

T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI

SİNOATRİYAL VE ATRİOVENTRİKÜLER NODUN
ARTERİYEL BESLENMESİNİN ÇOK KESİTLİ BT İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. TUĞBA CEZLAN MİROĞLU

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. ASLAN BİLİCİ

DİYARBAKIR-2010

T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI

SİNOATRİYAL VE ATRİOVENTRİKÜLER NODUN
ARTERİYEL BESLENMESİNİN ÇOK KESİTLİ BT İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. TUĞBA CEZLAN MİROĞLU

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. ASLAN BİLİCİ

DİYARBAKIR-2010

TEŞEKKÜR

Asistanlık eğitimim süresince yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, tecrübelerinden faydalandığım hocam Prof. Dr. Aşur UYAR'a , tez çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım hocam Prof. Dr. Aslan BİLİCİ ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Muşturay KARÇAALTINCABA'ya, bilgi ve desteğini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Yaşar BÜKTE'ye, Yrd. Doç. Dr. Senem ŞENTÜRK, Yrd. Doç. Dr. Hatice GÜMÜŞ ve tüm bölüm hocalarımıza teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bugüne kadar destek ve ilgisini eksik etmeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
TABLO LİSTESİ	IV
RESİM LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	XI
KISALTMALAR	XIII
ÖZET	XIV
ABSTRACT	XV
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	2
2.1. KORONER ARTERLER	2
2.1.1. KORONER ARTERLERİN ANATOMİSİ	2
2.1.1.1. SOL ANA KORONER ARTER	2
2.1.1.2.SAĞ ANA KORONER ARTER	5
2.1.2.DOMİNANS	6
2.1.3.SEGMENTAL KORONER ARTERİYEL ANATOMİ	8
2.1.3.1. SOL KORONER ARTER	9
2.1.3.2. LAD ARTER	9
2.1.3.3. LCX ARTER	9
2.1.3.4. SAĞ KORONER ARTER	9
2.1.4. NORMAL KORONER ARTER ÇAPI	10
2.2. KARDİYAK GÖRÜNTÜLEME PLANLARI VE KALBİN SOL KESİMİ	11
2.2.1. VERTİKAL UZUN AKS GÖRÜNTÜSÜ	11
2.2.2. HORIZONTAL UZUN AKS GÖRÜNTÜSÜ	12
2.2.3. ÜÇ BOŞLUK GÖRÜNÜMÜ	13
2.2.4. KISA AKS GÖRÜNÜMÜ	14
2.3. KALBİN SAĞ KESİMİ	15
2.3.1. SAĞ ATRİYUMUN BELİRGİN ANATOMİK YAPILARI	17
2.4. SİNOATRİYAL NOD VE SİNOATRİYAL NODAL ARTER	19
2.5. AV NOD VE AV NODAL ARTER	21
2.6. İNTERATRİYAL SEPTUM	22
2.7. KARDİYAK GÖRÜNTÜLEME	23
2.7.1. KARDİYAK GÖRÜNTÜLEMEDE BT'NİN TARİHÇESİ VE EVRİMİ	24

2.7.2.ELEKTRON-BEAM BT PRENSİPLERİ VE UYGULAMALARI	25
2.7.3.KONVANSİYONEL MEKANİK BT İLE KARDİYAK GÖRÜNTÜLEME	28
2.7.4. DUAL ENERJİ BT İLE YENİ SINIRLAR	33
2.7.4.1. DUAL-ENERJİ BT: SİSTEM KONSEPTİ VE DİZAYNI	33
2.7.4.2. DUAL ENERJİ BT: KARDİYAK TARAMA PRENSİPLERİ VE TEKNİKLERİ	34
3. GEREÇ VE YÖNTEM	38
3.1. ÇALIŞMA KAPSAMI	38
3.2 KARDİYAK BT GÖRÜNTÜLEME PROTOKOLÜ	38
3.3. ÇALIŞMA METODU	40
3.4. İSTATİKSEL DEĞERLENDİRME	40
4. BULGULAR	41
4.1. SİNOATRYİYAL NODAL ARTER	42
4.1.1. S-ŞEKLİ POSTERİYOR SİNOATRİYAL NODAL ARTER	50
4.2. ATRİYOVENTRİKÜLER NODAL ARTER:	53
5. TARTIŞMA	54
KAYNAKLAR	58

Tablo 1. Hastaların en az, en çok ve ortalama kalp hızları.....	41
Tablo 2. SNA çapları; mean: ortalama, maximum: en büyük, minimum: en küçük çap.....	49
Tablo 3. SNA çaplarının %5 aralıklarla aldığı değerler.....	49
Tablo 4. En yüksek ve en düşük SNA çaplarının ilk beşinin sıralaması.....	50

- Resim 1. (a) Aksiyal MPR imajı koroner arterlerin aortadan çıkışını gösteriyor. LCA (siyah ok) LAD arter (beyaz ok başı) ve LCX artere (siyah ok başı) olarak ikiye ayrılıyor. Beyaz ok RCA'yı gösteriyor. (b) VR imajda LCA (siyah ok) aortadan çıkıyor ve proksimal LCX arter (ok başı) ve proksimal LAD (beyaz ok) olarak ayrılıyor..... 3
- Resim 2. Oblik aksiyal (a) ve vertikal uzun aks (b) MPR imajlarda sol ventrikül apeksine doğru interventriküler oluğun epikardiyal yağı içerisinde seyreden normal LAD arter (oklar)..... 3
- Resim 3. Oblik aksiyal MPR (a) ve VR (b) imajlar LAD arterin septal dallarını (siyah ok başları) ve diagonal dalları (beyaz ok başları) gösteriyor. Septal dallar miyokarda hemen ulaşır ve penetre eder, diagonal dallar sol ventrikül serbest duvarının lateralinde seyreder..... 4
- Resim 4. Oblik aksiyal MPR (a) ve VR (b) imajlarda LCX arter (siyah ok) ve obtüz marjinal dalları (beyaz oklar) görülüyor..... 4
- Resim 5. Oblik aksiyal MPR (a) imajda LAD arter ile (siyah ok başı) LCX arter (beyaz ok başı) arasından çıkan ve LCA trifurkasyonuna sebep olan RI dalı (ok) görülüyor. (b) VR imajda trifurkasyondan çıkan RI dalı (ok) görülüyor. Siyah ok başı LDA arteri, beyaz ok başı LCX arteri gösteriyor..... 5
- Resim 6. MPR imajlar (a,c) ve VR imajda (b) RCA (a'da siyah ok) ve dalları görülüyor. Bu vakada, konus arteri (a'da ok başı) aortadan çıkıyor. Akut marjinal dal, a'da beyaz ok ve b'de ok ile gösterilmekte olup sinoatriyal nodal dal c'de ok başı ile gösterilmektedir..... 6

Resim 7. (a) VR imajda kalbin inferior yüzeyi görülüyor. Sağ dominant sistem mevcuttur, PDA (beyaz ok başı) RCA'dan (siyah ok başı) kaynaklanıyor. Bir posterolateral dal (ok) da görülüyor. (b) VR imajda kodominant sistem mevcuttur, inferior miyokardiyal alan RCA ve LCX arterden eşit olarak besleniyor. (c) Koronal MPR imajda sol dominant sistem mevcuttur, RCA normalden daha küçük görülüyor.	8
Resim 8. VR imajlarda Austen ve ark. (6) tarafından açıklanan ve koroner hastalığı doğru lokalize etmeye yardımcı olan sol (a) ve sağ (b) segmental koroner arteriyel anatomi görülüyor. Sol marjinal dal 5 (geniş beyaz ok), LCX 11 (geniş siyah ok başı), LAD 6 (geniş beyaz ok başı), LAD 7 (siyah ok), LAD 8 (küçük siyah ok başı), LAD 9 (küçük beyaz ok), LAD 10 (küçük beyaz ok başı) dahil olmak üzere kalbin süperior (sol) ve anterolateral (sağ) görünümüleri a'daki imajlarda görülüyor. RCA 1 (siyah ok), RCA 2 (geniş beyaz ok başı), RCA 3 (beyaz ok), RCA 4 (siyah ok başı) ve RCA 16 (küçük beyaz ok başı) dahil olmak üzere kalbin sağ (sol) ve inferior (orta ve sağ) görünümüleri b'deki imajlarda izleniyor.....	9
Resim 9. VR imajda Kawasaki hastalığı bulunan bir adolesanda fokal RCA anevrizması (ok başı) görülüyor.....	10
Resim 10. Vertikal uzun aks MPR imajda sol ventrikül (siyah *), sol atriyum (beyaz *), sol atriyal appendiks (beyaz ok), mitral kapak (siyah ok) ve CS (ok başı) görülüyor.....	11
Resim 11. Horizontal uzun aks MPR imajda sol ventrikül (geniş siyah *), sağ ventrikül (geniş beyaz *), sol atriyum (küçük siyah *), sağ atriyum (küçük beyaz *), mitral kapak (siyah ok), triküspit kapak (beyaz ok) ve perikard (ok başları) görülüyor.....	12
Resim 12. Horizontal uzun aks MPR imajda sol atriyum alanının hesaplanması ile ilgili görünüm mevcuttur. Sol atriyumun endokardiyal sınırından çizilen sarı çizgi, irregüler bir elips oluşturur. Birçok iş istasyonu, elipsin içindeki alanı hızlıca hesaplayabilir.....	13

Resim 13. Üç boşluk MPR imajda sol ventrikül papiller kasları (ok) ve korda tendinealar (ok başları) görülüyor.....	14
Resim 14. Koronal MPR imajda sol ventrikül papiller kasları (oklar) görülüyor.....	14
Resim 15. Kısa aks MPR imajda orta-sağ ventrikül (beyaz *) ve orta-sol ventrikül (siyah *) görülüyor.....	15
Resim 16, 17. (16) Sagittal MPR imajda inferior vena kava (ok başı), süperior vena kava (ok), sol atriyum (siyah *) ve sağ atriyum (beyaz *) görülüyor. Kalbin sağ kesimine ait yapılar kullanılan injeksiyon protokolüne bağlı olarak rutin olarak değerlendirilebilir. (17) MPR imajda sağ atriyum (beyaz *) içine giren CS (ok) görülüyor. Normal tebesian valv (ok başı) ve sol atriyum (siyah *) da izlenmektedir.....	16
Resim 18, 19. (18) Oblik MPR imajlarda sağ atriyum (a'da siyah ok), sağ ventrikül çıkış yolu (siyah *) ve pulmoner kapak (ok başı) görülüyor. Sol atriyum (beyaz *) ve aorta (a'da beyaz ok, b'de ok) da görülüyor. Aortik valvüler fonksiyonu belirlemek için bu düzeyde sine imajlar elde edilebilir. Sıklıkla, manuel olarak elde edilmiş MPR imajlarla birçok yapı değerlendirilebilir. (19) Üç boşluk MPR imajda sağ ventrikül moderatör bant (ok) izleniyor.	17
Resim 20. Atriyal epikardiyal görünüm. AAo:asendan aorta, CS:koroner sinüs, LA: sol atriyum, LIPV: sol inferior pulmoner ven, LSPV: sol süperior pulmoner ven, LV: sol ventrikül, RAA: sağ atriyal appendiks, RIPV: sağ inferior pulmoner ven, RSPV: sağ süperior pulmoner ven, RV: sağ ventrikül. (a) Üç boyutlu imajda (süperior görünüm) sağ atriyum kavitesi sağ ve anteriorda, sol atriyum sol ve posteriorda görülüyor. (b) Üç boyutlu imajda (posterior görünüm) sinus venozusun anatomik sınırları görülüyor (taranmış alan). (c) Sağ lateral 3 boyutlu imajda dominant özellik geniş, üçgen şekilli sağ	

atriyal appendikstir. Terminal oluk (TG) (oklar) sinus venozus (SV) ile sağ atriyal appendiks arasındadır. Sinoatriyal nodal arter (SANA) bu olukta seyredir. (d) Sol lateral 3 boyutlu imajda sol atriyal appendiks küçük, lobüle yapı olarak görülüyor. Trabeküle kenarı ve dar boynu nedeniyle (oklar), sol atriyal appendiks trombüs depozisyonu için potansiyel bir alandır..... 18

Resim 21. Sinoatriyal nodal arter ve çevre yapıları anatomisi. AAo: asendan aorta, LA: sol atriyum, PA: pulmoner arter, RA: sağ atriyum, RAA: sağ atriyal appendiks, RCA: sağ koroner arter. (a) Aksiyal (üstte) ve kısa aks (sağ) BT görüntülerinde sinoatriyal nodal arter (oklar) süperior vena kavanın anteriorunda, terminal parçası krista terminalisin miyokardiyal dokusunda seyrediyor. Sinoatriyal nodal arter etrafında bulunur (renkli oklar). (b,c) Aksiyal koroner BT anjiyografik imajlarda sinoatriyal nodal arter (oklar) RCA'dan (b) veya LCX arterden (c) kaynaklanabilir..... 20

Resim 22. İnferior piramidal alan düzeyinden alınan kısa aks BT görüntülerinde sağ ANA (ok) RCA'dan (a) ve LCX arterden (b) kaynaklanıyor. AAo: asendan aorta, RA: sağ atriyum..... 21

Resim 23. BT imajlarında (sağdaki imaj solundaki kutucuğun büyütülmüş görünümüdür) septal istmus görülüyor. Belirgin östaki köprüsü (ER) ve kas yapısı içinde Todaro tendonu (TT) görülüyor. ANA ile septal istmus (SI) ve CS yakınlığı dikkati çekiyor. SI ve CS ostiyumu Koch üçgeninin tabanını oluşturur (AO: aort, AVNa: atriyoventriküler nodal arter, STV: triküspit kapağın septal yaprağı)..... 22

Resim 24. İnteratriyal septumun komponentleri. Dört boşluk görünümü (a) ve kutucuğun büyütülmüş görünümünde (b) süperior interatriyal oluk (IAG), östaki köprüsü (ER) ve müsküler AV septum (mavi çift yönlü ok) dahil olmak üzere nonseptal alanlarda ekstrakardiyak yağ birikimi görülüyor. İki atriyum arasındaki tek gerçek septum oval fossa (kırmızı çift yönlü ok) ve inferior rimin küçük bir parçası (sarı çift yönlü ok) ile sınırlıdır. Yeşil çift yönlü ok süperior rimi gösteriyor. Oval fossanın anatomik sınırlarını belirlemek

için BT en iyi tetkiklerden biridir. CT: Krista terminalis, MV: Mitral kapak, STV: triküspit kapağın septal yaprağı).....	23
Resim 25. Koroner arter ağacı ve segmentleri: sol ana trunkus (LM), sol anterior desendan (LAD), sirkümfleks (CX) ve sağ (RCA) koroner arterler. Asendan aortadan kaynaklanan venöz koroner bypass grefti periferik LAD'i besler. Kardiyak çemberleri, kardiyak kapakları (b), asendan, transvers ve desendan aorta gibi büyük torasik damarları ve pulmoner damarları (c) da içeren genel kardiyak morfoloji görülüyor.....	24
Resim 26. EBT akuzisyonu transaksiyal imaj planlarında (a) ve koroner BT anjiyografide (b,c) koroner kalsifikasyonu gösterir. EBT ile koroner BT anjiyografinin transaksiyal imaj kesitleri sınırlı sinyal/gürültü oranına bağlı kompromisedir (b). Koroner arterlerin vizüalizasyonu için üç boyutlu görüntü (3 boyutlu VR) seçilmiş vakalarda mümkündür (c). Ciddi LAD ve RCA stenozları (c'deki oklar) proksimal koroner segmentlerde tespit edilebilir. (a,b)	28
Resim 27. 1981 yılında 2 saniye rotasyon hızı ile mekanik BT tarayıcısı ile elde edilen kardiyak BT imajları. İmajlar, kardiyak harekeri göstermek için kardiyak siklusun diyastolik ve sistolik fazlarında oluşturulmuştur. Tek kesitin görüntü veri segmentleri EKG bilgisi kullanılarak kardiyak siklusun ilgili fazlarındaki kalp atımlarından toplanmıştır.	30
Resim 28. Saniye altı tek kesit mekanik BT ile EKG tetiklemeli akuzisyon kullanılarak LAD'deki kalsifikasyonların transaksiyal imajda görünümü.....	32
Resim 29. 0.4 mm voksel rezolüsyonlu ve 0.33 sn rotasyon süreli 64 kesit BT jenerasyonu kullanılarak yapılan 3 boyutlu VR koroner BT anjiyografi. Tüm kalp 9 sn'lik nefes tutuşu ile kapsanabilir	32
Resim 30. RCA'dan orijin alan SNA. VR (a) ve MPR (b) görüntüleri.....	44

Resim 31. RCA'dan orijin alan SNA, MPR görüntüsü.....	44
Resim 32. RCA'dan köken alan SNA. MIP (a) ve VR (b) görüntüleri.....	46
Resim 33. LCX arterden köken alan SNA. VR (a,b) görüntüleri.....	47
Resim 34. Prekaval terminasyon gösteren SNA.....	47
Resim 35. Perikaval terminasyon gösteren SNA.....	48
Resim 36. Retrokaval terminasyon gösteren SNA.....	48
Resim 37. S şekilli SNA.....	51
Resim 38. S şekilli SNA.....	51
Resim 39. RCA kaynaklı s şekilli SNA.....	52
Resim 40. RCA kaynaklı s şekilli SNA.....	52

Şekil 1. a EBT akuzisyon sistemi ve b prospektif EKG tetiklemeli sekansiyal taramanın prensibi. Prospektif EKG tetiklemeli EBT 50-100 ms'lik temporal rezolüsyon ile, her kalp atımı için bir kesit alır.....	27
Şekil 2. (a) Prospektif EKG tetiklemeli tek kesit tarama ile sekansiyal volüm kapsamı ve (b) retrospektif EKG-gated tek kesit spiral tarama ile kapsam. 0.75 saniyelik rotasyon ve prospektif EKG tetiklemeli mekanik BT, 500 ms'lik akuzisyon zamanı ile her saniye kalp atımı sırasında bir kesit elde eder. Retrospektif EKG-gating ile, rotasyon süresinin yarısına eşit temporal rezolüsyon ile her kalp atımında rekonstrükte edilebilir.....	31
Şekil 3. 1998 yılında çok kesitli BT teknolojisi ile tanışıldıktan sonra BT'nin artan performansı.....	33
Şekil 4. Çift tüplü BT cihazı sistemi.....	35
Şekil 5. Çift tüplü BT cihazı tekniği.....	36
Şekil 6. Çift tüplü BT sisteminde EKG-gated spiral imaj rekonstrüksiyonu.....	36

Şekil 7. Gantri rotasyon süresi 0.33 sn ile konvansiyonel çok kesitli BT cihazı ve gantri rotasyon süresi 0.33 sn ile çift tüplü BT cihazında hastanın kalp hızına göre temporal rezolüsyon. Çok kesitli BT sisteminde sadece 66, 81 ve 104 bpm gibi birkaç kalp hızında yaklaşık 83 msn temporal rezolüsyon elde edilirken, çift tüplü BT’de tüm kalp hızlarında 83 msn temporal rezolüsyon sağlanır..... 37

KISALTMALAR

BT: Bilgisayarlı tomografi

ÇKBT: Çok kesitli bilgisayarlı tomografi

MPR: Multi-planar reformat

MIP: Maksimum intensite projeksiyon

VR: Volüm rendering

SNA: Sinoatriyal nodal arter

AVA: Atriyovenriküler nodal arter

SAN: Sinoatriyal nod

AVN: Atriyovenriküler nod

RCA: Sağ koroner arter

LCA: Sol koroner arter

LAD: Sol anterior desendan arter

LCX: Sol sirkumfleks arter

PDA: Posterior desendan arter

RI: Ramus intermedyus

CS: Koroner sinüs

SVK: Süperior vena kava

Sn: Saniye

Msn: Milisaniye

ÖZET

Bu çalışmanın amacı çok kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT) ile sinoatriyal ve atriyoventriküler nodun arteriyel beslenmesini sağlayan sinoatriyal nodal arter (SNA) ve atriyoventriküler nodal arterin (ANA) anatomik karakterizasyonu ve tanımlanmasıdır.

Çalışmaya, radyoloji kliniğine koroner BT anjiyografi amacıyla başvuran 400 hasta dahil edildi. 350 hastada çift tüplü çok kesitli BT ile çekim yapılırken, 50 hastada ise 64-dedektörlü çok kesitli BT kullanıldı. Çift tüplü çok kesitli BT çekimlerinde 0.6 mm, 64 dedektörlü çok kesitli BT çekimlerinde 0.8 mm kalınlığında kesitler alındı.

Hastalarda SNA ve ANA sayısındaki varyasyonlar, köken aldıkları koroner arter, köken aldıkları lokalizasyon ile arter orijini arasındaki uzaklık, orijin düzeyinde her iki arterin çapı, şekil varyasyonları ve seyir özellikleri değerlendirildi.

Hastaların 383'ünde (% 95.7) bir adet SNA, 17'sinde (% 4.2) iki adet SNA saptandı. 233 (%58.2) hastada tek sinoatriyal nodal arter RCA'dan, 149 (%37.2) hastada tek sinoatriyal nodal arter LCX arterden, bir hastada ise tek sinoatriyal nodal arter aortadan köken almaktaydı.

Atriyoventriküler nodal arter 351 hastada (tüm hastaların %87.7'si) distal RCA kaynaklı iken, 49 hastada (tüm hastaların % 12.3'ü) distal LCX kaynaklı idi.

Anahtar sözcükler: Sinoatriyal nodal arter (SNA), atriyoventriküler nodal arter (ANA), çok kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT).

ABSTRACT

The aim of this study is description and characterisation of sinoatrial nodal artery (SNA) and atrioventricular nodal artery (ANA) that supplies sinoatrial and atrioventricular nodes with multidetector computed tomography.

In our study, 400 patients, who have been referred to our department for coronary CT angiography were evaluated. We evaluated 350 patients by using dual source multidetector CT and 50 patients by using 64-section multidetector CT. Transverse sections with a thickness of 0.6 mm were used in dual source multidetector CT studies and 0.8 mm were used in 64-section multidetector CT studies for the evaluation of coronary vessels and conduction system branches.

Anatomic origin, localization of the origin, diameter, number, course, and variants of the arteries to the SAN and AVN were examined with coronary multidetector CT in the patients.

There was one SNA in 383 (%95.7) patients, two SNAs in 17 (%4.2) patients. In 233 (%58.2) patients one SNA originated from RCA, in 149 (%37.2) patients one SNA originated from LCX artery, and in one patient one SNA originated from aorta.

Atrioventricular nodal artery originated from distal RCA in 351 patients (%87.7 of all patients), and from distal LCX artery in 49 patients (%12.3 of all patients).

Keywords: Sinoatrial nodal artery (SNA), atrioventricular nodal artery (ANA), multidetector computed tomography (MDCT).

1. GİRİŞ VE AMAÇ:

Çok kesitli BT vasküler görüntülemelerde güvenilir ve yaygın bir yöntem haline gelmiştir. Non-invaziv olması, güvenilirliği ve basit uygulanabilir olması nedeniyle kardiyak görüntüleme amacıyla yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Koroner arterlerin görüntülenmesi kalp hareketleri ve küçük damar çapları nedeniyle teknik olarak zordur. EKG tetikleme ve kardiyak hareket artefaktlarını azaltan, işlem sonrası rekonstrüksiyon teknikleri ile ÇKBT'nin uzaysal ve zamansal çözünürlüğünde artış sağlanmıştır.

Bilgisayarlı tomografi (BT) 1974 yılında klinik olarak kullanıma girmiştir. 1981 yılında spiral BT ile ilk kardiyak görüntüleme yapılmıştır. 1998 yılında 4 dedektörlü BT ile koroner anjiyografi uygulamalarına başlanmıştır. 2002 yılından sonra ise 16 ve 64 dedektörlü BT ve günümüzde çift tüplü (dual source) BT ile birlikte koroner anjiyografinin klinik uygulamaları hız kazanmıştır (1).

Biz bu çalışmada sinoatrial ve atrioventriküler nodu besleyen arterleri çok kesitli BT ile görüntüleyerek, varyasyonlarını değerlendirmeye çalıştık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Koroner Arterler:

2.1.1. Koroner Arterlerin Anatomisi:

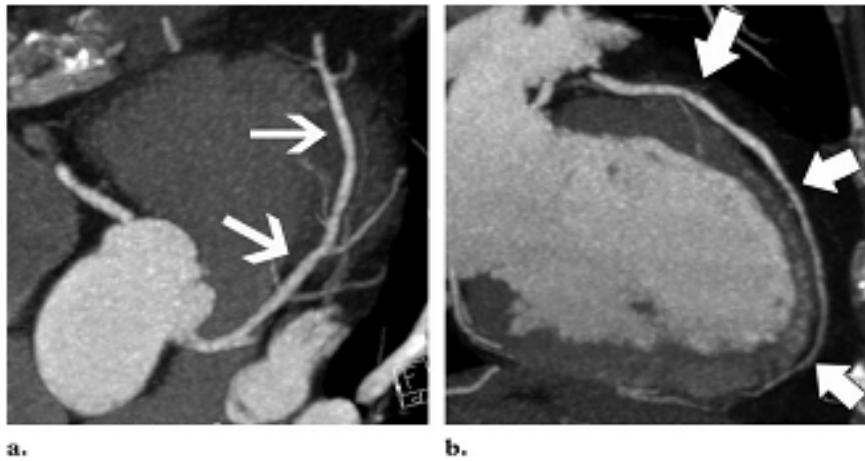
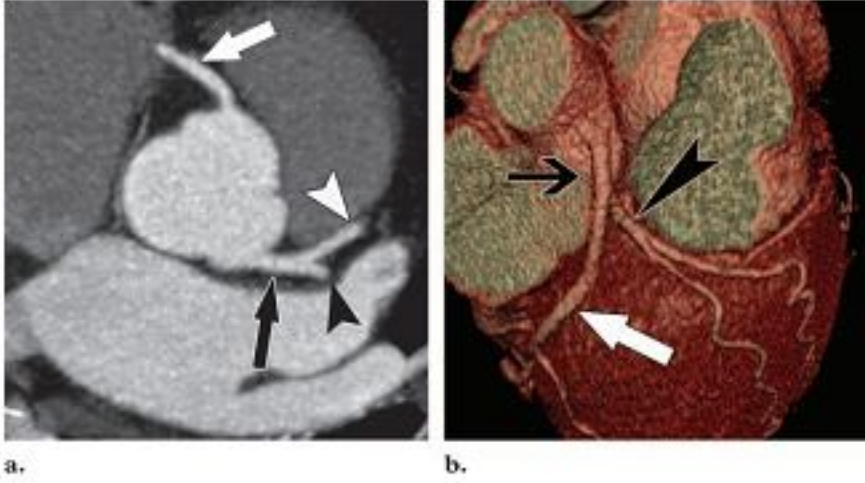
2.1.1.1. Sol Ana Koroner Arter:

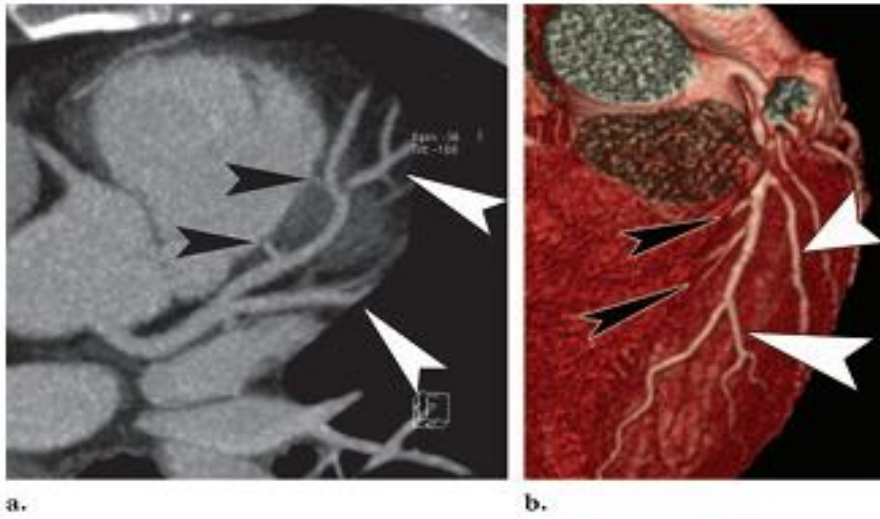
Sol ana koroner arter normalde sinotübüler köprü komşuluğunda bulunan sol sinüs Valsalva'dan çıkar. (Resim 1). LAD ve LCX arterlerini oluşturmada önceki uzunluğu değişkendir. LAD arter anterior interventriküler oluktaki epikardiyal yağ içerisinde anterolaterale doğru seyrederek ve sol ventrikülün çoğunu besler (Resim 2).

LAD arterin majör dalları diagonal ve septal perforan arterlerdir. Diagonal dallar lateralde seyrederek dominant olarak sol ventrikül serbest duvarını besler. Septal dallar medialde seyrederek ve interventriküler septumun büyük bölümünü, atrioventriküler nodu ve proksimal nod dalını besler (Resim 3) (2).

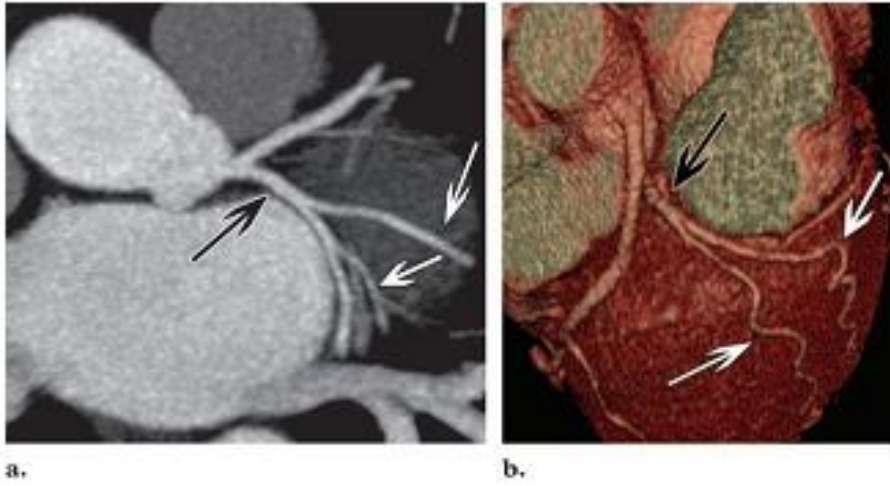
LCX arter sol koroner arterin diğer majör dalıdır. Sol atrioventriküler olukta seyrederek lateral dallar olarak da adlandırılan obtüz marjinal dallarını verir (Resim 4). LCX arter ve dalları sol ventrikül serbest duvarını ve değişen derecelerde anterolateral papiller kası besler (2). Sol ventrikülün diyafragmatik kısmını besleyen posterolateral ve posterior desendan arter dallarını oluşturur.

Hastaların yaklaşık %15'inde üçüncü bir dal olan ramus intermedius dalı sol koroner arter ayrimından çıkarak trifurkasyon oluşturur. (Resim 5) (3). Bulunduğu zaman ramus intermedius dalı sol ventrikül serbest duvarına doğru lateral olarak seyrederek. Bu arterin seyri LAD arterin diagonal dalının seyrine benzer.

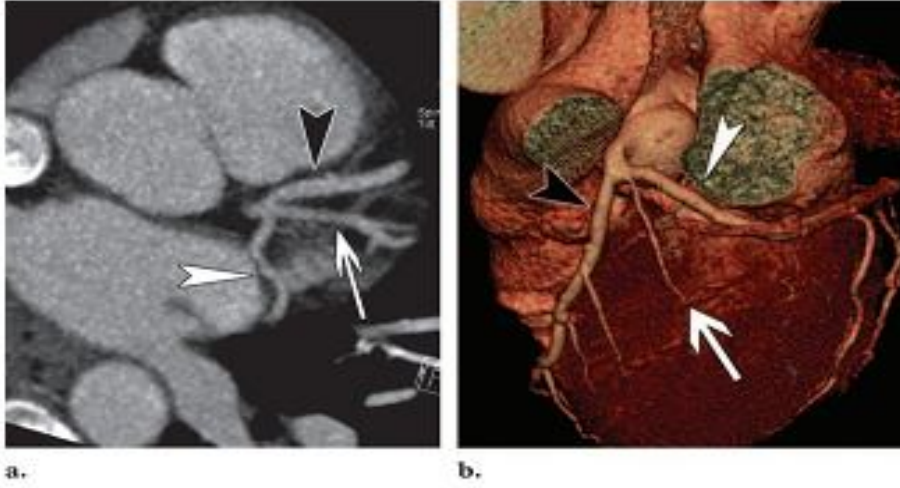




Resim 3. Oblik aksiyal MPR (a) ve VR (b) imajlar LAD arterin septal dallarını (siyah ok başları) ve diagonal dalları (beyaz ok başları) gösteriyor. Septal dallar miyokarda hemen ulaşır ve penetre eder, diagonal dallar sol ventrikül serbest duvarının lateralinde seyreder.



Resim 4. Oblik aksiyal MPR (a) ve VR (b) imajlarda LCX arter (siyah ok) ve obtüz marjinal dalları (beyaz oklar) görülüyor.

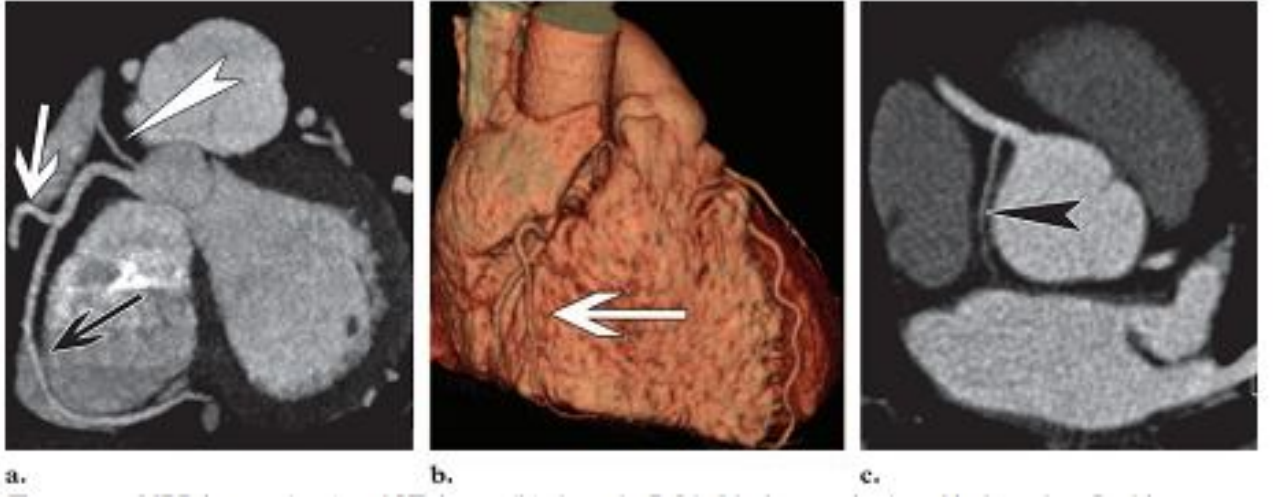


Resim 5. Oblik aksiyal MPR (a) imajda LAD arter ile (siyah ok başı) LCX arter (beyaz ok başı) arasından çıkan ve LCA trifurkasyonuna sebep olan RI dalı (ok) görülüyor. (b) VR imajda trifurkasyondan çıkan RI dalı (ok) görülüyor. Siyah ok başı LDA arteri, beyaz ok başı LCX arteri gösteriyor.

2.1.1.2. Sağ Koroner Arter

Sağ koroner arter normalde sağ koroner sinüsten çıkar ve sağ atrioventriküler olukta kalbin krusuna doğru (atrioventriküler oluğun interventriküler septum ve interatriyal septumu kesip çapraz oluşturduğu, kalbin arka yüzeyindeki nokta) seyreder. Hastaların yaklaşık %50–%60 kadarında sağ koroner arterin ilk dalı konus arteridir (4). Konus arteri hastaların %30–%35 kadarında direkt olarak aortadan çıkabilir. (Resim 6) (4). Konus arteri sağ ventrikül outflow yolunu (konus arteriozus) besler ve Vieussens çemberini (LAD arteriyel sirkülasyonu ile meydana gelen anastomoz) oluşturur (2).

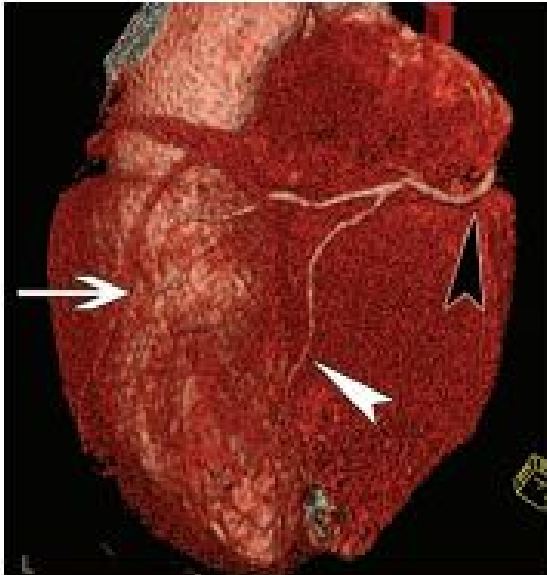
Hastaların yaklaşık %58 kadarında, sinoatriyal nodal arter RCA'dan çıkar, geri kalan hastalarda (%42), LCx arterden çıkar (5). Sağ koroner arterden multipl ventriküler dallar kaynaklanır, bu dalların en geniş akut marjinal daldır.



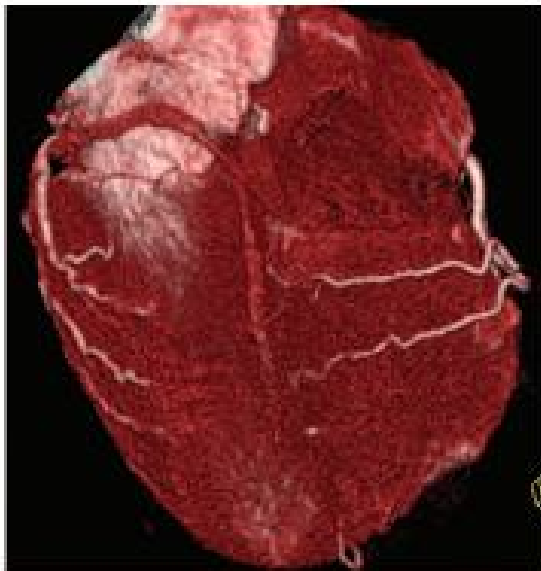
Resim 6. MPR imajlar (a,c) ve VR imajda (b) RCA (a'da siyah ok) ve dalları görülüyor. Bu vakada, konus arteri (a'da ok başı) aortadan çıkıyor. Akut marjinal dal, a'da beyaz ok ve b'de ok ile gösterilmekte olup sinoatriyal nodal dal c'de ok başı ile gösterilmektedir.

2.1.2. Dominans

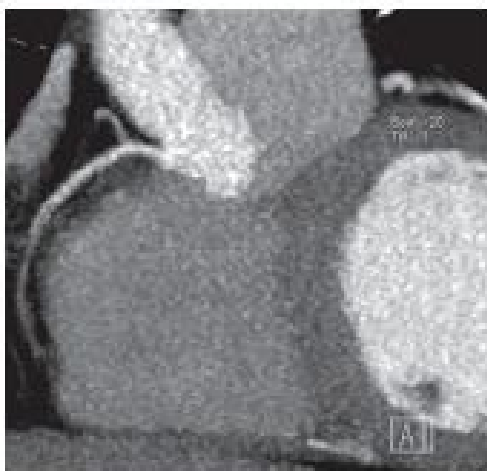
PDA ve posterolateral dalı oluşturan koroner arter 'dominant' arter olarak adlandırılır. RCA olguların %70 kadarında dominanttır (Resim 7a). LCA olguların %10 kadarında dominant olup, PDA ve LCx arterin posterolateral dalları ile birlikte tüm sol ventrikülü besler. Kalan olgularda RCA ve LCA kodominanttır. Bu durumda sol ventrikülün diyafragmatik duvarları hem RCA hem de LCA tarafından beslenir (Resim 7b). Distal RCA uzunluğu ile LCA'nın kalbin inferior yüzündeki uzunluğu ters orantılıdır (2). Sol dominansi bulunan hastalarda RCA LCx ile kıyaslandığında tipik olarak kısadır (Resim 7c).



a.



b.



c.

Resim 7. (a) VR imajda kalbin inferior yüzeyi görülüyor. Sağ dominant sistem mevcuttur, PDA (beyaz ok başı) RCA'dan (siyah ok başı) kaynaklanıyor. Bir posterolateral dal (ok) da görülüyor. (b) VR imajda kodominant sistem mevcuttur, inferior miyokardiyal alan RCA ve LCX arterden eşit olarak besleniyor. (c) Koronal MPR imajda sol dominant sistem mevcuttur, RCA normalden daha küçük görülüyor.

2.1.3. Segmental Koroner Arteriyel Anatomi

Konvansiyonel koroner anjiyografide yıllar boyunca koroner arterleri spesifik anatomik yapılar ve arteriyel dallara dayanarak segmentlere ayıran bir klasifikasyon şeması kullanılmıştır (6). Bu sistem kardiyak BT anjiyografi yapılan birçok merkezce kullanılmıştır. Ortak bir terminolojinin kullanımı doktorlar arasında kardiyak hastalığın doğru lokalize edilmesini ve anlaşılmasını kolaylaştırır (Resim 8).



Resim 8. VR imajlarda Austen ve ark. (6) tarafından açıklanan ve koroner hastalığı doğru lokalize etmeye yardımcı olan sol (a) ve sağ (b) segmental koroner arteriyel anatomi görülüyor. Sol marjinal dal 5 (geniş beyaz ok), LCX 11 (geniş siyah ok başı), LAD 6 (geniş beyaz ok başı), LAD 7 (siyah ok), LAD 8 (küçük siyah ok başı), LAD 9 (küçük beyaz ok), LAD 10 (küçük beyaz ok başı) dahil olmak üzere kalbin süperior (sol) ve anterolateral (sağ) görünümüleri a'daki imajlarda görülüyor. RCA 1 (siyah ok), RCA 2 (geniş beyaz ok başı), RCA 3 (beyaz ok), RCA 4 (siyah ok başı) ve RCA 16 (küçük beyaz ok başı) dahil olmak üzere kalbin sağ (sol) ve inferior (orta ve sağ) görünümüleri b'deki imajlarda izleniyor.

2.1.3.1. Sol Koroner Arter

Sol koroner arter ostiumdan bifurkasyon (ya da trifurkasyona) kadar uzanır.

2.1.3.2. LAD Arter

LAD arter proksimal, orta ve distal kısımlara ayrılır. Proksimal LAD arter sol ana bifurkasyondan ilk septal dal orijinine kadar uzanır. LAD arter orta kesimi, ikinci septal perforan dalın orijinine de denk gelen, arterin ani açıldığı noktaya kadar uzanır. Orta ve distal LAD arter ilk septal perforan dal ile kalbin apeksi arasındaki mesafenin yarısına kadar ayrı seyredebilirler. Apikal segment arterin terminasyonunu temsil eder.

2.1.3.3. LCX Arter

LCX arter obtuz marjinal dalların (genellikle geniş) orijinine dayanarak proksimal ve distal segmentlere ayrılır. Daha önce de belirtildiği gibi, LCX arter varyatif olarak posterolateral dalı verir. Ayrıca, PDA olarak bitebilir.

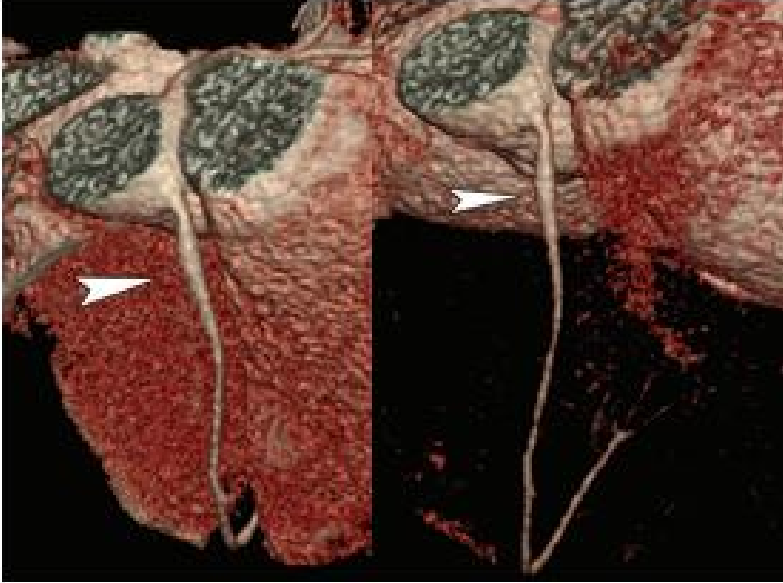
2.1.3.4. Sağ Koroner Arter

Proximal RCA ostiumdan başlayıp kalbin akut açısına (**margo dexter, margo acutus**) olan mesafenin yarısına kadar uzanır. RCA orta kesimi bu mesafenin

diğer yarısını oluşturur. Distal RCA kalbin akut açısından PDA orijinine kadar posterior atriyoventriküler oluk boyunca seyreder.

2.1.4. Normal Koroner Arter Çapı

Normal koroner arter çapları katater anjiyografi ile değerlendirilmiştir. Ortalama çap cinse göre değişmekte olup kadınlarda yaklaşık 3 mm, erkeklerde 4 mm'dir (7). Her bir koroner arterin ortalama çapı da değişken olup 5 mm (erkeklerde LCA) ile 2 mm (kadınlarda PDA) arasında değişir (7). Ancak bu ölçüm sadece lüminal çap ile ilgili bilgi verirken çok kesitli BT yüksek rezolüsyon ile arter duvarını da gösterebilir. Komşu normal koroner arter çapına göre 1,5 kat çapsal artış durumunda fokal anormal dilatasyondan bahsedilir ve anevrizma olarak tanımlanır (8). Diffüz olması durumunda ektazi olarak tanımlanır (8). Her iki görünüm kardiyak BT anjiyografi ile kolayca ayırd edilebilir (Resim 9). Koroner arter anevrizmalı bireylerin iskemi açısından daha yüksek riske sahip olduğu öne sürülmüştür (8).

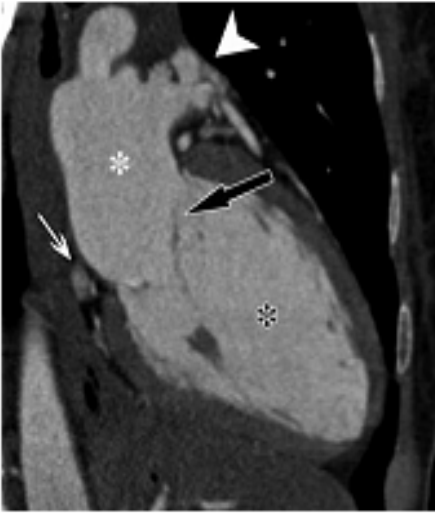


Resim 9. VR imajda Kawasaki hastalığı bulunan bir adolesanda fokal RCA anevrizması (ok başı) görülüyor.

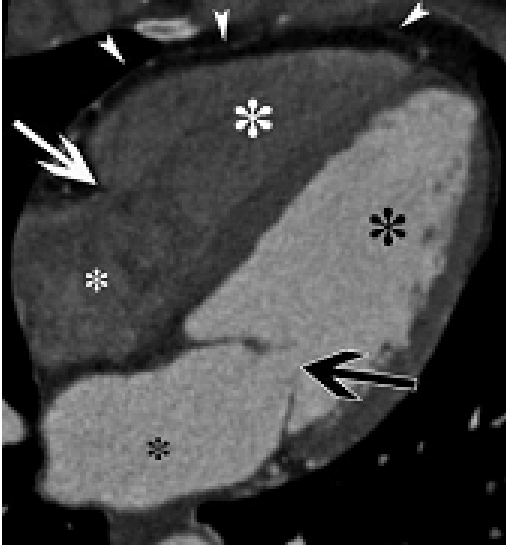
2.2. Kardiyak Görüntüleme Planları ve Kalbin Sol Kesimi

2.2.1. Vertikal uzun aks görüntüsü

Vertikal uzun aks görüntüsü sol ventrikül uzun aksı boyunca alınan parasagittal plandır. Sol atriyum ile sol ventrikül arasındaki ilişki vertikal uzun aks imajlarına göre yapılır (Resim 10). Sol ventrikül miyokardının inferior ve anterior duvarları bu görünümde optimize edilir. Biküspit mitral valv ve sol ventrikülün yapı ve fonksiyonu vertikal uzun aks sine imajlarda iyi bir şekilde gösterilebilir ve sol atriyum appendiksi ve CS rutin olarak tanımlanabilir (Resim 10).



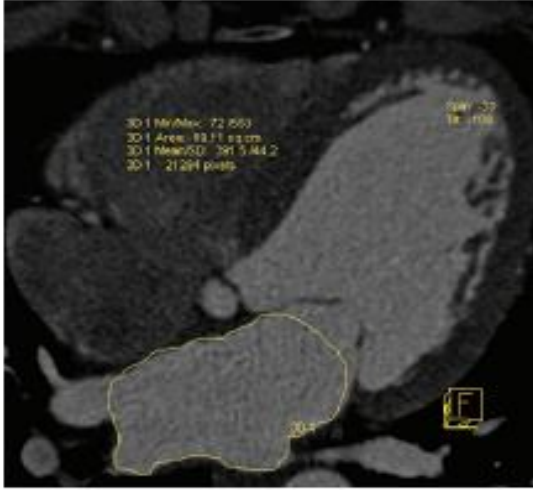
Resim 10. Vertikal uzun aks MPR imajda sol ventrikül (siyah *), sol atriyum (beyaz *), sol atriyal appendiks (beyaz ok), mitral kapak (siyah ok) ve CS (ok başı) görülüyor.



Resim 11. Horizontal uzun aks MPR imajda sol ventrikül (geniş siyah *), sağ ventrikül (geniş beyaz *), sol atriyum (küçük siyah *), sağ atriyum (küçük beyaz *), mitral kapak (siyah ok), triküspit kapak (beyaz ok) ve perikard (ok başları) görülüyor.

2.2.2. Horizontal Uzun Aks Görüntüsü

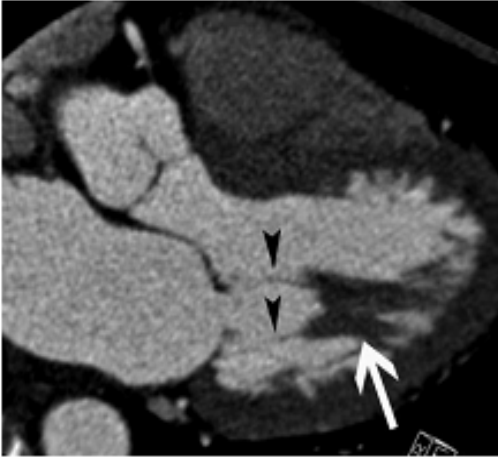
Horizontal uzun aks görüntüsü, ya da dört boşluk görüntüsü, dört kardiyak boşluğu ikiye bölen horizontal plandır (Resim 11). Boşluk boyutu ve valv pozisyonunu değerlendirmek mümkündür. Septal, apikal ve lateral sol ventrikül duvarları simültane değerlendirilebilir. Sol ventrikül lateral duvarı anormal olarak kalınlaşmış kalpte bile apekte incedir (tipik olarak 1–2 mm) (9). Atrioventriküler valvüler ve ventriküler fonksiyon açısından subjektif değerlendirme de sine mod ile yapılabilir. Birçok iş istasyonu kullanıcı tarafından tanımlanan yapıların alanını ölçebildiği için sol atriyum boyutu hemen değerlendirilebilir. Horizontal uzun aks görüntüsünde mitral valv düzeyinde sol atriyumun endokardiyal sınırı boyunca bir çizgi çizilir (Resim 12). Bu çizgi pulmoner venlerden ve sol atriyum appendiksinden ayrı irregüler bir elips oluşturur. Elipsin alanı iş istasyonu tarafından otomatik olarak hesaplanır. Alan 20 cm²'den az ise normal, 20–30 cm² ise hafif anormal, 30–40 cm² ise orta derecede anormal, 40 cm²'den büyük ise ciddi derecede anormaldir (10). Alan ölçümünde maksimum sol atriyum alanı değerlendirilir. Mitral kapak açılmadan hemen önce maksimum, mitral kapağın kapanmasıyla birlikte minimum sol atriyum alan ölçümü elde edilir.



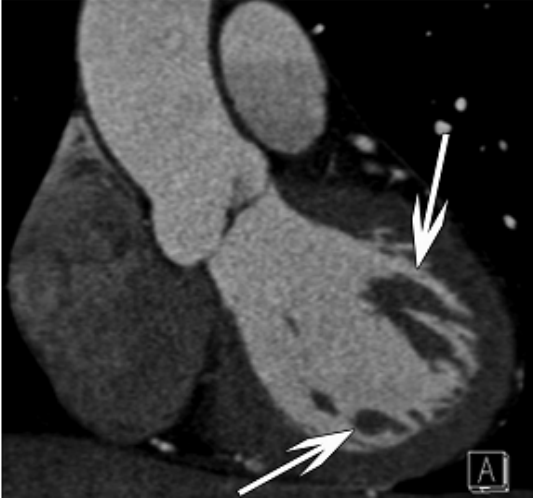
Resim 12. Horizontal uzun aks MPR imajda sol atriyum alanının hesaplanması ile ilgili görünüm mevcuttur. Sol atriyumun endokardiyal sınırından çizilen sarı çizgi, irregüler bir elips oluşturur. Birçok iş istasyonu, elipsin içindeki alanı hızlıca hesaplayabilir.

2.2.3. Üç Boşluk Görünümü

Üç boşluk görünümü sol ventrikül, sol atriyum, aortik kök, mitral valv ve aortik valvin optimal görünümünü sağlayan oblik uzun aks görüntüsüdür (Resim 13). Bu genellikle manuel olarak elde edilir ve kalbin tabanı düzeyinde kısa aks görünümüdür. Üç boşluk görünümü sol ventrikül çıkış yolu, aortik kapak, aortik kök ve proksimal asendan torasik aortanın değerlendirilmesine olanak verir. Bu görünümde posteromedial papiller kasların sol ventrikül serbest (lateral) duvarından çıkımı görülür. Bu kaslar mitral valve lineer fibröz bantlar olan korda tendinealar ile bağlıdır. Sistol sırasında sol ventrikül miyokardı kontrakte olur. Papiller kaslar da kontrakte olur, mitral valvi kuvvetle çekerek kapatır ve regürjitasyonu önler (Resim 14).



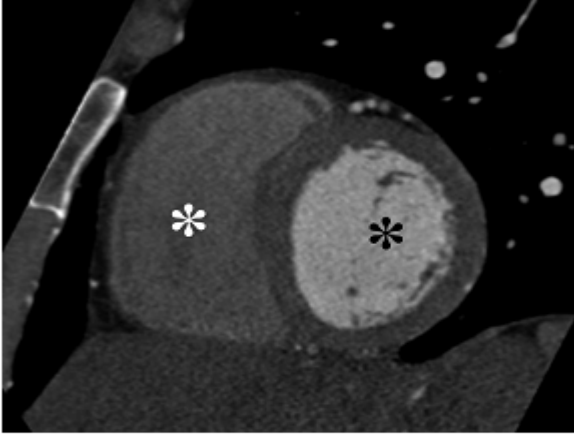
Resim 13. Üç boşluk MPR imajda sol ventrikül papiller kasları (ok) ve korda tendinealar (ok başları) görülüyor.



Resim 14. Koronal MPR imajda sol ventrikül papiller kasları (oklar) görülüyor.

2.2.4. Kısa Aks Görünümü

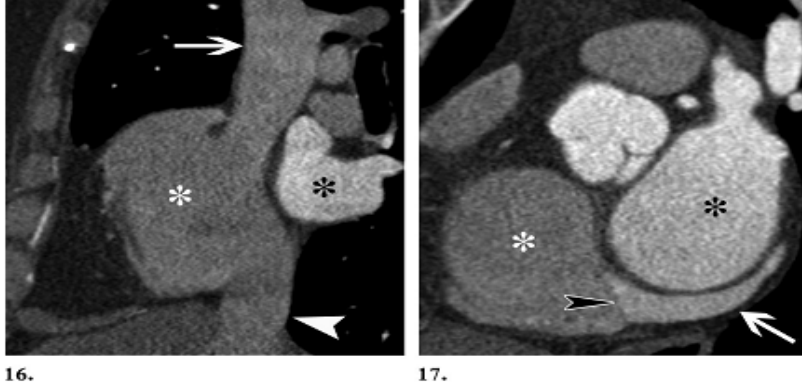
Kısa aks görünümü sol ventrikül lümeninin aşağısında toraksa yakın oblik koronal planda elde edilir (Resim 15). Kısa aksta mitral valvden apekse doğru ilerledikçe sol ventrikül miyokardının bazal, orta ve apikal kesimleri değerlendirilebilir. Bu plan sol ventrikül boyutu ve miyokard kontraktilitesinin kolayca değerlendirilmesini sağlar.



Resim 15. Kısa aks MPR imajda orta-sağ ventrikül (beyaz *) ve orta-sol ventrikül (siyah *) görülüyor.

2.3. Kalbin Sağ Kesimi

Kullanılan enjeksiyon protokolüne bağlı olarak kalbin sağ tarafındaki kontrastlanma derecesi değişir. Eğer kalbin bu tarafı kontrastlanırsa sağ atriyum, sağ ventrikül ve triküspit valvler detaylı olarak değerlendirilebilir. Sağ atriya gelen kan primer olarak süperior vena kava, inferior vena kava ve CS'den gelir. Krista terminalis sağ atriyum ile süperior vena kava bileşkesinde bulunur ve posterior sağ atriyumun düz kas liflerini anteriordaki trabeküle kas liflerinden ayıran müsküler bir köprüdür. Östaki valvi sağ atriyum ile inferior vena kava bileşkesinde bulunur ve akımı foramen ovaleye doğru yönlendirir (Resim 16) (2). Tebesian valvi sağ atriya'dan CS'e reflüyü önler (Resim 17) (11).



Resim 16, 17. (16) Sagittal MPR imajda inferior vena kava (ok başı), süperior vena kava (ok), sol atriyum (siyah *) ve sağ atriyum (beyaz *) görülüyor. Kalbin sağ kesimine ait yapılar kullanılan injeksiyon protokolüne bağlı olarak rutin olarak değerlendirilebilir. (17) MPR imajda sağ atriyum (beyaz *) içine giren CS (ok) görülüyor. Normal tebesian valv (ok başı) ve sol atriyum (siyah *) da izlenmektedir.

Sağ ventrikül kardiyak boşlukların en önde olanıdır, sol ventrikül papiller kaslarına benzeyen yoğun trabeküle apeksi ve papiller kasları vardır. Sağ ventrikülün düz müsküler infundubulumu (veya konus) sağ ventrikülün çıkış kesimidir (Resim 18). Sağ ventrikülün karakteristik bir yapısı olan moderatör bant interventriküler septumdan anterior papiller kasın tabanına uzanan müsküler bir banttır. Moderator bant sağ demet dalı iletim sisteminin parçasıdır (Resim 19). Moderator bant ve trabeküle apeks sağ ventrikülün belirgin özellikleri olmakla birlikte iyi gelişmiş infundibulum, septal papiller kaslar ve atrioventriküler valv ve çıkış yolundaki fibröz devamlılığın bulunmaması gibi diğer özellikler de sağ ventrikülü sol ventrikülden ayıran anahtarlardır (12). Konjenital kalp hastalığının komplike olgularında sol ventrikülü sağ ventrikülden ayırmak oldukça önemlidir. Sağ ventrikül değerlendirilmesi herhangi bir toraks çok kesitli BT tetkiki ile yapılabilir ve önemli prognostik bilgiler verir. Aksiyal imajlarda sağ ventrikül boyutu ile sol ventrikül boyutunu oranı (Sağ ventrikül/Sol ventrikül çap oranı) pulmoner embolinin ciddiyeti ile fatal sonuçlar arasındaki korelasyonu gösterir (13). Sağ ventrikül ölçümü triküspit kapak düzeyinden yapılır ve serbest duvarın endokardiyal yüzeyi ile septal duvarın endokardiyal yüzeyi arasındaki maksimum uzaklığı temsil eder. Sol ventrikülün benzer

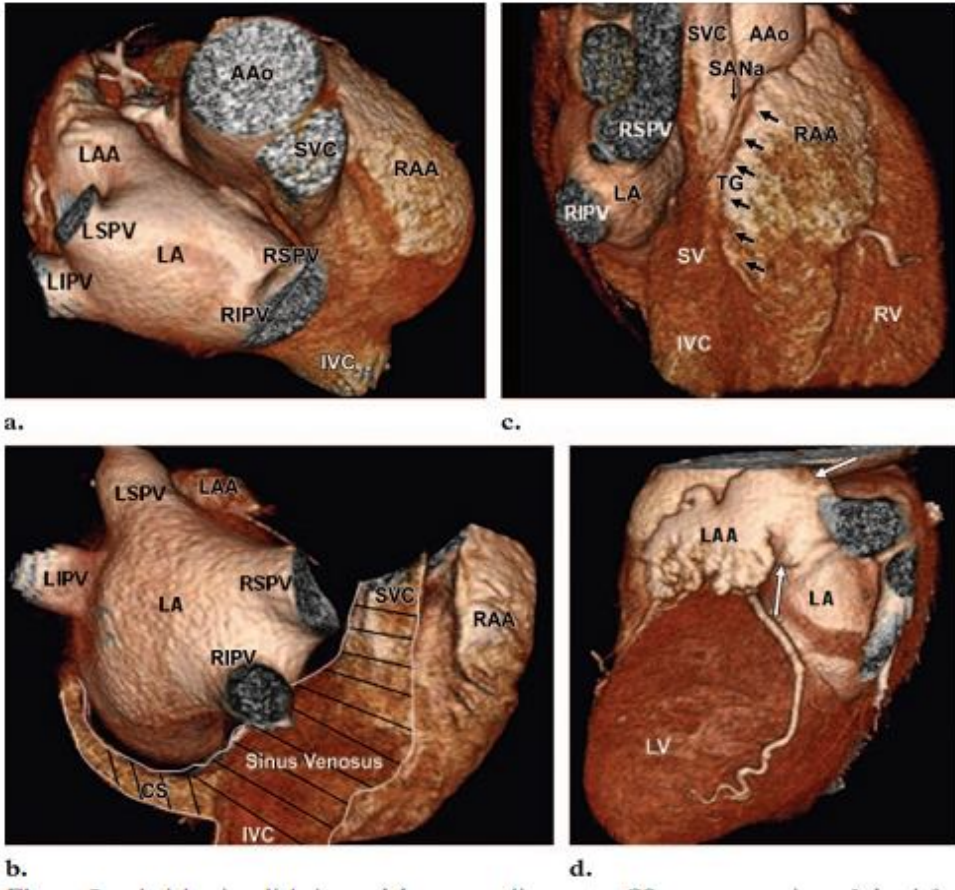
ölçümü mitral valv düzeyinden yapılır, sağ ventrikül/sol ventrikül çap oranı da hesaplanır. Oran 1 ya da altında ise normal, 1,5 üzerinde ise ciddi pulmoner emboli söz konusudur (13).



Resim 18, 19. (18) Oblik MPR imajlarda sağ atriyum (a'da siyah ok), sağ ventrikül çıkış yolu (siyah *) ve pulmoner kapak (ok başı) görülüyor. Sol atriyum (beyaz *) ve aorta (a'da beyaz ok, b'de ok) da görülüyor. Aortik valvüler fonksiyonu belirlemek için bu düzeyde sine imajlar elde edilebilir. Sıklıkla, manuel olarak elde edilmiş MPR imajlarla birçok yapı değerlendirilebilir. (19) Üç boşluk MPR imajda sağ ventrikül moderatör bant (ok) izleniyor.

2.3.1. Sağ Atriyumun Belirgin Anatomik Yapıları

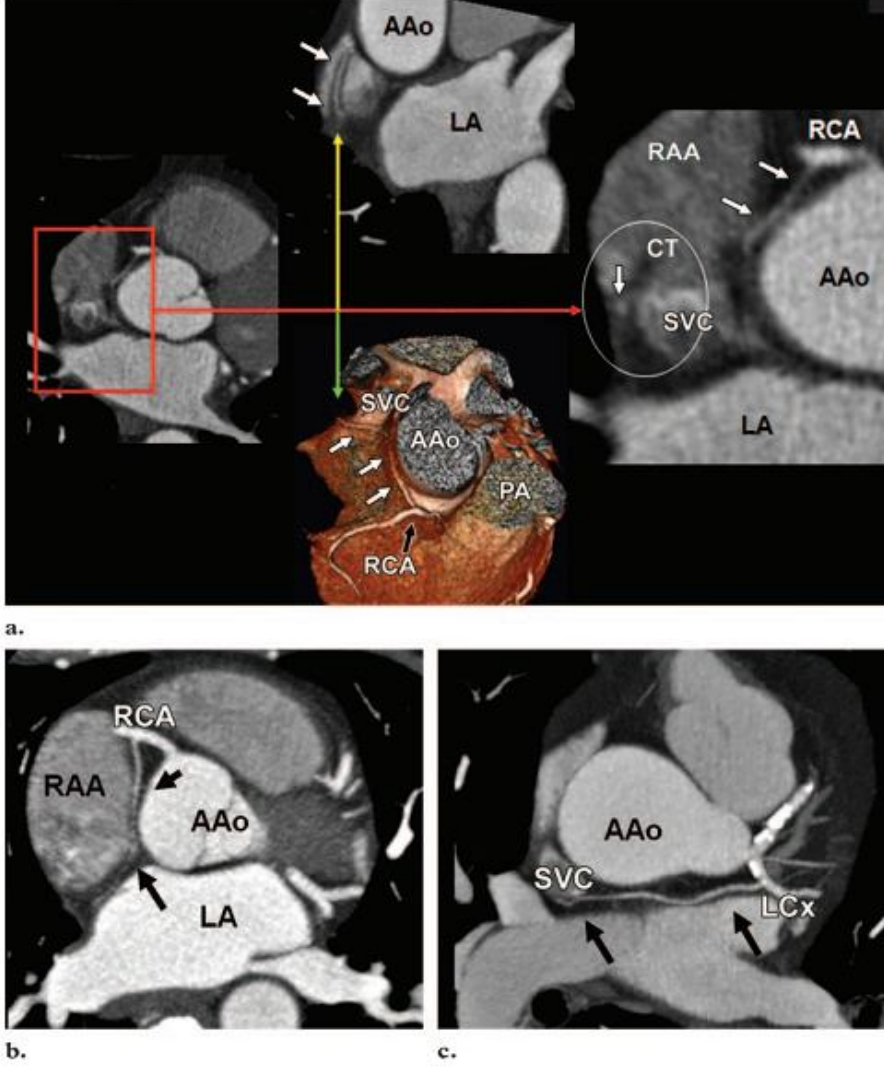
Sağ atriyum sağ ve anteriorda, sol atriyum sol ve posteriorda yerleşimlidir (Resim 20a) (82). Sağ atriyum üç komponentten oluşur: appendiks, venöz kesim ve vestibül (14). Krista terminalis olarak bilinen belirgin müsküler köprü düz duvarlı venöz kesimi (sinus venozus) appendiksten ayırır. Vestibül, triküspit orifisi çevreleyen düz müsküler kenardır. Terminal oluk (sulkus terminalis), epikardiyal tarafta yağ ile dolu bir oluktur ve iç kısımda krista terminalis ile birleşir (Resim 20c). Sinüs nodu ve SNA'nın terminal segmenti kavoatriyal bileşkeye yakın olarak, bu olukta bulunur.



Resim 20. Atriyal epikardiyal görünüm. AAO:asendan aorta, CS:koroner sinüs, LA: sol atriyum, LIPV: sol inferior pulmoner ven, LSPV: sol süperior pulmoner ven, LV: sol ventrikül, RAA: sağ atriyal appendiks, RIPV: sağ inferior pulmoner ven, RSPV: sağ süperior pulmoner ven, RV: sağ ventrikül. (a) Üç boyutlu imajda (süperior görünüm) sağ atriyum kavitesi sağ ve anteriorda, sol atriyum sol ve posteriorda görülüyor. (b) Üç boyutlu imajda (posterior görünüm) sinus venozusun anatomik sınırları görülüyor (taranmış alan). (c) Sağ lateral 3 boyutlu imajda dominant özellik geniş, üçgen şekilli sağ atriyal appendikstir. Terminal oluk (TG) (oklar) sinus venozus (SV) ile sağ atriyal appendiks arasındadır. Sinoatriyal nodal arter (SANa) bu olukta seyrederek. (d) Sol lateral 3 boyutlu imajda sol atriyal appendiks küçük, lobüle yapı olarak görülüyor. Trabeküle kenarı ve dar boynu nedeniyle (oklar), sol atriyal appendiks trombus depozisyonu için potansiyel bir alandır.

2.4. Sinoatriyal Nod ve Sinoatriyal Nodal Arter

Sinoatriyal nod kardiyak impulsun kaynağı olup histolojik olarak normal çalışan hücrelere göre daha küçük hücrelerden oluşur (15). Sinoatriyal nod, superior kavoatriyal bileşkede bulunan, superior vena kavadan krsta terminalis boyunca inferior vena kavaya doğru uzanan subepikardiyal iğ şekilli bir yapıdır (15, 16, 17). Subendokardiyum içinde uzanarak krsta terminalisin kas yapısına penetre olur ve en iyi aksiyal imajlarda görülür (82) (Resim 21a). Sinoatriyal nod pozisyon ve uzunluğu değişir (ortalama, 20 ± 3 mm) (18). Epikardiyal yüzeye yakınlığından dolayı, seçilmiş kardiyak cerrahilerde veya yaygın perikardiyal hastalıklarda zarar görebilir (19). Sinoatriyal nod, santral (vakaların %70'i) veya nod içinde eksantrik seyreden sinoatriyal nodal arteri çevreler (16). Sinoatriyal nodun radyofrekans ablasyon katateri ile modifiye edilmesi uygun olmayan sinüs taşikardisinde tedavi olarak uygulanmaktadır (20). Sinoatriyal nodun subepikardiyal yerleşimi nedeniyle, endokardiyal yüzeyden yaklaşıldığında nodun ablasyonu için gereken RF enerjisi daha fazladır (16). ÇKBT, krsta terminalisin kalınlığını ölçmek için ve nodal doku içerisinde SNA'nın yerleşimini yaklaşık olarak göstermek için kullanılabilir. Santralde lokalize SNA, RF hasarının yayılımını azaltarak, serinletici etki sağlayabilir (16, 21). Yüksek RF enerjisi sadece krsta terminalisin miyokardiyumunu değil, SVK'yı da yaralayabilir (22). Sinoatriyal nodun RF ablasyonu, ablasyon katateri, sinoatriyal nodun kuyruğunun subendokardiyal olduğu, krsta terminaliste kaval venlerin arasındaki mesafenin ortasına yerleştirildiği zaman az bir risk ile daha efektifir (16). Bu uzaklık ÇKBT ile ölçülebilir. SNA proksimal sağ koroner arterden (vakaların %60'ı) veya sol sirkumfleks arterden (%40) çıkan genellikle tek sayıda bir daldır (Resim 21b, 21c) (23, 24). Orijin aldığı artere bakılmaksızın, SNA genellikle anterior interatriyal oluk boyunca superior kavoatriyal bileşkeye doğru seyreder. Kavoatriyal bileşkede, SNA seyri değişkendir, anteriordan (prekaval) ya da posteriordan (retrokaval) geçerek noda girebilir.



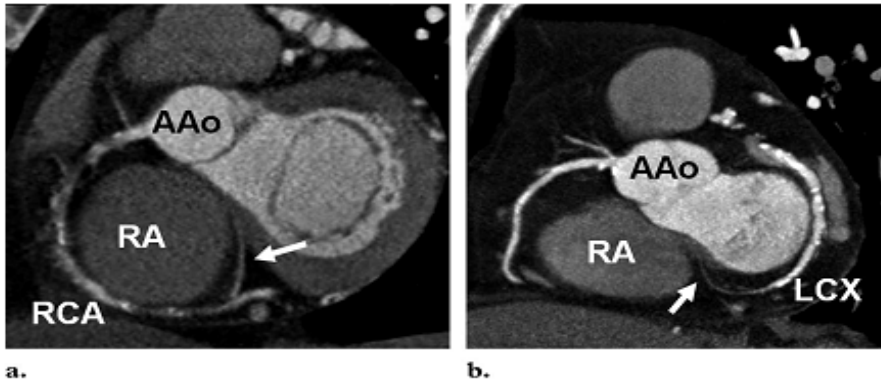
Resim 21. Sinoatriyal nodal arter ve çevre yapıları anatomisi. AAo: asendan aorta, LA: sol atriyum, PA: pulmoner arter, RA: sağ atriyum, RAA: sağ atriyal appendiks, RCA: sağ koroner arter. (a) Aksiyal (üstte) ve kısa aks (sağ) BT görüntülerinde sinoatriyal nodal arter (oklar) süperior vena kavanın anteriorunda, terminal parçası krista terminalisin miyokardiyal dokusunda seyrediyor. Sinoatriyal nod arter etrafında bulunur (renkli oklar). (b,c) Aksiyal koroner BT anjiyografik imajlarda sinoatriyal nodal arter (oklar) RCA'dan (b) veya LCX arterden (c) kaynaklanabilir.

2.5. AV Nod ve AV Nodal Arter

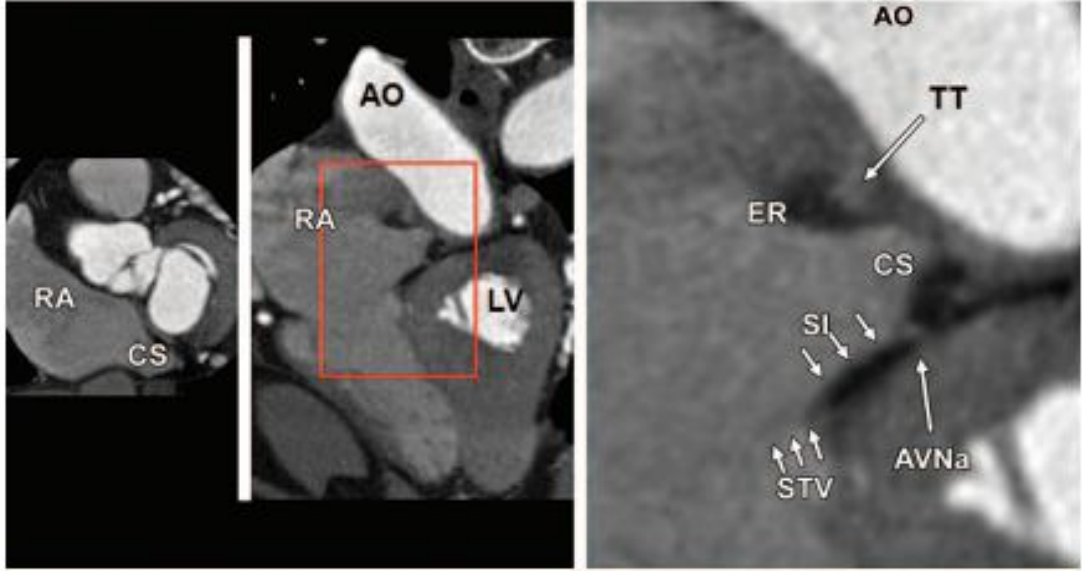
AV nod Koch üçgeninde bulunur. Kompakt bir kısım ve transisyonal hücrelerden oluşan bir alan içerir (25). AV nod distale doğru penetran His demeti ile birlikte devam eder. His demeti santral fibröz gövdenin konnektif dokusu ile çevrelenmeye başlar, böylece bilgiyi ventriküllere ileten iletim yolu haline gelir (25). AV nodal arter distal sağ koroner arterin U-dönüşünün apeksinden orijin alır ve hastaların %80-%87'sinde krus seviyesinde posterior interatriyal septum tabanına penetre olur (26, 27, 28). Kalan hastalarda, sol sirkumfleks arterin terminal kesiminden orijin alır (vakaların %8-%13'ü) ya da daha az sıklıkla, hem sağ koroner arter hem sol sirkumfleks arterden çıkar (%2-%10) (Resim 22).

Arter posterior interventriküler

septum, interatriyal septum, AV nod ve penetran His demetine dallar verir (27). Bazı hastalarda Koch üçgeni düzeyinde, AV nodal arter koroner sinüs ostiyumu ve septal istmus yanında endokardiyumun hemen aşağısında seyrederek. Bu nedenle yavaş yavaş kesiminde RF ablasyon sırasında AV nodal arter koagülasyonu için yüksek risk vardır. Ancak tam AV blok, AV nodda doku zedelenmesinin direkt sonucudur (29, 30). Bu ilişki ÇKBT ile kolaylıkla gösterilebilir (82) (Resim 23).



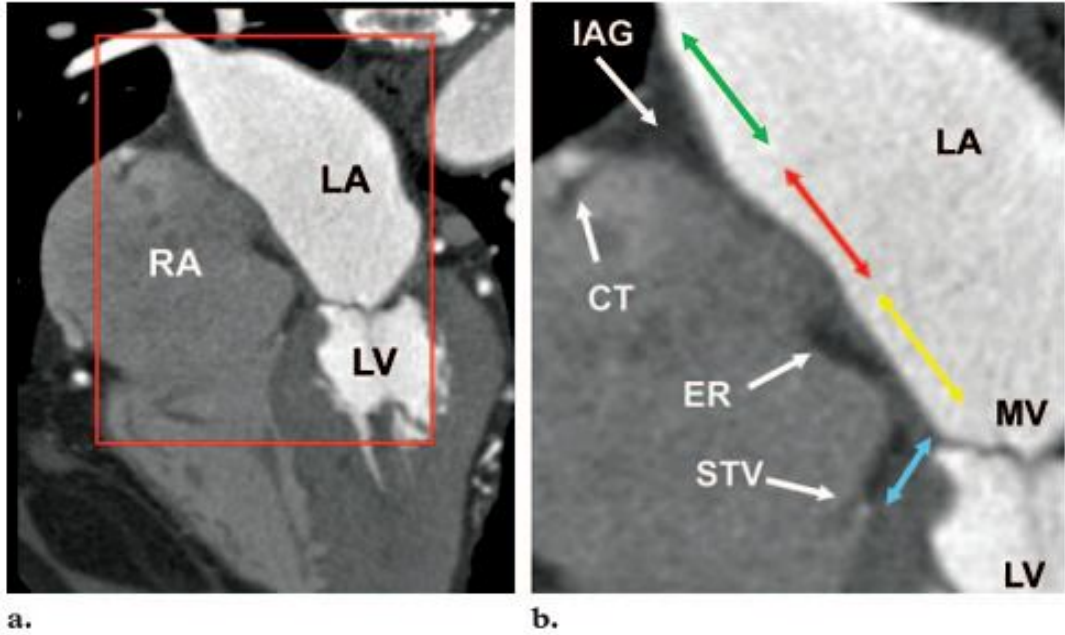
Resim 22. İnförir piramidal alan düzeyinden alınan kısa aks BT görüntülerinde sağ ANA (ok) RCA'dan (a) ve LCX arterden (b) kaynaklanıyor. AAo: asendan aorta, RA: sağ atriyum.



Resim 23. BT imajlarında (sağdaki imaj solundaki kutucuğun büyütülmüş görünümüdür) septal istmus görülüyor. Belirgin östaki köprüsü (ER) ve kas yapısı içinde Todaro tendonu (TT) görülüyor. ANA ile septal istmus (SI) ve CS yakınlığı dikkati çekiyor. SI ve CS ostiyumu Koch üçgeninin tabanını oluşturur (AO: aort, AVNa: atriyoventriküler nodal arter, STV: triküspit kapağın septal yaprağı).

2.6. İnteratriyal Septum

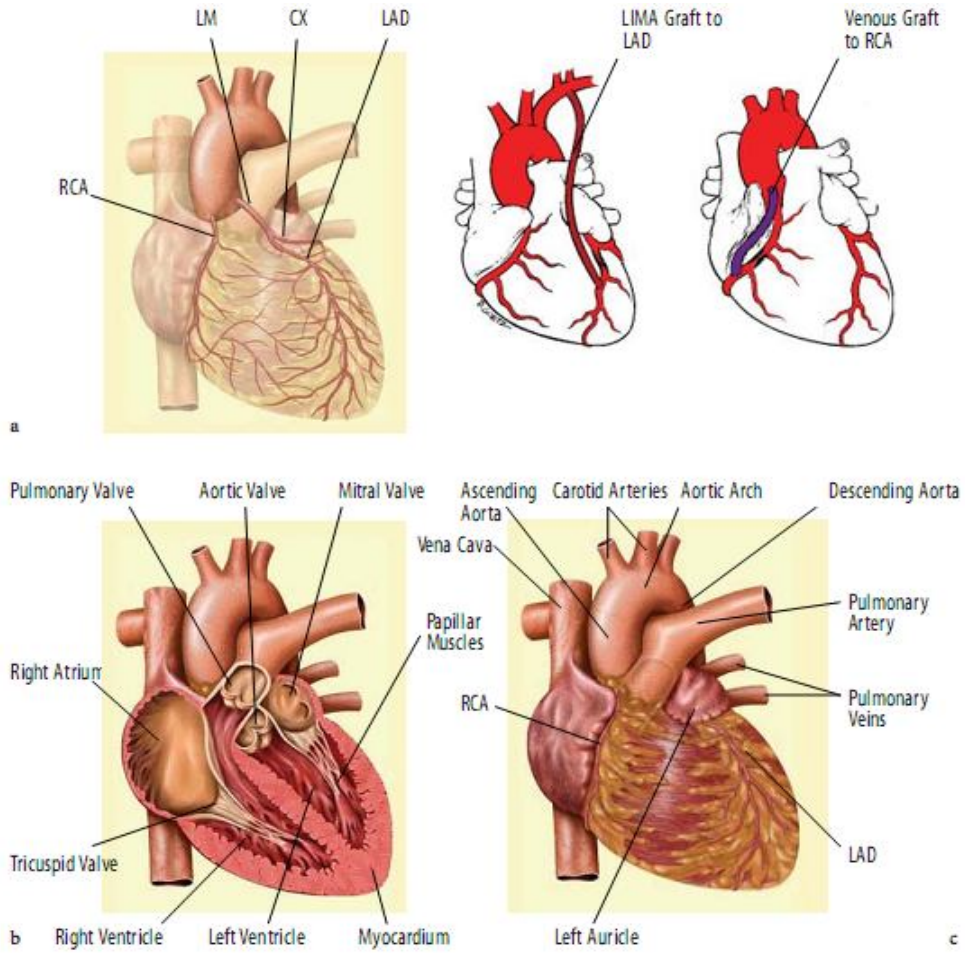
Atriyal septasyon bir takım doku komponentleri içeren kompleks bir süreçtir (31). Septum, kardiyak kaviteyi, ekstrakardiyak yapılara karıştırmadan hareket eden duvar olarak tanımlanır (14). Gerçek atriyal septum, foramen ovalenin (septum primum) esnek valvi ve bunun anteroinferior kenarının bir kısmından oluşur. Septum sekundum olarak da adlandırılan, fossanın süperior rimi; süperior vena kava ile sağ pulmoner venler arasında kalan, gerçek bir septum olmayan bir duvardır (Resim 24).



Resim 24. İnteratriyal septumun komponentleri. Dört boşluk görünümü (a) ve kutucuğun büyütülmüş görünümünde (b) süperior interatriyal oluk (IAG), östaki köprüsü (ER) ve müsküler AV septum (mavi çift yönlü ok) dahil olmak üzere nonseptal alanlarda ekstrakardiyak yağ birikimi görülüyor. İki atriyum arasındaki tek gerçek septum oval fossa (kırmızı çift yönlü ok) ve inferior rimin küçük bir parçası (sarı çift yönlü ok) ile sınırlıdır. Yeşil çift yönlü ok süperior rimi gösteriyor. Oval fossanın anatomik sınırlarını belirlemek için BT en iyi tetkiklerden biridir. CT: Krista terminalis, MV: Mitral kapak, STV: triküspit kapağın septal yaprağı).

2.7. Kardiyak Görüntüleme

Kalbin anatomik yapılarını görüntüleyerek kardiyak patolojilere tanı koymak için çeşitli invaziv ve non-invaziv görüntüleme yöntemleri mevcuttur (Fig. 1.5). Kardiyak hareketleri görüntüleyerek kalp fonksiyonu hakkında da bilgi edinilebilir.



Resim 25. Koroner arter ağacı ve segmentleri: sol ana trunkus (LM), sol anterior desendan (LAD), sirkümfleks (CX) ve sağ (RCA) koroner arterler. Asendan aortadan kaynaklanan venöz koroner bypass grefti periferik LAD'i besler. Kardiyak çemberleri, kardiyak kapakları (b), asendan, transvers ve desendan aorta gibi büyük torasik damarları ve pulmoner damarları (c) da içeren genel kardiyak morfoloji görülüyor. (BayerVital AG, Leverkusen, Almanya: www.cardio.bayer.com)

2.7.1. Kardiyak görüntülemede BT'nin tarihçesi ve evrimi

1972 yılındaki başlangıcından bu yana X-ışını BT, kontrastlı anjiyografik vasküler tanıda en dirençli ve sık kullanılan non-invaziv görüntüleme modalitesi olmuştur (32, 33).

Hızlı kalp hareketleri ve görüntüleme hızındaki limitasyonlar, temporal rezolüsyon ve hacim kapsamı nedeniyle kalp ve koroner arterlerin BT ile görüntülenmesi ilgi çekici bir araştırma alanı olmuştur.

2.7.2. Elektron-Beam BT prensipleri ve Uygulamaları

Kardiyak hareketi dondurmak için gerekli olan çok kısa imaj akuzisyon zamanına ulaşabilmek için, sabit dedektör sıralı ve hareketi mekanik olmayan X ışını kaynağı bulunan dördüncü jenerasyon BT sistemleri geliştirilmiştir. Elektron-Beam BT (EBT) denen bu teknoloji klinik uygulamalarda ilk olarak 1982'de kullanılmıştır (34). Tungsten anod ringinden bir X ışını demeti yayılır, boşlukta fiske edilir, elektron demeti ile çarpıştırılır. Elektron demeti elektromanyetik olarak kontrol edilir ve aksiyal kesitlerin rekonstrüksiyonu için gerekli X ışını kaynağı pozisyonlarını kaplayarak hedef ringi devamlı tarar (Şekil 1a). 500 mm'lik görüntü alanı taraması için eksiksiz demet veri ayarlaması elde etmek amacıyla anod ring ve dedektör ringi 270° kadar açığı kapsamalıdır. Anod ring ve detektör ringi komşu planlarda bulunur ve yüksek zıtlığı bulunan yapılar arasında artefakt oluşturabilecek, koni açısı tarafından eğilen X ışınlarını yayar. Elektron tabancasının yerleşimi hasta masasının hareketlerini ve tarama aralığını sınırlar. Kardiyak anatomiyi kapsamak için 640 mA civarında sabit ışın düzeyinde 50-100 ms doz süresi ile EKG-senkronize sekansiyel tek kesit tarama kullanılır, her kesite 32-64 mAs doz sağlar (35). Akuzisyonun kalp hareketleri ile senkronizasyonu EKG bilgileri kullanılarak sağlanır ve düşük kalp hareketi esnasında faz bağımlı kesitler elde edilir. EBT ile sekansiyel görüntüleme için, R dalgası sonrası spesifik kullanıcı-seçimli gecikme ile BT taramasını başlatmak için EKG'den prospektif tetikleme alınır (Şekil 1b). Her bir kardiyak siklus için verilen faz parametresinden (örneğin, R dalgası sonrası RR-intervalinin bir yüzdesi süresi gecikme) gecikme süresi hesaplanır ve RR intervallerinin bireysel prospektif değerlendirmesine dayanır. Genellikle gecikme kardiyak boşlukların ve koroner arterlerin hareketlerinin minimum olduğu diastolik fazda alınan görüntüler şeklinde tanımlanır (36, 37). Çok kısa ekspozur zamanına bağlı yüksek gürültü imaj kalitesini düşürür, tek kesit akuzisyon longitudinal rezolüsyonu kısıtlar. 0.8×0.8×3 mm'lik tipik voksel boyutu, 12 cm volüm için 25-40 s'lik tipik tarama zamanı ile 7 lp'ye kadar ve 3 mm kesit kalınlığında in-plane rezolüsyonun ürünüdür. Kesit akuzisyon'u ile daha ince (kesit kalınlığı 1.5 mm'ye kadar) kesitler üst üste geldiğinde daha yüksek longitudinal rezolüsyon mümkündür fakat uzun tarama süresi ve artmış gürültü nedeniyle pratik değildir. EBT'nin majör klinik uygulamaları koroner arter

kalsifikasyonunun tanınması ve ölçülmesi (skorlama) (38,39,40,41) (Resim 26a) ve koroner arterlerin BT anjiyografisidir (42,43,44,45) (Resim 26 b,c).

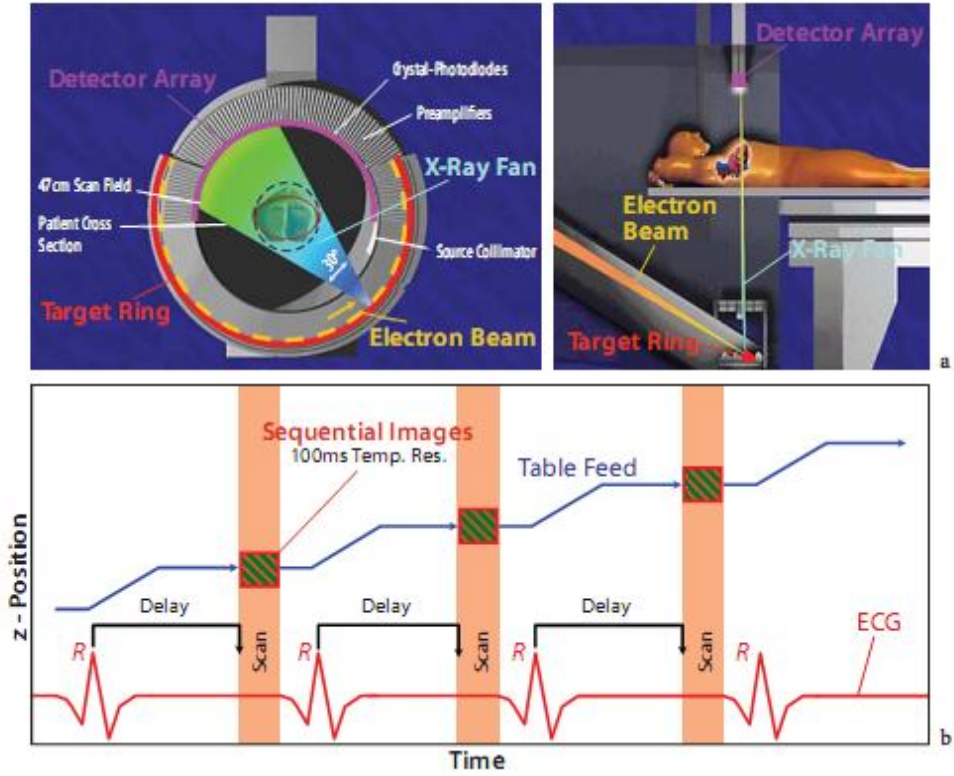
EBT görüntülemenin günümüzde limitasyonları koroner kalsiyum ölçümünün sınırlı çoğaltılabilirliği, düşük sinyal-gürültü oranına bağlı non-kalsifiye aterosklerotik plakların tanınmasındaki sınırlılıklar ve koroner arterlerin 3 boyutlu görüntülerinin sınırlı spasiyal rezolüsyonudur (46, 47). EKG senkronize kardiyak incelemelerde aksiyal non-spiral taramadaki kısıtlılık nedeniyle EBT kullanılarak 3 boyutlu volüm imajlarının akuzisyonu tek nefes tutuşu taramasında sadece kısıtlı z-rezolüsyonu sağlayabilir. Kardiyak anatomi taramalarına ek olarak EBT kardiyak fonksiyon ve kardiyak perfüzyon görüntüleme için akuzisyon modları sunar. Sistem sekiz kesitin simultane taraması için dört hedef ring ve iki detektör ringi içerir. 64 mm'lik hacim düşük plan içi spasiyal rezolüsyon ve 8 mm kesit kalınlığı ile kapsanabilir (48). Yüksek radyasyon maruziyeti ve bu amaçla kullanılan MRG,

SPECT ve PET gibi diğer non-invaziv görüntüleme modalitelerine göre verdiği sınırlı ekstra bilgi nedeniyle bu uygulamalar nadiren kullanılır.

EBT'ye dayalı sistemler için 1990'ların başından beri gelişim çabaları devam etmektedir, eletron tabancasının yapısı değiştirilerek artmış plan içi rezolüsyon ve artmış vücut tarama değerlerine ulaşılmıştır. Devamlı volüm akuzisyonu (49) ve saçılma artefaktı eliminasyonu (50) için özel rekonstrüksiyon algoritmaları geliştirilmiştir. Son olarak, 1.5 mm'ye kadar inen kesit genişlikli iki detektör kesiti ile elementlerin daha iyi örneklenmesi ile sağlanan 9 lp/cm'ye kadar çıkan artmış plan içi spasiyal rezolüsyonun simultane akuzisyonuna imkan tanıyan yeni EBT detektörleri üretilmiştir. Ancak, makul bir nefes tutma süresi içerisinde longitudinal yönde artmış spasiyal rezolüsyon sadece multipl kesitin simultane EKG-senkronize akuzisyonu için eşit plan içi rezolüsyonunda multipl sabit detektör ringi ile sağlanır.

Ek detektör ringleri X ışını kaynağından daha uzağa taşınmalıdır, bu nedenle dört ya da daha fazla detektör kesitlerini kapsayan EBT'ye dayalı çok kesitli detektör fikirleri arttırılmış donanım ücretleri ve koni-huzmeli geometri problemlerinin etkileri ile desteklenmelidir. Ayrıca, sabit parsiyel detektör ve anod ringleri tarafından elde edilir gibi koni-huzmeli çekim artefaktlarını azaltan ve non-helikal devamlı akuzisyonundan retrospektif EKG gated rekonstrüksiyona izin veren yeni rekonstrüksiyon algoritmaları gerekli olacaktır. Düşük imaj gürültüsünde kontrast rezolüsyonunu geliştirmek ve uygun kontrast/gürültü

oranında 3 mm'den ince kesit kolimasyonlarını desteklemek için 640 mA üzerinde elektron demeti gereklidir. Güç destek gereklilikleri ve anod ısı gelişimi göz önüne alındığında daha yüksek elektron demetlerinin gerçekleşmesi teknik açıdan tartışmalıdır. Sonuç olarak, EBT gelecekte teknolojik gelişim sürecine girecektir. Kardiyak görüntülemelerde EBT performansını arttırmak için araştırma ve geliştirme çabaları ve daha yüksek donanım ücretleri gerekli olacaktır. Ancak, büyük BT üreticileri mekanik çok kesitli BT sistemlerinin teknolojik gelişimine odaklanmaktadır çünkü EBT sistemleri genel vasküler ve vücut görüntüleme uygulamalarında mekanik çok kesitli BT'ye ulaşamamaktadır. EBT teknolojilerinin dağılımı büyük olasılıkla kardiyak görüntüleme merkezlerinde sınırlı kalacaktır.



Şekil 1. a EBT akvizisyon sistemi ve b prospektif EKG tetiklemeli sekansiyal taramanın prensibi. Prospektif EKG tetiklemeli EBT 50-100 ms'lik temporal rezolüsyon ile, her kalp atımı için bir kesit alır. (Imatron C-150, Imatron, Güney San Francisco, ABD ve Evolution XP, Siemens, Forchheim, Almanya)



Resim 26. EBT akuzisyonu transaksiyal imaj planlarında (a) ve koroner BT anjiyografide (b,c) koroner kalsifikasyonu gösterir. EBT ile koroner BT anjiyografinin transaksiyal imaj kesitleri sınırlı sinyal/gürültü oranına bağlı kompromisedir (b). Koroner arterlerin vizüalizasyonu için üç boyutlu görüntü (3 boyutlu VR) seçilmiş vakalarda mümkündür (c). Ciddi LAD ve RCA stenozları (c'deki oklar) proksimal koroner segmentlerde tespit edilebilir. (a,b) Klinikum Grosshadern, Munich, Almanya ve (c) Erasmus Üniversitesi Rotterdam, Hollanda)

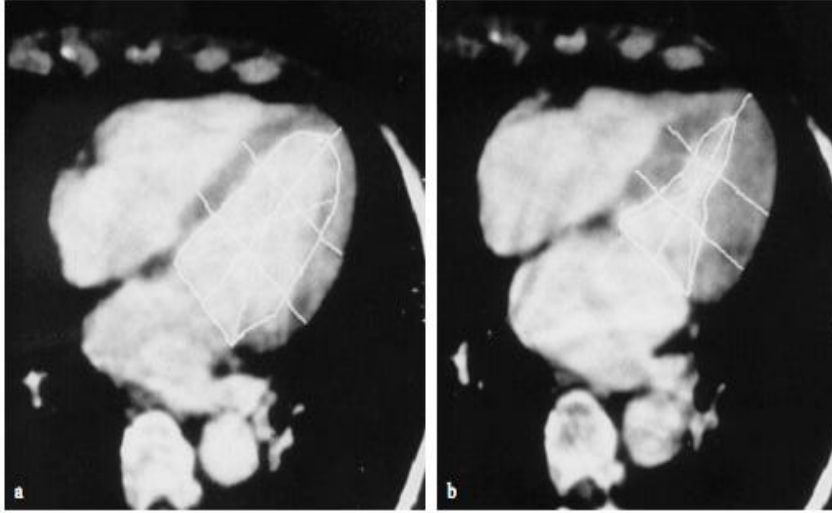
2.7.3. Konvansiyonel Mekanik BT ile Kardiyak Görüntüleme

Akuzisyon geometrisindeki avantajlar ve devamlı spiral tarama becerisi EBT ile kıyaslandığında konvansiyonel mekanik BT sistemlerine daha yüksek imaj kalitesi ve spasiyal rezolüsyon sunar. Ancak kardiyak görüntülemenin en önemli parametrelerinden biri olan temporal rezolüsyon, mümkün olduğu kadar hızlı olması gereken fakat mekanik güçler tarafından sınırlanan sistem rotasyon zamanına dayanır. 2-s rotasyon kullanılan mekanik BT ile ulaşılan ilk kardiyak görüntüleme sonuçları, üçüncü jenerasyon tarayıcı (51) 1981 yılında rapor edilmiştir. EKG bilgisi kullanılarak kardiyak siklusun uyumlu fazlarında bazı kalp atımlarından tek kesitin tarama veri segmentleri toplanır. İmajlar yaklaşık 0.5 s'lik efektif temporal rezolüsyon ile elde edilir ve veri segmentlerinin akuzisyonu tarama odasında ayak düğmesi ile kontrol edilir. Kalp atımlarının

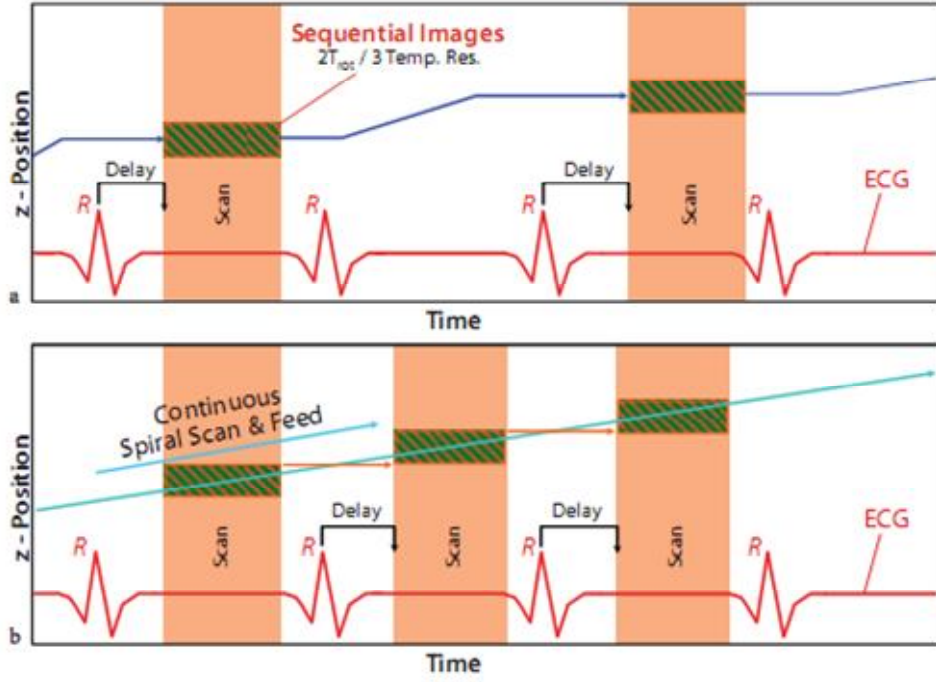
desenkronizasyonu ve ölçüm sisteminin rotasyonunu gerektiren kardiyak siklulardan veri toplanması sırasında tarama rotasyon hızı bireysel olarak seçilir ve hastanın kalp hızına göre interaktif olarak kontrol edilir. Bu teknik daha geniş volümleri kapsamadan, birkaç kalın kesitin akuzisyonuna ve geniş kardiyak yapıların kaba olarak tanısına olanak sağlar (Resim 27). Klinik rutinde uygulama yoğun kullanıcı etkileşimi gerektirmesi ve standart tarama protokollerinin eksikliği nedeniyle oldukça sınırlıdır. EKG senkronize tarama ile kombine saniye-altı taramanın ortaya çıkmasıyla birlikte, spiral kapasitesi bulunan mekanik tek kesit BT ve yüksek genel imaj kalitesi kardiyak BT alanında EBT'yi geride bırakmıştır. Erken umut verici sonuçlar 1997'de alınmıştır ve 0.75 s'lik rotasyon zamanlı ve prospektif EKG tetiklemeli ya da retrospektif EKG-gated (Fig. 1.18) akuzisyonlu sistemlere dayalıdır. Yeni EKG korele akuzisyon teknikleri ile kombine parsiyel tarama teknikleri (52) 500 ms'lik temporal rezolüsyon sağlar (40,53,54). Ancak, EKG tetiklemeli tek kesit akuzisyon (Şekil 2a) tüm kalbin tek nefes tutuşunda daha yüksek longitudinal rezolüsyon ile görüntülenmesine izin vermemektedir. Tarama zamanı 60 s ve voksel boyutu 0.6 x 0.6 x 3 mm'dir. Saniye-altı mekanik spiral BT sistemleri retrospektif EKG-gated spiral taramanın yeni kardiyak tekniklerini sunmaktadır (55,56,57,58). Yavaş masa hareketli kontinü spiral tarama, simültane kaydedilen EKG sinyalleri ile elde edilir. Elde edilen tarama verileri, kardiyak siklusun önceden tanımlanmış fazı ile ilgili imaj rekonstrüksiyonu için seçilir. EKG tetiklemeli sekansiyal taramaya benzer şekilde, spesifik bir R dalgası gecikme süresi imaj rekonstrüksiyonu için kullanılan verinin başlama noktasını tanımlar (Şekil 2b). Başlangıç klinik çalışmalar, koroner arter kalsifikasyonunu ve temel kardiyak morfolojiyi belirleme konusunda EKG tetiklemeli tek kesit BT'nin başarısını net olarak göstermiştir (40) (Resim 28). Ancak, tek kesit spiral BT sistemlerinin, makul tarama sürelerinde uygun longitudinal rezolüsyon ile tüm kalbin çakışan kesit akuzisyonu ile kontinü EKG-gated volüm kapsanmasına zorlukla izin vermektedir. 1998 yılında, dört kesitin simültane akuzisyonu ve rotasyon başına 0.5 s'ye kadar artmış rotasyon ile, mekanik çok kesitli BT sistemlerinin tanıtımı, genel amaçlı BT görüntüleme için yeni ufuklar açmış ve kardiyak BT incelemede yeni fırsatlar yaratmıştır. Bu tarayıcılar, kalp volümünün oldukça hızlı kapsanmasını sağlar ve tek kesit tarama ile elde edilenden daha yüksek temporal rezolüsyona izin verir. Artmış tarama hızı, kalbin EKG korele incelemelerinin z-rezolüsyonu arttırılarak, daha ince

kolimasyonlu kesit kalınlığına (örn., 1 mm) olanak sağlar. İlk olarak dört kesitli ÇKBT tarayıcıları, kardiyak hareketi dondurması gereken 250 ms'lik temporal rezolüsyon ile tek nefes tutuşta kalbi kapsayabilir

(59,60). Tüm bu umut verici özelliklerine rağmen, 4 kesitli dedektörler ile kalp ve koroner arterlerin EKG-gated ÇKBT tetkikleri için, kalsifiye ve küçük koroner arter segmentlerinin uygun görüntülenmesi ve yüksek kalp hızı olan, nefesini en az 30 s boyunca tutamayan hastaların incelemeleri gibi bazı sıkıntılar bulunmaktadır. 16'dan 64'e kadar sub-milimetrik kesitlerin simultane akvizisyonu ve 0.33 s'e kadar kısa gantri rotasyon süreleri sunan en yeni ÇKBT sistemleri ile aksiyal ve temporal rezolüsyon artırılırken, inceleme süreleri azaltılmıştır (61) (Resim 29). Bu yeni performans seviyesi ile hızlı teknolojik gelişmeler (Şekil 3) bir araya geldiğinde ÇKBT'yi kardiyak görüntülemeye klinik araç haline getirme potansiyeli oluşturur.



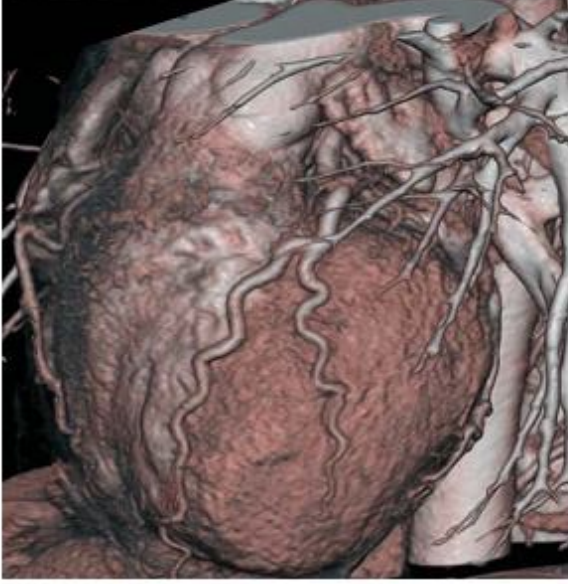
Resim 27. 1981 yılında 2 saniye rotasyon hızı ile mekanik BT tarayıcısı ile elde edilen kardiyak BT imajları. İmajlar, kardiyak hareketi göstermek için kardiyak siklusun diyastolik ve sistolik fazlarında oluşturulmuştur. Tek kesitin görüntü veri segmentleri EKG bilgisi kullanılarak kardiyak siklusun ilgili fazlarındaki kalp atımlarından toplanmıştır. (Siemens Medical Solutions, CT Division, Forchheim, Almanya)



Şekil 2. (a) Prospektif EKG tetiklemeli tek kesit tarama ile sekansiyal volüm kapsamı ve (b) retrospektif EKG-gated tek kesit spiral tarama ile kapsam. 0.75 saniyelik rotasyon ve prospektif EKG tetiklemeli mekanik BT, 500 ms'lik akuzisyon zamanı ile her saniye kalp atımı sırasında bir kesit elde eder. Retrospektif EKG-gating ile, rotasyon süresinin yarısına eşit temporal rezolüsyon ile her kalp atımında rekonstrükte edilebilir.



Resim 28. Saniye altı tek kesit mekanik BT ile EKG tetiklemeli akvizisyon kullanılarak LAD'deki kalsifikasyonların transaksiyal imajda görünümü (Klinikum Grosshadern, Münih, Almanya).



Resim 29. 0.4 mm voksel rezolüsyonlu ve 0.33 sn rotasyon süreli 64 kesit BT jenerasyonu kullanılarak yapılan 3 boyutlu VR koroner BT anjiyografi. Tüm kalp 9 sn'lik nefes tutuşu ile kapsanabilir (SOMATOM Sensation 64, Siemens, Forchheim, Almanya). (Erlangen Üniversitesi, Almanya)



Şekil 3. 1998 yılında çok kesitli BT teknolojisi ile tanışıldıktan sonra BT'nin artan performansı.

2.7.4. Dual Enerji BT ile Yeni Sınırlar

Yüksek ve irregüler kalp hızı bulunan hastaların kardiyak BT incelemelerinde yüksek diagnostik kaliteye ulaşmak ve kalp hızını kontrol ihtiyacını tamamen ortadan kaldırmak için tüm kalp hızlarında 100 ms altında temporal rezolüsyon istenmektedir. Modern ÇKBT sisteminin genel imaj kapasitesinin iyi olmasını sağlamaya çalışırken, kardiyak BT'nin temporal rezolüsyonunu arttırmak için alternatif bir fikir , BT'nin erken dönemlerinde de tanımlanmış olan multipl X ışını kaynağı ve dedektörden oluşan tarayıcı dizaynıdır (62,63).

Son olarak, en yeni 64 kesit BT tarayıcılar ile kıyaslandığında artmış tarama hızı ve temporal rezolüsyon sağlayan yeni dual enerji BT tarayıcı jenerasyonu gündeme gelmiştir (64). Devamında bu yeni dual enerji BT tarayıcılarının sistemi tanındı ve EKG-gated kardiyak uygulamalar için potansiyel faydalarının farkına varıldı (64,65). Aynı zamanda temporal rezolüsyon, spasiyal rezolüsyon ve radyasyon maruziyetinin gelişiminin ilk sonuçları (64,66) ve ilk klinik hasta deneyimlerinin sonuçları açıklandı (64,67,68).

2.7.4.1. Dual-Enerji BT: Sistem Konsepti ve Dizaynı

Dual enerji BT sistemi iki X ışını tüpü ve iki dedektörden oluşur. İki akuzisyon sistemi dönen gantriye 90° açıyla yerleştirilmiştir (Şekil 4). Bir dedektör (A) tüm görüntü alanını (FOV) kapsar (50 cm çapında). Diğer dedektör (B) fokal spot ve dedektör arasında kısa mesafeli kompakt sistem geometrisini sağlamak için daha küçük, santral FOV'a (26 cm çapında) sınırlıdır (Şekil 5). Her bir dedektör 40 dedektör sırası, 0.6 mm kolimasyonlu kesit kalınlığına sahip 32 santral sıra ve her iki tarafında 1.2 mm kolimasyonlu kesit kalınlığına sahip dört dış sıradan

oluşur. Longitudinal yönde (z-yönü) her bir dedektörün total kapsaması izosentırdaki 28.8 mm'dir. Dedektör sıraları sinyallerinin düzenli kombinasyonu ile 32×0.6 mm veya 24×1.2 mm'lik dedektör konfigürasyonları gerçekleştirilebilir. Z-uçan fokal spot (z-flying focal spot) tekniği kullanımı 64 kesit BT ile birleştirilmiştir (69,70), iki tane sonradan gelen 0.6 mm kesit kalınlıklı 32-kesit okuması, izosentırdaki 0.3 mm'lik örnekleme aralığı ile 64-kesit projeksiyonu oluşturmak için birleştirilir. Bu şekilde, her dedektör rotasyon başına 64 tane çıkışan 0.6 mm kesit içerir. En kısa gantri rotasyon süresi 0.33 s'dir; diğer gantri rotasyon süreleri 0.5 ve

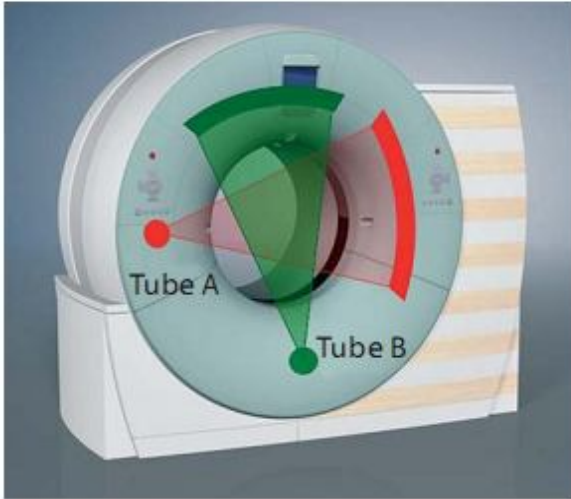
1.0 s'dir. İki X ışını tüplerinden (71) her biri yerleşik iki jeneratörden gelen 80 kW pik kuvvete kadar izin verir. Tüpler kV ve mA ayarlarına göre bağımsız olarak işletilebilir. 80, 100, 120 ve 140 kV'lık bağımsız kV ayarları, dual enerji verisinin kazancına izin verir, örneğin bir tüp 80 kV, diğeri 140 kV değerinde işletilebilir.

2.7.4.2. Dual Enerji BT: Kardiyak Tarama Prensipleri ve Teknikleri

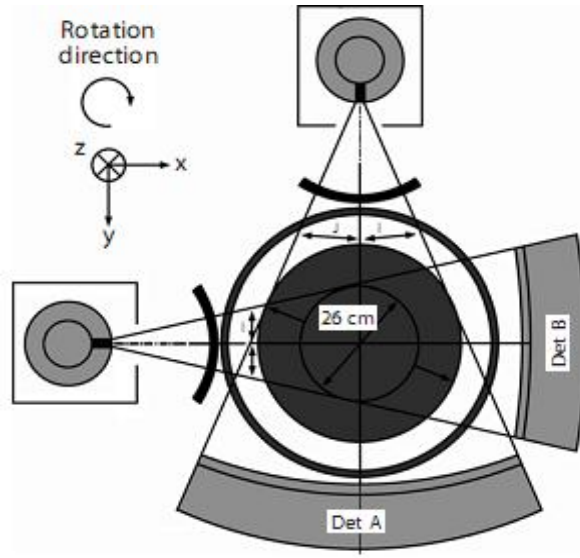
Kardiyak görüntüleme için dual enerji BT'nin en önde gelen yararı artmış temporal rezolüsyondur. Tek kaynaklı bir ÇKBT tarayıcısının temporal rezolüsyonu tek segment yarım tarama imaj rekonstrüksiyonu kullanan yarım gantri rotasyon süresine eşdeğerdir. Dual enerji BT tarayıcısı hastanın kalp hızından bağımsız olarak ve multisegment rekonstrüksiyon tekniklerine ihtiyaç olmadan, gantri rotasyon süresinin yaklaşık çeyreğinin temporal rezolüsyonunu sağlar. Çift tüplü sistemlerde görüntü rekonstrüksiyonu için gerekli 180 derecelik paralel geometrik veri projeksiyonu, birbirine 90 derece açı ile yerleştirilmiş iki ayrı sistem tarafından aynı anda elde edilen iki ayrı 90 derecelik veri setinden (çeyrek tarama segment) oluşturulur (72,73). Çeyrek tarama veri segmentleri aynı anda gantrinin 90 derecelik rotasyonu kadar zamanda elde edildiğinden, sonuçta gantri rotasyon zamanının $1/4$ 'ü kadar temporal rezolüsyon elde edilmiş olur (Şekil 6). İki çeyrek tarama segmenti, artefaktları engellemek için birbirine temporal rezolüsyonu etkilemeyecek şekilde, 30 derecelik bir geçiş

segmenti ile birleştirilir. İkinci detektör görüntü alanının tamamını kapsamadığından, 26 cm'lik alan dışında kalan objelerin verisi diğer tüpün verisi kullanılarak ekstrapole edilir (72).

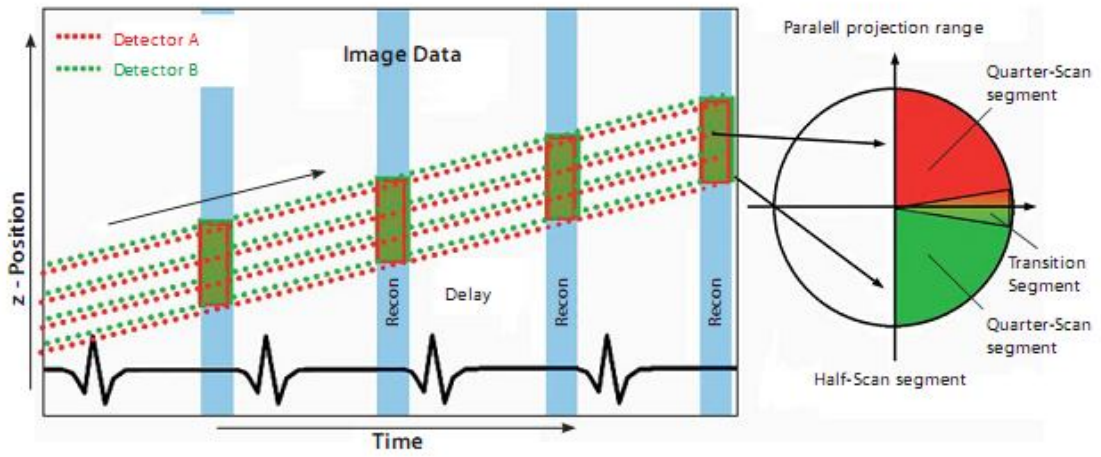
Çift tüplü sistemlerde istenirse temporal çözünürlüğü daha da iyileştirmek için multisegment rekonstrüksiyon algoritmaları kullanılabilir. Bu durumda görüntü rekonstrüksiyonu için iki kardiyak siklusun bilgisi kullanılacak olursa, çeyrek tarama veri segmentleri iki ayrı ardışık kardiyak siklustan elde edilen subsegment verilerinden oluşturulur (73). Tek tüplü sistemlere benzer şekilde yine gantri rotasyon zamanının kalp hızına göre desenkronize olup olmamasına bağlı olarak sadece belli birkaç kalp hızında 42 ms kadar temporal rezolüsyon elde edilir (Şekil 7).



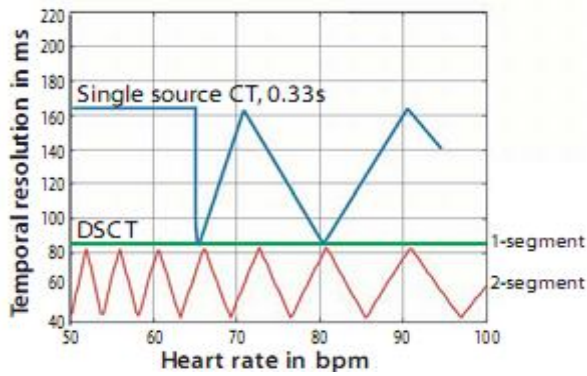
Şekil 4. Çift tüplü BT cihazı sistemi.



Şekil 5. Çift tüplü BT cihazı tekniği.



Şekil 6. Çift tüplü BT sisteminde EKG-gated spiral imaj rekonstrüksiyonu.



Şekil 7. Gantri rotasyon süresi 0.33 sn ile konvansiyonel çok kesitli BT cihazı ve gantri rotasyon süresi 0.33 sn ile çift tüplü BT cihazında hastanın kalp hızına göre temporal rezolüsyon. Çok kesitli BT sisteminde sadece 66, 81 ve 104 bpm gibi birkaç kalp hızında yaklaşık 83 msn temporal rezolüsyon elde edilirken, çift tüplü BT’de tüm kalp hızlarında 83 msn temporal rezolüsyon sağlanır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Kapsamı:

Kasım 2007 ile haziran 2008 tarihleri arasında Dicle Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda 64 kanallı Philips Brilliance CT (Philips Medical systems, Best, Netherlands) ve Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı Non-invaziv Kardiyovasküler Görüntüleme Ünitesinde Çift Tüplü Çok Kesitli BT (SOMATOM Definition, Siemens Tıbbi Çözümler, Forchheim, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilen koroner BT anjiyografi tetkikleri retrospektif olarak değerlendirildi. Çalışmaya, radyoloji kliniğine koroner anjiyografi amacıyla başvuran 400 hasta dahil edildi. 350 hastada çift tüplü çok kesitli BT ile çekim yapılırken, 50 hastada ise 64-dedektörlü çok kesitli BT kullanıldı. Çift tüplü BT ile çekimlerde 0.6 mm kalınlığında, 64 dedektörlü BT ile çekimlerde 0.8 mm kalınlığında kesitler alındı.

3.2 Kardiyak BT Görüntüleme Protokolü

350 hastaya ait kardiyak BT tetkikleri H.Ü.T.F. Radyoloji Anabilim Dalı Non-invazif Kardiyovasküler Görüntüleme Ünitesinde çift tüplü 64 kesitli BT (SOMATOM Definition, Siemens Tıp Çözümleri, Forchheim, Almanya) cihazında aşağıdaki teknik parametreler ile gerçekleştirilmiştir: gantri rotasyon zamanı 330 ms, kesit ve detektör kalınlığı 0.6 mm, rekonstrüksiyon indeksi 0.6 mm, detektör konfigürasyonu 2x32x0.6 mm. Görüntü eldesi için yarım tarama rekonstrüksiyon algoritmaları kullanıldığından zamansal rezolüsyon 83 ms idi. Pitch ise kalp hızına göre cihaz tarafından otomatik olarak ayarlandı. Hastalara tetkik öncesinde antekübital 18-20 gauge intravenöz damar yolu açıldı, EKG bağlanarak kalp hızları ve ritimleri kontrol edildi.

Skenogram alınmasını takiben aort kökü düzeyinden geçen bir kesit alınarak bolus izleme yöntemi (CARE Bolus, Siemens Tıp Çözümleri, Forchheim, Almanya) ile ROI aort köküne yerleştirilerek iv yoldan 5-6 ml/sn hızla otomatik enjektör (Ulrich, Almanya) ile 70 ml noniyonik

kontrast madde verilmiştir. ROI 100 HU dansiteye ulaştığında veri toplanmaya başlanmış olup, kraniokaudal yönde rutin koroner BT anjiyografi hastalarında karina düzeyinden diafragma kadar tarama yapıldı. IV kontrast maddeyi takiben 50 ml salin solüsyonu yine 5 ml/sn hızla verildi. Tetkik süreleri hastadan hastaya değişmekle birlikte yaklaşık 5-10 sn idi. Tetkik esnasında EKG-kontrollü tüp akım modülasyonu kullanılmış olup R-R rekonstrüksiyon aralığının %20 ile 80'i arasında doz maksimum iken geri kalan aralıklarda doz maksimum dozun %20'sine düşülmüştür (74). Koroner BT anjiyografi tetkikleri Leonardo (Siemens) çalışma istasyonunda 4-D Inspace yazılımı kullanılarak değerlendirildi.

50 hastaya ait kardiyak BT tetkikleri D.Ü.T.F. Radyoloji Anabilim Dalı'nda 64 kesitli BT (Philips Medical systems, Best, Netherlands) cihazında gerçekleştirilmiştir. Spasiyal rezolüsyon 0.34 x 0.34 x 0.34 mm; gantri rotasyon süresi 400 msn; dedektör kolimasyonu 64 x 0.625 mm; pitch 0.2; kesit kalınlığı 0.8 mm; çekim süresi 6-10 sn idi.

Hastalar gantriye supin pozisyonunda yerleştirildi. Topogram alınarak EKG kayıtlı helikal görüntüler bronşiyal ağacın karinasının 1 cm altından başlanarak kalbin tabanına kadar (yaklaşık 120 mm) inspirasyonda alındı. Antekübital venden 18 gauge damar yolu ile toplam 80-90 ml (Ultravist 370/100 mg/ml, Iopromide Bayer-Schering Farma; Omnipaque 350/100 mg/ml, Iohexsol Opakim; Iomeron 400/100 mg/ml, Iomeprol Santa Farma) kontrast madde 5 ml/sn hızla verildi. Kontrast maddeyi takiben sağ kalpteki kontrast maddeden kaynaklanabilecek artefaktları azaltmak için 65 ml serum fizyolojik yaklaşık 5 ml/sn hızla bolus olarak verildi. Tetkik tek nefes tutma süresinde EKG tetiklemeli olarak gerçekleştirildi.

Her hasta için R-R mesafesinin %20, 30, 40, 50, 60, 70, 80'inde rekonstrüksiyonlar elde edildi. Bunlar içerisinde en uygun rekonstrüksiyon değerlendirmeye alındı. Her bir stente Philips Brilliance BT cihazındaki 4 kardiyak filtre (CA cardiac smooth; CB cardiac standart; CC cardiac sharp; CD cardiac detailed) uygulandı. Stent dışındaki koroner segmentler standart filtre olan CC ile değerlendirildi. Her bir stent çeşitli pencere genişliği (w140, w1500, w2700) ve pencere merkezinde (c300, c700) incelendi. Daha sonra her koroner arterin en az artefaktlı olduğu rekonstrüksiyonlar üzerinde aksiyal

değerlendirme, MPR, MIP, VR yöntemleriyle değerlendirmeler yapıldı. RCA için daha çok %30-50, LAD ve LCX için ise daha çok %50-70 rekonstrüksiyonları kullanıldı.

Tüm koroner BT anjiyografi tetkikleri komplikasyonsuz olarak tamamlandı.

3.3. Çalışma Metodu

ÇKBT imajları koroner arterleri ve sinoatriyal ve atriyoventriküler nodal arterleri görüntülemek için MPR, MIP, VR, transvers ve aksiyal planlarda değerlendirildi. Hastalarda sinoatriyal nodu besleyen sinoatriyal nodal arter ve atriyoventriküler nodu besleyen atriyoventriküler nodal arterin orijin aldığı koroner arter değerlendirildi. Sinoatriyal nodal arter RCA, LCX ya da ikisinden kaynaklı 'dual' olarak, atriyoventriküler nodal arter RCA ya da LCX kaynaklı olarak tanımlandı. Her iki arterin, köken aldığı koroner arterin kaçınıcı milimetresinden çıktığı hesaplandı. Hesaplama da curved-planar reformat imajlar kullanıldı. Her iki nod arterinin orijin düzeyindeki çapları tespit edildi. Çap ölçümünde kontrastlanan lümen çapı baz alındı. Sinoatriyal nodal arterin terminasyonunun süperior vena kava ile ilişkisi (prekaval, perikaval, retrokaval) değerlendirildi. Ayrıca sinoatriyal nodal arterin seyir özellikleri ve 'S' şeklinde seyreden sinoatriyal arter incelendi.

3.4. İstatiksel Değerlendirme:

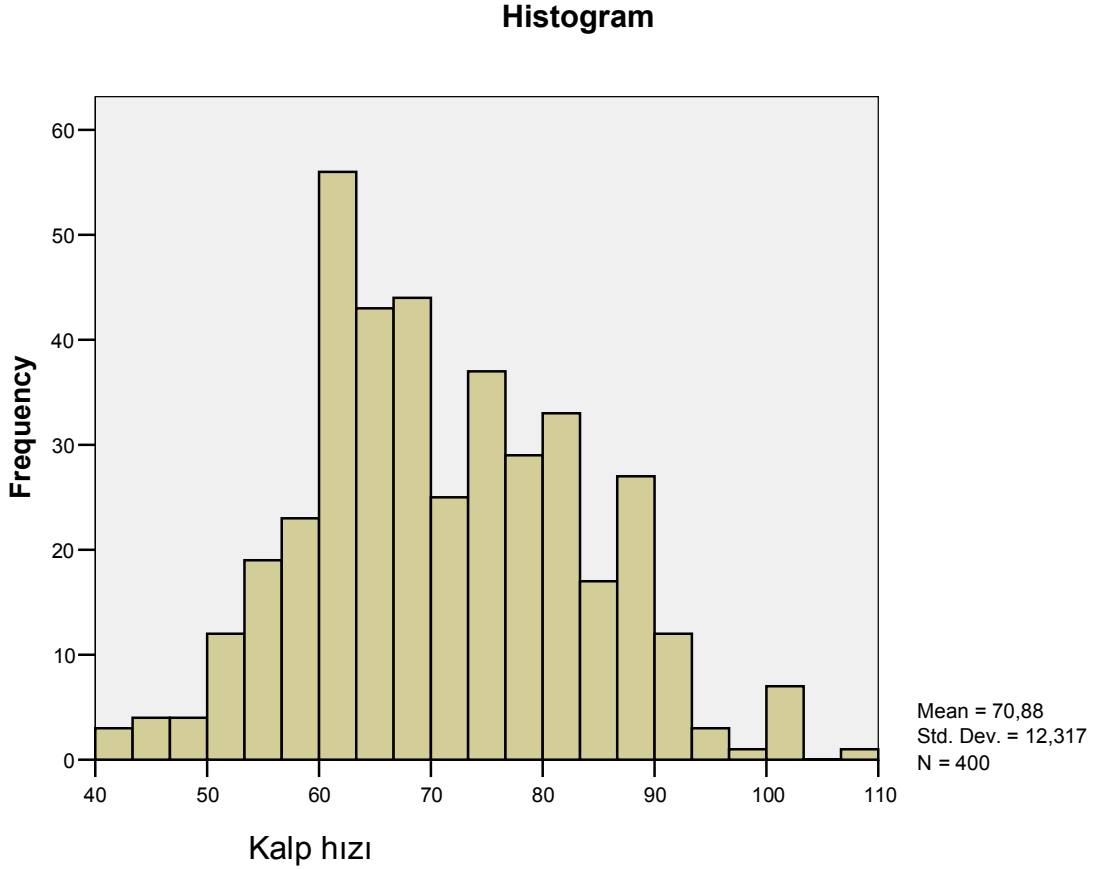
İstatistiksel testler arasında isimsel değişkenlerden sayımla ifade edilenlere ki-kare testi uygulandı. Ölçüm ile ifade edilen değişkenlerde iki grup olduğunda student t testi, grup sayısı 3 ve daha fazla olduğunda Anova testi uygulandı.

4. BULGULAR:

Çalışmamıza alınan hastaların 233 (%58.2)'ü erkek, 167 (%41.8)'si kadındı. Yaşları 9 ile 82 arasında değişmekte olup ortalama yaş 57.1 ± 12.1 olarak saptandı. Hastaların ortalama kalp hızı 41 ile 107 atım/dakika arasında değişmekte olup, tüm hastaların ortalama kalp hızı 70.8 ± 12.3 atım/dakika olarak tespit edildi (tablo 1, grafik 1).

Descriptives			Statistic	Std. Error
kalphizi	Mean		70,88	,616
	95% Confidence	Lower Bound	69,67	
	Interval for Mean	Upper Bound	72,09	
	5% Trimmed Mean		70,73	
	Median		68,00	
	Std. Deviation		12,317	
	Minimum		41	
	Maximum		107	
	Range		66	
	Interquartile Range		18	

Tablo 1. Hastaların en az, en çok ve ortalama kalp hızları



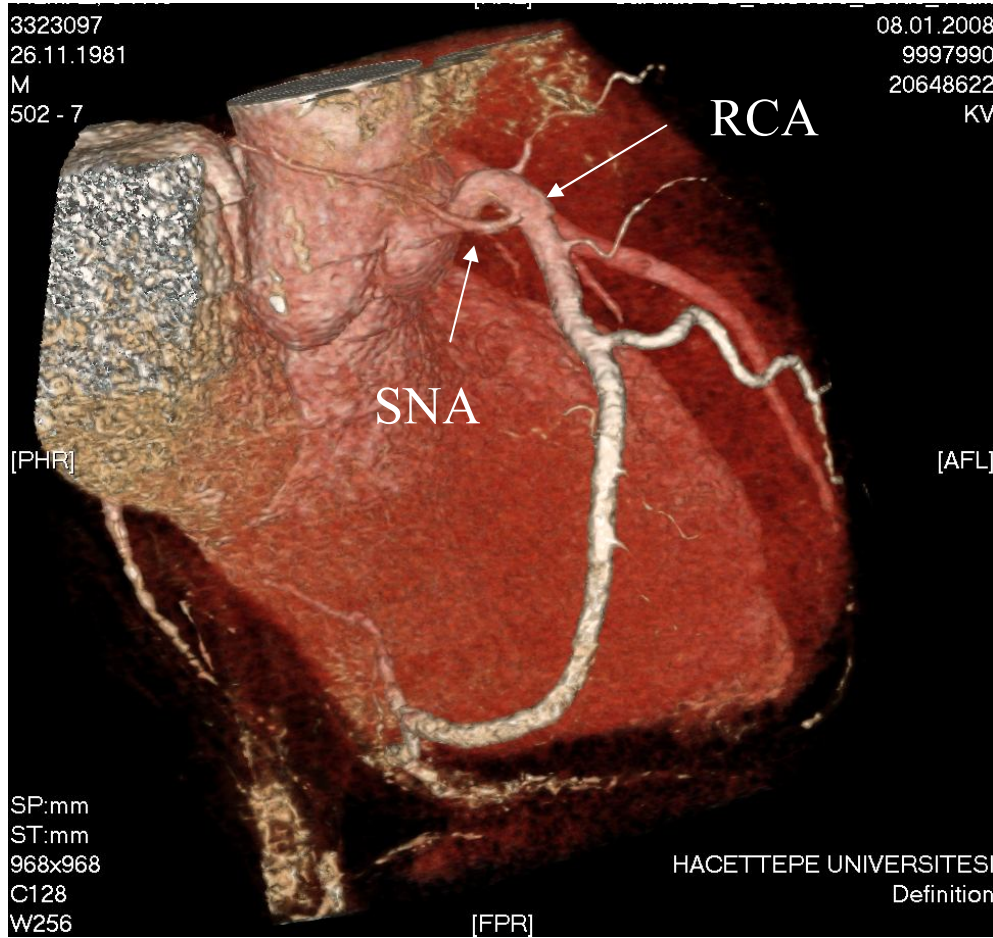
Grafik 1. Kalp hızlarının hasta dağılımı.

İletim sistemi damarları içerisinde; sinoatriyal nodal arterin optimal görüntülenmesi için transvers imajlar ve atriyoventriküler nodal arterin optimal görüntülenmesi için transvers ve kısa aks imajları kullanıldı.

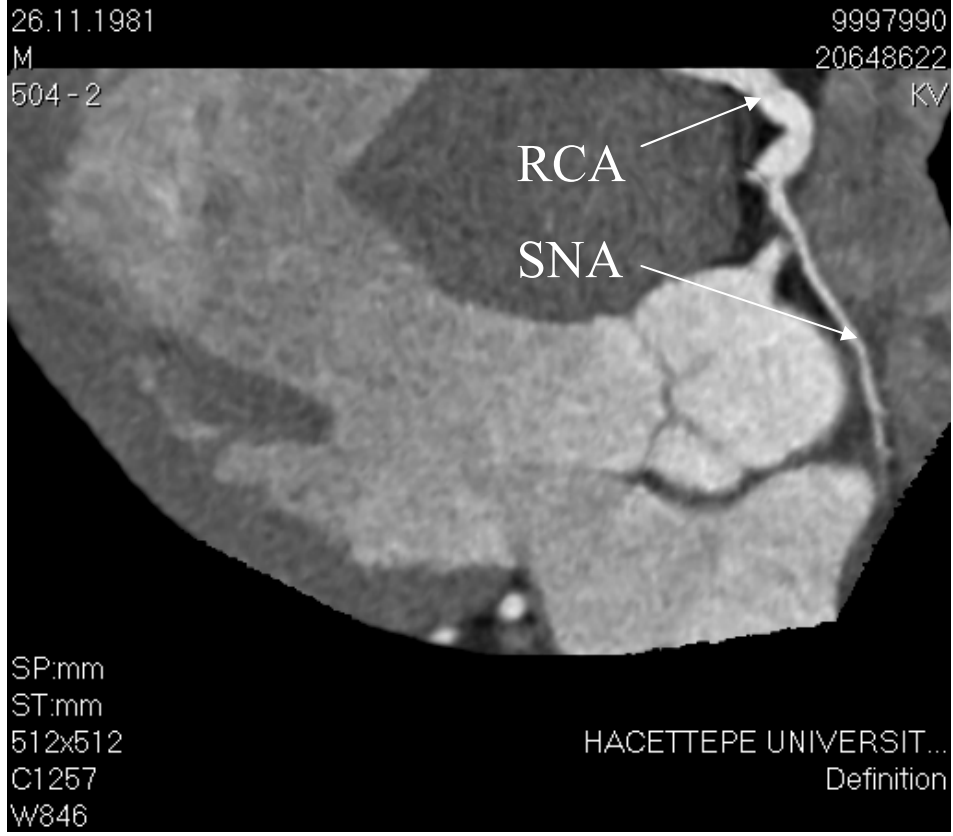
4.1. Sinoatriyal Nodal Arter

400 hastanın 383 (%95.7)'ünde bir adet sinoatriyal nodal arter mevcuttu. 233 (%58.2) hastada tek sinoatriyal nodal arter RCA'dan (Resim 30-32), 149 (%37.2) hastada tek sinoatriyal nodal arter LCX arterden (Resim 33), bir hastada ise tek sinoatriyal nodal arter aortadan köken almaktaydı. 17 (%4.2) hastada biri RCA, diğeri LCX kaynaklı olmak üzere çift sinoatriyal nodal arter izlendi. RCA ostiyumu ile sağ sinoatriyal nodal arter orijini arasındaki uzaklık 0 ile 184.3 mm arasında değişmekte olup ortalama 20.53 ± 14.1 mm idi. Sinoatriyal nodal arter 3 hastada RCA ostiyumundan çıkmakta idi. LCX arter

ostiyumu ile sol sinoatriyal nodal arter orijini arasındaki uzaklık 12.3 ile 87.2 arasında değişmekte olup ortalama 31.2 ± 15.2 idi. Sol sinoatriyal nodal arter tipik olarak transvers sinüs boyunca süperior vena kavaya doğru seyretmekteydi. Sinoatriyal noda ulaşırken, toplam 417 terminal sinoatriyal nodal arterin, 187 (%44.8)'si SVK anteriorundan (prekaval), 205 (%49.1)'i SVK posteriorundan (retrokaval), 24 (%5.7)'ünde SVK çevresindeki multipl dallar arasından (perikaval) seyretmekteydi (Resim 34-36). 17 hastada çift sinoatriyal nodal arter bulunmaktaydı. Bu 34 arterden 18 (%52.9)'i retrokaval, 15 (%44.1)'i prekaval, 1 (%2.9) 'i perikaval seyretmekteydi. Terminal sinoatriyal nodal arter retrokaval olduğu zaman, prekaval seyir ile kıyaslandığında tipik olarak interatriyal septumun süperior sınırına yakın seyreder. Küçük atriyal dallar genellikle sol atriyum, interatriyal septumun anterior parçası ve sağ atriyumu besler (75).



a.

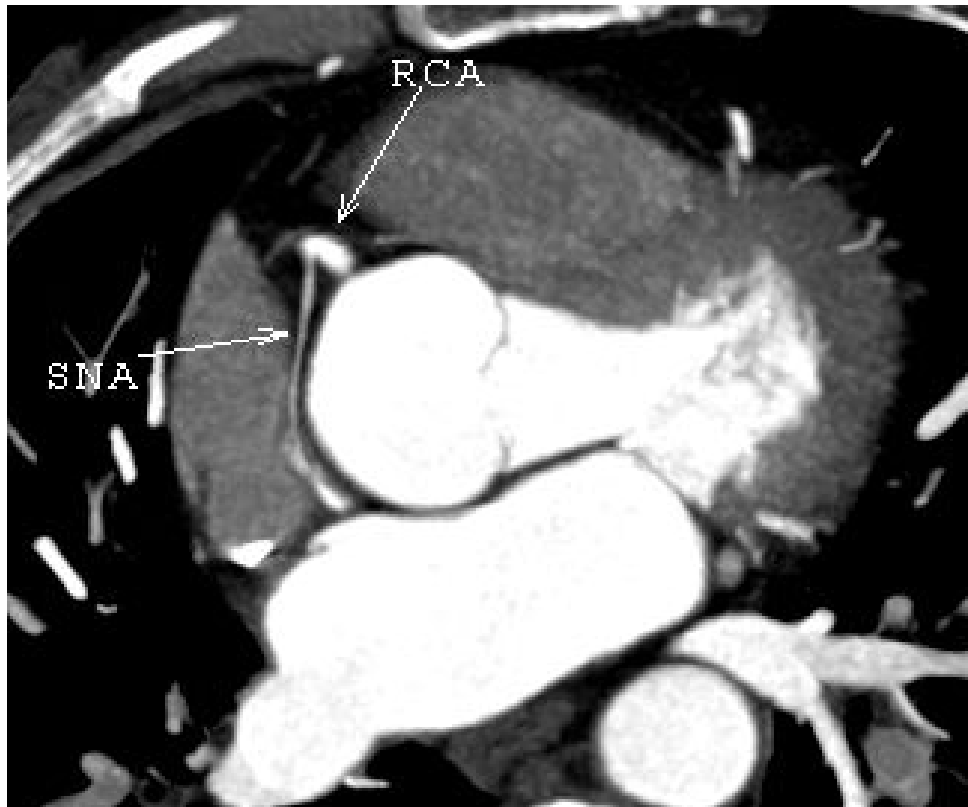


b.

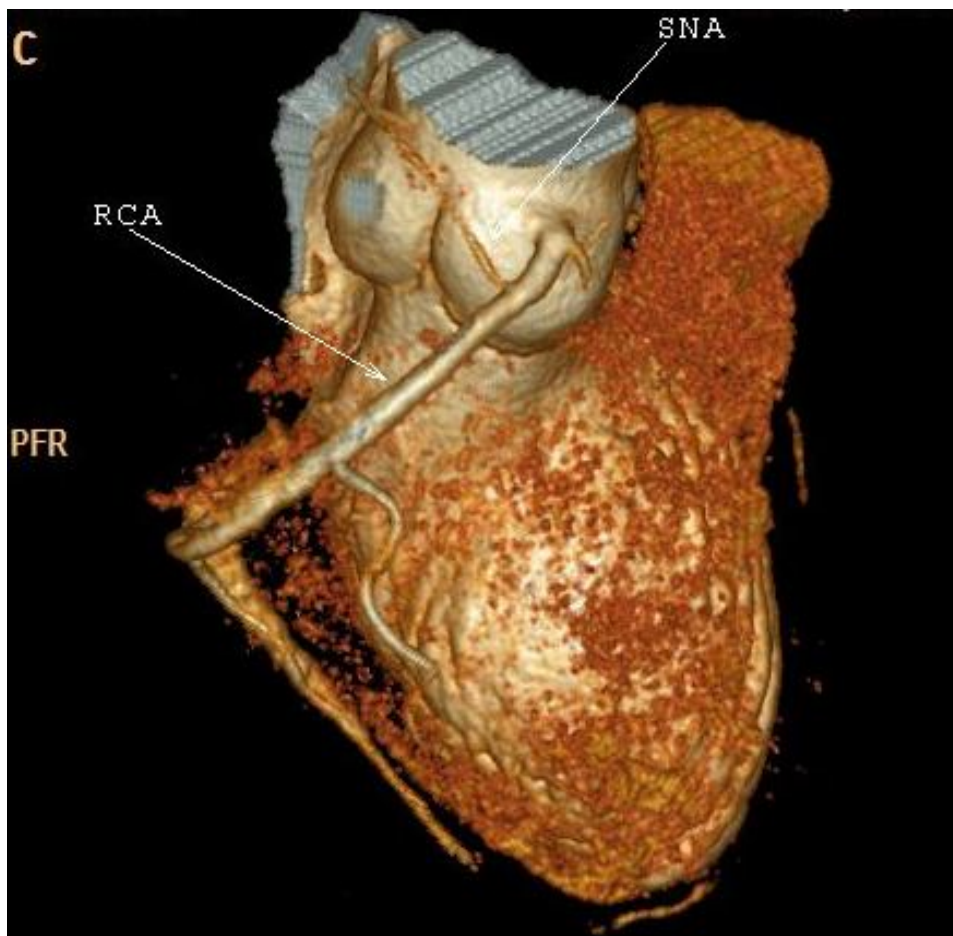
Resim 30. RCA'dan orijin alan SNA. VR (a) ve MPR (b) görüntüleri



Resim 31. RCA'dan orijin alan SNA, MPR görüntüsü

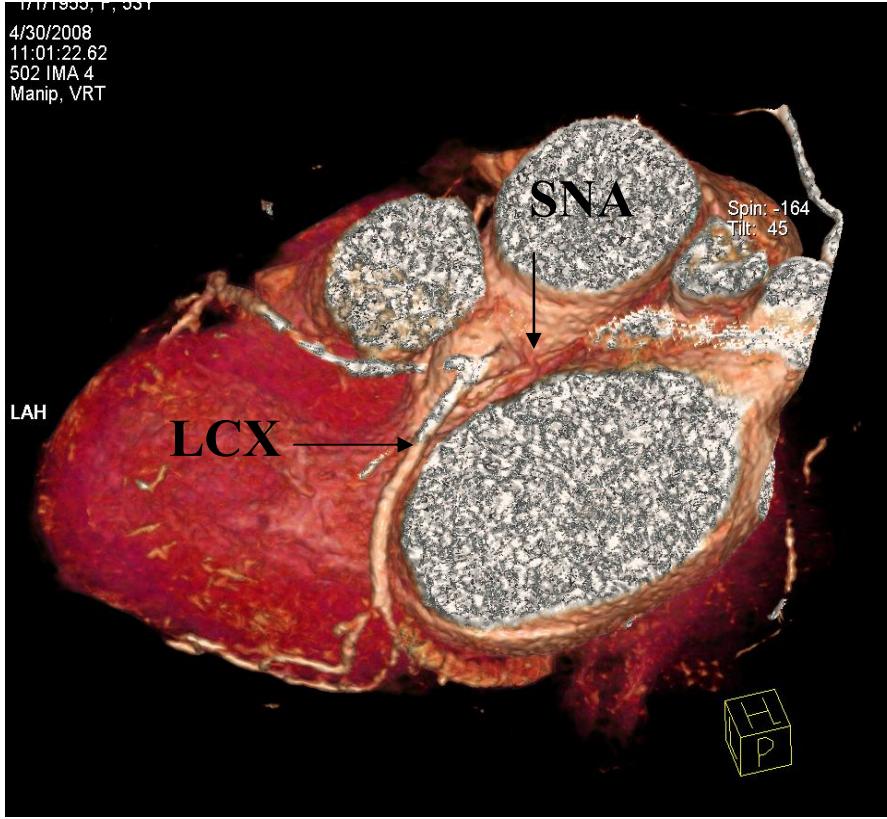


a

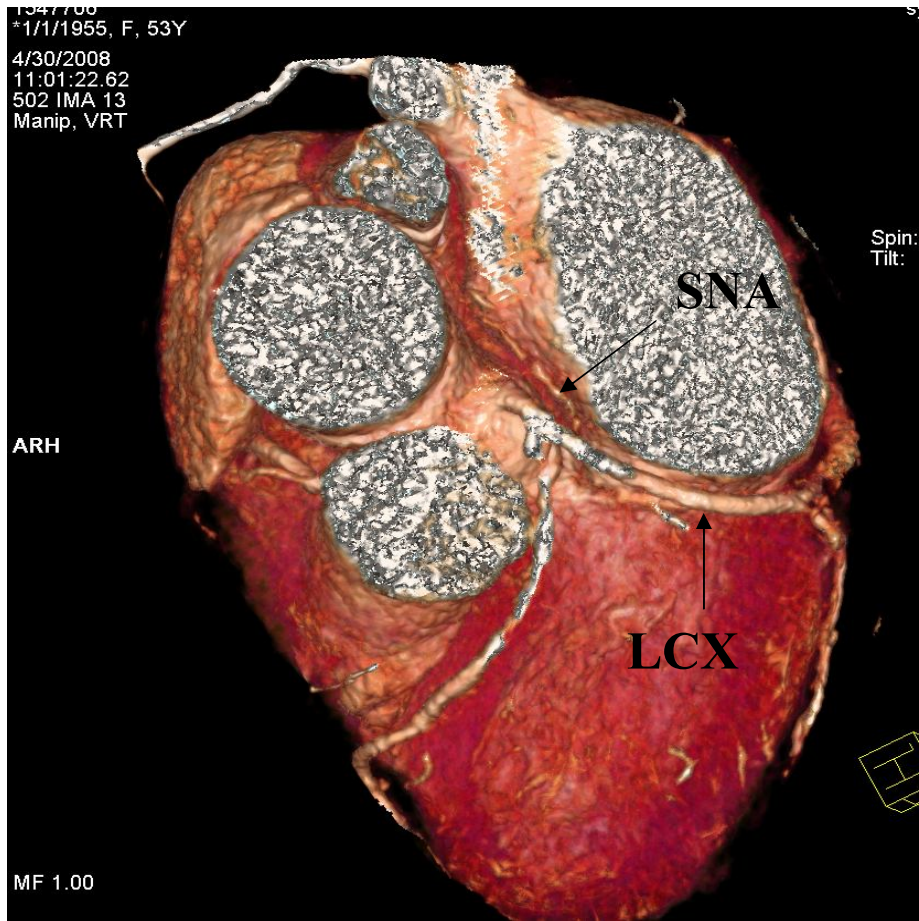


b

Resim 32. RCA'dan köken alan SNA. MIP (a) ve VR (b) görüntüleri

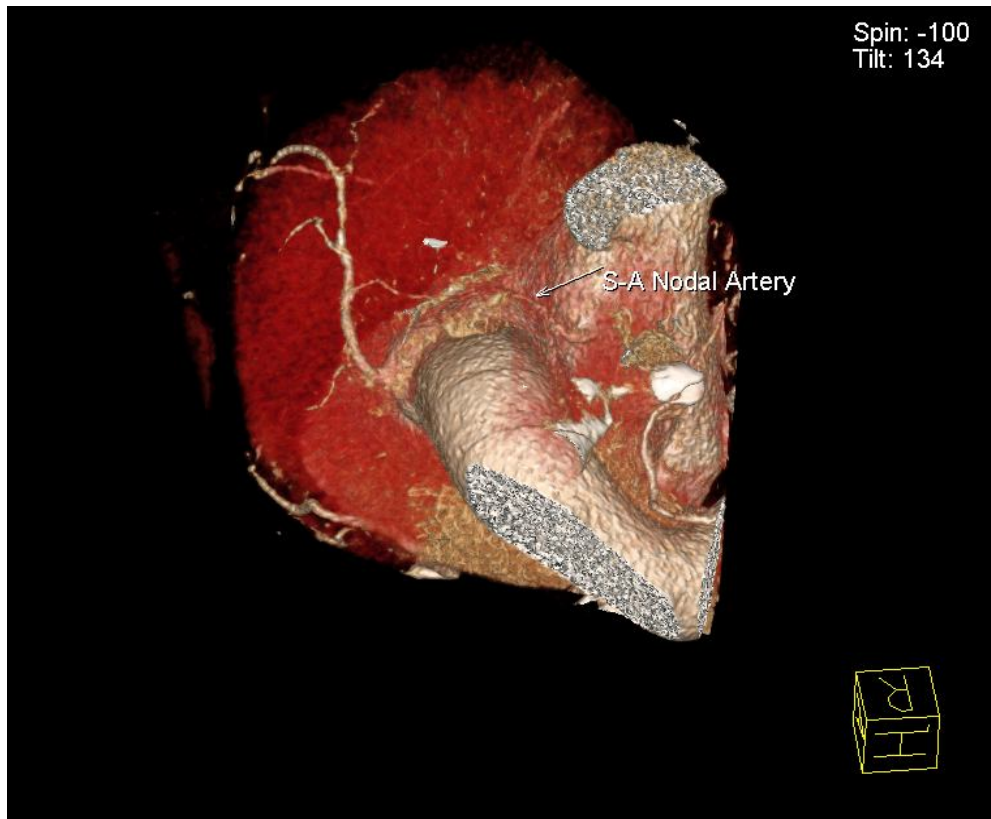


a.

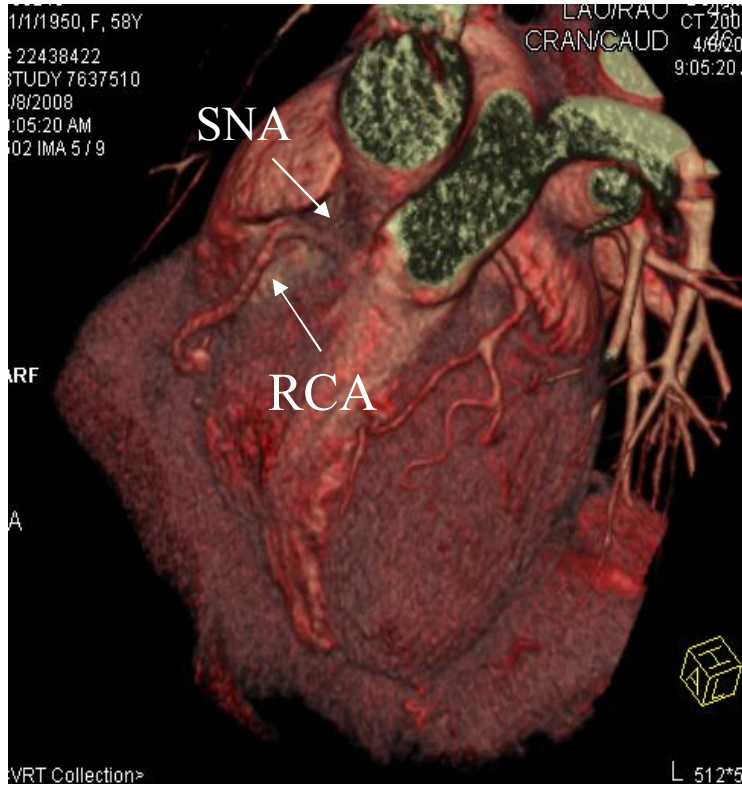


b.

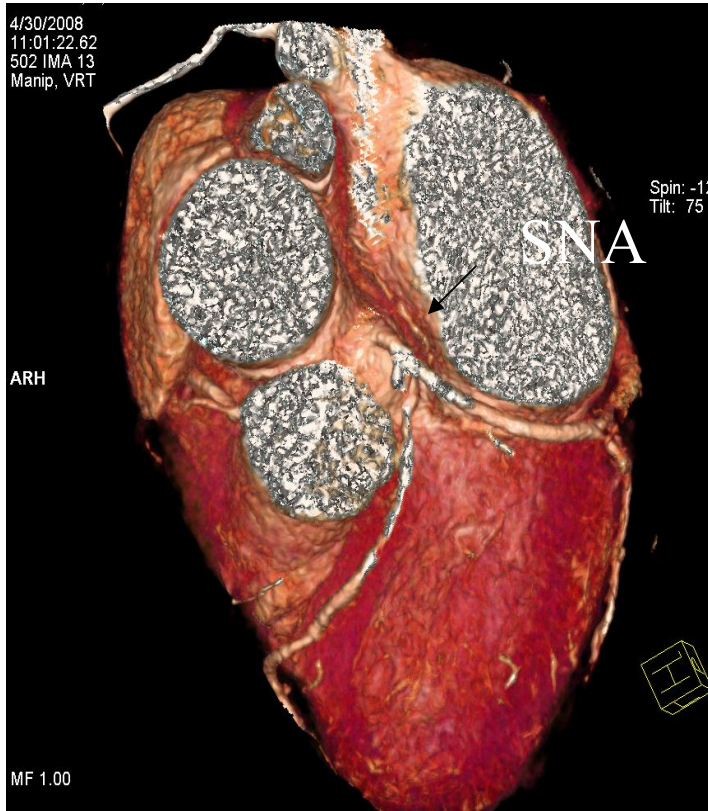
Resim 33. LCX arterden köken alan SNA. VR (a,b) görüntüleri



Resim 34. Prekaval terminasyon gösteren SNA



Resim 35. Perikaval terminasyon gösteren SNA



Resim 36. Retrokaval terminasyon gösteren SNA

Çalışmamızda sinoatriyal nodal arterin ortalama çapını da hesapladık. Çap ölçümünü arterin orijini düzeyinde, arterin aksını 90°lik açı ile kesen düzlemde en geniş transvers boyutunu ölçerek gerçekleştirdik. RCA kaynaklı sinoatriyal arterler içerisinde en büyük çap 2.70 mm, en küçük çap 0.28 mm, ortalama 1.09 mm olarak bulundu (Grafik 2-4)

Descriptives

			Statistic	Std. Error
cap	Mean		1,0942	,01671
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1,0614	
		Upper Bound	1,1271	
	Median		1,0500	
	Minimum		,28	
	Maximum		2,70	
	Range		2,42	
	Interquartile Range		,42	

Tablo 2. SNA çapları; mean: ortalama, maximum: en büyük, minimum: en küçük çap

Percentiles

		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Weighted Average(Definition 1)	cap	,6005	,7200	,8800	1,0500	1,3000	1,5400	1,6795
Tukey's Hinges	cap			,8800	1,0500	1,3000		

Tablo 3. SNA çaplarının %5 aralıklarla aldığı değerler

Extreme Values

			Nolu kişi	Cap
cap	Highest	1	368	2,70
		2	373	2,40
		3	372	2,30
		4	385	2,20
		5	381	1,90
	Lowest	1	113	,28
		2	83	,33
		3	74	,33
		4	312	,37
		5	242	,37

Tablo 4. En yüksek ve en düşük SNA çaplarının ilk beşinin sıralaması

LCX kaynaklı sinoatriyal nodal arterler arasında en büyük çap 1.90 mm, en küçük çap 0.33 mm, ortalama ise 1.03 olarak bulundu.

Çift sinoatriyal nodal arteri bulunan 17 hastanın 34 sinoatriyal nodal arter arasında en büyük çap 1.60 mm, en küçük çap 0.52 mm olup ortalama çap 0.96 mm olarak hesaplandı.

4.1.1. S-Şekilli Posterior Sinoatriyal Nodal

Arter:

Uzun seyirli 'S' şeklinde sinoatriyal nodal arteri 26 hastada tanımladık (hastaların %6.5'i, tüm sinoatriyal nodal arterlerin %6.2'si). Bu arter 25 hastada LCX arterin proksimal kesiminden köken almaktaydı.

Arter sol atriyal appendiks ile sol süperior pulmoner venin orifisi arasındaki bileşkedeki olukta, posteriorda seyreder (Resim 37,38). Bu olukta arter, sol süperior pulmover ven ostiyumuna oldukça yakın olup uzaklık 1 ile 3 mm arasında değişir (75). Arter daha sonra, diğer sinoatriyal arterlerde olduğu gibi, süperior vena kavaya doğru transvers sinüs boyunca seyreder.

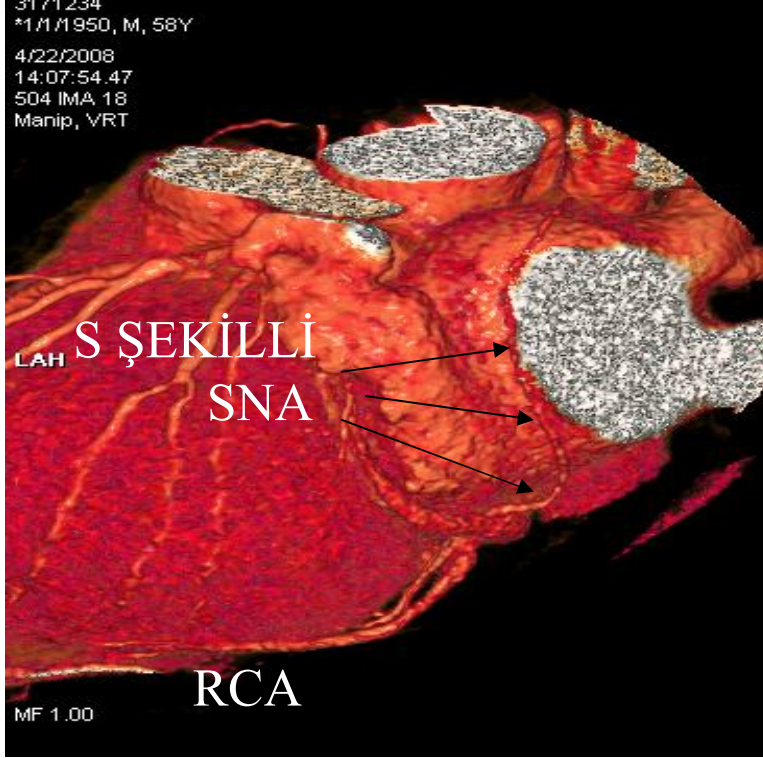


Resim 37. S şekilli SNA

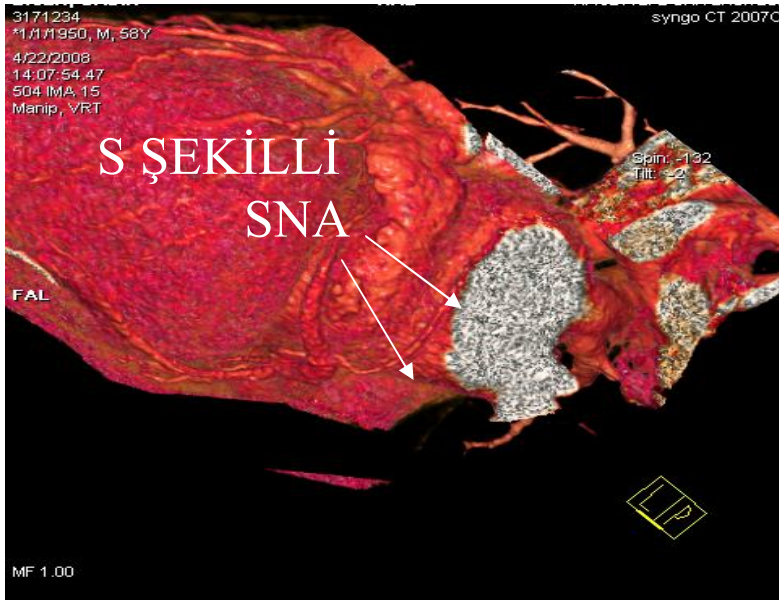


Resim 38. S şekilli

Daha önce tanımlanmış olan 'S' şekilli sinoatriyal nodal arterlerin tamamı LCX kaynaklı idi (saremi). Bizim çalışmamızda bir hastamızda RCA distalinden köken alan 'S' şekilli sinoatriyal nodal arter mevcuttu. Bu arterin seyir özellikleri de diğer 'S' şekilli sinoatriyal arterlere benzer şekildeydi (Resim 39,40).



Resim 39. RCA kaynaklı s şekilli SNA



Resim 40. RCA kaynaklı s şekilli SNA

4.2. Atriyoventriküler Nodal Arter:

Atriyoventriküler nodal arter 351 hastada (tüm hastaların %87.7'si) distal RCA kaynaklı iken, 49 hastada (tüm hastaların % 12.3'ü) distal LCX kaynaklı idi. RCA ostiyumu ile sağ atriyoventriküler nodal arter orijini arasındaki uzaklık 64.9 ile 205.4 mm arasında değişmekte olup ortalama 131.3 ± 15.9 mm idi. LCX ostiyumu ile atriyoventriküler nodal arter orijini arasındaki uzaklık 59.1 ile 161.1 arasında değişmekte olup ortalama 125.5 ± 14.8 mm idi.

Atriyoventriküler arterin çap ölçümünü de uzun aksını dik açıyla kesen düzlemde gerçekleştirdik. RCA kaynaklı atriyoventriküler nodal arterler arasında en küçük çap 0.28 mm iken, en büyük çap 1.98 mm olup ortalama çap 0.75 mm olarak bulundu. LCX kaynaklı atriyoventriküler nodal arterler arasında ise en küçük çap 0.31 mm, en büyük çap 1.26 mm, ortalama çap 0.76 mm olarak tespit edildi.

5. TARTIŞMA

Özellikle sinoatriyal ve atriyoventriküler nod olmak üzere kardiyak iletim sisteminin arteriyel beslenmesinin anatomik değerlendirmeleri literatürde bazı makaleler ile yayınlanmıştır (15,23,24,26-28,76-80). Bu değerlendirmeler temel olarak kadavra diseksiyonlarına ve anjiyografik çalışmalara dayanıyordu. Ancak sinoatriyal nodal arterin tortiyöz seyri nedeniyle diseke edilmesi zordur. Konvansiyonel koroner anjiyografi, arterin anatomik orijini, seyri ve dağılımını saptamak konusunda altın standarttır ancak bazı komplikasyonları ve riskleri bulunan invaziv bir tetkiktir.

Saremi ve ark. Sinoatriyal ve atriyoventriküler nodun arteriyel beslenmesini çok kesitli BT ile tanımlamışlardır (75). Zhang ve ark. (81) sinoatriyal nodal arteri çift tüplü BT ile incelemişlerdir.

Çalışmamızda, 400 hastada (350'sinde çift tüplü çok kesitli BT, 50 hastada ise 64-dedektörlü çok kesitli BT kullanılarak) bu iki nodu besleyen arterleri, sayı, çap, seyir, köken aldığı arter ve lokalizasyon varyasyonları açısından inceledik. Zhang ve ark. 96 hastada 106 sinoatriyal nodal arter görmüşlerdir. 86 hastada tek, 10 hastada çift sinoatriyal nodal arter tespit etmişlerdir. Bu çalışmaya göre tüm sinoatriyal nodal arterlerin %48.1'i RCA kökenlidir. Vieweg ve ark. çalışmalarında sinoatriyal nodal arterlerin %53 oranında RCA, %35 oranında LCX ve %11 oranında iki orijinli olduğunu bulmuşlardır (83). Berdajs ve ark. sinoatriyal nodal arterlerin %66'sının RCA, %34'ünün LCX kökenli olduğunu (23), Hadzeiselimovic ve ark. 200 kadavra kalbi üzerinde yaptıkları çalışmada %60'ının RCA, %40'ının LCX kaynaklı olduğunu (84) ve Bokeriya ve ark. 70 kadavra kalbi üzerinde yaptıkları çalışmada %61.4'ünün RCA, %38.4'ünün LCX kaynaklı olduğunu (85) göstermişlerdir. Saremi ve ark. 102 hasta üzerinde yaptıkları in-vivo çalışmada (75) tek sinoatriyal nodal arterlerin %65.7'sinin RCA, %27.4'ünün LCX kaynaklı olduğunu, %5.9 oranında çift sinoatriyal nodal arter görüldüğünü göstermişlerdir.

Bizim çalışmamızda 400 hastanın 383'ünde tek, 17'sinde çift sinoatriyal nodal arter mevcuttu ve tek sinoatriyal nodal arterlerin %58.2'si RCA, %37.2'si LCX kökenliydi ve %4.2 oranında çift sinoatriyal nodal arter mevcuttu.

Busquet ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada (78) sinoatriyal nodal arter seyri, kavoatriyal bileşke ile ilişkisi göz önüne alınarak prekaval (%58), retrokaval (%36) ve çevreleyen (%6) olarak bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda, sinoatriyal noda ulaşırken 205 terminal sinoatriyal nodal arter (%49.1) süperior vena kavanın posteriorundan (retrokaval), 24 terminal sinoatriyal nodal arter (%5.7) süperior vena kava çevresinde bulunan çok sayıda dal arasından (perikaval) geçmekteydi.

Berdajs ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada (23), kadavralardan alınan, daha önce patolojik bulgusu olmayan 50 tane insan kalbi incelenmiş ve sinoatriyal nodal arterin %54 oranında interatriyal septumun süperior posterior kenarından geçtiği bulunmuştur.

Saremi ve ark. nın (75) çalışmalarında terminal sinoatriyal nodal arterin bazı hastalarda interatriyal septuma yakın seyrettiği görüldü. Bu anatomik bulgulara göre, tüm retrokaval ve perikaval sinoatriyal nodal arterler (özellikle LCX arterden çıkanlar), süperior transseptal insizyonlar sırasında cerrahi travmaya maruz kalabilirler (86-88). Alternatif sol atriyal insizyon (örneğin, posterior interatriyal oluk yaklaşımı) uygulanarak bu yaralanmalardan kaçınılabilir.

Bizim çalışmamızda RCA ostiyumu ile sağ sinoatriyal nodal arter orijini arasındaki uzaklık 0 ile 184.3 mm arasında değişmekte olup ortalama 20.53 ± 14.1 mm idi. Sinoatriyal nodal arter 3 hastada RCA ostiyumundan çıkmakta idi. LCX arter ostiyumu ile sol sinoatriyal nodal arter orijini arasındaki uzaklık 12.3 ile 87.2 arasında değişmekte olup ortalama 31.2 ± 15.2 idi. Sol sinoatriyal nodal arter tipik olarak transvers sinüs boyunca süperior vena kavaya doğru seyretmekteydi.

Kyriakidis ve ark. (77) 309 hastanın koroner atreriyografisi ile yaptıkları çalışmada 182 hastada RCA kaynaklı olan sinoatriyal nodal arterin 179'unun proksimal 3 cm'lik segmentten, birinin akut marjinal orijininin yanından, ikisinin krusun solundan çıktığını göstermişlerdir. LCX kaynaklı sinoatriyal nodal arter tespit edilen 119 hastada ise 87'sinde proksimal, 32'sinde herhangi bir yerden çıktığını ortaya koymuşlardır. sekiz hastada çift sinoatriyal nodal arter görmüşlerdir.

Saremi ve ark (75) toplam 102 hastanın 67'sinde tek sinoatriyal nodal arterin RCA'nın proksimal 40 mm'sinden ve 28'sinde LCX'in proksimal 35 mm'sinden çıktığını, 6 hastada da çift sinoatriyal nodal arter olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmamızda sinoatriyal nodal arterin ortalama çapını da hesapladık. RCA kaynaklı sinoatriyal arterler içerisinde en büyük çap 2.70 mm, en küçük çap 0.28 mm, ortalama 1.09 mm olarak bulundu.

Pejković ve ark. (89) sinoatriyal nodal arterin ortalama eksternal çapını 1.7 mm olarak bulmuşlardır.

Saremi ve ark. (75), LCX kaynaklı 'S' şekilli sol sinoatriyal nodal arter varyantı göstermişlerdi. McAlpine (90) posterior sinoatriyal nodal arterin detaylı tanımını yapmıştı. Nerantzis ve

Avgoustakis (91) bu arteri sol aurikülünün altından ya da arkasından çıkan LCX posterolateral kesiminden orijin alan uzun 'S' şekilli olarak tanımlamışlardır. 300 insan kalbi üzerindeki koroner arter çalışmalarında sinoatriyal nodal arterin LCX kökenli olduğu vakaların %21'inde bu anatomiye ortaya koymuşlardır. Normal sinoatriyal nodal artere göre daha geniş olup, beslediği alanlar da sinoatriyal nod, çevresindeki alanlar, sol atriyumun büyük bir kısmı, interatriyal septumun geniş bir parçası ve atriyoventriküler alanın bir kısmı ile sağ atriyum olmak üzere daha geniştir (91,92).

Biz çalışmamızda 'S' şekilli sinoatriyal arteri 26 hastada tanımladık (hastaların %6.5'i, tüm sinoatriyal nodal arterlerin %6.2'si).

Bu arter 25 hastada LCX arterin proksimal kesiminden köken almaktaydı. Bir hastamızda 'S' şekilli sinoatriyal nodal arter RCA kaynaklı idi (tüm sinoatriyal nodal arterlerin %0.2'si, tüm hastaların %0.2'si, 'S' şekilli sinoatriyal nodal arterlerin %3'ü). Hutchinson (93), 40 kalp üzerindeki çalışmasında bir olguda (%2.5), RCA terminal kesiminden kaynaklanan 'S' şekilli posterior sinoatriyal nodal arterin sinoatriyal noda doğru sağ ve sol atriyum duvarları arasında saat yönünde seyrettiğini rapor etmiştir. Saremi ve ark. (94) RCA'nın terminal dallarından köken alan 'S' şekilli posterior sinoatriyal arter varyantını 244 olgu içerisinde bir olguda (%0.4) göstermişlerdir. Çok kesitli BT'nin uzaysal ve zamansal çözünürlüğü bu arterin sol süperior pulmoner ven orifisi ile sol atriyal appendiks arasındaki oluktan geçtiği alanda lokalize edilebilmesini sağlar. S şeklindeki sinoatriyal arter, atriyal fibrilasyon nedeniyle radyofrekans ablasyon yapılacak hastalarda olası komplikasyonlar nedeniyle önemli olabilir.

Atriyoventriküler nodal arterin orijini geniş olarak çalışılmıştır (24,27,28).

Atriyoventriküler nodal arter hastaların %80-%87'sinde distal RCA'dan köken alır ve kalbin krusu düzeyinde posterior interatriyal septum tabanına penetre olur. Kalan hastalarda, (%8-%13) LCX'in terminal kesiminden veya nadiren (%2-%10) RCA ve LCX arterden orijin alır. Klasik anatomik konsept, atriyoventriküler nodu besleyen ana damarın atriyoventriküler nodal arter olmasıdır (75)

Pejković ve ark. (89) çalışmalarında atriyoventriküler nodal arteri, %90 oranında RCA'dan, % 10 oranında LCX arterden kaynaklanan ilk ve en uzun inferior septal perforan dal olarak tanımlamışlardır.

Bizim çalışmamızda atriyoventriküler nodal arter 351 hastada (tüm hastaların %87.7'si) distal RCA kaynaklı iken, 49 hastada (tüm hastaların % 12.3'ü) distal LCX kaynaklı idi.

Pejković ve ark. (89) çalışmalarında atriyoventriküler nodal arter orijininin kalp krusu düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir.

Bizim çalışmamızda, RCA ostiyumu ile sağ atriyoventriküler nodal arter orijini arasındaki uzaklık 64.9 ile 205.4 mm arasında değişmekte olup ortalama 131.3 ± 15.9 mm idi. LCX ostiyumu ile atriyoventriküler nodal arter orijini arasındaki uzaklık 59.1 ile 161.1 arasında değişmekte olup ortalama 125.5 ± 14.8 mm idi.

Pejković ve ark. (89) çalışmalarında atriyoventriküler nodal arterin eksternal çap ortalamasını 2 mm olarak bulmuşlardır.

Bizim çalışmamızda RCA kaynaklı atriyoventriküler nodal arterler arasında en küçük çap 0.28 mm iken, en büyük çap 1.98 mm olup ortalama çap 0.75 mm olarak bulundu. LCX kaynaklı atriyoventriküler nodal arterler arasında ise en küçük çap 0.31 mm, en büyük çap 1.26 mm, ortalama çap 0.76 mm olarak tespit edildi.

Sonuç olarak, kardiyak multidedektör BT sinoatriyal nod ve atriyoventriküler nod dahil olmak üzere, miyokardiyal iletim dokusunu besleyen damarların orijin, seyir ve varyasyonları ile ilgili çok iyi bilgiler vermektedir. Bizim bulgularımız ile daha önce yayınlanmış kadavra diseksiyon ve anjiyografi çalışmalarının verileri uyum sağlamaktaydı. İletim sistemi de dahil olmak üzere bazı katater eşliğinde ya da cerrahi müdahalelerin işlem sonrası planlanması için çok kesitli BT'nin kullanımı açısından ileri araştırma ve çalışmalar gereklidir.

Kaynaklar:

1 Hastreiter D, Lewis D, Dubinsky TJ. Acute myocardial infarction demonstrated by multidetector CT scanning. *Emerg Radiol* 2004;11:104-6.

2 Malouf JF, EdwardsWD, Tajik AJ, Seward JB. Functional anatomy of the heart. In: Fuster V, Alexander RW, O'Rourke RA, Roberts R, King SB, Wellens HJJ, eds. *Hurst's the heart*. 11th ed. New York, NY:McGraw-Hill, 2005; 45–82.

3 Hoffmann U, Pena AJ, Cury RC, et al. Cardiac CT in emergency department patients with acute chest pain. *RadioGraphics* 2006;26(4):963–980

4 Stankovic I, JesicM. Morphometric characteristics of the conus coronary artery. *McGill JMed* 2004; 8:2–6.

5 DiDio LJ, Lopes AC, Caetano AC, Prates JC. Variations of the origin of the artery of the sinoatrial node in normal human hearts. *Surg Radiol Anat* 1995;17(1):19–26

6 AustenWG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation* 1975;51(4 suppl):5–40.

7 Yang F, Minutello RM, Bhagan S, Sharma A, Wong SC. The impact of gender on vessel size in patients with angiographically normal coronary arteries. *J Interv Cardiol* 2006;19(4):340–344.

8 Swaye PS, Fisher LD, Litwin P, et al. Aneurysmal coronary artery disease. *Circulation* 1983;67(1): 134–138.

9 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

- 10 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
- 11 Dobosz PM, Kolesnik A, Aleksandrowicz R, Ciszek B. Anatomy of the valve of the coronary sinus (Thebesian valve). *Clin Anat* 1995;8(6):438–439.
- 12 Choe YH, Kim YM, Han BK, Park KG, Lee HJ. Morphologic diagnosis of congenital heart disease. *RadioGraphics* 1997;17(2):403–422.
- 13 Ghaye B, Ghuysen A, Bruyere PJ, D'Orio V, Dodelinger RF. Can CT pulmonary angiography a low assessment of severity and prognosis in patients presenting with pulmonary embolism? What the radiologist needs to know. *RadioGraphics* 2006;26(1):23–40.
- 14 Sanchez-Quintana D, Ho SY. Anatomy of cardiac nodes and atrioventricular specialized conduction system [in Spanish]. *Rev Esp Cardiol* 2003;56:1085–1092.
- 15 Anderson KR, Ho SY, Anderson RH. Location and vascular supply of sinus node in human heart. *Br Heart J* 1979;41:28–32.
- 16 Sanchez-Quintana D, Anderson RH, Cabrera JA, et al. The terminal crest: morphological features relevant to electrophysiology. *Heart* 2002;88: 406–411.
- 17 Chiu IS, Hung CR, How SW, ChenMR. Is the sinus node visible grossly? a histological study of normal hearts. *Int J Cardiol* 1989;22:83–87.
- 18 Matsuyama TA, Inoue S, Kobayashi Y, et al. Anatomical diversity and age-related histological changes in the human right atrial posterolateral wall. *Europace* 2004;6:307–315.

- 19 James TN. The sinus node. *Am J Cardiol* 1977; 40:965–986.
- 20 Lee RJ, Kalman JM, Fitzpatrick AP, et al. Radiofrequency catheter modification of the sinus node for “inappropriate” sinus tachycardia. *Circulation* 1995;92:2919–2928.
- 21 Man KC, Knight B, Tse HF, et al. Radiofrequency catheter ablation of inappropriate sinus tachycardia guided by activation mapping. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:451–457.
- 22 Callans DJ, Ren JF, Schwartzman D, et al. Narrowing of the superior vena cava-right atrium during radiofrequency catheter ablation for inappropriate sinus tachycardia: analysis with intracardiac echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1667–1670.
- 23 Berdajs D, Patonay L, Turina MI. The clinical anatomy of the sinus node artery. *Ann Thorac Surg* 2003;76:732–735.
- 24 Sow ML, Ndoye JM, Lo EA. The artery of the sinuatrial node: anatomic considerations based on 45 injection-dissections of the heart. *Surg Radiol Anat* 1996;18:103–109.
- 25 Anderson RH, Ho HY, Becker AE. Anatomy of the human atrioventricular junctions revisited. *Anat Rec* 2000;260:81–91.
- 26 Sow ML, Ndoye JM, Lo EA. The artery of the atrioventricular node: an anatomic study based on 38 injection-dissections. *Surg Radiol Anat* 1996;18:183–187.
- 27 Anderson KR, Murphy JG. The atrio-ventricular node artery in the human heart. *Angiology* 1983;34(11):711–716.
- 28 Arid JM, Armstrong O, Rogez JM, Robert R, Lardoux MC, Leborgne J. Arterial vascularisation of the atrioventricular node. *Surg Radiol Anat* 2000;22(2):93–96.

- 29 Sanchez-Quintana D, Ho SY, Cabrera JA, Fare J, Anderson RH. Topographic anatomy of the inferior pyramidal space: relevance to radiofrequency catheter ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001;12:210–217.
- 30 Lin JL, Huang SK, Lai LP, et al. Distal end of the atrioventricular nodal artery predicts the risk of atrioventricular block during slow pathway catheter ablation of atrioventricular nodal re-entrant tachycardia. *Heart* 2000;83:543–550.
- 31 Anderson RH, Brown NA, Webb S. Development and structure of the atrial septum. *Heart* 2002;88:104–110.
- 32 Kalender W, Seissler W, Klotz E, Vock P (1990). Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport and continuous scanner rotation. *Radiology* 176: 181–183
- 33 Rubin GD, Dake MD, Napel SA (1993) Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen: initial clinical experience. *Radiology* 186: 147–152
- 34 Boyd DP, Lipton MJ (1982). Cardiac computed tomography. *Proceedings of the IEEE* 71:298–307
- 35 Stanford W, Rumberger J (1992) Ultrafast computed tomography in cardiac imaging: principles and practice. Futura Publishing Company New York.
- 36 Achenbach S, Ropers D, Holle J, Muschiol G, Daniel WG, Moshage W (2000a). In-plane coronary arterial motion velocity: measurement with electron-beam CT. *Radiology* 216:457–463.
- 37 He S, Dai R, Chen Y, Bai H (2001). Optimal electrocardiographically triggered phase for reducing motion artifact at electron beam CT in the coronary artery. *Acad Radiol* 8:48–56.
- 38 Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M, Detrano R (1990). Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 15:827–832.

- 39 Arad Y, Spadaro M, Goodman KG et al (1996). Prediction of coronary events with electron beam computed tomography: 19-month follow-up of 1173 asymptomatic subjects. *Circulation* 93:1951–1953.
- 40 Becker CR, Knez A, Jakobs TF, Becker A, Schöpf UJ, Brüning R, Haberl R, Reiser MF (1999). Detection and quantification of coronary artery calcification with electron-beam and conventional CT. *Eur Radiol* 9:620–624.
- 41 Rumberger JA, Kaufmann L (2003). A rosetta stone for coronary calcium risk stratification. Agatston, volume and mass scores in 11490 individuals. *Am J Roentgenol* 181:743–748.
- 42 Achenbach S, Moshage W, Ropers D, Bachmann K (1998a). Curved multiplanar reconstructions for the evaluation of contrast-enhanced electron-beam CT of the coronary arteries. *AJR* 170:895–899.
- 43 Achenbach S, Moshage W, Ropers D, Nössen J, Daniel WG (1998b). Value of electron-beam computed tomography for the non-invasive detection of high-grade coronary artery stenoses and occlusions. *N Engl J Med* 339:1964–71.
- 44 Budoff MJ, Oudiz RJ, Zalace CP, Bakhsheshi H, Goldberg SL, French WJ, Rami TG, Brundage BH (1999) Intravenous three-dimensional coronary angiography using contrast enhanced electron beam computed tomography. *Am.J.Cardiol.* 83: 840–845
- 45 Ooijen van PMA, Oudkerk, M, Geuns van RJM, Rensing BJ, de Feyter PJ (2000). Coronary artery fly-through using electron beam computed tomography. *Circulation* 102:e6-e10.
- 46 Flamm SD (1998). Coronary artery calcium screening: ready for prime time ?. *Radiology* 208:571–572.
- 47 Leber AW, Knez A, Becker C, et al (2003). Non-invasive in-travenous coronary angiography using electron-beam tomography and multi-slice computed tomography. *Heart* 89:&33–639.

- 48 Rumberger JA, Weiss RM, Feiring AJ, Stanford W, Karim R, Marcus ML (1989). Patterns of regional diastolic function in the normal human left ventricle: an ultrafast computed tomographic study. *J Am Coll Cardiol* 14:119–126.
- 49 Weisser G, Lehmann K-J, Scheck R, Coppenrath E, Fehrentz D, Georgi M (1998). Performance of electron-beam CT: continuous volume scan in comparison to spiral CT. *Der Radiologe* 38:993–998.
- 50 Ohnesorge B, Flohr T, Klingenberg-Regn K (1999). Efficient object scatter correction for third and fourth generation CT scanners. *Eur Radiol* 9:563–569.
- 51 Lackner K, Thurn P (1981). Computed tomography of the heart: ECG-gated and continuous scans. *Radiology* 140:413–420.
- 52 Parker DL (1982). Optimal short scan convolution reconstruction for fanbeam CT. *Med Phys* 9(2):254–257.
- 53 Schöpf UJ, Becker CR, Brüning RD, Helmberger A, Stäbler A, Leimeister P, Reiser MF (1999). Electrocardiographically gated thin-section CT of the lung. *Radiology* 212:649–654.
- 54 Becker CR, Jakobs TF, Aydemir S, Becker A, Knez A, Schöpf UJ, Brüning R, Haberl R, Reiser MF (2000). Helical and single-slice conventional CT versus electron beam CT for the quantification of coronary artery calcification. *AJR* 174:543–547.
- 55 Woodhouse CE, Janowitz WR, Viamonte M (1997). Coronary arteries: retrospective cardiac gating technique to reduce cardiac motion artifact at spiral CT. *Radiology* 204:566–569.
- 56 Kachelrieß M, Kalender WA (1998). Electrocardiogram-correlated image reconstruction from subsecond spiral computed tomography scans of the heart. *Med Phys* 25: 2417–2431.

57 Carr JJ, Crouse JR, Goff DC Jr, et al (2000). Evaluation of sub-second gated helical CT for quantification of coronary artery calcium and comparison with electron beam CT. *AJR* 174:915–921.

58 Bahner ML, Böse J, Lutz A, Wallschläger H, Regn J, van Kaick G. (1999). Retrospectively ECG-gated spiral CT of the heart and lung. *Eur Radiol* 9:106–109.

59 Ohnesorge B, Flohr T, Becker C R, Kopp A F, Knez A Baum U, Klingenberg-Regn K, Reiser MF (2000). Cardiac imaging by means of electrocardiographically gated multisection spiral CT: initial experience. *Radiology* 217:564–571.

60 Niemann K, Oudkerk M, Rensing BJ, van Ooijen P, Munne A, van Geuns RJ, de Feyter P (2001). Coronary angiography with multi-slice computed tomography. *Lancet* 357:599–603.

61 Küttner A, Wildberger J, Anders K, et al (2004). A new frontier in non-invasive cardiac imaging: first clinical experience using 64-slice MDCT Technology. *Fortschr Röntgenstr* 176, 1810–1816.

62 Robb R, Ritman E (1979). High speed synchronous volume computed tomography of the heart. *Radiology* 1979; 133:655–61

63 Ritman E, Kinsey J, Robb R, Gilbert B, Harris L, Wood E (1980). Three-dimensional imaging of heart, lungs, and circulation. *Science* 210:273–80

64 Flohr TG, McCollough C, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Süß C, Grasruck M, Stierstorfer K, Krauss B, Raupach R, Primak AN, Küttner A, Achenbach S, Becker C, Kopp A, Ohnesorge B (2006). First performance evaluation of a dual source CT (DSCT) system. *Eur Radiol* 16:256–268

65 Bruder H, Stierstorfer K, McCollough C, Raupach R, Petersilka M, Grasruck M, Ohnesorge B, Flohr T (2006). Design considerations in cardiac CT. *SPIE Proceedings* 2006 (in press)

66 McCollough CH, Primak AN, Saba O, Bruder H, Stierstorfer K, Raupach R, Süß C, Ohnesorge BM, Flohr TG (2006). Dose performance of a 64-channel dual source CT (DSCT) Scanner. Radiology (in press)

67 Achenbach S, Ropers D, Kuettner A, Flohr T, Ohnesorge B, Bruder H, Theesen H, Karakaya M, Daniela WG, Bautz W, Kalender WA, Anders K (2006). Contrast-enhanced coronary artery visualization by dual-source computed tomography – initial experience. Eur J Radiol 57: 331–335

68 Johnson TRC, Nikolaou K, Wintersperger BJ, Leber AW, von Ziegler F, Rist C, Buhmann S, Knez A, Reiser MF, Becker CR (2006). Dual source CT cardiac imaging: initial experience. Eur Radiol (in press)

69 Flohr T, Stierstorfer K, Raupach R, Ulzheimer S, Bruder H. Performance evaluation of a 64-Slice CT-system with z-flying focal spot (2004). Röfo Fortschr Geb Röntgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 176:1803–1810

70 Flohr TG, Stierstorfer K, Ulzheimer S, Bruder H, Primak AN, McCollough CH. Image reconstruction and image quality evaluation for a 64-slice CT scanner with z-flying focal spot (2005). Med Phys 32(8): 2536–2547

71 Schardt P, Deuringer J, Freudenberger J, Hell E, Knuepfer W, Mattern D, Schild M (2004). New X-ray tube performance in computed tomography by introducing the rotating envelope tube technology. Med Phys 31(9):2699–2706

72 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.

73 Flohr TG, Schoepf UJ, Ohnesorge BM. Chasing the heart: new developments for cardiac CT. J Thorac Imaging. 2007;22:4-16.

74 Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B ve ark. 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.

75 Saremi F, Abolhoda A, Ashikyan O, Milliken JC, Narula J, Gurudevan SV, Kaushal K, Raney A. *Radiology*. 2008 Jan;246(1):99-107; discussion 108-9. Epub 2007 Nov 16

76 Malouf JF, Edwards WD, Tajik AJ, Seward JB. Functional anatomy of the heart. In: Fuster V, Alexander RW, O'Rourke RA, et al, eds. *The heart*. 11th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2004; 75–83.

77 Kyriakidis M, Vyssoulis G, Barbetseas J, Toutouzas P. A clinical angiographic study of the arterial blood supply to the sinus node. *Chest* 1988;94(5):1054–1057.

78 Busquet J, Fontan F, Anderson RH, Ho SY, Davies MJ. The surgical significance of the atrial branches of the coronary arteries. *Int J Cardiol* 1984;6(2):223–236.

79 Nerantzis C, Avgoustakis D. An S-shaped atrial artery supplying the sinus node area: an anatomical study. *Chest* 1980;78(2):274–278.

80 Tanaka S, Lee HY, Mizukami S, Nakatani T, Chung IH. Posterior sinus node artery and accessory atrioventricular node artery arising by a common origin: a case report. *Clin Anat* 1998;11(2):106–111.

81 Zhang LJ, Wang YZ, Huang W, Chen P, Zhou CS, Lu GM. Anatomical investigation of the sinus node artery using dual-source computed tomography. *Circ J*. 2008 Oct;72(10):1615-20. Epub 2008 Aug 27.

82 Farhood Saremi MD, Subramaniam Krishnan MD. Cardiac Conduction System: Anatomic Landmarks Relevant to Interventional Electrophysiologic Techniques Demonstrated with 64-Detector CT. *RadioGraphics* 2007; 27:1539–1567

- 83 Vieweg WV, Alpert JS, Hagan AD. Origin of the sinoatrial node and atrioventricular node arteries in right, mixed, and left inferior emphasis systems. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1975;1(4):361
- 84 Hadziselimovic H. Vascularization of the conducting system in the human heart. *Acta Anat (Basel)* 1978;102(2):105–110.
- 85 Bokeriya LA, Mikhailin SI, Revishvili AS. Anatomical variants of sinoatrial and atrioventricular node arteries. *CorVasa.* 1984;26(3):220-8.
- 86 Gaudino M, Alessandrini F, Glieca F, et al. Conventional left atrial versus superior septal approach for mitral valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1997;63(4):1123–1127.
- 87 Misawa Y, Fuse K, Kawahito K, Saito T, Konishi H. Conduction disturbances after superior septal approach for mitral valve repair. *Ann Thorac Surg* 1999;68(4):1262–1264.
- 88 Garcia-Villarreal OA, Gonzalez-Oviedo R, Rodriguez-Gonzalez H, Martinez-Chapa HD. Superior septal approach for mitral valve surgery: a word of caution. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003;24(6):862–867.
- 89 Pejković B, Krajnc I, Anderhuber F, Kosutić D. Anatomical aspects of the arterial blood supply to the sinoatrial and atrioventricular nodes of the human heart. *J Int Med Res.* 2008 Jul-Aug;36(4):691-8.
- 90 McAlpine WA. Heart and coronary arteries: an anatomical atlas for clinical diagnosis, radiological investigation, and surgical treatment. New York, NY: Springer-Verlag, 1975; 160–178.
- 91 Nerantzis C, Avgoustakis D. An S-shaped atrial artery supplying the sinus node area: an anatomic study. *Chest* 1980; 78:274–278.
- 92 Tanaka S, Lee HY, Mizukami S, Nakatani T, Chung IH. Posterior sinus node artery and accessory atrioventricular node artery arising by a common origin: a case report. *Clin Anat* 1998; 11:106–111

93 Hutchinson MC. A study of the atrial arteries in man. J Anat 1978; 125:39–54

94 Farhood Saremi, Stephanie Channual, Amir Abolhoda, Swaminatha V. Gurudevan, Jagat Narula, Jeffrey C. Milliken. MDCT of the S-Shaped Sinoatrial Node Artery. AJR 2008; 190:1569–1575

95 Sow ML, Ndoye JM, Lo EA. The artery of the atrioventricular node: an anatomic study based on 38 injection-dissections. Surg Radiol Anat 1996;18(3):183–187.