T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

CIRCULUS ARTERIOSUS CEREBRI OLUŞUMU VE MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN RADYOLOJİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Zahide TÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANATOMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Serdar ÇOLAKOĞLU

DÜZCE, 2022

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca çalışmalarıma ışık tutan ve yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini aktaran tez danışmanım sayın Prof. Dr. Serdar ÇOLAKOĞLU'na en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez kapsamında bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. İsmail MALKOÇ'a, Anatomi Anabilim Dalı Dr. Öğrt. Üyesi Deniz ŞENOL'a, radyolojik görüntülerin değerlendirilmesi noktasında yardımcı olan Prof. Dr. Ömer ÖNBAŞ'a ve Doc. Dr. Hasan Baki ALTINSOY'a, verilere ulaşmamız konusunda yardımcı olan radyoloji teknikeri sayın Murat BULUT'a, Anatomi Anabilim Dalı Laboratuvarı teknikerlerine teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince, mesai saatlerimde kolaylık sağlayan Düzce Gökkuşağı Rehabilitasyon Merkezi müdür ve kurucuları sevgili Melek ŞENER'e, Selda KURT'a, Yusuf TAŞ'a ve Seda Ayaz TAŞ'a, bu süreçte destek olan sevgili kız kardeşim Canan TÜRK'e, tez süresince yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Yonca KANDEMİR'e, uzakta olmalarına rağmen desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Sevdanur YAVRU'ya ve Sibel ÇOLAKOĞLU'na, bugünlere gelmemde emeği olan sevgili anneme, babama ve kardeşlerime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
KISALTMALAR ve SİMGELER iv
ŞEKİLLER LİSTESİ v
TABLOLAR LİSTESİ vii
ÖZET 1
ABSTRACT 2
1.GİRİŞ ve AMAÇ 3
2.GENEL BİLGİLER 9
2.1. Embriyoloji 9
2.2. Anjiyogenez 12
2.3. ANATOMİ 14
2.3.1. Willis Poligonu 14
2.3.2. Circulus arteriosus cerebri (willis poligonu) 14
2.3.3. Arteria carotis interna 14
2.3.4. Central Dallar 19
2.3.5. Cortikal Dallar 20
2.3.5.1. Arteria Cerebri Anterior 21
2.3.5.2. Arteria Cerebri Media 23
2.3.5.3. Arteria Cerebri Posterior 23
2.3.6. Arteria Communicans Posterior 24
2.3.7. Arteria Basilaris 24
2.3.8. Arteria Vertebralis 25
2.4.VARYASYONLAR 27
2.4.1. Fawcet ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması 32
2.4.2. Hillen ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması 34
2.4.3. Kayambe ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması 35
2.4.4.Krzyewski ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması 39
2.4.5. Krabbe ve Arkadaşlarının Willis Poligon Sınıflaması 41

2.4.6. Luh ve Arkadaşlarına Göre Willis Poligonu Sınıflaması 43
3. GEREÇ ve YÖNTEM 45
3.1. MR Anjiyografi 45
3.2.Time-Of-Flight (TOF) Fenomeni 46
3.3.Tof- MR Anjiyografi 47
4. BULGULAR 50
5. TARTIŞMA ve SONUÇ 67
6.ÖNERİLER 80
7. KAYNAKLAR 82

KISALTMALAR ve SİMGELER

a.	arteria
aa.	arteriae
gg.	ganglion
n.	nervus
r.	ramus
AB	arteria basilaris
ACA	arteria cerebri anterior
ACC	arteria carotis communis
ACE	arteria carotis externa
ACM	arteria cerebri media
ACI	arteria carotis interna
AcomA	arteria communicans anterior
AcomP	arteria communicans posterior
ACP	arteria cerebri posterior
AH	arteria hypoglossal
AO	arteria otica
AT	arteria trigeminale
AV	arteria vertebralis
BTA	bilgisayarlı tomografi anjiografi
MOTSA	multiple overlapping thin slab acqusisition
MRA	manyetik rezonans anjiografi
PC	phase contact
RF	refazing pulse
3D-TOF-MR	three dimesional time of flight manyetik rezonans

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Thomas Willie'nin willis poligonu tanımı, yeniden çizilmiştir. 4

Şekil 2: Arteria trigeminalis, arteria hypoglossal ve arteria otica'nın arteria basilaris'e katılması 10

Şekil 3: A. Bouthi arteria carotis interna'nın bölümleri. 16

Şekil 4: Fawcet ve ark. willis poligonu varyasyonları (yeniden çizilmiştir) 32

Şekil 5: Hillen willis poligonu tanımı, (yeniden çizilmiştir) 34

Şekil 6: Kayambe ve ark. willis poligonu tanımı (yeniden çizilmiştir) 35

Şekil 7: Arteria communicans anterior'un anevrizmaya bağlı varyasyonları, (yeniden çizilmiştir) 36

Şekil 8: Arteria communicans anterior'un fenestrasyona bağlı varyasyonları, (yeniden çizilmiştir). 37

Şekil 9: Arteria communicans posterior'a ait asimetriler, (yeniden çizilmiştir) 38

Şekil 10: Krzyewski ve ark. anterior bölümü varyasyonlar tanımı, (yeniden çizilmiştir) 39

Şekil 11: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre arteria communicans anterior'a ait varyasyon tipleri (yeniden çizilmiştir). 41

Şekil 12: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre posterior grupta tanımladığı varyasyonlar,(yeniden çizilmiştir) 42

Şekil 13: Luh ve ark. arteria basillaris ve arteria vertebralis için yaptıkları sınıflama, (yeniden çizilmiştir) 44

Şekil 14: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-1 varyasyonu. Arteria communicans anterior'un tipik görünümü. 50

Şekil 15: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-2 varyasyonu. Hipoplazik arteria communicans anterior'un tipik görünümü 51

Şekil 16: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-3 varyasyonu. Aplazik arteria communicans anterior'un tipik görünümü. 52

Şekil 17: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-4 varyasyonu. Tek taraflı (sağ) A1 segment hipoplazisi tipik görünümü 53

Şekil 18: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-4 varyasyonu. Tek taraflı (sol) A1 segment hipoplazisi tipik görünümü 53

Şekil 19: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-5 varyasyonu. Tek taraflı A1 segment aplazisi (sağ). 54

Şekil 20: Krzyzewski 'nin sınıflamasına göre çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-7 varyasyonu. Arteria cerebri anterior 3. A2 segmentinin oluşması. 55

Şekil 21: Krzyzewski'nin sınıflamasına göreçalışmamızda tespit ettiğimiz tip-8 varyasyonu. Aynı taraf A1 ve A2 segmentte hipoplazi oluşumu ve tipik görünümü..... 56

Şekil 22: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre tip-a varyasyonu. Bilateral arteria communicans posterior tipik görünümü..... 58

Şekil 23: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre tip-b varyasyonu. Tek taraflı fetal tip arteria communicans posterior tipik görünümü..... 59

Şekil 24: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre tip-c varyasyonu. Çift taraflı fetal tip arteria communicans posterior tipik görünümü..... 60

Şekil 25: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre tip-d varyasyonu. Tek taraflı aplazik arteria communicans posterior tipik görünümü..... 60

Şekil 26: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre tip-e varyasyonu. Bilateral arteria communicans posterior'un aplazisi ya da hipoplazisi tipik görünümü..... 61

Şekil 27: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre tip-g varyasyonu. fetal tip arteria communicans posterior'un hipoplazi ya da aplazisi tipik görünümü 62

Şekil 28: Sağ arteria carotis interna ve sol arteria communicans posterior varyasyonu kadın/erkek arasındaki farkı..... 77

Şekil 29: Sinus sagittalis superior, çoğunlukla sağ taraf olmak üzere, yan tarafa doğru yön değiştirir ve sinus transversus olarak devam eder. Sinus sagittalis inferior ise, sinus rectus ve çoğunlukla sol sinus transversus ile drene edilir. Sağ ve sol sinus transversus'lar arasında genellikle zayıf bir venöz bağlantı da bulunur. 78

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Çalışmamızda anterior bölüm için tespit ettiğimiz varyasyon oranları 57

Tablo-2: Çalışmamızda posterior bölümde tespit ettiğimiz varyasyon oranları 63

Tablo 3: Arteria carotis interna'nın kafa tabanına girdiği yerdeki kavisin çapı ile arterin çapının oranının ortalama değerleri 64

Tablo 4: Çalışmamızda elde ettiğimiz arter çap ölçüm değerlerinin sayısı, ortalaması ve standart sapma değerleri 66

Tablo 5: Çalışmamızdaki ortalama arter çap değerleri ve literatürdeki ortalama çap değerleri. 69

Tablo 6: Çalışmamızdaki posterior bölümdeki varyasyon oranları ile Krabbe ve ark. posterior bölümde tanımladığı varyasyon oranları..... 71

Tablo 7: Çalışmamızda anterior bölümdeki varyasyon oranları ile Krzyzewski ve ark. tespit ettiği varyasyon oranları..... 73

ÖZET

CIRCULUS ARTERIOSUS CEREBRI OLUŞUMU VE MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN RADYOLOJİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Zahide TÜRK

Yüksek Lisans Tezi, Anatomi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı Prof. Dr. Serdar ÇOLAKOĞLU

Ocak 2022, 88 sayfa

Circulus arteriosus cerebri, arteria carotis interna'nın tıkanıklığı/darlığı durumunda yeterli serebral kan akışını sağlayan önemli bir arteriyel halkadır. Willis poligonunun yapısının ve varyasyonlarının bilinmesi, cerrahi girişimler ve vasküler hastalıkların anlaşılması için önemlidir. Çalışmamız patolojik öyküsü olmayan 46 erkek ve 65 kadın toplam 111 hastanın, 3D-TOF-MRA yöntemi ile oluşturulan görüntüleri üzerinde gerçekleştirildi. Willis poligonları incelenerek varyasyon modelleri belirlendi. Willis poligonunu oluşturan arterlerin çapları ölçüldü. Ayrıca arteria carotis interna'nın canalis caroticus'ta yaptığı kavisin çapı ile arterin çapı ölçülerek birbirine oranlandı. Willis poligonunun ön bölümünde en sık rastladığımız model, %27 ile arteria communicans anterior yokluğu idi. Poligonun arka bölümünde ise en sık rastladığımız model, % 65 ile arteria communicans posterior yokluğu idi. Willis poligonunun tam olduğu hasta sayısı ise 4 idi. Çalışmamızda tespit edilen varyasyon tiplerinin kadın/erkek ve sağ/sol arasında farklı olmadığını belirledik ($p>0.05$). Poligonu oluşturan arterlerin çaplarının da kadın/erkek ve sağ/sol arasında farklı olmadığını belirledik ($p>0.05$). Arteria carotis interna'nın ile arterin çapı arasındaki oranın, cinsiyet ve taraflar arasında farklı olmadığını belirledik ($p>0.05$). Sağ arteria carotis interna çaplarının erkek ve kadınlarda istatistiksel olarak farklı olduğunu belirledik ($p<0.05$). Yine sol arteria communicans posterior çapları bakımından kadın ve erkeklerde istatistik olarak anlamlı fark olduğunu belirledik ($p<0.05$). Bu durum beyin hemisferlerinin kan dolaşımında, bir asimetri olduğunu göstermektedir. Bunun ayrıca lateralizasyona işaret edip etmediğini belirlemeye yönelik farklı çalışmalar yapılması gerektiğini düşünüyoruz. Ayrıca tespit ettiğimiz varyasyon tipleri ile sıklığının, bu bölgede yapılacak başka çalışma ve girişimlere faydalı bilgiler sağladığını ve Willis poligonu varyasyonlarının, diğer radyolojik görüntüleme yöntemleri ile de belirlendiği farklı çalışmalar yapılması gerektiğini düşünüyoruz.

Anahtar Kelimeler: Arteria carotis interna, Arteria communicans anterior, Arteria communicans posterior, Circulus arteriosus cerebri, 3D-TOF-MRA

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE FORMATION AND MORPOMETRIC PROPERTIES OF CIRCULUS ARTERIOSUS CEREBRI BY RADIOLOGICAL METHODS

Zahide TÜRK

Master Thesis, Anatomy Department

Thesis Advisor Prof. Dr. Serdar ÇOLAKOĞLU

January 2022, 88 page

Circulus arteriosus cerebri is an important arterial ring that provides adequate cerebral blood flow in case of occlusion/stenosis of the arteria carotis interna. Knowing the structure and variations of the Willis polygon is important for understanding surgical interventions and vascular diseases. Our study was carried out on images created by 3D-TOF-MRA method of a total of 111 patients, 46 men and 65 women, without a pathological history. Variation models were determined by examining Willis polygons. The diameters of the arteries forming the Willis polygon were measured. In addition, the diameter of the arc made by the arteria carotis interna in the canalis caroticus and the diameter of the artery were measured and proportioned. The most common pattern in the anterior part of the Willis polygon was the absence of arteria communicans anterior with a rate of 27%. In the posterior part of the polygon, the most common pattern was the absence of arteria communicans posterior with 65%. The number of patients with a complete Willis polygon was 4. We determined that the variation types detected in our study were not different between female/male genders and right/left sides ($p>0.05$). We also determined that the diameters of the arteries forming the polygon were not different between female/male genders and right/left sides ($p>0.05$). We determined that the ratio between arteria carotis interna and the diameter of the artery was not different between genders and sides ($p>0.05$). We determined that the diameters of the right arteria carotis interna were statistically different between men and women ($p<0.05$). Also, we determined that there was a statistically significant difference between men and women in terms of left arteria communicans posterior diameters ($p<0.05$). This shows that there is an asymmetry in the blood circulation of the cerebral hemispheres. We think that, different studies should be conducted to determine whether this also indicates lateralization. In addition, we think that the variation types and frequency we detected, provide useful information for other studies and interventions in this region, and different studies should be conducted to determine the Willis polygon variations comparing with other radiological imaging methods.

Key Words: Arteria carotis interna, Arteria communicans anterior, Arteria communicans posterior, Circulus arteriosus cerebri, 3D-TOF-MRA

1.GİRİŞ ve AMAÇ

Circulus arteriosus cerebri anatomik olarak beynin spatium subarachnoideu'unda hipofiz sapının etrafında bir damar ağı olarak yer almaktadır. Arteria carotis interna'nın tıkanıklığı ya da darlığı durumunda yeterli serebral kan akışını sağlayan önemli bir yol olarak kabul edilir. Kan akışını yeniden dağıtma yeteneği, morfolojisine, bileşen damarlarının varlığına ve willis poligonunun boyutuna bağlıdır. Sir Thomas Willis'in 1664'te bu arteriyel anastomozun kollateral işlevini ilk kez tanımlamasından bu yana, Willis poligonunun afferent bölümdeki kan dolaşımında herhangi bir sorun olduğunda kollateral kan akışının devamını sağladığı bilinmektedir[1].

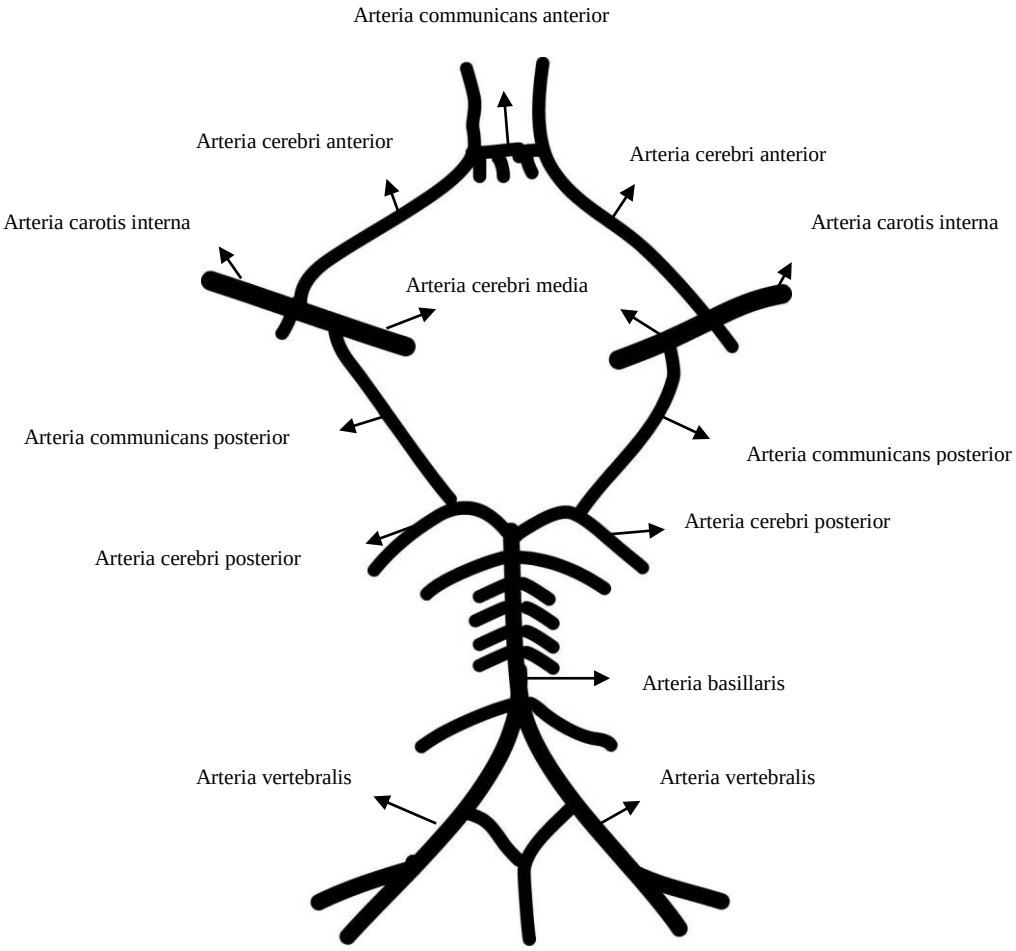
Bu vasküler yapıdaki ilk bilgiler Roma dönemine dayanmakta olup, Herophilus ve Galen tarafından harika ağ anlamına gelen Rete Mirabile olarak adlandırılmıştır. Orta çağda; Er-Razi ve arkadaşları katkıda bulunmuşlardır[2]. Willis poligonu, 1664 yılında Thomas Willis tarafından tanımlanmıştır ve ismi ile anılmaktadır[3].

Willis'in 1664 yılında yayınladığı, Cerebri Anatome isimli kitapta beynin vasküler anatomisi ve sinirleri hakkında ilk gerçek bilgiler verilmiştir[2] (Şekil-1).

Kafa tabanında yer alan arterler arasındaki bağlantının bir arteryel halka ile sağlandığı kabul edilmektedir. Bu arteryel halka soldaki ve sağdaki arteria carotis internalar ve arteria vertebrobasiller arterlerden oluşan 3 ana arter arasındaki bağlantı sonucu oluştuğu açıklanmaktadır. Thomas Willis bu konudaki teorisini yayınladığında willis poligonunun işlevini evrimsel açıdan dikkate almadı. Bu süreçte yapılan bilimsel çalışmalar sonucu yeni teoriler ortaya atıldı[4].

Vrselja ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada willis poligonunun bir basınç dengeleyici sistem olarak işlev gördüğü ve kranial mikro damar sisteminin zarar görmesini önleyen mekanizma olarak kabul edildiği bildirilmiştir[4]. Vrseljia ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada willis poligonunun işlevsel olup olmadığına bakılmıştır. Willis poligonunun işlevsel olduğuna dair kanıtlar şu şekilde açıklanmaktadır. Telafi edici sistem teorisine göre willis poligonu, serebral kanın arteria carotis interna veya arteria basillaris tıkanıklığı veya stenozu durumunda kan akışının devamını sağladığı düşünülmektedir. Bu durumda, yavaş ilerleyen bir daralma söz

konusu olduğunda bu bölgedeki yapıların beslenmesinin devamını sağlamak için anatomik olarak birbiri ile tam bağlantı halinde olan arterlerin bir uyum sağlama süreci olacağı değerlendirilmiştir[4].



Şekil 1: Thomas Willie'nin willis poligonu tanımı,[3]'teki görsel örnek alınarak yeniden çizilmiştir**.**

Vrseljia ve arkadaşlarının tanımladığı telafi edici sistem teorisine göre willis poligonunun varlığı ile ilgili şu değerlendirmeler yapılmaktadır;

1) Eğer willis poligonu telafi edici bir işleve sahipse, daha sonraları hipoplastik veya tam olarak oluşmamış inkomlet poligon olarak adlandırdığımız poligonlar istenmeyen bir durum olabilir. Ancak evrimle birlikte tam oluşum gösteren willis poligonu gözlenebilir[4].

2) Willis poligonu insan dışındaki diğer türlerin analog yapılarını gözardı eder ve insan merkezlidir, fakat willis poligonu benzeri yapılar beyin büyüklüğü, vücut büyüklüğü ve dolaşım türüne göre çeşitli hayvanlarda bulunmaktadır. Bu durum için kuşları ve memelileri örnek verebiliriz. Ortak ataları permiyen 1. dönemde yaşamasına rağmen kuşların ve memelilerin willis poligonu arasında benzerlik vardır. Kuşların arteria carotis interna'ları arasında iyi gelişmiş bir arteryel bağlantıları vardır. Willis poligonu ve analog yapıların ortaklığı işlevin tıkanma olayı durumunda telafi edici olmadığını gösterir. Çünkü kuşların ve diğer hayvanların çoğunun serebrovasküler olaylardan dolayı ölmediği açıklanmaktadır[4].

3) Yeni yapılar oluşur ve bu yapılar evrimsel olarak korunduğu zaman bu durum evrim için bir avantaj oluşturur. Bu durumda willis poligonu rastgele oluşan bir yapı değil evrimsel bir süreçle oluştuğunu söyleyebiliriz[4].

4) Arteryel darlık veya tıkanma durumu en fazla arteria cerebri media'nın distal bölümü ve arteria carotis interna'nın proksimal kısmında meydana gelir. Eğer willis poligonu'nun tıkanıklık durumunda telafi edici bir sistemi varsa bunu yakın konumda bulunan arterler üzerinde etkili olduğunu söyleyebiliriz. Arteria cerebri media'ya uzak bölümlerinde ise etkisi sınırlıdır[4].

5) Normal fizyolojik koşullar altında beyindeki kan dolaşımı orta hattı geçmez. Anatomik olarak bakıldığında tam poligonda kollateral kan akışının olduğu gözlenmiş. Anatomi ve fizyoloji kitaplarında ise bağlantıyı sağlayan sağlayan arterlerin çok küçük olduğuna yer verilmiştir[4].

6) Bir başka değerlendirmede nüfusun %50'sinde en az bir arteri eksik veya çok küçük yapıda olan willis poligonu'na sahip olduğu bulunmuştur. Tam poligona sahip olan kişilerin nüfusun %21'ini oluşturduğu açıklanmıştır. En yaygın varyasyonun hipoplazi olduğu açıklanmış, en yaygın hipoplazinin ise arteria comunicans posterior'da olduğu ve diğer arterlerinde de eksiği olanlar tespit edilmiştir[4]. Bu değerlendirmelere göre willis poligonunun varlığının evrimsel süreçle birlikte meydana geldiğini açıklanmaktadır[2].

Santral sinir sisteminin vasküler anatomisi ile ilgili günümüzde yapılan çalışmalara baktığımız zaman Yaşargil ve Rhoton'un çalışmaları bu alanda temel oluşturmaktadır[5].

Iqbal ve ark. willis poligonunun erken embriyolojik aşamada geliştiği ve doğum sonrası yaşamda da bu gelişimin devam ettiğini açıklamışlardır. Vasküler varyantların detaylı bilgisi cerrahlara şant operasyonlarını planlamada, hastaların seçiminde faydalıdır ve ayrıca ameliyatlar sırasında istenmeyen vasküler travmaların da önüne geçebilmektedir[6].

Irksal, çevresel ve hemodinamik faktörlerin bu varyasyonların değişmesinde bir etken olabileceği açıklanmıştır. Serebrovasküler anatomiyi ve varyasyonlarını anlamak, vasküler malformasyonların tedavisinde son derece önemlidir[7]. Bu yüzden willis poligonu, iskemik olaylarda önemli bir role sahip bir kollateral dolaşımdır[8].

Fonksiyonu beyni iskemiden korumak olan willis poligonu, beyne sabit ve düzenli kan akışının sürdürülmesini sağlayan temel yapıdır. Literatürde willis poligonunu oluşturan her bir artere ait detaylı çalışmalar olmakla birlikte poligonun bütününü içeren çalışmalar azdır. Ayrıca literatürde erişkin Türk toplumuna ait willis poligonu ile ilgili yeterli sayıda çalışmaya rastlayamadık[5].

Büyükmumcu ve arkadaşlarının çalışmasında, willis poligonunu varyasyonlarının, serebrovasküler ve mental hastalıklarda ve anevrizma öyküsü olan hastalarda daha yüksek oranlarda olduğu açıklanmıştır[9].

Canaz ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada poligonu oluşturan arterlerin morfometrik özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada 30 adet taze kadavra beyninin arterleri incelenmiştir. Bilateral arteria cerebri anterior'un A1 segment uzunlukları, arteria communicans anterior, arteria callosa-marginalis çıkışı arasındaki mesafeler, arteria communicans posterior uzunlukları, arteria cerebri posterior P1 bölümünün uzunlukları ölçülmüştür. Arterlerin diseksiyon ve ölçümlerinin ardından her bir bölge fotografı çekilmiş ve her bir bölgenin anatomisi açıklanmış ve buna göre varyasyonlar tanımlanmıştır[10].

Canaz ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada arter çap ve uzunluklarının literatür ile benzer sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca cerrahi girişim sırasında willis poligonu anatomisine hakim olunması gerektiği bildirilmiştir. Olası varyasyonlar göz önünde bulundurularak bireylerin cerrahi öncesi anjiyografilerinin dikkatli değerlendirilmesi gerektiği açıklanmıştır[10]. Ayrıca willis poligonunda kan akımındaki dalgalanmalar (akım gradienti) anevrizma oluşumunda rol oynamaktadır. Gerek cerrahi sırasında gerekse vasküler oklüzyona bağlı hastalıklarda temel prognostik faktör olan

kollateral dolaşımın daha iyi anlaşılması için bu bölge ile ilgili anatomik çalışmaların çoğaltılması gerektiğinin önemi vurgulanmıştır[10].Anevrizmaların büyük bir kısmı %85-90 oranında anterior dolaşımda görülmektedir. En çok anevrizma görülen damarlar: arteria communicans anterior, arteria communicans posterior ve arteria cerebri media olarak açıklanmaktadır[11].

Travmaya bağlı olmayan beyin kanamalarında en sık görülen patolojik durum hipertansiyondur. Hipertansiyona bağlı beyinde kanamanın görüldüğü en yaygın iki alan putamen ve thalamus'tur. Putamen'in etkilendiği kanamalarda motor bozukluk, thalamus'un etkilendiği kanamalarda ise duyu bozukluğu daha baskın olarak görülmektedir. Arteria cerebri media'nın tıkanıklığı sonrasında bu arterin beslediği beyin alanları ile ilgili bozukluklar ortaya çıkmaya başlar. Bunlar: motor afazi, duyu tipi afazi, ileti tipi afazi, global afazi, homonimos hemianopsia, akustik boşluğun karşı yarısından gelen seslerin lokolizasyonunun bozulması, karşı taraftaki ekstremitelerde hemipleji, bacak ve ayak dışında kalan vücut bölümlerinde motor ve duyu kaybı ortaya çıkar[11].

Cilliers ve arkadaşlarının çalışmasına göre arteria cerebri media serebral hemisferlerden büyük bir bölümünü kaplar ve bu nedenle bu bölgeye yapılacak cerrahi müdahaleler önem arz etmektedir. Serebral dalların yönleri değişme eğilimindedir; farklı dallanma modelleri tanımlanabilir ya da varyasyonlar gözlenebilir. Bu varyasyonların ve anomalilerin bilinmesi beyin cerrahları açısından önemli veya yararlı olabilir[12].

Türköz ve ark. yaptığı çalışmada subaraknoid kanama geçiren hastaların willis poligonu ve arteria basilaris varyasyonları arasında bir ilişki olup olmadığı retrospektif olarak bakılmıştır. Subaraknoid kanama geçiren hastalarda willis poligonu varyasyonlarının sıklığının literatürdeki normal hastalara göre daha yüksek olduğu açıklanmıştır. Willis poligonu varyasyonları subaraknoid kanamanın nedeni olarak anevrizma tespit edilen hastalarda, tespit edilmeyen hastalara göre yüksek bulunmuştur. Kırk yaş üzerindeki hastalarda varyasyon oranının daha yüksek bulunması varyasyonların ortaya çıkışında yaşın da etkisi olabileceğini düşündürebilir. Fakat bu farklılıkların istatistiksel olarak bir anlam ifade edebilecek boyutlarda olmadığı bildirilmiştir[13]. Bu nedenle willis poligonu, iskemik olaylarda önemli bir role sahip bir kollateral dolaşım olduğu anlaşılmaktadır[8].

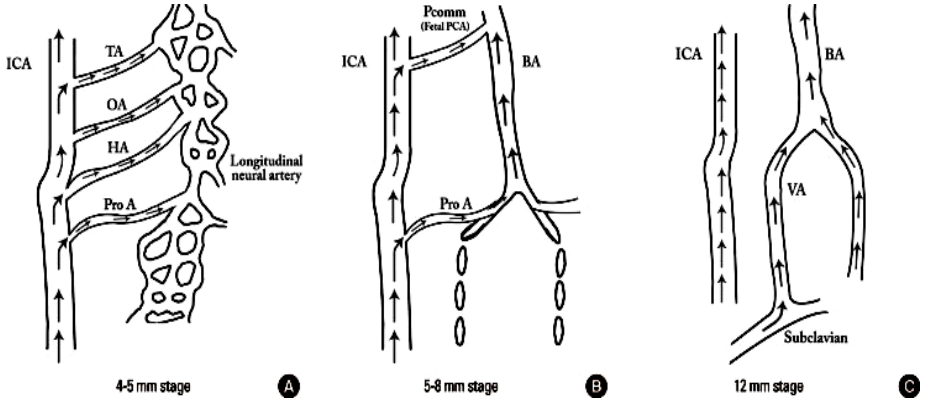
Literatürde yaptığımız taramalarda karşılaştığımız çalışmaları değerlendirdiğimizde, willis poligonu ve varyasyonları ile ilgili çalışmaların cerrahi girişimlerde önemli bir yere sahip olduğunu gördük. Biz de bu konuda literatüre katkı sunmak ve Batı Karadeniz bölgesine dair muhtemel varyasyon tipleri ve oranlarını tanımlamak amacı ile 111 vakada tanımladığımız willis poligonu varyasyonlarını inceledik ve literatür ile ne kadar uyumlu olduğuna baktık. Çalışmamızda, çalışmamızda arteria carotis interna'nın canalis caroticus'taki kavis çapı ile arterin buradaki çapı arasında bir ilişki olup olmadığını araştırdık. Ayrıca arter kavsi ile çapı arasındaki oranın tanımladığımız varyasyon tipi ile ilişkili olup olmadığını da inceledik.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Embriyoloji

Embriyodaki damar sisteminin gelişimi kalp atışları başlamadan önce gelişmeye başlar. Damar sisteminin gelişimi ise vaskülogenez ve anjiyogenez olarak iki temel aşamadan oluşmaktadır. Vaskülogenez aşaması hangi hemanjiyoblastların anjiyoblastlara farklılaşacağının süreci olarak tanımlanırken, anjiyogenez aşaması ise yeni vasküler yapıların oluşumunu açıklamaktadır. Temel anjiyogenez mekanizması ise özellikle hipoksi veya iskemi durumlarında hedef dokudan salınan büyüme faktörleri tarafından uyarılmaktadır. Daha çok kılcal damar oluştukça, büyük vasküler yapılarda akıma karşı direnç azalır ve bu alanı besleyen arterlerin akım ile indüklenen yapılanmayı kolaylaştırır. Beyni besleyen kan-dolaşım sisteminin gelişimi, embriyo gelişiminin 18. gününde iken ilkel yapıda olan 6 çift brankial arkın gelişmesi ile başlar ve sonrasında büyük değişimler geçirir. İlk olarak lobus occcipitalis ve beyin sapının gelişimine bakılacak olursa; posterior sirkülasyonun oluşması açısından ilk işaret önce arteria basilaris daha sonra arteria vertebralislerin gelişimi olarak tanımlanabilir. 4-5 mm boyutuna gelen embriyoda (gestasyonun 28.günü) rhombencephalon'un birbirine parelel uzanan iki nöral arter ile beslenmesini sağlar. Bu arterler kan akımını arteria trigeminale (AT), arteria otica (AO), arteria hypoglossal (AH) ve arteria segmentum proatlantale aracılığı ile oluşan carotid-vertebrobasiler anastomozdan sağlar. Arteria basilaris, embriyonun boyutu 5-8 mm olduğu zaman (gestasyonun yaklaşık 32-33.günü) nöral arterlerin birleşmesi ile oluşur[14] (Şekil-2).

Arteria trigeminale, arteria otica ve arteria hypoglossal'ın ömrü yaklaşık bir hafta civarında olup bu arterler arteria communicans posterior'un distalde bulunan arteria basilaris ile birleşiminden sonra kaybolurlar. Arteria segmentum proatlantale, arteria trigeminale, arteria otica'nın ve arteria hypoglossal'ın aksine arteria vertebralis kaybolmaz. Ayrıca arteria vertebralis'in 3. segmenti ve arteria occipitalis arteria proatlantale'nin bir segmenti ile ilişkilidir[14].



Şekil 2: Arteria trigeminalis, arteria hypoglossal ve arteria otica'nın arteria basilaris'e katılması

Embriyo 7-12 mm boyutlarına geldiği zaman arteria vertebralis ve servikal intersegmental arterler arasında transvers anastomoz ile proatlantal arterlerden başlayıp; aşağıya doğru seyreder. Arteria vertebralis, arteria subclavia'dan köken aldığı seviyedeki 6.intersemental artere doğru ilerlemek amacı ile oluşmaktadır. Willis poligonunun arka bölümünde ise fetal arteria cerebri posterior arteria communicans posterior'a dönüşmektedir[14].

11-12 mm boyutundaki embriyolojik aşamada (gestasyonel olarak 35. gün), arteria cerebri media'nın gelişimi ilk olarak primitif arteria carotis interna'nın ön ayrım noktasında, arteria cerebri anterior'un proksimalinde küçük bir tomurcuk olarak tanımlanmaktadır. Arteria cerebri media bu aşamada iken hala gerçek bir arter oluşumu göstermemektedir. Pleksiform yapı olmasına rağmen bu aşamada serebral hemisferlerin en önemli kan kaynağı olarak açıklanmaktadır. 16-18 mm boyutundaki embriyonun (47.gün) bu aşamasında arteria cerebri media daha belirgin hale gelir, pleksiform görünümlü tek bir arter halini alır ve dalları her iki hemisferin içine doğru uzanır[14].

Embriyonun 18 mm olduğu aşamada, arteria cerebri anterior'un kökünden arteria olfactoria oluşur. Sonra arteria cerebri anterior karşı taraftaki arteria cerebri anterior'un medialine doğru ilerler. Embriyo 22-23 mm boyuta ulaştığı dönemde her iki arteria cerebri anterior'lar birleşerek arteria communicans anterior'u oluştururlar[14].

Arteria communicans anterior'un ve arteria cerebri anterior'un tam oluşumu embriyonun 6-7. haftalarında olur. Willis poligonunun gelişiminin son aşaması da arteria communicans anterior'un oluşumu ile tamamlanmıştır[14].

Boyun ve beyindeki vasküler yapılar ise arcus aorticus'tan gelişmektedir. Bu arkuslar, turuncus arteriosus'un en distal kısmında yer alan aortik keseden oluşmaktadır. Aortik arkuslar faringeal arkus mezenşimi içine gömülü durumdadır ve dorsal aortada sonlanmaktadır. Faringeal arkuslar ve bunların vasküler yapıları kranialden kaudale doğru bir sıra halinde çıktıklarından tümü aynı anda bulunmazlar. Aortik kese, her yeni oluşan arkusa bir dal vererek, sonuçta toplam beş çift arter meydana getirir. Bu beş adet arkus 1, 2, 3, 4 ve 6 olarak numaralandırılır. Asimetrik gelişen arkuslar ise 4. ve 6. arkuslardır[15].

Embriyonun gelişimi esnasında nöral tüp devamlı bir değişime uğramaktadır. Bu nedenle vasküler yapılar gelişim sırasında devamlı değişir ve yeni yapılara uyum sağlarlar. Nöral tüp vaskülarizasyonu kaudal-kranial yolu takip eder. 24. günde ventral aortadan dorsal aortaya bir çift vasküler arkus çıkar. 26. günde ikinci aortik arkus belirginleşirken birinci arkus kaybolur ve 3-4. arkus 28. günde, 6. aortik arkus 29. günde tam anlamıyla belirgin hale gelir[16].

1 ve 2. aortik arkus 29. güne gelindiğinde büyük oranda kaybolmuştur. İkinci arkusun proksimalinde arteria hyloidea arteria stapedius'lara döner ve ileride arteria carotis externa oluşumuna katkıda bulunur. Fetal hayatın erken döneminde serebral kan akımı, pirimitif arteria carotis interna ile sağlanır. Bu arterin proksimal segmenti 3.arkus ve ventral aortadan gelişerek arteria carotis communis'leri yapar. 35. günde 6.arkus gelişir ve 3-4. arkuslar arasında dorsal aortik segment regresyona uğrar[16]. Bu dönemde arteria carotis interna'lar ventral aorta ve 3. aortik arkustan kan alır. Arka beynin (rhombencephalon) kanlanması için 3-4. arkusların arka bölümünden, bir çift longitudinal nöral arterden pleksiform damarlar belirir. Bu arterler ileride birleşip arteria basillaris'i oluşturur. Arteria karotis geliştikçe longutudinal nöronal artere beş damarla bağlanır[16]. Bu damalar şunlardır; arteria commumnicans posterior, primitif arteria trigeminalis, arteria hypoglossal, proatlantal intersegmental arter ve arteria otica olarak açıklanmaktadır[16].

6. haftada fetüs 5-6 mm boyutlarına geldği zaman primitif arteria carotis interna'nın kaudal bölümünden arteria communicans posterior'lar çıkar ve longitudinal nöral arterlerle anastomoz yapar. Bu sırada vertebral arterin oluşumuna katılmak üzere ilk 6 servikal intersegmental arter birleşir. Vertebral arterlerin oluşumu sayesinde arteria carotis interna'nın kaudal bölümü ile longitudinal nöral arter arasında ilşki sağlanır. Öncesinde arteria karotis interna ile longutudinal nöral arterler arasındaki bağlantıyı sağlayan proatlantal intersegmental arter, arteria otica, arteria hypoglossal, primitif trigeminal arterler regresyona uğrar ve kaybolur. Fetal hayatın 7. haftasında fetüs 7-12 mm boyutlarına ulaşmıştır. Bu esnada ise 4. ve 6. arkuslar asimetrik değişime uğrar. 3.-4. arkusların arka bölümünden çıkan longitudinal nöral arter, orta hatta birleşerek arteria basillaris'i oluşturur. Arteria basillaris kaudal bölümünde arteria vertebralis ile vertebrobasiller arter anastomozuyla birleşir[16]. Bu anastomozlar arteria cerebri posterior'u oluştururlar. 8. haftada büyük arterler son şekillerini alırken, posterior dolaşım bölümünde ise birçok değişiklik meydana gelir. Arteria basillaris ve vertebralis erişkin halini alır ve arteria carotis interna beyinde intracranial dallar verir[16].

2.2. Anjiyogenez

Embriyodaki damar gelişiminin ikinci bölümünün anjiyogenez ile ifade edildiğini söylemiştik. Embriyodaki anjiyogenez'in gelişim basamakları şu şekilde açıklanmaktadır. 3. haftada vitellüs kesesi ekstraembriyonik mezoderminde anjiyogenezle damar yapımı başlar. Bu sırada mezenkimal hücreler anjiyoblastik kan adacıklarını oluşturur. Bu adacıklardaki sellüler yapıda bulunan elementler stoplazmik kalınlaşmaya uğrar ve kanalizasyon gelişir. Bunlar zamanla kapillerlere dönüşür. Kanalizasyonlar ince bazal lamina ile çevrilir. Anjiyoblastlar yassılaşınca endotelyal hücreler oluşur. Bu endotelyal hücreler kanalların içini döşer. Endotelyal hücrelerin oluşan filopodiaları büyümeyi uyaran bir faktördür. Filopodialar, etrafındaki hücrelere doğru ilerleyip birbirleri ile birleşirler. Ve yine bu dönemde vitellus kesesi ve allantois duvarında hemositoblastlar gelişir. Embriyodaki kan yapımı ise 5. haftada başlar. Karaciğer, dalak, kemik iliğinde fetal ve yetişkin eritrosit üretimi yapılmaktadır[16].

Embriyonik damarlar her yeni gelişen merkezi sinir sisteminin bölümünü çevreleyip etrafında organize olurlar. Önce dokuyu perfore ederler, ardından çevresinde bazal lamina ve glial bariyerler oluşur. Bunu takip eden olaylar ise nöral doku içerisinde büyümeye devam eder. Anjiyogenesis bölgesindeki damarlarda bazal lamina

bulunmaktadır. Damar büyüdükçe endotelyal hücreler çoğalır ve bu durum da yeni damarların oluşmasını, yeni kanalizasyonu ve içinde endotel ilerlemesini sağlar. Endotel hücresi glia ile temas kurduğundan filopodia oluşur. Filopodia proteolitik enzim salgılayarak glial dokuyu deler ve sinir dokusunun içine girer ve burada yayılarak damarın çevresinde bazal lamina oluşturarak filopodialar iğ şeklini alır. Bu şekilde damar ve sinir sistemi arasındaki anatomik devamlılık sağlanmış olur[16].

2.3. ANATOMİ

2.3.1. Willis Poligonu

Kalp debisinin %25'i beyne gider ve vücuttaki toplam oksijenin %15'ini beyin kullanır. Beyin iki arteria carotis interna ve iki arteria vertebralis olmak üzere toplam dört ana arterden beslenir. Bu arterler spatium subaracnoideum içinde bulunur ve beynin alt yüzünde hipofiz sapı etrafında birbirleriyle anastomoz yaparak circulus arteriosus cerebriyi (willis poligonu) oluştururlar[17].

2.3.2. Circulus arteriosus cerebri (willis poligonu)

Beynin tabanında fossa interpeduncularis' te, infundibulum ve chiasma opticum etrafında oluşan damar halkasına verilen isimdir. Bu damar halkası iki arteria carotis interna ve iki arteria vertebralis arasındaki anastomozlarla oluşur, altı arter bu oluşuma katılır. Bunlar;

Arteria carotis interna

Arteria cerebri anterior

Arteria communicans anterior

Arteria cerebri media

Arteria cerebri posterior

Arteria communicans posterior

Arteria basillaris

Arteria communicans anterior sağ ve sol a. cerebri anteriorları birleştirir ve bir adettir. Arteria carotis interna ile arteria cerebri posterior'u birleştiren a. communicans posterior ise sağda ve solda olmak üzere iki adettir[17].

2.3.3. Arteria carotis interna

Beyni besleyen ana iki arterden biri a. carotis interna'dır. Bifurcatio carotidis'te (cervival 3-4. discus intervertebralis seviyesinde) arteria carotis communis'in uç dalı olarak başlar. İlk üç servikal vertebralar'ın prosccessus transversusları'nın önünden geçip temporal kemikte bulunan canalis caroticus'a girerek craniuma ulaşır. Kanalın üst

açıklığından çıkıp foramen lacerum'un üzerinden ve sphenoid kemikteki sulcus caroticus'tan geçerek sinus cavernosus'a girer. Arteria carotis interna, sinus cavernosus'ta nervus abducens ile beraber seyreder. Sinus cavernosus'u terk ettikten sonra substantia perforata anterior'un altında uç dallara ayrılır[11].

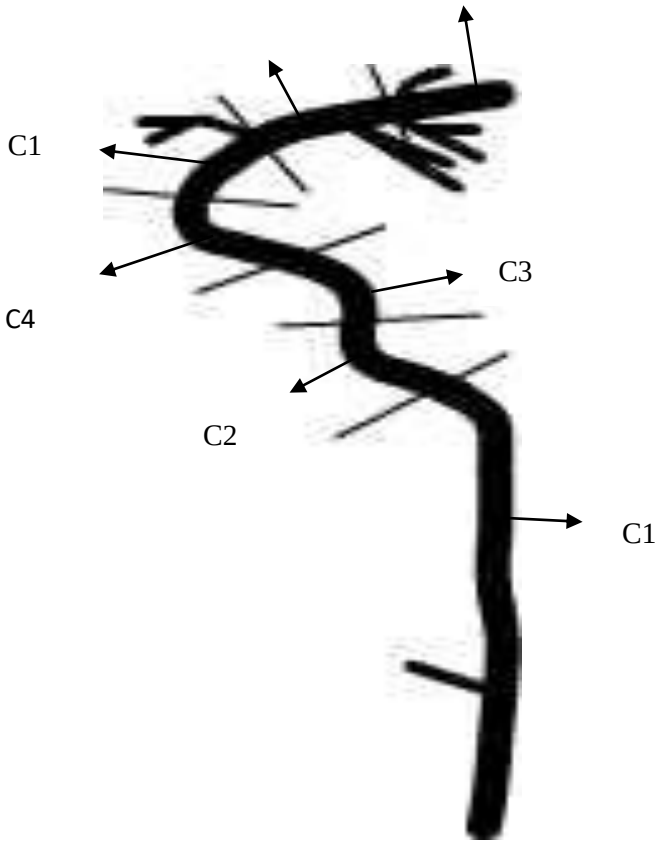
Arteria carotis interna aynı taraf beyin hemisferinin büyük bir bölümünü, orbitayı, alnın ön bölümünü ve burnun bir bölümünün beslenmesini sağlar. Yerleşim olarak bakıldığında ilk başta arteria carotis externa'nın dış tarafında bulunur. Yukarı doğru gittikçe arteria carotis externa'nın önce arka tarafında sonra iç tarafında yerleşim gösterir. Tiroid kıkırdağın üst kenarı hizasında arteria carotis communis'in uç dalı olarak başlar. İlk 3 servikal vertebranın processus transversus önünde vertikal seyrederek cranium'a gelir. Bundan sonra kafa boşluğundaki ilk parçası sinus cavernosus içinde bulunur. Daha sonra yukarı doğru kıvrılarak processus clinoideus posterior bölümüne gelir. Bu sırada processus clinoideus'un medial tarafında sinus cavernosus'nun tavanını yapan dura mater kısmını delmeden önce "S" harfi şeklinde bir kıvrım yapar. Arteria carotis interna bundan sonra nervus oculomotorius ve nervus opticus arasından geçerek substantia perforata anterior'un altında, arteria cerebri media ve arteria cerebri anterior dallarına ayrılır[17].

Arteria carotis internanın kafa boşluğuna girdikten sonraki seyrinin sınıflamasında kullanılan birçok yöntem vardır. Ancak bu sınıflamanın yönteminde ve isimlendirilmesinde ortak bir uzlaşıya varılamamıştır. En sık kullanılan sınıflama ise Bouthi'nin sınıflamasıdır[18].

Bouthi ve arkadaşlarının yapmış olduğu sınıflama klinikte daha sık tercih edilmektedir. Bu sınıflamada arteria carotis interna'nın segmentlerini kafa boşluğunda seyrettiği bölgede komşu yapılara veya geçtiği kompartmanlara göre sınıflandırmış ve bu şekilde yedi segment tanımlanmıştır[19] (Şekil 3).

C7

C6



Şekil 3: A. Bouthi arteria carotis interna'nın bölümleri,[19]'daki makaleden örnek alınarak yeniden çizilmiştir.

Segmentum cervicalis (C1)

Arteria carotis interna'nın normalde arteria carotis communis'ten orjin aldığı yer servikal 3-4 ya da servikal 4-5 vertebra seviyeleridir. Arteria carotis communis'in (ACC) verdiği dallardan büyük olanı arteria carotis interna'dır. Arteria carotis interna' nın ilk segmenti bulbus carotidis ve segmentum cervicalis olarak iki bölümden oluşmaktadır. Servikal arteria carotis interna'nın en proksimal bölümünde bulbus karotidis bulunur. Bulbus karotidis, arteria carotis interna'nın arteria carotis communis'ten orjin aldığı bölümde hafif bir açılaşma ile belirgin dilatasyona verilen isimdir. Normalde bulbus karotidis'in çapı 7,5 mm ACC çapı 7 mm, bulbus'tan sonra arteria carotis interna distal çapı 4,7 mm'dir[18,17]. C1 segmenti ACI'nın temporal kemiğin petros parçasındaki bölümde canalis caroticus'a girdiği yerde sonlanır ve bu segmentte dal vermez[18].

Segmentum petrosa (C2)

Arteria carotis interna'nın C2 segmenti kafa tabanından girdikten sonra temporal kemikte pars petrosa'da seyreder. Pars patrosa'nın vertikal veya asendan ve horizontal segment olmak üzere iki alt segmenti bulunur. Bu iki segment arasındaki bağlantı anjiyografide de rahatlıkla görülebilen bir açılaşma oluşturur. Arteria carotis interna'nın segmentum petrosa'sı a. vidiana ve a. caroticotympanica olmak üzere iki dal verir[18].

Segmentum lacerum (C3)

C3 segmenti canalis caraticus petrosa'nın sonlandığı yerde başlar. Arteria carotis ineterna daha sonra sulcus caroticus'un posterior uzantısından yukarı doğru devam eder. Segmentum lacerum ise ligamentum petrolingualis düzeylerinde sonlanır. C3 segmenti genellikle dal vermez[18].

Segmentum cavernosa (C4)

Bu segment ligamentum petrolingualis'in üst kenarından başlar. Bu segmentin üç bölümü vardır. Bunlar: posterior asendan veya vertikal bölüm, uzun horizontal bölüm ve kısa anterior segment olarak isimlendirilir. Bu üç segmentte iki vertikal parçanın horizontal parça ile birleşim yeri kıvrım yapmaktadır. Bu kıvrımlar ise posterior ve anterior genu olarak adlandırılmaktadır. C4 segmenti ise sinus cavernosus'un superior duvarında yer alan dural bir halkadan çıkmaktadır. Bu dallar arterlerin daha çok besledikleri alana ve topografik orjinlerine göre isimlendirilir. Arteria carotis interna'nın pars cavernosa'nın meningohipofizeal trunkusundan ayrılan arter ise Bernasconi-Casanari arteri olarak adlandırılmıştır[18].

Segmentum clinoideus (C5)

Bu segment ACI'nın en kısa segmentidir. Genu anterior'un üstünde yer alan kama şeklindeki bir alana verilen isimdir. Bu segment duranın proksimalinden başlar distal bölümde sonlanır ve bazen dal verebilir[18].

Segmentum ophthalmica (C6)

Segmentum clinoideus'un sonlandığı distal dura halkası düzeyinden başlar ve arteria communicans posterior'un orjin aldığı bölümün proksimalinde sonlanır. İki önemli dalı vardır. Bu dallar arteria ophthalmica ve arteria hypophysialis superior'dur. Bu segmenetin ilk major dalı arteria ophthalmica'dır[18]. Yapılan çalışmalarda olguların %80-90 civarında bu arterin procesus clinoideus anterior'un hemen altından ayrıldığı gözlenmiştir. Arteria ophthalmica'nın dalları arteria maksillaris ile birlikte anastomoz yaparak proksimal karotid arterin tıkanıklığı durumunda kollateral beslenme için bir ağ oluşmasını sağlarlar. Arteria ophthalmica, orbita, göz küresi, frontal bölge, saçlı deri, ethmoid ve frontal sinusler ve burnun üst bölümünün beslenmesini sağlar. Arteria ophthalmica'nın arteria facialis ve arteria maxillaris ile anastomozları vardır[20].

Segmentum communicans (C7)

Bu segment arteria communicans posterior'un orjininin hemen proksimalinden başlar ve ACI'nın anterior ve media dallarını verdiği yerde sonlanır. Bu segment iki ana dal verir. Bunlar; arteria communicans posterior ve arteria choroidea anterior olarak isimlendirilir. Arteria communicans posterior ACI'nın posterior bölümünden çıkar ve arteria cerebri posterior'a doğru posterior yönde seyreder. Bu arter öndeki karotid dolaşımının arkadaki vertebrobasiller arter dolaşımına bağlanmasını sağlar. Bazı durumlarda arteria basillaris'e bağlantı olmaz ve o taraftaki arteria cerebri posterior'u doğrudan arteria communicans posterior'un beslediği durumlar gözlenebilir[18]. Bu segmentin verdiği diğer ana daldan biri de arteria choroidea anterior'dur. Bu arter tractus opticus'un bazı alanlarını, lobus temporalis medialis, uncus, amygdala, hippokampus capsula interna, lateral ventrikül choroid pleksusunu, globus pallidus'un inferior bölümü, pedunculus cerebellarisler'i ve orta beyin boyunca uzanır ve bu yapıların beslenmesini sağlar[20].

Arteria carotis interna'nın boy , boynun uzunluğu ve a. carotis communis'in uç dallarına ayrılma yerine göre değişiklik gösterebilir. Arteria carotis interna, arcus aorta'dan çıkabilir. Düz bir seyir halinde yukarı doğru çıkması gerekirken bazen kıvrımlı bir şekilde seyir gösterebilir. Çok nadir olarak a. carotis interna'nın bulunmadığı vakalar da tespit edilmiştir. A. carotis interna'nın olmadığı vakalarda a. maxillaris'ten ayrılan dalların, foramen rotundum ve foramen ovalae'den cavitas crani'ye giriş yaparak beynin ilgili alanlarını beslediği görülmüştür[17].

Circulus arteriosus cerebriyi oluşturan arterlerden çıkan dallar cortical dallar ve central dallar olmak üzere iki grupta incelenmektedir[21].

2.3.4. Central Dallar

Bu dallar circulus arteriosus cerebri'yi oluşturan arterlerin proksimal kısımlarından başlayan ince uç dallardır. Bu arterler diencephalon, capsula interna, bazal ganglionlar gibi beynin derin kısımlarında yer alan oluşumları besler. Central arterler anteromedial, anterolateral, posteromedial ve posterolateral olmak üzere dört grupta incelenebilir. Bunlardan başka a. choroidea anterior ve rr. choroidei posteriores adı verilen central arterler de vardır[21].

Central dalları oluşturan arterler arasında anastomoz yoktur. Ve bu dallar daha küçük bölgeleri beslediği için bu arterlerin tıkanıklığına bağlı olarak gelişen infarktüsler daha spesifik bulgular vermektedir. Örneğin capsula interna'da sadece tractus corticospinalis'in infarktüsü sonucu kontralateral hemiplegia veya thalamus'un sadece nucleus ventralis posteromedialis ve nucleus ventralis posterolatelaralis'inin infarktüsü sonucu kontralateral hemianeshthesia gibi patolojik durumlar ortaya çıkmaktadır[21].

Anteromedial Grup

Bu gruptaki arterler a. cerebri anterior ve a. communicans anterior'dan çıktıktan sonra substantia perforata anteriordan beyin dokusu içine girerek hypothalamusun anterior bölümünü, supraoptic ve preoptic sahaları besler[21].

Anterolateral Grup

Bu gruptaki arterler a. cerebri media'nın proksimal bölümünden çıkar. Ancak a. cerebri anterior'un dalı olan a. striata medialis de beslediği alan bakımından bu grupta incelenir. Bu arterler substantia perforata anterior'dan beyin dokusu içine girerek capsula interna ve corpus striatum'un bir kısmının beslenmesini sağlar. Arteria striata medialis; caput nucleus caudatus'un rostoroventral kısmı ile capsula interna ve putamenin buna komşu kısımlarını besler. Rami laterales striata ise cauda nucleus caudatus ve putamen'in en caudal kısmı hariç corpus striatum'un geri kalan kısımlarını besler. Bu arterler ayrıca globus pallidus'un lateral kısımları, capsula interna'nın crus anterius'u ve crus posteriusu'nun lateral kısımlarını besler[21].

Posteramedial Grup

Bu gruptaki arterler a. cerebri posterior'un başlangıç kısımları ve a. communicans posterior'dan çıkar. Bu arterlerin rotsal dalları hypophysis, infindubulum hyprthalamus'un tuber cinereum kısmını; kaudal dalları thalamus'un medial nucleusları (nuclei mediale) subthalamic bölge ve corpus mamillare'yi besler. Daha caudale uzanan dalları ise crus cerebri ve tegmentum'un medial kısımlarında dağılır[21].

Posterolateral Grup

Bu gruptaki arterler a. cerebri posterior ile a. communicans posterior'un anastomoz yaptığı yerin distalinden çıkar. Bu arterler derine doğru uzanarak thalamus'un caudal yarımını besler[21].

Arteria choroidea anterior

Bu arter genellikle a. carotis interna'nın a. communicans posterior'u verdiği yerin distalinden çıkar. Fisssura choroidea'dan geçerek ventriculus lateralis'in cornu inferius'una girer ve plexus choroideus'u besler[21]. Arteria choroidea anterior ayrıca formatio hypocampi, globus pallidus'un bir kısmı crus posterius capsula interna'nın ventral kısmı ve capsula interna'nın retrolenticular kısmının tamamını besler. Bu arterden çıkan küçük dallar tractus opticus ve corpus amiygdaloideum'un bir kısmı, nucleus caudatus'un ventral kısımları, thalamus'un ventrolateral kısmı ve putamen'in posterior bölümünü de besler[21].

Rami choroidei posterior

Arteria cerebri posteriordan çıkan bu dallar tectum, metathalamus, ventriculus tertius ve ventriculus lateralis'in plexus choroideus'unu, thalamus'un bir kısmı ve glandula pinealis'i besler[21].

2.3.5. Cortikal Dallar

Cortikal dallar a. cerebri anterior, a. cerebri media ve a. cerebri posterior'dan çıkar. Bu dallar beyin hemisferlerinin kortikal kısımlarını besler ve birbirleriyle bağlantılı plexus oluştururlar[21].

2.3.5.1. Arteria Cerebri Anterior

Arteria carotis interna'nın chiasma opticum'un hemen lateralinde verdiği daldır. Bu arter karşı taraftaki a. cerebri anterior ile a. communicans anterior aracılığı ile anastomoz yapar. Arteria cerebri anterior hemisferlerin medial yüzünde genu carporis callosi'ye kadar yukarı ve öne doğru ilerler. Daha sonra corpus callosum'un üst yüzünde arkaya doğru devam eder. Arteria cerebri anterior'un cortikal dalları cortex'in medial yüzünün sulcus parieto occipitalis'in önünde kalan alanı besler. Lateral yüzünde ise medial yüze komşu olan 2-2,5 cm genişliğinde bant şeklinde bir sahayı besler[21].

Arteria cerebri anterior'un kortikal dalları şunlardır:

Arteria orbita frontalis medialis

Arteria frontalis polaris[21]

Arteria cerebri anterior üç segmente ayrılır[18].

A1: Horizontal segment

A2: Vertikal segment

A3: Arteria cerebri anterior'un distal bölümü ve kortikal dallar

A1 ve A2 segmentleri proksimal arteria cerebri anterior (ACA), A3 segmenti ise distal ACA olarak isimlendirilebilir.

A1 segmenti: A1 segmenti, precommunicans segment olarak da adlandırılabilir. Arteria cerebri anterior orjininden arteria communicans anterior ile birleşme yerine dek horizontal olarak seyreder[18].

A2 segmenti: Postcommunican segment olarak adlandırılır. Bu segment arteria communicans anterior'dan genu carporis callosi'ye dek vertikal olarak seyreder[18].

A2 daha sonra arteria pericallosa ve arteria callosa-marginalis olarak ikiye ayrılır. Arteria callosa-marginalis'ten anteroinferior, orbitofrontal ve frontopolar dalları verir. Arteria pericallosa ve arteria callosa-marginalis sırasıyla arteria splenia ve arteria cunealis olarak sonlanır[20].

Arteria cerebri anterior varyasyonlarının ciddi klinik etkileri olabileceğinden, varyasyon ihtimalinin farkında olmak önemlidir. Çünkü bu varyasyonları bilmek beyin cerrahları ve klinisyenlerin cerrahi operasyon sırasında veya klinik belirti anlamında hastanın durumuna göre hareket etmeye imkan verir[22].

Sinir sisteminde en çok görülen anevrizma tipi % 80-90 oranında baloncuk tip anevrizmadır. Bu anevrizma Berry tip anevrizma olarak da isimlendirilmektedir. Diğer bir anevrizma tipi olan fuziform diye adlandırılan anevrizma ise nadir olarak görülmektedir ve iğ tip anevrizma olarak da isimlendirilir[11]. Bunun haricinde arteria cerebri anterior'un oklüzyonunda kontralateral bacak ve ayakta belirgin olarak duyu kaybı ve motor kayıplar gözlenmektedir. Ayrıca miksiyonun istemli kontrolü bozulur. Arteria cerebri anterior'un her iki tarafta etkilendiği tıkanmalarda parapleji, karakter değişiklikleri, motor afazi diye anlandırabileceğimiz konuşmada zorluk, ve hastanın idrarını tutamaması gibi belirtiler de gözlenmektedir[11].

Proksimal ACA'nın perforan ve kortikal dalları mevcuttur;

Perforan dallar: Arteria carotis interna'nın A1 segmentinden 1-12 tane arteria lenticulostriate medialis çıkabilir. Bunlar postero-superior düzlemde seyrederek antero-bazal beynin önemli parçalarını beslerler. Küçük perforan dallar aşağıya doğru seyrederek chiasma opticum ve optik sinirleri besler. Arteria communicans anterior ve A2'den de perforan dallar çıkarak corpus callosum genusunu, septum pellucidum ve fornix'i besleyebilir[18].

Kortikal dallar: Arteria carotis interna'nın kortikal dalları besledikleri bölgeye göre isimlendirilmektedir. Kortikal dallar normalde precommunicans arteria cerebri anterior (ACA)' dan çıkmazlar. İlk kortikal dallar proksimal A2 segmentinden çıkar[18].

A3 segmenti: Bu segment genu carporis callosi boyunca seyreder. Birçok araştırmacı ACA ve kortikal dallarını A3 segmentine dahil ederler. Bazı araştırmacılar corpus callosum'un üzerinde seyreden ve coronal fissürle ayrılan A4 ve A5 olmak üzere iki segment daha tanımlamışlardır. Arteria communicans anterior her iki A1 segmentini birleştirir[18].

2.3.5.2. Arteria Cerebri Media

Arteria carotis interna'nın a. cerebri anterior'u verdikten sonraki devamı olan bu arter, substantia perforata anterior'un altında ilerleyerek insula ile lobus temporalis'in arasında seyreder. Arteria cerebri media'nın dalları sulcus lateralisten çıkarak hemisferlerin lateral yüzünde dağılır. Arteria cerebri media'nın cortikal dalları, hemisferlerin a. cerebri anterior tarafından beslenen dar bir bant şeklindeki alan ve lobus occipitalis dışında kalan tüm lateral yüzeyini ve polus temporalis'i besler. Ancak a. cerebri media'dan çıkan bazı küçük dallar, polus occipitalis'teki santral görme ile ilgili sahanın beslenmesininde rol oynar[21].

Arteria cerebri media'nın kortikal dalları şunlardır; arteria temporalis anterior, arteria orbitofrontalis lateralis, arteria frontalis ascendes (Candelabra), arteria sulci precentralis (Pre-Rolandic artery), arteria sulci centralis (Rolandic artery), arteria parietalis anterior, arteria parietalis superior, arteria temporalis posterior, ramus gyri angularis[21]

2.3.5.3. Arteria Cerebri Posterior

Arteria cerebri posterior P1'den P4'e kadar dört bölüme ayrılmıştır. Segmentler ayrıca sırasıyla derin ve yüzeysel segmentler veya proksimal ve distal olarak kategorize edilebilmektedir. P1 ve P2 segmentleri derin segmentlerdir. P3 ve P4 segmentleri ise yüzeysel segmentler olarak isimlendirilmektedir[23]**.**

Arteria basillaris'in uç dalı olan bu arter crus cerebri'nin lateralinde ilerleyerek tentorium cerebelli'nin üst kısmına ulaşır. Arteria cerebri posterior'un cortikal dalları, lobus temporalis medial ve infrolateral yüzleri ile lobus occipitalis'in medial ve lateral yüzlerini besler. Sonuç olarak lobus occipitaliste bulunan görme merkezi a. cerebri posterior tarafından beslenmektedir. Ayrıca a. cerebri posterior, ventriculus tertius ve ventrikülüs lateralisler'in plexus choroideus'u ile beyin sakına da dallar verir. Arteria cerebri posterior'un cortikal dalları şunlardır; rami temporales anteriores, rami temporales posteriores, ramus parieto occipitales, ramus calcarinus'tur[21].

Klinik Bilgi: Arteria cerebri posterior'un tek taraflı tıkanıklığı durumunda santral görmenin etkilenmediği kontralateral homonimos hemianopsia, okulomotor sinir felci belirtileri, internukleer oftalmopleji, okuler bakış bozuklukları ve thalamus'un etkilenmesinden dolayı hemianestezi diye adlandırılan kısmi duyu kaybına neden olur.

Özellikle sol taraftaki arterin tıkanmasına bağlı olarak, sol visüel bölgedeki cisimleri adlandırmada zorluk (anomik afazi) agrafsiz aleksi (yazı yazma etkilenmemiş, yazılan kelimelerin anlaşılmasındaki bozulma nedeni ile ortaya çıkan okuma güçlüğü) visüel ve renk agnozisi meydana gelebilir[11].

Her iki taraf arteria cerebri posterior harabiyetine bağlı olarak kortikal körlük oluşur. Kişi bu durumda daha öncesinde bildiği yüzleri ayırt edemez, tanıyamaz. Arteria cerebri posterior temporal lobu besleyen dallar verdiği için bu alanın etkilenmesi sonucu prosopragnazi meydana gelir. Başka durumlar da ise a. cerebri posterior kafa içi basıncın arttığı durumlarda uncus'taki fıtıklaşmaya bağlı olarak bası altında kalabilir[11].

Arteria cerebri posterior'un inme patofizyolojisinin ve bununla ilgili sendromun sağlam bir şekilde anlaşılması, beynin yapıları ve vasküler anatomisi hakkında yeterli bilgi gerektirir. Ön ve arka dolaşımlar beynin birincil kan dolaşımını sağlar. Her iki sirkülasyonda willis poligonunu oluşturan arteria communicans posterior'lar ile birbirine bağlanır. Serebral dolaşımda bir tıkanma olduğunda, Willis poligonunun yanı sıra kollateral dolaşımlar tıkalı bölgelere kan akışının devamının sağlanmasında rol oynamaktadır[23].

2.3.6. Arteria Communicans Posterior

Arteria carotis interna'yı a. basilaris'in dalı olan a.cerebri posterior'a bağlar. Üçüncü ventrikül duvarlarını, hypothalamus'u ve thalamus'un medial kısmının beslenmesini sağlar. Aa. centrales posteromediales denilen dalları, substantia perforata posterior'dan geçer. Diğer dalları ; aa. mammillares, r. chiasmaticus, r. hypothalamicus, ve r. nervi oculomotorii'dir[11].

2.3.7. Arteria Basilaris

Her iki taraftaki a. vertebralis'lerin bulbus üst sınırında birleşmesi ile oluşan arterdir. Pons'un üzerindeki sulcus basilaris'in içinde seyreder. Pons' un üst kenarı bölgesine geldiği zaman a.cerebri posterior terminal dalını verir[17].

Bu arterin 5 dalı vardır;

1-Arteriae pontis: arteria vertebralis'in her iki tarafından 90 derece açı ile ayrılan birçok ince dallara verilen isimdir ve pons ve komşu beyin bölümlerini besler.

2-Arteriae labyrinthi: arteria basillaris'in orta bölümünden ayrılan ve iç kulağın beslenmesinde rol alan ince, uzun, bir arterdir. Genellikle a. inferior anterior cerebelli'den ayrılarak dal verir. Nervus facialis ve nervus vestibulocochlearis ile birlikte meatus acusticus internus'a girer.

3-Arteria anterior inferior cerebelli: arkaya ve dış tarafa doğru uzanarak cerebellum'un ön ve alt kısmının beslenmesinde rol alır. Bazı dalları da bulbus ve pons'a giderek bu bölgelerin beslenmesini sağlar.

4-Arteria superior cerebelli: arteria basillaris'in son kısmından ayrılır. Nervus oculomotorius'un altından geçerek, pedunculus cerebri etrafında döner ve cerebellum'un üst yüzüne ulaşır. Cerebellum'un üst yüzü ile birlikte pons, epiphysis cerebri ve velum medullare superior'u besler[17].

Klinik: Arteria basillaris' in trombozunda tek taraflı ya da iki taraflı olarak nervus abducens felci, horizontal göz hareketlerinde bozukluk, pupillalarda myozis ve ayrıca quadripleji ile birlikte koma tablosu oluşur[11].

2.3.8. Arteria Vertebralis

Arteria subclavia'nın birinci bölümünden ayrılır. Çoğunlukla C6 vertebradan itibaren foramen transversarium'lardan geçer, atlas kemiğinin üst kenarında mediale doğru yönelerek devam eder. Foramen magnumdan içeri girer. Burda spatium subaracnoideum içinde bulunur. Öne, içe, yukarı doğru uzanır ve karşı tarafın a. vertebralis'i ile birleşerek a. basillaris'i oluşturur. A. vertebralis pars prevertebralis, pars transversa, pars atlantica ve pars intracranialis olmak üzere 4 bölümden oluşur. Beyine sadece bu bölümlerden pars intracaranialis'in verdiği dallar gider[17].

Pars intracranialis

1- Rami meningei: Foramen magnum seviyesinde a. vertebralis'ten ayrılan dallardır ve fossa cranii posterior'da kemik ve periosteum arasında dallarına ayrılır. Bu bölgenin beslenmesini sağlar[17,11].

2- Arteria spinalis posterior: Medulla oblongata'nın yan taraflarında a. vertebralis veya a. inferior posterior cerebelli'den ayrılır. Radix posterior'un ön tarafında olmak üzere sağllı-sollu bir çift arter olarak aşağı inerken foramen intervertebrale'lerden canalis

vertebralis'e giren spinal dalların katılmasıyla medulla spinalis'in sonuna kadar uzanır[17,11].

3- Arteria spinalis anterior: Arteria vertebralis'in sonlanma yeri yakınından ayrılan ince sağlı sollu iki daldır. İki tarafın damarı medulla oblongata'nın ön tarafında aşağı doğru inerken foramen magnum seviyesinde birbirleriyle birleşerek tek arter halini alır ve bu şekilde devam eder. Medulla spinalis'in ön tarafında aşağı inerken foramen intervertebrale'lerden canalis vertebralis'e giren spinal dalların katılmasıyla kalınlaşır. Fissura mediana anterior boyunca pia mater spinalis içinde ilerleyen arter, filum terminale boyunca da uzanır. Medulla spinalis ve pia mater spinalis'i beslenmesini sağlar[17,21].

4- Arteria inferior posterior cerebelli: Arteria vertebralis'in en kalın dalıdır. Medulla oblongata'nın arka bölümünden geçerek n. vagus ile n. accessorius'un kökleri arasına girerek devam eder. Pedunculus cerebellaris inferior'un ön tarafından geçerek beyinciğin alt yüzüne gelir. Burada alt dallarına ayrılarak cerebellumun alt yüzü ve çekirdeklerini besler. Bunun yanı sıra bulbus ve plexus choroideus'a dallar verir[17,21].

5- Rami medullares anteriores/posteriores: birçok küçük dalları ile birlikte medulla oblongata'nın beslenmesini sağlar[17,21].

2.4.VARYASYONLAR

Thomas Willis tarafından 1962 yılında beyin arteriyel dolaşımı ayrıntılı olarak tarif edilmiştir. Circulus arteriosus cerebri olarak adlandırdığı yapı bu tarihten sonra Willis Poligonu olarak tanımlanmıştır. Willis poligonu' nun (CW) keşfinden sonra yapılan bir dizi çalışmada willis poligonunu oluşturan damarların çapı, sayısı ve konfigürasyonunda çok çeşitlilik görülmüş ve varyasyonlar tanımlanmıştır[24].

Varyasyonları tanımlamadan önce komplet ve inkomplet poligon ifadelerini şu şekilde açıklayabiliriz. Bu kavramlar aplazi ve hipoplazinin olup olmayışına göre ayrılmakta ve diğer varyasyonların değerlendirilmeden yapıldığı bir adlandırma olduğu görülmektedir. Çoğu kaynakta komplet poligon tanımı, vasküler devamlılığın bozulmaması (aplazi olmayışı), hipoplazi dahil hiçbir varyasyonun olmaması şeklindedir. Hipoplazi veya aplazinin oluşu inkomplet poligon olarak açıklanmaktadır[25,26,27].

Cilliers ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada arteria cerebri media'nın kortikal dalları, dallanma paterni ve anomalileri 20 willis poligonu üzerinden araştırılmıştır. Kortikal dallar için çap, uzunluk, dublikasyon ve arterlerin köken aldığı bölümler not edilmiştir. En sık yinelenen arter %30 oran ile arteria parietalis anterior olarak bulunmuş ve en yaygın bulunmayan arter ise %65 oran ile arteria temporalis olarak not edilmiştir. Bifurkasyon alt tipleri için belli kriterler tanımlanmış ve en sık bifurkasyon % 50 oran ile medial bifurkasyon olarak tanımlanmıştır. Arteria cerebri media'nın kortikal dallarının daha önce ihmal edilen yönleri söz konusu çalışmada rapor edilmiştir[12].

Cilliers ve arkadaşları arteria cerebri posterior'un varyasyonları ve anamolilerinin araştırıldığı bir çalışma yayınlamıştır. Arteria cerebri posterior'un varyasyonları ve anamolilerilerinin çeşitli klinik sonuçları vardır. Arteria cerebri posterior ile ilgili anormallikler daha önce şu şekilde açıklanmıştır; kortikal dalların kökenlerinden, yokluğundan ve tekrarından, bahsetmektedir fakat arteria cerebri posterior'un dallanma modeli tam olarak açıklanmamıştır. Cilliers ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada dallanma modelinin normal model olmadığı ve sadece bir vakada gözlendiği bildirilmiştir. Değerlendirme sonucu; monofurkasyon, çatallanma ve trifurkasyon olarak üç grup tanımlanmıştır. Ayrıca bir fenetrasyon vakası gözlenmiştir. Anevrizmalar dallanma noktalarında oluşma eğilimindedir, bu nedenle dallanma

paterninin bilinmesi bu bölgedeki rüptüre olmuş ve olmamış anevrizmaların saptanmasına yardımcı olabilmektedir. Bu yüzden arteria cerebri posterior dallanma modelinin farklı çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir[28].

Willis poligonunun segmentlerinin ölçüleri yetişkin ve fetüste ayrı olmak üzere birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir[29,9].

Biz yaptığımız çalışmada poligonu oluşturan her bir arterin çapını belirli sınırlar dahilinde olduğunu kabul eden Büyükmumcu ve arkadaşlarının çalışmasında tanımladığı arter çap ölçümlerini dikkate alarak varyasyonların tip ve tanımını yaptık.

. Büyükmumcu ve ark. göre yetişkinlere ait poligonda yer alan arter çapları şu şekilde açıklanmıştır[29,9];

Arteria vertebralis; 0,9 mm-4,09 mm

Arteria basillaris; 2,7 mm-9,2 mm

Arteria cerebri posterior;0,65 mm – 5,8 mm

Arteria cerebri posterior'un precommunican parçası (P1): 1,8 mm – 2,6 mm

Arteria cerebri posterior'un postcommunican parçası (P2):2,1 mm- 2,9 mm

Arteria communicans posterior: 0,5 mm – 3 mm

Arteria carotis interna: 2,5 mm – 9,4 mm

Arteria cerebri media: 2,2 mm – 9,4 mm

Arteria cerebri anterior'un precommunican parçası (A1): 1,5 mm – 5,5 mm

Arteria cerebri anterior'un postcommunican parçası(A2) : 1,65 mm -2,2 mm

Arteria communicans anterior: 1 mm – 3 mm olarak hesaplanmıştır[9],[29].

Padget'in arteria communicans posterior ve a. cerebri posterior'un precommunican parçalarının çaplarının karşılaştırdığı çalışmasına göre willis poligonu üç tipte şu şekilde sınıflandırmıştır;

1. Normal konfigürasyon (yetişkin): arteria communicans posterior'un çapı, arteria cerebri posterior'un precommunican parçası olarak tanımlanan P1 bölümünün çapından daha küçük olarak tanımlanmaktadır.

2. Trasizyonel konfigürasyon: arteria communicans posterior'un ve precommunican parçasının çapını eşit olarak tanımlanmıştır.

3. Fetal (embriyonik) konfigürasyon: Bu konfigürasyonda oksipital lobun kan dolaşımı ve beslenmesi esas olarak arteria carotis interna tarafından sağlanmaktadır. Ve bu konfigürasyonda arteria cerebri posterior'un precommunican parçası P1 arteria communicans posterior'un çapından küçük olarak tanımlanmaktadır[16].

Yalnız aplazinin olmayışını komplet poligon olarak değerlendiren çalışmalara baktığımızda komplet poligon oranı Zaninovich ve arkadaşlarının çalışmasında %37, Hartkamp ve arkadaşlarının çalışmasında %52, Karataş ve arkadaşlarının çalışmasında %71, Macchi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada %88 ile Tanaka ve arkadaşlarının çalışmasında %89,7 olarak bulunmaktadır[30].

Willis poligonunun anatomik varyasyonlarıyla ilgili en eski çalışmalardan biri Fawcett ve Blachford tarafından gerçekleştirilmiştir. 700 kadavra beyninin ineclendiği bu çalışmada %3.8 oranında tam oluşum göstermeyen willis poligonu bildirilmiş ve %27.2 varyasyon oranı açıklanmıştır[31]. Riggs ve Rupp'ın yaptığı kadavra çalışmasında hipoplaziyi içeren poligonlar atipik poligon olarak adlandırılmış ve hipoplazi içeren willis poligonu %79 oranında bulunmuştur. Hipoplazi'nin ise en sık arteria communicans posterior'da olduğunu tespit etmişlerdir[32].

Li ve ark.'nın yaptıkları çalışmada willis poligonunun anterior bölümünde komplet sirkülasyon oranı %79 tespit edilirken, inkomplet sirkülasyonu %21 olarak açıklamışlardır. Poligonun posterior sirkülasyonunda komplet sirkülasyon oranı %31, inkomplet sirkülasyon oranı ise %69 olarak açıklanmıştır. En sık tespit edilen varyasyon poligonun posterior bölümünde ve bilateral arteria commnicans posterior aplazisi olarak bildirilmiştir[8].

Iqbal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada tespit edilen varyasyon oranı %52 olarak posterior bölümde gözlendiği açıklanmıştır. Posterior bölümde en sık gözlenen varyasyonun ise %24 oran ile hipoplazi olduğunu belitmişlerdir[6].

Gunnal ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada %10 oranında tam oluşum göstermeyen willis poligonu olduğunu açıklamışlar ve toplam varyasyon oranını %40 olarak bildirmişlerdir. Gunnal ve ark. çalışmalarında; Iqbal ve ark. yaptığı çalışma gibi en sık gördükleri varyasyon tipini %42 ile hipoplazi olarak açıklamıştır. En sık hipoplazi görülen arterin ise %27 oranında arteria communicans posterior'da olduğunu bildirmişlerdir[24].

Kapoor ve arkadaşları Hindistan toplumunda yaptıkları willis poligonu varyasyonları ile ilgili oranlar şu şekildedir; %54,8 oranında varyasyon tespit etmişler ve bunların %3,8'ini inkomplet poligon oluşturmaktadır. En sık varyasyon ise %13.2 oranı ile arteria communicans posterior hipoplazisi olarak açıklanmıştır. Kaapor ve arkadaşları bu çalışmada varyasyonların yaş ve cinsiyetle ilişkili olmadığını da açıklamışlardır[33].

Hamidi ve arkadaşlarının BTA görüntüleme yöntemi ile yaptığı 500 olgunun dahil edildiği çalışmada willis poligonu varyasyonları incelenmiştir. %85 olguda varyasyon saptanmış olup, en sık varyasyon %35 oranı ile arteria communicans posterior aplazisi olarak bulunmuştur[34].

Klimek ve arkadaşları BTA ile yaptığı 250 olguluk çalışmasında willis poligonunun posterior bölümünde gözlenen varyasyonlar incelenmiştir. Varyasyon olarak en sık %12 ile bilateral arteria communicans posterior aplazisi olarak açıklamışlardır[35].

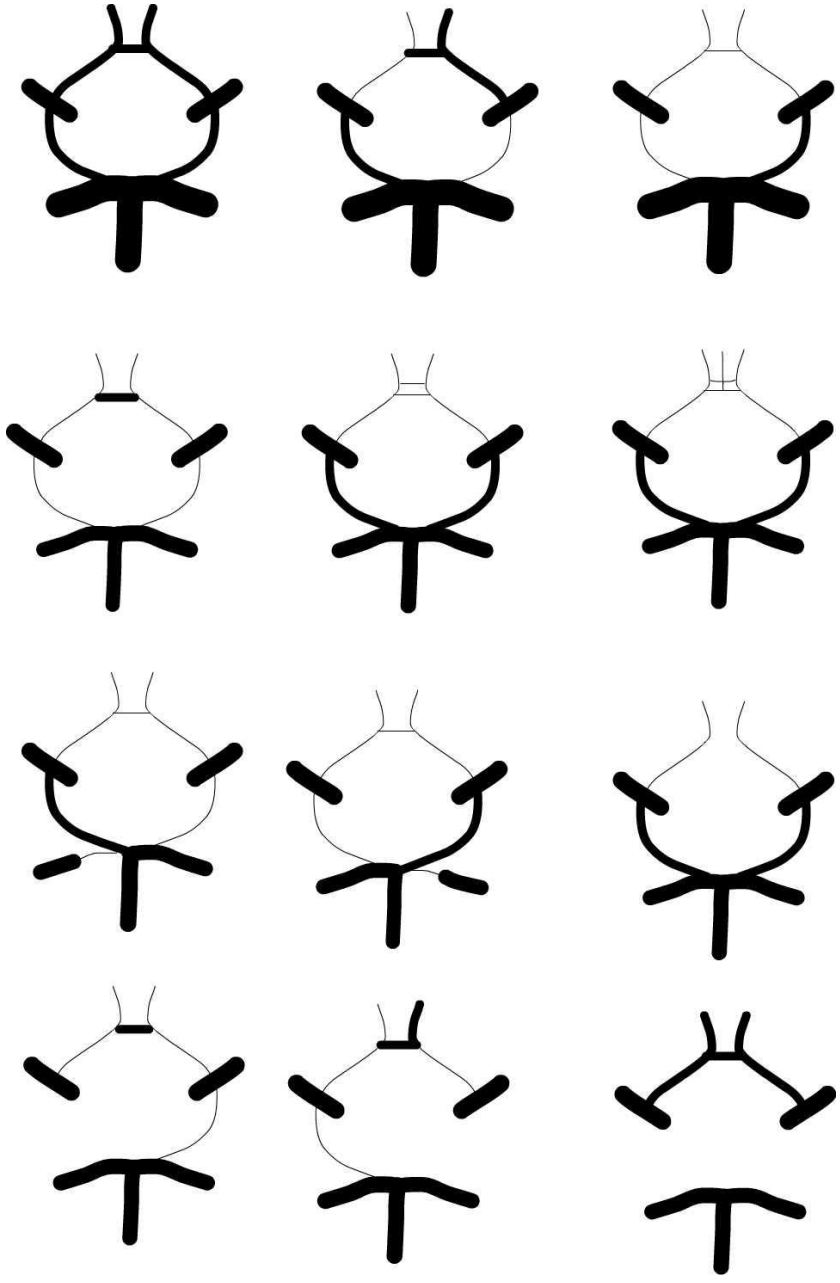
Jin ve arkadaşlarının 2015 yılında ailesinde inme öyküsü olan 281 olguda bilgisayarlı tomografi anjiografide ile yaptığı çalışmada, olgularda anevrizma prevelansı %10 iken, anterior bölümde en sık varyasyon AcomA agenezisi, posterior bölümde en sık varyasyon AcomP hipoplazisi veya agenezisi olarak tespit edilmiştir. Tüm olgular birlikte değerlendirildiğinde %15'inde komplet poligon izlenmiş, komplet poligon erkeklerde daha yüksek oranda bulunmuştur. Karataş ve arkadaşlarının 100 hastada BTA ile gerçekleştirdikleri çalışmada %29 inkomplet konfugürasyon saptanırken %72 oranında total varyasyon bildirilmiş. Karataş ve ark. çalışmasında en sık hipoplazi görülürken varyasyonlar daha çok posterior bölümde ve %38 oran ile arteria communicans posterior'da bulunmuştur[25].

Literatürdeki çeşitli çalışmaların bildirdiği çalışmalar arasında görülen farklılıklar birkaç nedenden kaynaklanmaktadır. Bunların en önemlisi ölçüm hassasiyeti farklılıkları olarak açıklanmaktadır. Willis poligonunu araştıran bazı araştırmacılar arter çapının 1mm'den küçük olmasını hipoplazi kabul etmiştir. Bazı araştırmacılar 0.5 mm'den küçük olmasını hipoplazi kabul etmiştir[36]. Krabbe-Hartkamp ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise arter çap değeri 0,8 mm olarak alınmıştır[37].

Aktürk ve arkadaşları yaptıkları çalışmada arteria cerebri anterior için hipoplazi olarak kabul edilen sınırı 1,5 mm olarak kabul ederek çalışmalarını yapmıştır[38]. Görüntüleri değerlendirme arasındaki farklılıklar kullanılan yöntemden kaynaklanmaktadır. Çalışmaların bir kısmında kadavra kullanılmıştır. Radyolojik görüntüleme yöntemlerinin gün geçtikçe gelişmesi ile MRA ve BTA ile yapılan çalışmaları sayısı da artmaya başlamıştır. Kadavra çalışmalarının en büyük dezavantajı kan dolaşımının olmaması nedeniyle damar çapının etkilenmesidir[36].

Poligon varyasyonları incelenirken yazarlar tarafından değişik sınıflamaların kullanıldığı görülmüştür. Önde gelen çalışmalara ait sınıflandırmalara örnek verecek olursak; Fawcet ve ark., Kayembe ve ark., Hillen ve ark., Krzyewski ve arkadaşları, Krabbe ve arkadaşlarınınki yer almaktadır[31,39,40,41,37]. Literatürde rastladığımız belli başlı bazı araştırmacıların bildirdiği varyasyon modellerini dikkate alarak yeniden çizimlerini yaptık (şekil:4, 5, 6, 10, 11, 12, 13).

2.4.1. Fawcet ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması



Şekil 4: Fawcet ve ark. willis poligonu varyasyonları (yeniden çizilmiştir)[31]

Fawcet ve arkadaşları hangi arterde ne sıklıkla varyasyon gösterdiğini belirlemek için, asimetrik ve simetrik poligonlar incelenmiş ve cinsiyet göz önünde

bulundurulmuştur. 700 kişiye ait willis poligonu incelenmiş Çalışmayı yaparken varyasyonları 4 ana başlık halinde incelemeye tabi tutmuşlar. Bunlar;

a) Arteria communicans posterior varyasyonları

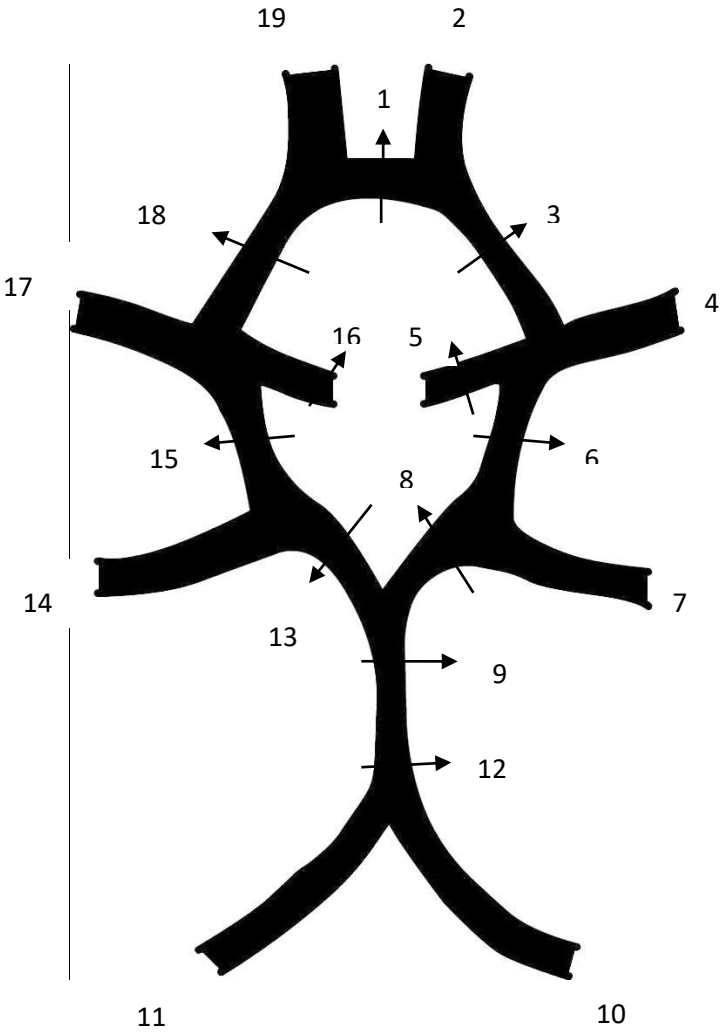
b) Willis poligonunu oluşturan arterlerden birinin eksik olması

c) Arteria cerebri anterior'un ikiye katlanması

d) Anormal başlangıç gösteren arteria cerebri posterior varlığı

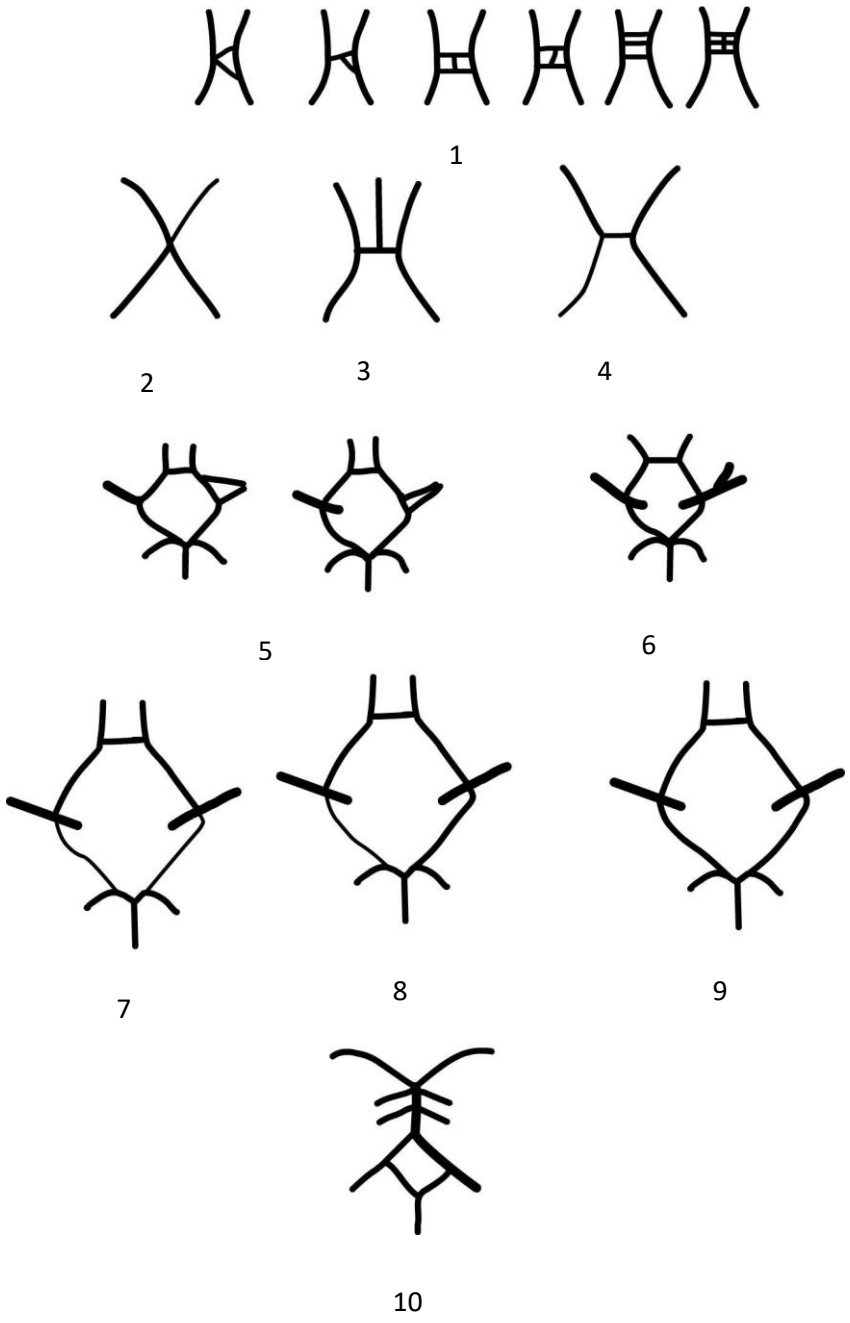
Fawcet ve arkadaşlarına göre varyasyon gösteren arteria communicans posterior varlığı sağ arteria communicans posterior için %12,4 sol arteria communicans posterior için ise %9,1'dir. Poligonu oluşturan arterlerin birinin olmaması ise sağ taraf için %1,8 sol taraf için %1,4 olarak belirlenmiştir. Arteria cerebri anterior'un ikiye katlanması çok nadir olacak durum olarak açıklanmış ve sadece iki hastada gözlenmiştir. Arteria cerebri posterior'un asimetrik başlangıç göstermesi sağ tarafta % 0.85, sol taraf için ise %0.57 olarak açıklanmıştır. Fawcet ve arkadaşlarının çalışmasına göre Willis poligonunun genel olarak tam ve simetrik olduğu açıklanmıştır. Arteria communicans posterior ve arteria communicana anterior arterlerinden birinin olmaması nadir bir durum olarak açıklanmıştır. Arteria communicans posterior'un aplazik oluşu belirtildiği kadar yaygın değildir. Üçüncü bir anterior cerebral arterin varlığı ise yine kadınlarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir[31].

2.4.2. Hillen ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması



Şekil 5: Hillen willis poligonu tanımı, (yeniden çizilmiştir)[40]. 1) Arteria communicans anterior, 2)Arteria cerebri anterior'un postcommunican parçası, 3) Arteria cerebri anterior'un precommunican parçası, 4) Arteria cerebri media, 5)Arteria carotis interna, 6)Arteria communican posterior, 7) Arteria cerebri posterior'un postcommunican bölümü, 8) Arteria cerebri posterior'un precommunican bölümü, 9)Arteria basillaris, 10,11)Aarteria vertebralis, 12) Arteria basillaris proksimal bölüm, 13)Arteria cerebri posterior'un precommunican bölümü, 14) Arteria cerebri posterior'un postcommunican bölümü, 15) Arteria communicans posterior, 16)Arteria carotis interna, 17) Arteria cerebri media, 18)Arteria cerebri anterior'un precommunican bölümü, 19)Arteria cerebri anterior postcommunican bölümü.

2.4.3. Kayambe ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması

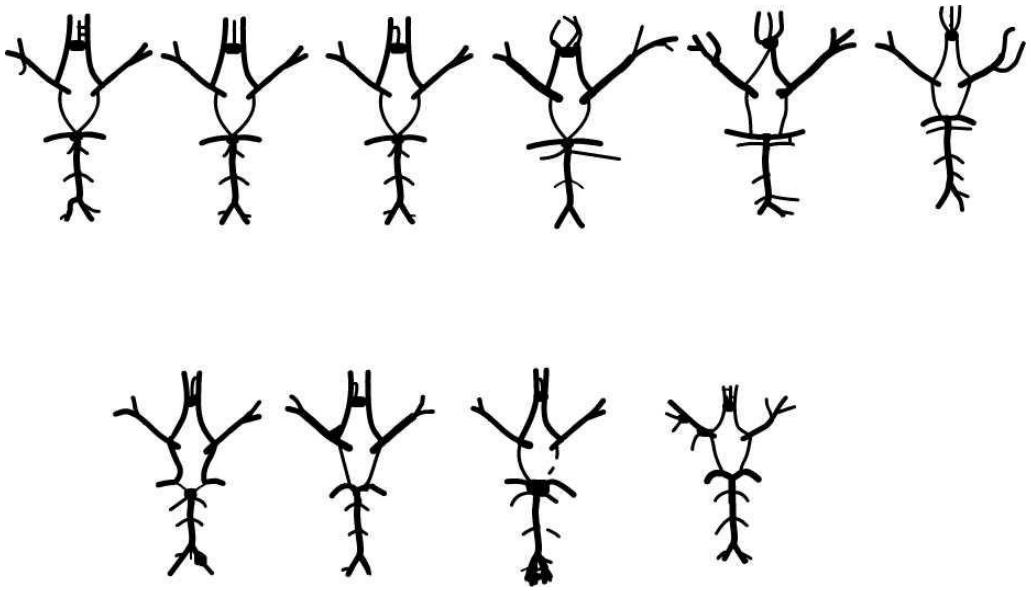


Şekil 6: Kayambe ve ark. willis poligonu tanımı (yeniden çizilmiştir)[39]. 1) Arteria communican anterior'da fenestrasyon (a:V-şekilli, b:Y-şekilli, c:H-şekilli, d:N-şekilli, e:çift AComA, f:üçlü AcomA g:pleksiform şekilli), 2)X-şekilli arteria cerebri anterior, 3)Medyan arteria cerebri anterior, 4)Arteria cerebri anterior proksimal segment asimetrisi, 5)Aksesuar arteria cerebri media, 6)Arteria cerebri media'nın erken oluşması, 7)Arteria communican posterior'un ip şeklinde olması, 8)Arteria communican

posterior'un asimetsik oluşması, 9)Arteria communican posterior'un ilkel oluşumu, 10) Arteria vertebralis'lerin asimetrik oluşu olarak açıklanmaktadır.

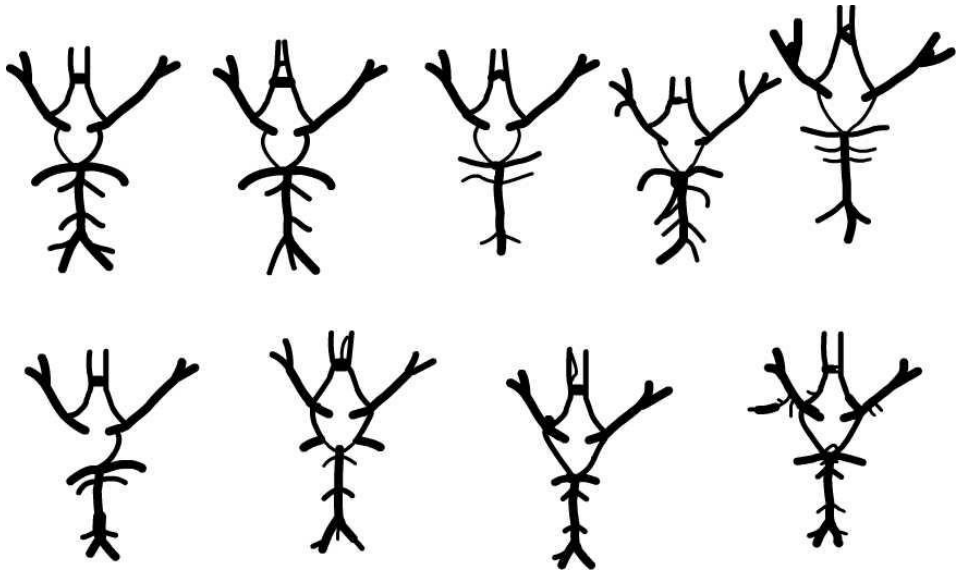
Kayembe ve arkadaşlarının willis poligonu tanımına göre; Herhangi bir tıkanıklık durumunda devreye giren sistemdir. Poligonu oluşturan arterlerin ise ortalama çapı 1 mm olarak kabul edilmiş. Bir asimetriden söz etmek için ise karşı taraftaki arterin çapının en az iki katı kadar bir fark olması gerektiği söylenmiştir[39].

Kayembe ve arkadaşlarının çalışması anevrizma ve willis poligonu varyasyonları arasındaki ilişkiyi karşılaştırmak ve anevrizma geçiren bireylerde görülen varyasyonların oranlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmaya anevrizma öyküsü olan 44 hasta dahil edilmiştir. Anevrizma geçiren hastalara ait varyasyonlar şekil 6'da gösterildiği gibi açıklanmıştır. Bu açıklamaya göre willis poligonunun anevrizmaya bağlı 10 farklı olası durumundan bahsedilmektedir(Şekil 6)[39].



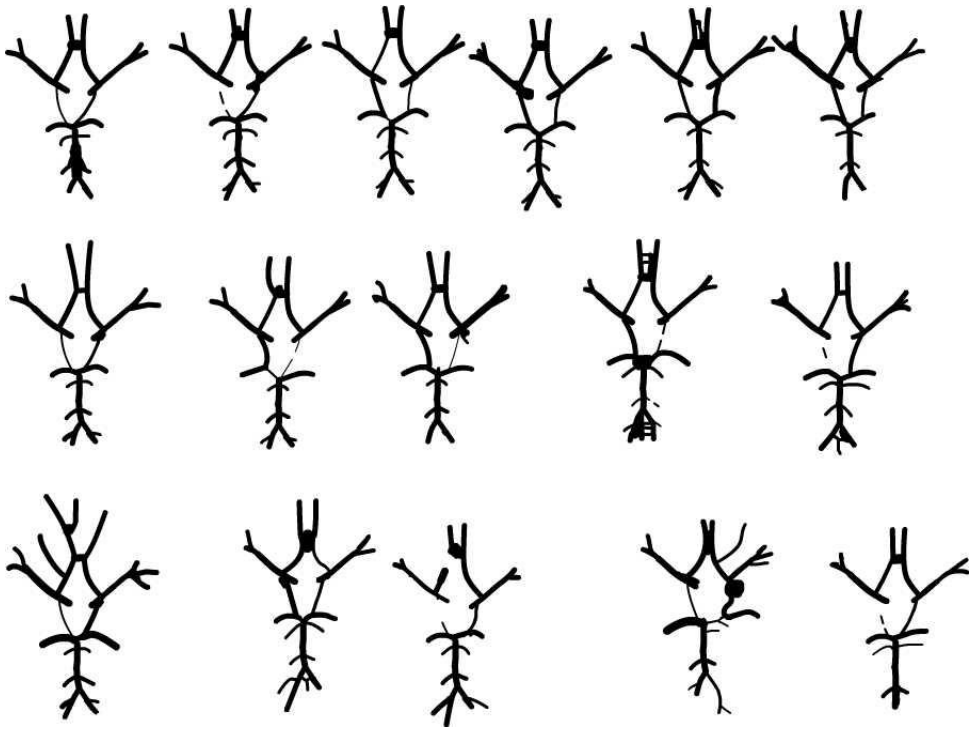
Şekil 7: Arteria communicans anterior'un anevrizmaya bağlı varyasyonları, (yeniden çizilmiştir)[39]

Şekilde gösterilen willis poligonlarında arteria communicans anterior'a ait anevrizma gösterenlerin varyasyonları belirtilmektedir[39].



Şekil 8: Arteria communicans anterior'un fenestrasyona bağlı varyasyonları, (yeniden çizilmiştir)[39].

Şekil 8'de arteria communican anterior'un fenestrasyon gösteren hastalara ait olan poligonları belirtilmektedir. Bu varyasyona sahip 10 poligondan 5 tanesinde anevrizma görüldüğü bildirilmiştir[39].

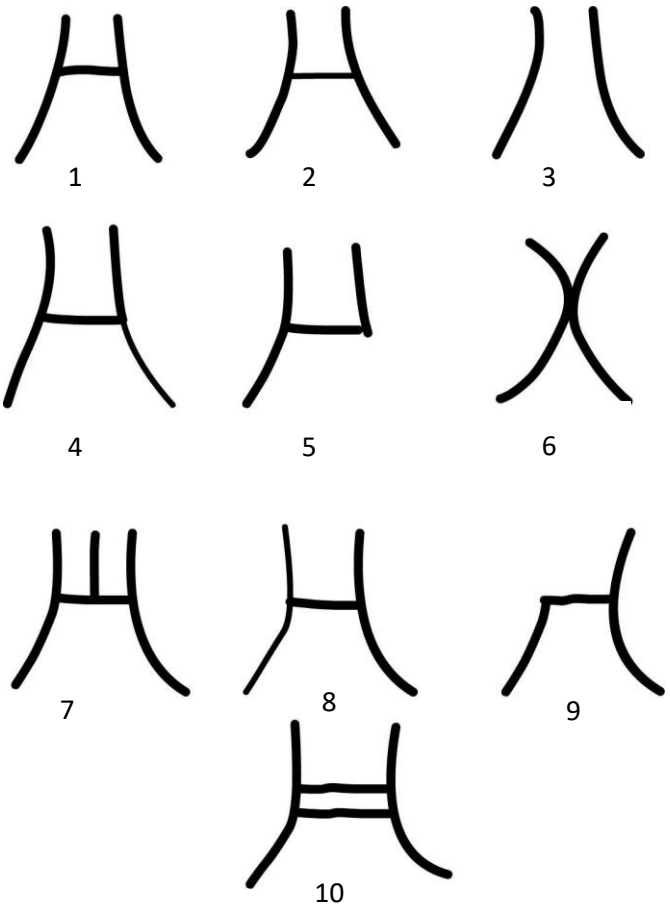


Şekil 9: Arteria communicans posterior'a ait asimetriler, (yeniden çizilmiştir)[39]

Willis poligonlarında arteria communicans posteriorların asimetrisi açıklanmaktadır. 5 poligonda arteria carotis interna ile arteria communicans posteriorun birleşme yerinde arteria communicans posteriorların daha kalın olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak Kayambe ve arkadaşlarına göre anevrizma geçiren hastalar ile varyasyon gösteren hastalar arasında istatistiksel olarak pozitif bir korelasyon bulunduğu bildirilmiştir. Çoğu anevrizma vakasında yüksek oranda willis poligonu varyasyonları görülmektedir[39].

2.4.4.Krzyewski ve Arkadaşlarının Willis Poligonu Sınıflaması



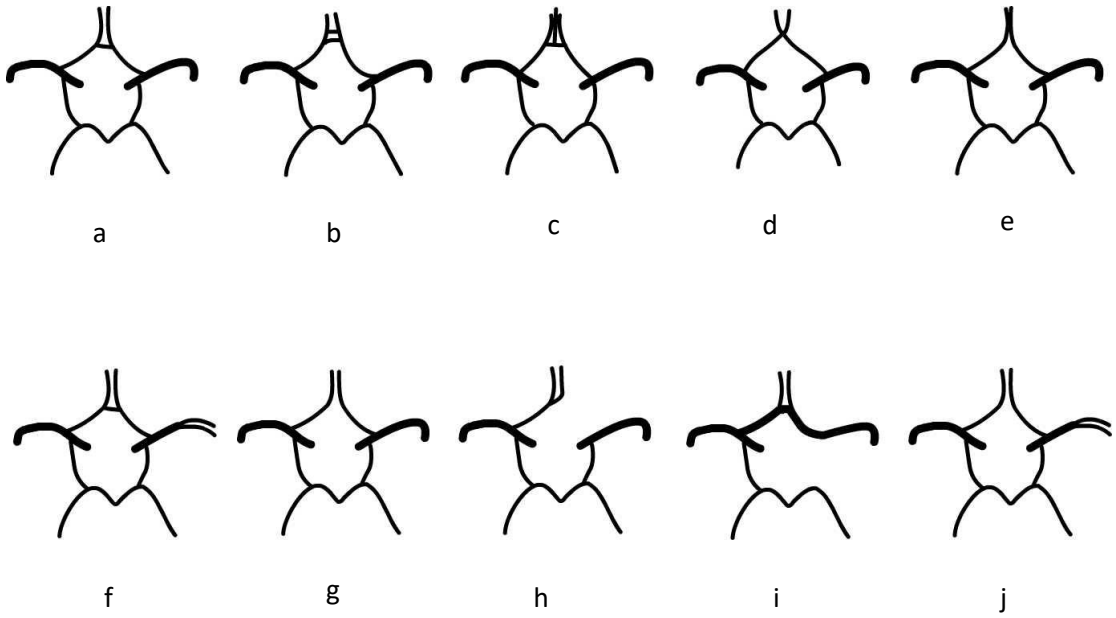
Şekil 10: Krzyewski ve ark. anterior bölümü varyasyonlar tanımı, (yeniden çizilmiştir)[41] 1) Tipik gelişim gösteren arteria communicans anterior, 2) Arteria communicans anterior'un hipoplazisi ü, 3) Arteria communicans anterior'un aplazisi, 4) Tek taraflı hippoplazi bulunan A1 segmenti, 5) Tek taraflı aplazi bulunan A1 segmenti, 6)Arteria communicans anterior olmadığı A1 gövdesi, 7) Üçüncü bir A2'nin olması, 8) A1 ve A2 segmenteki hipoplazi, 9) Tek taraflı A2 segment aplazisi, 10) Birden fazla arteria communicans anterior varlığı olarak açıklanmaktadır.

Krzyewski ve arkadaşları patoloji göstermeyen 411 hasta üzerinde yaptıkları arteria communicans anterior varyasyonlarının araştırıldığı çalışmada kadınlarda daha sık varyasyon görüldüğü bildirilmiştir. Söz konusu varyasyonlar Şekil 10'da gösterilmektedir.

Krzyewski ve arkadaşlarına göre en sık görülen vasküler varyasyon, AcomA aplazisi olarak tanımlanırken en çok kadınlarda görüldüğü vurgulanmaktadır. Arteria cerebri anterior'un en sık görülen vasyasyonu ise tek taraflı A1 segment aplazisi olarak bildirilmiştir. A1 segment aplazisinin cinsiyetler arasında herhangi bir farklılık göstermediği bildirilmiştir. Tip-1 varyasyonunun erkeklerde daha fazla, tip-3 varyasyonun kadınlarda daha fazla görüldüğü, tip-7 ve tip-8 varyasyonlarının ise sadece kadın hastalarda gözlendiği bildirilmiştir[41].

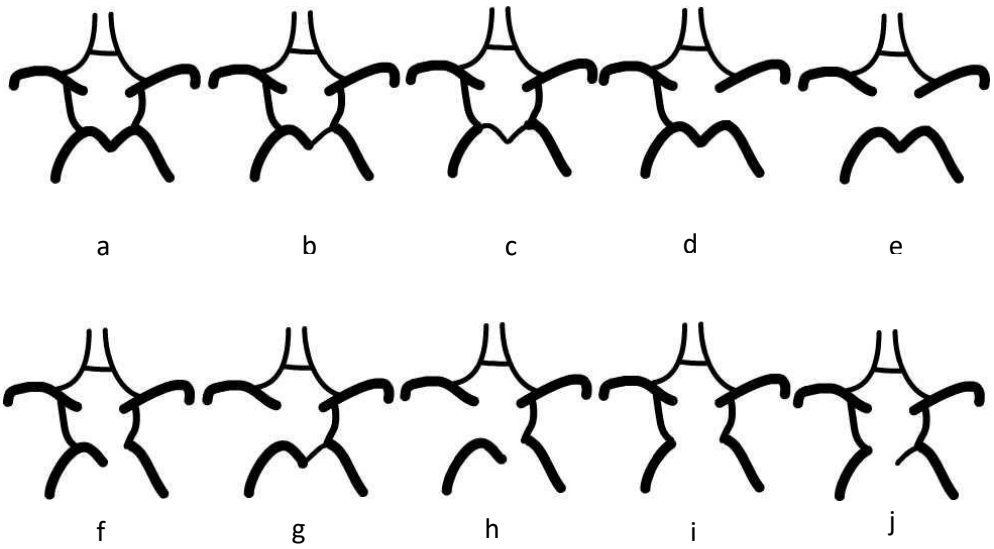
2.4.5. Krabbe ve Arkadaşlarının Willis Poligon Sınıflaması

Krabbe ve arkadaşları willis poligonunun yaşa ve cinsiyete bağlı anatomik yapısını 3D-Tof MR anjiyografi yöntemini kullanarak araştırmıştır.150 gönüllünün dahil edildiği çalışmada, komplet poligon gösteren willis poligonunun kadın ve gençlerde daha yüksek oranlarda bulunduğu bildirilmiştir. Arteria communicans posterior dışındaki diğer vasküler yapılarda kadınlardaki damar çapları daha büyük olarak heseplanmıştır. Bu çalışmada deneklerde gözlenen varyasyonlar ise willis poligonunun anterior bölümü için Şekil 11' deki gibidir.



Şekil 11: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre arteria communicans anterior'a ait varyasyon tipleri (yeniden çizilmiştir)[37] a)Tek arteria communicans anterior olması, b) iki tane arteria communicans anterior varlığı, c) Arteria communicans anterior'dan bir medial arter daha olması, d) Arteria cerebri anterior'un kısa olması ve Acoma'nın anastomozu, e) Arteria cerebri anterior'un tek bir gövde olarak dal vermesi, f) Arteria carotis interna'nın birden fazla arteria cerebri media dalı vermesi, g) Arteria communicans anterior'da hipoplazi gözlenmesi, h) Arteria cerebri anterior'un A1 segmentinin aplazik olması,i) Arteria carotis interna'nın bir segmentinde hipoplazi ya da aplazi, j)Hipoplazi ya da arteria communicans anterior'un yokluğu. (Bu durum ACM'nin iki ayrı gövde olarak çıkmasına neden olur.

Krabbe ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada willis poligonunun arka grup vasküler yapılarındaki görülen anatomik varyasyonlar ise şekil 12'de tanımlanmaktadır[43];



Şekil 12: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre posterior grupta tanımladığı varyasyonlar,(yeniden çizilmiştir)[37] a) Bilateral arteria communicans posterior, b) Arteria cerebri posterior çoğunlukla ACI'dan kaynaklanmaktadır. Burda tek taraflı fetal tip arteria communicans posterior tanımlanmıştır, c) Bilateral fetal tip arteria cerebri posterior, d) Tek taraflı arteria communicans posterior, e) Her iki arteria communicans posteriorda hipoplazi veya aplazi, f) Tek taraflı fetal tip arteria cerebri posterior hipoplazi veya arteria cerebri posterior prekomünasyon segmentinin aplazisi, g) Tek taraflı fetal tip arteria communicans posterior hipoplazi veya konrasta bağlı yokluğu, h) Tek taraflı fetal tip arteria communicans posterior aplazisi veya ACP 'nin ön segmentinin aplazisi, i)Bilateral fetal tip hipoplazi veya ACP'nin prekomunasyon segmentinin aplazisi, j) Bilateral fetal tip arteria cerebri posterior ve arteria cerebri posterior'un p1 parçasının hipoplazisi

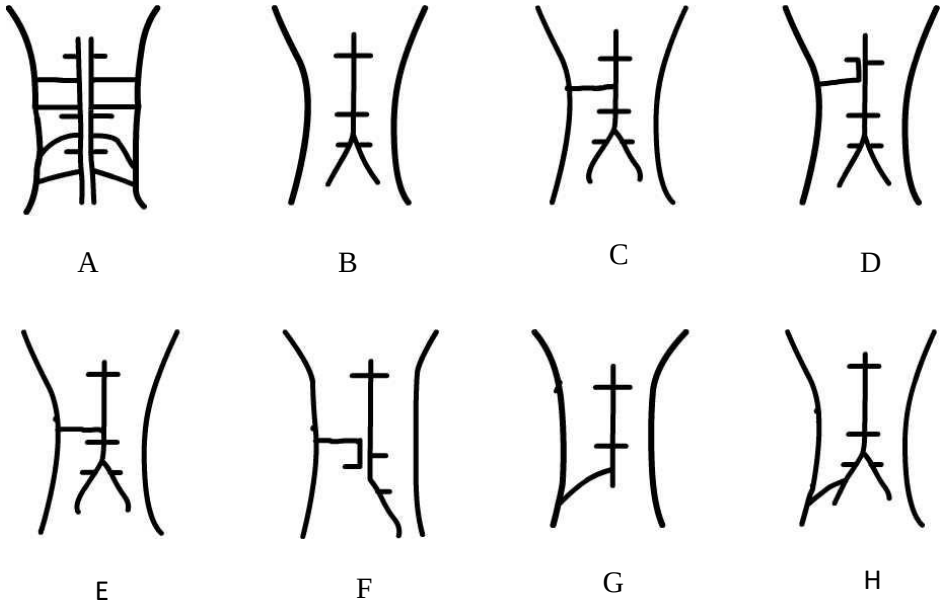
Krabbe ve arkadaşlarının çalışmasında willis poligonunun ön kısmı için en sık gözlenen varyasyonların a ve g varyasyonlarıdır. Gençlerde %86 yaşlılarda ise %68 oranında bir varyasyon gözlenmiş ve cinsiyet olarak bakıldığında önemli bir fark gözlenmediği bildirilmiştir. Arka grup için açıklanan oranlarda d şemasında gösterilen varyasyon tespit edilmiş ve gençlerin %62'sinde, yaşlıların %47'si, erkeklerde %46

kadınlarda %58 oranında görüldüğü, tek taraflı fetal tip ACP bulguları ise %25 olarak bulunmuştur. (b,f,g ve h) Bilateral fetal tip arterler %7 oranında tespit edilmiştir. Krabbe ve ark. yaptığı bu çalışmanın sonucuna göre; 3D-TOF-MR anjiyografi ile yapılacak olan çalışmaların willis poligonlarına ait anatomik varyasyonları tanımlamada kullanılabilecek bir yöntem olduğu bildirilmiştir[37].

2.4.6. Luh ve Arkadaşlarına Göre Willis Poligonu Sınıflaması

Luh ve arkadaşları vertebra-basiller sistem anatomisi ve embriyolojisi ile ilgili yaptıkları çalışmada ilkel dönemde oluşan kalıcı fetal anastomozları araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada arteria otica, arteria trigeminale, arteria hypoglossal ve arteria proatlantale intersegmental arterlerin kalıcı fetal anastomozlar oluşturup oluşturmadığını incelemişlerdir. Fetal anatomozlar embriyo 4-5 mm boyutunda iken oluşur, yaklaşık 1 hafta devam eder. Posterior ve vertebral arterlerin geliştiği hızda gerileyerek kaybolurlar. İlk kaybolan ve en nadir olanı arteria otica, ardından arteria hypoglossal, arteria trigeminale ve ardından proatlantal intersegmental arterdir. Zaman zaman, bu damarların kalıcılığı doğumdan sonra ve yetişkin yaşamında görülebilir[42].

Luh ve arkadaşlarının vertebrobasiller sistem amatomisi ile ilgili yaptıkları sınıflama Şekil 13'teki gibidir.



Şekil 13: Luh ve ark. arteria basillaris ve arteria vertebralis için yaptıkları sınıflama, (yeniden çizilmiştir)[42] A)Embriyo 4 mm boyutunda iken arteria trigeminale, arteria otica, arteria hypoglossal ve arteria proatlantale intersegmental arterlerin arteria carotis interna ve longutudinal nöral arterle olan bağlantısı, B)Normal gelişim gösteren kişide longutudinal nöral arterin, arteria otica, arteria hypoglossal, arteria trigeminale ve arteria proatlantale intersegmentale'nin kaybolması, C) Kalıcı arteria trigeminale varlığı, D) Kalıcı arteria trigeminale'nin varyasyonu, arteria trigeminale longutudinal nöral artere katılır ve sonuç olarak arteria carotis communise direkt arteria serebellaris ile bağlanır, E) Kalıcı arteria otica varlığı, F) Kalıcı arteria otica varyasyonu, arteria otika longutudinal nöral arter segmentine katılır, arteria cerebellaris ile arteria carotis communise bağlanır, G) Kalıcı arteria hypoglossal valığı, H) Kalıcı arteria proatlantale intersegmental varlığı

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızda 3D-TOF-MRA görüntüleme tekniği ile 111 hastanın willis poligonu verilerini inceledik. Hastalara ait görüntüler siemens marka 3 Tesla magnetom scary model MR cihazı ile elde edilmiştir. Görüntülerin incelenmesi noktasında Sectra.IDS7 programı üzerinden willis poligonunu oluşturan arterlerin çap ölçümleri tarafımızca yapılmıştır.

3.1. MR Anjiyografi

MR Anjiyografi (MRA), akut inmeli hastalarında tedavi sürecinin belirlenmesi amacıyla beyin manyetik rezonans görüntülemesi (MRG) ile birlikte yapılan bir uygulamadır. İntrakraniyal damar yapının görüntülenmesi için birkaç teknik vardır. Bu teknikler; 2-boyutlu TOF (time-of-flight), 3-boyutlu TOF, MOTSA (multiple overlapping thin-slab acquisition) ve kontrastlı MRA olarak açıklanmaktadır. Kontrastsız TOF tekniklerinin, bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) veya dijital substraksiyon anjiyografi (DSA)'ye kıyasla duyarlılığı, vasküler darlıklar için %60-85, vasküler tıkanıklıklar için ise %80-90 olarak açıklanmaktadır. TOF MRA, akut durumda gelişen proksimal bölgedeki büyük damar oklüzyonlarını tespit etmede kullanılabilen bir yöntem olmakla birlikte distalde bulunan vasküler oklüzyonlarını tanımlama konusunda yetersiz kalmaktadır[43].

Cranium dışında oluşan arteria carotis interna problemlerinin tespit edilmesinde 2-boyutlu ve 3-boyutlu TOF MRA yöntemleri tercih edilmektedir. Kontrastlı MRA tekniğinin çalışmalardaki doğruluk oranı diğer tekniklere nispeten daha yüksek olarak açıklanmaktadır. Kontrastlı MRA ve DSA görüntüleme yöntemleri karşılaştırıldığında; özgüllük ve duyarlılığı sırasıyla %86-97 ve %62-91 oranları ile açıklanmaktadır. Arteria carotis interna ve arteria vertebralis'in cranio-servikal diseksiyonlarını tespit ederken sıklıkla MRA yöntemi kullanılmaktadır. MRA aynı zamanda, arteryel diseksiyon, fibromusküler displazi, venöz tromboz ve vaskülit, iskemik inme durumlarda kullanılan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır[44].

Anevrizma ve vasküler malformasyonlar MRG ile tespit edilebilmektedir. Özellikle anevrizmaların tespitinde klasik görüntüleme sekansları haricinde MRA tekniğinden yararlanılmaktadır. Time of flight (TOF) ve phase contrast (PC) adı verilen

2 veya 3 boyutlu MRA uygulamaları sayesinde intravasküler kontrast uygulamasına gerek duyulmadan ve herhangi bir cerrahi girişim yapılmadan intraserebral ana arterlerin ve venlerin gösterilebilir olduğu açıklanmıştır[45].

Manyetik Rezonans Görüntüleme'de (MRG) akan kan ya da beyin omurilik sıvısında olduğu üzere hareketli olan protonlar, durağan protonlara göre farklı kontrast özellikleri gösterir. Akımın özelliği ve kullanılan görüntüleme sekansının teknik parametreleri oluşan sinyali etkilemektedir[46]. MRG'de time-of-flight (TOF) ve faz etkileri olmak üzere iki temel akım fenomeni tanımlanmıştır. Bu iki fenomenle ilgili iki temel kontrastsız MR anjiyografi tekniği ise TOF MR anjiyografi ve faz kontrast MR anjiyografi olarak açıklanmıştır[46].

3.2.Time-Of-Flight (TOF) Fenomeni

Time-of-flight (TOF) hareketli spinlerin yer değiştirmesi esasına dayanır ve hareketli spinlerin kesit içerisinde kaldığı süre ile ilgili bir fenomen olarak tanımlanmaktadır. TOF etkisi, yüksek akım hızına bağlı sinyal kaybı ya da akıma bağlı parlaklaşma etkisi olmak üzere iki farklı şekilde görüldüğü açıklanmaktadır[45].

Akım hızına bağlı sinyal kaybı durağan ya da yavaş hareket eden spinler 90º radyofrekans eksitasyon pulsu ve 180º RF refazing pulsundan yalnızca birinin etkisine maruz kaldığı için sinyal oluşmaz. Bu durum akıma bağlı sinyal kaybı olarak açıklanmıştır[46].

TOF'un diğer etkilerinden biri olarak tanımlanan akıma bağlı parlaklaşma etkisi ise kısa TR süreleriyle tekrarlanan RF eksitasyon pulsları durağan dokularda longitudinal manyetizasyonun geri kazanımını engelleyerek sinyal oluşumuna engel olur. Akan kan ile birlikte kesite yeni giren spinler bu satürasyondan etkilenmezler ve kesite girdikleri noktada sinyal oluştururlar. TOF'un bu etkisi TOF MR anjiyografinin de temelini oluşturmaktadır. Akıma bağlı parlaklaşma gösteren hareketli spinler kesit içerisinde daha uzun süre kalmaya devam ederlerse kaçınılmaz olarak durağan dokular gibi satüre olmaya ve sinyal üretememeye başlarlar. Dolayısıyla akıma bağlı parlaklaşma da akıma bağlı sinyal kaybında olduğu üzere kesit içerisinde kalma süresini etkileyen faktörlere göre değişir; TOF'un bu etkisi ise akım hızı arttıkça ya da kesit kalınlığı azaldıkça artmaktadır. Kesite giren protonların sinyal oluşturması her zaman

istenen bir şey değildir. Bu akım görüntülerde sinyal kayıplarına neden olabileceği gibi TOF MR anjiyografide de belli bir yöndeki akımı baskılamak gerekebilmektedir[45].

3.3.Tof- MR Anjiyografi

TOF-MR anjiyografi akıma bağlı parlaklaşma (inflow) etkisine dayanan kontrastsız MR anjiyografi yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Kullanılan sekans T1 ağırlıklı hızlı spoiled gradient eko sekansıdır. Kısa TR süreleri ile tekrarlayan RF pulse'ları durağan dokularda kesite giren yeni protonların bu satürasyondan etkilenmediklerinden vasküler yapılar baskılanmış arka plan içerisinde parlak sinyalli olarak izlenir. TOF MR anjiyografide en iyi sinyali elde edebilmek için akım yönüne dik kesit almak gerekmektedir [45].

Vasküler yapılar içerisindeki akıma bağlı bazı hareketler istenmeyen sinyallerin oluşmasına neden olabilmektedir. Bu istenmeyen sinyaller nedeniyle damar lümenleri içerisinden doğru sinyal alınamaz. Bu nedenle daha hızlı MR sekansları geliştirilmiş, vasküler yapılar içerisindeki akımın görüntülenmesi ve 3 boyutlu (3D) reformat gürüntüler ile bu yapıların değerlendirilmesi sağlanmıştır. Manyetik rezonans anjiyografi'nin temeli akıma bağlı oluşan sinyal artımlarının belirginleştirilmesine dayanmaktadır. Bu incelemenin, Time of Flight (TOF) ve faz kontrast anjiografi (PCA) olmak üzere iki temel yöntemi olduğu açıklanmıştır[46].

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki mevcut görüntüleme yöntemlerine bakıldığında kullanılan yöntemlar arasında transkranial doppler(TCD), bilgisayarlı tomografi anjiyografi(CTA), dijital çıkarımlı anjiyografi (DSA), manyetik rezonans anjiyografi (MRA) ve bunlar içinde DSA'nın altın standart bir yöntem olduğunu açıklamışlardır. Bununla birlikte, DSA'nın bir dizi radyosyona maruz kalma, kontrast maddeye maruz kalma gibi dezavantajları vardır. 3D-TOF-MRA ise invazif bir işlem değildir, nispeten ucuz ve verimlidir. Kontrast madde ve radyasyona maruz kalma yoktur. Geniş bir alana uygulanabilen bir görüntüleme tekniğidir. 3D-TOF-MRA serebrovasküler hastalıkların tanısında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir[47].

Li ve arkadaşları çalışmaları sonucunda MRA duyarlılığını %80 olarak ölçmüştür ve bu oran arteryelin varlığını ya da yokluğunu kanıtlamaktadır. Yüksek çözünürlüklü 3D-TOF-MRA'nın; ucuz olması kontrast madde içermemesi, radyasyona maruz kalma olmaması nedenleri ile willis çemberinin yapısının değerlendirilmesinde

DSA'ya göre daha iyi bir yöntem olduğu açıklamışlardır. 3D-TOF-MRA, invaziv olmayan bir görüntüleme yöntemidir. 3D-TOF-MRA uygun maliyetli ve tekrarlanabilir bir yöntemdir. 3D-TOF-MRA vasküler yapıları birden fazla açıdan ve doğrudan görüntüler elde edilebilmektedir. Bu avantajlar, 3D-TOF-MRA'nın tercih edilen bir modalite olmasında önemli etkenlerdir[47].

Uysal ve arkadaşları yaptıkları çalışmada arteria carotis interna darlığı olan hastaların kontrastlı MRA görüntülemelerini, bu verilerin DSA görüntüleme yöntemi ve 3D-TOF-MRA yöntemi ile elde edilen veriler arasında bir fark olup olmadığına bakmışlardır[46]. Çalışmada 21 hastanın arteria carotis interna darlık seviyeleri belirlenmiş ve 3D-TOF-MRA ve DSA sonuçları arasında anlamlı korelasyon saptanmıştır. Darlık derecelendirmesinde NASCET kriterleri kullanılarak yapılan bu çalışmada; 3D –TOF- MRA'nın duyarlılığı %95, özgüllüğü %83, pozitif prediktif değeri %93, negatif prediktif değeri %88 ve doğruluğu %92 olarak saptanmıştır. Kontrastlı MRA'nın ise duyarlılığı %95, özgüllüğü %89, pozitif prediktif değeri %95, negatif prediktif değeri %89 ve doğruluğu %93 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada ulaşılan bu oranlar, arteria carotis interna darlığı ve oklüzyonu tanısında 3D-TOF-MRA ve kontrastlı MRA'nın DSA'ya alternatif noninvaziv bir görüntüleme yöntemi olarak düşünülebileceğini göstermiştir. 3D- TOF- MRA ve kontrastlı MRA bulguları DSA bulguları ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur[46]. 3D –TOF- MRA ve kontrastlı MRA'nın duyarlılığı her ikisinde de eşit olup, %95 olarak bulunmuştur. 3D –TOF-MRA ve kontrastlı MRA'nın özgüllükleri sırasıyla %83 ve %89;doğrulukları ise %92 ve %93 olarak bulunmuş olup kontrastlı MRA'nın özgüllüğü ve doğruluğu 3D –TOF-MRA'ya göre biraz daha fazla olduğu açıklanmıştır. Ancak her iki yöntemin de duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluğu oldukça yüksek olarak bulunmuş olup DSA ile istatiksel olarak anlamlı oldukları saptanmıştır[48].

DSA işleminin invaziv olması, nefrotoksik kontrast madde verilmesi, iyonizan radyasyon içermesi gibi çeşitli dezavantajları göz önünde bulundurulursa, MRA'nın her iki türünün de DSA'ya alternatif olabileceği bu çalışmanın sonuçları doğrultusunda bildirilmiştir. 3D –TOF- MRA ve kontrastlı MRA kendi aralarında karşılaştırıldığında kontrastlı MRA ile çok az bir fark olmasına rağmen, çalışmada 3D- TOF- MRA'ya göre daha doğru sonuçlar vermiştir. Ancak 3D-TOF-MRA'nın da kontrastlı MRA kadar DSA'ya alternatif bir yöntem olabileceği vurgulanmıştır. Çalışma sonucunda, son

yıllarda MR kontrast maddelerle oluşabilecek Nefrojenik Sistemik Fibrozis (NSF) riski vardır. Kontrast madde kullanımının sakıncalı olduğu hasta grubunda 3D-TOF-MRA'nın DSA'ya alternatif olarak, hastaya kontrast madde verilmeden uygulanabileceğini ve 3D-TOF-MRA ve kontrastlı MRA'nın, arteriacarotis interna darlığı tanısında DSA' ya alternatif olabilecek non invaziv bir inceleme olduğu sonucuna varılmıştır[48].

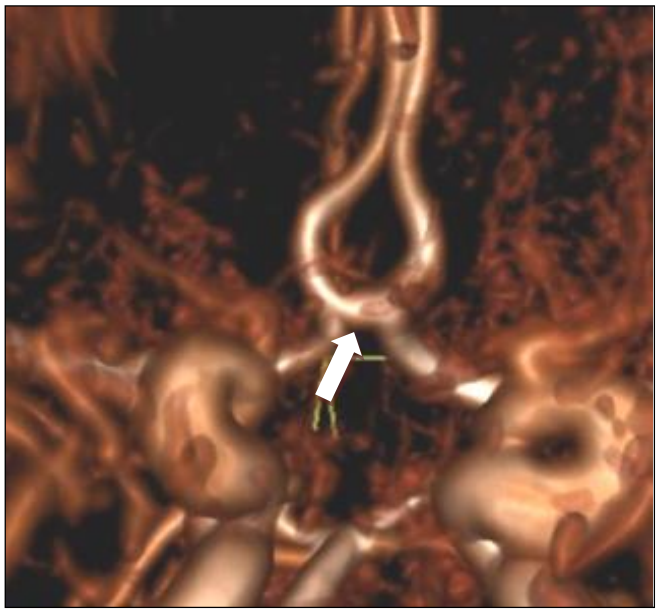
İstatistiksel analiz SPSS (Statistcall Package for the Social Sciences) v23 programı üzerinden yapılmış olup kategorilerin değerlendirmesinde ki-kare ve independent-t testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda herhangi bir patolojik öyküsü olmayan 111 hastanın willis poligonu 3D-TOF-MRA görüntülerini inceledik. Çalışmaya dâhil edilen 111 kişinin 46'sı erkek ve 65'i kadın hasta idi. Çalışmaya dâhil edilen kadınların yaş ortalaması 49 erkeklerin yaş ortalaması ise 52 idi.

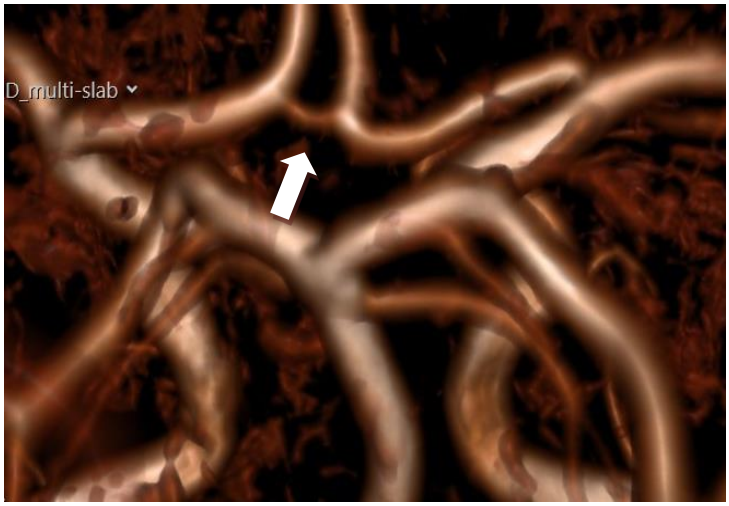
Willis poligonu anterior grup varyasyonları için, Krzyzewski ve arkadaşlarının tanımladığı willis poligonu sınıflaması esas alınarak 10 farklı tip tanımladık. Rastladığımız varyasyon tipleri şu şekilde idi;

Çalışmamızda Krzyzewski ve arkadaşlarının tanımladığı willis poligonu modellerinden, tipik gelişim gelişim gösteren anterior grup varyasyon modeli olan tip-1 17 kadın, 11 erkek olmak üzere toplam 28 hastada gözlendi. Bu tip gelişim gösteren hastalardan birine ait model Şekil-14'te görülmektedir.



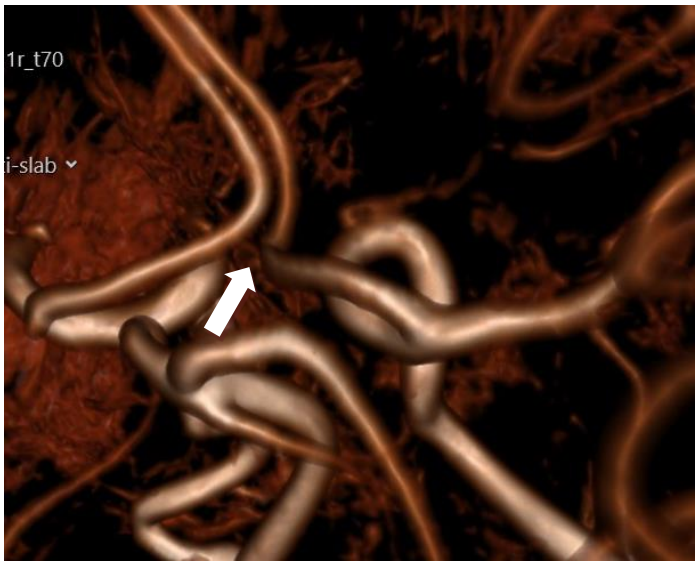
Şekil 14: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-1 varyasyonu. Arteria communicans anterior'un tipik görünümü.

Krzyzewski ve arkadaşlarının tanımladığı willis poligonu modellerinde, tip-2 varyasyon modeli olarak tanımlanan hipoplastik AcomA görülen kişiler, çalışmaya katılan kişilerin % 12'sini oluşturmaktadır. Bu tip kadınlarda erkeklere göre daha fazla görülmüştür. Bu varyasyon modelini, 12 kadın ve 2 erkekte belirledik (Şekil-15).



Şekil 15: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-2 varyasyonu. Hipoplazik arteria communicans anterior'un tipik görünümü

Tip-3 varyasyon modeli olarak tanımlanan arteria communicans anterior'un aplazisi toplam 30 kişide görüldü. Bunların 17'si kadın 13'ü erkek idi (Şekil 16).

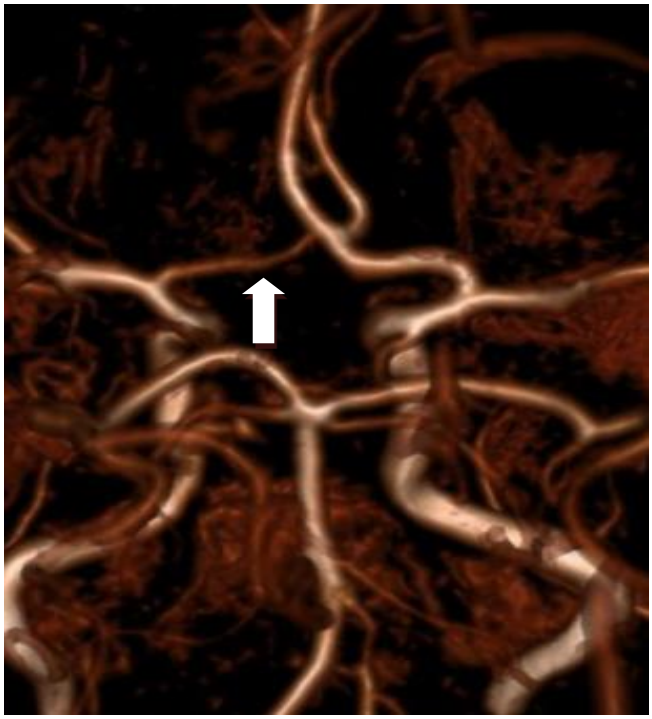


Şekil 16: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-3 varyasyonu. Aplazik arteria communicans anterior'un tipik görünümü.

Tip-4 olarak tanımlanan arteria cerebri anterior'un tek taraflı A1 segment hipoplazisi 3 kadın, 3 erkek toplam 6 kişide tespit edildi (Şekil 17, 18). Sağ A1 segment hipoplazisi 3 kadın, 1 erkek 4 kişide tespit edildi. Sol A1 segment hipoplazisi ise, 2 erkek hastada tespit edildi.

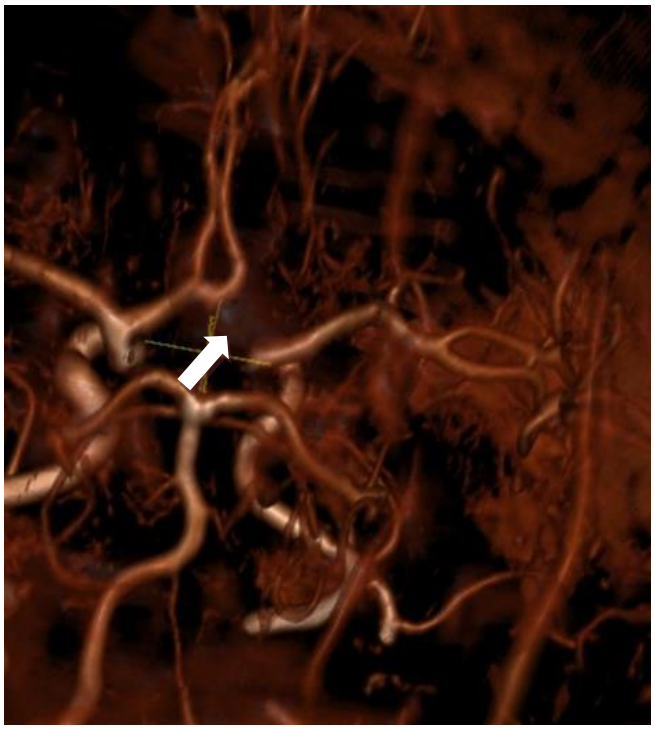


Şekil 17: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-4 varyasyonu. Tek taraflı (sağ) A1 segment hipoplazisi tipik görünümü



Şekil 18: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-4 varyasyonu. Tek taraflı (sol) A1 segment hipoplazisi tipik görünümü

Tip-5 olarak tanımlanan arteria cerebri anterior'un tek taraflı aplazi gösteren A1 segmenti sağ tarafta 1 kadın 1 erkek, 2 kişide gözlendi (Şekil 19).



Şekil 19: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-5 varyasyonu. Tek taraflı A1 segment aplazisi (sağ).

Krzyzewski tarafından tip-6 olarak tanımlanan varyasyona çalışmaya dahil ettiğimiz hastalarda rastlamadık.

Tip-7 olarak tanımlanan arteria cerebri anterior'un 3. A2 segmentinin oluşumunu, 1 erkek ve 2 kadın olmak üzere toplam 3 kişide tespit ettik (Şekil 20).



Şekil 20: Krzyzewski 'nin sınıflamasına göre[41] çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-7 varyasyonu. Arteria cerebri anterior 3. A2 segmentinin oluşması.

Tip-8 olarak tanımlanan arteria cerebri anterior'un aynı tarafta bulunan A1 ve A2 segmentlerinin hipoplazisi ile ilgili varyasyon bulguları ise şu şekildedir;

Aynı taraf A1 ve A2 segmentinde hipoplazi görülen hasta sayısı 28 idi. Sağ tarafta 17 kişide, sol tarafta ise 11 kişide olduğu görüldü. Bu hastaların 12'si kadın 16'sı erkek idi (Şekil21).



Şekil 21: Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41]çalışmamızda tespit ettiğimiz tip-8 varyasyonu. Aynı taraf A1 ve A2 segmentte hipoplazi oluşumu ve tipik görünümü

Krzyzewski ve arkadaşlarının yaptığı sınıflamaya göre tip-9ve tip-10 olarak tanımladığı varyasyon modelleri çalışmamızda bulunmuyor.

Çalışmamızda willis poligonunun anterior bölümü için tespit ettiğimiz varyasyon oranları ve Krzyzewski ve arkadaşlarının bildirdiği varyasyon oranları Tablo-1 de gösterilmektedir.

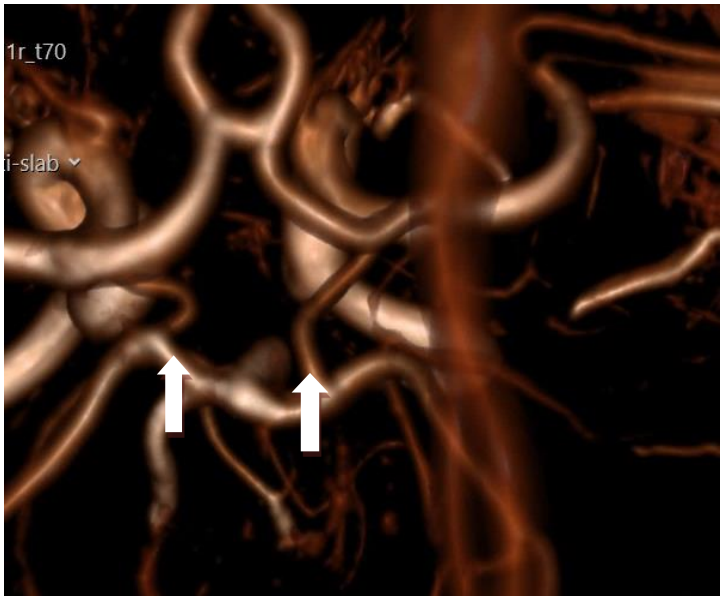
Tablo 1: Çalışmamızda anterior bölüm için tespit ettiğimiz varyasyon oranları (Krzyzewski'nin sınıflamasına göre[41])

Varyasyon	**Çalışmamız**		
Cinsiyet	Sağ	Sol	Toplam
Tip 1			28 (%25)
Kadın			17 (%15)
Erkek			11 (%9,9)
Tip 2			14 (%12)
Kadın			12(%10,8)
Erkek			2(%0,1)
Tip 3			30(%27)
Kadın			17(%15)
Erkek			13(%11)
Tip 4			6 (%5,4)
Kadın	3-(%2,7)	0	
Erkek	1 (%0,9)	2 (%1,8)	
Tip 5			2 (%0,1)
Kadın	1(%0,09)	0	
Erkek	1(%0,09)	0	
Tip 6			0
Kadın			
Erkek			
Tip 7			3(%0,2)
Kadın			2(0,1)
Erkek			1(%0,09)
Tip 8			28 (%25,2)
Kadın	8 (%7,2)	4(%3,6)	12(%10,8)
Erkek	9(%8)	7(%6,3)	16(%14,4)
Tip 9			0
Kadın			
Erkek			
Tip 10			0
Kadın			
Erkek			

Posterior grup varyasyonlarını tanımlamak için Krabbe ve arkadaşlarının tanımladığı willis poligonu varyasyonları ile, Padget ve arkadaşlarının arteria communicans posterior varyasyonlarını tanımlamak için tarif ettiği willis poligonu şemasını kullandık[37,16].

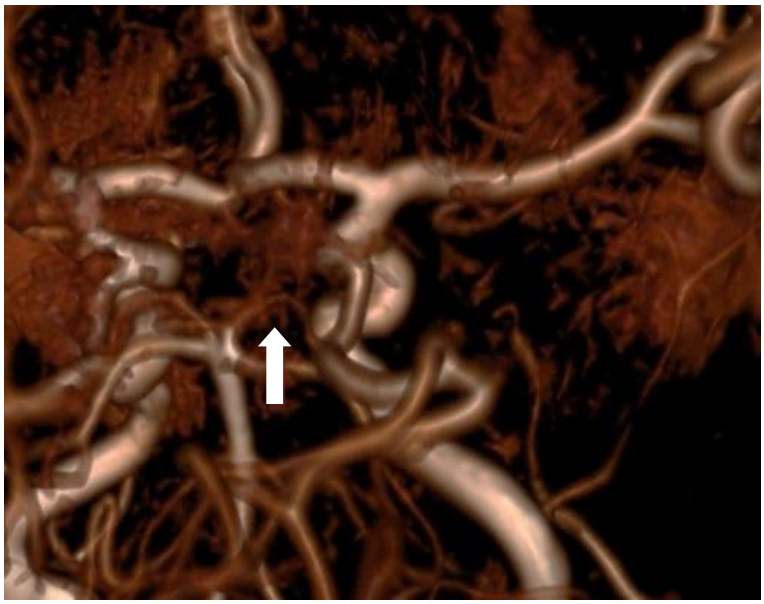
Çalışmamızda tespit ettiğimiz modelleri Padget'in tarif ettiği varyasyon modellerine göre sınıflandırdık. ve arteria communicans posterior, arteria cerebri posterior'un precommunican parçası ve postcommunica parçalarının çap ölçümlerini yaptık.

Krabbe ve arkadaşlarının a tip varyasyon olarak tanımladığı bilateral Acomp varyasyon gösteren 4 kadın 4 erkek, toplam 8 kişide tespit ettik (Şekil 22).



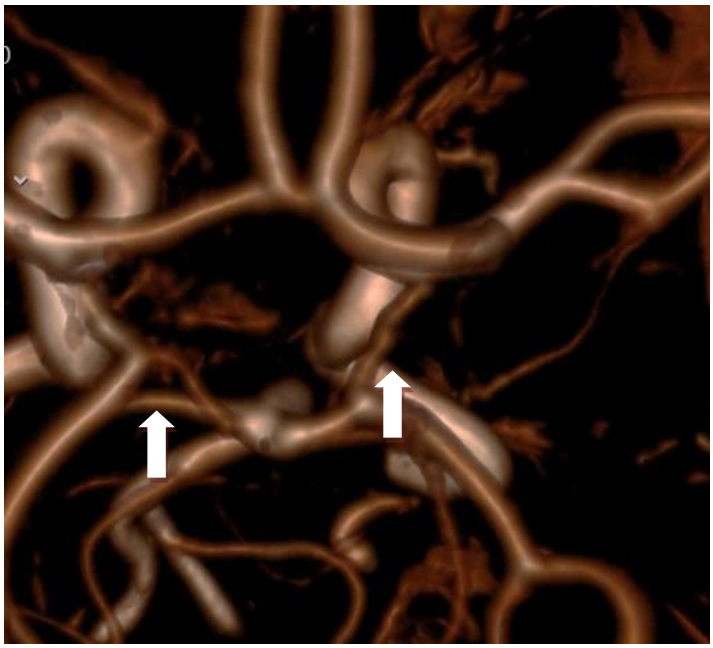
Şekil 22: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre[37] tip-a varyasyonu. Bilateral arteria communicans posterior tipik görünümü

Krabbe ve ark. göre B tip varyasyon modeli, tek taraflı fetal tip arteria communicans posterior varyasyonuna sağ tarafta 1 erkek hastada rastladık (Şekil 23).



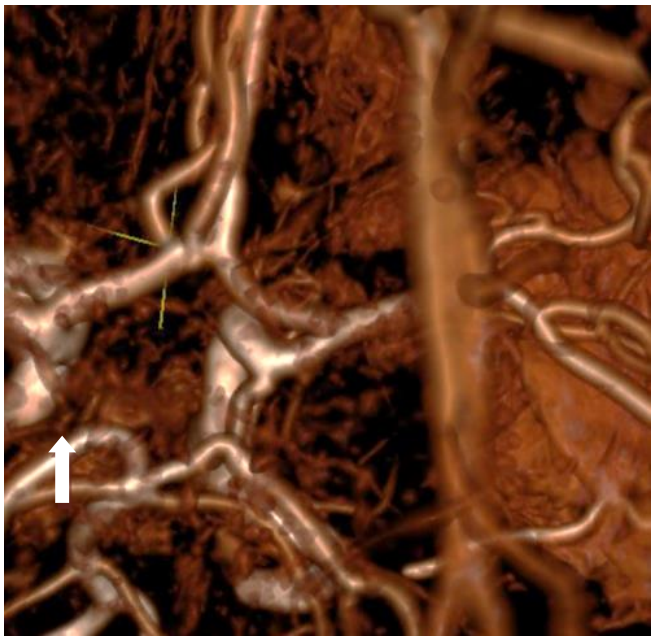
Şekil 23: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre [37] tip-b varyasyonu. Tek taraflı fetal tip arteria communicans posterior tipik görünümü

Krabbe ve ark. sınıflamasına göre C tip olarak tanımlanan varyasyon modeli; çift taraflı fetal tip arteria communicans posterior'a 4 kadın olguda rastladık (Şekil-24).



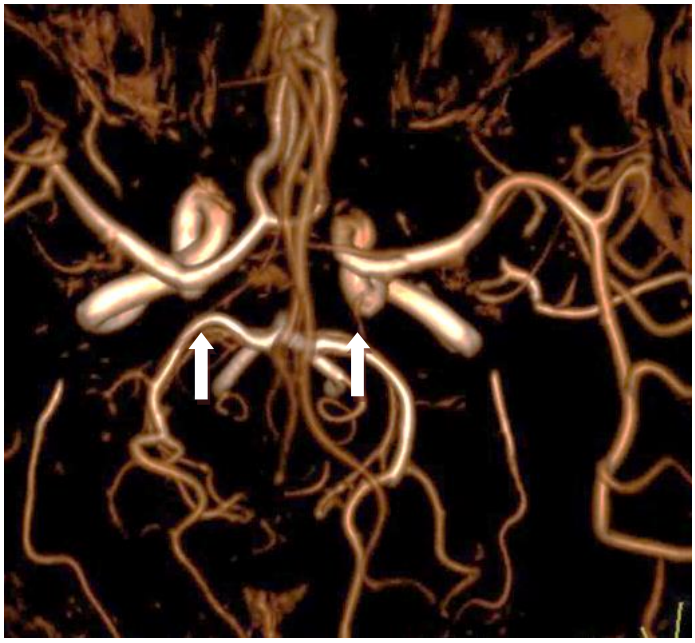
Şekil 24: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre[37] tip-c varyasyonu. Çift taraflı fetal tip arteria communicans posterior tipik görünümü

D tip tek taraflı aplazik arteria communicans posterior varyasyon gösteren hasta sayısı 7 kadın, 6 erkek'te olmak üzere toplam 13 idi (Şekil-25).



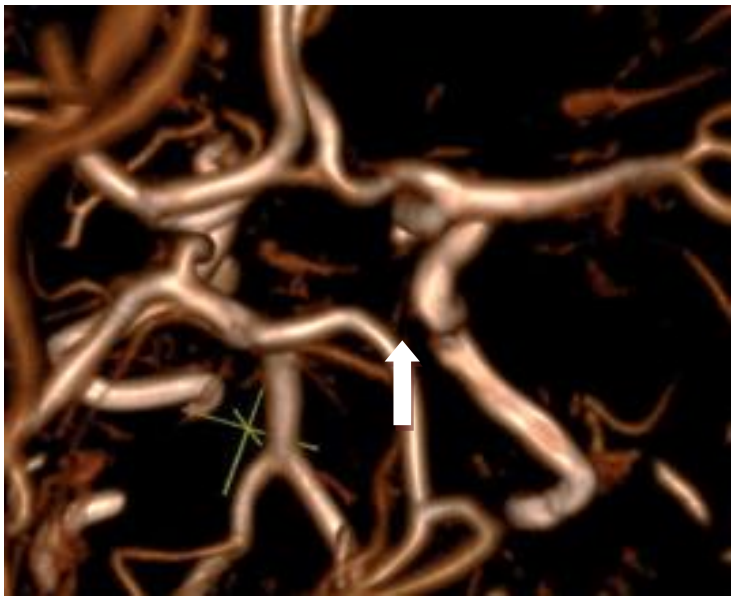
Şekil 25: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre[37] tip-d varyasyonu. Tek taraflı aplazik arteria communicans posterior tipik görünümü

E tip AcomP’nin bilateral aplazisi veye hipoplazisi varyasyonu 34 erkek ve 49 kadın, toplam 73 hastada tespit ettik (Şekil-26).



Şekil 26: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre[37] tip-e varyasyonu. Bilateral arteria communicans posterior'un aplazisi ya da hipoplazisi tipik görünümü

G tip fetal AcomP’nin tek taraflı hipoplazisi veya kontrasta bağlı yokluğuna sağda 2 kadın 1 erkek, solda 3 kadın 1 erkek toplam 13 hastada tespit ettik (Şekil 27).



Şekil 27: Krabbe ve ark. sınıflamasına göre[37] tip-g varyasyonu. fetal tip arteria communicans posterior'un hipoplazi ya da aplazisi tipik görünümü

Krabbe ve arkadaşlarının sınıflamasına göre f tip olarak tanımlanan fetal tip arteria cerebri posterior'un aplazisi ya da hipoplazisi veya arteria cerebri posterior'un prekomunikan segmentinin aplazisi varyasyonunu çalışmamızda tespit etmedik.

Krabbe ve arkadaşlarının sınıflamasına göre h tip varyasyon olarak tanımlanan tek taraflı fetal tip Acomp aplazisi ya da arteria cerebri posterior'un ön segmentinin aplazisine çalışmamızda araştırdığımız willis poligonlarında rastlamadık.

Krabbe ve arkadaşlarının i tip varyasyon olarak tanımlanan bilateral fetal tip hipoplazi veya arteria cerebri posterior'un prekomünasyon segmentinin aplazisine ve j tip varyasyon olarak tanımlanan bilateral fetal tip arteria cerebri posterior ile eşlik eden hipoplazi ya da P1 segment aplazisi'ne de biz incelediğimiz poligonlarda tespit etmedik.

Çalışmamızda elde ettiğimiz posterior varyasyon oranları Tablo-2 'de gösterilmektedir.

Tablo-2: Çalışmamızda posterior bölümde tespit ettiğimiz varyasyon oranları (Krabbe ve ark. sınıflamasına göre[37]).

Varyasyon		**Çalışmamız**	
Cinsiyet	Sağ	Sol	Toplam
Tip a			8(%10)
Kadın			4(%3)
Erkek			4(%3)
Tip b			
Kadın	0		1(%0,9)
Erkek	1(%0,9)		1(%0,9)
Tip c			4 (%3,6)
Kadın			4 (%3,6)
Erkek			0
Tip d			13(%11,7)
Kadın	4(%3,6)-	3(%2,7)	7(%6,3)
Erkek	2(%1,8)	4(%3,6)	6(%5,4)
Tip e			73 (%65,7)
Kadın			49 (%44,1)
Erkek			34 (%30,6)
Tip f			0
Kadın			0
Erkek			0
Tip g			7 (%6,30)
Kadın	2 (%1,8)	3 (%2,8)	5 (%4,5)
Erkek	1(%0,9)	1(%0,9)	2(%1,8)
Tip h			0
Kadın			
Erkek			
Tip i			
Kadın			
Erkek			
Tip j			
Kadın			
Erkek			

Çalışmamızda arteria carotis interna'nın kafa tababına girdiği yerdeki burda çizdiği kavis çapı ile aynı yerdeki arteria carotis interna arter çapı arasındaki oranı da ölçtük. Arteria carotis interna'nın kafa tabanına girdiği yerdeki kavisin çapı ile arterin çapına ait verilerin ortalama değerleri Tablo-3 'te verilmiştir.

Tablo 3: Arteria carotis interna'nın kafa tabanına girdiği yerdeki kavisin çapı ile arterin çapının oranının ortalama değerleri

Cinsiyet	Kavis çap ortalama değeri Sağ / Sol	Arteria carotis interna ortalama değeri Sağ / Sol
Kadın	65 / 61	27 / 27,8
Erkek	59 / 58	24 / 24

Çalışmamızda arteria karotis inetena'nın kafa tabanına girdiği yerde arteria carotis interna çapı ve yaptığı kavisin çapı arasında bir ilişki olup olmadığını da inceledik. Bu oranın kadın-erkek ve sağ-sol taraflar arasında farklı olup olmadığına ayrı ayrı bakıldı. İstatistiksel veriler sonucunda kadın-erkek ve sağ-sol taraflar arasında fark olmadığını gördük ($p>0,05$).

Çalışmamızda elde ettiğimiz arter çap ortalama değerleri normal dağılım gösterdiği için independent samples t-testi kullanarak istatistik değerlendirme yaptık. Bu değerlendirmeye göre sağ-sol arteria cerebri media, sağ-sol arteria vertebralis, sağ-sol arteria cerebri anterior A1 ve A2 segmentleri, sağ-sol arteria cerebri posterior P1 ve P2 segmentleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gördük ($p>0,05$). Yine arteria communicans anterior, sol arteria carotis interna ve sağ arteria communicans posterior arterlerinde cinsiyetler arasında anlamlı derecede fark olmadığını gördük ($p>0.05$).

Çalışmamızda, sağ arteria carotis interna çapı'nın kadın ve erkek arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0.05$)

Çalışmamızda, sol arteria communicans posterior çapı'nın kadın ve erkek arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0.05$)

Yaptığımız arter çap ölçüm değerlerinin sayısı, ortalaması ve standart sapması Tablo-4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: Çalışmamızda elde ettiğimiz arter çap ölçüm değerlerinin sayısı, ortalaması, standart sapma ve p değerleri

Ölçüm yapılan arter	Cinsiyet	Sayı	Ortalama değer	Standart sapma	p değeri
Arteria cerebri media (sağ)	Erkek	46	2,2891	0.43779	p>0.05
	Kadın	65	2,2754	0.35708	
Arteria cerebri media (sol)	Erkek	46	2,4043	0.37592	p>0.05
	Kadın	65	2,2431	0.35043	
Arteria vertebralis (sağ)	Erkek	46	1,9348	0.63743	p>0.05
	Kadın	65	1,7169	0.54988	
Arteria vertebralis (sol)	Erkek	46	2,2543	0.75681	p>0.05
	Kadın	65	2,0677	0.58473	
Arteria carotis interna (sağ)	Erkek	46	4,2224	0.35414	p<0.05
	Kadın	65	4,0754	0.45243	
Arteria carotis interna (sol)	Erkek	46	4,2378	0.40632	p>0.05
	Kadın	65	4,0354	0.46214	
A.communicans anterior	Erkek	46	1,0143	0.79047	p>0.05
Arteria cerebri anterior A1 segment (sağ)	Erkek	46	1,5552	0.42674	p>0.05
	Kadın	65	1,5292	0.40686	
Arteria cerebri anterior A1 segment (sol)	Erkek	46	1,6193	0.31159	p>0.05
	Kadın	65	1,6389	0.38593	
Arteria cerebri anterior A2 segment (sağ)	Erkek	46	1,4709	0.28145	p>0.05
	Kadın	65	1,4615	0.27197	
Arteria cerebri anterior A2 segment (sol)	Erkek	46	1,4783	0.33127	p>0.05
	Kadın	65	1,4512	0.43154	
Arteria cerebri posterior P1segment (sağ)	Erkek	46	1,7000	0.40879	p>0.05
	Kadın	65	1,6754	0.40544	
Arteria cerebri posterior P1segment(sol)	Erkek	46	1,6870	0.34935	p>0.05
	Kadın	65	1,6565	0.43171	
Arteria cerebri posterior P2segment (sağ)	Erkek	46	1,3870	0.25176	p>0.05
	Kadın	65	1,4098	0.29652	
Arteria cerebri posterior P2segment (sol)	Erkek	46	1,4443	0.29148	p>0.05
	Kadın	65	1,4666	0.34147	
Arteria communicans posterior (sağ)	Erkek	46	0,3543	0.65173	p>0.05
	Kadın	65	0,2646	0.50604	
Arteria communicans posterior (sol)	Erkek	46	0,1435	0.38161	p<0.05
	Kadın	65	0,2615	0,51741	
Arteria basillaris	Erkek	46	2,9941	0,41514	p>0.05
	Kadın	65	2,8862	0,47562	

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Willis poligonunun tanımlandığı tarihten günümüze kadar bu konu ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara herhangi bir patolojik öyküsü olan ve olmayan kişiler dahil edilerek varyasyonların sıklığı araştırılmıştır[41,37,36,39]. Bu varyasyonlar incelenirken temel olarak Thomas Willie'nin tarif ettiği willis poligonu üzerinden yola çıkılmıştır. Temel olarak Thomas Willis'nin tanımladığı poligon göz önünde bulundurulsa da literatürde varyasyonların farklı sınıflama türleri de yer almaktadır[2,31,49,40]

Serebrovasküler hastalıklar günümüzde insanlık için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu hastalıkları geçiren kişilerde ciddi oranda sakatlıklar da görülmektedir. Bu durumu yüksek ölüm oranları takip etmektedir. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda serebro-vasküler olaylarda beyin kan dolaşımının damar yapısı ve varyasyonlarının bilinmesi önemlidir[9,50,10]. Serebro-vasküler hastalıkların seyri, süreci ve sonucu, yapılan cerrahi işlemlerin de önemini açıklamaktadır. Serebro-vasküler hastalıkların bu şekilde seyri ve takibi açısından willis poligonu varyasyonlarının bilinmesi gerekmektedir[10,36,51,39].

Willis poligonu varyasyonları tanımlanırken poligonu oluşturan her bir arterin çap uzunlukları çeşitli araştırmacılar tarafından açıklanmıştır[29,52,53,54,55,56,57,58,59,60]. Bu çalışmalarda yetişkin ve fetüs poligonları BTA, MRA, 3D-TOF MRA gibi yöntemlerle incelenmiştir[61,62,9,13,58,37].

Saeki ve ark. ACA A1 segment çapını 2.6 mm olarak tespit etmişler[58], Krabbe ve ark. ACA çapını 1.9 mm[37], Hafez ve ark. 1.8 mm[63], Fahy ve ark.[64], 1.3 mm, Yeniçeri ve ark.[62] ise ACA sağ A1 çapını 1.58 mm ACA sol A1 çapını 1.64 mm olduğunu açıklamıştır. Çalışmamızda ACA sağ A1 segmenti için ortalama değer kadın 1.52±0.4 mm, erkek 1.55±0.4 mm, sol A1 segmenti için kadın 1.63±0.3 mm, erkek 1.61±0.3 mm olarak tespit ettik. ACA A2 sağ segmenti kadın 1.46±0.2 mm, erkek 1.47±0.2 mm bulduk. Sonuçlarımızın literatür ile uyumludur. Saeki ve ark.[58] çalışmalarında AcomA çapını 1.5 mm, Krabbe ve ark.[37] ise 1.4 mm olarak hesaplamıştır. Biz çalışmamızda AcomA ortalama değeri erkek 1.01±0.7 mm, kadın 0.84±0.6 mm olarak tespit ettik ve literatür ile uyumludur.

Saeki ve ark.[58] çalışmalarında ACP P1 segment çapını 2.6 mm, P2 çapını 2.7 mm olarak ölçmüşler, Krabbe ve ark.[37] ACP çapını 1.9 mm, Fahy ve ark.[64] ACP çapını 1.3 mm, Yeniçeri ve ark.[62] ACP P1 sağ 1.8 mm, sol P1 1.88 mm olarak açıklamıştır. Yaptığımız çalışmada ACP sağ P1 ortalama değerini erkek 1.7±0.4 mm, kadın 1.67±0.4 mm, ACP sol P1ortalama değeri erkekte 1.68±0.3 mm, kadın 1.65±0.4 mm olarak açıkladık. ACP sağ P2 ortalama değerini erkek 1.38±0.2 mm, kadın 1.4±0.2 mm, ACP sol P2 ortalama değerini erkek 1.44±0.2 mm, kadın 1.46±0.3 mm olarak tespit ettik. Arteria cerebri posterior P1 ve P2 ortalama değerlerinin literatür ile uyumlu olduğunu gördük.

Kamath ve ark.[54] AcomP ortalama çap değerlerini sağ AcomP için 1.5 ± 0.7 mm, sol AcomP 1.4±0.7 mm, Yeniçeri ve ark.[62] sağ ve sol AcomP ortalama değerini 1.12 mm olarak ölçmüşlerdir. Çalışmamızda AcomP sağ ortalama değeri, kadın 0.26±0.5 mm, erkek 0.35±0.6 mm olarak ölçülürken AcomP sol ortalama değeri kadın 0.26±0.5 mm erkek 0.14±0.3 mm olarak tespit ettik ve sonuçlarımızın literatür ile uyumlu olmadığını açıkladık.

Kamath ve ark. ACI arter çapını sağ ve sol tarafta 4.2 ±0.9 mm olarak açıklamış ve Yeniçeri ve ark.[62] ise sağ ACI 4.24 mm, sol ACI 4.32 mm olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ACI sağ ortalama değeri erkek 4.22±0.3 mm, kadın 4.07±0.4 mm ve sol ACI ortalama değeri erkek 4.23±0.4 mm, kadın 4.03±0.4 mm olarak tespit ettik. Arteria carotis interna sağ/sol, kadın/erkek ortalama çap değerlerinin literatür ile uyumlu olduğunu tespit ettik.

Tablo-5'te Çalışmamızda elde ettiğimiz ortalama arter çap değerleri ile literatürdeki çalışmaların ortalama arter çap değerleri gösterilmektedir.

Tablo 5: Çalışmamızdaki ortalama arter çap değerleri ve literatürdeki ortalama çap değerleri

Arter çap ortalama değerleri	ACA A1 sağ/sol	ACA A2 sağ/sol	ACA	AcomA	ACP P1 sağ / sol	ACP P2 sağ /sol	AcomP sağ/sol	ACI sağ/sol
Saeki	2.6	-	-	1.5	2.6	2.7		
Krabbe			1.9	1.4	1.9			
Hafez			1.8					
Fahy			1.3			1.3		
Yeniçeri	1.58/1.64				1.8 / 1.88		1.12 /1.12	4.24 /4.32
Kamath							1.5 / 1.4	4.2 / 4.2
Çalışmamız Kadın/Erkek	1.52/1.55	1.46 /1.47		0.84 /1.01	1.65 /1.7	1.4 / 1.38	0.26 /0.35	4.07/ 4.22

Willis poligonu varyasyonları tanımlanırken en fazla varyasyon oranlarının anterior ve posterior bölümde olduğu açıklanmıştır[37,41,22,23]. Bu yüzden literatürde anterior ve posterior bölüme dair çalışmalara daha sık rastladık. Posterior bölüm varyasyonlarını tanımlamak için Voljevica ve arkadaşları yaptıkları çalışmada serebral-vasküler hastalık belirtisi olan ve olmayan 60 yaş üstü ve 34 yaş altı olmak üzere kadın ve erkekler dahil edilmiş ve anjiyografi sonuçlarına göre willis poligonu tam posteior konfigürasyon içerenler çalışmaya katılanların %54'ü olarak açıklanmıştır. Çalışmaya katılan genç ve kadınlarda tam konfigürasyon oranının yaşlı ve erkeklere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. En sık tespit edilen varyasyonlar tek taraflı fetal arteria communicans posterior, tek taraflı aplazi veya hipoplazi olarak açıklanmıştır[65]. Yaptığımız çalışmada serebral-vasküler tanısı olan bir grup olmamakla birlikte elde ettiğimiz veriler doğrultusunda posterior bölüm varyasyon oranları anterior bölüme göre daha yüksek bulduk. Sağ arteria carotis interna çapı ve sol arteria communicans posterior çapı dışındaki diğer arter çap değerlerinin ile varyasyonların dağılımında cinsiyet ve taraf seçmediğini tespit ettik. Voljevica ve arkadaşlarının en sık rastladığı

varyasyon fetal tip AcomP olurken biz en sık varyasyon olarak arteria communicans posterior'un hipoplazi/aplazi'si (%65) olarak tespit ettik[65]. Bunu tek taraflı bulunan arteria comunicans posterior takip etmekteydi. (%11.7) Posterior bölüm varyasyonlarını araştıran Krabbe ve ark. yaptıkları başka bir çalışmada ise 3D-TOF-MRA görüntüleme yöntemini kullanılarak elde edilen verilerle posterior bölüme ait 10 farklı varyasyon bildirmişlerdir. Çalışmalarında varyasyonların yaş ve cinsiyete göre taraf seçip seçmediğini araştırmışlar ve posterior bölümde en sık gözlenen varyasyonun tek taralı arteria communicans posterior olduğunu bildirmişlerdir. Varyasyonların genç kadınlarda daha fazla görüldüğünü tespit etmişlerdir[37]. Yaptığımız çalışmada Krabbe ve ark yaptıkları çalışamada kullanılan görüntüleme yöntemi olarak benzerlik göstermektedir fakat posterior bölümde en sık karşılaştığımız varyasyon arteria communicans posterior'un aplazisi olarak tespit ettik. Krabbe ve arkadaşları varyasyonların yaşa bağlı olarak değişebileceğini açıklamışlardır. Biz çalışmamızda yaşa bağlı olarak varyasyonların farklılık gösterebileceğini araştırmadık.

Rigss ve ark. yaptıkları çalışmada en sık varyasyon hipoplazi ve hipoplazi içeren arteri, arteria communicans posterior olarak açıklamıştır[32]. Li ve arkadaşlarının çalışmasında da anterior bölümde komplent poligon içeren oran %79 olarak açıklanırken, posterior bölümde komplet poligon oranı %31 olarak açıklanmaktadır. Li ve arkadaşlarının en sık gözlediği varyasyon bilateral arteria communicans posterior aplazisi olarak açıklanmaktadır[8]. Kapoor ve arkadaşlarının yaptıkları otopsi çalışmasında en sık varyasyon arteria communicans posterior'da gözlenmiştir[33]. Hamidi ve arkadaşları da en sık varyasyonun arteria communicans posterior'da olduğunu açıklamışlardır[34]. Klimek ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise en sık varyasyon bilateral arteria communicans posterior aplazisi olarak açıklanmıştır[35]. Karataş ve arkadaşları yaptıkları çalışmada en sık varyasyonun posterior bölümde hipoplazi olduğunu ve bunu takip eden en sık varyasyonun arteria communicans posterior aplazisi olduğunu açıklamışlardır[66]. Çiftçi ve arkadaşları diyabet'in ve hipertansiyon'un willis poligonu varyasyonları ile ilişkisini araştıkları çalışmalarında en sık varyasyonun aplazi olduğunu ve aplazinin arteria communicans posterior'da gözlemlediklerini bildirmişlerdir[67]. Biz de yaptığımız çalışmada en sık varyasyonun posterior bölümde arteria communicans posterior aplazisi olarak açıkladık. Çalışmamızda posterior bölümde tespit ettiğimiz varyasyonların literatür ile uyumlu olduğunu gördük.

Tablo 6: Çalışmamızdaki posterior bölümdeki varyasyon oranları ile Krabbe ve ark. posterior bölümde tanımladığı varyasyon oranları

Varyasyon		**Krabbe ve ark.**			**Çalışmamız**	
Cinsiyet	Sağ	Sol	Toplam	Sağ	Sol	Toplam
Tip a			58 (%55)			8 (%10)
Kadın			29 (%27)			4 (%3)
Erkek			29 (%27)			4 (%3)
Tip b			36 (%34)			
Kadın			20 (%19)	0		1 (%0.9)
Erkek			16 (%15)	1(%0,9)		1 (%0.9)
Tip c			10 (%9.6)			4 (%3.6)
Kadın			9 (%8.6)			4 (%3.6)
Erkek			1 (%0.96)			0
Tip d			58 (%55)			13 (%11.7)
Kadın			25 (%24)	4 (%3,6)-	3 (%2,7)	7 (%6.3)
Erkek			33 (%31)	2 (%1,8)	4 (%3,6)	6 (%5.4)
Tip e			22 (%21)			73 (%65.7)
Kadın			9 (%8.6)			49 (%44.1)
Erkek			13 (%12)			34 (%30.6)
Tip f			3 (%2.8)			0
Kadın			0			0
Erkek			3 (%2.8)			0
Tip g			9 (%8)			7 (%6.30)
Kadın			5 (%4.8)	2 (%1.8)	3 (%2.8)	5 (%4.5)
Erkek			4 (%3.8)	1 (%0.9)	1 (%0.9)	2 (%1.8)
Tip h			1 (%0.96)			0
Kadın			1 (%0.96)			
Erkek			0			
Tip i			1 (%0.96)			
Kadın			1 (%0.96)			
Erkek						
Tip j			2 (%1.9)			
Kadın			1 (%0.96)			
Erkek			1 (%0.96)			

Çalışmamızda elde ettiğimiz posterior varyasyon oranları ile Krabbe ve arkadaşlarının posterior bölüm için tanımladıkları varyasyon oranları Tablo-6'da gösterilmektedir. Krabbe ve ark. varyasyonları tanımlarken sağ/sol olarak incelememiştir.

Willis poligonunun en sık varyasyonların posterior bölümünde belirtildiği araştırmalara ek olarak anterior bölümde de tespit edildiği çalışmalar mevcuttur[40,43,58]. Krzyewski ve arkadaşları anterior bölüm varyasyolarını tanımlamak için yaptıkları çalışmada en sık varyasyonun arteria communicans anterior aplazisi olarak kadınlarda daha sık görüldüğünü açıklamışlardır. Bunu takip eden varyasyon ise arteria cerebri anterior'un A1 segment aplazisi olarak açıklanmıştır[40]. Biz de çalışmamızda anterior bölümde tespit edilen en sık varyasyon arteria communicans anterior aplazisi olarak açıkladık. Bunu takip eden varyasyonlar ise arteria communicans anterior'un varlığı ve arteria cerebri anterior'un aynı taraf A1, A2 segment hipoplazisi olarak tespit ettik. Bulgularımız sonucunda çalışmamız Krzyewski ve ark. yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir fakat anterior bölümde tespit ettiğimiz varyasyonların cinsiyet ve taraf seçmediğini gördük. Krabbe ve ark. posterior bölüm varyasyonları ile birlikte anterior bölüm varyasyonlarını araştırdığı çalışmalarında anterior bölümde tespit ettikleri en sık varyasyonlar; arteria communicans anterior'un tek olması ve arteria communicans anterior'da hipoplazisi olarak açıklamışlardır[37]. Anterior bölümdeki varyasyonların sıklığını gençlerde %86, yaşlılarda %68 olarak bildirmişler. Krabbe ve ark. anterior bölümde varyasyonların yaşa bağlı olarak değişebileceğini fakat cinsiyet olarak önemli bir fark gözlenmediğini tespit etmişlerdir. Qiu ve ark.[68] MRA görüntüleme yöntemi ile Çinli popülasyonda yaptıkları çalışmada en sık varyasyonun AcomA'da olduğunu açıklamışlardır. Kendi çalışmamızda da anterior bölümde gözlemlediğimiz en sık varyasyonun arteria communicans anterior aplazisi ve bunu takip eden varyasyon ise arteria communicans anterior'un hipoplazisi olarak açıkladık. Bu yönüyle çalışmamız anterior bölüm varyasyonlarının tipi ve sıklığı göz önünde bulundurulduğunda literatür ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızdaki anterior bölümde belirlediğimiz varyasyon oranları ile Krzyzweski ve ark. anterior bölümde tanımladıkları varyasyon oranları Tablo-7' de gösterilmektedir. Krzyzweski ve ark. varyasyonları tanımlarken sağ/sol olarak incelememiştir.

Tablo 7: Çalışmamızda anterior bölümdeki varyasyon oranları ile Krzyzewski ve ark. tespit ettiği varyasyon oranları

Varyasyon tipi	**Krzyzewski ve ark.***			**Çalışmamız**		
Cinsiyet	Sağ	Sol	Toplam	Sağ	Sol	Toplam
Tip 1			216 (%52)			28 (%25)
Kadın			99 (%46)			17 (%15)
Erkek			117 (%59)			11 (%9.9)
Tip 2			22 (%5)			14 (%12)
Kadın			15 (%6)			12(%10.8)
Erkek			7 (%3)			2 (%0,1)
Tip 3			81 (%19)			30 (%27)
Kadın			50 (%23)			17(%15)
Erkek			31 (%15)			13(%11)
Tip 4			30 (%7)			6 (%5.4)
Kadın			15 (%6)	3-(%2.7)	0	
Erkek			15 (%6)	1 (%0.9)	2 (%1.8)	
Tip 5			19 (%4)			2 (%0.1)
Kadın			12 (%5)	1(%0.09)	0	
Erkek			7 (%3)	1(%0.09)	0	
Tip 6			26 (%6)			0
Kadın			14 (%6.5)			
Erkek			12 (%6.1)			
Tip 7			4 (%0.97)			3 (%0.2)
Kadın			4 (%0.97)			2 (0,1)
Erkek			0			1 (%0.09)
Tip 8			4 (%0.9)			28(%25.2)
Kadın			4 (%0.9)	8 (%7.2)	4(%3.6)	12(%10.8)
Erkek				9(%8)	7(%6.3)	16(%14.4)
Tip 9			3 (%0.7)			0
Kadın			2 (%0.93)			
Erkek			1 (%0.5)			
Tip 10			2 (%0.49)			0
Kadın			0			
Erkek			2 (%0.49)			

Willis poligonu varyasyonları tanımlanırken ırksal, çevresel ve hemodinamik faktörlerin varyasyonların sıklığında bir etken olabileceği açıklanmıştır[7,69]. Silva ve arkadaşları 6 farklı ırka (Fas, Kafkas, Afrika, Asya, İran ve Siri Lanka) ait willis poligonu varyasyonlarını kadavralarda incelediklerini ve çalışmada willis poligonu varyasyonlarının klinik olarak önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmışlardır[69]. Çalışma sonuçlarına baktığımız zaman Fas grubunda yapılan araştırma dışındakilerde literatür ile anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Özellikle 4 farklı konfirugasyonda tanımlanan willis poligonu varyasyonlarında önemli fark gözlenmiştir[69]. Biz çalışmamızda ırk ayrımı yapmadık, Batı Karadeniz bölgesine ait hastalarda varyasyonların sıklığını araştırdık. Silva ve arkadaşları arteria cerebri posterior'un kontralateral P1 segmenti ve arteria cerebri anterior'un kontralateral A1 segmentinde hipoplazi, kontralteral arteria communicans posterior'un hipoplazisi, arteria communicans anterior'un hipoplazisi tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada arteria communicans anterior hipoplazisini %12,6 ve arteria cerebri posterior kontralateral P1 segment hipoplazisini %6,3 olarak tespit ettik. Silva ve arkadaşlarının çalışması etnik gruplar arasında wills poligonu varyasyonlarının farklı olabileceğini ortaya koymaktadır[69]. Yaptığımız çalışma tespit edilen varyasyon tipi olarak Silva ve ark. yaptığı çalışma ile benzerlik gösterse de sık görülen varyasyonlar ve çalışma yapılan grup konusunda farklılıklar vardı.

Willis poligonu varyasyonlarının, serebrovasküler hastalıklarda ve serebral anevrizma geçiren hastalarda yüksek oranlarda olduğunu gösteren çalışmalar vardır[36,13,25]. Kahraman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada willis poligonunun varyasyonları ile intraserebral multiple anevrizmalarla olan ilişkiye bakılmıştır. Anevrizması olmayan grupta varyasyon içerme oranı %94.8 olarak bulunurken, tek anevrizması olanlarda bu oran % 97.9 ve multiple anevrizması olanlarda %97.3 olarak açıklanmış ve istatiksel olarak anevrzima sayısı ile varyasyon olup-olmama arasında anlamlı ilişki bulunmadığı bildirilmiştir[36]. Bizim çalışmamızda tam konfigürasyon gösteren ve hiç varyasyon içermeyen hasta sayısını 4 (%3.6) olarak tespit edildi. Kahraman ve ark. anevrizması olmayan grupta tespit ettikleri varyasyon oranı (%94) ile bizim çalışmamızdaki varyasyon oranı (%96) benzerlik göstermektedir. Jin ve ark. çalışmalarında ailede inme öyküsü bulunan kişilerde willis poligonu varyasyonlarının yaş ve cinsiyete bağlı sıklığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda ailede inme öyküsü olmayan grupta arteria cerebri anterior A1 segment aplazisi ailede inme öyküsü olan

gruba göre yüksek oranda bulunmuştur[25]. Yaptığımız çalışmada inme tanısı olan hastaları çalışma dışı bıraktık ve arteria cerebri anterior A1 segment aplazisini 2 hastada (%1,80) tespit ettik. Jin ve ark. arteria communicans posterior aplazisi veya hipoplazisini kadınlarda erkeklere oranla daha sık görüldüğünü tespit etmişlerdir. Tam konfigürasyon gösteren willis poligonunun yaşla beraber artış göstermediği bildirilmiştir. Jin ve ark. varyasyonların cinsiyetle anlamlı bir ilişki gösterdiğini ve tam konfigürasyon göstermeyen willis poligonunun, inme için bir risk faktörü olabileceğini açıklamışlardır[25]. Bizim çalışmamızda arteria communicans posterior aplazisi ya da hipoplazisi %70 oranında idi ve çalışmamız varyasyonların sıklığı ve tipi Jin ve ark. yaptığı çalışma ile benzerlik gösteriyordu. Fakat çalışmamızda sağ arteria carotis interna çapı ve sol arteria communicans posterior çapı dışındaki diğer arter çap değerleri ile varyasyonların dağılımında, cinsiyet ve taraf tercihi olmadığını tespit ettik. Türköz ve arkadaşlarının, subaraknoid kanamalı hastalarda willis poligonu ve arteria basillaris varyasyonlarının retrospektif olarak araştırıldığı bir çalışmasında, subaracnoid kanama (SAK) nedeni ile başvuran hastalarda %76.3 oranında varyasyon tespit edildiği bildirilmiştir. Söz konusu çalışmada, en sık varyasyonun hipoplazi olduğu ve bunun da arteria communicans posterior'da olduğu açıklanmıştır. Yine arteria basillaris'in seyri ve tepe noktasının yeri konusunda literatür ile anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Çalışma sonucunda subaraknoid kanama geçiren hastaların willis poligonu varyasyonlarının yüksek olduğu bildirilmiştir[13]. Bizim çalışmamızda SAK öyküsü olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi ve arteria basillaris varyasyonlarına ait herhangi bir veri toplanmadı. Ancak rastladığımız diğer varyasyon tipi ve oranı, Türköz ve ark. yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir.

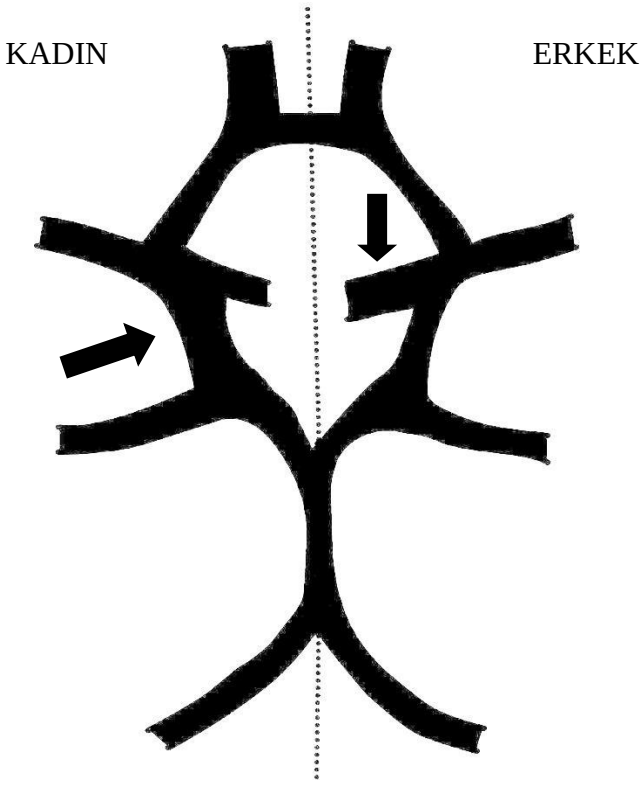
Willis poligonu varyasyonlarının tespit edilmediği ya da daha az tespit edildiği çalışmalar da bulunmaktadır[31,10]. Canaz ve ark. willis poligonunu oluşturan arterlerin morfometrik analizi ile ilgili çalışmalarında, 30 kadavra beyninde poligonu oluşturan arterlerin çap ve uzunluk ölçümlerini yapmışlardır. İnceleme sonunda hipoplazi ve aplazi bulgusuna raslamadıklarını belirtmişlerdir[10]. Fawcett ve ark çalışmalarında anterior ve posterior bölüme ait varyasyonların çok düşük oranda görüldüğünü ve çalışmaya dahil edilen willis poligonlarının genel olarak tam ve simetrik olduğunu belirtmişlerdir[31]. Çalışmamızda tam konfigürasyon gösteren willis poligonunu %3,6 olarak tespit ettik ve çalışmamız bu yönüyle Canaz ve ark yaptığı çalışma ve Fawcett ve ark. yaptığı çalışma ile farklılık göstermektedir. Bunu, kullandığımız görüntüleme

yönteminin küçük çaplı arterleri görüntüleme hassasiyeti konusundaki sınırlılığı ile açıklamak mümkün olabilir.

Willis poligonu varyasyonları incelenirken genetik, çevresel faktörler ve demografik özelliklerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini açıklayan çalışmalar da literatürde yer almaktadır[51,70]. Ryan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada willis poligonu konfigürasyonunun yaşla birlikte önemli farklılıklar göstediği açıklanmış ve demografik faktörler ile patolojik durumların willis poligonu anatomisi üzerindeki etkisini araştırmak için, yeni çalışmalar yapılması gerektiğini vurgulamışlardır[51]. Gunnal ve arkadaşları ise tüm cerrahi müdahelelerden önce anjiyografi yapılması gerektiği vurgulanmıştır[24]. Faber ve ark. yaptıkları hayvan deneyi çalışmasında arteria communicans posterior varyasyonlarının çevre ve genetik faktörlerle ilişkisini araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada genetik ve çevresel faktörlerin arteria communicans posterior varyasyonları üzerinde etkili olabileceğini bildirmişlerdir[70]. Joshua ve arkadaşları varyasyonların yaygınlığı için ve willis poligonunun varyasyonlarının kapsamlı veri tabanını oluşturmak için tüm çalışmaları harmanlayan evrensel bir sınıflama sistemi kurulması gerektiğini bildirmişlerdir. Joshua ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada varyasyonların yaygınlığını ve bunların beyin cerrahisi yaklaşımlarını nasıl etkilediğini veya iskemik patoloji durumlarını nasıl yönlendireceğini bilmek hasta bakımını sağlamada önemli olabileceğini bildirmişlerdir[71]. Jie ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise, willis poligonunun morfolojisini ve anatomik varyasyonlarını gözlemlemek için sağlıklı kişilerde 3D-TOF-MR anjiyografileri kullanarak, willis poligonunun anatomisinde yaşa veya cinsiyete bağlı farklılıkların olup olmadığını araştırmışlardır. Buna göre 3D-TOF MR anjiyografinin, willis poligonunun morfolojisini ve anatomik varyasyonlarını değerlendirmek için klinik öneme sahip olduğunu bildirmişlerdir. MR anjiyogramlarda serebral arter çapının normal değerleri, serebral vasküler hastalıkların teşhisinde referans bir rol oynayabilir[47]. Yaptığımız çalışmada, 3D-TOF-MRA görüntüleme yöntemi kontrast madde içermemesi, çalışmalardaki güvenilirliğinin kanıtlanması nedeni ile tercih edilmektedir. Biz de varyasyonların tipini ve sıklığını belirlemede bu yöntemi tercih ettik[47].

Çalışmamızda sağ arteria carotis interna'nın kadın ve erkekte farklı olduğunu belirledik. Kadınlarda ortalama arter çapını 4.07±0.45, erkeklerde ise 4.22±0.35 olarak hesapladık. Sol arteria carotis interna ise kadın ve erkekte fark göstermiyordu. Sol

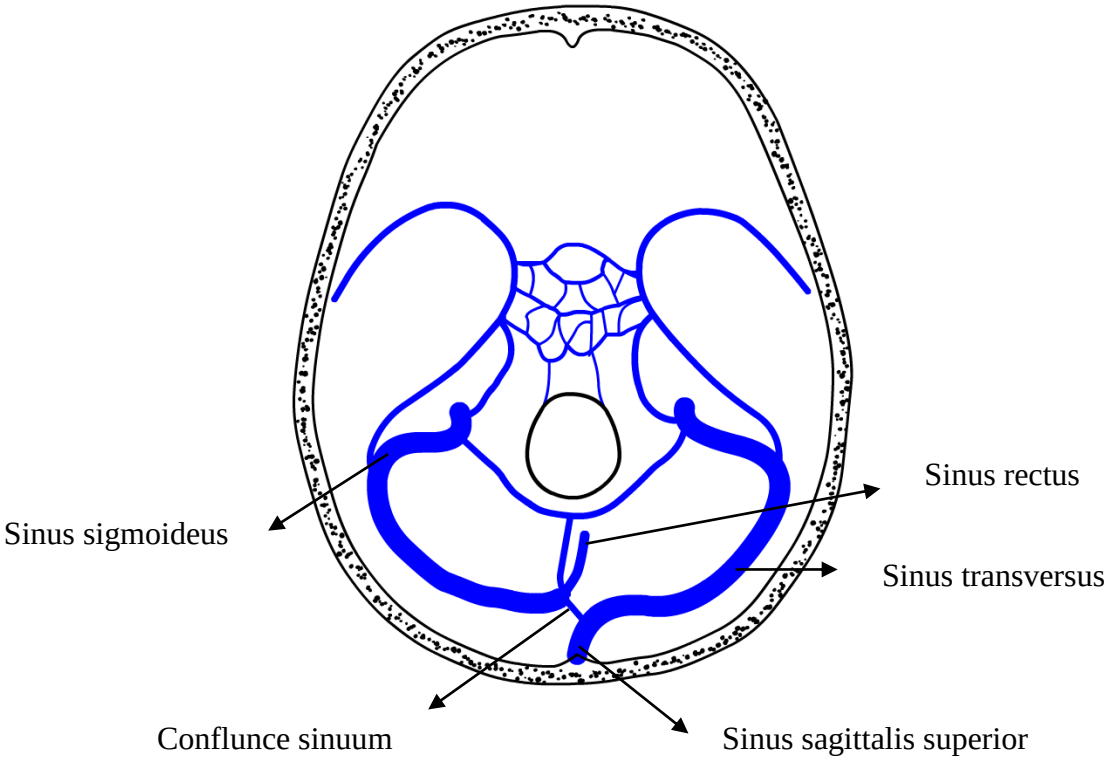
arteria communicans posterior'un da kadın ve erkekte farklı olduğunu gözlemledik. Kadınlarda ortalama arter çapı 0,26±0.51 mm, erkeklerde ise 0.14±0.38 mm idi. Sağ arteria communicans posterior kadın ve erkekte farklılık göstermiyordu. Buna göre erkeklerde sağ arteria carotis interna daha baskın bir kanlanma sağlarken, kadınlarda sol arteria communicans posterior, dolayısıyla arteria basillaris tarafından gelen kanın poligonun ön tarafına daha fazla geçme imkânı bulduğu söylenebilir (Şekil-28). Literatürde, willis poligonu varyasyonları ile ilgili çalışmalarda poligonunun cinsiyet seçtiğine dair çalışmalar mevcuttur[37],[41]. Ancak hangi varyasyonların kadın ve erkekte belirgin bir taraf seçtiğini tarif eden bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yönüyle çalışmamızda willis poligonu varyasyonlarının taraf seçip seçmediği konusunda diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir (Şekil-28).



Şekil 28: Sağ arteria carotis interna ve sol arteria communicans posterior varyasyonu kadın/erkek arasındaki farkı

Şekil-28'de şematik olarak gösterilen varyasyonların erkek ve kadındaki taraf tercihi ve oluşan asimetri beynin venöz drenajındaki asimetriyi çağrıştırmaktadır. Anatomi kaynaklarında çoğunlukla sinus sagittalis superior'un sağ sinus transversus'a, sinus

rectus'un ise sol sinus transversus'a drene olduğu bildirilmektedir. Çalışmamızdaki sonuçların işaret ettiği gibi, a. carotis internanın erkeklerde sağ tarafta daha baskın olması, arteria cerebri media'nın da buradan daha fazla beslendiğini göstermektedir. Dolayısıyla beynin lateral yüzünde geniş bir sahayı besleyen a. cerebri media'nın dağıldığı alanın venöz drenajı, sinus sagittalis superior ile olmaktadır. Arteryel damarlanmadaki bu asimetrinin, venöz geri dönüşte de bir asimetrinin varlığına işaret ettiğini düşünüyoruz. Beynin venöz drenajı konusunda kadın-erkek ile sağ/sol taraflar arasında da, burada tarif ettiğimiz arterlerdeki gibi muhtemel bir asimetriyi belirlemek için farklı çalışmalar yapılması gerektiğini düşünüyoruz[21,17].



Şekil 29 : Sinus sagittalis superior, çoğunlukla sağ taraf olmak üzere, yan tarafa doğru yön değiştirir ve sinus transversus olarak devam eder. Sinus sagittalis inferior ise, sinus rectus ve çoğunlukla sol sinus transversus ile drene edilir. Sağ ve sol sinus transversus'lar arasında genellikle zayıf bir venöz bağlantı da bulunur.

Literatür bilgilerine göre, sinus transversus sulcus sinus transversus içinde uzanan kalın bir sinustür. Genellikle sağ tarftaki sinus sagittalis superior'un, sol taraftaki de sinus rectus'un bir devamı şeklindedir. Kesiti üçgen şeklinde olan sinus sagittalis süperior, arkaya doğru gittikçe kalınlaşır. Sinus sagittalis superior, burun venleri, kafa derisi

venleri ve vena diploicae ile anastomoz yapar. Tentorium cerebelli'den sonra sinus sigmoideus olarak devam eder[17].

6.ÖNERİLER

Çalışmamızda willis poligonunun ön bölümünde en sık rastladığımız varyasyon arteria communicans anterior aplazisi idi (%27). Çalışmamızda willis poligonunun anterior bölümünde görülen varyasyonların literatür bilgileri ile uyumlu olduğunu tespit ettik. Posterior bölümde en sık rastladığımız varyasyon arteria communicans posterior'un aplazisi idi (%65). Literatürdeki çalışmalarda posterior bölümde tanımlanan en sık varyasyonların arteria communicans posterior aplazisi ve hipoplazisi olduğu açıklanmıştır. Bu yönüyle çalışmamızın posterior bölümünde tespit ettiğimiz varyasyonların da literatür bilgileri ile uyumlu olduğunu değerlendirdik. Ancak çalışmamızda anterior ve posterior bölümde gözlemlediğimiz varyasyon oranlarının literatürde yapılan çalışmalara göre yüksek oranda gözlendiğini tespit ettik.

Çalışmamızda Willis poligonunun tam olduğu hasta sayısı 4 idi. Toplam varyasyon oranına baktığımız zaman ise %96 oranında varyasyon olduğunu tespit ettik. Varyasyonların görülme sıklığı açısından çalışmamızla literatürdeki bazı çalışmalara göre daha yüksek oranlarda varyasyon ettik.

Çalışmamızdaki varyasyon oranlarının yüksek çıkmasının nedenini kullandığımız görüntüleme yönteminin dezavantajlarından biri olduğunu belirledik. Kullandığımız 3D-TOF-MRA yöntemi non-invaziv olması, kontrastlı madde içermemesi vb. gibi birçok nedenden dolayı diğer görüntüleme yöntemlerine göre tercih edilmektedir. Ancak 3D-TOF-MRA tekniğinde arterin içindeki kanın akım dinamiği esas alındığı için, akım hızı arttıkça oluşan sinyalin kalitesi de değişmektedir. Dolayısıyla küçük çaplı arterlerin tespiti nispeten zorlaşmaktadır.

Çalışmamızda tespit edilen varyasyon tiplerinin kadın/erkek ve sağ/sol arasında farklı olmadığını belirledik ($p>0.05$). Poligonu oluşturan arterlerin çaplarının kadın/erkek ve sağ/sol arasında farklı olmadığını belirledik ($p>0.05$).

Çalışmamızda ayrıca arteria carotis interna'nın canalis caroticus'ta yaptığı kavisin çapı ile arterin çapı ölçülerek birbirine oranlandı. Çalışmamızda arteria carotis interna'nın canalis caroticus'ta yaptığı kavis çapı ile girdiği yerde arterin çapı arasındaki oranın, cinsiyet ve taraflar arasında farklı olmadığını belirledik ($p>0.05$).

Çalışmamızda sağ arteria carotis interna'nın erkeklerde daha baskın bir kanlanma sağlayacak şekilde kadınlardakine göre daha kalın olduğunu belirledik. Aynı

şekilde willis poligonunun arka bölümüne ait arteria communicans posterior'un kadınlarda sol tarafta daha kalın olduğu, dolayısıyla poligona daha çok katkı yaptığını belirledik. Bu durumun, beyin hemisferleri bakımından, bir lateralizasyona işaret edip etmediğini belirlemeye yönelik farklı çalışmalar yapılması gerektiğini düşünüyoruz. Ayrıca tespit ettiğimiz varyasyon tipleri ile sıklığının, bu bölgede yapılacak başka çalışma ve girişimlere faydalı bilgiler sağladığını ve Willis poligonu varyasyonlarının, diğer radyolojik görüntüleme yöntemleri ile de belirlendiği farklı çalışmalar yapılması gerektiğini düşünüyoruz. Willis poligonu varyasyonlarını açıklarken farklı radyolojik görüntüleme yöntemlerinin kullanıldığı ve birbiri ile kıyaslandığı başka çalışmalara ihtiyaç vardır. Batı Karadeniz bölgesine ait verilerle yaptığımız bu çalışma gibi, farklı coğrafi bölgelerde de bu tür çalışmaların yapılması gerektiğini düşünüyoruz.

7. KAYNAKLAR

1. Maaly MA, Ismail AA. Three dimensional magnetic resonance angiography of the circle of willis : Anatomical variations in general Egyptian population. Egypt J Radiol Nucl Med. 2011;42(3–4):405–12.
2. Anatome C. The legendary contributions of Thomas Willis (1621–1675): the arterial circle and beyond. 2008;765–75.
3. Grand W. Thomas Willis. C. 45. 1999. 1234–1237 s.
4. Vrselja Z, Brkic H, Mrdenovic S, Radic R, Curic G. Function of circle of Willis. J Cereb Blood Flow Metab. 2014;34:578–84.
5. Emad A, Ossama A-M, M G, Yasargil. New laboratory model for neurosurgical training that simulates live surgery. J Neurosurg. 2002;97.
6. Iqbal S. A Comprehensive Study of the Anatomical Variations of the Circle of Willis in Adult Human Brains. 2013;2423–1427.
7. Madhavan K, Dlouhy BJ, Vogel TW, Policeni BA, Smoker WRK, Hasan DM. Anomalous origins of the calcarine and parieto-occipital arteries. J Clin Neurosci. 2010;17(10):1334–6.
8. Li Q, Li J, Lv F, Li K, Luo T, Xie P. A multidetector CT angiography study of variations in the circle of Willis in a Chinese population. 2011;18:379–83.
9. Büyükmumcu, M. Karabulut, A.K. Şeker, M. Ziylan,T. Salbacak A. İnsan Fötuslarında willis poligonuna ait varyasyonların araştırılması. Nöroşirurji Derg. 1999;9:12–8.
10. Canaz H. Wİllis poligonunu oluşturan arterlerin morfometrik analizi,uzmanlık tezi. 2012.
11. Ozan H. Premium Ozan Anatomi. Ankara; 2014. 279–291 s.
12. Cilliers K, Page BJ. Anatomy of the Middle Cerebral Artery: Cortical Branches, Branching Pattern and Anomalies. 2017;27(5):671–81.
13. Türköz A. Subaraknoid kanamalı hastalarda willis poligonu ve baziller arter varyasyonlarinin retrospektif olarak incelenmesi uzmanlık tezi. 2015;52.
14. Menshawi K, Mohr JP, Gutierrez J. A Functional Perspective on the Embryology

and Anatomy of the Cerebral Blood Supply. J stroke. 2015;144–58.

15. Saddler TW. Langman's medical embryology. Patricia Coryell, editör. Baltimore,Mayland,USA; 1995.

16. Padget D. The development of the cranial arteries in the human embryo. ci.nii.ac.jp. 1948;207–62.

17. Alaaddin E. Anatomi 2.cilt. Ankara: Güneş Tıp Kitapevi; 2014. 347–350 s.

18. Ag O, Cerebral D, Lippincott A. Book Review. 1999;1980(1):1–3.

19. Bouthi A, Van Loveren HR, Keller JT. Segments of the Internal Carotid Artery: A New Classification. Cincinati,Ohio; 1996.

20. Robert I. Grossman-David M.Yousem. Bilinmesi Gerekenler Nöroradyoloji 2. cilt. Fazıl Gela. İzmir: Güven Kitapevi; 2009. 2.cilt, ikinci baskı.

21. Taner D. Fonksiyonel Nöroanatomi. Ankara: Odtü Yayıncılık; 1998. 286–296 s.

22. Cilliers K, Page BJ. Review of the Anatomy of the Distal Anterior Cerebral Artery and Its Anomalies. 2016;26(78):653–61.

23. Kuybu O, Tadi P, Dossani RH. Posterior Cerebral Artery Stroke. StatPearls. StatPearls Publishing; 2021.

24. Gunnal SA, Farooqui MS, Wabale RN. Anatomical variations of the circulus arteriosus in cadaveric human brains. Neurol Res Int. 2014;2014.

25. Jin ZN, Dong WT, Cai XW, Zhang Z, Zhang LT, Gao F, vd. CTA Characteristics of the Circle of Willis and Intracranial Aneurysm in a Chinese Crowd with Family History of Stroke. Biomed Res Int. 2016;2016.

26. Koyama S, Kotani A, Sasaki J, Tazoe M, Tsubokawa T. Ruptured Aneurysm at the Origin of Duplication of the Middle Cerebral Artery: Case report. Neurol Med Chir (Tokyo). 1995;35(9):671–3.

27. Deng D, Cheng FB, Zhang Y, Zhou HW, Feng Y, Feng JC. Morphological analysis of the vertebral and basilar arteries in the Chinese population provides greater diagnostic accuracy of vertebrobasilar dolichoectasia and reveals gender differences. Surg Radiol Anat. Eylül 2012;34(7):645–50.

28. Cilliers K, Page BJ. Variation and Anomalies of the Posterior Cerebral Artery:

Review and Pilot Study. 2019;29(1):1–8.

29. Baptista AG. Studies on the arteries of the brain II. The anterior cerebral artery : some anatomic features and their clinical implications. C. 13, Neurology (Minneap). 1963. 825–835 s.

30. Zaninovich OA, Ramey WL, Walter CM, Dumont TM. Completion of the Circle of Willis Varies by Gender, Age, and Indication for Computed Tomography Angiography. World Neurosurg. 01 Ekim 2017;106:953–63.

31. Fawcett E, Blachford DJ V. The circle of willis; an examination of 700 specimens. :4.

32. Riggs HE, Rupp C. Variation in Form of Circle of Willis: The Relation of the Variations to Collateral Circulation: Anatomic Analysis. Arch Neurol. 1963;8(1):8–14.

33. Kapoor K, Singh B, Dewan LIJ. Variations in the configuration of the circle of Willis. Anat Sci Int. Haziran 2008;83(2):96–106.

34. Cihad H, Bükte Y,Hattapoğlu S, Ekici F,Tekbaş G, Önder H,Gümüş H,Bilici A. Display with 64-detector MDCT angiography of cerebral vascular variations. Surg Radiol Anat. 2013;729–36.

35. Klimek-Piotrowska W, Kopeć M, Kochana M, Krzyzewski RM, Tomaszewski KA, Brzegowy P, vd. Configurations of the circle of Willis: A computed tomography angiography based study on a Polish population. Folia Morphol. 2013;72(4):293–9.

36. Kahraman F. Willis poligonu varyasyonlarının intraserebral multiple anevrizmalarla olan ilişkisi uzmanlık tezi. Antalya; 2020.

37. Krabbe-Hartkamp MJ, Van Der Grond J, De Leeuw FE, De Groot JC, Algra A, Hillen B, vd. Circle of Willis: Morphologic variation on three-dimensional time-of- flight MR angiograms. Radiology. 1998;207(1):103–12.

38. Akt Y, Murat M, Emrah M, Beyhan M. intrakranial arterlerdeki konjenital varyasyonlar ve anevrizma ile ilişkisi. 2016;43(May):515–20.

39. Kayembe T KN, Sasahara M, Hazama F. Cerebral aneurysms and variations in the Circle of Willis. Stroke. 1984;15(5):846–50.

40. Hillen B. The variability of the circulus arteriosus, Order and Anarchy. 1987;74–80.

41. Krzyżewski RM, Tomaszewski KA, Kochana M, Kopeć M, Klimek-Piotrowska W, Walocha JA. Anatomical variations of the anterior communicating artery complex: gender relationship. Surg Radiol Anat. 01 Ocak 2015;37(1):81–6.

42. Luh G V, Robert C, Dean BL. The Persistent Anastomoses. 1999;(May):1427–32.

43. Dora B, Önal M Z, Arsava E M , Yılmaz Ö, Kutluk K UN. Diagnostic procedures: guidelines of turkish society of cerebrovascular diseases. Türk Beyin Dmar Hast Derg. 2015;21(2):74–9.

44. Oyar O. Magnetik Rezonans Görüntüleme (Mrg)' Nin Klinik Uygulamaları Ve Endikasyonları. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Derg. 2008;5(2):31–40.

45. Yiğit H. MRG ' de Akım Etkileri , Akıma Dayalı Görüntüleme ve MR Anjiyografi. 2020;214–29.

46. Çelebioğlu EC. T2 ağırlıklı manyetik rezonans inceleme (mri) ve manyetik rezonans anjiografi (mra) ile ölçülen arteria basilaris çaplarının karşılaştırılması, retrospektif bir çalışma, doktora tezi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Ankara; 2015.

47. Li J, Wang J, Wei X, Zhao Y, Wang F, Li Y. Examination of Structural Variations of the Circle of Willis by 3D Time-of-Flight Magnetic Resonance Angiography. 2020;14(February):1–6.

48. Uysal E. Karotid arter darlığında 3D-TOF MR ve kontrastlı MR Anjiografi ile DSA bulgularının karşılaştırılması. 2018;43–9.

49. Lazorthes G, Santini J-J, Salamon G. Le cercle arteriel du cerveau (circulus arteriosus cerebri). C. 1, Anatomia Clinica. 1979.

50. Tanrıverdi H. İntrakranial anevrizmaların saptanmasında ve değerlendirilmesinde 16 kanallı ÇKBTA ile DSA'nın karşılaştırılması, uzmanlık tezi. 2014.

51. Eaton RG, Shah VS, Iii DD, Zaninovich OA, Wenger N, Dumont TM, vd. Demographic age‐related variation in Circle of Willis completeness assessed by digital subtraction angiography. 2020;31–7.

52. Bisaria KK. Anomalies of the posterior communicating artery and their potential clinical significance. J Neurosurg. 1984;60(3):572–6.

53. Jeanmart L. Study of the cerebraş vascularization of the human fetus by transumbilical angiography. Angiology. 2015;334–49.

54. Kamath S. Observations on the length and diameter of vessels forming the circle of Willis. J Anat. 1981;419–23.

55. Milenković Z, Vučetić R, Puzić M. Asymmetry and anomalies of the circle of willis in fetal brain. Microsurgical study and functional remarks. Surg Neurol. 1985;24(5):563–70.

56. Pallie W, Samarasinghe DD. A study in the quantification of the circle of willis. Brain. 1962;85(3):569–78.

57. Pedroza ADM. Microanatomy of the Posterior Communicating Artery. Neurosurgery. 1987;228–35.

58. Saeki N, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of Willis. J Neurosurg. 1977;46(5):563–78.

59. Tulleken CAF, Luiten MLFB. The Basilar Artery Bifurcation:Microscopical Anatomy. 1987;50–5.

60. Rupp C. The Pathologic Anatomy of Ruprured Cerebral Aneurysms. Neurosurgery. 1953;128–34.

61. Karatas A, Coban G, Cinar C, Oran I, Uz A. Assessment of the circle of Willis with cranial tomography angiography. Med Sci Monit. 2015;21:2647–52.

62. Yeniçeri I, Çullu N, Deveer M, Yeniçeri EN. Circle of Willis variations and artery diameter measurements in the Turkish population. Folia Morphol. 2017;76(3):420–5.

63. Hafez KA, Afifi NM, Saudi FZ. Anatomical Variations of the Circle of Willis in Males and Females on 3D MR Angiograms. Egypt J Hosp Med. 2007;26(1):106–21.

64. Fahy P, Delassus P, McCarthy P, Sultan S, Hynes N, Morris L. An in vitro assessment of the cerebral hemodynamics through three patient specific circle of willis geometries. J Biomech Eng. 2014;136(1):1–13.

65. Voljevica A, Kulenović A, Kapur E, Vučković I. Angiography Analysis of Variations of the Posterior Segment of the Circle of Willis. C. 5, Bosnian Journal Of Basic Medical Scienses. Bosnia and Herzegovina; 2005.

66. Karatas A, Yilmaz H, Coban G, Koker M, Uz A. The Anatomy of Circulus Arteriosus Cerebri (Circle of Willis): A Study in Turkish Population. Turk Neurosurg. 2016;54(1):54–61.

67. Rukiye Ç. Diyabet ve Hipertansiyonu olan hastalarda willis poligonunu oluşturan damarların morfometrik özelliklerinin incelenmesi,doktora tezi. İnönü Üniversitesi; 2021.

68. Qiu C, Zhang Y, Xue C, Jiang S, Zhang W. MRA study on variation of the circle of Willis in healthy Chinese male adults. Biomed Res Int. 2015;2015.

69. Silva KRD De, Silva R, Amaratunga D, Gunasekera WSL, Jayesekera RW. Types of the cerebral arterial circle (circle of Willis) in a Sri Lankan Population. BMC Neurol. 2011;11(1):5.

70. Faber JE, Zhang H, Rzechorzek W, Dai KZ, Summers BT, Blazek C, vd. Genetic and Environmental Contributions to Variation in the Posterior Communicating Collaterals of the Circle of Willis. 2019;189–203.

71. Jones JD, Castanho P, Bazira P, Sanders K. Anatomical variations of the circle of Willis and their prevalence , with a focus on the posterior communicating artery : A literature review and meta-analysis. 2020;(July):1–13.