



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

**ARKUS AORTA DALLANMA PATERNİ
VARYASYONLARININ VE VERTEBRAL ARTER
DOMİNANSİ-HİPOPLAZİ SIKLIĞININ ÇOK
KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. EMRAH TERZİOĞLU
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI
Dr.Öğr. Üyesi Çağrı DAMAR**

HAZİRAN-2020

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

**ARKUS AORTA DALLANMA PATERNİ
VARYASYONLARININ VE VERTEBRAL ARTER
DOMİNANSİ-HİPOPLAZİ SIKLIĞININ ÇOK
KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

**Dr. EMRAH TERZİOĞLU
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI
Dr.Öğr. Üyesi ÇAĞRI DAMAR**

TEZ ONAY SAYFASI

TEZ ONAY SAYFASI

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

TEZİN ADI

Arkus aorta dallanma paterni varyasyonlarının ve vertebral arter dominansı-hipoplazi sıklığının çok kesitli bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi

DR Emrah TERZİOĞLU

19.06.2020

Tıp Fakültesi Dekanlığı Onayı

Prof Dr. Can DEMİREL
Tıp Fakültesi Dekanı



Bu tez çalışmasının "Tıpta Uzmanlık" derecesine uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

Prof.Dr. Ahmet METE
Anabilim Dalı Başkanı



Bu tez tarafımdan okunmuş ve her yönü ile "Tıpta Uzmanlık" tezi olarak uygun ve yeterli bulunmuştur.

Dr.Öğr.Üyesi Çağrı DAMAR
Tez Danışmanı



TEZ JÜRİSİ:

1. Dr.Öğr.Üyesi Çağrı DAMAR
2. Dr.Öğr.Üyesi Seda Nida KARAKÜÇÜK (K.Maraş Sütçü İmam Üniv.)
- 3- Dr.Öğr.Üyesi M. Sait MENZİLCİOĞLU



I.ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini, tezimin planlanması ve tamamlanmasında katkılarını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Çağrı DAMAR'a, uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Ahmet METE, Doç. Dr. Feyza YILMAZ, Dr. Öğr. Üyesi Melih AKŞAMOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Sait MENZİLCİOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Hamdi ŞAHAN'a, uzmanlık eğitimim boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen, birlikte çalışmaktan keyif aldığım tüm asistan arkadaşlarıma ve ekip arkadaşlarıma, bugünlere gelmemi sağlayan, hayatımın her aşamasında beni destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Dr. EMRAH TERZİOĞLU

Gaziantep- 2020

.ÖNSÖZ.....	I
II.İÇİNDEKİLER.....	II
III.ÖZET.....	III
IV.ABSTRACT.....	VII
V.KISALTMALAR.....	VIII
VI.TABLO LİSTESİ.....	IX
VII.GRAFİK LİSTESİ.....	X
VIII.ŞEKİL LİSTESİ.....	XI
IX.RESİM LİSTESİ.....	XII
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	2
2.1 Vasküler Görüntüleme Teknikleri.....	2
2.1.1 Doppler Ultrasonografi (Doppler US).....	2
2.1.2 Dijital Subtraksiyon Anjiyografisi (DSA).....	3
2.1.3 Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA).....	4
2.2 Bilgisayarlı Tomografi.....	5
2.2.1 Bilgisayarlı Tomografinin Temel Prensipleri.....	5
2.2.2 Jenerasyon Evreleri.....	6
2.2.3 Görüntü Oluşumu.....	10
2.2.4. Görüntüleme Alanı (FOV=Field of view).....	8
2.2.5. Gantri rotasyon süresi:.....	10
2.2.6. Dedektörler:.....	10
2.2.7. İnce Kesit Kalınlıkları:.....	11

2.2.8. DAS (Veri elde etme düzeni):.....	11
2.2.9. Üç Boyutlu Gösterim:.....	12
2.2.10. Bilgisayarlı Tomografi Anjiografi (BTA):.....	13
2.2.11. Görüntü Kalitesi:.....	14
2.2.12. ÇKBT Anjiografide Sık Kullanılan Kontrast Madde Enjeksiyonu Zamanlama Teknikleri.....	14
2.2.12.1. Sabit Gecikme Tekniği:.....	14
2.2.12.2. Test Bolus Tekniği:.....	14
2.2.12.3. Bolus Tracking Tekniği:.....	14
2.2.13. Radyasyon Dozu:.....	15
2.2.14. Kontrast Maddeler.....	16
2.2.14.1. Yüksek Osmolariteli Kontrast Maddeler.....	16
2.2.14.2. Düşük Osmolariteli Kontrast Maddeler.....	17
2.2.14.3 Düşük Osmolariteli Non İyonik Kontrast Maddeler.....	17
2.2.14.4. Düşük Osmolariteli İyonik Kontrast Maddeler.....	17
2.2.14.5 Kontrast Madde Reaksiyonları.....	18
2.3 Aorta'nın Anatomisi.....	18
2.3.1 Pars Ascendens Aortae.....	18
2.3.2 Pars descendens aortae.....	19
2.3.3. Arcus Aorta.....	21
2.3.3.1. Arcus Aortae'nin Dalları.....	22
2.3.3.2.Arteria Vertebralis'in Anatomisi.....	25
2.3.3.2.1. V1 (ekstraosseöz) segment.....	25
2.3.3.2.2 V2(foraminal) segment.....	25
2.3.3.2.3. V3 (extraspinal) segment.....	26
2.3.3.2.4 V4 (intradural) segment.....	26
2.3.3.2.5. Vertebral Arter'in Dalları.....	26
2.3.3.2.6 Vertebral arter varyantları, anomalileri.....	27
2.3.4. Arkus aorta gelişim ve anomalilerinin embriyolojisi.....	28
2.3.5 Vertebral arterlerin embriyolojisi.....	30
2.3.6 Aortik ark varyasyonları ve anomalileri.....	30
Sınıflandırma.....	30
2.3.6.1 Sol aortik ark.....	31
2.3.6.1.1. Normal sol aortik ark dallanma paterni.....	31
2.3.6.1.2. Aortik ark dallanma paterninde normal varyasyonlar.....	32
2.3.6.1.2.1 Hatalı bir şekilde bovine ark olarak adlandırılan varyasyon.....	32
2.3.6.1.2.2. Vertebral arter orijin varyasyonları.....	33

2.3.6.1.2.3. Aberran sağ subklavyen arter (ARSA).....	34
2.3.6.1.2.4. Kommerell divertikülü ile birlikte ARSA.....	34
2.3.6.1.2.5. Sol aortik ark ile birlikte arkta izole subklavyen arter.....	35
2.3.6.1.2.6 Sol sirkumfleks aorta.....	35
2.3.6.2. Sağ aortik ark (RAA).....	36
2.3.6.2.1. Tip I-Sağ aortik ark ve ayna görüntüsü tipi dallanma.....	36
2.3.6.2.2. Tip II — aberran sol subklavyen arterli RAA.....	36
2.3.6.2.3. Tip III — İzole subklavyen arterli RAA.....	37
2.3.6.2.4. Sağ sirkumfleks aorta.....	38
2.3.6.3. Çift aortik ark.....	39
2.3.6.3.1. Bir arkı kısmi / tam atretik olan çift aortik ark.....	39
2.3.6.3.2. Atretik çift aortik ark ve ayna görüntüsü dallanma ile RAA.....	39
2.3.6.3.3. Atretik çift aortik ark ve aberran subklavyen arterli sağ aortik ark.....	40
2.3.6.4. Servikal aortik ark.....	41
2.3.6.5. Interrupted aortik ark.....	41
2.3.6.5.1. Interrupted aortik ark ve aortik arkın atrezisi.....	44
2.3.6.6. Aort koarktasyonu ve psödokoarktasyonu.....	44
3.MATERYAL VE METOD.....	46
5.OLGULARDAN ÖRNEKLER.....	51
6.TARTIŞMA.....	14
7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	18
8.KAYNAKLAR.....	20

III.ÖZET

ARKUS AORTA DALLANMA PATERNİ VARYASYONLARININ VE VERTEBRAL ARTER DOMİNANSİ-HİPOPLAZİ SIKLIĞININ ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Emrah Terzioğlu
Uzmanlık Tezi, Radyoloji Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr.Öğr Üyesi Çağrı DAMAR
Haziran 2020, 102 sayfa

Amaç: Aortik arkın anatomik varyantları ve dallanma paternleri genellikle rutin bilgisayarlı tomografi (BT) taraması sırasında rastlantısal bir bulgu olarak görülür. Bu varyasyonlar endovasküler girişimler yaparken veya baş boyun cerrahisi söz konusu olduğunda önem arzedebilir veya disfaji gibi semptomlara neden olabilir. Bu çalışma çok kesitli bilgisayarlı tomografi görüntüleme tekniği ile hastalarda aortik arktan köken alan arterlerde bulunan yaygın anatomik varyasyonları analiz etmek, aortik ark dallanmalarındaki varyasyonların Türk popülasyonundaki yaygınlığını belirlemek ve cinsiyet, dallanma varyantları ve asimetrik vertebral arterler arasındaki ilişkileri değerlendirmeyi amaçlamıştır. Ek olarak Türk toplumundaki relatif vertebral arter dominansi-hipoplazi sıklığının belirlenmesini amaçladık

Materyal ve Metod: Ağustos 2009 ile 2019 tarihleri arasında çeşitli endikasyonlarla toraks bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) ile değerlendirilen 1003 erkek, 1034 kadın, toplamda 2037 olgu çalışmaya dahil edildi. Olgular 64 kesit BT cihazıyla 0,625-2 mm kesit kalınlığı ve tek faz kontrastlı inceleme ile tarandı. Aksiyel görüntülerden 2 boyutlu multiplanar reformatlar, MIP ve volume rendering yöntemleri ile 3 boyutlu görüntüler oluşturuldu. Aortik ark dallanma varyasyonlarına Wang ve

ark.'nın sınıflamasına göre A'dan E ye kadar harfler ve rakamlar atandı. Aortik ark dallanma varyasyonlarının prevalansı, cinsiyet ile ilişkisi, vertebral arterlerin V1 segmentleri üzerinden hipoplazi ve dominansi prevalansı ve bunların birbiriyle ilişkisinin araştırılması hedeflendi.

Bulgular: Çalışmamız 2037 olgu ile bugüne kadar ülkemizde oluşturulmuş en geniş seriyi oluşturması bakımından önemlidir. Çalışmamızda normal olarak bilinen ve tip A olarak sınıflandırdığımız klasik dallanma paterni 1562 olguda (%76,7) izlenmiştir. Geriye kalan 475 hastada (%24,3) aortik ark dallanmasında çeşitli varyasyonlar gözlenmiştir. En sık görülen varyasyon 315 olguda (%15,5) görülen sol ana karotis arter'in truncus brachiocephalicus' dan orijin aldığı bovine aortik ark olarak isimlendirilen tip B1 olarak sınıflandırdığımız varyasyondur. İkinci sırada 97 olguda (%4,7) tespit ettiğimiz sol vertebral arterin sol ana karotis arter ve sol subklavyen arterin arasından direkt aortik arkten köken aldığı ve tip C1 olarak sınıflandırdığımız varyasyon yer almaktadır. 29 olguda (%1,4) aberran sağ subklavyen arter, 7 olguda (%0,35) sağ aortik ark, 4 olguda (%0,2) çift aortik ark, 1 olguda situs inversus totalis tespit edilmiştir. Ayrıca 5 olguda aort koarktasyonu izlenmiştir.

Çalışmamızda vertebral arter dominansi (VAD) 512 vakada (% 25,3) saptanmış olup bu vakaların 204 tanesinde (% 10,1) sağ VAD, 308 tanesinde (% 15,2) sol VAD izlenmiştir.

Vertebral arter hipoplazisi (VAH) çalışmamızda 405 olguda (%19,9) izlenmiş olup bu olguların 246 tanesinde (%12) sağ VAH, 159 tanesinde (%7,9) sol VAH saptanmıştır.

Sonuç: Aortik ark dallanma varyasyonlarının prevalansı coğrafik olarak değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak yüksektir. Coğunluğu klinik olarak önemsiz olan bu varyasyonlar özellikle baş ve boyun cerrahisi veya girişimsel radyolojik işlem planlanan hastalarda önem arz ettiği için vasküler cerrahlar, girişimsel radyologlar ve baş-boyun cerrahlarının bu anomalilerden planlanan cerrahi veya girişimsel radyolojik işlem öncesinde haberdar olması bir gerekliliktir. Rutin BT taramaları sırasında tesadüfen saptanan vasküler varyasyonlar daima rapor edilmelidir. Bulgularımız aortik ark varyantlarının ve dallarının değerlendirilmesinde hızlı ve güvenli bir tanı yöntemi olan ÇKBT'nin, multiplanar reformat rekonstrüksiyon görüntülerinin katkısı nedeniyle güvenilir sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Bulgularımıza göre kadınlarda aortik ark dallanma varyasyonları insidansı erkeklere oranla anlamlı şekilde artmış görünmektedir. Sol vertebral arterin aortik arkta direkt olarak çıktığı varyatif durumlar sağ VAD ve sol VAH ile kuvvetli bir şekilde ilişkili bulunmuştur. Çalışmamız vertebral arterlerin dominansı ve hipoplazisinin relatif sıklığı hakkında da basit bilgi sunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Anatomik varyasyon, aortik ark, multidedektör bilgisayarlı tomografi, vertebral arter hipoplazisi

IV.ABSTRACT

MULTI-DETECTOR COMPUTERIZED TOMOGRAPHY EVALUATION OF AORTIC ARCH BRANCHING PATTERN VARIATIONS AND VERTEBRAL ARTERY DOMINANCE- HYPOPLASIA FREQUENCY

Dr. EMRAH TERZİOĞLU
Residency Thesis, Department of Radiology
Thesis Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi ÇAĞRI DAMAR
June 2020, 102 pages

Purpose: Anatomic variants and branching patterns of the aortic arch are often seen as a random finding during routine computed tomography (CT) scanning. These variations may be important or cause symptoms such as dysphagia when performing endovascular interventions or head and neck surgery. This study analyzed the common anatomic variations in aortic arch branches in patients with multislice computed tomography imaging technique, the prevalence of variations in the aortic arch branches in the Turkish population. It aimed to identify and evaluate relationships between gender, branching variants, and asymmetric VAs. In addition, we aimed to determine the relative frequency of vertebral artery dominance-hypoplasia in Turkish society.

Material and method: Between August 2009 and 2019, 1003 men, 1034 women, totally 2037 cases were evaluated with thoracic computed tomography angiography (CTA) for various indications. 2-dimensional multiplanar reformats, 3-dimensional images were created with MIP and volume rendering methods. Aortic arch branching variations were assigned letters and numbers according to the classification of Wang et al. Prevalence of aortic arch branching variations It was aimed to investigate the

prevalence of hypoplasia and domination over the V1 segments of the vertebral arteries and their relationship with each other.

Findings: Our study is important that it constitutes the largest series created in our country with 2037 cases. The classical branching pattern known as normal is in our study classified as type A was observed in 1562 cases (76.7%). Different kinds of variations were observed in the remaining 475 patients (24.3%) in aortic arch branching. The most common variation was the variation that we classified as type B1, which was named as bovine aortic arc, which ACCS received from TB originated in 315 cases (15.5%). The second row is the variation in which the left vertebral artery we detected in 97 cases (4.7%) originated directly from the aortic arch between ACCS and ASS and classified as type C1. 29 aberrant right subclavian artery in 7 cases (1.4%) 0.35) right aortic arch, double aortic arch in 4 cases (0.2%), and situs inversus totalis in 1 case. In addition, aortic coarctation was observed in 5 cases.

In our study, vertebral artery dominance (VAD) was detected in 512 cases (25.3%), in 204 of these cases (10.1%), right VAD and in 308 (15.2%) left VAD.

In our study, vertebral artery hypoplasia (VAH) was observed in 405 cases (19.8%), in 246 (12%) of them, right VAH and in 159 (7.8%) of left VAH.

Conclusion: The prevalence of aortic arch branching variations is high and varies geographically. Vascular surgeons, interventional radiologists, head and neck surgeons should be aware of these anomalies before the planned surgery or interventional radiological procedure, since these variations, generally which are clinically insignificant, are particularly important in patients who scheduled for head and neck surgery or interventional radiological procedures. Vascular variations which are detected incidentally during routine CT scans should always be reported. Our findings showed that MSCT, which is a fast and safe diagnostic method in the evaluation of aortic arch variants and branches, produces reliable results due to the contribution of multiplanar reformat reconstruction images. According to our findings, the incidence of aortic arch branching variations in women appears to be significantly increased compared to men. Variations in which the left vertebral artery arises directly from the aortic arch were strongly associated with right VAD and left VAH. Our study

also provided simple information about prevalence and relative frequency of vertebral artery dominance and hypoplasia among the Turkish population

Key Words: Anatomical variation, aortic arch, multidetector computed tomography, vertebral artery hypoplasia



V.KISALTMALAR

US: Ultrasonografi
RDUS: Renkli Doppler Ultrasonografi
DSA: Dijital Substraksiyon Anjiografi
MRA: Manyetik Rezonans Anjiografi
MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme
BT: Bilgisayarlı Tomografi
ÇKBT: Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi
BTA: Bilgisayarlı Tomografi Anjiografi
BOS: Beyin Omurilik Sıvısı
TOF: Time Of Flight
PCA: Faz Kontrast Anjiografi
SNR: Signal Noise Ratio
EMI: Electrical and Musical Industries
HU: Hounsfield Unit
FOV: Field Of View
DAS: Data Acquisition System
MPR: Multiplanar Reformat
MIP: Maximum Intensity Projection
SSD: Shaded Surface Display
VRT: Volume Rendering Technique
ROI: Region of Interest
MinIP: Minimum Intensity Projection
kV: Kilovolt
mAs: Miliamper Saniye
mSv: Milisievert
SI: Uluslararası Birimler Sistemi
RR.,rr.: Rami
A., a.: Arteria
AA: Arcus Aortae
N., n.: Nervus

V., v.: Vena

TB: Truncus Brachiocephalicus

ACC: Arteria Carotis Communis

ACCS: Arteria Carotis Communis Sinistra

ACCD: Arteria Carotis Communis Dextra

AS: Arteria Subclavia

ASS: Arteria Subclavia Sinistra

ASD: Arteria Subclavia Dextra

AV: Arteria Vertebralis

AB: Arteria Basillaris

ICA: Arteria Carotis Interna

PICA: Arteria Cerebellaris Posterior Inferior

PDA: Patent Duktus Arteriozus

ARSA: Aberran Sağ Subklavyen Arter

RAA: Sağ Aortik Ark

SİT: Situs Inversus Totalis

VAD: Vertebral Arter Dominansi

VAH: Vertebral Arter Hipoplazisi

VI.TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çeşitli radyolojik tetkiklere ait efektif dozlar

Tablo 2: Çalışmadaki olguların cinsiyete göre dağılımı

Tablo 3: Olguların arcus aorta dallanma paternlerine göre dağılımı

Tablo 4: Olguların vetrberal arter dominansi-hipoplazi açısından dağılımı

Tablo 5: Sol vertebral arterin direk aortik arktan çıktığı dallanma paternleri ile vertebral arter dominansi-hipoplazi prevalansının ilişkisi

Tablo 6: Arkus aorta dallanma paternlerinin sıklığının cinsiyet ile ilişkisi

Tablo 7: Vertebral arter dominansi-hipoplazi sıklığı ile cinsiyet ilişkisi

Tablo 8: Literatürde arkus aorta dallanma paternleri ile ilgili büyük olgu grupları ile yapılan çalışmalar

Tablo 9: Literatürde vertebral arter dominansi-hipoplazi prevalansı ile ilgili büyük olgu grupları ile yapılan çalışmalar

VIII.ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.** Birinci jenerasyon BT cihazı
- Şekil 2.** İkinci jenerasyon BT cihazı
- Şekil 3.** Üçüncü jenerasyon BT cihazı
- Şekil 4.** Dördüncü jenerasyon BT cihazı
- Şekil 5.** Beşinci jenerasyon BT cihazı
- Şekil 6.** Piksel-voksel şematik gösterimi
- Şekil 7.** Pars thoracica aorta ve dalları
- Şekil 8.** Aorta abdominalis ve dallarının önden görünüşü
- Şekil 9.** Superior mediastinumdaki büyük damarların anatomisine ait illüstrasyon
- Şekil 10.** Arkus aorta'nın anterior'dan genel görünüşü ve arteria subclavia'nın dalları
- Şekil 11.** Vertebral arter ve segmentleri
- Şekil 12.** Rathke'nin diyagramı, aortik ark ve dalların gelişiminin şematik gösterimi.
- Şekil 13.** Sol aortik arkın normal dallanma paterninin şematik gösterimi.
- Şekil 14.** Gerçek bovine ark
- Şekil 15.** Hatalı bir şekilde bovine ark olarak adlandırılan varyasyon
- Şekil 16.** Kommerell divertikülü ve aberran sol subklavyen artere ait illüstrasyon
- Şekil 17.** İzole sol subklavyen arter ile sağ aortik arkın şematik gösterimi
- Şekil 18.** Servikal aortik ark.
- Şekil 19.** Interrupted aortik ark, A tipinin şematik gösterimi
- Şekil 20.** Interrupted aortik ark, B tipinin şematik gösterimi
- Şekil 21.** Interrupted aortik ark, C tipinin şematik gösterimi
- Şekil 22.** Aort koarktasyonu

IX.RESİM LİSTESİ

- Resim 1.** Normal aortik dallanma paterni,Tip A
- Resim 2.** Tip B1, Bovine ark
- Resim 3.** Tip B2 dallanma paterni
- Resim 4.** Tip B2 dallanma paterni
- Resim 5.** Tip C1 dallanma paterni
- Resim 6.** Tip C2 dallanma paterni
- Resim 7.** Tip D1 dallanma paterni aberran sağ subklavyen arter
- Resim 8.** Tip D1 dallanma paterni aberran sağ subklavyen arter
- Resim 9.** Tip D2 dallanma paterni
- Resim 10.** Tip D2 dallanma paterni
- Resim 11.** Çift aortik ark,iki ark eşit kalibrasyonda
- Resim 12.** Çift aortik ark,sol atretik
- Resim 13.** Çift aortik ark,sol atretik
- Resim 14.** Çift aortik ark,sol atretik
- Resim 15.** Tip E1, sağ aortik ark ve Kommerell divertikülü
- Resim 16.** Tip E1, sağ aortik ark ve Kommerell divertikülü
- Resim 17.** Tip E1, sağ aortik ark ve Kommerell divertikülü
- Resim 18.** Situs inversus totalis
- Resim 19.** Situs inversus totalis
- Resim 20.** Aort koarktasyonu, kollateral arteriyel yapılar
- Resim 21.** Aort koarktasyonu
- Resim 22.** Fallot tetralojili olguda tip E2 sağ aortik ark
- Resim 23.** Fallot tetralojili hastada tip E2 sağ aortik ark

1.GİRİŞ

Aortik ark ve dalları fetal yaşamın ilk birkaç haftasında gelişir (1). Dallanma paterni varyasyonları çoğunlukla başka sebeplerden ötürü yapılan görüntülemeler ile insidental saptanırlar ve trakea-özofagus kompresyon bulguları yoksa veya konjenital kalp hastalıkları ile ilişkili olmadıkça klinik problem yaratmazlar.

Bu varyasyonlar genelde zararsız olmalarına rağmen endovasküler müdahaleler ve cerrahi prosedürlerden önce cerrahlar ve girişimsel radyologlar tarafından bilinmelidir. Klasik anatomide aortik ark sol yerleşimlidir. Normal aortik arkta 3 dal vardır ve dizilimi sağ ana karotis arter ve sağ subklavyen arter dallarını veren brakiosefalik trunkus, sol ana karotis arter ve sol subklavyen arter şeklindedir. Aortik arktaki varyasyonlar ve bu durumla ilişkili olası trakeal veya özofagus kompresyonu noninvaziv multidetektör bilgisayarlı tomografi ile görüntülenebilir (2).

Aortik ark varyasyonlarının prevalansı kadavra çalışmaları, dijital substraksiyon anjiyografi (DSA) ve konvansiyonel kateter anjiyografi kullanılarak araştırılmış ve bu varyasyonlar için literatürde %3,7-49 arasında değişen oranlar bildirilmiştir (3-6). Literatürde aortik ark varyasyonlarının saptanması için BT'nin tanısallık değerini araştıran çeşitli çalışmalarda vardır, ancak büyük hasta grupları içeren ÇKBT kullanımına odaklanmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (7-9).

Vertebral arter (AV), her iki taraftaki subklavyen arterlerin supero-posterior kesiminden köken alır. Spinal kord , iç kulak, beyin sapı, serebellum, orta beyin, talamus , temporal ve oksipital korteksler gibi santral sinir sistemi yapıları için posterior dolaşımın birincil kan kaynağıdır (10, 11).

Bu nedenle, vertebral arterlerin hemodinamiğindeki herhangi bir değişiklik beyincik, beyin sapı, iç kulak ve omurilikte önemli bozukluklara neden olabilir.

Posterior dolaşım iskemileri tüm iskemik inmelere yaklaşık %20'sini temsil eder (12), bu gerçeklik vertebral arter ağacını klinik olarak çok önemli hale getirir.

Vertebral arter proksimal segment (V1), transvers proses segmenti (V2), suboksipital segment (V3) ve intrakraniyal segment (V4) olarak 4 bölümde incelenir (13). V1 vertebral arter orijininden foramen transversariuma giriş noktasına kadar uzanan en proximaldeki segmenttir (14). Bilateral vertebral arterlerin V1 segmentlerinin çapları genellikle eşit olmayıp 2 mm ila 7.5 mm arasındadır (15).

Bu çalışmada, aortik ark dallanma varyasyonlarının geniş bir vaka grubu üzerinde araştırılması, cinsiyetin prevalans üzerindeki olası etkilerinin değerlendirilmesi, vertebral arter V1 segmenti baz alınarak vertebral arter dominansı (VAD) ve vertebral arter hipoplazisi (VAH) sıklığının araştırılması amaçlanmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 Vasküler Görüntüleme Teknikleri

Günümüzde vasküler görüntüleme yöntemleri olarak Doppler ultrasonografi (Doppler US), dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA), manyetik rezonans anjiyografi (MRA), bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) kullanılmaktadır.

2.1.1 Doppler Ultrasonografi (Doppler US)

Doppler kayması, Avusturyalı fizikçi Johan Christian Doppler tarafından 1842 yılında tanımlanan bir gözlemdir. Sabit frekanslı bir ses kaynağı yaklaştıkça daha tiz (artmış frekans), uzaklaştıkça daha pes (azalmış frekans) olarak işitilir. Kan akımının nitelik ve niceliğini değerlendirmede temel yöntem konumundaki Doppler ultrasonografi yöntemi, bu fizik kuralı üzerinden geliştirilmiştir.

Radyoloji klinik kullanımında Doppler US'un en fazla tercih edilen şekli renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) görüntülemesidir. Gerçekte bu görüntüleme yöntemi hareketli moleküllerden kaynaklanan frekans kaymalarından meydana gelen renkler bütünüdür. Birçok örneklemden elde edilen akım bilgisi, akımın transdüsera göre hızı ve yönüne göre kodlayıp, gri skala damar imajı içerisine yerleştirilir. RDUS görüntüleri akım hakkında kalitatif bilgi vermektedir. Bu nedenle uygulamada sıklıkla tek başına değil, grafiksel kantitatif bilgi veren Doppler spektrum ile beraber kullanılır ve bu yöntem "Renkli Dupleks Doppler Görüntüleme" olarak adlandırılır. Akımın rengini faz şifti, renk tonunu (parlaklığı) ise frekans şifti (akım hızı) belirler. Akımın yönü proba yaklaşan ve uzaklaşan olmak üzere arzu edilen renklerle, fakat genellikle mavi ve kırmızı olarak gösterilir. Ekranda köşede tanımlanan iki renkten üstteki proba yaklaşan, alttaki ise uzaklaşan akımı gösterir (1). Power Doppler yönteminde, Doppler sinyalinin

amplitüdü ile görüntü meydana getirilmektedir. Bu yöntemde faz ve frekans bilgileri kullanılmamakta olup akım yönü ve hızı hakkında bilgi vermemektedir. Power Doppler, RDUS ile görüntülenmesi zor olan damar içi akımı değerlendirme avantajı sağlamaktadır.

Doppler US'de, görüntüleme vasıtası olarak ses dalgaları kullanılmaktadır. Bu yöntemde iyonizan radyasyon kullanılmaması en önemli avantaj olarak öne çıkmaktadır. Klinik pratikte genel olarak bu yöntem boyunda karotis vertebral arterlerin, ekstremit vasküler yapılarının, batında portal ve hepatik venlerin, renal vasküler yapıların değerlendirilmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

2.1.2 Dijital Subtraksiyon Anjiyografisi (DSA)

DSA yönteminde dijital floroskopi sistemi yardımı ile veriler dijitalize edilmektedir. Yöntemin amacı gürültü nedeni olan zemindeki anatomik yapıların görüntüden silinerek damarları daha açık olarak göstermektir. DSA'da floroskopik olarak elde edilen dijital mask görüntü (kontrastsız) kontrast madde tatbiki sonrasında elde edilen kontrastlı görüntülerden çıkarılır ve kalan veriler sadece kontrastla dolan damarı gösterir. Subtraksiyon işlemi sonucunda görüntüdeki gürültü miktarı artar, fakat yapısal gürültünün sebebiyet verdiği süperpozisyon ortadan kalktığı için küçük damarlar daha iyi görüntülenir. Dijital veriler nicel bilgiler de sağlar. Bu sayede kontrastın damar içerisindeki ortalama hızı veya damarın darlık derecesi ölçülebilmektedir. DSA yöntemi ile düşük kontrastlı yapılar saptanabilmektedir. Bu avantaj sayesinde kontrast madde daha az kullanılabilir. DSA'nın temporal subtraksiyon teknikleri hastanın istemli ya da istemsiz hareketlerine yüksek hassasiyet göstermektedir. Mask görüntüden sonra elde edilen kontrastlı görüntülerin alınması esnasında hastanın hareket etmesi görüntü kalitesini bozmaktadır. DSA'da alınan görüntüler hızlı olup tek çerçevede vasküler yapı tamamen opak madde ile dolmayabilir. Böyle durumlarda takip eden birkaç çerçeve görüntüleri birleştirilip bütün damar lümeni kontrastla dolu olarak görüntülenebilmektedir (17).

DSA'da, X ışını kullanılmaktadır. Diagnostik amaçla kullanımının yanında tedavi için de kullanılabilmesi diğer yöntemlerle kıyaslandığında öne çıkan bir avantajıdır. Vasküler oklüzyon, stenoz, anevrizma, arteriovenöz malformasyon gibi vasküler hastalıkların yanında onkoloji hastalarında intraarteriel kemoembolizasyon ve intraarteriel radyoembolizasyon gibi tedavilere de olanak sağlamaktadır.

DSA yönteminin invaziv bir radyodiagnostik yöntem olması sebebi ile tanısal amaçlı görüntülemelerde günümüzde ön planda BTA tercih edilmektedir.

2.1.3 Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA)

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) hastanın hareketine duyarlı bir görüntüleme yöntemidir. MRA görüntüleri akıma bağlı sinyal farklılıkları kullanılarak elde edilir. Hareket halindeki akışkanların (BOS veya kan) MR sekanslarındaki görünümü; akım hızı, damarların kesite göre konumu, akım şekli (laminar/türbülant) gibi akıma ait ve seçilen puls sekansı, veri toplama şekli gibi yöntemsel birçok faktöre göre değişir. MRG incelemesinde seçilen sekanslara göre akım düşük veya yüksek sinyal intensitesinde izlenebilir (18).

Time of flight (TOF) anjiyografi ve faz kontrast anjiyografi (PCA) MRA'da kullanılan iki temel yöntemdir. Konvansiyonel anjiyografiye benzer şekilde kontrast madde kullanımı vasıtası ile de kontrastlı MR anjiyografi yapılabilir. Kalp ve büyük damarların görüntülenmesinde tercih edilen yöntem genelde siyah akım tekniğidir (18).

TOF'ta toplanan veriler ardışık ince kesitlerle (2B), belli bir hacim üzerinden (3B) veya bahsedilen yöntemlerin arasında bir yöntem olan kalın doku blokları üzerinden elde edilebilir. Hacim üzerinden oluşturulan anjiyogramlarda başlıca sorun hacimde distal kesime gidildikçe görüntülerin satürasyonunun artması ve kontrastının düşmesidir. Hacim görüntülemesinde sinyal/gürültü oranının (SNR) yüksekliği küçük damarların daha yüksek kalitede görüntülenmesi açısından avantaj oluşturmakla birlikte satürasyon sorunu sebebi ile hızlı akım en iyi kalitede görüntülenebilirken, yavaş akımı görüntülemekte zorluk yaşanmaktadır. Periferik vasküler yapıların inceleme süreleri göreceli olarak uzundur. Örnek olarak aort bifurkasyon düzeyinden topuğa kadar olan vasküler yapıların TOF imajları 2 saati aşan sürede alınabilmektedir (18).

PCA'da ise yöntemin fiziki dayanağını akımın durağan dokuya nazaran hızlı defaze olması oluşturmaktadır. Durağan doku ve akım arasındaki faz farkı kullanılarak görüntü oluşturulur. Akım sebebiyle oluşan faz değişikliğinin yönü akımın yönünü, miktarı ise akımın hızını göstermektedir. Kontrastsız MRA yöntemlerinden PCA ve TOF'da türbülant akım sinyal kaybına sebebiyet verir. Sonuç olarak stenotik segmentler olduğundan daha dar ve daha uzun görüntülenebilir (18).

Kontrastlı MRA konvansiyonel anjiyografi ile benzerlik göstermektedir. Kıvrımlı vasküler yapılar veya stenotik segmentler sorun yaratmamaktadır.

2.2 Bilgisayarlı Tomografi

2.2.1 Bilgisayarlı Tomografinin Temel Prensipleri

Tomografi vücudun kesitler şeklinde taranması anlamına gelmektedir. İki eski yunanca kelime olan TOMOS (kesit) ve GRAPHY (şekil) sözcüklerinden meydana gelmektedir. BT’de kesitsel imajlar bilgisayarlar vasıtası ile elde olunur. Bilgisayarların görüntü oluşturmaları için gereken veriler, BT’de X ışınları vasıtasıyla edinilir (19).

Wilhelm Conrad Roentgen 1895 yılında Würzburg üniversitesindeki çalışmaları esnasında röntgen cihazını icat etmiştir. Roentgen havadan arındırılmış cam bir fanus içinde elektrik akımları ile deneysel gözlemler yaparken, elektronların fanus camına çarpması esnasında flüoresan ışımaya yaptığını farketti. Tesadüf eseri gözlemlediği ışınlar fotoğraf plağı üzerinde izler bırakmakta ve kağıt, tahta, bazı metaller ve en önemlisi canlı dokuyu penetre edebilmekteydiler. Tarihte cerrahi aletler kullanılmaksızın insan bedeninin içinin ilk defa görüntülenmesi bu olayın sonucunda sağlandı (19).

1917’de matematik bilimci Radon yayınladığı makalede bir maddenin bir düzlem üzerindeki dağılımının aynı tabakadan geçen herhangi sayıdaki çizgilerin integral değerlerinin bilinmesiyle hesaplanabileceğini belirtmiştir. Radon’un teorilerinden haberdar olmayan fizikçi Cormack 1957-1963 yılları arasında insan vücudunu penetre eden radyoaktif ışınların ölçümlerini hesaplayan bir yöntem tanımlamıştır (20).

1972 yılında İngiliz mühendis Sir Godfrey Hounsfield BT’nin mucidi olmuştur. Hounsfield EMIDEC 1100 adındaki ilk İngiliz üretimi iş bilgisayarının tasarlandığı EMI (Electrical and Musical Industries) tasarım grubunda görev yapıyordu. Bu çalışma kapsamında; belirli bir bölgenin farklı açılardan röntgen imajlarını almaktaydılar. Hounsfield alınan görüntüler ile kendi üretimleri olan bilgisayarın kapasitesini sınamak üzerine çalışmalar yaptıkları esnada BT’yi icat etti (19). İlk tanınal BT görüntüleri, sadece kraniyal görüntüleme yapabilen cihaz ile frontal lobunda kistik tümörü olan bir hastadan elde edilmiştir (20).

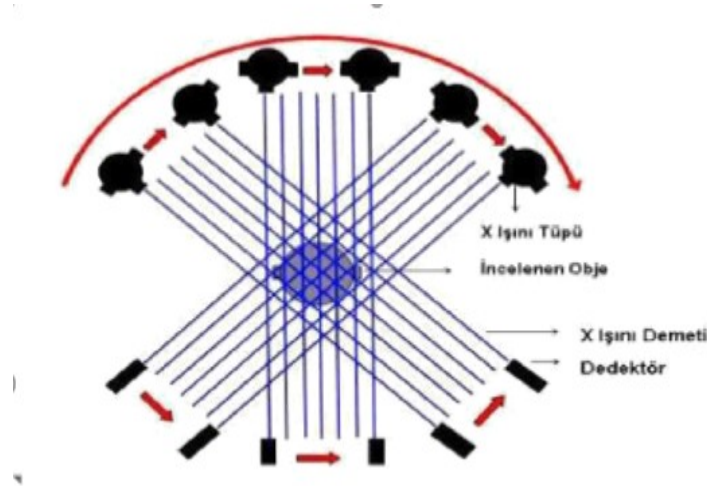
Bu çalışmalarından ötürü Cormack ve Hounsfield 1979'da Nobel ödülüne layık görülmüşlerdir. 1989 'da spiral BT, 1998' de çok dedektörlü BT medikal kullanıma girmiştir. BT'nin Türkiye'de hizmete girmesi 1976 yılında Hacettepe Üniversitesi'nde gerçekleşmiş olup sadece kraniyal görüntüleme amaçlı kullanılmıştır. İlk kullanıma girdiği yıllarda bir kesit için tarama 4,5 dakika sürmekte ve görüntü oluşturulabilmesi için ortalama 20-25 dakika gerekmekte iken, günümüzde insan bedeninin tümü saniyeler içerisinde taranabilmektedir (21).

2.2.2 Jenerasyon Evreleri

BT cihazları, gelişim ve kullanım aşamalarında bir dizi değişiklikler geçirmiş ve geliştirilmeye çalışılmıştır.

2.2.2.1 Birinci Jenerasyon Cihazlar

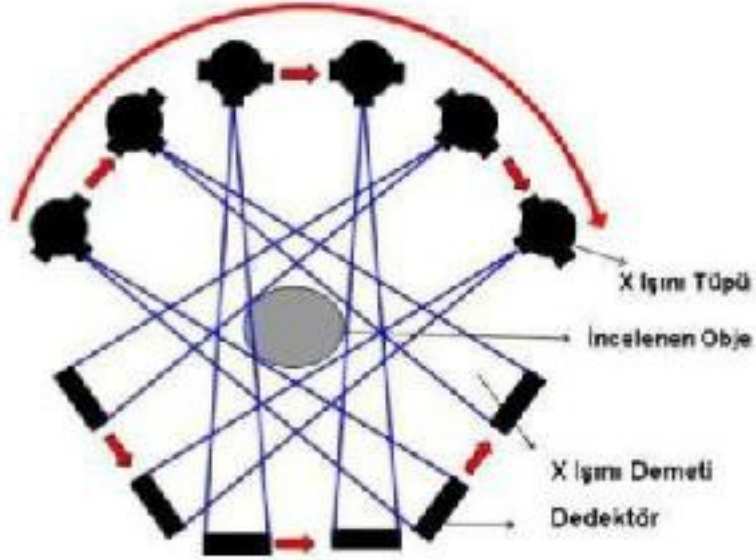
Pencil-Beam (kalem ışınası) X ışını ve karşısında tek bir dedektörün bulunduğu bu tür cihazlar çevirme-döndürme (translate-rotate) prensibi ile çalışmaktadır. Kesit alım süresi oldukça uzundur.



Şekil 1. Birinci jenerasyon BT cihazı (22)

2.2.2.2 İkinci Jenerasyon Cihazlar

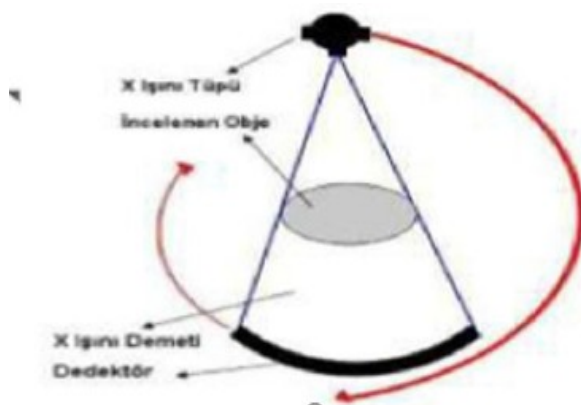
X ışın huzmesi yelpaze şeklindedir (fan-beam) ve karşısında 30 adete kadar dedektör sıralıdır. Çevirme-döndürme (translate-rotate) tarama teknolojisi değişmemiştir. Tarama süreleri bir miktar kısalmıştır.



Şekil 2. İkinci jenerasyon BT cihazı (22)

2.2.2.3 Üçüncü Jenerasyon Cihazlar

X ışın yelpazesi, karşısındaki tüm dedektörleri kapsayacak şekilde genişletilmiş ve dedektör adedi artırılmıştır. X ışın tüpü ve yaklaşık 800 dedektör hasta etrafında tam tur dönerek veri elde eder. Döndürme-döndürme (rotate-rotate) ilkesi ile fonksiyon yapar.

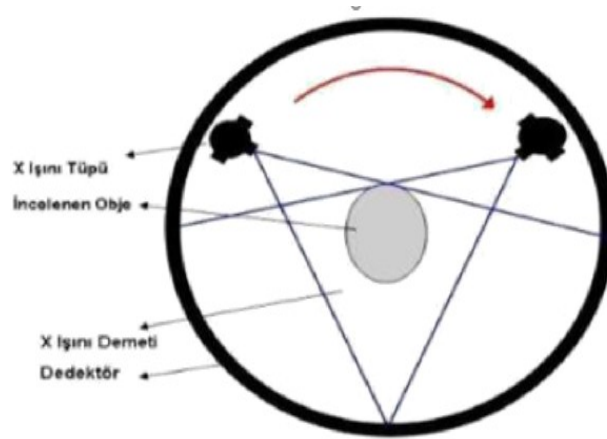


Şekil 3. Üçüncü jenerasyon BT cihazı (22)



2.2.2.4 Dördüncü Jenerasyon Cihazlar

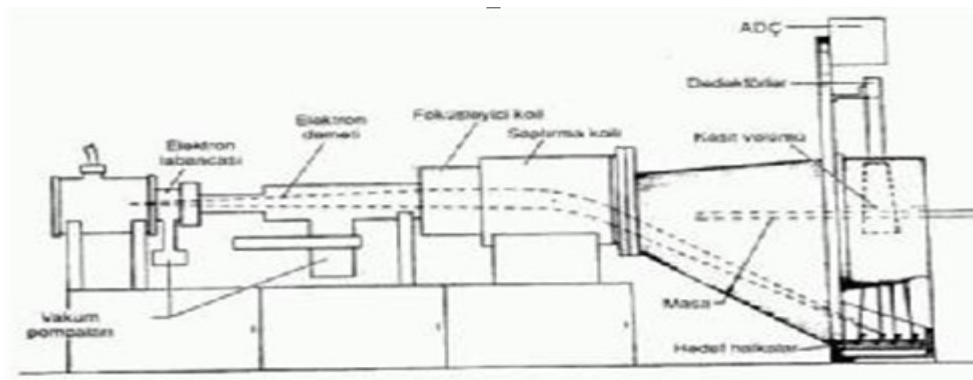
X ışın tüpü hareket halinde, dedektörler sabit olduğundan döndürme sabit (rotate stationary) ilkesi ile çalışır. Gantry boşluğunu çepeçevre saran yaklaşık 4800 dedektör ile veri elde eder.



Şekil 4. Dördüncü jenerasyon BT cihazı (22)

2.2.2.5 Beşinci Jenerasyon Cihazlar

Kardiyak çalışmalarda kullanılmak üzere geliştirilen bu cihazlar x ışın tüpü içermezler. Bir elektron kaynağından fırlayan elektronlar tungsten anota çarpar ve bu sayede X ışını elde edilir. Hareketli bileşen içermediğinden sabit-sabit (stationary-stationary) ilkesi ile çalışır.



Şekil 5. Beşinci jenerasyon BT cihazı (23)

2.2.2.6 Altıncı Jenerasyon Cihazlar

Helikal BT' dir. Slip-ring teknolojisini kullanırlar. Hasta masası kayar ve tüp 360 derece döner. Tarama süreleri bu cihazlarda oldukça kısalmıştır.

2.2.2.7 Yedinci Jenerasyon Cihazlar

Birden fazla dedektör dizisi kullanıldığından dolayı 'çok dedektörlü BT' ve aynı anda çok sayıda kesit aldığı için 'çok kesitli BT' şeklinde adlandırılır. Kesit kalınlığı x-ışınının kolimasyonu tarafından değil dedektör açıklığı ile belirlenir. Tüpten çıkan x-ışını kalın bir yelpaze şeklinde olup kalınlığı kullanılan dedektör sırasınca belirlenir. Bu ışın şekli "open beam geometry" olarak adlandırılır (24).

2.2.3 Görüntü Oluşumu

BT kesitsel bir görüntüleme yöntemidir. Kesitsel görüntü oluşum aşamaları sırasıyla şöyle özetlenebilir:

BT 4 bileşen içerir:

- ✓ Kaynak: X- ışın tüpü
- ✓ Dedektör: Hastayı penetre eden ışınları toplar.
- ✓ Bilgisayar: Dedektörden elde edilen dataları işler, depolar ve görüntü haline çevirir.
- ✓ Monitör: Bilgisayarda oluşturulan dijital imajları kullanıcıya sunar.

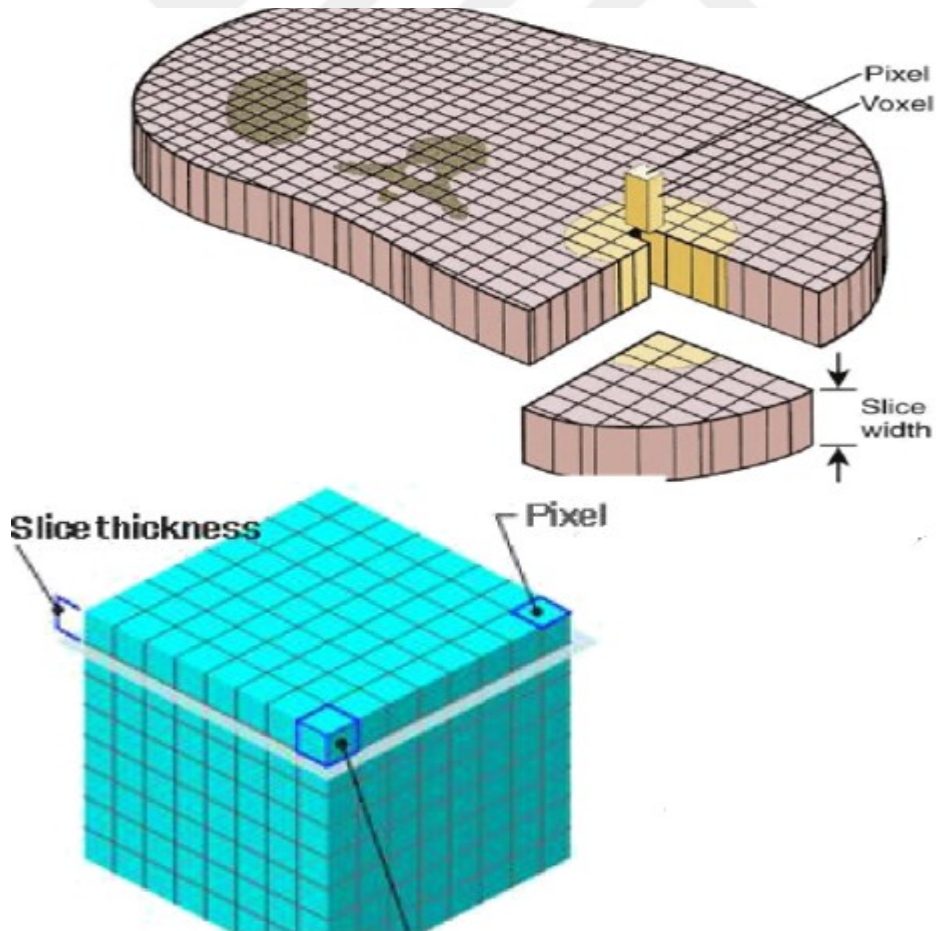
1- İlk aşama X-ışını tüpünün, kesit düzlemi etrafında tam tur dönerek dar bir X

ışını huzmesi göndermesidir. X-ışınları vücuda gönderilme esnasında ve vücudu penetre ettikten sonra ölçülür, aradaki farkın hesaplanmasıyla dedektörlerin

hizasındaki dokunun X-ışınıni hangi miktarda absorbe ettiği bulunur ve görüntü bu ölçümlerin kompleks bilgisayar prosesleri sonucunda oluşturulur.

2-Tüm dijital imajlara benzer şekilde BT’de görüntü küçük piksellerden meydana gelir. Buna görüntü matriksi denir. Matriks sayısı görüntünün iki kenarındaki piksel sayısının çarpımı şeklinde gösterilir ve günümüzdeki aygıtlarda bu sayı genellikle 512x512’ dir.

3-Bilgisayarlı Tomografi’de görüntüler sanılanın aksine iki boyutlu değildir; bizim belirlediğimiz bir kalınlıkları mevcuttur. BT’de ölçüm yapılan birimler tabanını pikselin, yüksekliğini kesit kalınlığının oluşturduğu dikdörtgen prizmalardır. Bu prizmalar voksel şeklinde adlandırılmakta olup volüm elementi anlamına gelmektedir.



Şekil 6: Piksel-voksel şematik gösterimi

4-Dedektörler tarafından ölçülen ve dijitalize edilen datalar, bilgisayarlar tarafından her bir vokselin X-ışınlarını tutma değerlerine dönüştürülmektedir. Bu işlem suyun X-ışınını absorbe etme değerini 0 olarak varsayan, -1000 ve $+3,095$ arasında değişen değerleri esas alan cetvele göre değerlendirilir. Bu cetvele, yöntemin mucidi olan İngiliz fizikçi Hounsfield'den dolayı Hounsfield cetveli adı verilmiştir. Bu cetveldeki sayılar da HU olarak adlandırılır (25).

5- Sistemdeki bilgisayarlar bu skalayı kullanarak bütün voksellere bir sayısal değer verir. Bu değer, yoğunluğu suya göre fazla olan dokular için artı, düşük olanlar için eksi değerlerdir.

6- Sistemin son aşaması Hounsfield cetveline göre sayısal değerler atanmış voksellerin, değerlerine uyan siyah, beyaz ve aradaki gri tonlarla boyanmasıdır. Bu işlemde pozitif sayısal değerler beyaz, negatif sayısal değerler için siyah olan gri bir cetvelden yararlanılmakta olup bu cetvele gri skala adı verilmektedir (25). Voksele verilen sayısal değer vokselin içerdiği tüm yapıların yoğunluğunun ortalamasıdır. Bu sebeple BT kesitinde görülen piksellerin rengi, ait olduğu vokselin ortalama rengini yansıtmaktadır. Dijital röntgende farklı olarak piksel rengi, X-ışınının penetre ettiği tüm kalınlığın X-ışınını absorbe etme değerine karşılık gelir.

2.2.4. Görüntüleme Alanı (FOV=Field of view)

BT kesitlerini meydana getiren görüntü alanının genişliğine işaret eden parametredir. İlgili vücut bölgesinin boyutuna göre ayarlanır. FOV'un büyütülmesiyle, miktarı sabit olan matris içerisindeki piksellerin boyutlarında genişleme olacağından görüntünün geometrik rezolüsyonunda azalma olacaktır. Matris sayısı sabit tutularak geometrik rezolüsyonun azalmasını önlemek maksadıyla odaklama (zooming) veya hedefleme (targeting) olarak adlandırılan görüntülenen objenin bir kısmına yönelik netleştirme (fokoslama) yöntemi kullanılır (23).

Pencereleme

Pencere genişliği: Ekranda görüntülenecek yapının, diğer yapılarla optimal şekilde ayrılabilmesi maksadıyla gri ton başına düşen doku yoğunluğu miktarının değiştirilebilmesine olanak sağlayan elektronik bir düzenlemedir. Her BT kesitinde +1000 ila -1000 aralığında değişen gri skalada seçilen dansite aralığının azami ve asgari sınırını göstermektedir.

Pencere Seviyesi: Pencere genişliğinde seçilen dansite aralığının orta noktasını tanımlayan parametredir. Bu parametre sayesinde görüntüler öncelik sırasına göre sıralanırlar. Pencere seviyesi görüntülerin daha iyi algılanmasını sağlayarak ileri düzey görüntülemeye olanak verir.

Yoğunluk ölçümü: BT'nin tanı koyabilme olanağını arttıran diğer bir özelliğidir.

Bu özellik sayesinde insan gözünün ayırt edemediği yoğunluk farklılıkları sayısal değerlerle gösterilebilir. Elde edilen kesitler üzerinde radyologlar sıklıkla dansite ölçümlerine başvurmaktadır. Dansite ölçümünde, farklı boyutlarda ve şekillerdeki (kare-dikdörtgen ya da yuvarlak-oval şekilli) bir imleç ile hedeflenen alan içindeki piksellerin yoğunluğu ölçülebilir. Bu işlemde cihaz, hedeflenen bölgedeki piksellerin toplam HU değerlerini, piksel miktarına oranlayarak ortalama bir dansite değeri hesaplamaktadır.

Rekonstrüksiyon (Reformasyon)

Gantri boşluğunun sınırlandırmasına bağlı olarak BT cihazları ile genellikle aksiyal düzlemde kesitler alınabilmektedir. Nadiren bazı vücut bölümlerinde koronal veya sagittal düzlemde de görüntüleme yapılabilir. Yalnız aksiyal düzlemden kesitler alınsa bile, bilgisayar teknolojisinin sunduğu olanaklarla görüntüler aksiyal kesitler kullanılarak farklı düzlemlere dönüştürülebilmektedir. Bu işlem özel bir bilgisayar programı aracılığıyla sağlanır. Bilgisayar, belleğinde yer alan kesitleri üst üste sıralar ve daha sonra arzu edilen düzlemdeki görüntüleri yeni reformat görüntüyü oluşturacak şekilde birleştirir. Eldeki kesitlerin, arzu edilen bir başka planda yeniden oluşturulması işlemleri reformasyon veya rekonstrüksiyon olarak adlandırılmaktadır.

Çözümleme Gücü (Rezolüsyon)

A-Geometrik Çözümleme (Spatial Rezolüsyon): İncelenen bir nokta, çizgi veya kenarın bulanıklaşma ölçüsüdür. Yani komşu iki yapının ayırt edilebilme gücünü gösteren bir parametredir. Görüntüyü meydana getiren piksel boyutları ile yakın ilişkilidir. Tüpün fokal spot boyutu, FOV ve kesit kalınlığı ile ters orantılıdır.

B-Kontrast Çözümleme (Kontrast Rezolüsyon): Görüntü üzerindeki dansite farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğidir. Kullanılan X ışının enerjisi, doku dansitesi ve atom numarası kontrast rezolüsyonuna etki eden parametrelerdir (26).

Filtrasyon

BT'de filtreler, görüntüleri optimize etmeye yönelik gürültüyü engelleyen, görüntü netliği ve kenar keskinliğini ayarlayan mekanizmalardır. BT'de primer ve sekonder olarak 2 tip filtrasyon vardır. Görüntülerin ilk oluşturulma aşamasında, programda tanımlanan, incelenen alana göre seçilen ve dijital verilerin yeniden oluşturulması esnasında gerçekleştirilen filtrasyona primer filtrasyon adı verilmektedir. Primer filtrasyon ile kazanılan görüntüler tekrar filtrasyon işleminden geçirilebilir. Bu amaca yönelik yumuşak dokular için yumuşak, kemik dokular için keskin filtreler kullanılır. Mevcut filtre edilmiş imajlar üzerinden yapılan bu ikinci filtrasyon aşamasına sekonder filtrasyon adı verilir (23).

2.2.5. Gantri rotasyon süresi: Elektron beam tomografi, 1 saniyeden daha kısa sürede tarama yapabilen ilk BT cihazları olmuştur. Günümüzde helikal cihazlarda ulaşılan en kısa süre 0.33 -0,37 sn'dir. Gantri rotasyon sürelerinin hızlanması daha yüksek temporal rezolüsyon avantajı sağlar. Fakat gantri rotasyon hızlanması, gantry içerisindeki ağır mekanik komponentlere uygulanan G kuvvetinde artışı beraberinde getirmektedir (27). Rotasyon süresi yarıya indiğinde gantrinin maruz kaldığı merkezkaç kuvvetinde 4 kat artış oluşmaktadır.

2.2.6. Dedektörler: Dedektörler, hastayı penetre eden radyasyonun intensitesini ölçer. BT dedektörleri, yüksek X- ışını saptama kapasitesine ve hızlı reaksiyon

yeteneğine sahip olmalı, geniş bir dinamik aralık içinde çalışabilmelidir (28). ÇKBT teknolojisinin tekniği dedektör yapısından geçmektedir. Konvansiyonel spiral BT cihazlarında dedektör tek sıralı yapıda iken çok kesitli BT cihazlarında dedektörler, çok sayıda detektör sırasından meydana gelen iki boyutlu matriks yapısındadır. ÇKBT cihazlarında dedektörler dardır. Dedektör sıraları birbirlerine sıkı şekilde kenetlenmişlerdir. Kesit sayısı aygıtın elektroniği ve yazılımı tarafından belirlenir. Kesit kalınlıkları dedektör sayısına bağlıdır. En ince kesitin kalınlığı bir dedektör boyutundan daha ince olamaz. Gruplandırılan dedektörler senkronize hareket ederler. Sıralarda kullanılan dedektörlerin boyutu eşit olabileceği gibi (izotropik), farklı (anizotropik) da olabilir. Üniwersal diziliş formunda tüm dedektörler eşit büyüklüktedir. Progresif diziliş formunda merkezde daha küçük periferi doğru genişleyen dedektörler vardır. Hibrid diziliş formunda ise merkezdeki küçük boyutlu dedektör grubu yanlarda eş büyüklükte dedektörler tarafından çevrelenir. 16 ve daha fazla sıralı sistemlerde genellikle hibrid diziliş kullanılmaktadır. BT'nin elektronik ve yazılım teknolojisi hızla ilerlemektedir. Dedektör boyutları günümüzde 1 mm'nin altındaki boyutlara kadar küçültülmüştür (28).

2.2.7. İnce Kesit Kalınlıkları: ÇKBT aygıtlarında X- ışını tüpünün rotasyon sürelerinin bir hayli kısa olması ve rotasyon süresince masa hareketinin aralıksız olması sebebiyle sadece kesit taraması değil hacimsel görüntüleme imkanı da doğmuştur. Yüksek kaliteli hacim bilgisi elde edebilmek için longitudinal düzlemdeki çözünürlük yeterli seviyede olmalıdır. Longitudinal çözünürlük üzerinde etkili esas etmen kesit kalınlığıdır. ÇKBT teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde minimum kesit kalınlıkları sağlanmıştır. Kesit kalınlığını belirleyen faktör en küçük detektör kalınlığıdır. Günümüzde bu değer 0,5–0,625 mm arasına kadar çekilebilmiştir. Kesit kalınlığı inceltildiğinde uzaysal çözünürlük artmakta ve kısmi hacim etkisinde azalma izlenmektedir. ÇKBT'nin getirdiği avantajlar sayesinde ince kesit kalınlıkları ile çok sayıda anatomik bölge taranabilir ve elde edilen izotropik görüntüler yüksek kaliteli reformat, multiprojeksiyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmesine olanak vermektedir (29).

2.2.8. DAS (Veri elde etme düzeni): BT aygıtlarında, hastayı penetre eden X ışını dedektöre ulaşır. Dedektörler tarafından bu veriyle analog bir sinyal üretilir. Dedektörlerin ürettiği sinyaller DAS sayesinde işlenmekte, bir diğer ifadeyle DAS'lara ulaşan analog veriler dijital datalara çevirilmektedir. Örneğin 4 segmente sahip bir sistemde 4 dedektör kanal kombinasyonundan ulaşan veriler 4 adet DAS aracılığıyla işlenir.

2.2.9. Üç Boyutlu Gösterim: Bütün olgularda aksiyel planda elde edilen kaynak görüntülerin tamamının değerlendirilmesi gerekmektedir. Üç boyutlu görüntülerde tespit edilen patolojilerin aksiyel görüntüler ile konfirme edilmesi, tanının güvenilirliğini sağlamak için elzemdir. Üç boyutlu postprocessing modaliteleri MPR (multiplanar reformat), MIP (maksimum intensity projection), SSD (shaded surface display) ve VRT (volume rendering tekniği)'dir (30).

SSD; elde edilen volüm data seti içerisinde ilgili yapının yüzeyinin 3D görünümüne bakış sağlar. SSD oluşturulurken ilk aşamada ilgili 3D nesneyi tanımlamak gerekir. İlgili nesneyi arka plandan ayırma işlemi, objenin kontrastına göre çok zor ya da basit olabilmektedir. SSD'de belli bir dansite değeri eşik değeri (threshold) belirlenir ve bu değere sahip kontrast madde sütunu yüzey olarak görüntülenir. Bu tekniğin kullanımında çapı küçük olan damarların görüntülenmesinde yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkabilir, yalancı stenoza ve oklüzyon gibi durumlar izlenebilmektedir. Sonuç olarak seçilecek eşik değeri görüntüde belirleyici rol oynamaktadır (30).

MPR en basit alternatif görüntüleme yöntemidir. MPR koronal, sagittal veya oblik görüntüleri, hızlıca tüm dataları incelemek için faydalı bir yöntemdir (31). İnsan vücudunun sağdan sola doğru olan aksı x, önden arkaya doğru olan aksı y, bu iki düzlemi dik kesen aksı z aksı olarak adlandırılır. Z aksının rezolüsyonu kesit kalınlığı tarafından sınırlandırıldığı için MPR imajlarının uzaysal rezolüsyonu düşüktür (28). Bilgisayar programları yardımıyla arzu edilen düzlemdeki piksellerin seçilerek yeni görüntü oluşturmak üzere birleştirilmesi işlemi rekonstrüksiyon olarak adlandırılır (32). X ve Y akslarınca oluşturulan aksiyel kesit voksellerinin x-z akslarınca yeniden reforme edilmesi ile koronal, y-z akslarında reforme edilmesi ile de sagittal kesitler elde edilir. Oblik veya kavisli düzlemlerde de reformasyon yapılabilir (28). MPR ile aksiyel

kesitlerden sagittal, koronal, oblik ve kavisli (curved) planlarda imajlar yapılır. Kesit kalınlığı incelidikçe MPR'nin rezolüsyon kalitesi yükselir (30).

VRT yönteminde ilk aşamada görüntü üzerinde segmentasyon yapılır. Bunun için ilgili objenin Hounsfield numarası (HU) belirlenir, voksellerde bu değer mevcutsa 1 değilse 0 kabul edilir. Bu şekilde elimizde yalnızca ilgilendiğimiz objenin vokselleri kalır. Çevresel kontrast farkı yüksek olan objede bu işlem kolay yapılır. İlgilendiğimiz yapı segmente edildikten sonra bir bilgisayar programı segmente edilen verileri belirlenen açılardan reforme eder. Reforme görüntü üzerinde gölgeleme, boyama gibi işlemler yapılabilir. BT imajlarının SNR'lerinin sınırlı olması sebebiyle bazı segmentasyon proseslerinde zaman alan işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (28).

Reprojeksiyon tekniği için segmentasyon işlemi gerekmemektedir. Bu teknikte, belirtilen bakış açılarından radyografik projeksiyonlara benzer görüntüler oluşturulur. Volum veri setinden yönlere göre vokseller seçilir ve seçilen yöndeki bütün voksel değerleri toplanır. Genellikle en yüksek BT numarası görüntülenir, bu yüzden bu yöntem maksimum intensite projeksiyon- MIP olarak adlandırılır. Aynı yöntemle düşük BT numarası taşıyan vokseller de görüntülenebilir (minimum intensity projection- MinIP). Olay aslında bir 3 boyutlu görüntüleme değildir. Değişik açılardan yapılan görüntüler sine modunda gösterilerek 3 – boyutluluk sağlanmış olur. Bu tekniklerin en önemli klinik uygulaması anjiyografidir. BTA'da kontrastlı damar kesitleri kullanılarak MIP yöntemi sayesinde anjiyografik görüntüler elde edilebilir (28).

2.2.10. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA): BTA'de intravenöz olarak hastaya kontrast madde enjekte edilir. Görüntülenmesi amaçlanan arteriel, portal veya venöz vasküler yapılaraya yönelik arteriel, portal ve venöz fazlarda çekim yapılır. Bu sayede hedeflenen vasküler yapılar görüntülenmektedir. Çekim süresi kısa olduğundan solunumsal hareket artefaktları da azaltılabilmektedir. Dakikalar içerisinde hızlıca çekim tamamlanabilmektedir. Çekimin kısa sürelerde tamamlanabilmesi özellikle travma hastalarında avantaj sağlamaktadır. Pulmoner emboli, aort disseksiyonu, aort anevrizması, periferik arterler, koroner arterler, mezenterik vasküler yapılar, batin içi malignitelerde arteriel yapılarla ilişkiler, preop karaciğer ve böbrek transplantasyonunda arteriel anatomi, willis poligonu vasküler yapıları BTA ile değerlendirilebilmektedir. Vasküler yapıların komşu anatomik yapılarla ilişkisi üç boyutlu olarak değerlendirilebilmektedir. Volumetrik tarama avantajıyla multiplanar rekonstrüksiyon

yapılabilmekte ve lezyonların anatomik komşulukları yüksek doğrulukla değerlendirilebilmektedir. BTA'nın invaziv olmaması, ÇKBT teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak çekim süresinin kısılması ve görüntüleme kalitesinin artması, vasküler yapıların yanı sıra komşu anatomik yapıları ve diğer ek patolojileri görüntülemesi sebebi ile tanısal açıdan DSA'nın önüne geçmektedir.

2.2.11. Görüntü Kalitesi: Radyografi karşısında BT'nin uzaysal rezolüsyonu daha az, kontrast rezolüsyonu ise yüksektir. Ortalama uzaysal çözünüme değerleri, radyografide 7 çift çizgi/mm, dijital radyografide 5 çift çizgi/mm ve BT'de 1 çift çizgi/mm'dir. X ışını kullanan görüntüleme teknikleri içerisinde en iyi kontrast rezolüsyona sahip yöntem ise BT'dir. Kontrast çözünüme değeri radyografide %5, BT de %0,5'tir. Kontrast çözünüme SNR'ye bağlıdır. Görüntüleme alanında (field of view=FOV) uzaysal rezolüsyonu artırmak için matriks boyutu artırılır, doz artırılmazsa SNR dolayısıyla kontrast azalır. Uzaysal ve kontrast çözünüme arasında bir korelasyon vardır (33).

2.2.12. ÇKBT Anjiyografide Sık Kullanılan Kontrast Madde Enjeksiyonu Zamanlama Teknikleri

- 1-Sabit gecikme tekniği
- 2-Test bolus tekniği
- 3-Bolus tracking tekniği

2.2.12.1. Sabit Gecikme Tekniği: Görüntüleme, kontrast maddenin enjekte edilmesi bittikten sonra, serum fizyolojik tatbiki ile senkronize olarak başlar. Bu süre yaklaşık 25 saniyedir

2.2.12.2. Test Bolus Tekniği: Kesit asendan aortada sabit bir düzeyde iken az miktarda kontrast ajan tatbik edilerek yapılır. Böylelikle kontrast dansitesinin artış ve azalış parabolü ortaya çıkarılır. Test dozunda verilen kontrast ajanın, asıl kontrast volümünün davranışını göstereceği düşünülerek eğrideki tepe dansite değerinden çekim zamanına karar verilerek çekime başlanır.

2.2.12.3. Bolus Tracking Tekniği: Arkus aortaya yerleştirilen ROI (Region of Interest) sonrası görüntüleme, kontrast madde miktarı belirlenen eşik HU değerine ulaştığında başlatılır.

2.2.13. Radyasyon Dozu: Günümüzde sürekli gelişmekte olan çok kesitli BT teknolojisi ile hastanın uzun aksı boyunca çok sayıda dedektör dizini olması, X-ışın kolimasyonunun genişleyebilmesi, masa hızında artış yapılabilmesi ve gantri hızının düşürülmesi güncel BT cihazlarının ciddi avantajlarıdır. Rotasyon süresinin azalması, daha geniş vücut bölgelerinin daha hızlı taranabilmesine imkân vermiş ve hareket artefaktlarını minimize etmiştir. Rotasyon süresinin kısalması ve anjiyografi tetkiklerinin yaygınlaşması bir dizi avantajının yanında, gerekli X-ışını dozunda artışa neden olmuş ve bu konuyla ilgili radyasyon doz tartışmalarını da beraberinde getirmiştir.

X-ışını fotonları aracılığıyla hastanın vücudunda yaratılan iyonizasyon, radyasyon maruziyeti olarak adlandırılır. Üretilen foton miktarı, tüpün voltajına ve ışınlama işlemi süresince anoda çarpan elektron miktarı, yani miliamper değerine bağlıdır. Foton atenuasyonunu etkileyen faktörler ise hastanın vücut hacmi ve kesit kalınlığıdır. Bu sebepten ötürü obez hastalarda, kesitler inceltildiğinde görüntü gürültüsünün azaltılması amacıyla tüpten çıkan foton sayısı artırılmalıdır. Aksi takdirde detektöre ulaşan foton sayısı azalacak ve görüntü kalitesinde bozulma görülecektir. Bu

	Efektif Doz (mSv)
Posterior-anterior göğüs radyogramı	0,02
Beyin BT	2-4
Toraks BT	5-7
Batın ve Pelvis BT	12-15
ÇKBT koroner anjiyografi	12
Doğal yıllık radyasyon maruziyeti	3

problemin aşılması için kV ve mAs'ın artması sağlanır ki bu da hastaya doz artışı olarak yansır.

Tablo 1. Çeşitli radyolojik tetkiklere ait efektif dozlar (34)

ÇKBT teknolojisindeki gelişmelerle birlikte görüntü kalitesinde kayıp yaşanmadan hastanın aldığı doz miktarları azaltılabilmektedir. Radyasyon dozu açısından tüm vücut görüntülemelerinde ÇKBT anjiyografi, klasik anjiyografiye göre öne çıkmaktadır. Efektif dozun SI birimi miliSieverttir (mSv). Radyolojik görüntülemelerdeki ortalama efektif dozlar yukarıda listelenmiştir.

2.2.14. Kontrast Maddeler

Normalde kontrast ajan ile çevrelenmeyen ve dolayısıyla izlenemeyen organ ve dokular, kendileri veya çevre dokularının kontrastı artırılarak görülür hale getirilebilir. Bu amaçla yoğunluğu ve/veya atom numarası oturduğu dokudan belirgin şekilde farklı olan maddeler kullanılır. Kontrast madde adı verilen bu maddeler bulundukları ortamın X-ışını soğurulma katsayısını değiştirerek kontrastı artırır. Bu maddeler fizyolojik olarak inert olmalı ve organizmaya zarar vermemelidir. Kontrast maddeler, yoğunluklarına ve atom numaralarına göre radyolusent veya radyopak olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Radyolusent kontrast maddeler, hava ve karbondioksit gibi gazlardır. Radyopak kontrast maddeler, atom numaraları yüksek maddelerdir (34). Günümüzde kullanılan tüm iyotlu kontrast maddeler, sıkıca bağlanmış üç iyot atomu içeren benzoik asit molekülleridir. Osmolaritesi yüksek olanlar (iyonik) ve düşük osmolariteli olanlar (noniyonik, iyonik) diye iki ana gruba ayrılır (34).

2.2.14.1. Yüksek Osmolariteli Kontrast Maddeler

Yüksek osmolariteli kontrast maddeler, katyon tarafı sodyum veya meglumin (metilglukamin), anyon tarafı üç iyot bağlı benzoat olan tuzlardır. Hepsinde C1'e bir karboksil grubu (COOH), C2-C4-C6'ya ise iyot bağlanmıştır. Geriye kalan C3 ve C5 karbonlarına küçük yan zincirler veya aminlerden oluşan kökler (R3 veya R5) bağlanır. R3 ve R5 konumlarında amin olmadan benzen halkasına üç iyot atomu bağlamak olanaksızdır. R3 ve R5'teki yan zincirler aynı zamanda bileşiğin toksisitesini belirgin

şekilde düşürür ve molekülün eriyebilirliğini artırır. Yüksek osmolariteli kontrast maddeler meglumin veya sodyum tuzlarının değişik oranda karışımı şeklindedir. Meglumin tuzları, sodyum tuzlarından daha az toksiktir ve viskozitesi daha yüksektir, fakat güçlü bir diüretik etkisi bulunur. Kontrast maddenin viskozitesi ısı ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle kontrast maddenin ısısı vücut ısısına yükseltilerek kullanılmalıdır (34).

2.2.14.2. Düşük Osmolariteli Kontrast Maddeler

Osmolarite, solüsyondaki partikül sayısına bağlıdır. Partikül boyutu ile ilişkisi yoktur. İdeal bir kontrast maddenin radyoopasitesi yüksek, osmolaritesi düşük olmalıdır. Bu nedenle kontrast maddeyi değerlendirmede moleküldeki iyot atomlarının sayısının, solüsyondaki partikül sayısına oranı temel ölçüttür. Tüm yüksek osmolariteli kontrast maddelerde bu oran $3/2$ 'dir. Bir kontrast maddenin iyot/partikül oranını artırarak, osmolaritesi, toksisitesi ve fiziksel özelliklerinden kaynaklanan sorunları azaltmak için birkaç farklı yöntem ileri sürülmüştür. Bunlardan birisi konvansiyonel monomerik iyonik tuzların iyonik olmayan türevlerinin oluşturulmasıdır. Düşük osmolariteli noniyonik kontrast maddeler bu yolla üretilmiştir. Diğer yöntem ise moleküldeki iyot miktarını artırmaktır (34).

2.2.14.3 Düşük Osmolariteli Non İyonik Kontrast Maddeler

Kontrast maddelerin yan etkilerinin büyük kısmından osmolalitenin sorumlu olduğu anlaşıldıktan sonra tanıda hiçbir katkısı bulunmayan karboksil grubu molekül yapısından uzaklaştırılmıştır. Molekülün eriyebilirliği yan zincirlere bağlanan çok sayıdaki hidroksil grubu ile sağlanmıştır. Bu yöntemle iyot partikül oranı yükselir. Noniyonik kontrast maddeler elektrik yükü içermezler, katyonları barındırmazlar, daha hidrofiliktirler. Proteinlere daha az bağlanır, biyolojik membran fonksiyonunu daha az etkilerler. İyonik kontrast maddelerin osmolariteleri 2,5 kat fazla olduğundan hipertonsite nedeni ile oluşan yan etkiler daha fazladır. Bu nedenle anjiyografik incelemelerde non iyonik kontrast maddeler tercih edilmelidir. Nöral toleransı daha fazla olup non iyonik kotrast maddeler myelografik kullanım için daha uygundurlar (35).

2.2.14.4. Düşük Osmolariteli İyonik Kontrast Maddeler

Bir kontrast maddenin iyot/partikül oranını artırmanın diğer yolu ise moleküldeki iyot miktarını artırmaktır. Moleküldeki iyot miktarı, üç iyot bağlı benzen halkasından ikisini veya üçünü bir bir molekül şeklinde bağlayarak artırılabilir (iyot partikül oranı 6/2). Moleküldeki iyot miktarı, konvansiyonel monomerik iyot tuzlarının katyonlarının (sodyum, meglumin) yerlerine anyonların yapısında üç iyotlu benzen halkası taşıyan sentetik organik katyonlardan yerleştirilerek artırılabilir. Bu şekilde oluşturulan kontrast maddelerde de iyot/partikül oranı 6/2 dir. Bu şekilde iyot partikül oranı artırılan kontrast maddeler taşıdıkları iyot miktarına göre konvansiyonel kontrast maddelerden daha fazla iyot içerirler, ancak non iyonik değildirler (34).

2.2.14.5 Kontrast Madde Reaksiyonları - Tedavisi

Reaksiyonların çoğu alerjik tiptedir. Bu tip reaksiyonların nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, kontrast maddenin doğrudan uyarısı ile mast hücreleri ve bazofillerden histamin salınımı sonrası geliştiğine ilişkin bulgular vardır. Kemotaktik reaksiyonlar kontrast maddenin osmolaritesi, Ca^{++} bağlama kapasitesi ve katyon konsantrasyonu gibi fizikokimyasal etkilerine bağlıdır ve kontrast maddenin enjekte edildiği damarda ve hedef organda çıkar. Bu yan etkilerin tümü kontrast maddenin dozu, konsantrasyonu, enjeksiyon yeri ve hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle bu etkiler düşük osmolariteli kontrast maddelerin kullanılması ile belirgin şekilde azaltılabilir (34).

Konrast maddeye karşı bir reaksiyon geliştiğinde, tedavi semptomatolojiye ve altta yatan patofizyolojiye dayanır. Kaşıntı ve ürtiker gibi hafif reaksiyonlar genellikle kendi kendini sınırlar ve tedavi gerektirmez. Şiddetli semptomların gelişmemesini sağlamak için IV damar yolu sağlanmalı ve hasta gözetim altında tutulmalıdır. Hafif - orta derecede bronkospazm, destekleyici oksijen tedavisi ve inhale formda β_2 agonisti ile tedavi edilebilir. Daha ciddi reaksiyonlar, epinefrin ve agresif sıvı tedavisini gerektirebilir. Kardiyopulmoner resüsitasyon ve acil durum medikasyonları ve malzemeleri konusunda eğitim almış bireyler her zaman hazır bulunmalıdır (36).

2.3 Aorta'nın Anatomisi

Aorta sistemik dolaşımın ana damarıdır. Sol ventrikülden çıkarak ostium aortae'dan başlayan arter karın boşluğunda lumbal 4. vertebra alt kenarı hizasında sonlanır. Sol ventrikülden çıktıktan sonra manubrium sterni ortalarında sola ve arkaya doğru yönelir. Göğüs boşluğunun arka duvarında omurganın sol tarafında aşağı doğru iner. Yaklaşık torakal 12. vertebra hizasında diaphragma'dan hiatus aorticus'dan geçerek karın boşluğuna girer. Karın boşluğunda lumbal 4. vertebra alt hizasında terminal dalları olan arteria iliaca communis'lere ayrılır. Aorta seyri boyunca pars ascendens aortae, arcus aortae ve pars descendens aortae olmak üzere üç bölümde incelenir (37)

2.3.1 Pars Ascendens Aortae

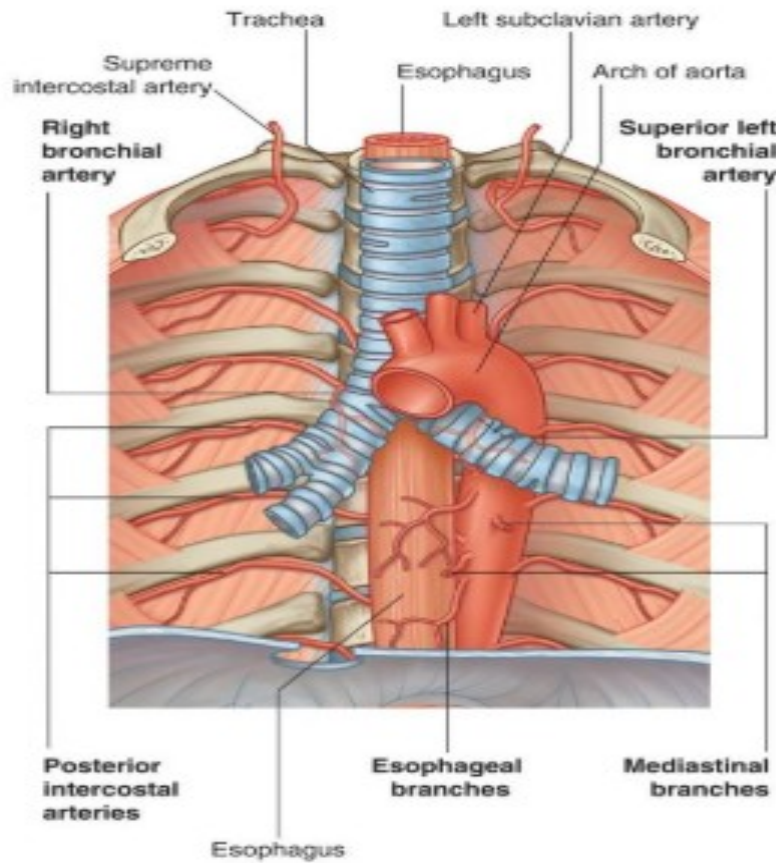
Aorta'nın ilk 5-6 cm'lik bölümü pars ascendens aortae olarak adlandırılır (37).

Asendan aorta perikardla çevrilmiş olup pulmoner trunk ile birlikte ortak bir kılıf olacak şekilde perikardın viseral tabakasıyla sarılı durumdadır. Asendan aorta sternum sol yarısının posteriorunda, sol 3. kosta kırırdağının alt kenarında sol ventrikül tabanı seviyesinde aortik orifisten başlar. Sağ 2. kosta kırırdağı hizasına süperiora, hafif anteriora ve sağa uzanır. Bu seviyeden itibaren süperior mediastene girer ve artık arkus aorta olarak adlandırılır. Asendan aortanın sol ventrikülden çıktığı yerin hafif süperiorunda aortik valvin semilunar kapakçıklarının hemen üst kısmında karşısında 3 adet küçük dışa kabarıklık mevcuttur. Bu seviyedeki aort şişkinliğine bulbus aortae denir. Bu dışa kabarıklıklar sağ, sol ve posterior aortik sinüslerdir. Sağ ve sol koroner arterler sağ ve sol aortik sinüslerden çıkarlar (38).

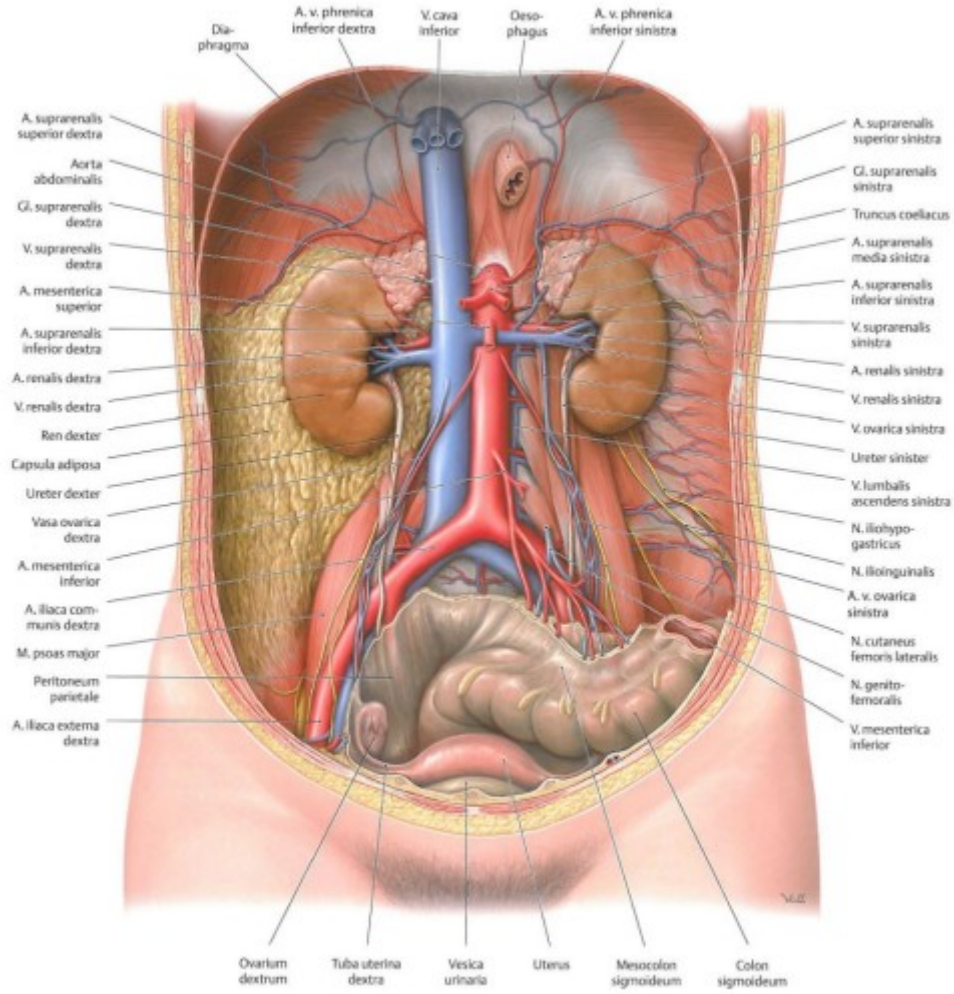
2.3.2 Pars descendens aortae

Göğüs ve karın boşluğu olmak üzere iki farklı vücut boşluğunda ilerlediği için pars thoracica aortae ve pars abdominalis aortae olarak iki bölümde incelenir (37). Pars descendens aortae'nin torasik kısmı arkus aortanın devamında T4 vertebra inferior yarısı düzeyinde başlar ve T12 vertebra alt yarısı düzeyinde diafragmanın posteriorunda aortik hiatus düzeyine girdiği yerde sonlanır. Superior kesimde vertebral kolonun solunda seyrederken aşağı seyri boyunca orta hatta ve alt torakal vertebralar düzeyinde

vertebral kolonun hemen ön komşuluğuna yaklaşır. Seyri boyunca pars thoracica aorta iç organlara ve göğüs boşluğunun duvarına giden iki grup dal verir (38). Rami (rr.) visceralis denilen iç organlara verdiği dallar rr. bronchiales, rr. oesophageles, rr. pericardiaci ve rr. mediastinales'tir. Rami parietalis dalları ise aa. intercostales posteriores, r. collateralis, a. subcostalis ve aa.phrenicae superiores'tir (şekil 7). Pars abdominalis aortae'nın dalları rami visceralis ve rami parietalis şeklinde iki başlıkta incelenmektedir. Rami visceralis dallarından ilki truncus coeliacusdur ve hiatus aorticus'un hemen inferiorundan çıkar. Truncus coeliacus kısa bir seyir sonrasında a. gastrica sinistra, a. hepatica communis ve a. splenica şeklinde 3 dal verir. Aortae abdominalis'in diğer visseral dalları sırasıyla a. mesenterica superior, a. suprarenalis media, a. renalis, a. testicularis (kadında a. ovarica) ve a. mesenterica inferior'dur. Aortae abdominalis'in parietal dalları ise a. phrenica inferior, aa. lumbales ve a. sacralis mediana olmak üzere üç adettir (37) (Şekil 8).



Şekil 7: Pars thoracica aortae ve dalları (38).



Şekil 8. Aortae abdominalis ve dallarının önden görünüşü (39).

2.3.3. Arcus Aorta

Arcus aorta manubrium sterni'nin sağ yarısının posteriorunda ve sağ 2. kostosternal eklemin üst yarısı düzeyinde başlar, arka ve sola doğru eğimli bir şekilde uzanarak sol 2. kosta kartilajının sternuma yapıştığı yer veya 4. torakal vertebra korpusunun sol yanında sonlanır ve pars descendens aortae olarak devam eder. Tepe noktası manubrium sterni'nin ortaları düzeyinde veya sternum'un superior marjininin 2,5 cm inferiorunda bulunur. Arcus aorta tamamiyle mediastinum superius sınırları içinde yer almaktadır.

Arcus aorta seyri esnasında iki kavis yapar. Birinci kavsın konveksitesi yukarı, ikinci kavsinki ise öne-sola doğrudur (40).

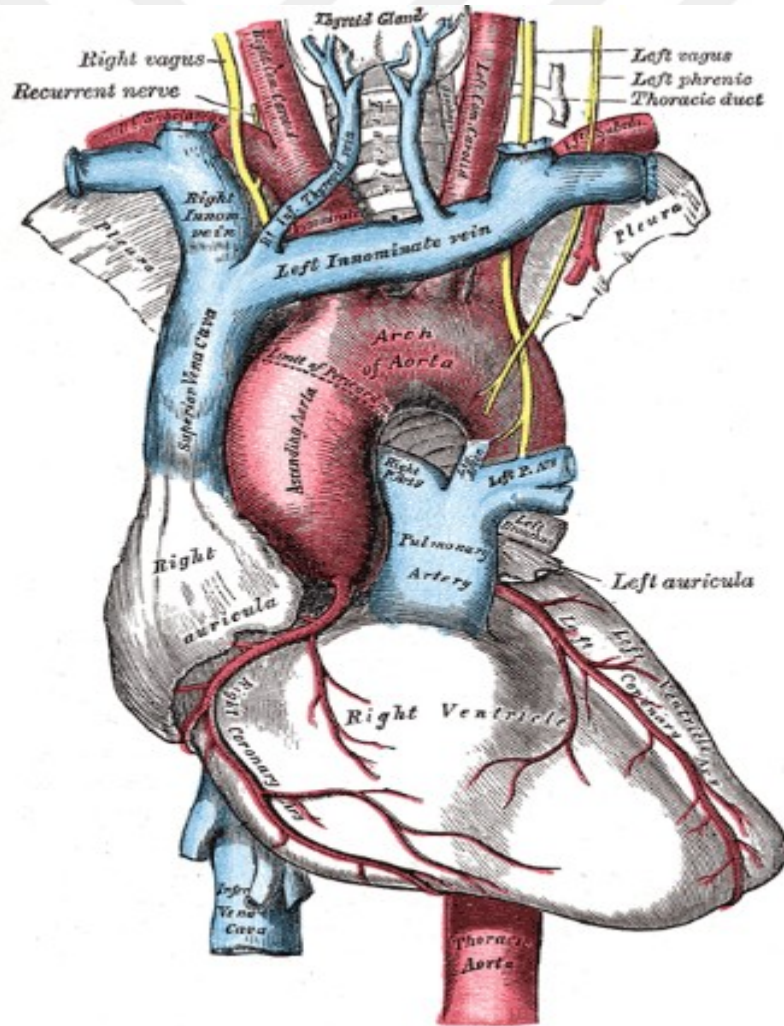
Arcus aorta konkav alt yüzünde truncus pulmonalis bifurkasyonu, sol ana bronş, plexus cardiacus superficialis ve sol nervus (n.) laryngeus recurrens ile komşudur. Arcus aorta sol radix pulmonalis'in üstünden geçerek arkaya ve sola uzanır. Önde plevra, akciğerlerin ön kenarları ve timus artıklarıyla komşudur. Sola ve öne bakan yüzü sol akciğer ve plevra mediastinalis ile komşudur. Arcus aorta ve plevra mediastinalis arasından önden arkaya; sol n. phrenicus, n. vagus'un ramus cardiacus cervicalis superior dalı, sempatik sisteme ait olan n. cardiacus cervicalis superior ve n. vagus geçer. N. vagus Arcus aorta'yı önden çaprazlarken sol n. laryngeus recurrens dalını verir. Bu sinir, arcus aorta'yı alttan dolanarak arkaya ve yukarı ilerler. N. vagus ve n. phrenicus arasında vena (v.) intercostalis superior bulunur. Sağa ve arkaya bakan yüzü trachea, lenf düğümleri, plexus cardiacus profundus, sağ n. laryngeus recurrens, oesophagus ve en arkada da ductus thoracicus'la komşudur (37).

2.3.3.1. Arcus Aortae'nin Dalları

Arcus aortae'nin dışbükey üst yüzünden üç dal çıkmaktadır. Bu dallar sağdan sola sırasıyla truncus brachiocephalicus (TB), a. carotis communis (ACC) sinistra (ACCS) ve a. subclavia (AS) sinistra (ASS)'dır (şekil 9). V. cava superior'a katılmak üzere yatay seyir gösteren v. brachiocephalica sinistra bu dalları başlangıç kesimlerinde

ön taraftan çaprazlar. AA'nın içbükey olan alt yüzeyi ductus arteriosus aracılığıyla truncus pulmonalis'e bağlıdır. ASS ile ligamentum arteriosum arasındaki segment göreceli dar olması sebebiyle isthmus aortae olarak adlandırılır. (37).

Truncus brachiocephalicus, AA'dan çıkan ilk ve en büyük dal olarak, trachea'nın önünde ve v. brachiocephalica sinistra'nın gerisinde, manubrium sterni'nin arkasında yükselir. Superolateral seyrinde, trachea'nın sağ yarısına ve sternoklavikuler eklem düzeyine ulaştığında ACC dextra (ACCD) ve AS dextra (ASD) olarak iki dala ayrılır (25). TB ve manubrium sterni arasında m. sternohyoideus, m. sternothyroideus, thymus artıkları, v. brachiocephalica sinistra ve v. thyroidea inferior dextra vardır. Bazı bireylerde sağ n. vagus'un ramus cardiacus cervicalis superior'u da eşlik edebilir. Sağ komşuluğunda v. brachiocephalica dextra, v. cava superior, sağ n. phrenicus

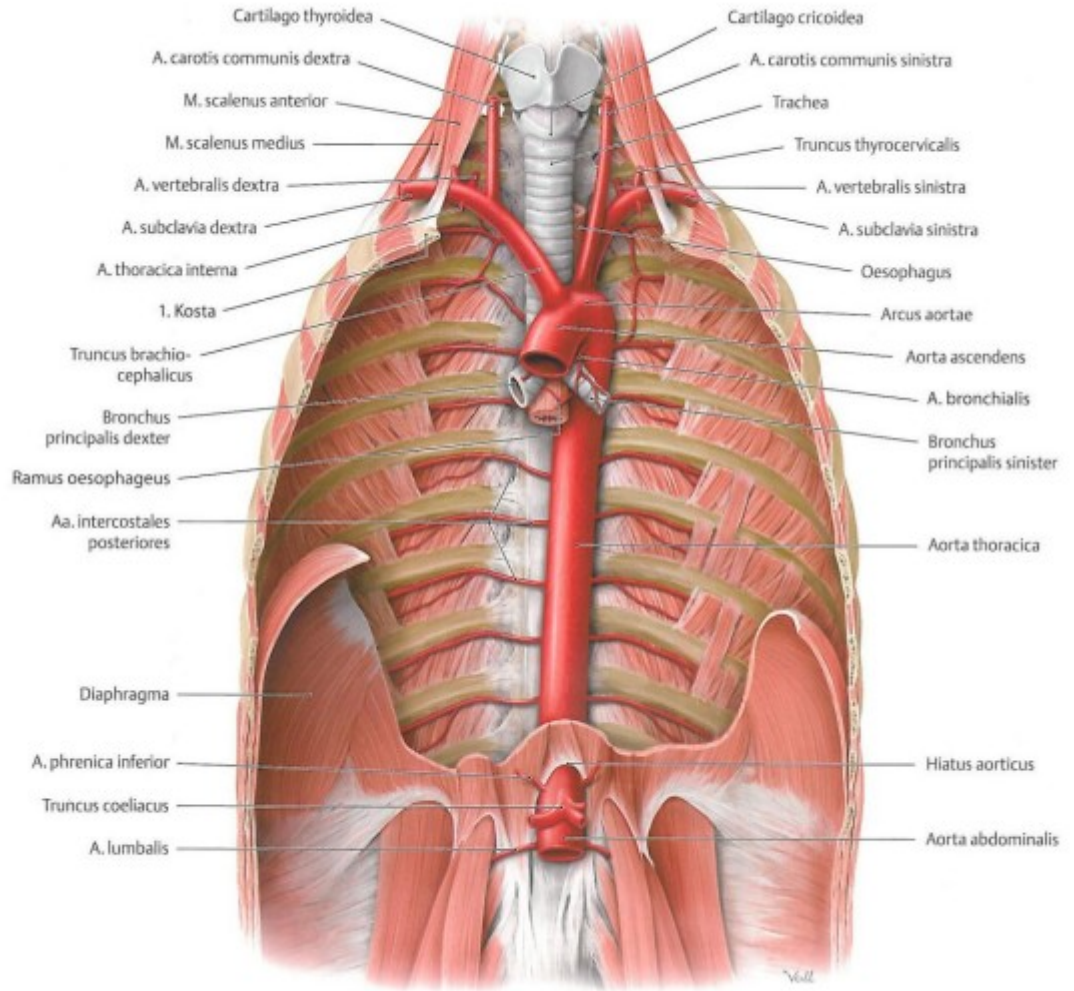


Şekil 9: Superior mediastinumdaki büyük damarların anatomisine ait illüstrasyon (38).

ve plevra bulunur. Sol komşuluğunda tymus artıkları, ACCS'nin başlangıç kısmı, v. thyroidea inferior ve trachea bulunur (40).

Arteria carotis communis sinistra, AA'dan çıkan ikinci daldır ve TB'nin hafif arka ve soluna doğru manubriumun sterni'nin arkasından başlar. ASS'nin önünde, trachea'nın önce önünde daha sonra solunda seyreder. Sol articulatio sternocostalis'in arka tarafından ilerleyerek boyuna geçer (41).

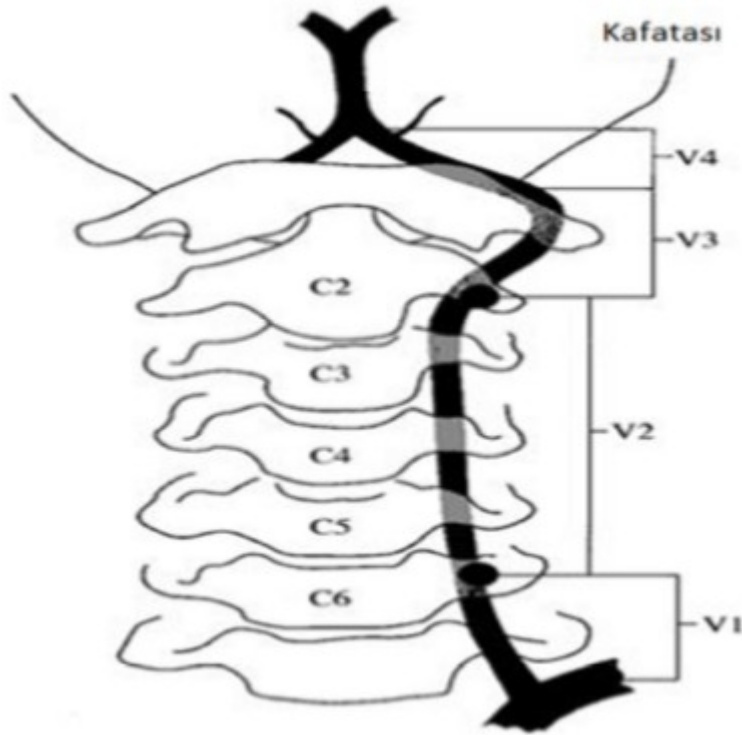
Arteria subclavia sinistra AA'dan çıkan üçüncü dal olup, ACCS'nin hemen arkasından, AA'nın arka kesiminden çıkar. Trachea'nın ve ACCS'nin dış kısmından mediastinum superius'da yukarı seyreder ve burada dal vermez. AS m. scalenus anterior ile komşuluk ilişkisi referans alınarak üç bölümde incelenir. AS'in dalları genelde 1. ve 2. bölümden çıkar. AS'in dalları a. vertebralis (AV), truncus thyrocervicalis, a. thoracica interna ve truncus costocervicalis'tir (40, 41,37) (Şekil 10).



Şekil 10. AA'nın anterior'dan genel görünüşü ve AS'nın dalları (39).

2.3.3.2.Arteria Vertebralis'in Anatomisi

Vertebral arter genelde subklavian arter'in (AS) ilk dalı olup 4 segmente ayrılır. Bunlar V1, V2, V3 ve V4'dür (Şekil 11) (42).



Şekil 11. Vertebral arter ve segmentleri

2.3.3.2.1. V1 (ekstraosseöz) segment

AV subklavyen arterin hemen süperiorundan (%47) veya ventral, kaudal, dorsal (%53) yüzünden orjin alır. V1 segmenti posterosüperiora doğru ilerleyerek altıncı servikal vertebra düzeyinde transvers foramene girer (43).

2.3.3.2.2 V2(foraminal) segment

V2 segmentleri C3-6 vertebra transvers foramenlerinden vertikal olarak geçerek yükselir. C2'den L şeklinde dönerek geçer (43).

2.3.3.2.3. V3 (extraspinal) segment

V3 segmentleri C1'den çıktıktan sonra başlar ve duraya girdiği yerde sonlanır. C1 transvers foramenini geçtikten sonra, atlantookspital eklem etrafından posteromedial keskin bir dönüş alır ve buna bağlı atlas (C1) arka halkasında bir oluk oluşur. Daha sonra ileriye ve yukarı doğru keskin bir şekilde ilerleyerek foramen magnum düzeyinde durayı delerek kafatasına girerler (43).

2.3.3.2.4 V4 (intradural) segment

V4 segmentleri öncelikle foramen magnumda anteromedial olarak ilerlerler. Daha sonra klivus alt hizasından süperomedial olarak çıkarlar. Pontomedüller bileşke düzeyinde veya yakınında iki AV birleşerek arteria basillaris'i oluşturur (43). Başlangıcından itibaren her bir VA, başlangıçta anterior skalen kası ve ACC arkasından geçer. Servikal spinal sinirlerin ventral dalların ön komşuluğunda tüm servikal vertebra (C7 hariç) transvers foramenlerinden geçerek yükselir. Hipoglossal sinir köklerinin önünden geçerek foramen magnumda posterior fossaya girer (43).

2.3.3.2.5. Vertebral Arter'in Dalları

Her bir AV 'nın servikal, meningeal ve intrakranial dalları vardır (43). Servikal (ekstrakranial) dallar: rr. spinalis, rr. musculares' dir (43). Kafa boşluğu (intrakranial) içinde verdiği dallar: rr.meningei, a. spinalis posterior, a. spinalis anterior, a. inferior posterior cerebelli, rr.medullares mediales, rr.medullares laterales'dir (43).

Servikal dallar

V2 segmentleri transvers foramenlerden geçerken derin servikal kaslara isimsiz müsküler dallar verir. Spinal kordu ve etraf yapılarına spinal arterlerle anastomoz yapan segmental spinal dallar verir (43).

Meningeal dallar

Anterior meningeal arter V2 segmentinden ayrılır ve foramen magnum düzeyinde durayı besler, daha geniş olan posterior meningeal arter ise foramen magnum hemen altında ayrılır ve oksipital kemik komşuluğundaki falks serebelli ve durayı besler (43).

İntrakranial dallar

İntrakranial dallar, posterior ve anterior spinal arter, küçük perforator arterler ve PICA'yı içerir. PICA serebellumu besleyen en önemli, en büyük ve en çok varyasyon gösteren arterdir. Beyin sapı düzeyinde inferior olive yakınında AV'dan ayrılır ve glossofaringeal, vagus ve aksesuar sinir kökleri arasından veya önünden geçer (43).

2.3.3.2.6 Vertebral arter varyantları, anomalileri

a) Normal varyantlar: Olguların büyük çoğunluğunda sol vertebral arter dominant olup %25 oranında sağ AV sola göre daha geniştir. Ortak AICA-PICA kökü sık varyasyonlardan biridir. Nadiren her iki PICA'lar tek kökten orjin alır. Olguların %0,2'sinde AV bir PICA'da sonlanır. Bu durumda aynı taraf AV küçük olup karşı taraf AV posterior fossa kan akımının büyük kısmını karşılar (42). PICA %5-%18 oranında ekstradural köken alır. Sıradışı olgularda PICA daha aşağıdan C1-2 düzeyinden köken alabilir. Olguların üçte birinde PICA'lar normal intradural AV segmentinden köken alır, fakat kaudal loopları foramen magnuma doğru uzanır. Duplike PICA anatomik

diseksiyonların %2 'sinde tespit edilmiştir. Bu durumlarda tek trunkus yerine 2 veya daha fazla damar çıkışı olur (43).

b) Anomaliler: Olguların %5-6'sında anormal orjin mevcuttur. En sık anomali aortik arkus orjinli AV olup anjiyogramlarda yaklaşık %5 oranında görülür. PICA'nın anormal kökeni nadir olup posteriyor meningeal arterden veya ICA'dan köken alabilir. Posterior meningeal arterin AV yerine PICA'dan köken aldığı da bildirilmiştir. AV'nın duplike kökeni ve fenestrasyonu bildirilmiştir. Duplikasyon değişken bir mesafe boyunca belirgin veya kısmen paralel seyir gösteren 2 kökenli bir damarı ifade eder. Fenestrasyon ise damarın tek köken ve pozisyonlu ancak belli bir seyrinde çift lümen içermesini kapsar. AV 'ların duplikasyon ve fenestrasyonu nadir olup anatomik diseksiyonların %1'inden azında saptanmıştır (43).

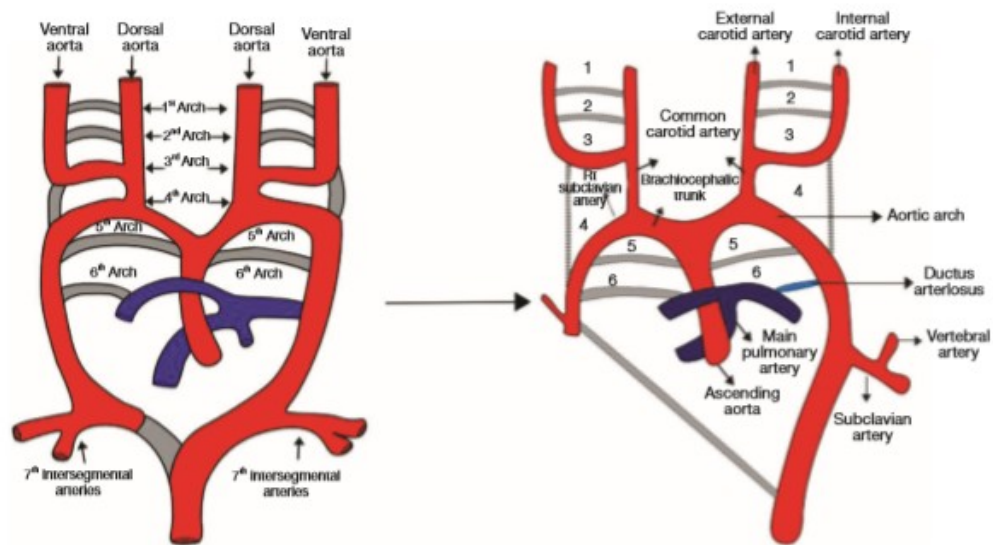
2.3.4. Arkus aorta gelişim ve anomalilerinin embriyolojisi

Çeşitli aortik ark malformasyonlarını sınıflandırmak ve yorumlamak için aortik ark gelişiminin tam olarak anlaşılması önemlidir. Brankiyal arkların gelişimi gebeliğin ikinci haftasında başlar ve yedinci haftaya kadar devam eder. Dorsal ve ventral aorta çiftlerini birbirine bağlayan altı çift branşial ark (kraniyal-kaudal olarak numaralandırılmış) vardır. Bu model ilk olarak Rathke tarafından klasik Rathke diyagramında gösterildiği şekilde tanımlanmıştır (Şekil 12). Mevzubahis olan 6 brankiyal arkın hepsi aynı anda mevcut olmayıp, kraniyalden kaudal yöne doğru sırayla ortaya çıkarlar ve regrese olurlar.

Birinci, ikinci ve beşinci arklar spiral şeklinde içeriye kıvrılır. Birinci ve ikinci arkın kalıntıları sırasıyla maksiller ve stapediale arterleri oluşturur (44). Beşinci ark nadiren çift aortik arka sebebiyet verecek şekilde patent olarak kalabilir. Aort dallarını oluşturan başlıca arklar üçüncü, dördüncü ve altıncıdır. Üçüncü ark ana karotis ve internal karotid arterlerin bir bölümünü oluştururken, dördüncü ark arkus aortayı oluşturur. Altıncı arkın ventral kısmı pulmoner arterin distal segmentlerini oluştururken, dorsal kısmı duktus arteriozusları oluşturur. Ventral aorta, daha sonra asendan aorta ve ana pulmoner arterin proksimal segmentine bölünen trunkus arteriosusu oluşturur.

Dorsal aorta çiftleri tek bir gövde oluşturmak üzere kaynaşır. Yedinci intersegmental arter (dorsal aortanın dalı) subklavyan arterlerin bir parçasını oluşturur (45).

Aortik ark anomalileri ve varyantlarının çeşitli alt tiplerinin morfolojisini sınıflandırmak ve anlamak için Edwards tarafından önerilen başka bir modeli anlamak önemlidir. Edwards her iki tarafta çift aortik ark, çift bilateral duktus arteriyozus ve tek dorsal aorttan oluşan varsayımsal bir gelişim modeli önerdi. Buradaki karotid ve subklavyen arterler arkus aortadan çıkarlar. Bu modelde karotid arterler anterior ve subklavyen arterler posterior yerleşimlidir. Normal sol aortik ark sağ aortik ark, sağ taraflı duktus ve sağ dorsal aortun regresyonu ile oluşur. Sağ dorsal aortun proksimal kısmı sağ subklavyen arterin bir parçasını oluşturur. Sol dorsal aort distal aortik ark ve inen torasik aortu oluşturur (46,47). Aortik arktaki çeşitli anomaliler Edwards'ın çift aortik ark modelinde farklı seviyelerdeki duraklama paternleri ile açıklanabilir. Çeşitli segmentlerin anormal şekilde persiste etmesi veya gerilemesi, çeşitli tipte malformasyonlara yol açar.



Şekil 12. Rathke'nin diyagramı, aortik ark ve dalların gelişiminin şematik gösterimi. Arkus aorta dördüncü arktan, pulmoner arter ise altıncı arkın ön tomurcuğundan oluşur. Üçüncü arkın bölümleri, branşial arkların ön segmentleri, sol ana, external ve internal karotid arterlerin oluşumuna katkıda bulunur. Kırmızı ile gösterilen alanlar sebat ederken, gri ile gösterilenler kademeli olarak kaybolur (48).

2.3.5 Vertebral arterlerin embriyolojisi

Fötal yaşamın dördüncü ve beşinci haftalarında, pharyngeal arkların gelişimi sırasında; her ark kendi kranial sinir ve kendi arterini alır. Bu arterler aortik keseden gelişen aortik arklardır. Aortik arklar pharyngeal arklarda mezenşim ile sarılı olup sağ ve sol dorsal aortada sonlanırlar. Bu dorsal aorta çifti kaudal kısımda tek bir arter olarak birleşir (Aortik arklar 1, 2, 3, 4 sağ ve sol, 6 sağ ve sol olmak üzere isimlendirilirler).

Dördüncü aortik ark (arcus aorticus quartus) sağ ve sol tarafta farklı gelişir. Solda arcus aortae şeklinde a. carotis communis ve a. subclavia sinistra arasında, sağda a. subclavia dextra'nın proksimal segmentine farklılaşır. Distal segment ise sağ dorsal aorta ve 7. intersegmental arter tarafından oluşturulur (49).

Arcus aorta 'dan 30 veya daha fazla sayıda gelişen intersegmental arterler somitler ve derivasyonları arasındaki kanın taşınmasından sorumludurlar. Bu arterler longitudinal arterlerin oluşumuna katılıp her iki tarafta vertebral arterleri oluştururlar (50).

Arteria vertebralis gestasyonel yaşamın 32. ve 40.günleri arasında (7-18 mm embriyo) primitif dorsal aortik ark ile servikal arterlerin sekonder persistan segmentlerinin füzyonu sonucu oluşur. Bu füzyonda oluşan anormallikler şüphesiz a. vertebralis'in anormal orijinden dallanmasıyla sonuçlanacaktır. Bu varyasyonlar aynı zamanda a. vertebralis'in for. transversarium'a giriş seviyesini de etkileyecektir. Aynı zamanda bu varyasyonlar tortiyozite oluşumuna katkıda bulunacaktır (51).

2.3.6 Aortik ark varyasyonları ve anomalileri

Sınıflandırma

Aortik ark malformasyonlarının prevalansı genel popülasyonda %1-2 arasında değişmektedir (52). Bu malformasyonları, aortik arkın tarafı, aortik arkın seyri ve yeri, kesintiye uğrayıp uğramaması, persistan beşinci ark gibi anatomik özelliklere veya solunum yetmezliği veya özofagus disfonksiyonu gibi özelliklerin fonksiyonel sonucuna dayanan sınıflandırmanın birkaç yolu vardır (53). Bazı yazarlar bu malformasyonları obstrüktif veya obstrüktif olmayan aortik ark anomalileri olarak sınıflandırmış ve obstrüktif anomalilerin pediatrik popülasyonlarda daha yaygın olduğunu gözlemlemiştir (54). Bunların çoğu daha önce belirtilen Edwards'ın varsayımsal çift ark sistemi ile açıklanabilir (55).

Aortik arkın tarafı ve dallanma modeli

Trakea ve ana bronş ile ilişkili seyri açısından aortik arkın sağ veya sol yeri temelinde tanımlanır. Normal dallanma modelinde, ilk dal (innominate veya brakioyosefalik arter) genellikle aort arkının ters tarafına gider. Elbette, retroözofageal innominate arter gibi, innominate arterin aort arkından ilk yerine son dal olarak çıktığı birkaç istisna vardır. Bazı hastalarda, her iki karotis atardamarının orijini birbirine yakın olabilir ve bu nedenle ilk dalın belirlenmesini zorlaştırabilir (54).

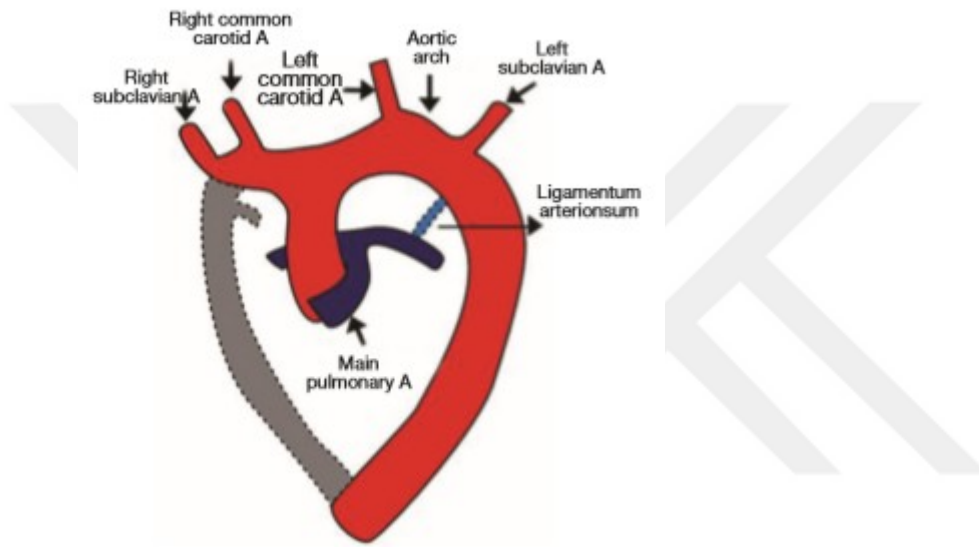
2.3.6.1 Sol aortik ark

Sol aortik ark, trakea solunda bulunur ve sol ana bronş üzerinde seyredir. Normal sol arkın oluşumunda rol oynayan yapılar, sağ subklavyen arter ve inen torasik arter arasında uzanan sağ 4.brakial arkın distal segmenti, 7. intersegmental arter orijininin distalindeki sağ dorsal aorta ve sağ duktus arteriosus 'u içerir. Sol dördüncü brakial arkın persiste etmesi definitif aortik arkı oluşturur (47). Duktus sol tarafta patent olarak kalır ve aort distalini sol subklavyen arter orijinine proksimal sol pulmoner artere bağlar. İnlen aort genellikle aort arkı ile aynı taraftadır ve bunun nedeni

ipsilateral dorsal aortun kalıcılığıdır (56). Aortik arkın baskın tarafının belirlenmesinin kesin mekanizması hala bilinmemektedir

2.3.6.1.1. Normal sol aortik ark dallanma paterni

Normal dallanma paterninde, ilk dal sağ innominat arter ardından sol ortak karotis ve son olarak sol subklavyen arterdir (Şekil 13). Sağ brakiyosefalik (veya innominat) arter ayrıca sağ ortak karotis ve sağ subklavyan arterlere ayrılır (45).



Şekil 13: Sol aortik arkın normal dallanma paterninin şematik gösterimi.

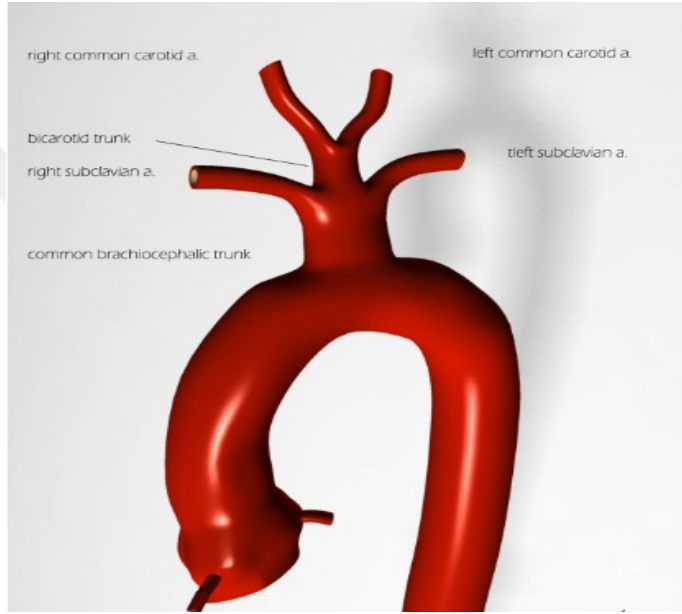
İlk dal, sağ ortak karotis ve sağ subklavyan arteri, ardından sol ortak karotis ve sol subklavyan arteri oluşturan sağ innominat arterdir. Duktus genellikle sol tarafta ligamentum arteriosus olarak devam eder (48).

2.3.6.1.2. Aortik ark dallanma paterninde normal varyasyonlar

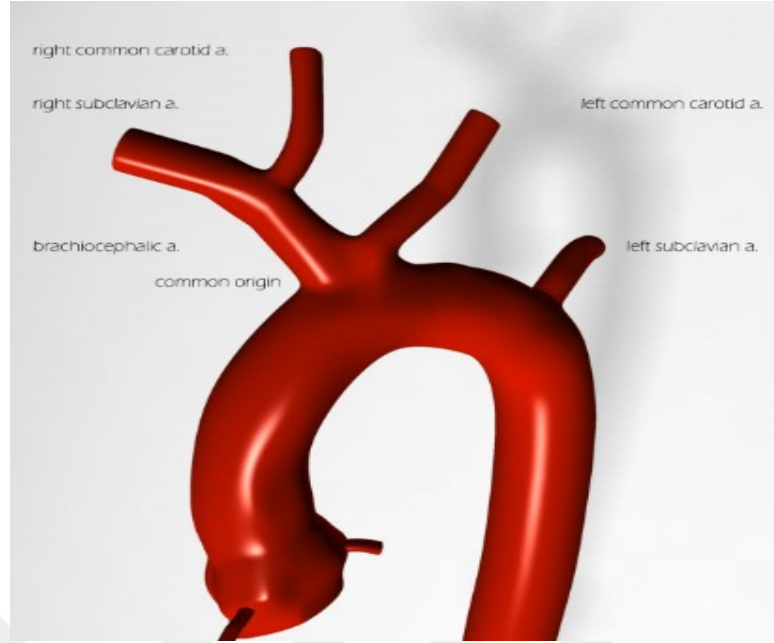
2.3.6.1.2.1 Hatalı bir şekilde bovine ark olarak adlandırılan varyasyon

En yaygın sol aortik ark dallanma varyasyonu genellikle aslında yanlış bir tanım olan bovine aortik ark olarak adlandırılır. Bildirilen insidans popülasyonun %10-20'si arasında değişmektedir. Sığırlarda görülen bovine arkda (Şekil 14), tek ortak bir gövdeden üç dal çıkar. Bununla birlikte, normal varyasyonda, sol ana karotis arter genel olarak sağ innominat arterle ortak kökü paylaşır veya daha az yaygın olarak doğrudan

innominate arterden çıkar (Şekil 15). Sol subklavyen arter aortik arkdan ayrı olarak çıkar (5). Başlangıçta normal bir anatomik varyant olduğu düşünülen bu dallanma paterni, son zamanlarda torasik aort anevrizmaların gelişimi ile ilişkilendirilmiş olup, travma sonrasında torsiyon ve deselerasyon yaralanmaları riski artar. Bu risk, olağan üç nokta yerine sadece iki sabitleme noktasının varlığından kaynaklanmaktadır (57,58). Bu anomali artık klinik olarak önemsiz bir varyant olarak görülmemektedir, çünkü yüksek torasik aort hastalığı insidansı ve göreceli olarak hastalığın daha genç yaşta ortaya çıkması ile ilişkilidir (59).



Şekil 14: Gerçek bovine ark



Şekil 15: Hatalı bir şekilde bovine ark olarak adlandırılan varyasyon

2.3.6.1.2.2. Vertebral arter orijin varyasyonları

Diğer sık karşılaşılan varyasyon, otopsi serilerinde %2,4-5,8 prevalansa sahip olan vertebral arterin doğrudan aortik arkta köken almasıdır (60). Bununla birlikte, sağ vertebral arterin anormal orijini daha nadirdir (61). Vertebral arter kökenlerinin fenestrasyonu veya duplikasyonu da görülebilir. Bu varyasyonların klinik bir önemi olmayabilir, ancak bazı cerrahi sonuçları olabileceği için belgelenmelidir (62).

2.3.6.1.2.3. Aberran sağ subklavyen arter (ARSA)

ARSA, sol aortik ark ile ilişkili en yaygın anomalidir ve kadınlarda daha sıktır (63). Bu anomali, sağ subklavyen ve sağ ana karotis arteri arasında sağ arkın girişiyle birlikte sağ duktus arteriyozusun regrese olmasından kaynaklanır. ARSA'nın proksimal segmenti, sağ dördüncü arkta kaynaklanmak yerine distal sağ dorsal aorttan

çıkar ve retroözofageal seyir gösterir (64). Trakea'nın sağ tarafında hiçbir şey olmadığı için bu anomali tam vasküler halka ile sonuçlanmaz. Sağ subklavyen arterin anormal retroözofageal seyri sonucu özofagus basılanır ve bu durum disfaji lusoria olarak adlandırılan yutma güçlüğü şikayetlerine sebep olur. Anormal damarın en yaygın seyri retroözofagealdır. Bununla birlikte, trakea ve özofagus arasında veya hatta trakeanın önünde seyredebilir (65). Patent duktus arteriozus (PDA), ventriküler septal defekt veya aort koarktasyonu dahil diğer konjenital anomalilerle de ilişkilendirilebilir. Anormal subklavyen arter ve bicarotid gövde (her iki ortak karotid arterlerin ortak kökenleri) arasındaki ilişki, sadece anormal seyirden daha semptomatiktir (66). Belgelenmesi gereken göze çarpan özellik, Kommerell divertikülünün varlığı veya yokluğudur. Divertikül varlığı, özellikle ektatik veya anevrizmal olduğunda yüksek riskli bir özelliktir. Anomali genellikle tesadüfi bir bulgu olduğu ve asemptomatik olduğu için müdahale gerektirmez. Divertikülü olmayan hastalarda duktus genellikle ark ile aynıdır, bu nedenle vasküler bir halka oluşumu yoktur.

2.3.6.1.2.4. Kommerell divertikülü ile birlikte ARSA

Retroözofageal divertikül, sağ altıncı ark segmentinin persiste etmesi nedeniyle ortaya çıkar. Anormal subklavyen arter Kommerell divertikülünden çıktığında, vasküler halkayı tamamlayan duktus genellikle arkın karşı tarafındadır (67).

Kommerell divertikülünün anevrizması olan hastalarda cerrahi olarak rezeke edilebilir.

2.3.6.1.2.5. Sol aortik ark ile birlikte arktan izole subklavyan arter

Bu nadir anomalide subklavyan arterin aortik arkla bağlantısı yoktur. Bu olağandışı malformasyon, sağ arkta iki düzeyde involüsyonun sonucudur; biri sol subklavyen ve sol ortak karotis arteri arasında, diğeri sağ duktusun distali ve sağ subklavyan arterden arasındadır. Subklavyen arter, vertebral arterden veya duktus arteriosustan yeniden oluşturulur (68). Bu, devamlılığın aslında inen aortun kendisinde kaybolduğu interrupted aortik ark (IAA) ile karıştırılmamalıdır. Bu anomali, PDA,

Fallot tetralojisi veya CHARGE (koloboma, kalp anomalileri, koanal atrezi, büyüme ve gelişme geriliği, genital ve kulak anomalileri) vb. sendromik anomaliler içerisinde tanımlanan 22q11 delesyon sendromlarının doğasındaki kromozomal anormallikler gibi diğer konjenital kardiyovasküler hastalıklarla ilişkili olabilir (69,70). Bu anomali vasküler bir halka oluşturmaz. Klinik olarak, bu hastalar asemptomatiktir, ancak bazen sol üst ekstremitede iskemik ağrı özelliklerine sahip olabilirler (71). Semptomatikse, tedavi cerrahi olarak subklavyan arterin ayrılarak karotid artere reanastomozunu içerir.

2.3.6.1.2.6 Sol sirkumfleks aorta

Normal koşullarda, dorsal aort aortik ark tarafında kalır. Bununla birlikte, sol sirkumfleks aorta sol aortik ark ve sağ taraflı inen aorttan oluşan nadir bir varyasyondur. Bu anomalide aort arkının kendisi yemek borusunun arkasında ilerler. Vasküler halka, aortik arkın retroözofageal segmenti, sağdaki duktus arteriyozus ve ön taraftaki pulmoner arter ile birlikte sol taraftaki aortik ark segmenti ile tamamlanır (72). Bu patolojinin embriyolojik temeli, sağ duktus arteriyozus ve sağ dorsal aortun persistan kalması ile birlikte sağ ortak karotis ve sağ subklavyan arter arasındaki sağ dördüncü brankial arkın regrese olmasıdır. Bununla birlikte, sol taraflı bir duktus varsa, vasküler halka eksik kalır. Cirumflex aortu olan sol aortik ark, özellikle pediatrik hastalarda cerrahi gerektiren solunum güçlüğüne yol açan ciddi trakeobronşiyal kompresyon ile sonuçlanabilir (73). Bu gibi hastalarda, duktus veya ligamentum arteriozumun bölünmesi ile kompresyon hafifletilebilir.

2.3.6.2. Sağ aortik ark (RAA)

Sağ taraflı aortik ark, insidansı %0,1 oranında bildirilen nadir bir anomalidir (74). Edward'ın modeline dayanan üç ana alt tip vardır; bunlar tip I — ayna görüntüsü dallı RAA; tip II — aberran sol subklavyen arterli RAA; ve tip III — izole subklavyen arterli RAA'dır. Tip II en yaygın alt tiptir (75).

Diğer nadir alt tipler arasında innominat arter ve sağ sirkumfleks aort izolasyonlu RAA bulunur.

2.3.6.2.1. Tip I-Sağ aortik ark ve ayna görüntüsü tipi dallanma

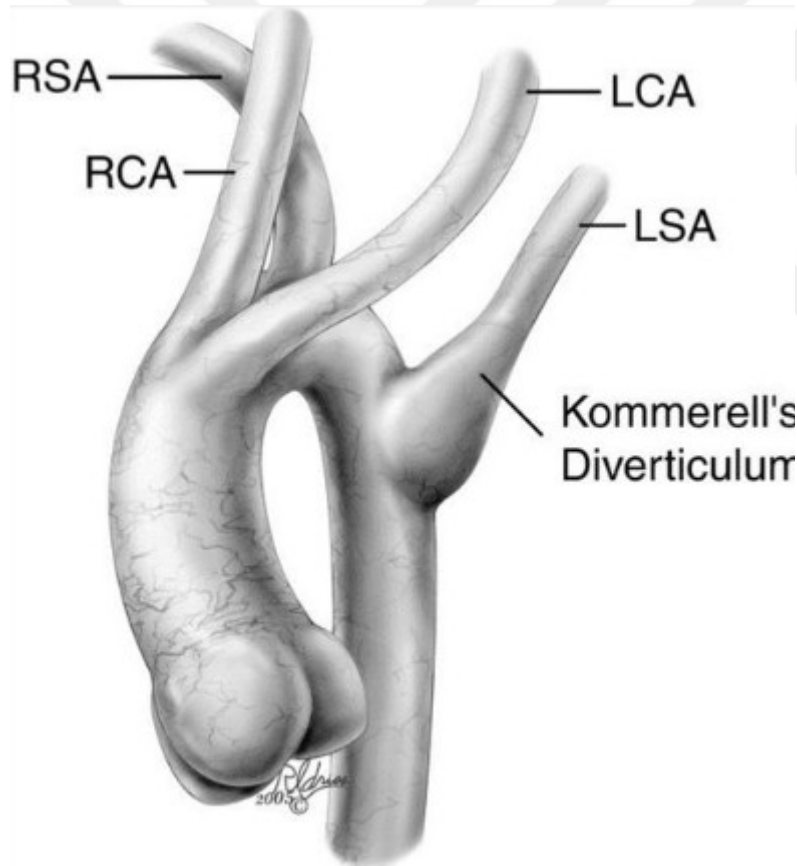
Ayna görüntüsü dallı RAA, sol duktus ve sol dorsal aort arasında sol dördüncü brankial arkın gerilemesinin bir sonucudur. Dallanma paterni, normal dallanma paterni ile sol aortik arkın tam tersidir. Burada ilk dal sol brakioyosefalik arter, ardından sağ ortak karotis ve son olarak sağ subklavyen arterdir. Genellikle sol brakioyosefalik arterden kaynaklanan ve trakeo-özofageal kompresyon bulgusu olmadan önden seyreden sol duktus vardır (46). Bununla birlikte bazen duktus sağ taraflı olabilir ve son derece nadir durumlarda, bilateral yerleşimli duktuslarda görülebilir. Bu anormalliğin tam bir vasküler halka oluşumu ile sonuçlanmadığına dair yaygın inanışın aksine, nadir senaryolarda örneğin sol duktus inen torasik aorttan çıkar ve sol pulmoner artere katılmak üzere özefagusun posteriorunda seyrederse tam bir vasküler halka oluşturabilir (76). Hemen hemen her zaman, bu malformasyon trunkus arteriosus, intrakardiyak defektler, pulmoner stenozun eşlik ettiği veya izole Fallot tetralojisi, triküspit atrezi ve sıklıkla 22q11 delesyon sendromları gibi bazı kromozomal anomalilerle ilişkilidir (46,77). Ayna görüntüsü dallanmış izole RAA vakaları herhangi bir tedavi gerektirmez.

2.3.6.2.2. Tip II — aberran sol subklavyen arterli RAA

RAA'nın en yaygın alt tipidir (78). Defekt, sol subklaviyen ve sol ana karotis arteri arasındaki sol dördüncü arkın anormal involüsyonundan kaynaklanmaktadır. Burada ortaya çıkan ilk dal sağ ana karotis, ardından sağ subklavyen arter, sol ortak karotid ve son dal sol tarafa retroözefageal seyreden sol subklavyen arterdir (79). Duktus genellikle sağ taraftadır ve vasküler halka oluşumu yoktur. Bu alt tip, tip I varyasyonunun aksine, nadiren diğer kardiyak malformasyonlarla ilişkilidir (80).

Kommerell divertikülünden çıkan anormal subklavyen arterli RAA

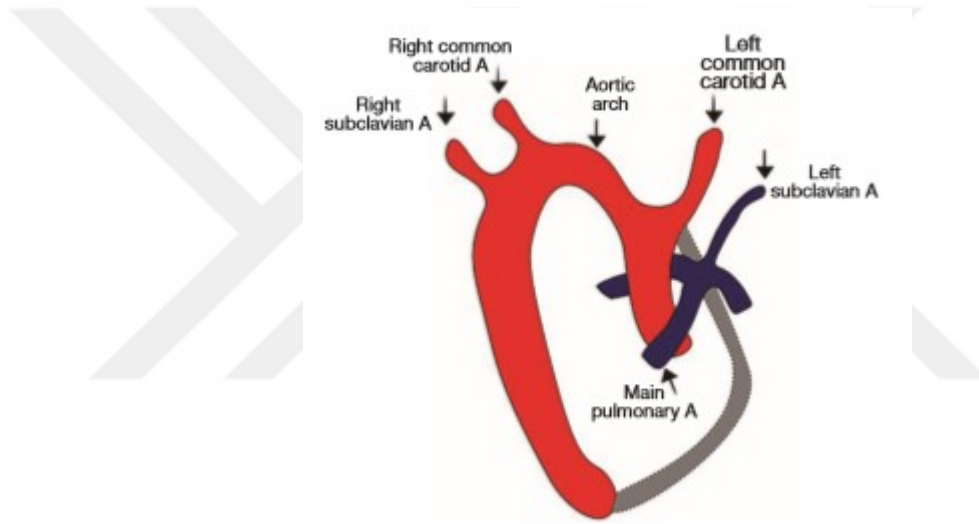
Bu, orijinal olarak Kommerell tarafından tanımlanan, anormal sol subklavyen arterin retroözofageal divertikülden çıktığı ve retroözofageal seyir izlediği klasik bir malformasyondur (Şekil 16). Komplet vasküler halka, önde asendan aortun segmenti, arkada Kommerell divertikülü ve sol tarafta ligamentum arteriosumdan oluşur. Bu durum trakea ve özefagusun tamamen çevrenmesi ile sonuçlanır (81,82). Divertikül anevrizmal ise, özefagusun kompresyonuna sebep olabilir veya spontan ruptüre olur (83). Bu nedenle, retroözofageal divertikülün varlığını veya yokluğunu prognostik sonuçlara sahip olabileceğinden bildirmek uygundur. Semptomatik hastalarda divertikül rezeke edilir ve bunu aortik ark aortopeksi izler. Alternatif olarak, divertikülü çıkardıktan sonra, sol subklavyen arter sol karotid artere yeniden anastomoze edilebilir.



Şekil 16.Kommerell divertükülü ve aberran sol subklavyen artere ait illüstrasyon

2.3.6.2.3. Tip III — İzole subklavyen arterli RAA

İzole subklavyen arterli RAA, sol subklavyen arterin her iki tarafındaki iki segmentte embriyolojik sol arkın regrese olmasının sonucudur (Şekil 17). Sol subklavyen arter, vertebral arterden veya duktus arteriosustan kaynaklanır (84). Hastalar subklavyen çalma sendromu kliniğine sahiptir ve sol koldaki güçsüzlükten şikayetçidir (71,85). Eğer faz kontrast manyetik rezonans anjiyografi uygulanırsa sol vertebral arterde akım geri dönüşü izlenebilecektir. Tip II RAA'nın aksine, tip III trunkus arteriozus, triküspit atrezi veya Fallot tetralojisi gibi konjenital kalp hastalıklarıyla birliktelik gösterir (86). Tedavi stratejisi, ana karotis ve subklavyen arteri bağlamak için bir baypas greftinin oluşturulmasını içerir.



Şekil 17: İzole sol subklavyen arter ile sağ aortik arkın şematik gösterimi. Bu malformasyon, sol aortik arkın hem sol ortak karotis hem de sol subklavyen arterler arasında ve sol duktus arteriozus ve sol subklavyen arterin distalinde iki seviyede tutulmasının bir sonucudur. Sol subklavyen arter, duktus arteriozus yoluyla pulmoner arterden kaynaklanır (48).

2.3.6.2.4. Sağ sirkumfleks aorta

Kontralateral sol taraflı inen torasik aort ile ilişkili olabilir. Sağ sirkumfleks aorta sol sirkumfleks aortaya göre daha yaygındır (87). Tekrarlamak

gerekirse, bu tür bir malformasyonda, subklavyen arter değil, aortik ark retroözefageal seyir gösterir. Çapraz yaptıktan sonra, genellikle aort arkının yanına karşı Kommerell divertikülünden çıkan ve halkayı tamamlayan sol taraflı bir duktus oluşur (88). Subklavyen arter normal pozisyonunda veya aberran bir kökene sahip olabilir. Bunun arkasındaki embriyolojik teori sol taraftaki dorsal aortun kalıcılığıdır ve sol taraftaki torasik aortun solda seyretmesine neden olur (89). En sık karıştırıldığı durum, atretik sol ark segmentine sahip çift aortik arktır. Bu gibi durumlarda, özellikle preoperatif anatomi kesin olmadığında cerrahı atretik sol ark olasılığı hakkında bilgilendirmek uygun olur (89). Tedavi planlaması, kompresyonun azaltılması için ligamanın ve duktus arteriozusun ayrılmasını içeren sol sirkumfleks aorttaki cerrahi şekline benzerdir.

2.3.6.3. Çift aortik ark

Çift aortik ark, Edward'ın sağ ve sol 4. brankial arkların persiste ederek trakea'nın her iki tarafında görülen çift aortik arkı oluşturduğu teorik model ile kolayca açıklanabilir (45). Ana karotis ve subklavyen arterler her iki taraftaki ipsilateral arklardan çıkarlar. (Şekil 16). Arklar trakea ve özofagusu tamamen kuşatır ve tam vasküler halkanın en yaygın nedenidir (90). Duktus genellikle sol taraftadır ve atretik arkın yanında aynı taraftadır (75). Benzer şekilde, inen torasik aort dominant arkın kontrlateralindedir. İki aort arkı aynı kalibrede olabilir veya arklardan biri atretik veya hipoplastik olabilir. En sık, sağ ark baskındır ve sol arkla karşılaştırıldığında daha kranialdedir (91). Klinik olarak, bebekler hayatın erken döneminde havlama tarzı öksürük ve solunum stridoru ile başvururlar.

2.3.6.3.1. Bir arkı kısmi / tam atretik olan çift aortik ark

Çift aortik ark, daha yaygın olarak solda fibröz veya ligamentöz remnant olarak devam eden arkların birinin atrezisine sahip olabilir (92). Kontrastlı BT veya MR anjiyografi sadece patent damarları tasvir edebilir ve ligamentöz atretik segmentleri doğrudan değerlendiremez. Bu nedenle, atretik rezidüel remnantların saptanmasına ve

aynı zamanda yakın taklitçilerinden ayırt edilmesine yardımcı olacak ikincil işaretlerin aranması zorunludur.

2.3.6.3.2. Atretik çift aortik ark ve ayna görüntüsü dallanma ile RAA

Atretik segment sol arkı içeriyorsa ve sol subklavyen arter orjininin distalinde yer alıyorsa, ayna görüntüsü dallanma ile RAA'dan ayırt etmek son derece zor olabilir. Bu senaryolarda ikisi arasında ayırım yapmamıza yardımcı olabilecek yardımcı bulgular arayabiliriz.

- (I) Dört damar işareti: Komplet vasküler ring tanısında önemli bir tanısal ipucudur. Değerlendirme aortik ark seviyesinin hemen üzerinde çekilen aksiyal görüntüler temelinde yapılır. Her iki tarafta görünen ikişer damardan oluşur. Bu simetrik patern, çift aortik arkın destekleyicisidir. Bununla birlikte, ayna görüntüsü dallanması olan RAA hastalarında, sol tarafta sadece bir damar vardır ve bu da sol brakioyosefalik arterdir (93,94).
- (II) Duktal divertikül: Sol ark atrezili çift aortik arkta, duktal divertikül süperiorda, ayna görüntüsü dallanma ile RAA'da ise pulmoner artere öne doğru çıkıntı yapar (95).
- (III) Seyir: Sol brakioyosefalik arter atretik sol ark tipinde daha arkaya yerleşirken, ayna görüntüsü dallanması olan RAA hastalarında daha öne yerleşir (96).

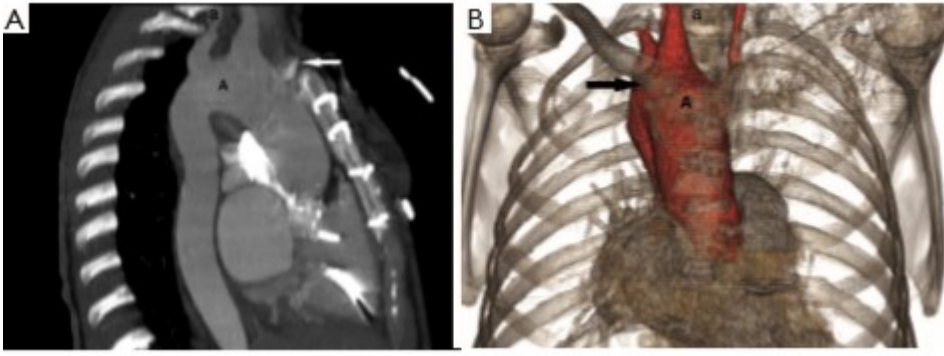
Subklavyen arter işareti: Subklavyen arterin seyri çift aortik arklı hastalarda distorsiyone görünümde olup başta inferior seyir gösterir, (sol atretik arkın persistan embriyolojik kalıcı segmentini temsil eden) ve sonra yukarı yöne döner. Inferiora projeksiyon yapan arterde çadırlaşma görülebilir ve bu atretik arkla persistan bağlantıyı temsil eder (97).

2.3.6.3.3. Atretik çift aortik ark ve aberran subklavyen arterli sağ aortik ark

Eğer atrezi sol ana karotis ile sol subklavyen arter arasında ise, bu durumu anormal sol subklavyen arterli sağ aortik arktan ayırmak zor olabilir (89,96). Bu gibi durumlarda, cerraha böyle bir olasılık hakkında bilgi vermek gerekir, böylece ameliyat sırasında rezeke edilmesi gereken atretik segmenti dikkatli bir şekilde arayabilir. Tedavi genellikle daha küçük arkın rezeksiyonu ve ligamentum arteriosumun lateral torakotomi yaklaşımı ile divize edilmesini içerir.

2.3.6.4. Servikal aortik ark

Servikal aortik arkta, aortik ark, klavikula seviyesine veya klavikula seviyesinin hemen üzerinde anormal derecede yüksek bir konumda görülür (Şekil 18). İkinci ya da üçüncü brankial arkın persiste etmesi ve normal dördüncü kemerin regresyonu sebebiyle ya da normal olarak gelişen dördüncü kemerin kaudal migrasyonunun başarısızlığından kaynaklandığı varsayılmaktadır (98). Servikal aortik ark kompleksi, superior mediastinumda aortik arkın yüksek pozisyonu, kontralateral karotis arterlerin ayrı orijini, aortik divertikulumdan çıkan kontralateral aberran subklavyen arter varlığı ve aortik arkın karşı tarafına doğru giden retroözefageal seyirli desendan torasik aortadır (99,100). Klinik tablo pulsatil boyun kitlesidir. Bu anomali kompressif semptomlar ile sonuçlanmadığı için hastaların çoğunluğu cerrahiye gereksinim duymaz. Servikal aortik ark RAA ile sık görülür ve genellikle diğer intrakardiyak defektlerle ilişkili değildir. Bununla birlikte, 22q11 mikrolelesyon sendromları ile ilişkili olabilir (101).



Şekil 18: Servikal aortik ark. Oblik sagittal MIP CTA (A) ve koronal 3D (B) görüntüleri, sağ klavikula (ok) medial ucunun hemen üzerinde uzanan sağ taraflı aortik arkın (A) yüksek konumunu gösteriyor.

2.3.6.5. Interrupted aortik ark

Asendan ve desendan aort arasında aortik luminal devamlılık kaybının varlığı interrupted aortik ark olarak adlandırılır. Bununla birlikte, bazen kalan lifli bir kord olabilir. İnlen torasik aorta kan akışının kaynağı çoğunlukla PDA'dır. Aorttaki kesintinin düzeyine göre üç tipte sınıflandırılır. Radyolojik rapor, kesinti seviyesi, aortik ark inen aorta arasındaki mesafe, dallanma paterni ve varsa diğer ilişkili durumlar hakkında açıklama içermelidir. Tedavi, by-pass grefti, stent veya uçtan uca anastomoz kullanarak cerrahi onarımı içerir.

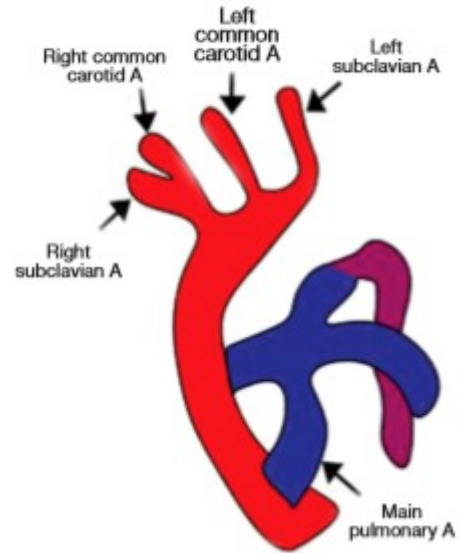
Tip A kesinti: Sol subklavyen arterin distalinde kesinti düzeyi ile karakterizedir (Şekil 19).

Tip B kesinti: Devamlılık kaybı seviyesi sol ana karotis ve sol subklavyen arter arasındadır (Şekil20).

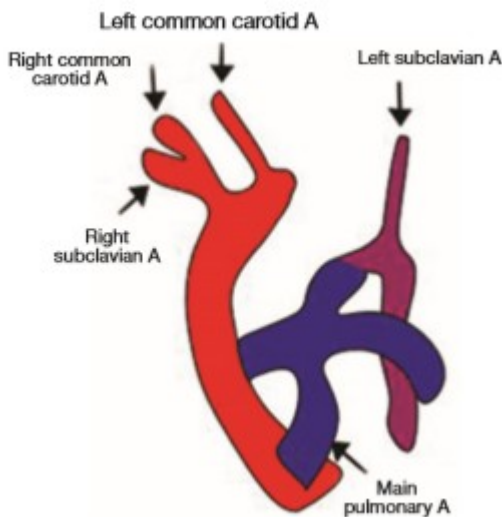
C tipi kesinti: Sağ brakioyosefalik ve sol ana karotis arteri arasında lüminal kesinti içerir (Şekil 21).

Tip B bebeklerde en sık görülen alt tiptir ve yetişkin hastalarda tip A'dır (101). IAA, ventriküler septal defekt, PDA ve biküspit aort kapağı gibi diğer konjenital kalp hastalıkları ile ilişkili olabilir. Tip B ayrıca çıkış conal septumun uyumsuzluğuna bağlı subaortik stenoz ile de ilişkilidir (103). IAA genellikle ağırlıklı olarak tip B'yi içeren 22q11 delesyon sendromlu hastalarda görülür (101). Varlık birden

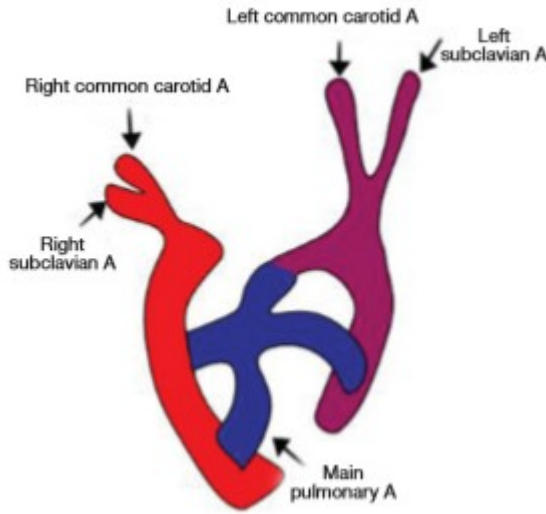
fazla düzlemde teşhis edilmelidir, çünkü büyük bir PDA'nın varlığı bir kemer gibi görünebilir ve bu hatalı bir tanıya neden olabilir. PDA görünümü normal ark ile karşılaştırıldığında daha düzdür (104).



Şekil 19: A tipinin şematik gösterimi; kesintiye uğramış aortik ark. A tipi ark, sol subklavyen arterin distalinde kesinti içerir. Büyük bir PDA inen aortu perfüze eder (48).



Şekil 20: B tipinin şematik gösterimi. B tipi kesinti, sol ana karotis ve sol subklavyen arter arasında devamlılık kaybını içerir. İnlen aort, büyük bir patent duktus arteriozus (PDA) ile perfüze edilir. Sol subklavyen arter inen aorttan kaynaklanır (48).



Şekil 21: C tipinin şematik gösterimi. C tipi kesinti, sağ innominate ve sol ana karotis arteri arasında kesinti içerir. Sol ana karotis ve sol subklavyen arterin yanı sıra inen aort, büyük bir patent duktus arteriosus (PDA) ile perfüze edilir. (32)

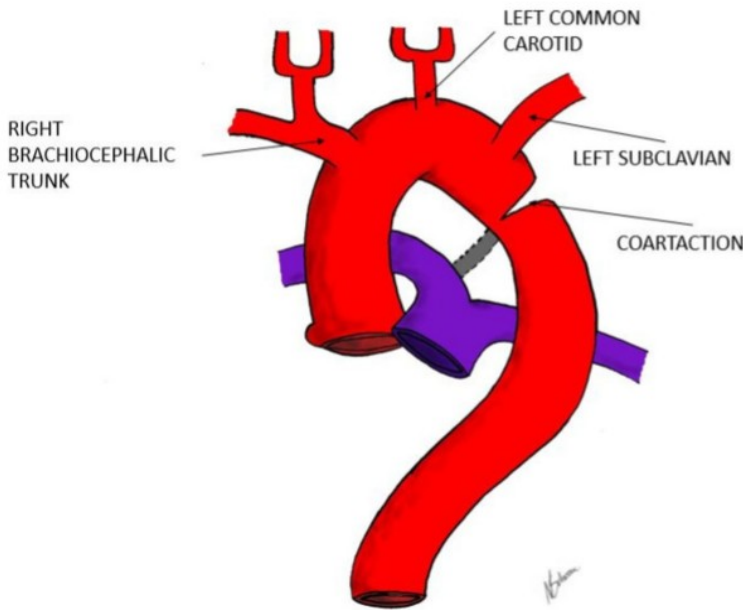
2.3.6.5.1. Interrupted aortik ark ve aortik arkın atrezisi

IAA kendini tam bir devamlılık kaybı ve transvers ve desendan torasik aort arasında bir iletişimin gerçek yokluğu şeklinde gösterir. Bununla birlikte, ark atrezisi durumunda, aortik ark ile inen aort arasındaki devamlılık kaybının aslında persistan anatomik fibröz remnant şeklinde olduğuna dair kanıtlar vardır. Bu fibröz remnant bir patent lümeni olmadığı için görüntüleme yöntemleri ile görüntülenemez. Bununla birlikte, atretik segmentin her iki tarafında divertikül varlığı ark atrezisinin varlığına işaret edebilir (105).

2.3.6.6. Aort koarktasyonu ve psödokoarktasyonu

Aort koarktasyonu, sol subklavyen arterin (juktaductal) hemen distalindeki dar bir stenoz olarak tanımlanmaktadır (Şekil 22). Üst ve alt ekstremiteler arasında kan basıncı farkı 20 mmHg'den fazlaysa bu antite hemodinamik olarak önemlidir ve distal inen torasik aorta kan akışını sürdürmek amacıyla koarktasyon bölgesini by pass etmek için interkostal kollateral damarların gelişmesine yol açar

(106). BTA bölgenin anatomik detaylarını ve daralma derecesini, koarktasyonun ark damarları ile ilişkisini, varsa ilişkili psödoanevrizmaları gösterebilir ve kollateral damarlar hakkında bilgi sağlar (107). Stent yerleştirilmesinden sonra postoperatif değerlendirme için BT, MRA'ya kıyasla daha iyi bir seçimdir. Benzer şekilde, fonksiyonel değerlendirme için, faz kontrastlı MRA, proksimal abdominal aorttaki akımı daralmış aort segmentinin hemen proksimalindeki akımla karşılaştırarak kollateral akışını değerlendirebildiğinden, MRA BT'ye kıyasla daha iyi bir seçimdir (108). Aort koarktasyonu genellikle biküspit aort kapağı, ark hipoplazisi, ventriküler ve atriyal septal defektler ve mitral kapak anormallikleri ile ilişkilidir (109). Buna karşılık psödokoarktasyon hemodinamik olarak önemsizdir. Kollateral damarlar olmaksızın aortik arkın bükülmesini ve uzamasını kapsar. Sol ventrikül hipertrofisi veya çıkan aort anevrizması, kollateral damarlar ve kink yapmış ark boyunca basınç gradyanı olmaması gibi özellikleriyle gerçek koarktasyondan ayrılır. Dahası, hem BTA hem de MRA, elonge olmuş arkı değerlendirebilecek ve onu aortun gerçek koarktasyonundan ayırt edebilmektedir (110,111). Genellikle asemptomatiktir, ancak nadir durumlarda cerrahi müdahale gerektiren rüptüre olabilecek anevrizma oluşumu olabilir (112). Turner sendromlu hastalarda elonge olmuş transvers ark ile birlikte sol subklavyen arterin hafif distal orijinli olması da görülebilir (113).



Şekil 22: Aort koarktasyonu

3.MATERYAL VE METOD

Ağustos 2009 -Ağustos 2019 tarihleri arasında, diğer klinik birimlerden Toraks BTA istemi yapılmış 2037 olgu çalışmaya dahil edildi. Aort konfigürasyonunu etkileyen paraaortik kitle varlığı; hareket artefaktları veya kontrast maddenin arter içerisinde yetersiz dağılımı nedeniyle görüntü kalitesinin değerlendirmeye izin vermemesi, BT görüntülerinden aortik ark cerrahisi geçirmiş olduğu saptanan hastalar ve görüntü alanına vertebral arter V1 segmentlerinin girmemesi çalışmadan çıkarma kriterleri olarak alınmış olup sonuç olarak 35 hasta çalışma dışına çıkarılmış ve 2037 hasta değerlendirilmiştir

BT incelemeleri 64 -dedektörlü (VCT XTe Light Speed; General Electric, Milwaukee, USA) ile yapılmıştır. Çalışmamızda iyot konsantrasyonu 300 mgI/ml olan 120 ml non-iyonik kontrast madde 4ml/sn hızla bolus tarzında, takiben de 40 ml serum fizyolojik 4ml/sn hızla otomatik enjektör (Covidien LF Optivantage DH, Ohio, USA) yardımıyla sağ veya sol antekübital venden verildi. Çekimlerde kolimasyon 40 mm (64x 0,625) rotasyon süresi 0,35 saniye,pitch değeri 1, X ışını tüpünde 100-120 kV ve 150-600 miliamper (mA), dedektör kalınlığı 0,625 mm ve rekonstrüksiyon intervali 0,625 mm kullanıldı. Tüm olgularda aksiyel imajlar elde olunduktan sonra üç boyutlu (3B) yüzey gölgelemeli görüntüler oluşturulmuştur. Tüm veriler uygun iş istasyonunda (Vitrea) postprosesse tabi tutulmuştur. İki radyolog görüntüleri analiz etmiş, bulguların son yorumuyla nihai adlandırma ortak kararlar yapılmıştır. Veriler SPSS programına yüklenmiş ve verilerin değerlendirmeleri, bu programda ki-kare yöntemiyle yapılmıştır.

Tanımlayıcı özellikler sayısal değişkenler için ortalama±standart sapma olarak, kategorik değişkenler için sayı (%) olarak verilmiştir. Analizlerde SPSS 22.0 windows versiyon paket programı kullanılmıştır. $P<0,05$ anlamlı kabul edilmiştir.

4.BULGULAR

64 sıralı ÇKBT ile arkus aorta dallanma varyasyonları açısından ve vertebral arterlerin V1 segmentleri hipoplazi-dominansi açısından tüm olgularda görüntülenmiştir.

Olgular 0-100 yaş arasındaydı (ortalama $52,78 \pm 20,28$). Kadın olgu sayısı 1034 (yaklaşık %50,8), erkek olgu sayısı 1003 (yaklaşık %49,2) olup kadınlar için yaş ortalaması $52.2 \pm 19,3$, erkekler için $53.5 \pm 19,7$ olarak bulundu ve bunların arasında anlamlı istatistiksel fark saptanmadı.

Çalışmamızda arkus aorta dallanma paterninin sınıflamasında Wang ve arkadaşlarının ortaya koyduğu sistemi kullandık. Prevalans ve aortik arkın dallanma paterni dikkate alınarak bu çalışmada dallanma paternlerine A'dan E'ye kadar harfler ve numaralar atanmıştır.

Bu sınıflandırmaya dayanılarak çalışmamızda 1562 hasta (%76,7) tip A dallanma paterni olarak sınıflandırılmıştır. Bu dallanma paterni arkus aortadan truncus brachiocephalicus (TB), sol ana karotid arter (ACCS), ve sol subklavyen arterin (ASS) çıktığı klasik aortik ark dallanmasını temsil etmektedir. Geriye kalan 475 hastada (%24,3) aortik ark dallanmasında çeşitli varyasyonlar gözlenmiştir.

Tip B dallanma paterninde TB ve ACCS ortak kökten ayrılmakta olup diğer anomaliler eşlik edebilir veya etmeyebilir. Çalışmamızda diğer varyasyonların eşlik etmediği toplam 315 olgu (%15,5) tip B1 olarak sınıflandırılmıştır. TB ve ACCS'nin ortak kökenden çıktığı ve buna sol vertebral arterin ACCS ve ASS'nin arasında aortik arkı ayrı bir dal olarak çıktığı 19 olgu (%0,9) tip B2 olarak sınıflandırılmıştır. Wang ve arkadaşlarının B3 olarak sınıflandırdığı TB ve ACCS'nin ortak kökten çıkmasına ek olarak sol vertebral arterin ASS'nin distalinden aortik arkı ayrı bir dal olarak çıktığı varyasyona çalışmamızda rastlanmamıştır. Wang ve arkadaşlarının tip B4 olarak tanımladığı sağ subklavyen arter (ASD), sağ ana karotid arter (ACCD) ve ACCS'nin ortak kısa bir gövdeyi paylaştığı varyasyona çalışmamızda rastlanmamıştır.

Bu sınıflandırmada aortik arkı köken alan vertebral arter dalı tip C olarak adlandırılmaktadır. Sol vertebral arterin ACCS ve ASS arasından arkus aortadan

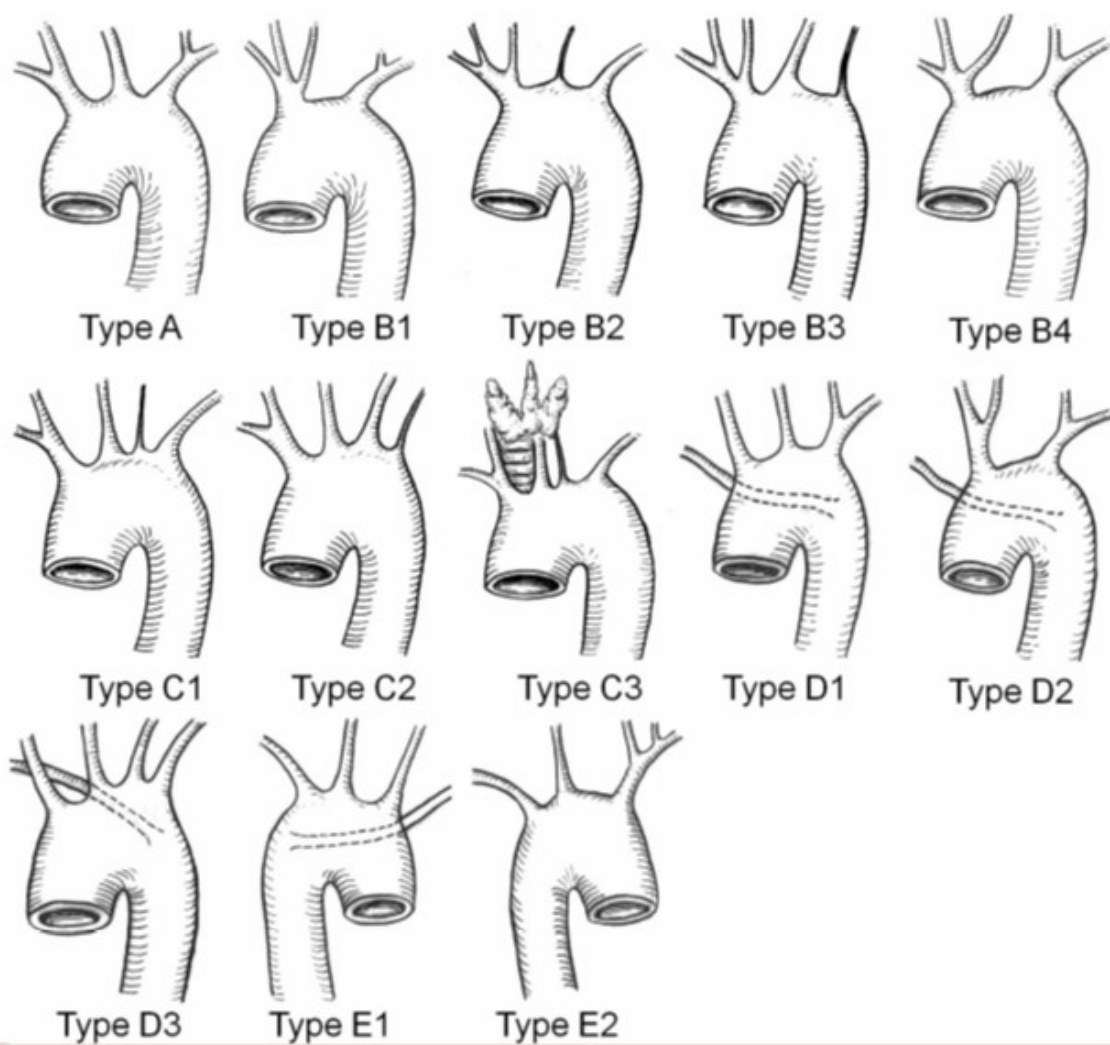
ayrı bir dal olarak çıktığı varyasyon tip C1 olarak adlandırılmış olup çalışmamızda 97 hastada (%4,8) bu varyasyona rastladık. Sol vertebral arterin ASS 'nın distalinde arkus aortadan ayrı bir dal olarak çıktığı varyasyon tip C2 olarak adlandırılmış olup çalışmamızda 3 hastada (%0,1) bu varyasyona rastladık. Tirod ima arterinin arkus aortadan köken aldığı varyasyon tip C3 olarak adlandırılmış olup bizim çalışmamızda bu varyasyon izlenmemiştir.

Tip D bu sınıflamada arkus aortadan çıkan son dal olarak aberran ASD'nın izlendiği dallanma paternini temsil etmektedir. Sadece aberran ASD 'nın izlendiği alt tip D1 olarak adlandırılmakta olup çalışmamızda 21 hastada (%1) bu varyasyona rastlanmıştır. Aberran ASD ile birlikte ACCD ve ACCS'nın ortak kökende orjin aldığı varyasyon tip D2 olarak adlandırılmış olup çalışmamızda 8 hastada (%0,4) bu varyasyon izlenmiştir. Tip D3 bu sınıflandırmada aberran ASD ve tip C1 in kombinasyonunu temsil etmekte olup bizim çalışmamızda bu varyasyon izlenmemiştir.

Sağ aortik ark bu sınıflandırmada Tip E adı altında değerlendirilmektedir. Sağ aortik arkın aberran ASS ile birlikteliği tip E1 olarak sınıflandırılmakta olup bizim çalışmamızda 3 hastada (%0,1) izlenmiştir. Ayna görüntüsü dallanma paternindeki sağ aortik ark bu sınıflandırmada tip E2 olarak adlandırılmış olup çalışmamızda 5 hastada (%0,2) bu varyasyona rastlanılmıştır.

Çalışmamızda 4 vakada (%0,1) Wang ve arkadaşlarının sınıflandırmasında yer almayan çift aortik ark anomalisi saptanmıştır. Çift aortik arkı olan hastaların 3 tanesinde sol arkın atretik olduğu alt tip izlenmektedir. Diğer vakada ise kodominant çift ark izlenmektedir.

Ayrıca 5 vakada (%0,2) aort koarktasyonu izlenmekte olup hepsinde koarktasyon lokalizasyonu juxtaductal bölgededir.1 olguda ise situs inversus totalis (SİT) mevcuttur.



Şekil 23: Şematik diyagram Wang ve arkadaşlarının tanımladığı farklı aortik ark dallanma tiplerini göstermektedir.

Bilateral vertebral arterlerin V1 segmentleride çalışmamızda dominansi ve hipoplazi açısından değerlendirilmiştir. Vertebral arter dominansi ve hipoplazisi açısından kesin kabul edilmiş değerler bulunmamakla birlikte bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bizim çalışmamızda bir tarafın çapının diğer taraftan $\geq 1,3$ kat daha geniş olması dominansi olarak kabul edilmiştir. Vertebral arterin $\leq 2,5$ mm olması hipoplazi olarak kabul edilmiştir. Çalışmamızda vertebral arter dominansi (VAD) 512 olguda (%25,3) saptanmış olup bu olguların 204 tanesinde (%10,1) sağ VAD, 308 tanesinde (%15,2) sol VAD izlenmiştir.

Vertebral arter hipoplazisi (VAH) çalışmamızda 405 olguda (%19,9) izlenmiş olup bu olguların 246 tanesinde (%12) sağ VAH, 159 tanesinde (%7,9) sol VAH saptanmıştır. Bilateral VAH hiçbir olguda tespit edilmedi.

		Sayı	%
cinsiyet	Erkek	1034	50,8%
	Kadın	1003	49,2%

Tablo 2: Çalışmadaki olguların cinsiyete göre dağılımı

		Sayı	%
Arcus aorta dallanma tipi	A	156	76,7%
	B1	315	15,5%
	B2	19	0,9%
	C1	97	4,75%
	C2	3	0,15%
	D1	21	1,0%
	D2	8	0,4%
	E1	3	0,15%

	E2	4	0,2%
	Çift	4	0,2%
ark		1	0,05
	SİT		

Tablo 3: Olguların arcus aorta dallanma paternlerine göre dağılımı

		Say	%
	N	152	74,7%
VA dominansi	SAĞ	204	10,1%
	VAD	308	15,2%
	SOL	246	%12
VA hipoplazi	VAH	159	%7,8

Tablo 4: Olguların vtrberal arter dominansi-hipoplazi açısından dağılımı

		A		B2+C1+C2		
		Sayı	%	Sayı	%	P
VA dominansi	N	1199	76,7%	68	57,6%	0,001
	SAĞ	137	8,8%	44	37,3%	
	VAD	226	14,5%	6	5,1%	
VA hipoplazi	SAĞ	183	63,5%	4	10,0%	0,001
	VAH					

SOL VAH	105	36,5%	36	90,0%	
------------	-----	-------	----	-------	--

P<0,05

Tablo 5: Sol vertebral arterin direkt aortik arktan çıktığı dallanma paternleri ile vertebral arter dominansi-hipoplazi prevalansının ilişkisi



		cinsiyet				
		Erkek		Kadın		
		Sayı	%	Sayı	%	P
Arcus aorta dallanm tipi	A	827	79,8%	735	73,4%	0,005
	B1	133	12,8%	182	18,2%	
	B2	9	0,9%	10	1,0%	
	C1	48	4,6%	49	4,9%	
	C2	3	0,3%	0	0,0%	
	D1	7	0,7%	14	1,4%	
	D2	3	0,3%	5	0,5%	
	E1	2	0,2%	1	0,1%	
	E2	1	0,1%	3	0,3%	
	Çift ark	3	0,3%	1	0,1%	
	SİT	0	0,0%	1	0,1%	

P<0,05

Tablo 6: Arkus aorta dallanma paternlerinin sıklığının cinsiyet ile ilişkisi

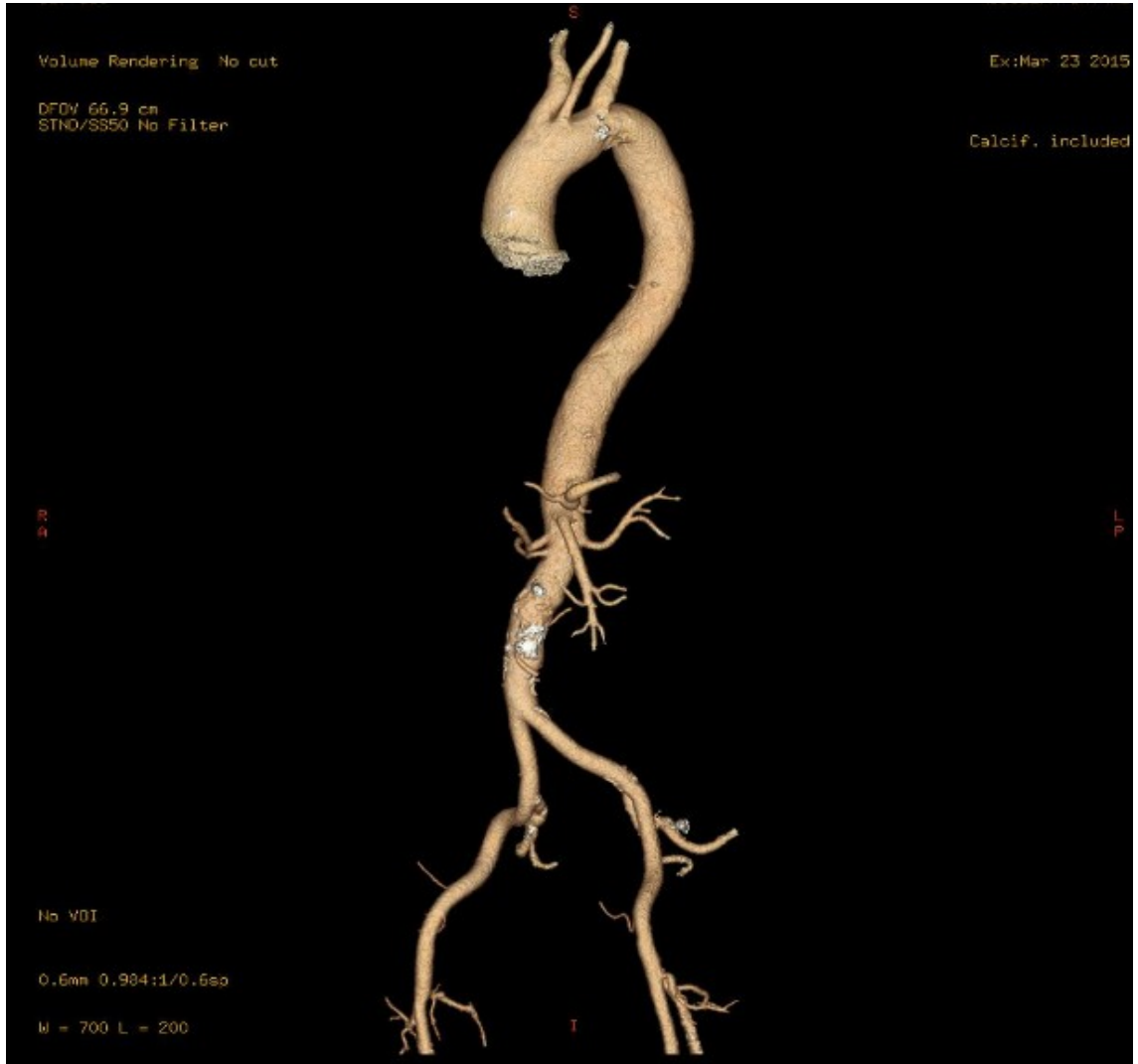
		cinsiyet				
		Erkek		Kadın		
		Sayı	%	Sayı	%	
VA dominansi	N	767	74,1%	758	75,5%	0,638
	SAĞ	103	10,0%	101	10,1%	
	VAD	164	15,9%	144	14,4%	
	SOL	122	61,9%	124	59,6%	
VA hipoplazi	SAĞ	7	38,1%	84	40,4%	0,634
	VAH	5				
	SOL					

P<0,05

Tablo 7: Vertebral arter dominansi-hipoplazi sıklığı ile cinsiyet ilişkisi

5.OLGULARDAN ÖRNEKLER





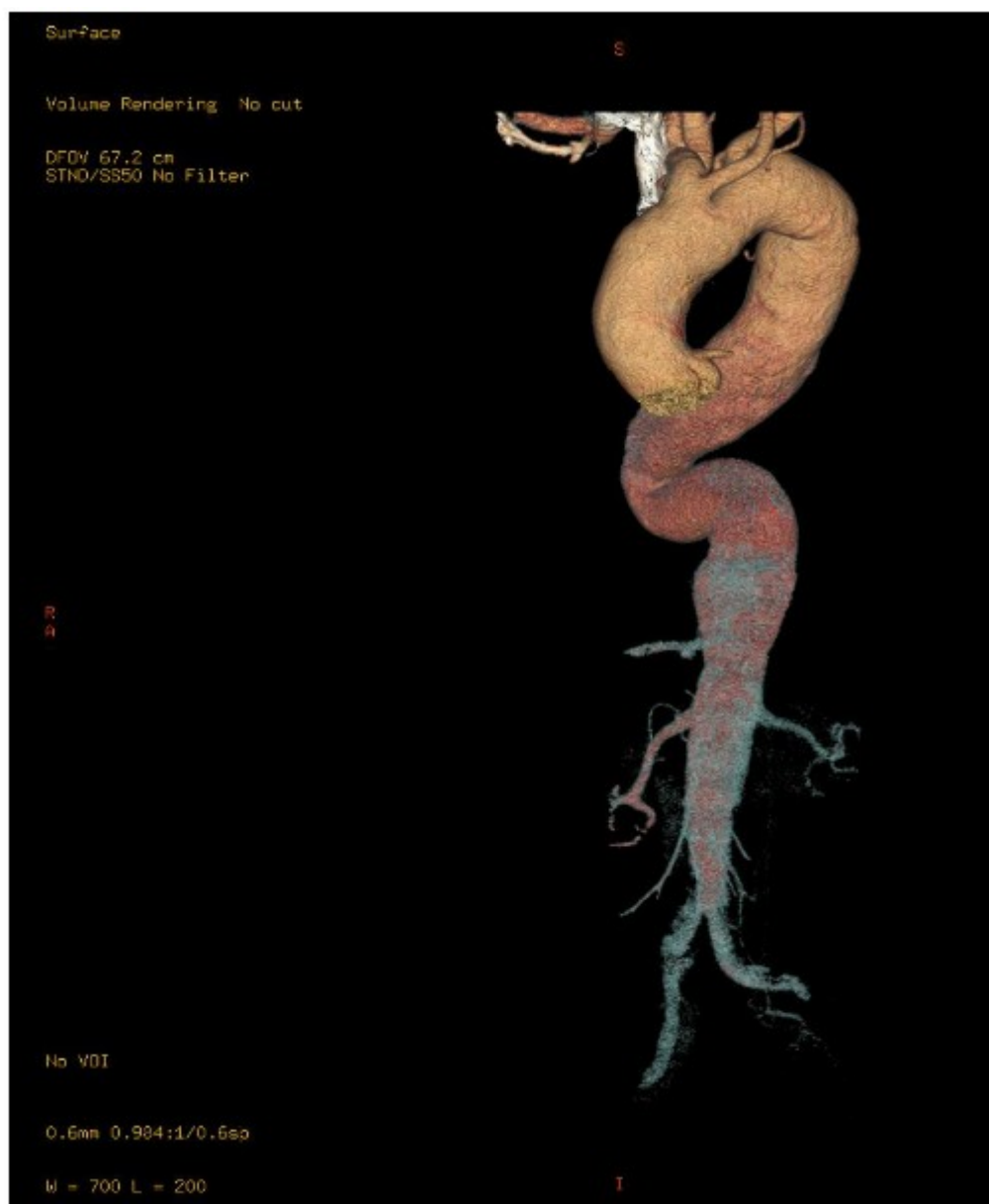
Resim 1. Olgu 1: Normal aortik dallanma paterni, Tip A



Resim 2. Olgu 2: Tip B1, Bovine ark



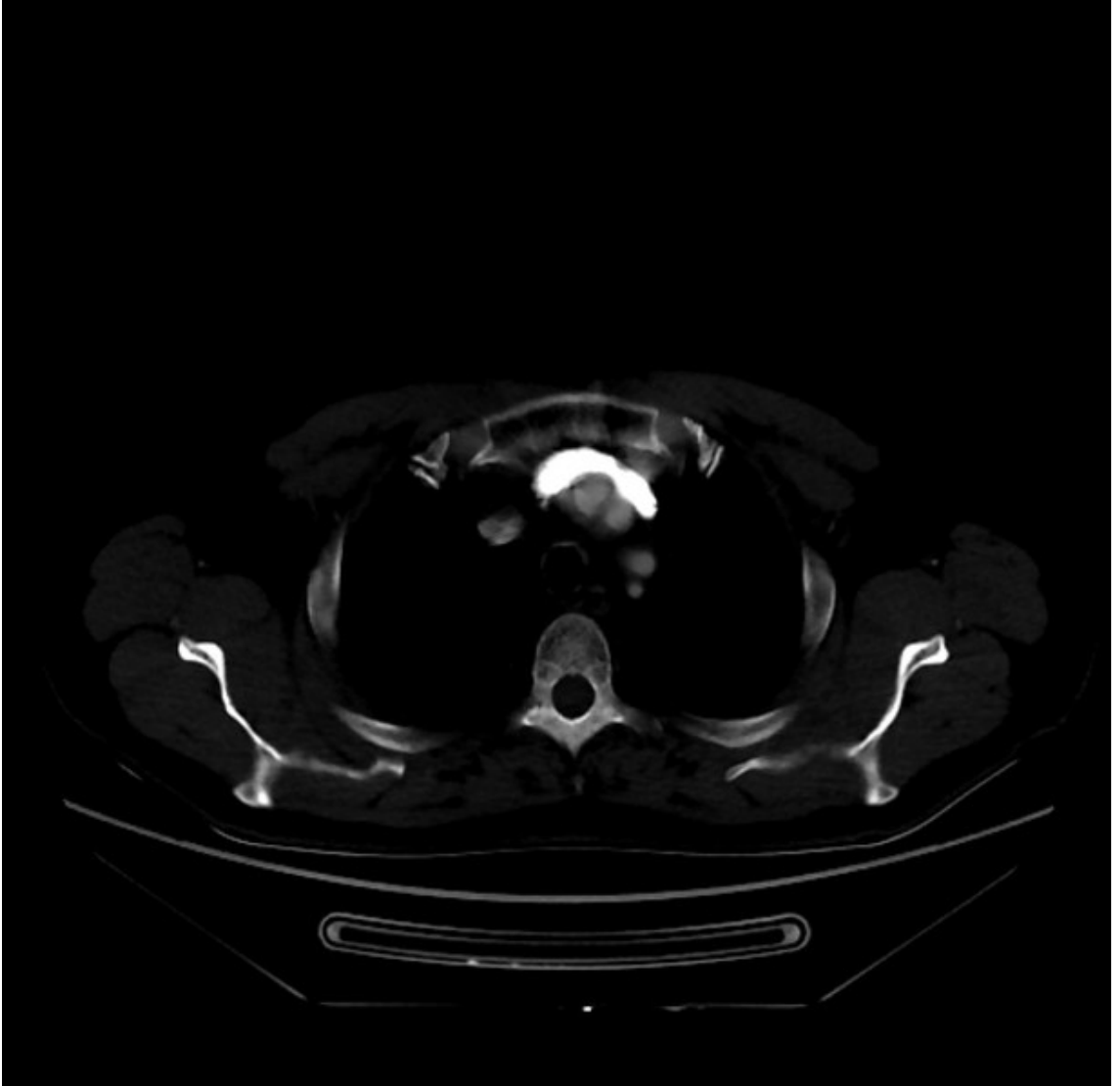
Resim 3. Olgu 3: Tip B2 dallanma paterni



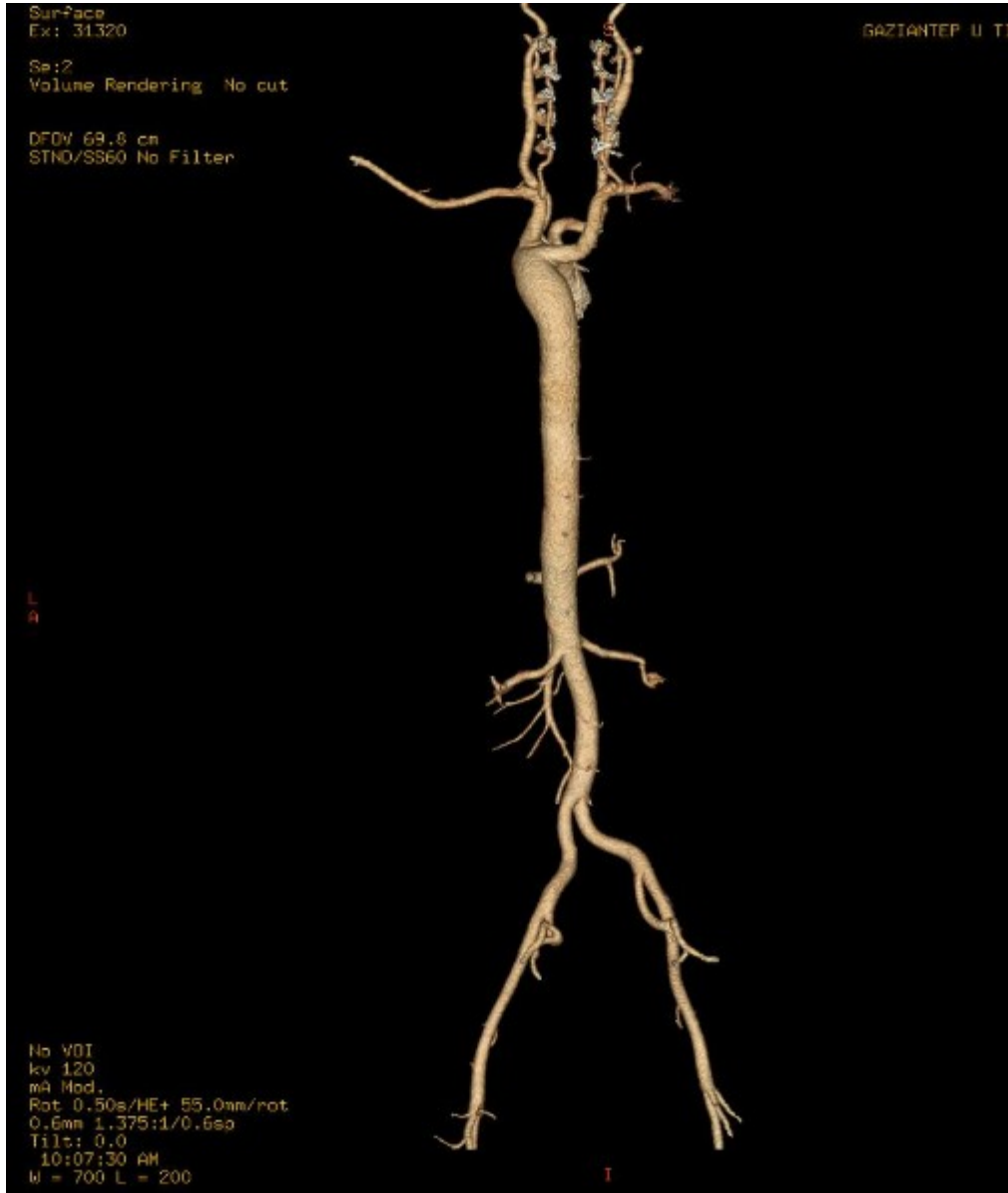
Resim 4. Olgu 3: Tip B2 dallanma paterni



Resim 5. Olgu 4: Tip C1 dallanma paterni



Resim 6. Olgu 5: Tip C2 dallanma paterni



Resim 7. Olgu 6: Tip D1 dallanma paterni,aberran sağ subklavyen arter



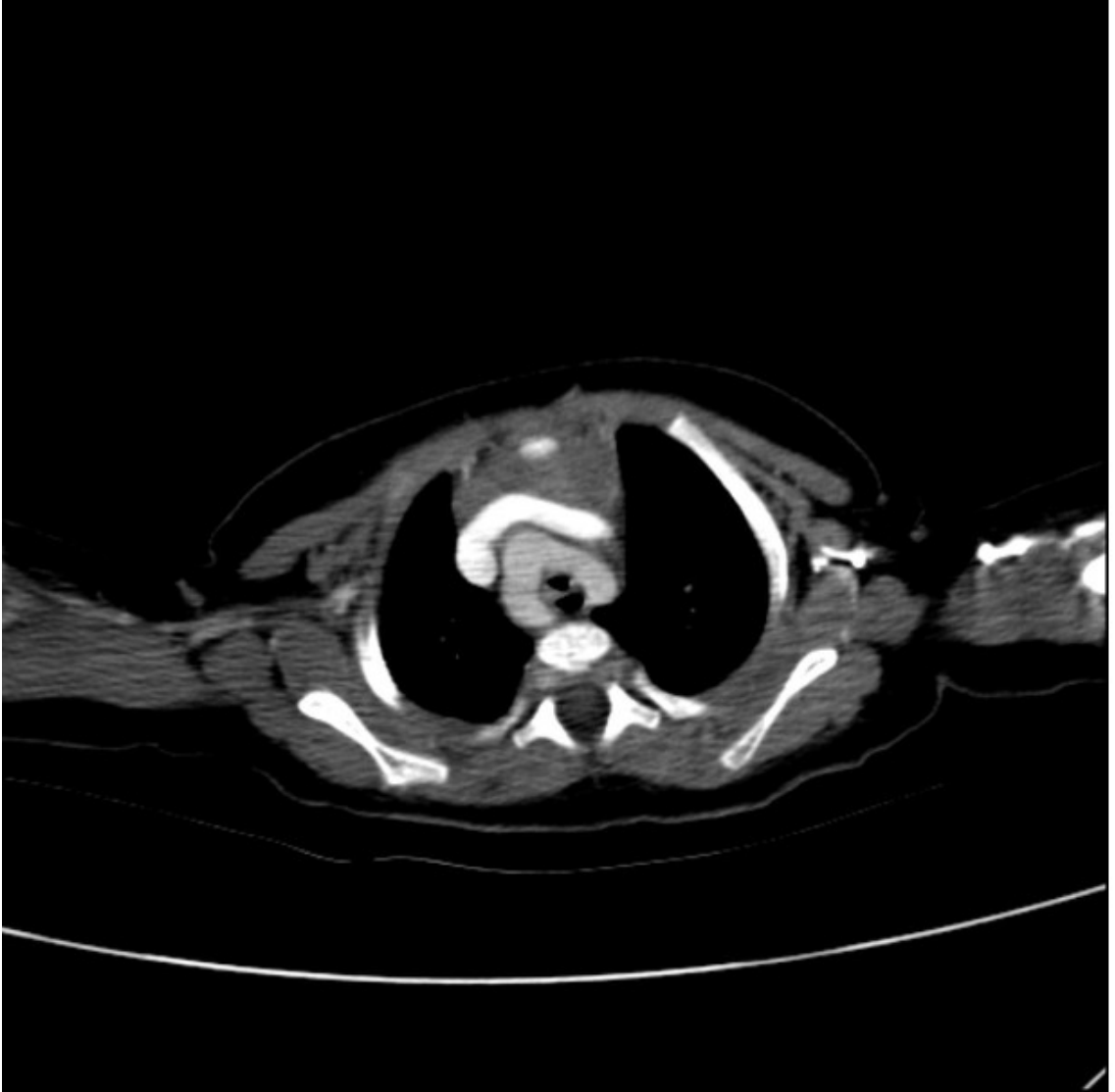
Resim 8. Olgu6 : Tip D1 dallanma paterni aberran sağ subklavyen arter



Resim 9. Olgu 7: Tip D2 dallanma paterni



Resim 10. Olgu 7: Tip D2 dallanma paterni



Resim 11. Olgu 8: Çift aortik ark,iki ark eşit kalibrasyonda



Resim 12. Olgu 9: Çift aortik ark,sol atretik



Resim 13. Olgu 9: Çift aortik ark,sol atretik



Resim 14. Olgu 9: Çift aortik ark,sol atretik



Resim 15. Olgu 10: Tip E1, sağ aortik ark ve Kommerell divertikülü



Resim 16. Olgu 10: Tip E1, sağ aortik ark ve Kommerell divertikülü



Resim 17. Olgu 10: Tip E1, sağ aortik ark ve Kommerell divertikülü



Resim 18. Olgu 11: Situs inversus totalis



Resim 19. Olgu 11: Situs inversus totalis,



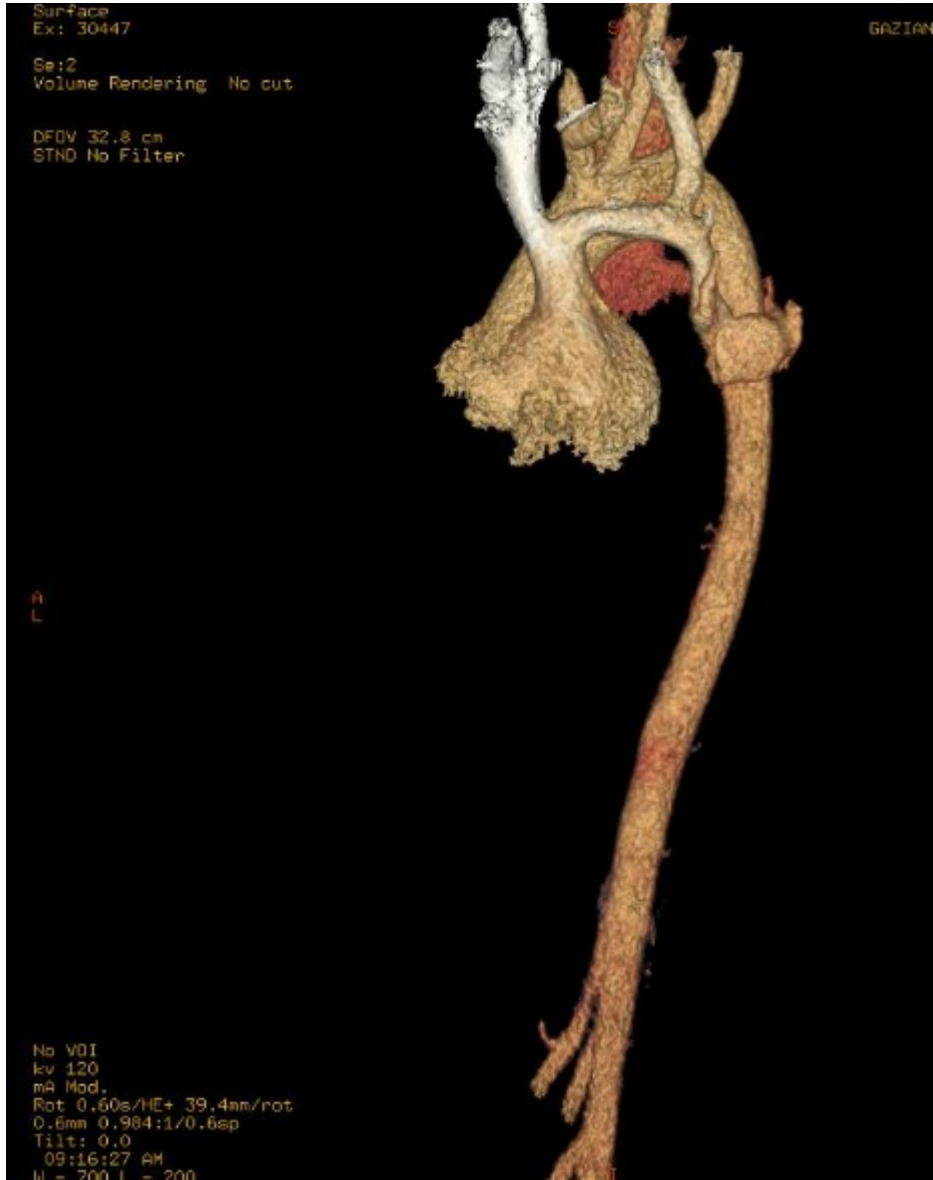
Resim 20. Olgu 12: Aort koarktasyonu, kollateral arteriyel yapılar



Resim 21. Olgu 12: Aort koarktasyonu



Resim 22. Olgu 13: Fallot tetralojili olguda tip E2 sağ aortik ark



Resim 23. Olgu 13: Fallot tetralojili hastada tip E2 sağ aortik ark

6.TARTIŞMA

Arkus aorta dallarının sayı ve orjin farklılıkları sık izlenmektedir. Bu çalışmaya dahil edilen bireylerin %23,3'ünde normal dallanma paterni izlenmemiştir. Olağan dallanma paterni olarak kabul edilen Tip A'da ilk dal ASD ve ACCD şeklinde dallanan TB'dir. İkinci dal ACCS, üçüncü ve son dal ASS'dır. Bu dallanma paterni insanlarda en yaygın olanıdır ve "normal" patern olarak kabul edilir. Tip A dallanma paterni insidansı, siyah ırkta % 49.7 ve 51.7 (114,115) arasında ve beyazlar için % 66.9 ve 82.4 arasında bildirilmiştir (6, 116, 45, 117–118, 119, 120). En yüksek prevalans (%94.3) Nelson ve Sparks'ın çalışmasında Amerikalı Japonlar için bildirilmiştir (3). Bizim çalışmamızda normal dallanma paterni olarak bilinen Tip A prevalansı % 76,7 olarak bulundu.

Aortik ark dallarının sayısı ve kökenleri kombinasyonlar yaparak farklı varyasyon tiplerini oluşturabilir. Literatürde 1 ve 6 arasında değişen dal sayılarından bahsedilmektedir. Bizim çalışmamızda, arkus aortanın dallanmasında en yaygın varyasyon, % 15.5 prevalansı olan TB'den ACCS arterinin dallanmasıydı ve Wang ve arkadaşlarının sınıflandırması referans alınarak Tip B1 olarak adlandırıldı. Bu varyant sıklıkla tıbbi literatürde "bovine ark" olarak adlandırılır (121). Bununla birlikte, aslında bu yanlış bir adlandırmadır çünkü aslında sağ subklavyen artere, sağ ve sol ana karotis arterle karotis arterleri ve sol subklavyen arter için ortak bir trunkusu olan sığır ların aortik dallanma paternine benzemez (121). Bazı yazarlar, tip B1 aortik dallanma paterni insidansının siyahlarda beyazlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (116, 122, 4, 120). Tip B1 aortik dallanma paterninin prevalansı literatürde %1-41 arasında değişmektedir. (3,123) Bildirilen aortik ark varyasyon oranlarındaki farklılıklar etnik faktörlere ve sosyal-çevresel faktörlerin anjiyogenez üzerinde etkili olabileceğini belirten bazı hipotezlere dayanmaktadır (45). McDonald (4), bu varyasyonda ASD ve iki ana karotisin ortak gövdesinin kısa, uzun veya orta uzunlukta olabileceğini belirtmiştir. Mc Donald tarafından bildirilen en uzun ortak gövde 2.8 cm uzunluğunda,

en kısa ortak gövde ise 1 mm idi. De Garis (116), tip B1 aortik arkları ortak gövdenin uzunluğuna göre iki gruba ayırdı ve ortak kökü B tipi ve ortak gövdeyi C tipi olarak adlandırdı. Modifiye Adachi (6) sınıflamasında böyle bir ayrıma gidilmemiş olup ikisi de tip B olarak sınıflandırılmış ve ayrı olarak değerlendirilmemiştir. Benzer şekilde, kullandığımız sınıflandırma sistemi, ortak gövdenin uzunluğuna bakılmaksızın aynı grup içerisinde TB ve ACCS' nin ortak kökenini değerlendirmektedir.

En sık rastlanılan tip olan bu dallanma varyasyonunun son yıllarda torasik aort hastalığı ile ilişkisi ve klinik yansımaları araştırmalara konu olmaya başlamıştır. Bovine aortik arka sahip kişilerde torasik aort anevrizmalarının daha hızlı büyüdüğü ve torasik aorta anevrizmalarının bovine aortik arkı olan hastalarda daha sık görüldüğünün saptanması üzerine artık bovine aortik ark aort anevrizmaları ve bu hastalığın hayatı tehdit eden komplikasyonları açısından bir marker veya risk faktörü olarak kabul edilmektedir (59,124).

Gözlemlediğimiz ikinci en yaygın varyasyon, doğrudan aortik arktan çıkan anormal bir sol vertebral arteri olan tip C1 dallanma paterniydi. Normal vertebral arter ipsilateral subklavyen arterden ilk dal olarak çıkar; bununla birlikte, orijinde birden fazla varyasyon meydana gelirse, doğrudan aortik ark, ortak karotid arter, internal veya external karotid arter veya subklavyen arterin dallarından kaynaklanabilir (125,126). AV 'ların kökenindeki varyasyonlar arasında en sık görülen varyant, doğrudan aortik arktan kaynaklanan sol vertebral arterdir. Oluşum yeri sol subklavyen arterin proksimalinde veya distalinde olabilir. Natsis ve ark. (5) tip C1 dallanma paterni insidansının % 0.79 olduğunu bildirmiştir ki bu oldukça düşüktür. DSA'da, aortik arktan kaynaklanan vertebral arterin kateterize edilmemesi, AV'nin tıkalı olduğunu düşündürerek yanlış tanı ile sonuçlanabilir. Natsis ve ark. (5) çalışmalarında DSA kullanmaları sebebiyle, vertebral arterin orijinindeki varyasyonların sıklığını daha düşük bulmuş olabilirler. Sol vertebral arterin aksine, sağ vertebral arter ile ilişkili varyasyonlar daha az sıklıkta izlenmektedir (127). Bizim çalışmamızda aortik ark orjinli sağ AV'a rastlanmamıştır. Bilateral vertebral arterlerin aortik arktan köken aldığı birkaç case report mevcut olsada bu varyasyon oldukça nadirdir. (125,126)

Sol vertebral arterin direkt olarak aortik arktan çıktığı varyasyonlar (C1-C2-B2) çalışmamızda %5,8 sıklığında saptanmıştır. Diğer geniş hasta grubuyla yapılan çalışmalarda bu oran %3,7-6,6 arasında değişmektedir (45,125). Vertebral arterin

orjininin alışılan yerinin dışında olması genelde transvers foramen'e giriş düzeyinde farklı olmasıyla güçlü ilişkili olup bu durum vasküler girişimsel işlemler ve servikal bölge cerrahisi için tehlike yaratmaktadır (128,129). Sol vertebral arterin transvers foramen'e yüksek seviyelerden giriş yapması boyunun rotasyon hareketi esnasında disseksiyon veya obstrüksiyon şansını artırmaktadır. Bu bulgular vertebral arterin orjininin vertebral arter disseksiyonu ile ilişkili olduğunu çalışmada raporlayan Komiyama ve arkadaşları (130) tarafından da desteklenmektedir.

Aberran ASD'nın izlendiği tip D dallanma varyasyonu (D1+D2) %1.4 oranı ile diğer çalışmalarla benzer prevalansı göstermektedir. Tip D dallanma paterni genellikle ana karotis arterlerinin ortak bir gövdeyi paylaştığı veya sağ AV ' in ortak ana karotislerin gövdesinden kaynaklandığı veya her ikisinin beraber olduğu aberran sağ subklavyen arterle birlikteliği haricinde çok nadir olan varyatif durumlarla beraberdir. 102 adet aberran sağ subklavyen arter varyasyonunun değerlendirildiği çalışmada ana karotis arterlerin ortak gövdeden çıktığı (D2 tipi) %20 ve sağ vertebral arterin ana karotis arterlerin ortak gövdesinden çıktığı varyant ise %13,7 oranında izlenmiştir (131). Aberran sağ subklavyen arterlerin %80'i retroözefageal seyir gösterirken kalanı trakea ve özefagusun arasında veya trakeanın anterior komşuluğunda seyretmektedir (44). Bizim çalışmamızda aberran sağ subklavyen arteri olan 29 hastanın hepsinde sağ subklavyen arter retroözefageal seyir göstermekteydi. Aberran sağ subklavyen arter özefagusu komprese ederek disfajiye sebep olabilir ve bu durum disfaji lusoria olarak adlandırılır (132). Aberran sağ subklavyen arterin birliktelik gösterdiği bir diğer durum ise tiroid cerrahisinde korunmasına özen gösterilmesi bir hayli önemli olan rekürren inferior laringeal sinirin varyasyonu olan non rekürren inferior laringeal sinirdir (133).

Sağ aortik ark (tip E) toplumda %0,05 -%0,3 sıklığında görülür. Aberran sol subklavyen arterle birlikte sağ aortik ark (E1 tipi) ayna tipi dallanma paterninde sağ aortik arka (E2 tipi) göre literatürde daha sık olarak tanımlanmaktadır. E1 tipi sağ aortik arkı olan hastalar genelde asemptomatiktirler. E2 tipi sağ aortik ark ise siyanotik konjenital kalp hastalıkları ile beraberlik gösterir. 11.276 siyanotik konjenital kalp hastalığı olan çocuk ile yapılan çalışmada sağ aortik ark sıklığı %4.2 olarak saptanmıştır (134).

Çalışmamızda tespit etmediğimiz diğer bazı nadir varyasyonlar başka çalışmalarda mevcuttur. Vucurevic ve arkadaşları (135) ACCD ve ASS'nın ortak

gövdeden köken aldığı varyasyonu yüksek oranda tespit etmişlerdir. Çift TB benzeri bu varyasyon Vucurevic ve arkadaşlarının çalışmasında 1266 olgunun %2.84 ünde, Berko ve arkadaşlarının (136) çalışmasında ise 1000 olgunun 2 sinde saptanmıştır. Vucurevic ve arkadaşları (124) ayrıca 8 hastada (%0,63) 5 ayrı dalın izlendiği (ASD, ACCD, ACCS, sol AV ve ASS) paterni raporlamışlardır. Ergun ve arkadaşları (137) 7 hastada diğer büyük ölçekli çalışmalarda izlenmeyen ASD ve ACCD'nin ayrı dal olarak aberran ASD olmaksızın aortadan direk çıktığı dallanma paternini raporlamışlardır. Bu tarz nadir varyasyonlarda kısmen etnik köken farklılıklarının rol oynadığı düşünülebilir. Tablo 8'de diğer bazı geniş ölçekli çalışmalar karşılaştırmalı şekilde özetlenmiştir.

	Wang	Çalışmamız	Muller	Vucurevic	Boyaci	Celikyay	Ergun	Karacan	Berko
Olgu sayısı	2370	2037	2033	1266	1170	1136	1001	1000	1000
Ülke	ÇİN	TÜRKİYE	ALMANYA	SİRBİSTAN	TÜRKİYE	TÜRKİYE	TÜRKİYE	TÜRKİYE	A.B.D
Dallanma tipi									
A	%83,8	%76,7	%86,7	%74,7	%89,4	%74,4	%85,2	%79,2	%66,5
B1	%9,6	%15,5	%8	%15,56	%2,6	%21,1	%7,8	%14,1	%25,8
B2	%0,6	%0,9	-	-	-	%0,4	-	%1,2	%1,6
B3	%0,04	-	-	-	-	%0,2	-	-	-
B4	%0,04	-	-	-	-	-	-	-	-
C1	%4,7	%4,75	%4,2	%3,6	%4,5	%2,9	%5,1	%4,1	%6,1
C2	%0,17	%0,15	%0,05	%0,08	-	%0,1	-	-	-
C3	%0,08	-	-	%2,2	-	-	-	%0,1	-
D1	%0,5	%1	%1	%0,4	%2,2	%0,4	%0,7	%0,6	%0,8
D2	%0,2	%0,4		-		%0,3	-	%0,7	%0,4
D3	%0,08	-		-		%0,1	-	-	-
E1	%0,08	%0,15	%0,05	%0,3	%0,3	%0,1	%0,1	-	%0,1
E2	-	%0,2	-	-	-	-	-	-	-
Çalışma metodu	BT	BTA	BT	BT/DSA	BT	BT/BTA	BTA	BTA	BTA

Tablo 8: Literatürde arkus aorta dallanma paternleri ile ilgili büyük olgu grupları ile yapılan çalışmalar

VAH teşhisi için evrensel olarak kabul edilmiş bir kriter belirleme girişimlerinde henüz fikir birliği sağlanmamıştır ve VAH'ın tanımları 2 mm'den küçük ile 3 mm'den küçük çaplar arasında değişmektedir (138). Biz çalışmamızda VAH için ≤ 2.5 mm kriterini benimsedik. VAH kriterimiz, bazı yazarların AV çapı < 2.5 mm olan

hastalarda azalmış akım hızları veya daha yüksek periferik direnç hakkında elde ettikleri bulgulara dayanmaktadır (139,140,141). Küçük hasta gruplarının incelendiği çok sayıda çalışma, genellikle uyumsuzluğa yol açan farklı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Park ve arkadaşları (142) VAH'ı manyetik rezonans görüntülemelerde VA çapının 2 mm'den daha küçük olması şeklinde tanımlamış ve Kore örneğinde %3,4 ü bilateral olmak üzere % 35.2'lik bir insidans bulmuştur. Touboul ve ark. (143) VAH'ı lümen çapı <3 mm olarak tanımladılar ve 50 sağlıklı kişide %6'lık bir insidans bildirdiler. Delcker ve Diener (144) ultrasonografi uygulanan 451 kişide %1.9 VAH (≤ 2 mm) bildirdiler. X.Li ve ark. kadavraların AV V1 segmentleri üzerinde yaptıkları çalışmada VAH'ı $\leq 2,5$ mm olarak belirlemiş ve %4.20'lik bir VAH insidansı bildirmişlerdir. Bununla birlikte, literatürde belirgin yüksek oranlar saptayan çalışmalarda vardır. Örneğin, Zhang ve ark. (145) VAH'ı ≤ 2 mm belirledikleri çalışmalarında 245 hastanın 64'ünde (%26) VAH olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda vertebral arter hipoplazisi 405 (%19,8) olguda izlenmiştir. Bunların 246'sı (%12) sağ VAH, 159'u (%7,8) sol VAH olarak değerlendirilmiştir. Cinsiyet ile sağ ve sol VAH arasında ilişki izlenmemiştir. Çalışmamızda literatür ile karşılaştırıldığında görece yüksek bir oran elde edilmiştir. İdeal olarak normatif veriler ve tanı kriterleri popülasyona özgü ve bazen hastaya özgü olmalıdır, çünkü VA çapı cinsiyete ve antropometrik parametrelere (boy) önemli ölçüde bağımlılık göstermiştir (146). Ayrıca, tanıyı güçlendirmek için doppler ultrasonografi gibi modern radyolojik araçlardan elde edilen veriler çalışmadan elde edilen bilgileri desteklemek için kullanılmalıdır (138)

VAH normal popülasyonda nadir değildir ve non-kardiyoembolik posterior dolaşım iskemik olayları olan hastalarda asemptomatik hastalara göre belirgin yüksek sıklıkta izlenmektedir (146). Sonuç olarak, araştırmacılar VAH'lı kişilerin posterior dolaşım inme olasılığının yüksek olabileceğini gösteren kanıtlar sunmuşlardır (145), ateroskleroza yatkınlık ve hipoplazik tarafta VA bölgesinde arterlerin çapının daha küçük olması oklüzyona predispozisyon oluşturmaktadır (141, 142).

Vertebral arter dominansi, AV 'nın yaygın bir konjenital varyasyondur. Birçok araştırmacı, farklı popülasyonlarda hastaların sadece %6-26'sında eşit boyutlarda VA bildirmiştir (138). Bu nedenle, AV'lar ya eşit büyüklüktedir (kodominant) veya bir tarafı önemli ölçüde daha geniştir (dominansi) (147). Genelde sol taraf baskın

izlenmekte olup ikinci sıklıkta ko dominansi izlenmektedir (148,138,147). Sağ VAD'nin daha sık olduğu çalışmalarda literatürde mevcuttur (149,150).

Tıpkı VAH gibi, VAD'ın tanımı konusunda da fikir birliği yoktur. Bu çalışmada Wang ve ark. tarafından kullanılan VA çapları arasında $\geq 1,3$ kat daha fazla farkın VAD lehine yorumlandığı kriter kabul edilmiştir. Çalışmamızda VAD sıklığı %25,3 olarak saptanmıştır. Sol VAD sıklığı %15,2 sağ VAD sıklığı %10,1 olarak saptanmış olup solda dominansi daha sık izlenmiştir. Cinsiyet açısından sağ ve sol dominansi arasında fark izlenmemiştir. Hong ve ark.(148) VA'ler arasında $\geq 0,3$ mm fark olmasını VAD olarak değerlendirmiştir. Bu değerlendirme çok duyarlı olmasına rağmen kodominansi için çok az bir aralık bırakmıştır ve bu yüzden bu çalışmada VAD sıklığı %85,3 gibi çok büyük bir oranda saptanmıştır. Zhu ve ark. (151), iki vertebral arter çapları arasındaki farkın 1.2 mm'den fazla olmasını VAD kabul etti. Bu çalışmada daha önce aynı kriterleri kullanan diğer çalışmalarda olduğu gibi sol AV çapının daha büyük (baskın) olduğunu bulmuşlardır (138, 152). Klinik uygulama ve araştırmalarda, VAD tanısı koymak veya serebrovasküler olaylarla ilişkilendirmek için test duyarlılığını ve ayrıca klinik verilerin ve varsa diğer yöntemlerin entegrasyonunu dengelemeye ihtiyaç vardır. Tablo , önceki yayınlarda çeşitli araştırmacılar ve klinisyenler tarafından kullanılan göze çarpan özellikleri ve farklı kriterleri özetlemektedir. Bu Tablo , kullanılan kriterlerde yaygın uyumsuzluğu göstermektedir ve bu nedenle klinik uygulamada hem VAD hem de VAH'ı tespit etmek için geçerli, güvenilir ve sensitif modaliteye dayalı kriterlere duyulan gereksinime işaret etmektedir. Doğru tanı ve endovasküler müdahalenin yanı sıra cerrahiyi daha güvenli hale getirmek için bu kriterler yararlı olacaktır.

OTÖR	OLGU SAYISI	YÖNTEM	Kriter ve Prevalans	
			VAD	VAH
Çalışmamız (2020)	2037 olgu	BTA	2 AV arasındaki çap farkı ≥ 1.3 kat Toplam:%25,3 Sağ:%15,2 Sol:%10,1	≤ 2.5 mm
Wang ve ark.(2016)	2370 olgu	Kontrastlı Toraks BT	2 AV arasındaki çap farkı ≥ 1.3 kat	≤ 2.5 mm Sağ:%7.3 Sol:

			Toplam: %41.7 Sağ: %27,9 Sol: %13.8	%4.4 Bilateral: %0.3
Zhang ve ark.(2016)	245 vertigolu olgu	Kontrastlı Boyun MR, Mr Anjiografi	Belirtilmemiş	1: ≤ 2 mm 2: 2 AV'nin çapları oranı > 1.7 Toplam: %26
Ergun ve ark.(2016)	254 olgu	DSA	2 AV arasındaki çap farkı ≥ 0.3 mm Kodominans (18%) sağ (42.1%), sol(39%) 2 AV arasındaki çap farkı ≥ 0.8 mm kodominans (50.8%) sağ (26.4%), sol (22.8%) 2 AV arasındaki çap farkı ≥ 1 mm kodominans (62.6%) sağ (20.1%), sol (17.3%) 2 VA arasındaki çap oranı ≥ 1.4 Kodominans (66.1%) sağ (17.8%), sol (16.1%)	≤ 2 mm Sağ: %7.1 Sol: %9.4
Chen ve ark. (2010)	1000 olgu	RDUS	Belirtilmemiş	≤ 2.5 mm Sol: %3.3 Sağ: %5.9
Songur ve ark. (2008)	104 kadavra	Otopsi	2 AV arasında fark ≥ 1 mm Sağ: %17.3 Sol: %21.2	≤ 2 mm Sağ: %20.2 Sol: %14.4 Bilateral %4.8
Perren ve ark. (2007)	725 inme olgusu	RDUS	Belirtilmemiş	≤ 2.5 mm: Posterior

				dolaşım infarktlı hastalarda %13,diğer bölge infarktlı hastalarda %4.6
Min ve ark(2007)	410 olgu	MRA	Belirtilmemiş	2 AV arası çap oranı ≥ 2 Toplam %24 Sağ:%16 Sol: %8 Aplazi sıklığı: %3.4
Jeng ve ark(2004)	447 olgu	RDUS	2 VA arası çap farkı ≥ 0.3 mm Sağ:%22.4 Sol:%46.5 Toplam:%68.9	≤ 2.2 mm Sağ:%7.8 Sol: %3.8 Toplam:%11.6
Touboul ve ark(1986)	50 olgu	RDUS	2 VA arası çap farkı ≥ 1 mm Sağ:%48 Sol:%14	< 3 mm %6

Tablo 9: Literatürde vertebral arter dominansi-hipoplazi prevalansı ile ilgili büyük olgu grupları ile yapılan çalışmalar

Daha önce ihmal edilen bir durum olan VAD, artan bilgi birikimi sonucunda baziler arterin angulasyonu ve elongasyonu ile birlikte posterior dolaşım iskemisi için bir risk faktörü olarak öne çıkmıştır (152, 142, 151). Hatta bazı çalışmalarda VAD'nin posterior dolaşım enfarktüsü riskini arttırdığı gösterilmiştir (151).

Bilateral VA'larda vasküler duvarın eşit olmayan mekanik kuvvetinin ve dominant tarafın karşısındaki tarafın yüksek vasküler direncinin yüksek aterosklerotik lezyon olasılığına yol açtığı düşünülmektedir. Bunlar, baziler arterin dolikoektazisi ile birleştiğinde, posterior dolaşımın kan akış düzenini değiştirir (148).

Sonuç olarak, aterosklerotik hastalık ve geçici iskemik atak gibi hastalıkların ortaya çıkması yaygınlaşmaktadır (153). Bazı araştırmacılar, VAD'ın vertebral / baziler arterin uzamış, gerilmiş ve kıvrımlı bir durum olduğu, kan arzında azalmaya ve hemodinamik değişikliklere neden olan ve kraniyal sinirlerin basısı,

iskemik semptomlar veya intrakraniyal kanama gibi klinik sonuçlara yol açabilen vertebrobaziler dolikoektaziye katkıda bulunduğunu öne sürdüler (154, 155). Ayrıca VAD, vertigo için bağımsız bir risk faktörü olarak ortaya konmuş olup tablonun klinik seyri-ciddiyeti ile de ilişkilidir (156,157).

Çalışmamızda vertebral arterlerin V1 segmentlerinden yapılan değerlendirmeye göre 1525 (%74,8) olguda kodominansi, 512 (%25,2) olguda sağ veya sol dominansi saptanmıştır.

Çalışmamızda sol AV'nın doğrudan arkus aortadan köken aldığı varyasyonların sağ VAD ve sol VAH ile Wang ve arkadaşlarının çalışmasına benzer şekilde güçlü korelasyonu dikkati çekmiştir. Bu bulgu vertebral arterin tüm seyrinin inceleneceği gelecekteki çalışmalarda konfirme edilmelidir. Bu varyasyon ve posterior sistem iskemileri arasındaki ilişki üzerine ileri çalışmalarada ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızda bazı potansiyel kısıtlamalar mevcut olup genel olarak şu şekilde ele alınabilir: İlk olarak çalışmamız çeşitli sebeplerden dolayı daha önce BT anjiyografi tetkiki yapılan hastaların görüntülerini temel almakta ve retrospektif karakterlidir. Bu yüzden çalışmamızın sonuçları sağlıklı bireylerdeki oranları tam olarak yansıtmıyor olabilir. Ayrıca özellikle bovine aortik arkın daha öncede belirtildiği gibi torasik aort hastalığı ile ilişkisi son yıllarda ön plana çıkmıştır. Bu yüzden toraks BT anjiyografi çekilen hastalar içerisinde bovine aortik arkın prevalansının göreceli hafif yüksek çıkması beklenebilir.

İkincisi, aortik ark dallanmasında baz alınan Wang ve arkadaşlarının sınıflandırması nispeten yaygın bazı varyasyonlara dayanmaktadır. Bu sistemin varyasyonların klinik önemini daha iyi anlamak açısından değiştirilmesi ve geliştirilmesi gerekebilir.

Üçüncü olarak, değerlendirme alanının kısıtlı olması sebebiyle sadece vertebral arterlerin V1 segmentlerinin değerlendirilebilmesi ve dominansi-hipoplazi kararı verilmesinde sadece boyutların esas alınması ve akım çalışmalarıyla desteklenmemesi çalışmamızın handikaplarından.

7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Aortik ark dallanma varyasyonlarının prevalansı coğrafik olarak değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak yüksektir. Çoğunluğu klinik olarak önemsiz olan bu varyasyonlar özellikle baş ve boyun cerrahisi veya girişimsel radyolojik işlem planlanan hastalarda önem arz ettiği için vasküler cerrahlar, girişimsel radyologlar ve baş-boyun cerrahlarının bu anomalilerden planlanan cerrahi veya girişimsel radyolojik işlem öncesinde haberdar olması bir gerekliliktir. Rutin BT taramaları sırasında tesadüfen saptanan vasküler varyasyonlar daima rapor edilmelidir. Bulgularımız aortik ark varyantlarının ve dallarının değerlendirilmesinde hızlı ve güvenli bir tanı yöntemi olan ÇKBT'nin, multiplanar reformat rekonstrüksiyon görüntülerinin katkısı nedeniyle güvenilir sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Bulgularımıza göre kadınlarda aortik ark dallanma varyasyonları insidansı erkeklere oranla anlamlı şekilde artmış görünmektedir. Sol vertebral arterin aortik arktan direkt olarak çıktığı varyatif durumlar sağ VAD ve sol VAH ile kuvvetli bir şekilde ilişkili bulunmuştur. Çalışmamız vertebral arterlerin dominansı ve hipoplazisinin relatif sıklığı hakkında da basit bilgi sunmuştur.

.

8.KAYNAKLAR

1. Gielecki JS, Wilk R, Syc B, Musiał-Kopiejka M, Piwowarczyk-Nowak A. Digital-image analysis of the aortic arch's development and its variations. Folia Morphol (Warsz) 2004;63:449-54.

2. Yildirim A, Karabulut N, Doğan S, Herek D. Congenital thoracic arterial anomalies in adults: a CT overview. *Diagn Interv Radiol* 2011;17:352-62.
3. Nelson ML, Sparks CD. Unusual aortic arch variation: distal origin of common carotid arteries. *Clin Anat* 2001;14:62-5.
4. McDonald JJ AB. Variations in the origin of arteries derived from the aortic arch, in American whites and negroes. *Am J Phys Anthropol* 1940;27:91-107.
5. Natsis KI, Tsitouridis IA, Didagelos MV, Fillipidis AA, Vlasits KG, Tsikaras PD. Anatomical variations in the branches of the human aortic arch in 633 angiographies: clinical significance and literature review. *Surg Radiol Anat* 2009;31:319-23.
6. Adachi B. Das arteriensystem der Japaner. Kyoto: Kenkyusha; 1928. p. 29-41
7. Müller M, Schmitz BL, Pauls S, Schick M, Röhrer S, Kapapa T, et al. Variations of the aortic arch - a study on the most common branching patterns. *Acta Radiol* 2011;52:738-42.
8. Celikyay ZR, Koner AE, Celikyay F, Deniz C, Acu B, Firat MM. Frequency and imaging findings of variations in human aortic arch anatomy based on multidetector computed tomography data. *Clin Imaging* 2013;37:1011-9
9. Karacan A, Türkvatan A, Karacan K. Anatomical variations of aortic arch branching: evaluation with computed tomographic angiography. *Cardiol Young* 2014;24:485-93.
10. Flossmann E, Rothwell PM. Prognosis of vertebrobasilar transient ischaemic attack and minor stroke. *Brain*. 2003; 126(Pt 9): 1940–1954, doi: 10.1093/brain/awg197, indexed in Pubmed: 12847074.
11. Tarnoki AD, Fejer B, Tarnoki DL, et al. Vertebral Artery Diameter and Flow: Nature or Nurture. *J Neuroimaging*. 2017; 27(5): 499–504, doi: 10.1111/jon.12434, indexed in Pubmed: 28276103.
12. Gulli G, Marquardt L, Rothwell PM, et al. Stroke risk after posterior circulation stroke/transient ischemic attack and its relationship to site of vertebrobasilar stenosis: pooled data analysis from prospective studies. *Stroke*. 2013; 44(3): 598–604, doi: 10.1161/STROKEAHA.112.669929, indexed in Pubmed: 23386676

13. Zhang Q, Guo Y. Clinical status of vertebral artery dysplasia. *Chin J Stroke*. 2016; 11(4): 318–323, doi: 10.3969/j. issn.1673-5765.2016.04.015.
14. Nouh A, Remke J, Ruland S. Ischemic posterior circulation stroke: a review of anatomy, clinical presentations, diagnosis, and current management. *Front Neurol*. 2014; 5: 30, doi: 10.3389/fneur.2014.00030, indexed in Pubmed: 24778625.
15. Yu Y, Xu ZQ, Luo BY. Vertebral artery hypoplasia and posterior circulation ischemic stroke: from hypothesis to pathogenesis. *Chin J Stroke*. 2014; 9(10): 880–884, doi: 10.3969/j.issn.1673-5765.2014.10.014.
16. Seçil, M., Temel Ultrasonografi ve Doppler. Birinci baskı. İzmir, 2008: 11-12.
17. Tuncel, E., Klinik Radyoloji. Genişletilmiş ikinci baskı. Bursa, Nobel Tıp Kitapevi, 2008: 63-64.
18. Tuncel, E., Klinik Radyoloji. Genişletilmiş ikinci baskı. Bursa, Nobel Tıp Kitapevi, 2008: 133-140.
19. Tuncel E.Klinik Radyoloji. Bursa: Nobel Tıp Kitapevi; 2008 73-80
20. Sancak, İ.T., Temel Radyoloji. 2016, Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.
21. tibbigoruntulemeteknikleri.com/ TGT(2),Ders Notları; Radyasyon fizigi bölüm- 5 (Selçuk üniversitesi ders notlarından alıntılanmıştır).
22. Oyar, O. and B. Baykal, Bilgisayarlı Tomografi Fiziği. 2003, Ankara: Tisamat Basım Sanayi.
23. Ünal, D., Tıpta Kullanılan Görüntüleme Teknikleri in Gazi Eğitim Fak. OFMAB. Fizik Eğitimi Anabilim Dalı 2008, Gazi Üniversitesi.
24. Tuncel, E., Klinik Radyoloji. 2 ed. 2008, Bursa: Nobel&Günes Kitabevi.
25. www.tumradder.com/FileUpload/.../radyolojifizigi_tamer_kaya.pdf-Tıp öğrencileri için temel radyasyon fizigi-Tamer Kaya.
26. Balcı, P., Fiziği Türk Radyoloji Derneği İzmir Şubesi Eğitim Sempozyumları 2004-2005. 2005, İzmir: İnan Basım.
27. Mahesh, M. and D.D. Cody, Physics of cardiac imaging with multiple-row detector CT. *Radiographics*, 2007. 27(5): 1495-1509.
28. Tuncel, E., Klinik Radyoloji. Genişletilmiş ikinci baskı. Bursa, Nobel Tıp Kitapevi, 2008: 87-105.

29. Mahesh, M., Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *Radiographics*, 2002. 22(4): 949-962.
30. Rubin, G.D., et al., Computed tomographic angiography: historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr*, 1999. 23 Suppl 1: S83-90.
31. Duddalwar, V.A., Multislice CT angiography: a practical guide to CT angiography in vascular imaging and intervention. *Br J Radiol*, 2004. 77 Spec No 1: S27-38.
32. Fletcher, J.G., et al., Pancreatic malignancy: value of arterial, pancreatic, and hepatic phase imaging with multi-detector row CT. *Radiology*, 2003. 229(1): 8190.
33. Tuncel, E., Klinik radyoloji. Genişletilmiş ikinci baskı. Bursa, Nobel Tıp Kitapevi, 2008: 101-102.
34. Tuncel, E., Klinik Radyoloji. Genişletilmiş ikinci baskı. Bursa, Nobel Tıp Kitapevi, 2008: 73-78.
35. Oyar, O., Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Ankara, Nobel Tıp Kitapevi, 2003: 379381.
36. Morcos SK, Thomsen HS. Adverse reactions to iodinated contrast media. *Eur Radiol* 2001;11(7):1267–1275
37. Gövsa Gökmen F. Sistemantik Anatomi Birinci Baskı. İzmir, Güven Kitabevi, 2008; 267-90.
38. Gray's Anatomy for Students : Fourth Edition, Elsevier, s220-222
39. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Ed, Yıldırım M. Prometheus Anatomi Atlası 3. Cilt İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri, 2007; 54
40. Arıncı K, Elhan A. Anatomi 2. Cilt. Dördüncü Baskı. Ankara, Güneş Kitabevi, 2006; 22-38
41. Moore L.K, Dalley F.A, Kliniğe Yönelik Anatomi, Çev. Ed. Şahinoğlu K, 4. Baskı, İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri, 2007; 1000-63.
42. Cloud GC, Markus HS. Diagnosis and management of vertebral artery stenosis. *QJM: An International Journal of Medicine*. 2003; 96(1):27-54.

43. Osborn AG. Diagnostic Cerebral Anjiography. Second ed. United States of America: Lippincott Williams and Wilkins; 1999:173-194.
44. Kau T, Sinzig M, Gasser J, et al. Aortic Development and Anomalies. *Semin Intervent Radiol* 2007;24:141-52.
45. Jakanani GC, Adair W. Frequency of variations in aortic arch anatomy depicted on multidetector CT. *Clin Radiol* 2010;65:481-7.
46. Hanneman K, Newman B, Chan F. Congenital Variants and Anomalies of the Aortic Arch. *RadioGraphics* 2017;37:32-51.
47. Türkvatan A, Büyükbayraktar FG, Ölçer T, et al. Congenital Anomalies of the Aortic Arch: Evaluation with the Use of Multidetector Computed Tomography. *Korean J Radiol* 2009;10:176.
48. Priya S, Thomas R, Steigner M, et al. Congenital anomalies of the aortic arch. *Cardiovasc Diagn Ther* 2018;8(Suppl 1):S26-S44
49. Sadler, T.W. Medical Embryology. 13th Edition. China: Wolters Kluwer Health; 2015;13:217
50. Moore, K.L., Persaud T.V.N., Torchia M.G. The Developing Human Clinically Oriented Embryology. 10th Edition. USA: Elsevier; 2013; 13:288
51. Moore, K.L., T.V.N. Persaud, and M.G. Torchia, Before we are born : essentials of embryology and birth defects. 9th edition. ed. 2016, Philadelphia, PA: Elsevier. xix, S361
52. Bravo C, Gámez F, Pérez R, et al. Fetal Aortic Arch Anomalies. *J Ultrasound Med* 2016;35:237-51.
53. Kellenberger CJ. Aortic arch malformations. *Pediatr Radiol* 2010;40:876-84.
54. Ming Z, Yumin Z, Yuhua L, et al. Diagnosis of congenital obstructive aortic arch anomalies in Chinese children by contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *J Cardiovasc Magn Reson* 2006;8:747-53
55. Predey TA, McDonald V, Demos TC, et al. CT of congenital anomalies of the aortic arch. *Semin Roentgenol* 1989;24:96-113.
56. Dominguez R, Oh KS, Dorst JP, et al. Left aortic arch with right descending aorta. *AJR Am J Roentgenol* 1978;130:917-20

57. Moise MA, Hsu V, Braslow B, et al. Innominate artery transection in the setting of a bovine arch. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;128:632-4.
58. Malone CD, Urbania TH, Crook SE, et al. Bovine aortic arch: A novel association with thoracic aortic dilation. *Clin Radiol* 2012;67:28-31.
59. Hornick M, Moomiaie R, Mojibian H, et al. 'Bovine' Aortic Arch – A Marker for Thoracic Aortic Disease. *Cardiology* 2012;123:116-24.
60. Nagpal P, Khandelwal A, Saboo SS, et al. Modern imaging techniques: applications in the management of acute aortic pathologies. *Postgrad Med J* 2015;91:449-62.
61. Yuan SM. Aberrant Origin of Vertebral Artery and Its Clinical Implications. *Braz J Cardiovasc Surg* 2016;31:52-9.
62. Tong E, Rizvi T, Hagspiel KD. Complex aortic arch anomaly: Right aortic arch with aberrant left subclavian artery, fenestrated proximal right and duplicated proximal left vertebral arteries—CT angiography findings and review of the literature. *Neuroradiol J* 2015;28:396-403
63. Natsis K, Didagelos M, Gkiouliava A, et al. The aberrant right subclavian artery: cadaveric study and literature review. *Surg Radiol Anat* 2017;39:559-65.
64. Abraham V, Mathew A, Cherian V, et al. Aberrant subclavian artery: Anatomical curiosity or clinical entity. *Int J Surg* 2009;7:106-9.
65. Saeed G, Ganster G, Friedel N. Arteria lusoria aneurysm with truncus bicaroticus: surgical resection without restoring blood supply to the right arm. *Tex Heart Inst J* 2010;37:602-7.
66. Rogers AD, Nel M, Eloff EP, et al. Dysphagia lusoria: a case of an aberrant right subclavian artery and a bicarotid trunk. *ISRN Surg* 2011;2011:819295.
67. Grathwohl KW, Afifi AY, Dillard TA, et al. Vascular rings of the thoracic aorta in adults. *Am Surg* 1999;65:1077-8
68. Pati PK, Verghese MJ, George PV. Isolation of left subclavian artery with reversal of neurological and hemodynamic abnormalities after percutaneous closure. *Indian Heart J* 2014;66:477-80.

69. Saktheeswaran MK, Krishnamoorthy KM, Sivasankaran S. Isolation of the left subclavian artery: a rare aortic arch anomaly. *Cardiol Young* 2015;25:1203-5.

70. Bech AP, Op Den Akker J, Matthijsse PR. Isolation of the left subclavian artery from the pulmonary artery in a patient with CHARGE association. *Congenit Anom (Kyoto)* 2010;50:200-2.

71. Jesudian V, Ravikumar R, Kumar RS. Isolation of the left subclavian artery-origin from the left pulmonary artery by way of ductus arteriosus: multidetector row computed tomographic angiographic imaging. *Pediatr Cardiol* 2009;30:549-50.

72. McLeary MS, Frye LL, Young LW. Magnetic resonance imaging of a left circumflex aortic arch and aberrant right subclavian artery: the other vascular ring. *Pediatr Radiol* 1998;28:263-5.

73. Baird CW, Prabhu S, Buchmiller TL, et al. Direct Tracheobronchopexy and Posterior Descending Aortopexy for Severe Left Mainstem Bronchomalacia Associated With Congenital Pulmonary Airway Malformation and Left Circumflex Aortic Arch. *Ann Thorac Surg* 2016;102:e1-4

74. D'Antonio F, Khalil A, Zidere V, et al. Fetuses with right aortic arch: a multicenter cohort study and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2016;47:423-32

75. García-Guereta L, García-Cerro E, Bret-Zurita M. Multidetector Computed Tomography for Congenital Anomalies of the Aortic Arch: Vascular Rings. *Rev Esp Cardiol Engl Ed* 2016;69:681-93.

76. McElhinney DB, Hoydu AK, Gaynor JW, et al. Patterns of right aortic arch and mirror-image branching of the brachiocephalic vessels without associated anomalies. *Pediatr Cardiol* 2001;22:285-91.

77. Knight L, Edwards JE. Right aortic arch. Types and associated cardiac anomalies. *Circulation* 1974;50:1047-51.

78. Tyczyński P, Michałowska I, Wolny R, et al. Left aberrant subclavian artery. Systematic study in adult patients. *Int J Cardiol* 2017;240:183-6.

79. Masuoka H, Miyauchi A, Higashiyama T, et al. Rightsided aortic arch and aberrant left subclavian artery with or without a left nonrecurrent inferior laryngeal nerve. *Head Neck* 2016;38:E2508-11.

80. Cinà CS, Althani H, Pasenau J, et al. Kommerell's diverticulum and right-sided aortic arch: a cohort study and review of the literature. *J Vasc Surg* 2004;39:131-9.

81. Zhao J, Liao Y, Gao S. Right aortic arch with retroesophageal left ligamentum arteriosum. *Tex Heart Inst J* 2006;33:218-21.

82. Silva AF, Dos Santos JA. Aortic arch anomaly in an adult patient: a case of right aortic arch with aberrant left subclavian artery and Kommerell's diverticulum. *Radiol Bras* 2016;49:274-5.

83. Faistauer Â, Torres FS, Faccin CS. Right aortic arch with aberrant left innominate artery arising from Kommerell's diverticulum. *Radiol Bras* 2016;49:264-6.

84. Sun AM, Alhabshan F, Branson H, et al. MRI diagnosis of isolated origin of the left subclavian artery from the left pulmonary artery. *Pediatr Radiol* 2005;35:1259-62.

85. Arnoult AC, Blaise S. Late discovery of a rare anomaly of the right aortic arch and an isolated left subclavian artery. *J Vasc Surg* 2016;64:1853-4.

86. Carano N, Piazza P, Agnetti A, et al. Congenital pulmonary steal phenomenon associated with tetralogy of Fallot, right aortic arch, and isolation of the left subclavian artery. *Pediatr Cardiol* 1997;18:57-60.

87. Smith BM, Lu JC, Dorfman AL, et al. Rings and Slings Revisited. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2015;23:127-35.

88. Philip S, Chen SY, Wu MH, et al. Retroesophageal aortic arch: diagnostic and therapeutic implications of a rare vascular ring. *Int J Cardiol* 2001;79:133-41.

89. Gould SW, Rigsby CK, Donnelly LF, et al. Useful signs for the assessment of vascular rings on cross-sectional imaging. *Pediatr Radiol* 2015;45:2004-16.

90. Thankavel PP, Brown PS, Lemler MS. Left-Dominant Double Aortic Arch in Critical Pulmonary Stenosis and Ventricular Septal Defect. *Pediatr Cardiol* 2012;33:1469-71

91. Singh C, Gupta M, Sharma S. Compression of trachea due to double aortic arch: demonstration by multi-slice CT scan (MSCT). *Heart Lung Circ* 2006;15:332-3.

92. Baraldi R, Sala S, Bigli S, et al. Vascular ring due to double aortic arch: a rare cause of dysphagia. *Eur J Radiol Extra* 2004;52:21-4.

93. Dillman JR, Attili AK, Agarwal PP, et al. Common and uncommon vascular rings and slings: a multi-modality review. *Pediatr Radiol* 2011;41:1440-54
94. Browne LP. What is the optimal imaging for vascular rings and slings? *Pediatr Radiol* 2009;39:S191-5.
95. Newman B. MR of right aortic arch. *Pediatr Radiol* Priya et al. Aortic arch malformations 1996;26:367-9.
96. Schlesinger AE, Krishnamurthy R, Sena LM, et al. Incomplete double aortic arch with atresia of the distal left arch: distinctive imaging appearance. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184:1634-9.
97. Holmes KW, Bluemke DA, Vricella LA, et al. Magnetic resonance imaging of a distorted left subclavian artery course: an important clue to an unusual type of double aortic arch. *Pediatr Cardiol* 2006;27:316-20.
98. Dasari TW, Paliotta M. Cervical Aortic Arch. *N Engl J Med* 2014;371:e38.
99. Rao DP, Ananthakrishna R, Nanjappa M. Pulsatile neck mass: A rare cause. *Ann Pediatr Cardiol* 2013;6:95.
100. Rajbanshi BG, Gautam NC, Pradhan S, et al. Complex Cervical Aortic Arch With Hypoplasia: A Simple Solution to a Complex Problem. *Ann Thorac Surg* 2016;102:e27-9.
101. Momma K, Matsuoka R, Takao A. Aortic arch anomalies associated with chromosome 22q11 deletion (CATCH 22). *Pediatr Cardiol* 1999;20:97-102.
102. Abdoli S, Tatum JM, Fratello AL, et al. Type B Aortic Arch Interruption in an Adult. *Ann Thorac Surg* 2016;102:e431-2.
103. Patel DM, Maldjian PD, Lovoulos C. Interrupted aortic arch with post-interruption aneurysm and bicuspid aortic valve in an adult: a case report and literature review. *Radiol Case Rep* 2015;10:5-8
104. Dillman JR, Yarram SG, D'Amico AR, et al. Interrupted aortic arch: spectrum of MRI findings. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1467-74.
105. Nigro Stimato V, Didier D, Beghetti M, et al. Atresia of the Aortic Arch in 4-Year-Old Child: A Clinical Case Study. *Front Pediatr* 2015;3:19.

106. Vergales JE, Gangemi JJ, Rhueban KS, et al. Coarctation of the aorta - the current state of surgical and transcatheter therapies. *Curr Cardiol Rev* 2013;9:211-9.

107. Krieger EV, Stout KK, Grosse-Wortmann L. How to Image Congenital Left Heart Obstruction in Adults. *Circ Cardiovasc Imaging* 2017;10:e004271.

108. Chen SS, Dimopoulos K, Alonso-Gonzalez R, et al. Prevalence and prognostic implication of restenosis or dilatation at the aortic coarctation repair site assessed by cardiovascular MRI in adult patients late after coarctation repair. *Int J Cardiol* 2014;173:209-15

109. Dijkema EJ, Leiner T, Grotenhuis HB. Diagnosis, imaging and clinical management of aortic coarctation. *Heart* 2017;103:1148-55.

110. Kitabayashi K, Sakaki M, Araki K, et al. Thoracic aortic aneurysm with aortic pseudocoarctation involving the left subclavian artery. *Ann Vasc Surg* 2013;27:802.e5-7.

111. Adaletli I, Kurugoglu S, Davutoglu V, et al. Pseudocoarctation. *Can J Cardiol* 2007;23:675-6

112. Grigsby JL, Galbraith T, Shurmur S, et al. Pseudocoarctation of the aorta complicated by saccular aneurysm: treatment by aortic arch replacement. *Am Heart J* 1996;131:200-2.

113. Kim HK, Gottliebson W, Hor K, et al. Cardiovascular anomalies in Turner syndrome: spectrum, prevalence, and cardiac MRI findings in a pediatric and young adult population. *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:454-60.

114. Edwards JE (1953) Malformations of the aortic arch system manifested as “vascular rings”. *Lab Invest* 2:56–75

115. Nizankowski C, Rajchel Z, Ziolkowski M (1975) Abnormal origin of arteries from the aortic arch in man. *Folia Morphol (Warsz)* 34:109–116

116. De Garis CF, Black IH, Riemenscheider EA (1933) Patterns of the aortic arch in American White and Negro stocks, with comparative notes on certain other mammals. *J Anat* 67:599–619

117. Liechty JD, Shields TW, Anson BJ (1957) Variations pertaining to the aortic arches and their branches. *Q Bull Northwest Univ Med Sch* 31:136–143

118. Quain R (1844) *Anatomy of the arteries of the human body*. Taylor & Walton, London, pp 538–543
119. Thomson A (1893) Variation in the arrangement of the branches arising from the arch of the aorta. *J Anat Physiol* 27:189–192
120. Williams GD, Edmonds HW (1935) Variations in arrangement of branches arising from the aortic arch in American whites and negroes. *Anat Rec* 62I:139–146
121. Layton KF, Kallmes DF, Cloft HJ et al (2006) Bovine aortic arch variant in humans: clarification of a common misnomer. *AJNR* 27:1541–1542
122. Keith A (1895) The modes of origin of the carotid and subclavian arteries from the arch of the aorta in some of the higher primates. *J Anat Physiol* 29:453–458
123. Böckler D, Kolvenbach R. Anomalien der Aorta und ihre Bedeutung für den klinischen Alltag. *Gefasschirurgie* 2013;18: 415e28.
124. Wanamaker KM, Amadi CC, Mueller JS, Moraca RJ. Incidence of aortic arch anomalies in patients with thoracic aortic dissections. *J Card Surg.* 2013;28:151-4.
125. Albayram S, Gailloud P, Wasserman AB (2002) Bilateral arch origin of the vertebral arteries. *Am J Neuroradiol* 23:455–458
126. Goray VB, Joshi AR, Garg A, Merchant S, Yadav B, Maheshwari P (2005) Aortic arch variation: a unique case with anomalous origin of both vertebral arteries as additional branches of the aortic arch distal to left subclavian artery. *Am J Neuroradiol* 26:93–95
127. Lemke A, Benndorf G, Liebig T, Felix R (1999) Anomalous origin of the right vertebral artery: review of the literature and case report of right vertebral artery origin distal to the left subclavian artery. *AJNR* 20:1318–1321
128. Uchino A, Saito N, Takahashi M, Okada Y, Kozawa E, Nishi N, et al. Variations in the origin of the vertebral artery and its level of entry into the transverse foramen diagnosed by CT angiography. *Neuroradiology* 2013;55:585-94.
129. Meila D, Tysiac M, Petersen M, Theisen O, Wetter A, Mangold A, et al. Origin and course of the extracranial vertebral artery: CTA findings and embryologic considerations. *Clin Neuroradiol* 2012;22:327-33.

130. Komiyama M, Morikawa T, Nakajima H, Nishikawa M, Yasui T. High incidence of arterial dissection associated with left vertebral artery of aortic origin. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2001;41:8-11; discussion: 11-2.

131. Tsai IC, Tzeng WS, Lee T, Jan SL, Fu YC, Chen MC, et al. Vertebral and carotid artery anomalies in patients with aberrant right subclavian arteries. *Pediatr Radiol* 2007;37:1007-12.

132. Levitt B, Richter JE. Dysphagia lusoria: a comprehensive review. *Dis Esophagus* 2007;20:455-60.

133. Watanabe A, Kawabori S, Osanai H, Taniguchi M, Hosokawa M. Preoperative computed tomography diagnosis of non-recurrent inferior laryngeal nerve. *Laryngoscope* 2001;111:1756-9.

134. Ming Z, Aimin S. Right aortic arch with coarctation in Chinese children. *Pediatr Radiol* 2008;38:511-7

135. Vucurevic G, Marinkovic S, Puskas L, Kovacevic I, Tanaskovic S, Radak D, et al. Anatomy and radiology of the variations of aortic arch branches in 1,266 patients. *Folia Morphol (Warsz)* 2013;72:113-22.

136. Berko NS, Jain VR, Godelman A, Stein EG, Ghosh S, Haramati LB. Variants and anomalies of the thoracic vasculature on the computed tomographic angiography in adults. *J Comput Assist Tomogr* 2009;33:523-8.

137. Ergun E, Simsek B, Kosar PN, Yılmaz BK, Turgut AT. Anatomical variations in branching pattern of arcus aorta: 64-slice CTA appearance. *Surg Radiol Anat* 2013;35: 503-9.

138. Jeng JS, Yip PK. Evaluation of vertebral artery hypoplasia and asymmetry by color-coded duplex ultrasonography. *Ultrasound Med Biol.* 2004; 30(5): 605–609

139. Chen YY, Chao AC, Hsu HY, Chung CP, Hu HH. Vertebral artery hypoplasia is associated with a decrease in net vertebral flow volume. *Ultrasound Med Biol.* 2010; 36(1):38–43. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2009.08.012> PMID: 19900752

140. Szarazova AS, Bartels E, Turčani P. Vertebral artery hypoplasia and the posterior circulation stroke. *Perspectives in Medicine.* 2012; 1:98–202.

141. Katsanos AH, Kosmidou M, Giannopoulos S. Is Vertebral Artery Hypoplasia a Predisposing Factor for Posterior Circulation Cerebral Ischemic Events? A Comprehensive Review. *Eur Neurol*. 2013; 70:78– 83.
<https://doi.org/10.1159/000351786> PMID: 23816871
142. Park JH, Kim JM, Roh JK. Hypoplastic vertebral artery: frequency and associations with ischaemic stroke territory. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2007; 78(9): 954–958
143. Touboul PJ, Bousser MG, LaPlane D, et al. Duplex scanning of normal vertebral arteries. *Stroke*. 1986; 17(5): 921–923
144. Delcker A, Diener HC. [Various ultrasound methods for studying the vertebral artery--a comparative evaluation]. *Ultraschall Med*. 1992; 13(5): 213–220
145. Zhang DP, Lu GF, Zhang JW, et al. Vertebral artery hypoplasia and posterior circulation infarction in patients with isolated vertigo with stroke risk factors. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2017; 26(2): 295–300
146. Gaigalaite V, Vilimas A, Ozeraitiene V, et al. Association between vertebral artery hypoplasia and posterior circulation stroke. *BMC Neurol*. 2016; 16: 118
147. Kalia J, Hussain S, Wolfe T, et al. 026 Prevalence of co-dominance in vertebral arteries: a CT angiographic assessment. *J NeuroInterven Surg*. 2009; 1: 98–98
148. Hong JM, Chung CS, Bang OY, et al. Vertebral artery dominance contributes to basilar artery curvature and peri-vertebrobasilar junctional infarcts. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2009; 80(10)
149. Akar ZC, Dujovny M, Slavin KV, et al. Microsurgical anatomy of the intracranial part of the vertebral artery. *Neurol Res*. 1994; 16(3): 171–180
150. Ergun O, Gunes Tatar I, Birgi E, et al. Evaluation of vertebral artery dominance, hypoplasia and variations in the origin: angiographic study in 254 patients. *Folia Morphol*. 2016; 75: 33–37
151. Zhu X, Xin SJ, Wang L, et al. The relationship of vertebral artery hypoplasia and anomalous origin of vertebral artery. *J China Med University*. 2015; 44(04): 293–297

152. Min JH, Lee YS. Transcranial Doppler ultrasonographic evaluation of vertebral artery hypoplasia and aplasia. *J Neurol Sci.* 2007; 260: 183–187
153. Matula C, Trattinig S, Tschabitscher M, et al. The course of the prevertebral segment of the vertebral artery: anatomy and clinical significance. *Surg Neurol.* 1997; 48: 125–31
154. Kansal R, Mahore A, Dange N, et al. Dolichoectasia of vertebrobasilar arteries as a cause of hydrocephalus. *J Neurosci Rural Pract.* 2011; 2: 62–64
155. Yuan YJ, Xu K, Luo Qi, et al. Research progress on vertebrobasilar dolichoectasia. *Int J Med Sci.* 2014; 11: 1039–1048
156. Cosar M, Yaman M, Eser O, et al. Basilar artery angulation and vertigo due to the hemodynamic effect of dominant vertebral artery. *Med Hypotheses.* 2008; 70(5): 941–943
157. Zhang D, Zhang S, Zhang H, et al. Characteristics of vascular lesions in patients with posterior circulation infarction according to age and region of infarct