

T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

VERTEBRAL ARTER VARYASYON VE
PATOLOJİLERİNDE BT ANJİOGRAFİK TARAMA

UZMANLIK TEZİ

Dr. Emine Özlem KARA

TEZ YÖNETİCİSİ

Doç. Dr. Aylin HASANEFENDİOĞLU BAYRAK

DİYARBAKIR - 2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR.....	iv
TABLolar VE ŞEKİLLER.....	v
OLGU ÖRNEKLERİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY.....	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2. 1. BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ.....	3
2. 1. 1. Giriş ve kısa tarihçe.....	3
2. 1. 2. Bilgisayarlı Tomografide görüntü oluşumu	4
2. 1. 3. Bilgisayarlı Tomografi artefaktları.....	5
2. 1. 4. Boyun ve Serebral Bilgisayarlı Tomografi Anjiografi uygulamaları.....	9
2. 2. VERTEBRAL ARTER.....	11
2. 2. 1. Arkus aorta ve vertebral arter embriyolojisi.....	11
2. 2. 2. Fetal karotis-vertebrobaziler anastomozlar.....	13
2. 2. 3. Arkus aorta ve vertebral arter anatomisi.....	17
2. 2. 4. Vertebral arter varyasyonları.....	22
2. 2. 5. Vertebral arter patolojileri.....	28
2. 2. 6. Vertebro-baziler stenozlar, görüntüleme yöntemleri ve tedavi.....	33
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
4. BULGULAR.....	41
5. RESİMLERLE OLGU ÖRNEKLERİ.....	50

6.TARTIŞMA.....	59
7. SONUÇLAR.....	68
8. KAYNAKLAR.....	69

KISALTMALAR

BTA: Bilgisayarlı Tomografi Anjiografi

ÇKBT: Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi

DSA: Dijital Subtraksiyon Anjiografi

EKA: Eksternal karotis arter

İKA: İnternal karotis arter

FOV: Field of view

MIP: Maximum intensity projection

MPR: Multiplanar reformation

MRA: Manyetik Rezonans Anjiografi

PTA: Perkutan translüminal anjioplasti

PİCA: Posterior inferior serebellar arter

AİCA: Anterior inferior serebellar arter

SKA: Subklavyen arter

US: Ultrasonografi

VA: Vertebral arter

VRT: Volume- rendering technique

TABLolar VE ŞEKİLLER

Tablo 1: Tetkiklerin dedektörlere göre dağılımı, her iki gözlemcinin teknik kalite yorumları gösterilmiştir.

Tablo 2: Onaltı ve 64-dedektörlü BT cihazlarının varyasyon verileri, tüm olgularda saptanan varyasyon sayı ve çalışma içerisindeki yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 3: Sağ ve sol vertebral arterde segmentlere göre darlık sayı ve çalışma içerisindeki yüzdeleri verilmiştir.

Şekil 1: Normal ilkel ventral ve dorsal aorta, 6 aortik ark, dorsal aort kök segmentleri ve 7. dorsal intersegmental arter şematik olarak gösterilmiştir.

Şekil 2: Aortik ark ve major dalları, embriyolojik orjinleri şematik olarak renklerle gösterilmiştir.

Şekil 3: Persistan fetal karotis ve vertebro-baziler anastomozlar gösterilmektedir.

Şekil 4: Posterior dolaşım gelişimi ve servikal intersegmental arter anastomozları ile vertebral arter oluşumu gösterilmiştir.

Şekil 5: Persistan proatlantal intersegmental arter tip 1 ve 2 gösterilmektedir.

Şekil 6: Arkus aorta ve dalları gösterilmiştir.

Şekil 7: Vertebral arter segment anatomisi ön-arka ve lateral planda gösterilmiştir.

Şekil 8: Posterior sirkülasyonu oluşturan vasküler yapılar gösterilmiştir.

Şekil 9: Vertebral arter anatomisi, orjin varyasyonları ve muhtemel embriyolojik mekanizmalar şematik olarak gösterilmiştir.

OLGU ÖRNEKLERİ

Olgu 1: Bilateral anormal orjinli vertebral arter

Olgu 2: Sol vertebral arterin parsiyel/segmental duplikasyonu

Olgu 3: Anormal orjinli sağ vertebral arter (SKA'nın 2. dalı)

Olgu 4: Sağ vertebral arter hipoplazisi

Olgu 5: Vertebral arter V2 segmentin C7 vertebra transvers forameninden girmesi

Olgu 6: Vertebral arter V3 segmentinin atlasın transvers forameninden geçmemesi

Olgu 7: PİCA'nın anormal orjinli olup baziler arterden, AİCA ile birlikte tek trunkusdan çıkması

Olgu 8 ve 9: Vertebral arter V4 segmentte fenestrasyon

Olgu 10 ve 11: Vertebral arterde atlanto-aksiyel kavşak düzeyinde fenestrasyon

Olgu 12: Vertebral arterde farklı segmentlerde anlamlı darlık ve oklüzyonlar

Olgu 13: Sol PİCA çıkımında sakküler anevrizma

Olgu 14 ve 15: Orifisin arterfaktlar nedeniyle optimum görüntülenemediği olgu örnekleri

Olgu 16: Sol vertebral arter orifisinde kalsifikasyon ve oklüzyon

ÖZET:

Amaç: Vertebral arterin karakteristik anatomik özellikleri, sık varyasyon göstermesi ve özellikle de orifis (vertebral arter çıkım) düzeyinde çeşitli artefaklara maruz kalması nedeniyle aksiyal görüntüleme yöntemleriyle değerlendirilmesi zorlaşmaktadır. Amacımız geniş hasta grubunda, iki gözlemci verileri arasında uyum araştırarak çeşitli reformat görüntülerle değerlendirme olanağı sunan Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi'nin vertebral arter varyasyon ve patolojilerindeki, özellikle de orifisinin görüntülenmesindeki etkinliğini saptamaktır.

Gereç ve Yöntem: Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Ünitesinde Ocak 2009 – Ağustos 2010 tarihleri arasında herhangi bir sebeple, 16- veya 64-dedektörlü bilgisayarlı tomografi cihazlarıyla beyin ve/veya boyun Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi incelemesi yapılan 500 hasta (253 kadın, 247 erkek) çalışmaya dahil edildi. Retrospektif arşiv taraması olarak planlanan çalışmada vertebral arter varyasyon, darlık ve anevrizma saptanmasında gözlemciler arası uyum araştırıldı. Orifis, değerlendirmenin sınırlı olduğu bir bölge olduğundan gözlemciler arasında uyum açısından ayrıca incelendi. Uyumsuz veriler tekrar gözden geçirildi ve konsensus oluşturularak varyasyon, darlık ve anevrizma sıklığı ve segmentlere göre dağılımı araştırıldı. Varyasyon saptanmasında 16- ve 64-dedektörlü Bilgisayarlı Tomografi verileri karşılaştırıldı. Hasta yaşı ve darlık arasında ilişki araştırıldı.

Bulgular: Vertebral arter varyasyonlarında, darlık ve anevrizmaların saptanmasında gözlemci verileri uyumluydu. Varyasyonlarda en yüksek uyum hipoplazi ve anormal orjin varyasyonlarında elde edildi. Darlık saptanmasında gözlemci verileri uyumlu olmakla birlikte darlığın lokalizasyonu ve derecesinin tanımlanmasında yeterli uyum sağlanmadı. Orifislerin görüntülenmesinde her iki gözlemci bulguları uyumsuz idi. Konsensus sonucu sıklığı en yüksek varyasyonlar; hipoplazi (% 18.9; sağ % 13.6, sol % 5.3) ve anormal orjin (% 7.7; sağ % 2.4, sol % 5.3) idi. Orjin varyasyonları içerisinde en sık arkus orjinli sol vertebral arter (% 5.3) saptandı. Varyasyonların diğer segmentlere göre dağılımında; V2 segment düzeyinde en sık C5 (sağ % 6.2, sol % 5.1) foramenden giriş, V3 segment düzeyinde en sık ekstradural orjinli PİCA (sağ % 4.9, sol % 5.7) ve V4 segment düzeyinde en sık vertebral arterin distalde PİCA

olarak sonlanması (sağ % 3.5, sol % 0.9) tespit edildi. Bunlar dışında parsiyel/segmental duplikasyon, PICA'nın baziler arterden AICA ile tek trunkusdan çıkması ve fenestrasyon saptanan diğer nadir varyasyonlardı. Varyasyonlarda 16- ve 64-dedektörlü cihaz arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Darlık, toplam 500 sağ vertebral arterin % 14'ünde (106 segment), sol vertebral arterin % 10.8'inde (80 segment) saptandı. Dar segmentler içinde en fazla tutulum V1 segment düzeyinde idi (sağda % 47.1, solda % 45.0). Darlık ile yaş arasında anlamlı kabul edilen korelasyon bulundu ($p<0.01$).

Sonuç: Vertebral arter varyasyon ve patolojilerinin saptanmasında Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi etkin bir yöntemdir. Ancak darlık yerinin doğru tanımlanması ve derecesinin belirlenmesinde ve orifis görüntülenmesinde yeterince etkin değildir. Varyasyonların gösterilebilmesinde 16- ve 64- dedektörlü bilgisayarlı tomografi cihazları arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

Anahtar kelimeler: Vertebral arter, orifis, çok kesitli bilgisayarlı tomografi anjiyografi, varyasyon, darlık.

SUMMARY:

Purpose: Due to the anatomical characteristics and common variations of the vertebral artery, it is difficult to evaluate with axial imaging technics. Also, the orifice of the vertebral artery is a potential exposing site of various artifacts, and so it makes evaluation more difficult. Our goal is to determine interobserver agreement between 2 radiologists about findings of both variations and pathologies of the vertebral artery with large study group. We wonder that Multidetector Computed Tomography Angiography is an effective modality or not due to advantage of reformatting images.

Materials and Methods: Between January 2009 and August 2010, 500 patients (age range; 12-94 years, mean age $\pm$ SD; 47. 61 $\pm$ 18. 63 years) that had scanned with 16- or 64-detector computed tomography were included for the study. Two radiologists retrospectively and independently analysed the images for variations, stenosis and aneurysm of vertebral arteries without knowing any pre-diagnosis of the patients, After initial analysis by each observers, interobserver agreement calculatated for each parameter. Then, the incompatible datas were reevaluated by 2 radiologists by consensus to assess frequency of variations, stenosis and aneurysm in the study group. Any difference between frequency of variations in 16- and 64-detector CT, and any relationship between age and stenosis were also investigated. Cohen Kappa test, frequency analysis, chi-square test, Pearson correlations test were used, respectively.

Results: There is high aggreement between observers in the variations and the aneurysms of the vertebral artery. Stenosis detection of observers' data was compatible; however the site and the ratio of the stenosis were inadequately identified by each observer. The origin of vertebral arteries was incompatible with imaging findings of two observers each. The hypoplasia and the abnormal origin sites of vertebral artery were the most common variations detected. High-frequency variations as a result of consensus; hypoplasia (18.9%, 13.6%, right, 5.3% left) and abnormal origin (7.7%, 2.4% right, 5.3% left) respectively. Left vertebral artery originating from aortic arch is the most common variations of abnormal origin

(5.3%) detected. According to the variations in the distribution of other segments; C5 foramen entry (6.2% right, 5.1% left) of V2 segment, extradural PICA origin (4.9% right, 5.7 % left) of V3 segment, and distal termination of the PICA (3.5% right, 0.9% left) of V4 segment were the most common detected variations. Partial / segmental duplication, an absent PICA with its normal vascular territory supplied by an AICA-PICA trunk and fenestration other rare variations. There was no statistical significant difference between variations detected on 16 - and 64-detector device. Stenosis, right vertebral artery in 14% of a total of 500 (106 segments), left vertebral artery in 10.8% of patients (80 segments) were detected. The most involved segment of the vertebral artery was the V1 (right 47.1%, left 45.0%). Stenosis showed statistically significant correlation with age ($p < 0.01$).

Conclusions: Multidetector Computed Tomography Angiography is an effective method for the detection of the variation and the other pathologies (stenosis and aneurysm) of the vertebral artery. Although it is an effective method in detection of stenosis, correct identification of both the site and the ratio of stenosis is not adequate. The origin of vertebral artery is also not adequately identified. Variations are not statistically different between by 16- and 64-detector computed tomography.

Key Words: Vertebral artery, orifice, multislice computed tomography angiography, variation, stenosis.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İntrakranial dolaşım bir çift internal karotis arter ve birleşerek baziler arteri oluşturan bir çift vertebral arter tarafından sağlanır. Karotis ve vertebro-baziler sistemin birbiri ile bağlantılı olduğu Willis poligonunun yapısında var olan kollateral ağ sayesinde beyin büyük damar tıkaçıcı hastalıklarına karşı iyi korunmaktadır. Ancak kollateral dolaşımın daha zor sağlandığı Willis poligonunun distalinde kalan dallar için aynı şey söylenemez. Bu yüzden vaskülopatiyi belirleyebilmek için vasküler anatomi ve arteriyel beslenmeyi anlamak önemlidir (1). Oksipital lob dışında kalan serebral hemisferlerin kan akımı karotis interna dalları, infratentoryel bölgede yer alan beyin sapı ve serebellum ile supratentoryel yapılardan oksipital lob, temporal lobun bazı kısımları ve talamusun kan akımı vertebro-baziler sistem (posterior sirkülasyon) tarafından sağlanır.

Basit bir vertigodan beyin sapı veya oksipital korteks disfonksiyonuna kadar geniş bir aralıkta görülebilen posterior sistem bulgularında (baş dönmesi, dengesizlik, ataksi, kulakta çınlama ve düşme atakları) etyolojik nedene yönelik tanı anterior sisteme göre daha zordur (2). Bunun nedeni vertebro-baziler iskemi semptomlarının çok farklı şekillerde ortaya çıkması, diğer sistem bulguları ile karışabilmesi ve stenoz olgularının asemptomatik olabilmesidir. Ayrıca sıklıkla varyasyon gösteren vertebral arterlere ait morfolojik ve akım bilgileri karotis incelemelerinde olduğu gibi net ve karar verdirici değildir. Vertebro-baziler arter stenozları ana karotis bifurkasyon stenozlarından sonra ikinci sıklıkta görülmektedir (2,3,4). Stenozlar en sık olarak vertebral arter V1 segmentinde izlenmektedir (5). Özellikle distal vertebral arter stenozlarında, medikal tedaviye rağmen, yıllık %10-15 oranında inme riski mevcuttur. Bunun yanında vertebral arter orifis stenozlarının, posterior dolaşım iskemilerinde önemli bir emboli kaynağı olduğu belirtilmiştir (2).

Ultrasonografi (US), vertebral arter stenozlarının tanısında genellikle ilk seçilen noninvazif tanı yöntemidir. Anatomik farklılıkları, küçük çaplı olması, derin yerleşimi ve vertebraların transvers çıkıntıların süperpozisyonu, vertebral arterin US ile değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Kesitsel görüntüleme yöntemlerinin bulunması ile konvansiyonel anjiografinin rolü kitlelerin saptanması ve yerlerinin

belirlenmesi yerine anevrizmalar, vaskülit ve arteriovenöz malformasyonlar gibi vasküler lezyonların incelenmesine indirgenmiştir. Hatta Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) ve Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA) büyük ölçüde diagnostik anjiyografinin yerini almaktadır (1). Yine de invazif bir işlem olan, % 1'e yaklaşan morbidite ve mortalite risklerine rağmen, Dijital Subtraksiyon Anjiyografi (DSA) hala vertebral arter lezyonlarının ve diğer supraaortik vasküler lezyonların tanısında altın standart olma özelliğini korumaktadır. Ancak literatürde DSA ile karşılaştırmalı çalışmalarda yüz güldürücü sonuçlar elde edilmesi nedeni ile BTA karotis sisteminin noninvazif görüntülemesinde nispeten standart hale gelmiştir (6). Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi ile DSA da mevcut olan riskler ile karşılaşmadan vertebral arterin değerlendirilmesi mümkündür. Ancak vertebral arter değerlendirilmesinde literatürde henüz BTA'nin etkinliğini gösteren yeterli sayıda çalışma yoktur. Vertebral arterlerin nispeten ince kalibrasyonlu olması ve karotis sisteme göre daha sık varyasyon izlenebilmesi noninvazif olarak değerlendirmeyi zorlaştırırken, özellikle orifisinin artefaktlara maruz kalması ve büyük bir kısmının (V2 segment) kemik yapı içinde seyretmesi BTA da görüntülemeyi karmaşık hale getirmektedir. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi'nin özellikle orifis patolojilerindeki etkinliği bilinmemektedir.

Çalışmamızın amacı, geniş hasta grubunda iki gözlemci verileri arasında uyum araştırarak, çeşitli reformat görüntülerle değerlendirme olanağı sunan Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi'nin vertebral arter varyasyon ve patolojilerindeki, özellikle de orifisinin görüntülenmesindeki etkinliğini saptamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2. 1. BİLGİSAYARLI TOMOGRAFI

2. 1. 1. Giriş ve kısa tarihçe

Tomografi yunanca tomos (kesit) ve graphia (görüntü) kelimelerinden oluşmakta ve kesitsel görüntü anlamına gelmektedir. Bilgisayarın günümüzde giderek artan teknolojik hızı ile birlikte tomografi de aynı hızla ilerleme göstermektedir (7).

İlk olarak 1963 yılında Amerikalı fizikçi Allan Macleod Cormack teorik olarak Bilgisayarlı Tomografiyi (BT) düşünmüş ve İngiliz elektrik mühendisi Sir Godfrey Newhold Hounsfield 1967-1971 arasında prototip BT yaparak kullanıma girmesini sağlamıştır. Bilgisayarlı Tomografi Türkiye’de ilk olarak 1975’de Hacettepe Üniversite’sinde sadece beyin tetkiki için kullanılmıştır. Birinci jenerasyon (1972) BT’lerde tek kesit süresi 4.5-5 dakika iken, bu süre 2. jenerasyon (1979) BT’lerde 18 saniyeye, 3. jenerasyon (1980’lerin ilk yılları) BT’lerde ise 2-4 saniyeye inmiştir. Gelişen teknoloji ile birlikte 1980’lerin sonunda Spiral veya Helikal BT, 1998’de çok kesitli BT (ÇKBT), 2004 yılında 64-kesitli BT ve çift tüplü sistemler, son olarak 2008’de 256- 320 kesitli BT klinik kullanıma girmiştir (7,8). Çok Kesitli BT literatürde “multislice CT”, “multidetector CT” ve “multidetector row CT” gibi isimler ile anılmaktadır. Tüpün hasta etrafında bir dönüşünde tek kesit alabildiği önceki Helikal (spiral) BT sistemlerinden farklı olarak, ÇKBT’de bir rotasyonda 4 veya daha fazla sayıda (8, 16, 32, 40, 64, 256, 320) kesit almasına olanak veren z eksen (hasta masası yönü) boyunca dizilmiş çok sıralı dedektör sistemi vardır (8). Helikal (spiral) BT tek bir nefes tutma süresince gerçek 3 boyutlu görüntüleme imkanı sunmasıyla kesitsel görüntülemeye önemli bir dönüm noktası olmuştur. Tetkik süresinin kısılması ve hacimsel veri toplanmasına bağlı olarak hasta ve solunum hareketlerine bağlı yanlış veri kaydını önlemiş, dinamik ve fazik incelemeler ve BTA işlemleri yapılabilir hale gelmiştir. Yine Helikal BT ile ince kesit (1 mm) ve pitch değeri 1 seçilerek izotropik rekonstrüksiyonlara yakın görüntüler elde edilebilmiştir, ancak bu şekilde görüntüleme kısa mesafeler için ve hasta nefesini tutabildiği sürece mümkün olabilmektedir. Uzun mesafe taramalarında

ise pitch ve/veya kolimasyon arttırılmalıdır, bu da z-eksenindeki çözünürlüğü azaltır. Çok Kesitli BT'nin geliştirilmesi bu sorunları ortadan kaldırmış, X ışınlarının daha etkin kullanılmasını, daha geniş bir alanın z-ekseni çözünürlüğünü koruyarak taranabilmesini sağlamıştır. Çok Kesitli BT'nin Helikal BT'ye göre avantajları; çekim süresi kısılması, daha az artefakt oluşması, daha ince kesit ve daha yüksek çözünürlükte görüntü elde edilebilmesi, değişik kalınlıklarda rekonstrüksiyon, daha iyi 'multiplanar reformation' (MPR) ve 3 boyutlu görüntüleme yapılabilmesidir (7).

2. 1. 2. Bilgisayarlı Tomografide görüntü oluşumu

Bilgisayarlı tomografi çalışma prensibi olarak 4 temel ünitelerden oluşmaktadır. Bunlar; X ışını tüpü, dedektör, bilgisayar ve monitördür.

1) X-ışını tüpü: X ışını oluşumunu sağlayan ünitelerdir.

2) Dedektör: Hastadan geçen ışınları toplar. Xenon dedektörler ve solid state dedektörler olmak üzere iki tip dedektör vardır. Çok Kesitli BT'de kullanılan solid state dedektörler olup, bu dedektörler üzerine X ışını düştüğünde ışık salınımı olur ve elektrik sinyali üretir.

3) Bilgisayar: Dedektörden gelen bilgileri alır, depolar ve görünür hale getirir.

4) Monitör: Bilgisayarda oluşan dijital görüntüleri gösterir.

Bilgisayarlı Tomografi de görüntü oluşumu 3 aşamada gerçekleşir.

- 1) Tarama fazı-** data (bilgi) oluşur. Yalpaze şeklindeki X ışınları vücudu deler, dedektörler tarafından absorpsiyon miktarı ölçülür.
- 2) Rekonstrüksiyon fazı-** bilgi dijital görüntüye dönüşür. Dedektörlerden elde edilen elektrik sinyallerinin tarama alanını temsil edecek sayılardan oluşmuş haritaya dönüştürme işlemine rekonstrüksiyon denir. Bu işlem için değişik algoritmalar kullanılır. Bu sayısal verilerin en küçüğü pikseldir (resim element). Bu verilerin derinliği düşünüldüğünde hacim söz konusu olup, en küçük hacim birimi ise vokseldir (hacim element).
- 3) Dijital analog dönüşüm fazı-** bilgi grinin tonları şeklinde görünebilir hale gelir (7).

2. 1. 3. Bilgisayarlı Tomografi artefaktları

Bilgisayarlı Tomografi’de artefakt, incelenen objenin gerçek atenuasyon katsayısı ile rekonstrükte edilen görüntünün BT numarası arasında oluşan herhangi bir farklılık olarak tanımlanmaktadır. Artefaktlar kaynaklarına göre 4 grupta toplanabilir:

2. 1. 3. 1. Fizik temelinde gelişen artefaktlar

a) “Beam-hardening” (ışın sertleşme) artefaktı: X ışını tüpünden çıkan ışınlar farklı enerji düzeylerine sahip fotonlardan oluşurlar. Işın bir nesnenin içerisinden geçerken ortalama enerji düzeyi artar yani sertleşir. Bunun nedeni düşük enerjili fotonların yüksek enerjili fotonlara oranla nesne tarafından daha hızlı absorbe olmasıdır. Bu etki sonucu yumuşak doku-kemik gibi farklı yoğunluklardaki oluşumlardan geçen ışın artefakta yol açar. Bu etkiye bağlı oluşan iki tip artefakt tanımlanmıştır. Bunlar “cupping artefakt” ile streak (çizgi) ve dark band (siyah bant) artefaktları olarak bilinir. “Cupping artefakt” uniform silindirik bir objeden geçen X ışınının objenin orta bölümünden (en kalın kesimi) geçen kısmının, kenar bölgesinden (görece daha ince bölümü) geçen kısmına göre daha fazla sertleşmesinden oluşur. Bu objeden geçen ışın dedektöre ulaştığında beklenenden daha sert olur ve atenuasyon profili objenin ideal profilinden farklılık gösterir. Band artefaktı ise heterojen dansiteli oluşumların yer aldığı bir kesitten oluşan görüntüde iki dens obje arasında oluşur. En bilinen örneği petröz kemiklerin arasında kalan beyin sapı ve serebellum gibi oluşumların hipodens band şeklinde görülmesidir. “Beam-hardening” artefaktını önlemek için ışın filtreleme teknikleri (düşük enerji düzeyindeki fotonlar elimine edilir) kullanılabilir, ayrıca uygun görüntüleme alanı (FOV=field of view) seçimi, kesit kalınlığının azaltılması veya mAs değerinin artırılması da bu artefaktı önleme yöntemlerindendir (7,9).

b) “Parsiyel volüm” (kısmi hacim) artefaktı: Eğer bir doku vokselleşmişse, aynı vokselle içindeki diğer dokularla birlikte ortalama dansitesi alınıp piksellere yansıtılır. Bunun sonucunda vokselle volümü içindeki dokuların gerçek dansitesini yansıtmayan görüntü elde edilir. Çözüm kesit kalınlığını azaltmaktır. Özellikle posterior fossa gibi z-ekseninde doku yoğunluğunun hızlı

değiştirdiği bölgelerde kesit kalınlığının azaltılması, bu artefaktın azaltılması ve görüntü kalitesinin artırılması açısından önemlidir (7,9).

c) Foton açığı artefaktı: Omuzlar gibi yüksek atenuasyon değerine sahip alanlarda çizgilenme şeklinde ortaya çıkan artefaktlardır. X ışınları yoğun ve kalın dokulardan horizontal olarak geçerken dedektörlere ulaşan foton sayısı yetersiz kalır. Sonuç olarak tüpün bu açısında horizontal planda gürültü oluşur. Rekonstrüksiyon işlemi gürültüyü daha da arttırdığından görüntüde horizontal çizgilenme meydana gelir. Bu artefaktı azaltmak için tüp akımı artırılabilir, ancak bu, daha ince olan bölgelerin gereksiz doz almasına neden olur. Cihaz üreticileri bu artefaktı azaltmak için otomatik tüp akım modülasyonu ve adaptif filtrasyon olmak üzere iki çözüm yolu bulmuşlardır. Otomatik tüp akım modülasyonunda; X ışınının katettiği dokunun kalınlığına göre tüp akımı otomatik olarak artıp azalmaktadır. Buna bağlı hastanın geniş olan bölümlerinde doz otomatik olarak artırılırken, ince kısımların da fazla doz alması önlenmiş olur. Adaptif filtrasyonda ise rekonstrüksiyon işlemi sırasında yüksek atenuasyonun olduğu bölgelerde atenuasyon profili yumuşatılır (7,9).

2. 1. 3. 2. Hastadan kaynaklanan artefatlar

a) Hareket artefaktları; hasta hareketi hatalı yerleşime yol açarak görüntüde bulanıklık ve çizgilenmeler oluşturur. İstemli hareketler aralıklı çekimlerle azaltılabilirken, istemsiz hareketlerde artefakt kaçınılmaz olabilir. Erişkin hastaların çekimden önce bilgilendirilmesi çoğu zaman hareket artefaktlarının önlenmesi için yeterliyken çocuk yaş grubunda sedasyon gerekebilir. Hareketli bölgelerde çekim zamanının kısa tutulması veya solunum hareketlerinin çekim süresince nefes tutturulması yoluyla önlenmesi bu tür artefaktların azaltılmasında kullanılabilecek yöntemlerdir. Ayrıca cihazlarda hareket artefaktlarını azaltmak için overscan veya underscan modda görüntü elde edilmesi gibi bazı çözüm yolları sunulmaktadır. Overscan modda normal görüntü toplam açısı olan 360°'lik gantri rotasyonuna 10° daha ilave edilerek görüntülerin ortalaması alınmaktadır. Underscan modda ise gantrinin 180° veya 240° dönüşünden elde edilen verilerle görüntü oluşmaktadır. Ancak bu hareket artefaktını azaltmakla birlikte görüntünün de çözünürlüğünü düşürmektedir (9).

b) Metalik artefaktlar; görüntüleme alanında metalik objelerin varlığı görüntü kalitesini oldukça bozan çizgilenme artefaktına neden olur. Bunun nedeni metalin dansitesinin cihazın tanımlayabileceği normal dansite aralığının oldukça üzerinde olmasıdır. Önlemek için eğer çıkarılabiliyorsa metal çıkarılabilir, gantri açısı değiştirilebilir, kVp (X ışını tüpü gerilimi-potansı) arttırılarak ışının deliciliği arttırabilir, parsiyel volüm etkisini azltmak için ince kesit kalınlığı kullanılabilir. Ayrıca cihazlarda en azından metal objeye uzak olan bölümlerin artefaktsız değerlendirilebilmesi amacıyla yeni yazılımlar, özel software ve filtreleme programları kullanılmaktadır (9).

c) İnkomplet artefaktlar; hastanın herhangi bir bölümü görüntüleme alanı (FOV) dışında kalırsa, cihazın bu bölüm hakkında yetersiz bilgi toplaması nedeniyle görüntüde çizgilenme ve gölgelenme şeklinde artefakt oluşabilir. Buna en iyi örnek hastanın kollarının yanda uzanmasına karşın FOV içinde olmamasıdır. Değişik tüp açılarında koldan gelen bilgiler dedektörlerde artefakt olarak algılanır. Bu artefaktı önlemenin en iyi yolu hasta pozisyonunun görüntüleme alanı dışında herhangi bir bölümü kalmayacak şekilde ayarlanmasıdır (7,9).

2. 1. 3. 3. Bilgisayarlı Tomografi cihazından kaynaklanan artefaktlar

a) “Ring” (halka) artefaktı; üçüncü jenerasyon cihazlarda görülen bir artefaktır. Her bir dedektör görüntünün anüler bir parçasını görmektedir. Eğer dedektörlerden birisinde kalibrasyon yapılmamışsa, her görüntüleme açısında yanlış kodlama yapacağından görüntüde o dedektörden gelen bilginin kodlandığı alanda halka şeklinde bir artefakt oluşur. Solid-state dedektörlü cihazlarda “ring” artefaktına yatkınlık gaz (Xenon) dedektörlü cihazlara oranla daha fazladır. Çünkü solid-state dedektörlerin her biri ayrı birim olarak çalışırken gaz dedektörlerde xenon dolu odacıklar elektrotlar tarafından alt birimlere bölünmektedir. Bu artefaktı önlemenin yolu cihaz kalibrasyonlarının düzenli olarak yapılmasıdır. Ayrıca solid-state dedektörlü modern cihazlarda bu artefaktı karakterize eden ve dedektör varyasyonlarını düzenleyen yazılımlar kullanılarak potensiyel ring artefaktı giderilmektedir (9).

2. 1. 3. 4. Helikal ve ÇKBT artefaktları

2. 2. 3. 4. 1. Aksiyal planda görülen artefaktlar:

Helikal BT’de konvansiyonel BT’ye ek olarak interpolasyon (helikal verinin planar veriye dönüştürülmesi) ve rekonstrüksiyon işlemlerinden kaynaklanan artefaktlar da görülür. Eğer koni şeklindeki bir cisim longitudinal planda aksiyel kesitler alınarak incelemeye tabi tutulursa görüntülerin yuvarlak olarak çıkması gerekirken helikal interpolasyon algortimasından dolayı görüntüler distorsiyona uğrarlar ve gerçek şekillerinde görülmezler. Bu artefaktlar özellikle kranium tepe noktası gibi koni şeklindeki longitudinal planda anatomik yapıların hızlı değiştiği bölgelerde görülür. Yüksek pitch değerlerinde ve kalın kesit seçiminde daha da artmaktadır.

Çok kesitli cihazlarla yapılan helikal incelemelerde, tek kesitli kesitli cihazlara göre aksiyal görüntü oluşumdaki helikal interpolasyon işlemi daha komplikedir. Bu da her bir rotasyon seyri boyunca dedektörlerdeki birçok ham bilgi arası etkileşime bağlı olarak “yel değirmeni” şeklinde artefakta yol açar. Bu artefakt pitch değeri arttırıldığında daha da belirginleşir. Ancak ÇKBT cihazlarında tek kesitli cihazlarda kullanılan iki nokta interpolatör yerine çoğunlukla z filtre helikal interpolatör kullanılması, imaj rekonstrüksiyon kalınlığının dedektör akuzisyon kalınlığından daha fazla olduğu durumlarda, bu artefakt şiddetini azaltmaktadır.

Çok Kesitli BT’de kullanılan X ışın demetinin yelpazeden çok koni şeklinde olması “cone beam effect” (kon ışını etkisi) olarak adlandırılan artefakta neden olmaktadır. Geniş kolimasyonlu incelemelerde bir gantri rotasyonunda elde edilen kesit sayısı arttırıldığından x ışın demetinin fan şeklinden daha çok koni şekline dönüşmesi gerekmektedir. Tüp ve dedektörler hasta etrafında dönerler (taranacak diagrama dik plan üzerinde) ve her bir dedektör kolimasyon kalınlığı kadar bir hacim için ideal düz plan yerine iki koni arasındaki bir volümden veriler toplar. Bu da aks dışında kalan objelerin etrafındaki “parsiyel volüm” artefaktına benzer artefaklara yol açmaktadır. Bu durum özellikle periferik lokalize dedektörlerde, tarama planına daha yakın veri elde edilen santrale lokalize dedektörlere göre daha belirgin olmaktadır. Bilgisayarlı tomografi cihazındaki dedektör sayısı arttıkça kon ışını etkisi

de kötüleşir. Bunu önlemek için yeni cihazlarda standart rekonstrüksiyon yerine kon ışını rekonstrüksiyonu kullanılmaktadır (7,9).

2. 1. 3. 4. 2. Reformat görüntülerdeki artefaktlar

a) Zebra artefaktı; helikal görüntülemekten elde edilen datalardan multiplanar veya 3 boyutlu görüntüler oluşturulduğunda z aksı boyunca gürültü inhomojenitesinden dolayı zebra şeklinde tanımlanan belirsiz çizilenmeler görülebilir. Bu durum yüksek “pitch” kullanımına bağlı z aks rezolüsyonunun bozulduğu durumlarda görülür. Çözüm “pitch” değerini azaltmaktır.

b) Stair step artefaktı (basamaklanma artefaktı); geniş kolimasyon ve üst üste bindirmeli (overlapping) olmayan rekonstrüksiyon intervalleri kullanıldığında (kalın kesit ve yüksek pitch değerleri ile yapılan incelemelerde) elde kesitlerden multiplanar veya 3 boyutlu görüntüler oluşturulduğu zaman anatomik yapıların konturlarında görülen merdiven basamağı şeklindeki artefaktır. Çözüm ince kesit kalınlığı ve düşük “pitch” değerleri ile bindirmeli kesitler elde etmektir (7,9).

Bilgisayarlı Tomografi incelemelerinde görüntü kalitesini değişik derecelerde etkileyen ve değişik nedenlerle oluşan çok sayıda artefakt ortaya çıkabilmektedir. Artefaktların önleminde en önemli faktör, bu artefaktların ve nedenlerinin iyi bilinmesi, gerekiyorsa çekim parametrelerinin hastalara göre değiştirilmesi ve uygun protokollerin seçilmesidir (9).

2. 1. 4. Boyun ve Serebral BT Anjiyografi Uygulamaları

Çok Kesitli BT uzaysal ve temporal rezolüsyonun daha iyi olması nedeniyle Helikal BT’ye üstündür. Kesit kalınlığının submilimetreye düşürülebilmesi ÇKBT de z aks çözümlemesi arttırarak 3 boyutlu görüntülerin izotropik yapılabilmesini sağlar. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi özellikle ÇKBT’nin kullanıma girmesiyle birlikte genel olarak boyun ve serebral vasküler lezyonların saptanmasında MRA’ye üstün bir tetkiktir, ancak bu konu tartışmalıdır (10). İntra ve ekstrakranial damarların görüntülenmesinde BTA ile MRA’nin karşılaştırıldığı güncel bir pilot çalışmada BTA’nin özellikle morfolojik karotis arter stenozlarında ve kalsifikasyonların

saptanmasında MRA'ye üstün olduğu belirtilmektedir (11). Yine aynı çalışmada her iki yöntemin de karotis stenozylarında girişim öncesi güvenilir ve hızlı bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (11). Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi, DSA'ya göre hızlı, noninvazif, hastanın daha kolay tolere edebildiği ve daha fizyolojik bir inceleme olup, BTA sonuçları 2 boyutlu klasik DSA ile yarışır düzeydedir. Ancak gelişen 3 boyutlu anjiyografi yazılımları sayesinde DSA ile BTA'den çok daha üstün sonuçlar elde edilmektedir (10,12). Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi endovasküler ve cerrahi tedavi planlamada yeterli olabilmektedir.

Çok Kesitli BT'de dedektör sayısının artırılması vasküler görüntü kalitesini etkilemektedir. Literatürde koroner arterlerin görüntülenmesi amacıyla 16- ve 64-dedektörlü BT ile yapılan karşılaştırılmalı bir çalışmada, 64-dedektörlü BTA ile daha yüksek temporal ve uzaysal çözünürlük elde edildiği, koroner arterlerin küçük dallarının ve aşırı darlıklarının gösterilmesinde daha üstün olduğu belirtilmiştir (13). Özellikle 64 dedektör ve daha üzeri sistemler ayrı bir kategoride değerlendirilecek olursa, dedektör sayısının artmasıyla tarama süresinin kısalmasına bağlı olarak hareket artefaktları azalmış, optimum kontrast fazının belirlenebilmesi kolaylaşmış ve kullanılan kontrast madde miktarının azaltılmasına olanak sağlanmıştır. Daha geniş alan tarama olanağı sayesinde, arkus aortadan serebral konveksiteye kadar tarama yapılabilmektedir. Ayrıca ince kesit incelemelerle kantitatif ölçümler, MPR ve 3 boyutlu görüntülemeler yapılabilmekte ve vasküler yapılar daha iyi değerlendirilebilmektedir. Karotis sistem darlıkları, ülser plaklar, anevrizma, arteriyovenöz malformasyon, diseksiyon, arterit, venöz trombus gibi birçok patoloji ve varyasyonlar BTA ile gösterilebilmektedir. Gelişen teknoloji ve yeniliklere rağmen BTA'nin radyasyon ekspozuru (DSA'da da aynı risk söz konusudur, MRA bu konuda avantajlıdır), potansiyel volüm ortalama ve venöz kontaminasyon gibi bazı sınırlılıkları bulunmaktadır ve postproses değerlendirme için zaman ve deneyim gereksinimi vardır. Venöz kontaminasyon özellikle proksimal damarların görüntülenmesinde istenmeyen bir şeydir, engellemek için kontrast madde optimum miktar ve zamanda verilmeli ve radyasyon ekspozuru zayıf ve şişman hastalarda iyi ayarlanmalıdır. Ayrıca BTA ile yeterli hemodinamik akım bilgisi elde edilememekte ve 1 mm'den küçük vasküler patolojiler optimum görüntülenememektedir (10).

2. 2. VERTEBRAL ARTER

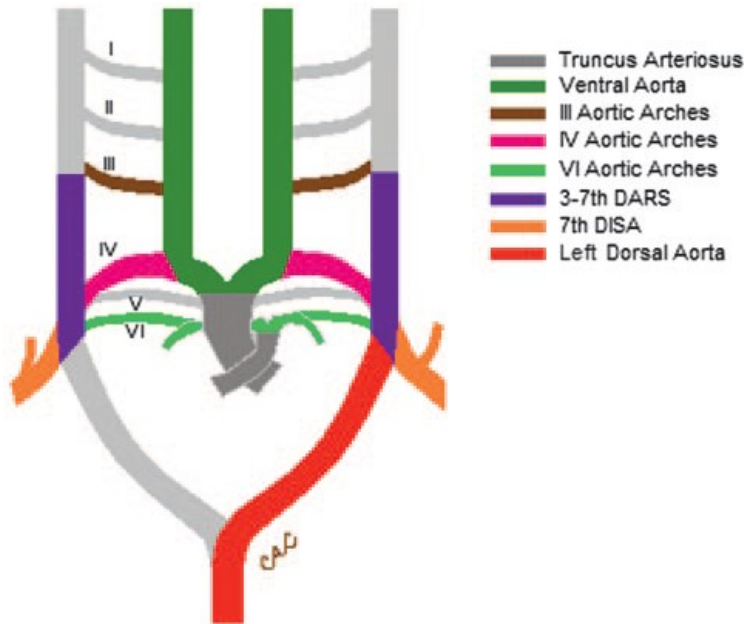
2. 2. 1. Arkus aorta ve vertebral arterin embriyolojisi

Büyük damarlar ve dallarının anatomi ve varyasyonlarını anlayabilmek için öncelikle arkus aortanın embriyolojisini bilinmesi gerekir. Arkus aorta ve dalları ventral aorta, dorsal aorta ve aortik arklardan gelişir (Şekil 1). Bu arkların selektif apoptozisle gerilemesi ile rezidü kalan dallar arkus aorta ve büyük dallarını oluşturur. Bunlar embriyonel hayatın 8. haftasında erişkindeki formlarına ulaşırlar (14). Embriyogenez sırasında meydana gelebilecek migrasyon bozuklukları, aortik arkların kesintiye uğraması ya da persiste olarak kalmalarına bağlı çeşitli anatomik varyasyonlar meydana gelebilir.

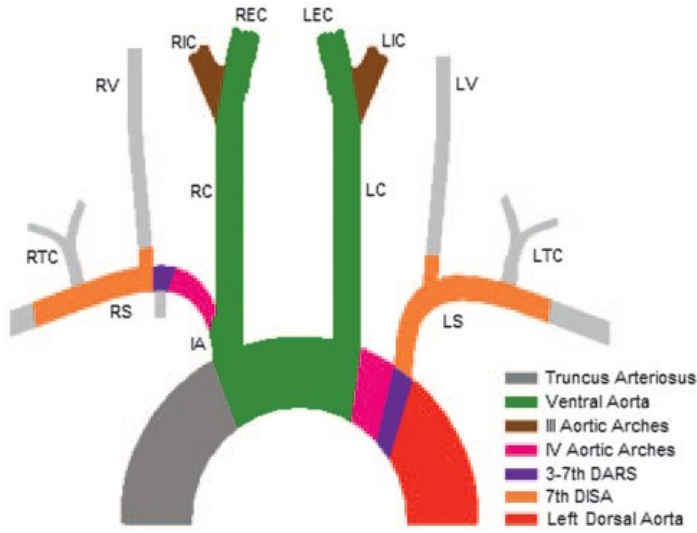
İlkel ön ventral aorta; sağda brakiosefalik trunkus (innominate arter), sağ ana karotis arter ve sağ eksternal karotis arter olarak, solda ise sol ana karotis arter ve sol eksternal karotis arter olarak devam eder (Şekil 2-yeşil). Birinci ve 2. aortik ark regrese olur. Üçüncü aortik ark bilateral internal karotis arterin birinci kısmını oluşturur (Şekil 2-kahverengi). Proksimal sağ 4. aortik ark; internal mammarian arter orjinine kadar olan sağ subklavyen arteri oluştururken, distali regrese olur (Şekil 2-pembe). Sol 4. aortik ark ise erişkin arkus aortanın sol ana karotis arter ile subklavyen arter arasındaki küçük bir kısmını oluşturup geriler (Şekil 2-pembe). Gelişmekte olan somitlerin vaskülarize olabilmesi için dorsal aorttan servikal ve sakral küçük intersegmental dallar ayrılır (15). Vertebral arterler embriyolojik olarak bu servikal intersegmental arterlerin longitudinal anastomozu sonucu oluşur (16). Gestasyonun 5. haftasında 7 embriyonik servikal intersegmental arter arasında vertebral arterlerin gelişimini sağlayan pleksiform anastomozlar oluşmaktadır. Bu pleksus anastomozları ile superior longitudinal nöral arterler şekillenir. Altıncı haftaya kadar 7. hariç diğer dorsal intersegmental arterler regrese olur. İlkel vertebral arter oluşumunu sağlayan 7. dorsal intersegmental arter ise büyüyerek subklavyen arterin oluşumuna katılır (17). Yedinci dorsal intersegmental arter solda internal torasik arter düzeyine kadar olan proksimal subklavyen arteri, sağda ise distal 1/3 subklavyen arteri oluşturmaktadır. Sağ subklavyen arter proksimal ve orta kesimi sağ 4. aortik ark ve 3-7 dorsal aortik segmentler oluşturmaktadır. Vertebral arterler

genellikle 7. dorsal intersegmental arterin bilateral distal ucundan orjin alır (Şekil 2 - turuncu) (15).

Özetle vertebro-baziler sistem; embriyolojik olarak longitudinal nöral arterler ve yedi servikal intersegmental arterin ilk altısının birleşmesi ile oluşur, 7. intersegmental arter subklavyan arteri oluşturur. Bu nedenle vertebral arterler aynı taraf subklavyen arter proksimalinden orjin almaktadır. Bu embriyolojik mekanizma vertebral arter orjin varyasyonlarının anlaşılmasını kolaylaştırır (16).



Şekil 1: Normal ilkel ventral ve dorsal aorta, 6 aortik ark, dorsal aort kök segmentleri (DARS) ve 7. dorsal intersegmental arter (DISA) şematik olarak gösterilmiştir (15).

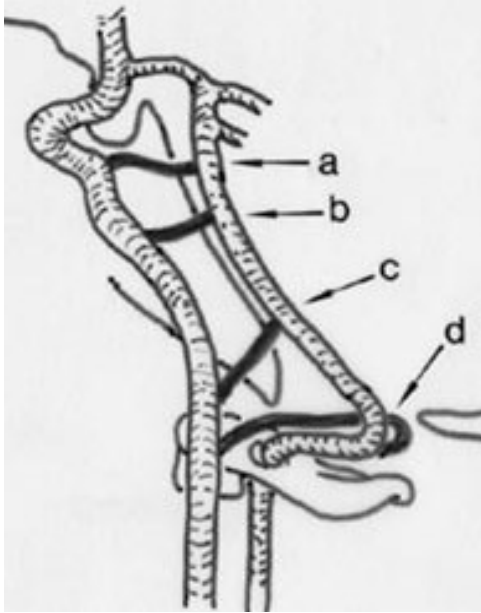


Şekil 2: Aortik ark ve major dalları, embriyolojik orjinleri şematik olarak renklerle gösterilmiştir (IA: İnnominate arter, RTC ve LTC: Sağ ve sol tiroservikal trunkus, RV ve LV: Sağ ve sol vertebral arter, RS ve LS: Sağ ve sol subklavyen arter, RC ve LC: Sağ ve sol ana karotid arter, RIC: sağ internal karotid arter, LIC: Sol internal karotid arter, REC: Sağ eksternal karotid arter, LEC: Sol eksternal karotid arter) (15).

2. 2. 2. Fetal Karotis ve Vertebro-baziler Anastomozlar

Karotis ve vertebro-baziler dolaşımlar arasında fetal dönemde yaklaşık bir hafta kadar devam eden ve vertebral arter ile posterior dolaşım geliştikten sonra kaybolan anastomozlar bulunur. Bu anastomozlar birlikte seyrettikleri sinirlerin isimleri ile anılır: Persistan trigeminal, otik (akustik), hipoglossal ve proatlantal intersegmental arterler (Şekil 3). Bu fetal anastomozların hepsine birden presegmental arterler adı verilir. Presegmental arterler embriyonel hayatta bulunan ve fetal beyin gelişiminde önemli bir yapı olan longitudinal nöral arterler ile internal karotis arterler arasında bağlantı sağlarlar. Daha sonra bilateral longitudinal nöral arterler kaybolacak ve vertebro-baziler sistem gelişecektir. İlk olarak otik arter, daha sonra sırası ile hipoglossal, trigeminal ve son olarak proatlantal intersegmental arterler oblitere olur (Şekil 4A ve 4B). Karotis ve baziler arter arasında normal gelişimde sadece posterior kominikan arter bulunur. Doğumdan sonra devam eden bu anastomozların görülme sıklığı % 0.1-1 oranında rapor edilmiştir. Çoğu vakada

anjiyografi esnasında rastlantısal olarak saptanır. Bilgisayarlı Tomografi ve MR anjiyografik görüntüleme ile de saptanabilen presegmental arterler tanımlanmıştır (18,19,20,21).



Şekil 3: Persistan fetal karotis ve vertebro-baziler anastomozlar (belirtilen seviyelerde izlenebilecek anastomozlar sırasıyla) (20)

- a) Persistan trigeminal arter
- b) Otik arter
- c) Persistan hipoglossal arter
- d) Proatlantal intersegmental arter

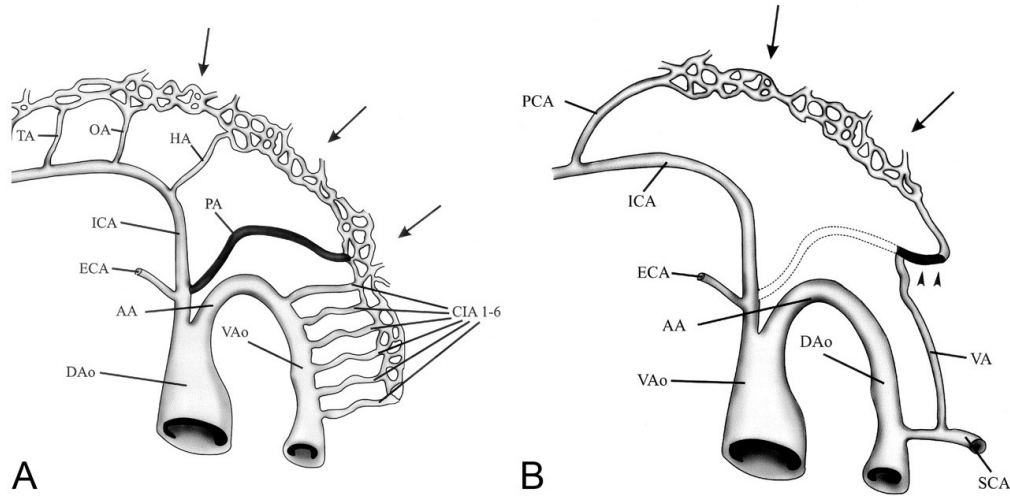
1) Persistan trigeminal arter: Persistan karotis-vertebrobaziler anastomozlar arasında en sık görülen persistan trigeminal arterdir. Persistan trigeminal arter internal karotis arterin proksimal kavernöz parçasından çıkarak dorsum sellanın lateralinden veya üzerinden geçmek suretiyle baziler arterin 1/3 distaline bağlanır. Nadiren süperior serebellar arter veya posterior inferior serebellar artere (PICA) bağlanır. Bu durumda primitif trigeminal arter varyantı olarak adlandırılır. Persistan

trigeminal arter bulunan olgularda genellikle vertebral arterlerden biri veya her ikisi hipoplaziktir.

2) Persistan hipoglossal arter: Servikal 1-3 vertebra seviyesinde internal karotis arterden büyük bir dal olarak çıkar, hipoglossal kanal aracılığı ile arka kranyal fossaya girer ve baziler artere katılır. En sık eşlik eden vasküler anomali aynı taraf posterior kominikan arterin anjiyografik olarak gösterilememesi, vertebral arterlerden birinin veya her ikisinin aplazisi veya hipoplazisidir.

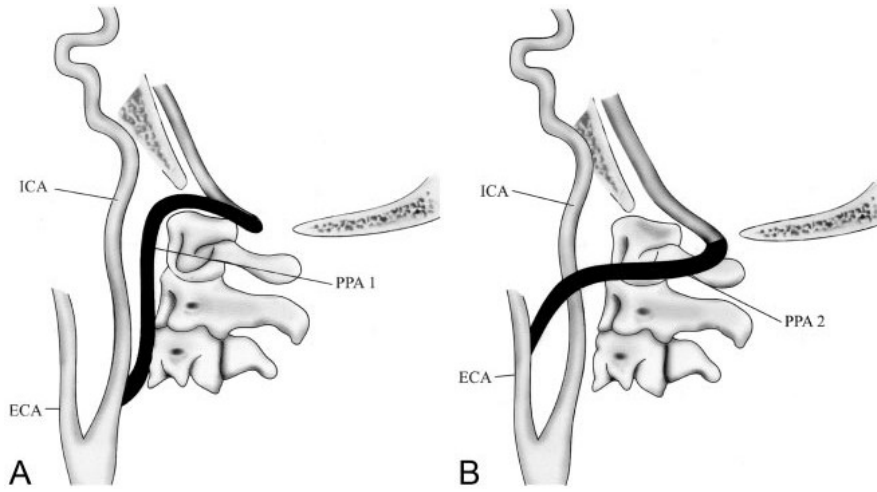
3) Otik arter: En nadir formdur. İnternal karotis arterin karotid kanal içindeki petröz parçası ile proksimal baziler arter arasındadır.

4) Proatlantal intersegmental arterler: Embriyonel gelişimde servikal 6. vertebra düzeyine kadar olan intersegmental arterlerle birleşerek vertebral arterler ve oksipital arterlerin özellikle horizontal kısımlarının temelini oluşturur (Şekil 5A). Tipik özelliği ana karotis arter bifürkasyonu, eksternal karotis arter veya internal karotis arterlerden servikal 2-4 vertebra seviyelerinde suboksipital alanda foramen magnumdan geçerek vertebral artere katılmasıdır (22). İki tipi tanımlanmıştır. Tip 1 internal karotis arterden, tip 2 eksternal karotis arterden köken alır (Şekil 5B). Olguların % 50'sinde vertebral arterlerin tek taraflı veya bilateral hipoplazisi izlenir (20,22).



Şekil 4A: 4-5 mm (yaklaşık 1 hf) embriyo aşamasında bilateral longitudinal nöral arterler (**oklar**), 4. aortik ark (**AA**), dorsal aorta (**DAo**), ventral aorta (**VAo**) ve servikal intersegmental arterler şematik olarak gösterilmiştir. Servikal intersegmental arterler (**CIA 1-6**); trigeminal arter (**TA**); otik arter (**OA**), hipoglossal arter (**HA**) ve proatlantal intersegmental arter (**PA**). Posterior dolaşım gelişirken bu 4 anastomozdan öncelikle 3'ü (**TA**, **OA** ve **HA**) regrese olur, sadece **PA** vertebral arter gelişene kadar varlığını sürdürür.

Şekil 4B: 7- 12 mm embriyo aşamasında; servikal intersegmental arter (**CIA 1-6**) anastomozları ile vertebral arter oluşmuştur. **PA** distali (**ok başı**) **VA**'in horizontal kısmının oluşumuna katılmaktadır, proksimali ise regrese olmuştur. Eğer regrese olmazsa persistan proatlantal intersegmental arter gelişir (kesikli çizgi). Ayrıca posterior kominikan arter (**PCA**) gelişimi ile **TA**, **OA** ve **HA** kaybolduğu dikkati çekmektedir (22).



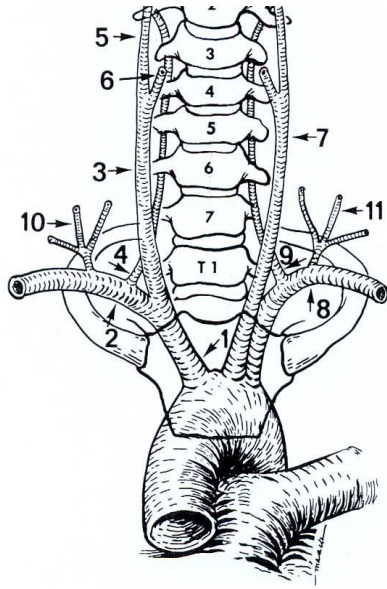
Şekil 5A ve 5B : Persistan proatlantal intersegmental arter tip 1 (**PPA 1**) ve tip 2 (**PPA 2**): Persistan proatlantal intersegmental arter tip 1 internal karotis arter (ICA) kaudalinden, tip 2 C1 ya da C2 vertebra düzeyinde eksternal karotis arterden (ECA) köken alıp, her ikisi de foramen magnumdan geçerek kafatasına girer (22).

Fetal karotis-vertebrobaziler anastomozların çoğu rastlantısal olarak saptanmakla birlikte bunların tanımlanması hastaların yönlendirilmesi açısından klinik önem taşır. Karotisten kaynaklanan emboli ya da tedavi amaçlı endovasküler girişimlerde embolizan madde bu anastomozlar aracılığı ile posterior dolaşımda iskemi ya da enfarkta neden olabilir (20). Ayrıca bu anastomozlara vertebral arter aplazi ya da hipoplazisinin eşlik edebileceği bilinmektedir.

2. 2. 3. Arkus aorta ve vertebro-baziler sistem anatomisi

2. 2. 3. 1. Arkus aorta ve dalları

Arkus aorta üst mediastende önce trakenin önünde, sonra solunda, arkaya ve sola doğru kavis şeklinde uzanarak 4. torakal vertebra alt hizasında sonlanır. Buradan sonra torakal aorta olarak devam eder. Sırasıyla brakiosefalik trunkus, sol ana karotis ve sol subklavyan arter olmak üzere 3 dal verir (23, şekil 6).



Şekil 6 : Arkus aorta ve dalları; 1- Brakiosefalik trunkus, 2- Sağ subklavyen, 3- Sağ ana karotis 4- Sağ vertebral, 5- Sağ internal karotis, 6- Sağ eksternal karotis, 7- Sol ana karotis, 8- Sol subklavyen, 9- Sol vertebral, 10- Sağ tiroservikal trunkus, 11- Sol tiroservikal trunkus (24).

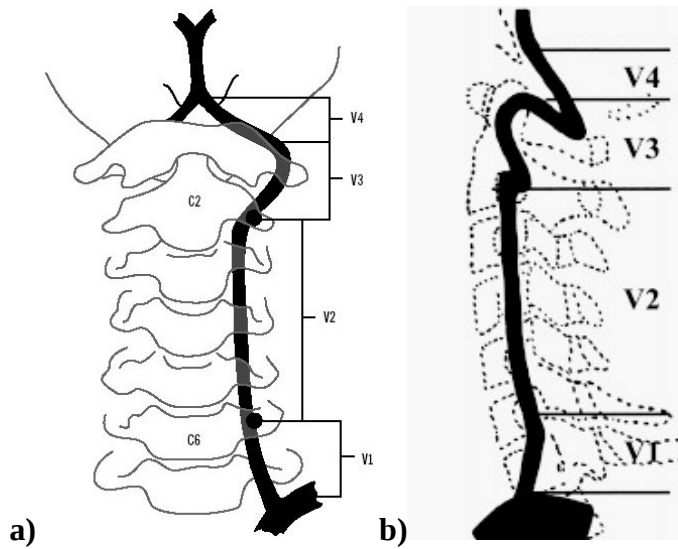
Brakiosefalik trunkus ve sol ana karotis arterin ortak kökten çıkması arkus aortanın en sık görülen varyasyonudur. Tüm olguların % 27'sinde görülür. Yüzde 7 oranında sol ana karotis arter, brakiosefalik trunkus proksimalinden ayrılmaktadır. Yüzde 1–2 oranında ise sol ana karotis arter ve sol subklavyen arter, brakiosefalik trunkus oluşturacak şekilde ayrılırlar (25,26). Sol vertebral arter arkus aortadan köken alabilir. Bu durumunda arkus aorta 4 dal vermiş olur. Çoğunlukla vertebral arter sol ana karotis ve sol subklavyen arter arasından çıkar. Nadiren subklavyen arter distalinden de ayrılabilir. Çok daha nadir olarak sağ ana karotis ile sağ subklavyen arter ya da internal ve eksternal karotis arter arkus aortadan ayrı ayrı çıkabilir (27).

2. 2. 3. 2. Vertebral arter

Vertebral arter (VA) klasik olarak ipsilateral subklavyen arterin ilk dalı olup, bu arterin arka-üst kısmından orjin almaktadır. Vertebral kanala girmeden önce longus kolli ve skalen kasları arasında yukarı doğru seyreder. Ortalama 25 cm uzaklıkta olup, çapı 3-5 mm'dir. Vertebral arterin tipik olarak üçü ekstrakranial, biri

intrakranial olmak üzere 4 segmenti vardır. Vertebral arter subklavyen arterden ayrıldıktan sonra genellikle C7 vertebra transvers proçesi anteriorundan geçerek süperomedialde, servikal vertebraların transvers foramenleri (olguların % 95'inde C6) içine girerek yükselir (V1 segment). Vertebra transvers foramenleri içinde C2 vertebra düzeyine kadar vertikal uzanır (V2 segment). Buradan biraz laterale doğru yönelerek atlasın transvers foramenine girer. Atlasın transvers forameninden ayrıldıktan sonra posteriora devam edip, atlasın posterior arkı süperiorunda horizontal uzanır (V3 segment). Atlantoaksipital membranın posteriorunda kafa tabanında durayı delerek foramen magnumdan posterior fossaya girer (V4 segment). Durayı deldikten sonra lateral medüller sisternde subaraknoid boşlukta öne yukarı ilerleyerek bulbus ön yüzünde karşı taraftan gelen vertebral arter ile birleşerek baziler arteri oluşturur. Vertebro-baziler bileşke pontomedüller sulkusta/interpedinküler sisternde dorsum sellanın altında yer alır (17,28,29).

- 1) **V1 segment** (ekstraosseöz segment): Orjin- C6 transvers foramen düzeyi
- 2) **V2 segment** (foraminal/ servikal segment): C6- C2 düzeyi
- 3) **V3 segment** (ekstraspinal/ atlantoaksiyal segment): C2- Dura
- 4) **V4 segment** (intradural/ intrakranial segment): Dura- Baziler arter (Şekil 7a ve 7b).



Şekil 7a ve 7b: Vertebral arter segment anatomisi ön-arka ve lateral plan (29,30).

Vertebral arterin V1 segmenti dışın diğer segmentlerinden ayrılan ekstrakranial ve intrakranial dalları mevcuttur.

2. 2. 3. 2. 1. Ekstrakranial dallar;

a) Boyun musküler arterleri: Vertebral arterin atlas yakınlarında verdiği derin servikal kasları besleyen dallardır.

b) Spinal dallar: İntervertebral foramenlerden geçerek vertebral kanala girerler. Bunların birinci dalı sinir köklerini takip eder. İkinci dalı ise inen ve çıkan dallarına ayrılıp vertebra korpusu posteriorunda kanal içerisinde diğer tarafın dalları ile anastomoz yaparak zincirler oluşturur. Bunlar periost ve vertebra korpuslarını besler.

c) Meningial dallar; bunlardan en önemlisi VA'in atlasın posterior arkı seviyesinde foramen magnuma girerken verdiği **posterior meningial arter'** dir. Duramater ve falks serebriyi besler.

2. 2. 3. 2. 2. İntrakranial vertebral arterin medialde anterior spinal arter, lateralde ise PİCA ve sirkümferansiyal dalları vardır.

a) Posterior spinal arter; vertebral arter yada PİCA'dan ayrılır. Medulla oblangata ve spinal kord boyunca kauda equina' ya kadar uzanır.

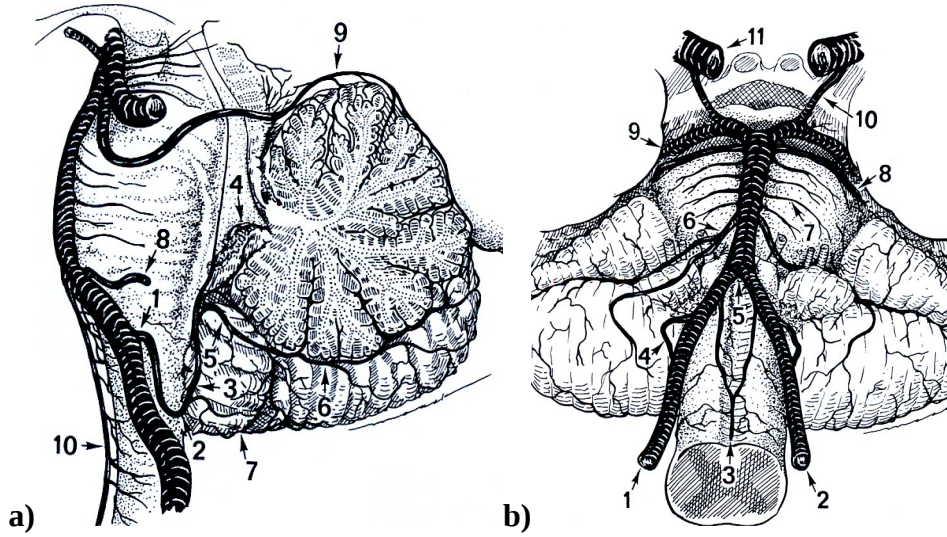
b) Anterior spinal arter; vertebral arterin distalinden çıkan ince dallar olup, bulbus anteriorunda foramen magnum düzeyinde sağ ve sol taraftan gelenler birleşip, anterior median sulkusta piamater içerisinde medulla spinalis boyunca ilerler (BTA'da görülmez). Piamater ve medulla spinalisi besler.

c) Posterior inferior serebellar arter: Vertebral arterin intrakranial kompartmandaki (V4 segment) ilk dalı PİCA'dır. Medulla oblangata düzeyinde ayrılır (şekil 8). Vertebral arterlerden ayrıldıktan sonra posteriora geçip, medulla ve tonsil çevresinde halka yaparak vagal sinir ve aksesuar sinirin kökleri arasından inferior serebellar pedinkül anteriorunda, serebellumun alt yüzünde dallara ayrılır. Inferior vermisian arter ve tonsillohemisferik arterler PİCA'nın son dallarıdır. Posterolateral medulla, inferior vermis, 4. ventrikül koroid pleksusu ve serebellumun alt kesimlerini besler (1,23,24). Posterior inferior serebellar arter enfarktları lateral

meduller sendroma (Wallenberg Sendromu) yol açar. Bu sendromda karşı tarafta vücut ağrı ve ısı duyusu kaybı (lateral spinotalamik traktus), aynı tarafta yüzde ağrı ve ısı duyusu kaybı (desenden trigeminotalamik traktus), ataksi (serebellar bağlantılar), aynı taraf yutma ve tat bozuklukları (9. kranial sinir), seste boğukluk (10. kranial sinir), vertigo ve nistagmus (8. kranial sinir) ve ipsilateral Horner sendromu olur (1).

2. 2. 3. 3. Baziler arter

Sağ ve sol VA'nın bulbus ön yüzünde birleşmesi ile oluşur. Prepontin sisternde aynı isimli sulkus içerisinde uzanarak ponsun üst kesiminde terminal dalları olan posterior serebral arterleri verir. Baziler arter bifürkasyonu % 92 oranında interpedinküler ya da suprasellar sistern içerisinde (31). Baziler arterin pons ve medullaya uzanan (hiçbir zaman anjiyografide görülmeyen) çok sayıda dalı vardır. **Pontin arterler**; baziler arterden dik olarak ayrılıp, pons ve komşu beyin bölümlerini besler. **Labrintin arterler**; ince uzun bir dal olup, 7. ve 8. kafa çiftleri ile internal akustik kanaldan girip iç kulağı besler. Sıklıkla anterior inferior serebellar arterden (AICA) ayrılır. **Anterior inferior serebellar arter** baziler arterin ilk dalı olup, 3 serebellar arterin en ince olanıdır. Anterior inferior serebellar arter serebellopontin sisternaya doğru uzanır ve internal akustik kanal içerisine girebilir; burada serebellumun anteroinferior kesimini beslemeden önce iç kulağa labrintin dallar verir. **Süperior serebeller arter** baziler arterden ayrılan son infratentoriyal daldır. Lateral marginal ve hemisferik dalları serebellumun üst kesimini besledikten sonra damar süperior vermian arter olarak sonlanır. Baziler arter iki **posterior serebral arter (PSA)**' e ayrılarak sonlanır. Okülomotor sinirin üzerinden dışa doğru uzanır. Posterior serebellar arterler anterior dolaşıma posterior kominikan arterler aracılığı ile katılır (1, şekil 8a ve 8b). Oksipital lobun alt- iç- dış yüzlerini, temporal lobun alt- dış- iç yüzlerini besler. Baziler arterin ince dalları pons, süperior serebellar pedinkül ve inferior kollikulusun beslenmesine yardımcı olur. Süperior vermian arter PICA'nın inferior vermian arteri ile anastomoz yapar.



Şekil 8a: Sol serebellar hemisfer uzaklaştırıldıktan sonra yandan görünüş; 1,2,3,5,6. PICA'nın seyri, 4. PICA'nın koroidal dalları, 9. Süperior serebellar arter, 10. Anterior spinal arter

Şekil 8b: Önden görünüş; 1 ve 2: Sağ ve sol VA, 3: Anterior spinal arter, 4. PICA, 6. AICA, 7. Pontin arter, 8. Süperior serebellar arter, 9. Posterior serebral arter, 10. Posterior kominikan arter, 11. İnternal karotis arter (24).

2. 2. 4. Vertebral arter varyasyonları

Varyasyonun kelime anlamı değişim demektir ve yapı ya da şekil özellikleri bakımından normal anatomik özelliklerin farklılaşması şeklinde tanımlanabilir. Vertebral arter varyasyonları **lokalizasyon, sayı ve çap** özelliklerine göre gruplandırılabilir. Vertebral arter varyasyonları sıklıkla orjinde (genellikle arkus aorta orjinli) ya da distal segmentlerdedir (V3 ve V4 segment). Önemli V2 segment varyasyonları ise daha nadirdir (32).

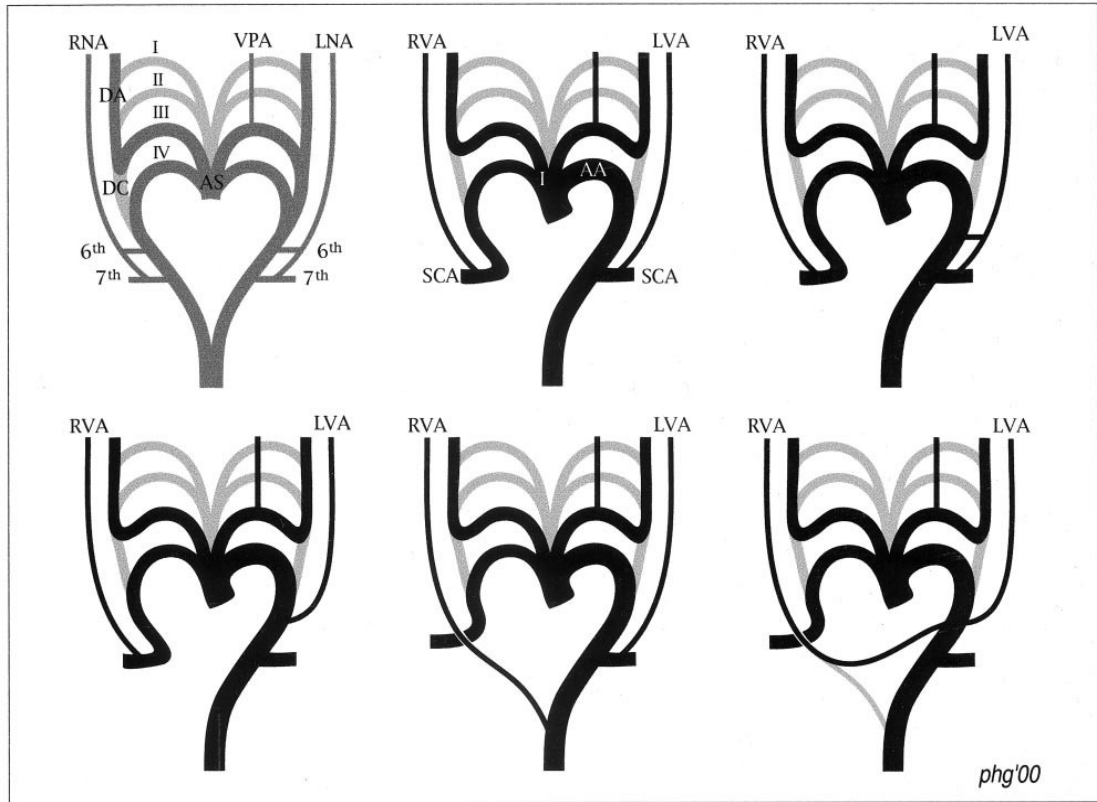
2. 2. 4. 1. Anormal Orjin

Vertebral arter klasik olarak ipsilateral subklavyen arterin ilk dalıdır. Literatürde orjinle ilgili multiple varyasyon tanımlanmıştır. Vertebral arter arkus

aorta, ana karotis arter, internal karotis arter (İKA), eksternal karotis arter (EKA) ya da subklavyen arterin (SKA) dallarından (tiroservikal trunkus gibi) orjin alabilmektedir (15,16,33). Vertebral arterin en sık görülen orjin varyasyonu arkus aorta orjinli sol VA'dır (15). Sol VA % 2.4-5.8 sıklıkta arkus aortadan orjin alır (34). Sol VA'nın arkus aortadan orjin alması durumunda C6 vertebra transvers forameninden değil de, genellikle C4 ya da C5 vertebraların transvers forameninden girer. Arkus aorta orjinli sağ VA ise nadir görülen bir anatomik varyasyondur ve literatürde tanımlanmış sadece dokuz olgu bulunmaktadır. Bu olgulardan birinde sağ VA; sol ana karotis arter ve SKA arasında, bir diğerinde innominate arter (İA) yokluğunda sağ SKA ve ana karotis arter arasından, geriye kalan yedisinde ise sol SKA distalinde arkus aortadan orjin almıştır (34). Çift orjinli VA genellikle arkus aorta ve SKA'den orjin almaktadır (15,16). Literatürde anjiografik olarak tanımlanmış çift orjinli sol VA olgu sayısı az olmakla birlikte nadir olmadığı düşünülmektedir. Aynı şekilde sağ VA da çift orjinli olabilmektedir (35). Çift orjinli sol VA varlığında 1.orjin genellikle arkus aortada sol ana karotis arter ile sol SKA arasındadır ve servikal vertebralar boyunca ilerleyip C5 vertebra transvers forameninden geçerek uzanır. İkinci orjin ise tipik olarak sol SKA'den tiroservikal trunkus proksimalinde yer alır, C6 vertebranın transvers forameninden girer ve diğerine göre daha küçük çaplıdır. Her iki VA C5 vertebra düzeyinde birleşir.

Bilateral arkus orjinli VA ise istisnai bir durumdur. Arkus aorta ana dallarının 5 veya daha üzeri sayıda olma insidansı oldukça düşük olup, her iki vertebral arterin arkus aortadan orjin aldığını gösteren eski çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda sağ VA ya İA ile sol ana karotis arter arasından, sol VA ise sol ana karotis arter ile SKA arasından ya da sağ VA İA yokluğunda sağ SKA ve ana karotis arter arasından, sol VA ise sol ana karotis arter ile SKA arasından orjin almaktadır (16,36). Ek olarak başka bir çalışmada sol VA yine sol ana karotis arter ile SKA arasından orjin aldığı, sağ VA'nın ise arkus aortanın son dalı olduğu gösterilmiştir (16,37). Literatürde her iki vertebral arterin sol SKA proksimalinde arkustan orjin aldığını gösteren bilinen ilk olgu 2002'de diffüz subaraknoid kanama nedeniyle yapılan DSA tetkiki sırasında rastlantısal olarak saptanmıştır. Bu olguda her iki VA direk olarak arkus aortadan sol ana karotis arter ve SKA arasından orjin almaktadır. Bu çalışmada VA orjin varyasyonları ve muhtemel embriyojik mekanizmalar

tanımlanmıştır (16, şekil 9). Her iki VA'nın arkustan orjin aldığını gösteren nadir bir vaka; travma nedeniyle toraks ÇKBT anjiyografi tetkiki ile rastlantısal olarak saptanmıştır. Bu olguda sol VA sol ana karotis arter ile SKA arasından, sağ VA ise inen torasik aortadan sol SKA distalinden orjin almıştır ve aberan seyirli olup, özefagusun posteriorundan geçmektedir (38).



Şekil 9: Vertebral arter anatomisi-orjin varyasyonları ve muhtemel embriyolojik mekanizmalar şematik olarak gösterilmiştir (16). Şekil açıklaması;

a) Üst solda, normal embriyolojik gelişim: Aort kesesi (AS) sağ ve sol dorsal aortların (DA) birleşmesi ile oluşur. 1., 2., 3. ve 4. aortik arklar gösterilmiştir. Duktus karotikus (DC) 3. ve 4. aortik ark arasında lokalizedir. Servikal intersegmental arterlerin (sadece 6. ve 7. gösterilmiştir) longitudinal anastomozu sonucu daha sonra vertebral arterleri oluşturacak olan sağ ve sol nöral aksis gösterilmiştir (RNA ve LNA). Ventral faringeal arter (VPA) 3. aortik arkta gelişir ve eksternal karotis arteri oluşturur.

b) Üst ortada, normal erişkin anatomi: Aort kesesi İA ve aortik arkusa (AA) dönüşmüştür. Bilateral DC regrese olmuş ve sağ tarafta SCA ve CCA, solda AA oluşmuştur. 7. servikal intersegmental arter SCA'yı oluşturmuş, LVA (sol vertebral arter) ve RVA (sağ vertebral arter) aynı taraf SCA proksimalinden orjin almıştır.

c) Üst sağda, çift orjinli LVA: 6. ve 7. servikal intersegmental arter persistandır, buna bağlı LVA sol SCA proksimali ve AA'dan orjin almıştır. Benzer mekanizma çift orjinli RVA için de geçerlidir.

d) Alt solda, arkus orjinli LVA: Eğer 7. yerine 6. intersegmental arter persistan kalırsa, LVA tek orjinli olup, arkus aortadan sol SCA ile CCA arasında orjin alır.

e) Alt ortada, arkus orjinli RVA (aberran RVA): RVA'nın sol SCA distalinden orjin alması; sağ tarafta proksimal DA'nın persistan kalması ve 6. ve 7. intersegmental arterler arasında sağ dorsal aorta segmentlerinin regrese olması ile ilişkilidir. Buna bağlı RVA torasik distal aortadan, sol SCA distalinden orjin almaktadır (Sağ 4. aortik arkın 7. intersegmental arter proksimalindeki anormal involüsyonu sonucu sağ SCA inen torasik aortaya bağlı kalır ve bu durumda aberran sağ SCA gelişir).

f) Alt solda, bilateral arkus orjinli VA: Eğer 7. yerine 6. intersegmental arter persistan kalırsa, LVA arkus aortadan sol SCA ile CCA arasında orjin almaktır. Sağ vertebral arterin sol SCA proksimalinden orjin alması aberran RVA ile aynı hipotezle açıklanmaktadır, sadece bunu takiben RVA'nın proksimal migrasyonu eklenmiştir. Bu durumda her iki vertebral arter arkus aortadan sol SCA ve CCA arasından orjin almaktadır (16).

Vertebral arter orjin varyasyonları ile ilişkili olabilecek klinik bulgu ve semptomlar henüz çok iyi bilinmemektedir. Ancak bu anatomik dispozisyonun vertebro-baziler yetmezlik ya da artmış hemodinamik stres ve posterior kominikan arter orjinli sakküler anevrizma gelişimi gibi bazı serebrovasküler patolojik durumlar için risk oluşturabileceği düşünülmektedir. Tanısal amaçlı serebrovasküler görüntülemelerde anormal orjinli VA potansiyel bir yanıltıcıdır. Bir veya her iki VA'nın anormal seyri DSA sırasında veya BTA, MRA ve doppler US gibi non-invazif görüntüleme yöntemlerinde oklüzyon ya da hastalık olarak yanlış değerlendirilebilir. Bu nedenle olası VA orjin varyasyonlarının bilinmesi arkus aorta cerrahi ve

endovasküler tedavi planlanmasında oldukça önemlidir (16). Çok kesitli BTA farklı planlarda görüntüler elde edilebilmesi nedeniyle özellikle karmaşık aortik arkusu olan vakalarda girişimsel ve cerrahi tedavi kararında iyi bir yol göstericidir (38).

2. 2. 4. 2. V2 segment varyasyonları

Vertebral arter V2 segment varyasyonları genellikle servikal vertebranın transvers foramenine giriş düzeyi ile ilişkilidir. Klasik olarak V2 segment C6-C2 transvers foramenleri içinde seyrederek. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi ve MRA ile retrospektif olarak yapılan çalışmalarda tanımlanan varyasyon oranları birbirine yakın olup C6 transvers forameninden geçme sıklığı ortalama % 93- 94.9, anormal olarak diğer seviyelerden geçiş sıklığı % 5.1-7'dir. Bunlar sıklık sırasına göre C5 (% 3.3-5), C4 (% 1-1.6), C7 (% 0.3-0.8) ve C3 (% 0.2) seviyeleridir. V2 segment varyasyonların sağ ya da sol tarafta görülme sıklığı birbirine yakın ve genellikle unilateraldir, nadiren bilateral olabilir (32,39). Vertebral arter V2 segmentinin anormal yüksek giriş göstermesi foramen içinde olmayan kesimlerin korumalı olmadığı anlamına gelir. Bu nedenle bu varyasyonların gözden kaçması özellikle beyin cerrahisinde anterior ve lateral yaklaşımda yanlışlıkla yırtılmalara ve ciddi komplikasyonlara neden olabilir (39). Ayrıca servikal vertebra transvers foramen çapı, buna bağlı transvers foramenin VA ile doluluk oranı, VA'nın foramen içindeki ve foramen içine girmeden önceki seyri sırasında gösterdiği farklılıklara bağlı da varyasyonlar oluşabilmektedir (32,39). Bunlar dışında fenestrasyon ya da tortiyoz V2 segment ile ilişkili foraminal erozyonlar da tanımlanmış diğer nadir V2 segment varyasyonlarıdır (32). Bu varyasyonların önceden bilinmesi intraoperatif VA yaralanma riskini azaltır.

2. 2. 4. 3. V3- V4 segment varyasyonları

Vertebral arterin V3 ve V4 segmenti (atlantoaksiyel- intrakranial segment) birbirleri ve atlantoaksiyel eklem ile yakın ilişkide oldukları için, varyasyonları da genellikle birlikte değerlendirilmektedir. Vertebral arterin V3-4 segmentleri atlantoaksiyel eklem boyunca kıvrımlı bir seyir gösterir (28). Vertebral arter V3 segmenti atlasın transvers forameninden geçmeden intrakranial uzanabilir. Bu varyasyon oldukça nadir görülmektedir ve 2008 yılı öncesi literatürde bilinen sadece 8 olgu bulunmaktadır. Bunların 5'i DSA ile geriye kalan 3'ü otopsi serilerinde

saptanmıştır (40). Buna ek olarak son yıllarda BTA ile saptanan olgular da tanımlanmış olup ve bu varyasyonun görülme sıklığı % 1.8 olarak belirtilmiştir (28,40). Bu varyasyonun tanınmaması intraoperatif VA yaralanmalarına neden olabilir (40). Vertebral arter distalde aplastik olup, PICA olarak sonlanabilir veya hipoplastik olabilir. Literatürde anjiyografik incelemelerde genel popülasyonda VA'nın distalde % 0.2 oranında aplastik olduğu bildirilmiştir. Manyetik Rezonans Anjiyografi ile yapılan bir çalışmada bu oran asemptomatik olgularda % 4.6 bulunmuştur (41). Vertebral arterin distal çapının AICA'ya eşit veya daha küçük olması distalde hipoplastik olduğu anlamına gelir (41). Bunlar dışında PICA'nın da varyasyonları bulunmaktadır. PICA genellikle vertebro-baziler bileşkenin 15 mm proksimalinden orjin almaktadır (42). Ancak PICA orjini oldukça değişken olup, bazı vakalarda daha foramen magnum seviyesindeyken ya da eksradural orjinli olup, oksipital kondil posteriorunda veya C1-C2 vertebra seviyesinde ayrılabilir. Posterior inferior serebellar arter normal anatomik lokalizasyonunda izlenmediği zaman AICA ile birlikte baziler arterden tek kök olarak çıkabilir. Bu varyasyonunun sıklığı anjiyografi çalışmalarında % 2.3 olarak belirtilmektedir (43,44,45). Posterior inferior serebellar arter aplastik, hipoplastik veya nadiren çift orjinli olabilir. Son olarak VA % 2 oranında distalde aplastik olup, PICA olarak sonlanabilir (43,44,45).

2. 2. 4. 4. Hipoplazi

Vertebral arterler sıklıkla asimetriktir. Genel popülasyonun % 42-51'inde sol VA sağa göre daha geniş çaplı, % 32-41'inde ise sağ VA sola göre daha geniş çaplıdır (46). Genellikle sol VA dominanttır ve posterior fossa kan akımını büyük oranda dominant olan VA sağlar (17). Vertebral arter çapının 2 mm'den küçük veya 2 mm'e eşit olması (BTA'de aksiyal planda < 2mm) durumunda hipoplaziden söz edilir (47,48). Hipoplazi genellikle sağ taraftadır ve kadınlarda erkeklere göre daha sık görülür (47). Vertebral arter hipoplazisi normal popülasyonda nadir olmayıp, posterior sistem inmelerinde risk faktörü olabilmektedir (17,47). Hastaların yaklaşık % 12'sinde tek taraflı VA hipoplazisi saptanmıştır (17).

2. 2. 4. 5. Fenestrasyon ve duplikasyon

Fenestrasyon ortak bir orjinle başlayan ve daha sonra birbirine paralel iki lümen oluşturup, distalde bir araya gelen vasküler varyasyon olarak tanımlanabilir. Yani fenestrasyon; bir damar normal orijin ve pozisyonda izlenirken seyrinin bir bölümünde çift lümen göstermesidir. Duplikasyonda ise fenestrasyondan farklı olarak, duplike orjin söz konusudur ve arterler hiçbir zaman distalde birleşme göstermemektedir (50). Fenestrasyonda arterlerin kendine ait endotel ve muskularis tabakası varken, adventisya tabakası ayrı olabilir (50). Fenestrasyonlar ilkel embriyolojik damarların anormal gelişimi nedeniyle ortaya çıkan nadir vasküler anomalilerdir (49). Vertebral arter fenestrasyonları çok nadir görülür (% 0.3–2) ve genellikle atlantoaksiyal kavşak düzeyindedir (44,45,50,51). Duplikasyon VA'ın nadir görülen bir konjenital anomalisidir. Fetal yaşamın 32–40. günlerinde primitif damarların geçici inkomplet involüsyonuna bağlı oluşur. Bilateral olabilir. Vertebro-baziler duplikasyon ve fenestrasyonlar; anevrizma ve arteriovenöz malformasyonlarla ilişkili olabilir (51,52).

İntrakranial fenestrasyon sıklığını saptamak ve anevrizma ile fenestrasyonlar arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla 64-dedektörlü BTA ile yapılan bir çalışmada genel intrakranial fenestrasyon sıklığı % 12.9 oranında bulunmuş ve fenestrasyonların tipik olarak vertebro-baziler bileşkede (% 5.56) ve anterior kominikan arter bölgesinde (% 5.3) olduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada intrakranial fenestrasyonlar ile anevrizma arasında önemli ilişki olmadığı belirtilmektedir (49).

2. 2. 5. Vertebral Arter Patolojileri

2. 2. 5.1. Ateroskleroz

Ateroskleroz, arteriyoskleroz olarak tanımlanan damar duvarının kalınlaşma esneklik kaybı ile giden hastalık grubunun bir parçası olup santralde lipidden zengin çekirdek içeren, intimal yağlı fibröz plak oluşumu ile karakterizedir. Bu grup aynı zamanda arter ve arteriyol duvarlarının hyalen birikmesi ve proliferasyonu ile karakterize arteriyosklerozu ve media tabakasının kalsifikasyonu ile karakterize Mönckeberg sklerozunu da içermektedir. Ateroskleroz yaygın olarak

arteriyoskleroz ile eş anlamlı olarak kullanılır (53). Ateroskleroz büyük ve orta çaplı arterlerin (aort, koroner ve serebral arterler gibi) iç tabakalarının inflamatuvar-fibrotik bir hastalığıdır. Aterom denilen lümene doğru büyüyen, alttaki media tabakasını zayıflatan ve bir dizi komplikasyona yol açan intimal plak ile karakterizedir (54).

Epidemiyoloji: Ateroskleroz, batı dünyasındaki mortalite ve morbiditenin en sık sebebidir. Dünya Sağlık Örgütüne göre yakın gelecekte tüm dünyada mortalitenin ilk sıradaki nedeni olacaktır. ABD’de yılda yaklaşık 400-500 bin yeni inme olgusu bildirilmektedir (55). Beş yıl içerisinde tüm inmelerde % 20-50 oranında tekrarlama riski mevcuttur (56). İkinci inmeden sonra hayatta kalma oranı % 40 olarak bildirilmiştir. Karotis aterosklerozunun prevalansı değişik kaynaklarda % 41-59 olarak belirtilmektedir. İskemik inmelerin % 20’si karotis arter stenozu ya da trombüsünden kaynaklanmaktadır (57,58,59). Tüm inmelerin, 1/4’ü arka sistemde görülmektedir ve bu inmelerin 1/5’inden VA orifis lezyonları sorumludur (2). Hangi sıklıkta oldukları kesin olarak bilinmemekle birlikte arka sistem inmelerinde kalp dışı en sık neden VA orifisi ve servikal seyri boyunca görülen darlıklardır. Vertebral arter intradural segmenti ve baziler trunkus lezyonları daha az sıklıkta görülür (2). Bazı serilerde VA orifis lezyonunun sıklığı % 25–40 gibi çok yüksek oranlarda bildirilmiştir (60). Bu darlıklardan kaynaklanan emboliler ve hemodinamik iskemiler arka sistemdeki inmelerde etyolojiyi oluşturur (2). Vertebral arterin aterosklerotik darlıklarına sıklıkla diğer vertebral arter ve internal karotis arterlerin aterosklerotik lezyonları eşlik etmektedir. Bu olgular genellikle ileri yaştaki hastalardır ve bu hastalarda tıbbi tedaviye rağmen inme riski yüksektir. Vertebral arterin kritik darlıklarında (% 70-99) aynı tarafta yıllık inme riski % 7.8’dir (2,44,60). Tıbbi görüntüleme yöntemlerindeki gelişmelere paralel olarak tanı alan ve tedavi yapılan hasta sayısı artmaktadır (2).

Risk faktörleri: Hastalığın prevalansı, yapısal ve kazanılmış faktörlere bağlıdır. Yapısal olanlar değiştirilemezken, kazanılmış olanlar potansiyel olarak kontrol edilebilecek faktörlerdir. Yapısal faktörler yaş, cinsiyet ve ailesel zemini kapsar (53). **Yaş;** aterosklerozun erken lezyonlarının çocukluk yaşlarında ortaya çıkmasına rağmen klinik olarak hastalığın ortaya çıkması yaş ile birlikte artar. **Cinsiyet;** erkekler ateroskleroza diğer faktörler eşit ise kadınlardan çok daha fazla

eğilimlidirler. Diabetes mellitus, hiperlipidemi, hipertansiyon gibi predispozan faktörler olmadığı sürece premenopozal kadınlarda, miyokard enfarktusunu erkeklerin beşte biri kadardır. Postmenopozal dönemde bu fark azalma eğiliminde olup yedi ve sekizinci dekalarda oran eşitlenmektedir. **Ailesel yatkınlık**; hipertansiyon, diabet gibi risk faktörlerinin ailesel kümelenmesi dışında, kan lipid düzeyinde yükselme ile giden lipoprotein metabolizmasındaki herediter bozukluklar da ateroskleroza yatkınlığı belirgin derecede artıran faktörlerdir. Bunun en iyi örneği otozomal dominant geçiş gösteren familial hiperkolesterolemi'dir. Potansiyel olarak kontrol altına alınabilecek edinsel faktörler içerisinde hiperlipidemi, hipertansiyon, sigara ve diabetes mellitus sayılabilir (53). **Sigara**; önemli bir risk faktörü olup premenopozal sigara içen kadınlarda iskemik kalp hastalığı insidansı erkeklere belirgin şekilde yaklaşmaktadır. **Diabetes mellitus**; kan kolesterol düzeyinin artmasına neden olur. Diabet olgularında alt ekstremitelerde gangren riski 100 kat fazladır. Tüm bunların yanında, yetersiz fiziksel aktivite, A tipi kişilik yapısı, oral kontraseptif kullanımı, hiperürisemi, hiperhomosisteinemi, yüksek karbonhidratlı diyet de ateroskleroz sıklığını artıran faktörlerdir. Ateroskleroz arterin tümünü etkilemeyen fokal bir hastalık olmakla birlikte, risk faktörleri sistemiktir (53).

Patogenez: Travma ve aterosklerozda vasküler cevabın temelde benzerlik gösterdikleri, geçen sürede bir takım değişiklikler olmakla birlikte, 1976 yılında Ross ve Glumet'in ateroskleroz patogenezini açıklamak üzere öne sürdükleri "hasara yanıt" hipotezi ile gösterilmiştir (61). Bu hipotez günümüzde geniş kabul görmektedir. Bu hipotez temel olarak, endotel fonksiyon bozukluğu ve endotel geçirgenliğinde artış ile sonuçlanan kronik, fokal endotel hasarı, bu hasarlı alandan damar duvarı içerisine yoğun kolesterol içeren düşük dansiteli ve çok düşük dansiteli lipoproteinlerin sızması, buna yanıt olarak damar duvarında inflamatuvar hücre yanıtı ve düz kas hücre proliferasyonu ile sonuçlanan süreci tanımlamaktadır (61).

2. 2. 5. 2. Anevrizma

Intrakranyal arterler vücutta anevrizmaların en sık izlendiği lokalizasyondur. Bu serebral arterlerin diğer arterlere göre daha ince kalibrasyonlu olması, eksternal elastik laminanın olmaması ve media tabakasının daha ince olması ile açıklanabilir (10). Yapılan bir çok otopsi ve anjiyografik çalışmada genel popülasyondaki

intrakranyal anevrizma prevalansı % 1–8 olarak bulunmuştur (62). Anevrizmalar non-travmatik subaraknoid kanamaların % 80’inden fazlasını oluşturmaktadır. İntrakranyal anevrizmalar gros patoloji görünümüne göre sakküler (“berry”), fuziform ve disekan anevrizmalar olmak üzere 3 grupta incelenmektedir. Fuziform olanlar genellikle aterosklerotik değişikliklere bağlıdır. Sakküler anevrizmalar hemodinamik stresin en çok izlendiği bifurkasyon noktasında meydana gelmekte ve intrakranial anevrizmaların % 90-95’ini oluşturmaktadır. İntrakranyal vasküler yapıların konjenital anomalilerinde hemodinamik strese bağlı sakküler anevrizma insidansı artmaktadır. Travma, tümör, arteryovenöz malformasyon (AVM) veya fistüle eşlik eden yüksek akım ve enfeksiyon anevrizmaların % 5-10’unu oluşturmaktadır. Bu anevrizmalar sakküler anevrizmaların tersine yalancı anevrizmalardır. Bir vasküler ağda damar bifurkasyon apeksi, maksimum hemodinamik stresin olduğu yerdir. Vasküler ve internal akım hemodinamiği intrakranial anevrizmaların oluşumu, büyümesi ve konfigürasyonunun oluşumunda önemli etkilere sahiptir. Anevrizma trombozu ve rüptürü de intraanevrizmal hemodinamik stres ile açıklanmaktadır (62). Vertebral arter ve posterior serebral arter fenestrasyonları çok nadir anomaliler olup anatomik diseksiyonların % 1’inden daha azında izlenmektedir (24). Yapılan çalışmalarda fenestre segmentin proksimal ve distal ucunda media tabakasındaki defekt ve bu düzeydeki türbülant akımdan dolayı fenestrasyon düzeyinde anevrizma riskinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Ancak anevrizmanın fenestrasyon düzeyinde oluşumu ile vasküler bifurkasyonlarda meydana gelmesi açısından bir farklılık olmadığı belirtilmektedir. Sakküler anevrizmalar sıklıkla Willis poligonu proksimalindeki arterlerin bifurkasyon noktalarından gelişmektedir. Bu anevrizmalar % 85-90 oranında anterior sirkülasyonda, % 10-15 posterior sirkülasyonda bulunurlar. Anterior sirkülasyonda anterior komikan arterde, posterior komikan arter orjininde ve orta serebellar arterde izlenmektedir. Posterior sirkülasyonda ise sıklıkla baziler arter bifurkasyon noktasından ve PICA orjininden kaynak alır (62). Vertebro-baziler sisteme ait anjiyografik tetkiklerde baziler tepede % 3.1, baziler gövdede % 0.4 ve PICA’da ise % 2.7 oranında anevrizma saptanmıştır (62).

2. 2. 5. 3. Diseksiyon

Diseksiyon tanımı, arter duvar yapılarında ayrışma ve intramural kanamadır. Vertebral arter diseksiyonları genç ve orta yaş grubu erişkinlerde posterior inme nedenlerinden biridir. İnternal karotis arter veya VA diseksiyonu genel populasyonda tüm inme nedenlerinin sadece % 0.4-2.5'ini oluştururken, genç yetişkinlerde bu oran % 5-20'dir (30). Vertebral arter diseksiyonları travma sonucu veya spontan olarak gelişebilir. Diseksiyonlar anjiyografik ve morfolojik olarak steno-oklüziv veya anevrizmatik olabilir. Diseksiyonda intimal yırtık sonucu ekstrasvaze olan kanın intima-media arasında birikmesi lümeninde daralma ve oklüzyona neden olur. Buna alternatif olarak subadventisyal planda normalin üzerinde ekspansiyon oluşmasına bağlı anevrizma gelişebilir. Bazı çalışmalarda diseksiyona bağlı anevrizmaların genellikle V4 segmentte olduğu gösterilmiştir. Çünkü bu segmentte kalın ve elastik intima tabakasına karşın, adventisya daha incedir ve mediadaki elastik lifler daha azdır. Ektrakranial VA diseksiyonları; V3 segmentin hareketli olması ve minor travmalardan daha sık etkilenmesi nedeniyle genellikle bu segmentte görülür (64). Spontan VA diseksiyonu sıklıkla VA'nin ekstradural segmentlerini etkiler, ancak intradural da olabilir. Diseksiyon seviyesini genellikle klinik belirler. İntrakranial VA diseksiyonlarında iskemi, hemoraji ve kitle etkisi gibi 3 farklı klinik tablo ortaya çıkar. Hastalarda posterior fossa enfarktı ya da diseksiyon anevrizmatik ise rüptüre ikincil baş ağrısı ve akut subaraknoid hemoraji gelişebilir (65). Ekstradural VA'nin ciddi darlık ya da oklüzyonlarında aynı zamanda eşlik eden karşı taraf VA diseksiyonu da mevcutsa beyin sapı veya serebellar iskemi gelişebilir (30). Oluşan intraluminal pıhtı daha sonra koparak distal dalları embolize ederek tıkayabilir.

Konvansiyonel anjiyografide psödoanevrizma, intimal flep ya da çift lümen görünümü diseksiyon tanısı koydurur, ancak bu spesifik anjiyografik bulgular her zaman görülmemektedir. Diseksiyon için daha az spesifik olan sık irregüler stenozlar veya oklüzyonların bulunması ateroskleroz veya parsiyel rekanalize embolik oklüzyonlarda da görülebilir. Konvansiyonel anjiyografi yerine kullanımı artan BTA ve MRA gibi ileri görüntüleme yöntemleri intramural hematoma'nın kendisini gösterilebilir. Bu özellikle nonspesifik oklüzyon ya da ince lümenal anomalilerin eşlik ettiği diseksiyon tanısında önemlidir. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi EKA

ve İKA diseksiyonunda % 100 duyarlılık ve güvenilirliğe sahip olup, mükemmel bir tanı yöntemidir. Güncel bir çalışmada Çok Kesitli BTA'nın VA diseksiyonunda % 100 duyarlılık ve % 98 güvenilirliğe sahip olup, önemli ölçüde tanısal olduğu gösterilmiştir. Karotis arter diseksiyonunda çap artışı ve hilal şeklinde mural kalınlaşma iyi bir BTA tanı kriteridir, ancak VA diseksiyonlarının tümünde bu bulgu görünmeyebilir (64).

2. 2. 6. Vertebro-baziler stenozlar, görüntüleme yöntemleri ve tedavi

Enfarkt olsun ya da olmasın posterior dolaşım iskemik semptomları olan hastalarda, tedavi yaklaşımına karar verilebilmesi için vertebral arterlerin ve baziler arterin incelenmesi gereklidir. Vertebro-baziler inme olgularında mortalite oranı % 20-30 ile karotis sistemden daha fazladır (66,67,68,69). Vertebral arter stenozunun en önemli nedeni aterosklerozdur. Bunun yanında diseksiyon, vaskülitler, travma, kemik patolojileri ve dıştan bası yapan lezyonlar diğer sebeplerdir (10). Stenozlar en sık olarak vertebral arter V1 segmentinde izlenmektedir (5). Ayrıca vertebral arter orifis stenozlarının, posterior dolaşım iskemilerinde önemli bir emboli kaynağı olduğu belirtilmiştir (56,70,71,72). Distal vertebral arter (V4) stenozlarına, sıklıkla baziler arter stenozları da eşlik etmekte olup, beyin sapı iskemileri ile bu olgular arasında güçlü bir ilişki mevcuttur. Distal vertebral arter stenozu olan 44 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, 38 olguda posterior dolaşımı ilgilendiren semptomlar bulunmuştur. Bu olguların 6 yıllık takiplerinde, ekstrakranial stenozlara göre geçici iskemik atak, inme ve ölüm oranlarında anlamlı artış saptanmıştır (73). Yine 75 hasta üzerinde yapılan diğer bir çalışmada PİCA distalindeki stenozlarda semptom sıklığı daha fazla bulunmuştur (74). Karotis stenozlarının aksine, vertebral arter stenozları hakkında daha az bilgiye sahip olmamızın olası nedeni, vertebral arterin görüntülenmesinin nispeten zorluğu ve cerrahi seçeneklerin sınırlı olması olabilir (2). Ancak gelişen görüntüleme ve endovasküler tedavi yöntemleri, bu durumu değiştirmektedir.

2. 2. 6. 1. Ultrasonografi

Ultrasonografi, vertebral arter stenozlarının tanısında genellikle ilk seçilen noninvazif tanı yöntemidir. Anatomik farklılıkları, küçük çaplı olması, derin yerleşimi ve vertebraların transvers çıkıntıların süperpozisyonu, VA'nın US ile değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Ultrasonografi ile tüm VA'nın herhangi bir parçası % 80-90 oranında, V1 segmenti ise % 60-65 oranında görüntülenebilmektedir. Renkli Doppler inceleme ile bu oran % 80' e kadar çıkabilmektedir (75,76,77). Vertebral arterin sıklıkla V1 ve V2 segmenti, değerlendirme için seçilse de, V3 ve transkranyal Doppler inceleme ile V4 segmenti de değerlendirilebilir (75). Vertebral arterin hemodinamik olarak anlamlı stenozlarının büyük kısmı V1 segmentinde görülmektedir. Ancak vertebral arterin, subklavyan arterden çıkış noktasının çeşitli varyasyonlar göstermesi ve V1 segmentinin büküntülü seyredebilmesi değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır. V2 segmenti için normal piksistolik akım hızı yaklaşık olarak 20-60 cm/s olarak bildirilmiştir. Ancak literatürde bu konuda kesin bir görüş birliği yoktur. Genel olarak 10 cm/s'den düşük değerler anormal olarak değerlendirilmektedir. Stenoz düzeyinde 100 cm/s' nin üstündeki hız ve stenoz distalinde parvus-tardus akım paterninin saptanması stenoz tanısı için yeterli kabul edilmektedir (78,79,80,81). Ancak vertebral arter V1 segmentinde, dominant vertebral arterde, internal karotis arter oklüzyonunda ya da karşı taraftaki vertebral arterin oklüzyonunda, stenoz olmadığı halde akım hızının artabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Vertebral arterde normalde düşük dirençli akım paterni izlenir. Ancak hipoplazik tarafta yüksek dirençli akım paterni izlenebilir. Ultrasonografi ile vertebral arter oklüzyonu tanısı koymak güçtür. Hipoplazi, aplazi, varyasyonlar ya da diseksiyon, oklüzyon ile karışabilir. Bu durumda damar duvarının net bir şekilde görülmesi ve lümende renk dolumunun olmaması ya da kalsifiye plağın gösterilmesi tanıyı koydurur. Distal vertebral arter oklüzyonlarında yüksek dirençli akım paterni izlenebilir (82). İntrakranial vertebral arter stenozları transkranyal Doppler inceleme ile yüksek duyarlılık (% 80) ve özgüllük (% 80–97) ile saptanabilmektedir. Ancak olguların yarısından fazlasında stenoz oranları, olduğundan düşük tespit edildiği gibi oklüzyonlar da gözden kaçabilmektedir. Vertebral-subklavyan çalma sendromunda; subklavyan arterin prevertebral segmentinin ya da brakiosefalik trunkusun stenozuna

sekonder, serebral dolaşım ile stenoz distali arasında basınç gradiyenti oluşur (46). Subklavyan stenozun derecesine bağlı olarak vertebral arter akımında değişiklikler izlenir. Yüzde kırkbeş ve altındaki stenozlarda “pre-bunny” akım olarak tanımlanan, midsistolik çentiğin olduğu antegrad akım izlenir. Buna, jet akımın stenoz distalinde oluşturduğu düşük basıncın neden olduğu düşünülmektedir. % 50-90 arasındaki stenozlarda “bunny” akım olarak bilinen, mid sistolik çentiğin, end sistolik akım düzeyine kadar düştüğü akım paterni izlenir. İleri derece subklavyan stenoz ya da oklüzyonda vertebral arterde retrograd akım izlenir (83,84,85).

2. 2. 6. 2. Manyetik Rezonans Anjiyografi

“Time of flight” (TOF) MRA tekniği ilk dönemlerde karotis ve vertebro-baziler sistemin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmıştır. Bu teknikte görüntü elde etmek için temel olarak akan kanın “in flow” etkisinden faydalanılmaktadır. Kan akımın yavaşladığı alanlarda, saturasyona ve türbülant akım alanlarında intravoksel faz bozulmasına bağlı olarak sinyalde azalma ya da kayıp olmaktadır. Ayrıca inceleme hacminin küçük olması ve nispeten uzun inceleme süresi nedeniyle hareket artefaktlarının daha sık görülmesi dezavantajlarıdır. 1990’ların ortasında geliştirilen ve günümüzde supraaortik vasküler yapıların değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan kontrastlı MRA tekniği, TOF tekniğinin dezavantajlarını en aza indirmiştir. Arkus aortadan, Willis poligonuna kadar olan alan çok kısa sürede (30 sn) incelenebilmektedir. Kullanılan kontrast madde kanın T1 zamanını kısaltmakta ve buna bağlı olarak TR süresi 10 ms’ nin altında seçilebilmektedir. Bu sayede çevre sabit dokular daha iyi sature olmakta, bunun yanında akan kandan daha fazla sinyal elde edilmektedir. “Time of flight” tekniğinde ortaya çıkan yavaş akan kanda saturasyona bağlı oluşan sinyal kaybı kontrastlı MRA’da sorun olmamaktadır. “Time of echo” süresinin kısalması, türbülant akıma bağlı olarak gelişen intravoksel faz bozulmasının neden olduğu sinyal kaybını belirgin şekilde azaltmıştır. Azalan inceleme süresi sayesinde hareket artefaktları daha az görülmektedir. Kontrast maddenin venöz sisteme dönüşünün hızlı olması (5-10 sn), oldukça kısa bir süre içerisinde incelemenin gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Aksi takdirde venöz kirlenme nedeni ile görüntü kalitesi düşmektedir. Sargıya bağlı nedenlerle, arkus düzeyinde inceleme

alanının proksimali ile karşılaştırıldığında sinyal gürültü oranının az olması, görüntü kalitesini azaltmaktadır. Nefes tutulmamasına bağlı hareket ve hayalet artefaktları, FOV ve faz kodlama basamak ayarlarının uygun olmamasına bağlı arkusun görüntü alanına süperpozisyonu inceleme kalitesini düşürebilen diğer teknik kısıtlamalardır. Vertebro-baziler sistem, özellikle de ekstrakranial vertebral arterin değerlendirilmesinde kontrastlı MRA' nun etkinliğine yönelik az sayıda çalışma mevcuttur (86,87). Yapılan bir çalışmada vertebral arterin tüm segmentlerinin stenozlarında, duyarlılık % 88, özgüllük % 98–99 olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada orifis lezyonları ayrıca değerlendirilmemiştir (88). “Time of flight” MRA ile DSA' nın karşılaştırıldığı bir çalışmada vertebral arter orifis kesiminde görüntü kalitesinin düştüğü ve TOF MRA' nin etkinliğinin yeterli olmadığı belirtilmiştir (89). Arkus aorta ve büyük damarlar üzerine yapılan başka bir çalışmada vertebral arter orifis lezyonlarında özgüllük % 100, duyarlılık % 85, pozitif öngörü değeri % 58 olarak saptanmıştır. Orifis lezyonlarında pozitif öngörü değerinin düşük olmasının, parsiyel volüm etkisine ve intravoksel faz bozulmasına bağlı olduğu düşünülmüştür (90).

2. 2. 6. 3. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi

Bilgisayarlı tomografi anjiyografi ile DSA' da mevcut olan riskler ile karşılaşmadan vertebral arterin değerlendirilmesi mümkündür. Ancak henüz literatürde etkinliğini gösteren yeterli sayıda çalışma yoktur. Vertebro-baziler iskemi semptomu olan 24 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, vertebral arter orijini tüm hastalarda gösterilmiştir. Ayrıca DSA' da saptanan stenotik lezyonların tamamı BTA ile gösterilmiştir. Ek olarak, bu çalışmada aterosklerotik darlık ile damardaki büküntü arasındaki farkın ortaya konmasında BTA' nin DSA' dan daha yararlı bir tanı aracı olduğu ortaya konmuştur (57). Bilgisayarlı Tomografi anjiyografinin DSA' ya bir diğer üstünlüğü görüntülerin farklı açılarda ve planlarda incelenebilmesi yanında incelenecek damarın doğrudan takip edilebilmesidir. Başka bir çalışmada akut posterior iskemisi olan 103 olgu incelenmiş, bu hastalarda baziler arter, VA ve PSA değerlendirilmesinde BTA ile intra ve ekstrakranial doppler US bulguları karşılaştırılmış, aynı hasta grubundan 22 olguya DSA yapılarak BTA ve DSA bulguları ayrıca karşılatırılmıştır. Posterior sirkülasyonun değerlendirilmesinde BTA ile doppler US arasında düşük korelasyon bulunmuştur. Bilgisayarlı Tomografi

anjiyografi ile DSA bulguları karşılaştırıldığında; DSA da VA de lezyon saptanan 14 olgunun, BTA ile 13'ü gösterilebilmiştir. Ancak bu 13 lezyonun sadece 7'si spesifiye edilebilmiş, kesin stenoz ya da oklüzyon olduğu söylenmiştir. Bu çalışmada baziler arter distalinde DSA da saptanan tüm lezyonlar BTA da saptanmış olup, BTA'nın posterior sirkülasyon lezyonların saptanmasında baziler arter ve distali için DSA'nın yerini alabileceği, ancak vertebral arter lezyonlarında DSA'nın daha üstün olduğu gösterilmiştir (91).

2. 2. 6. 4. Dijital Subtraksiyon Anjiyografi

İnvazif bir işlem olan, % 1'e yaklaşan morbidite ve mortalite risklerine rağmen, DSA hala vertebral arter lezyonlarının ve diğer supraaortik vasküler lezyonların tanısında altın standart olma özelliğini korumaktadır (12). Dijital subtraksiyon anjiyografi'de vertebro-baziler sistem incelemesi, supraaortik vasküler incelemenin bir parçası olarak yapılır. Genelde, Seldinger yöntemi ile ana femoral arter girişimi ve kılıf yerleştirilmesini takiben, pigtail katater, kılavuz tel yardımı ile çıkan aortaya yerleştirilir. Sol oblik pozisyonda arkus aorta görüntülendikten sonra uygun kataterler ile selektif arteriografiye geçilir. Vertebral arterin tüm segmentleri ve baziler arter ile dalları incelenmelidir. Vertebral arter V1 segmentinin büküntülü olması durumunda ön-arka projeksiyon dışında, 20° ya da daha fazla kranial açı ile yeterli kalitede görüntüler alınabilir. Stenoz saptandığı durumlarda plak morfolojisi için en az iki pozisyonda görüntüler alınmalıdır. Katatere bağlı iatrojenik damar yaralanması ve emboli DSA'nın en önemli 2 riski olup sadece gerekli olgularda uygulanmalıdır.

2. 2. 6. 5. Tedavi Yöntemleri

Vertebro-baziler hastalıklarda semptomların emboli, tromboz ya da hemodinamik bozukluğa bağlı olup olmadığının belirlenmesi önemlidir. Semptomatik hastalarda ekstrakranial vertebral arter arterin % 50'nin üzerindeki tek stenozlarında tedavi önerilmektedir. Tandem lezyonlarda tedavi kararı, semptomların embolik ya da hemodinamik bozukluğa bağlı olmamasına göre değişir. Embolik semptomatolojide tedavi; öncelikle orjine yakın, stenoz oranı yüksek ya da ülsere

olan lezyona yönelik uygulanır. Gelişen tanı yöntemleri ile tanı alan asemptomatik hasta oranı artmıştır. Bu hastaların büyük çoğunluğunda tedavi önerilmemektedir. Ancak inme riskinin artması, hastalarda geçici iskemik atak semptomları olmadan inmenin ilk bulgu olarak ortaya çıkabilmesi ve yüksek mortalite ile seyretmesi nedeni ile dominant arterde ya da tek vertebral arteri olup % 70 üzerindeki stenozu olan olgularda tedavi uygulanmalıdır. Posterior dolaşım inmelerinde medikal tedavi olarak antitrombotik (tiklopidin, aspirin, clopidogrel) ve antikoagulan (kumadin, warfarin) ilaçlar standart olarak uygulanmaktadır. Cerrahi tedavi de temel olarak endarterektomi ya da by-pass yapılmaktadır. Aterosklerotik tutulumun en sık izlendiği 2 lokalizasyon olan V1 ve V4 segmentte cerrahi erişimin zor, dolayısı ile işlem riskinin yüksek, başarı oranının düşük olması ve endovasküler tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi, bu bölge lezyonlarında endovasküler stentlemenin etkin olarak uygulanması sonucunu doğurmuştur. Birçok çalışma özellikle vertebral arter orifis stenozlarında, endovasküler tedavinin etkinliğini ortaya koymuştur. İlk dönemlerde yapılan Perkütan Translüminal Anjioplasti (PTA) uygulamalarında yüksek restenoz oranları ile karşılaşmıştır (92,93). Günümüzde yapılan primer stent uygulamalarında % 98-100 başarı oranları bildirilmektedir. Kısa dönemde (6-25 ay) yöntemle bağlı mortalite ya da inme bildirilmemiştir. Peri-operatif dönemde % 0-3 oranında geçici iskemik ataklar gözlenmiştir (59,94,95,96). İntrakranial vertebral arter ve baziler arter stenozlarında da endovasküler tedavi uygulamaları yapılmaktadır (97,98).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya Ocak 2009- Ağustos 2010 tarihleri arasında Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında beyin ve/veya boyun BTA tetkiki yapılan, 12-94 yaş arası (ortalama 47. 61 ± 18. 63), 247 (% 49.4) erkek ve 253 (% 50.6) kadın toplam 500 olgu dahil edilmiştir.

Çalışma retrospektif arşiv çalışması olup, çalışma protokolü yerel etik kurul tarafından onaylanmıştır.

Çalışmaya dahil edilen 380 (% 76) olgunun (yaş ortalaması 48.22 ± 18.55 , 197 kadın ve 183 erkek) BTA incelemeleri 64 dedektörlü BT cihazı ile (Brilliance 64, Philips Medical Systems, Cleveland OH), 120 (% 24) olgunun (yaş ortalaması 45.7 ± 18.82 , 56 kadın ve 64 erkek) BTA incelemeleri 16 dedektörlü BT (Activion 16, Toshiba Medical Systems, Japan) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Çekimlerde kullanılan cihaz tarama parametreleri 64-dedektörlü BT’de; kolimasyon 64×0.625 , gantri rotasyon zamanı 0.75 sn, kesit kalınlığı 0.90 mm, pitch değeri 0.9, 120 kV ve 300 mAs doz ve 0,45 mm rekonstrüksiyon intervali, 16-dedektörlü BT’de ise; kolimasyon 16×0.75 , gantri rotasyon zamanı 0.5 sn, kesit kalınlığı 1 mm, pitch değeri 0.9, 120 kV ve 350 mAs doz ve 1 mm rekonstrüksiyon intervali olarak belirlenmiştir. Tüm hastalar gantriye supin pozisyonunda yatırılmış, baş kısmı kranium başlığına yerleştirilerek, başın hareketsiz kalması sağlanmıştır. Lateral topogram üzerinden lokalizasyon belirlenip, hastaya yutkunmaması ve nefes tutması söylenerek kaudo-kranial yönde spiral olarak tarama yapılmıştır. İntravenöz kontrast madde enjeksiyonunda 80-120 ml non-iyonik iyotlu (300-350 mg/ml iyot konsantrasyonu) kontrast madde, antekübital venden 18-20 G bir kateter aracılığı ile 4 ml/sn hız ile otomatik pompa (Ulrich medizin teknik versiyon 7) kullanılarak verilmiştir. Pediatrik olgularda (n=17) kontrast madde miktarı vücut ağırlığına (1mm/kg) göre hesaplanmıştır.

Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi çekiminin başlatılması ‘bolus tracking’ yöntemiyle gerçekleştirilmiş olup arkus aortada dansite 120-130 HU (Hounsfield Ünitesi) olduğunda çekim başlatılmıştır. Toplam çekim (tarama) süresi 10-15 saniyedir. Elde edilen aksiyal görüntüler ayrı bir ‘workstation’(iş istasyonuna) (Philips Extented Brilliance Workspace Philips Medical Systems, Best The Netherlands) gönderilmiştir. Bu kaynak kesitler üzerinden değerlendirme ‘multiplanar reformation’ (MPR) ve ‘maximum intensity projection’ (MIP) yöntemleriyle değişik düzlemlerde yapılmıştır. Genel olarak daha fazla zaman gerektireceği için, her olguda ‘volume-rendering technique’ (VRT) algoritmi kullanılmamış olup, diğer tekniklerle karar verilemeyen bazı olgularda vertebral arterin daha ince kalibrede ve kıvrımlı seyrettiği distal segmentlerin incelenmesinde eklenmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 500 olguda sağ ve sol olmak üzere toplam 1000 vertebral arter, orifisten başlanarak baziler arter proksimaline kadar olan tüm segmentlerin varyasyon ve patolojilerinin (darlık, oklüzyon ve anevrizma) araştırılmasına yönelik olarak iki radyolog (EÖK ve AHB) tarafından incelendi. Her iki gözlemci birbirinden bağımsız ve diğer gözlemcinin bulgularından habersiz olarak değerlendirme yaptı. Veriler karşılaştırılarak gözlemciler arasında uyum araştırıldı. Daha sonra uyumsuz veriler birkez daha birlikte bakılarak konsensus yapıldı ve her veri için son karar verildi. Ortak karar alınmış veriler ile varyasyon, darlık-oklüzyon ve anevrizmaların çalışmaya dahil edilen toplam olgular içerisindeki sıklığı araştırıldı.

Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi görüntü kalitesi venöz kontaminasyon, yetersiz kontrast dozu ve harekete bağlı oluşan artefaktlar dikkate alınarak 3 gruba ayrılmıştır. 0: tetkik çok kötü, 1: tanı için yeterli ve 2: çok iyi. Bu sınıflamaya göre 16- ve 64-dedektörlü cihazlarda gözlemci verileri karşılaştırılarak BTA kalite skor dağılımı belirlenmiştir.

Varyasyonların sıklığı, 16- ve 64-dedektörlü BT’de varyasyon saptama oranları ve elde edilen sonuçların gözlemciler arası uyumu araştırılmıştır. Kategorik değişiklikler “%” şeklinde gösterilmiştir.

Vertebral arter darlıkları; yok, hafif darlık, anlamlı darlık ve oklüzyon olmak üzere 4 grupta sınıflandırılmıştır. Aterosklerotik plakların karşılıklı iki duvardaki toplam kalınlığı açık lümeniden daha fazla olduğu, ya da plakların seçilemediği durumda darlık distalinde kontrast madde dilüsyonu varlığında “anlamlı darlık”, diğer durumlarda “hafif darlık” olarak yorumlandı. Lümen içinde kontrast madde izlenmemesi “oklüzyon” olarak değerlendirildi. Buna göre darlıkların vertebral arter segmentlerine göre dağılımı ve darlık oranları karşılaştırıldı. Vertebral arter orifisleri lokalizasyonları nedeni ile olası omuz artefaktı, kontrast madde artefaktı gibi değerlendirmeyi güçleştiren etkenlere maruz kaldığı düşünülerek ayrıca değerlendirildi ve optimal izlenip izlenmediği konusunda gözlemciler arası uyum araştırıldı.

Anevrizmatik genişlemeler de şekillerine göre “sakküler” ve “fuziform” olarak sınıflandırıldı. Anevrizma varlığı ve segmentlere göre dağılımında gözlemciler arası uyum araştırıldı.

Çalışmamızda özetle BTA’nin VA varyasyonlarının, anevrizma ve darlıklarının, özellikle de orifis patolojilerinin saptanmasındaki tanısal etkinliğini belirlemek için 2 gözlemci tarafından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldı. Ayrıca 16- ve 64-dedektörlü BT cihazları arasında tanısal etkinlik bakımından farklılık olup olmadığı araştırıldı. Konsensus sonucu oluşturulan verilerden varyasyon ve patoloji sıklığı hesaplandı.

Tüm veriler SPSS 15.0 (Statistical Packages for Social Sciences) istatistik programında değerlendirildi. Gözlemciler arası uyumun anlamlılığı Kappa Katsayısı (κ) ile hesaplandı. Kappa istatistiği’nde kullanılan kappa değerleri(κ) < 0= yok, 0-0.20= çok zayıf, 0.21-0.40= zayıf uyum, 0.42-0.60= orta uyum, 0.61-0.80= anlamlı uyum, 0.81-1.00= neredeyse mükemmel uyum olarak sınıflandırıldı, sonuçlar elde edilen κ değerlerine göre anlamlandırıldı (99). Varyasyonların ve darlıkların frekans analizi yapılarak sıklık değerlendirildi. Onaltı ve 64-detektörlü BT verilerinin karşılaştırılması için ki kare testi kullanıldı. $P=0.05$ den küçük değerler anlamlı kabul edildi. Yaş ile darlık arasındaki ilişkiyi saptamak için parametrik olmayan Spearman korelasyon testi kullanıldı ve $p<0.01$ değerler anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1 Çekim tekniği kalite skorlaması

Birinci gözlemci (EÖK) tetkiklerin % 4.8’ini ($n=24$) çok kötü, % 60’ını ($n=300$) tanı için yeterli, % 35.2’sini ($n=176$) çok iyi, 2. gözlemci (AHB) % 4.8’ini ($n=24$) çok kötü, % 58’ni ($n=290$) tanı için yeterli, % 37.2’sini ($n=186$) çok iyi olarak değerlendirdi. Tetkiklerin dedektörlere göre dağılımı ve her iki gözlemcinin değerlendirmesi tablo 1 de verilmiştir. Hem 16-dedektörlü hem de 64-dedektörlü BT’de çekim tekniği konusunda gözlemciler arası uyum “neredeyse mükemmel” kabul edildi (16-dedektörlü BT’de $\kappa= 0.967$, 64-dedektörlü BT’de $\kappa= 0.949$).

Teknik	16 dedektörlü BT		64 dedektörlü BT	
	1. gözlemci	2. gözlemci	1. gözlemci	2. gözlemci
çok kötü	6	4	18	20
tanı için yeterli	70	70	230	220
çok iyi	44	46	132	140

Tablo 1: Tetkiklerin dedektörlere göre dağılımı, her iki gözlemcinin teknik kalite yorum ve değerlendirmeleri gösterilmiştir.

4.2.1 Varyasyonlar-gözlemciler arası uyum

Onaltı dedektörlü BT'de sağ VA' e ait varyasyon bulgularında iki gözlemci arasında neredeyse mükemmel ($\kappa= 0.863$) uyum saptandı. Oniki sağ VA hipoplazisi, 9 ekstradural PICA, 2 arkus aorta orijini her iki gözlemci tarafından aynı şekilde yorumlandı. Her iki gözlemci 9 olguda VA'in transvers foramenden giriş düzeyini eş olarak yorumladı. Sonuçlar arasında en yüksek uyum VA hipoplazisinde en düşük uyum V4 segment varyasyonlarında bulundu. Birinci gözlemcinin VA'in C5 vertebra transvers forameninden girmesi olarak yorumladığı bir olgu ve ekstradural orjinli PICA olarak yorumladığı bir olgu ikinci gözlemci tarafından normal, 2. gözlemcinin 1 arkus aorta orjinli VA ve 2 ekstradural PICA olgusu birinci gözlemci tarafından normal olarak yorumlandı. Dört VA de her iki gözlemci birbirinden farklı varyasyonlar tespit etti. **Sol VA**'de ise gözlemciler arasında anlamlı ($\kappa= 0.703$) kabul edilen uyum saptandı. Dört sol VA hipoplazisi, 2 ekstradural PICA, 8 arkus aorta orijini her iki gözlemci tarafından aynı şekilde yorumlandı. Her iki gözlemci 3 olguda VA'in transvers foramenden giriş düzeyini eş olarak yorumladı. Birinci gözlemcinin hipoplazi olarak yorumladığı 1 olgu, ekstradural orjinli PICA olarak yorumladığı 3 olgu, C5 transvers foramenden giriş tespit ettiği 2 olgu ikinci gözlemci tarafından normal olarak değerlendirildi. İkinci gözlemci tarafından ekstradural orjinli PICA saptanan 1 olgu ve C5 transvers foramenden giriş tespit edilen bir olgu birinci gözlemci tarafından normal olarak değerlendirildi. İki olguda gözlemciler birbirinden farklı varyasyonlar tespit ettiler. En yüksek uyum anormal orjin (arkus aorta orjinli) varyasyonunda, en düşük uyum ise V2 segment varyasyonunda bulundu.

Altmış dört dedektörlü BT’de **sağ VA** bulgularında gözlemciler arası anlamlı ($\kappa= 0.784$) kabul edilen uyum saptandı. Altmışbir sol VA hipoplazisi, 25 ekstradural orjinli PİCA, 10 arkus aorta orijini her iki gözlemci tarafından aynı şekilde yorumlandı. Her iki gözlemci 21 olguda VA’nin transvers foramenden giriş düzeyini eş olarak yorumladı. Yirmialtı olguda V4 segment varyasyonu her iki gözlemci tarafından eş olarak tespit edilmiştir. Birinci gözlemci tarafından sağ VA de hipoplazi olarak değerlendirilen 2 olgu, ekstradural PİCA çıkışı olarak değerlendirilen 4 olgu, C4 ve C5 foramenden giriş gösteren toplam 10 olgu ve V4 segment varyasyonu tespit edilen 2 olgu 2. gözlemci tarafından normal olarak değerlendirildi. İkinci gözlemci tarafından V4 segment varyasyonu tespit edilen 3 olgu ve ekstradural PICA orjini tespit edilen 1 olgu birinci gözlemci tarafından normal olarak değerlendirildi. Sonuçlar arasında en yüksek uyum anormal orjin ve hipoplazi varyasyonlarında elde edildi. En düşük uyum ise V2 segment varyasyonlarında tespit edildi. **Sol VA** bulgularında ise neredeyse mükemmel ($\kappa= 0.855$) uyum gözlemlendi. Yirmiiki VA hipoplazisi, 22 anormal orjin, 20 ekstradural PICA, 8 V4 segment varyasyonu her iki gözlemci tarafından aynı şekilde yorumlandı. Her iki gözlemci 20 olguda VA’nin transvers foramenden giriş düzeyini eş olarak yorumladı. Birinci gözlemcinin V4 segment varyasyonu olarak yorumladığı 5 olgu, ekstradural orjinli PİCA olarak yorumladığı 4 olgu, hipoplazi olarak yorumladığı 2 olgu, anormal transvers foramen girişi olarak yorumladığı 1 olgu ikinci gözlemci tarafından normal olarak değerlendirildi. İkinci gözlemcinin V4 segment varyasyonu olarak yorumladığı 4 olgu, ekstradural orjinli PİCA olarak yorumladığı 6 olgu birinci gözlemci tarafından normal olarak değerlendirildi. Beş VA’de her iki gözlemci birbirinden farklı varyasyonlar tespit etti. Sonuçlar arasında en yüksek uyum VA hipoplazisinde, en düşük uyum V4 segment varyasyonlarında bulundu.

4.2.2 Varyasyonlar-saptanma sıklığı

Gereç-yöntem bölümünde belirtildiği gibi uyumsuz sonuçlar 2 gözlemcinin ortak değerlendirmesi ile tekrar gözden geçirildi. Konsensus sonucu her veri için son karar verilerek varyasyonların saptanma sıklığı ve segmentlere göre dağılımı araştırıldı. Buna göre değerlendirilen toplam 500 sağ VA’ın 342’sinde (% 62.6), sol

VA'nın ise 404'ünde (% 74.3) hiç varyasyon saptanmadı. Sıklığı en yüksek oranda saptanan varyasyon sağ VA hipoplazisi idi (n=74, % 13.6). Sol VA hipoplazisi 30 olguda saptanmış olup, sıklığı % 5.3 bulundu. Her iki vertebral arterin de hipoplazik olduğu tek olgu (% 0.2) tespit edildi.

Vertebral arter sağda 19 olguda (% 3.5), solda 5 olguda (% 0.9) distalde PİCA olarak sonlanmış olup, bu varyasyonun % 95 sıklıkla VA hipoplazisine eşlik ettiği görüldü. Sağ VA 16 (% 2.9) olguda, sol VA ise 3 (% 0.6) olguda sadece V4 segmentte hipoplazikti. Sol VA V4 segmentinin ve PİCA'nın görüntülenemediği ve aplastik olduğuna karar verildiği tek olgu (% 0.2) saptandı. Sağda 9 olguda (% 1.6), solda ise 8 olguda (% 1.5) olguda PİCA baziler arterden AİCA ile tek trunkusdan orjin almaktaydı.

Tüm olgularda en sık saptanan orjin varyasyonu arkus orjinli sol VA' idi. Sağ VA'de 13 olguda (% 2.4), solda ise 29 olguda (% 5.3) anormal orjin saptandı. Anormal orjinler sağ tarafta SKA'nın 2. dalı (n=4), brakiosefalik trunkus (n=5) ve ana karotis arter proksimali (n=4) iken, sol tarafta anormal orjin saptanan tüm olgularda VA arkus aortadan orjin almıştı. Sağ VA'nın sağ ana karotis proksimalinden orjin aldığı tüm olgularda ayrıca aberan sağ SKA arter varyasyonu izlendi. Sol VA'nın iki orjinden (ikisi de arkus aorta, sol ana karotis arter ile sol SKA arası) çıkarak, çift seyrettiği ve V2 segmentte C4 vertebra düzeyinde birleştiği 2 olgu (% 0.4) tespit edilmiş olup segmental/parsiyel duplikasyon olarak yorumlandı. Sadece 2 olguda (% 0.4) bilateral anormal orjin saptanmış olup, her iki olguda sol VA arkus aortadan orjin alırken, sağ VA olguların birinde sağ ana karotis arter proksimalinden, diğerinde ise brakiosefalik trunkusdan orijin almaktaydı.

Sağ VA V2 segmenti olguların % 92.7 'sinde, sol VA olguların % 94.3' ünde C6 vertebra transvers forameninden girmektedir. Bunun dışında bu segmentte saptanan diğer varyasyonlar; C5 ve C4 transvers foramenden giriş olup sırasıyla sağda 34 olguda (% 6.2), solda ise 28 olguda (% 5.1) C5, sağda 5 olguda (% 0.9), solda 3 olguda C4 (% 0.6) düzeyinden giriş saptandı. Ayrıca sadece 1 olguda sağ VA'nın C7 vertebra transvers forameninden girdiği saptandı (% 0.2). Vertebral arter V2 segment varyasyonu izlenen olgularda % 45 (n=32) oranında anormal orjin varyasyonu eşlik etmekteydi.

Vertebral arter V3 segmentte saptanan varyasyon; PICA'nın ekstradural orjinli olması, V3 segmentten orjin alması olup sağ VA'de 27 olguda (% 4.9), sol VA'de 31 olguda (% 5.7) tespit edildi. Ayrıca sadece 2 olguda (% 0.4) sağ VA V3 segmenti atlasın transvers forameninden geçmeden kraniuma girmekte idi.

Vertebral arter fenestrasyonu sadece 4 olguda (% 0.7) tespit edilmiş olup tamamı sağ VA'de idi. Bunlardan 2'si V4 segmentinde, diğer 2'si ise atlantoaksiyal kavşak düzeyinde olup biri V3, diğeri V4 segmentteydi.

Onaltı ve 64-dedektörlü BT'de varyasyon sıklıkları karşılaştırılmış olup, sonuçlar sağ ve sol VA için istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (sağ için $p=0.573$, sol için $p=0.470$). Her iki cihazın varyasyon verileri, tüm olgularda saptanan varyasyon sayısı ve yüzdeleri Tablo 2 de verilmiştir.

4.3.1 Darlık-gözlemciler arası uyum

Beşyüz **sağ VA** taraması sırasında toplam 106 segment gözlemciler tarafından dar, diğerleri normal olarak yorumlanmıştır. Darlık saptanıp saptanmamasına göre her iki gözlemcinin sonuçları 16-dedektörlü BT'de mükemmel ($\kappa=0.981$), 64-dedektörlü BT'de ise anlamlı uyum ($\kappa=0.788$) gösterdi. Yüzaltı segmentin 73'ü her iki gözlemci tarafından aynı segment olarak doğru lokalize edildi (32'si V1 segment, 10'u V2 segment, 4'ü V3 segment ve 27'si V4 segment). Birinci gözlemci tarafından "dar" olarak yorumlanan 18 segment (V1=12, V2=1, V3=3, V4=2), 2. gözlemci tarafından 'normal', 2. gözlemci tarafından "dar" olarak değerlendirilen 12 segment (11'i V1 segment, 1'i V4 segment) ise 1. gözlemci tarafından "normal" olarak değerlendirildi. Kalan 3 olguda ise farklı segmentler gözlemciler tarafından dar olarak yorumlandı. Darlıkların doğru lokalize edilip edilmemesine göre her iki gözlemci verileri 16 ve 64 dedektörlü BT de orta uyum ($\kappa=0.595$ ve $\kappa=0.566$) göstermiştir. Sağ VA'in toplam 106 dar segmentinden 18'si oklüzyon, 20'si anlamlı darlık, 16'si ise hafif darlık olarak her iki gözlemci tarafından aynı şekilde yorumlandı. Birinci gözlemci tarafından dar olarak tanımlanan 20 segment (8 hafif darlık, 12 ileri darlık) 2. gözlemci tarafından "normal", 2.gözlemci tarafından "dar" olarak tanımlanan 10 segment (9 hafif darlık, 1 ileri darlık) 1.gözlemci tarafından "normal" olarak tanımlandı. Kalan 20 segmentteki darlık oranları ise gözlemciler

tarafından farklı farklı yorumlandı. Bu farklı yorumlardan 2'si gözlemciler tarafından oklüzyon ve ileri darlık, 18'i ise hafif ve anlamlı darlık olarak yorumlandı. Darlık oranlarında her iki gözlemcinin tahminleri 16-dedektörlü BT de anlamlı uyum ($\kappa=0.646$), 64-dedektörlü BT de zayıf uyum ($\kappa=0.275$) göstermiştir.

16 dedektörlü BT (120 olgu) / 64 dedektörlü BT (380 olgu) / Tüm olgular												
	sağ VA		sol VA		sağ VA		Sol VA		sağ VA		Sol VA	
Varyasyon tipleri	sayı	%	sayı	%	sayı	%	sayı	%	sayı	%	sayı	%
Normal	87	69.0	104	79.4	255	60.7	300	72.6	342	62.6	404	74.3
Anormal orjin	2	1.5	8	5.8	11	2.6	21	5.1	13	2.4	29	5.3
V2 segment C5	8	6.3	5	3.8	26	6.2	23	5.6	34	6.2	28	5.1
V2 segment C4	1	0.8	2	1.5	4	1.0	1	0.2	5	0.9	3	0.6
V2 segment C7	1	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0.2	0	0
Ekstradural orjinli PİCA	7	5.6	3	2.3	20	4.8	28	6.8	27	4.9	31	5.7
VA'in distalde PİCA olarak sonlanması	4	3.2	0	0	15	3.6	5	1.2	19	3.5	5	0.9
Hipoplazi	12	9.5	5	3.8	62	14.8	25	6.1	74	13.6	30	5.3
Fenestrasyon	0	0	0	0	4	1.0	0	0	4	0.7	0	0
Distal hipoplazi	3	2.4	2	1.5	13	3.1	1	0.2	16	2.9	3	0.6
PİCA'nın AİCA ile baziler arterden tek trunkus olarak çıkması	1	0.8	2	1.5	8	1.9	6	1.5	9	1.6	8	1.5
V3'ün atlasın transvers forameninden geçmemesi	0	0	0	0	2	0.5	0	0	2	0.4	0	0
Segmental duplikasyon	0	0	0	0	0	0	2	0.5	0	0	2	0.4
V4 aplazisi	0	0	0	0	0	0	1	0.2	0	0	1	0.2
Toplam	126	100	131	100	420	100	413	100	546	100	544	100

Tablo 2: Onaltı ve 64-dedektörlü BT cihazlarının varyasyon verileri, tüm olgularda saptanan varyasyon sayısı ve yüzdeleri verilmiştir.

Beşyüz **sol VA** arterin toplam 80 segmentinde gözlemciler tarafından darlık saptanmıştır. Darlık olup olmamasına göre her iki gözlemcinin verileri 16- ve 64-dedektörlü BT de sırasıyla mükemmel ($\kappa= 0.972$) ve anlamlı uyum ($\kappa= 0.747$)

göstermiştir. Dar segmentlerden 46'sı her iki gözlemci tarafından aynı segment olarak doğru lokalize edildi (20 V1 segment, 4 V2 segment, 2 V3 segment, 20 V4 segment). Birinci gözlemci tarafından dar olarak değerlendirilen 19 segment (11 V1 segment, 1 V2 segment, 3 V3 segment, 4 V4 segment) 2. gözlemci tarafından "normal", 2.gözlemci tarafından "dar" olarak değerlendirilen 10 segment (6 V1, 1 V2, 3 V4) 1.gözlemci tarafından "normal" olarak tanımlandı. Kalan 5 olguda ise farklı segmentler gözlemciler tarafından dar olarak yorumlandı. Darlıkların lokalizasyonları konusunda her iki gözlemcinin sonuçları 16 dedektör anlamlı uyum ($\kappa=0.646$), 64 dedektörlü BT de zayıf uyum ($\kappa=0.362$) göstermiştir. Gözlemciler tarafından dar olarak saptanan 80 segmentten 46'sında darlık oranları her iki gözlemci tarafından eş olarak yorumlandı (21 hafif darlık, 13 anlamlı darlık, 11 oklüzyon). Birinci gözlemci tarafından dar olarak tanımlanan 20 segment (8 hafif darlık, 12 ileri darlık) 2. gözlemci tarafından "normal", 2.gözlemci tarafından "dar" olarak tanımlanan 9 segment (9 hafif darlık, 1 ileri darlık) 1.gözlemci tarafından "normal" olarak tanımlandı. Kalan 5 segmentteki darlık oranları ise gözlemciler tarafından farklı farklı yorumlandı. Bu farklı yorumlardan 2'si gözlemciler tarafından oklüzyon ve ileri darlık, 18'i ise hafif ve anlamlı darlık olarak yorumlandı. Darlık oranları konusunda her iki gözlemci sonuçları 16- ve 64-dedektörlü BT de orta uyum (sırasıyla $\kappa=0.521$ ve $\kappa=0.538$) göstermiştir.

4. 3. 2. Darlık-saptanma sıklığı

Darlık sıklığını saptamak için uyumsuz sonuçlar gözlemciler tarafından tekrar gözden geçirildi. Tüm olgularda sağ ve sol VA'de segmentlere göre darlık sayı ve yüzdeleri verilmiştir (Tablo 3). Darlık aynı VA'in birden fazla segmentinde gösterilebildiği için, sağda toplam 70 (% 14) VA'de ve 106 segmentte, solda ise 54 (% 10.8) VA'de ve 80 segmentte darlık saptandı. Darlık hem sağ hem de sol VA'de en sık V1 segmentte lokalizeydi (sağ % 47.1, sol % 45.0). Yaş ile darlık arasında anlamlı kabul edilen pozitif korelasyon saptandı (Spearman katsayısı= 0.462, $p<0.01$).

VA (segment)	Sağ VA		Sol VA	
	Sayı	%	Sayı	%
70 (106 segment)		14	54 (80 segment)	10.8
V1	50	47.1	36	45.0
V2	11	10.3	6	7.5
V3	9	8.4	7	8.7
V4	36	33.9	31	38.7

Tablo 3: Sağ ve sol VA’de segmentlere göre darlık sayısı ve yüzdeleri verilmiştir.

4. 4. Orifis-gözlemciler arası uyum

Onaltı dedektörlü BT de tarama yapılan toplam 120 olguda; 97 sağ, 100 sol VA orifisi her iki gözlemci tarafından “optimum” görüntülenebildi. Her iki gözlemci 11 sağ VA ve 8 sol VA orifisini ise optimum görüntüleyemedi. Geriye kalan 12 olguda gözlemci yorumları birbirinden farklıydı. Hem sağ hem de sol tarafta olguların 7’sinde 1. gözlemci, 5’inde 2. gözlemci VA orifislerinin optimum değerlendirilemediğine karar verdi. Sağ ve sol VA orifislerinin değerlendirilmesinde her iki gözlemcinin 16 dedektörlü BT verileri orta düzeyde uyum gösterdi (sağ $\kappa=0.595$, sol $\kappa=0.523$). Uyum gösteren verilere göre 16 detektörlü BT de orifisin optimal görüntülenebilirliği sağ VA için % 80, sol VA için % 83 idi.

Altmışdört dedektörlü BT de tarama yapılan 380 olguda; 312 sağ VA, 326 sol VA orifisi her iki gözlemci tarafından “optimum” görüntülenebildi. Her iki gözlemci 37 sağ, 30 sol VA orifisini ise optimum görüntüleyemedi. Geriye kalan 31 sağ ve 24 sol VA orifisinin değerlendirilmesinde gözlemci yorumları birbirinden farklıydı. Birinci gözlemci 19 sağ, 16 sol VA orifisinin, 2. gözlemci 12 sağ, 8 sol VA orifisinin optimum görüntülenemediğine karar verdi. Altmışdört dedektörlü BT de gözlemciler arasında anlamlı uyum saptandı (sağ orifis $\kappa= 0.702$, sol orifis $\kappa= 0.694$). Uyum gösteren verilere göre 64 detektörlü BT de orifisin optimal görüntülenebilirliği sağ VA için % 82, sol VA için % 86 idi.

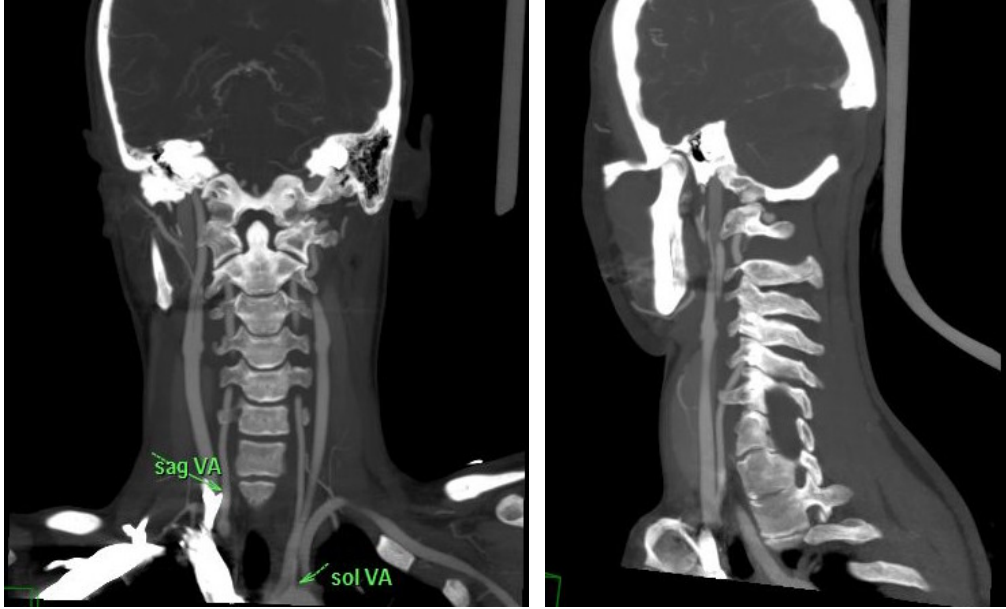
4.5. Anevrizma tespiti-gözlemciler arası uyum ve sıklık

Beşyüz sağ VA’ın toplam 6 segmentinde (1 V3, 5 V4), sol VA’ın ise 5 segmentinde (1 V2, 4 V4) gözlemciler tarafından anevrizma saptandı ve aynı

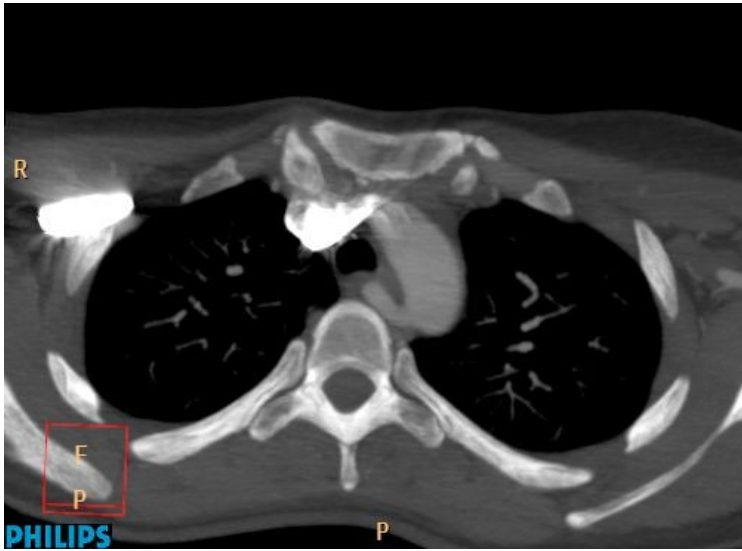
segment olarak doğru lokalize edildi. Saptanan bu anevrizmaların sadece 2'si sakküler anevrizmaydı ve biri sağ, diğeri sol VA'de PİCA çıkımında V4 segmentte lokalizeydi. Geriye kalan 9 segmentteki anevrizma fuziformdu. Bunlara ek olarak 2. gözlemcinin sol VA'nın 2 segmentinde (1 V2, 1 V3) saptadığı fuziform anevrizmayı 1. gözlemci "normal" olarak değerlendirdi. Anevrizma saptanmasında gözlemci verileri 16 ve 64-dedektörlü BT de, her iki VA için de mükemmel uyum gösterdi (16-dedektörlü BT de her iki VA için $\kappa=1.00$, 64-dedektörlü BT de sağ VA $\kappa=1.00$, sol VA $\kappa= 0.832$). Tüm olgularda % 0.8 (4 sağ VA, 4 sol VA) sıklıkta anevrizma saptandı.

5. RESİMLERLE OLGU ÖRNEKLERİ

Olgu 1: Bilateral anormal orjinli VA

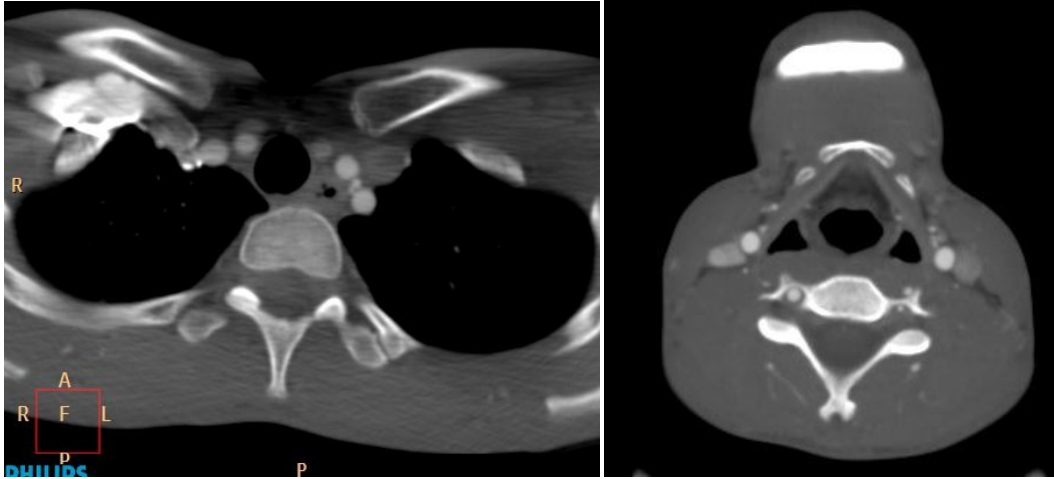


Resim 1a ve 1b: Koronal ve sagittal oblik MIP görüntülerde sağ VA; sağ ana karotis arter proksimalinden, sol VA; arkus aortadan sol SKA ile sol ana karotis arter arasından orjin almaktadır.

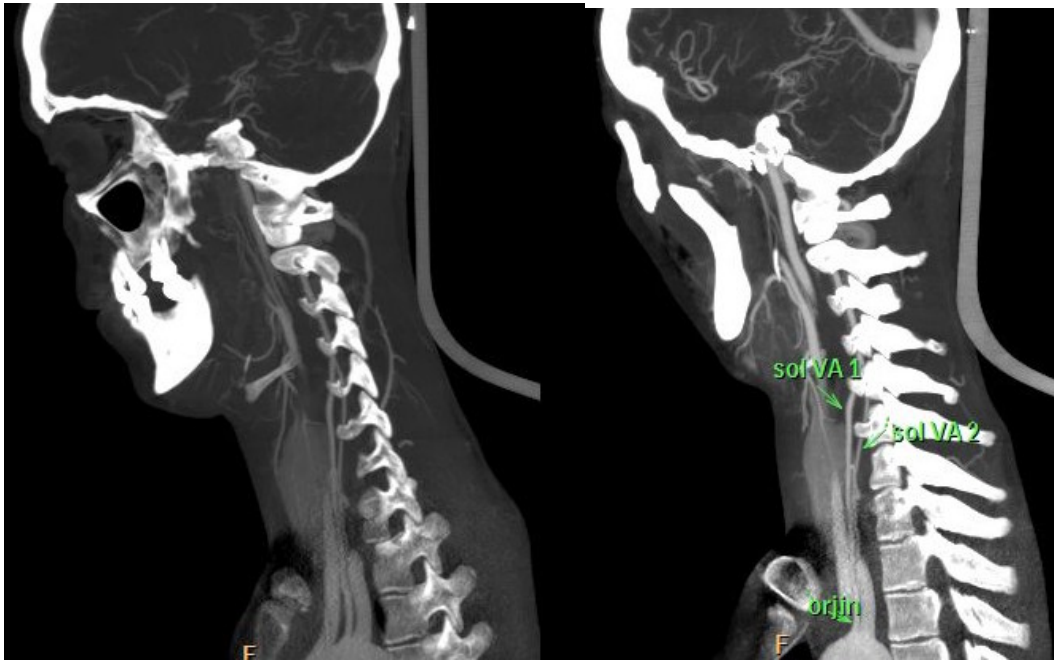


Resim 1c: Aksiyal planda MIP görüntüde aynı olguda eşlik eden aberan sağ SKA varyasyonu görülmektedir.

Olgu 2: Sol VA'in parsiyel/segmental duplikasyonu



Resim 2a ve 2b: Aksiyal planda MIP görüntülerde, sol ana karotis arter ve SKA arasında çift sol VA, daha üst kesitlerde C5 vertebra seviyesinde, küçük çaplı olanın transvers foramen içinde, daha büyük çaplı olan diğerrinin ise foramen dışında seyrettiği gösterilmiştir.



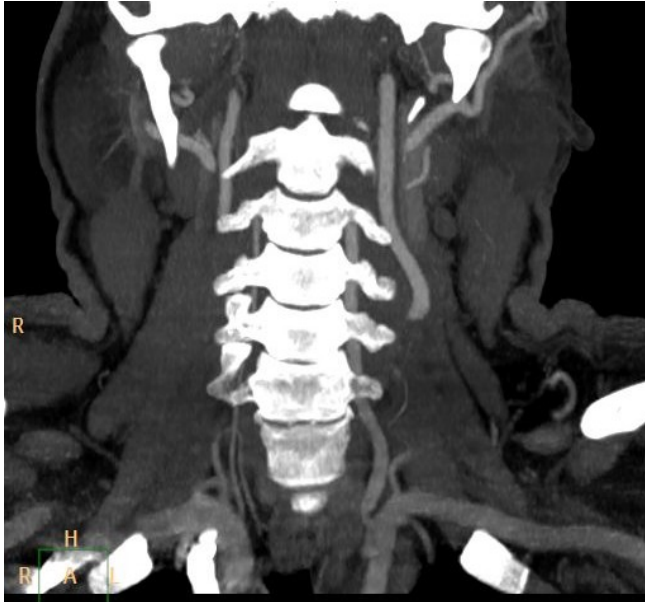
Resim 2c: Sagittal oblik MIP görüntüde sol VA'lerin arkus ortadan sol ana karotis arter ve SKA arter arasından çıkışı, çift seyrederek ve C4 vertebra seviyesinde birleştiği gösterilmektedir.

Olgu 3: Anormal orjinli sağ VA (SKA'in 2. dalı)



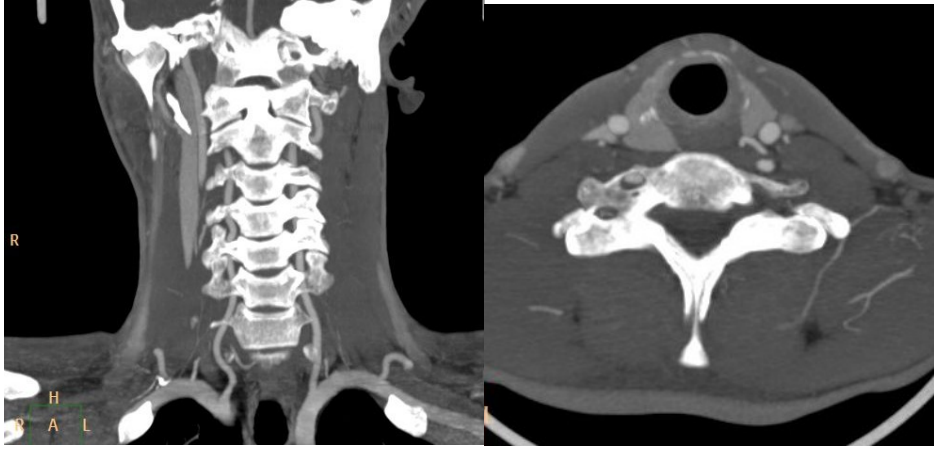
Resim 3: Koronal planda MIP görüntüde, anormal orjinli sağ VA (SKA'in 2. dalı) ve normal orjinli sol VA gösterilmiştir.

Olgu 4: Sağ VA Hipoplazisi



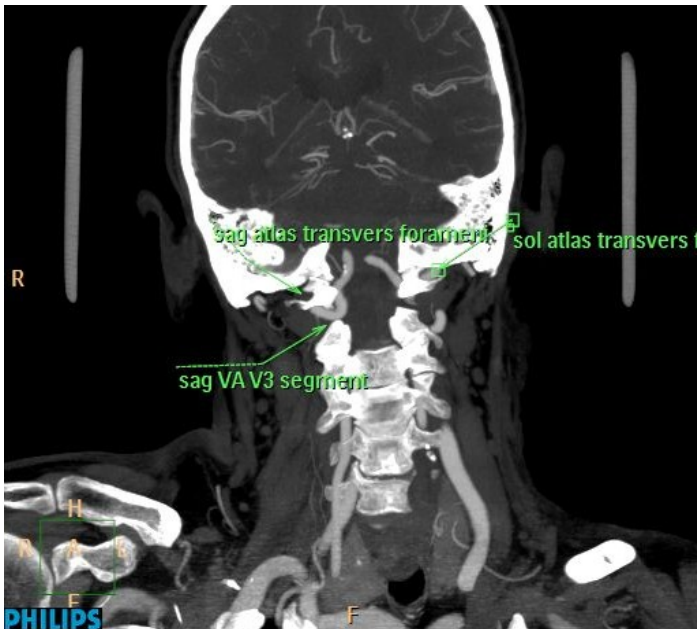
Resim 3: Koronal planda MIP görüntüde sağ VA hipoplazisi gösterilmiştir.

Olgu 5: Vertebral arter V2 segmentin C7 vertebra transvers forameninden girmesi



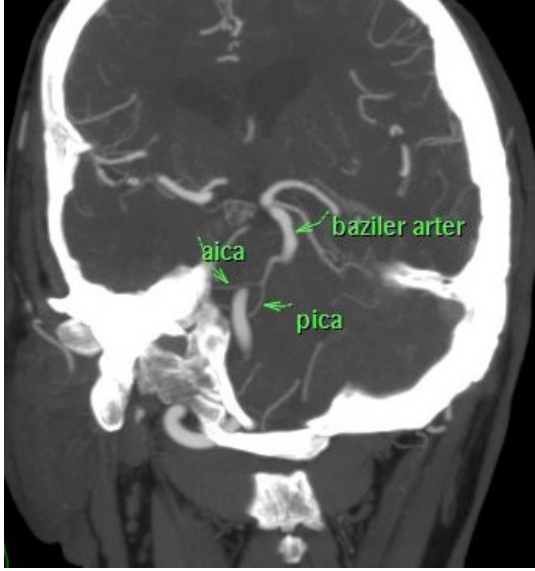
Resim 5a ve 5b: Koronal planda MIP görüntüde normal orjinli sağ ve sol VA, koronal ve aksiyal görüntülerde sağ VA'nın C7 vertebra transvers forameninden, sol VA'nın ise C6 vertebra transvers forameninden girişi gösterilmiştir.

Olgu 6: Vertebral arter V3 segmentinin atlasın transvers forameninden geçmemesi



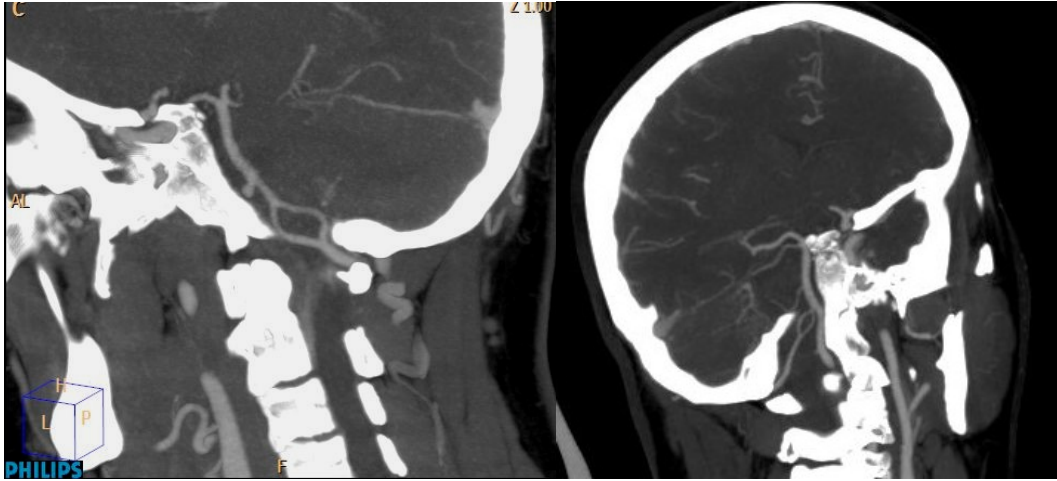
Resim 6: Koronal planda MIP görüntüde sağ VA'nın atlasın transvers forameninden geçmediği, sol VA'nın ise geçtiği gösterilmektedir.

Olgu 7: Anormal orjinli PİCA'nın, baziler arterden AİCA ile birlikte tek trunkusdan çıkması



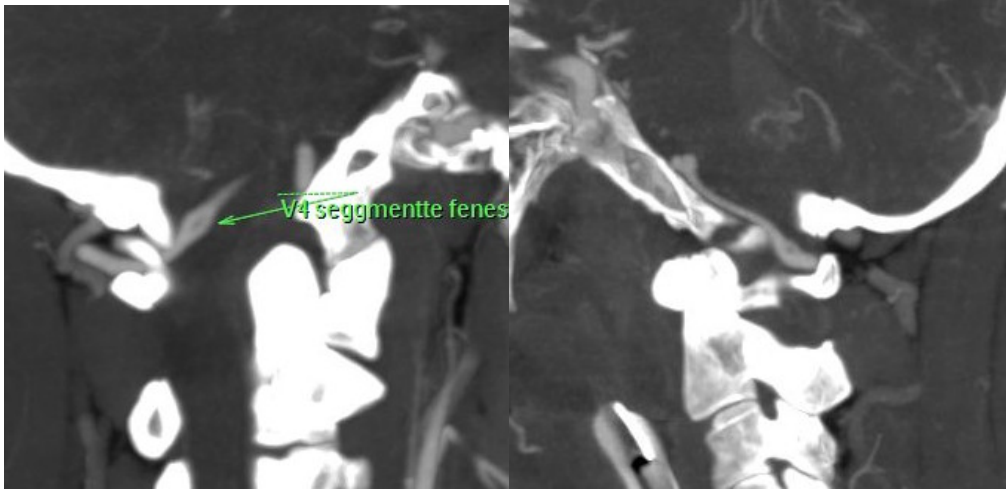
Resim 7: Koronal oblik MIP görüntüde PİCA'nın bazilerden AİCA ile birlikte tek trunkusdan çıkışı gösterilmiştir.

Olgu 8 ve 9: Vertebral arter V4 segmentte fenestrasyon



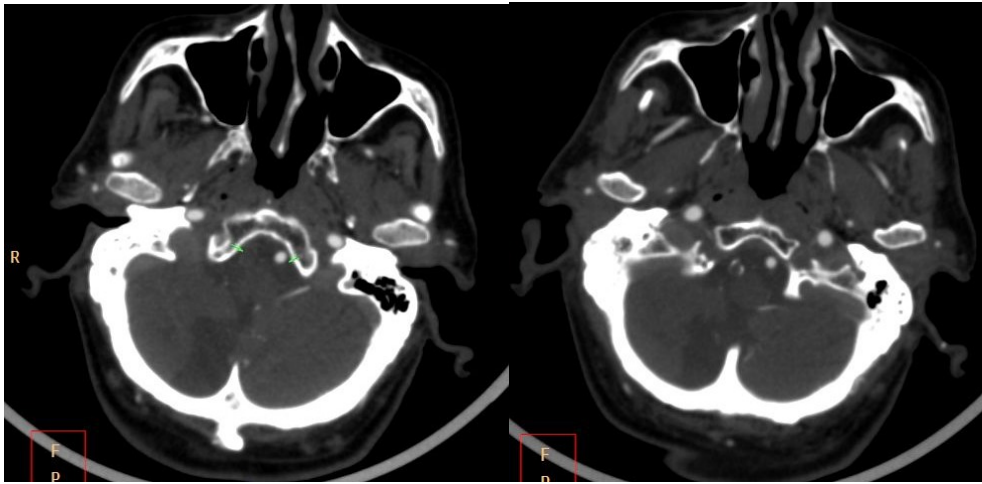
Resim 8 ve 9: Sagittal ve koronal MIP görüntülerde VA V4 segmentte fenestrasyon görülmektedir.

Olgu 10 ve 11: Vertebral arterde atlanto-aksiyel kavşak düzeyinde fenestrasyon

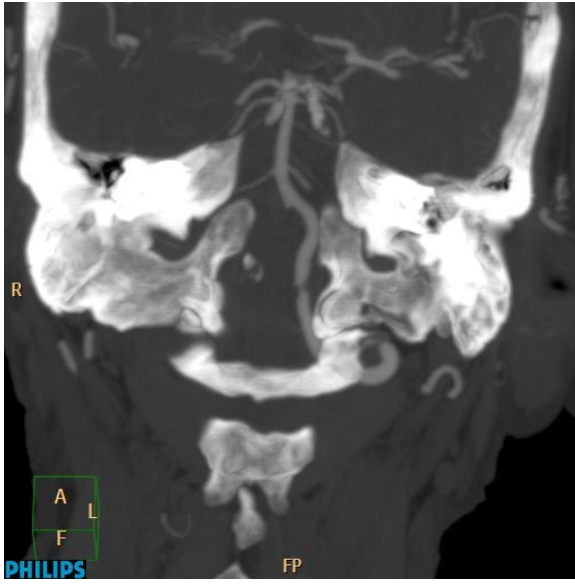


Resim 10 ve 11: Sagittal oblik MIP görüntülerde atlantoaksiyel kavşak düzeyinde V4 ve V3 segmentteki fenestrasyonlar gösterilmiştir.

Olgu 12: Vertebral arterde farklı segmentlerde anlamlı darlık ve oklüzyonlar



Resim 12a ve 12b: Aksiyal planda MIP görüntülerde sağ VA distalinde oklüzyon ve kalsifikasyon görülüyor.

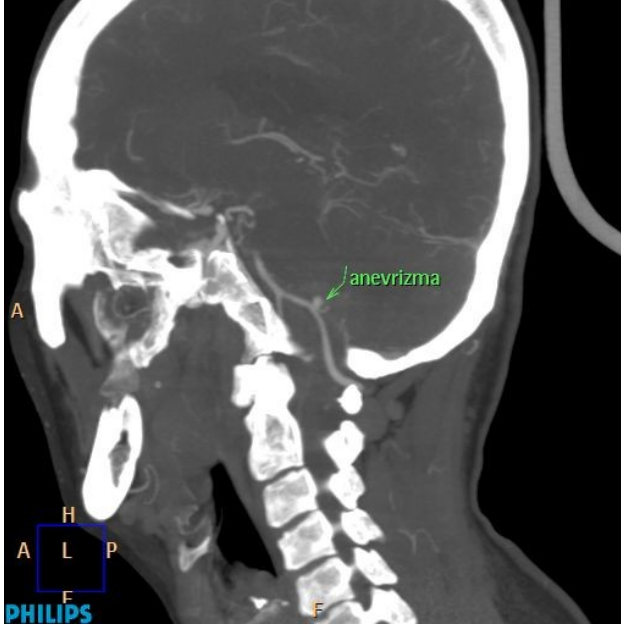


Resim 12c: Aynı olguda koronal planda MIP görüntüde sağ VA V3 ve V4 segmentte baziler bifürkasyona kadar olan oklüzyon, V4 segmentteki kalsifikasyon ve sol VA V4 segmentte anlamlı darlık gösterilmektedir.



Resim 12d ve 12e: Yine aynı olguda koronal ve koronal-oblik MIP görüntüde sağ VA orifisinde anlamlı darlık görülmektedir.

Olgu 13: Sol PİCA çıkımında sakküler anevrizma

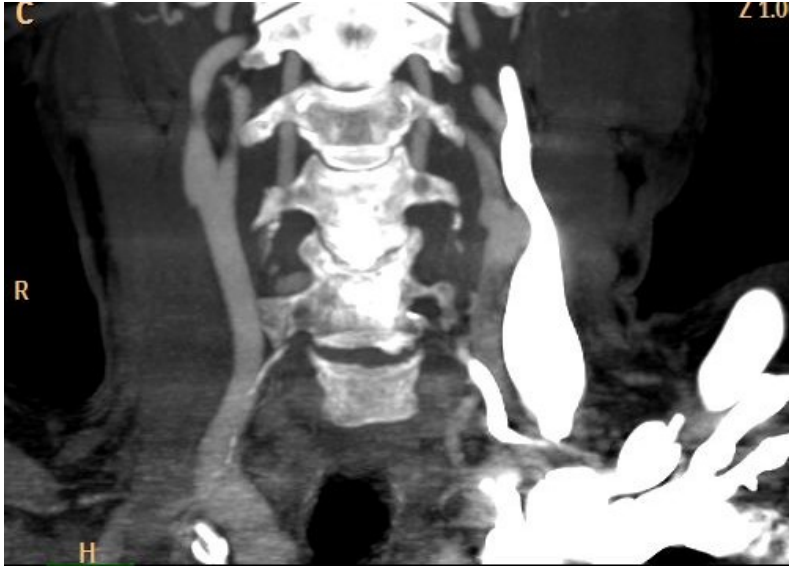


Resim 13: Sagittal oblik MIP görüntüde sol PİCA çıkımında sakküler anevrizma gösterilmiştir.

Olgu 14 ve 15: Orifisin arterfaktlar nedeniyle optimum görüntülenemediği olgular

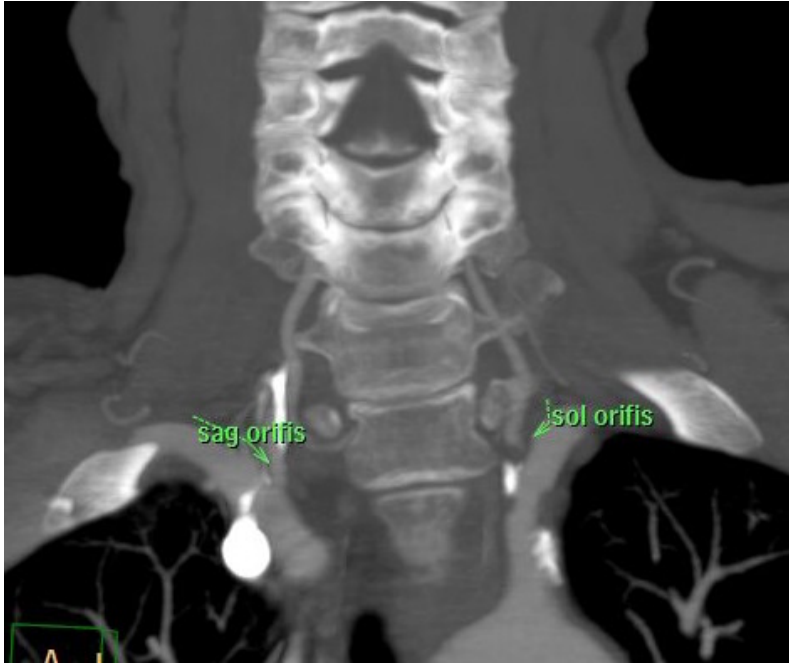


Resim 14: Koronal MIP görüntüde sağ VA orifisi kemik ve kontrast maddeye bağlı artefaktlar nedeniyle görüntülenememektedir.



Resim 15: Koronal plan MIP görüntüde sol VA orifisi kontrast maddeye bağlı artefaktlar nedeniyle optimum görüntülenememiştir.

Olgu 16: Sol VA orifisinde kalsifik/kalsifik olmayan plaklar ve oklüzyon



Resim 16a: Koronal MIP görüntüde sağ VA orifisi görüntülenebilmiştir. Sol VA orifisinde ve sol SKA'de kalsifik/kalsifik olmayan plaklar gösterilmiştir. Ayrıca sol VA orifisinde oklüzyon görülmektedir.

6. TARTIŞMA

Serebrovasküler iskemik inmelerin yaklaşık % 25'inin posterior sirkülasyon alanını ilgilendirmesi vertebro-baziler sistem patolojilerinin önemini ortaya koymaktadır (2,31,48,60). Posterior sirkülasyon patolojilerinde inme ve geçici iskemik atak başlangıç bulgusu olarak karşımıza çıkar (60). Ancak vertebro-baziler iskemi semptomlarının çok farklı şekillerde de ortaya çıkabilmesi, diğer sistem bulguları ile karışabilmesi ve stenoz olgularının asemptomatik olabilmesi posterior sirkülasyonda etyolojiye yönelik tanı koymayı zorlaştırır (2,60). Posterior sistem inmelerinin 1/5'inden VA orifis lezyonları sorumlu tutulmaktadır (2). Vertebral arter intradural segmenti ve baziler trunkus lezyonları daha az sıklıkta görülür (2). Bazı serilerde VA orifis lezyonunun sıklığı % 25-40 gibi çok yüksek oranlarda bildirilmiştir (60). Bu darlıklardan kaynaklanan emboliler ve hemodinamik iskemiler posterior sistem inmelerinde etyolojiyi oluşturur (2). Tüm bu nedenlere bağlı olarak posterior sistem patolojilerinde VA'nın özellikle de orifisin görüntülenmesi ayrıca önem taşımaktadır. Ancak VA'nın karakteristik anatomik özellikleri (tortiyoz ve horizontal seyri, asimetrik ve değişken damar çapları, büyük bir kısmının kemik yapı içinde ve venlerle bitişik seyretmesi gibi), karotis sisteme göre daha sık varyasyon göstermesi ve orifisinin artefaktlara maruz kalması görüntülenmesi zorlaştırmaktadır (48).

Dijital Subtraksiyon Anjiyografi hala aterosklerotik lezyonların ve suprapaortik ekstrakranial vasküler yapıların görüntülenmesinde altın standart olma özelliğini korumaktadır (1,48). Ayrıca DSA, VA darlıklarının yüksek doğrulukta gösterilmesine ve endovasküler girişime izin verebilmektedir (2). Katatere bağlı iatrojenik damar yaralanması (psödoanevrizma, hematoma, diseksiyon, tromboz ve oklüzyon gibi) ve emboli DSA'nın en önemli 2 riski olup, % 0.5-4 oranında kalıcı nörolojik defisit neden olabilmektedir (48,100). Bunun yanı sıra zaman alması, invazif ve pahalı olması, hastanede kalma gerekliliği, iyonize radyasyon riski, kontrast madde allerjisi ve nefropati risklerini de barındırmaktadır (101,102). Bu nedenle ekstrakraniyal VA aterosklerotik hastalığın tanısında ilk tercih edilecek görüntüleme yöntemi olmamalıdır (102). Renkli Doppler US, BTA ve MRA gibi

noninvazif teknikler konvansiyonel anjiografiye alternatif olabilecek ve çekici kabul edilen görüntüleme yöntemleridir (48).

Renkli Doppler US ve MRA önemli klinik sınırlılıklarına rağmen VA değerlendirilmesinde genellikle ilk aşamada kullanılabilecek görüntüleme yöntemleridir (48). Ultrasonografinin temel eksiklikleri VA'in anatomik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kemik artefaktları, VA'in tortiyoz ve horizontal seyri özellikle orifis görüntülemesini sınırlar (48). Manyetik Rezonans Anjiografi yüksek maliyetli olması, VA orifisinin kardiyak pulsasyon ve solunum hareketlerine bağlı oluşan artefaktlara maruz kalması nedeniyle sınırlı kullanılabilmektedir (48). Ayrıca MRA kullanılan tekniğe göre (2D, 3D TOF v.b) çeşitli tuzak görünümlere yol açmakta olup ham görüntülerle birlikte değerlendirilmeyi gerekli kılmaktadır. İki boyutlu TOF-MRA tekniği akım ve saturasyon artefaktlarından dolayı tıkalı hastalıkların darlık oranlarını abartılı gösterme eğilimindedir (103,104). Yine bu teknik büyük damarların orjinlerini değerlendirmede yetersiz kalmaktadır ve ülseratif lezyonların saptanmasında güvenilir olmayabilir (103,104). Bu nedenle arkus aorta ve supraaortik ana damar orjinlerinin değerlendirilmesinde 3 boyutlu kontrastlı MRA kullanılmalıdır (105). Ancak literatürde vertebro-baziler sistem, özellikle de ekstrakranial vertebral arterin değerlendirilmesinde kontrastlı MRA' nin etkinliğine yönelik az sayıda çalışma bulunmaktadır (86,87).

Bilgisayarlı Tomografi Anjiografi'nin VA değerlendirmesindeki etkinliği konusunda literatürde çok az bilgi bulunmaktadır (48). Farres MT ve ark. yaptıkları bir çalışmada VA arter patolojileri ve orifisinin aterosklerotik değişikliklerinin görüntülenmesinde BTA kullanımının giderek arttığını belirtmişlerdir (57). Bu gelişmedeki belirleyici faktör ÇKBT'nin kullanıma girmesi ve tek kesitli BT'de karşılaşılan tarama kısıtlılığı, hareket artefaktları ve sınırlı rekonstrüksiyon gibi temel problemlerin ÇKBT ile aşılabilmesiyle mümkün olabilmiştir (48). Çok Kesitli BT ile gantri rotasyon süresinin 0,5 saniyeye indirilmesi ve 1 mm'nin altında kesit almaya olanak tanınması sayesinde daha geniş anatomik bölge daha kısa sürede daha ince kesitlerle taranabilir hale gelmiştir. Böylece Çok Kesitli BTA ile vasküler lezyonların gösterilebilmesi ve anatomik karakterizasyonu için yüksek kalitede hacim bilgisi ve z eksen çözünürlüğü yüksek anjiyografik görüntüler oluşturulabilmektedir. Çok kesitli BTA farklı planlarda görüntüler elde edilebilmesi

nedeniyle özellikle karmaşık aortik arkusu olan vakalarda girişimsel ve cerrahi tedavi kararında iyi bir yol göstericidir (38). Bilgisayarlı tomografi anjiyografi DSA ile karşılaştırmalı çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlar nedeni ile karotis sistemin noninvazif görüntülenmesinde nispeten standart hale gelmiştir (6). Ancak VA için aynı şeyi söylemek henüz mümkün değildir. Her ne kadar kullanımının giderek arttığı belirtilse de etkinliği konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. Üstelik etkin olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur (91). Vertebral arterlerin nispeten ince kalibrasyonlu olması ve karotis sisteme göre daha sık varyasyon izlenebilmesi noninvazif olarak değerlendirmeyi zorlaştırırken, özellikle orifisinin artefaktlara maruz kalması ve büyük bir kısmının (V2 segment) kemik yapı içinde seyretilmesi BTA' da görüntülemeyi karmaşık hale getirmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, geniş hasta grubunda iki gözlemci verileri arasındaki uyum araştırılarak ÇKBT anjiyografinin VA değerlendirilmesindeki etkinliğini saptamaktadır.

Bizim çalışmamızda her iki gözlemcinin bağımsız yorumları VA varyasyonlarının saptanmasında tüm segmentlerde istatistiksel olarak uyumlu çıkmıştır ($\kappa > 0.703$). Özellikle hipoplazi ve anormal orjin varyasyonlarında her iki gözlemci yorumları daha yüksek oranda uyum içerisindedir. Vertebral arter V4 segment düzeyinde uyum oranlarının daha düşük olduğu dikkati çekmiştir. V4 segmentten ayrılan PICA'nın ince kalibrasyonlu ve kıvrımlı yapısı takip edilebilmesini sınırlamış, bu da gözlemci yorumlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Posterior inferior serebellar arter serebellar arterler içerisinde en kompleks ve değişken olanıdır ve PICA'nın orjin lokalizasyonu oldukça değişkendir (106,107). Ayrıca VA V3 segmentten çıkan ekstradural orjinli PICA, atlantoaksiyal kavşak düzeyindeki kemik yapıya bağlı oluşan artefaktlar nedeniyle atlanabilmektedir. Bu durumda özellikle PICA'nın normal orjinli olmadığı olgularda sagittal reformat görüntülerin kullanılması ekstradural orjinli PICA'nın görüntülenmesinde yarar sağlamıştır. Vertebral arter V2 segment varyasyonlarında ortaya çıkan farklılıklar, MPR görüntülemenin önemini ortaya koymuştur. Anormal orjin varyasyonlarına V2 segment varyasyonlarının da eşlik etmesi, bu varyasyonun saptandığı olgularda V2 segmentin daha detaylı incelenmesini gerektirmektedir. Son olarak VA orifisinin kemik ve kontrast madde artefaktları nedeniyle optimum görüntülenemediği

olguların varlığı, anormal orjin varyasyonlarında ortaya çıkan küçük farklılıkları açıklamaktadır.

Tarama sonuçları ve gözlemciler arası konsensus sonucu belirlenen varyasyon sıklıklarına göre tüm olgularda en sık saptanan varyasyon VA hipoplazisidir (n= 104, % 18.9). Vertebral arter hipoplazisi genellikle tek taraflı olup, anatomik çalışmalarda % 12 sıklıkta gösterilmiştir (17). Bizim sonuçlarımıza göre sağda % 13.6, solda % 5.3 sıklıkta VA hipoplazisi saptanmıştır. Songur A ve ark.'nın yaptığı kadavra çalışmasında % 20 oranında sağ VA hipoplazisi, % 14.4 oranında sol VA hipoplazisi, % 4.8 oranında bilateral hipoplazi saptanmıştır (108). Puchner S ve ark. BTA ile yaptıkları çalışmada 65 olguda 14 (% 21.5) VA'de hipoplazi saptamışlardır. Vertebral arter hipoplazisinde saptadığımız sıklık oranları kadavra çalışmalarına göre daha düşük olmakla birlikte, BTA çalışmalarındaki sonuçlara yakındır. Tamamen uyumlu sonuçlar elde edilememesinin nedeni literatürde VA hipoplazisi tanımı için belirtilen çap farklılıkları ile açıklanabilir. Biz çalışmamızda 2 mm ve daha küçük çaplı VA'leri hipoplazi olarak kabul ettik.

Vertebral arterin en sık saptadığımız orjin varyasyonu arkus orjinli sol VA'dir. Anormal orjinli VA çok sık görülen bir varyasyon olmayıp, iki tip orjin varyasyonu diğerlerine göre daha sıktır (34). Bunlardan ilki arkus orjinli sol VA'dir (34). Geniş çaplı bir otopsi çalışmasında sol VA'in % 2.4-5.8 oranında arkus aortadan orjin aldığı belirtilmiştir (15,16,34). Diğerlerine göre daha sık görülen ikinci VA orjin varyasyonu ise sağ VA'in sağ ana karotis arter proksimalinden çıkmasıdır (34). Sağ VA'in ana karotis arter orjinli olması durumunda ipsilateral aberan sağ subklavyen arter varyasyonunun eşlik etmesi kaçınılmazdır (34,109). Genel olarak anormal orjinli sağ VA'in sola göre daha nadir görüldüğü belirtilmekte olup literatürde saptanan az sayıda olgu bildirilmiştir (34). Normalde sağ VA SKA'nın posterior süperiorundan ayrılan ilk dalıdır. Ancak bazı olgularda SKA'nın ikinci dalı olarak arteria thyroidea ima ile inferior tiroidal arter arasından çıkabilir. Ayrıca sol SKA distalinde arkus aortanın son dalı olarak ya da brakiosefalik trunkustan sağ SKA arter ile sağ ana karotis arter arasından veya karotis arterlerden çıkabilir. Taramalarımızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre sol VA arkus aortadan orjin alma sıklığı literatürle uyumludur (% 5.3). Sağ VA orjin varyasyonları genellikle olgu

sunumları şeklinde tanımlandığı için sıklığı konusunda doğru ve yeterli veriye ulaşılamamakla birlikte, bizim çalışmamızda % 2.4 gibi bir oranla aslında çok da nadir olmadığı görülmüştür.

Çalışmamızda 2 olguda (% 0.4) bilateral anormal orjin saptanmış olup, her iki olguda da sol VA arkus aortadan orjin alırken, sağ VA olguların birinde ana karotis arter proksimalinden ve diğerinde ise brakiosefalik trunkustan orjin almaktadır. Literatürde her iki VA'in anormal orjinli olup, ikisinin de arkus aortadan orjin aldığını gösteren olgular tanımlanmıştır (16,36,37). Ancak bizim çalışmamızda saptandığı şekilde bilateral farklı anormal orjin ise bildiğimiz kadarıyla daha önce tanımlanmamıştır.

Çalışmamızda 2 olguda (% 0.4) sol VA'in parsiyel/segmental duplikasyonu saptanmış olup, literatürde bizim saptadığımız olguyla aynı özellikte bilinen olgu bulunmamaktadır. Ancak sağ veya sol VA'in duplike orjinli olup, çift seyrettiği ve V2 segment düzeyinde tekrar birleştiğini gösteren olgular bulunmaktadır (15,16,34,106). Bu olguların bizimkinden farkı orjinlerden biri arkus aorta diğeri ise SKA arter proksimali (normal orjin) iken, bizim olguların ikisinde de sol VA'in duplike orjinlerinin ikisi de sol SKA ile sol ana karotis arter arasında arkus aortadan kaynaklanmaktadır. Vertabral arter duplikasyon sıklığının % 0.7 oranında görüldüğü belirtilmektedir (106).

Vertebral arterin en sık saptadığımız V2 segment varyasyonu sıklık sırasına göre VA'in C5, C4 ve C7 vertebra transvers foramenlerinden girmesidir. Bilgisayarlı Tomografi anjiyografi ve MRA ile retrospektif olarak yapılan çalışmalarda tanımlanan varyasyon oranları birbirine yakın olup C6 transvers forameninden geçme sıklığı ortalama % 93-94.9, anormal olarak diğer seviyelerden giriş sıklığı % 5.1-7'dir. Bunlar sıklık sırasına göre C5 (% 3.3-5), C4(% 1-1.6), C7 (% 0.3-0.8) ve C3 (% 0.2) seviyeleridir. Biz C6 dışında en sık C5 (sağ % 6.2, sol % 5.1) ve C4 (sağ % 0.9, sol % 0.6) seviyelerinden giriş yaptığını tespit ettik. Bulgular literatür bilgileriyle uyumludur. V2 segment varyasyonların sağ ya da sol tarafta görülme sıklığı birbirine yakın ve genellikle unilateraldir, nadiren bilateral olabilir (32,39). Vertebral arter orjin varyasyonlarının genellikle V2 segment varyasyonları ile birliktelik gösterdiği

bilinmektedir (34). Çalışmamızda anormal orjin saptadığımız olguların % 45'nde V2 segmentin C5 ya da C4 vertebra transvers foramenlerinden girdiği saptanmıştır.

Vertebral arter V3 segmentinin atlasın transvers forameninden geçmeden intrakranial uzanımı nadir görülen bir varyasyon olup, 2008 yılı öncesi literatürde sadece DSA ve otopsi serilerinde saptanan sayılı olgu bulunmaktadır (28,40). Yamaguchi ve ark. BTA ile yaptıkları bir çalışmada bu varyasyon sıklığını % 1.8 (n=5) olarak belirtmiştir (110). Ek olarak 2009'da Duan S ve ark. BTA ile saptadıkları 4 vaka daha bildirilmiştir (28). Çalışmamızda bu varyasyon % 0.4 (n=2) sıklıkta saptanmış olup, literatür verilerine göre daha düşük oranda bulunmuştur. Bunun nedeni genel olarak taramalarımızda inceleme süresini arttıracak gerekçesi ile VRT algoritminin kullanılmamasına bağlı olabilir. Literatürde ekstradural orjinli PİCA % 5-20 oranıyla oldukça değişken sıklıktadır (107). Ekstradural orjinli PİCA'nın önemi PİCA çıkımından kaynaklanan anevrizmanın ekstradural olabileceği anlamına gelmesi, bunun tanımlanmasının da cerrahi yaklaşımı değiştirmesidir. Ayrıca ekstradural orjinli PİCA varlığında, PİCA'da diseksiyon gelişme riski arttırmakta bu da enfarkt gibi daha ciddi sonuçlara neden olabilmektedir (107). Posterior inferior serebellar arter normal anatomik lokalizasyonunda izlenmediği zaman, AİCA ile birlikte baziler arterden tek trunkusdan çıkabilir, anjiyografik incelemelerde bu varyasyon % 2.3 sıklıktadır (43,44,45). Yine VA distalde aplastik olup, PİCA olarak sonlanabilir. Anjiyografik çalışmalarda bu varyasyon sıklığı % 2 olarak belirtilmektedir (43,44,45,106). Ayrıca bu varyasyona genel olarak VA hipoplazisinin eşlik ettiği saptanmıştır. Bizim olgularımız içerisinde bir olguda (% 0.2) sol VA V4 segmenti ve PİCA izlenmemiş ve aplastik olduğu kabul edilmiştir. Literatürde anjiyografik incelemelerde genel popülasyonda VA'nın distalde % 0.2 oranında hiç görüntülemeyip aplastik olduğu bildirilmiştir (41). Manyetik Rezonans Anjiyografi ile yapılan bir çalışmada bu oran asemptomatik olgularda % 4.6 bulunmuştur, ancak bu sıklık oranına VA'nın distalde aplastik olup, PİCA olarak sonlandığı olgular da dahil edilmiştir (41). Vertebral arter V3 ve V4 segment varyasyonlarında elde ettiğimiz sonuçlar genel olarak literatürdeki DSA, MRA ve BTA verilerine yakın olmakla birlikte göre daha düşük oranlardadır. Bu durum PİCA'nın karmaşık, kıvrımlı ve değişken anatomik yapısı, orjin farklılıkları ve ince

kalibrasyonlu olmasına bağlı olarak BTA ile bu seviyede varyasyon tanınmasını zorlaştırmasıyla açıklanabilir.

İntrakranial fenestrasyonlar posterior sirkülasyonda ve genellikle vertebro-baziler bileşkede, anterior dolaşımı oluşturan arterlere oranla daha sık görülmekte olup, otopsi ve anjiografi çalışmalarında BTA'e göre daha yüksek oranlarda saptanmaktadır (50). Vertebral arter fenestrasyonları çok nadirdir (% 0.3-2) ve genellikle atlantoaksiyal kavşak düzeyinde görülür (50). Çalışmamızda % 0.7 sıklıkta VA fenestrasyonu saptanmış olup, sıklık ve yerleşim yeri literatürle uyumludur.

Vertebral arter varyasyonlarının klinik önemi çok iyi bilinmese de tanımlanması önemlidir. Anormal orjin varyasyonlarındaki anatomik dispozisyonun vertebro-baziler yetmezlik ya da artmış hemodinamik stres ve posterior kominikan arter orjinli sakküler anevrizma gelişimi gibi bazı serebrovasküler patolojik durumlar için risk oluşturabileceği düşünülmektedir (16). Ayrıca tanısal amaçlı serebrovasküler görüntülemelerde anormal orjinli VA potansiyel bir yanıltıcıdır. Bir veya her iki VA'in anormal seyri DSA sırasında veya BTA ve MRA gibi non-invazif görüntüleme yöntemlerinde yanlış yorumlara neden olabilir (16). Bu nedenle olası VA orjin varyasyonlarının bilinmesi arkus aorta cerrahi ve endovasküler tedavi planlanmasında oldukça önemlidir (16). Vertebral arter hipoplazisinin posterior sistem inmelerinde risk faktörü olabilmesi nedeniyle tanımlanması gerekmektedir (17,47). Vertebral arter V2 segmentinin anormal giriş göstermesi foramen içinde olmayan kesimlerin korumalı olmadığı anlamına gelir. Bu nedenle bu varyasyonun önceden bilinmesi intraoperatif VA yaralanma riskini azaltır (39).

Vertebral arter stenozunun en önemli nedeni aterosklerozdur (2,3,4). Stenozlar VA'in en sık V1 segmentinde izlenmektedir (5). Karotis stenozlarının aksine, vertebral arter stenozları hakkında daha az bilgiye sahip olmamızın olası nedeni, vertebral arterin görüntülenmesinin nispeten zorluğu ve cerrahi seçeneklerin sınırlı olması olabilir (2). Ancak gelişen görüntüleme ve endovasküler tedavi yöntemleri, bu durumu değiştirmektedir. Literatürde bir çalışmada akut posterior iskemisi olan 103 olgu incelenmiş, bu hastalarda baziler arter, VA ve PSA değerlendirilmesinde BTA ile intra ve ekstrakranial doppler US bulguları karşılaştırılmış, aynı hasta grubundan 22 olguya DSA yapılarak BTA ve DSA bulguları ayrıca karşılatırılmıştır.

Posterior sirkülasyonun değerlendirilmesinde BTA ile doppler US arasında düşük korelasyon bulunmuştur. Bilgisayarlı tomografi anjiyografi ile DSA bulguları karşılaştırıldığında; DSA'da vertebral arterde lezyon saptanan 14 olgunun, BTA ile 13'ü gösterilebilmiştir. Ancak bu 13 lezyonun sadece 7'si spesifik edilebilmiş, kesin stenoz ya da oklüzyon olduğu söylenmiştir. Yine bu çalışmada baziler arter distalinde DSA'da saptanan tüm lezyonlar BTA'da saptanmış olup, BTA'nin posterior sirkülasyon lezyonların saptanmasında baziler arter ve distali için DSA'nın yerini alabileceği, ancak vertebral arter lezyonlarında DSA'nın daha üstün olduğu gösterilmiştir (91). Biz çalışmamızda bu literatürle uyumlu olarak VA darlığının gösterilmesinde BTA'nin uygun tetkik olduğunu saptadık, ancak darlık yerinin ve derecesinin tanımlanmasında uyumsuz sonuçlar elde edilmesi nedeniyle darlık saptansa bile doğru tanımlanamadığı sonucuna vardık. Başka bir çalışmada vertebro-baziler yetmezliği olan olgularda, VA darlık ve oklüzyonlarında BTA etkinliği araştırılmış ve >%50'nin üzerindeki darlıklarda ve oklüzyon saptanmasında duyarlılığının arttığı gösterilmiştir (111). Çalışmamızda ayrıca hasta yaşı ile darlık görülme sıklığı arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmış olsa da 35-37 yaş arası 4 olguda oklüzyon saptanması, bu hastalarda diseksiyon olabileceği ihtimalini ortaya çıkarmıştır. Ancak retrospektif olarak klinik bilinmeden tarama yapıldığı için diseksiyon tanısı konulamamıştır.

Vertebral arter çıkımı (orifis) aterosklerotik plakların sık rastlanması nedeni ile posterior dolaşım patolojilerinde ayrı bir önem taşır. Ancak yeri ve anatomik özellikleri nedeniyle BTA de sıklıkla artefaktlara maruz kalmakta ve değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Çalışmamızda orifis değerlendirmesinde gözlemciler arasında yeterli uyum sağlanamamıştır ($\kappa < 0.702$). Çünkü birçok hastada V1 segmentin kıvrımlı ve tortiyoz seyretmesi, kemik yapılara bağlı ortaya çıkan artefaktlar optimal değerlendirmeyi güçleştirmiştir. Ayrıca kontrast madde verilen tarafta orifis kontrast maddeye bağlı ışın sertleştirici artefaktlara maruz kalmaktadır. Sık bir varyasyon olarak ortaya çıkan VA hipoplazisi de yine değerlendirmeyi zorlaştıran faktörlerden biridir. Bu faktörlerden bazılarının çekim esnasında gösterilecek özen ile kısmen ortadan kaldırılabilceğini ya da etkisinin azaltılabileceğini düşünmekteyiz. Vertebral arter patolojisi düşünülen olgularda kontrast maddenin VA'nin dominant olduğu taraftan verilmesi daha ince

kalibrasyonlu diğer vertebral arter orifisinin kontrast maddeye bağlı artefakta maruz kalmasını önleyerek daha iyi görüntülenmesini sağlayabilir. Ayrıca kontrast maddenin patoloji düşülmeyen taraftan verilmesi de yine patolojik tarafın kontrast maddeye bağlı artefaktan etkilenmesini önleyebilir. Venöz kontaminasyon da orifis değerlendirilmesinde ayrı bir teknik sorun olup, incelemeyi zorlaştırmaktadır. Kontrast maddenin optimum miktar ve zamanda verilmesi ve radyasyon ekspozurunun zayıf ve şişman hastalarda iyi ayarlanması venöz kontaminasyonu engelleyebilir. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi, özellikle çok kesitli cihazların yaygın olarak kullanıma girmesi ve yeni teknolojinin sunduğu kısa çekim süresi, mükemmel bilgi depolanma ve değişik rekonstrüksiyon algoritmaları ile başarılı sunum imkanı ve kontrast maddelerdeki gelişmeler sayesinde vasküler görüntülemeye öne çıkmaktadır. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi ile görüntülerin farklı açılarda ve planlarda incelenebilmesi yanında incelenecek damarın doğrudan takip edilebilmesi avantaj sağlamaktadır. Çok Kesitli BTA'da tortiyöz vasküler yapıların MPR (aksiyal, sagittal, oblik) görüntülenmesi sıkıntılı olup en yüksek attenüasyon değerlerinin birleştirilmesi ile (MIP görüntüleme) görüntü elde edilmesi tortiyöz vasküler yapıların daha kolay bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (10). Ancak tüm bu gelişmelere rağmen BTA'nın VA orifisinin görüntülenmesindeki etkinliği konusunda literatürde yeterli bilgi yoktur (48,91). Bizim çalışmamızda orifis değerlendirmesinde uyumlu veriler dikkate alındığında sağ ve sol VA orifisi sırasıyla; 16 detektörlü BT ile % 80 ve % 83, 64 detektörlü BT ile % 82 ve % 86 oranında her iki gözlemci tarafından optimal görüntülenebildi. Geri kalan % 14-20 oranındaki hasta grubunda ise orifis yeterince değerlendirilemedi.

İntrakranial anevrizmaları gösterilmede ve karakterize etmede ÇKBT anjiyografinin tanısallığı ve standart DSA'ya göre daha ayrıntılı anatomik bilgi sağladığını belirten çalışmalar mevcuttur (112). Ayrıca tromboze anevrizmalarda BTA'nın trombüsün kendisini de gösterebilmesi, sadece açık lümenin görüntülenebildiği DSA'ya göre avantaj sağlamaktadır (10). Ancak BTA ile kemik yapı komşuluğundaki küçük anevrizmaların kemikten ayrımı her zaman yapılamamaktadır (112). Posterior sirkülasyonda anevrizmalar sıklıkla baziler arter bifurkasyon noktasından ve PICA orjininden kaynak alır (62). Vertebro-baziler sisteme ait anjiyografik tetkiklerde baziler tepede % 3.1, baziler gövdede % 0.4 ve

PİCA'da ise % 2.7 oranında anevrizma saptanmıştır. Fuziform anevrizmalar genellikle aterosklerotik değişikliklere bağlıdır (62). Vertebral arterde % 0.8 oranında anevrizma saptadığımız bu çalışmada, verilerimiz anevrizmaların lokalizasyonları itibari ile literatürle uyumdur, ancak anjiyografi verilerine göre daha az sıklıkla saptanmıştır. Anevrizmaların tanısı hem cerrahi hem de endovasküler tedavi için önemlidir. Günümüzde anevrizmaların görüntülenmesinde altın standart görüntüleme yöntemi DSA'dır. Ancak DSA sınırlı projeksiyon sayısı ve vasküler yapıların anevrizma üzerine süperpoze olması nedeniyle her zaman anevrizmayı yeterince karakterize edememektedir (112). Son yıllarda anevrizma tanısında invazif olmayan görüntüleme yöntemlerine ilgi artmıştır. Manyetik Rezonans Anjiyografi invazif olmayan bir görüntüleme yöntemi olmasına rağmen, subaraknoid kanamada koopere olmayan olgularda ortaya çıkan hareket artefaktı ve genel durumu kötü olguların yaşam destek cihazlarına ihtiyaç göstermesi nedeniyle her olguya uygulanamamaktadır. İntrakranial vasküler yapıların BT ile değerlendirilmesinde yüksek çözünürlük, ince kesit kalınlığı ve damarların optimum kontrastlanması sağlanması gerekmektedir. Uygulanmasının kolay ve hızlı olması, noninvazif bir yöntem olması, kontrast madde allerjisi dışında belirgin komplikasyonunun olmaması, anjiyografi görüntülerinin iş istasyonunda istenilen düzlemde 360 derece döndürülerek anevrizmaların değişik açılardan izlenmesine olanak sağlaması nedeniyle BTA avantajlı bir tetkik konumundadır (112).

7. SONUÇLAR

Sonuç olarak; VA varyasyon ve patolojilerinin saptanmasında Çok Kesitli BTA etkin bir yöntemdir. Ancak darlık yerinin doğru tanımlanması ve derecesinin belirlenmesinde, orifis patolojilerinin görüntülenmesinde yeterince etkin değildir. Varyasyonların gösterilebilmesinde 16- ve 64- dedektörlü BT cihazları arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

8. KAYNAKLAR:

1. Grossman RI, Yousem DM. Nöroradyoloji Bilinmesi Gerekenler; Gelal F, Yünter N. 2. Basım, İzmir Güven Bilimsel 2008; 2: 84-89.
2. Kızılkılıç O, Oguzkurt L, Yıldırım T, Tercan F, Karakurum B, Karaca S, Giray S, Arlier Z. Yüksek risk grubundaki hastalarda vertebral arter orfis darlıklarının endovasküler tedavisi. Tanı Girişim Radyol. 2004 Sep; 10(3): 252-8.
3. Caplan LR, Gorelick PB, Hier DB. Race, sex and occlusive cerebrovascular disease: a review. Stroke 1986; 17:648-655.
4. Crawley F, Clifton A, Brown MM. Treatable lesions demonstrated on vertebral angiography for posterior circulation ischaemic events. Br J Radiol 1998; 71:1266-70.
5. Schwartz JC, Mitchell JR. Atheroma of the carotid and vertebral arterial systems. Br Med J 1961; 5259: 1057-1063.
6. Reith W, Roth C. CT diagnostics of carotid artery stenosis. Radiologe. 2010 Jul;50(7): 607-13.
7. Balcı P. Temel Radyoloji Fiziği. Savaş R. BT, terminoloji, tarihçe, görüntü oluşum süreci. Obuz F. BT'de görüntü kalitesini belirleyen özellikler. Türk Radyoloji Derneği Yayınları, İzmir, 2005.
8. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. Radiology 2000; 215: 55-62.
9. Pabuşçu Y. 28. Ulusal Radyoloji Kongresi Kurs Kitabı. Kızılkaya E. BT ve ÇKBT artefaktları ve önleme yöntemleri. Türk Radyoloji Derneği Yayınları, Antalya, 2007.
10. Hakyemez B. Boyun ve serebral bilgisayarlı tomografi anjiyografi uygulamaları. Türk Radyoloji Derneği, kış okulu ders notları, Antalya, 2011.
11. Mühlenbruch G, Das M, Mommertz G, Schaaf M, Langer S, Mahnken AH, Wildberger JE, Thron A, Günther RW, Krings T. Comparison of dual-source CT angiography and MR angiography in preoperative evaluation of intra- and extracranial vessels: a pilot study Eur Radiol 2010 Feb; 20(2): 469-76.

12. Rothwell PM, Slattery J, Warlow CP (1996) A systematic review of the risks of stroke and death due to endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. *Stroke* 27; 260-65.
13. Wang YN, Jin ZY, Kong LY, Zhang ZH, Song L, Zhang SY, Zhang LR, Lin SB, Wang Y, Zhao WM. Comparison of coronary angiograph between 64- slice and 16-slice spiral CT. *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao*. 2006 Feb; 28(1); 26-31.
14. Larsen WJ. Development of vasculature. In: *Human embryology*, 2 nd ed New York: Churchill Livingstone 1997
15. Satti SR, Cerniglia CA, Koenigsberg RA. Cervical vertebral variations: an anatomic study. *AJNR Am Neuroradiol*. 2007 May;28(5): 976-80.
16. Albayram S, Gailloud P, Wasserman BA. Bilateral arch origin of the vertebral arteries. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2002 Mar;23(3):455-8.
17. Sanelli PC, Tong S, Gonzales RG, Eskey CJ. Normal variation of vertebral artery on CT angiography and its implications for diagnosis of acquired pathology. *J Comput Assist Tomogr*. 2002 May-Jun; 26(3):462-70.
18. Luh GY, Dean BL, Tomsick TA, Wallace RC. The persistent fetal carotid-vertebrobasilar anastomoses. *AJR* 1999; 172: 1427-32.
19. Caldemeyer KS, Carrico JB, Mathews VP. The radiology and embryology of arteries of the head and neck *AJR* 1998; 170: 197-203.
20. Oktal Ö, Kitiş Ö, Oran İ, Memiş A. Persistan fetal karotid- vertebrobaziler anastomozlar. *Tanı Girişim Radyol*. 2003; 9: 382-87.
21. Memiş A, Güney B. Persistan hipoglossal arterin MR anjiografi ile görüntülenmesi. *Tanı Girişim Radyol*. 2001; 7 248- 251.
22. Gumus T, Onal B, Ilgit ET. Bilateral persistence of type 1 proatlantal arteries: report of a case and review of literature. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004 Oct; 25(9): 1622-4.
23. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi*, 2. cilt, 1995.

24. Osborn AG. Diagnostic Cerebral Angiography. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 1999; 117-193.
25. Zamir M, Sinclair P. Origin of the brachiocephalic trunk, left carotid, Left subclavian arteries from the arch of the human aorta. Invest Radiol 1991; 26: 128-133.
26. Williams PL, Warwick R, Dixon M, Bannister LH, eds. Gray's anatomy, 38 th ed. New York: Churchill Livingstone, 1995: 1510-1513
27. Haughton VM, Rosenbaum AE. The normal and anomalous aortic arch and brachiocephalic arteries. In: Neeton TH, Potss DG eds: Radiology of the skull and brain. Vol. 2, Book 2. st Louis: Mosby, 1974: 1145-1163
28. Duan S, He E, Lv S, Chen L. Three- dimensional CT study on the anatomy of vertebral artery at atlantoaxial and intracranial segment. Surg Radiol Anat. 2010 Jan; 32(1):39-44.
29. Cloud GC, Markus HS. Diagnosis and managemenet of the vertebral artery stenosis. QJM. 2003 Jan;96(1): 27-54.
30. Shin JH, Suh DC, Choi JG, Leei HK. Vertebral artery dissection: spectrum of imaging findings with emphasis on angiography and correlation with clinical presentation. Radiographics. 2000 Nov-Dec; 20(6): 1687-96.
31. Smoker WRK, Price MK, Keyes WD, et all. High resolution computed tomography of the basilar artery. 1. Normal size and position Am J Neuroradiology 1986; 7: 55-60.
32. Hong JT, Park DK, Lee MJ, Kim SW, An HS. Anatomical variations of vertebral artery segment in the lower cervical spine: analysis by three- dimensional computed tomography angiography. Spine(Phila Pa 1976). 2008 Oct 15; 33(22): 2224-6.
33. Strub WM, Leach JL, Tomsick TA. Left vertebral artery origin from the thyrocervical trunk: A unique vasculer variant. AJNR Am J Neuroradiol 2006 May; 27(5): 1155-6.

34. Lemke AJ, Benndorf G, Liebig T, Felix R. Anomalous origin of the right vertebral artery: review of the literature and case report of the right vertebral artery distal to the left subclavian artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999; 20:1318-1321.
35. Eisenberg RA, Vines FS, Taylor SB. Bifid origin of the left vertebral artery. *Radiology*. 1986 May; 159(2): 429-30.
36. Poynter CWM. Arterial anomalies pertaining to the aortic arches and branches arising from them. *Nebr Univ Stud* 1916; 16: 229-345.
37. Schwarzbacher SW, Krammer EB. Complex anomalies of the human aortic arch system: unique case with both vertebral arteries as additional branches of the aortic arch. *Anat Rec* 1989; 225: 246-250.
38. Karcaaltincaba M, Strottman J, Washington L. Multidetector-row CT angiographic findings in the bilateral aortic arch origin of the vertebral arteries. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003 Jan; 24(1):157.
39. Bruneau M, Cornelius JF, Marneffe V, Triffaux M, George B. Anatomical variations of the V2 segment of the vertebral artery. *Neurosurgery* 2006 Jul; 59(1 Supply 1).
40. Yi ZQ, Li L, Mo DP, Zhang JY, Bao SD. Anomalous vertebral artery not passing through the transvers foramen of the atlas. *Chin Med J(Engl)* 2009 Nov 5; 122(21): 2675-7
41. Morimoto K, Nagahata M, Ono S, Miura H, Tsushima F, Seina H, Kakehata S, Uno S, Abe Y. Incidence of unilateral distal vertebral artery aplasia: evaluation by combining basiparallel anatomic scanning-magnetic resonance imaging (BPAS-MRI) and magnetic resonance angiography. *Jpn J Radiol* 2009 Apr; 27(3): 151-5
42. Siclari F, Burger IM, Fasel JH, Gailloud P. Developmental anatomy of the distal vertebral artery in relationship to variants of the posterior and lateral spinal arterial systems. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007 Jun- Jul; 28(6): 1185-90.
43. Brinjikji V, Cloft H, Kallmes DF. Anatomy of the posterior inferior cerebellar artery: relevance for C1-C2 puncture procedures *Clin Anat*. 2009 Apr; 22(3): 319-23

44. Lesley WS, Dalsania HJ. Double origin of the posterior inferior cerebellar artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004. Mar; 25(3): 425-7
45. Lesley WS, Rajab MH, Case RS. Double origin of the posterior inferior cerebellar artery: association with intracranial aneurysm on catheter angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2007 Oct; 189(4): 893-7
46. Fisher CM. A new vascular syndrome — “the subclavian steal”. *N Engl J Med* 1961;265:912–3
47. Peterson C, Philips L, Linden A, Hsu V. Vertebral artery hypoplasia: prevalence and reliability of identifying and grading its severity on magnetic resonance imaging scans. *J Manipulative Physiol Ther.* 2010 Mar-Apr; 33(3): 207-11.
48. Puchner S, Haumer M, Rand T, Reiter M, Minar E, Lammer J, Bucek RA. CTA in the detection and quantification of vertebral artery pathologies: a correlation with color Doppler sonography. *Neuroradiol.* 2007 Aug; 49(8): 645-50. Epub 2007 Apr 24.
49. Bayrak HA, Senturk S, Akay HO, Ozmen CA, Bukte Y, Nazaroglu H. The frequency of intracranial arterial fenestrations: A study with 64- dedector CT-angiography *Eur J Radiol.* 2009 Oct 5. (Epub ahead of print)
50. Dimmick SJ, Faulder KC. Normal variants of the cerebral circulation at multidedector CT angiography. *Radiographics* 2009 Jul- Aug; 29(4): 1027-1043.
51. Ionete C, Omojola MF. MR angiographic demonstration of bilateral duplication of the extracranial vertebral artery: unusual course and review of the literature. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2006 Jun- Jul; 27(6): 1304-6.
52. Weis J, Reul J, Mayfrank L, Ramaekers V, Thron A. Duplication of a vertebral artery associated with epidermoid cyst of the posterior fossa. *Eur Radiol.* 1997; 7(3): 412-4.
53. Kumar V, Cotran S. R, Robbins L. S. Basic Pathology. Saunders Company 2000.

54. Arteriosclerosis 1981. Report of the Working Group on Atherosclerosis of the National Heart, Lung and blood Institute, vol 2. Washington DC, National Institutes of Health, NIH publication 82-2035, S: 166-167, 177-182, 449-544
55. Moufarrij NA, Little JR, Furhan AJ, Leatherman JR, Williams GV. Basilar and distal vertebral artery stenosis: Long-term follow-up. *Stroke* 1986; 17:938-42
56. Wityk RJ, Chang HM, Rosengart A, et al. Proximal extracranial vertebral artery disease in the New England Medical Center Posterior Circulation Registry. *Arch Neurol* 1998; 55: 470-478
57. Farres MT, Grabenwoger F, Magometschnig H, Trattinig S, Heimberger K, Lammer J. Spiral CT angiography: study of stenosis and calcification at the origin of the vertebral artery. *Neuroradiology* 1996; 38: 738-43
58. Jeng JS, Chung MY, Yip PK, Hwang BS, Chang YC. Extracranial carotid atherosclerosis and vascular risk factors in different types of ischemic stroke in Taiwan. *Stroke* 25(10): 1989-1993, 1997
59. Jenkins JS, White CJ, Ramee SR, Collins TJ, Chilakamarri VK, McKinley KL, Jain SP. Vertebral artery stenting. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001;54:1-5
60. Wityk RJ, Chang HM, Rosengart A, et al. Proximal extracranial vertebral artery disease in the New England Medical Center Posterior Circulation Registry. *Arch Neurol* 1998; 55:470-478.
61. Braunwald E, Zipes P. D, Libby P. Textbook of cardiovascular medicine. 6 th edition, Heart Disease. Saunders Company 2001
62. Karazincir S, Ada E, Sarılmaz A, Yalçın Ö, Vidinli B, Şahin E. İntrakranial anevrizmalara eşlik eden vasküler varyasyon ve anomalilerin sıklığı. *Tanı Girişim Radyol.* 2004; 10: 103-109.
63. Osborn AG. Atherosclerosis. In: *Diagnostic neuroradiology*. St. Louis: Mosby. 1994; 330-341.

64. Chen J, Tseng YC, Lee TH, Hsu HL, See LC. Multisection CT angiography compared with catheter angiography in diagnosing vertebral artery dissection. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004 May; 25(5): 769-74.
65. Yoon W, Seo JJ, Kim TS, Do HM, Jayaraman MV, Marks MP. Dissection of the V4 segment of the vertebral artery: clinicoradiologic manifestations and endovascular treatment. *Eur Radiol.* 2007 Apr;17(4): 983-93
66. Cartlidge NE, Whisnant JP, Elveback LR. Carotid and vertebrobasilar transient cerebral ischemic attacks. A community study, Rochester, Minnesota, Mayo clin Proc 1977; 52: 117-120
67. Jones HR, Jr, Millikan CH, Sandok BA. Temporal profile (clinical course) of acute vertebrobasilar system cerebral infarction. *Stroke* 1980;11:173-177
68. Patrick BK, Ramirez-Lassepas M, Synder B. Temporal profile of vertebrobasilar territory infarction. Prognostic implications. *Stroke*; 1980: 643-648
69. Whisnant JP, Cartlidge NEF, Elveback LR. Carotid and vertebral-basilar transient ischemic attacks: Effects of anticoagulants, hypertension, and cardiac disorders on survival and stroke occurrence-a population study. *Ann Neurol* 1978;3: 107-115
70. Bogousslavsky J, van Melle G, Regli F. The Lausanne Stroke Registry: analysis of 1000 consecutive patients with first stroke. *Stroke* 1988; 19: 1083-1092
71. Imparato AM, Riles TS, Kim GE, Cervical vertebral angioplasty for brain stem ischemia. *Surgery* 1981; 90:842-52
72. Pessin MS, Daneault N, Kwan ES, Eisengart MA, Caplan LR. Local embolism from vertebral artery occlusion. *Stroke* 1988; 19:112-115
73. Caplan LR, Amarenco P, Rosengart A, Lafranchise EF, Teal PA, Belkin M, DeWitt LD, Pessin MS, Embolism from vertebral artery origin occlusive disease. *Neurology* 1992; 42: 1505-12

74. Muller-Kupfers M, Graf KJ, Pessin MS, DeWitt LD, Caplan LR. Intracranial vertebral artery disease in the New England Medical Center Posterior Circulation Registry. *Eur Neurol* 1997; 37: 146-56
75. Barnett HJM, Barnes RW, Robertson JT: The uncertainties surrounding carotid endarterectomy. *JAMA* 268:3120-3121, 1992
76. De Bray JM, Pasco A, Tranquart F, Papon X, Alecu C, Giraudeau B, Dubas F, Emile J. Accuracy of color-doppler in the quantification of proximal vertebral artery stenosis. *Cerebrovascul disease* 2001; 10: 335-40
77. Kuhl V, Tottenborn B, Eicke BM, Visbeck A, Meskes S. Color-coded duplex ultrasonography of the origin of the vertebral artery: normal values of flow velocities. *J Neuroimaging* 2000; 10: 335-40
78. Seidel E, Eicke BM, Tottenborn B, Krummenauer F. Reference values for vertebral artery flow volume by Duplex sonography in young and elderly adults. *Stroke* 1999;30: 2692-6 56.
79. Sidhu PS. Ultrasound of the carotid and vertebral arteries. *Br Med Bull* 2000;56:346-66
80. Trattinig S, Hubsch P, Schuster H, Polzleitner D. Color-coded Doppler imaging of normal vertebral arteries. *Stroke* 1990;21:1222-5
81. Zwiebel WJ. Ultrasound vertebral examination. In: Introduction to vascular ultrasonography (4th edn). Philadelphia: WB Saunders Company, 2000:167-76
82. Nicolau C, Gilabert R, Chamorro A, Vazquez F, Bargallo N, Bru C. Doppler sonography of the intertransverse segment of the vertebral artery. *J Ultrasound Med* 2000;19:47-53
83. Corson JD, Menzoian JO, Logerfo FW. Reversal of vertebral artery blood flow demonstrated by Doppler ultrasound. *Arch Surg* 1977;112:715-9

84. Kliewer MA, Hertzberg BS, Kim DH, Bowie JD, Courneya DL, Carroll BA. Vertebral artery Doppler waveform changes indicating subclavian steal physiology. *AJR Am J Roentgenol* 2000;74:815–9
85. Kotval PS, Babu SC, Shah PM. Doppler diagnosis of partial vertebral/subclavian steals convertible to full steals with physiologic manoeuvres. *J Ultrasound Med* 1990;9:207–13
86. Cosottini M, Calabrese R, Puglioli M, Zampa V, Michelassi C, Ortori S, et al. Contrastenhanced three-dimensional MR angiography of neck vessels: does dephasing effect alter diagnostic accuracy? *Eur Radiol* 2003;13:571–81
87. Phan T, Huston J3rd, Bernstein MA, Riederer SJ, Brown RDJr. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography of the cervical vessels: experience with 422 patients. *Stroke* 2001;32:2282–6
88. Yang C, Carr J, Futterer S, Morasch M, Yang B, Shors S, Finn J. Contrast enhanced MR angiography of the carotid and vertebrobasilar circulations. *Am J Neuroradiology* 2005; 26: 2095-2101
89. Rafeeqe A. Bhadelia F. Bengoa, Lyle Gesner, Saurabh K. Patel, Guven Uzun, Samuel M. Wolpert, L.R. Caplan. Efficacy of MR angiography in the detection and characterization of occlusive disease in the vertebrobasilar system. *Journal of Computer Assisted Tomography* 25; 3: 458-465
90. Randox B, Marro B, Koskas F, Chiras J, Dormont D, Marsault C. Proximal great vessels of aortic arch: Compression of three dimensional gadolinium enhanced MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiology* 2003; 229: 697-702
91. Graf J, Skutta B, Kuhn FP, Ferbert A. Computed tomographic angiography findings in 103 patients following vascular events in the posterior circulation: potential and clinical relevance. *J Neurol* 2000; 347: 760-6
92. Crabbe JP, Brooks SL, Lillie JH. Gradient-echo MR imaging of the temporomandibular joint:diagnostic pitfall caused by the superficial temporal artery. *Am J Neuroradiology* 1995; 164: 451-454

93. Steinberg D, Parthasaraty S, Carew TE, Khoo JC, Witztum JL. Beyond cholesterol Modifications of low-density lipoprotein that increase its atherogenicity. *N Engl J Med* 1989; 320: 925-935
94. Chastain HD, Campbell MS, Lyer S, Roubin GS, Vitek J, Mathur A, Al Mubarak NA, Terry JB, Yates V, Kretzer K, Alfred D, Gomez CR. Extracranial vertebral artery stent placement: in-hospital and follow-up results. *J Neurosurg* 1999; 91:547-52.
95. Heiserman JE: The role of magnetic resonance angiography in evaluation of cerebrovascular ischemic disease. *Neuroimaging Clin North Am* 2:753-767, 1992
96. Piotin M, Spelle I, Martin JB, Weill A, Rancurel G, Ross IB, Rufenacht DA, Chiras J. Percutaneous transluminal angioplasty and stenting of the proximal vertebral artery for symptomatic stenosis. *Am J Neuroradiology* 2000;21: 727-31
97. Gupta R, Al-Ali F, Thomas AJ, Horowitz MB, Barrow T, Vora NA, Uchino K, Hammer MD, Wechsler LR, Jovin TG. Safety, feasibility, and short-term follow-up of drug-eluting stent placement in the intracranial and extracranial circulation. *Stroke*. 2006 Oct;37(10):2562-6
98. Weber W, Mayer TE, Henkes H, Kis B, Hamann GF, Schulte-Altedorneburg G, Brueckmann H, Kuehne D. Stent-angioplasty of intracranial vertebral and basilar artery stenoses in symptomatic patients. *Eur J Radiol*. 2005 Aug;55(2):231-6
99. Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*. 1977 Jun; 33(2): 363-74.
100. Heiserman JE, Dean BL, Hodak JA, et al. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR* 1994; 15:1401-1411.
101. Berteloot D, Leclerc X, Leys D, et al. Cerebral angiography: a study of complications in 450 consecutive procedures. *J Radiol* 1999; 80:843-848.
102. Grossman RI, Yousem DM. *Neuroradiology: the requisites. Cranial Anatomy*. 2nd edition. Pennsylvania: Elsevier Inc (ABD): 2003; 88.

103. Litt AW, Eidelmen EM, Pinto RS, et al. Diagnosis of carotid artery stenosis: comparison of 2DFT time-of-flight MR angiography with contrast angiography in 50 patients. *AJNR Am J Neuroradiol* 1991; 12:149-154.
104. Laster Jr RE, Acker JD, Halford 3rd HH, et al. Assessment of MR angiography versus arteriography for evaluation of cervical carotid bifurcation disease. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993; 14:681-688.
105. Ersoy H, Watts R, Sanelli P, et al. Atherosclerotic disease distribution in carotid and vertebrobasilar arteries: clinical experience in 100 patients undergoing Fluoro-Triggered 3D Gd-MRA. *J Magn Reson Imaging* 2003; 17:545-558.
106. Morris P. *Practical Neuroangiography*; Lippincott Williams&Wilkins 2nd ed. 2007;12-13: 240-269.
107. Fine AD, Cardoso A, Rhoton AL. 1999. Microsurgical anatomy of the extracranial extradural origin of the posterior inferior cerebellar artery. *J Neurosurg* 91:645–652.
108. Songur A, Gonul Y, Ozen OA, Kucuker H, Uzun I, Bas O, Toktas M. Variations in the intracranial vertebrobasilar system. *Surg Radiol Anat.* 2008 May;30:(3)257-64.
109. Chen CJ, Wang LJ, Wong YC. Abnormal origin of the vertebral artery from the common carotid artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998 Sep; (19)8:1414-6.
110. Yamaguchi S, Eguchi K, Kiura Y, Takeda M, Kurisu K. Posterolateral protrusion of the vertebral artery over the posterior arch of the atlas: quantitative anatomical study using three-dimensional computed tomography angiography. *J Neurosurg Spine* 2008; 9: 167-174.
111. Wikiashvili SZh, Pronin IN, Metelkina LP. Spiral computed tomographic angiography in the diagnosis of vertebral artery occlusive lesions. *Vestn Rentgenol Radiol* 2007 Sep-Oct;(5):21-24.

112. Ahmetoğlu A, Koşucu P, Dinç H, Sarı A, Kuzeyli K, Gümele RH. Serebral anevrizmaların tanı ve karakterizasyonunda multi-slice BT anjiyografi. Tanısal ve girişimsel radyoloji. 2003; 9:302-308.