

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
Radyoloji Anabilim Dalı

**KARDİYOVASKÜLER SİSTEME AİT KONJENİTAL ANOMALİ
VE VARYASYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE
KARDİYAK BT ANJİYOĞRAFİNİN ETKİNLİĞİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Nur SOYLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yüksel Pabuşçu

Manisa 2014

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez danışmanım olarak çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen ve değerli bilgilerini paylaşan sayın hocam Prof.Dr. Yüksel Pabuşçu'ya

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini aktaran, yol gösteren, hoşgörülerini esirgemeyen, değerli hocalarım Prof.Dr. Serdar Tarhan, Prof.Dr. Şebnem Örgüç, Prof.Dr. Gökhan Pekindil, Prof.Dr. Cihan Göktaş, Prof.Dr. Mine Özkol ve Doç.Dr. Gülgün Yılmaz Ovalı'ya

Asistanlığımın başından itibaren benimle her konuda bilgilerini ve güzel arkadaşlıklarını paylaşan Uzm.Dr. Bilgen Mehbare Özer, Uzm.Dr. Mustafa Gök, Uzm.Dr. Ali Er, Uzm.Dr. Pınar Susüzer Özkarakaş, Uzm.Dr. Tecelli Poçan, Uzm.Dr. Serap Güneş Urgan, Uzm.Dr. Nuri Baraz ve Uzm.Dr. Fatih Düzgün'e

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum sevgili arkadaşlarım Dr. İnci Türkan Yılmaz, Dr. Muhammet Bulut, Dr. Sinan Sözütok, Dr. Melike Şener Sorgun, Dr. Kaan Arslan, Dr. Mustafa Faraşat, Dr. Erkan Yılgin, Dr. Meliha Akın Dalı, ve Dr. Eyüp Yılmaz'a

Tez hastalarımın çekiminde yardımcı olan teknisyen arkadaşlarım Bahar, Nursel ve Tuğçe'ye,

Eğitimim süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen, birlikte çalışmaktan keyif aldığım kliniğimizin diğer tüm çalışanlarına

Bugünlere gelmemde en büyük fedakarlığı gösteren, sevgilerini ve desteklerini hiç esirgemeyen canım annem Sabiha Topçular ve babam Niyazi Topçular'a

Ve son olarak da her zaman yanımda olan canım eşim Mehmet Soylu'ya ve sabırla beni bekleyen canım oğlum Emre Soylu'ya

Teşekkürlerimi sunarım..

SİMGELER VE KISALTMALAR

EKO	Ekokardiyografi
EKG	Elektrokardiyografi
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme
ÇKBT	Çok kesitli bilgisayarlı tomografi
LMCA	Sol ana koroner arter
LAD	Sol ön inen dal
RCA	Sağ koroner arter
LCX	Sol sirkumfleks koroner arter
PDA	Patent duktus arteriyosus
RVOT	Sağ ventrikül çıkış yolu
PSSVK	Persistan sol superiyor vena kava
ARSA	Aberran sağ subklaviyan arter
MVP	Mitral valv prolapsusu
MPR	Multiplanar Rekonstrüksiyon
MIP	Maksimum İntensite Projeksiyon
SSD	Surface Shaded Display
3D VRT	Üç Boyutlu Volüm Rendering Teknigi
CPR	Curved Planar Reformat
kV	Kilovolt
mAs	Miliamper saniye
mSv	Milisievert
HU	Hounsfield Unit
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AHA	American Heart Association
RPL	Sağ posteriyor lateral arter

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Normal Kalp Embriyolojisi	4
2.1.1. Erken Kardiyak Morfogenez.....	4
2.1.2. Kardiyak Looping (Kardiyak Kıvrılma)	4
2.1.3. Kardiyak Septasyon (Kardiyak Bölünme)	5
2.1.4. Kardiyak Diferansiyasyon (Kardiyak Farklılaşma)	6
2.1.5. Koroner Arter Embriyolojisi	6
2.2. Fetal ve Neonatal Dolaşım.....	7
2.3. Kalp Anatomisi.....	9
2.3.1 Genel Anatomi	9
2.3.2. Kalbin odacıkları	10
2.3.3. Koroner Arter Anatomisi.....	17
2.4. Kardiyak döngü.....	19
2.5. Konjenital Kalp Hastalıkları	21
2.5.1. Konjenital kalp hastalıkları	21
2.5.2. Konjenital Kalp Hastalıkları Etiyolojisi	21
2.5.3. Ekstrakardiyak anomaliler	22
2.5.4. Kardiyak Anomaliler	25
2.6. Koroner Arter Anomalileri.....	27
2.6.1. Çıkış ve Seyir Anomalileri	28
2.6.2. Koroner Arterlerin Kendi Anatomileri ile İlgili Anomaliler	30
2.6.3. Koroner Arter Sonlanma Anomalileri	32
2.6.4. Anormal Koroner Kollateraller ve Koronerler Arası Bağlantılar	32
2.7. ÇKBT Fiziği.....	33
2.7.1. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	33
2.8. Teknik, Protokoller ve Araçlar	42
2.8.1. Tetkik öncesi hazırlıklar	42
2.8.2. Çekim tekniği	45
2.8.3. Koroner BT Anjiyografi ve Kardiyak BT Endikasyonları	59
3. GEREÇ VE YÖNTEM	62
3.1. Hasta Seçimi ve Hazırlığı.....	62
3.2. Çekim Protokolü	64
3.3. Görüntülerin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması	66

4. BULGULAR.....	67
5. OLGU ÖRNEKLERİ	70
6. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	81
ÖZET	94
SUMMARY	95
REFERANSLAR.....	97
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU.....	108

TABLÖLAR

Tablo 1. Konjenital kalp hastalıkları oranlarını gösteren tablo

Tablo 2. Efektif radyasyon dozları

ŞEKİLLER ve RESİMLER

Şekil 1. Kardiyak gelişim şematik görüntüsü

Şekil 2. Fetal dolaşım şematik görüntüsü

Şekil 3. Kalp yapılarının şematik görüntüsü

Şekil 4. Normal EKG şematik görüntüsü

Resim 1. Normal kalp yapılarının BT görüntüleri

Resim 2. Normal kalp kapaklarının BT görüntüleri

Resim 3. Normal koroner anatomi; 3 boyutlu volüm rendering görüntüleme

Resim 4. Sağ dominant dolaşımında, sağ koroner arterin posterior desendan arter ve RPL dallarını vererek interventriküler septumu beslediği görülmektedir, volüm rendering görüntüsü

Resim 5. Kardiyak aksların BT görüntüleri

Resim 6. Aksiyel BT kesitinde kalp görüntüsü

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kalp görüntülenmesinde kullanılan ilk radyolojik yöntem direkt radyografilerdir. Bu görüntüleme yöntemi ile kalbin ve mediasteninin konturları değerlendirilerek kardiyovasküler hastalıklara tanı konulmaya çalışılmıştır. Daha sonra 1960`lı yıllarda kardiyovasküler yapıların görüntülenmesi amacıyla kardiyak kateterizasyon yapılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle kalp ve büyük damarların görüntülenmesinin yanı sıra hemodinamiye ilişkin bazı verilerin de elde edilmesi olanaklı olmuştur. Ancak kardiyak kateterizasyonun hem radyasyon içermesi, hem de çeşitli komplikasyonlara yol açabilecek invaziv bir işlem olması nedeniyle, bu inceleme yöntemi günümüzde sadece hemodinamik ölçümlerin şart olduğu ve bunun da ancak girişimsel işlemlerle mümkün olabildiği olgularda uygulanmaktadır (1,2).

Özellikle pediyatrik yaş grubunda direkt grafiden sonra kalp görüntülenmesinde kullanılan yöntemler arasında ilk seçenek ekokardiyografidir (EKO) (3). Bunun nedeni ucuz, yaygın ve noninvaziv bir yöntem olması, kalp anatomisi ve fonksiyonlarının dinamik olarak değerlendirilebilmesidir. Ancak ses dalgalarının kemik ve hava içeren dokuların arkasına geçmemesi, özellikle operasyon sonrasında oluşan granülasyon dokusunun görüntü kalitesini azaltması, ekstrakardiyak vasküler yapıların değerlendirilememesi ve bazı olgularda görülen kompleks anatominin ancak 3 boyutlu görüntüleme ile anlaşılabilmesi bu yöntemin dezavantajlarıdır.

Kalbin kesitsel yöntemlerle değerlendirilmesindeki en önemli güçlük solunum ve kardiyak hareketlerdir. Başlangıçta bu hareketlere bağlı artefaktlar nedeniyle manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) ile yeterli şekilde değerlendirilemeyen kalp yapıları, daha hızlı sekansların geliştirilmesi ve artan dedektör sayısına bağlı olarak günümüzde yüksek çözünürlüklü görüntülerle incelenebilir hale gelmiştir. Bu yöntemlerle

erken tanı, tedavi şekline ve zamanına karar verme ve tedavi sonrasında takip önemli ölçüde kolaylaşmıştır.

Konjenital kalp hastalığı olan pediatrik olgularda tedavi planlaması ve takipte noninvaziv görüntüleme yöntemlerine sıkça gereksinim duyulmaktadır. Ekokardiyografinin yetersiz kaldığı olgularda invaziv olmaması ve radyasyon içermemesi nedeniyle MRG iyi bir alternatif yöntemdir. Özellikle kalp ve vasküler yapıları 3 boyutlu olarak gösterebilmesi, kanın akış hızı ve oluşan basınç gradientlerine yönelik ölçümleri yapabilmesi, odacık hacimlerini ölçerek sistolik-diyastolik fonksiyonları büyük bir doğrulukla saptayabilmesi en büyük avantajlarıdır. MRG'nin kalp görüntülemesinde en büyük dezavantajı koroner damarları yeterince gösterememesidir. Bunun nedeni pediatrik yaş grubunda koroner damarların çapının belirgin şekilde dar ve küçük olması ve MRG'nin uzaysal çözünürlüğünün bu damarları görüntülemek için yetersiz kalmasıdır. Kapak veya korda tendinea gibi küçük yapıları değerlendirebilmek için de uzaysal çözünürlük yetersiz kalabilir. Ayrıca kardiyak MRG hasta ile iyi bir iletişim gerektirir. Pediatrik yaş grubunda bu iletişimi kurmak güçtür. Sekiz yaş altındaki çocuklarda sedasyon veya anestezi gerekmektedir. Klips, koil ve stent gibi aygıtlar tanınal etkinliği düşürecek oranda artefaktlara yol açabilir.

Pediatrik kardiyovasküler görüntülemelerde göğüs radyografisi ve transtorasik ekokardiyografiye yardımcı olan ve algoritmada üçüncü sırada yer alan kardiyak MRG'nin çok sayıda avantajlarına karşın bazı sınırlılıklarının da bulunması nedeniyle pediatrik kardiyak incelemelerde kesitsel görüntülemeye gereksinim duyulduğunda diğer bir seçenek de BT'dir. Çok kesitli BT (ÇKBT) sistemlerin klinik kullanıma sunulmasından sonra BT, kardiyak görüntülemeye kullanılmaya başlanmıştır. ÇKBT ile temporal rezolüsyon artmıştır ve bir gantri dönüşünde taranan alanın genişlemesiyle artan hız, çocuklarda sedasyon gerekliliğini belirgin oranda azaltmaktadır. Son zamanlarda kullanılmaya başlanan 256 ve 320 kesitli BT cihazlarında kardiyak tarama zamanınının 1 sn'nin altına inmesi nefes tutma gereğini bile ortadan kaldırmıştır (4).

Yukarıda sıralanan avantajlarına rağmen kardiyak BT tetkikinin en büyük dezavantajı içerdiği iyonize radyasyondur. Çocukların iyonize radyasyona erişkinlerden daha duyarlı olduğu ve radyasyona bağlı malignite gelişme riskinin çocuklarda daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çocuklarda kardiyak BT tetkiki endikasyonu konulurken oldukça seçici olunması gerekmektedir (4,5). Pediyatrik olgularda tiroid bezi ve meme dokusu için bismut tabanlı koruyucular kullanılmalıdır.

Konjenital kardiyak lezyonların değerlendirilmesinde EKO'ya ek katkılar sağlayan kardiyak BT anjiyografinin temel endikasyonları; siyanotik kalp hastalıklarında (Fallot tetralojisi ve pulmoner atrezi gibi) pulmoner arterlerin anatomik olarak değerlendirilmesi, anormal çıkışlı koroner arterlerin saptanması, kompleks konjenital kalp hastalıklarında ekstrakardiyak anatominin değerlendirilmesi ve postoperatif anatominin değerlendirilmesidir. Çocuklarda koroner arterlerde en sık görülen patolojiler koroner arter çıkış anomalileri, fistüller ve Kawasaki hastalığı olan olgularda görülen anevrizma ve daralmalardır. ÇKBT tüm bu patolojileri göstermede hem ekokardiyografi hem de MRG`den üstündür.(6) Ayrıca septum defektleri, kardiyak anomaliler, aort patolojileri (anevrizma, diseksiyon, koarktasyon), pulmoner arter ve ven patolojileri ÇKBT ile gösterilebilmektedir. Fonksiyonel değerlendirme yapılarak duvar ve kapak hareketleri görülebilmekte, atım hacmi ve ejeksiyon fraksiyonu belirlenebilmektedir. İçerdiği iyonize radyasyon nedeniyle ekokardiyografi ve MRG'ye göre daha az tercih edilmekle birlikte, doz azaltma yöntemleri ve uygun teknik parametreler sayesinde seçilmiş olgularda etkin bir görüntüleme yöntemidir (1,6).

Bu çalışmada kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonların saptanmasında kardiyak BT anjiyografinin etkinliği incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Normal Kalp Embriyolojisi

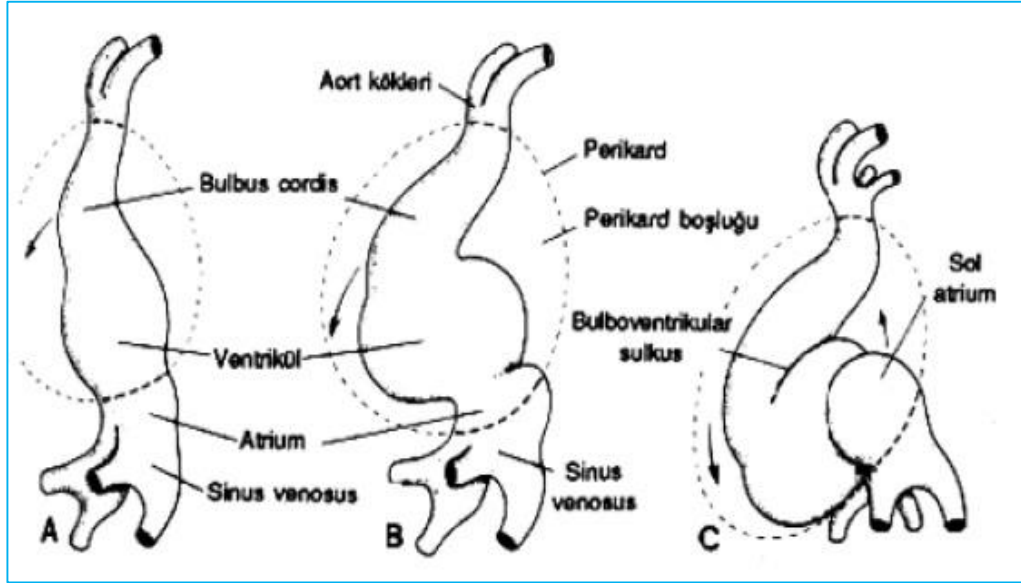
2.1.1. Erken Kardiyak Morfogenez

Kalp, gelişim sırasında oluşan ve işlev gösteren ilk organdır. İnsan embriyosunun damar sistemi 3. haftanın ortasında belirir. Bu zamana dek beslenme yalnızca difüzyon ile sağlanır. İlk saptanabilen öncü kalp hücreleri embriyonun santral aksının her iki yanına yerleşmiş anjiyogenetik hücre kümeleridir (7). Bu hücre grupları gebeliğin 18. gününde bir çift kardiyak tüpü ve 22. gününde de kardiyak tüpler birleşerek primitif kalp tüpünü meydana getirirler (8). Primitif kalp tüpü içerisinde kranial bölgeler ventrikülleri, kaudal bölgeler de atriyumları oluştururlar. Bu arada epikardiyal hücreler ve nöral krestten köken alan premyokardiyal hücreler, kalp tüpünün olduğu bölgeye doğru göçlerine devam ederler. Embriyonik kalp, 20-22. günlerde gelişmiş kalptekine benzer şekilde kasılmaya başlar. Primitif kalp tüpünde bulunan sinus venosus ve atriyum, primitif ventrikül, bulbus kordis ve trunkus arteriyozus matür kalpte sırasıyla sağ ve sol atriyum, sol ventrikül, sağ ventrikül, aorta ve pulmoner artere denk gelmektedir. 4. ile 7. haftalar arasında kalp dört boşluklu yapısına kavuşur (7).

2.1.2. Kardiyak Looping (Kardiyak Kıvrılma)

Ortalama 22-24. günlerde kardiyak tüp bilinmeyen biyomekanik etkiler nedeniyle ventrale ve sağa doğru hareket etmeye başlar (7) (Şekil 1). Kardiyak kıvrılma gelecekte sol ventrikül devamlılığını sinus venosus (ileride sol ve sağ atriyum) yardımı ile sağlarken, sağ ventrikül sağa doğru yer değiştirir ve daha sonra aorta ve pulmoner arterin geliştiği trunkus arteriyozus ile devam eder. Bu gelişim evreleri çift çıkışlı sağ ventrikül, çift girişli sol ventrikül, çift çıkışlı sol ventrikül ve çift girişli sağ ventrikül oluşumunu açıklayabilmektedir (8). Kardiyak kıvrılma embriyoda sağ-sol asimetrisinin

görüldüğü ilk bulgudur. Bu dönemdeki defektler ciddi kardiyak malformasyonlara neden olmaktadır.



Şekil 1

2.1.3. Kardiyak Septasyon (Kardiyak Bölünme)

Kıvrılma tamamlandığında kalbin dış görünümü tek bir tüp halinde ve matür kalbe benzer şekildedir. Ortak atriyum primitif ventriküle (sol ventrikül) atrioventriküler kanal yolu ile; primitif ventrikül ise bulbus kordise (sağ ventrikül) bulboventriküler foramen yolu ile bağlanır. Bulbus kordisin distal parçası trunkus arteriyozusa çıkım segmenti (konus) sayesinde bağlanır.

Kardiyak septasyon 26. günde endokardiyal yastık, atrioventriküler ve konotrunkal bileşkeler tarafından oluşturulur (7). Atrioventriküler kanalın tam septasyonu endokardiyal yastığın füzyonu ile meydana gelir. Atrioventriküler kapak dokusunun çoğu ventriküler miyokardiyumdan oluşur. Bu oluşum asimetric olduğundan triküspit kapak anulusu mitral kapak anulusuna göre daha apikal yerleşimlidir. Bu iki kapağın fiziksel olarak bölünmesi atrioventriküler septumu oluşturur. Septasyonun hiç oluşmaması atrioventriküler kapak defektlerinin oluşmasına neden olur (9). Septasyonun kısmen olması ise kapaklardan birinin ventriküler miyokardiyumdan tam ayrılamamasına ve olası Ebstein anomalisinin gözlenmesine neden olur (8).

Atriyum bölünmesi 30. günde septum primumun endokardiyal yastığa doğru büyümesi ile olur. Kalan deliğe ostiyum primum denir. Endokardiyal yastıklar daha sonra birleşirler ve septum primumu oluştururlar. Bu da atrioventriküler kanalın sağ ve sol segmente ayrılmasını sağlar. Septum primumun posteriyör bölgesi açılarak ostiyum sekundum oluşur. Böylece fetal venöz dönüş önce sağ atriyuma oradan da sol atriyuma geçer. Septum primum üzerine flap çevrilir ve foramen ovale oluşur. Bunun sonucu olarak vena kava inferior akımının foramen ovale yoluyla sol ventriküle doğru yönlendirilmesi sağlanmış olur (8).

Ventrikül bölünmesi yaklaşık 25. günde endokardiyumun primitif ventrikül ve bulbus kordise doğru tomurcuklanması ile oluşur. Ventriküler septal defekt (VSD), gelişmekte olan interventriküler septumun herhangi bir bölgesinde oluşabilir (7, 8). Konotrunkal septum çıkış bölgesi atrioventriküler yastıklarınkine benzer şekilde kardiyak jelden oluşmuştur. Kardiyak jel füzyona uğrayarak spiral septum oluşur. Bu sayede ileride pulmoner arter ön taraftan sağ ventriküle, aorta ise sol ve arkadan sol ventriküle bağlanır. Bu gelişim sırasındaki bozukluklardan dolayı konotrunkal ve aort arkı anomalileri (trunkus arteriyozus, fallot tetralojisi, pulmoner atrezi, çift çıkışlı sağ ventrikül ve kesintili arkus aorta) oluşur (8).

2.1.4. Kardiyak Diferansiyasyon (Kardiyak Farklılaşma)

Erken embriyonun potansiyel hücrelerinin spesifik hücre dizilerine bağlı duruma geldiği olay diferansiyasyon olarak adlandırılır. Prekardiyak mezodermal hücreler, kalbe spesifik kontraktıl elemanların, düzenleyici proteinlerin, reseptörlerin ve iyon kanallarının katkısı ile matür kardiyak kas hücrelerine farklılaşırlar. Kontraktıl protein miyozinin ekspresyonu bilateral kalp primordialarının kaynaşmasından önce, kardiyak gelişimin erken bir evresinde meydana gelir.

2.1.5. Koroner Arter Embriyolojisi

Embriyoda kalbin vasküler sistemi üç bölümden meydana gelir. Dördüncü haftada intertrabeküler boşluktan ilk bölüm gelişir. Orta kardiyak venden

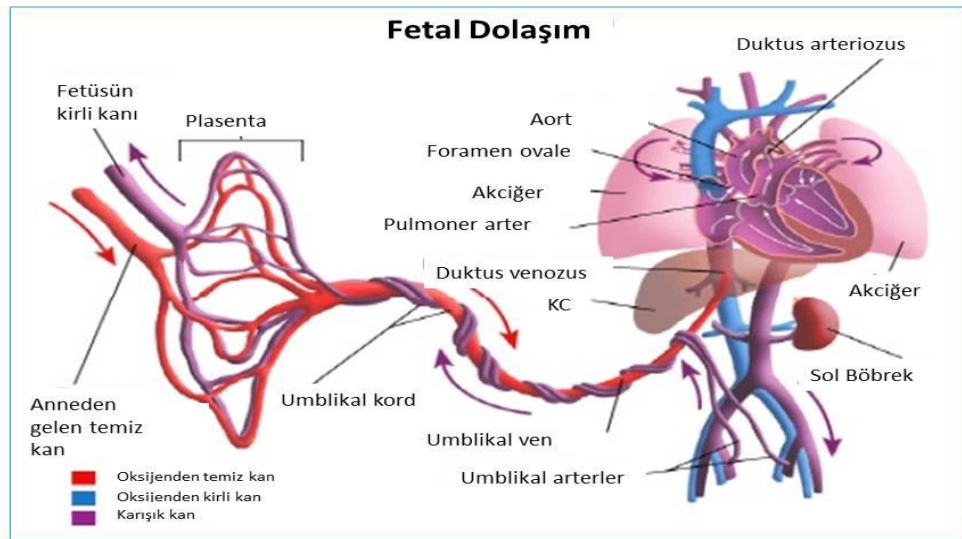
altıncı haftada sinüs venosus oluşur. Bulbus kordisin tomurcuklanmasıyla koroner arterler meydana gelir. Sağ koroner arterdeki tomurcuklanma pulmoner konus, sağ ventrikül ve sağ apendiks arasındaki sulkusa doğru uzanır. Bu seyir boyunca sağ ve sol ventriküle musküler dallarını verir. Sol koroner arter ise aortadan tomurcuklanır. İnterventiküler sulkusa geniş dallar verir. Sol atrioventriküler sulkusa sirkumfleks arteri verir. Ana koroner arterlerden çıkan dallar miyokarda penetre olarak intertrabeküler boşlukta anastomozlar yaparlar (7).

2.2. Fetal ve Neonatal Dolaşım

Akciğerler, fetal yaşam süresince fonksiyon yapmadıklarından ve karaciğer sadece kısmen fonksiyonel olduğundan fetus kalbinin akciğerlere ve karaciğere fazla kan pompalamasına gerek yoktur. Toplam fetal kardiyak output'un %65'i inen aorta ile plasentaya döner; kalan %35'i ise fetal organ ve dokulara dağılır (8). Bu nedenle fetal dolaşım özgül bir anatomik sistemle erişkinden oldukça farklı bir şekilde çalışır. Plasentadan umbilikal venle dönen kanın bir bölümü hepatik venlere ve karaciğerin portal sistemine yönelirken, yarıdan fazlası duktus venosus aracılığıyla vena kava inferiyora açılarak vücudun alt tarafından gelen venöz dolaşım ile birleşir (9). Sağ atriyuma giren kanın yaklaşık %4'ü sağ atriyum içerisinde krista dividensin yönlendirmesi ile foramen ovaleden geçerek sol atriyuma girer. Bu nedenle, plasentadan gelen iyi oksijenlenmiş kan kalbin sağ tarafına değil, sol tarafına geçerek sol ventrikülden özellikle baş ve üst ekstremitelerin damarlarına pompalanır. Vena kava inferiyor kanının %6'lık diğer kısmı ise sağ atriyumda, vena kava superior ve koroner sinüs kanı ile birleşerek triküspit kapaktan sağ ventriküle girer. Sağ ventrikülden pulmoner arterlere pompalanır. Alveollerin sıvı ile dolu olması ve pulmoner arteriollerdeki konstriksiyon nedeniyle bu kanın ancak %10 kadarı akciğeri kanlandırır. Geri kalan %90 ise duktus arteriosus yoluyla inen aortaya ve iki umbilikal arterle plasentaya yönelir (10,11) (Şekil 2).

Doğumu izleyen ilk değişiklik, plasentada kan akımının kesilmesidir. Bu da doğumla sistemik dolaşımında direncin iki katına çıkmasına, aorta, sol ventrikül

ve sol atriyum basıncının artmasına neden olur. İkinci olarak, akciğerlerin genişlemesi sonucu, pulmoner vasküler direnç çok azalır. Pulmoner vasküler direncin yüksek düzeyden, düşük erişkin düzeyine inmesi ilk 2-3 gün içerisinde olur (11). Solunumun başlaması ile hipoksi ortadan kalkar ve vazodilatasyon gelişir. Bu da pulmoner arter basıncını, sağ ventrikül ve sağ atriyum basıncını azaltır. Sol atriyumdaki basınç artışı, sağ atriyumdaki basınç azalması sonucunda kan fetal hayattakinin zıt yönünde sol atriyumdan sağ atriyuma akar. Bunun sonucu olarak foramen ovalenin üzerine flep tarzındaki kapakçık kapanır ve buradan geçiş engellenmiş olur. Normal bir bebekte doğumdan sonra birkaç saat ile birkaç gün arasında değişen bir sürede duktus arteriosus açık kalır. Genelde 10-15. saatte fizyolojik kapanma, 1-8. günlerde fonksiyonel kapanma, 1-4 ay içinde anatomik kapanma gerçekleşir (8) (Şekil 2).



Şekil 2

İntrauterin dönemde pulmoner basınç sistemik basınçtan daha yüksek olduğundan sağ ventrikül duvar kalınlığı sol ventriküle eşit veya daha fazla olabilir. İlk bir yıl içerisinde iki ventrikül duvar kalınlıkları eşittir. Fakat daha büyük çocuklarda sol ventrikül duvar kalınlığı her zaman sağdan fazla olmalıdır. Benzer şekilde sol ventrikülün hacmi sağdan daima fazladır. Atriyum büyüklükleri yaklaşık olarak eşittir (1).

2.3. Kalp Anatomisi

2.3.1 Genel Anatomi

Kalp orta mediastende yer alan musküler yapıda bir organdır. Sağda ve solda akciğerlerin mediastinal yüzleri, altta diyafram, önde sternum, kıkırdak kostalar, timus artıkları, kısmen akciğerler, arkada özefagus ile komşudur. Kalbin apeks kordis denilen bir tepesi, basis kordis denilen bir tabanı, dört yüzü ve dört kenarı vardır. Kalbin tepesi öne ve sola doğru, tabanı ise arkaya, sağa ve biraz da yukarı doğru uzanır. Mediastende ikinci interkostal aralıktan beşinci interkostal aralığa kadar sol tarafa doğru oblik bir seyir gösterir. Genç bireylerde daha vertikal yerleşimli iken yaşlılarda diyaframın üzerine uzanım gösteren daha horizontal bir pozisyonda görülür. Kalp, perikard adı verilen çift yapraklı zar ile sarılmıştır. Kalbin en dışında bulunan sıkı bağ dokudan oluşan fibröz perikard, kalbi diyafram gibi komşu organlara bağlar. Fibröz perikardiyumun iç yüzeyini ise iki yapraklı (pariyetal ve viseral) seröz perikardiyum oluşturur.

Pariyetal seröz tabaka, büyük damarlara yapışma yerlerinde katlanarak viseral parça ile devam eder. Viseral perikard, kalbin yüzeyinde epikardiyum ismini alır. Perikardiyum pariyetal ve viseral yaprakları arasında kalp hareketini kolaylaştırıcı normalde 20-50 ml kadar perikardiyal sıvı vardır. Drenajı pariyetal perikard aracılığı ile duktus torasikusa ve sağ lenfatik duktus aracılığı ile sağ plevral boşluğa olmaktadır. Bu sıvı seröz tabaka tarafından salgılanır ve emilir. Epikardiyal ve perikardiyal kesimlerde bireylere göre değişen miktarlarda yağ bulunur. Atriyoventriküler (AV) ve interventriküler oluklar yağın en çok bulunduğu kesimlerdir.

Kalbin üçte biri mediasten orta hattının sağ yarısında, üçte ikisi ise sol yarısında yerleşmiştir. Kalbin sternokostal yüzeyinin büyük bölümü sağ atriyum ve sağ ventrikül tarafından oluşturulmaktadır. Bu iki yapı birbirinden AV oluk ile ayrılmaktadır. AV oluk veya koroner sulkus, AV bileşkede yer almakta olup sağ koroner arter (RCA), sol sirkumfleks arter (LCX) ve koroner sinüsü içerir. Bu oluk arka yüzde devamlı olmasına rağmen ön yüzde pulmoner trunkus ile kesilmiştir. Pulmoner trunkusun arkasında aortanın

başlangıcı bulunmaktadır. Pulmoner trunkusun sağ akciğere giden dalı pulmonalis dekstra, sol akciğere giden ana dalı ise pulmonalis sinistradır. Sağ atriyumda superiyor vena kava ve inferiyor vena kava, sol atriyumda ise ikişer adet sağ ve sol pulmoner venler açılmaktadır. Bu yüzde ayrıca sol ventrikülün küçük bir parçası ile kalbin tabanında pulmoner trunkus ve sol atriyum arasından başlayarak kalp tepesinin sağ tarafına doğru uzanım gösteren anteriyor interventriküler oluk bulunmaktadır. Bu oluk aynı zamanda septum interventriküların kalbin ön yüzündeki izdüşümüdür ve sol anteriyor desandan arter (LAD) ile büyük kardiyak veni içerir. Sternokostal yüzün perikard aracılığıyla korpus sterni, sternokostalis kası ve 6. kosta ile komşuluğu bulunmaktadır. Kalbin diyafragmatik yüzü diyafram üzerine oturmuştur. Bu yüzün büyük bir kısmını sol ventrikül, az bir kısmını ise sağ ventrikül oluşturmaktadır. Bu iki yapı birbirinden posteriyor interventriküler oluk ile ayrılmakta olup bu olukta posteriyor desandan arter (PDA) ile orta kardiyak ven bulunmaktadır. Küçük kardiyak ven kalbin sağ inferiyor yüzünde uzanır ve koroner sinüse boşalır. Ayrıca sağ atriyumun inferiyor yüzeyi (inferiyor vena kava açılım yeri) de bu bölgededir. Kalbin diyafragmatik yüzü karaciğer ve mide ile komşudur.

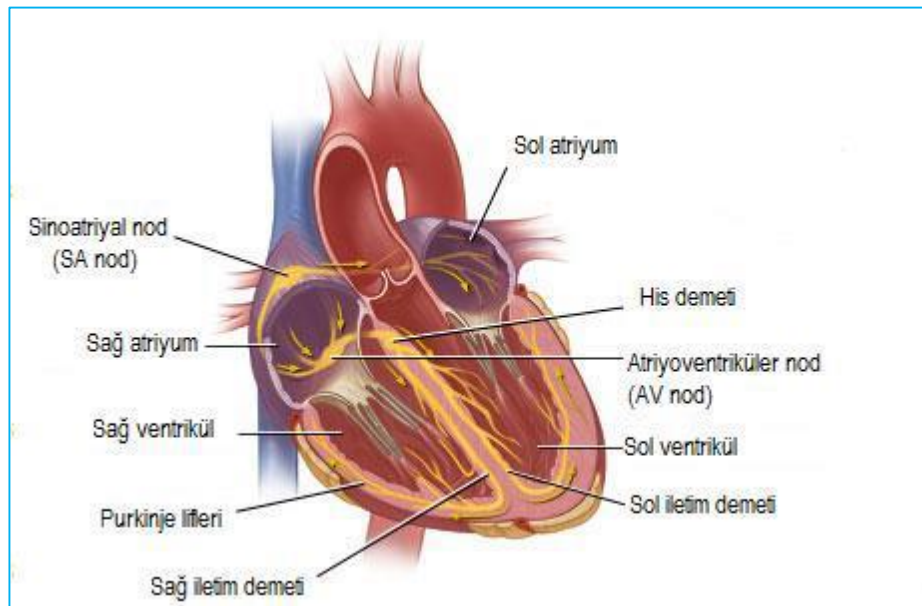
Kalbin tabanı, büyük oranda sol atriyum tarafından oluşturulmaktadır. Sol atriyum 4 adet pulmoner ven aracılığıyla oksijenize kanı alır ve aorta ile sistemik dolaşıma pompalar. Bu bölgede sağ atriyumun küçük bir parçası da yer almaktadır. Kalbin tepe kesimi sol ventrikül tarafından oluşturulur (12).

2.3.2. Kalbin odacıkları

Kalp, sağ atriyum, sağ ventrikül, sol atriyum ve sol ventrikül olmak üzere dört odacıktan oluşur. Sağ ventrikül kalbin en önde yerleşen kesimidir. Pulmoner trunkus ise en önde yerleşen vasküler yapıdır. Atriyumların duvarları ventriküllere göre daha incedir. Duvar yapıları miyokardiyum adı verilen kas tabakasından meydana gelmektedir. Miyokardiyum dış yüzü seröz perikard, iç yüzü ise endokard adı verilen epitelyum tabakası ile kaplıdır (12).

2.3.2.1. Atriyumların genel yapısı

Atriyumlar kalbin tabanında bulunan ve vasküler yapılardan gelen kanın ventriküllere geçişini sağlayan boşluklardır. Sağ ve sol olmak üzere iki tanedir. Atriyumların öne doğru olan uzantılarına atriyal apendiks adı verilir. Apendikte bulunan trabeküle kas demetleri pektinat kaslar olarak adlandırılır. Sağ atriyumu sağ ventrikül ile birleştiren açıklığa sağ AV orifis; sol atriyumu sol ventrikül ile birleştiren açıklığa ise sol AV orifis denir. Sol atriyum sağ atriyumdan daha küçük orifise sahiptir (Şekil 3). İki atriyumu birbirinden ayıran bölmeye interatriyal septum adı verilmekte olup interatriyal ve atriyoventriküler bölümlerden oluşur. İnteratriyal septumda fetal dönem boyunca açık olan foramen ovale yer alır. Atriyal septumun atriyoventriküler bölümü majör musküler ve minör membranöz parçalardan oluşur, sağ atriyumu sol ventrikülden ayırır (12).

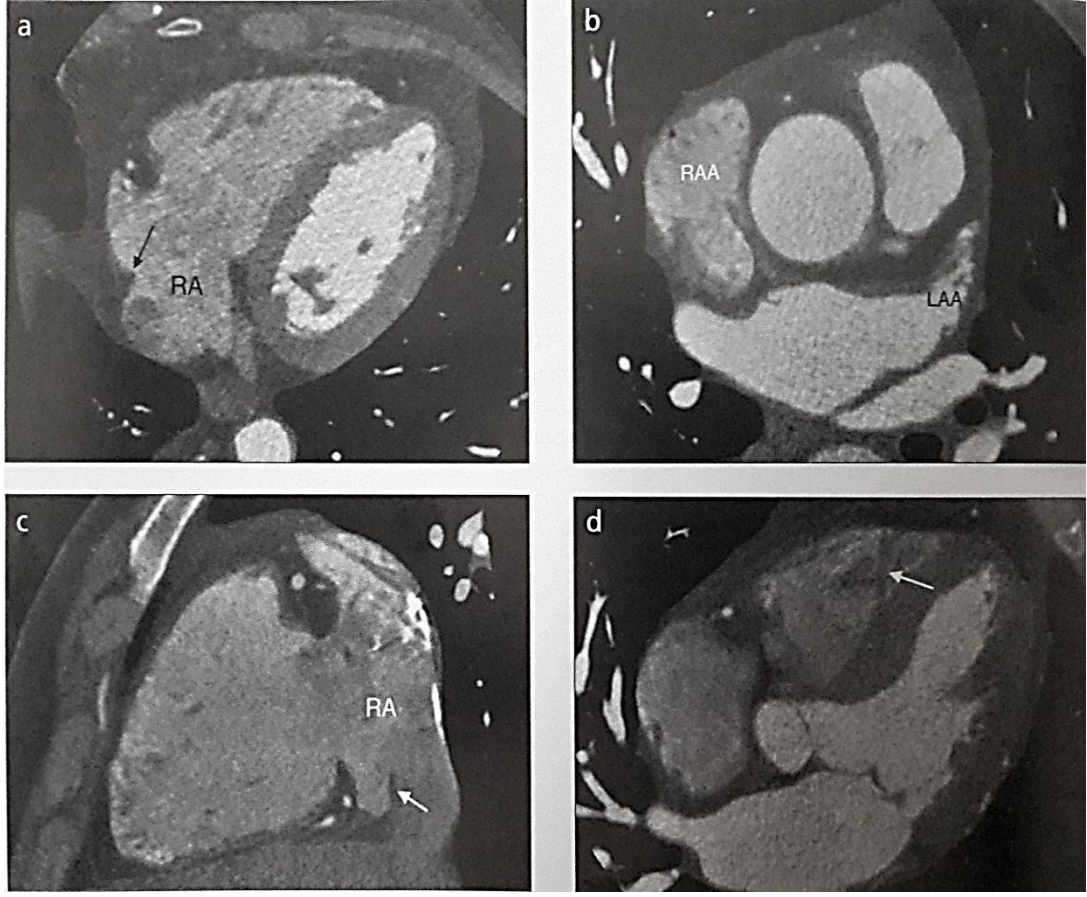


Şekil 3

Sağ atriyum: Süperior vena kava, inferiyor vena kava ve sinüs venozusdan gelen kan sağ atriyuma boşalmaktadır. Terminal oluk; sağ atriyumun epikardiyal tarafındaki lipomatöz oluk olup, atriyumun iç yüzeyindeki krista terminalise karşılık gelmektedir (13). Krista terminalis, sinoatriyal nod ile sinoatriyal nod arterinin terminal kısmını içermekte olup, sağ atriyumun sinüs venozus parçası ile atriyal apendiksi birbirinden

ayırmaktadır (Resim 1a) (13). Sağ atriyum apendiks tabanı sol atriyal apendikse göre daha geniş olup, piramit şeklinde bir yapı iken, sol atriyum apendiksi parmak şeklindedir (Resim 1b) (13). Eustachian valvi; sağ atriyum ile inferior vena kava arasında olup, intrauterin dönemde kanın foramen ovaleye doğru yönlendirilmesinden sorumludur (Resim 1c). Bu valv tipik olarak eustachian çıkıntısının medialine yapışarak, oval fossa ile koroner sinüs arasında bir sınır oluşturmaktadır (13). Thebesian valvi; koroner venöz sinüsün sağ atriya giriş yerinde bulunmakta ve kanın koroner sinüse reflüsünü engellemektedir (13). Triküspit kapak; sağ atriya sağ ventrikülden ayırır ve üç kapakçıktan (anteriyor, posteriyor ve septal) oluşur. Mitral kapak direkt aortik kapakla devamlılık gösterirken, triküspit kapak pulmoner arterden krista supraternalis olarak adlandırılan kaslar bir sırt ile ayrılmaktadır. Mitral kapaktan farklı olarak, triküspit kapak interventriküler septum ile direkt bağlantılıdır (13).

Sol atriyum: Sol atriyum; venöz parça, vestibül ve apendiksdan oluşmaktadır. Posteriyordaki venöz komponentine sağ ve sol, süperior ve inferior pulmoner venler boşalmaktadır. Pulmoner venlerin sol atriya katılma şekillerinde varyasyonlarla oldukça sık olarak karşılaşılmaktadır. Sol atriyumun iç yüzeyi oldukça düz olmakla birlikte, tübüler şekilli ve sol atriyumun süperolateralinde yer alan apendiksi trabekülasyonlar içermektedir (Resim 1b). Sol atriyal apendiks içinde yer alan pektinat kaslar tipik olarak sağ atriyal apendikte bulunanlardan daha küçüktür (Resim 1b) (13). Mitral kapak sol atriya sol ventrikülden ayırmakta ve beş komponentten oluşmaktadır. Bunlar; mitral anülüs, 2 kapakçık, 2 komisür, 2 papiller kas ve korda tendineadır (13). Anülüs miyokard içine gömülmüş, eyer şeklinde fibröz bir halkadır. Anülüs, mitral kapakçıklara dayanak oluşturmakta ve aortik anulus ile devamlılık göstermektedir. Mitral kapak, anteriyor ve posteriyor olarak iki kapakçıktan oluşur. Korda tendinealar, mitral kapakçıklar ile anterolateral ve posteromedial papiller kasları birbirine bağlayan fibröz yapılardır (13).



Resim 1a Sağ atriyum- krista terminalis, **Resim 1b** Sol atriyal apendiks, **Resim 1c** Sağ atriyum- Eustachian valv, **Resim 1d** Sağ ventrikül- moderatör band

2.3.2.2. Ventriküllerin genel yapısı

Ventriküller, koroner sulkustan kalbin tepesine kadar olan kısmı meydana getirirler. Sağ ve sol olmak üzere iki tanedir. İki ventrikülü birbirinden ayıran bölme interventriküler septum denir. İnterventriküler septumun kalbin tepesinde yer alan kısmı kalındır, buraya musküler parça adı verilir. Atriyumlara doğru yükseldikçe incelen kısmına ise membranöz parça denir. Sol ventrikül içi basıncın daha yüksek olmasından dolayı interventriküler septum sağ ventriküle doğru konveksite gösterir ve buna bağlı olarak sağ ventrikülün aksiyal kesiti yarım ay şeklinde, sol ventrikülün aksiyal kesiti ise daire şeklindedir. Sağ ventrikül kanı akciğerlere, sol ventrikül kanı tüm vücuda pompalar. Bu nedenle sol ventrikülün miyokard tabakası daha kalındır. Normalde sol ventrikül serbest duvarının ve müsküler interventriküler

septumun kalınlığı, sağ ventrikül serbest duvar kalınlığının üç katıdır. Sol ventrikül diyastol sonu duvar kalınlığı yaklaşık 10 mm' dir (14).

Sağ ventrikül: Kalbin sternokostal yüzeyinin büyük bölümünü (2/3'ünü) meydana getirir. Sağ ventrikülün değerlendirilmesinde ilk basamak morfolojik sağ ventrikülün doğru olarak tespit edilmesidir. Sağ ventrikül sol ventriküle göre daha kompleks bir geometrik şekle sahip olup, sol ventrikülün etrafını kısmen sarmaktadır. Sağ ventrikülün kompleks geometrisi sağ ventrikülün "inflow" ve "outflow" komponentlerinin iki boyutlu düzlemde, aynı anda görüntülenmesini zorlaştırmaktadır (13). Sağ ventrikül bir arka-alt giriş bölümü ile, bir ön-üst çıkış bölümünden oluşmuştur. Triküspit kapak aracılığıyla sağ atriyum ile sağ ventrikül; pulmoner kapak aracılığıyla ise sağ ventrikül ile pulmoner trunkus birbirine bağlanır. Sağ ventrikül trabekülasyonu sol ventriküle göre daha fazla olup, duvarı daha incedir. Sağ ventrikül apikal kesimi karakteristik olarak, yoğun trabekülasyon göstermekte ve septomarginal bantlar içermektedir (13). Sağ ventrikülün ayırt edici özelliklerinden biri olan moderatör band (septomarginal trabekülasyon ya da trabekula septomarginalis olarak da adlandırılır) interventriküler septumdan anteriyor papiller kasın tabanına uzanır (Resim 1d). Moderatör band, His demeti olarak da adlandırılan atriyoventriküler demetin sağ dalını içermektedir, ayrıca majör olarak sol koroner arteriyel sistemden beslenmekle birlikte, sağ koroner arteriyel sistem ile sol sistem arasında potansiyel kollateral bağlantıları içermektedir (13). Sağ ventrikülün konusu ya da musküler infundibulumu olarak adlandırılan ve düz bir yapıda olan komponenti, pulmoner kapağın hemen inferiorunda yer alır ve sağ ventrikülün pulmoner artere doğru olan çıkış yolunu (RVOT) oluşturur (13).

Triküspit kapak, endokardiyal katlantıdan köken alan fibröz yapıda, anteriyor, septal ve inferiyor olmak üzere üç ayrı kapakçıktan oluşmaktadır. Tabanları kalbin iskelet sistemine bağlı olup, uç kesimleri de korda tendineaya bağlıdır. Korda tendinea ise bu yapıları papiller kaslara bağlar. Ventrikül kontraksiyonu sırasında papiller kaslar da kasılarak bu kapakçıkların atriyumlar içerisine prolabe olmasını engellemektedir. Pulmoner kapak, sağ, sol ve anteriyor olmak üzere üç ayrı yarım ay şeklinde

kapakçıktan oluşmaktadır. Ana pulmoner arter, normalde asendan aortun anteriorunda ve solundadır. Pulmoner kapak ise aort kapağına göre daha posteriyorda bulunur (Resim 2) (14). Ventrikül sistolü sırasında bu kapakçıklar akım yönünde pulmoner arter duvarına doğru açılırken, diyastolde ise pulmoner arter proksimal kesiminden geri dönen kan nedeniyle kapanarak kanın sağ atriyum içerisine kaçmasını engellerler.

Sol ventrikül: Kalbin tepesini, sol kenarını ve diyafragmatik yüzünü oluşturur. Sol ventrikül kalın duvarlı olup, sağa göre daha az trabekülasyon içermektedir. Sol ventrikül içinde anterior ve posterior olmak üzere 2 adet papiller kas mevcut olup, bu kaslar direkt ventriküler miyokardiyumla bağlantılıdır (13).

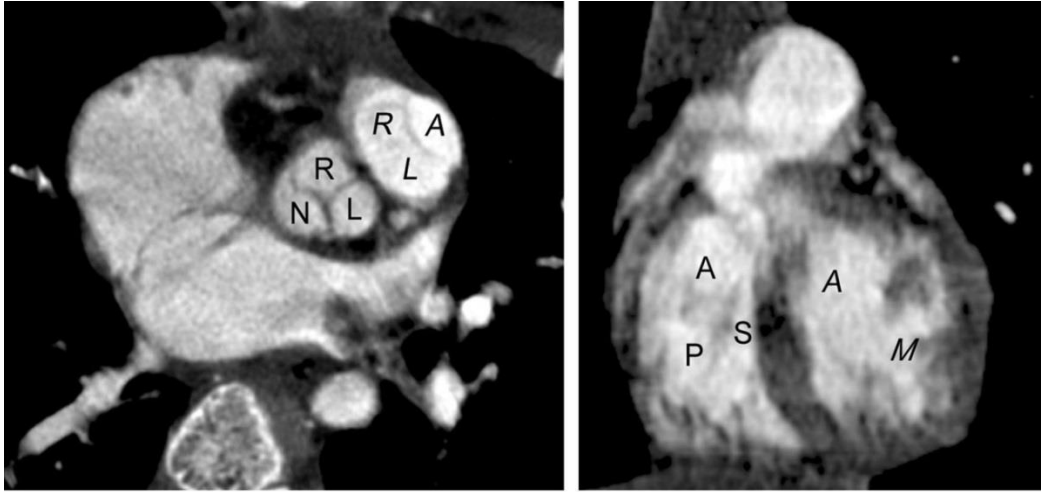
Sol ventrikül, sol ventrikül çıkış yolu (LVOT) vasıtasıyla aort kapağı ve sonrasında aortaya bağlanmaktadır (Resim 1d). AV kanal yoluyla da sol atriyumla ilişkilidir. AV kanalda bulunan mitral kapak iki adet kapakçıktan oluşmuştur. Biri önde diğeri arkada yerleşimlidir. Triküspit kapak ile benzer bir yapıdadır. Aort kapağı sağ, sol ve nonkoroner kapakçık olarak adlandırılan 3 kapakçıktan oluşmaktadır. Morfolojik olarak pulmoner kapağa benzer özelliktedir, ancak üç kapakçığı daha kalın yapıdadır. Mitral kapakla fibröz devamlılık göstermekte olup, bu özellik kompleks konjenital kalp hastalıklarında sol kalp boşluk ve kapaklarının sağdan ayırt edilmesine yardımcı olmaktadır (13). Aort kapakçıklarının arkasında bulunan aort duvarı dışa doğru bombeleşerek valsalva sinüslerini oluşturur. Ön aortik sinüsten RCA, arka aortik sinüsten ise sol ana koroner arter (LMCA) çıkmaktadır (13).

Aort: Asendan transvers ve desandan segmentlere sahiptir (Şekil 3). Asendan aort sol ventrikülden ayrılır. Proksimal bölgesine aortik kök denir ve aort kapağı, anulus ve valsalva sinüslerini içerir. Asendan aort innominat arterin başlangıcına kadar devam eder. Aortik ark innominat arterin başlangıç noktasından başlayıp ligamentum arteriosuma kadar uzanır. Buradan innominat arter, sol karotid ve sol subklaviyan arterler köken alır. Aortik arkusun distal parçasının sol subklaviyan arterden sonraki bölümüne aortik istmus adı verilir. Aortik arkus genellikle solda bulunur. Desandan (inen) aort

ligamentum veya duktus arteriosus seviyesinden başlar ve proksimal bölgesi sıklıkla dilate görünür. İnterkostal ve bronşiyal arterler desandan aortun dallarıdır.

Pulmoner arterler: Ana pulmoner arter sağ ventrikül çıkış yolundan ayrılmaktadır. Aortun sol ve posteriyorundan dolanıp sağ ve sol pulmoner arterler olarak ikiye ayrılır (Şekil 3). Sol pulmoner arter sağa göre daha kısa daha yukarıda ve daha posteriyor yerleşimlidir. Sağ pulmoner arter ise asendan aortun, superiyor vena kava (SVC) ve sağ üst pulmoner venöz damarın arkasından dolanır. Sağ ve sol pulmoner arterler asendan ve desandan dallara ayrılırlar. Pulmoner arterin dalları her iki akciğerde de bronşiyal dallanmayı takip ederek ilerler, fakat özellikle üst loblarda varyasyonlar görülebilir.

Pulmoner venler: Pulmoner venler normalde sol atriyuma drene olurlar (Şekil 3). Sağ orta ve üst lobun venleri sağ süperiyor pulmoner veni oluşturmak üzere birleşir. Sol süperiyor pulmoner ven sol üst lobun venöz kanını taşır. Sağ ve sol inferiyor pulmoner venler sağ ve sol alt lobların venöz kanını taşır (14).



Resim 2: Normal kapaklar. Soldaki BT görüntülemesinde önde aort kapağının sağ (R), sol (L), ve nonkoroner (N) kapakçıkları ve arkasında pulmoner kapağın sağ (R), sol (L), ve anterior (A) kapakçıkları görülmektedir. Sağ resimdeki BT tarama görüntülerinde triküspit kapağın septal (S), anterior (A), ve posterior (P) kapakçıkları ve mitral kapağın aortik (A) ve mural (M) kapakçıkları görülmektedir (14).

2.3.3. Koroner Arter Anatomisi

Aorta ile miyokard içindeki kapiller yatak arasındaki bağlantıyı sağlayan koroner arterler sağ ve sol olmak üzere iki büyük dala ayrılır. Bu dallar karşılıklı olarak aort kapakçıklarının arkasından çıkarlar. Sağ ve sol koroner arter orifisleri sıklıkla valsalva sinüslerin üst 1/3'ünde yerleşim gösterir. Sol koroner arterin orifisi, sağa göre aort kapağının oblik seyirinden dolayı daha yukarıda ve arkadadır (Resim 3).

Sol ana koroner arter (LMCA): Sol sinüs valsalvanın anteroinferiyoru ve pulmoner trunkus ile sol atriyal apendiks arasında sola doğru seyrederek. Yaklaşık uzunluğu 10-20 mm'dir.

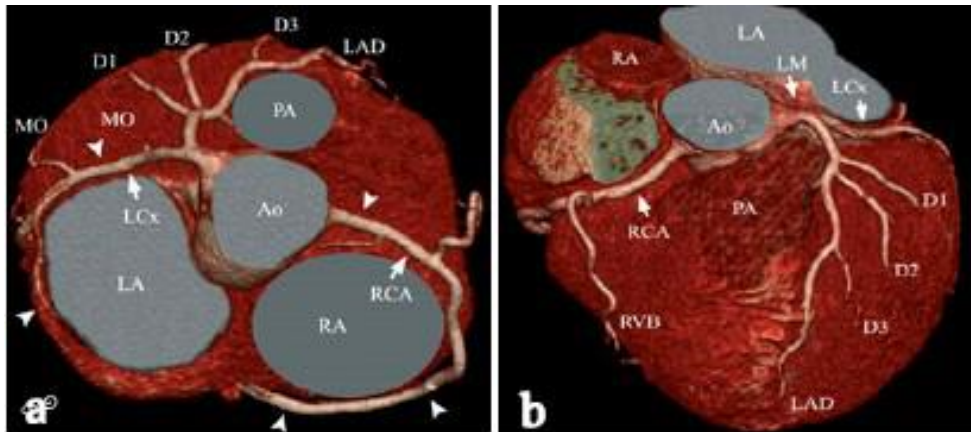
Sol ön inen koroner arter (LAD, left anterior descending artery): Sol ana koroner arterden çıkan LAD, birinci septal dalını proksimalde, pulmoner konusun hemen arkasında verir. Kalp apeksini dolaşarak yaklaşık 2 cm ilerleyen LAD, bifurkasyon şeklinde sonlanır. LAD'nin diagonal arterler olarak adlandırılan sol ventriküle verdiği yan dallar, sol ventrikülün anterolateral bölgesini ve septal perforatör dallar ile septumun ön 2/3'ünü ve apikal kısmını beslerler. Diagonal damarlar süperiyordan inferiyora doğru isimlendirilerek ilk üçü cerrahi olarak önem taşımaktadır. Diğer dallar ise çok incedir.

Sirkumfleks koroner arter (LCX): Sol koroner arterin ikinci dalı olan LCX atriyoventriküler oluk boyunca uzanarak sol atriyal apendiks altına doğru devam eder. Sol ventriküle seyri boyunca birinci marjinal, ikinci marjinal olarak adlandırılan yan dallar verir. LCX inferiyora devam ederek, sol koroner arter dominantlığı olanlarda, son bir dal olarak posteriyor desandan koroner arteri verir. Sol dominant, predominant dolaşım insanların %10'nunda görülmekte olup LCX posteriyor interventriküler sulkusa kadar uzanır ve atriyoventriküler nodu besler. Ayrıca sinus nod arteri insanların %5'inde sirkumfleks arterden çıkar.

Sağ koroner arter (RCA): Sinüs valsalvanın sağ kesiminden çıktıktan sonra epikardiyal yağ doku içinde atriyoventriküler oluk boyunca aşağı doğru devam eder. Sağ koroner arterin ilk dalı ilk 2cm'lik segmentten çıkarak

sinoatriyal noda gider. Sol anterior oblik pozisyonda “c” şeklinde görülen sağ koroner arter, %90 olguda atrioventriküler oluktan posteriyor interventriküler sulkusa uzanır. Atriyal dalların çoğu sağ koroner arterden çıkarlar ve akut marjinal dal ile anterior ventriküler dal, sağ koroner arterin diğer dallarıdır. Genellikle bifurkasyon yaparak sonlanan sağ koroner arter, posteriyor desandan arter ve sağ ventriküle posteriyor dallarını verir. Posteriyor interventriküler sulkusta ilerleyen posteriyor desandan arter apekse kadar uzanır.

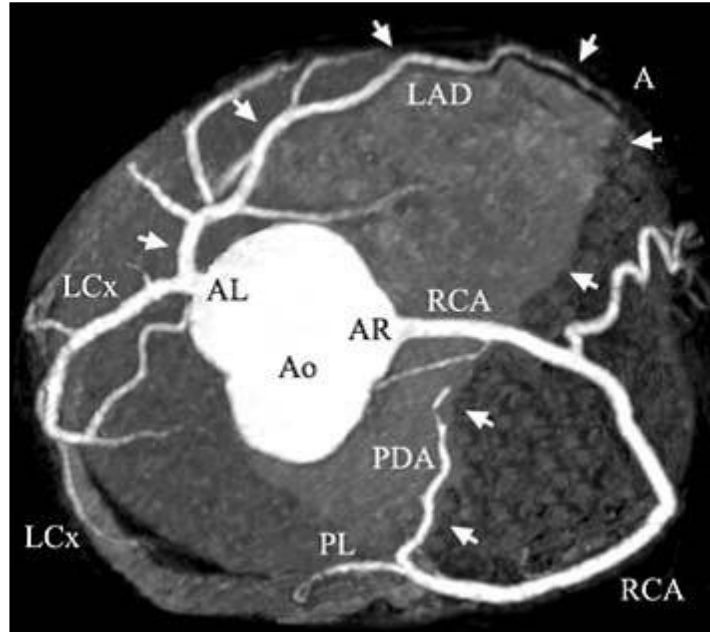
Posteriyor desandan arterin bazı küçük dalları, septumu delerek septumun 1/3 arka kısmını besler. İnsanların %90'ında atrioventriküler nod arteri sağ koroner arterden çıkar (15). Sağ koroner arter posteriyor desandan arter ve arka sol lateral ventriküler dallarını (sağ posteriyor lateral; RPL) veriyorsa sağ dominant dolaşım; interventriküler septumu arkadan besleyen ve arka sol lateral ventriküler dallar LCX arterinden kaynaklanıyorsa sol dominant dolaşım söz konusudur. Kodominant dolaşımda ise interventriküler septumu arkadan besleyen dal RCA'dan (posteriyor desandan arter), arka sol lateral ventriküler dallar ise LCX'den köken alır. Sağ dominant koroner dolaşım %85, sol dominant koroner dolaşım % 8, kodominant dolaşım ise %7 oranında görülmektedir (16,17,18).



Resim 3

Resim 3: Normal koroner anatomi; 3 boyutlu volüm rendering görüntülerde üstten bakışta (a) ve önden bakışta (b) sol ana koroner arter LAD ve LCX olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu

hastada LAD üç diagonal dal, RCA ise belirgin geniş sağ ventriküler dalını vermektedir (RVB). Ao=aorta, PA=pulmoner arter, LA=sol atriyum, RA=sağ atriyum.



Resim 4

Resim 4: Sağ dominant dolaşımında, sağ koroner arterin PDA ve RPL dallarını vererek interventriküler septumu beslediğini görmekteyiz, volüm rendering görüntü. Ao=aorta, AR=sağ koroner sinüs, AL=sol koroner sinüs, A=kalp apeksi, PDA=posteriyor inen koroner arter, RPL=sağ posteriyor lateral

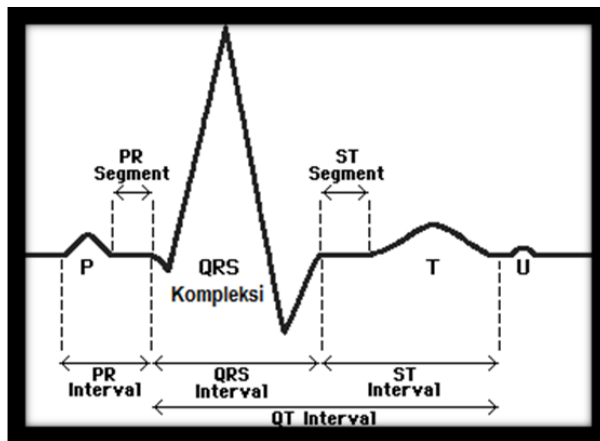
2.4. Kardiyak döngü

Bir kalp atımı sırasında kalpte meydana gelen elektriksel ve mekanik (basınç ve volüm değişiklikleri) değişikliklere kardiyak döngü adı verilir. Her döngü SA düğümünden spontan oluşan aksiyon potansiyeli ile başlar. Bir kardiyak döngü içerisinde ventriküllerin kan ile dolduğu diyastol adı verilen kalbin gevşeme periyodu ve bunu takiben bu kanın atıldığı sistol adı verilen kalbin kasılma periyodundan oluşur. Kalp kası uyarılması için sinirsel uyarı gereksinimi olmayan, kendi uyarılarını kendisi oluşturabilme özelliği olan bir kastır.

Kalp kası otonom sinir sisteminin etkisi altındadır, ancak bu etki kalpteki uyarıları başlatma değil, kalbin kendiliğinden oluşturduğu kasılmayı düzenleyici niteliktedir. Normal kalp atımı frekansı erişkinde ortalama

dakikada 70 adet iken yenidoğanda bu değer ortalama 130'dur. SA düğümden çıkan her bir aksiyon potansiyelinin kalp kasında yayılması sırasında oluşan depolarizasyon ve repolarizasyon sırasındaki potansiyel değişimlerini vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile grafi olarak kayıt yöntemine elektrokardiyografi, elde edilen kayıtlara elektrokardiyogram (EKG), kayıt yapılan alete de elektrokardiyograf adı verilmektedir. EKG de her kalp atımının karşılığı olan P, Q, R, S, T, U dalgalarından oluşmuş bir kompleks görülür (Şekil 4).

P dalgası, atriyumlarda depolarizasyonun yayılımı sırasında tespit edilir ve bu dalgadan sonra atriyal kontraksiyon oluşur. Ortalama 0.16 sn sonra QRS kompleksi görülür ve bu da ventriküler depolarizasyonu yansıtır. Bu dalga kompleksi ventriküler kontraksiyonu başlatır. Ventriküler T dalgası ventriküler repolarizasyonu temsil ederken, ventrikül kasındaki ard potansiyeller ya da purkinje liflerin repolarizasyonunu U dalgası gösterir. PR aralığı, atriyal depolarizasyonun başlangıcından ventriküler depolarizasyonun başlangıcına dek geçen iletim zamanını; QT Aralığı, ventriküler sistolün toplam süresini; ST segmenti ise ventriküler depolarizasyonun bitmesi ile repolarizasyonun (T dalgası) başlaması arasındaki aralığı gösterir. Atriyumlara ait ileti bozuklukları P dalgasında, ventriküllere ait olan bozukluklar ise QRS kompleksi ve T dalgasında değişikliklere neden olmaktadır (19)



Şekil 4

2.5. Konjenital Kalp Hastalıkları

2.5.1. Konjenital kalp hastalıkları

Konjenital kalp hastalıklarının (KKH) prevalansı %0,5-0,8 canlı doğum olarak bilinmektedir (10,20,21).

Konjenital kalp hastalığı sıklığı **Tablo 1'** de belirtilmiştir.

Tablo 1. Konjenital kalp hastalıklarının sıklığı (22)

LEZYON TİPİ	%
VSD	25-30
ASD (SEKUNDUM)	6-8
PDA	6-8
AORT KOARKTASYONU	5-7
FALLOT TETRALOJİSİ	5-7
PULMONER KAPAK STENOZU	5-7
AORT KAPAK STENOZU	4-7
DÜZELTİLMİŞ BAT	3-5
HİPOPLASTİK SOL KALP	1-3
TOTAL ANORMAL PULMONER VENOZ DÖNÜŞ	1-2
TRUNKUS ARTERİOSUS	1-2
TRİKÜSPİT ATREZİSİ	1-2
TEK VENTRİKÜL	1-2
ÇİFT ÇIKIŞLI SAĞ VENTRİKÜL	1-2
DİĞERLERİ	5-10

2.5.2. Konjenital Kalp Hastalıkları Etiyolojisi

Konjenital kalp hastalıklarının çoğunun etiyolojisi bilinmemekle birlikte multifaktöriyel olduğu düşünülmektedir. Genetik yatkınlık ile çevresel faktörlerin etkileşimi konjenital kalp hastalıklarını gelişiminde rol oynamaktadır . Bunun yanı sıra KKH'lı hastaların %3' ünde tanımlanmış tek

gen defektleri (Marfan ve Noonan sendromları, Di George sendromu gibi) bulunmaktadır (22).

Trizomi 18'li hastaların %90'ı, trizomi 21'li hastaların %50'si, Turner sendromlu hastaların % 40' ında konjenital kalp hastalığı görülmektedir (23). Annede diyabet, fenilketonüri, sistemik lupus eritematosus gibi hastalıkların olması, gebelikte kızamıkçık geçirilmesi, ilaç kullanımı (lityum, etanol, varfarin, talidomid, antimetabolitler, antikonvülzanlar) ise KKH'nın %2-4'ünden sorumludur (20,22). Toplumda % 0,4-0,8 olan KKH riski, izole sendromik olmayan tiplerde, hasta bir çocuğa sahip ailenin ikinci çocuğunda % 2-6' ya kadar çıkmaktadır. Bu risk ilk çocuktaki lezyonun tipine göre değişmektedir. Total anormal pulmoner venöz dönüş anomali ve sol kalp obstruktif lezyonlarında çok daha yüksek tekrarlama riski söz konusudur. Eğer birinci derece akrabaların ikisinde KKH varsa, risk %20-30' a çıkmaktadır (21).

2.5.3. Ekstrakardiyak anomaliler

2.5.3.1. Aort koarktasyonu

Aort koarktasyonu (AK), aortun konjenital darlığıdır ve tüm konjenital kalp hastalıklarının %5'ini oluşturur. Darlık % 98 oranında sol subklaviyan arterin arkus aortadan çıkış yerinin hemen distalinde ve duktus arteriozusun aortaya girdiği yerin tam karşısındadır. Daha az sıklıkta koarktasyon, çıkan aorta veya abdominal aorta gibi başka lokalizasyonlarda da görülebilir. Erkeklerde kadınlara oranla 3 kat daha fazla görülür (14). Preduktal (infantil) koarktasyon tipinde lezyon duktustan öncedir, bu tip koarktasyonda duktus hemen daima açıktır. Postduktal (erişkin) koarktasyon tipinde ise darlık sol subklaviyan arterin ayrıldığı noktanın distalinde ve duktusun aortaya bağlandığı seviyededir ve bütün aort koarktasyonlarının yaklaşık % 75'ini oluşturur. AK'lu olguların % 46'sında aort kapağı biküspittir. Ayrıca bu hastalarda sık görülen diğer anomalilerin başında arkus aortanın tübüler hipoplazisi, PDA ve VSD gelir.

2.5.3.2. *Trunkus arteriyosus*

Trunkus arteriyozusta tek bir arteriyel gövde kalpten çıkar ve sistemik, pulmoner, koroner dolaşimleri sağlar. Geniş perimembranöz bir VSD direkt trunkusun aşağısında mevcuttur. Trunkal kapak biküspid, triküspid veya quadriküspid olabilir ve sıklıkla yetersizdir. Bu anomali Collet ve Edwards'ın sınıflamasına göre dört tipte tanımlanır. Pulmoner kan akımı I. tipte artmış, II. ve III. tipte normal, IV. tipte ise azalmıştır. Koroner arter anomalileri yaygındır ve yüksek operatif mortaliteye neden olur. Hastaların % 30'unda sağ aortik ark, % 10'unda ise kesintili aortik ark görülür. % 33 hastada hipokalsemiyle birlikte Di George Sendromu kanıtları mevcuttur (14). TA dört tipe ayrılır: Tip I- Trunkusdan çıkan tek bir pulmoner arter kökü vardır ve daha sonra sağ ve sol dallarına ayrılır. Tip II- Trunkusdan sağ ve sol pulmoner arter dalları beraber olarak ayrılır. Tip III- Sağ ve sol pulmoner arter dalları trunkusdan ayrı olarak çıkarlar. Tip IV- Akciğerler majör aorto-pulmoner kollateral arterlerle kanlanır, bu görünüm VSD+Pulmoner atrezi şeklinde de isimlendirilebilir (Collet ve Edwards sınıflandırması).

2.5.3.3. *Patent Duktus Arteriyosus*

İntrauterin hayatta sol pulmoner arter ve proksimal inen aorta arasındaki duktus arteriyozusun doğumdan sonra da açık kalmasıdır. Duktusun açık kalması durumunda şantın yönü ve miktarındaki önemli faktörler; duktusun çapı ve uzunluğu, aort ile pulmoner arter arasındaki basınç farkı, sistemik ve pulmoner vasküler rezistanslardır (14).

2.5.3.4. *Persistan sol süperiyor vena kava sendromu*

Persistan sol süperiyor vena kavanın (PSSVK) genel popülasyondaki sıklığı nadirdir. Ancak sistemik venöz sistem anomalileri içerisinde en sık rastlanan anomalidir. PSSVK genel popülasyonun %0,2-0,5'inde görülmekle birlikte konjenital kalp hastalığı olanlarda %3-10 oranında tespit edildiği bildirilmiştir (24). Fetal yaşamın 8. haftasında sol vena innominatum gelişerek iki anteriyor kardinal veni birbirine bağlar. Sol vena innominatumun akımının artırılması ile sol anteriyor kardinal ven atrofiye uğrar ve fetal yaşamın 6.

ayında oblitere olur. Böylece sol vena kardinalis kommunis, koroner sinüs olarak koroner sirkülasyonun sağ atriyuma dönüşünü sağlayan bir oluşum olarak kalır. Sol anterior kardinal venin obliterasyonundaki yetersizlik PSSVK anomalisi ile sonuçlanır. PSSVK genellikle koroner sinüs yoluyla sağ atriyuma direne olmaktadır. Ancak bazı vakalarda direkt sol atriyum ya da sağ atriyuma boşalabilmektedir. Sol atriyuma boşaldığı zaman sağ-sol şanta neden olabilir. PSSVK genellikle klinik belirti vermeden tesadüfen tanı almaktadır (25).

2.5.3.5. *Biküspit aorta*

Biküspit aortik kapak herediter bir patoloji olup en sık görülen konjenital kalp anomalisidir ve toplumda görülme sıklığı %0,46 ile %1,37 arasında bildirilmektedir. Birlikte bulunan patolojilerden en önemlilerinden biri çıkan aort dilatasyonudur; sonuçta oluşan anevrizma, diseksiyon ve rüptür riski açısından ölümcül bir hastalıktır (26).

2.5.3.6. *Sağ arkus aorta*

Arkus aorta anomalileri arasında en sık görülen sağ arkus aortadır. Bir çalışmada %0,1 ile %0,2 arasında olduğu bildirilmiştir (27). Erişkin popülasyonda sık görülmekle beraber asemptomatik olarak seyreder, çok nadiren semptomlara yol açar ve genellikle olgu sunumu olarak yayınlanmıştır (28).

2.5.3.7. *Çift aortik ark*

Vasküler halkaların en sık tipi ilk olarak tariflenen çift aortik ark'tır. Çift aortik arkda sağ dorsal aorta gerileyemez ve trakea ile özefagusu çevreleyerek sol ark ile birlikte vasküler bir halka oluşturur. Çift aortik ark klasik olarak üç gruba ayrılır. Bunlar dominant sağ aortik ark, dominant sol aortik ark ve dengeli aortik arktır. Sol kemer atretik olabilir. Her ark kendisiyle ilgili olan subklaviyan ve kommon karotid arterleri verir; innominat arterler içerilmez. Bu durum supraaortik mediastende vasküler simetri görünümünü ortaya çıkarır ve bu durum tanıya yol göstericidir. Çift aortik ark sıklıkla

soldan iner ve sıklıkla trakea ve özefagusa baskı yaparak solunum ve yutma güçlüğü ile ilgili klinik şikâyetlere yol açabilir (29).

2.5.3.8. Aberran sağ subklaviyan arter (ARSA)

Aort arkusunun en sık görülen anomalisidir ve %0,05 oranında görülür. Vasküler halkalar arkus aortayı oluşturan damarsal yapıların embriyonal hayatta normal involüsyonunun olmaması ya da normalden farklı noktalarda involüsyonun meydana gelmesi sonucu oluşur. Sağ subklaviyan arter, aort arkusunun sol tarafından en son dal olarak çıkar. Anormal arteriyel yapı retroözofagial bölgeden sağ aksiller çukura doğru ilerler. Bazen de ender olarak özefagusla trakea arasında arasından veya trakeanın ön tarafında seyredebilir. ARSA genellikle asemptomatiktir. Özellikle çocuk olgularda solunum yolu ve/veya özefagusa bası görülebilir.

ARSA direkt akciğer grafisinde indirekt bulgular oluşturabilir. Ön arka akciğer grafisinde trakeaya bası yapan kitle görüntüsü verebilir. Lateral grafilerde trakeayı öne iten retrotrakeal kitle görünümü verir. Toraks BT'sinde ise arkustan çıkan 4 arter görüntüsü saptanır (sağ kommon karotid, sol kommon karotid, sol subklaviyan arter ve ARSA) (30).

2.5.4. Kardiyak Anomaliler

2.5.4.1. Fallot Tetralojisi

Fallot tetralojisi bir yaşından sonra en sık görülen siyanotik konjenital kalp hastalığıdır. Karakteristik özellikleri, büyük VSD (genellikle, çapı aortik kapak anulusu ile aynı olan), sağ ventrikül çıkış yolu darlığı, ata-biner tarzda dekstropozisyonlu aorta ve sağ ventrikül hipertrofisi şeklindedir. Eğer bunlarla birlikte ASD'de varsa Fallot pentalojisi de denmektedir. Pulmoner stenoza bağlı olarak; sağ ventrikül hipertrofisi, akciğer perfüzyonunda azalma, sağdan sola şant ve santral siyanoz gelişmektedir. Pulmoner kapak ve ana pulmoner arter hipoplazisi sıklıkla eşlik eder (14).

2.5.4.2. Pulmoner Atrezi

Pulmoner atrezi, ventriküler septal defekt veya intakt ventriküler septumla birlikte görülebilen, nadir ancak morfolojik özellikleri çok değişken olabilen kompleks bir konjenital kalp anomalisidir (14). Pulmoner atrezi ve VSD birlikteliğinde; sağ ventrikül çıkışı tümüyle aortaya olur. Pulmoner kan akımı PDA veya bronşiyal kollateral dolaşım ile gerçekleşir. Sağ ventrikül belirgin şekilde hipoplastiktir. Sağ atriyum basıncı yükselir ve kan foramen ovale yolu ile sol atriya geçer. Burada pulmoner venöz kanla birleşerek sol ventrikül ve aortaya pompalanır. Pulmoner akımın tek yolu PDA'dır. Pulmoner atrezi ve VSD birlikteliğinde bulgular Fallot tetralojisinin ciddi formuna benzer (14).

2.5.4.5. Ventriküler Septal Defekt

Ventriküler septal defekt (VSD) en sık görülen konjenital kalp anomalisidir. Prevalansı 1000 canlı doğumda 2,5'tur (Tablo 1) (22). Tek başına veya diğer doğuştan kalp hastalıklarıyla birlikte görülebilir. Ventriküler septum anatomik olarak küçük bir membranöz parça ve büyük bir musküler parçadan oluşur. Dolayısıyla VSD'ler:

1] perimembranöz defektler (membranöz septum ve civarı), 2] musküler (trabeküler) defektler olmak üzere ikiye ayrılır. Bu defektlerin yaklaşık % 80'i perimembranözdür. Perimembranöz ve musküler VSD'ler, yine sağ ventrikülde açıldıkları yöne göre inlet, outlet ve trabeküler alt gruplarına ayrılır (14,31).

2.5.4.6. Atriyal Septal Defekt

Atriyal septal defekt (ASD), sağ ve sol atriyumlar arasındaki septumun tam olarak kapanmaması ile karakterize, sık görülen bir doğumsal kalp hastalığıdır. Sekundum ASD, primum ASD, sinüs venozus tipi ASD, patent foramen ovale, koroner sinüs tipi ASD şeklinde olabilir.

Sekundum ASD; fossa ovalis bölgesini tutar ve en sık (%70) rastlanan tipidir. Primum ASD hemen AV kapakların yakınında ve foramen ovalenin altında yer alır. Endokardiyal yastık gelişimindeki bozukluklardan kaynaklanır. Bu endokardiyal yastık kusurları ya parsiyel atriyoventriküler kanal (primum

ASD + AV kapak anomalisi) veya total atriyoventriküler kanal (Primum ASD+ VSD+ AV kapak anomalisi) şeklinde görülür (14,31).

Sinüs venozus tipi ASD; fossa ovalisin üst tarafındadır. V. kava superior'un giriş yeri ile yakın ilişkidedir ve bazen V. kava superior kanı sol atriyuma girer. Koroner sinüs tipi ASD; normalde koroner sinüs tarafından işgal edilen pozisyona yerleşen nadir bir ASD tipidir.

Patent foramen ovale; Sağ atriyumunu sol atriyumdan ayıran septumun (interatriyal septum) ortasında fossa ovalis adını alan hafif bir çukurluk ve bunun hemen altında, kimi zaman doğumdan sonrada açık kalabilen foramen ovale bulunur. İzole foramen ovale açıklığı ASD olarak kabul edilmez.

2.5.4.7. Mitral valv prolapsusu

Reid sendromu, floppy mitral kapak gibi değişik şekillerde adlandırılmış olan mitral valv prolapsusu (MVP) bir veya her iki mitral kapakçıkların sistol sırasında atriyuma bombeleşmesi ile karakterize bir valvüler hastalıktır. Çocukluk yaş grubunda görülme insidansı ortalama %5'tir. Kadınlarda sık görüldüğü ve farklı ekspresyonlarla otozomal dominant olarak kalıtıldığı bilinmektedir (14,32).

2.6. Koroner Arter Anomalileri

Koroner arter anomalisi terimi nadir gözlenen varyasyonlar için kullanılır. Genel populasyonda %0,3–1,6 sıklıkta görülür (33). Kateter koroner anjiyografi, girişim ya da cerrahi yapılacak hastalarda, koroner arter anomalilerinin saptanması çok önemlidir (34).

Angelini'nin sınıflandırması, koroner arter anomalilerini sınıflandırmada en geniş sınıflandırmalardan biridir (35). Bu sınıflandırmada ana gruplar; 1- Çıkış ve seyir anomalileri; 2- Koroner arter iç anatomisi ile ilgili anomaliler; 3- Koroner sonlanma ile ilgili anomaliler; 4- Anormal kollateral damarlardır.

2.6.1. Çıkış ve Seyir Anomalileri

2.6.1.1. Sol Ana Koroner Arter (LMCA) Yokluğu

Sol ana koroner arter yokluğu sol ön inen arter ve sirkumfleks arterin sol sinüs valsavadan ayrı ostiyumlarla çıkmasıyla karakterizedir (37). Koroner arter anomalileri konusunda yapılmış en geniş çalışma olan Yamanaka ve Hobbs'un araştırmasında %0,41 görülme oranı ile en sık rastlanan koroner arter anomalisi olduğu saptanmıştır (37,40). Sol ana koroner arter yokluğu dışında sol ön inen arter ve sirkumfleks arter genellikle normal seyir gösterir. Sol ana koroner arter yokluğu hemodinamik bir bozukluğa neden olmamakla ve benign bir anomali olarak kabul edilmekle birlikte anjiyografi esnasında tanınmazsa yanlış olarak bir koroner arterin tam tıkalı olduğu veya doğumsal olarak bulunmadığı şeklinde yorumlanabilir. Bu durum hastaya gereksiz revaskülarizasyon işlemlerinin planlanmasına yol açabilir.

2.6.1.2. Koroner Arterlerin Uygun Sinüsten Anormal Çıkışları

Bir koroner arterin ostiyumu aort kapak komissürlerine veya interküspal üçgene 5 mm'den daha yakınsa bu durum komissürel çıkış olarak adlandırılır (37).

Aort anulus seviyesinin altında, küspislerin alt kenarına yakın olan çıkışlar alçak çıkış olarak kabul edilmektedir. Sinotübüler bileşkenin altından çıkışlar ve 1 cm'ye kadar üstünden çıkışların normal kabul edilmesi, daha yukardan çıkışları yüksek çıkış kabul etmek önerilmektedir (37). Normalde koroner arterlerin sinüs valsalva içinde bulunması koroner arterlerin diyastolde optimal kanlanmasını sağlar (39). Ostiyumun aortada tubüler kısımda yer alması (high takeoff) azalmış koroner perfüzyonla ilişkili olabilir (37). Böyle koroner arterler intramural seyretmekte ve bu kısım kompresyona uğrayabilmektedir (36,37). Bu nedenle koroner arter çıkışının yüksek olduğu olgularda ani ölümlere de rastlanabilmektedir (37).

2.6.1.3. Normal Koroner Sinüs Dışından Anormal Çıkışlar

Çıkan Aortadan Koroner Arter Çıkışları: Çıkan aortadan en sık ektopik çıkış gösteren arter sağ koroner arterdir fakat sol ana koroner arter veya ayrı

ayrı sol ön inen ve sirkumfleks arterin de böyle ektopik çıkışları görülebilir (37). Ayrıca koroner arterin proksimal kısmı transmuraldır ve aort duvarı içinde seyreder (37).

Koroner Arterin Pulmoner Arterden Köken Alması: En sık görüleni (%90) sol ana koroner arterin pulmoner arter veya dallarından kaynaklanmasıdır (37,44). Bu hastaların %90'ı çocukluk çağında ölmektedir (44). Eğer hasta hayatın ilk bir yılını aşabilirse kollateral oluşumundan dolayı erişkinlik çağına erişme şansı vardır. Bu anomali infant ve çocuklarda (hayatın ilk 4 ayında) miyokardiyal iskemi, enfarkt ve konjestif kalp yetmezliğine yol açabilir (44).

Diğer Ektopik Koroner Arter Çıkışları: Koroner arterlerin diğer ekstrakardiyak yapılardan ektopik çıkışları bildirilmiştir. Bunların içinde arkus aorta, innominat arter, sağ karotis, internal mammariyan arter, bronşiyal arter, subklaviyan arter ve torasik inen aorta sayılabilir (37). Bunların büyük kısmında önemli doğumsal kalp defektleri koroner arter anomalisine eşlik etmektedir (37). Bu nedenle bebeklik döneminde ölümler sık görülmektedir (37).

2.6.1.4. Karşı Koroner Sinüsten Ektopik Çıkışlar

Bir koroner arterin çıkması gereken valsalva sinüs yerine karşı taraftaki normal valsalva sinüsten anormal çıkması durumunda arterin ismi ve işlevi değişmez sadece çıkışı ve proksimal kısmının gidişi değişir (37).

Sağ Koroner Arter ve Sirkumfleks Arterin Sağ Aortik Sinüsten Sol Ön İnen Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkışı: Bu anomali sol ana koroner arterin yokluğundan sonra gelen en sık görülen koroner arter anomalisidir (37). Bu anomali çoğu zaman insidental bir otopsi bulgusu olarak oldukça benign bir anomali kabul edilmektedir (37,44). Yine de diğer koroner anomalilerinde olduğu gibi açıklanmayan aritmik ani kardiyak ölüm olan bazı vakalar da tarif edilmiştir.

Sol Ana Koroner Arterin ve Sağ Koroner Arterin Sağ Aortik Sinüsten Çıkışı: Sol ana koroner arterin sağ aortik çıkışından sonra sola doğru giderken aortaya ve pulmoner artere göre kat ettiği yola göre başlıca 4 ana gruba ayrılır: Septal, anteriyor serbest duvar seyri, retroaortik seyir,

interarteriyel seyir (37). Septal seyir oldukça benign seyretmekle birlikte, interarteriyel seyir sıklıkla kalple ilgili ciddi patolojilere yol açar (45). Vakaların %60'ında anormal sol ana koroner arter aorta ve pulmoner arter arasında seyreder (36). Bu geçişte risk en fazla olup, mortalite %82 gibi yüksek bir oranda olabilir (36,46). Burada ani kardiyak ölümler ani ve bazende şiddetli egzersizle ilişkili olmaktadır (37). Mekanizma olarak da egzersizle ana vasküler yapıların distansiyonu ile aortanın koroner arteri kompresyona uğrattığı öne sürülmektedir (36,37,46).

Sağ ve Sol Ana Koroner Arterin Sol Aortik Sinüsten Çıkması: Burada vakaların çoğunda sağ koroner arter aorta ve pulmoner arter arasında seyreder (%67), (36,37). Geri kalanların çoğu aortanın arkasında seyreder (36). Bu anomalide çok mortal seyreden sol ana koroner arterin sağ aortik sinüsten çıkışına göre ölüm oranı daha düşük hesaplanmıştır (41).

2.6.1.5. Tek Koroner Arter

Tek koroner arter deyimi ile hem sağ hem de sol koroner arterlerin aortadaki tek ostiyumdan çıktığı durumlar ifade edilmektedir (36,37). Bu anomali erişkinlerde nadirdir ve kompleks konjenital kalp hastalıkları ile ilişkilidir (37,46). Tek koroner arter bulunan olgularda klinik özellikle tek koroner arterin seyriyle ilgilidir, sol ana koroner veya sağ koroner arterin ana pulmoner arter veya aorta arasında seyrettiği olgularda özellikle egzersiz ile ilişkili akut miyokart enfarktüsü ve ani ölümler tanımlanmıştır (36,37). Bu olgularda ani ölüm nedeni olarak koroner arterin iki büyük arter arasında sıkışması suçlanmıştır. Tek koroner arter sağ koroner sinüsünden kaynaklandığında ani ölüm insidansı daha yüksektir (36). Sağ koroner arterin sol ön inen arter veya sirkumfleks arterden kaynaklandığı olgularda da miyokart iskemisi geliştiği bildirilmiştir (37,42).

2.6.2. Koroner Arterlerin Kendi Anotomileri ile İlgili Anomaliler

2.6.2.1. Doğumsal Osteal Stenoz ve Atrezi

Böyle olgular iki tipe ayrılmaktadır: luminal atrezi tipi (koroner arterin dış çapı normal fakat lümen tamamen tıkalıdır) ve koroner hipoplazi tipi (dış çapı

incelmiş veya yoktur), (37). Bebeklerde akut miyokart enfarktüsü sık görülürken büyük çocuk ve erişkinlerde senkop ve taşiaritmiler sık görülmektedir (37). Bu bebeklerde yeterli kollateral kan akımı olmadığından miyokart enfaktüsü geliştiği fakat erişkinlerdeki kollateral kanlanmanın onları miyokart enfarktüsünden koruduğu şeklinde açıklanmaktadır (37).

2.6.2.2. Koroner Arterlerin Yokluğu ve Başka Bir Koroner Arterden Çıkış

Anomalileri

Cx Yokluğu: Kalbin tabanını katederek sol atriyoventriküler oluğa posteriyordan ulaşan RCA, Cx'in yokluğunu telafi etmeye çalışır (47). *LCX'in Ektopik Olarak RCA'dan kaynaklanması:* Aberrant Cx aort kapağının hemen altında aort kökünün arkasından dolaştığı için aberrant bir Cx bilgisi aort kapak replasmanı yapılacak hastalar için önemlidir. *RCA Yokluğu:* Sağ sinüs valsavadan ayrılan bir RCA olmadığı durumda, sol koroner arterin bir dalı olarak çıkar ve anterior ya da posteriyordan ilerleyerek kendi sulama sahasına ulaşır (47).

2.6.2.3. Koroner Hipoplazi

Koroner hipoplaziyi tanımlamak için iki özelliğin olması gerekir. Bunlar: 1- Beslediği miyokart alanına göre küçük çaplı koroner arterin gösterilmesi ve 2- Azalmış koroner rezerve bağlı geriye dönebilen iskeminin miyokart perfüzyon sintigrafisi ile gösterilmesi (37)

2.6.2.4. Koroner Arter Bası Sendromları

Koroner arterler hem kalp içi hem de kalp dışı yapıların basısına maruz kalabilirler. Sol ana koroner artere bası yapan birçok sayıda lezyon olmakla birlikte başlıca lezyon genişlemiş ana pulmoner arterdir (37,51). Sol ana koroner arter sol sinüs valsalvanın ne kadar sağından çıkarsa basıya uğratılma ihtimali o kadar artmaktadır (37).

2.6.2.5. Koroner Arter Ostiyumlarının Aort Kapağı Tarafından Kapatılması

Aort kapağının doğumsal hastalıklarında aort kapakçıklarından birisi aort duvarına yapışarak koroner arter ostiyumunun tıkanmasına neden olabilir. Bu

olgularda akut romatizmal ateş veya sifiliz öyküsünün ve kliniğinin bulunmaması yapışıklığın enfeksiyöz olmayıp doğumsal olduğunu düşündürmektedir (37,52).

2.6.2.6. Miyokardiyal Köprüleşme

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

2.6.3. Koroner Arter Sonlanma Anomalileri

2.6.3.1. Koroner Arter Fistülleri

Bu anomalide normal yerinden çıkmış olan koroner arter kapiller yatak oluşturmadan, doğrudan doğruya bir kalp odacığı veya büyük damarla birleşmektedir. Bunlar konjenital (embriyonik arteriyoluminal sinüzoidlerin persistansı), veya edinsel (genellikle travmatik veya postoperatif) olabilir (34,39,46).

2.6.4. Anormal Koroner Kollateraller ve Koronerler Arası Bağlantılar

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

2.7. ÇKBT Fiziği

2.7.1. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

2.7.1.1. Bilgisayarlı Tomografi Tarihçesi

Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazları teknolojik gelişmelere paralel olarak büyük bir evrim geçirmiş olup halen bu süreç devam etmektedir. BT ile ilgili ilk başarılı klinik uygulamalar 1967 yılında G. Hounsfield tarafından gerçekleştirilmiş ve 1971 yılında hastane şartlarında uygulanmaya başlanmıştır. Birinci nesil cihazlarda ince bir X ışını ve tek dedektör kullanılmıştır. Tüp bir derece dönüş yaptığında elde edilen veri işlenmekte ve tekrar bir derece dönüş yapmaktadır. Bu işlem tüp ve dedektör 180 derece dönene kadar tekrarlanmaktadır. Bu cihazlarda kesit alım süresi oldukça uzundur (4,5 dakika). İkinci nesil BT cihazlarında yelpaze şeklinde bir ışın ve birden fazla sayıda dedektör sistemi bulunmaktadır. Tüp hareketi 10 derecelik açılarla 180 dereceye tamamlanmış olup daha hızlı tarama zamanı (15 sn) ve aynı anatominin birden fazla dedektörce izlenmesi sayesinde ayrıntıda artış sağlanmıştır. Üçüncü nesil BT cihazlarında kolime edilmiş yelpaze şeklindeki X-ışını demetinin karşısında ışın demetini gören çok sayıda dedektör kullanılmaktadır. Dönüş açısı 360 dereceye çıkarılmıştır. Dördüncü nesil cihazlarda gantri boşluğunu 360 derece çevreleyen çok sayıda dedektör kullanılmaktadır. Bu cihazlarda dedektörler sabittir ve hasta çevresinde sadece X-ışını tüpü döner. Beşinci nesil cihazlarda tüp ve dedektör hareketi ortadan kaldırılmıştır. 1984 yılında kardiyak çalışmalar için geliştirilen ve Elektron-Beam Tomografi olarak adlandırılan bu sistemde bir elektron tabancasından çıkan elektronlar hasta çevresindeki halka şeklinde sabit olarak yerleştirilmiş tungsten anota çarptırılarak X-ışını üretilir. Yan yana iki anot halkası vardır ve iki kesit alınır. Tarama süresi 50 milisaniyeye düşürülmüştür ve kalbin çalışırken kesit görüntüsünü canlı olarak izlemek mümkündür (sine-BT). Altıncı nesil helikal BT'dir. Tüpün devamlı dönmesi sürecinde hasta masası kayar. Tüp tam dairesel döner, ancak hasta masası devamlı kaydığı için X-ışını demetinin incelenen vücut bloğunda izlediği yol

helikaldir. Altıncı jenerasyon cihazlar devreye girdikten bir süre sonra birden çok dedektör sırası kullanılan yedinci jenerasyon cihazlar geliştirilmiştir (55,56,57). Yönteme çok dedektör sıralı BT (“multiple detector array-MDCT”) adı verilmiştir. Yöntemin çok sıralı dedektör kullanmasından çok, aynı anda çok sayıda kesit alması daha önemlidir. Bu nedenle çok kesitli BT (ÇKBT) daha doğru bir isimlendirmedir. Bu sistemde kesit kalınlığını X-ışınının kolimasyonu değil dedektör açıklığı belirler. Tüpten çıkan X-ışını, kalınlığı kullanılan dedektör sırasınca belirlenen kalın bir yelpaze şeklindedir. ÇKBT teknolojisinin öncüsü 1993 yılında geliştirilen 2- kesitli BT aygıtı (Elsint TWIN) kabul edilir. Teknolojik gelişmeler ile ilk ÇKBT 1998’de 4x1mm kesitli olarak klinik kullanıma girmiştir. Bunu 2000 yılında 8, 2001’de 16, 2004 yılında 64, 2008 yılında 128 kesitli sistemler izlemiştir.

2.7.1.2. Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi Temel Fizik Prensipleri

BT aygıtında tarayıcı, bilgisayar ve görüntüleme ünitesi olmak üzere 3 bölüm vardır. Tarayıcı, hasta masası ve gantriden oluşur. Gantri içerisinde tüp ve dedektör sistemi bulunur. Masa gantri boşluğu içerisine girip çıkabilir. Her kesit alma işleminden sonra masa bir miktar hareket ettirilir. Bu şekilde hastanın incelenen bölgesinden ardışık kesitler alınabilir. Tüpten çıkan x-ışınları kolime edilerek istenilen kesit kalınlığına eşit kalınlıkta yelpaze şeklinde bir X ışın demeti gönderilir. Işın demetinin kalınlığı operator tarafından belirlenir. Hasta vücudundan geçirilen bu X-ışını demeti diğer uçta x-ışınlarına hassas bir dedektör zincirine ulaşır. Dedektörlere ulaşan x-ışınları hasta vücudundan geçerken vücudun değişik dokularında değişen oranlarda zayıflamaya uğrar. Bilgisayar ünitesinde tarayıcı sistemden gelen bilgiler eşliğinde matematiksel işlem ve algoritmalarla x-ışınlarının taradığı alanın her bir noktasının X ışınını zayıflatma değeri hesaplanır. Daha sonra bu işlemlerden elde edilen sonuçlar, tarama alanını temsil edecek, sayılardan oluşmuş bir haritaya dönüştürülür. Bu işleme rekonstrüksiyon adı verilir. Sistem X-ışını zayıflatma (atenuasyon) değeri en yüksek piksellere beyaz rengi atar, azalan değerleri giderek daha koyu gri tonlarla renklendirir ve en düşük değerleri siyaha boyar. Böylece bilgisayar ekranında, harita elemanları

siyahtan beyaza dek değişen noktacıklar içeren bir resime dönüştürülür. Resmin en küçük elemanı olan bu noktacıklara piksel, resimdeki piksel sayısını belirten, noktacıkların ve çizgilerin birleşiminden oluşan örgüye de matriks (256X256- 512X512 gibi) adını veriyoruz. Organizmadaki bu odağın, kesit düzlemine paralel x-birim uzunluğunda ve y-birim genişliğinde iki boyutu vardır. Bunun yanı sıra X-ışını demet kalınlığına eşit derinlik boyutu da olacaktır. Bu durumda, noktasal odağımızı hacim boyutunda ele almamız gerekmektedir. Bu hacme voksel (voxel) adı verilir ve hacim elemanı anlamına gelen ingilizce (volume element) sözcüklerinin kısaltmasından oluşur (55, 57). BT'de her bir vokselde hesaplanan X-ışını zayıflatma değerini standart bir değer ile belirtmek amacıyla Hounsfield skalası olarak adlandırılan bir referans sistemi kullanılmaktadır.

Hounsfield skalasında X-ışını atenuasyon değerleri -1000 ve 1000 arasında 2000 birim içerisinde sınıflandırılmıştır. Bu skalaya göre suyun atenuasyon değeri sıfır, kemik gibi çok yoğun oluşumlar için bu değer 1000, hava için -1000 olarak kabul edilmiştir. Bilgisayar ekranında izlediğimiz görüntü renkle kodlanmış bir harita olduğundan bu haritanın renklendirme kriterlerini pencereleme (windowing) dediğimiz bir işlemle kolayca değiştirebiliriz. Pencerelemede amaç, siyahtan beyaza dek değişen bir spektrumda yaklaşık 30-90 gri tonu ayırt edebilen bir insan gözünün Hounsfield skalasındaki -1000, +1000 aralığında istediğı oluşumları seçmesini sağlamaktır. Pencereleme işleminde birisi pencere genişliği 'window width' diğeri de pencere seviyesi 'window level' olmak üzere ayarlanabilen iki parametre vardır. Pencere genişliği görmek istediğimiz oluşumların HU değerlerini içine alıp ilgilenmediklerimizi dışarıda bırakacak şekilde seçilen bir Hounsfield skalası barındırır. Bu durumda sadece seçtiğimiz bant içerisinde kalan HU değerleri gri bir renk tonu alırken bandın dışında kalan HU değerleri ya beyaz ya da siyah renk ile boyanırlar. Pencere seviyesi ise seçtiğimiz pencere genişliğinin orta noktasıdır. Pencere seviyesi ve genişlik ayarların istenilen organ ve oluşumların en iyi görüntülenebilecekleri şekilde seçilmeleri halinde, inceleme optimal yapılacaktır. Pencerelemenin en güzel örneği, akciğer parakim incelemesi

yapılırken mediastinal oluşumların ayrıntılarının kaybolması, ya da tam tersine mediastinal oluşumlar için ayarlanmış bir pencere değerlerinde, akciğer parankim ayrıntılarının izlenememesidir (55).

2.7.1.3 Temporal Çözünürlük

Görüntünün rekonstrüksiyonunu yapmak için gerekli tarama verisinin elde edilmesi sırasında geçen sürenin miktarı temporal çözünürlük olarak tanımlanır (57,58). Çok kesitli BT için, temporal çözünürlük, cihazın tek bir gantri rotasyonunu tamamlama süresine bağlı olup gantri rotasyon süresinin yarısına eşittir. Temporal çözünürlük düşük kalp hızları için uygundur. Yüksek hızlarda bulanıklaşma ve merdiven basamağı artefaktına neden olabilir. Yüksek kalp hızları söz konusu olduğunda ise temporal çözünürlük, birden fazla kalp döngüsüne ait veriler kullanılarak artırılabilir (58). Elde edilen temporal çözünürlük gantri rotasyon süresinin, kullanılan kalp döngüsü sayısının iki katına bölünmesi ile hesaplanır (59). Tek kalp döngüsünde elde edilen veriler görüntü oluşturmak için kullanılıyorsa buna “tek-sektör rekonstrüksiyon” denir. Eğer birden fazla döngüden elde edilen veriler kullanılıyorsa buna “multisektör rekonstrüksiyon” veya “multisegment rekonstrüksiyon” denir. Genel olarak dakikada 65 atımdan daha düşük kalp hızları için tek sektör rekonstrüksiyon kullanılır (59).

2.7.1.4. Uzaysal Çözünürlük

Koroner arterler genellikle 2–4 mm çapa sahiptirler. Arter lümeni proksimal ana dallarda 4 mm ve uç dallarda 1 mm civarındadır (60). Distal dallarla karşılaştırıldığında, proksimal dallar için çok kesitli BT ile darlık tespit duyarlılığı daha yüksektir (59).

Koroner arterlerin kalp yüzeyindeki seyri de karmaşıktır. Sol anterior desandan arter (LAD) aksiyel plana neredeyse paraleldir. Sağ koroner ve sol sirkumfleks arterler (RCA ve LCX) ise aksiyel plana dik seyrederek. Bu nedenle hem aksiyel planda ve hem de z eksenini boyunca uzaysal çözünürlük yüksek olmalıdır (59). Uzaysal çözünürlük büyük oranda tarayıcının tipine bağlıdır. 16 kesitli cihazlar bu anlamda 4 kesitli tarayıcılara göre daha

avantajlıdır. Cihazın tasarımına göre daha küçük aralıklarla dedektörler bulunabilir. Altın standart olan kateter anjiyografinin uzaysal çözünürlüğü 0,2x0,2 mm'dir. Bu değer 4 kesitli cihazlar için 0,6x0,6x1,0 mm; manyetik rezonans anjiyografi için 1,25x1,25x1,5 mm'dir (61). Spiral BT ile hacim görüntüleri elde edilebilmesi ve üst üste gelen kesitlerin rekonstrüksiyonu, z eksen çözünürlüğünü artırdığından dolayı 16 kesitli BT cihazlarının uzaysal çözünürlüğü 0,5x0,5x0,6 mm'ye ulaşmaktadır (62).

2.7.1.5. Tarama Zamanı

Tarama zamanı incelenecek bölgenin uzunluğuna ve cihazın rotasyon süresine bağlıdır. Kardiyak anjiyografide, karinanın 1 cm altından başlanır ve kalp tabanına kadar yaklaşık 10–12 cm'lik mesafe taranır (57). Cihazın kesit sayısı ve rotasyon hızı yüksek ise, tarama süresi, dolayısıyla da nefes tutma süresi kısalır. Nefes tutma süresinin en aza indirilmesi solunumla ilgili artefaktların da azalmasına katkı sağlayacaktır. Görüntüler kısa sürede elde edildiği için, kalp venlerinin kontrast madde ile dolarak raporlamada karışıklıklara yol açması da engellenmiş olur (60).

2.7.1.6. İnce Kesit Kalınlıkları

ÇKBT cihazları artmış hızları sayesinde klasik konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak kesit taramasından çok, bir anlamda "hacim taraması" yapmaktadır. Longitudinal düzlemdeki (z eksenindeki) çözünürlüğün yeterli olması, yüksek kalitede hacim bilgisi için gerekmektedir. Kesit kalınlığı, z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca faktördür. Minimum kesit kalınlığı dedektör teknolojisindeki iyileştirmelerle giderek düşürülmektedir. Böylece ulaşılan anizotropik voksel geometrisi sayesinde multiplanar rekonstrüksiyon ve üç boyutlu görüntüleme optimal görsel keskinlikle yapılabilmektedir (63).

2.7.1.7. Gantri Rotasyon Süresi

İlk olarak EBT cihazları ile tarama bir saniyenin altına indirilmiştir. Çok kısa bir zaman içerisinde helikal cihazlarda da rotasyon süreleri 1 sn'nin altına indirilmiştir (57). Gantri rotasyon süresinin bu denli kısalması hareket

artefaktlarını belirgin olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını doğurmuş ve longitudinal (z eksen) çözünürlüğü de artırmıştır. Bu durum kalbin diyastolik fazında göreceli olarak hareketsiz görüntülerin alınmasına izin vermektedir. Bu gelişme prospektif ve retrospektif elektrokardiyografik tetikleme ile birlikte, koroner arter kalsiyum skrolama ve koroner arter BT anjiyografi gibi kardiyak uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Artık ÇKBT cihazlarında EBT cihazlarıyla karşılaştırılabilir düzeyde kalsiyum skrolama yapılabilir (66).

Tarama zamanının 1 sn'nin altına indirilmesi için gantri çiziminde (design), gantri motorunda, veri ileti düzeninde (data transmission system-DAS) ve X-ışın tüpünde bazı değişikliklerin yapılması gerekmiştir. Tarama zamanı 1 sn'den 0,5 sn'ye indiğinde gantriye uygulanan merkezkaç kuvvette 4 kat artış olmaktadır. Gantrinin bu kuvvet artışını karşılamak üzere yeniden biçimlendirilmesi gerekmektedir. Yine tarama zamanı kısaldıkça birim zamanında ölçülen veri miktarı artmaktadır. Bu miktardaki verinin iletimi düşük voltajlı slip-ring yönteminden farklı, daha yüksek hacimli ve hızlı veri iletim sistemlerine gereksinim doğurmuştur. Tarama zamanının kısalması tüpe uygulanan merkezkaç kuvvetini arttırdığı gibi tüpün ürettiği X-ışını miktarının artmasını ve dolayısıyla tüpün soğutma yeteneğinin iyileştirilmesini de gerektirmiştir (57).

2.7.1.8. Çoklu Dedektör

Çok kesitli BT teknolojisinin ana bileşeni dedektör yapısıdır. Konvansiyonel spiral BT cihazlarında dedektör tek sıra halinde dizilmiş dedektör elemanlarının oluşturduğu tek boyutlu bir yapı iken, multidedektör BT cihazlarında çok sayıda dedektör sırasından oluşan iki boyutlu bir matriks yapısındadır (57).

Çok kesitli BT cihazlarında sistemin minimum kesit kalınlığını belirleyen unsur en küçük dedektör elemanının Z eksenindeki genişliğidir. Bu değer bazı sistemlerde 0,5 mm, bazı sistemlerde 0,625 mm'dir.

2.7.1.9. Görüntü Rekonstrüksiyonu

ÇKBT cihazlarında dedektör iki boyutlu olduğundan tüpten çıkan X-ışını hüzmesi de iki boyutlu koni şeklindedir. Koni içinde belirli bir açıyla dedektör elemanlarına gelen X ışınları, konvansiyonel rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması durumunda, artefaktlara yol açabilir. ÇKBT cihazlarında bu artefaktların giderilebilmesi için, konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntüler rekonstrükte edilmektedir (66,67). Bu şekilde daha yüksek kalitede görüntü elde edilebilmektedir.

Multipoint rekonstrüksiyon algoritmasında verilerin örnekleme de optimize edilmiştir. Optimize edilmiş örnekleme adı verilen bu yöntemin amacı longitudinal yönde veri örnekleme miktarını arttırmak, yani daha fazla ölçüm bilgisi elde etmek ve böylece sinyal/gürültü oranını arttırmaktır (60). Bu nedenle tamamlayıcı verilerin görüntü kalitesine bir katkısı olamamaktadır. Dolayısıyla böyle bir sistemde helikal pitch faktörü 3,5 veya 4,5 gibi kesirli sayılardan seçilmektedir. Böylece ortaya paradoksal bir sonuç çıkmaktadır. Konvansiyonel yöntemlere göre daha fazla ölçüm verisi kullanılmasına olanak veren optimal örnekleme yöntemi sayesinde, ÇKBT cihazlarında aynı dozun kullanılması durumunda S/G oranı konvansiyonel BT cihazlarına göre %20 oranında artmaktadır.

ÇKBT ile görüntü rekonstrüksiyonunda çok noktalı interpolasyon algoritması dışında, z filtre rekonstrüksiyon algoritması adı verilen bir teknik de kullanılmaktadır. Z filtre rekonstrüksiyonunda uygun z kernelleri seçilerek, tek bir helikal veri kümesinden farklı kesit kalınlıklarında çok sayıda görüntü serisi oluşturulabilmektedir (59). Buradaki ilke standart veya akciğer kernelleri ile yapılan görüntü rekonstrüksiyonuna benzemektedir. Nasıl bu kernellerde düzlem içi (in-plane) frekans yanıtı değiştirilerek standart veya akciğer algoritmasında görüntüler oluşturuluyorsa, z kernelleriyle de kabaca benzer bir biçimde z eksenindeki frekans yanıtı değiştirilmekte ve bu şekilde farklı kesit kalınlıklarında görüntüler oluşturulabilmektedir (66).

2.7.1.10. ÇKBT'deki Yeniliklerin Görüntü ve Tarama Parametrelerine Etkisi

2.7.1.10.a. *Tarama Hızında Artış:* Gantri rotasyon süresinin kısalması (0,5 sn ve altına inmesi) ve pitch faktörünün artması çok kesitli BT sistemlerindeki hızın artmasına neden olmaktadır. Pitch 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının tek kesit kalınlığına oranı olarak hesaplanabileceği gibi, 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının toplam ışın demeti genişliğine (total beam width) oranı şeklinde de hesaplanabilir (68). İkinci yöntemde, örneğin 3 ve 6 gibi pitch değerleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde pitch'in 3 olarak kullanıldığı tarama modları yüksek kalite, pitch'in 6 olarak kullanıldığı tarama modları hızlı olarak tanımlanmaktadır. Uzaysal çözünürlüğün önemli olduğu klinik durumlarda 3 pitch'in, yüksek hacimlerin kısa zamanda taranmasının gerekli olduğu durumlarda 6 pitch'in kullanılması önerilmektedir.

Bazı üreticiler konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan pitch kavramıyla örtüşmesi amacıyla pitch'i yukarıda belirtilen ikinci formülle, yani rotasyon süresince olan masa hareketini toplam ışın demeti genişliğine bölerek hesaplamakta ve beam pitch olarak adlandırmaktadırlar. Tarama hızının konvansiyonel helikal cihazlara göre artması daha geniş hacimlerin daha kısa sürelerde taranması olanağını getirmiştir. Buna bağlı avantajlar şöyle sıralanabilir (68);

1. Daha kısa sürelerde bitirilen rutin incelemeler solunum denetimsizliğinden kaynaklanan artefaktları gidermiştir. Örneğin 30 cm genişliğindeki toraks incelemesi konvansiyonel helikal bir cihazda 30 sn sürerken çok kesitli cihazlarda daha ince kesit kalınlıkları ile 5–9 sn arasında tamamlanabilmektedir.

2. Travma hastalarında kısa sürede tüm vücut taraması vazgeçilmez bir avantajdır.

3. Çocuk yaş grubunda ve kooperasyon gösteremeyen hastalarda son derece hızlı bir biçimde incelemenin tamamlanabilmesini sağlamaktadır.

4. BT anjiyografi uygulamalarında, ÇKBT teknolojisinin gelişmesiyle; pulmoner emboli hastalarında önceleri mümkün olmayan subsegmental düzeydeki embolilerin değerlendirilmesi, aort diseksiyonu, aort anevrizması, ekstremitelerinin aterosklerotik lezyonları, renal arter patolojileri, mezenter iskemisi, pankreas, bilier ağaç, karaciğer ve böbrek neoplazmlarında arteriyel ve venöz tutulumun araştırılması, karaciğer transplantasyonlarında hepatik arteriyel, portal ve hepatik venöz anatomisinin preoperatif değerlendirilmesi gibi birçok uygulama mümkün olabilmektedir. Ayrıca bu incelemeler daha yüksek longitudinal rezolüsyonla yapılabilmekte, longitudinal çözünürlüğün artmasıyla da daha kaliteli 3 boyutlu uygulamalar meydana getirilmektedir. İnce kesit kalınlıklarıyla yüksek tarama hızının birleştirilmesi sayesinde, Willis poligonu damar yapıları BT anjiyografi ile değerlendirilebilir hale gelmiştir (68).

5. ÇKBT, çok fazlı kontrastlı çalışmalara olanak sağlamaktadır. Örneğin karaciğerde üst üste iki kere arteriyel faz taraması yapılabilmektedir. Bu şekilde siroz hastalarında daha çok sayıda erken evre karaciğer kanseri yakalandığını gösteren çalışmalar mevcuttur (67).

6. Tarama hızının artması özellikle BT anjiyografi uygulamalarında kontrast madde dozunun azaltılmasına imkan vermektedir. Örneğin pulmoner arter BT anjiyografide daha önceleri 140-160 cc arasında değişen doz gereksinimi yeni cihazlarla 100 cc'nin altına indirilmiştir.

2.7.1.10.b. Kesit Kalınlığında Azalma: Uzaysal çözünürlüğü arttıran daha ince kesit kalınlıkları, kısmi hacim etkisini azaltmaktadır. Minimum kesit kalınlığı, günümüzde ÇKBT cihazlarında 0,5-0,62 mm arasında değişmektedir. Bu denli ince kesit kalınlıkları ile ÇKBT sayesinde, birçok anatomik bölge taranabilmekte, elde olunan izotropik görüntülerle yüksek kalitede reformat, multiprojeksiyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmektedir.

2.7.1.10.c. X-Işınından Yararlanma Faktöründe Artış: ÇKBT sistemlerinde, konvansiyonel helikal cihazlara göre X-ışını yararlanma faktörü daha yüksektir. Bunun nedeni şöyle açıklanabilir; ÇKBT'de X-ışını demetinin

longitudinal yöndeki toplam kalınlığı konvansiyonel helikal cihazlara göre daha fazladır. Böylece konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılmayan, bir anlamda ziyan edilen X ışınları çok kesitli sistemlerde veri eldesi amacıyla kullanılmaktadır. X-ışını yararlanma faktöründeki bu artış tüp yüklenmesini azaltmakta, helikal taramanın tüp soğuması için bekleme süresi olmaksızın daha uzun süreler devam edebilmesine olanak tanımaktadır (67). X ışını yararlanma faktörünün artması nedeniyle tüp ömrü de belirgin olarak uzamaktadır (67).

2.7.1.10.d. Gantri Rotasyon Süresinin Kısalması: ÇKBT cihazlarında, gantri rotasyon süreleri oldukça azalmıştır. Bununla birlikte inen temporal çözünürlük süreleri, kalbin diyastolik fazında göreceli olarak hareketsiz görüntülerin alınmasına izin vermektedir. Bu gelişme, prospektif ve retrospektif elektrokardiyografik tetikleme ile birlikte, koroner arter kalsiyum skorlama ve koroner arter BT anjiyografi gibi kardiyak uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Kalp hızı ve ritmi uygun hastalarda da koroner arterlerin özellikle proksimal kesimlerinin BT anjiyografi ile değerlendirilmesi mümkündür (63).

2.8. Teknik, Protokoller ve Araçlar

2.8.1. Tetkik öncesi hazırlıklar

2.8.1.1. Hasta ile ilgili hazırlık

Kardiyak BT tetkikin en uygun kalitede olabilmesi için tetkik öncesinde hasta hazırlığının iyi yapılması gerekmektedir. Kusmayı engellemek için tetkikin 4 saat öncesinden katı gıdaların alımı kesilmelidir. Tetkikin 1 saat öncesine kadar da sıvı gıdaların alınmasını sağlamak kontrast enjeksiyonu öncesi hidrasyonun sağlanması açısından önemlidir. Tetkikin yapılacağı gün kalp ritmini etkileyebilecek kafein gibi uyarıcı maddelerden uzak durulmalıdır. Tetkik öncesinde mesanenin boşaltılması hasta kalp atım hızının etkilenmemesi bakımından önemlidir.

Hasta, önceki BT çekimleri, kardiyak girişimsel işlemler, baypas grefti veya stent varlığı yönüyle sorgulanmalıdır. Yine hastadan iyotlu kontrast maddeye allerjisinin olup olmadığı ve geçirdiği alerjik reaksiyonlar hakkında bilgi alınmalıdır. Allerji hikayesi olan hastaların gerekiyorsa steroid ile premedikasyonu sağlanmalı ve tetkik esnasında gelişebilecek alerjik reaksiyon için kullanılacak malzemeler hazır bulundurulmalıdır. Steroid ile premedikasyon için işlemden 12 saat ve 2 saat önce 32 mg metilprednizolon kullanılabilir(69).

Olası alerjik reaksiyonlar için ise antiemetik (methoclopramide HCl 10 mg İV veya trimethobenzamide HCl 200 mg İM), antihistaminik (pheniramine maleate 50 mg IV veya chlorphenoxamine 10 mg İV), H2 reseptör blokörü (ranitidine 50 mg İV), bronkodilatör, steroid, aminofilin, adrenalin, atropin gibi ilaçlar ve entübasyon malzemeleri de hazır bulundurulmalıdır (55).

2.8.1.2. Damar yolu açılması

Tetkik odasına alınmadan önce hastaya 18- 20 Gauge branül ile sağ antekübital venden damar yolu açılmalıdır. Damar yolunun hızlı ve güçlü kontrast enjeksiyonuna dayanıklı olması gerekmektedir. Bu amaçla damar yolu el ile hızlı serum fizyolojik enjeksiyonu yapılarak kontrol edilmelidir. Damar dışına çıkma ve enjeksiyon yerinde ağrı olmamalıdır. Subklaviyan venin sıkışmasını engellemek için kol, hastanın başı üzerinde olmamalı, hastanın önünde vertikal pozisyonda rahat edeceği şekilde bırakılmalıdır.

2.8.1.3. Hasta monitörizasyonu

Elektrokardiyografi (EKG) elektrotlarının yerleştirileceği bölgede alkol ile cilt temizliği yapılmalı, elektrotlar kas artefaktlarının önlenmesi için kemik çıkıntılar üzerine yerleştirilmelidir. Elektrokardiyografide dalgaların birbiriyle çakışmasını engellemek ve artefaktsız grafik elde etmek için sağ ayak bileği medial yüzüne toprak elektrodu bağlanmalıdır.

2.8.1.4. Çekim masasındaki hazırlıklar

Hastanın rahatlamasını sağlamak ve kalp hızı gibi anksiyete ile ilişkili semptomları azaltmak için hastaya çekim hakkında bilgi verilmelidir. Hastaya, kontrast madde enjeksiyonu nedeniyle uygulanan kol tarafından başlayıp vücuduna yayılan bir sıcaklık hissinin olabileceği ve endişelenmemesi gerektiği ifade edilir. Çekim tekniği ve elde edilebilecek klinik bilgilerin önemi hakkında kısa ve anlaşılır bir açıklama yapılmalıdır. Çekim boyunca hareketsiz kalmanın tetkik kalitesini arttıracak önemli vurgulanmalıdır.

Kardiyak BT için düzenli sinüs ritmi istenen bir durumdur. Kardiyak hareket, en az ventriküllerin pasif olarak dolduğu diyastol esnasında olmaktadır. Diyastol süresi ise, kalp hızına ve sistolde harcanan süreye bağlıdır. Kalp hızı dakikada 70 atımın altında olduğunda diyastolde geçen süre daha uzun olur (70). Kalp hızı arttıkça sistol süresi uzar ve diyastol süresi kısalır (70). Kardiyak BT için ideal kalp hızı düzenli sinüs bradikardisi şeklinde 50-60 atım/ dakika aralığında olmalıdır (69).

Kalp hızı dakikada 65-70 atımdan yüksek ise β -adrenerjik reseptör blokeri tetkikten bir saat önce oral yolla verilmelidir (50 mg Metoprolol) ya da taramadan hemen önce intravenöz (İV) yolla uygulanmalıdır. Kalp hızı, dakikada 70 atımın altına ininceye kadar 5 dakika aralıklar ile tansiyon ve nabız takibi ile İV yoldan Metoprolol tartrate (Beloc™ ampul 5 mg/mL) (en fazla 25 mg) yarı yarıya izotonik ile sulandırılarak bir kardiyoloji uzmanı gözetiminde uygulanmalıdır (71).

Beta blokerlerin bradikardi, hipotansiyon, kardiyak output azalması, bronkospazm, pulmoner ödem ve hipoglisemi gibi istenmeyen etkileri vardır. Beta blokerlerin aşırı doz tedavisi hastanede yapılmalı ve uzman görüşü alınmalıdır. Hava yolunun temiz ve açık tutulması aynı zamanda yeterli ventilasyon sağlanması büyük önem taşır. Bradikardi ve hipotansiyon tedavisi için İV atropin enjeksiyonu (erişkinler için 3 mg, çocuklar için 40µg/kg) gereklidir. Atropine yanıt vermeyen kardiyojenik şokta %5'lik glukoz içerisinde İV enjeksiyonla 50-150 µg/kg glukagon uygulanabilir. Buna da yanıt alınamaz ise, glukagon tekrarı gerekir. Glukagon bulunmadığı

durumlarda, seçenek olarak İV İsoiprenalin ya da İV Prenalterol verilebilir. Medikal tedaviye cevap yoksa kardiyopulmoner resusitasyon yapılmalıdır. Eğer, kardiyak BT çekimine bir kardiyolog eşlik edemeyecekse, hastanın beta-bloker alıp alamayacağı daha önceden değerlendirilerek radyoloğa yazılı olarak bildirilmelidir.

Nabız düşürmek için beta-blokerlerin kontrendike olduğu astım, atriyoventriküler blok, kalp yetmezliği, diyabet ve Raynaud sendromu gibi durumlarda kalsiyum kanal blokerleri kullanılabilir (70).

Çekim masasındaki son aşamada koroner arterleri genişletmek amacıyla nitrogliserin (0,4 mg) verilebilir (72). Klinik uygulamalarda, dilaltı 2 puf sprey ya da nitrogliserin tablet (İsordil 5 mg tb) kullanılır. Nitrogliserin, tetkikten 1-2 dakika önce dilaltına uygulanır. Nitratların bazen refleks taşikardiye yol açarak nabız arttırabileceği unutulmamalıdır. Nitrogliserin kullanımı kalp atım hızını 3-5 atım/dakika arttırabilmektedir.

2.8.1.5. Tetkik sonrası yapılması gerekenler

Hastanın genel durumu kontrol edildikten sonra damar yolu çıkarılır. Kullanılan nitrogliserin spreye bağlı baş ağrısının olabileceği, gerekirse ağrı kesici alabileceği, beta blokere bağlı dikkat dağılmasının olabileceği ve bu nedenle 2 saat süre ile araba kullanmak gibi özel dikkat gerektiren işlerden uzak durması gerektiği bildirilmelidir. Kontrast maddenin vücuttan kısa sürede atılması için 1,5-2 litre kadar su içmesi gerektiği, çekim esnasında radyasyona maruziyet söz konusu olduğu için duş almasının faydalı olacağı söylenmelidir.

2.8.2. Çekim tekniği

2.8.2.1. Hasta pozisyonu

Hastanın cihaz içindeki pozisyonu önemlidir. Hastanın merkeze yerleşmediği durumlarda suboptimal temporal çözünürlüğe sahip görüntüler elde edilir. Kalp gantrinin rotasyon merkezine yakın yerleşirse, temporal çözünürlük ortalama bir değerde sabit olarak kalır. Kalbin pozisyonunu

belirlemek için önce frontal ve lateral ön görüntüler alınır. Çekim karinadan kalp bazaline kadar kraniokaudal yönde gerçekleştirilir. Eğer baypas greftleri veya internal mammarian arterler de değerlendirilecekse üst sınır arkus aorta olmalıdır. Gastroepiploik arter baypas grefti varlığında, bu greftin orijinini görebilmek için çekim mesafesi abdomen içine uzatılabilir.

2.8.2.2. *Kalsiyum skrolama*

Kırk yaş üstü ve aterosklerotik koroner arter hastalığı için risk faktörü bulunan hastalardaki kalsiyum yükü hesaplanmasında, kontrastlı çekim öncesi düşük doz kontrastsız kalsiyum skrolama çalışması yapılır. Kalsiyum yükü 1000'in üzerinde bulunursa, hasta doğrudan kardiyak kateterizasyona yönlendirilir. Kalsiyum skrolama esnasında, kardiyak BT çalışmasındaki çekim alanının üst ve alt sınırları belirlenebilir. Bu çekim esnasında yine kalp hızı paterni de değerlendirilebilir.

2.8.2.3. *Çekim parametreleri*

Tüp akımı (mA), oluşturulan röntgen fotonlarının sayısını, tüpe uygulanan voltaj (kV) ise röntgen fotonlarının pik enerjisini belirler. Genel olarak, çoğu kardiyak BT görüntülemesi 120 kV ile gerçekleştirilir. Efektif enerji yaklaşık olarak bu değer yarısıdır, ağır hastalarda veya yoğun kalsifiye ya da stentli hastalarda pik kilovoltaj 140'a çıkarılabilir. Yüksek kilovoltaj yüksek radyografik penetrasyon sağlayarak, kalsiyum ve stentlerden kaynaklanan artefaktları azaltacaktır. Böylece dedektörlere ulaşan ışınlarda artış olacak ve gürültü azalacaktır. Ancak, hasta dozunun kV ile ilişkili olarak katlanarak artacağı da hatırdan tutulmalıdır. Gürültü, yüksek mA ve kV ile azaltılabilir. Yüksek değerler obez hastalarda kullanılabilir. Ancak görüntü kalitesindeki bu artış radyasyon dozunu da arttıracaktır (69).

Çok kesitli BT cihazlarında gantri rotasyon hızı, tek kesit spiral BT'ye oranla daha yüksektir. Ayrıca, her bir gantri rotasyonunda elde edilen kesit sayısının fazla olması, çok kesitli BT ve spiral BT arasındaki hız farkını iyice belirgin hale getirir. Çok kesitli BT'de gantrinin her bir tam rotasyonundaki masa hareketinin dedektör kalınlığına bölümü dedektör pitch olarak

adlandırılır. Belirli bir ekspozur süresi, eşit pitch ve kolimasyon değerleri için çok kesitli BT cihazları spiral BT'ye göre daha uzun bir bölgeyi tarayabilir. Oysa aynı uzunluktaki bir bölgeyi spiral BT ile görüntülemek için pitch artırılmalıdır. Bu şekilde pitch'in artırılması spiralin yelpaze gibi açılmasına ve artan efektif kesit kalınlığı ya da gürültü nedeniyle görüntü kalitesinin bozulmasına yol açar. Eğer aynı pitch değerler çalışılarak, aynı uzunluktaki bir bölge spiral BT ile taramak istenirse bu kez de kesit kalınlığı arttırılmalıdır. Kesit kalınlığı ve pitch sabit tutulmak istenirse spiral BT ile tarama süresi çok artar. Pitch, çok kesitli BT çekiminden önce seçilen bir parametredir ve kalp hızıyla orantılı olarak değişir. Kalp hızı arttıkça pitch artar. Yeni geliştirilen cihazlarda kalp hızındaki değişkenlikler belirlenerek otomatik olarak pitch uyumu sağlanmaktadır (73).

2.8.2.4. Kontrast enjeksiyonu

Kardiyak BT'de kontrast enjeksiyonunun amacı, tetkik süresince devamlı ve yüksek dereceli arteriyel kontrastlanmayı (sol kalp ve koroner arterlerde) (>300 HU) sağlamaktır. Çekim boyunca homojen vasküler kontrastlanma elde etmek için, çift başlı otomatik enjektör kullanarak 18-20 Gauge iğne ile sağ antekübital venden 80-120 mL non-iyonik kontrast madde 3-5 mL/sn hızla verilmelidir. Kontrast madde volümü ve oranı çekim süresine bağlıdır. Genel bir kural olarak kontrast enjeksiyon zamanı çekim süresinden yaklaşık 3 sn daha uzundur. Klinik uygulamalarda, 16 dedektörlü bir sistemde çekim süresi 20-25 sn'dir ve 90 kg'ın altındaki hastalara otomatik enjektör ile 90 ml non-iyonik kontrast madde 4,5 mL/sn hızla verildikten sonra 40 cc NaCl 2,5 mL/sn hızla uygulanarak çekim yapılmalıdır. Baypaslı hastalarda ise çekim mesafesi arttığı için 110 mL kontrast madde kullanılmalıdır. Altmış dört dedektörlü bir sistemde çekim süresi 10 sn ve kontrast enjeksiyon süresi 13 sn'dir. Yetmiş mL kontrast madde 5,5 mL/sn hızla verildikten sonra 40 mL NaCl 4 mL/sn hızla uygulanabilir. İki yüz elli altı dedektörlü bir sistemde ise 5-6 sn çekim süresi ve 8-9 sn kontrast enjeksiyon süresi söz konusudur. Bu durumda da 50 mL kontrast madde 5,5 mL/sn hızla verildikten sonra 40 mL NaCl 4 mL/sn hızla uygulanabilir (69). Kontrast maddenin hemen ardından

verilen serum fizyolojik sayesinde görüntüleme sırasında sağ ana koroner arter kontrast madde ile dolu iken, sağ ventrikül faza bağlı olarak serum fizyolojik ile dolmuş gösterecektir. Bu durum vena kava süperior ve sağ atriymdaki daha yoğun kontrast madde nedeniyle ortaya çıkabilen çizgilenme (streak) artefaktlarının oluşumunu önler.

Kalp içindeki kontrast seviyesinin platosu enjeksiyon oranı ve kullanılan iyot konsantrasyonuna bağlıdır. Arteriyel kontrastlanmayı arttırmak için kontrast enjeksiyon oranı ya da kontrast maddedeki iyot konsantrasyonunu arttırmak gerekir. Avrupa'daki çalışmalarda 400 mg/ml. konsantrasyon ile daha iyi arteriyel kontrastlanma sağlandığı gösterilmiştir.

2.8.2.5. Çekim zamanı

Tanısal kalitede kardiyak BT için, kontrastın koroner arterlerde pik yaptığı süreçte çekim yapılmalıdır, Kontrastın koldan sağ kalbe geçişi genellikle 5-10 sn'de, sağ kalpten sola geçişi de genellikle 4-6 sn'de gerçekleşir. Pulmoner hipertansiyonu olan ya da sol kalp yetmezliği bulunan hastalarda kalpte sağdan sola geçiş süresinin uzayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kardiyak BT'de iyi bir teknikle sol ventrikül ve koroner arterlerde yüksek kontrastlanma, sağ ventrikül ve pulmoner arterlerde düşük dansite sağlanmalıdır. Yine koroner arterlerde yüksek kontrastlanma sağlanırken koroner venler kontrast madde ile dolmuş göstermemiş olmalıdır.

Kardiyak BT'de kontrast madde enjeksiyonu zamanlamasının belirlenmesinde 3 teknik vardır: Sabit gecikme tekniği. test-bolus tekniği, bolus-izleme tekniğidir.

Sabit gecikme tekniğinde, görüntüleme kontrast madde enjeksiyonu sonlandırıldığında serum fizyolojik enjeksiyonu ile eşzamanlı olarak başlar. Bu gecikme yaklaşık olarak 25 sn'dir (74). 90 mL noniyonik kontrast madde 4.5 mL/sn hızla ve bolus tarzında verilmesini takiben 40 cc NaCl 2.5 mL/sn hızla verildikten sonra görüntüleme kontrast madde enjeksiyonunun başlangıcından 17-19 sn sonra başlatıldığında başarılı sonuçlar elde edilir.

Test-bolus tekniğinde ise, çıkan aortada sabit bir seviyeden kesit alınırken az miktarda kontrast madde verilerek görüntüleme yapılır. Böylece kontrast dansitesinin artış ve azalış eğrisi ortaya çıkar. Bu test dozu enjeksiyonunun, esas kontrast volümünün davranışını göstereceği varsayılarak eğrideki pik dansite değerinden çekimin başlama zamanı belirlenir (74).

Bolus-izleme tekniğinde ise, çıkan aortadaki kontrastlanma koroner arterlere giden kontrastı göstereceği için çıkan aortaya ilgi alanı (region of interest) (ROI) yerleştirilir ve görüntüleme, kontrast madde önceden belirlenen eşik *Hounsfield* ünitesine ulaştığında başlar (74).

2.8.2.6. Kaynak görüntülerin elde edilmesi ve görüntü rekonstrüksiyonu

Aksiyel kaynak görüntüler, kalp hareketinin en az olduğu diyastolde rekonstrükte edilir. Kalp döngüsünün hangi fazında olduğu eş zamanlı olarak kaydedilen bir EKG trasesi ile anlaşılabilir. Bu iki şekilde yapılabilmektedir: Prospektif EKG tetiklemeli ve retrospektif EKG kapılı görüntüleme. Retrospektif EKG kapılı görüntülemelerde, görüntüleme sırasında eş zamanlı bir EKG trasesi elde edilmektedir. Daha sonra bu traseye göre R dalgasından sonra belli bir süre zarfında (diyastolde) elde edilen görüntüler, rekonstrüksiyon için toplanır. Prospektif EKG tetiklemeli yöntemde, tetikleme sinyali hastanın eş zamanlı olarak elde edilen EKG trasesine bağlıdır ve bir R dalgasından belli bir süre sonra genellikle diyastolde taramaya başlanır. Prospektif EKG tetiklemeli yöntemde diyastolde belirlenen tarama dilimi dışında X ışını verilmez. Böylece hasta dozu retrospektif EKG kapılı görüntülemeye oranla daha düşük olur. Kardiyak BT'de %40 ve %80 arasında %10'luk artışlarla yapılan rekonstrüksiyonların uygun olduğu tespit edilmiştir (74). Kopp ve ark. (2002) sağ koroner arterin en iyi erken diyastolde R-R intervalinin %40'lık bölümünde, sirkumfleks arterin döngünün ortasında ve sol anterior desandan arterin R-R intervalinin %60-70'lik bölümünde görüntülendiğini bildirmişlerdir (72). İzovolümetrik gevşeme periyodu kalbin en hareketsiz dönemlerinden biridir ve EKG trasesinde T dalgasının son kısmına karşılık gelmektedir. Kantarcı ve ark. (2000) yaptığı çalışmada, %40-90 arasında R-R intervalinin her %10'luk parçasında segmenter

rekonstrüksiyonlar elde edilerek, bu rekonstrüksiyonların en iyisi ile izovolümetrik gevşeme periyoduna karşılık gelen rekonstrüksiyon penceresindeki görüntüler basamak artefaktı yönünden karşılaştırılmış ve sonuçla izovolümetrik gevşeme döneminde elde edilen görüntülerin görüntü kalitesi bakımından çok sayıdaki rekonstrüksiyonların en iyisine yakın olduğu bulunmuştur (75).

Tüm olgularda aksiyel plandaki kaynak görüntülerin tamamının değerlendirilmesi mutlaka gereklidir. Bununla birlikte özel bilgisayar yazılımları ile 'multiplanar rekonstrüksiyon (MPR)', 'Surface shaded display (SSD)', 'maximum intensity projection (MIP)' veya 'volume rendering tekniği (VRT)' yöntemleri ile iki veya üç boyutlu, değişik planlarda görüntüler oluşturulabilir (83,84). Bu görüntüler aksiyel plandaki görüntülerin incelenmesinde gözden kaçan ayrıntıların saptanmasında yardımcı olabilir. Ayrıca klinisyenler patolojinin kafada daha kolay canlandırılması nedeniyle bu görüntüleri tercih etmektedir.

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

Maksimum İntensite Projeksiyon (MIP): MIP yönteminde incelenen volüme giren en parlak vokseller seçilerek görüntü oluşturulur. MIP'te belirli volüm içerisinde farklı lokalizasyondaki voksellerden tek bir düzlemde iki boyutlu görüntüler elde edilir. Damar duvarındaki kalsifikasyonu lümendeki kontrast maddeden en iyi ayıran tekniktir (85).

Surface Shaded Display (SSD): SSD yönteminde eşik değerleri seçilerek belirli atenüasyona (Hounsfield Units) sahip voksellerden bilgi elde edilir. Elde edilen hacim bilgisi yüzey bilgisine çevrilerek objelerin üç boyutlu yüzey görüntüleri oluşturulur. Bu yöntem en az kullanılan yöntemdir. Küçük çaplı damarların görüntülenmesinde yalancı stenoz ve oklüzyon gibi durumlar ortaya çıkabilir. Yani eşik değere göre görüntü değişir (86).

Üç Boyutlu Volüm Rendering Tekniği (3D VRT): Koroner arteriyel ağacın 3D gösterimi için kullanılan en yaygın teknoloji volüm rendering tekniğidir. Çoğunlukla iki boyutlu aksiyel imajları 3D anatomik görüntüler olarak hayal

etmek, özellikle radyolog olmayanlar için zordur. 3D postprosesing genellikle tortiyöz koroner arterlerin komplike anatomilerinin gösterimi ve bilgisinin taşınımında kullanılan güncel bir yöntemdir (87,88).

Hem 3D volüm çevirim (örneğin MIP, VRT) hem de 3D yüzey çevirim (SSD), VOI (ilgilenilen volüm)'yi tanımlayan ve onu 3D imajda temsil edilmemesi gereken yapılardan ayırdeden bir işleme (segmentasyon) gereksinim duyar. Çevirimde hangi yapıların katılacağı veya dışlanacağını kontrol amacıyla data kümesinin manüplasyon işlemine tabi tutulmasına kurgulama (editing) denir. Pozitif editing 3D imajda kalmasını istediğimiz, negatif editing ise uzaklaştırmak istediğimiz yapıları işaretleme işlemidir. Segmentasyon için optimum eşik değeri, bir yapıyı gerçek tam büyüklüğünde belirleyen değerdir. Segmentasyona uğrıtılacak volümü tanımlamak için bir eşik değer ya da BT sayıları aralığı kullanılır bu işleme threshold tekniği denir. Threshold azaltıldığında daha çok voksel gösterilen objeye iştirak edeceğinden obje çap-hacmi artar. Bu durum parsiyel volüm etkisini kompanse edip daha küçük objelerin daha gerçekçi tanımlanmasını sağlayabilir. Threshold arttırıldığında daha az sayıda voksel obje gösterimine gireceğinden objenin görülen çap-hacmi azalır. Bu, düşük attenuasyonlu yapıların süperimpozisyonunu elimine edebilir ama yalancı darlık görünümü gibi artefaktları arttırır (89).

Curved Planar Reformat (CPR): Bu gösterim, özellikle kalsifiye yapıda tek bir damarın incelenmesinde kullanılan bir tekniktir. CPR tekniğinde kullanıcı farklı referans imajları kullanarak reformat planı elde etmektedir. Günümüzde CPR görüntüleri oluşturan otomatik, yarı-otomatik yazılım programları kullanılmaktadır (89, 90, 91).

2.8.2.7. Kardiyak görüntülemeye kullanılan görüntüleme planları

Vücut standart olarak aksiyal, koronal ve sagittal olmak üzere üç anatomik düzlemde incelenir. Bununla birlikte kalbin hiçbir vücut ortogonal düzlemine uymayan kendine özgü bir yerleşim eksenine sahiptir. Kalbin kendi düzlemleriyle

vücutun standart düzlemleri aynı ekseninde yer almaz. Birbirlerini oblik olarak keserler (Resim 5, 6).

Kardiyak görüntüleme genel radyolojide alışık olunan aksiyal, sagittal, koronal görüntü planlarının yanı sıra, kalbin kendisine özgü görüntüleme planları kullanılmaktadır. Ekokardiyografi ve MR incelemede kullanılan görüntüleme planları, volüm görüntüleme yapılması nedeniyle BT görüntüleriyle de oluşturulabilmekte ve böylelikle ortak terminoloji kullanılabilir (13).

Sol ventrikül vertikal uzun aks (İki oda) görüntüsü: Sol ventrikül iki oda görüntüsünü oluşturmak için sol ventrikülden geçen aksiyal kesitten faydalanılmaktadır. Kesit planı, mitral kapağın ortası ile sol ventrikül apeksinden geçecek şekilde ayarlanmalıdır. Bu planda, sol atriyum, sol ventrikülün anterior ve inferior duvarları ile mitral kapak görüntülenmektedir (Resim 5a) (13).

Sol ventrikül horizontal uzun aks (Dört oda) görüntüsü: Sol ventrikül dört oda görüntüsünün oluşturulmasında, iki oda görüntüsü ve kısa aks görüntüsünden faydalanılmaktadır. Kesit planı, iki oda görüntüsünde mitral kapağın 1/3 inferior kısmı ile apeksden geçecek şekilde, kısa aks görüntüde ise sol ventrikül lateral duvarının ortası ile sağ ventrikül anterior ve inferior duvarlarının kesiştiği köşeden geçirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu planda, her iki atriyum, her iki ventrikül, interatriyal ve interventriküler septum, sağ ventrikül anterior duvarı, sol ventrikül lateral duvarı ile mitral ve triküspit kapaklar görüntülenmektedir (Resim 5b) (13).

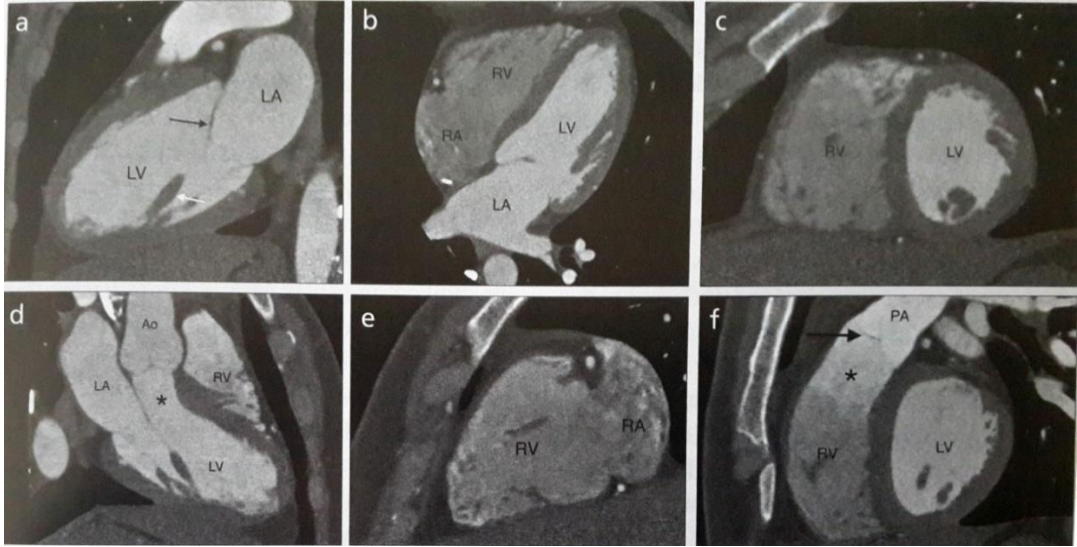
Sol ventrikül kısa aks görüntüsü: Sol ventrikül kısa aks görüntüsünün oluşturulmasında, iki oda ve dört oda görüntüler birlikte kullanılmaktadır. Kesit planı, iki oda görüntüsünde anterior ve inferior duvarı, dört oda görüntüsünde ise interventriküler septumu ve lateral duvarı mümkün olduğunca dik kesecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda sağ ventrikül anterior ve inferior duvarı, interventriküler septum, sol ventrikülün anterior, inferior ve lateral duvarları görüntülenmektedir (Resim 5c) (13).

Sol ventrikül çıkış yolu aksı (LVOT veya Üç oda görüntüsü): Sol ventrikül üç oda görüntüsünün oluşturulması için iki oda görüntüsü ile kısa aks görüntülerde aort kapağının görüldüğü bazal kesit kullanılmaktadır. Kesit planı, kısa aks görüntüde aort kapağı ortasından, iki oda görüntüde ise apeksden geçecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda, sol atriyum, sol ventrikül, sağ ventrikülün bir kısmı, sol ventrikül çıkış yolu ve aort kapağı görüntülenmektedir (Resim 5d) (13).

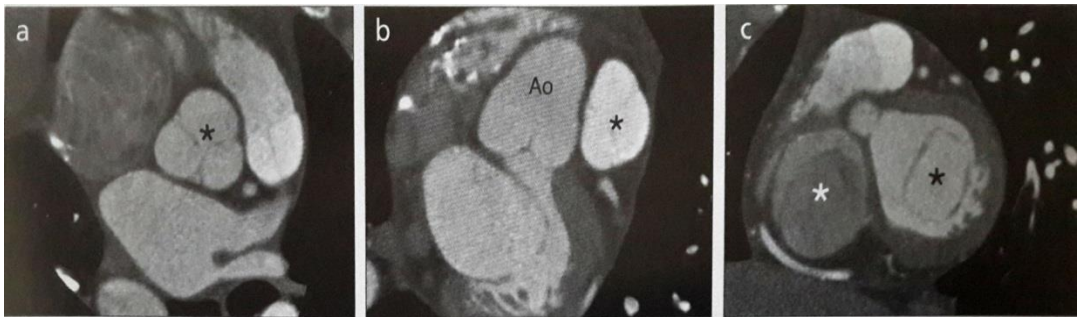
Sağ ventrikül vertikal uzun aks: Sağ ventrikül iki oda görüntüsünün oluşturulması için, dört oda görüntüsü kullanılmaktadır. Kesit planı, triküspit kapaktan ve sağ ventrikül apeksinden geçecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda, sağ atriyum, sağ ventrikül ve triküspit kapak görüntülenmektedir (Resim 5e) (13).

Sağ ventrikül çıkış yolu aksı (RVOT): Sağ ventrikül çıkış yolu aksını oluşturmak için kesit planı, aksiyal kesitte pulmoner trunkusun ortası ile sağ ventrikül anterior duvarı arasından geçecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu planda, sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner kapak değerlendirilmektedir (Resim 5f) (13).

Aort, pulmoner, mitral ve triküspit kapak planları: Kapaklara ait planları oluşturmak için kesit planı, kapağın görüldüğü kesitlerde, kapağa paralel olacak şekilde ayarlanmaktadır (Resim 6 a-c) (13).



Resim 5a Sol ventrikül vertikal uzun aks (iki oda) görüntüsü, ok- triküspit kapak **Resim 5b** Sol ventrikül horizontal uzun aks (dört oda) görüntüsü **Resim 5c** Sol ventrikül kısa aks görüntüsü **Resim 5d** Sol ventrikül çıkış yolu aksı (üç oda görüntüsü) **Resim 5e** Sağ ventrikül vertikal uzun aks **Resim 5f** Sağ ventrikül çıkış yolu aksı, ok-pulmoner kapak. LV-Sol ventrikül, LA-sol atrium, RV-sağ ventrikül, RA-sağ atriyum, Ao- aort, PA- pulmoner arter



Resim 6 (a,b,c) Aort, pulmoner, mitral ve triküspit kapak planları

2.8.2.8. Çok Kesitli BT ile Koroner Anjiyografide Artefaktlar

Çok kesitli BT koroner anjiyografinin ve yorumunun başarısını etkileyen önemli bir unsur olan artefaktlar, Choi ve arkadaşları (2004) tarafından dört grupta toplanmışlardır:

1. Kalp, akciğer ya da diğer vücut hareketleri ile ortaya çıkan hareket artefaktları,

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

3. Kontrast madde ile dolu komşu yapılar ve damarların neden olduğu yapısal artefaktlar,

4. Teknik hatalar ve sınırlılıklardan dolayı ortaya çıkan artefaktlardır (76, 82).

Kalp hareketi, kalp kenarlarında ya da damarda basamak artefaktına yol açar. Yeniden oluşturulan iki görüntü serisi arasındaki bu basamaklanma, ilk serinin elde edilmesinden ikinci serinin elde edilmesine kadar kalbin aynı pozisyonda olmamasına bağlıdır. Bu durumun teyidi için EKG trasesinde kalp döngüsünü gösteren işaretlerin diyastole rastlayıp rastlamadığına bakılır. Erken gelen bir R dalgası rekonstrüksiyonların sistole rastlamasına neden olabilir. Bu durumda artefaktlı kesitlerin belirlenerek buna karşılık gelen EKG trasesinin silinmesi önerilmektedir (69).

Kalp ritminin düzensiz olduğu ve kalbin hareket artefaktlarının bulunduğu durumlarda tetkikten sonra EKG ile ilgili yapılacak düzeltmeler, görüntü kalitesinde iyileşme sağlayabilir. Fakat bu şekildeki bir düzeltme 1 ya da 2 atım ile sınırlıdır. Çünkü daha fazlası verilerde boşlukların çıkmasına yol açacaktır (76,82). Düzeltme tekniği cihazdan cihaza farklılık gösterir. Tarama süresinin en aza indirilmesi solunum hareketinden kaynaklanan artefaktları engellemede yararlı olabilir.

En sık rastlanan ışın güçlendirici yapılarla ilgili artefaktlar, cerrahi olarak yerleştirilmiş yüksek atenuasyonlu materyaller ve doğal yapıların neden olduğu artefaktlardır. Hem yüksek hem de düşük atenuasyonlu artefaktlar hareket ile ya da yeniden görüntü oluşturma penceresinin uygunsuz seçimi ile daha abartılı hale gelebilir. Aksiyel kaynak görüntülerin tekrar gözden geçirilmesi, ışın güçlendirici veya yapısal artefaktların, görüntü yorumlama doğruluğu üzerindeki herhangi bir olumsuz etkisini engelleyebilir.

Sağ kalpteki kontrast maddeden kaynaklanan ışın kuvvetlendirici artefakt, RCA'nın görüntü kalitesini etkileyebilir. Kontrast madde enjeksiyonundan sonra uygulanan serum fizyolojik enjeksiyonu ya da taramaya geç başlanması ile (sağ kalpteki kontrast madde döngüsünü tamamlayacağı için)

bunun önüne geçilebilir. Eğer kontrast bolusu yetersiz ise akım hızı artırılabilir.

Görüntü verilerinin işlenmesi ve yorumlanmasındaki teknik hatalardan kaynaklanan artefaktların önlenmesi; nefes tutma ve hareket etme konusunda hastanın bilgilendirilmesi ile başlar. Bunlara ek olarak anatomik kapsamın, tarama gecikmesinin ve yeniden görüntü oluşturma penceresinin uygun seçimi de çok önemlidir.

Artmış görüntü gürültüsü olan tetkiklerde, 1,5 mm ile hafifçe daha kalın rekonstrüksiyon algoritması ile gürültüyü azaltabilir. Ancak bu uygulama, uzaysal çözünürlüğü azaltır (76).

2.8.2.9. Radyasyon Dozu

ÇKBT teknolojisinin gelişimiyle birlikte kalbin görüntülenmesi ve koroner BT anjiyografi de sürekli gelişmektedir. Hastanın uzun ekseni boyunca çok sayıda dedektör dizini olması, X-ışın kolimasyonunun genişletilebilmesi, masa hızının artırılabilmesi ve gantri hızının düşürülmesi son teknoloji BT cihazlarının önemli avantajlarıdır (76). Böylece rotasyon süresinin azalması, daha geniş bir alanın daha kısa bir sürede taranmasına imkân vermiş ve hareket artefaktlarını minimale indirgemıştır. Rotasyon süresindeki bu kısaltmalar ve anjiyografi çalışmalarının yaygınlaşması, gerekli X-ışını miktarının artmasına ve bu konuyla ilgili radyasyon doz tartışmalarının alevlenmesine neden olmuştur.

X-ışını fotonları tarafından hasta vücudunda meydana getirilen iyonizasyon, radyasyon maruziyeti olarak tanımlanır. Üretilen fotonların sayısı, tüpün voltajına ve ışınlama süresi boyunca anoda çarpan elektron miktarı yani miliamper değerine bağlıdır. Foton atenuasyonu hastanın vücut hacmine ve kesit kalınlığına bağlı olarak değişir. Bu yüzden kilolu hastalarda, kesit incilmesi yapıldığında görüntü gürültüsünü azaltmak için tüpten çıkan foton sayısı artırılmalıdır. Aksi halde dedektör üzerine düşen foton sayısı azalacak ve görüntü kalitesi bozulacaktır. Bu durum kV ve mAs'ın artması ile sağlanır ki bu da hastanın aldığı dozu artırır (77). ÇKBT teknolojisindeki

gelişmeler sayesinde görüntü kalitesinde kayıp olmaksızın hastanın aldığı doz bir ölçüde azaltılabilmektedir.

Koroner BT incelemelerinde hastanın aldığı dozu karşılaştırmak ve hesaplamak için çeşitli parametreler oluşturulmuştur. Bilgisayarlı tomografi doz indeksi (Computed tomography dose index: CTDI), inceleme esnasında soğrulan radyasyon dozunun temel parametresidir. Termolüminesan dozimetreler ile ölçülür ve SI birimi coulomb/kg'dır. Doz uzunluk çarpımı, inceleme esnasındaki tüm kesitlerin toplam radyasyon dozunu verir ve SI birimi gray x uzunluk olup koroner BT incelemesinde uzunluk yaklaşık 12 cm alınır. Efektif doz ise, koroner BT incelemesi yapılan kişinin belki de en fazla ilgileneceği kısım olan, alınan radyasyon dozunun muhtemel sağlık risklerinin tiplerini ve sonuçlarını bildirir. Efektif dozun SI birimi milisieverttir (77).

Çok kesitli BT ile yapılan koroner anjiyografi çalışmalarında hastanın aldığı efektif doz değerleri, büyük oranda görüntüleme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Genelde bu parametreler 120–140 kV, 150–225 mAs arasındadır. Translüminesans dozimetre kullanılarak, 16 dedektörlü BT koroner anjiyografide doz hesaplanması yapılmıştır. Kalp hızının dakikada 60 atım olduğu bir çalışmada kalsiyum yükü ölçümü için ortalama doz erkeklerde 2,9 mSv ve kadınlarda 3,6 mSv'dir.

Retrospektif EKG bandı uygulanan koroner anjiyografide hastaların aldığı efektif radyasyon dozu erkeklerde 8,1 mSv, kadınlarda 10,9 mSv olarak hesaplanmıştır (81).

Elektrokardiyografik pulsa duyarlı tüp akım modülasyonu ile radyasyon ekspozuru % 47 oranında azaltılabilir. Böylelikle ortalama doz 4,3 mSv düzeyine çekilebilir. Bu ise katater anjiyografi sırasında alınan doz seviyesindedir. Prospektif EKG tetiklemeli koroner BT anjiyografide alınan doz ortalama batın ve pelvik BT'de alınan doza yakın olup bu da hastanın doğadan aldığı 1 yıllık doza eşittir (80).

Radyolojik incelemelerdeki tipik efektif dozlar Tablo 2'de listelenmiştir (81).

Tablo 2: Efektif Radyasyon Dozları (81)	
	Efektif Doz (mSv)
PA göğüs radyogramı	0,05
Beyin BT	2 – 4
Toraks BT	5 – 7
Batın ve pelvis BT	8 – 11
Kateter anjiyografi	3 – 6
ÇKBT koroner anjiyografi	4 – 9
Doğal yıllık radyasyon maruziyeti	2,5 – 3,6

2.8.2.10. Pediatrik hastalarda çekim tekniği

ÇKBT anjiyografi incelemesinde çekim süresi çok kısa olduğu için (2-7 sn) genellikle çocukların çoğunda sedasyona gerek duyulmaz. Ancak hareketli ve ajite olan çocuk ve bebeklerde kısa süreli sedasyona gereksinim duyulabilir. Bunun için oral kloralhidrat (50-100mg/kg) veya iv midazolam (Dormicum 0,2 mg/kg) kullanılabilir (92). Kontrast madde olarak çocuklarda osmolaritesi düşük non iyonik kontrast maddeler önerilmektedir (93). Kontrast madde dozu 1,5-2 ml/kg olarak hesaplanır. Enjeksiyon şekli manual ya da otomatik enjeksiyon şeklinde olabilir.

Daha hızlı olması nedeniyle otomatik enjeksiyon tercih edilmelidir. Enjeksiyon hızı aynı zamanda katater boyutları ile de ilişkilidir (24 gauge iğneyle 1,5 ml/sn. 22 gauge iğneyle 2,0-2,5 ml/sn) (94). Genellikle kontrast madde enjeksiyonu bittiği an çekim başlatılır. Rölatif olarak biraz daha uzun zaman aort ve sistemik venöz yapılar, daha kısa zaman sağ ağırlıklı kardiyak yapıları göstermek için uygundur. Gecikme zamanı için ampirik yöntem ya da bolus tracking yöntemleri kullanılabilir. Ampirik yöntemde gecikme zamanı çocuğun yaşına göre değişir (6 sn-50 sn). Çok küçük çocuklarda ampirik yöntemle uygun kontrast yoğunluğunu sağlamak zordur. Bu nedenle optimal görüntü için bolus tracking yöntemi daha iyidir (94,14). Çekimlerde düşük doz radyasyon tekniği kullanılmalıdır. Bunun için mA ve kVp değerleri hastanın

boyutuna ya da yaşına göre ayarlanmalıdır (mA: 50-100 mA, kvp 80-120). Pitch değeri olarak 1-1,35 seçilmelidir.(94)

BT taraması, ana karotis arter (AKA) ve subklaviyan arterleri (SKA) içerecek şekilde üstte torasik girişten altta diyaframa kadar yapılır. Değerlendirme önce üç planda (aksiyel, koronal ve sagittal) yapılır, sonra orijinal verilerden elde edilen üç boyutlu görüntüler iş istasyonunda işlenir ve incelenir. Tüm görüntülerde kalp, aort ve ana dalları, pulmoner arterler, pulmoner venler, superior vena kava, trakea ve ana bronşların yanı sıra akciğer parankimi, mediasten ve kemik yapılar gözden geçirilmelidir.

2.8.3. Koroner BT Anjiyografi ve Kardiyak BT Endikasyonları

Koroner arter hastalığını değerlendirmede BT kullanımı ile ilgili görüşler hızla gelişen teknolojiye bağlı olarak değişim göstermektedir. ÇKBT'nin klinik endikasyonları üzerine ilk büyük makale "American College of Cardiology (ACC)" ve "American Heart Association (AHA)" tarafından yayınlanmıştır (96,97). Aşağıdaki listede ACC tarafından kardiyak BT'nin uygun görüldüğü bazı endikasyonlar belirtilmiştir. Ayrıca AHA'nın raporunda, semptomatik hastalardaki obstrüktif hastalığın değerlendirilmesinde, özellikle hastanın semptomları, yaşı, cinsiyeti düşük orta olasılıkla hemodinamik olarak anlamlı stenozun varlığını destekliyorsa; BT koroner anjiyografinin uygun olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte her iki rapor da koroner BT'nin aseptomatik hastaların değerlendirilmesinde kullanımını önermemektedir (88).

Kardiyak BT/ Koroner BT anjiyografi için endikasyonları:

Koroner BT anjiyografi:

- Akut göğüs ağrısının değerlendirilmesinde
 - ✓ Test öncesi orta derecede koroner arter hastalığı olasılığı varlığında, EKG değişikliği yok ve kardiyak enzimler negatif ise
- Göğüs ağrısı sendromunun değerlendirilmesinde
 - ✓ Test öncesi orta derecede koroner arter hastalığı olasılığı varlığında, şüpheli ya da net olarak değerlendirilemeyen EKG değişiklikleri varsa ya da hasta efor testi için egzersiz yapamaya uygun değil ise,
- Şüpheli ya da net olarak değerlendirilemeyen stres test (stres eko, egzersiz perfüzyon gibi) sonuçları varlığında
- Koroner sirkülasyon anomalileri, ana damarların, kalp boşluklarının ve kapaklarının anomalileri dahil olmak üzere kompleks konjenital kalp hastalıklarının değerlendirilmesinde
- Yeni gelişen kalp yetmezliği olan hastalarda, etyolojiyi ortaya koymak için koroner arterlerin değerlendirilmesinde,
- Kardiyak cerrahi revaskülarizasyonun tekrarlanması gereken hastalarda cerrahi öncesinde IMA da dâhil olmak üzere noninvaziv koroner arter haritalamasının yapılmasında

Kardiyak BT:

- Teknik olarak MR görüntüleme ve ekokardiyografi(EKO) ile yetersiz görüntülerin elde olduğu, kardiyak kitlesi olan hastaların değerlendirilmesinde
 - Teknik olarak MR görüntüleme ve ekokardiyografi(EKO) ile yetersiz görüntülerin elde olduğu, perikardiyal yapıların değerlendirilmesinde (perikardial kitle, konstrüktif perikardit, kardiyak cerrahi komplikasyonları gibi)
 - Atrial fibrilasyona yönelik invaziv radyofrekans ablasyon tedavisi uygulaması öncesinde, pulmoner ven anatomisinin değerlendirilmesinde

- Biventriküler “pacemaker”(kalp pili) yerleştirilmesi öncesinde, non invaziv kardiyak ven haritalamasının yapılmasında(99).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta Seçimi ve Hazırlığı

Çalışmamız retrospektif ve prospektif olarak gerçekleştirildi. Çalışmamızda Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Hafsa Sultan Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda Mart 2011-Kasım 2014 tarihleri arasında kardiyak BT anjiyografi incelemesi yapılan 100 hastanın tetkik raporları ve görüntüleri değerlendirildi, kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve/veya varyasyon tespit edilen 29 olgu çalışmaya dahil edildi. Bu olgular klinik takip bilgileri, mevcut olan katater koroner anjiyografi incelemeleri, ekokardiyografi raporları ve kardiyak BT anjiyografi tetkiki sonrasında yapılan diğer incelemeleri ile birlikte değerlendirildi. Çalışmamız için Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Yerel Etik Kurul onayı alındı.

Çalışmamıza endikasyonlar dâhilinde kardiyak BT anjiyografi çekilmek üzere radyoloji kliniğine yönlendirilen; erişkin ve çocuk kardiyolojisi bölümlerine göğüs ağrısı, nefes darlığı, çarpıntı, senkop ve çabuk yorulma gibi klinik belirtiler ile başvuran hastalar, doğum öncesinde ya da doğumdan sonra tetkik ve muayane bulguları veya ekokardiyografi ile doğumsal kalp ve damar hastalığı ön tanısı düşünülen olgular ya da tanı konularak takibi veya ameliyat öncesi hazırlığı yapılan hastalar dâhil edilmiştir. Hastalara çekim öncesinde bilgilendirilmiş gönüllü olur formu imzalatılmıştır. Kardiyak BT anjiyografi için kontrendikasyonu olan olgularda tetkik gerçekleştirilmemiştir.

ÇKBT Kardiyak anjiyografinin kontrendikasyonları arasında;

1. Bilinen kontrast madde alerjisi
2. Böbrek fonksiyon bozukluğu (serum kreatinin > 1,5 mg/dl, GFR<30 ml/dk)
3. Gebelik

4. Solunum sıkıntısı
5. Genel durum bozukluğu
6. Hipertiroidi
7. Epilepsi

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

Bu değerlendirmelerin ardından hastalara, bolus kontrast madde uygulamasına bağlı oluşabilecek kusma ve bunun komplikasyonlarını önlemek için en az 4 saatlik açlık (katı gıdalara yönelik) ile tetkike gelmeleri, varsa düzenli olarak kullandıkları ilaçlarını mutlaka almaları, beta bloker kullanıyorlarsa ilaçlarını çekime gelmeden önce almaları konusunda bilgi verildi. Kalp atım hızı 70 atım/dk'nın üzerinde olan hastalara çekime gelmeden iki gün önce oral beta bloker (50 mg metoprolol) kullanmaları söylendi. Metformin kullanımı bulunan hastaların kontrast madde etkileşimine bağlı laktik asidoz riski açısından çekimden iki gün önce ilacı kesmeleri ve ilaç kullanımına çekimden iki gün sonra tekrar başlamaları gerektiği anlatıldı. Tetkik öncesinde her hasta işlem hakkında bilgilendirildi ve onamları alındı. Çekim öncesinde hastaların rahatlatılmasını sağlamak ve tetkike uyumunu artırmak için düzenli ve ritmik nefes alıp vermeyi (ortalama 10 sn nefes tutma) sağlamak amacıyla, her hastaya solunum egzersizleri yaptırıldı. Nefes tutamayan ve aritmisi olan hastalar çalışma kapsamı dışında tutuldu. Tüm hastaların kan basınçları ve nabızları ölçüldü.

Dakikadaki kalp atım hızı 70 atım/dk'nın üzerinde olan hastalara İV yoldan Metoprolol tartrate (Beloc™ ampul 5 mg/mL) (en fazla 25 mg) yarı yarıya izotonik ile sulandırılarak uygulandı. 5 dakika aralıklar ile hastaların kan basıncı ve nabız kontrolleri yapıldı. Kalp hızı dakikada 60-70 atım arasındaki hastalara çekim gerçekleştirildi. Koroner damarlarda optimal dilatasyon oluşturmak için hastalara çekimden 1 dk önce sublingual 2 puf sprey nitrogliserin (0,4 mg) verildi. Daha sonra hasta çekim için gantriye supin

pozisyonda yatırıldı. Sağ üst ekstremitede antekübital venden 20 G branül ile damar yolu açıldı. Hastalarda ani oluşabilecek bir telaşın ve buna bağlı nabızda yükselme ve aritminin önüne geçmek için uygulanacak bolus kontrast maddeye bağlı olarak aynı taraf koldan başlayarak tüm vücuda yayılan sıcaklık hissi ve miksiyon ihtiyacı olacağı konusunda bilgi verildi. Hastaya çekim boyunca hareketsiz kalmanın ve 'nefes tut' komutuna uymanın tetkik kalitesi ve güvenilirliği yönünden önemi çekime başlamadan önce bir kez daha hatırlatıldı.

3.2. Çekim Protokolü

Kırk yaş üstü ve aterosklerotik koroner arter hastalığı için risk faktörü bulunan hastalardaki kalsiyum yükü hesaplanmasında, kontrastlı çekim öncesi düşük doz kontrastsız kalsiyum skrolama çalışması yapıldı. Kalsiyum skrolama çekimi; karina ve kalp bazalini içine alan skenogram sonrası karinadan başlanarak kalbin tabanına kadar, inspiryumda, kontrastsız, EKG kayıtlı, 3 mm kesit kalınlığında helikal görüntüler alınarak gerçekleştirildi. Kalsiyum skrolama özel üretilmiş programlar sayesinde kalsifiye alanlara işaretlemeler yapılarak cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Agatston skorlamasına göre, birbirine komşu 2–3 pikselde (1 mm²'den geniş bir alanda) BT dansitesi 130 Hounsfield ünitesi (HU)'den fazla olan lezyonlar kalsifikasyon olarak değerlendirildi.

Kardiyak BT anjiyografi tetkiki 128 dedektörlü tomografi cihazı (Aquilion; Toshiba Medical Systems, Otawara, Japan) ile gerçekleştirildi. Tetkik süresi olguya göre değişmekle birlikte ortalama 5 kalp atım süresinde çekim gerçekleştirildi. Tetkik esnasında EKG-kontrollü tüp akım modülasyonu kullanıldı. Tüm tetkikler standart çekim protokolü ile gerçekleştirildi. Çekim parametreleri; kolimasyon 128x0,5 mm, gantri rotasyon zamanı 300 ms, tüp voltajı 120 kV, 200 mAs, Field of view (FOV) 120–220 mm, matriks 512x512, masa hızı 35 mm/sn, kesit kalınlığı 0,5 mm, rekonstrüksiyon aralığı 1,25 mm olarak alındı. Pitch değeri ise kalp hızına göre cihaz tarafından otomatik olarak ayarlanmakta idi. Gereken durumlarda artefaktları elimine etmek ya da detay görüntüleme sağlamak amacıyla ham bilgilerden 0,1-0,25 mm

aralıklarla yeniden rekonstrüksiyon yapılarak daha fazla sayıda görüntü elde edildi.

Çekim öncesi taranacak bölgeyi belirlemek için karina ve kalp bazalini içine alan skenogramlar alındı. Daha sonra inspirasyonda, karinadan başlayarak kalp bazaline kadar kalbin tamamını içine alan EKG kayıtlı helikal görüntüler elde olundu. Otomatik enjektörle 5 ml/sn hızla yüksek iodin konsantrasyonu (≥ 350 mg/mL) içeren ortalama 60 ml kontrast madde uygulandı. Kontrast uygulamasını takiben sağ kalpteki kontrast maddeden kaynaklanabilecek artefaktları azaltmak ve ölü boşluklardaki (line, antekubiteal ven ve sağ kalp) kontrast maddeyi incelemeye dahil etmek için 5 ml/sn hızla 40 ml serum fizyolojik bolus olarak verildi. Kontrast madde ve salin uygulamaları için iki başlıklı otomatik enjektör kullanıldı.

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

Pediyatrik olguların çoğunda çekim süresi çok kısa olduğu için (2-7 sn) genellikle sedasyona gerek duyulmadı. Ancak hareketli ve ajite olan çocuk ve bebeklerde oral kloral hidrat (50-100mg/kg) veya iv midazolam (Dormicum 0,2 mg/kg) ile kısa süreli sedasyon sağlandı. Kontrast madde olarak çocuklarda osmolaritesi düşük non iyonik kontrast madde kullanıldı. Kontrast madde dozu 1,5-2 ml/kg olarak hesaplandı. Enjeksiyon, olgunun durumuna göre manual olarak ya da otomatik enjektör ile yapıldı. Daha hızlı olması nedeniyle genellikle otomatik enjeksiyon tercih edildi. 24 gauge iğneyle 1.5 ml/sn, 22 gauge iğneyle 2,0-2,5 ml/sn kontrast madde uygulandı. Genellikle kontrast madde enjeksiyonu bittiği an çekim başlatıldı. Gecikme zamanı için bolus tracking yöntemi kullanıldı. Çekimlerde mA ve kVp değerleri hastanın

boyutuna ya da yaşına göre ayarlandı (mA: 50-100 mA, kvp 80-120). Pitch değeri 1-1,35 olarak seçildi.(12)

KBTA uygulamaları herhangi bir komplikasyon gelişmeden başarıyla tamamlandı.

3.3. Görüntülerin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması

Çekim süresince retrospektif olarak kalp hızı ve EKG trase kaydı yapıldı. Çekim sonrasında elde olunan standart %75 fazlık görüntüler üzerinden R-R intervalinin değişik yüzdelik reformatları (%80, %70, %45, %40, %35 gibi) elde edildi. Farklı fazlardaki tüm görüntüler Aquarius Intuition Edition ver.4.4.6.80.2770 iş istasyonunda analiz edildi. Koroner arterleri değerlendirmek için en az hareketin olduğu yüzdelik değerinden rekonstrüksiyon görüntüleri oluşturuldu. Daha sonra ince aksiyel kesitlerden iki boyutlu maximum intensity projection (MIP), multiplanar reconstruction (MPR) ve üç boyutlu hacimsel gösterim formatında (Volüm rendering) görüntüler oluşturuldu.

MPR ve MIP görüntülerde damar lümeni, damar duvarı ve kalp odacıkları değerlendirilirken üç boyutlu görüntülerde koroner arter anatomisi ve varyasyonları incelendi. Volüm rendering tekniği ile özellikle tortiyöz koroner arterlerin komplike anatomileri 3D yöntemi ile gösterilmeye çalışılarak aksiyel plandaki görüntülerin incelenmesinde gözden kaçan ayrıntılar tekrar gözden geçirildi. Tüm görüntüler kardiyovasküler radyoloji konusunda deneyimli bir radyolog tarafından değerlendirildi.

Kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonların saptanmasında çok kesitli BT anjiyografinin görüntülemeindeki etkinliği tartışıldı.

4. BULGULAR

Çalışmamızda Mart 2011 ile Kasım 2014 ayları arasında toplam 100 hastanın görüntüleri incelendi. Çalışmaya dahil edilen 29 hastanın %55,1'i erkek (n=16) ve %44,9'u (n=13) kadındı. Hastaların yaş aralığı 2 ay ile 67 yıl arasındaydı. Yaş ortalamaları 24,4 idi.

Kardiyak BT anjiyografi yapılan toplam 29 hastadan elde olunan görüntüler Aquarius Intuition Edition ver.4.4.6.80.2770 iş istasyonunda aksiyel, multiplanar reformat ve üç boyutlu imajlarda kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonlar açısından tek tek değerlendirildi. 29 hastanın %45'inde (n=13) koroner arter anomalisi saptandı. %55'inde (n=16) kardiyak ve ekstrakardiyak anomaliler mevcuttu.

Koroner arter anomalisi mevcut olan 13 olgunun sekizinde çıkış ve seyir anomalisi saptandı. Kawasaki hastalığı mevcut olan bir olguda koroner arterlerde daralma izlenmemiş olup LCX'de varyasyon olarak ektazik görünüm mevcuttu. Dört olguda miyokardiyal köprüleşme izlendi.

Çıkış ve seyir anomalisi gösteren olguların beşinde uygun sinüsten anormal çıkış söz konusuydu. Bu olgulardan 11 yaşındaki erkek olguda sol ana koroner arter (LMCA) daha sağ lateralden ve posteriyor kuspisten çıkış göstermekte olup aorta ile sol atriyum arasında sıkışma bulguları mevcuttu. 31 yaşındaki kadın olguda sol ana koroner arterden çıkış gösteren sağ koroner arterde, aorta kökü ile her iki atriyum arasından sağ anterolaterale doğru olan seyri sırasında yer yer sıkışma bulguları izlendi. 63 yaşındaki erkek olguda sağ koroner arter normale göre posteriyor ve yukarı seyirle ektopik seyir göstermekteydi. 21 yaşındaki erkek olguda ve 47 yaşındaki kadın olguda, sol ana koroner arter normal küspisinden fakat daha posteriyordan çıkış göstermekte olup bifurkasyon bölgesine kadar aorta ile sol atriyum arasındaki seyri sırasında sıkışma bulguları mevcuttu. Çıkış ve seyir anomalisi bulunan diğer üç olguda ise tek koroner arter çıkış anomalisi saptandı. Bu olguların birinde sağ sinüs valsalsadan tek koroner arter çıkışı

olmakta ve bu çıkışın hemen sonrasında sağ koroner arter ve sol ana koroner arter olarak ikiye ayrılmaktaydı. Sol ana koroner arter (LMCA), pulmoner arter ve aorta kökü arasından aberran seyir göstermekte olup sıkışma bulguları mevcuttu. Diğer olguda sağ sinüs valsalsvadan çıkan tek koroner arter kısa segment sonra sağ koroner arter ve sol ana koroner arter olarak ikiye ayrılmakta olup LMCA'da aort kökü ve sol trunkus pulmonalis arasındaki seyri sırasında sıkışma bulguları mevcuttu. Üçüncü olguda ise sol ana koroner arter ve sağ koroner arter aynı kökten çıkmakta ve hemen başlangıç bölgesinde ayrılmaktaydı, sıkışma bulgusu saptanmadı.

Koroner arter anomalisi mevcut olan 4 olguda miyokardiyal köprüleşme ile uyumlu görünüm izlendi. Bu olgulardan 35 yaşındaki erkek olguda LCX'in büyük bölümü miyokart içinde seyir göstermekteydi. 40 yaşındaki erkek olguda ve 56 yaşındaki kadın olguda LAD'nin kısa bir segmentinde, 55 yaşındaki erkek olguda ise LCX'in proksimal segmentinde intramiyokardiyal seyir izlendi.

Çalışmamızda yer alan olgulardan 13 tanesinde ekstrakardiyak anomali ve 3 tanesinde kardiyak anomali saptandı. Ekstrakardiyak anomalisi olan olguların altısında aort koarktasyonu, iki tanesinde persistan sol superior vena kava, diğer iki tanesinde arkus aorta anomalisi, bir olguda trunkus arteriosus tip 1, bir olguda patent duktus arteriozus, diğer bir olguda ise aberran seyirli vena kava superior izlendi.

Aort koarktasyonu bulunan altı olgudan, Turner sendromlu 11 yaşındaki kız çocukta ek olarak aberran sağ subklaviyan arter izlendi. 11 yaşında erkek olguda koarktasyona ek olarak trunkus brakiosefalikus ile sol ana karotid arter aynı kökten çıkış göstermekteydi. 10 yaşındaki diğer bir kız çocukta ise persistan sol superior vena kava mevcut olup koroner sinüse dökülmekte ve koroner sinüs geniş olarak sağ atriya açılmaktaydı, ayrıca bu olguda biküspit aorta ile uyumlu görünüm izlendi. Olgularda koarktasyon düzeyi sol subklaviyan arterin arkus aortadan çıkış yerinin hemen distalinde yer almaktaydı.

Persistan sol süperiyor vena kava (PSSVK) saptanan 4 yaşındaki diğer kız çocukta PSSVK koroner sinüse dökülmekte fakat distal uçta daralma göstermekteydi. Ayrıca bu olguda ASD ve VSD operasyon öyküsü mevcuttu.

Arkus aorta anomalisi bulunan olgulardan 15 yaşındaki erkek olguda sağ arkus aorta izlendi. 16 yaşındaki diğer erkek olguda ise halka tarzında çift aortik ark izlenmekle birlikte eski PDA sebebiyle yerleştirilen PDA kapayıcı metalik sütürler mevcuttu.

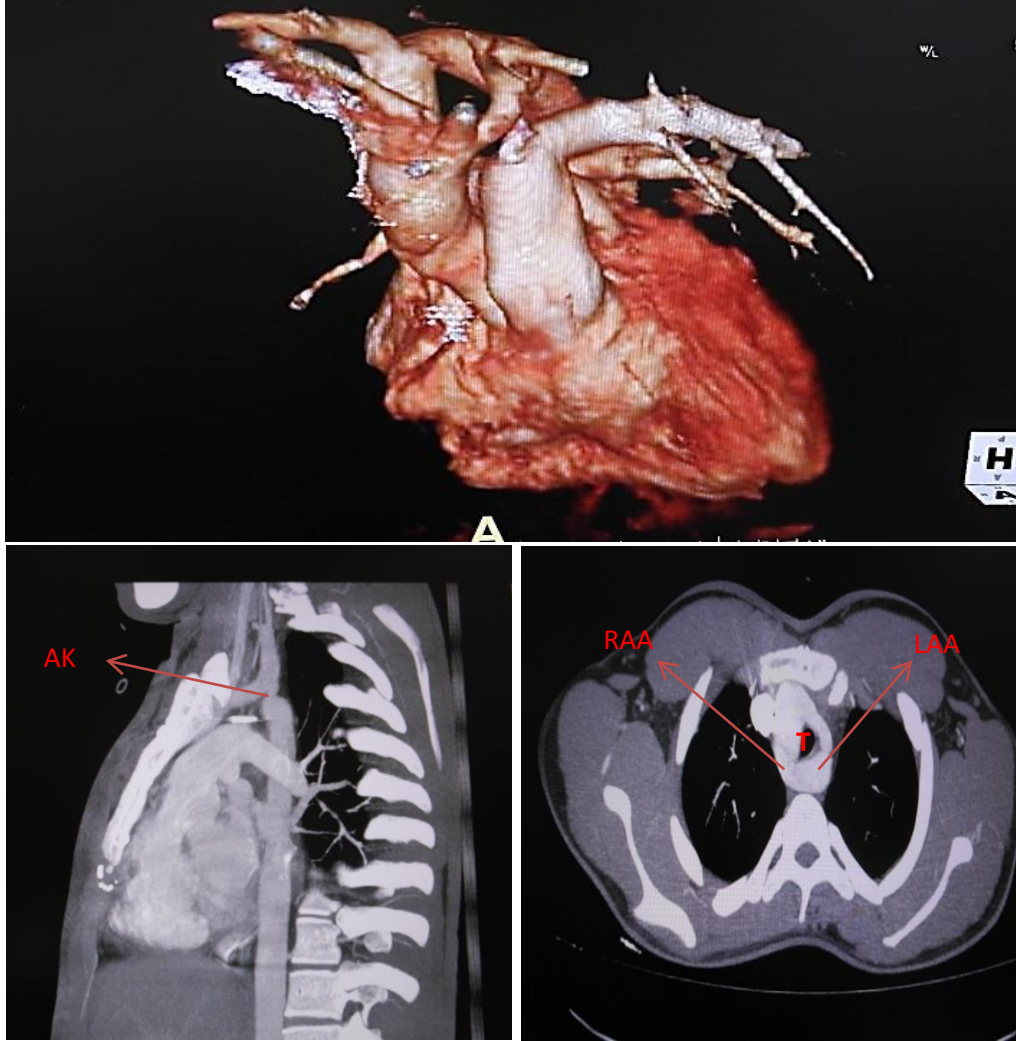
Aberran seyirli süperiyor vena kava izlenen 17 yaşındaki kız çocukta, süperiyor vena kava sol pulmoner arter önünde seyir göstererek sağ atriyuma sol lateralden dökülmekte olup koroner sinüste belirgin genişleme mevcuttu.

5 aylık kız çocukta Trunkus arteriyozus tip 1 anomalisi izlendi. Aorta ve pulmoner trunkus ortak olarak her iki ventriküle oturmakta olup subvalvüler bölgede VSD izlenmekteydi. Ayrıca aberran seyirli sağ subklaviyan arter trakea ön kenarına bası uygulamaktaydı.

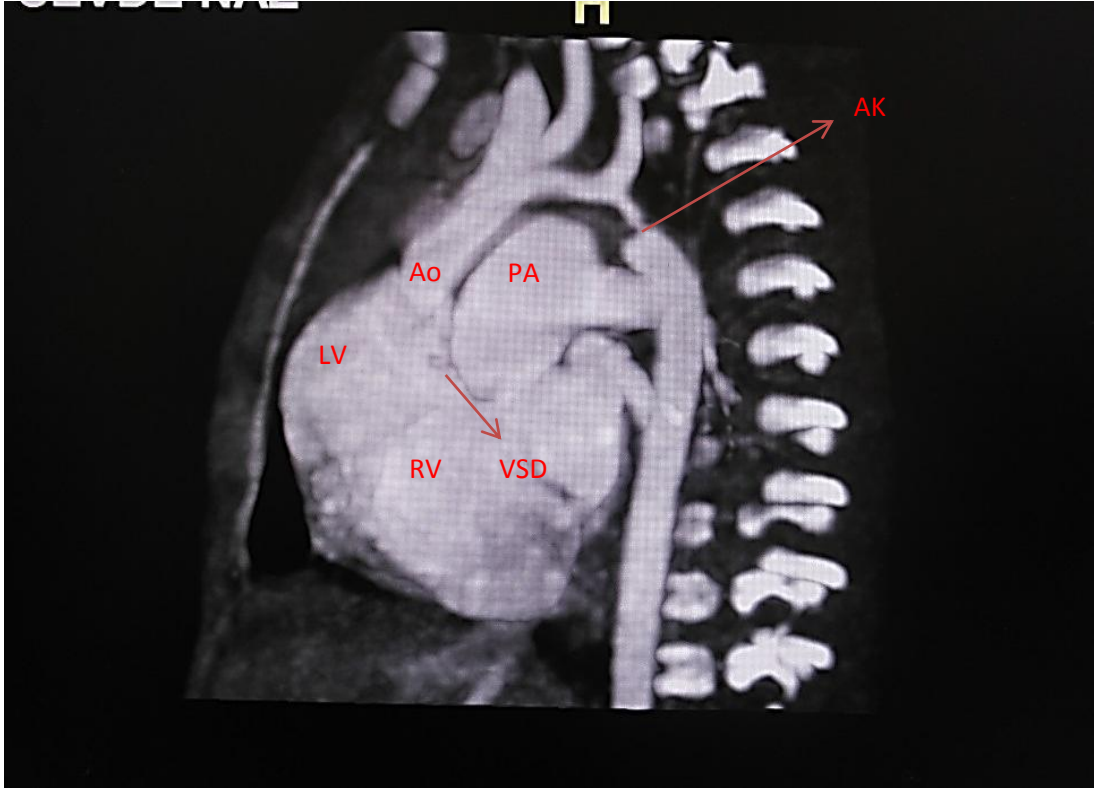
İki aylık erkek olguda patent duktus arteriyozus ile uyumlu görünüm izlendi.

Kardiyak anomalisi bulunan 3 olguda ise Fallot tetralojisi, mitral valv prolapsusu (MVP) ve sinüs venozus tipi ASD mevcuttu. Fallot tetralojili 1 yaşındaki erkek çocukta aort kökü ata binen aorta şeklinde sağ ve sol ventriküle ortak yerleşim göstermekte olup subvalvüler bölgede geniş ventriküler septal defekt izlendi. Sinüs venozus tipi ASD'li olguda defekt çapı 7 mm olarak ölçüldü. MVP'li olguda ise eşlik eden biküspit aort kapağı mevcuttu.

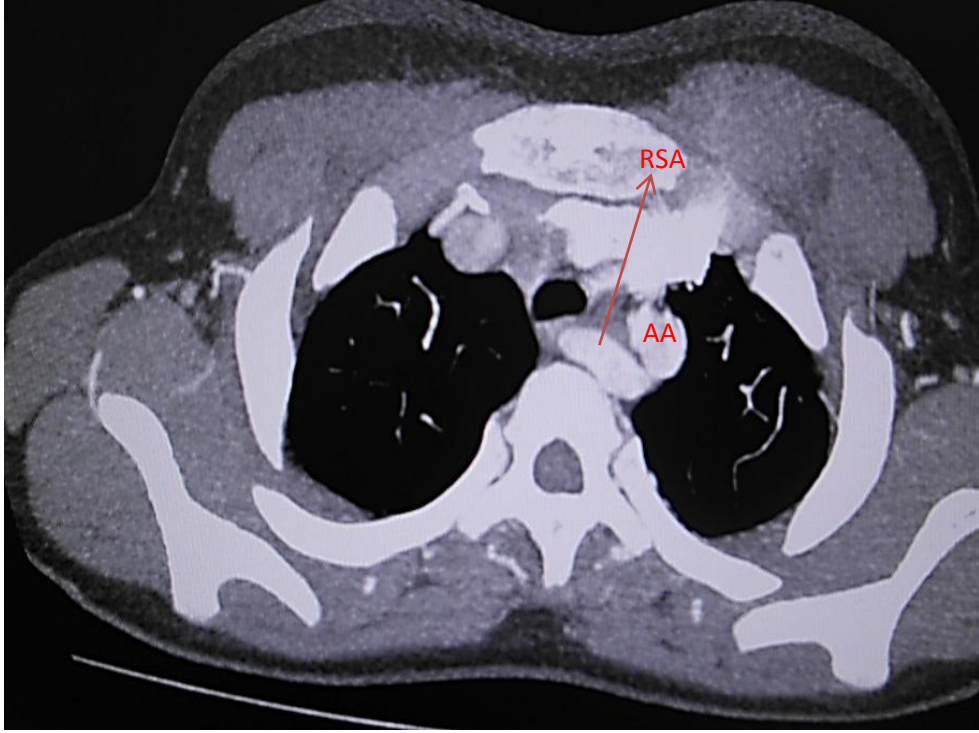
5. OLGU ÖRNEKLERİ



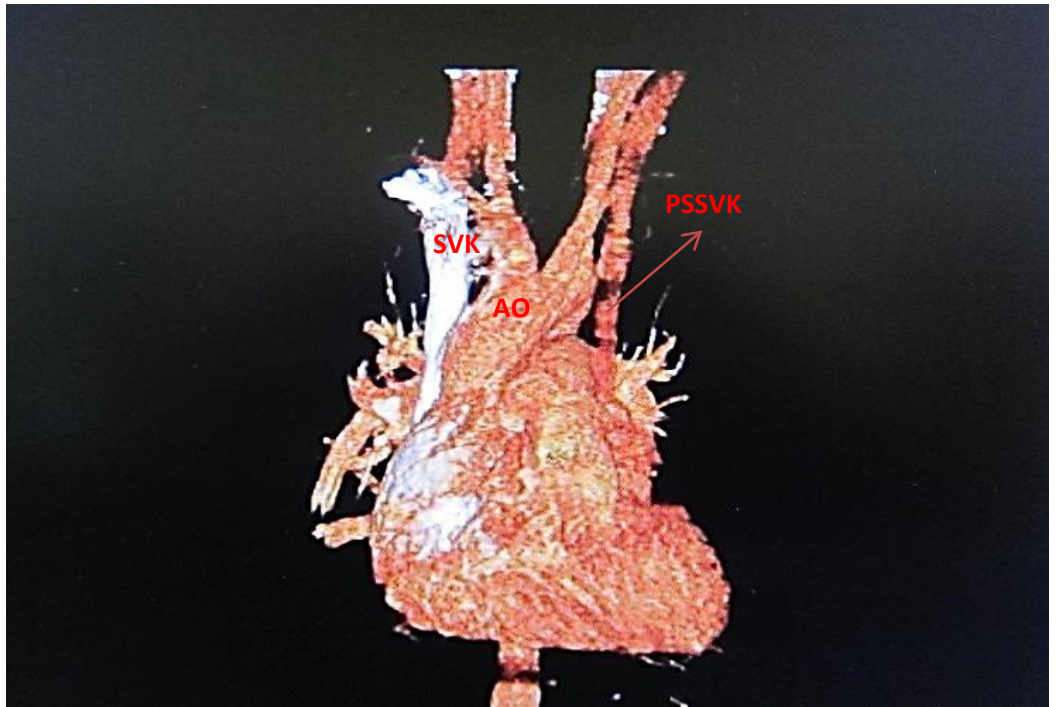
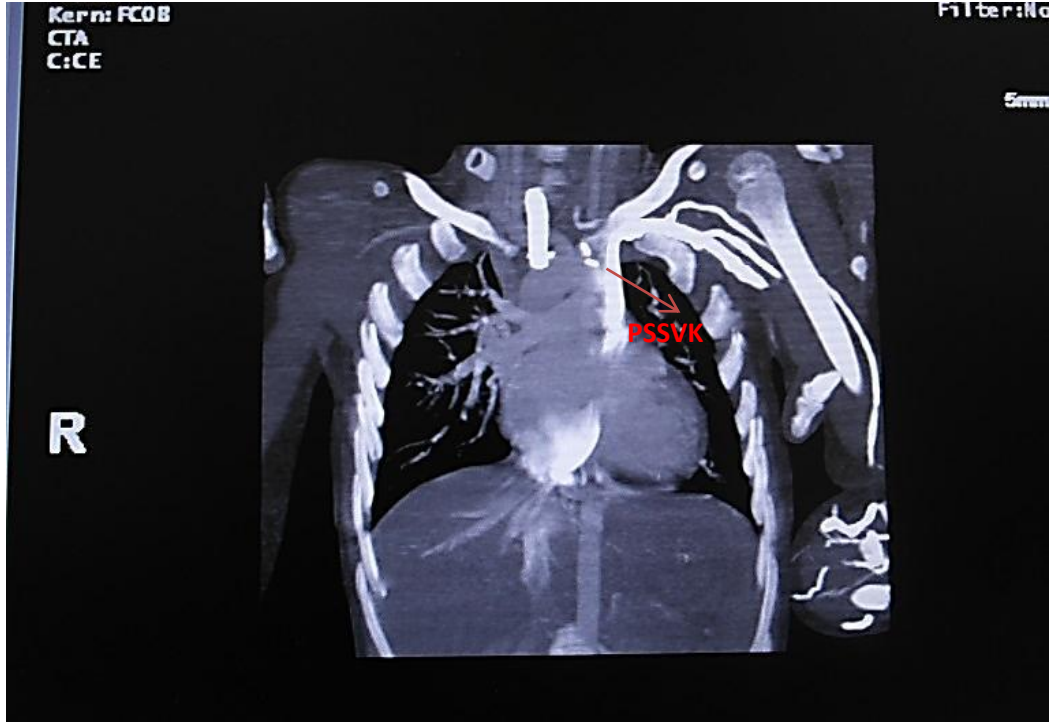
Olgu 1 Çift aortik ark ve sol subklaviyen arter çıkışından sonra aort koarktasyonu MPR ve volüm rendering görüntüleri. AK—Aort koarktasyonu, RAA —Sağ aortik ark, LAA—sol aortik ark, T—trakea.



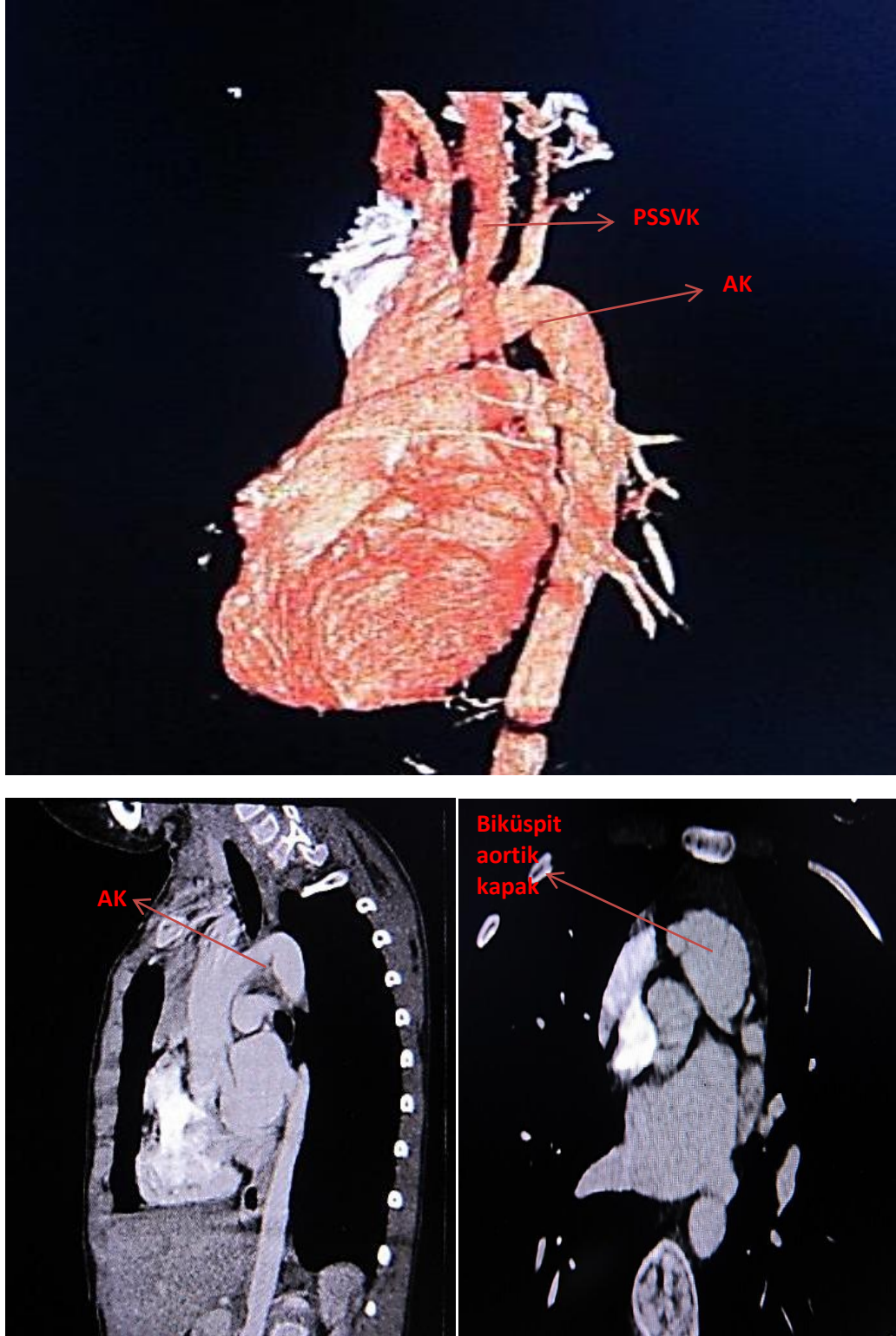
Olgu 2 Çift çıkışlı pulmoner arter, aort koarktasyonu ve VSD, sagittal MPR görüntüsü. LV—Sol ventrikül, RV— Sağ ventrikül, Ao— Aort, PA— Pulmoner arter, VSD— Ventriküler septal defekt, AK— Aort koarktasyonu.



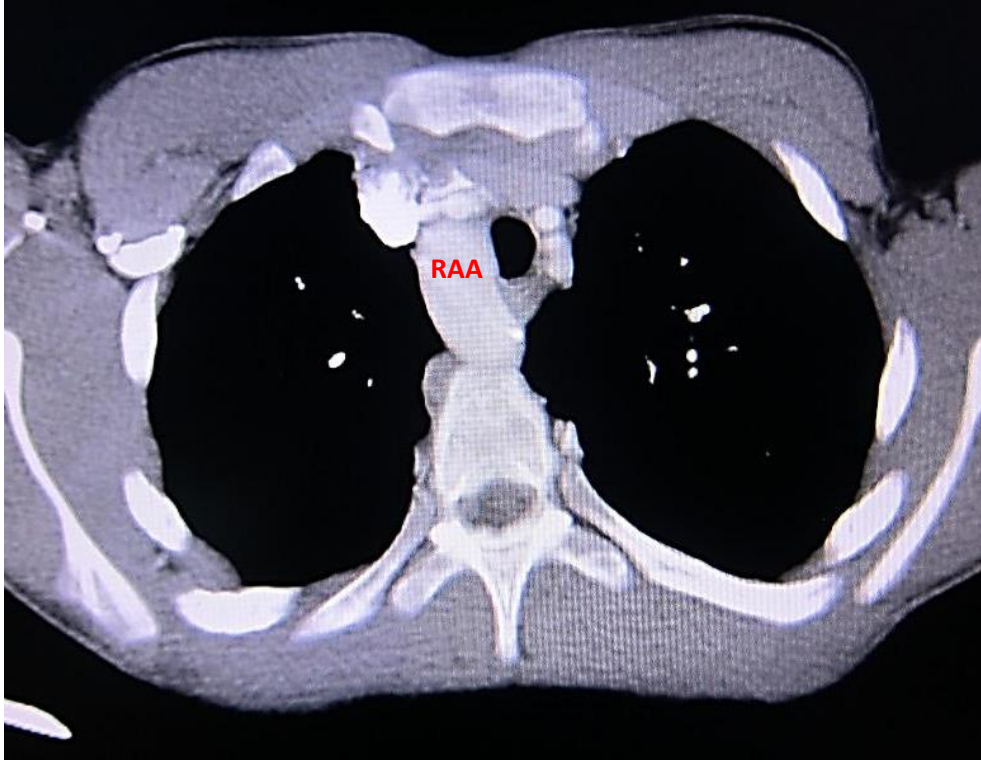
Olgu 3 Aberran sağ subklaviyen arter. MPR görüntüler. RSA – sağ subklaviyan arter, AA – arkus aorta.



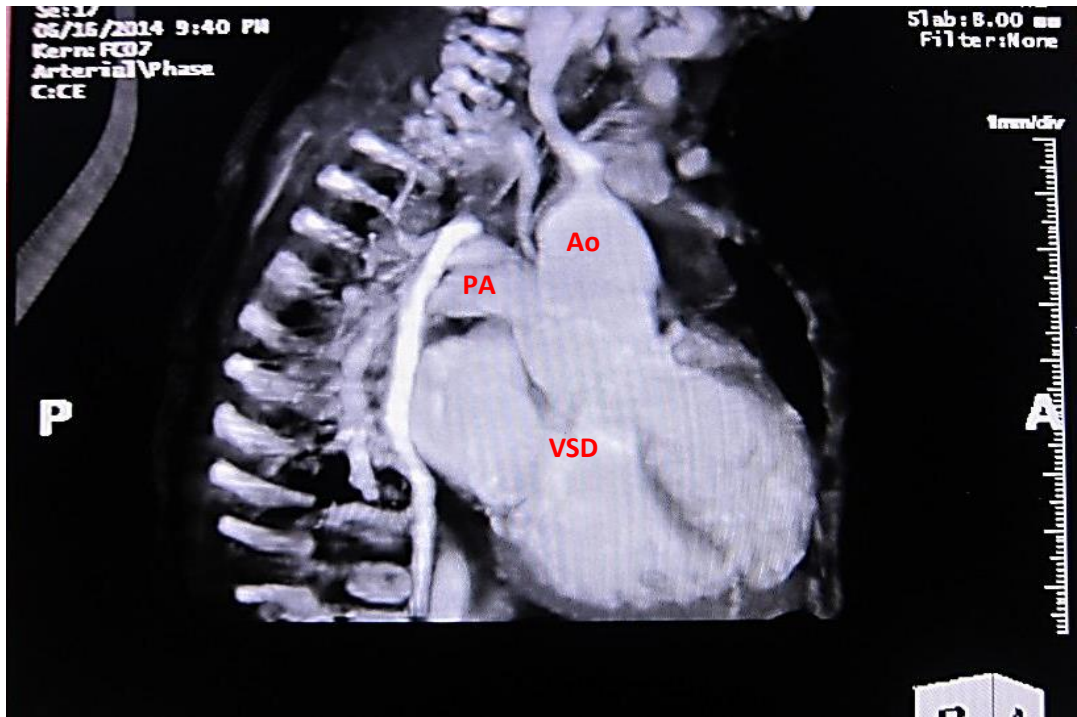
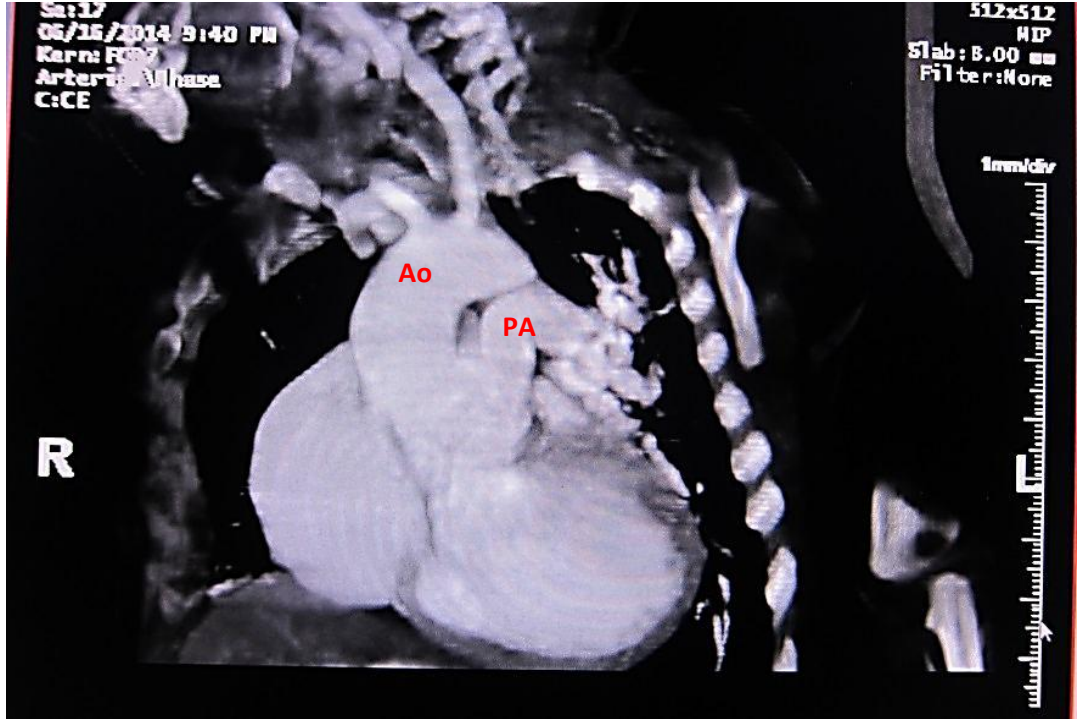
Olgu 4 Persistan sol süperiyor vena kava MPR ve volüm rendering görüntüleri. PSSVK – Persistan sol süperiyor vena kava, SVK – Superiyor vena kava, Ao – Aort.



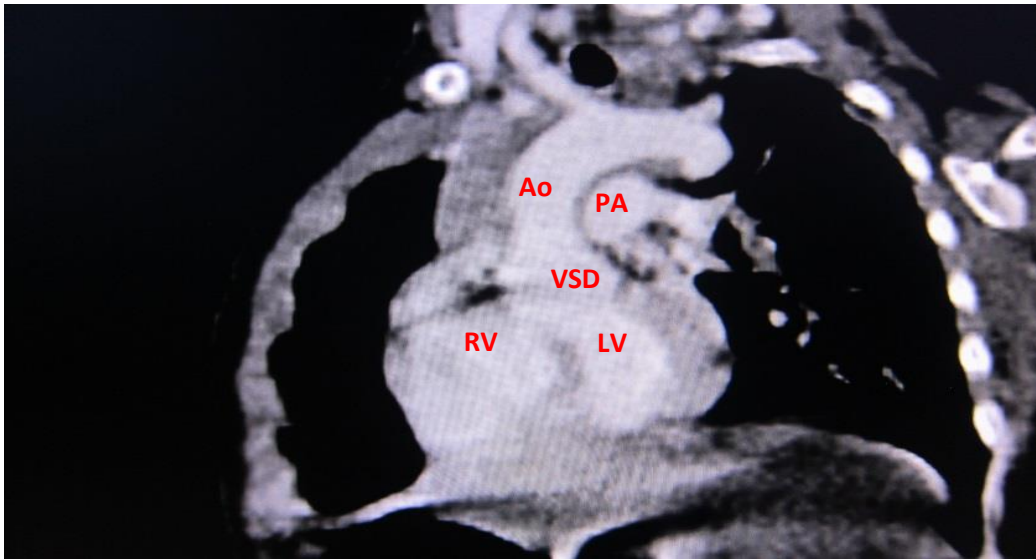
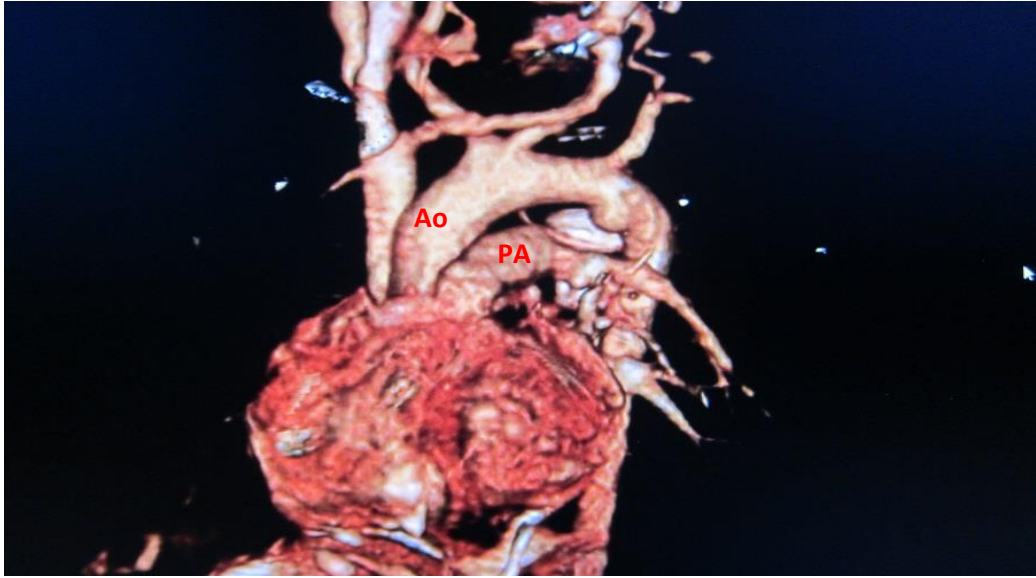
Olgu 5 Aort koarktasyonu, biküspit aortik kapak ve persistan sol süperiyör vena kava, MPR ve volüm rendering görüntüler. PSSVK – Persistan sol süperiyör vena kava, AK – Aort koarktasyonu



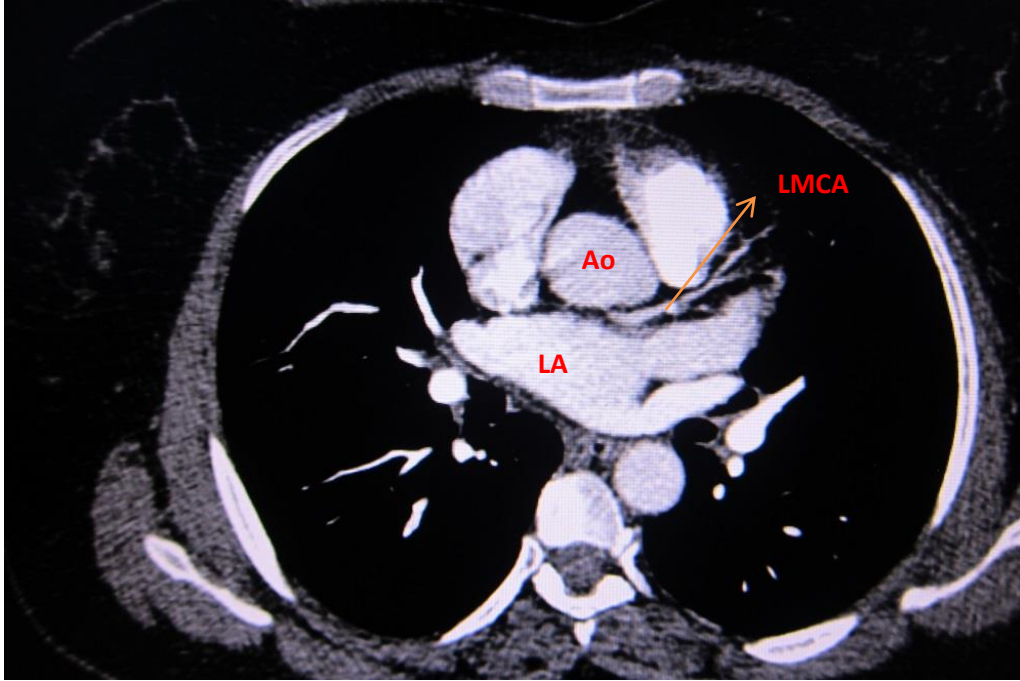
Olgu 6 Sağ arkus aorta MPR görüntüleri. RAA – Sağ arkus aorta



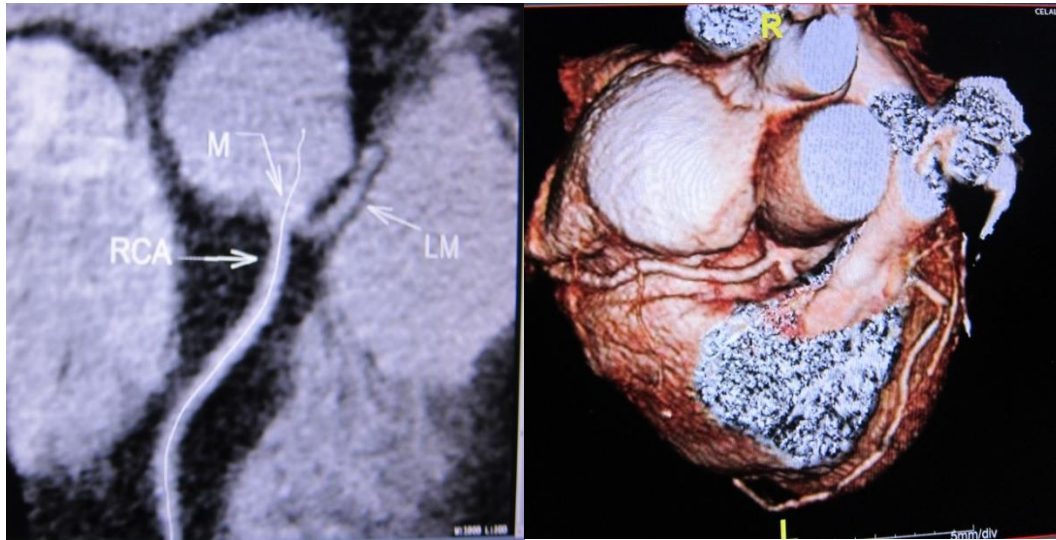
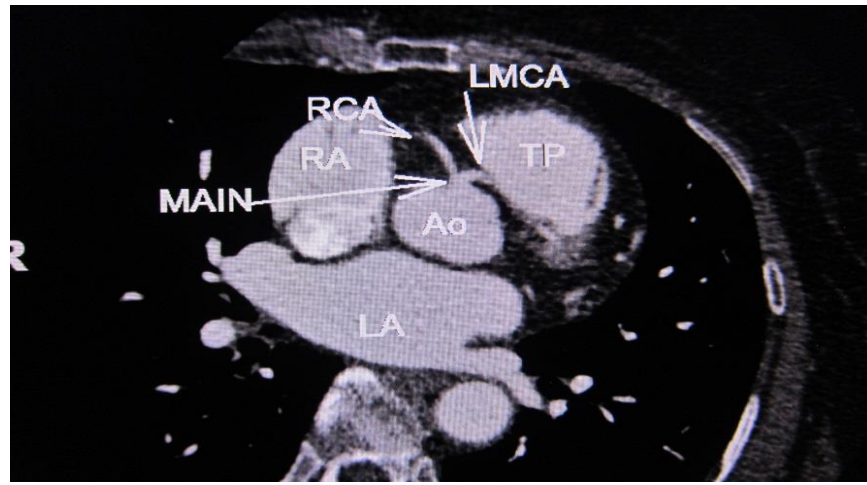
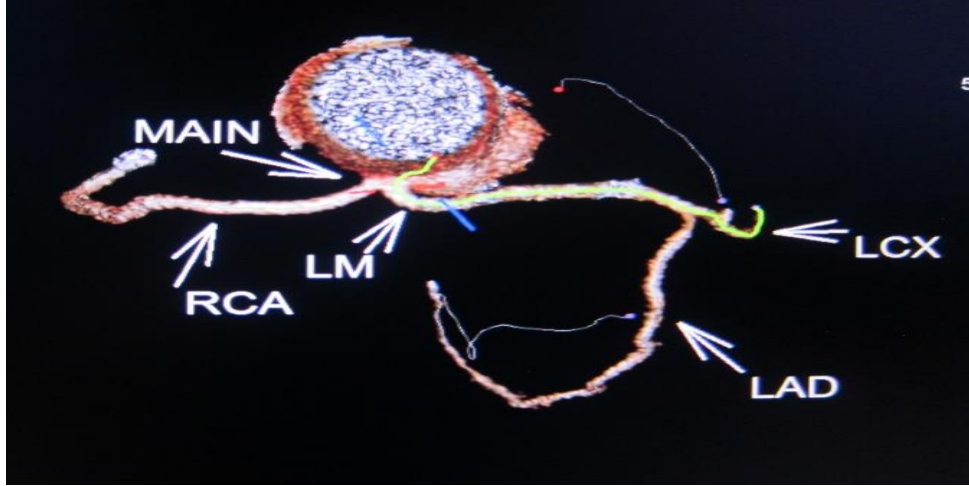
Olgu 7 Trunkus arteriosus tip 1 MPR görüntüleri. Sol ventrikülden tek trunkus olarak çıkış yapan pulmoner arter ve aort, VSD, pulmoner atrezi. Ao – Aort, VSD – Ventriküler septal defekt, PA – Pulmoner arter



Olgu 8 Fallot tetralojisi MPR ve volüm rendering görüntüleri: Ata biner tarzda dekstropeze aorta, VSD, pulmoner darlık, sağ ventrikül hipertrofisi. Ao – Aort, RV – Sağ ventrikül, LV – Sol ventrikül, VSD – ventriküler sepral defekt, PA – pulmoner arter



Olgu 9 Posteriyor kuspisten ektopik çıkış gösteren sol ana koroner arter aksiyel MPR görüntüsü. Sol ana koroner arter aorta ve sol atriyum arasında seyir göstermektedir. LMCA – Sol ana koroner arter, Ao – Aort, LA – Sol atriyum.



Olgu 10 Sağ koroner sinüsten çıkış gösteren tek koroner arter kökü MPR ve volüm rendering görüntüleri. LMCA – Sol ana koroner arter, RCA – Sağ koroner arter Ao – Aort, LA – Sol atriyum, RA – Sağ atriyum, TP – Trunkus pulmonalis.



Olgu 11 Miyokardiyal köprüleşme volüm rendering ve MPR görüntüleri.
LCX – sol sirkumfleks arter.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Konjenital kalp hastalıkları tüm canlı doğumların %0,5-0,8'ini oluşturmaktadır (10). Özellikle pediyatrik yaş grubunda kalp görüntülenmesinde kullanılan yöntemler arasında ilk seçenek ekokardiyografidir (3). Bunun nedeni ucuz, yaygın ve noninvaziv bir yöntem olması, kalp anatomisi ve fonksiyonlarının dinamik olarak değerlendirilebilmesidir. Ancak ses dalgalarının kemik ve hava içeren dokuların arkasına geçmemesi, özellikle operasyon sonrasında oluşan granülasyon dokusunun görüntü kalitesini azaltması, ekstrakardiyak vasküler yapıların değerlendirilememesi ve bazı olgularda görülen karmaşık anatominin ancak 3 boyutlu görüntüleme ile anlaşılabilmesi bu yöntemin dezavantajlarıdır.

Kalbin kesitsel yöntemlerle değerlendirilmesindeki en önemli güçlük solunum ve kardiyak hareketlerdir. Başlangıçta bu hareketlere bağlı artefaktlar nedeniyle manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) ile yeterli şekilde değerlendirilemeyen kalp yapıları, daha hızlı sekansların geliştirilmesi ve artan dedektör sayısına bağlı olarak günümüzde yüksek çözünürlüklü görüntülerle incelenebilir hale gelmiştir. Bu yöntemlerle erken tanı, tedavi şekline ve zamanına karar verme ve tedavi sonrasında takip önemli ölçüde kolaylaşmıştır. Özellikle kalp ve vasküler yapıları 3 boyutlu olarak gösterebilmesi, kanın akış hızı ve oluşan basınç gradientlerine yönelik ölçümleri yapabilmesi, odacık hacimlerini ölçerek sistolik-diyastolik fonksiyonları büyük bir doğrulukla saptayabilmesi en büyük avantajlarıdır.

MRG'nin kalp görüntülemesindeki en büyük dezavantajı koroner damarları yeterince gösterememesidir. Paul, Rohnean ve Sigal-Cinqualbre'nin 2010 yılında (4) yaptığı çalışmada da bahsedildiği üzere bu durumun nedeni özellikle pediyatrik yaş grubunda koroner damarların çapının

belirgin şekilde dar ve küçük olması ve MRG'nin uzaysal çözünürlüğünün bu damarları görüntülemek için yetersiz kalmasıdır. Kapak veya korda tendinea gibi küçük yapıları değerlendirebilmek için de uzaysal çözünürlük yetersiz kalabilmektedir. Ayrıca kardiyak MRG hasta ile iyi bir iletişim gerektirir. Pediyatrik yaş grubunda bu iletişimi kurmak güçtür. Sekiz yaş altındaki çocuklarda sedasyon veya anestezi gerekmektedir. Klips, koil ve stent gibi aygıtlar da tanısal etkinliği düşürecek oranda artefaktlara yol açabilir.

MRG'nin çok sayıda avantajlarına karşın bazı sınırlılıklarının da bulunması nedeniyle kardiyak incelemelerde kesitsel görüntülemeye gereksinim duyulduğunda diğer bir seçenek de BT'dir. Çok kesitli BT sistemlerin klinik kullanıma sunulmasından sonra BT, kardiyak görüntülemeye kullanılmaya başlanmıştır. Koroner bilgisayarlı tomografi anjiyografi miyokart, kapak ve perikard değerlendirmeye yönelik uygulamaların da eklenmesiyle "Kardiyak BT" adını almış ve hızla yaygınlaşarak kalp hastalıklarının değerlendirilmesinde klinik rutin görüntüleme yöntemleri arasına katılmıştır. ÇKBT ile temporal rezolüsyon artmıştır ve bir gantri dönüşünde taranan alanın genişlemesiyle artan hız, çocuklarda sedasyon gerekliliğini belirgin oranda azaltmaktadır. Siripornpitak ve ark. 2013 yılında yaptığı çalışmada da bahsedildiği gibi son zamanlarda kullanılmaya başlanan 256 ve 320 kesitli BT cihazlarında kardiyak tarama zamanının 1 sn'nin altına inmesi nefes tutma gereğini bile ortadan kaldırmıştır (101).

ÇKBT teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte, kardiyak incelemeler bilgisayarlı tomografinin en yaygın uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. ÇKBT teknolojisindeki en son gelişmeler; doz azaltılması, görüntü kalitesinin artırılması ve daha hızlı çekimler üzerinde yoğunlaşmıştır. Kalp ve vasküler yapılar, çok kısa sürede, oldukça yüksek uzaysal çözünürlükle, üstün kalitede ve noninvaziv olarak değerlendirilebilmektedir. Gelişen BT anjiyografi tekniği ile vasküler yapıların değerlendirilmesinde kateter anjiyografi ile karşılaştırılabilecek düzeye gelinmiştir. Hatta non invaziv olması seçilmiş olgularda avantaj sağlayabilmektedir. Rubin, Schmidt, Logan ve Sofilos (2001) yaptıkları çalışmada tüm vücut anjiyografisinde, ÇKBT ile

kateter anjiyografinin karşılaştırıldığı yayınlarında ÇKBT ile yapılan anjiyografide hastanın 3,9 kat daha az doz aldığını hesaplamışlardır. Çalışmalarında radyasyon dozunun, büyük oranda kullanılan teknik ve hastanın vücut yapısına bağlı olduğunu göstermişlerdir (78). Radyasyon dozu göz önüne alındığında tüm vücut incelemelerinde ÇKBT anjiyografi, kateter anjiyografiye oranla daha avantajlıdır (79).

ÇKBT tekniklerinde ilerlemelere paralel olarak, yakın zamanlarda kardiyak uygulamalarda kullanılmaya başlanan dual enerjili BT (DEBT), daha düşük doz ile yüksek kaliteli çekimler ve materyel karakterizasyonu yapılmasına olanak sağlamaktadır. Perfüzyon BT'nin, miyokart canlılığını değerlendirmede bilgisayarlı tek foton emisyon tomografisine (SPECT) yakın sensitivite ve spesifiteye sahip olmasının yanı sıra, koroner anatomiyi de değerlendirilebilmesi üstünlüğüdür (110).

Yukarıda sıralanan avantajlarına rağmen kardiyak BT tetkikinin en büyük dezavantajı içerdiği iyonize radyasyondur. Radyasyon dozunu azaltmak ve en uygun BT uygulaması elde etmek için klinik endikasyona, hasta yaşı veya vücut büyüklüğüne ve incelenen alana göre uygun stratejik yaklaşımlar geliştirilmelidir. Radyasyon dozunun mümkün olan en düşük seviyeye çekilmesi önemlidir (ALARA prensibi: As low as reasonably achievable).

Tetkik sırasında verilen radyasyon dozunun düşürülmesine yönelik gelişmeler 2008 yılından sonra olmuştur ve doz 20 – 30 mSv düzeylerinden 1 mSv'in altına indirilmiştir. Düşük kilovolt kullanımı (80 kV ve 100 kV), prospektif elektrokardiyografi tetikleme, yüksek pitchli (3,4 pitch) görüntüleme, adaptif doz koruma (kolimatör kullanılarak görüntülenmeyen alana radyasyon verilmesi önlenerek) ve iteratif rekonstrüksiyon yöntemleri (istatistiksel ve model bazlı yöntemler) radyasyon dozunun düşürülmesinde etkili olmuştur (118).

Şu an kullanılmakta olan iteratif hesaplama tekniği, BT'de azalan radyasyon dozu ve gelişen görüntü kalitesi için büyük bir potansiyeldir. Tricarico ve arkadaşlarının (2013) iteratif görüntü rekonstrüksiyonu ile ilişkili

makalesinde yarı dozlarla yapılan görüntüleme çalışmalarında bile tam doza yakın seviyelerde görüntü kalitesi elde edilmiştir (115).

Kardiyak BT anjiyografinin bir diğer ciddi dezavantajı ise kontrast madde kullanımına bağlı alerjik reaksiyonların ve böbrek hasarının gelişebilmesidir. Chang ve Lin'in (2013) derlemesinde son yıllarda kabul gören tanıma göre kontrast madde verildikten sonra 48-72 saat içerisinde serum kreatinin düzeyinde $\geq 0,5$ mg/dL veya %25 oranında artış kontrast madde nefropatisi olarak adlandırılmıştır. Nefropatisi bulunan hastalarda veya diabetes mellitus gibi nefropati sebebi olabilen hastalıklarda takibin daha dikkatli yapılması önerilmektedir (116). Lee ve ark. (2014) çok merkezli çalışmasında BT görüntüleme yapılan 101487 hasta kontrast madde nefropatisi açısından takip edilmiş ve %2,2 hastada kontrast madde nefropatisi geliştiği saptanmıştır. Bizim çalışmamızda serum kreatinin değeri 1,5 mg/dl'nin üzerinde olan hastalara çekim gerçekleştirilmemiş olup hastalarımızın takip sürecinde kontrast madde ilişkili nefropatiye ve alerjik reaksiyona rastlanmamıştır (117).

Kardiyak BT anjiyografi endikasyonları; koroner arter görüntülenme ve revaskülarizasyon sonrası kontrol, koroner arter anomalilerinin belirlenmesi, kalsiyum skrolama, koroner plak değerlendirme, sağ ve sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi, miyokardiyal canlılık ve iskemi değerlendirilmesi, kapak hastalıkları, koroner venöz anatomi, sol atriyum ve pulmoner ven anatomisi, konjenital kalp hastalıkları ve kalp dışı ek patolojilerin saptanması şeklinde belirlenmiştir (102,103,104).

Kardiyak BT anjiyografi koroner arter anomalilerini göstermede oldukça başarılı bir tetkiktir. Koroner arter anomalileri genel popülasyonda nadir sıklıkta görülür (%0,3 – 1,6) (33). Koroner anjiyografi, girişim ya da cerrahi yapılacak hastalarda, koroner arter anomalilerinin saptanması çok önemlidir (34). Koroner arterlerin anormal çıkışı ya da seyri asemptomatik olabileceği gibi bazı varyasyon ve anomalilerin miyokart iskemisi, ani kardiyak ölüm gibi ciddi, hayatı tehdit eden sonuçları nedeniyle hastalar titizlikle değerlendirilmelidir (33,34).

Koroner arter anomalilerinin tanısında temel tercih edilen yöntem yakın zamana kadar kateter anjiyografi olmuştur. Ancak kateter anjiyografi ile anomalili arterin çıkışını belirlemek seyri ortaya koymak komşu pulmoner arter ve aorta ile ilişkisini saptamak oldukça güçtür. Ayrıca kateter anjiyografi ile 3 boyutlu görüntü oluşturulamadığından ve derinlik bilgisi sağlanamadığından damarın gerçek seyri hakkında fikir edinmek zordur (105). Koroner anomalilerin tanısında ve görüntülenmesinde çok kesitli BT anjiyografi 3 boyutlu yüksek görüntü kalitesiyle oldukça güvenilirdir. Kontrast madde yardımıyla koroner arterler, büyük damarlar ve kalp boşluklarıyla birlikte koroner arterlerin seyri eş zamanlı olarak gösterilebilir. Ancak ÇKBT'nin, koroner dolaşım ile ilgili hemodinamik bilgi sağlayamaması, ayrıca aritmisi olan ve yeterince uzun nefes tutamayan hastalarda tetkikin başarısız olması gibi bazı kısıtlılıkları da vardır (105).

Konjenital kalp hastalıkları, kalp ve büyük damarların yapısındaki doğumsal defektlerdir. Kalp defektleri en sık görülen doğumsal defektlerdir ve doğumsal defekt ilişkili ölümlerin de en sık sebebidir. Ekokardiyografi konjenital kalp hastalıklarının tanısını koymada kolay ulaşılabilir ve ucuz bir test olması açısından tercih edilen bir görüntüleme aracı olsa da kısıtlı akustik penceresi, yetersiz uzaysal çözünürlüğü ve operatör bağımlı subjektif bir görüntüleme yöntemi olması sebebiyle tanısal gücü %80 oranlarındadır. Geri kalan %20'lik dilimdeki hastalarda hastalık EKO'da pulmoner venler, aortik ark, periferik pulmoner arterler vb. gibi ölü boşluklarda saklanmaktadır (6).

Tanısal kateter anjiyografi KKH'nin tanısında genellikle altın standart olarak bilinmektedir fakat kateter anjiyografi ciddi riskler taşıyan invaziv bir girişimdir. Koroner arteriografi mortalite oranı %0,007 ile %0,1 arasında değişmektedir (114).

Bu prosedür esnasında pulmoner ve sistemik dolaşımın üst üste binmesi kompleks anatominin anlaşılmasını güçleştirir. Sonuçta yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip ve akustik pencereyle sınırlı olmayan non invaziv bir

görüntüleme yöntemine gereksinim duyulmuştur. Shi ve ark. (2004) 16-dedektörlü BT ile koroner arter çıkış anomalilerinin tespit edilmesine yönelik kateter anjiyografi ile karşılaştırmalı olarak yaptıkları çalışmada, koroner BT anjiyografinin doğruluğunu %100, kateter anjiyografinin doğruluğunu ise %53 olarak saptamışlardır (111). Bizim çalışmamızda da klinik bulgular doğrultusunda kateter anjiyografi uygulanan ve koroner arter çıkış anomalisi tespit edilen seçilmiş olgularda, anomalili arterin çıkışını belirlemek, seyrini ortaya koymak, komşu pulmoner arter ve aorta ile ilişkisini saptamak, eşlik edebilecek diğer kardiyak patolojileri görüntülemek amacıyla kateter anjiyografi sonrasında 3 boyutlu görüntü ve derinlik bilgisi sağlayan kardiyak BT anjiyografi tetkiki yapılmıştır. Bunun sonucunda koroner arter anomalileri, eşlik eden patolojiler ve olguların göğüs ağrısı, çabuk yorulma, senkop gibi semptomlarını açıklayacak tanısal bulgular başarılı bir şekilde ortaya konmuştur. Yakın dönemdeki gelişmelerle MRG ve ÇKBT, birçok uygulamada kateter anjiyografinin yerini almak için yarış içerisinde. MRG ve ÇKBT; KKH'nin pre-operatif ve post-operatif dönemlerinin noninvaziv olarak değerlendirilmesinde giderek daha önemli bir rol oynamaktadırlar (106,107). Bu iki yöntem birbirini tamamlayıcıdır. İntrakardiyak anatomi MRG ile iyi tanımlanabilirken ÇKBT büyük damarlarda keskin görüntüler sağlamaktadır.

ÇKBT daha az zaman alması, sedasyona ihtiyacın daha az olması ve yaygın olarak rastlanan metalik donanımların, pacemakerların vb. görüntülenmesinde etkili olması, daha yaygın olarak bulunabilmesi, küçük damarların ve uç dalların daha iyi tanımlanması gibi avantajlara sahiptir (106). Bunlara ek olarak morfolojik ve fonksiyonel değerlendirmede ÇKBT'nin çekim sonrası işleme süresi MRG'nin işleme süresine göre daha kısadır (106). Kateter anjiyografi veya MR anjiyografi ile karşılaştırıldığında ÇKBT anjiyografinin diğer bir avantajı damar duvarını görüntüleyebilmesidir (106). ÇKBT hava yollarının, mediasten anormalliklerinin ve pulmoner parankimin de daha iyi görüntülenmesini sağlar.

Bayraktutan ve ark. 2013 yılına ait çalışmasında (6) ÇKBT anjiyografinin özellikle pulmoner arterlerin değerlendirilmesinde, aortik anomaliler, intrakardiyak anatomi, sistemik ve pulmoner venöz bağlantılar, çıkış yolu obstrüksiyonları ve kollaterallerin değerlendirilmesinde etkin olduğu görülmüştür. Bunun yanında ÇKBT kardiyovasküler sistem dışı lezyonları eş zamanlı değerlendirme yetisine sahiptir. Yapılan çalışmalarda yenidoğanlarda KKH'nin anatomisinin belirlenmesinde EKO ile yapılan ön değerlendirmenin ardından ÇKBT'nin, diyagnostik kardiyak kateterizasyonun yerini alacağı ön görülmektedir (108).

Kardiyak ÇKBT anjiyografinin sınırlılıkları da bulunmakta olup bunlardan biri temporal rezolüsyonun ancak 105–210 ms'ye kadar düşürülebilmesidir. Kalp atım hızı 70 atım/dk'nın üzerinde olduğu hastalarda kaliteli görüntüler elde etmek zordur. Bu nedenle çalışmamızda kalp tepe atımını dakikada 70'in altına düşürmek için, kontrendikasyonun bulunmadığı hastalarda intravenöz beta bloker uyguladık ve kalp hızını dakikada 70 atımın altına düşüremediğimiz hastalara çekim yapmadık.

ÇKBT anjiyografinin bir başka dezavantajı da tetkike kabul edilen her hastada koroner arterlerin başarılı bir şekilde görüntülenememesidir. Şiddetli kalsifikasyon, kalp ve solunum hareketi, EKG uyumsuzluğu, kontrast zamanlamasındaki ve çekim tekniğindeki yetersizliklerden dolayı kaliteli görüntü alınamayabilir.

Mart 2011-Kasım 2014 tarihleri arasında Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda 128 kesit BT cihazı (Toshiba Aquillion CX TSX-101A/NC) kullanılarak kardiyak BT anjiyografi tetkiki gerçekleştirilen 100 olgunun görüntüleri Aquarius Intuition Edition ver.4.4.6.80.2770 iş istasyonunda aksiyel, multiplanar reformat ve üç boyutlu imajlarda kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonlar açısından tek tek değerlendirildi. Konjenital kardiyak anomali ve/veya varyasyon saptanan 29 olgu çalışmamıza dahil edildi. 29 hastanın %45'inde (n=13) koroner arter anomalisi saptandı, %55'inde (n=16) kardiyak ve ekstrakardiyak anomaliler mevcuttu. Koroner arter anomalisi mevcut olan 13 olgunun sekizinde çıkış ve

seyir anomalisi saptandı. Kawasaki hastalığı mevcut olan bir olguda koroner arterlerde daralma izlenmemiş olup LCX'de varyasyon olarak ektazik görünüm mevcuttu. Dört olguda miyokardiyal köprüleşme izlendi.

Koroner arter çıkış ve seyir anomalisi bulunan hasta grubumuzdaki üç olguda tek koroner arter çıkımı anomalisi mevcuttu.

Çalışmamızda yer alan olgulardan 13 tanesinde ekstrakardiyak anomali ve üç tanesinde kardiyak anomali saptandı. Ekstrakardiyak anomalisi olan olguların altısında aort koarktasyonu, iki tanesinde persistan sol superiyor vena kava, diğer iki tanesinde arkus aorta anomalisi, bir olguda trunkus arteriosus tip 1, bir olguda patent duktus arteriyozus, diğer bir olguda ise aberran seyirli vena kava süperiyor izlendi.

Seçilmiş hasta grubumuzdaki 13 olguda saptanan koroner arter anomalilerini sınıflandırdığımızda Angelini, Velasco ve Flamm'ın 2002 yılında yaptıkları sınıflamaya göre (35) anomalilerin büyük çoğunluğunu oluşturan sekiz olguda çıkış ve seyir anomalisi mevcuttu.

Çıkış ve seyir anomalisi gösteren olguların ikisinde sol ana koroner arter (LMCA) daha sağ lateralden ve posteriyor kuspisten çıkmakta ve aorta ile sol atriyum arasında sıkışma bulguları göstermekteydi. Bu iki olgunun da ekokardiyografi bulguları ile 11 yaşındaki erkek olguya çekilen miyokart perfüzyon sintigrafisi normaldi. Her iki olguda göğüs ağrısı şikayeti bulunmakta olup 11 yaşındaki erkek olguda ek olarak troponin yüksekliği, EKG'de P-R uzaması ve 1/6 sistolik üfürüm mevcuttu. Bunun üzerine kalp ve koroner vasküler yapıları görüntülemek amacıyla çekilen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde hastaların semptomlarını açıklayabilecek koroner arter anomalisi ve sıkışma bulguları saptanmıştır.

Bir diğer çıkış ve seyir anomalisi gösteren 31 yaşında kadın olguda da göğüs ağrısı şikayeti sonrası yapılan koroner anjiyografide RCA'nın LMCA'dan çıkışının saptanması üzerine, detaylı anatomik inceleme için istenen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde, koroner anjiyografideki bulgulara ek olarak sağ koroner arterin aorta kökü ile her iki atriyum arasında sıkışma

bulguları gösterdiği izlendi. Ayrıca olgunun miyokart perfüzyon sintigrafisinde kalp apeksinde ve anterolateral duvarında hafif düzeyde iskemi bulunması ve hastadaki sıkışma bulguları gösteren sağ koroner arterin sulama trasesi ile de uyumlu olması sebebiyle kardiyak BT anjiyografi ile kliniğe yönelik tanısal katkı sağlanmıştır. Kateter koroner anjiyografiye oranla daha az radyasyon ve daha az komplikasyon içermesi kardiyak BT anjiyografinin avantajları arasındadır.

Başka bir çıkış ve seyir anomalisi gösteren 63 yaşındaki hipertansif erkek olguda ise atipik göğüs ağrısı tariflemesi üzerine çekilen EKG ve EKO'da sol dal bloğu ile uyumlu bulgular mevcut olup apeks ve anterior duvarda hafif hipokinetik hareket saptanmıştır. Olgunun kateter koroner anjiyografisinde LMCA, LAD ve sirkumfleks arterde aterosklerotik plakları izlenmiştir, RCA ise görüntülenememiştir. Bunun üzerine detaylı anatomik inceleme için istenen kardiyak BT anjiyografide sağ koroner arterin normale göre daha posteriyorda ve yukarı seyirle ektopik çıkış gösterdiği saptanmıştır. Bu olguda varılan sonuç kateter koroner anjiyografinin damar içi müdahale avantajına karşılık detaylı anatomik incelemede kardiyak BT anjiyografinin daha üstün olduğudur. Ayrıca koroner arterlere yönelik girişim uygulanacak olan olgularda koroner arter anomalisinin varlığının tespiti önem taşımaktadır.

Maron BJ ve ark. 1996 yılında ani sporcu ölümleri ile ilgili çalışmasında (38) ve Ali Oto ve ark. 2005 yılında koroner arter anomalileri ile ilişkili çalışmasında (37) intramural seyirli ve sıkışma belirtileri gösteren koroner anomalilerin ani ölümlerle ilişkisinden bahsedilmiştir. Bizim olgularımızda da aile öykülerinde ani kardiyak ölüm söz konusu olmasa da bu riski oluşturabilecek daralmanın mevcudiyeti klinik açıdan dikkate alınması gereken bir bulgudur.

Tek koroner arter bulunan olgularda klinik özellikle tek koroner arterin seyriyle ilgilidir, sol ana koroner veya sağ koroner arterin ana pulmoner arter veya aorta arasında seyrettiği olgularda özellikle egzersiz ile ilişkili akut miyokart enfarktüsü ve ani ölümler bildirilmiştir (14, 37, 38, 95). Tek koroner arter çıkış anomalisi bulunan hasta grubumuzdan 67 yaşındaki kadın olguda;

çarpıntı ve göğüs ağrısı şikayeti üzerine istenen kardiyak markerlarda yükseklik mevcut olup, kateter koroner anjiyografide sol ana koroner arterin sağ koroner sinüsten çıktığı görülmüştür. Hastanın detaylı anatomik inceleme amacıyla çekilen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde sol ana koroner arterin (LMCA) pulmoner arter ve aorta kökü arasında aberran seyir gösterdiği izlenmiş olup bası bulguları saptanmıştır; diğer olguda ise LMCA'nın aort kökü ve sol trunkus pulmonalis arasındaki seyri sırasında bası bulguları gösterdiği izlenmiştir. Bu hasta klinik olarak non-ST elevasyonlu miyokard enfarktüsü tanısı almıştır.

Miyokardial köprüleşme bulunan dört olgumuz mevcuttur. Kateter anjiyografide miyokardial köprüleşme insidansı %0,5 - %2,5 arasında bildirilmiştir (112). Koroner arterler normalde miyokardın yüzeyinde seyrederek. Koroner arter segmentinin kas ile örtülmesi miyokardial köprüleşmeye neden olur. Çoğu vakada sessiz seyretmesine rağmen bazen ciddi iskemiye yol açabilir. Anjina, miyokardial iskemi, miyokard enfarktüsü, sol ventrikül disfonksiyonu, miyokardial çalma ve paroksizmal A-V blok kadar, egzersizin indüklediği ventriküler taşikardi ve ani kardiyak ölüm de miyokardial köprüleşmenin suçlandığı durumlardır (113). Komplikasyonları nedeniyle miyokardial köprüleşmenin tanı ve tedavisi önemlidir, kardiyak BT anjiyografi ile semptomatik hastalarda başarılı bir şekilde görüntülenebilmektedir.

Çalışmamıza dahil ettiğimiz ekstrakardiyak anomalili hasta grubunda yer alan persistan sol superiyor vena kava saptanan iki olgudan çabuk yorulma şikayeti ile başvuran 4 yaşındaki doğumsal anal atrezi öyküsü bulunan kız çocukta; EKO'da opere ASD, VSD ile ilişkili bulgular yer almaktaydı, klinisyen tarafından daha detaylı anatomik inceleme ihtiyacı sebebiyle istenen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde, bu olguda arkus aorta posteriyorunda ve trunkus pulmonalis lateral bölüm komuşuluğunda seyreden persistan sol superiyor vena kava saptandı. 10 yaşındaki diğer kız çocukta ise fizik muayenesinde 2/6 sistolik üfürüm duyulması üzerine yapılan EKO'da biküspit aortik kapak ve dilate koroner sinüs izlenmiş olup bunun üzerine istenen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde ise aort koarktasyonu ile sol persistan sol süperiyor

vena kava varlığı saptandı. Sistemik venöz sistem anomalileri içerisinde en sık rastlanan anomali olan PSSVK genel popülasyonun %0,2-0,5'inde görülmekle birlikte konjenital kalp hastalığı olanlarda %3-10 oranında tespit edilmiştir (25). Bu nedenle genellikle klinik belirti vermeden tesadüfen saptanan PSSVK'ya eşlik edebilecek konjenital kardiyak anomalilerin tespiti açısından kardiyak BT anjiyografi önem taşımaktadır.

Biküspit aortik kapak tüm popülasyonun %1-2'sini etkileyen en sık görülen konjenital kalp anomalisidir. Sıklıkla aortik ark anomalileri ile birliktelik gösterir. Çocukluk döneminde sıklıkla asemptomatik olmasına rağmen erişkin dönemde aort kapak disfonksiyonu, aort diseksiyonu ve enfektif endokardit gibi komplikasyonlara neden olabilir. Warnes'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışmaya göre biküspit aort kapağı bulunan olgularda aort diseksiyonu riski normal bireylere oranla 9 kat yüksektir (109). Komplikasyonların önlenmesi açısından erken tespiti ve eşlik edebilecek diğer konjenital kardiyak anomalilerin belirlenmesinde kardiyak BT anjiyografi EKO bulgularını tamamlamakta olup detaylı anatomik görüntüleme imkanı sağlamaktadır. Çalışmamızda biküspit aortik kapak ile birlikte aort koarktasyonu ve PSSVK saptanan 10 yaşındaki kız çocuğa ek olarak, 1 yaşındaki diğer bir kız çocukta 3/6 sistolik üfürüm tespit edilmiş olup yapılan EKO'da mitral valv prolapsusu, ikinci derece mitral yetmezlik ve triküspit yetmezliği saptanması üzerine istenen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde mitral valv prolapsusu ile birlikte biküspit aortik kapak izlenmiştir, fakat mitral ve triküspit kapak yetmezlikleri ile yetmezlik dereceleri net olarak değerlendirilememiştir.

Çalışmamıza dahil edilen 5 aylık bir diğer kız çocukta emmeme şikayeti mevcut olup fizik muayenesinde 3/6 sistolik ve diyastolik üfürüm, akciğer grafisinde kardiyomegali ve konjesyon bulguları saptanmıştır. EKO bulgularında tip 1 trunkus arteriyosus, subarteriyel VSD, %80 dekstropeze aort ve ana pulmoner arterin tek ana damardan çıktığı gözlenmiştir. Bu kompleks konjenital anomaliyi değerlendirmek üzere istenen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde bu bulgulara ek olarak daha detaylı bir anatomik görüntü elde edilen olguda arkus aortada sağ ana karotid arter ve sağ subklaviyan arter ayrı ayrı çıkış gösterdiği ve sağ subklaviyan arterin sol ana

karotid arterin çıkış yeri hizasının posteriyor mediyal bölümünde arkus aortanın arka duvarından ince bir vasküler yapı olarak çıktığı saptandı. Aberran seyirli sağ subklaviyan arter, sağ pulmoner arter, trakea ön kenarı ve vena kava süperior arasında kısmen basıya uğrayıp ince seyir göstermekte daha sonra genişleyerek normale yakın kalibrasyona ulaşmaktaydı.

Altı olgudan oluşan aort koarktasyonlu hasta grubumuzda kardiyak BT anjiyografide izlenen hafif düzeyde aort koarktasyonu mevcut olan olguların EKO bulgularının normal olması, EKO ile aort koarktasyonu tespit edilen olgulara istenen kardiyak BT anjiyografi tetkikinde koarktasyonun kesin tanısının konabilmesi ve lokalizasyonunun belirlenmesi bu olgularda kardiyak BT anjiyografinin duyarlılığının EKO'ya oranla daha yüksek olduğu konusunda bilgi vermektedir (6).

Çalışmamızda yer alan Fallot tetralojisi tanısı bulunan 1 yaşındaki erkek çocukta doğum sırasında kardiyak üfürüm ve aritmi saptanması üzerine yapılan ekokardiyografide VSD, pulmoner stenoz, aort dekstropozisyonu ve sağ ventrikül hipertrofisi bulguları izlenmiştir. Kompleks konjenital kardiyak anomalinin değerlendirilmesi amacıyla kardiyak BT anjiyografi tetkiki istenmiş olup EKO'da izlenen bulgular detaylı bir şekilde 3 boyutlu olarak görüntülenmiştir. Ayrıca kardiyak BT anjiyografi tetkikinde ek olarak akciğerde buzlu cam dansitesinde parankim değişiklikleri saptanmıştır. Bu olgu örneğinde olduğu gibi kardiyak BT anjiyografi, kompleks kardiyak anomali ile birlikte ekstrakardiyak patolojilerin tespitinde de önemli rol oynamakta, torakstaki tüm anatomik yapılar detaylı olarak incelenebilmektedir.

Bu çalışmada kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonların saptanmasında kardiyak BT anjiyografinin etkinliği incelenmiştir. Bayraktutan ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları çalışmada da bahsedildiği üzere ÇKBT tüm bu patolojileri göstermede hem ekokardiyografi hem de MRG'den üstündür (6). Fonksiyonel değerlendirme yapılarak duvar ve kapak hareketleri görüntülenebilmekte, atım hacmi ve ejeksiyon fraksiyonu belirlenebilmektedir.

Sonuç olarak çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT) teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte, kardiyak incelemeler bilgisayarlı tomografinin en yaygın uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. Kardiyak BT anjiyografi kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonların saptanmasında yüksek uzaysal rezolüsyon, üç boyutlu ve multiplanar görüntüleme imkanı ile tanı, tedavi ve cerrahi planlaması açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. İşlem süresinin MRG'ye oranla kısa olması, sedasyon ihtiyacının daha az olması, yaygın olarak rastlanan metalik donanımların görüntülenmesinde etkili olması, daha yaygın bulunabilmesi, küçük damarların ve uç dalların daha iyi gösterilmesi, damar duvarını diğer yöntemlerden daha iyi görüntüleyebilmesi, noninvaziv olması, hava yollarının, mediasten anormalliklerinin ve pulmoner parankimin eş zamanlı olarak değerlendirilebilmesi önemli avantajlarıdır.

Kardiyak BT anjiyografi, içerdiği iyonize radyasyon nedeniyle ekokardiyografi ve MRG'ye göre seçilmiş bazı olgularda daha az tercih edilmekle birlikte, doz azaltma yöntemleri ve uygun teknik parametreler sayesinde konjenital kardiyak anomali ve varyasyonların saptanmasında kullanımı giderek yaygınlaşan etkin bir görüntüleme yöntemidir.

ÖZET

Giriş ve Amaç: Çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT) teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte, kardiyak incelemeler bilgisayarlı tomografinin (BT) en yaygın uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. Çalışmamızın amacı kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonların belirlenmesinde kardiyak BT anjiyografinin etkinliğini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda Mart 2011 ile Kasım 2014 ayları arasında kardiyak BT anjiyografi çekilen 100 hastanın görüntüleri incelendi. Çalışmaya dahil edilen 29 hastanın %55,1'i erkek (n=16) ve %44,9'u (n=13) kadındı. Hastaların yaş aralığı iki ay ile 67 yıl arasındaydı. Kardiyak BT anjiyografi yapılan toplam 29 hastadan elde olunan görüntüler Aquarius Intuition Edition ver.4.4.6.80.2770 iş istasyonunda aksiyel, multiplanar reformat ve üç boyutlu imajlarda kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonlar açısından tek tek değerlendirildi.

Bulgular: 29 hastanın %45'inde (n=13) koroner arter anomalisi, %55'inde (n=16) kardiyak ve ekstrakardiyak anomaliler saptandı. Koroner arter anomalisi mevcut olan 13 olgunun sekizinde çıkış ve seyir anomalisi izlendi. Dört olguda miyokardiyal köprüleşme izlendi. Çalışmamızda yer alan olgulardan 13 tanesinde ekstrakardiyak anomali ve 3 tanesinde kardiyak anomali saptandı. Ekstrakardiyak anomalisi olan olguların altısında aort koarktasyonu, iki tanesinde persistan sol superiyor vena kava, diğer iki tanesinde arkus aorta anomalisi, bir olguda trunkus arteriosus tip 1, bir olguda patent duktus arteriyozus, diğer bir olguda ise aberran seyirli vena kava süperiyor izlendi.

Sonuç: Kardiyak BT anjiyografi kardiyovasküler sisteme ait konjenital anomali ve varyasyonların saptanmasında yüksek uzaysal rezolüsyon, üç boyutlu ve multiplanar görüntüleme imkanı ile tanı, tedavi ve cerrahi planlaması açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. İçerdiği iyonize radyasyon nedeniyle ekokardiyografi ve MRG'ye göre seçilmiş bazı olgularda daha az tercih edilmekle birlikte, doz azaltma yöntemleri ve uygun teknik parametreler sayesinde konjenital kardiyak anomali ve varyasyonların

saptanmasında kullanımı giderek yaygınlaşan etkin bir görüntüleme yöntemidir.

SUMMARY

Aim of the study: Beside the developing technology of Multiple Detector Computerized Tomography (MDCT), cardiac screening with computerized tomography is one of the most important imaging modality. The aim of our study is proving the diagnostic strength of cardiac CT at screening congenital cardiovascular anomalies and variations.

Material and methods: In our study; after evaluating 100 patients between the dates March 2011- November 2014 we included 29 patients to our study. 55,1% (n=16) of the patients were male, 44,9% (n=13) were in female gender. The ages of the patients were between two months and 67 years. The images of 29 patients which acquired with cardiac CT were evaluated in axial, multiplanar reformatted and three dimensional images for their congenital cardiovascular anomaly and variations. The images reformatted and evaluated at Aquarius Intuition Edition ver.4.4.6.80.2770.

Results: There was 45% (n=13) of patients had coronary arterial anomalies, 55% (n=16) of the patients had cardiac and extracardiac anomalies. In eight patients we evaluated origin and course anomaly of the coronary arteries and four patients had myocardial bridging. 13 patients had extracoronary anomalies and three had coronary anomalies. Six of the patients whom had extracardiac anomaly have aortic coarctation, two of them had persistent left superior vena cavae, one patient had patent ductus arteriosus, another patient had aberrant vena cavae superior course.

Conclusion: The cardiac CT angiography which has a high spatial resolution, three dimensional and multiplanar imaging abilities, provides us very important data for deciding surgery and treatment. However this test isn't preferred to MRI or ecocardiography in some cases because of its ionized radiation; by reducing the radiation dose techniques and using proper

technical parameters; its usage at detecting congenital cardiovascular anomalies and variations is widening day by day.

REFERANSLAR

1. Öztürk E. Kardiyak BT ve MR çekim protokolleri, normal bulgular, kardiyak analiz. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics*. 2011;4(2):163-8.
2. Bennett D, Marcus R, Stokes M. Incidents ad complications during pediatric cardiac catheterization. *Pediatr Anaesth*. 2005;15(12): 1083-8.
3. Bailliard F, Hughes ML, Taylor AM. Introduction to cardiac imaging in infants and children: techniques, potential, and role in the imaging work-up of various cardiac malformations and other pediatric heart conditions. *Eur J Radiol*. 2008;68(2):191-198.
4. Paul JF, Rohnean A, Sigal-Cinqualbre A. Multidetector CT for congenital heart patients: what a paediatric radiologist should know. *Pediatr Radiol*. 2010 Jun;40(6):869-75.
5. Ghoshhajra BB, Lee AM, Engel LC, et al. Radiation dose reduction in pediatric cardiac computed tomography: experience from a tertiary medical center. *Pediatr Cardiol*. 2014 Jan;35(1):171-9.
6. Bayraktutan U, Kantarci M, Ogul H, et al. The utility of multidetector computed tomography for evaluation of congenital heart disease. *Folia Morphol (Warsz)*. 2013 Aug;72(3):188-96.
7. Sadler TW. Cardiovascular System. *Langman's medical embryology*. 6th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1990: p.171-215.
8. Bernstein D. Developmental biology of the cardiovascular system. *Nelson Textbook of Pediatrics*. Eds. Berhman RE, Kliegman RM, Jenson HB. Sixteenth Edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2000: p. 1475-81.
9. Arıncı K, Elhan A. Fetal dolaşım. *Uygulamalı Anatomi*. Ankara: Türkiye Klinikleri Yayınevi,1994: p 22-5.
10. Aydoğan Ü. Fetal ve neonatal dolaşım. *Neonatoloji* (Ed.Dağoğlu T.). Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri, 2000: p. 387-90.

11. Guyton AC, Hall JE. Fetal ve Neonatal fizyoloji. *Tıbbi Fizyoloji* (Ed. Guyton AC, Hall JE. Çeviri Ed. Çavuşoğlu H.), 19. baskı (Türkçe). İstanbul: Nobel Kitabevi, 2007: p. 1047-1056.
12. Arıncı K, Elhan A. Dolaşım sistemi. *Anatomi* (Ed. Arıncı K, Elhan A.), 2.Cilt, 4. Baskı. Ankara: Güneş Kitapevi, 2006: p. 1-21.
13. Bozlar U, Sarı S. Kardiyak morfoloji ve fonksiyonların multi dedektör bilgisayarlı tomografi (MDBT) ile değerlendirilmesi. *Kardiyak Görüntüleme-1. Trd Sem.* 2013;1:93-106
14. Goo HW, Park IS, Ko JK, et al. CT of congenital heart disease: normal anatomy and typical pathologic conditions. *Radiographics.* 2003 Oct;23:147-65.
15. Paç M, Akçevin A, Aykut AA, ve ark. *Kalp ve Damar Cerrahisi Kalbin Cerrahi Anatomisi*, Bölüm 1. İstanbul: Nobel kitabevi, 2009: p.10-15.
16. Baim DS, Grossman W. Cardiac catheterization, angiography, and intervention. *Coronary angiography.* Baltimore: Williams & Wilkins, 1996: p. 183–208
17. Vogl TJ, Abolmaali ND, Diebold T, et al. Techniques for the detection of coronary atherosclerosis: multi-detector row CT coronary angiography. *Radiology.* 2002; 223: 212–20.
18. Schanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, et al. ACC/AHA guidelines for coronary angiography: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography). *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 1756–824.
19. Deharo JC, Guieu R, Mechulan A, et al. Syncope without prodromes in patients with normal heart and normal electrocardiogram: a distinct entity. *J Am Coll Cardiol.* 2013 Sep 17;62(12):1075-80.
20. Hoffman JIE. Congenital heart disease: Incidence and inheritance, Chapter 37. *The pediatric clinics of North America - congenital heart disease.* (Ed. Gilette PC). Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1990: p. 25-43.
21. Gürkan B. Konjenital kalp hastalıklarının değerlendirilmesi. (Ed:Yurdakök M, Erdem G). *Türk Neonatoloji Derneği Neonatoloji Kitabı*, 1. baskı. Ankara: Alp Ofset, 2004: p.503-504.

22. Bernstein D. Epidemiology and genetic basis of congenital heart disease. *Nelson Textbook of Pediatrics* (Ed. Berhman RE, Kliegman RM, Jenson HB). 16.edition. Philadelphia: W.B. saunders Company, 2000: p.1499-1502
23. Brennan P, Young ID. Congenital heart malformations: aetiology and associations. *Semin Neonatol.* 2001 Feb;6(1):17-25.
24. Sarodia BD, Stoller JK. Persistent left superior vena cava: case report and literature review. *Respir Care.* 2000; 45: 411-6.
25. Gonzalez-Juanatey C, Testa A, Vidan J, et al. Persistent left superior vena cava draining into the coronary sinus: report of 10 cases and literature review. *Clin Cardiol.* 2004; 27: 515-8.
26. Tutar E, Ekici F, Atalay S, Nacar N. The prevalance of bicuspid aortic valve in newborns by echocardiographic screening. *Am Heart J.* 2005;150:513-5.
27. Shuford WH, Sybers RG, Edwards FK. The three types of aortic arch. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.* 1970;109:67-74
28. Bevelaque F, Schicchi JS, Haas F, Axen K, Levin N. Aortic arch anomaly presenting as exercise-induced asthma. *Am Rev respir Dis.* 1989;140:805-8.
29. Gross RE. Arterial malformations which cause compression of trachea and eosophagus. *Circulation.* 1955;2:124-34
30. Hogg JP, Dominic AJ, Counselman RL, Hurst JL. Expanding aneurysm of aberant right subclavian artery. Case report and imaging evalution. *Clin Imag.* 1997;21:195-9.
31. Yoo SJ, Lim TH, Park IS, et al. Defects of the interventricular septum of the heart: en face MR imaging in the oblique coronal plane. *AJR Am J Roentgenol.* 1991; 157:943-46.
32. Jacobs W, Chamoun A, Stouffer GA. Mitral valv prolapse: A review of the literature. *Am J Med Sci.* 2001; 321:401-10.
33. Hauser M. Congenital anomalies of the coronary arteries. *Heart.* 2005;91:1240-5.

34. Garg N, Tewari S, Kapoor A, et al. Primary congenital anomalies of the coronary arteries: a coronary: arteriographic study. *Int J Cardiol.* 2000;74:39-46.
35. Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation.* 2002; 105: 2449-54.
36. Taylor AJ, Virmani R. Koroner arter anomalileri. *Crawford Kardiyoloji.* (ed: Crawford MH, DiMarco JP), 1. baskı (Türkçe çev.). İstanbul: And yayınevi, 2003.
37. Oto A, Kursaklıoğlu H, İyisoy A, Çelik T, Günay C. *Koroner arter anomalileri.* 1. Baskı. Ankara: Hacettepe Ün. Hastaneleri basımevi, 2005, p.16-91.
38. Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, et al. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Clinical Cardiology) and Congenital Cardiac Defects Committee (Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. *Circulation.* 1996; 94: 850-56.
39. Van Ooijen PMA, Dorgelo J, Zijlstra F, Oudkerk M. Detection, visualization and evaluation of anomalous coronary anatomy on 16-slice multidetector-row CT. *Eur Radiol.* 2004; 14: 2163-71.
40. Yamanaka O, Hobbs RE. Coronary artery anomalies in 126,595 patients undergoing coronary arteriography. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1990; 21: 28-40.
41. Basso C, Corrado D, Thiene G. Coronary artery anomalies and sudden death. *Card Electrophysiol Rev.* 2002 Feb;6(1-2):107-11.
42. Cam F, Gungor H, Unal M, et al. Ischaemic ventricular fibrillation in a patient with single coronary artery from the right sinus of valsalva and rudimentary coronary artery in the left sinus of valsalva. *Heart Lung Circ.* 2013 Nov;22(11):962-3.
43. Moltedo JM, Kopf G, Melo DM. Right coronary artery arising from the left ventricular outflow tract: a rare congenital anomaly of the coronary arteries. *Pediatr cardiol.* 2003;24: 598-600.

44. Berger PB. (). Diagnostic Coronary Angiography and Ventrilography. *Mayo Clinic Cardiology Review*. (ed Murphy JG). Second ed, 2000: p871-880.
45. Topaz O, De Marchena EJ, Perin E, et al. Anomalous coronary arteries: angiographic findings in 80 patients. *Int J Cardiol*. 1992; 34: 129-38.
46. Walker Fiona, Webb Gary. Congenital coronary artery anomalies: The adult perspective. *Coronary Artery Disease*: vol 12(8), Dec;2001: 599-604.
47. Parmley WW, Chatterjee K. Coronary arterial anomalies. *Cardiology*. 1989:178-84.
48. Baltaxe HA, Wixson D. The incidence of congenital anomalies of the coronary arteries in the adult population. *Radiology*. 1977; 122: 47-52.
49. Van der Brandof G, Zilstra F. Separate origin of a large septal perforator branch. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1992; 25: 151-153.
50. Kaya D, Kilit C, Ornat E. Uncommon congenital anomaly of coronar arteries misdiagnosed as intracoronary trombus: Woven coronary artery disease. *Anadolu Kardiyol Derg*. 2006 Dec; 6(4): 383-4.
51. Mesquita SMF, Castro CRP, İkari NM, et al. Likelihood of left main coronary artery compression based on pulmonary trunk diameter in patients with pulmonary hypertension. *Am J Med*. 2004 Mar 15;116(6):369-74
52. Kawasuji M, Sakakibara N, Matsumoto Y, et al. Occlusion of the left coronary ostium due to fusion of the aortic cusp to the wall. *Ann Thorac Surg*. 1995; 59: 233-34.
53. Amoroso G, Battolla L, Gemignani C, et al. Myocardial bridging on left anterior descending coronary artery evaluated by multidetector computed tomography. *Int. J. Cardiol*. 2004;95: 335-37.
54. Tio RA, Van Gelder IC, Boonstra PW, et al. Myocardial bridging in a survivor of sudden cardiac near-death: role of intracoronary Doppler flow measurements and angiography during dobutamine stress in the clinical evaluation. *Heart*. 1997;77: 280-82.
55. Adapınar B. *Temel radyoloji tekniği*. 3. Baskı. (ed:Kaya T, Adapınar B, Özkan R). İstanbul: Güneş-Nobel, 1997: p.316-72.

56. Baykal B, Oyar O. Tıbbi görüntüleme fiziği. 1. baskı. (ed: Oyar O, Gülsoy UK). *Bilgisayarlı Tomografi Fiziği*. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi, 2003: p.235-76.
57. Mahesh M, Cody DD. Physics of cardiac imaging with multiple-row detector CT. *Radiographics*. 2007 Sep-Oct;27(5):1495-509.
58. De Feyter PJ, Nieman K. New coronary imaging techniques: what to expect?. *Heart*. 2002; 87: 195-7.
59. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy. *Radiographics*. 2003; 23: 111-25.
60. Nieman K, Rensing BJ, van Geuns RJ, et al. Non-invasive coronary angiography with multislice spiral computed tomography: impact of heart rate. *Heart*. 2002; 88: 470-4.
61. Morgan-Hughes GJ, Marshall AJ, and Roobottom CA. Multislice computed tomography cardiac imaging: current status. *Clin Radiol*. 2002; 57: 872-82.
62. Flohr T, Bruder H, Stierstorfer K, et al. New technical developments in multislice CT, part 2: sub-millimeter 16-slice scanning and increased gantry rotation speed for cardiac imaging. *Rofo*. 2002;174: 1022-7.
63. Grenier PA, Beigelman Aubry C, Fetita C, et al. New frontiers in CT imaging of airway disease. *Eur Radiol*. 2002; 12: 1022-44.
64. Becker CR. Assesment of coronary arteries with CT. *Radiol Clin North Am*. 2002; 40: 773-82.
65. Horiguchi J, Nakanishi T, Ito K. Quantification of coronary artery calcium using multidetector CT and a retrospective ECG-gating reconstruction algorithm. *Am J Cardiol*. 2001; 177:1429-3145.
66. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology*. 2000; 215: 55–62.
67. Saito Y. Multislice X ray CT scanner. *Med Phys*. 1998; 66: 1–8.
68. Mahesh M. Search for isotropic resolution in et from conventional through multiple-row detector. *Radiographics*. 2002; 22: 949–62.

69. Halpern J. *Clinical Cardiac CT: Anatomy and Function*. 2nd ed. New York: Thieme, 2011.
70. Boudoulas H, Rittgers SE, Lewis RP, et al. Changes in diastolic time with various pharmacologic agents: implication for myocardial perfusion. *Circulation*. 1979 Jul;60(1):164-9.
71. Kantarcı M, Duran C, Durur I, Ulusoy L, ve ark. Koroner arterlerin değerlendirilmesinde multidedektör BT Anjiyografi: Teknik, anatomi ve varyasyonlar. *Bilgisayarlı Tomografi Bülteni*, 2004;8:90-8.
72. Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A, et al. Non-invasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography. Results in 102 patients. *Eur Heart J*. 2002 Nov;23(21):1714-25.
73. Okur A, Kantarcı M. MDBT Koroner Anjiyografi. İstanbul: Aktif yayınevi; 2006: p.31.
74. Lawler LP, Pannu HK, Fishman EK. MDCT evaluation of the coronary arteries, 2004: how we do it data acquisition, postprocessing, display, and interpretation. *AJR Am J Roentgenol*. 2005 May;184(5):1402-12.
75. Kantarci M, Ceviz N, Durur I, et al. Effect of the reconstruction window obtained at the isovolumic relaxation period on the image quality in electrocardiographic-gated 16-multidetector-row computed tomography coronary angiography studies. *J Comput Assist Tomogr*. 2006 Mar-Apr;30(2):258-61. spiral CT. *Circulation*. 2000 Dec 5;102(23):2823-8.
76. Nakanishi T, Kayashima Y, Inoue R, et al. Pitfalls in 16-detector row CT of the coronary arteries. *Radiographics*. 2005 Mar-Apr;25(2):425-38; discussion 438-40.
77. Gerber TC, Kuzo RS, Morin RL. Techniques and parameters for estimating radiation exposure and dose in cardiac computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2005; 21: 165–76.
78. Rubin GD, Schmidt AJ, Logan LJ, Sofilos MC. Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff: initial experience. *Radiology*. 2001; 221: 146–58.

79. Martin ML, Tay KH, Flak B, et al. Multidetector CT angiography of the aortoiliac system and lower extremities: a prospective comparison with digital subtraction angiography. *Am J Roentgenol*. 2003; 180: 1085–91.

80. Katritsis D, Efstathopoulos E, Betsou S, et al. Radiation exposure of patients and coronary arteries in the stent era: A prospective study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2000; 51: 259–64.

81. Trabold T, Buchgeister M, Kuttner A, Heuschmid M, Kopp AF, Schroder S, Claussen CD. Estimation of radiation exposure in 16-detector row computed tomography of the heart with retrospective ECG-gating. *Rofo*. 2003; 175: 1051–5.

82. Choi HS, Choi BW, Choe KO, et al. Pitfalls, artifacts, and remedies in multi-detector row CT coronary angiography. *Radiographics*. 2004 May-Jun;24(3):787-800.

83. Prokop M. Multidetector CT angiography. *Eur J Radiol*. 2000; 36(2): 86-96.

84. Kalender WA, Prokop M. 3D CT angiography. *Crit Rev Diagn Imaging*. 2001;42: 128.

85. Prokop M, Shin HO, Schanz A, Schaefer-Prokop CM. Use of maximum intensity projections in CT angiography: a basic review. *Radiographics*. 1997; 17: 433-51.

86. Ogawa T, Okudera T, Noguchi K et al. Cerebral aneurysms: Evaluation with Three dimensional CT Angiography. *AJNR Am J Neuradiol*. 1996; 17: 447-54.

87. Lawler L, Fishman E. Multi-detector row CT of thoracic disease with emphasis on 3D volume rendering and CT angiography. *RadioGraphics*. 2001; 21: 1257-73.

88. Van Ooijen P, van Geuns R, Rensing B, et al. Noninvasive coronary imaging using electron beam CT: surface rendering versus volume rendering. *AJR Am J Roentgenol*. 2003; 180:223-26.

89. Galanski M, Prokop M, Van der Mole: Spiral and Multislice CT of the Body. Part 3:Image processing and display, Stuttgart, *Thieme*, 2003: 46-82

90. Duddalwar VA. Multislice CT angiography: a practical guide to CT angiography in vascular imaging and intervention. *Br J Radiol.* 2004; 77 (Spec No 1): 27-38.
91. Rubin GD. 3-D imaging with MDCT. *Eur J Radiol.* 2003; 45 (Suppl 1):37-41.
92. Tsai IC, Chen MC, Jan SL, Wang CC, et al. Neonatal cardiac multidetector row CT: why and how we do it. *Pediatr Radiol.* 2008 Apr;38(4):438-51.
93. Cohen MD, Smith JA. Intravenous use of ionic and nonionic contrast agents in children. *Radiology.* 1994 Jun;191(3):793-4.
94. Frush DP. Thoracic cardiovascular CT: technique and applications. *Pediatr Radiol.* 2009 Jun;39 Suppl 3:464-70.
95. Shriki JE, Shinbane JS, Rashid MA et al. Identifying, characterizing, and classifying congenital anomalies of the coronary arteries. *Radiographics.* 2012 Mar-Apr;32(2):453-68
96. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR.(2006).Appropriateness Criteria for Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *Journal of the American College of Cardiology.* 2006; 48-7.
97. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS, et al. Assessment of coronary artery disease by cardiac computed tomography: a scientific statement from the american heart association committee on cardiovascular imaging and intervention, council on cardiovascular radiology and intervention, and committee on cardiac imaging, council on clinical cardiology. *Circulation.* 2006;114;1761-1791.
98. Russo V, Gostoli V, Lovato L, et al. Clinical value of multidetector CT coronary angiography as a preoperative screening test before non-coronary cardiac surgery. *Heart.* 2007;93: 1591-8.
99. Roberts WT, Bax JJ, Davies LC. Cardiac CT and CT coronary angiography: technology and application. *Heart.* 2008;94;781-92.

100. Hekimoglu K, Doğan SM, Gündoğdu S. Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi Gelişim Sürecinde Gelineen Düzey ve Beklentiler. *İÜ Kardiyol Enst Derg.* 2007; 6 (4:) 27-32.
101. Siripornpitak S, Pornkul R, Khowsathit P, Layangool T, Promphan W, Pongpanich B. Cardiac CT angiography in children with congenital heart disease. *Eur J Radiol.* 2013; Jul;82(7):1067-82.
102. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J.* 2008;29:531-56.
103. Prat-Gonzalez S, Sanz J, Garcia MJ. Cardiac CT: indications and limitations. *J Nucl Med Technol.* 2008;36:18-24.
104. Min JK, Wann S. Indications for coronary and cardiac computed tomographic angiography. *Cardiol Rev.* 2007;15:87-96.
105. Goitein O, Salem Y, Jacobson J, et al. The role of cardiac computed tomography in infants with congenital heart disease. *Isr Med Assoc J.* 2014 Mar;16(3):147-52.
106. Krishnamurthy R. The role of MRI and CT in congenital heart disease. *Pediatr Radiol.* 2009;39: 196–204.
107. Yüce I, Tanboga IH, Bayraktutan Ü, Aksakal E, et al. Assessment of left-ventricular diastolic function in diabetic patients: the role of cardiac MR imaging. *Turk J Med Sci.* 2013;43: 118-124.
108. Khatri S, Varma SK, Khatri P, Kumar RS. 64-slice multidetector-row computed tomographic angiography for evaluating congenital heart disease. *Pediatr Cardiol.* 2008, 29: 755-762.
109. Warnes CA. Bicuspid aortic valve and coarctation: two villains part of a diffuse problem. *Heart.* Sep 2003; 89(9): 965-966.
110. Kantarcı M, Okur A. Kardiyak bilgisayarlı tomografi (BT)'de buluşlar: kesit mücadelesi, dual enerji, myokardiyal perfüzyon spesifik kontrast maddeler. *Kardiyak görüntüleme-1. Trd Sem.* 2013; 1: 165-174.

111. Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ, Hoffmann MH. Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol* 2004; 14: 2172–81.

112. Mohlenkamp S, Hort W, Ge J, Erbel R. Update in myocardial bridging. *Circulation* 2002; 106:2616-2622.

113. Yano K, Yoshino H, Taniuchi M, et al. Myocardial bridging of the RIA in acute inferior wall myocardial infarction. *Clin Cardiol*. 2001; 24: 202–208.

114. Johnson LW, Lozner EC, Johnson S, et al. Coronary arteriography 1984–1987: a report of the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. Results and complications. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1989 May;17(1):5–10.

115. Tricarico F, Hlavacek AM, Schoepf UJ, et al. Cardiovascular CT angiography in neonates and children: image quality and potential for radiation dose reduction with iterative image reconstruction techniques. *Eur Radiol*. 2013 May;23(5):1306-15.

116. Chang CF, Lin CC. Current concepts of contrast-induced nephropathy: a brief review. *J Chin Med Assoc*. 2013 Dec;76(12):673-81.

117. Lee J, Cho JY, Lee HJ, et al. Contrast-induced nephropathy in patients undergoing intravenous contrast-enhanced computed tomography in Korea: a multi-institutional study in 101487 patients. *Korean J Radiol*. 2014 Jul-Aug;15(4):456-63.

118. Vorobiof G, Achenbach S, Narula J. Minimizing radiation dose for coronary CT angiography. *Cardiol Clin* 2012;30:9-17.

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
YEREL ETİK KURUL

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

ÇALIŞMANIN ADI (Araştırma başvuru formunda bölüm A.2'de yer alan araştırma adı kullanılmalıdır.) :

Doğumsal kalp ve damar hastalıkları ile kalp ve damar sistemine ait yapısal farklılıkların değerlendirilmesinde bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografinin etkinliği

Bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağını çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız ve eğer istiyorsanız özel veya aile doktorunuzla konuyu değerlendiriniz. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Eğer isterseniz, bu çalışmaya katılımınızla ilgili olarak hekiminiz / aile doktorunuz bilgilendirilecektir. Çalışma amacıyla yapılan normal muayeneniz sırasında istenilen tetkikleriniz dışındaki tüm laboratuvar testleri çalışma destekleyicisi tarafından karşılanacak; size veya bağlı bulunduğunuz özel sigorta veya resmi sosyal güvenlik kurumuna ödetilmeyecektir.

ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI:

Bu çalışma hastanemizin erişkin ve çocuk kardiyolojisi bölümlerine göğüs ağrısı, nefes darlığı, çarpıntı gibi klinik belirtiler ile başvuran hastaları, doğum öncesinde ya da doğumdan sonra tetkik ve muayane bulguları veya ekokardiyografi (EKO) ile doğumsal kalp ve damar hastalığı ön tanısı düşünülen olguları ya da tanı konularak takibi veya ameliyat öncesi hazırlığı yapılan hastaları kapsamaktadır. Endikasyonlar dahilinde kardiyak bilgisayarlı tomografi anjiyografi çekilmek üzere radyoloji kliniğine yönlendirilen hastaların çekim sonrasında tetkikleri incelenerek kardiyak BT anjiyografinin doğumsal kalp ve damar hastalıkları ile kalp ve damar yapılarına ait yapısal farklılıkları değerlendirmedeki etkinliğinin gösterilmesi amaçlanmaktadır.

ÇALIŞMA İŞLEMLERİ:

(Gönüllüden kan alınacak ise kan miktar 2 ml (bir çay kaşığı) / 5 ml (bir tatlı kaşığı) şeklinde belirtilmelidir Çalışma işlemlerinin hasta açısından yan etkileri, riskleri ve rahatsızlıkları açıklanmalıdır.)

Size klinik belirtileriniz, muayene bulgularınız ve yapılan diğer tetkikleriniz doğrultusunda gerekli görülerek istem yapılan kardiyak bilgisayarlı tomografi anjiyografi tetkiki çekilecektir. Tetkikiniz ilgili radyoloji hekimi tarafından değerlendirilerek raporlandırılacaktır. Bu çalışmada tetkik için gerekli mevcut çekim protokolleri dışında ek bir işlem uygulanmayacak olup çekim sonrasında görüntüleriniz doğumsal kalp ve damar hastalıkları ile kalp ve damar yapılarına ait yapısal farklılıklar açısından incelenecektir. Bu şekilde bilgisayarlı tomografi anjiyografinin hastalığınızın tanısını belirlemedeki ve takipteki etkinliği saptanacaktır. Bu onam formu çalışmamızda görüntülerinizi kullanabilmemiz için izninizi almak amacıyla hazırlanmıştır.

ÇALIŞMAYA KATILMAMIN OLASI YARARLARI NELERDİR?

Diğer tetkik ve muayene bulguları sonucunda tanı ve tedavi için yeterli veriye ulaşılamayan, daha detaylı değerlendirme ve görüntüleme gerektiren olgular kardiyak bilgisayarlı tomografi anjiyografi ile değerlendirilerek tanı ve tedaviye katkı sağlanacaktır.

KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?

Kardiyak bilgisayarlı tomografi anjiyografi ile elde edilen görüntüler doğumsal kalp ve damar hastalıkları ile kalp ve damarlara ait yapısal farklılıklar açısından incelenecektir.

SORU VE PROBLEMLER İÇİN BAŞVURULACAK KİŞİLER :

1. Prof.Dr.Yüksel PABUŞÇU, Radyoloji Anabilim Dalı
2. Araştırma Görevlisi Dr.Nur SOYLU, Radyoloji Anabilim Dalı
3. Prof.Dr.Şenol Coşkun, Çocuk Kardiyolojisi Anabilim Dalı

Çalışmaya Katılma Onayı

Yukarıdaki bilgileri doktorumla ayrıntılı olarak tartıştım ve kendisi bütün sorularımı cevapladı. Bu bilgilendirilmiş olur belgesini okudum ve anladım. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorum ve bu onay belgesini kendi hür irademle imzalıyorum. Bu onay, ilgili hiçbir kanun ve yönetmeliği geçersiz kılmaz. Doktorum saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

<i>Gönüllü Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

<i>Veli / Vasinin Adı</i> <i>Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

<i>Tanık¹ Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

<i>Araştırmacı² Adı</i> <i>Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

1: Gönüllünün bilgilendirilme işlemine başından sonuna dek tanıklık eden kişi

2: Gönüllüyü araştırma hakkında bilgilendiren kişi