender WA, Seissler W, Klotz E, Vock P. Spiral volumetric CT with single-breathhold technique, continous transport, and continous scanner rotation. *Radiology* 1990;176: 181-183.
- 6- Mahesh M. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents Search for Isotropic Resolution in CT from Conventional through Multiple-Row Detector. *RadioGraphics*; 22:949–962,2002
- 7- Prokop M. General principles of MDCT. *Eur J Radiol.*;45 (Suppl 1):4-10,2003
- 8- Klingenberg-Regn K, Schaller S, Flohr T, Ohnesorge B, Kopp AF, Baum U. Subsecond multi-slice computed tomography: basics and applications. *Eur J Radiol.* ;31(2):110-124,1999
- 9- Prokop M, Galanski M. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body.* Thieme (2003)
- 10- Rubin GD. Techniques for performing multidetector-row computed tomographic angiography. *Tech Vasc Interv Radiol.*;4(1):2-14,2001
- 11- Rubin GD, Dake MD, Napel SA (1993) Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen: initial clinical experience. *Radiology* 186: 147–152
- 12- Mahesh M, Cody DD. Physics of cardiac imaging with multiplerow detector CT. *Radiographics* 2007; 27: 1495-509.

- 13- Chartrand-Lefebvre C, Cadrin-Chenevert A, Bordeleau E, Ugolini P, Ouellet R, Sablayrolles JL, et al. Coronary computed tomography angiography: overview of technical aspects, current concepts, and perspectives. *Can Assoc Radiol J* 2007; 58: 92-108.
- 14- Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000; 215: 55-62.
- 15- Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy. *Radiographics* 2003; 23 Spec No: S111-25.
- 16- De Feyter PJ, Meijboom WB, Weustink A, Van Mieghem C, Mollet NR, Vourvouri E. Spiral multislice computed tomography coronary angiography: a current status report. *Clin Cardiol* 2007; 30: 437-42.
- 17- Leschka S, Wildermuth S, Boehm T, Desbiolles L, Husmann L, Plass A, Koepfli P, Schepis T, Marincek B, Kaufmann PA, Alkadhi H. Noninvasive coronary angiography with 64-section CT: effect of average heart rate and heart rate variability on image quality. *Radiology*. 2006 Nov;241(2):378-85. Epub 2006 Sep 11
- 18- Leschka S, Husmann L, Desbiolles LM, Gaemperli O, Schepis T, Koepfli P, Boehm T, Marincek B, Kaufmann PA, Alkadhi H. Optimal image reconstruction intervals for non-invasive coronary angiography with 64-slice CT. *Eur Radiol*. 2006 Sep;16(9):1964-72. Epub 2006 May 13.
- 19- 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.
- 20- Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM ve ark. CT of coronary artery disease. *Radiology*. 2004;232:18-37.
- 21- Johnson TR, Nikolaou K, Busch S, Leber AW, Becker A, Wintersperger BJ, et al. Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease. *Invest Radiol* 2007; 42: 684-91.
- 22- McCollough CH, Morin RL. The technical design and performance of ultrafast computed tomography. *Radiol Clin North Am*.1994;32:521- 36.

- 23- Cademartiri F, Mollet NR, Runza G ve ark. Improving diagnostic accuracy of MDCT coronary angiography in patients with mild heart rhythm irregularities using ECG editing. *Am J Roentgenol*. 2006;186:634-8.
- 24- Cody DD, Mahesh M. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: Technologic advances in multidetector CT with a focus on cardiac imaging. *Radiographics* 2007; 27: 1829-37.
- 25- 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: 165-76.
- 26- Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, Flohr T, Suess C, Schoepf UJ, 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.
- 27- Dewey M, Zimmermann E, Laule M, Rutsch W, Hamm B. Threevessel coronary artery disease examined with 320-slice computed tomography coronary angiography. *Eur Heart J* 2008 Feb 7.
- 28- Flohr TG, Schoepf UJ, Ohnesorge BM. Chasing the heart:new developments 89 for cardiac CT. *J Thorac Imaging*. 2007;22:4-16.
- 29- Hoffmann MH, Shi H, Mancke R ve ark. Noninvasive coronary angiography with 16-detector row CT: effect of heart rate. *Radiology*. 2005;234:86-97.
- 30- Ozturk E, Kantarci M, Durur-Subasi I, Bayraktutan U, Karaman A, Bayram E, et al. How image quality can be improved: Our experience with multidetector computed tomography coronary angiography.*Clin Imaging* 2007; 31: 11-7.
- 31- Weigold WG. Coronary CT angiography: insights into patient preparation and scanning. *Tech Vasc Interv Radiol* 2006; 9: 205-9.
- 32- Oncel D, Oncel G, Tastan A. Effectiveness of dual-source CT coronary angiography for the evaluation of coronary artery disease in patients with atrial fibrillation: initial experience. *Radiology* 2007; 245: 703-11.

- 33- Almahameed A, Latif AA, Graham LM. Managing abdominal aortic aneurysms: Treat the aneurysm and the risk factors. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*; 72 (10): 877-888,2005
- 34- Prokop M. Multislice CT angiography. *Eur J Radiol*;36(2):86-96,2000 133
- 35- Lang RM, BierigM, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber QuantificationWriting Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18(12):1440–1463
- 36- EdwardsWD. Applied anatomy of the heart. In: Giuliani ER, Fuster V, Gersh BJ, et al, eds. *Cardiology: fundamentals and practice*. 2nd ed. Vol 1.St.Louis, Mo: Mosby–Year Book, 1991; 47–112
- 37- 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.
- 38- Choi S. İç, Seo J. B., Choi S. H., Lee S. H., Do K. H., Ko S. M., Lee J. S., Song J. W., Song K. S., Choi K. J., Kim Y. H., Lim T. H. Variation of the size of pulmonary venous ostia during the cardiac cycle: optimal 84 reconstruction window at ECG-gated multi-detector row CT. *Eur Radiol*. 2005 Jul;15(7):1441–5.
- 39- Duddalwar VA. Multislice CT angiography: a practical guide to CT angiography in vascular imaging and intervention.*Br J Radiol*.;77 (Spec No1):27-38,2004
- 40- Rubin GD. 3-D imaging with MDCT. *Eur J Radiol*.;45 (Suppl 1):37-41,2003
- 41- Kantarci M, Duran C, Durur I, Alper F, Onbas O, Gulbaran M, Okur A. Detection of Myocardial Bridging with ECG-Gated Multidetector CT and Multiplanar Reconstruction. *Am J Roentgenol* 2005 -article in press-.
- 42- 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

- 43- 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.
- 44- Kim SY, Seo JB, Do KH, et al. Coronary artery anomalies: classification and ECGgated multi-detector row CT findings with angiographic correlation *Radiographics* 2006; 26:317-333.45-*AJR Am J Roentgenol*. 2007 Jun;188(6):1665-74.
- 45- Kini S, Bis KG, Weaver L. Normal and variant coronary arterial and venous anatomy on high-resolution CT angiography.
- 46- Dodge JT Jr, Brown BG, Bolson EL et al. Lumen diameter of normal human coronary arteries. Influence of age, sex, anatomic variation, and left ventricular hypertrophy or dilation. *Circulation*. 1992;86:232-46.
- 47- Dodd JD, Ferencik M, Liberthson RR, Cury RC, Hoffmann U, Brady TJ, Abbara S. Congenital anomalies of coronary artery origin in adults: 64-MDCT appearance. *AJR Am J Roentgenol*. 2007 Feb;188(2):W138-46.
- 48- Miller SW. Normal Angiographic Anatomy and Measurements. *Cardiac Angiography*. Boston, MA: Little, Brown: The Little Brown Library of Radiology; 1984: 51–71.
- 49- Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ, Hoffmann MH. Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol* 2004;14: 2172–2181
- 50- Van Ooijen PM, Dorgelo J, Zijlstra F, Oudkerk M. Detection, visualization and evaluation of anomalous coronary anatomy on 16- slice multidetector-row CT. *Eur Radiol*. 2004 Dec;14(12):2163–71.
- 51- Sajja LR, Farooqi A, Shaik MS, Yarlagadda RB, Baruah DK, Pothineni RB. Dual left anterior descending coronary artery: surgical revascularization in 4 patients. *Tex Heart Inst J* 2000;27: 292–296.
- 52- Agarwal PP, Kazerooni EA. Dual left anterior descending coronary artery: CT findings. *AJR Am J Roentgenol*. 2008 Dec;191(6):1698-701.

- 53- Nawa, S., Miachi, Y., Shiba, T., Toshino, N., Hayashi, K., Tamessue, K., Yamamoto, H., Ota, T., Shimizu, M.: Clinical and Angiographic analysis of congenital coronary artery fistulae in adulthood. Is there any new trend? Jpn Heart J:1996;37:95-104.
- 54- M. Özdemir, M. Cemri, Ö. Dörtlemez : Coronary artery to left ventricular fistula: case report and review of the literature. Acta Cardiol 2001 Jun;56(3):191-4.
- 55- 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.
- 56- Flohr T, Ohnesorge B. Heart-rate adaptive optimization of spatial and temporal resolution for ECG-gated multi-slice spiral CT of the heart. J Comp Assist T 2001;25:907–923.
- 57- Hazirolan T, Canyigit M, Karcaaltincaba M et al (2007) Myocardial bridging on MDCT. AJR Am J Roentgenol 188:1074–1080
- 58- P. Angelini Some questions regarding myocardial bridges still require answers J. Am. Coll. Cardiol., July 16, 2003; 42(2): 394 – 394
- 59- E. Konen, O. Goitein, L. Sternik, Y. Eshet, J. Shemesh, and E. Di Segni The Prevalence and Anatomical Patterns of Intramuscular Coronary Arteries: A Coronary Computed Tomography Angiographic Study J. Am. Coll. Cardiol., February 6, 2007; 49(5): 587 - 593.
- 60- Ferreira AG, Trotter SE, Konig B, De’court LV, Fox K, Olsen EGJ. Myocardial bridges: morphological and functional aspects. Br Heart J 1991;66:364–7.
- 61- Zeina AR, Odeh M, Blinder J, Rosenschein U, Barmeir E (2007) Myocardial bridge: evaluation on MDCT. AJR Am J Roentgenol 188:1069–1073
- 62- Canyigit M, Hazirolan T, Karcaaltincaba M, Dagoglu MG, Akata D, Aytemir K, Oto A, Balkanci F, Akpinar E, Besim A. Myocardial bridging as evaluated by 16 row MDCT. Eur J Radiol. 2009 Jan;69(1):156-64. Epub 2007 Nov 26.

- 63- Mohlenkamp S, Hort W, Ge J, Erbel R. Update on myocardial bridging. *Circulation* 2002;106: 2616–2622
- 64- Alegria JR, Herrmann J, Holmes DR Jr, Lerman A, Rihal CS. Myocardial bridging. *Eur Heart J* 2005;26:1159 –1168.
- 65- Kawawa Y, Ishikawa Y, Gomi T et al (2007) Detection of myocardial bridge and evaluation of its anatomical properties by coronary multislice spiral computed tomography. *Eur J Radiol* 61:130–138
- 66- Leschka S, KoepXi P, Husmann L et al (2008) Myocardial bridging: depiction rate and morphology at CT coronary angiography– comparison with conventional coronary angiography. *Radiology* 246:754–762
- 67- Lazoura O, Kanavou T, Vassiou K, Gkiokas S. Myocardial bridging evaluated with 128-multi detector computed tomography coronary angiography. *Fezoulidis IV. Surg Radiol Anat.* 2010 Jan;32(1):45-50. Epub 2009 Aug 19
- 68- Ko SM, Choi JS, Nam CW, Hur SH. Incidence and clinical significance of myocardial bridging with ECG-gated 16-row MDCT coronary angiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2008 Apr;24(4):445-52. Epub 2007 Oct 11.
- 69- Javadrashid R, Tarzamni MK, Aslanabadi N, Ghaffari M, Salehi A, Sorteji K. *Folia Morphol (Warsz).* Myocardial bridging and coronary artery anomalies detected by ECG-gated 64-row multidetector computed tomography angiography in symptomatic patients. 2009 Nov;68(4):201-6
- 70- Martial G. Bourassa, Ady Butnaru, Jacques Lespérance, and Jean-Claude Tardif. Symptomatic myocardial bridges: overview of ischemic mechanisms and current diagnostic and treatment strategies *J. Am. Coll. Cardiol.*, Feb 2003; 41: 351 – 359
- 71- Gowda RM, Rahmatullah SI, Khan IA. Myocardial bridging of the ramus intermedius coronary artery. *Int J Cardiol.* 2003 Jun;89(2-3):295-6.
- 72- Koşar P, Ergun E, Oztürk C, Koşar U. Anatomic variations and anomalies of the coronary arteries: 64-slice CT angiographic appearance. *Diagn Interv Radiol.* 2009 Dec;15(4):275-83. Epub 2009 Dec 2.

- 73- Greenberg MA, Fish BG, Spindola-Franco H. Congenital anomalies of the coronary arteries: Classification and significance. *Radiol Clin North Am* 1989; 27:1127– 1146.
- 74- Alexander R, Griffith O. Anomalies of coronary arteries and their clinical significances. *Circulation* 1956; 14:800.
- 75- Kardos A, Babai L, Rudas L et al. Epidemiology of congenital coronary artery anomalies: a coronary arteriography study on a central European population. *Cathet Cardiovasc. Diagn* 1997 Nov; 42(3):270-5.
- 76- Topaz O, De Marchena EJ, Perin E et al. Anomalous coronary arteries: Angiographic findings in 80 patients. *Int J Cardiol* 1992 Feb; 34(2):129-38.
- 77- Koonce J, Schoepf JU, Nguyen SA, Northam MC, Ravenel JG. Extra-cardiac findings at cardiac CT: experience with 1,764 patients. *Eur Radiol*. 2009 Mar;19(3):570-6. Epub 2008 Oct 17.
- 78- Leontiev O, Dubinsky TJ. CT-based calcium scoring to screen for coronary artery disease: why aren't we there yet? *AJR Am J Roentgenol*. 2007 Nov;189(5):1061-3.
- 79- Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M Jr, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1990 Mar 15;15(4):827–32
- 80- Sadler TW, Langmans medical embryology, Baltimore: Williams & Wilkins 2004: 175–183.
- 81- Alkadhi H, Leschka S. Radiation dose of cardiac computed tomography - what has been achieved and what needs to be done. *Eur Radiol*. 2010 Oct 19

8.ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmada miyokardiyal köprüleşmenin toplumdaki sıklığı, koroner arter segmentlerindeki dağılımı, miyokardiyal köprüleşmenin sınıflandırılmasında ÇKBT ‘nin yeri araştırılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Mayıs 2007- Mayıs 2010 tarihleri arasında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Bilgisayarlı Tomografi Ünitesinde Light Speed VCT (GE Medical Systems, ABD) aygıtı kullanılarak ÇKBT anjiyografi incelemesi yapılan 513 hasta retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Hastaların 11 tanesi inceleme kalitesi uygun olmadığından inceleme dışı bırakılmış ve 502 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada tünel arter segmentinin uzunluğu, derinliği, komplet ya da inkomplet oluşu ve tünel arter segmentinde izlenen diyastol-sistol çap farkının tünel segment üzerindeki kas lifi kalınlığı ile ilişkisi öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Retrospektif olarak ayrıca eşlik eden koroner arter anomalileri ve ekstra kardiyak bulgu varlığı da taranmıştır.

BULGULAR: 502 hastanın 124’ünde (%24,7) miyokardiyal köprüleşme saptanmıştır. 10 hastada aynı koroner arter üzerinde ya da farklı koroner arterlerde iki ayrı miyokardiyal köprüleşme saptanmış olup toplam 134 segmentte miyokardiyal köprüleşme izlendi. İzlenen 134 miyokardiyal köprüleşmenin 83 tanesi (%61,9) komplet, 51 tanesi (%38,1) inkomplet olarak sınıflandırıldı. Koroner arter segmentlerinde köprüleşmenin en sık oranda LAD orta segmentte olduğu görüldü. 134 miyokardial köprüleşmenin 88 tanesini (%65,7) LAD orta segmentte, 27 tanesini (%20,1) LAD distal segmentte, 4 tanesini (%3) LAD proksimal segmentte, 6 tanesini (%4,5) OM’de, 3 tanesini (%2,2) Ramus intermedius’ta, 3 tanesini (%2,2) 1. Diagonal dalda, 1 tanesini (%0,7) 2. Diagonal dalda, 2 tanesini (%1,4) ise RCA’da tespit ettik.

Komplet miyokardiyal köprüleşmelerde ortalama derinlik $1,83 \pm 1,13$ mm. (en az 0,5 mm., en fazla 7 mm.), ortalama uzunluk $22,19 \pm 11,7$ mm. (en az 5,5 mm., en fazla 65,9 mm.) saptanmıştır. LAD segmentlerinde izlenen komplet miyokardiyal köprüleşmelerde ise tünel arter segmenti üzerindeki miyokardiyal kas lifi kalınlığı en az 1.1 mm saptanmıştır. İnkomplet miyokardiyal köprüleşmelerde ortalama uzunluk $14,87 \pm 8,37$ mm. (en az 4,1 mm., en fazla 36 mm.) bulunmuştur.

Komplet miyokardiyal köprüleşmelerde ölçülen derinlik ile diyastol-sistol çap farkı arasındaki ilişki Spearman'ın Korelasyon testiyle incelendi. Tünel arter segmenti üzerinde ölçülen doku kalınlığı arttıkça, tünel arterde izlenen diyastol sonu ve sistol sonu çap farkı istatistiksel anlamlı olarak artmaktaydı ($r=0,503$ ve $p<0,001$).

16 hastada (%3,2) koroner arter anomalisi izlenmiş olup bunlardan en sık olanı 7 olguda izlenen (%1,4) sol sinus Valsalva çıkışlı ve interarteriyel seyirli RCA idi.

91 hastada (% 18,2) ekstra kardiyak bulgu izlenmiştir. Bu hastalardan 2 tanesinde (% 0,4) çıkan aort anevrizması ve eşlik eden diseksiyon, 1'inde (% 0,2) akciğerde, 1'inde (% 0,2) plevrada kitle, 4 hastada (% 0,8) aort anevrizması gibi acil müdahale gerektiren lezyonlar dikkati çekmiştir.

SONUÇ: Miyokardiyal köprüleşmeyi saptamadaki üstünlüğü, lümen çeperinin, tünel arter segmenti üzerindeki kas dokusunun ve tünel arter segmentinin uzunluğunun net olarak izlenebilmesi, sistolik ve diyastolik fazlarda lümen çaplarının ölçülebilmesi gibi getirileri göz önüne alınırsa ÇKBT miyokardiyal köprüleşme tanısında güvenle kullanılabilecek noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Biz de çalışmamızda miyokardiyal köprüleşme oranını % 24,7 gibi, literatürlerde bildirilen konvansiyonel anjiyografinin miyokardiyal köprüleşme saptama oranına göre oldukça yüksek bir değerde tespit ettik.

9. SUMMARY

AIM: The purpose of this study is to find out the prevalence, classification and precise location of myocardial bridging by MDCT.

MATERIALS AND METHODS: In this study, performed with Light Speed VCT (GE Medical Systems, ABD), at Gazi University Hospital from May 2006-May 2010 , 513 patients were retrospectively evaluated. 11 patients were excluded due to suboptimal image quality. In 502 of 513 (97,9%) patients, images were appropriate for evaluation. We evaluated the length and depth of the tunneled artery segments, whether the bridging is complete or incomplete and the relationship between diastolic and systolic diameter difference to muscle fiber thickness surrounding the tunneled segment.

Accompanying coronary artery anomalies and extra-cardiac findings were also retrospectively analyzed.

RESULTS: Out of 502 patients, 124 (24,7%) patients were found to have a myocardial bridge. In 10 patients two myocardial bridges were detected in the same or two different coronary arteries. Complete bridging was detected in 83 (61,9%) and incomplete bridging was detected in 51 (38,1%) bridge segments.

88 of 134 myocardial bridges(65,7%) were detected on mid portion of LAD, 27 (20,1%) were detected on distal portion of LAD, 4 (3%) were on proximal portion of LAD, 6 (4,5%) were on obtuse marginal, 3 (2,2%) were on ramus intermedius artery, 3 (2,2%) were on first diagonal branch, 2 (1,4%) were on right coronary artery, 1 (0,7%) was detected on second diagonal branch.

The mean length and depth of the complete myocardial bridge segments were $22,19 \pm 11,7$ mm. (range 5,5- 65,9mm.) and $1,83 \pm 1,13$ mm. (range 0,5mm- 7mm.), respectively. In our study the depth of the complete myocardial bridge segments on LAD were never below 1,1 mm. The mean length of the incomplete bridge segments was $14,87 \pm 8,37$ mm. (range 4,1-36mm.).

The relationship between the depth of the complete myocardial bridges and the difference between systolic and diastolic diameters was analyzed with Spearman's Correlation Test. There was a statistically significant correlation between the tissue thickness on the tunneled artery segment and the difference between diastolic and systolic vessel lumen diameters ($r=0,503$ and $p<0,001$).

Coronary artery anomalies were detected in 16 patients (3,2%). The most common anomaly was interarterial RCA originating from left sinus Valsalva detected in 7 patients (1,4%).

Extra-cardiac findings were detected in 91 patients (18,2%). 2 of these patients(0,4%) had aort aneurysm and accompanying aortic dissection, 1 (0,2%) had lung mass, 1(0,2%) had pleural mass and 4 had aort aneurysm.

CONCLUSION:.

MDCT is an effective noninvasive method for the diagnosis of myocardial bridging in order to evaluate the thickness of the muscle fibers on the tunneled artery segment and measure the vessel lumen diameters in the systolic and diastolic phases. In our study, MDCT showed a higher prevalence of myocardial bridging (24,7%) than conventional angiography.

10.EKLER

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Farklı kuşaklarda BT aygıtları.

Şekil 2.2. EDBT aygıtı.

Şekil 2.3. Spiral BT'nin teknik prensibi.

Şekil 2.4. Prospektif EKG tetikleme ile görüntüleme

Şekil 2.5. Retrospektif EKG eşleme ile kardiyak rekonstrüksiyon.

Şekil 2.5. Kalp hızı adaptif çok segment rekonstrüksiyon

Şekil 2.6. Sağ koroner dolaşım

Şekil 2.7. Sol koroner dolaşım

Şekil 2.8. AHA klasifikasyonuna göre koroner arter segmentleri.

Şekil 2.9. Pulmoner arter kökenli koroner arter anomalilerini gösteren şemalar

Şekil 2.10 Aortik köken anomalilerini gösteren şemalar

Şekil 2.11. Sağ Valsalva sinüs kökenli LMCA nın seyir özelliğini gösteren şemalar

Şekil 2.12. Aortik köken ve koroner arterlerin proksimal seyir anomalilerini gösteren şemalarda

Şekil 2.13. Çift LAD alt tiplerini gösteren şemalar

RESİMLER

Resim 2.1. Vertikal uzun aks görüntü

Resim 2.2. Horizontal Uzun Aks (Dört Boşluk) Görüntü

Resim 2.3. Oblik Uzun Aks (Üç Boşluk)Görüntü

Resim 2.4. Kısa Aks Görüntü

Resim 2.5. VR görüntülerde sağ dominansi gösteren olgu

Resim 2.6. VR görüntülerde ramus intermedius

Resim 2.7. VR görüntülerde sol ve kodominansi gösteren olgular

Resim 2.8. (a) kısa aks, (b) curved reformat görüntülerde epikardiyal seyirli LAD

Resim 2.9. (a) curved reformat, (b) kısa aks görüntülerde intramiyokardiyal seyirli LAD

Resim 2.10. (a) curved reformat, (b) kısa aks görüntülerde inkomplet miyokardiyal köprüleşme

Resim 2.11. Konvansiyonel koroner anjiyografi görüntülerinde sağma bulgusu

Resim 4.1. Tip 2 çift LAD olgusu

Resim 4. 2. sağ sinüs Valsalvadan köken alıp retroaortik seyir gösteren LAD

Resim 4.3. sol sinüs Valsalvadan köken alıp aort ve pulmoner arter kökü arasında interarteriyel seyir gösteren RCA

Resim 4.4. sol sinüs Valsalvadan ayrı ayrı köken alan LAD ve LCx

Resim 4.5. koroner arter fistülü

Resim 4.6. RCA orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.7. 1.diyagonal dalda intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.8. obtüs marjinal dalda intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.9. orta LAD ve distal LAD de intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arterler.

Resim 4.10. ramus intermediusta intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.11. LAD orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.12. LAD orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.13. 2.diyagonal dalda intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.14. LAD orta segmentte intramiyokardiyal seyir gösteren tünel arter

Resim 4.15. diastol sonu (%90) faz ve sistol sonu (%30) fazlarda tünel segment çapları ve sistolik kompresyon.

Resim 4.16. LAD orta kesimde kısa bir segmentte inkomplet miyokardiyal köprüleşme

Resim 4.17. LAD orta segmentte inkomplet miyokardiyal köprüleşme

TABLÖLAR

Tablo 2.1. Koroner arter anomali sınıflaması

Tablo 4.1 Olguların Nabız ve Aort HU ortalamaları

Tablo 4.2 Olgularda koroner arteriyel dominansı

Tablo 4.3 Olgularda Ramus İntermedius varlığı

Tablo 4.4 Olguların Demografik Özellikleri

Tablo 4.5 Olgularda Miyokardiyal Köprüleşme varlığı

Tablo 4.6 Miyokardiyal Köprüleşmenin tiplerine göre dağılımı

Tablo 4.7. Miyokardiyal Köprüleşmenin Görüldüğü Segmentlere Göre Frekans Dağılımı

Tablo 4.8. Miyokardiyal Köprüleşmenin Ortaya Çıkmasında Demografik Özelliklerin Etkilerinin İncelenmesi

Tablo 4.9 Tünel arter segmentlerinin uzunluk ve derinlik dağılımı

Tablo 4.10 LAD' de izlenen komplet miyokardiyal köprüleşmelerde tünel arter segmentlerinin uzunluk ve derinlik dağılımı

Tablo 4.11 Koroner arter anomalilerinin dağılımı

Tablo 4.12 Ekstra kardiyak bulguların dağılımı

GRAFİKLER

Grafik 4.1. Tünelde Diyastolik Sistolik Çap Farkı ile Köprüleşme Derinliği Arasındaki Saçılım Grafiği