



**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
NÖROŞİRÜRJİ ANABİLİM DALI**

**VERTEBRAL ARTER V3 SEGMENTİ VE ATLAS (C1)
VARYASYONLARININ KRANİYOVERTEBRAL BÖLGE
YAKLAŞIMLARINDAKİ ÖNEMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Dr. Baylar BAYLAROV

**Beyin ve Sinir Cerrahisi
Uzmanlık Tezi Olarak Hazırlanmıştır.**

ANKARA

2024



**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
NÖROŞİRÜRJİ ANABİLİM DALI**

**VERTEBRAL ARTER V3 SEGMENTİ VE ATLAS (C1)
VARYASYONLARININ KRANİYOVERTEBRAL BÖLGE
YAKLAŞIMLARINDAKİ ÖNEMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Arş. Gör. Dr. Baylar BAYLAROV

**Beyin ve Sinir Cerrahisi
Uzmanlık Tezi**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Mustafa BERKER**

**ANKARA
2024**

TEŞEKKÜR

Böyle zorlu ve bir o kadar kutsal yolda, beyin gibi bir cevhere dokunma ehliyetini veren, çırağı olmaya çalıştığım ustalarım, başta Hacettepe Üniversitesi Nöroşirürji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Mustafa BERKER olmakla, Prof. Dr. Servet İNCİ, Prof. Dr. Burçak BİLGİNER, Prof. Dr. Kamil ÖGE, Doç. Dr. İlkey IŞIKAY, Doç. Dr. Şahin HANALİOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Dicle KARAKAYA'ya bana güvenip emanet ettikleri ve öğrettikleri herşey için derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez sürecimin başından itibaren desteğini arkamda hiss ettiğim, takıldığım zaman önümdeki engelleri kaldıran, çalışmalarım konusunda beni teşvik edip güvenen tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa BERKER'e;

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi yıllarımdan bugüne kadar benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, anatomiye olan sevgimin ilk tohumunu eken, fakütemizden ayrılıp halihazırda TOBB ETÜ Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi olan, uzmanlık tezimde sunduğu karşılıksız destekten ötürü Prof. Dr. Selçuk TUNALI'ya;

Tez sürecimin her aşamasında kıymetli katkılarını benden esirgemeyen, takip eden, yol gösteren Doç. Dr. Şahin HANALİOĞLU'na;

Radyoloji konusundan desteklerini benden esirgemeyen Girişimsel Nörovasküler Radyoloji biriminden Prof. Dr. Anıl ARAT ve Dr. Öğr. Üyesi Sinan BALCI'ya;

3B modelleme konusunda hep bilgilerini paylaşıp desteğini esirgemeyen Osman TUNÇ'a içten şükranlarımı sunarım.

Hayata göz açtığım andan bugüne kadar karşılıksız destekleri ve duaları üzerimde olan babam Prof. Dr. Elhan BAYLAROV, annem Halime BAYLAROVA'ya bir ömür duyacağım minnet yetersiz kalır.

Nöroşirürji serüvenimde hayat yollarımızı birleştirdiğimiz sevgili eşim Dr. Kemale BAYLAROVA ve gözümün nuru kızım Sara BAYLARLI'ye bana gösterdikleri tahammül ve destekleri için sonsuz teşekkür ederim. Bu zorlu yolda hep yanımızda olan bize destek veren kayınvalidem Dr. Ziyafet HAJIYEVA, ablam Bahar BAYLAROVA – ALEKBEROVA ve kız kardeşim Siddiga BAYLAROVA, kardeşimden ayırmadığım Dr. Abbas ASLAN ve Dr. Ferit ZEYNALLI'ye şükranlarımı sunarım.

Gecemiz gündüzümüz beraber geçen üstümde emeği olan uzman olmuş büyüklerime ve kendileriyle çalışmaktan mutluluk duyduğum uzmanlık eğitimi devam eden tüm kardeşlerime de teşekkür ederim.

Özet

Baylarov, B., Vertebral Arter V3 segmenti ve Atlas (C1) Varyasyonlarının Kraniyovertebral Bölge Yaklaşımlarındaki Öneminin Araştırılması, **Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2024**

Amaç: Kraniyovertebral bileşkenin (KVB) kompleks anatomisi, kemik ve vasküler yapıların birbiri ile olan ilişkisi, hem kemik, hem vasküler yapılarda azımsanmayacak sıklıkta varyasyonların görülmesi bu bölgeyi güvenli cerrahi açısından karmaşık hale getirmektedir. Ayrıca toplumlar arası varyasyon prevalanslarında farklılıkların olması her topluma özgü sıklıkların belirlenmesini ihtiyacını doğurmaktadır. Bu çalışmadaki amacımız Türk toplumunda vertebral arter V3 segmenti (VA-V3) ve atlas (C1) varyasyonlarının ayrılıkta prevalanslarının belirlenmesi, birbiri ile olan ilişkisinin analiz edilmesi, belirli rehber noktalara göre morfometrik ölçümlerin yapılması, sonuçların literatür ile karşılaştırılması, uygun önerilerin sunulması ve literatüre katkı sağlanmasıdır.

Yöntem: 01.10.2018 – 01.10.2023 tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji bölümüne başvuran, KVB cerrahisi geçirmemiş, 18-65 yaş aralığında olan yüz kadın ve yüz erkekten oluşan kohortun bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) tetkikleri incelendi. Belirlenmiş atlas ve VA-V3 segmenti varyasyonları açısından tarandı, morfometrik ilişkileri değerlendirildi. Ayrıca on kadavrada yapılan diseksiyonda atlas ve V3 segment varyasyon incelemesi yapıldı. Tespit edilen varyasyonlar, pozitif radyolojik sonuçların gerçek anatomi ile desteklenmesi için kullanıldı.

Bulgular: Posterior atlantal arkus defekti (PAAD) prevalansı 200 bireyde %3 olarak (n=5 Tip A, n=1 Tip B) tespit edildi. Herhangi bir V3 segment varyasyonu ile arasında anlamlı ilişki bulunmadı (p=0.57). Sadece bir kadavrada Tip A PAAD tespit edildi. Pontikulus postikus (PP) – pontikulus lateralis (PL) prevalansı dört yüz taraf üzerinden %16.7 (n=67/400) olarak bulundu. V3 segment varyasyonu bulunması PP-PL prevalansını arttırdığı bulundu (p=0.01). V3 segmentine ait üç varyasyon, persistan 1. intersegmental arter (PIFA), vertebral arter fenestrasyonu (VAF), ekstradural orijinli posterior inferior serebellar arter (ed-PICA) dikkate alındığında prevalans %3.3 (n=13/400), yedi varyasyon (ek olarak vertebral arter atrezisi (V3'ün PICA olarak devam etmesi (V3-PICA)),

dominant vertebral arter (VAD), hipoplastik vertebral arter (VAH), Salmon'un suboksipital arteri (SAS)) üzerinden değerlendirildiğinde %14.8 (n=59/400) olarak tespit edildi. En sık VAD (%9), en seyrek PIFA (%0.3) olduğu görüldü. 1 kadavrada PIFA varyasyonu tespit edildi ve literatürde anatomik PIFA diseksiyonu tespit edilemediğinden önemli bir katkı sağlandı. VAF prevalansı (%1) olarak görülürken, kadavrada tespit edilmedi. Ed-PICA sıklığı %2 olarak (n=8/400) tespit edildi. 1 kadavrada ed-PICA tespit edildi. Atlas kemik varyasyonlarının aksine vasküler varyasyonların prevalansı Batı'dan Doğu'ya doğru arttığı fark edildi. VA atrezi (V3-PICA) prevalansı %0.5 (n=2/400) olarak tespit edildi. VAD sıklığı %9.5 (n=36/400), VAH ise %3.5 (n=14/400) olarak görüldü, sol dominantlığı görülse de bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p=0.08). SAS prevalansı %7.3 (n=29/400) olarak, kadavrada tarafların %25'inde tespit edildi. Parametre A ($\bar{x}=12.86 \pm 1.62$ mm); Parametre B ($\bar{x}=20.17 \pm 2.34$ mm) olarak bulundu. Arkusun süperior yüzeyinde bilateral 12 mm, posterior yüzeyinde 18 mm mesafenin güvenli alan olacağı çıkarımı yapıldı. Parametre C ($\bar{x}=32.56 \pm 2.66$ mm), parametre D ($\bar{x}=6.65 \pm 2.16$ mm) olarak, VAH'lerde bu değerlerin düşük, VAD'lerde daha yüksek olduğu anlamlı bulundu (p<0.001). Parametre F ($\bar{x}=4.34 \pm 2.26$ mm) olarak bulunmuş, PP-PL olduğunda bu mesafenin anlamlı olarak arttığı, yani VA'yı koruyabileceği sonucuna varıldı.

Sonuç: Elde edilen sonuçlarla Türk toplumuna özgü atlas ve VA-V3 varyasyon prevalans analizi, bu iki yapının karşılıklı morfometrik ölçümleri yapılmış, KVB cerrahisindeki önemi incelenmiştir. Kadavra diseksiyonu ile elde edilen anatomik varyasyonlar sanal 3-B radyolojik sonuçların gerçekte olan bağlantısı pekiştirmiş, nadir görülen PIFA diseksiyon örneği literatüre kazandırılmıştır. Preoperatif BTA tetkikinin azımsanmayacak kadar görülen varyasyonların tespitinde faydalı ve güvenli cerrahi açısından önemli bir yöntem olduğu görülmüştür. Günümüz dünyasının önemli bir parçası haline gelen yapay zeka ve makine öğrenmesi, bu modalitelerin gelecekteki sağlık hizmeti sunumunda da rol üsteleneceğine şüphe bırakmamaktadır. Yaptığımız çalışmayla elde ettiğimiz verilerin, gelecekte insanlarda güvenli girişimlerin uygulanabilmesi için önemli bir veri tabanı katkısı sağlayacağına inanıyoruz.

Anahtar kelimeler: vertebral arter V3 segmenti, atlas, varyasyon, kraniovertebral bileşke, anatomi, bilgisayarlı tomografi anjiyografi

ABSTRACT

Baylarov, B, Investigation the Importance of Vertebral Artery V3 Segment and Atlas (C1) Variations in Craniovertebral Junction Approaches, **Hacettepe University Faculty of Medicine, Department of Neurosurgery, Ankara, 2024**

Objective: The complex anatomy of the craniovertebral junction (CVJ), the relationship between bone and vascular structures, and the frequent occurrence of variations in both make this region complex in terms of safe surgery. In addition, the existence of differences in the prevalence of variation between populations necessitates the determination of frequencies specific to each population. Our aim in this study is to determine the prevalence of vertebral artery V3 segment and atlas (C1) variations in Turkish population, analyze their relationship with each other, make morphometric measurements according to certain landmarks, compare the results with the literature, offer appropriate suggestions and contribute to the literature.

Methods: From October 1, 2018, to October 1, 2023, computed tomography angiography (CTA) scans of a cohort comprising two hundred individuals (one hundred women and one hundred men, aged 18-65, who had not undergone CVJ surgery) from the Department of Neurosurgery at Hacettepe University Faculty of Medicine were analyzed through 3-D reconstruction and modeling. The identified atlas and VA-V3 segment were scanned for variations, and their morphometric relationships were evaluated. In addition, atlas and V3 segment variation examination was performed in the dissection of ten cadavers. The detected variations were used to support positive radiological results with real anatomy.

Results: The prevalence of posterior arch defect of atlas (PAAD) was 3% (n = 5 Type A, n = 1 Type B) in 200 individuals. There was no significant relationship between it and any V3 segment variation (p=0.57). Type A PAAD was in only one cadaver. The prevalence of ponticulus posticus (PP) – ponticulus lateralis (PL) was 16.7% (n=67/400) out of four hundred. The presence of V3 segment variation was found to increase the prevalence of PP-PL (p = 0.01). Considering three variations of the V3 segment (persistent first intersegmental artery (PIFA), fenestration of vertebral artery (VAF), extradural origin of posterior inferior cerebellar artery (ed-PICA)), the prevalence is 3.3% (n=13/400), and

considering seven variations (additional vertebral artery atresia (continuation of V3 as PICA (V3-PICA)), dominance of vertebral artery (VAD), hypoplastic vertebral artery (VAH), suboccipital artery of Salmon (SAS)), it is 14.8% (n=59/400) was determined. The most common was VAD (9%) and the least was PIFA (0.3%). PIFA variation was detected in 1 cadaver, and an important contribution was made since anatomical PIFA dissection could not be detected in the literature. While the prevalence of VAF was observed to be (1%), it was not detected in cadavers. The frequency of ed-PICA was found to be 2% (n=8/400). ed-PICA was detected in 1 cadaver. It was noticed that, unlike atlas bone variations, the prevalence of vascular variations increased from West to East. The prevalence of VA atresia (V3-PICA) was found to be 0.5% (n=2/400). The frequency of VAD was 9.5% (n=36/400), and VAH was 3.5% (n=14/400). Although left dominance was observed, this difference was not statistically significant (p=0.08). The prevalence of SAS was 7.3% (n=29/400), and it was detected in 25% of cadaveric sides. Parameter A ($\bar{x}=12.86 \pm 1.62$ mm); Parameter B was found as ($\bar{x}=20.17 \pm 2.34$ mm). It was concluded that a bilateral distance of 12 mm on the superior surface of the arch and 18 mm on the posterior surface would be a safe area. As parameter C ($\bar{x}=32.56 \pm 2.66$ mm) and parameter D ($\bar{x}=6.65 \pm 2.16$ mm), these values were found to be lower in VAHs and higher in VADs (p<0.001). The parameter was found to be F ($\bar{x}=4.34 \pm 2.26$ mm), and it was concluded that this distance increased significantly when PP-PL, that is, it could protect VA.

Conclusion: With the results obtained, atlas and VA V3 variation prevalence analysis specific to the Turkish population, mutual morphometric measurements of these two structures were made, and their importance in CVJ surgery was examined. Anatomical variations obtained with cadaver dissection have strengthened the connection between virtual 3-D radiological results and reality, and a rare example of PIFA dissection has been introduced to the literature. Preoperative CTA examination has been found to be useful in detecting significant variations and is an important method for safe surgery. Artificial intelligence and machine learning, which have become an important part of today's world, leave no doubt that these modalities will also play a role in future healthcare delivery. The

data we obtained from our study will provide an important database for the implementation of safe interventions in humans in the future.

Key words: vertebral artery V3 segment, atlas, variation, craniovertebral junction, anatomy, computed tomography angiography

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLO DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	28
4. BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA.....	72
6. SONUÇ.....	99
7. KAYNAKLAR.....	102

KISALTMALAR ve SİMGELER

\bar{x} : aritmetik ortalama

χ^2 : Ki kare

3-B: üç boyutlu

AA: anterior arkus

ALL: anterior longitudinal ligament

ASA: anterior spinal arter

AT: anterior tüberkül

BA: baziler arter

BT: bilgisayarlı tomografi

BTA: bilgisayarlı tomografi anjiyografi

E: erkek

ed-PICA: ekstradural PICA

ELITE: ekstrim lateral inferior transkondilar yaklaşım

ICA: internal karotid arter

IFA: inferior faset eklem

ISA: intersegmental arter

K: kadın

KVB: kraniovertebral bileşke

LM: lateral mass

MP: mastoid proçes

NA: nöral arkus

Ort.: ortalama

OK: oksipital kemik

OP: odontoid proçes

PAA: posterior atlantal arkus

PAAD: posterior atlas arkus defekti

Pcom: Posterior komünikan arter

PICA: posterior inferior serebellar arter

PLL: posterior longitudinal ligament
POAM: posterior oksipitoatlantal membran
PP: pontikulus postikus
PL: pontikulus lateralis
PT: posterior tüberkül
ProA: proatlantal arter
RS: retrosigmoid
s: standart sapma
SAS: Salmon'un suboksipital arteri
SAV: sulkus arteria vertebralis
SFE: süperior faset eklem
SCS: suboksipital kavernöz sinüs
Sd: serbestlik derecesi
TF: transvers foramen
V3-PICA: V3'ün PICA olarak devam etmesi
V3v: V3 segmenti vertikal kısım
VA: vertebral arter
VAD: dominant vertebral arter
VAF: vertebral arter fenestrasyonu
VAH: vertebral arter hipoplazisi
VAVP: vertebral arter venöz pleksusu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil		Sayfa
1	Atlas (C1) yüzeysel kemik anatomisi	4
2	Vertebral arter segmentasyonu	10
3	Kraniyoservikal bölgenin embriyolojik gelişimi	14
4	VA'nın embriyolojik gelişimi	16
5	VA embriyonel gelişimi 5. Hafta	16
6	Karotiko-vertebrobaziler anastomozlar	19
7	VAF şematik çizimi	21
8	Ekstradural PICA ve VAF şematik çizimi	21
9	PİFA şematik çizimi	23
10	Kuru atlas kemiğinde PP'nin gösterimi	25
11	PAAD sınıflaması	26
12	Ölçülen parametrelerin 3-B BTA üzerinde gösterimi	32
13	Kadavrada atlas – VA V3 segment varyasyon frekans dağılımı	35
14	Atlas PAAD varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri	37
15	Atlas kemik varyasyon alt grup frekans dağılımı	38
16	PP ve PL varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri	41
17	400 tarafta VA-V3 segment varyasyon dağılımı	42
18	PİFA, PAAD ve PP varyasyonlarının 3B BTA, 3B modelleme ve kadavra görüntüleri	44
19	VAF varyasyonunun 3-B BTA görüntüleri	47
20	Ekstradural PICA varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri	50
21	PICA'nın V3 olarak devam ettiği varyasyonun 3-B BTA görüntüleri	52
22	SAS varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri	54
23	Parametre A, B, C, D, E, F, G'nin ölçüm dağılımı kutu grafiği	59
24	Parametre F'nin sıfır olduğu örnek olgu 3-B BTA görüntüleri	66
25	Parametre F'ye göre “tehlikeli-orta-güvenli” kategorik frekans dağılımı	67

26	Parametre G'ye göre "tehlikeli-orta-güvenli" kategorik frekans dağılımı	70
----	---	----

TABLolar DİZİNİ

Tablo		Sayfa
1	Kadın ve erkeklerin yaş ortalaması karşılaştırılması	34
2	Kadavra kadın ve erkeklerin yaş ortalaması karşılaştırılması	34
3	PP - PL'nin diğer parametrelerle karşılaştırılması	39
4	VAF'nin diğer parametrelerle karşılaştırılması	46
5	Ekstradural PICA (ed-PICA) varyasyonunun diğer parametrelerle karşılaştırılması	49
6	SAS varyasyonunun diğer parametrelerle karşılaştırılması	53
7	VA dominantlığının diğer parametrelerle karşılaştırılması	56
8	Herhangi V3 segment varyasyonunun atlas varyasyonları ile karşılaştırılması	58
9	V3 segmenti morfolometrik ölçümlerin tanımlayıcı analizi	59
10	Parametre A'nın cinsiyet, taraf ve ed-PICA varyasyonuna göre incelenmesi	60
11	Parametre B'nin cinsiyet, taraf, SAS ve ed-PICA varyasyonuna göre karşılaştırılması	61
12	Parametre B'nin atlas PP-PL varyasyonuna göre karşılaştırılması	62
13	Parametre C'nin cinsiyet, taraf , VA fenestrasyonu, V3-PICA varyasyonuna göre karşılaştırılması	63
14	Parametre C'nin VA dominantlığına göre karşılaştırılması	63
15	Parametre D'nin cinsiyet, taraf , 60 yaş üstü ve altına göre karşılaştırılması	64
16	Parametre D'nin VA dominantlığına göre karşılaştırılması	65
17	Parametre F'nin cinsiyet, taraf , 60 yaş üstü ve altına göre karşılaştırılması	68
18	Parametre F'nin VA dominantlığı ve PP-PL varyasyonuna göre karşılaştırılması	69
19	Parametre G'nin cinsiyet, taraf , 60 yaş üstü ve altına göre karşılaştırılması	70

20	VA V3 segment (suboksipital) varyasyon prevalansı ile ilgili çalışmalar ve sonuçlar
-----------	---

84

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kraniyovertebral bileşke (KVB), embriyolojisi, anatomisi ve fonksiyonu ile insan vücudunda benzersiz yapılardan biridir. Oksipital kemik, atlas (C1) ve aksis (C2) vertebralarından oluşan bu bileşke, medulla oblongatayı, servikomedüller bileşkeyi ve üst servikal spinal kord gibi santral sinir sisteminin kraniyo-kaudal geçiş bölgesini çevrelemektedir. Bu bölge sinir dokusundan kaynaklanan neoplazmlar, anevrizma, dural arterio-venöz fistül, beyin sapı kavernomu gibi vasküler patolojiler, konjenital veya edinsel kemik ve eklem patolojilerine cerrahi müdahale yapılan kompleks bir bölgedir. (1), (2), (3)

Santral sinir sistemini besleyen 4 büyük arteriyal yapıdan ikisi, vertebral arter (VA) çifti, KBV'den geçerek kraniyuma dahil olur. Bu geçiş gölgesinde VA'nın V3 segmenti bulunur. 1800'lerde Sanson tarafından vertebral arter "cerrahinin erişemeyeceği bir alan" olarak tarif edilse de artık bu kavram geçersizdir. Günümüzdeki bilgi, beceri ve teknoloji VA'nın bütün segmentlerini nöroşirürji için erişilen, işlem yapılabilen bir alan kılmıştır. (4),(5)

Cerrahinin temelini anatomi oluşturmaktadır. Atlasın kendine özgü mimarisinin, VA'nın en kıvrımlı segmenti olan V3 ile oluşturduğu kompleks anatomi üzerinde güvenli cerrahi uygulanabilmesi bu yapıların anatomisine ve fonksiyonuna olan hakimiyetten geçer. Atlas ve VA V3 segmentinin azımsanmayacak kadar varyasyon ve anomali göstermesi durumu daha da kompleks hale getirmektedir. Ayrıca literatürde yapılan varyasyon çalışmaları incelendiğinde toplumlar arası prevalans farkı olduğu da görülmüştür. (6-10)

Varyasyon sebebiyle kemik yapıdaki değişiklik ve damarın bilinin dışında bir seyir izlemesi iatrojenik VA hasarına, yani ciddi nörolojik sekel ve hatta ölüme, eğilim oluşturmaktadır. Literatüre göre KVB bölge cerrahisinde VA iatrojenik hasar oranı %0 – 1.2, çok merkezli başka çalışmada %0.08 olarak bildirilmiştir. (11, 12) Özellikle uygulanma sıklığı artan C1-C2 (atlanto-aksiyal) stabilizasyon ve füzyon cerrahileri bunlar içerisinde en sık olanıdır. (6, 11, 13-15) VA yaralanmasının en iyi tedavisi ise onu önlemektir.

Üç boyutlu (3-B) bilgisayarlı tomografi anjiyografi (3-B BTA) hem arteriyal, hem de kemik yapıyı beraber gösterdiğinden, birbiri ile olan ilişkisini inceleme fırsatı sunduğundan ameliyat öncesi değerlendirmede sıklıkla tercih edilen, günümüzde erişimi kolaylaşmış bir yöntemdir. (16)

Bu bilgilerden yola çıkarak topluma özgü varyasyon sıklığının bilinmesi, ameliyat öncesi uygun radyolojik tetkik ile incelenmesi ve varyasyona göre cerrahinin tekrardan gözden geçirilmesi zorunludur.

Literatür incelendiğinde atlas ve V3 segmentinin varyasyon ve anomalilerinin, morfometrik özelliklerinin birlikte değerlendirildiği Türk toplumuna ait sınırlı sayıda veri bulunmaktadır.

Bu çalışmadaki amacımız Türk toplumunda vertebral arter V3 segmenti ve atlas (C1) varyasyonlarının ayrı ayrı prevalanslarının belirlenmesi, birbiri ile olan ilişkisinin analiz edilmesi, belirli rehber noktalara göre morfometrik ölçümlerin yapılması, sonuçların literatür ile karşılaştırılması, uygun önerilerin sunulması ve literatüre katkı sağlanmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kraniyovertebral bileşke tanımı

Kraniyovertebral bileşke (KVB), anatomisi, işlevi ve gelişimi itibarıyla iskelet sisteminin benzersiz bir yapısıdır. Foramen magnumu çevreleyen oksipital kemik, atlas (C1) ve aksis (C2) vertebralarından oluşan bu bileşke, medulla oblongatayı, servikomedüller bileşkeyi ve üst servikal spinal kordu çevreler. Bu bölge patolojilerinde nöral ve vasküler kompresyon, buna bağlı hasar, bozulmuş BOS (beyin-omurilik sıvısı) dinamiği ortaya çıkar. Bu sebeple KVB'nin kemik ve vasküler yapısının embriyolojisini, gelişim basamaklarına göre gösterdiği değişiklikleri incelemekten normal anatomik yapıların gösterdikleri malformasyon ve varyasyonları kavramak zor olacaktır. (1), (2), (3)

2.2. Kraniyovertebral Bileşke Anatomisi

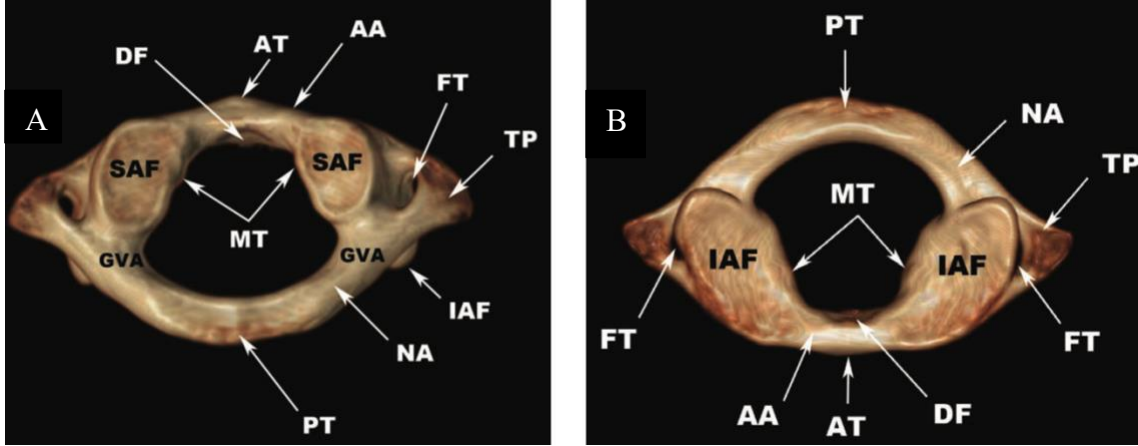
Oksipital kemik ve foramen magnum

Oksipital kemik ve foramen magnum KVB'nin üst kısmını oluşturur. Foramen magnumun lateral sınırını oluşturan kondiller oksipital kemikten kaynaklanır. Oksipital kondiller farklı şekilde olabilir, ancak en yaygın şekli, sagittal planda bakıldığında, oval veya yuvarlaktır. (17)

Atlas – C1

Atlas, korpusu ve spinöz proçesi olmayan bir kemik halkadır. Koronal düzlemde her iki tarafında lateral massler – yan kitleler mevcuttur. Lateral masslerin süperior ve inferior eklem yüzeyleri mevcuttur. Süperior eklem yüzeyi oksipital kondil ile atlanto-oksipital ve inferior eklem yüzeyi aksis ile atlanto-aksiyel eklemleri oluşturur. Lateral massler ve transvers foramenler diğer servikal vertebralar ile kıyaslandığında daha lateralde yerleşmiştir. Anteriyorda orta hatta, anterior longitudinal ligamentin (ALL) tutunduğu anterior tüberkül bulunur. Anterior arkusun dorsal yüzünde odontoid proçesin ön yüzü ile eklem oluşturan bir oluk mevcuttur. Lateral masslerin medial yüzünde bulunan medial tüberküller transvers ligamentler için tutunma yeri oluşturur. Posterior arkusun

superior yüzeyinde, her iki lateral masslerin hemen posteriorunda vertebral arterlerin seyrettiği sulkus arteria vertebralis yerleşiyor (Şekil 1.). (17)



Şekil 1. Atlas (C1) yüzeyel kemik anatomisi (17)

(A) superior oblik bakış, (B) inferior bakış

AA - anterior arkus, AT - anterior tüberkül, DF – OF - odontoid faset, TF - transvers foramen, GVA - SAV - sulkus arteria vertebralis, IAF – IFE - inferior faset eklem, LM - lateral mass, MT - medial tüberkül (transvers ligamanın tutunma yeri), NA - nöral arkus, PT - posterior tüberkül, SAF – SFE - superior faset eklem, TP—transvers proçes

Aksis – C2

C2 vertebra korpusundan kaynaklanan odontoid proçes aksise benzersiz bir konfigürasyon kazandırıyor. Lateral massleriyle C1 ve C3'le faset eklem oluşturuyor. Odontoid proçesin dorsolateralinde alar ligamanların tutunduğu çukur, posteriorunda transvers ligamanın geçtiği bir oluk vardır. Anteriorunda atlasın anterior arkusu ile eklem yapan bir yüzeyi mevcuttur. Spinöz proçesi genellikle bifiddir, ligamentum nuchae ile birlikte semispinalis servikalis, spinalis servikus, inferior oblik, rectus capitis posterior major, interspinalis ve multifidus kasları için tutunma noktası olarak da görev yapmaktadır. (17)

Eklemler

Atlantookspital eklemler (C0-C1) oksipital kondillerin dışbükey yüzeyleri ve atlasın lateral masslerinin içbükey üst yüzeyi arasında oluşmaktadır. Bu eklemler, koronal düzlemde süperolateralden inferomediale doğru yönlenmiştir. Sinovyal doku ile kaplıdır ve gevşek kapsüler bağlarla çevrilidir. C0–C1 eklemının temel hareketi kafanın fleksiyon ve ekstansiyondur. C0–C1 eklemlerinin konfigürasyonu aksiyel rotasyonu ve lateral bükülmeyi sınırlar. (17)

Atlantoaksiyal eklem (C1-C2), bir median, iki lateral atlantoaksiyal eklemden oluşur. C1 anterior arkusu dorsal yüzeyi ile odontoid proçesin oluşturduğu sinovyal pivot eklem; odontoidin posterior yüzeyi ile transvers ligamentin anterior yüzeyi arasında sinovyal eklem; kapsüler bağlarla çevrili, C1 ve C2'nin lateral massleri arasında sinovyal doku ile kaplı iki eklem mevcuttur. C1–C2 eklemının mekanik özellikleri çoğunlukla ligamentlere bağlı belirlenir. C1-C2'de temel hareket aksiyel rotasyon olup, bu eklemdede daha az derecede fleksiyon, ekstansiyon ve lateral bükülme de mümkündür. (17)

Ligamentler

ALL, C1 ve C2'nin anterior tüberküllerine tutunup, klivusa doğru anterior oksipitoatlantal membran olarak uzanır. Apikal ligament, odontoidin tepe noktasından klivusa uzanır. Krusiat ligament (cruciform ligament), transvers, asendan ve desendan bantlardan oluşan üç bileşene sahiptir. Transvers bant veya transvers ligament, C1'in lateral masslerindeki medial tüberküllere tutunur, odontoidin posteriorundan, median atlantoaksiyal eklem kapsülünün arkasından geçer, böylece atlantoaksiyal eklemi temel olarak stabilize eder. Bu bağ, vücudun en önemli ligamentlerinden biridir. Asendan ve desendan bantları sırasıyla dorsal klivusa ve C2'nin korpusunun posterioruna bağlanır. Krusiat ligamanının hemen arkasında tektorial membran bulunur; bu, posterior longitudinal ligamentin (PLL) kranial uzanımı olup, C2 vertebra korpusundan klivusun dorsal yüzeyine uzanmaktadır. (17)

Alar ligament, odontoidin süperolateral kenarlarından başlayarak oksipital kondillerin medial kenarlarına ve orada küçük tüberküllere bağlanan güçlü bağlardır. Aynı taraftaki alar ligament karşı yöndeki aksiyel rotasyonu sınırlar. (17)

Posterior oksipitoatlantal membran (POAM), foramen magnumun posterior kenarından ve C1 nöral arkusun (psoterior arkus) üst kenarına bağlanan geniş bir bağ dokusu tabakasıdır. POAM lateralde atlanto-oksipital eklem kapsülleri ile birleşir. POAM'ın lateralinde verterbal arter V3 segmentinin intradural kompartmana geçtiği delik mevcuttur. Posterior atlantoaksiyal membran da C1 nöral arkusun alt kenarına ve C2 nöral arkusun üst kenarına bağlanan bir bağ dokusu tabakasıdır. (17)

Beslenme ve boşaltımı

KVB'nin beslenmesi vertebral arterler, eksternal karotid arter (ECA) ve internal karotid arterlerin (ICA) dallarıyla sağlanır.

Vertebral arterden servikal ve kranial besleyici dallar çıkar. Servikal besleyiciler içerisinde kas, osteoartiküler, meningeal ve spinal dallar bulunur. V2 segmentinden çıkan dallar semispinalis capitis, semispinalis cervicis, rectus capitis ve obliquus capitis kaslarını besler. Suboksipital kaslar ayrıca oksipital arterlerin derin dalları tarafından da beslenir. V3 segmenti genellikle radiküler, medüller veya radikülomedüller dal ayrılmaz. Salmon arteri, durayı delmeden önce vertebral arterden ayrılan, asendan servikal ve oksipital arter dallarıyla anastomoz yapan V3'ün musküler dalıdır. Posterior meningeal arter, posterior fossanın durasını besler ve tipik olarak V3'ten çıkar. C0–C1 eklemlerine giden küçük çaplı bir dal genellikle V3'ten kaynaklanır. (17)

KVB'nin durası, VA'nın anterior ve posterior meningeal dalları, asendan farengial ve oksipital, ICA'nın meningohipofizyal trunkusunun dorsal meningeal dalları tarafından beslenir. (17)

Suboksipital kavernoöz sinüs (SCS), KVB'nin venöz drenajını sağlar. SCS, VA'nın V3h segmentini çevreleyen bir venöz ağdır ve vertebral arter venöz pleksusu (VAVP), marginal sinüs, suboksipital venöz pleksus, anterior, lateral ve posterior kondilar venler dahil olmak üzere birçok bağlantı içerir. (17)

Vertebral arter venöz pleksusu (VAVP) V3v segmentini çevreler. Marginal sinüs, C0–C1 seviyesindeki duranın yaprakları arasında bulunur, oksipital sinüsü ve baziler venöz pleksusu vertebral venöz pleksusla bağlar. SCS, subokspital üçgende yer alır ve bir anastomotik ven aracılığıyla VAVP ile bağlantı sağlar ve bu ven, VA, subokspital sinir ve posterior spinal arterlerle birlikte POAM'dan geçer. Vertebral venöz pleksuslar, epidural ve paravertebral venlerin yoğun bir şekilde bağlantılı olduğu, birbirine intervertebral venler, orta çizgi boyunca ve bitişik segmentlerin vertebral venöz pleksusları ile bağlanan bir venöz ağıdır.

Nöral yapılar

Medulla oblongatadan servikal omuriliğe geçiş olan servikomedüller bileşke, anatomik olarak kortikospinal traktların çaprazlaştığı nokta olarak tanımlanır. Servikomedüller bileşte tipik olarak, oliva cisimlerin alt kenarından 3.4 mm (\pm 0.9 mm) kaudal ve obeksten 6.4 mm (\pm 1.3 mm) kaudalde konumlanmıştır. (17)

Sekiz servikal omurilik segmenti bulunmaktadır ve bunlar yedi servikal omurga segmenti ile karşılaştırılır. C1 spinal siniri atlasın hemen kranialine konumlanmış C1 omurilik segmentinden çıkar. C1 omurilik sinirlerinin anatomisi oldukça değişkendir. Dorsal kök yaklaşık %50 oranında görülmezken, dorsal kök ganglionun görülme sıklığı da değişiklik gösterir. Olguların yaklaşık %50'sinde dorsal kök spinal aksesuar sinir ile birleşir. C1 spinal siniri, atlasın nöral arkusundaki vertebral arter sulkusunda V3h ile birlikte seyir eder. C1 spinal siniri daha sonra ventral ve dorsal ramuslara ayrılır. C1 ventral ramusu, atlantookspital eklemin lateral kenarları etrafında ve C1 transvers foramenin medialinde sonlanır. C1 dorsal ramusu, aynı zamanda, subokspital sinir, subokspital üçgenin kaslarını innerve eder. (17)

C2 spinal siniri C1-C2 seviyesinden çıkar. C2 dorsal kök gangliyonu C1-C2 faset eklem kapsülünün lateralinde, C1 nöral arkusun inferiorunda, C2 laminasının superiorunda ve posterior atlantoaksiyal membranın lateralinde yerleşir. Dorsal ramusun en büyük dalı olan n. occipitalis magnus (grater occipital nerve), oksipital skalpi innerve eder. (17)

N. accerosius'un spinal kökleri C1-C5'ten başlayan ve kordun posterolateral sulkusundan çıkan birden fazla radiklerden oluşur. Bunlar, anteriorda denticulate ligamnet ve posteriorda dorsal köklerin arasında yükselerek foramen magnumdan kraniuma girer, sonrasında kraniumu terk etmek için foramen jugulareye yönelir. (17)

C1-C3 sinuvertebral sinirler, ventral ramus, dorsal kök gangliyonları, vertebral arter sempatik pleksusu ve gri rami communicans'tan değişken şekillerde ayrılarak, intervertebral foramenlerden tekrar girerek kranioservikal bileşkenin dura materi, ligament ve membranları, eklemeleri innerve eder. C1 sinuvertebral siniri, C0-C1 eklem kapsülünü, C1'in posterior arkusu ve dura materini innerve eder. C2 sinuvertebral siniri C1-C2 faset eklemi, C2 pediküllerini, C1 nöral arkusu, tektorial membranı, transvers ve alar ligamenti, hipoglossal forameni ve dura materi innerve eder. C3 sinuvertebral sinirleri, C1-C2 atlantodental eklemi, C2 vertebra korpus ve pediküllerini, tektorial membranı, alar ligment, crusiat ligmanet asendan bandını, vertebral venöz pleksusu, posterior kranial fossayı ve dura materi innerve eder. Sinuvertebral sinirler genellikle geleneksel görüntüleme incelemelerinde görünmezler. (17)

Vertebral arter ve V3 segment anatomisi

Vertebral arter (VA), subklavian arterden ayrılan ilk ve en büyük dal olup, servikal vertebraların transvers foramenlerinden geçerek (C6-C1), KVB'ye ulaşan, POAM ve dura materi delerek kraniuma giren, vertebro-baziler bileşkeye erişerek posterior sirkülasyonu oluşturan, çift taraflı bulunan ana vasküler yapıdır. (18)

VA segmentleri

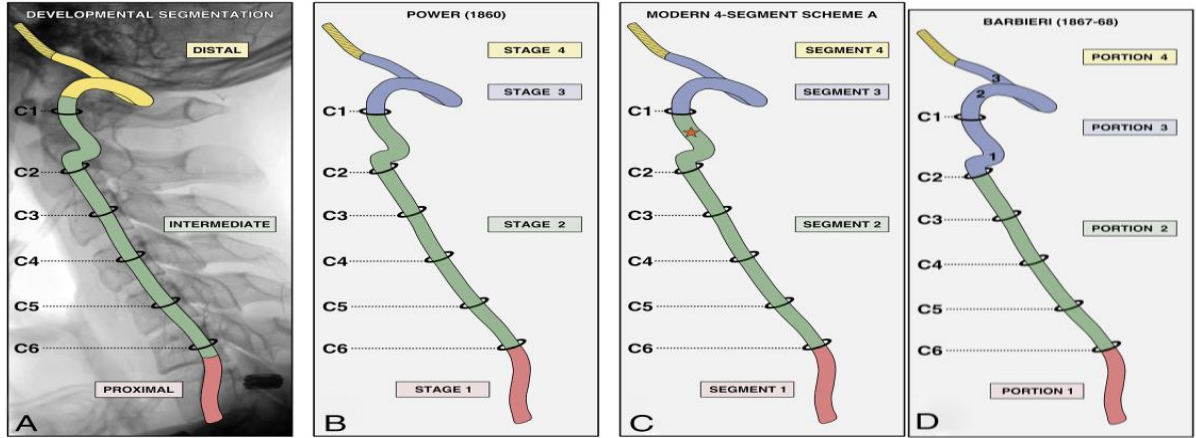
Vertebral arter anatomik segmentasyonu ile ilgili çeşitli sınıflamalar vardır. Bu konudaki ilk yayın 19. yüzyılın ikinci yarısında yapılmış, günümüze kadar farklı sınıflamalar geliştirilmiştir. Bunlardan birisi VA segmentlerinin embriyolojik gelişim kökenine göre yapılmış olan 3'lü, proksimal, intermediate (ara) ve distal segmentasyondur. Proksimal kısım, genellikle 6. servikal intersegmental arter (ISA) olan persistan primitif ISA'ya karşılık gelirken, intermediate - ilk beş servikal ISA arasında kurulan longitudinal anastomotik bağlantılarla oluşurken, distal - proatlantal arterden türemiş olup, vertebro-baziler bileşkeye kadar terminal VA'yı oluşturur (Şekil 2.A.). (19)

En eski yayımlanmış sınıflama 1860'da John Hatch Power'in "Anatomy of the Arteries of the Human Body" ("İnsan Vücudunun Arterlerinin Anatomisi") eserinde önerdiği VA'nın "dört aşama"ya ayrılmasını olduğu bilinmektedir. Böylece ekstraforaminal kısım – 1.aşama; intraforaminal C6-C1 kısım – 2. aşama; C1-dura mater girişi – 3. aşama ve intrakranial kısım 4. aşama olarak tanımlanmış (Şekil 2.B.). (19)

Barbieri, Power'den yedi yıl sonra "Monografia della Arteria Vertebrale" ("Vertebral Arterin Monografisi") (1867-1868) adlı eserinde alternatif bir segmentasyon göstermiş, Power'den farklı olarak V2 ve V3 arasındaki geçişi C1 yerine C2'de belirlemiş, ayrıca V3'te "3 dikkat çekici eğri" tanımlamış (Şekil 2.C.). (19)

Krayenbühl ve Yasargil, vertebrobazilar dolaşım üzerine 1957'de yayımladıkları monografide, Power ve Barbieri'nin segmentasyonundan farklı olan bir 4-segment sınıflaması önermiş, böylece C1 ile C2 arasını ayrı bir segment (3.segment) olarak ayırmış, 4. segmenti C1'den vertebrobaziler bileşkeye kadar devam ettirmiş, bu segmenti ekstradural ve intradural iki ayrı kısma daha ayırmış (Şekil 2.D.). (19)

Ulm ve arkadaşlarının (20) tercih ettiği, Barbieri'nin tanımlaması üzerine inşa edilen V2-V3 geçişi C2 transvers forameni kabul edilerek, V3 segmenti 3 alt kısma (vertikal, horizontal ve oblik) ayrılması çoğu anatomist ve klinisyene daha yakın bir segmentasyon olup, bizim çalışmamızda da bu tanımlama kullanılmıştır. (19), (20)



Şekil 2. Vertebral arter segmentasyonu (19)

(A) 3 embriyolojik bağımsız kısmı (proksimal, orta ve distal) gösteren, gelişimsel segmentasyon; VA anjiyogramın lateral görüntüsü (B) Power'in 4 segment şeması (1860) (C) Modern 4 segment şeması (D) Barbieri tarafından yapılan 4 segment şeması (1867–1868)

V1 – birinci segment, aynı zamanda ostial segment olarak da isimlendirilir, subklaviyen arterden başlayıp ilk girdiği transvers foramene (TF) kadar olan kısmı tanımlar. VA genellikle C6 transvers forameninden girerken, bazen C4, C5 veya C7 TF'sinden de girebilmektedir. (18)

V2 – ikinci segment, C6 – C2 vertebraları TF'sinde yükselen, servikal sinir köklerinin önünde seyir eden segmenttir. Bu seyir sırasında inferior sempatik ganglionlardan gelen sinir pleksusu artere eşlik etmekte, venöz pleksus ve intertransvers kaslar ile çevrelenmektedir. C3-C6 arasındaki bu segmentin, bazı referans noktalara göre konumu belirlenebilmekte, vertebra korpusu orta çizgisinden yaklaşık 13 mm lateralde, uncinat proçesin yaklaşık 2 mm lateralinde bulunabilmektedir. (18)

V3 – üçüncü segment, C2 TF'den çıkışından POAM ve dura mater girişi arasındaki, subokspital bölgedeki kısmı tanımlar. V3 segmenti geçtiği bölgedeki kemik yapıların geniş hareket kabiliyeti sebebiye, ayrıca boyun rotasyonu sırasında kan akımını koruyabilmek için karmaşık bir seyre sahiptir. Diğer servikal vertebralardan farklı olarak C2'nin transvers proçesi daha lateralde ve inferior oblik yerleşimlidir. Bu sebepten C3'ten çıkan VA, C2 TF'ye ulaşmak için daha laterale doğru yönelmektedir. V3, C2-C1 TF'leri arasında vertikal (V3v), atlas posterior arkus üzerinde seyir eden horizontal (V3h) ve dura

matere doğru yönelip onu delen oblik olarak 3 kısma ayrılır. VA, atlasın TF'sinden geçtikten sonra rectus capitis lateralis kasının medialinde, lateral mass ve oksipito-atlantal eklem posterior kalarak sulcus arteria vertebralis üzerinde, rectus capitis posterior majör, superior ve inferior oblik kasların oluşturduğu suboksipital üçgenin tabanı boyunca seyreder. Vertebral arterin terminal ekstradural segmentinden posterior meningeal ve posterior spinal arterler, derin servikal kas yapılarını besleyen dallar, sık olmamakla birlikte PICA ayrılabilir. (18)

Dural giriş yerinin posterior orta çizgi ile arasındaki mesafe yaklaşık 12 mm'dir. (18)

V4 – dördüncü, intradural, segment foramen magnumun lateral kenarının hemen altında yer alan dural foramenden başlar. Bu bölgedeki dura mater daha kalın olup, arterin 4-6 mm uzunluğundaki kısmının etrafında huni şeklinde bir foramen oluşturur. C1 servikal sinir, posterior spinal arter VA ile birlikte bu dural foramenden geçer. Bu üç yapı, foramende fibröz dural bantlarla birbirine bağlanmıştır. (18)

VA dalları

VA'dan kaynaklanan dallar iki gruba ayrılabilir: serviko-spinal ve kranial

Serviko-spinal grup

Lateral spinal dallar, intervertebral foramenlerden spinal kanala giren, ventral ve dorsal kökler üzerinde dallar vererek geçen, korda ulaşım komşu segmentten gelen damarlarla anastomoz yapıp kordu ve dura materi besleyen damarlardır. Ayrıca vertebra korpusu ve periostu besleyen dallar verip, karşı taraftan gelen aynı damarlarla anastomoz yaparak vertebra korpusunun posteriorunda vasküler ağ oluşturuyorlar.(18)

Musküler Dallar

Atlasın lateral masslerinin çevresinde bulunan boyun derin kaslarını besleyen bu damarlar, oksipital, asendan farigeal ve servikal arterlerle anastomoz yaparlar. (18)

Posterior Spinal Arter

Posterior spinal arter genellikle, vertebral arterden dura materi hemen geçmeden posteromedial yüzeyinden ayrılır. Bazen intradural kısmın proksimalinden veya PICA'dan

da çıkabiliyor. Posterior spinal arter, dura materden geçerken VA ve C1 servikal sinir ile aynı dural fibröz halkanın içinden geçebileceğinden, dura açılırken arter hasar görebilmektedir. Seyri sırasında medullaya ulaştığında superior ve inferior yönde dallarına ayrılır. Superiora giden dalı foramen magnumdan geçerek nuc. Gracilis ve nuc. Cuneatus, n. accessorius radiklerini, koroid pleksusu beslerken; inferiora dönen dalı dorsal kökleri, spinal kordun posterolateralinin yüzeyel kısmını besler. (18)

Postero-İnferior Serebellar Arter (PICA)

PICA, vertebral arterin en büyük dalı olup, çoğunlukla V4 segmentinden çıkar, nadiren de ekstradural V3 segmentinden kaynaklanabilir. Medullanın anterolateral, posterolateral kısmında geçerek serebellar tonsilin etrafında seyrederek ve serebellomedüller fissüre girer, dördüncü ventrikülün çatısının alt yarısının arkasından geçerek suboksipital yüzeyin vermisine ve serebellar hemisferine dağılır. PICA, perforan, koroid ve kortikal dallar verir. (18)

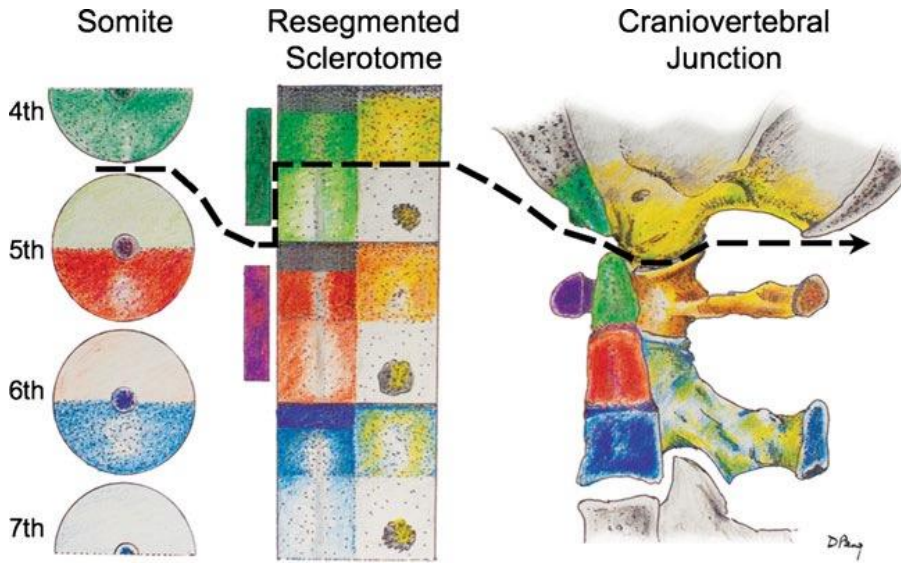
Meningeal Arterler

Bu arterler, ICA meningohipofizeal trunkusun dorsal meningeal dalları, asendan faringeal ve oksipital arterin meningeal dalları ile birlikte posterior fossa dura materini besler. VA'nın anterior meningeal dalı, C3 TF'sinin hemen superiorunda medial yüzeyden ayrılarak, C2-3 forameninden spinal kanala girerek PLL ile dura mater arasında seyir eder. Anterior meningeal arter, klivus, anterior foramen magnum ve üst servikal bölge dura materini beslerken, ayrıca aksis korpusu, odontoid proçes, atlanto-oksipital ve atlanto-aksiyal eklemlerini besleyen dallar verir.

Posterior meningeal arter, VA'nın posterior arkus üzerinde lateral massin posteriorundan döndüğünde süpero-posteriorundan ayrılır. (18)

2.3. Kraniovertebral Bileşke Embriyolojisi

Embriyolojik gelişimin belli bir aşamasına kadar, KVB aslında iki ayrı bölgenin kavşağı değil, daha ziyade tek bir yapı olarak kabul edilir. (1) Primitif çizgi regresyona uğrarken, paraksiyal mezoderm somitlere ayrılır. Gestasyonun dördüncü haftasında, dört oksipital ve sekiz servikal somit bulunur. Somitler, nihayetinde vertebra, kosta kartilajı, kaslar, tendonlar, ligamanlar ve sırtın derisi olacak şekilde sklerotomlar, miyotomlar ve dermatomlara farklılaşır. Kraniovertebral bileşke, dört oksipital ve ilk üç servikal sklerotomdan farklılaşır. İlk oksipital somit ve sklerotom basio-oksiputu, 2. ve 3. oksipital somit ve sklerotomlar jugular tüberkülü, 4. somitin kaudal ve 5. somitin rostral kısmı *proatlas* sklerotomunu oluşturur. Proatlas sklerotomu, oksipital kondilleri, baziyonu, opistionu, foramen magnumun lateral kenarını, odontoidin apikal segmentini ve atlasın lateral masslarını oluşturur. Apikal odontoid, alar ve krusiat ligamentler de proatlas sklerotomundan gelişir. Proatlas ve C1 sklerotomları her ikisi de atlasın posterior arkusuna katkıda bulunur. 5. somitin kaudal ve 6. somitin rostral kısmı C1 sklerotomunu oluşturur. C1 sklerotomu, odontoidin bazal segmentini, atlasın anterior arkusunu oluşturur ve posterior arkusuna da katkıda bulunur. C2 sklerotomu, 6. ve 7. somitlerden oluşur. C2 sklerotomunun merkezi aksisin gövdesini oluşturur. Nöral arkus, aksisin posterior arkus ve fasetlerini oluşturur. Böylece, aksis üç sklerotomdan oluşur: proatlas, C1 ve C2. (2),(17)



Şekil 3. Kraniyoservikal bölgenin embriyolojik gelişimi (21)

Kesikli çizgi kafa kaidesinin servikal omurgadan hücresel ayrımını göstermektedir.

Atlas (C1), genellikle biri anteriorda ve ikisi posteriorda olmak üzere üç primer ossifikasyon merkezinden oluşur. Ön ossifikasyon merkezi anterior arkusun oluşumunu sağlar. Arka ossifikasyon merkezleri ise lateral masslerin ve nöral arkusun oluşumunu sağlar. Nörosantral sinokondrozlar, orta hattın her iki tarafında anterior ve posterior ossifikasyon merkezleri arasında yer alır. İntranöral sinokondroz, genellikle orta hatta, iki posterior ossifikasyon merkezi arasında bulunur. Anterior arkusun ve nörosantral sinokondrozların ossifikasyonu genellikle on iki yaşına kadar tamamlanır. Posterior arkus ve intranöral sinokondroz genellikle dört ila beş yaşlarında ossifiye olur. Atlasın ikincil ossifikasyon merkezleri bulunmaz. (17)

C1'in lateral sklerotomunun farklı derecelerde aplazisi, posterior atlantal arkın kısmi veya tamamen agenezisine yol açar. Posterior atlantal ark defektleri, anterior ark defektlerinden on kat daha yaygındır. (21)

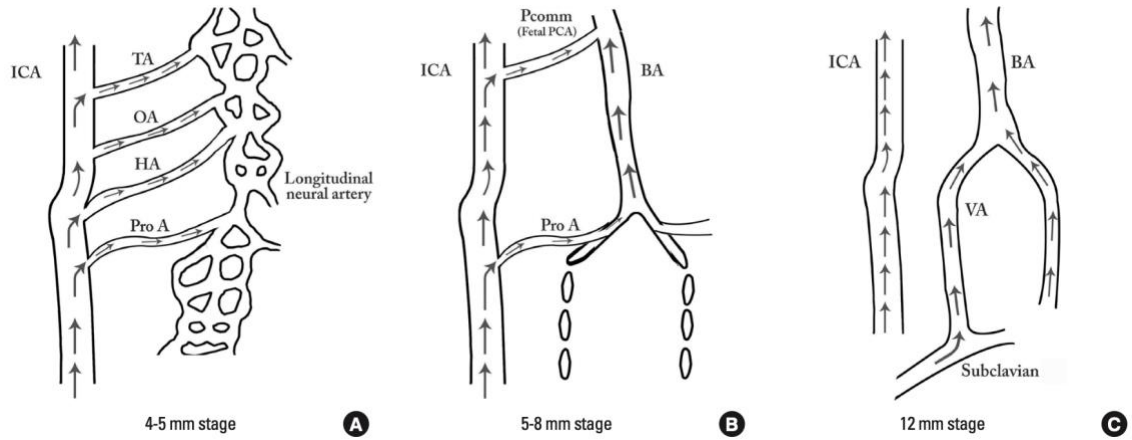
Anterior ark defektlerinin aksine, C1'in merkez sklerotomu, posterior ark defektlerinde etkilenmez. Böylece odontoid pivot eklem ve transvers atlantal ligament stabilizasyonu korunmuştur. Posterior ark defekti olan hastalarda C1-C2 kompleksi, radyografilerin korkutucu görünümüne rağmen genellikle stabil olur. (21)

VA Embriyolojisi

Oksipital lob ve beyin sapının büyümeyle başlamasıyla, öncelikle baziler arter (BA) ve daha sonra vertebral arterler (VA) ile posterior dolaşımın oluşumu tetiklenir. Embriyonun 4-5 mm'lik aşamasında, rombensefalon (gelecekteki posterior fossa) ventral yerleşimli iki paralel longitudinal nöral arter (LNA) tarafından beslenir. Bu iki arter, karotid-vertebrobaziler anastomozlar aracılığıyla karotid sistemden kanlanır. Bunlar trigeminal ganglion seviyesinden trigeminal arter, otik vezikül hizasından geçen otik arter, hipoglossal siniri takip eden hipoglossal arter ve C1 servikal siniri takip eden proatlantal (ProA) arterlerdir. (22), (23)

29 günlük, 5-6 mm boyutundaki embriyoda kaudal ICA'ların genişleyerek her iki LNA ile bağlantı kurarak gerçek Pcom'ları oluşturur. Devamında LNA'lar orta hatta BA'yı oluşturmak için füzyon gerçekleştirir. Trigeminal arter, otik arter ve hipoglossal arterin ömrü yaklaşık 1 haftadır ve Pcom gelişip distal BA ile bağlantı kurduğunda, bu üç segmental arter gerileyerek kaybolur. Ancak bu aşamada henüz vertebral arterler tam oluşmadığından LNA'lar ağırlıklı olarak ProA aracılığıyla kan almaya devam eder (Şekil 4 ve 5). (22), (23)

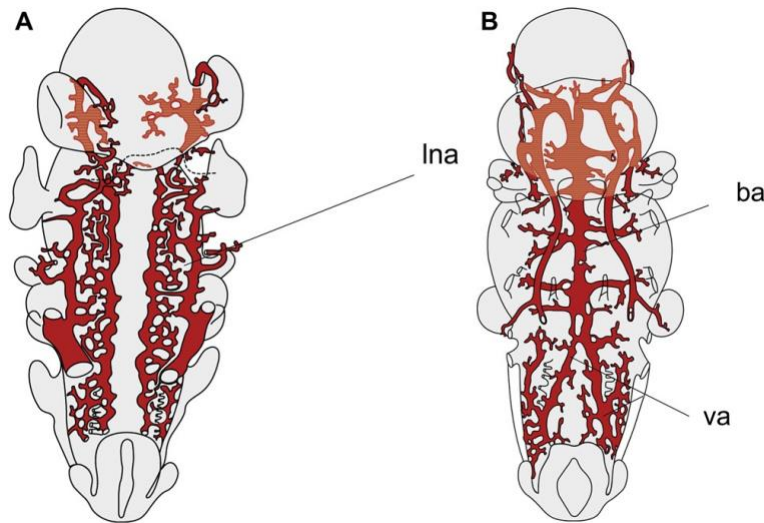
32 günlük, 7-12 mm boyutundaki embriyoda C1 ve C7 aralığındaki intersegmental servikal arterlerin (ISA) longitudinal paravertebral anastomozları ile VA oluşurak subklavian arter ve BA arasındaki bağlantı sağlanır. Ayrıca ProA arterin bir kısmı VA'nın V3 segmeninin yapısına ve OA'nın distal kısmının oluşumuna katılır. (22), (23)



Şekil 4. VA'nın embriyolojik gelişimi (22)

A: posterior dolaşım neredeyse tamamen, karotid-vertebrobaziler anastomozlar aracılığıyla ön dolaşımdan besleniyor.

B ve C : posterior fossa yapıları ve oksipital lobun büyümesiyle birlikte, posterior dolaşım kademeli olarak ön dolaşımdan bağımsız hale gelir ve çoğunlukla yetişkinlerde sadece distal baziler arterler ile karotid arter arasında posterior komünikan arter yoluyla bir bağlantının korunduğu, kaudalden rostral yönüne doğru ön-posterior anastomozların yok oluşu görülür.



Şekil 5. VA embriyonel gelişimi 5. Hafta (23)

A: çift longitudinal nöral arter (LNA) pleksüslerden oluşur.

B: orta hattı boyunca birleşerek baziler arteri oluşturuyorlar.

2.4. Varyasyon ve Anomaliler

Embriyoloji başlığında bahsedildiği gibi VA, C1-C7 aralığındaki ardışık ISA'ların longitudinal anastomozlarından gelişmekte, birleşme veya gerileme sırasındaki bozukluklara bağlı anatomik varyasyonlar gelişmektedir. (18)

2.4.1. Vasküler varyasyonlar

VA dominantlığı (VAD)

Vertebral arter dominantlığı (VAD) geleneksel olarak VA'nın normal konjenital vasküler varyasyonu olarak kabul edilmiştir. Ancak zamanla VAD'nin posterior sirkülasyon iskemik inmesi ile olan ilişkisi ortaya çıkmaya başlamıştır.(24)

Orijin kısmında VA'nın ortalama çapı sol tarafta 5.0 mm (3.3–6.2) ve sağ tarafta 4.1 mm (2.2–5.5) olarak ölçülmüş, olguların yaklaşık %20-40'ında, çapların birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Çoğunlukla sol VA çapının sağdan daha büyük olduğu dikkati çekmiştir. (18)

Hipoplastik vertebral arter (VAH)

Hipoplazi için literatürde belirlenmiş farklı eşik değerler, ≤ 2 mm (25), < 3 mm (26) ve < 3.5 mm (27) olduğu için görülme sıklığı referans alınan değere göre %2,34 - %26,5 aralığında değişmektedir. VA hipoplazisi, sağ tarafta daha sık görülmektedir. VA sulama alanındaki iskemik inmelerde ipsilateral hipoplazi ile yüksek kolerasyon gösterilmiştir. (25)

Vertebral arter atrezisi

VA atrezisi, arter çapının küçük olmasıyla birlikte vertebral trunkusun oluşumuna katılmayarak, PICA, oksipital arter veya bir spinal arter olarak sonlanmasını tanımlar. Atretik VA, V4 segmentinin agenezisinden kaynaklanmaktadır. (28)

Anastomozlar

Anastomozlar, embriyogenez sırasında var olan, ancak normalde gerileyen damarların yetişkinlerde devamlılığının sonucudur. Bu anormali ve varyasyonların bilinmesi ve tespiti, bazı posterior sirkülasyon patolojilerini açıklamak için önemlidir. VA çevresindeki cerrahiler için ve özellikle karotid arter üzerindeki işlemler için kritik öneme sahiptir. (18)

Karotid-Vertebrobaziler Anastomoz Türleri

Organogenez sırasında, ICA ile vertebrobaziler sistem arasındaki anastomozu intrakraniyal seviyede trigeminal, otik ve hipoglossal arterler; servikal seviyede ise proatlantal arter sağlar. Çoğunlukla tesadüfen ve tek taraflı olarak tespit edilmektedirler. (Şekil 6.). (18)

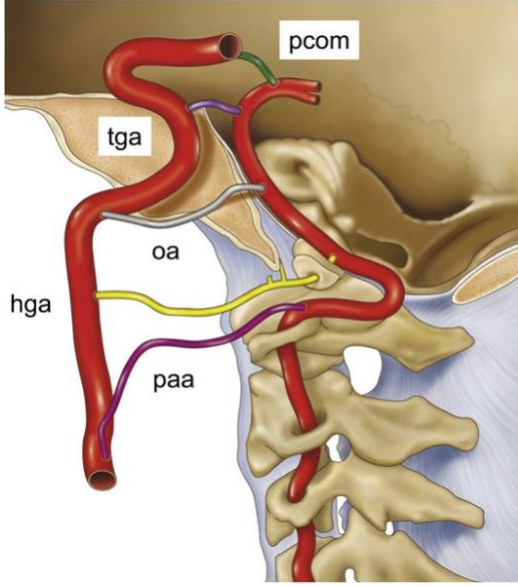
Trigeminal arter - beyin anjiyogramlarında %0.1 ile %0.2 oranında görülen en sık rastlanan karotiko-vertebrobaziler anastomozdur. (18)

Otic arter - ICA'dan intrapetrosal karotid kanalında kaynaklanır, canalis acusticus internus'tan geçer ve baziler arterin kaudal kısmıyla birleşir. (18)

Hipoglossal arter - %0.02–0.09 oranında gözlemlenir. Genellikle C1–C2 seviyesinde, ICA'nın posterior yüzeyinden başlar, asla C3–C4'ün altından başlamaz. Hipoglossal kanaldan geçerek vertebral arter intradural kısmıyla birleşir. (18)

Proatlantal Arter (ProA) - Lasjaunias ve ark. proatlantal arterlerin ICA'dan (tip I) veya ECA'dan (tip II) kaynaklanmasına göre iki tür proatlantal arter tanımlamıştır. Tip I ve Tip II proatlantal arterler sırasıyla, birinci ve ikinci embriyonik ISA'ların devamlılığından kaynaklanır. Proatlantal intersegmental arter, C2 veya C3 seviyesinde ortaya çıkar. Tip I proatlantal arter, servikal ICA'nın posterior yüzeyinden kaynaklanıp, VA V3 segmentine katılır. Tip II proatlantal arter, ECA kökeninden hemen sonra başlar ve VA V3 segmentinin vertikal veya horizontal kısmına katılır. (29)

Proatlantal arter, genellikle VA agenezisi, VA hipoplazisi, intrakraniyal anevrizmaların artmış insidansı ve Galen'in ven malformasyonu gibi diğer anomalilerle ilişkilidir. (18)



Şekil 6. Karotiko-vertebrobaziler anastomozlar (23)

TGA: Trigeminal, proksimal karotid sifon ve orta baziler arter arasında; OA: otik, proksimal intrapetrous segment ve baziler arter alt üçte biri arasında, internal akustik kanal aracılığıyla; HGA: ekstrakraniyal ICA ve intrakraniyal VA arasında, PICA'nın kökeninde; PAA: proatlantal, ekstrakraniyal ICA ve VA'nın oksipitovertebral segmenti arasında.

Vertebral Arter Fenestrasyon (VAF) ve Duplikasyon

Fenestrasyonlar veya duplikasyonlar, gelişim sırasında arterlerin anastomoz veya füzyondaki kusurdan kaynaklandığı düşünülse de, bazı yazarlara göre bir sinir, kemik yapı veya genişlemiş vaso vasorumların transarteriyel seyrinden kaynaklandığını düşünmektedir. (22)

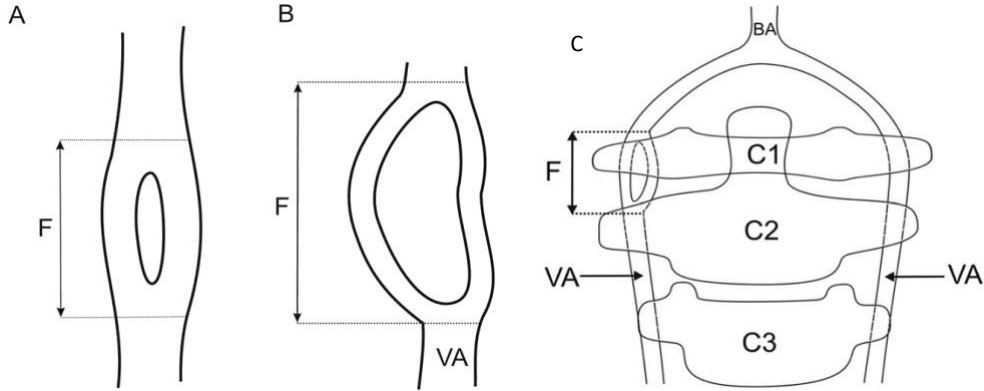
Laşaunias ve ark. tanımlamasına göre duplikasyon, damarlardan birinin TF'den ayrılıp, spinal kanala girerek bir sinir kökünü takip edip, subaraknoid mesafede ilerleyerek distal arterde birleşirler. Buna karşılık, servikal VA fenestrasyonu ana arterin çift lümene

ayrılıp sonra tekrar birleşmesi ve bunun hem TF içinde, hem de iki TF arasında seyretmesini karşılar. (29)

Ionete ve ark. tanımına göre duplikasyon, iki orijini olan ve boyunda birleşmeden önce değişken bir seyir gösterip distal bir segmentte birleşmesidir. Bu tanıma göre her iki segment de spinal kanalın dışında bulunur. Buna karşılık, fenestrasyon, tek bir orijinde olan ve ana gövdenin seyri sırasında herhangi bir yerde iki paralel segmente ayrıldığı bir damarı temsil eder ve bu segmentler, ortaya çıktıkları seviyeye bağlı olarak vertebral kanalın içinde veya dışında yer alabilir (Şekil 7.). (30)

Serebral arter fenestrasyonları yapılan çalışmaların yöntemine bağlı olarak prevalanslarının %0.3 - %28 olduğu bildirilen konjenital anomalilerdir.(22) Duplikasyonlar, fenestrasyon ile karşılaştırıldığında görülme sıklığı daha az olup %0.7'dir. (18)

Fenestrasyon anevrizma insidansında artış gösterebilir. VAF radyolojik tetikiklerde diseksiyon veya anevrizma ile karıştırılabilir. Bu sebepten cerrahi veya endovasküler girişim planlandığında radyolojik tetikiklerin detaylı incelenmesi değerli bilgiler sağlayacaktır. (31)



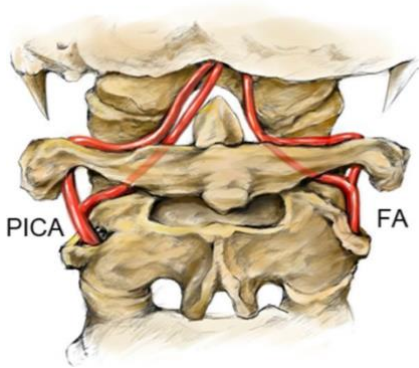
Şekil 7. VAF şematik çizimi (32)

A: küçük fenestrasyon B: büyük fenestrasyon C: KVB'de fenestrasyon

F - vertebral arter fenestrasyonu, BA – baziler arter, VA - vertebral arter.

Ekstradural PICA (ed-PICA)

Ekstradural kaynaklı PICA'nın insidansı %5 ile %20 arasındadır. Genellikle tek taraflı görülürken, nadiren çift taraflı olguyla karşılaşılır. Ekstradural PICA, VA'nın V3v segmentinden dura materin hemen dışından veya daha lateralden başlayabilir. Ekstradural olarak, PICA VA ve C1 siniri ile paralel seyrederek ve bu üç yapı birlikte dura materini deler. Ekstradural PICA, ayrıca VA'nın V3h segmentinden de kaynaklanabilir ve daha sonra C2 ile C1 arasında dura materini delerek intradural mesafeye girer (Şekil 8.). (33)



Şekil 8. Ekstradural PICA ve VAF şematik çizimi (34)

Sol VA'dan ekstradural orijin alan PICA; sağ VA'da fenestrasyon.

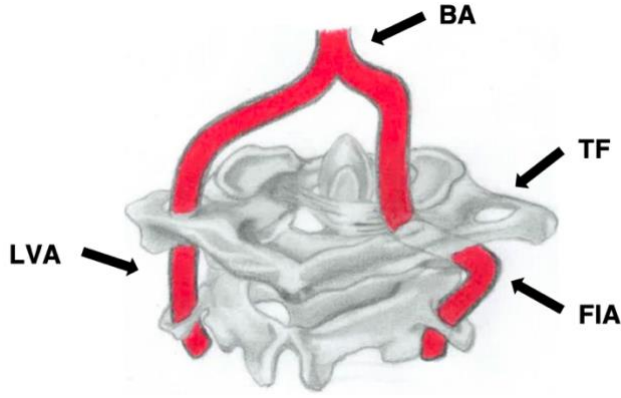
Bu olağandışı anatomiden kaynaklı PICA, KVB posterior yaklaşımı sırasında yaralanma riski taşımakta; anjiyografi sırasında kontrast madde PICA orijinine retrograd akmadığı durumlarda olası PICA anevrizması gözden kaçabilmekte; VA V3 segmenti eksplorasyonu sırasında musküler, meningeal veya posterior spinal dallar ile karışma riski taşımaktadır. (33)

Persistent 1. intersegmental arter (PIFA)

VA, C2 transvers forameninden çıktıktan sonra posteromediale dönerek, C1 transvers forameninden geçmeden, C1 - C2 arasından spinal kanala girebilir. Bu anormal seyir persistent 1. intersegmental arter (persistent first intersegmental artery – PIFA) olarak adlandırılır (Şekil 9.). (18), (35)

KVB patolojileri olmayan hastaların anjiyogram ve anjiyo-MRG'lerde PIFA insidansı yaklaşık %0.6 olarak bildirilmiş; KVB'de konjenital kemik anomalileri olan hastalarda insidansın %19-36.4'e kadar arttığı görülmüştür. (18, 35, 36) Diğer kaynakta dünya genelinde insidansı %0.01 olarak bildirilse de, Asya kaynaklarında bu oran %0.6 – 4.7 aralığında bildirilmektedir. (16)

Embriyogenezde tanımlanan embriyonik aort ve vertebral arter arasındaki ikinci dorsal segmental arter, C2 spinal sinir kökünü boyunca seyredip ve birinci dorsal segmental arterin yerini alması mevcut varyasyonu açıklayabilir. Eğer regresyon başarılı olmazsa vertebral arter fenestrasyonu C1'in hem üstünde, hem de altında görülür. (35)



Şekil 9. PIFA şematik çizimi (7)

Sağ VA'da PIFA varyasyonu şematik gösterimi; sağ VA TF'den geçmeyerek C1 posterior arkusun altından dura materi delerek intradural mesafeye geçer.

Salmon'un subokspital arteri (SAS – suboccipital artery of Salmon)

VA, ekstrakraniyal bölgede kas, osteoartiküler, meningeal, medüller ve radiküler yapıları besleyen çeşitli dallar verir. Özellikle musküler veya radikülo-musküler ve meningeal dallar V3 segmentinden ayrılır. Musküler dalları, subokspital bölgenin derin kaslarını besler ve bu dallar oksipital, asendan ve derin servikal arterler ile anastomozlar yapabilir. V3 segmenti horizontal kısmından ayrılan bu musküler dal Salmon'un subokspital arteri (SAS) olarak da isimlendirilmiş. SAS her zaman mevcut olmaz ve kadavra çalışmalarında sıklığının %20 ile %67 arasında değiştiği bildirilmiş ve radyolojik çalışmalarda %9,8 olarak bulunmuştur.(7, 37)

2.4.2. Kemik vasyasyon ve anomaliler

KVB kemik anomalileri olan hastalarda VA V3 segment varyasyonlarında artış olduğu gösterilmiştir. (36)

C1'in anatomik varyasyonlarını detaylı incelenmesi KVB cerrahi yaklaşımlarında komplikasyonları önlemek için önemlidir. Sıklıkla karşılaşılan varyasyonlar içinde pontikulus postikus (PP), pontikulus lateralis (PL), posterior atlas arkus defekti (PAAD) sıralanmaktadır. (38)

Pontikulus Postikus ve lateralis (PP ve PL)

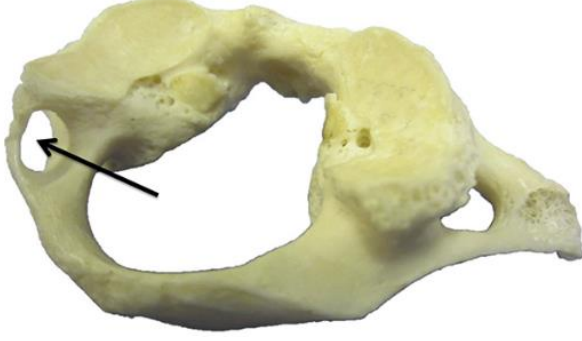
OAM'nin lateral kısmındaki kalsifikasyonu veya ossifikasyonu sonucu sulcus arteria vertebralis bir foramene dönüşebilir. Lateral mass'ın superior articular fasetinden C1 posterior arkusun lateral ve superior kısmına doğru gelişen kemik çıkıntı bu formasyonu sağlamaktadır (Şekil 10.).

Eğer bu çıkıntı transvers foramene doğru gelişirse o zaman pontikulus lateralis oluşmaktadır. (39)

PP yapısı üç evreye ayrılabilir: komplet, inkomplet ve kalsifiye. Komplet tip, foramenin tamamen kemik halka halini almasını; inkomplet tip, halkanın belli kısmının tamamlanmamasını; kalsifiye tip ise lineer veya amorf bir kalsifikasyonu tanımlar. (39)

Literatürde PP için "arcuat foramen", "canalis arteria vertebralis", "Kimmerle anomalisi/varyantı/deformitesi", "posterior ponticulus", "retrocondiler kemik foramen" kullanılan farklı isimlendirmelerden birkaçıdır. (40)

Ayrıca prevelansı ile ilgili yapılan çalışmalarda %10.5 (41), %16.1 (38), %17 (40) yaklaşık yüzdeler elde edilmiştir. PL prevalansı PP'den çok daha az olduğu rapor edilmiştir. (42)



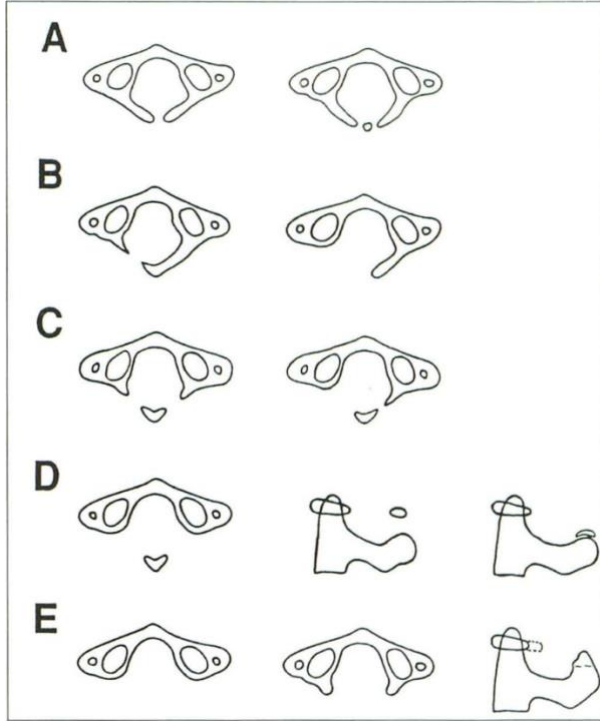
Şekil 10. Kuru atlas kemiğinde PP'nin gösterimi (39)

Siyah ok komplet PP göstermektedir.

Posterior atlantal arkus defekti (PAAD)

Currarino ve ark. PAAD'yi beş tipe ayıran bir anatomik sınıflama yaygın kullanılmaktadır. (43) Tip A, iki yan ossifikasyon merkezinin posterior füzyonunun tamamlanamaması sonucu bir posterior orta hatt defekti (en sık görülen tip); Tip B, küçük bir defekten bir yarı arkın tamamen yokluğuna kadar değişen tek taraflı yarıklar; Tip C, arkın en dorsal kısmının korunmasıyla bilateral defektler; Tip D, arkın yokluğu ve devam eden bir posterior tüberkül; Tip E, posterior ark ve posterior tüberkülün tamamen yokluğudur (Şekil 11). (38, 41, 43)

Yapılan prevelans çalışmalarında patolojilerin %90'ından fazlasının Tip A olduğu görülmüş (38), %0.95 (44), %1.17 (41), %5.65 (45) gibi görülme sıklığı elde edilmiştir.



Şekil 11. PAAD sınıflaması (43)

A: İki yarı arkusun orta hatta füzyonun başarısız olmasıdır. Bazen, posterior tüberkül için kalıcı bir merkezi temsil ettiği söylenen küçük ayrı bir ossikül, boşluk içinde görülür.

B: Tek taraflı defekt. Posterior arkusun iki kolundan birinde bir defekt olmasıdır.

C: Çift taraflı defekt. Kemik defekti, arkusun lateral yüzeyinde her iki tarafta da, arkusun en dorsal kısmının korunmasıyla birlikte olmasıdır.

D: Posterior tüberkülün devamlılığı ile birlikte posterior arkın yokluğudur.

E: Posterior tüberkül dahil tüm arkın yokluğudur

Bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA)

İnvaziv olmayan görüntüleme tekniklerinden olan bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) damar yapısını, fenestrasyon dahil olmak üzere değerlendirmede yaygın olarak kullanılan, komşu yapılar ve konum hakkında bilgi sağlayan, arteriyal lümen morfolojisini sunan, günümüzde erişimi kolaylaşmış etkin bir yöntemdir. Zamanla BTA görüntü kalitesi önemli ölçüde ilerlemiş, daha doğru ve hassas hale gelmiş ve serebral vasküler yapıların, patoloji ve varyasyonların varlığını keskin bir şekilde

tanımlayabilir hale gelmiştir. Dijital substraksiyonel anjiyografi (DSA) vasküler patoloji ve mimariyi göstermekte altın standart tetkik olsa da, invaziv yöntem olması, buna bağlı komplikasyon risklerinin bulunması BTA'yı ön plana çıkarmıştır. Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA) tetkikinde de vasküler patolojiler intravenöz kontrast madde uygulanmadan vasküler yapılarla ilgili bilgiler elde edilebiliyor. Ancak komşu kemik yapılarla olan ilişkiyi göstermesi ve daha yüksek rezolüsyon, 3 boyutlu hale getirilerek inceleme olanağı sunması sebebiyle BTA öncelikli tetkik olarak kullanılmaktadır. Bu özellikler dikkate alındığında hem kemik, hem vasküler yapıların birlikte incelenmesi için en optimal tetkiki BTA olduğu görülmektedir.(46)

3 Boyutlu Modelleme

KVB cerrahisi öncesinde kemik yapının incelenmesi, VA'nın seyriinin ortaya çıkması, özellikle posterior enstrumantasyon cerrahisinde stabilizasyon malzemelerinin yörüngesinin değerlendirilmesinde 3-B modelleme ve sanal gerçeklik rutin uygulama haline gelmektedir. Bilgisayar ortamında 3 boyutlu model istenilen açılara verilerek, komşu veya üst üste gelen yapıların rezolüsyonunda değişiklikler yapılarak daha detaylı inceleme fırsatı sunmaktadır. Tüm bu yöntemler başarılı ve güvenli cerrahi müdahale için önemli katkılar sağlayan araçlardır. (47)

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma kohortu

01.10.2018 – 01.10.2023 tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi bölümüne başvuran, KVB cerrahisi geçirmemiş; kafa ve boyun travma, Chiari malformasyonu, Down sendromu, romatoid artrit öyküsü olmayan, beyin-boyun bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) tetkiki yapılmış, 18 – 65 yaş aralığındaki yüz erkek ve yüz kadın, toplam iki yüz hastanın radyolojik görüntüleri olarak incelenmiştir.

Etik onay

Radyolojik verilerin elde edilmesi retrospektif arşiv incelemesi olduğu için Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Araştırma Etik Kurulu (kayıt numarası - SBA 23/263) tarafından onay alınmıştır.

Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) Görüntüleme ve Rekonstrüksiyon

BTA görüntülemeleri 64 dedektörlü çift (dual) BTA (Somatom Definition, Siemens Healthcare, Erlangen, Almanya) cihazı kullanılarak yapılmış. Yalnızca arteriyel faz görüntülemesi yapılarak, şu protokol kullanılmış: 64 x 0.6 kolimasyon, 1.4 pitch, 0.5 saniye dönüş süresi, 100 kV (zirve) ve etkili mAs 180 olmuş. Üst mediastinum dahil olmak üzere asendan aorta ile verteks arasındaki alan taranmış. BTA'nın zamanlaması test-bolus tekniği ile belirlenmiş. Kontrast madde uygulamasından önce ve sonra 10mL %0.9'luk serum fizyolojik enjekte edilmiş. İyonik olmayan iyotlu kontrast madde (80 mL), 5 mL/s hızında 18 gauge branül ile antekübital venden, otomatik pompa ile enjekte edilmiş. Tüm hastaların bilgisayarlı tomografi anjiyogramları (BTA), Hacettepe Üniversitesi Hastanesi'nin Resim Arşivleme ve İletişim Sisteminden (PACS) alındı. Elde edilen görüntüler, RadiAnt DICOM Viewer (sürüm 2023.1., Medixant, Poznan, Polonya) yazılımında kaynak aksiyel görüntülerden maksimum intensite projeksiyon (MIP), multi-planar reformat (MPR), volüm işleme (volume rendering - VR) ve 3 boyutlu (3D) yüzey

gölgeleme yöntemleriyle oluşturulan görüntüler ekran üzerinde uygun pencere ayarları yapılarak değerlendirildi. Üç boyutlu hacim işlenmiş BTA, atlasın PP ve PAAD varyasyonlarını, VA'nın V3 segment varyasyonlarını gözlemek ve ölçümler yapmak için kullanıldı.

3-B Modelleme

Hastaya özgü nörogörüntüleme verisi belirli dijital 3B modelin yeniden oluşturulması için BTA taramaları kullanıldı. 3B modelleme çalışması Mimics Innovation Suite 22.0 Yazılımı (Materialise, Leuven, Belçika) ile gerçekleştirildi. Kısaca, BTA taramalarının DICOM dosyaları Mimics'e aktarıldı. İki boyutlu radyolojik görüntüler, aksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde görselleştirildi. Maskeleyme işlemi, 2B radyolojik görüntülerde Hounsfield birimi (HU) değerleri kullanılarak yapıldı. Çeşitli yapıların segmentasyonu anatomik sınırlara göre yapıldı. Kemik ve damarlar için BTA kullanıldı. BTA taramaları, Align Global Kayıt modülü ile birleştirildi ve hizalandı. Ardından, ince ayar ve detaylı modelleme için bir tasarım modülü (3-matic 14.0, Materialise, Leuven, Belçika) kullanıldı. Bu, modeli ve bileşenlerini sanal olarak serbestçe döndürme, konumlandırma, kırpma ve şeffaflığını ayarlama imkanı vererek yapıları anatomik ilişki içinde detaylı incelememize olanak tanıdı.

Değerlendirilen parametreler

Hem niteliksel, hem de niceliksel inceleme için C2 – C1 – foramen magnum – VA kompleksinin kranial ve kaudalinde kalan bölgeler kesilerek çalışma bölgesi seçildi. İncelemeye alınan 200 (iki yüz) olguda sağ ve sol olmak üzere, toplam 400 (dört yüz) vertebral arter ve 200 (iki yüz) atlas (C1) belirlenmiş varyasyonlar açısından tarama yapılıp niteliksel olarak “var” veya “yok” olarak not edildi.

Niteliksel incelenen parametreler:

- Atlas posterior atlantal arkus defekti (PAAD) – Currarino sınıflamasına göre tasnif edildi.

- Pontikulus postikus (PP) ve pontikulus lateralis (PL) – komplet ve inkomplet olarak sınıflandı
- Persistan 1. Intersegmental arter (PIFA)
- Vertebral arter fenestrasyonu (VAF)
- Ekstradural PICA (ed-PICA) : BTA'nın 3 boyutlu rekonstruksiyonunda dura materin görülebilir olmaması, ayrıca 3 boyutlu modelleme tekniği ile dura materin segmentasyonu ile ilgili teknik zorluklarla karşılaşmıştır. V3'ten ekstrakraniyal alanda ayrılan, seyri ve işlenmemiş BTA görüntüsündeki dura materle olan ilişkisi teyit edilebilen olgular ekstradural PICA olarak değerlendirilmiştir. Foramen magnumun kaudalinde kalan tüm PICA'lar dahil edilmemiştir.
- VA'nın PICA olarak devam etmesi – VA atrezisi (V3-PICA)
- Dominant vertebral arter (VAD)
- Hipoplastik vertebral arter (VAH)
- Salmon'un suboksipital arteri (SAS)

Niceliksel incelenen parametrelerde daha önce literatürde incelenmiş örneklerinden faydalanıldı (Şekil 12). (5, 48, 49)

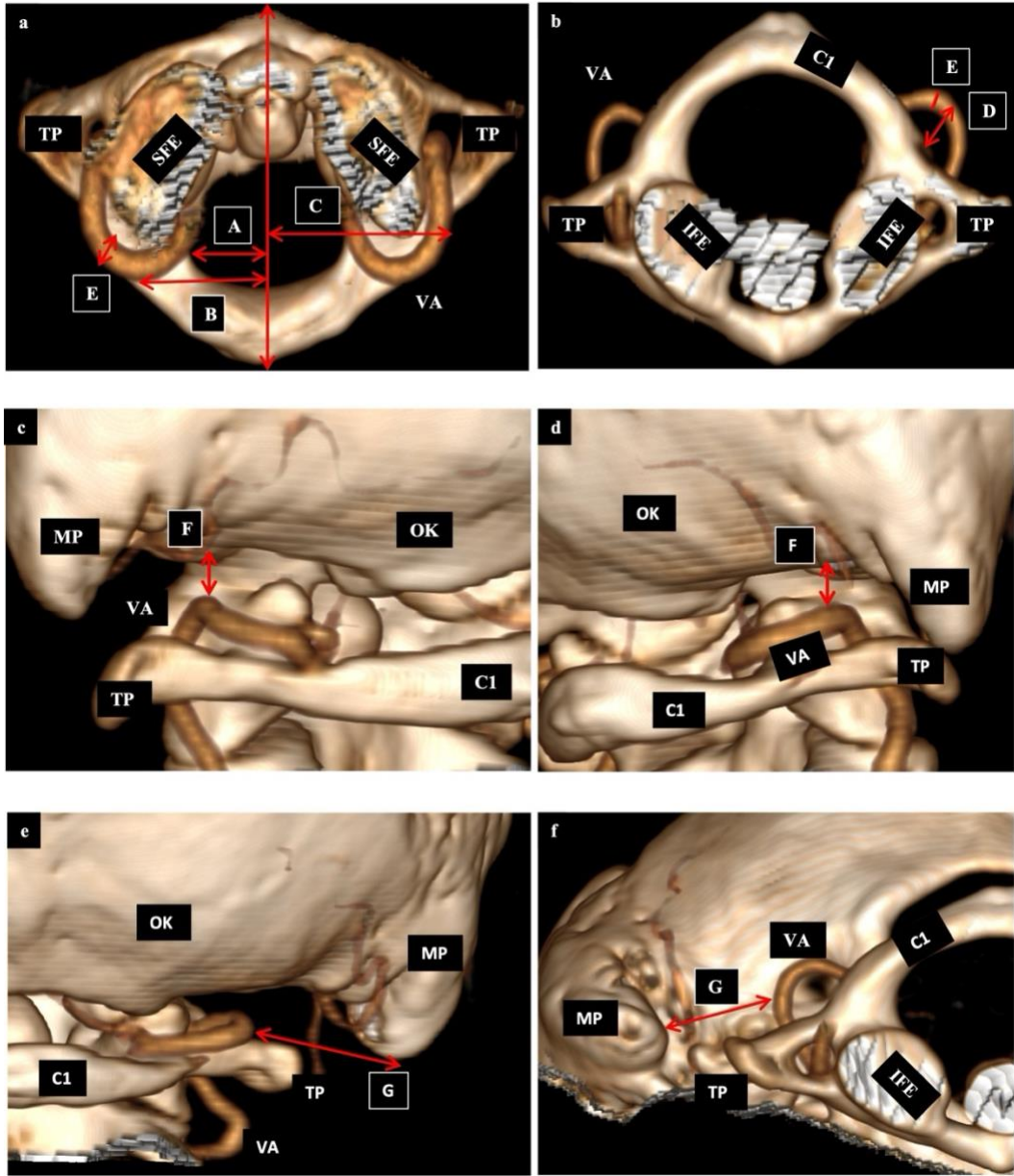
- a) Parametre A olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin atlas posterior arkustaki sulkus arteria vertebralis üzerindeki kısmının, posterior arkusun iç kenarı ile kesişim noktasının orta hatta olan uzaklığı
- b) Parametre B olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin atlas posterior arkustaki sulkus arteria vertebralis üzerindeki kısmının, posterior arkusun dış kenarı ile kesişim noktasının
- c) Parametre C olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin en lateral noktasının orta hatta olan uzaklığı ortalama
- d) Parametre D olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin atlas üzerindeki posterolateral protrüzyonunun tepe noktasının atlas posterior arkusuna olan dik mesafesi
- e) Parametre E, VA V3 segmentinin çapı

- f) Parametre F olarak tarif edilen VA V3 segmentinin C1 transvers forameninden çıkarak vertikal-horizontal geçiş noktasının suboksipital kemiğe olan vertikal uzaklığı
- g) Parametre G olarak tarif edilen vertebral arter V3 horizontal segment posterolateral protrüzyonunun tepe noktasının mastoid porçese olan horizontal uzaklığı ortalama

VA çapı olarak ölçülen parametre E sürekli değişkeni üzerinden dominant (VAD), hipoplastik (VAH) ve non-dominant kategorik değişken dönüşümü yapıldır. VA çapı ≤ 2 mm olan arter hipoplastik (VAH) kabul edildi. (25, 50)

İki VA'dan çapı büyük olanın küçük olan oranı ≥ 1.5 olduğu durumda büyük çaplı VA dominant (VAD), karşı arter non-dominant kabul edildi. Oranın < 1.5 olduğu durumda lateralizasyon olmadığından her iki arter non-dominant kabul edildi.(48)

Parametre F ve G sürekli değişkeni üzerinde şu şekilde bir kategorik sınıflama yapıldı. Parametre G değeri dağılımında %25'e ve %75'e denk gelen değerler belirlendi. %25'in altındaki değerlere sahip olanlar "tehlikeli", %25-75 aralığındaki değerler "orta", > 75 olanlar ise "güvenli" olarak kabul edildi.



Şekil 12. Ölçülen parametrelerin 3-B BTA üzerinde gösterimi

- (a) – Atlas süperiordan görüntülenmiş; kırmızı ok ile parametre A, B, C ve E gösterilmiş
 - (b) - Atlas inferiordan görüntülenmiş; kırmızı ok ile parametre E ve D gösterilmiş
 - (c) – KVB sol posterolateralden görüntülenmiş; kırmızı ok ile parametre F gösterilmiş
 - (d) – KVB sağ posterolateralden görüntülenmiş; kırmızı ok ile parametre F gösterilmiş
 - (e) - KVB'nın sağ tarafı posteriordan görüntülenmiş; kırmızı ok ile parametre G gösterilmiş
 - (f) – oksipital kemik ve atlasın sol yarısı inferiordan görüntülenmiş; kırmızı ok ile parametre G gösterilmiş
- C1 – atlas; IFE: inferior faset eklemleri; MP: mastoid prosesi; OK: oksipital kemik; PAA: posterior atlantal arkus; SFE: superior faset eklemleri; TP: transvers prosesi; VA: vertebral arter

Kadavra incelemesi

Çalışmanın bu kısmında kadavra diseksiyonu yapılarak varyasyon ve anomali araştırıldı. Kadavra çalışması olduğu için etik kurul onayı gerekmemektedir. Rastgele seçilen 5 erkek ve 5 kadın kadavra kafası (20 taraf) incelendi. Hiçbir kadavranın KVB bölgesine daha önce herhangi bir işlem yapılmamıştı. Kadavraların ölümdaki yaş aralıkları 59 – 95 yıldır. 2 kadavranın karotiko-vertebral sistemine kırmızı renkli silikon enjekte edilmişti. Kadavra kafaları ya oturur ya da prone pozisyona getirilerek, superior nuchal çizgiden C5 spinöz sürecin altına kadar “T” şeklinde cilt insizyonu ile açıldı. C2, C1 ve foramen magnum bölgesi disseke edilerek VA V3 segmenti ve atlas ortaya konuldu. Diseksiyon sırasında Leica M320 – F12, Leica Microsystem (Schweiz) AG, Max-Schmidheiny-Strasse 201, CH-9435 Heerbrugg, 2020-11 mikroskobu kullanıldı, tespit edilen varyasyon/anomalilerin mikroskop ve Canon EOS Rebel T3 Digital SLR Camera Black DS126291 fotoğraf makinası ile görüntüler elde edildi.

Radyolojik tetkik sonuçları Türk toplumuna uyarlanabileceğinden ve araştırdığımız varyasyonların nadir olması, her bir bulgunun sonucu etkileyeceğinden, yurtdışından temin edilmiş olan kadavralardaki diseksiyon sonucu elde edilen veriler toplum istatistiğine katılmadı. Radyolojik bulguların gerçekteki anatomisini desteklemek amaçlı kullanıldı.

İstatistiksel Analiz

Niteliksel verilerin karşılaştırılmasında Pearson χ^2 testi ve görülen olgu sayısı <5 olanlarda Fischer-Freeman-Halton Exact Testi kullanıldı. Niceliksel verilerin normal dağılım Basıklık ve Çarpıklık (Kurtosis and Skewness) yöntemiyle analiz edildi. Normal dağılım gösteren niceliksel verilerin iki grup arasındaki karşılaştırması için bağımsız değişkenler t-testi; ikiden fazla bağımsız grup arasındaki karşılaştırma için tek yönlü ANOVA testi kullanıldı. Güven aralığı ($\alpha=0.05$), p anlamlılık değeri (<0.05) olarak kabul edilmiştir. Oluşturulan veri setinin istatistiksel analizi SPSS, 23.sürüm, IBM, SPSS Statistics yazılım programı ile yapıldı.

4. BULGULAR

İncelemeye alınan eşit sayıda iki yüz kadın ve erkeğin yaş ortalaması ve ortalamaların anlamlı farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan bağımsız örneklem t testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kadın ve erkeklerin yaş ortalaması karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Yaş	Kadın	200	49.11	10.98	-.562	398	0.57
	Erkek	200	49.73	11.06			

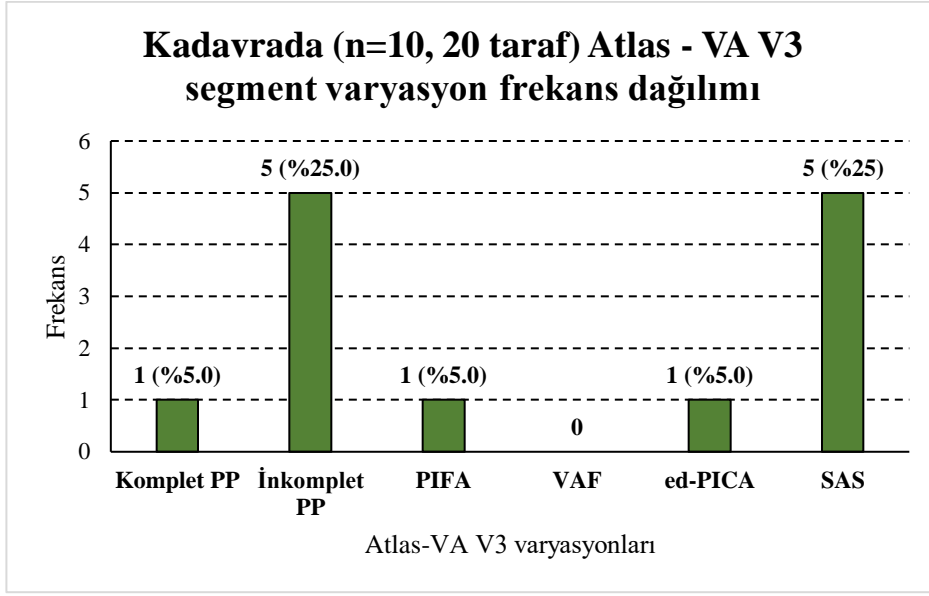
Tablo 1’de görüldüğü üzere kadın ve erkeklerin yaş ortalaması sırasıyla 49.11 ± 10.98 yıl, 49.73 ± 11.06 yıl olarak bulunmuş, cinsiyete göre ortalamalar arasında farklılık görülmemiştir ($t_{(398)}=-0.56$; $p=0.57$).

Beş erkek ve beş kadın kadavrasına ait verilerde kadınların ölümündeki yaş ortalaması 80.00 ± 13.10 yıl, erkeklerin ölümündeki yaş ortalaması 75.40 ± 13.89 yıl olarak bulunmuş, cinsiyete göre karşılaştırılmak için yapılan ilişkisiz örneklem t-testi sonucu istatistiksel olarak yaş ortalaması arasında fark bulunmamıştır ($t_{(8)}=0.54$; $p=0.60$) (Tablo 2).

Tablo 2. Kadavra kadın ve erkeklerin yaş ortalaması karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Yaş	Kadın	5	80.00	13.10	0.54	8	0.60
	Erkek	5	75.40	13.89			

10 kadavra kafasında (20 taraf) yapılan diseksiyon ile elde edilen bulguların frekans dağılımı Şekil 13’te verilmiştir.



Şekil 13. Kadavrada atlas – VA V3 segment varyasyon frekans dağılımı

Şekil 13'te görüldüğü üzere n=1 komplet PP (%5.0), n=5 inkomples PP (%25.0), n=1 PIFA (%5.0), n=1 ed-PICA (%5.0) ve n=5 (%25.0) SAS tespit edilmiştir. Hiçbir spesimende VAF ve PL görülmemiştir.

4.1. Niteliksel Verilerin Analiz Sonuçları

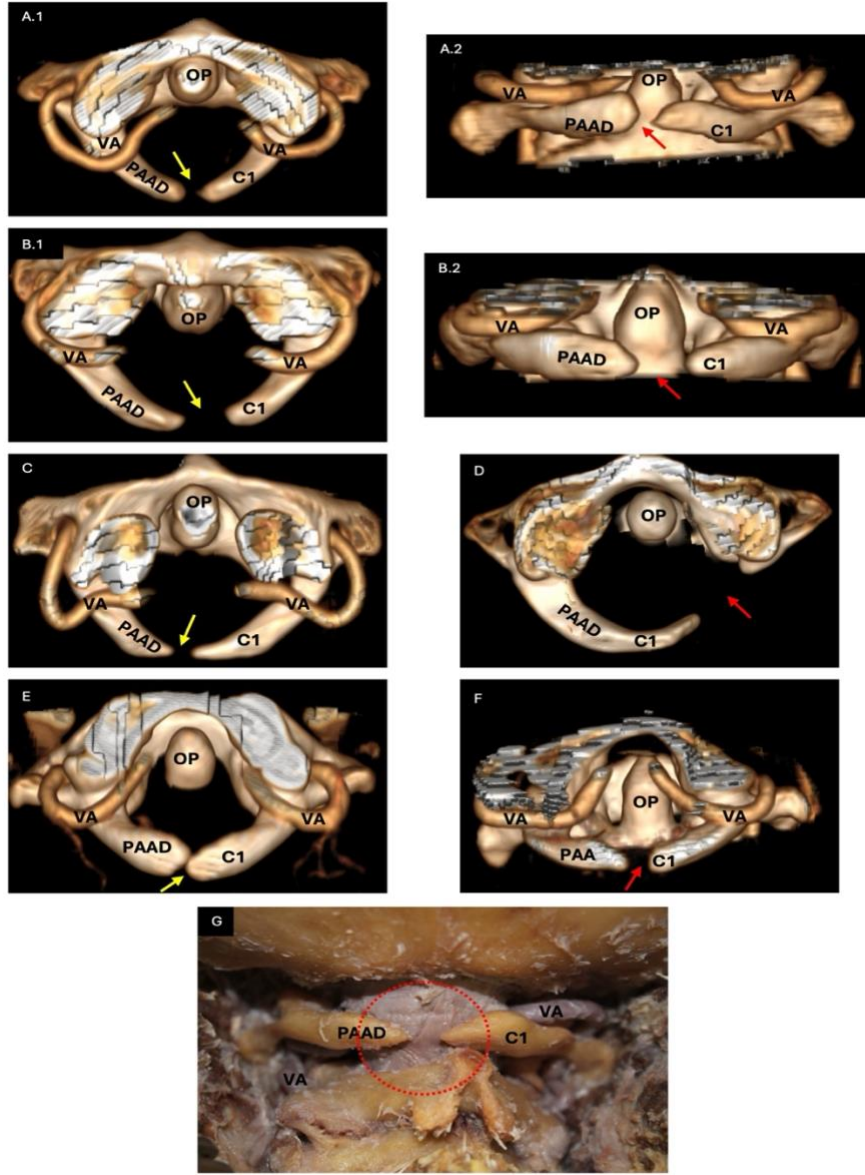
PAAD

200 bireyin % 3'ünde (n=6/200) posterior atlantal arkus defekti (PAAD) tespit edilmiş, Currarino ve ark. sınıflaması dikkate alındığında %2.5'inde (n=5/200) Tip A, %0.5'inde (n=1/200) sağ tarafta, Tip B varyasyonuna rastlanmıştır. PAAD'nin cinsiyetler arası anlamlı fark gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan Ki-kare analizinde n=5 (%3.1) olgunun erkekte, n=1 (%2.7) olgunun kadında görülmesine rağmen bu farkın anlamlı olmadığı hesaplanmıştır ($\chi^2_{(1)}=0.014$; $p=0.69$).

PAAD varlığının PP-PL, vasküler varyasyonlar (PIFA, VAF, ed-PICA, V3-PICA, SAS, VAD) ile olan çapraz ilişkisi değerlendirildiğinde sadece 1 olguda hem PAAD, hem de SAS görülmüştür. PAAD varlığının herhangi bir V3 segment varyasyonu ile olan ilişkisi Ki-kare analizi ile değerlendirildiğinde anlamlı sonuç bulunmamıştır ($\chi^2_{(1)}=0.161$; $p=0.57$).

Çalışmamızdaki kadavra diseksiyonunda %10'unda (n=1/10) PAAD tespit edilmiş, Currarino ve ark. sınıflaması dikkate alındığında Tip A varyasyonu olarak tanımlanmıştır.

Şekil 14'te PAAD varyasyonun radyolojik 3-B BTA rekonstrüksiyon görüntüsü ve kadavra diseksiyonundan elde edilen görüntü sunulmuştur. **A, B, C, E** ve **F**'de orta hatta füzyon defektinin olduğu Tip A, **D**'de ise sağ nöral arkus defekti Tip B görülmektedir. **G**'de ise yapılan kadavra diseksiyonunda tespit edilen ait Tip A füzyon defekti görüntülenmiştir.



Şekil 14. Atlas PAAD varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri.

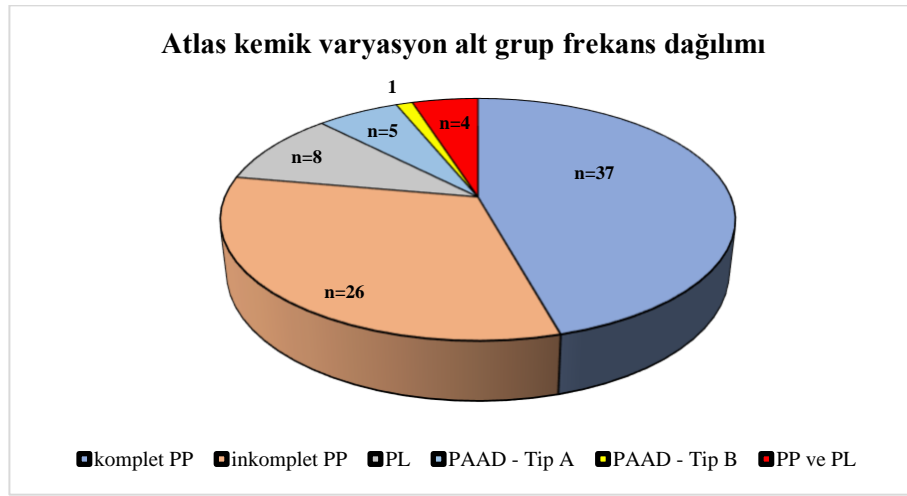
Kırmızı ve sarı oklar, kırmızı kesik çizgili daire varyasyonu işaret ediyor

A1, B1, C, E ve F: superior bakış açısı, C1-C2-VA kompleksi, aksiyal kesit, 3-B BTA rekonstruksiyon görüntüsü, farklı olgulara ait Tip A PAAD varyasyonu görülmektedir. **A2 ve B2 :** posterior bakış açısıyla, C1-C2-VA kompleksi, koronel kesit, 3-B BTA rekonstruksiyon görüntüsü, Tip A PAAD varyasyonu görülmektedir. **D:** superior bakış açısıyla C1-C2-VA kompleksi, aksiyal kesit, 3-B BTA rekonstruksiyon görüntüsü, Tip B PAAD varyasyonu görülmektedir. **G:** posterior bakış açısıyla, C1-C2-VA kompleksi, fotoğraf makinasıyla çekilmiş kadavra diseksiyonu, Tip A PAAD varyasyonu görülmektedir. C1 – atlas; OP – odontoid proçes; PAAD: posterior atlantal arkus defekti; VA: vertebral arter

Pontikulus postikus (PP) ve lateralis (PL)

PP-PL varyasyonu bireylerin %22.5'inde (n=45/200) görülmüş, bireylerin %20'sinde (n=40/200) sol tarafta, % 17.5'inde (n=35/200) sağ tarafta, %15'inde (n=30/200) bilateral olarak gözlenmiştir. Herhangi bir atlas varyasyonu sıklığı %25.5 (n=51/200) olarak tespit edilmiştir.

Şekil 15'te atlas kemik varyasyon alt grup frekans dağılımı gösterilmiştir. 400 taraf üzerinden değerlendirildiğinde tüm PP prevalansı %16.8 (n=67/400), komplet PP %9.3 (n=37/400), inkomplet PP %6.5 (n=26/400), PL %2.0 (n=8/400) ve PP-PL birlikteliği %1.0 olduğu görülmüştür.



Şekil 15. Atlas kemik varyasyon alt grup frekans dağılımı

Diseksiyon yapılan 20 tarafın %30'da (n=6/20) PP varyasyonu görülmüş, PL varyasyonuna hiç rastlanmamış, bu olguların %5'i (n=1/20) komplet PP, %25'i (n=5/20) inkomplet PP olduğu görülmüştür.

PP ve PL varyasyonunun cinsiyet, taraf, 40 yaş üzeri ve altı, V3 segment vasküler varyasyon varlığına göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan Ki-kare analizi sonucu elde edilen bulgular Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. PP - PL'nin diğer parametrelerle karşılaştırılması

		Cinsiyet		Toplam	χ^2	Sd	p
		kadın	erkek				
PP - PL	n	36	39	75	0.148	1	0.70
	Cinsiyet içinde (%)	18	19.5	18.8			
		Taraf		Toplam	χ^2	Sd	p
		sol	sağ				
PP - PL	n	40	35	75	0.410	1	0.52
	Taraf içinde (%)	20.0	17.5	18.8			
		40 yaş		Toplam	χ^2	Sd	p
		<40 yaş	>40 yaş				
PP - PL	n	20	55	75	4.083	1	0.04**
	40 yaş içinde (%)	27.0	16.9	18.8			
		V3 vasküler varyasyon		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
PP - PL	n	51	24	75	6.733	1	0.01**
	Vasküler varyasyon içinde (%)	16.1	28.6	18.8			

**p<0.05

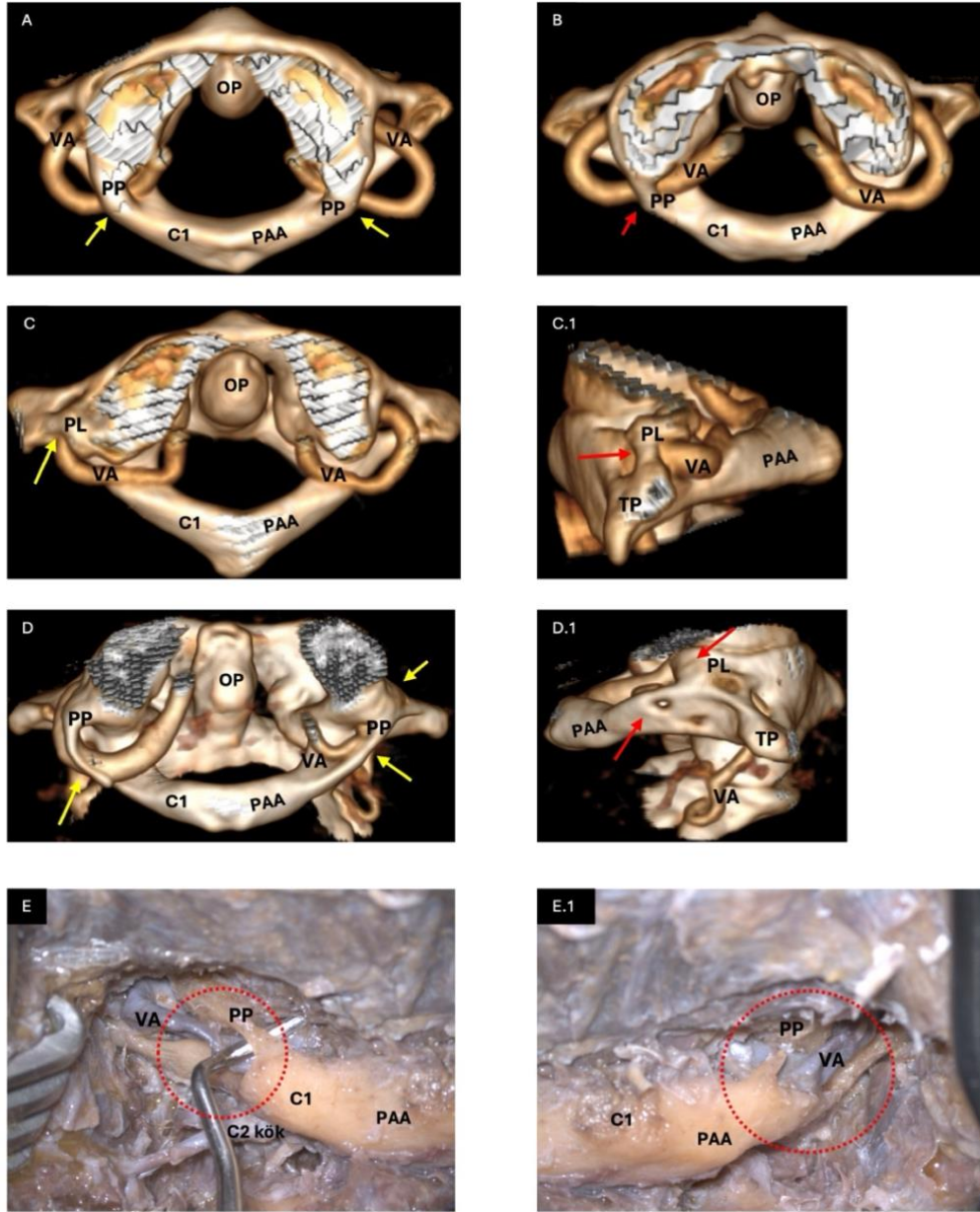
Elde edilen sonuçlara göre 40 yaş altı olguların %27.0'ında PP ve PL varyasyonu görülürken, 40 yaş üzerinde bu oran %16.9 olarak saptanmış, bu fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(1)}=4.083$; $p=0.04$).

Bir tarafta herhangi V3 segment varyasyonu olan olguların %28.6'sında PP-PL varyasyonu görülürken, vasküler varyasyon olmayan tarafların %16.1'inde PP-PL varyasyonu görülmüş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(1)}=6.733$; $p=0.01$). Bir başka ifadeyle, V3 segment varyasyonunun bulunması atlas PP-PL varyasyon insidansını anlamlı olarak arttırdığı görülmüştür.

PP ve PL varyasyonunun cinsiyet ve tarafa göre farklılık gösterip göstermediği incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmamıştır, sırasıyla ($\chi^2_{(1)}=0.148$; $p=0.7$) ve ($\chi^2_{(1)}=0.410$; $p=0.52$) olarak hesaplanmıştır.

Şekil 16'da PP-PL varyasyonuna ait elde edilen radyolojik 3-B BTA ve kadavra görüntü örnekleri sunulmuştur. **A**'da bilateral komplet PP; **B**'de sol unilateral komplet PP; **C**'de atlas superior faset ekleminden (SFE) transvers proçese (TP) uzanan kemik köpürücük ile oluşan pontikulus lateralis (PL); **D**'de sol inkomplet PP, sağ komplet PP ve PL 3-B BTA rekonstrüksiyon görüntüleri görülmektedir. **E**'de kadavra diseksiyonu ile tespit edilmiş

sol komplet PP ve sağ inkomplet PP mikroskop görüntüsü sunulmuştur. Sağ komplet PP'nin kemik çatısı disektör ile kontrol edilmiştir.

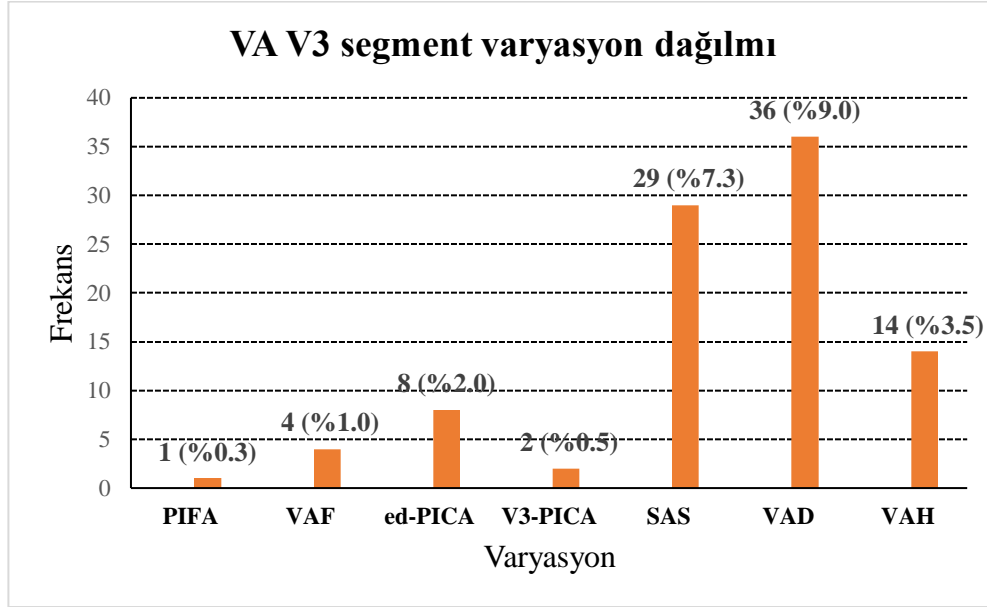


Şekil 16. PP ve PL varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri.

Kırmızı ve sarı oklar, kırmızı kesik çizgili daire varyasyonu işaret ediyor

A: superior bakış açısı, C1-VA kompleksi, bilateral komplet PP varyasyonu. **B:** superior bakış açısı, C1-VA kompleksi, sol komplet PP varyasyonu. **C:** superior bakış açısı **C.1:** sol lateral bakış açısı, C1-VA kompleksi, sol PL varyasyonu. **D:** superior bakış açısı **D.1:** sağ lateral bakış açısı, sol inkomplet PP, sağ komplet PP ve PL varyasyonu görülmektedir. **E:** posterior bakış açısı, mikroskop görüntüsü, kadavra diseksiyonu, sol komplet PP. **E.1:** posterior bakış açısı, mikroskop görüntüsü, kadavra diseksiyonu, sağ inkomplet PP varyasyonu görülmektedir. PP – pontikulus postikus; C1 – atlas; OP – odontoid proçes; PAA: posterior atlantal arkus; PL – pontikulus lateralis; TP: transvers proçes; VA: vetebral arter

Vertebral arter V3 segmentine ait varyasyonlar 400 taraf üzerinden incelenmiştir. Çalışmanın devamında her taraf bir olgu olarak kabul edilmiş, olgu kelimesiyle taraf kast edilmiştir. Herhangi bir V3 segment varyasyon görülme sıklığı (SAS dışarıda tutularak) %14.8 (n=59/400); SAS dahil edilerek %21 (n=84/400) olarak tespit edilmiştir. Şekil 17’de VA V3 segment varyasyon dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 17. 400 tarafta VA-V3 segment varyasyon dağılımı

Persistan 1. intersegmental Arter (PIFA)

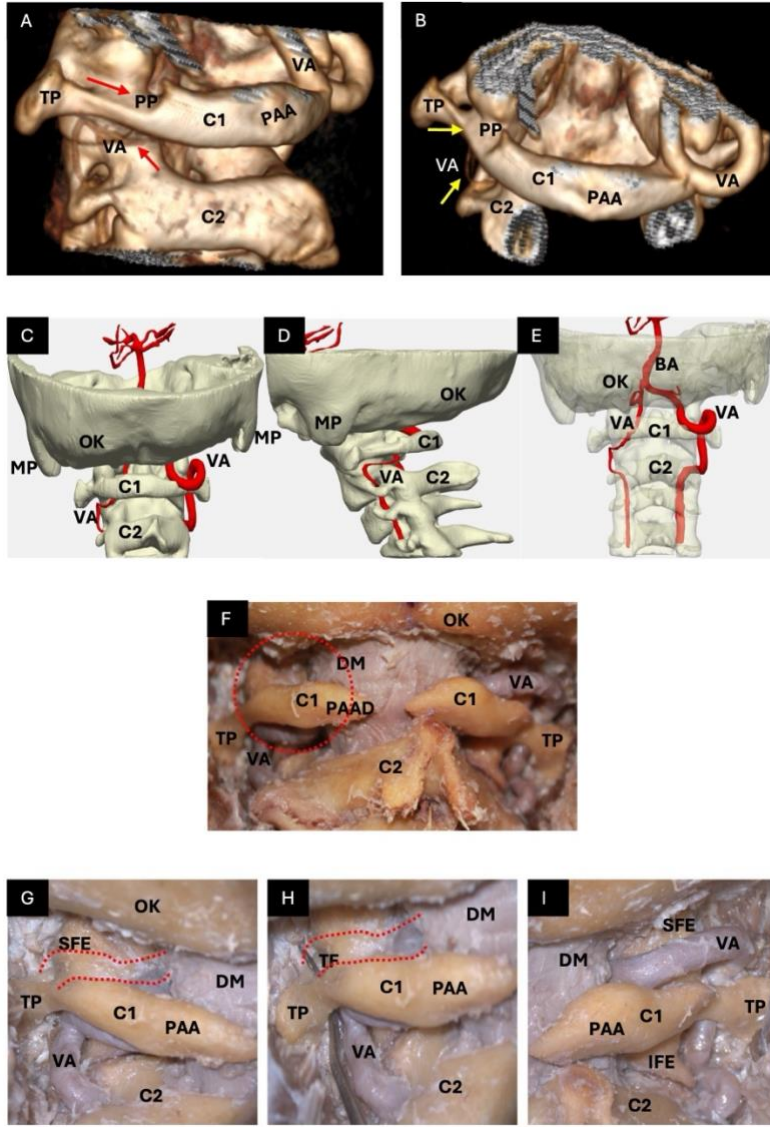
PIFA varyasyonuna sadece 1 tarafta rastlanmıştır, 400 taraf üzerinden değerlendirildiğinde görülme sıklığı %0.3 (n=1/400), 200 birey üzerinden değerlendirildiğinde sıklığı %0.5 (n=1/200) olarak bulunmuştur. 51 yaşında, kadına ait bu radyolojik incelemede varyasyonun bulunduğu sol vertebral arterin aynı zamanda hipoplastik olduğu görülmüş, çapı 1.3 mm olarak ölçülmüş, yine aynı tarafta inkomplet PP tespit edilmiştir.

Görülen olgu sayısı 5’ten az olan kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Ki-kare testi yanlış sonuç verebileceğinden Fischer-Freeman-Halton Exact Testi kullanılmıştır. PIFA varyasyonunun cinsiyet ve tarafa göre farklılık gösterip göstermediği için yapılan

Fischer-Freeman-Halton Exact Test incelemesinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmamıştır (her iki parametreye göre $\chi^2_{(1)}=1.003$; $p=0.50$).

Diseksiyon yapılan kadavralarda 20 tarafın %5'inde ($n=1/20$) PIFA varyasyonuna rastlanmıştır, aynı olguda PAAD de görülmüştür.

Şekil 18'de olguya ait hem 3-B BTA rekonstruksiyon, hem 3-B modelleme ile elde edilen rekonstruksiyon, hem de kadavrada tespit edilen PIFA varyasyonu sergilenmiştir. **A** ve **B**'de PIFA varyasyonunun tespit edildiği sol VA'nın aynı zamanda hipoplastik olduğu, dolayısı ile IV non-iyonik kontrast madde sonrası görüntülerin kullanılan yazılım ile yapılan rekonstruksiyonunda silik olduğu görülmektedir. Bu iki varyasyonun yanında atlas sol inkomplet PP de görülmüş, 1 tarafta 3 farklı varyasyon gözlenmiştir. **C**, **D** ve **E**'de radyolojik olarak elde edilen işlenmemiş DICOM görüntüde sol VA'ya ait olan IV kontrast madde Hounsfield ünitesi takip edilerek arterin segmentasyonu yapılmış ve trasesi aydın olarak görülmüştür. Böylece C2, C1 ve okspital kemikle olan ilişkisi daha iyi anlaşılmıştır. **F**, **G** ve **H** karelerinde ise kadavra diseksiyonu ile tespit edilmiş sol VA PIFA varyasyonu sunulmuştur. Görüldüğü üzere VA C2 transvers forameninden (TF) çıktıktan sonra C1 TF'ye yönelmiş, ancak C1 TF'ye girmemiş, PAA'nın altına doğru kıvrılmış, V3 horizontal segmenti atlas posterior arkusun altında seyrederek aynı seviyeden dura materi delerek intradural mesafeye girmiştir. **I** karesinde aynı kadavranın sağ VA'sı görülmektedir, herhangi varyasyon tespit edilmemiştir.



Şekil 18. PIFA, PAAD ve PP varyasyonlarının 3B BTA, 3B modelleme ve kadavra görüntüleri.

Kırmızı ve sarı oklar, kırmızı kesikli çizgi ve daire varyasyonu işaret ediyor

A: Sol posterolateral bakış açısı, sol VA'da hipoplazi ve PIFA varyasyonu, ayrıca sol inkomplet PP varyasyonu. **B:** Superoposterior bakış açısı (C2 laminası kaldırılmış), sol VA'da hipoplazi ve PIFA varyasyonu, ayrıca sol inkomplet PP varyasyonu **C:** 3B modelleme, posterior bakış açısı, sol hipoplastik VA ve PIFA varyasyonu. **D:** 3B modelleme, sol lateral bakış açısı, sol hipoplastik VA ve PIFA varyasyonu. **E:** 3B modelleme, posterior bakış açısı, kemik yapılar yarıgeçirgen hale getirilmiştir, sol hipoplastik VA ve PIFA varyasyonu. **F:** kadavra diseksiyonu, posterior bakış açısı ile sol PIFA, PAAD varyasyonları. **G:** kadavra diseksiyonu, sol posterior bakış açısı ile sol PIFA varyasyonları. **H:** kadavra diseksiyonu, posterior bakış açısı ile sol PIFA, diseksiyon aleti ile sol TF gösterilmektedir. **I:** kadavra diseksiyonu, posterior bakış açısı ile sağ VA gösterilmektedir. PP: pontikulus postikus; BA: baziler arter; C1 – atlas; C2 – aksis; DM: dura mater; IFE: inferior faset eklem; MP: mastoid proçes; OK: oksipital kemik; PAA: posterior atlantal arkus; PAAD: posterior atlantal arkus defekti; SFE: superior faset eklem; TP: transvers proçes; TF: transvers foramen; VA: vetebral arter

Vertebral Arter Fenestrasyonu (VAF)

VA fenestrasyon prevalansı %1 (n=4/400) olarak tespit edilmiş, 4 farklı bireyde gözlenmiştir. Bilateral olguya rastlanmamış, birey üzerinden değerlendirildiğinde bireylerin %2'sinde görülmüştür.

VA fenestrasyonun diğer kategorik parametrelerle karşılaştırarak elde edilen veriler Tablo 4'te sunulmuştur. Parametrenin görülme frekansı 5'ten (n=4) küçük olduğu için Fischer-Freeman-Halton Exact Testi kullanılmıştır.

Cinsiyetler arasında eşit dağılım göstermiş, yapılan Fischer-Freeman-Halton Exact Testinde istatistiksel olarak da anlamlı fark bulunmamıştır ($\chi^2_{(1)}=0.000$; $p=0.69$) Tarafklar dikkate alındığında varyasyonların tümü sağ tarafta görülmüş olsa da yapılan analizde istatistiksel olarak bu fark anlamlı bulunmamıştır ($\chi^2_{(1)}=4.040$ $p=0.12$)

VA fenestrasyonunun atlas PP-PL kemik varyasyon varlığına göre farklılık gösterip göstermediği için yapılan analizde atlas PP veya PL varyasyonu olan olguların %1.3 (n=1)'ünde aynı zamanda fenestrasyon gözlenmiş, bu sonuç istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($\chi^2_{(1)}=0.104$; $p=0.57$).

Ayrıca yapılan bir diğer analizde VA fenestrasyonu bulunan tarafta çalışmada incelediğimiz diğer vasküler varyasyonlardan hiç biri aynı zamanda gözlenmemiş, sadece dominant VA'ların %2.8'inde (n=1) VA fenestrasyonu tespit edilmiş, bu sonuç istatistiksel olarak da anlamlı bulunmamıştır ($\chi^2_{(2)}=2.297$; $p=0.42$).

Tablo 4. VAF'nin diğer parametrelerle karşılaştırılması

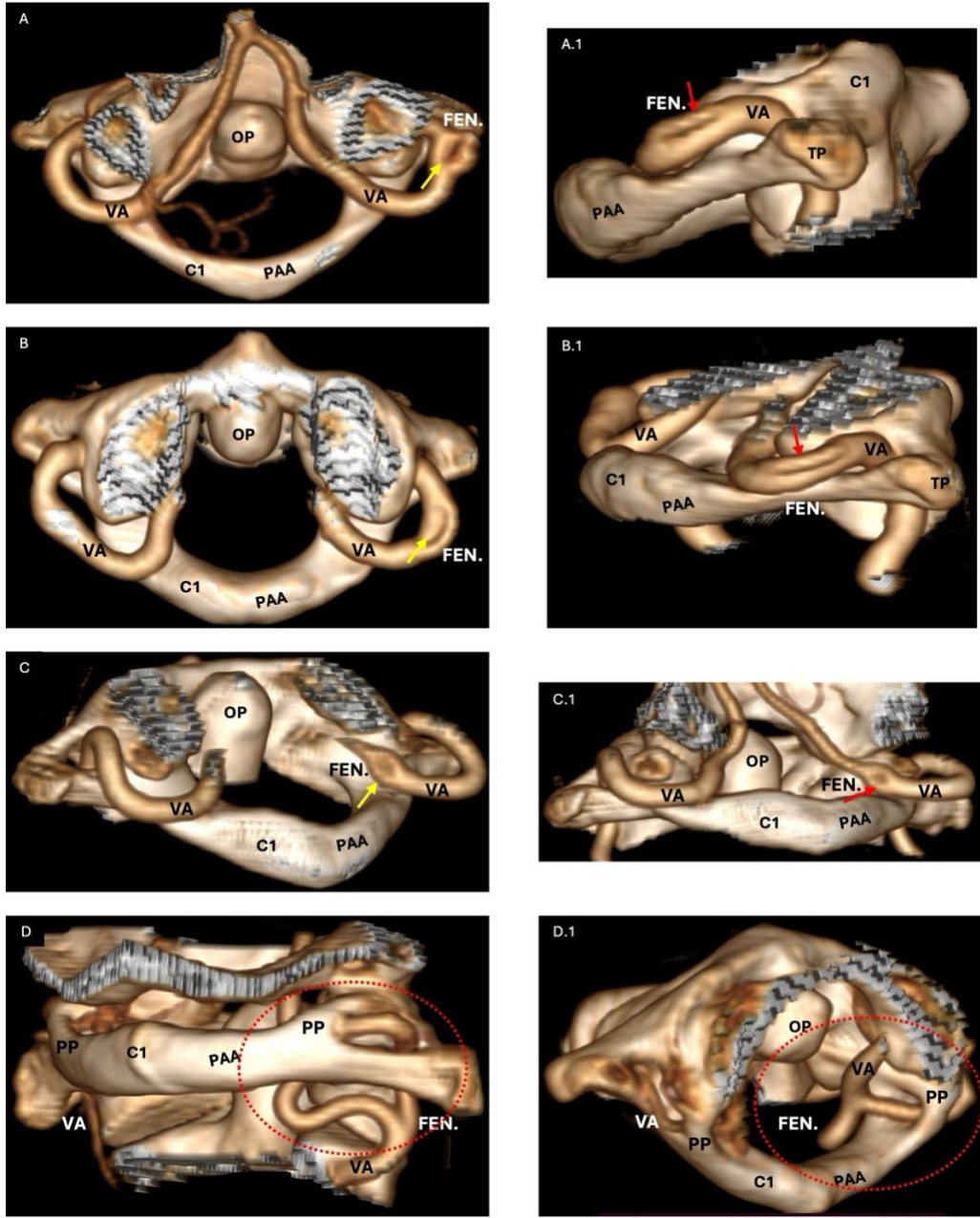
		Cinsiyet		Toplam	χ^2	Sd	p	
		kadın	erkek					
VAF	n	2	2	4	0.000	1	0.69*	
	Cinsiyet içinde (%)	1.0	1.0	1.0				
		Taraf		Toplam	χ^2	Sd	p	
		sol	sağ					
VAF	n	0	4	4	4.040	1	0.12*	
	Taraf içinde (%)	0.0	2.0	1.0				
		PP-PL		Toplam	χ^2	Sd	p	
		yok	var					
VAF	n	3	1	4	0.104	1	0.57*	
	PP-PL içerisinde(%)	0.9	1.3	1.0				
		VAD-VAH-non-dominant			Toplam	χ^2	Sd	p
		Non-dominant	VAD	VAH				
VAF	n	3	1	0	2.297	2	0.42*	
	VAD-VAH içerisinde (%)	0.9	2.8	0				1.0

*Karşılaştırılan gruplara ait beklenen değer hücrelerin %20'inden fazlasında 5'ten küçük ve beklenen en küçük değer 5'ten küçük olduğu için Fischer's Exact Test sonucu dikkate alınmıştır.

** $p < 0.05$

Diseksiyon yapılan kadavraların hiçbirinde V3 segmentinde fenestrasyon tespit edilmemiştir.

Şekil 19'da V3 VAD gözlendiği dört olguya ait 3-B BTA rekonstruksiyon görüntüleri sunulmuştur. Tüm fenestrasyon olguları sağ tarafta gözlenmiştir. **A ve B**'de V3 horizontal segmentte, VA'nın posterolateral protrüzyon kısmında fenestrasyon tespit edilmiş; **C**'de V3 horizontal segment sulkus arteria vertebralis düzeyinde fenestrasyon görülmüş; **D**'de ise V3 vertikal kısımda arter iki ayrı lümenin, biri normal seyrini takip ederek C1 TF ve sulkus arteria vertebraliste seyretmiş, diğeri ise V3 vertikal kısımda ayrıldıktan sonra C1 PAA'nın altından geçerek dura materi delmeden diğeri kısımla birleşip tekrar tek lümen VA'yı oluşturduğu görülmektedir. Ayrıca atlasta bilateral komplet PP, sol VA'da hipoplazi görülmüştür.



Şekil 19. VAF varyasyonunun 3-B BTA görüntüleri.

Kırmızı ve sarı oklar, kırmızı kesikli daire varyasyonu işaret ediyor

A: superior bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentte fenestrasyon. **A.1:** sağ lateral bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentte fenestrasyon. **B:** superior bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentte fenestrasyon. **B.1:** sağ posterolateral bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentte fenestrasyon. **C:** sol superioposterior bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentte fenestrasyon. **C.1:** sol posterolateral bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentte fenestrasyon. **D:** sağ posterolateral bakış açısı, sağ VA V3 vertikal segmentte fenestrasyon ve bilateral komplet PP varyasyonları. **D.1:** sol superolateral bakış açısı, sağ VA V3 vertikal segmentte fenestrasyon ve bilateral komplet PP varyasyonları görülmektedir.

PP – pontikulus postikus; C1 – atlas; VEN. – fenestrasyon; OP – odontoid proçes; PAA: posterior atlantal arkus; TP: transvers proçes; VA: vertebral arter

Ekstradural PICA (ed-PICA)

Ekstradural orijinli PICA (ed-PICA) olguların %2'sinde (n=8/400) görülmüştür. Sadece 1 bireyde (%0.5) bilateral olarak, toplam bireylerin %3.5'inde (n=7/200) bu varyasyon görülmüştür.

Ed-PICA vasyasyonunun cinsiyet, taraf, atlas ve diğer V3 segment varyasyonlarının varlığına göre farklılık gösterip göstermediğini incelemek için yapılan Ki-kare test verileri Tablo 5'da paylaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre cinsiyet, taraf, SAS'a göre ed-PICA'nın farklılık göstermediği görülmüş, sırasıyla ($\chi^2_{(1)}=0.510$; $p=0.72$), ($\chi^2_{(1)}=0.510$; $p=0.72$) ve ($\chi^2_{(1)}=0.335$; $p=0.46$) hesaplanmıştır.

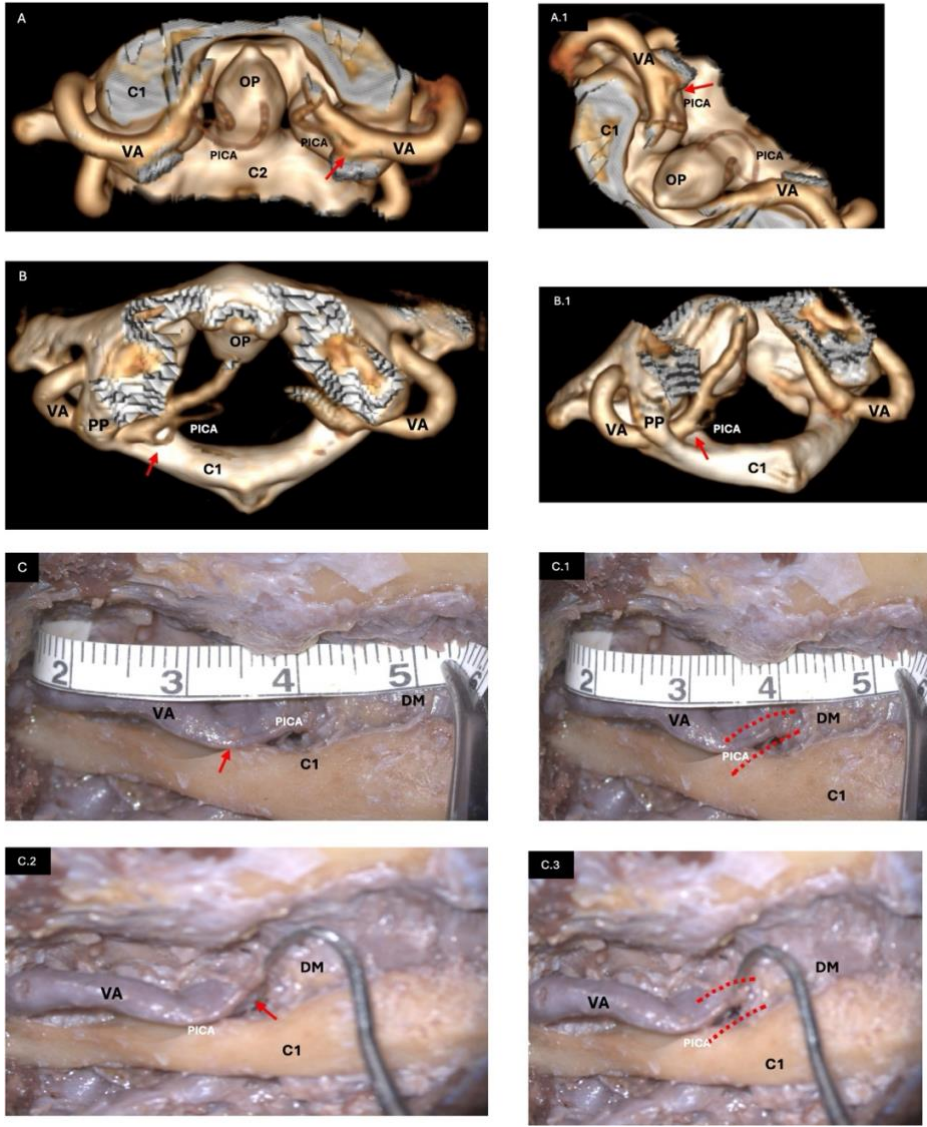
Ancak non-dominant olguların %1.4'ünde (n=5) ed-PICA gözlenirken, VAD olguların %8.3'ünde (n=3) görülmüş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(1)}=7.668$; $p=0.03$). Bununla birlikte PP-PL atlas varyasyonu olan olguların %6.7'sinde (n=5) ed-PICA gözlenirken, olmayanların %0.9'unda (n=3) ed-PICA gözlenmiş, bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(1)}=10.256$; $p=0.01$).

Tablo 5. Ekstradural PICA (ed-PICA) varyasyonunun diğer parametrelerle karşılaştırılması

		Cinsiyet		Toplam	χ^2	Sd	p
		kadın	erkek				
ed-PICA	N	5	3	8	0.510	1	0.72*
	Cinsiyet içinde (%)	2.5	1.5	2.0			
		Taraf		Toplam	χ^2	Sd	p
		sol	sağ				
ed-PICA	N	5	3	8	0.510	1	0.72*
	Taraf içinde (%)	2.5	1.5				
		Domianatlık		Toplam	χ^2	Sd	p
		non-dominant	VAD				
ed-PICA	N	5	3	8	7.668	1	0.03**
	Dominantlık içinde (%)	1.4	8.3	2.1			
		PP-PL		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
ed-PICA	N	3	5	8	10.256	1	0.01**
	PP-PL içinde (%)	0.9	6.7	2.0			
		SAS		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
ed-PICA	N	7	1	8	0.335	1	0.46*
	SAS içinde (%)	1.9	3.4	2.0			
*Karşılaştırılan gruplara ait beklenen değer hücrelerin %20'inden fazlasında 5'ten küçük ve beklenen en küçük değer 5'ten küçük olduğu için Fischer's Exact Test sonucu dikkate alınmıştır.							
**p<0.05							

Diseksiyon yapılan kadvraların %5'inde (n=1/20) ed-PICA varyasyonu görülmüştür.

Şekil 20'de ed-PICA gözlendiği olgulara ait 3-B BTA rekonstruksiyon ve kadavra diseksiyon görüntüleri sunulmuştur. **A'**da sağ VA'nın V3 horizontal segmentinden sulkus arteria vertebralis üzerinde ayrılan PICA görülmektedir. **B'**de sol VA'dan yine V3 horizontal segmentinde sulkus arteria vertebralis üzerinde ayrılan PICA görülmektedir. Ayrıca solda atlas komplet PP varyasyonu görülmüştür. **C'**de kadavra diseksiyonunda tespit edilmiş, sol VA, V3 horizontal segmentten sulkus arteria vertebralis üzerinde ayrılarak dura materi delen PICA görülmektedir.



Şekil 20. Ekstradural PICA varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri.

Kırmızı oklar ve kırmızı kesikli çizgi varyasyonu işaret ediyor

A: superoposterior bakış açısı, C1 posterior arkus ve C2 lamina kaldırılmış, sağ PICA VA V3 horizontal segmentten sulcus arteria vertebralis (SAV) hizasında ayrılıyor. **A.1:** superior oblik bakış açısı, sağ PICA VA V3 horizontal segmentten SAV hizasında ayrılıyor. **B:** superior bakış açısı, sol PICA VA V3 horizontal segmentten SAV hizasında ayrılıyor. Sol komplet PP görülmektedir. **B.1:** sol posterolateral bakış açısı, sol PICA VA V3 horizontal segmentten SAV hizasında ayrılıyor. Sol komplet PP görülmüyor. **C:** posterior bakış açısı, kadavra diseksiyonu, sol VA V3 horizontal segmentten ayrılıp dura matere doğru ilerleyen PICA görülmüyor. **C.1:** posterior bakış açısı, kadavra diseksiyonu, sol VA V3 horizontal segmentten ayrılıp dura matere doğru ilerleyen PICA kırmızı kesikli çizgilerle işaretlendiği görülmektedir. **C.2:** posterior bakış açısı, C1-VA kompleksi, mikroskop görüntüsü, kadavra diseksiyonu, sol VA V3 horizontal segmentten ayrılıp dura matere doğru ilerleyen PICA diseksiyon aleti ile gösterilmektedir.

C.3: posterior bakış açısı, kadavra diseksiyonu, sol VA V3 horizontal segmentten ayrılıp dura matere doğru ilerleyen diseksiyon aleti ile gösterilen PICA'nın kesikli kırmızı çizgi ile işaretlendiği görülmüyor.

PP – pontikulus postikus; C1 – atlas; C2 – aksis; DM – dura mater; OP – odontoid proçes; PICA – posterior inferior serebellar arter; VA: vetebral arter

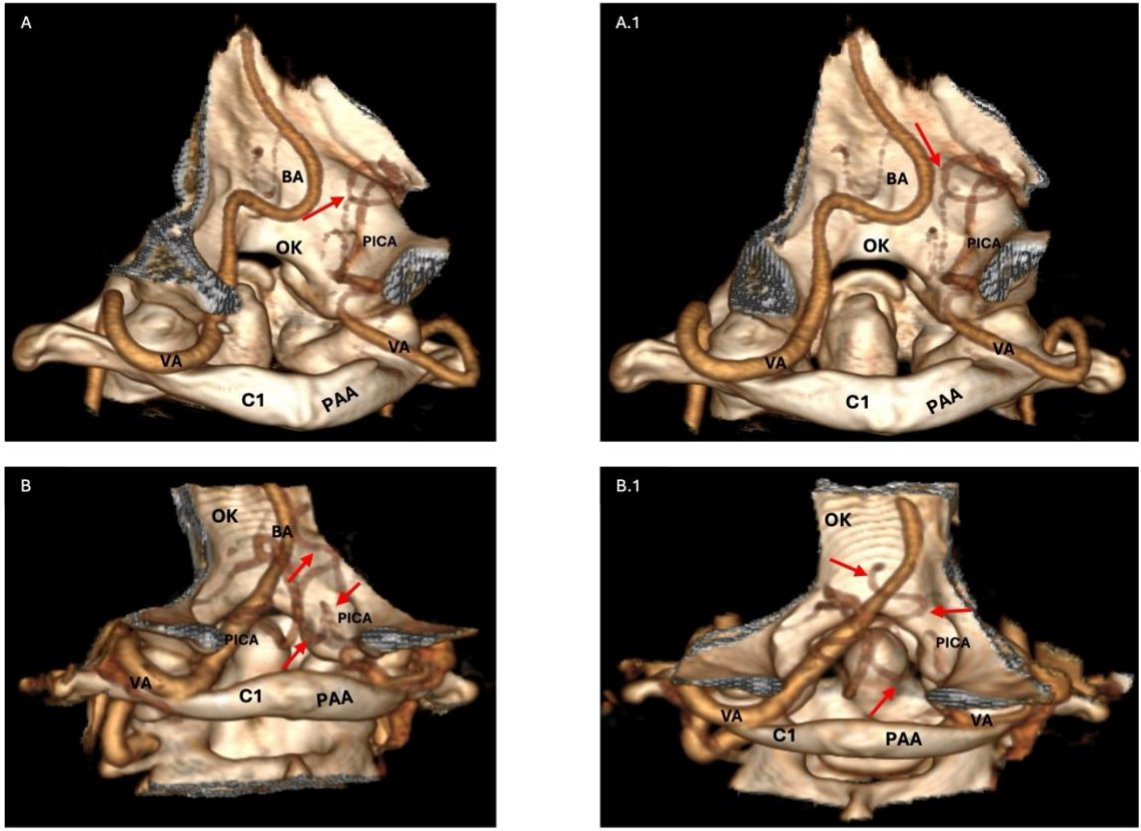
VA atrezi / V3-PICA

V3'ün PICA olarak devam edip baziler arterin oluşumuna katılmadığı (V3-PICA) varyasyonu olguların %0.5'inde (n=2/400) görülmüştür. Hiçbir bireyde bilateral görülmemiş, bireylerin %1.0'inde gözlenmiştir. Parametrenin görülme frekansı 5'ten (n=2) küçük olduğu için Fischer-Freeman-Halton Exact Testi kullanılmıştır.

Olgulardan biri kadın, diğeri erkekte görülmüş, cinsiyet açısından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($\chi^2_{(1)}=0.000$; $p=0.75$). Olguların ikisi de sağ tarafta gözlenmiş, ancak bu taraflara göre V3-PICA'nın görülmesi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmamıştır ($\chi^2_{(1)}=2.010$; $p=0.49$). PP-PL, PIFA, VA fenestrasyonu, ed-PICA, V3h-musküler dal ayrılması parametrelerinin görüldüğü hiçbir olguda V3-PICA görülmemiştir. V3-PICA'lardan biri hipoplastik V3 segmentinin (%7.1), diğeri dominant olmayan V3 segmentinin (%0.3) devamı olduğu görülmüş, yapılan Fischer-Freeman-Halton Exact Test sonucunda bu fark anlamlı bulunmamıştır ($\chi^2_{(1)}=6.720$; $p=0.08$).

Yapılan kadavra diseksiyonlarında bu varyasyon incelenmemiştir.

Şekil 21'de V3-PICA'nın gözlendiği olguların 3-B BTA rekonstruksiyon görüntüleri sunulmuştur. **A** ve **B'de** sağ VA'nın baziler artere katılmadan tek başına PICA olarak devam ettiği görülmektedir.



Şekil 21. PICA'nın V3 olarak devam ettiği varyasyonun 3-B BTA görüntüleri.

Kırmızı oklar varyasyonu işaret ediyor

A: posterior bakış açısı, sağ PICA, VA V3 horizontal segmentin devamı olarak seyrettiği, BA'ya katılmadığı görülmektedir. **A.1:** posterior bakış açısı, sağ PICA, VA V3 horizontal segmentin devamı olarak seyrettiği, BA'ya katılmadığı görülmektedir. **B:** posterior bakış açısı, sağ PICA, VA V3 horizontal segmentin devamı olarak seyrettiği, BA'ya katılmadığı görülmektedir. **B.1:** posterior bakış açısı, sağ PICA, VA V3 horizontal segmentin devamı olarak seyrettiği, BA'ya katılmadığı görülmektedir.

BA – baziler arter; C1 – atlas; OK – oksipital kemik; PAA – posterior atlantal arkus; PICA – posterior inferior serebellar arter; VA: vertebral arter

Salmon'un subokspital arteri (SAS)

SAS olguların %7.3'inde (n=29/400) görülmüştür. 200 bireyin %3.5'inde (n=7/200) bilateral olarak, toplam bireylerin %11'inde (n=22/200) gözlenmiştir.

SAS varyasyonunun cinsiyet, taraf, dominantlık, PP-PL ve ed-PICA parametrelerine göre farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için yapılan Ki-kare testi sonucu Tablo

6'da verilmiştir. Cinsiyete ($\chi^2_{(1)}=0.037$; $p=0.85$), tarafa ($\chi^2_{(1)}=0.037$; $p=0.85$), VAD'ye ($\chi^2_{(2)}=1.444$ $p=0.45$), PP-PL'ye ($\chi^2_{(1)}=0.047$; $p=0.83$) ve ed-PICA'ya ($\chi^2_{(1)}=0.335$; $p=0.46$) göre farklılık göstermediği görülmüştür. PIFA, VAF, V3-PICA varyasyonları ile birlikteliği görülmemiştir.

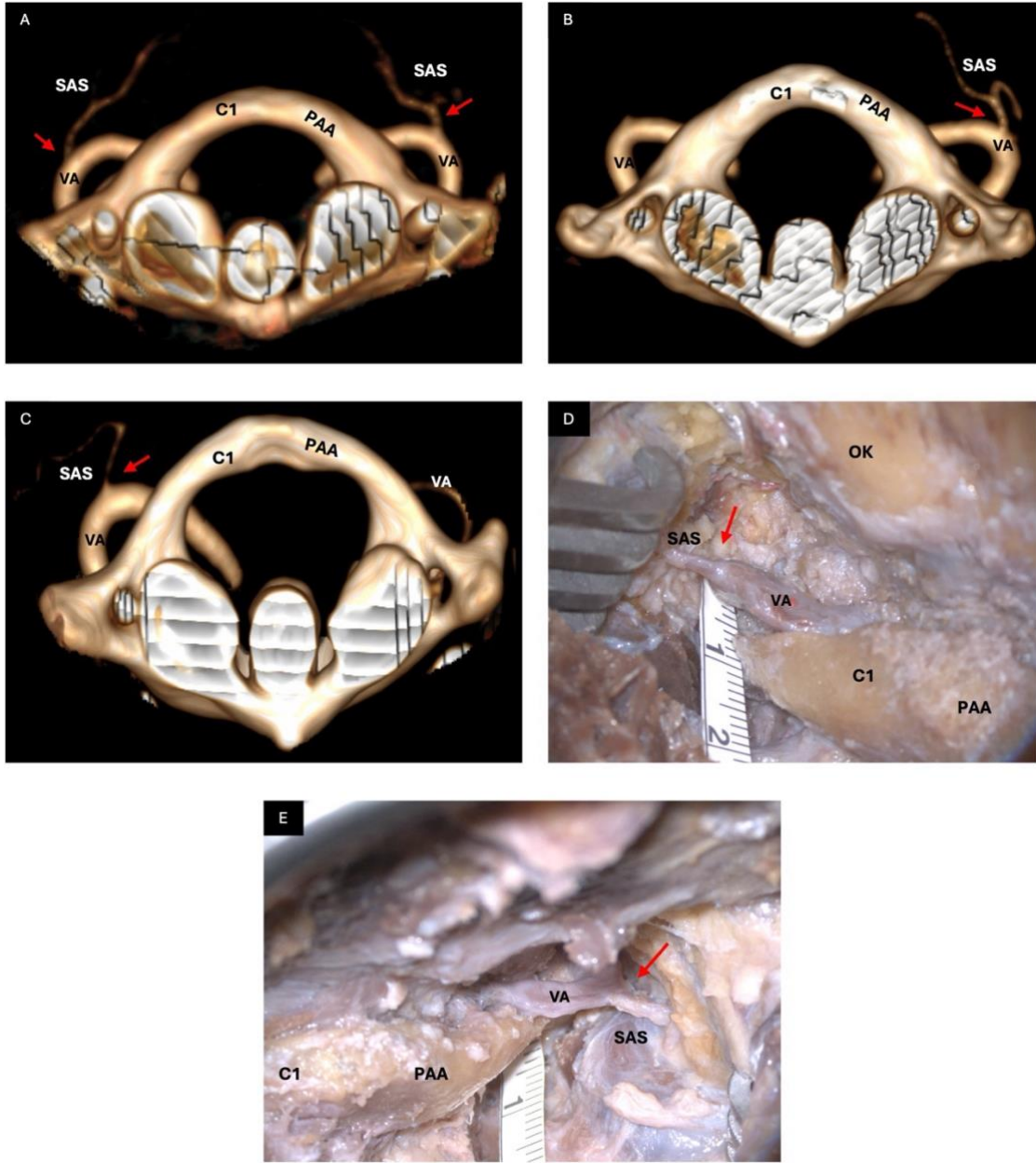
Tablo 6. SAS varyasyonunun diğer parametrelerle karşılaştırılması

		Cinsiyet		Toplam	χ^2	Sd	p	
		kadın	erkek					
SAS	n	14	15	29	0.037	1	0.85	
	Cinsiyet içinde (%)	7.0	7.5	7.3				
		Taraf		Toplam	χ^2	Sd	p	
		sol	sağ					
SAS	n	14	15	29	0.037	1	0.85	
	Taraf içinde (%)	7.0	7.5	7.3				
		Domianatlık			Toplam	χ^2	Sd	p
		non-dominant	VAD	VAH				
SAS	n	25	4	0	1.444	2	0.45*	
	Dominantlık içinde(%)	7.1	11.1	0				7.3
		PP-PL		Toplam	χ^2	Sd	p	
		yok	var					
SAS	n	24	5	29	0.047	1	0.83	
	PP-PL içinde (%)	7.4	6.7	7.3				
		Ed-PICA		Toplam	χ^2	Sd	p	
		yok	var					
SAS	n	28	1	29	0.335	1	0.46*	
	Ed-PICA içinde (%)	7.1	12.5	7.3				

*Karşılaştırılan gruplara ait beklenen değer hücrelerin %20'inden fazlasında 5'ten küçük ve beklenen en küçük değer 5'ten küçük olduğu için Fischer's Exact Test sonucu dikkate alınmıştır.
** $p<0.05$

Diseksiyon yapılan 20 tarafın %25'inde (n=5/20) SAS varyasyonu görülmüş, n=2 (%20) kadavrada bilateral olarak rastlanmıştır.

Şekil 22'de SAS gözlendiği olgulara ait örnek 3-B BTA rekonstruksiyon ve kadavra diseksiyon görüntüleri sunulmuştur. **A'**da bilateral SAS görülmüş; **B'**de sağ, **C'**de sol SAS görülmüştür. Kadavra diseksiyonunda tespit edilen **D'**de sol, **E'**de sağ VA V3 horizontal segmentten ayrılarak derin boyun kasına penetre olan musküler dal görülmüştür.



Şekil 22. SAS varyasyonunun 3-B BTA ve kadavra görüntüleri.

Kırmızı oklar varyasyonu işaret ediyor

A: inferior bakış açısı, her iki VA V3 horizontal segmentten ayrılan musküler dal görülmektedir. **B:** inferior bakış açısı, sağ VA V3 horizontal segmentten ayrılan musküler dal görülmektedir. **C:** inferior bakış açısı, sol VA V3 horizontal segmentten ayrılan musküler dal görülmektedir. **D:** posterior bakış açısı, mikroskop görüntüsü, sol VA V3 horizontal segmentten ayrılan musküler dal görülmektedir. **E:** posterior bakış açısı, mikroskop görüntüsü, sağ VA V3 horizontal segmentten ayrılan musküler dal görülmektedir. C1 – atlas; SAS – V3 horizontal segmentten ayrılan musküler dal; OK – oksipital kemik; PAA – posterior atlantal arkus; PICA – posterior inferior serebellar arter; VA: vertebral arter

Dominant – hipoplastik vertebral arter (VAD – VAH)

Bireylerin %18'inde (n=36/200) VA dominantlığı bulunduğu, %11.5'inde (n=23/200) sol dominant, %6.5'inde (n=13) sağ dominant, %82'sinde (n=164) non-dominant olduğu görülmüştür. Bireylerin %7.5'inde (n=15) VAH görülmüş, % 4.0'ünde (n=8/200) solda, %3.5'inde (n=7/200) sağda olduğu görülmüştür.

VA üzerinden değerlendirildiğinde (n=400), %9.5 (n=36/400) dominant, %87.5 (n=350/400) non-dominant, %3.5 (n=14) ise hipoplastik olduğu görülmüştür. Diğer parametrelere göre VA dominantlığının farklılık gösterip göstermediğini incelemek için yapılan Ki-kare analizi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. VA dominantlığının diğer parametrelerle karşılaştırılması

		Cinsiyet		Toplam	χ^2	Sd	p
		kadın	erkek				
VAD	n	14	22	36	2.349	1	0.31
	Cinsiyet içinde (%)	7.0	11.0	9.0			
VAH	n	6	8	14			
	Cinsiyet içinde (%)	3.0	4.0	3.5			
Taraf							
		Taraf		Toplam	χ^2	Sd	p
		sol	sağ				
VAD	n	23	13	35	3.063	2	0.22
	Taraf içinde (%)	11.5	6.5	9.0			
VAH	n	7	7	14			
	Taraf içinde (%)	3.5	3.5	3.5			
PP-PL							
		PP-PL		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
VAD	n	24	12	36	5.523	1	0.02**
	PP-PL içinde (%)	7.4	16.0	9.0			
VAH + non-dominant	n	301	63	364			
	PP-PL içinde (%)	92.6	84.0	91.0			
PP-PL							
		PP-PL		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
VAH	n	8	6	14	5.534	1	0.03**
	PP-PL içinde (%)	2.5	8.0	3.5			
VAD + non-dominant	n	317	69	386			
	PP-PL içinde (%)	97.5	92.0	96.5			
PIFA							
		PIFA		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
Hipoplastik	n	13	1	14	27.641	1	0.04**
	PIFA içinde (%)	3.3	100.0	96.5			
VAD + non-dominant	n	386	0	386			
	PIFA içinde (%)	96.7	0	3.5			
ed-PICA							
		ed-PICA		Toplam	χ^2	Sd	p
		yok	var				
VAD	n	33	3	36	8.096	1	0.03**
	ed-PICA içinde (%)	8.7	37.5	9.3			
VAH + non-dominant	n	359	5	364			
	ed-PICA içinde (%)	91.6	62.5	91.0			
*Karşılaştırılan gruplara ait beklenen değer hücrelerin %20'inden fazlasında 5'ten küçük ve beklenen en küçük değer 5'ten küçük olduğu için Fischer's Exact Test sonucu dikkate alınmıştır. **p<0.05							

VAD'nin cinsiyet ($\chi^2_{(1)}=2.349$; $p=0.31$) ve taraflara ($\chi^2_{(2)}=3.063$; $p=0.22$) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği bulunmuştur.

VAD'nin atlas PP-PL varyasyonuna göre farklılık gösterip göstermediği incelendiğinde; PP-PL varyasyonu olan olgular, olmayanla ile kıyaslandığında VA dominantlığı %9.8 oranında daha fazla görülmüş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(2)}=6.462$; $p=0.01$).

PİFA varyasyonuna göre VA dominantlığının farklılık gösterip göstermediği Fischer-Freeman-Halton Exact Testi ile analiz edildiğinde, PİFA'nın görülmüş olduğu bir olgunun aynı zamanda hipoplastik olması bu durumu istatistiksel olarak anlamlı hale getirmiştir ($\chi^2_{(2)}=8.928$; $p=0.04$).

Ayrıca, ed-PICA varyasyonuna göre farklılık gösterip göstermediğini incelendiğinde hipoplastik hiçbir V3 segmentinden ed-PICA çıkmadığı, dominantlık oranı ed-PICA olmayan olgularda %8.7 (n=33), ed-PICA olan olgularda ise %35.7 (n=3) olarak bulunmuş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2_{(1)}=7.668$; $p=0.03$).

Atlas – V3 segment varyasyon ilişkisi

Olguların %21'de (n=84/400) herhangi bir V3 segment varyasyonu görülürken, %21.5'inde (n=86) herhangi bir atlas varyasyonu görülmüş. V3 segment varyasyonlarının atlas varyasyonlarına göre farklılık gösterip göstermediğini değerlendirmek için yapılan Ki-kare analizinde elde edilen veriler Tablo 8'de verilmiştir. Görüldüğü üzere atlas varyasyonu olan olgularda V3 segment varyasyonu % 30.2 oranında görülürken, atlas varyasyonu olmayanlarda %18.5 oranında görülmekte, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Bir başka şekilde ifade etsek, atlas varyasyonunun bulunması V3 segment varyasyon görülmesini anlamlı olarak arttırmaktadır.

Tablo 8. Herhangi V3 segment varyasyonunun atlas varyasyonları ile karşılaştırılması

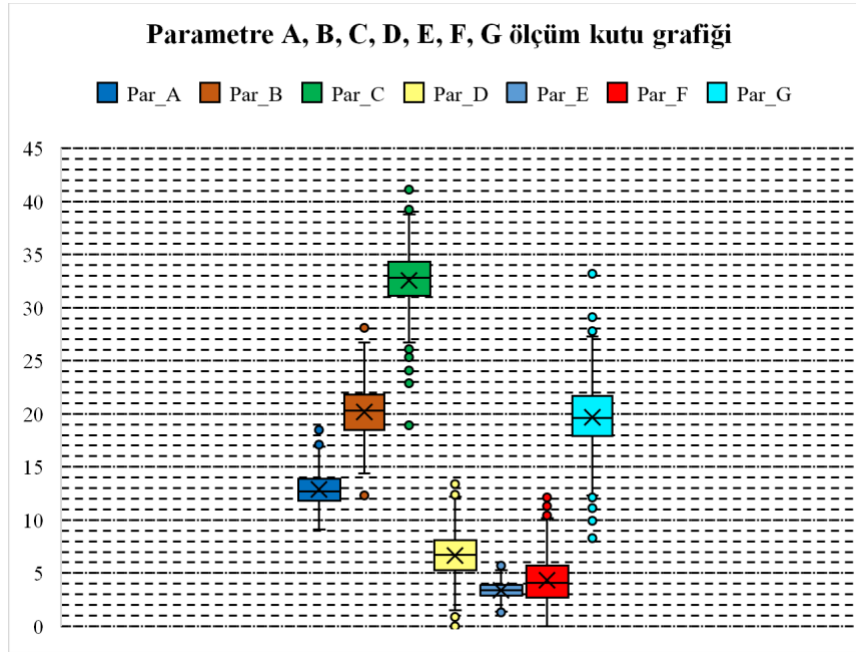
		Herhangi atlas varyasyonu		Toplam	χ^2	Sd	<i>p</i>
		yok	var				
Herhangi V3 segment varyasyonu	n	256	60	316	5.629	1	0.02**
	Atlas varyasyonu içinde (%)	81.5	69.8	79.0			
	n	58	26	84			
	Atlas varyasyonu içinde (%)	18.5	30.2	21.0			
**<i>p</i><0.05							

4.2. Niceliksel Verilerin Analiz Sonuçları

BTA görüntülerinin 3 boyutlu rekonstruksiyonu üzerinden yapılan morfometrik ölçümlerle elde edilen sürekli değişkenlerin tanımlayıcı analizi Tablo 9'da ve Şekil 23'de sunulmuştur.

Tablo 9. V3 segmenti morfometrik ölçümlerin tanımlayıcı analizi

	n	Min. (mm)	Maksimum (mm)	Ort. (mm)	S
Parametre A	399	9,10	18,90	12,86	1,62
Parametre B	399	12,30	28,10	20,17	2,34
Parametre C	399	18,90	41,10	32,56	2,66
Parametre D	399	0,00	13,4	6,65	2,16
Parametre E - VA çapı	400	1,30	6,10	3,42	0,76
Parametre F	399	0,00	12,10	4,34	2,26
Parametre G	399	8,30	33,20	19,67	3,21



Şekil 23. Parametre A, B, C, D, E, F, G'nin ölçüm dağılımı kutu grafiği

Parametre A, B, C, D, E, F, G sürekli değişkenlerinin normal dağılım açısından değerlendirilmesi için yapılan “Basıklık-Çarpıklık (Skewness – Kurtosis)” analizinde elde edilen değerlerin “-2 ila +2” arasında olduğu görölerek, normal dağılımlı sürekli değişkenler için uygun olan istatistiksel analizler kullanılmıştır.

Parametre A

Parametre A olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin atlas posterior arkustaki sulkus arteria vertebralis üzerindeki kısmının, posterior arkusun iç kenarı ile kesişim noktasının orta hatta olan uzaklığı ortalama olarak 12.86 ± 1.62 mm (min.- 9.10 mm, max. – 18.90 mm) olarak ölçülmüştür. Parametre A değer ortalamasının cinsiyet, taraf ve ed-PICA varyasyonuna göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan ilişkisiz değişkenler t-testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Parametre A’nın cinsiyet, taraf ve ed-PICA varyasyonuna göre incelenmesi

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre A	kadın	199	12.65	1.58	-2.620	397	0.01*
	erkek	200	13.07	1.63			
	Taraf	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre A	sol	199	12.77	1.57	-1.20	397	0.23
	sağ	200	12.96	1.66			
	ed-PICA	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre A	yok	391	12.87	1.63	0.421	397	0.67
	var	8	12.63	1.06			

* $p < 0.05$

Tablo 10’da görüldüğü üzere kadın ve erkek arasında parametre A ölçüm değerinde anlamlı fark bulunmuştur ($t_{(397)} = -2.620$; $p = 0.01$). Parametre A değeri erkeklerde ($\bar{x} = 13.07$), kadınlardan ($\bar{x} = 12.65$) anlamlı olarak yüksek ölçülmüştür.

Bunun yanında parametre A değerlerinin taraf ($t_{(397)} = -1.20$; $p = 0.23$) ve ed-PICA’ya göre ($t_{(397)} = 0.421$; $p = 0.67$) benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Parametre A değerlerinin PP-PL varyasyonuna göre farklılık gösterip göstermediği için yapılan tek yönlü ANOVA’ya göre sonuçların benzer olduğu, farklılık olmadığı görülmüştür ($F_{(4,394)} = 1.372$; $p = 0.24$).

Parametre B

Parametre B olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin atlas posterior arkustaki sulkus arteria vertebralis üzerindeki kısmının, posterior arkusun dış kenarı ile kesişim noktasının orta hatta olan uzaklığı ortalama olarak 20.17 ± 2.34 mm (min.- 12.30 mm, max. – 28.10 mm) olarak ölçülmüştür. Parametre B değer ortalamasının cinsiyet, taraf, SAS ve ed-PICA varyasyonuna göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan ilişkisiz değişkenler t-testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Parametre B’nin cinsiyet, taraf, SAS ve ed-PICA varyasyonuna göre karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre B	kadın	199	20.15	2.34	-0.16	397	0.87
	erkek	200	20.19	2.34			
	Taraf	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre B	sol	199	19.70	2.27	-4.05	397	<0.001*
	sağ	200	20.63	2.31			
	SAS	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre B	yok	370	20.20	2.36	1.17	397	0.24
	var	29	19.68	1.98			
	ed-PICA	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre B	yok	391	20.17	2.34	0.29	397	0.77
	var	8	19.93	2.52			

* $p < 0.05$

Tablo 11’de görüldüğü üzere parametre B değer ortalamaları cinsiyet ($t_{(397)} = -0.16$; $p = 0.87$), SAS ($t_{(397)} = 1.17$; $p = 0.24$) ve ed-PICA ($t_{(397)} = 0.29$; $p = 0.77$) değişkenleri arasında anlamlı farklılık göstermemiş, ancak taraflar arasında yapılan karşılaştırmada sağ taraf ($\bar{x} = 20.63$) ile sol taraf ($\bar{x} = 19.70$) arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($t_{(397)} = -4.05$; $p < 0.001$).

Parametre B değerleri atlas PP-PL varyasyonuna göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için yapılan tek yönlü ANOVA sonucu elde edilen veriler Tablo 12’de gösterilmiştir. Yapılan tek yönlü ANOVA ile elde edilen sonuçlara göre

komple PP olan olguların parametre B değeri, varyasyon olmayan ve PL varyasyonu olan olgulardan anlamlı olarak farklı, yüksek, bulunmuştur.

Tablo 12. Parametre B'nin atlas PP-PL varyasyonuna göre karşılaştırılması

		n	Ort.	s	varyans	Kareler Top.	Sd	Kareler Ort.	F	p	Fark
Parametre B	Yok (1)	325	19.97	2.35	Gruplar arası	135.21	4.00	33.80	6.54	<0.01	2>1 2>4
	Komplet PP (2)	37	21.82	1.73							
	İnkomplet PP (3)	25	20.33	2.16							
	PL (4)	8	19.03	2.00	Gruplar içi	2037.08	394.00	5.17			
	Komplet PP ve PL (5)	4	21.83	0.90							
	Total	399	20.17	2.35	Toplam	2172.29	398.00				

$p<0.05$

Bu sonuca göre parametre B değerleri PP-PL varyasyonuna göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($F_{(4,394)}=6.54$; $p<0.01$). Farkın hangi alt gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan “Hochberg” çoklu karşılaştırma (post-hoc) testi sonucunda farkın PP-PL varyasyonu olmayanlar ($\bar{x}=19.97$) ile komplet PP olanlar ($\bar{x}=21.82$) ($p<0.001$) ve PL varyasyonu olanlar ($\bar{x}=19.03$) ile komplet PP olanlar ($\bar{x}=21.82$) arasında ($p=0.02$) olduğu görülmüştür.

Parametre C

Parametre C olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin en lateral noktasının orta hatta olan uzaklığı ortalama olarak 32.56 ± 2.66 mm (min.- 18.90 mm, max. – 41.10 mm) olarak ölçülmüştür. Parametre C değer ortalamasının cinsiyet, taraf, VAF ve V3-PICA varyasyonlarına göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan ilişkisiz değişkenler t-testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Parametre C'nin cinsiyet, taraf , VA fenestrasyonu, V3-PICA varyasyonuna göre karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre C	kadın	199	31.79	2.58	-6.03	397	<0.001*
	erkek	200	33.33	2.51			
	Taraf	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre C	sol	199	32.70	2.58	1.03	397	0.31
	sağ	200	32.43	2.73			
	VAF	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre C	yok	395	32.54	2.66	-1.73	397	0.08
	var	4	34.85	0.76			
	V3-PICA	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre C	yok	397	32.56	2.66	-0.07	397	0.94
	var	2	32.70	0.14			

* $p < 0.05$

Tablo 13'de görüldüğü üzere parametre C değerleri cinsiyet arasında anlamlı farklılık göstermiş ($t_{(397)} = -0.63$; $p < 0.001$), erkeklerin ($\bar{x} = 33.33$) ortalaması kadınlardan ($\bar{x} = 31.79$) anlamlı olarak yüksek sonuçlanmıştır. Ancak taraflar ($t_{(397)} = 1.03$; $p = 0.31$), VAF ($t_{(397)} = -1.73$; $p = 0.08$) ve V3-PICA ($t_{(397)} = -0.07$; $p = 0.94$) değişkenlerine göre parametre C değerleri benzer sonuçlanmıştır.

Parametre C değerleri VA dominantlığına göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için yapılan tek yönlü ANOVA sonucu elde edilen veriler Tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 14. Parametre C'nin VA dominantlığına göre karşılaştırılması

		n	Ort.	s	varyans	Kareler Top.	Sd	Kareler Ort.	F	p	Fark
Parametre C	Non-dominant (1)	350	32.67	2.51	Gruplar arası	96.61	2	48.30	7.05	<0.001*	1>3
	VAD (2)	36	32.48	3.68	Gruplar içi	2713.06	396	6.85			2>3
	VAH (3)	13	29.90	1.87							
	Toplam	399	32.56	2.66	Toplam	2809.66	398				

* $p < 0.05$

Yapılan tek yönlü ANOVA ile elde edilen sonuçlara göre parametre C değerleri VA dominantlığına göre anlamlı farklılık göstermiştir ($F_{(2,394)} = 7.05$; $p < 0.001$). Farkın hangi alt gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan "Games-Howel" çoklu karşılaştırma

(post-hoc) testi sonucunda parametre C değerinin hipoplastik VA'da dominant VA'dan ($p=0.01$), hem de dominant olmayan VA'dan ($p<0.001$) anlamlı olarak daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yine parametre C değerinin atlas PP-PL varyasyonuna göre yapılan karşılaştırılmasında varyasyon alt grupları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($F_{(4,394)}=1.99$; $p=0.10$).

Parametre D

Parametre D olarak tarif ettiğimiz, vertebral arter V3 horizontal segmentinin atlas üzerindeki posterolateral protrüzyonunun tepe noktasının atlas posterior arkusuna olan dik mesafesi ortalama olarak 6.65 ± 2.16 mm (min.- 0.00 mm, max. – 13.4 mm) llmüştir. Parametre D değer ortalamasının cinsiyet, taraf, 60 yaş üstü ve altına göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan ilişkisiz değişkenler t-testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15. Parametre D'nin cinsiyet, taraf, 60 yaş üstü ve altına göre karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre D	kadın	199	6.70	2.01	0.46	397	0.64
	erkek	200	6.60	2.29			
	Taraf	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre D	sol	199	6.77	2.11	1.11	397	0.27
	sağ	200	6.53	2.20			
	60 yaş	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre D	altı	319	6.59	2.08	-1.13	397	0.26
	üstü	80	6.89	2.44			

* $p<0.05$

Tablo 15'de görüldüğü üzere parametre D değerleri cinsiyet ($t_{(397)}=0.46$; $p=0.64$), taraf ($t_{(397)}=1.11$; $p=0.27$) ve 60 yaş üstü ve altına göre ($t_{(397)}=-1.13$; $p=0.26$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir.

Parametre D değerleri VA dominantlığına göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için yapılan tek yönlü ANOVA sonucu elde edilen veriler Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. Parametre D'nin VA dominantlığına göre karşılaştırılması

		n	Ort.	s	varyans	Kareler Top.	Sd	Kareler Ort.	F	p	Fark
Parametre D	Non-dominant (1)	350	6.62	2.10	Gruplar arası	82.81	2	41.40	9.27	<0.001*	2>1
	VAD (2)	36	7.66	2.15	Gruplar içi	1768.35	396	4.47			2>3>1
	VAH (3)	13	4.77	2.47							
	Toplam	399	6.65	2.16	Toplam	1851.16	398				1>3

*p<0.05

Yapılan tek yönlü ANOVA ile elde edilen sonuçlara göre parametre D değerleri VA dominantlığına göre anlamlı farklılık göstermiştir ($F_{(2,396)}=9.27$; $p<0.001$). Farkın hangi alt gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan “Hochberg” çoklu karşılaştırma (post-hoc) testi sonucunda VAD'deki parametre D değerinin hem VAH'den ($p<0.001$), hem de non-dominant VA'dan ($p=0.02$); ayrıca non-dominant VA parametre D değerinin VAH'den ($p=0.01$) anlamlı olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Yine parametre D değerinin atlas PP-PL varyasyonuna göre yapılan karşılaştırılmasında varyasyon alt grupları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($F_{(4,394)}=0.59$; $p=0.67$).

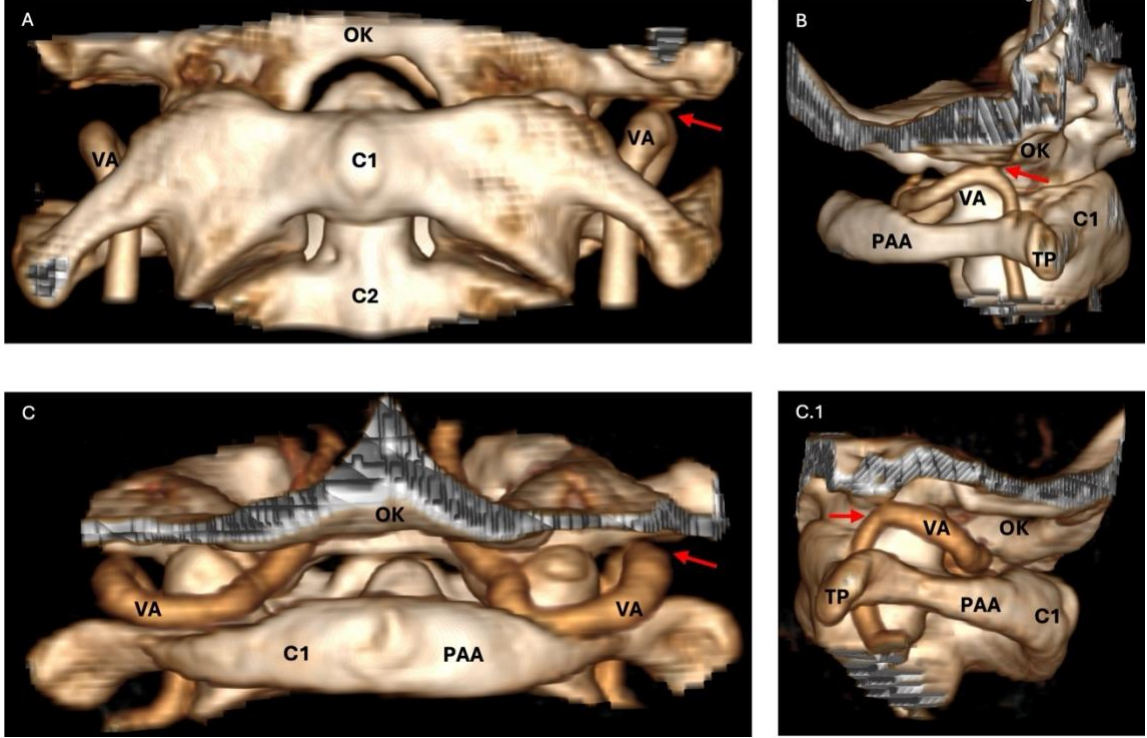
Parametre E

Parametre E olarak tarif edilen VA V3 segment çapı ortalama 3.42 ± 0.76 mm (min.- 1.30 mm, max. – 6.10 mm) olarak ölçülmüştür. Kadınlarda ortalama 3.39 ± 0.71 mm, erkeklerde 3.45 ± 0.81 mm, solda 3.48 ± 0.72 mm, sağda 3.36 ± 0.8 mm olarak sonuçlanmıştır. Cinsiyet arasında ($t_{(398)}=-0.73$; $p=0.47$) ve taraflar arasında ($t_{(398)}=1.56$; $p=0.12$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir.

Parametre F

Parametre F olarak tarif edilen VA V3 segmentinin C1 transvers forameninden çıkarak vertikal-horizontal geçiş noktasının suboksipital kemiğe olan vertikal uzaklığı ortalama olarak 4.34 ± 2.26 mm (min.- 0.00 mm, max. – 12.10 mm) olarak ölçülmüştür. 8 olguda (%2.0) parametre F değeri sıfır olarak, ek olarak 5 olguda (%1.4) parametre F değeri <1mm ölçülmüştür. Şekil 24'te VA V3 segment vertikal-horizontal geçiş noktasının

subokspital kemiğe temas ettiği olgulara örnek olarak 3-B BTA rekonstrüksiyon görüntüsü sunulmuştur. **A**'da sol, **B**'de sağ, **C**'de sol V3 segmentin subokspital kemiğe temas ettiği görülmüştür.

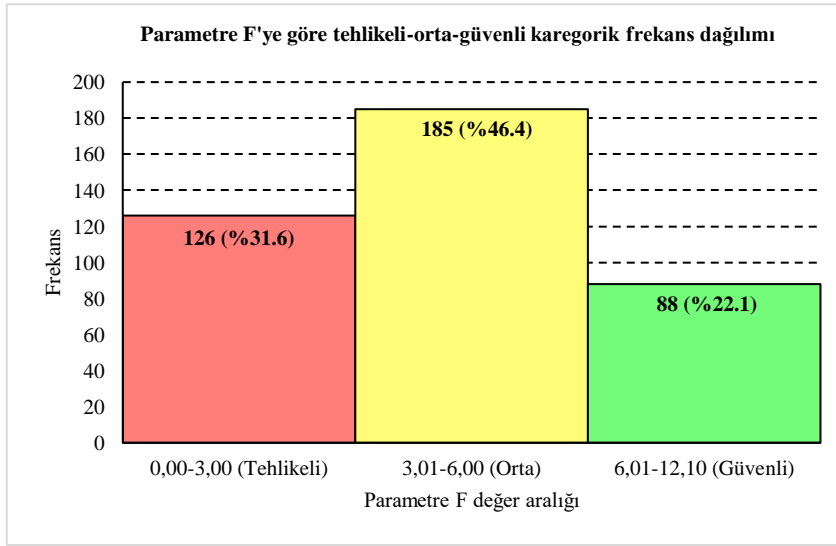


Şekil 24. Parametre F'nin sıfır olduğu örnek olgu 3-B BTA görüntüleri.

Kırmızı oklar patolojiyi işaret ediyor

A: anterior bakış açısı, sol VA vertikal-horizontal geçiş bölgesi skuamöz oksipital kemiğe temas ettiği görülmektedir. **B:** sağ lateral bakış açısıyla OK-C1-VA kompleksi, 3-B BTA rekonstrüksiyon görüntüsü, sağ VA vertikal-horizontal geçiş bölgesi skuamöz oksipital kemiğe temas ettiği görülmektedir. **C:** : posterior bakış açısıyla OK-C1-VA kompleksi, 3-B BTA rekonstrüksiyon görüntüsü, sol VA vertikal-horizontal geçiş bölgesi skuamöz oksipital kemiğe temas ettiği görülmektedir. **C.1:** sol lateral bakış açısıyla OK-C1-VA kompleksi, 3-B BTA rekonstrüksiyon görüntüsü, sağ VA vertikal-horizontal geçiş bölgesi skuamöz oksipital kemiğe temas ettiği. C1 – atlas; C2 – aksis; OK – oksipital kemik; PAA – posterior atlantal arkus; TP – transvers proçes; VA: vetebral arter

Parametre F sürekli değişkeni üzerinde şu şekilde bir kategorik sınıflama yapılmış, ona göre yeni analizler gerçekleştirilmiştir. Parametre F değeri dağılımında %25'e denk gelen değer 2.7, %75'e denk gelen değer 5.7 olduğu görülmüş, bu değerler yuvarlanarak iki sınır belirlenmiştir. <3.00 mm olanlar "tehlíkeli", 3.01 – 6.00 aralığındaki değerler "orta", >6.01 olanlar ise "güvenli" olarak kabul edilmiştir. Bu sınıflamaya göre oluşturulan yeni parametrenin frekans analizinde olguların %31.6'i (n=126) – tehlikeli, %46.4' (n=185) – orta, %22.1'i (n=88) ise güvenli olarak bulunmuştur (şekil 25).



şekil 25. Parametre F'ye göre "tehlíkeli-orta-güvenli" kategorik frekans dağılımı

Parametre F değer ortalamasının cinsiyet, taraf, 60 yaş üstü ve altına göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan ilişkisiz değişkenler t-testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Parametre F'nin cinsiyet, taraf, 60 yaş üstü ve altına göre karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre F	kadın	199	4.26	2.12	-0.72	391.69	0.47
	erkek	200	4.43	2.40			
	Taraf	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre F	sol	199	4.59	2.25	-2.18	397	0.03*
	sağ	200	4.10	2.26			
	60 yaş	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre F	altı	319	4.40	2.26	1.08	397	0.28
	üstü	80	4.10	2.27			

* $p < 0.05$

Tablo 17'de görüldüğü üzere parametre F değerleri cinsiyet ($t_{(391.69)} = -0.72$; $p = 0.47$) ve 60 yaş üstü ve altına göre ($t_{(397)} = 1.08$; $p = 0.28$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiş, ancak sol taraf ($\bar{x} = 4.59$) ile sağ taraf ($\bar{x} = 4.10$) arasındaki taraf istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t_{(397)} = -2.18$; $p = 0.03$).

Parametre F değerleri VAD ve PP-PL varyasyonlarına göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için yapılan tek yönlü ANOVA sonucu elde edilen veriler Tablo 18'de gösterilmiştir.

Yapılan tek yönlü ANOVA ile elde edilen sonuçlara göre parametre F değerleri VA dominantlığına göre anlamlı farklılık göstermemiş, ancak anlamlılık sınırına oldukça yaklaşmıştır ($F_{(2,396)} = 2.89$; $p = 0.06$). Parametre F değer ortalaması en yüksek hipoplastik VA'da ($\bar{x} = 5.55$), en küçük dominant VA'da ($\bar{x} = 3.81$) olsa da bu fark anlamlı bulunmamıştır.

Ancak PP-PL varyasyonuna göre yapılan karşılaştırmada parametre F değerleri arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($F_{(4,394)} = 8.50$; $p < 0.001$). Farkın hangi alt gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan "Hochberg" çoklu karşılaştırma (post-hoc) testi sonucunda komplet PP ($\bar{x} = 5.43$) ile varyasyon olmayanlar ($\bar{x} = 4.16$) arasında anlamlı fark bulunduğu ($p = 0.01$); komplet PP ve PL ($\bar{x} = 9.53$) ile diğer tüm alt tipler arasında anlamlı derecede farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.001$).

Tablo 18. Parametre F'nin VA dominantlığı ve PP-PL varyasyonuna göre karşılaştırılması

		n	Ort.	s	varyans	Kareler Top.	Sd	Kareler Ort.	F	p	Fark
Parametre F	Non-dominant (1)	350	4.35	2.28	Gruplar arası	29.39	2	14.70	2.89	0.06	
	VAD (2)	36	3.81	1.95	Gruplar içi	2011.53	396	5.08			
	VAH (3)	13	5.55	2.36							
	Toplam	399	4.34	2.26	Toplam	2040.92	398				
		n	Ort.	s	varyans	Kareler Top.	Sd	Kareler Ort.	F	p	Fark
Parametre F	Yok (1)	325	4.16	2.18	Gruplar arası	162.04	4.00	40.51	8.50	<0.001*	5>2>1=3=4
	Komplet PP (2)	37	5.43	2.60							
	İnkomplet PP (3)	25	4.36	1.62							
	PL (4)	8	4.18	1.90	Gruplar içi	1878.88	394.00	4.77			
	Komplet PP ve PL (5)	4	9.53	1.27							
	Total	399	4.34	2.26					Toplam	2040.92	

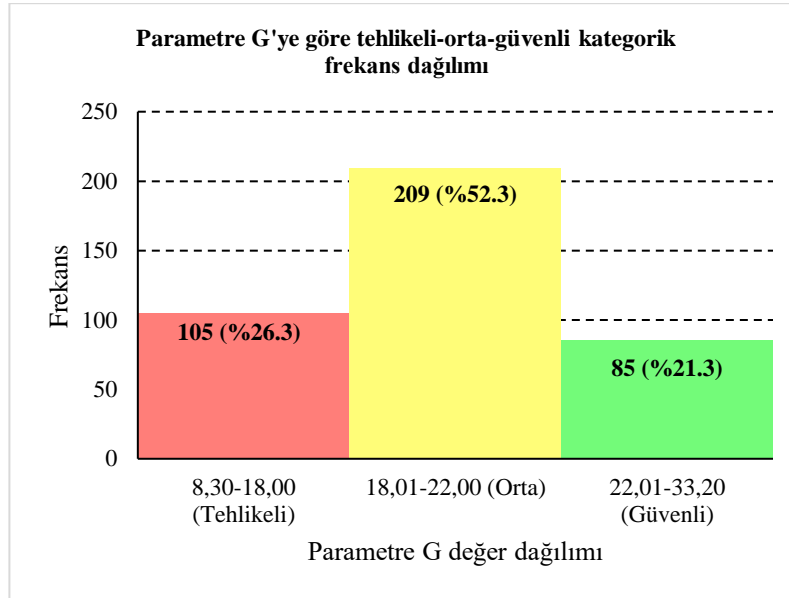
* $p<0.05$

Parametre G

Parametre G olarak tarif edilen vertebral arter V3 horizontal segment posterolateral protrüzyonunun tepe noktasının mastoid proçese olan horizontal uzaklığı ortalama olarak 19.67 ± 3.21 mm (min.- 8.30 mm, max. – 33.20 mm) olarak ölçülmüştür.

Parametre G sürekli değişkeni üzerinde şu şekilde bir kategorik sınıflama yapılmış, ona göre yeni analizler gerçekleştirilmiştir. Parametre G değeri dağılımında %25'e denk gelen değer 17.90, %75'e denk gelen değer 21.70 olduğu görülmüş, bu değerler yuvarlanarak iki sınır belirlenmiştir. <18.00 mm olanlar "tehlikeli", 18.01 – 22.00 aralığındaki değerler "orta", >22.01 olanlar ise "güvenli" olarak kabul edilmiştir. Bu sınıflamaya göre oluşturulan yeni parametrenin frekans analizinde olguların %26.3'ü

(n=105) – tehlikeli, %52.3’ü (n=209) – orta, %21.3’ü (n=85) ise güvenli olarak bulunmuştur (Şekil 25).



Şekil 26. Parametre G'ye göre “tehlikeli-orta-güvenli” kategorik frekans dağılımı

Parametre G değer ortalamasının cinsiyet, taraf, 60 yaş üstü ve altına göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yapılan ilişkisiz değişkenler t-testi sonucunda ulaşılan bulgular Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Parametre G'nin cinsiyet, taraf, 60 yaş üstü ve altına göre karşılaştırılması

	Cinsiyet	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre G	kadın	199	18.78	3.01	-5.70	397	<0.001*
	erkek	200	20.55	3.18			
	Taraf	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre F	sol	199	19.44	3.21	-1.40	397	0.16
	sağ	200	19.89	3.21			
	60 yaş	n	Ort.	s	t	Sd	p
Parametre F	altı	319	19.62	3.32	-0.65	397	0.52
	üstü	80	19.88	2.77			

* $p < 0.05$

Tablo 19’de görüldüğü üzere parametre G değerlerinin erkeklerle ($\bar{x}=20.55$) kadınlar ($\bar{x}=18.78$) arasındaki farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t_{(397)}=-5.70$; $p < 0.001$).

Ancak taraf ($t_{(397)}=-1.40$; $p=0.16$) ve 60 yaş üstü ve altına göre ($t_{(397)}=-0.65$; $p=0.52$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Yapılan tek yönlü ANOVA ile elde edilen sonuçlara göre parametre G değerleri VA dominantlığına göre anlamlı farklılık göstermemiştir ($F_{(2,396)}=1.785$; $p=0.17$). Ancak PP-PL varyasyonuna göre yapılan analizde PP-PL varyasyonuna göre farklılık gösterdiği görülse de, alt gruplar arası farklılık saptanmamıştır ($F_{(4,394)}=2.667$; $p=0.03$).

5. TARTIŞMA

Kraniyovertebral bileşkenin kompleks anatomisi, kemik ve vasküler yapıların birbiri ile olan ilişkisi, hem kemik, hem vasküler yapılarda azımsanmayacak sıklıkta varyasyonların görülmesi, bu bölgeyi güvenli girişim açısından zor hale getirmektedir. Beyin sapı, serebellum ve üst servikal spinal kordun fonksiyonları dikkate alındığı zaman bu bölgedeki neoplastik, vasküler, travmatik, konjenital, iatrojenik patolojiler çoğunlukla nöroşirürjikal girişim gerektirmektedir. Uygulanan cerrahi, endovasküler, perkütan girişimler süresince ve sonrasında nöral ve vasküler yapıların fonksiyonlarının korunması en önemli hedefdir, aksi takdirde hastaya ciddi morbidite yükleyeceği gibi hatta mortalite ile sonuçlanabilecektir. Yapılan literatür incelemesinde bu iatrojenik VA yaralanması oranının %1.7 – 9 aralığında olduğu belirtilmiştir. (7, 51)

Bu bakış açısıyla KVB’de güvenli cerrahi uygulanması için bu bölgenin anatomisi, kemik ve vasküler yapıları, ayrı ayrı varyasyonları araştırmacıların odak noktasında olmuş, yeni gelişen teknolojilerin de uyarlanmasıyla bu alandaki çalışmalar devam etmektedir.

Literatür incelendiğinde serebrovasküler yapıların, anomalileri, varyasyonları ile ilgili yapılan epidemiyolojik çalışmalarda çoğunluğun uzak Doğu ülkelerine ait olduğu dikkati çekmiş, Batı’nın da bir parçası olan ülkemizde bu konuda çalışmaların seyrek olduğu görülmüştür.

Ülkemizde yapıp yayınlanmış VA varyasyon çalışmaları toplumumuzdaki varyasyon sıklığı ile ilgili literatüre önemli katkılar sağlamış, bunun yanında çoğunlukla odak noktasının VA orijini, V1-V2 segment varyasyonları olduğu dikkati çekmiştir. (31, 50, 52-54) Özellikle V3 segmenti ve atlas birlikteliğinin hedef alınarak incelenen varyasyon, morfometrik inceleme ve radyolojik bulguların gerçek anatomiye gösteren kadavra çalışması ile desteklenmesi bu alandaki çalışmamızı özgün kılmaktadır.

BTA’nın yanında diğer radyolojik modaliteler olan DSA ve MR anjiyografi yöntemleri ile de vasküler yapılar değerlendirilmektedir. Vasküler mimariyi göstermekte altın standart olan DSA tetkiki belli riskleri de kendisiyle taşıyan perkütan girişim gerektirmektedir. İnvaziv olmayan MR anjiyografi tetkiki IV kontrast madde uygulanması da gerektirmese de örneğin PICA gibi kalibresi küçük olan vasküler yapılarda düşük

rezolüsyonlu görüntüler sunmaktadır. Bu bilgiler dikkate alındığında BTA; hem rezolüsyonu yüksek görüntü sunması, kemik – damar ilişkisini etkin bir şekilde göstermesi ve invaziv bir girişim gerektirmediğinden DSA ve MR anjiyografiden bir adım öne geçmektedir.(55)

Çalışmamızda Türkiye’de yaşayan 18 – 65 yaş aralığında olan eşit sayıda yüz kadın ve yüz erkek bireyin beyin-boyun BTA tetkikinden elde edilen görüntülerin 3-B BTA rekonstrüksiyonu üzerindeki kategorik ve kantitatif değerlendirmeler yapılmıştır. Anatomik diseksiyon yaptığımız 10 kadavra kafası Türkiye dışından temin edilmiştir. Yapısal değişikliklerde toplumsal genetik zeminin önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir. Elde edilen radyolojik sonuçlar Türk toplumuna uyarlanabileceğinden, kadavralarda tespit edilen varyasyonlar radyolojik sonuçları desteklemek, gerçek anatominin algılanmasını arttırmak amaçlı kullanılmış, istatistiksel analizlere katılmamış ve tartışılmamıştır.

5.1. Niteliksel Sonuçların Tartışması

Atlas

Çalışmamızda atlas üzerinde görülen posterior atlantal arkus defekti (PAAD), pontikulus postikus (PP), pontikulus lateralis (PL) varyasyonları incelenmiştir.

PAAD

Embriyolojik dönemde atlasın üç birincil ossifikasyon merkezi bulunmaktadır. Bunlardan biri anterior tüberkülü oluştururken, iki lateral merkez lateral kütleleri ve posterior arkusunu oluşturmaktadır. Nadiren posterior tüberkülü oluşturan dördüncü merkez de görülebiliyor. Gestasyonun 7. haftasında lateral merkezler genişleyerek posterior arkusu oluştururken, kondrogenezile birlikte, doğumda neredeyse posterior arkus füzyonu tamamlanmış oluyor. 3 – 5 yaşlarda arkus füzyonu tamamen bitmiş oluyor. Bunun yanında bireylerin %3-5’inde tamamlanmamış füzyon görülebiliyor. Anterior merkezin lateral merkezler kaynaması 5 – 9 yaşlarında tamamlanmış oluyor. (56)

Bilindiği üzere PAAD füzyon defektinin en sık orta hatta olmasından çalışmamızda taraflara ayrılmadan tek kemik, yani tek birey üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmamızda 200 bireyin %3'ünde (n=6/200) PAAD tespit edilmiştir. Currarino ve ark. sınıflaması (43) dikkate alındığında %2.5'inde (n=5/200) Tip A, %0.5'inde (n=1/200) sağ tarafta, Tip B varyasyonuna rastlanmıştır. Kadınlarda n=1(%2.7), erkeklerde n=5 (%3.1) olgu gözlenmiş, cinsiyetler arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır (p=0.69).

Senoglu ve ark. (ABD) yaptığı 1354 olgu içeren örnekleme (n=1104 birey, n=166 kuru kemik, n=84 taze kadavra), servikal BT tetkiki yapılmış 1104 bireyin %3.35'inde (n=37) PAAD tespit edilmiş. Toplam olguların %2.6'sında (n=29) Tip A, %0.54'ünde (n=6) Tip B, %0.18'inde (n=2) Tip E defekti görülmüş, Tip C ve D'ye rastlanmamış.(56) Çalışmalarımız arasındaki pozitif bulguların insidansı birbirine çok yakın sonuçlanmışken, bizim çalışmamızda Tip E defekti görülmemiştir. Ayrıca hem bizim kadavra diskisiyonu sonucu n=1 olguda, hem de Senoglu ve ark. 84 taze kadavrada yaptıkları diseksiyonda n=1 olguda Tip A PAAD görülmüştür.

Hyun ve ark. (ABD) 18 yaştan büyük 3273 bireyin servikal BT tetkik incelemesi sonucu %5.56'sında (n=185/3273) konjenital atlas anomalisi tespit etmiş, kadınlardaki prevalansın erkeklerden daha yüksek olduğunu ortaya çıkmış, en sık görülen defektin %4.61 (n=151) oranıyla Tip A, onu %0.46 (n=15) oranıyla Tip B defekti takip etmiş.(45) Çalışmamızdaki tüm örneklemedeki prevalans bu çalışmadan daha düşük görülmüş, ancak tip sınıflamasındaki sıklık sırası korunmuştur.

Guenkel ve ark. (İsviçre) 1069 bireyin üst servikal BT tetkik incelemesinde tüm olguların %3.8'inde (n=41) arkus defekti tespit edilmiş, Tip A defekti tüm bireylerin %3.2'sinde görülmüş, Tip B ise %0.2'sinde (n=2) görülmüş.(57) Çalışmamızdaki sonuçlar bu çalışma ile oldukça benzerlik göstermiştir.

Kwon ve ark. (Güney Kore) 1153 bireyin servikal ve boyun BT tetkik incelemesinde arkus defekti %0.95'inde (n=11/1153), %0.78'inde (n=9/1153) Tip A,

%0.17'sinde (n=2/1153) Tip B defekti görülmüş.(44) Çalışmamızdaki sonuçlar bu çalışmadakinden yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmalar arasındaki prevalans farkının örneklemin toplumsal içeriğinden kaynaklandığı düşünülmekte, beyaz Avrup'da Asya'dan farklı olarak konjenital atlas defektinin nisbeten daha yüksek gözleendiği fark edilmiştir. (43)

Çalışmamızda PAAD varlığının diğer atlas varyasyonu olan PP-PL ve herhangi V3 vasküler varyasyonu ile arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (p=0.57). Bu karşılaştırmaya diğer çalışmalarda rastlanmamıştır.

Çalışmamızda yapılan kadavra kafa diseksiyonunda 1 olguda (%10) Tip A PAAD tespit edilmiştir.

PAAD'nin diğer parametrelerle pozitif herhangi bir ilişkisinin bulunmaması onların gelişim süreçlerinin bir birinden bağımsız mekanizmalarla gerçekleştiğini düşündürmekte, ancak bunun kesin kanıtı ortaya konulamamaktadır.

KVB yaklaşımlarında preoperatif tetkiklerde 3-B rekonstrüksiyon yapılarak kemik anatomisinin incelenmesi önemlidir, çünkü incelenen standart aksiyal kesitlerde küçük füzyon defektleri gözden kaçabilmekte, cerrahi sırasında dura mater, spinal kordda iatrojenik hasara yol açabilmektedir.

PP-PL

PP olarak tanımlanan yapı, atlas superior faset eklemden (SFE) posterolateral atlantal arkusa uzanan, PL ise SFE'den transvers proçese uzanan, VA horizontal segmentin çevresinde bir inkomplet veya komplet foramen oluşturan, atlanto-oksipital membranın lateral kenarının ossifikasyonuna bağlı geliştiği düşünülen kemik köprücüktür. (39)

PP ve PL anatomik ve radyolojik olarak görüntülenebilmektedir. PP prevalansı %1.3 – 45.9 arasında olduğu literatürde bildirilse de, PL'nin daha az görüldüğü bildirilmiş, sıklığı %1.1 – 19 aralığında raporlanmış. (42)

Cerrahi açısından olan önemine dikkat edildiğinde C1-C2 posterior enstrumantasyonda yaygın kullanılan Goel-Harms tekniğinde C1 lateral mass vidasının giriş yeri için C1 posterior arkus kalınlığı önem arz etmektedir. PP'nin olduğu bir olguda posterior bakış açısıyla bakıldığında kemik köprücük sebebiyle arkus olduğundan daha

kalın görünerek cerrahi yanılabilir ki, bu da V3 segmentin hasar görmesi ile sonuçlanabilecek bir komplikasyona yol açabilir. Bu varyasyonun toplumsal prevalansının bilinmesi ve preoperatif olarak tespit edilmesi olası ciddi nörvasküler komplikasyonun önüne geçmeye katkı sağlayacaktır. (40, 58, 59)

Çalışmamızda PP-PL varyasyonu bireylerin %22.5'inde (n=45/200) görülmüş, bireylerin %20'sinde (n=40/200) sol tarafta, % 17.5'inde (n=35/200) sağ tarafta, %15'inde (n=30/200) bilateral olarak gözlenmiştir.

400 taraf üzerinden değerlendirme yaptığımızda PP prevalansı %16.8 (n=67/400), komplet PP prevalansı %9.3 (n=37/400), inkomplet PP %6.5 (n=26/400), PL %2.0 (n=8/400), komplet PP ve PL birlikteliği %1.0 (n=4/400) olarak tespit edilmiştir.

Golpinar ve ark. 1000 bireyin (K: n=500, E: n=500) BT tetkikini incele sonucu PP prevalansını %14.8 (n=148), PL ise %4.1 (n=41) olarak tespit etmişler. Hem PP , hem de PL prevelansı erkeklerde daha yüksek görülmüş. Çalışmamızda PP prevalansı daha yüksek, PL ise daha düşük sonuçlanmıştır. Ayrıca bizim çalışmamızda cinsiyet arasında farklılık tespit edilmemiştir ($p=0.52$). (60)

Isaji ve ark. tarafından 142 hastanın (n=284 taraf) BTA tetkikleri üzerinde yapılan incelemede PP prevalansı %8.5 (n=24/284 taraf) olarak bulunmuştur, taraf üzerinden elde ettiğimiz sonuçla benzer olduğu görülmüştür. (55)

Fırat ve ark. yaptığı BT tetkik incelemesi sonucu birey üzerinden elde edilen prevalans %12.1 olmuş, bizim çalışmamızdaki sonuç daha yüksek görülmüştür. (61)

Elliot ve ark. 21,789 birey üzerinden yaptıkları meta analizde gelen PP prevalansı %16.7 olduğu görülmüş, ayrılıkta kadavrada %18.8, BT'de %17.2, radyografik çalışmada %16.6 olarak tespit edilmiş. Taraf üzerinden yapılan değerlendirmemiz dikkate alındığında sonucun benzer olduğu görülmüştür. (40)

Pekala ve ark. yaptığı meta-analizde toplumlara göre PP prevalansı Kuzey Amerikada %11.3, Avrupada %11.2, Asyada ise %7.5 olarak bulunmuş. Aysa toplumları içerisinde Çin'de %4.4, Güney Kore'de %5.8, Hindistanda %7.6 olarak sonuçlanmış. Bu değerlere dikkat edildiğinde Batı'dan Doğu'ya doğru PP prevalansıda azalma olduğu görülmüş, coğrafik koşul ve genetik zeminin muhtemel etkisinden kaynaklandığı

düşünülmektedir. Bizim elde ettiğimiz PP prevalansı %16.6 olarak sonuçlanmış, daha çok Batı toplumuna uygun olabileceği düşünülmektedir. (62)

Yaşla birlikte kalsifikasyonda artış ve spondilolitik değişikliklerin (osteofit ve s.) görülmesi göz önünde bulundurularak 40 yaş üstü olan hastalarda PP-PL görülmesinde artış olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçta 40 yaş altı olanlarda PP-PL daha sık görüldüğü, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (p=0.04). Bu sonuç üzerine PP-PL'nin daha düşük yaşlardan itibaren görülebileceği, bunun membran kalsifikasyonu ile tek başına açıklanamayacağı, konjenital bir anomali olabileceği düşüncesi akla gelmektedir.

V3 segment vasküler varyasyon olmasının PP-PL frekansı ile olan çapraz ilişkisi değerlendirildiğinde V3 segment varyasyonun bulunması atlas PP-PL varyasyon insidansını anlamlı olarak arttırdığı görülmüştür (p=0.01). Ancak Isaji ve ark. yaptığı benzer çalışmada bizimle benzer beklentileri olduğu halde istatistiksel olarak fark tespit edilmemiş. (55)

Diseksiyon yapılan kadavra kafalarında 20 tarafın %30'da (n=6/20) PP varyasyonu görülmüş, PL varyasyonuna hiç rastlanmamıştır.

Çalışmamızda herhangi bir atlas varyasyonun (PAAD, PP, PL) prevalansı %25.5 (n=51/200) olarak tespit edilmiştir. Bu prevalansın düşük olamaması uygulanacak KVB cerrahilerinde atlasın dikkatlice incelenmesi gerektiğini gözler önüne sermektedir.

VA V3 segmenti

VA'nın KVB'deki V3 segment varyasyon prevalansı Asya literatüründe %10'lara kadar yüksek oranlarda rapor edilse de, genel literatürde %0.42 ila %5 aralığında değişmektedir. (16)

Bizim çalışmamızda bu %14.8 (n=59/400) olarak bulunmuştur. Buradaki prevalans yüksekliğinin sebebi literatürdeki çalışmalarda genellikle PIFA, VAF ve ed-PICA esas alınarak prevalans hesaplaması yapılmış olmasıdır. Biz bunlara VA atrezi (V3-PICA), VAD, VAH, SAS varyasyonlarını da ekleyerek hesaplama yapmış bulunmaktayız.

Sadece PIFA, FEN ve ed-PICA varyasyonları dikkate alınarak yapılan prevalans analizinde %3.3 (n=13/400) bulunmuş, bu da literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Vasküler varyasyonlar arasında en sık prevalans dominant VA'da (%9, n=36/400), en düşük PIFA'da (%0.3, n=1/400) bulunmuştur.

PIFA varyasyonu

PIFA varyasyonuna sadece 1 tarafta rastlanmış, prevalansı %0.3 (n=1/400), 200 birey üzerinden değerlendirildiğinde %0.5 (n=1/200) olarak bulunmuştur. Cinsiyet ve taraflar arasında anlamlı farklılık görülmemiştir (p=0.50), (p=0.50).

Fortuniak ve ark. tarafından Polonya toplumundaki VA V3 segment varyasyon analizi için yapılan çalışmada, yaş ortalaması 58 olan, 968'i erkek, 832'si kadına ait 1800 BTA verisi retrospektif olarak incelenmiş. Hiçbir hastada PIFA varyasyonu tespit edilmemiş, çalışmamızdaki PIFA prevalansı kısmen yüksek bulunmuştur. (10)

Uchino ve ark. tarafından Japonya'da yapılan 2739 hastanın retrospektif beyin-boyun MRG anjiyografi incelemesi sonrası PIFA insidansı %3.2 olarak tespit edilmiş, taraflara göre farklılık göstermediği, ancak kadın cinsiyette daha sık görüldüğü rapor edilmiş. Çalışmamızdaki PIFA prevalansının mukayesede daha düşük olduğu, bizim çalışmada cinsiyet arasında farklılık olmadığı görülmüştür. (63)

O'Donnell ve ark. KVB'deki vertebral arter segmenti (V3) ve atlas kemik anatomik varyasyon prevalansını ABD toplumunda değerlendirmek için yaptıkları retrospektif incelemede 975 hastanın BTA'sında hastaların yaş ortalaması 52.9 yıl, PIFA prevalansı %0.01 (n=1/975) olduğu, çalışmamızdaki prevalansın bundan nisbeten yüksek olduğu görülmüştür. İncelemeye alınan kohortun %69.3'ü beyaz Avrupa, %11'i Asyalılardan oluşmuş. Uzak Doğu toplumlarındaki yüksek frekansın genetik farklılıklardan kaynaklanabileceği savunularak, kendi toplumlarındaki oldukça düşük V3 segment varyasyonu sebebiyle üst servikal enstrumantasyon cerrahisinde rutin olarak BTA tetkiki yapılmasını önermemişler. (8)

Isaji ve ark. tarafından (Japonya) 142 hastanın (284 taraf) BTA tetkikleri üzerinde yapılan incelemede PIFA varyasyonu insidansı %1.4 (4/284 taraf) olarak görülmüş, çalışmamızdaki prevalansın daha düşük olduğu fark edilmiştir. (55)

Omotoso ve ark. tarafından yapılan VA suboksipital segment varyasyonlarının araştırıldığı güncel bir derlemede 17 çalışma ve 10.820 bireyin analizinde elde edilen sonuçta PIFA insidansı %1.8 (n=197/10.820) olarak tespit edilmiş, çalışmamızdaki sonucun daha düşük olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın vardığı çıkarımda Asya, Avrupa, Amerika ve Afrika toplumlarında VA suboksipital segment varyasyonlarının farklılık gösterdiği olmuştur. (7)

Yukarıda tartışılan sonuçlar dikkate alındığında PIFA vasküler V3 varyasyonu Batı'da Doğu'ya doğru prevalansta yükselme eğilimi olduğu fark edilmiş, bu durum toplumsal genetik zemine dayandırılabilir.

PIFA varyasyonu olan hastada C1-C2 posterior enstrumantasyon teknik olarak zorluk oluşturmaktadır. Bu durumda Goel-Harms yöntemi değişik modifikasyonları ile uygulanabilmektedir. İlk olarak PIFA olan V3 segmenti C2 sinir köküyle birlikte inferiora mobilize ederek inferior lateral mass vidasını uygulamak; ikinci olarak PIFA olduğu tarafta VA'yı riske atmadan transartiküler vida uygulamak; üçüncü olarak PIFA tarafında C1 superior lateral mass'i alternatif uygulama yeri olarak değerlendirmek; son olarak özellikle VA fenestrasyonu veya ed-PICA olduğu, C1 arkusun posteriorundan seyrettiği durumlarda C1 posterior arkusu kullanmak (translaminar) değerlendirilebilir. (64)

3-B modeller, kemik ve VA anatomisini preoperatif olarak analiz etmede son derece faydalı ve herhangi bir anormal kemik ve damar anatomisini etkili bir şekilde ortaya çıkarmada güçlü bir yöntemdir. Bu cerrahın operasyon sırasında daha güvenli davranmasına olanak sağlayacaktır. Biz de çalışmamızda BTA ve 3-B BTA rekonstrüksiyonun varyasyonu belirleme yetersiz kaldığı bir olguda 3-B modelleme tekniği kullanarak PIFA varyasyonunu bariz görünür hale getirilmiştir. (65)

Diseksiyon yapılan kadavralarda 20 tarafın %5'inde (n=1/20) PIFA varyasyonuna rastlanmış, aynı olguda PAAD de görülmüştür. Literatür incelendiğinde BTA rekonstrüksiyon, şema, 3-B modelleme örnekleri görülse de anatomik diseksiyon örneğine rastlanmamıştır. Nadir görülen bu varyasyonun kadavra diseksiyon incelemesini çalışmamızın özgünlük değerini arttırmakta ve literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

VA fenestrasyonu (VAF)

Vertebral arterlerin pleksiform damarların longitudinal füzyonu ile oluştuğu bilindiğinden, bu transformasyon sırasında gelişen bir sorun sebebiyle fenestrasyonun geliştiği düşünülmektedir. (66, 67)

Çalışmamızda VA fenestrasyon prevalansı %1 (n=4/400) olarak tespit edilmiş, 4 farklı bireyde (%2, n=4/200) gözlenmiştir. Cinsiyet ($p=0.69$) ve taraflar arasında fark bulunmamıştır ($p=0.12$).

VA fenestrasyonu atlas PP-PL varyasyonuna göre anlamlı farklılık göstermemiştir ($p=0.57$).

Fortuniak ve ark. tarafından Polonya toplumundaki yapılan VA V3 segment varyasyon analizinde VA fenestrasyonu %0.16 (n=3) olarak tespit edilmiş, çalışmamızdaki prevalansın daha yüksek olduğu görülmüştür. (10)

Uchino ve ark. tarafından Japonya’da yapılan VA V3 segment varyasyon analizinde fenestrasyon %0.9 olarak bulunmuş, çalışmamızdaki prevalans ile benzerlik göstermiştir. (63)

Isaji ve ark. tarafından 142 hastanın (284 taraf) BTA tetkikleri üzerinde yapılan incelemede VA fenestrasyon insidansı %0.35 (1/284 taraf) olarak, çalışmamızdaki değerden düşük olduğu görülmüştür. (55)

O’Donnell ve ark. ABD toplumunda VA V3 segment varyasyon analizinde VA fenestrasyonu %0.01 (1/975) olarak, çalışmamızdaki prevalanstan daha düşük bulunmuştur. (8)

Omotoso ve ark. tarafından yapılan VA suboksipital segment varyasyonlarının araştırıldığı güncel bir derlemede VA fenestrasyonu %0.7 (n=72/10.820) olarak tespit edilmiş, çalışmalarımızdaki oran benzer sonuçlanmıştır. (7)

Özellikle Şekil 19’daki gibi bir fenestrasyon olgusu ile karşılaşıldığında, eğer önceden radyolojik olarak tespit edilmemişse kas diseksiyonu sırasında bile hasarlanabileceği akılda tutulmalıdır. C1 lateral mass vida uygulama yerinin önünü kapattığından, bu segmentin mobilizasyonu mümkün olmaz ise C1 posterior arkusu (translaminar) değerlendirilmesi önerilir. (64)

BTA tetkiklerinde 3B rekonstrüksiyon yapılmadan aksiyal kesitlerin incelenmesi bazı fenestrasyonları VA diseksiyonu veya anevrizması ile karıştırabilmekte, yanlış endikasyona yöneltebilmektedir. (68)

D'sa ve ark. 64,888 BT ve MR anjiyografi tetkiklerinin retrospektif incelemesi sonrası VAF prevalansı %0.1 (n=67) olarak bulunmuş, vertebral arter diseksiyonundan farklı olarak VAF'de damarın daha kısa, çapının daha geniş ve iki ayrı lümenin olduğu ve travma ile oldukça düşük ilişkili olduğu görülmüş, aynı zamanda VAF olan bireylerin %9'da intrakraniyal anevrizma tespit edilmiş. VAF olan hastalar hem VAD, hem de intrakraniyal anevrizma açısından da değerlendirilmesi önerilmektedir. (68)

Diseksiyon yapılan kadavraların hiçbirinde V3 segmentinde fenestrasyon tespit edilmemiştir.

Ekstradural orijinli PICA (ed-PICA)

Çalışmamızda ekstradural orijinli PICA (ed-PICA) olguların %2'sinde (n=8/400) görülmüştür. Sadece 1 bireyde (%0.5) bilateral olarak, toplam bireylerin %3.5'inde (n=7/200) bu varyasyon görülmüştür.

Cinsiyet, taraf, SAS varlığına göre ed-PICA'nın farklılık göstermediği görülmüştür ($p=0.72$), ($p=0.72$), ($p=0.46$).

Dominantlık açısından lateralizasyon olmayan VA olgularının %1.4'ünde (n=5) ed-PICA gözlenirken, dominant olguların %8.3'ünde (n=3) görülmüş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0.03$). PP-PL atlas varyasyonu olan olguların %6.7'sinde (n=5) ed-PICA gözlenirken, olmayanların %0.9'unda (n=3) ed-PICA gözlenmiş, bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0.01$).

Pekcevik ve ark. tarafından yaş ortalaması 52.8 yıl olan 341 hastanın (kadın:148, erkek:193) BTA incelemesi sonucu bireylerin %20.8'inde (n=71) PICA'nın ekstrakraniyal orijinli olduğu, sol tarafta bu durumun daha sık gözleendiği tespit edilmiş. Çalışmamızda taraflar arasında anlamlı fark tespit edilmemiş, ed-PICA prevalansı bu çalışmadakinden oldukça düşük tespit edilmiştir. Ancak burda şu noktaya dikkat edilmesini önermekteyiz. Özellikle 3-B BTA rekonstrüksiyonu yapıldıktan sonra dura mater görülmemekte, bu sebeple foramen magnumun kaudalinde VA'dan orijin alan PICA'lar ekstrakraniyal PICA

olarak tanımlanmaktadır. Bu onların aynı zamanda ekstradural olduğu anlamına gelmemekte, intradural ekstrakraniyal olan PICA'lar aslında V4 segmentinden ayrılmaktadırlar. Pekcevik ve ark. ekstrakraniyal PICA prevalansının yüksek çıkması bu şekilde açıklanabilir. Araştırmamız sırasında biz de aynı olgularla karşılaşmış, çalışma odağımız V3 segmenti olduğu için sadece ekstradural olan PICA'lar değerlendirmeye alınmıştır. (31, 48)

Yamaguchi ve ark. 280 VA üzerinden yaptığı çalışmada ekstrakraniyal PICA prevalansı %8.2 (n=23/280) olarak sonuçlanmıştır. Bu çalışmada da ekstrakraniyal orijinli PICA'lar birlikte değerlendirilmiş, ekstradural ayrımı yapılmamıştır. Benzer şekilde bu çalışmanın yazarları da BTA'da ekstradural PICA'ların ayrımı oldukça zor olduğunu belirlemiştir. Bu sebeple çalışmamızdaki prevalans karşılaştırıldığında daha düşük olduğu görülmektedir. (48)

Uchino ve ark. tarafından Japonya'da MRG anjiyografi incelemesi sonrası ed-PICA prevalansı %1.1 olarak bulunmuş, çalışmamızdaki sonuca benzer olduğu görülmüştür. (63)

Isaji ve ark. tarafından (Japonya) 142 hastanın (284 taraf) BTA tetkikleri üzerinde yapılan incelemede V3 segmentinden orijin alan PICA insidansı %9.5 (284 taraf üzerinden) olarak bulunmuş, ayrıca dominant olmayan VA'larda (%22.5) bu durumun dominantlara (%6.25) göre daha sık olduğu tespit edilmiş. Ancak bizim çalışmamızda ed-PICA prevalansı daha düşük bulunmuş, dominant VA'lardan kaynaklanması anlamlı olarak yüksek tespit edilmiştir. (55)

O'Donnell ve ark. ABD toplumunda VA V3 segment varyasyon analizinde anormal orijinli PICA prevalansı %0.4 (n=4/975) olarak bulunmuş, çalışmamızdaki değerden daha düşük olduğu görülmüştür. (8)

Omotoso ve ark. tarafından yapılan VA suboksipital segment varyasyonlarının araştırıldığı güncel bir derlemede 17 çalışma ve 10.820 bireyin analizinde elde edilen sonuçta ekstradural PICA prevalansı %1.6 (n=175/10.820) olarak bulunmuş, çalışmamızdaki değer ile bezer olduğu görülmüştür. (7)

Literatürde ekstradural PICA (ed-PICA) ile ilgili iki önemli risk belirtilmiş, bunlardan ilki cerrahi sırasında iatrojenik hasar, diğeri dissekan anevrizma oluşumu

sayılmaktadır. Üst servikal bölge veya KVB yaklaşımlarında, foramen magnum dekomprasyonu veya transkondiler yaklaşımda ed-PICA hasar görebilmekte, nörolojik olarak Wallenberg sendromu veya serebellar enfarkta yol açabilmektedir. Nassr ve ark. vida uygulaması zamanı enfarktla sonuçlanan ed-PICA olgusu raporlamış. VA V3 segmenti etrafındaki yoğun venöz pleksus yapısı içerisinde geçtiği için PICA'nın fark edilmesi oldukça zor olacağından, preoperatif BTA tetkikinin yapılması ile bu riskin azaltılabileceği önerilmiştir. (13, 55)

Ed-PICA'nın şiddetli boyun hareketlerinden etkilenerek diseksiyona yatkın olması da literatürde bazı yazarlar tarafından tartışılmıştır. Posterior fossada sebebi bilinmeyen subaraknoid kanama görüldüğü zaman ed-PICA açısından araştırma yapılması önerilmektedir. (55)

Diseksiyon yapılan kadvraların %5'inde (n=1/20) ed-PICA varyasyonu olduğu düşünülen bir görüntü elde edilmiştir.

Omoso ve ark. tarafından yapılan güncel derleme ile ilgili veriler Tablo 20'de sunulmaktadır. Tablodan da görüldüğü üzere atlas varyasyonlarının aksine, V3 segment varyasyonları Batı'dan Doğu'ya doğru prevalans artışı göstermektedir. (7)

Tablo 20. VA V3 segment (suboksipital) varyasyon prevalansı ile ilgili çalışmalar ve sonuçlar (7)

Yazar (yıl)	Örneklem sayısı (n)	Cinsiyet (K/E)	Çalışma popülasyonu	Tetkik türü	VA V3 segment (suboksipital) anatomik varyasyonu (birey sayısı) (n)			Toplam varyasyon oranı (%)	Öneri(rutin BTA tetkiki yapılması)
					PIFA	ed-PICA	FEN		
Tokuda ve ark. 1985 (35)	300	-	Japonya	DSA	2	2	3	2.3	Önerilmemiş
Hong ve ark. 2008(69)	1013	567/446	Güney Kore	BTA	48	2	6	5.5	Önerilmiş
Yamaguchi ve ark. 2008 (48)	140	71/69	Japonya	BTA	4	23	1	20.0	Önerilmiş
Duan ve ark. 2010 (70)	98	32/66	Çin	BTA	3	0	3	6.0	Önerilmiş
Uchino ve ark. 2012 (63)	2739	1124/1615	Japonya	MRA	87	30	25	5.0	Önerilmiş
O'Donnell ve ark. 2014(8)	975	384/591	ABD	BTA	1	4	1	0.6	Önerilmemiş
Wakao ve ark. 2014 (6)	387	118/269	Japonya	BTA	7	5	5	4.4	Önerilmiş
Fortuniak ve ark. 2016 (10)	1800	832/968	Polonya	BTA	0	11	3	0.8	Önerilmemiş
Hong ve ark. 2016 (71)	123	-	Güney Kore	BTA	3	1	0	3.6	Önerilmiş
Kim ve ark. 2016 (66)	546	-	Güney Kore	BTA	7	11	2	3.7	Önerilmiş
Vaněk ve ark. 2017 (9)	511	183/328	Çek Cumhuriyeti	DSA	2	21	1	4.7	Önerilmiş
Zhu ve ark. 2018 (34, 72)	678	-	Japonya	DSA	6	10	12	4.0	Önerilmiş
Isaji ve ark. 2018 (55)	142	66/76	Japonya	BTA	4	27	1	22.5	Önerilmiş
Zhang ve ark. 2018 (73)	200	95/105	Çin	BTA	7	0	0	3.5	Önerilmiş
Xu ve ark. 2018 (74)	100	39/61	Çin	BTA	2	1	5	7.0	Önerilmiş
Arslan ve ark. 2019 (54)	200	88/112	Türkiye	BTA	1	2	0	1.5	Önerilmiş
Omotoso ve ark. 2021 (75)	554	247/307	Güney Afırka	MDBTA	5	16	2	4.2	Önerilmemiş

BTA: bilgisayarlı tomografi anjiyografi; DSA: dijital substraksiyonel anjiyografi; E: erkek; ed-PICA: ekstradural PICA; FEN: fenestasyon; K: kadın; PICA: posterior inferior serebellar arter;; PIFA: persistan 1. Intersegmental arter;

VA atrezisi (V3 – PICA)

Bazı yazarlar VA'nın karşı VA ile birleşmeyip, BA oluşumuna katılmayıp, PICA olarak sonlanmasına VA atrezisi terimi kullanmakta, biz de çalışmamızda bu terminolojiyi sahiplenip V3-PICA olarak kodlamış bulunmaktayız. (75)

Çalışmamızda V3-PICA prevalansı %0.5 (n=2/400) olarak görülmüş, hiçbir bireyde bilateral görülmemiş, bireylerin %1.0'inde (n=2/200) gözlenmiştir. Olgulardan biri kadın, diğeri erkekte görülmüş, cinsiyet arasında anlamlı fark görülmemiş (p=0.75), ikisi de sağ tarafta gözlenmiş, ancak taraflar arasında istatistiksel anlamlılık görülmemiştir (p=0.49). V3-PICA'lardan biri hipoplastik V3 segmentin (%7.1), diğeri eş-dominant segmentin (%0.3) devamı olduğu görülmüş, bu fark anlamlı bulunmamıştır (p=0.08).

Omoso ve ark. yaptığı çalışmada VA atrezisi 6.7% olarak bulunmuş, çalışmamızdaki değer bundan düşük görülmüştür. Literatürde V3-PICA prevalansını %9'a kadar çıkabileceği rapor edilmiştir.

Liu ve ark. yaptığı çalışmada VA atrezi prevalansı %6.3 olarak sonuçlanmış, yine bizim sonucun üzerinde görülmüştür. (75, 76)

Fortuniak ve ark. tarafından Polonya toplumundaki çalışmasında V3-PICA sonlanması %0.61 (n=11) olarak tespit edilmiş, çalışmamızdaki prevalans ile benzer olduğu görülmüştür. (10)

Isaji ve ark. tarafından 142 hastanın (284 taraf) BTA tetkikleri üzerinde yapılan incelemede V3 segmentin PICA olarak sonlanması %1.4 oranında (4/284 taraf) görülmüş, çalışmamızdaki sonuçtan bir miktar yüksek olduğu görülmüştür.(55) Pekcevik ve ark. tarafından yaş ortalaması 52.8 yıl olan 341 hastanın (kadın:148, erkek:193) BTA incelemesi sonucu bireylerin %4.4'ünde (n=15) VA'nın PICA olarak devam ettiği görülmüş, bu sonuç da çalışmamızdakinden yüksek çıkmıştır. (31)

Klinik olarak VA atrezisi variant damarın kompresyonuna bağlı olarak "bow hunter's" sendromu ile ilişkilendirilmiş, bu varyasyonun embriyolojik temeli açıklığa kavuşturulmamıştır. (75, 76)

Yapılan kadavra diseksiyon çalışmamızda bu varyasyon incelenmemiştir.

Dominant-hipoplastik VA

Literatürde VA hipoplazi (VAH) ve dominantlık (VAD) ile ilgili üzerinde anlaşılmiş tam bir konsensüs olmasa da, bazı yazarlar hipoplazi sınırını 2 mm, bazıları 3 mm olarak belirlemiş, altındaki çapa sahip olan arterler hipoplastik olarak kabul edilmiş, çoğunluğun 2 mm sınırını tercih ettiği görülmüştür. Biz de çalışmamızda çapı ≤ 2 mm olan VA'ları hipoplastik olarak kabul ettik. Dominantlık kriteri üzerine önerilen yöntemler incelendiğinde taraflar arasındaki oranın (1.4) , (1.5) veya (2.0) üzerinde olması çapı büyük olan arterin dominant kabul edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca taraflar arasındaki farkın 0.3 mm, 0.8 mm, 1 mm üzerinde olması ile de büyük olan arterin dominant kabul edilmesini sağlamaktadır. Bizim çalışmada büyük VA çapının küçük olan oranının (1.5) ve üzerinde olması durumunda büyük arter dominant olarak kabul edilmiştir. Oran (1.5)'in altında olanlar dominant olmayan (non-dominant) olarak kabul edilmiştir. Hipoplastik olup, karşı arterle arasındaki oran 1.5'ten küçük olanlar da non-dominant olarak kabul edilmiştir. (48, 50, 75, 77, 78)

Çalışmamızda parametre E olarak tarif edilen VA V3 segment çapı ortalama 3.42 ± 0.76 mm (min.- 1.30 mm, max. – 6.10 mm) olarak ölçülmüştür. Kadınlarda ortalama 3.39 ± 0.71 mm, erkeklerde 3.45 ± 0.81 mm, solda 3.48 ± 0.72 mm, sağda 3.36 ± 0.8 mm olarak sonuçlanmıştır. Cinsiyet arasında ($p=0.47$) ve taraflar arasında ($p=0.12$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir.

Bu sürekli değişken dominant, non-dominant ve hipoplastik olarak sınıflandırılarak kategorik değişkene dönüştürülüp incelemeler yapılmıştır. (48, 50)

Bireylerin %18'inde ($n=36/200$) VAD bulunmuş, %11.5'inde ($n=23/200$) sol dominant, %6.5'inde ($n=13$) sağ dominant, %82'sinde ($n=164$) non-dominantlık olduğu görülmüştür. Bireylerin %7.5'inde ($n=15$) hipoplastik VA görülmüş, % 4.0'ünde ($n=8/200$) solda, %3.5'inde ($n=7/200$) sağda olduğu görülmüştür.

VA üzerinden değerlendirildiğinde ($n=400$), %9.5 ($n=36/400$) dominant, %87.5 ($n=350/400$) non-dominant, %3.5 ($n=14$) ise hipoplastik olduğu görülmüştür. VA dominantlığının cinsiyet ($p=0.31$) ve taraflara ($p=0.08$) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği bulunmuştur.

PP-PL varyasyonu olanlarda VA dominantlığı %9.8 daha fazla görüldüğü tespit edilmiş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0.01$).

Ayrıca, hiçbir hipoplastik V3 segmentinden ed-PICA çıkmadığı görülmüş, dominantlık oranı ed-PICA olmayan olgularda %8.7 (n=33), ed-PICA olan olgularda ise %35.7 (n=3) olarak bulunmuş, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0.03$).

Yamaguchi ve ark. BTA üzerinden yaptığı VA çap ölçümünde solda 3.85 ± 0.89 mm, sağda 3.43 ± 0.91 mm olarak ölçülmüş, bu değerlerin bizim çalışmamızdan nisbeten yüksek olduğu görülmüştür. (48)

Omosoto ve ark. yaptığı incelemede sol VA çapı 3.17 ± 0.62 mm, sağ VA çapı 3.17 ± 0.7 mm olarak ölçülmüş; sol dominantlığın hakim olduğu tespit edilmiş (%45.3), hipoplazi insidansı sol tarafta %6.5, sağ tarafta %8.3 olarak bulunmuş. Bizim çalışmamızda tarafların ortalaması bir miktar daha yüksek bulunmuş; sol dominantlığın çalışmamızda benzer olduğu görülmüş, hipoplazi prevalansının daha düşük çıktığı görülmüştür. (75)

Ergun ve ark. 254 hastalık anjiyografi incelemesinde VA hipoplazi insidansını solda %9.4, sağda %7.1 olarak tespit etmiş, bu değerler çalışmamızdaki sonuçlardan yüksek olduğu görülmüştür. (50)

O'Donnell ve ark. yaptığı çalışmada hipoplastik VA %6.26 (n=61/975) olarak bulunmuş, bu sonuç çalışmamızdaki sonuçla benzer olduğu görülmüştür. (8)

Bizim çalışmada da olduğu gibi literatürde de hakim kanaat sol VA dominantlığı daha sık görüldüğüdür, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına dair net bilgiler paylaşılmamış, bizim çalışmamızda bu fark anlamlı çıkmamıştır. Arter çapları arasında minimal farklılıklar olsa da çoğunlukla benzer aralıklarda olduğu görülmüştür.

Dominant VA'lardan ed-PICA ayrılma sıklığı anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Bu sonuçtan yola çıkarak dominant tarafta meydana gelecek PICA veya VA yaralanması, karşı VA'nın bu durumu tolere etmesini oldukça zorlaştıracak ve beyin sapı enfarktına yol açabilecek kadar hastanın hayatını tehlikeye atacaktır.

PP-PL kemik köprülerinin VA'yı sarması sebebiyle vasküler lümeni daraltabileceği düşünülerek yapılan analizde tam tersi bir sonuç çıkararak, PP-PL varyasyonu olan olgularda VA dominantlığının anlamlı olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle

enstruman cerrahisinde PP-PL'nin cerrahi yanıtta ihtimalinin olması, olacak hasarın yüksek olasılıkla dominant VA'da gerçekleşeceği ve onun sonuçları dikkat merkezinde tutulmalıdır.

Bugüne kadar, VAH'nin yayınlanan prevalansı önemli ölçüde değişmektedir. Bu, ölçüm farklılıklarından (otopsi çalışmaları, kontrastlı MR anjiyografi, BT anjiyografi ve Doppler ultrasonografi), değişken örneklem büyüklüğü ve tarama yapılan kohortun özelliklerinden (sağlıklı bireyler ve inme hastaları) kaynaklanabilir. Ancak, muhtemelen en önemli nokta, VAH'nin nasıl tanımlanacağı konusunda bir fikir birliği olmamasıdır. (77, 78)

Hipoplastik VA çapındaki düşüş anormal hemodinamiğe bağlı ateroskleroza yol açabileceğinden bu durum spontan diseksiyon ihtimalini arttırmakta, aynı taraf PICA ve lateral meduller enfark ile sonuçlanabilmektedir. Ayrıca hipoplastik VA'nın karşı VA'da, özellikle PICA orijin bölgesinde anevrizma oluşumu ile ilişkili olaabileceği gösterilmiştir. VA hipoplazisi ile ilişkili olan patolojilerin bilinmesi posterior sirkülasyondaki olası problemleri önlemede veya tedavi etmede önemli katkı sağlayacaktır. Dominant VA'nın baziler arterin esas besleyicisi olması sebebiyle korunması oldukça önemlidir. Bu bilgi, iyatrojenik yaralanmadan kaynaklanabilecek nörolojik semptomların riskini azaltmak için hayati öneme sahiptir. (75)

Salmon'un suboksipital arteri (SAS)

VA V3 horizontal kısmından ayrılan musküler dal olan SAS sıklıkla suboksipital arteriyal ağın parçası olan oksipital arter, tiroservikal ve kostoservikal trunkusun dalları ile ilişkili olurlar. Bu ilişki VA oklüziv hastalık durumlarında vertebrobaziler sisteme kollateral sistemle kan desteği sağladığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda olguların %7.3'inde (n=29/400), bireylerin %11'inde (n=22/200) görülmüştür. 7 bireyde (%3.5) bilateral olduğu tespit edilmiştir. SAS'ın cinsiyet (p=0.85), tarafa (p=0.85), dominantlığa (p=0.45), PP-PL (p=0.83) ve ed-PICA (p=0.46) parametrelerine göre farklılık göstermemiştir.

Diseksiyon çalışmamızda 20 tarafın %25'inde (n=5/20) SAS görülmüş, n=2 (%20) kadavrada bilateral olarak rastlanmıştır.

Yamaguchi ve ark. yaptığı BTA çalışmasında prevalans %9.8 (n=26/266 VA) olarak görülüş, 12 bireyde (% 9.0) bilateral SAS tespit edilmiş. Bizim çalışmamızda VA olgu bazında prevelans daha yüksek, birey bazında daha düşük tespit edilmiştir. Önceki kadavra çalışmalarında prevalansı %28.1 olarak rapor edilmiş, her iki çalışmadaki değerlerin düşük çıkması BTA rezolüsyonunda kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. (48)

Macchi ve ark. 50 bireyin (K: n=25, E: n=25) BTA tetkiki incelemesi sonucu 100 taraf üzerinden yapılan değerlendirmede SAS prevalansını %45.7 (n=46/100) olarak tespit etmiş, bireylerin %48'inde (n=24) ortaya çıkmıştır. 20 bireyde (%37) SAS bilateral olarak görülmüş. Bu çalışmadaki prevalans hem olgu, hem de birey temelinde bizim çalışmamızdan oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu değerlerin kadavra çalışmalarındaki sonuçlara daha yakın olması daha yüksek rezolüsyonu tetkik kullanmış olabileceklerinden kaynaklanabilir. (37)

Arnautović ve ark. kadavra çalışmasında olguların %70'inde SAS tespit edilmiş, bu prevalans bizim çalışmamızdan daha yüksek olduğu görülmüştür. (79)

Tubbs ve ark. yaptığı 10 kadavra (20 taraf) diseksiyonu sonrası (ölümdeki yaş aralığı 55-89 yıl; K:4, E: 6) tarafların %20'sinde (n=4) tespit edilmiş. Bizim çalışmada daha yüksek prevalans elde edilmiştir. (80)

VA V3 segmentinden ayrılabilen en önemli dalların başında PICA gelmektedir. Bizim çalışmamızda SAS ve ed-PICA aynı zamanda tespit edilebildiği 1 VA görülmüştür. VA eksplorasyonu zamanı SAS çoğunlukla feda edildiğinden, PICA ile karışabilecektir. Bu ise ciddi bir nörolojik defisite yol açabilecektir. V3 segmenti horizontal kısmında bir dal feda edilmeden önce yönü ve ilişkisi mutlaka dikkatlice incelenmeli, dönüp radyolojik tetkikleri tekrar gözden geçirmek faydalı olacaktır.

Ayrıca VA oklüziv hastalıklarda oksipital – SAS anastomozları ile vertebrobaziler sisteme kollateral kan taşınabileceğinden, zorunlu kalınmadığı sürece SAS'ın feda edilmemesi de faydalı olacaktır.

Günümüzde perkütan işlemler, özellikle algoloji pratiğinde oldukça artmaktadır. Baş ağrısı tedavisinde büyük oksipital arter (GON) ve suboksipital sinir injeksiyonlarında

lokalizasyon ve komşuluk sebebiyle SAS'a dikkat edilmeli, bu arteriyal yapının varlığından haberdar olunmalıdır. (37)

VA V3 segment etrafındaki kavernöz venöz pleksusla yakın komşuluk sebebiyle KVB bölgesi arterio-venöz fistül besleyicisi olabileceği de akılda tutulmalıdır. (79)

Preoperatif radyolojik tetkiklerde VA varyasyon veya anomalisi saptanması halinde, zorluk çıkması ön görülen olgularda intraoperatif olarak Doppler sonografi ve indocyanin yeşili (ICG) ile anjiyografi kullanılarak vertebral arterin monitorizasyonu yaralanması riskini azaltmada faydalı olacaktır. (81)

5.2. Niceliksel Sonuçların Tartışması

Atlasın posterior arkusu KVB cerrahi yaklaşımlarında ortaya konulmakta, bazı olgularda ise arkus eksizyonu yapılması gerekmektedir. Bu işlemler sırasında VA'nın korunması, iatrojenik hasardan, yani ciddi nörolojik defisitlere yol açabilecek komplikasyonlardan kaçınılması önemlidir. VA V3 segmenti ve çevresindeki yoğun venöz pleksusun lokalizasyonu için farklı yöntemler geliştirilmiş, çeşitli kemik yapılar referans alınmış, bunun üzerine morfometrik ölçümler yapılmıştır. (5, 48, 49, 82)

Parametre A ve B

Bu referanslardan birisi atlasın posterior arkusu üzerindeki "sulkus arteria vertebralis"tir. VA V3 segmentinin atlas ile olan morfometrik ilişkisinin incelenmesi toplum genelindeki "güvenli alan" sınırlarının belirlenmesinde önemli bilgiler sunmaktadır. Kuru kemik yapılar veya damar lümeni silikon yapı ile doldurulmamış kadavra üzerinde yapılmış kantitatif çalışmalar ile kıyaslandığında lümeninde kanın ve damar tonusunun bulunduğu BTA üzerinden yapılan ölçümlerde elde edilen görüntüler gerçeğe daha yakın bilgiler sunmaktadır. (48)

Çalışmamızda sulkus arteria vertebralisin, posterior tuberkül, yani orta hatt ile olan ilişkisini tanımlayan parametre A ve B ölçüm sonuçları incelenmiştir.

Parametre A genel ortalaması 12.86 ± 1.62 mm (n=399, aralık 9.10 – 18.90 mm); kadınlarda ortalama 12.65 ± 1.58 mm, erkeklerde 13.07 ± 1.63 mm olarak ölçülmüş, erkeklerde bu parametrenin istatistiksel olarak anlamlı yüksek ölçüldüğü görülmüş (p=0.01); cinsiyetten bağımsız solda 12.77 ± 1.57 mm, sağda 12.96 ± 1.66 mm olarak ölçülmüş, taraflar arasında benzerlik görülmüştür (p=0.23).

Parametre B genel ortalaması 20.17 ± 2.34 mm (n=399, aralık 12.30 – 28.10 mm); kadınlarda 20.15 ± 2.34 mm, erkeklerde 20.19 ± 2.34 mm; cinsiyetten bağımsız solda 19.70 ± 2.27 mm, sağda 20.63 ± 2.31 mm olarak ölçülmüş, cinsiyetler arasında fark görülmez iken (p=0.87), sağda istatistiksel olarak anlamlı olarak yüksek sonuçlanmıştır (p<0.001).

Ebraheim ve ark. kuru atlas kemiği üzerinde yaptıkları ölçümlerde (n= 50, K:22, E:28, ölümündeki yaş aralığı : 24-68 yıl) parametre A ortalaması kadınlarda 8.9 ± 0.8 mm, erkeklerde 10.4 ± 1.7 mm olarak bulunmuş; ayrıca parametre B kadınlarda 16.5 ± 1.0 mm, erkeklerde 19.2 ± 2.2 mm olarak sonuçlanmış, erkeklerde anlamlı olarak kadınlardan daha yüksek sonuçlanmış.

Çalışmamızdaki sonuçlar ile karşılaştırıldığında cinsiyet arasındaki anlamlı farkın, K<E, benzer olduğu, bunun yanında değerlerin genel olarak bizim çalışmamızda daha yüksek elde edildiği görülmüştür. (83)

Cacciola ve ark. kuru atlas-aksis kemiği (n=10) ve kadavra (n=10) üzerinde yaptığı çalışmada parametre B ölçüm ortalaması 18.2 mm olarak sonuçlanmış. Kadavraların sadece 5'inde vasküler lümen silikon ile doldurulmuş. Bizim çalışmamızdaki ortalama değerler söz konusu çalışmadaki sonuçtan daha yüksek olduğu görülmüştür. (84)

Gupta ve ark. kuru atlas kemiği üzerinde yaptığı ölçümlerde (n=55, ölümündeki yaş aralığı 16–60 yıl) parametre A ortalaması solda 12.15 ± 1.9 mm, sağda 11.97 ± 1.99 mm; parametre B ortalaması solda 16.03 ± 3.49 mm, sağda 16.03 ± 3.49 mm olarak ölçülmüş. Çalışmalarımız arasındaki parametre A değerleri benzer iken, parametre B değeri bizim çalışmada daha yüksek olduğu görülmüştür. (85)

Yamaguchi ve ark. tarafından BTA tetkiki üzerinde yapılan ölçümlerde (n=149, K:71, E: 69, yaş ortalaması : 55.5 ± 16.1 yıl) parametre A ortalaması ~ 12 mm, parametre

B ortalaması ~ 20 mm olarak sonuçlanmış. Bu sonuçların bizim çalışmadaki değerler ile benzer olduğu görülmüştür. (48)

Özellikle parametre B değerlerinin BTA çalışmalarında yüksek sonuç vermesi üzerine düşünüldüğünde bu durum BTA'daki lümeni dolu damarların üzerinden yapılan ölçümlerle ilgili olabileceği düşünülmüştür. Kuru kemik üzerindeki ölçümlerde herhangi bir yumuşak doku olmadığından sadece kemik sınırlar arası mesafeyi yansıttığı için milimetrik farklılık çıkması olağandır. Pratikte vasküler yapılar üzerinden yapılan ölçümlerin daha kullanışlı olacağı düşünülmektedir.

Bu sonuçlara göre araştırmacılar atlas posterior arkus üzerindeki diseksiyonda belli güvenli sınırlar belirlemişler. Stauffer ve ark. posterior arkus üzerindeki yumuşak doku diseksiyonu zamanı orta hattın 10 mm lateraline ulaşıldığında durulması gerektiğini (86); Ebraheim ve ark. posterior arkusu üzerindeki diseksiyonda posterior ve inferior yüzeyde orta hattın 12 mm lateralinde, superior yüzeyinde ise 8 mm lateralinde durulmasını (83); Gupta ve ark. minimum 15 mm laterale kadar hem superior, hem de posterior yüzeyde güvenle gidilebileceğini (85); Yamaguchi ve ark. orta hattın lateralinde ~ 18–20 mm mesafenin güvenli alan olabileceğini önermişler. (48)

Önceki öneriler ve kendi sonuçlarımız da dikkate alındığında biz posterior atlantal arkusun superior yüzeyinde her iki yöne doğru 12 mm, posterior yüzeyinde ise bilateral 18 mm mesafenin içerisinde kalmanın güvenli olduğunu; bu bölge dışına çıkılacağı zaman monopolar elektrokoter kullanımından kaçınılmasını ve kemik sınır net görülmeden Kerrison aletini kullanmaktan kaçınılmasını önermekteyiz. Ayrıca vertebral arterin güvenli şekilde lokalize edilmesinde mikrovasküler Doppler USG ve indosiyenin yeşil (ICG) anjiyografi kullanımı önemli yöntemler arasındadır. (81)

Kendi çalışmamızda V3 horizontal segmentte bulunabilecek ed-PICA ve SAS parametre A ve B ortalamaları üzerinde farklılık oluşturup oluşturmadığı incelenmiş, istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Parametre C ve D

Kitap ve atlaslarda yaygın olarak VA'nın tamamen sulkus arteria vertebralis sınırlı kalıp sulkus içerisinde seyri belirtilse de, hem anatomik, hem de radyolojik incelemelerde VA V3 horizontal segmentin posterior atlantal arkus üzerinde posterolateral protrüzyon yaparak seyrettiğın gösterilmiştir. Bu durumun dikkate alınmaması iatrojenik damar yaralanması için risk oluşturabileceğı yazalar tarafından savunulmuştur. Bu konudaki ilk kantitatif ölçümleri Yamaguchi ve ark. yaparak yayınlamışlar. (48) Bahs edilen çalışma referans alınarak V3 horizontal segmentin atlas üzerindeki posterolateral protrüzyonuna yönelik iki parametre ölçümü yapılmıştır. Parametre C arterin protrüde segmentin en lateral noktasının orta hatta olan uzaklığına, parametre D ise protrüde segmentin en lateral noktasının posterior arkus dış yüzeyine olan dik uzaklığına tekabül etmektedir.

Bizim çalışmamızda parametre C genel ortalaması 32.56 ± 2.66 mm (aralık 18.90 mm – 41.10 mm) olarak ölçülmüş, kadınlarda ortalama 31.79 ± 2.58 , erkeklerde ortalama 33.33 ± 2.51 , bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($K < E$, $p < 0.001$). Cinsiyetten bağımsız olarak sol taraf ortalaması 32.70 ± 2.58 mm; sağ taraf ortalaması 32.43 ± 2.73 mm olarak ölçülmüş, taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Tetiker ve ark. tez çalışmasında parametre C ortalaması kadınlarda 31.78 ± 1.71 mm, erkeklerde 32.57 ± 2.48 mm, sol tarafta 32.37 ± 2.16 mm, sağ tarafta 31.54 ± 2.21 mm olarak ölçülmüş, çalışmalarımız arasındaki ölçümler benzer sonuçlanmıştır. (87)

Yamaguchi ve ark. yaptığı çalışmada parametre C ortalaması sağ tarafta 30.73 mm, sol tarafta 30.79 mm olarak bulunmuş, bizim çalışmamızdaki değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. (48)

Çalışmamızda parametre C ortalamasının VA fenestrasyonu ve V3-PICA devamlılığına göre farklılık gösterip göstermediğı incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiş, “p” değeri sırasıyla ($p=0.08$) ve ($p=0.94$) şeklinde sonuçlanmıştır.

Hipoplastik, lateralizasyon olmayan ve dominant VA'lar arasında parametre C ortalamasının farklılık gösterip göstermediğı incelenmiştir. Hipoplastik VA'larda

parametre C'nin hem lateralizasyon olmayan ($p<0.001$), hem de dominant olan VA'lardan ($p=0.01$) anlamlı olarak daha düşük olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda parametre D ortalaması 6.65 ± 2.16 mm (aralık 0.00 mm – 13.4 mm) olarak ölçülmüştür. Kadınlarda ortalama 6.70 ± 2.01 mm, erkeklerde 6.60 ± 2.29 mm; sol tarafta 6.77 ± 2.11 mm, sağ tarafta 6.53 ± 2.20 mm olarak ölçülmüş, ne cinsiyet ($p=0.64$), ne de taraflar arasında ($p=0.27$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir. 60 yaş üstü ve altındaki hastalarda bu parametrenin farklılık gösterip göstermediği incelendiğinde anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p=0.26$).

Hipoplastik, lateralizasyon göstermeyen ve dominant VA'lar arasında parametre D ortalamasının farklılık gösterip göstermediği incelendiğinde “dominant > lateralizasyon yok > hipoplastik” şeklinde farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.001$).

Bu durum dominant VA'nın diğerlerinden anlamlı farklılıkla arkusdan daha posterolaterale doğru genişlediğini göstermektedir. En yüksek parametre D değerlerindeki (~ 12.25 mm) orta hatta olan uzaklığın, yani parametre C'nin, ortalama olarak (~ 35.65 mm) olduğu görülmüştür. Bu verileri dikkate aldığımızda posterolateral protrüzyonu orta hattın lateralindeki (~ 35 mm) mesafede bulabileceğimiz sonucuna varılmaktadır.

Bu parametrenin literatürde ilk kantitatif ölçümünü yapan Yamaguchi ve ark. elde ettikleri verilerde sol tarafta ortalama olarak 7.00 ± 2.21 mm, sağ tarafta 6.84 ± 2.51 mm olarak bulmuş; değerlerin 1.39 – 14.1 mm aralığında olduğu görülmüş. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda elde ettiklerimizden biraz yüksek olduğu fark edilmiştir. Ancak dominant taraftaki protrüzyon genişliğinin lateralizasyon olmayan taraftan anlamlı olarak daha yüksek bulunması çalışmalarımızda ortak sonuç olmuştur. (48)

Parametre C ve D için elde edilen sonuçlara göre, dominant olan VA'lar daha geniş protrüzyon göstermektedir. Bu durumda posterior sirkülasyonda esas kanı taşıyan arterlerin iatorjenik hasara uğrama olasılığının daha yüksek olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Far-lateral, genişletilmiş far-lateral kafa tabanı cerrahi yaklaşımlarda medialden laterale doğru VA'nın eksplorasyonu ve mobilizasyonunda lateral sınır ile ilgili bilgi sahibi olmak ve güvenli davranabilmek için preoperatif BTA incelemesi ile bu parametrelerin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Pontikulus postikus (PP) ve pontikulus lateralis (PL) varyasyonunun mevcut olması VA protrüzyonunun mekanik olarak engelleyicisi olarak düşünülerek, yapılan istatistiksel analizde parametre D ortalamasının bu kemik varyasyonlara göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p=0.67).

Yamaguchi ve ark. bu açıdan yaptıkları incelemede kemik köprünün vertebral arteri kavrayacak kadar uzun olduğu veya VA'nın kısa olduğu olgularda protrüzyonun çok az veya hiç olmadığı, bu durumda kemik köprünün VA'ya kalkan oluşturduğu; kemik köprünün yeteri kadar uzun olmadığı veya VA'nın uzun olduğu olgularda ise ekstra uzun kısmın arkus üzerinde protrüde olduğu, bunun yaralanmaya yol açabileceği belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde protrüzyon ölçüsünün sıfır olduğu iki olgudaki sebebin PP ve PL olduğu görülmüştür, ancak V3 segment boyu ölçümü yapılmadığı için bu noktaya yorum yapılamamaktadır. (48)

Parametre F ve G

Retrosigmoid (RS) yaklaşımla büyük tümör dokularının eksizyonu veya ekstrem lateral infrajuguler transkondiler – transtüberküler kafa tabanı, lateral suboksipital yaklaşım gerektiren patolojilerde yapılan retroauriküler insizyonların mastoid proçes ve lateral KVB'ye kadar uzatılması gerekmektedir. Yukarıda sıralanan yaklaşımlarda, far-lateral yaklaşımdan farklı olarak V3 segmenti lateralden mediale doğru ortaya konulmaktadır. VA eksplorasyonu ve korunması için kullanılan C1 posterior tuberkül, lamina, sulkus arteria vertebralis gibi çeşitli rehber noktalar bu yaklaşımlarda erken aşamada görülmemektedir. Vertebral arter ya palpasyon, ya da mikrovasküler Doppler ultrasonografi ile lokalize edilmekte, ancak bu yöntemler her zaman yeterli olmamaktadır. Bu yaklaşımlarda bir diğer rehber olabilecek yapı C1 transvers proçestir (TP). C1 TP'nin üzerindeki kas kitlesi sebebiyle dışarıdan palpasyonu zor olmakta, bu sebeple cerrahinin erken aşamasında yardımcı olabilecek rehber olmaktan çıkmaktadır. (5, 49)

Nadir olarak karşılaşılsa da, RS yaklaşımda V3 segmentinin hasar görmesi ciddi zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Anatomik bilgi ve cerrahi becerisi yüksek olan az sayıda cerrah bu durumda kanamayı kontrol altına alarak, mevcut yaklaşımı güvenli şekilde

genişletip, bu hasarı tamir edebilir. Hasar başarılı olarak tamir edilse bile oluşan iskemik hasarın önüne geilemeyebilir.(11, 49)

Bu veriler ışığında V3 segmenti ve çevresindeki rehber olabilecek kemik oluşumlarla olan morfometrik ilişkinin incelenmesi VA'ya erken erişim ve güvenli cerrahi için alternatif bilgiler sunabilmektedir.

Parametre F olarak tarif edilen VA V3 segmentinin C1 transvers forameninden çıkararak vertikal-horizontal geçişi noktasının subokspital kemiğe olan vertikal uzaklığı ortalama olarak 4.34 ± 2.26 mm (aralık 0.00 – 12.10 mm) olarak ölçülmüştür. 8 olguda (%2.0) parametre F değeri sıfır olarak, 5 olguda (%1.4) parametre F değeri <1mm ölçülmüştür. Burada dikkat edeğimiz nokta bu ölçüm sonucunun yüksek olduğu olgularda VA oksipital kemikten daha uzak, yani daha güvenli, küçük olan değerlerde ise oksipital kemiğe daha yakın, yani girişimden etkilenme ihtimali daha yüksek olabileceğidir.

Cinsiyete göre parametre F ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.47$). İleri yaşla birlikte görülen servikal spondiloza sekonder olarak bu parametrenin etkilenip etkilenmediğini incelemek için 60 yaş üstü ve altı olan hastalarda yapılan karşılaştırmada ortalamalar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p=0.28$).

Ancak taraflar arası yapılan karşılaştırmada sol tarafta 4.59 ± 2.25 mm, sağ tarafta 4.10 ± 2.26 mm olduğu, bu minimal farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu, yani sağ tarafın oksipital kemiğe daha yakın olduğu görülmüştür.

Dominantlığın posterolateral protrüzyon üzerindeki anlamlı etkisi görüldükten sonra aynı etkenin parametre F üzerinde olan etkisi araştırılmış, hipoplastik olgularda 5.55 ± 2.36 mm, lateralizasyon olmayanlarda 4.35 ± 2.28 mm, dominant olanlarda 3.81 ± 1.95 mm olduğu görülmüş, hipoplastik olanların oksipital kemikten daha uzak, yani daha güvenli, dominant olanların ise oksipital kemiğe daha yakın olduğu görülmüş, bu fark üzerinde arter çapının etkili olduğu düşünölmüş, ancak bu kategoriye göre ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamış, ancak oldukça yaklaşılmıştır ($p=0.06$).

Atlas PP ve PL varyasyonlarının parametre F ortalamaları arasında farklılık oluşturup oluşturmadığını incelemek için yapılan analizde anlamlı farklılık bulunmuştur

($p<0.001$). PP ve PL birlikteliğinin bulunduğu olgularda V3 – suboksipital kemik mesafesi diğer alt tiplerden anlamlı olarak en uzun ($\bar{x}=9.3$ mm) bulunmuş ($p<0.001$); komplet PP olan ($\bar{x}=5.43$) olgularda parametre F, bu varyasyonlardan herhangi birinin bulunmadığı ($\bar{x}=4.16$) olgulardan anlamlı olarak daha uzun bulunmuş ($p=0.01$); inkomplet PP ve PL olan olguların arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu sonuçlardan komplet PP tek başına veya PL ile birlikte bulunduğu olgularda V3 – suboksipital mesafe en geniş olacağından RS, lateral suboksipital, ELITE gibi yaklaşımlarda bu durum V3 segmenti için koruyucu görev yapabilmektedir.

Tayebi ve ark. kadavra ($n=7$) üzerinde yaptığı bir çalışmada V3 – suboksipital kemik vertikal mesafesi ortalama olarak 7.8 mm (aralık 5.2 – 11.0 mm) olarak ölçülmüş. Çalışmalarımız arasında yapılan karşılaştırmada maksimum değer ölçülerimiz yakın olsa da, ortalama ve minimum ölçülerimiz bizde daha düşük, yani suboksipital kemiğe daha yakın sonuçlanmıştır. Tayebi ve ark. yaptıkları çok değerli kadavra çalışmasında aynı zamanda hiçbir V3 segmentinin inferior nukal çizgiye ulaşmadığı da görülmüş, ancak bu ölçüm bizim çalışmamızda yapılmamıştır. Parametre F ortalaması arasındaki fark kadavra örneklem sayısının az olması ile açıklanabilmektedir. (49)

Çalışmamızda parametre F sürekli değişkeni üzerinden yapılan dönüşümle oluşturulmuş kategorik sınıflamada olguların %31.6'sında ($n=126/400$) V3 – suboksipital kemik vertikal mesafesi <3.00 mm olduğu görülmüştür.

Buradan yapılan çıkarımda inferior nukal çizgiden oksipital kondilar bölgeye ve juguler proçese doğru kas diseksiyonu zamanı monopolar elektrokoter kullanımından kaçınılması, subperiostal dikkatli künt diseksiyon ile ilerlenmesi, kanama kontrolünde bipolar elektrokoter kullanılması önerilmektedir.

Parametre G olarak tarif edilen vertebral arter V3 horizontal segment posterolateral protrüzyonunun tepe noktasının mastoid porçese olan horizontal uzaklığı ortalama olarak 19.67 ± 3.21 mm (aralık 8.30 – 33.20 mm) olarak ölçülmüştür. Çalışmamızda parametre G sürekli değişkeni üzerinden yapılan dönüşümle oluşturulmuş kategorik sınıflamada olguların %26.3'ünde ($n=105/400$), V3 – mastoid proçes mesafesi <18.00 mm olduğu görülmüştür.

Tayebi ve ark. yaptığı kadavra çalışmasında (n=10, 20 taraf) VA protrüzyonunun mastoid tepeye olan horizontal mesafesi ortalama olarak 27.56 ± 2.51 mm (aralık 23.7 – 32 mm) olarak ölçülmüş, çalışmamızdaki değerler bundan daha düşük sonuçlanmıştır. Elde edilen ölçümlerdeki maksimum uzaklıklar birbirine benzer olsa da, minimum değerler arasında önemli ölçüde farklılık görülmektedir. Bu durum anatomik çalışmada diseksiyon tarafına doğru kafaya 20 derecelik rotasyon verilmesi, radyolojik ölçümlerin ise nötral pozisyonda yapılması ile açıklanabilecektir. Rotasyon yapılan taraftaki vertebral arterin gerilmesi ile mastoid tepeden uzaklaşarak bu farklılığı oluşturduğu düşünülmektedir. Hastalara rutin BTA sırasında verilen nötral pozisyon üzerinden yapılan ölçümlerde normal anatomiyle ilgili bilgi sağlanırken, cerrahi uygulanacak yola uygun pozisyonda ölçümler yapılması daha pratik bilgiler verebilecektir. (5)

6. SONUÇ

Kraniyovertebral bileşkenin (KVB) kompleks anatomisi, kemik ve vasküler yapıların birbiri ile olan ilişkisi, hem kemik, hem de vasküler yapılarda azımsanmayacak sıklıkta varyasyonların görülmesi bu bölgeyi güvenli cerrahi açısından karmaşık hale getirmektedir. Bu bölgedeki neoplastik, vasküler, travmatik, konjenital, iatrojenik patolojiler çoğunlukla nöroşirürjikal girişim gerektirmektedir. Literatür incelemesinde bu bölgedeki iatrojenik VA yaralanması oranının %2'lere kadar çıkması KVB'nin esas bileşenleri olan atlas ve vertebral arter V3 segmenti anatomisi ve varyasyonlarının mercek altına alınmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca toplumlar arası varyasyon prevalanslarında farklılıkların olması her topluma özgü sıklıkların belirlenmesini ihtiyacı doğurmaktadır.

Bu çalışmadaki amacımız Türk toplumunda vertebral arter V3 segmenti ve atlas (C1) varyasyonlarının ayrı ayrı prevalanslarının belirlenmesi, birbiri ile olan ilişkisinin analiz edilmesi, belirli rehber noktalara göre morfometrik ölçümlerin yapılması, sonuçların literatür ile karşılaştırılması, uygun önerilerin sunulması ve literatüre katkı sağlanmasıdır.

01.10.2018 – 01.10.2023 tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi bölümüne başvuran, KVB cerrahisi geçirmemiş, 18-65 yaş aralığında olan yüz kadın ve yüz erkekten oluşan kohortun beyin-boyun bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) tetkikleri, 3-B rekonstrüksiyon ve 3-B modelleme ile incelendi. Belirlenmiş atlas ve VA V3 segmenti varyasyonları açısından tarandı, VA'nın atlas ve oksipital kemik rehber noktaları ile olan morfometrik ilişkileri değerlendirildi. Ayrıca KVB bölgesine işlem yapılmamış on kadavra kafasında (yirmi taraf) diseksiyon yapılarak atlas ve V3 segment varyasyon incelemesi yapıldı. Tespit edilen varyasyonlar, pozitif radyolojik sonuçların gerçek anatomi ile desteklenmesi için kullanıldı.

PAAD prevalansı 200 bireyde %3 olarak (n=5 Tip A, n=1 Tip B) tespit edildi. Herhangi bir V3 segment varyasyonu ile arasında anlamlı ilişki bulunmadı (p=0.57). Sadece bir kadavrada Tip A PAAD tespit edildi. PP-PL prevalansı dört yüz taraf üzerinden %16.7 (n=67/400) olarak bulundu. 40 yaşın altında anlamlı olarak daha sık olduğu (p=0.04) görüldü. V3 segment varyasyonu bulunmasının PP-PL prevalansını arttırdığı ilişkisi anlamlı bulundu (p=0.01). Diseksiyon yapılan yirmi tarafın %30'unda PP-PL

görüldü. Herhangi bir atlas varyasyonu prevalansı %25.5 olarak tespit edildi. Atlas varyasyonunun bulunması V3 segment varyasyon görülmesini anlamlı olarak arttırdığı tespit edildi. Atlas varyasyonu toplumsal prevalansının Batı'dan Doğu'ya doğru azaldığı görüldü.

V3 segmentine ait üç varyasyon (PIFA, VAF, ed-PICA) dikkate alındığında prevalans %3.3 (n=13/400), yedi varyasyon (ek olarak V3-PICA, VAD, VAH, SAS) üzerinden değerlendirildiğinde %14.8 (n=59/400) olarak tespit edildi. En sık VAD (%9), en seyrek PIFA (%0.3) olduğu görüldü. 1 kadavrada PIFA varyasyonu tespit edildi ve literatürde anatomik PIFA diseksiyonu tespit edilemediğinden önemli bir katkı sunuldu. VAF prevalansı (%1) olarak görülürken, kadavrada tespit edilmedi. Ed-PICA sıklığı %2 olarak (n=8/400) tespit edildi. VAD olan (p=0.03) ve PP-PL olan (p=0.01) tarafta insidansı anlamlı olarak yüksek sonuçlandı. 1 kadavrada ed-PICA tespit edildi. Atlas kemik varyasyonlarının aksine vasküler varyasyonların prevalansı Batı'dan Doğu'ya doğru arttığı fark edildi. VA atrezi (V3-PICA) prevalansı %0.5 (n=2/400) olarak tespit edildi. VAD sıklığı %9.5 (n=36/400), VAH ise %3.5 (n=14/400) olarak görüldü, sol dominantlığı görülse de bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p=0.08). PP-PL varyasyonu olanlarda %9.8 anlamlı olarak daha fazla VAD görüldü (p=0.01). SAS prevalansı %7.3 (n=29/400) olarak bulundu. Diseksiyonda tarafların %25'inde tespit edildi.

Parametre A ortalaması 12.86 ± 1.62 mm; Parametre B ortalaması 20.17 ± 2.34 mm olarak bulundu. Posterior atlantal arkusun süperior yüzeyinde bilateral 12 mm, posterior yüzeyinde 18 mm mesafenin güvenli alan olacağı çıkarımı yapıldı. Parametre C ortalaması 32.56 ± 2.66 mm, parametre D 6.65 ± 2.16 mm olarak bulunmuş, VAH'lerde bu değerlerin düşük, VAD'lerde daha yüksek olduğu ve arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edildi (p<0.001). Posterolateral protrüzyonun orta hattın laterilindeki 35 mm mesafede bulunabileceği kanaatine varıldı. Parametre F ortalama 4.34 ± 2.26 mm olarak bulunmuş, PP-PL olduğunda bu mesafenin anlamlı olarak arttığı, yani VA'yı koruyabileceği sonucuna varılmıştır. Bireylerin %31.6'sında bu mesafe < 3 mm olup, VA

yaralanma riski yüksek olduğu kanaatine varılmıştır. Parametre G ortalama 19.67 ± 3.21 mm olarak ölçölmüş, bireylerin %26.3'inde bu mesafe <18 mm olduğu görölmüş, VA yaralanmaya nispeten açık olduğu sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlarla Türk toplumuna özgü atlas ve VA V3 varyasyon prevalans analizi, bu iki yapının karşılıklı morfometrik ölçümleri yapılmış, KVB cerrahisindeki önemi incelenmiştir. Kadavra diseksiyonu ile elde edilen anatomik varyasyonlar sanal 3-B radyolojik sonuçların gerçekte olan bağlantısı pekiştirilmiş, literatürde nadir görölen PIFA diseksiyon örneği literatüre kazandırılmıştır. Preoperatif BTA tetkiki yapılması, 3-B rekonstrüksiyon ve 3-B modelleme teknikleri kullanılarak incelenmesi azımsanmayacak kadar görölen varyasyonların tespitinde, faydalı bir yöntem olduğu görölmüştür.

Doğu ile Batı arasında köprü olan Anadolu'nun bu özelliği atlas ve V3 varyasyon prevalansında da kendini göstermiş, iki uç sayıların genellikle ortasında yer almıştır.

Günümüz dünyasının önemli bir parçası haline gelen yapay zeka ve makine öğrenmesi, bu modalitelerin gelecekteki sağlık hizmeti sunumunda da rol üsteleneceğine şüphe bırakmamaktadır. Yaptığımız çalışmayla elde ettiğimiz veriler gelecekte insanlarda güvenli girişimlerin uygulanabilmesi için önemli bir veri tabanı katkısı sağlayacağına inanıyoruz.

7. KAYNAKLAR

1. Goel A, Cacciola F. The craniovertebral junction: diagnosis, pathology, surgical techniques 2011.
2. Bambakidis NC. Surgery of the craniovertebral junction: Thieme; 2012.
3. Kim DH, Vaccaro AR, Dickman CA, Cho D, Lee S, Kim I. Surgical Anatomy and Biomechanics of the Craniovertebral Junction. In: Dinh D, Mccall T, Mattei TA, Karanth S, Lee W, editors. Surgical anatomy and techniques to the spine. Second ed. Philadelphia, PA 19103-2899: Elsevier Health Sciences; 2013. p. 2-16.
4. Dujovny M, Ausman J. Microsurgical anatomy of the atlantal part of the vertebral artery. *Surgical neurology*. 1995;44(4):392-400; discussion
5. Meybodi AT, Rincon-Torroella J, El-Sayed IH, Lawton MT, Benet A. Early localization of the third segment of the vertebral artery: the atlanto-mastoid line. *Operative Neurosurgery*. 2016;12(4):350-9.
6. Wakao N, Takeuchi M, Nishimura M, Riew KD, Kamiya M, Hirasawa A, et al. Vertebral artery variations and osseous anomaly at the C1-2 level diagnosed by 3D CT angiography in normal subjects. *Neuroradiology*. 2014;56:843-9.
7. Omotoso BR, Harrichandparsad R, Lazarus L. Prevalence of anatomical variations at the suboccipital (V3) segment of the vertebral artery: a systematic review. *Neuroradiology*. 2023:1-8.
8. O'Donnell CM, Child ZA, Nguyen Q, Anderson PA, Lee MJ. Vertebral artery anomalies at the craniovertebral junction in the US population. *Spine*. 2014;39(18):E1053-E7.
9. Vaněk P, Bradáč O, De Lacy P, Konopková R, Lacman J, Beneš V. Vertebral artery and osseous anomalies characteristic at the craniocervical junction diagnosed by CT and 3D CT angiography in normal Czech population: analysis of 511 consecutive patients. *Neurosurgical Review*. 2017;40:369-76.
10. Fortuniak J, Bobeff E, Polguy M, Kośła K, Stefańczyk L, Jaskólski DJ. Anatomical anomalies of the V3 segment of the vertebral artery in the Polish population. *European Spine Journal*. 2016;25:4164-70.
11. Osorio JA, Benet A, Hess CP, McDermott MW, Abla AA. Primary vertebral artery reanastomosis during retrosigmoid skull base approach following iatrogenic near-transection with monopolar electrocautery. *Operative Neurosurgery*. 2014;10(4):631-9.
12. Yi HJ, Hong JT, Lee JB, Park J-H, Lee JJ, Kim IS, et al. Analysis of risk factors for posterior C1 screw-related complication: a retrospective study of 358 posterior C1 screws. *Operative Neurosurgery*. 2019;17(5):509-17.
13. Nassr AN, Swann PP, Huston III J, Abdelfatah MM, Rose PS, Currier BL. Aberrant posterior inferior cerebellar artery injury with C1 lateral mass screw placement: a case report and review of the literature. *The Spine Journal*. 2014;14(9):e7-e14.
14. Maughan PH, Ducruet AF, Elhadi AM, Martirosyan NL, Garrett M, Mushtaq R, et al. Multimodality management of vertebral artery injury sustained during cervical or craniocervical surgery. *Operative Neurosurgery*. 2013;73:ons271-ons82.
15. Schroeder GD, Hsu WK. Vertebral artery injuries in cervical spine surgery. *Surgical Neurology International*. 2013;4(Suppl 5):S362.

16. Ivashchuk G, Fries FN, Loukas M, Paulson D, Monteith SJ, Chapman JR, et al. Arterial variations around the atlas: a comprehensive review for avoiding neurosurgical complications. *Child's Nervous System*. 2016;32:1093-100.
17. Forseen SE, Borden NM. *Imaging anatomy of the human spine: a comprehensive atlas including adjacent structures*: Springer Publishing Company; 2015.
18. George B, Bruneau M, Spetzler RF. *Pathology and surgery around the vertebral artery*: Springer Science & Business Media; 2013.
19. Gailloud P. The segmentation of the vertebral artery: An ambiguous anatomical concept. *Interventional Neuroradiology*. 2022;28(6):765-72.
20. Ulm AJ, Quiroga M, Russo A, Russo VM, Graziano F, Velasquez A, et al. Normal anatomical variations of the V3 segment of the vertebral artery: surgical implications. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2010;13(4):451-60.
21. Pang D, Thompson DNP. Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Child's Nervous System*. 2011;27(4):523-64.
22. Menshawi K, Mohr JP, Gutierrez J. A functional perspective on the embryology and anatomy of the cerebral blood supply. *Journal of stroke*. 2015;17(2):144.
23. Raybaud C. Normal and abnormal embryology and development of the intracranial vascular system. *Neurosurgery Clinics*. 2010;21(3):399-426.
24. Sun Y, Shi Y-M, Xu P. The clinical research progress of vertebral artery dominance and posterior circulation ischemic stroke. *Cerebrovascular Diseases*. 2022;51(5):553-6.
25. Park J-H, Kim J-M, Roh J-K. Hypoplastic vertebral artery; Frequency and associations with ischemic Stroke territory. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2006.
26. Jeng J-S, Yip P-K. Evaluation of vertebral artery hypoplasia and asymmetry by color-coded duplex ultrasonography. *Ultrasound in medicine & biology*. 2004;30(5):605-9.
27. Matula C, Trattinig S, Tschabitscher M, Day J, Koos WT. The course of the prevertebral segment of the vertebral artery: anatomy and clinical significance. *Surgical neurology*. 1997;48(2):125-31.
28. Cagnie B, Barbaix E, Vinck E, D'Herde K, Cambier D. A vertebral artery without atlantic and intradural sections: a case report and a review of the literature. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2005;187(3):271-5.
29. Lasjaunias P BA, Ter Brugge KG. *The Pharyngo-occipital System*. In: P. Lasjaunias AB, K.G. ter Brugge, editor. *Surgical Neuroangiography 1*. 1. Verlag, Berlin: Springer; 2001. p. 165-224.
30. Ionete C, Omojola MF. MR angiographic demonstration of bilateral duplication of the extracranial vertebral artery: unusual course and review of the literature. *American journal of neuroradiology*. 2006;27(6):1304-6.
31. Pekcevik Y, Pekcevik R. Variations of the cerebellar arteries at CT angiography. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2014;36:455-61.
32. Polguy M, Podgórski M, Jędrzejewski K, Topol M, Majos A. Fenestration and duplication of the vertebral artery: the anatomical and clinical points of view. *Clinical Anatomy*. 2013;26(8):933-43.

33. Fine AD, Cardoso A, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the extracranial—extradural origin of the posterior inferior cerebellar artery. *Journal of neurosurgery*. 1999;91(4):645-52.
34. Lin X, Zhu H-J, Xu Y, Zheng T, Lin F-Y, Yin X-M. Prevalence of Vertebral artery anomaly in upper cervical and its surgical implications: a systematic review. *European Spine Journal*. 2021:1-7.
35. Tokuda K, Miyasaka K, Abe H, Abe S, Takei H, Sugimoto S, et al. Anomalous atlantoaxial portions of vertebral and posterior inferior cerebellar arteries. *Neuroradiology*. 1985;27(5):410-3.
36. Yamazaki M, Koda M, Aramomi M-a, Hashimoto M, Masaki Y, Okawa A. Anomalous vertebral artery at the extraosseous and intraosseous regions of the craniovertebral junction: analysis by three-dimensional computed tomography angiography. *Spine*. 2005;30(21):2452-7.
37. Macchi V, Porzionato A, Morra A, D'Antoni AV, Tubbs RS, De Caro R. Anatomico-radiologic study of the distribution of the suboccipital artery of Salmon. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2014;117:80-5.
38. Sanchis-Gimeno JA, Llido S, Perez-Bermejo M, Nalla S. Prevalence of anatomic variations of the atlas vertebra. *The Spine Journal*. 2018;18(11):2102-11.
39. Ahn J, Duran M, Syldort S, Rizvi A, D'Antoni AV, Johal J, et al. Arcuate foramen: anatomy, embryology, nomenclature, pathology, and surgical considerations. *World neurosurgery*. 2018;118:197-202.
40. Elliott RE, Tanweer O. The prevalence of the ponticulus posticus (arcuate foramen) and its importance in the Goel-Harms procedure: meta-analysis and review of the literature. *World neurosurgery*. 2014;82(1-2):e335-e43.
41. Kim MS. Anatomical variant of atlas: arcuate foramen, occipitalization of atlas, and defect of posterior arch of atlas. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2015;58(6):528-33.
42. Geist J, Geist SR, Lin L. A cone beam CT investigation of ponticulus posticus and lateralis in children and adolescents. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2014;43(5):20130451.
43. Currarino G, Rollins N, Diehl JT. Congenital defects of the posterior arch of the atlas: a report of seven cases including an affected mother and son. *American Journal of Neuroradiology*. 1994;15(2):249-54.
44. Kwon JK, Kim MS, Lee GJ. The incidence and clinical implications of congenital defects of atlantal arch. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2009;46(6):522.
45. Hyun G, Allam E, Sander P, Hasiak C, Zhou Y. The prevalence of congenital C1 arch anomalies. *European Spine Journal*. 2018;27:1266-71.
46. Miyamoto N, Ueno Y, Hira K, Kijima C, Nakajima S, Yamashiro K, et al. Characteristics of clinical symptoms, cerebral images and stroke etiology in vertebro-basilar artery fenestration-related infarction. *Brain Sciences*. 2020;10(4):243.
47. Du Y-Q, Qiao G-Y, Yin Y-H, Li T, Tong H-Y, Yu X-G. Usefulness of 3D printed models in the management of complex craniovertebral junction anomalies: choice of treatment strategy, design of screw trajectory, and protection of vertebral artery. *World Neurosurgery*. 2020;133:e722-e9.

48. Yamaguchi S, Eguchi K, Kiura Y, Takeda M, Kurisu K. Posterolateral protrusion of the vertebral artery over the posterior arch of the atlas: quantitative anatomical study using three-dimensional computed tomography angiography. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2008;9(2):167-74.
49. Meybodi AT, Zhao X, Moreira LB, Lawton MT, Lang MJ, Labib M, et al. The inferior nuchal line as a simple landmark for identifying the vertebral artery during the retrosigmoid approach. *Operative Neurosurgery*. 2020;18(3):302-8.
50. Ergun O, Tatar IG, Birgi E, Hekimoglu B. Evaluation of vertebral artery dominance, hypoplasia and variations in the origin: angiographic study in 254 patients. *Folia morphologica*. 2016;75(1):33-7.
51. Orhan G, Malikov A, Hajiyevev O, Secen AE, Karaman A, Gurpinar I, et al. Craniovertebral junction aneurysms. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2023;228:107704.
52. Akar A, Civelek E, Cansever T, Aydemir F, Altinors MN. The relationship of the vertebral artery with anatomical landmarks in the posterior craniovertebral junction of fresh human cadavers in the Turkish population. 2016.
53. Akgun V, Battal B, Bozkurt Y, Oz O, Hamcan S, Sari S, et al. Normal anatomical features and variations of the vertebrobasilar circulation and its branches: an analysis with 64-detector row CT and 3T MR angiographies. *The scientific world journal*. 2013;2013.
54. Arslan D, Ozer MA, Govsa F, Kitis O. Surgicoanatomical aspect in vascular variations of the V3 segment of vertebral artery as a risk factor for C1 instrumentation. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2019;68:243-9.
55. Isaji T, Yasuda M, Kawaguchi R, Aoyama M, Niwa A, Nakura T, et al. Posterior inferior cerebellar artery with an extradural origin from the V3 segment: higher incidence on the nondominant vertebral artery. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2018;28(2):154-9.
56. Senoglu M, Safavi-Abbasi S, Theodore N, Bambakidis NC, Crawford NR, Sonntag VK. The frequency and clinical significance of congenital defects of the posterior and anterior arch of the atlas. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2007;7(4):399-402.
57. Guenkel S, Schlaepfer S, Gordic S, Wanner GA, Simmen H-P, Werner CM. Incidence and variants of posterior arch defects of the atlas vertebra. *Radiology research and practice*. 2013;2013.
58. Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta neurochirurgica*. 1994;129:47-53.
59. Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*. 2001;26(22):2467-71.
60. Golpinar M, Komut E, Salim H, Govsa F. The computed tomographic evaluation of bony bridge of C1 as bleeding risk factor at the screw placement. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2022;44(4):585-93.
61. FIRAT A, Erbil N, Göçmen R. Evaluation of the groove for vertebral artery using CT angiography. *Anatomy*. 2017;11(2):61-6.
62. Pękala PA, Henry BM, Pękala JR, Saganiak K, Tattera D, Walocha JA, et al. Lateral and posterolateral foraminal variations of the atlas: A meta-analysis. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2017;40:74-82.

63. Uchino A, Saito N, Watadani T, Okada Y, Kozawa E, Nishi N, et al. Vertebral artery variations at the C1–2 level diagnosed by magnetic resonance angiography. *Neuroradiology*. 2012;54:19-23.
64. Hong JT, Jang WY, Kim IS, Yang SH, Sung JH, Son BC, et al. Posterior C1 stabilization using superior lateral mass as an entry point in a case with vertebral artery anomaly: technical case report. *Operative Neurosurgery*. 2011;68:ons246-ons9.
65. Kataria R, Mehrotra M, Purohit DK, Gupta A, Rathore M. Prediction of the functional and radiological outcome on the basis of independent factors with special emphasis on the use of 3D printed models in craniovertebral junction surgery. *Surgical Neurology International*. 2022;13.
66. Kim MS. Developmental anomalies of the distal vertebral artery and posterior inferior cerebellar artery: diagnosis by CT angiography and literature review. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2016;38(9):997-1006.
67. Tetiker H, Cimen M, Koşar M. Fenestration of the vertebral artery: case presentation. *Folia Morphologica*. 2014;73(1):84-6.
68. D'Sa A, Alvin MD, Brody R, Javed S, Faro S, Nadgir RN. Imaging features of vertebral artery fenestration. *Neuroradiology*. 2020;62:587-92.
69. Hong JT, Lee SW, Son BC, Sung JH, Yang SH, Kim IS, et al. Analysis of anatomical variations of bone and vascular structures around the posterior atlantal arch using three-dimensional computed tomography angiography. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2008;8(3):230-6.
70. Duan S, Lv S, Ye F, Lin Q. Imaging anatomy and variation of vertebral artery and bone structure at craniocervical junction. *European Spine Journal*. 2009;18:1102-8.
71. Hong JT, Kim IS, Kim JY, Lee HJ, Kwon JY, Kim MS, et al. Risk factor analysis and decision-making of surgical strategy for V3 segment anomaly: significance of preoperative CT angiography for posterior C1 instrumentation. *The Spine Journal*. 2016;16(9):1055-61.
72. Zhu S-w, Yang Y, Liu Y-g, Cao J-w, Li F. Anatomical features and clinical significance of radiculomuscular artery variants involving the suboccipital segment of vertebral artery: angiographic and cadaver studies. *Clinical Neuroradiology*. 2018;28:75-80.
73. Zhang H, Chai W, Wang S, Wang Y, Li H. Persistent first intersegmental artery (PFIA) visualized by three-dimensional computed tomography angiography in Chinese population. *International Journal of Surgery*. 2018;52:233-6.
74. Xu S, Ruan S, Song X, Yu J, Xu J, Gong R. Evaluation of vertebral artery anomaly in basilar invagination and prevention of vascular injury during surgical intervention: CTA features and analysis. *European Spine Journal*. 2018;27:1286-94.
75. Omotoso BR, Harrichandparsad R, Satyapal KS, Lazarus L. Radiological anatomy of the suboccipital segment of the vertebral artery in a select South African population. *Eur J Anat*. 2021;25(5):553-62.
76. Liu I-W, Ho B-L, Chen C-F, Han K, Lin C-J, Sheng W-Y, et al. Vertebral artery terminating in posterior inferior cerebellar artery: a normal variation with clinical significance. *PLoS One*. 2017;12(4):e0175264.

77. Gaigalaite V, Vilimas A, Ozeraitiene V, Dementaviciene J, Janilionis R, Kalibatiene D, et al. Association between vertebral artery hypoplasia and posterior circulation stroke. *BMC neurology*. 2016;16(1):1-9.
78. Thierfelder KM, Baumann AB, Sommer WH, Armbruster M, Opherk C, Janssen H, et al. Vertebral artery hypoplasia: frequency and effect on cerebellar blood flow characteristics. *Stroke*. 2014;45(5):1363-8.
79. Arnautović KI, Al-Mefty O, Pait TG, Krisht AF, Husain MM. The suboccipital cavernous sinus. *Journal of neurosurgery*. 1997;86(2):252-62.
80. Tubbs RS, Shah NA, Sullivan BP, Marchase ND, Cohen-Gadol AA. Surgical anatomy and quantitation of the branches of the V2 and V3 segments of the vertebral artery. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2009;11(1):84-7.
81. Lee DH, Park JH, Lee JJ, Lee JB, Lee HJ, Kim IS, et al. Intraoperative surveillance of the vertebral artery using indocyanine green angiography and Doppler sonography in craniovertebral junction surgeries. *Neurosurgical Focus*. 2021;50(1):E5.
82. Wanibuchi M, Fukushima T, Zenga F, Friedman AH. Simple identification of the third segment of the extracranial vertebral artery by extreme lateral inferior transcondylar-transtubercular exposure (ELITE). *Acta neurochirurgica*. 2009;151:1499-503.
83. Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M, Heck B. The quantitative anatomy of the vertebral artery groove of the atlas and its relation to the posterior atlantoaxial approach. *Spine*. 1998;23(3):320-3.
84. Cacciola F, Phalke U, Goel A. Vertebral artery in relationship to C1-C2 vertebrae: an anatomical study. *Neurology India*. 2004;52(2):178.
85. Gupta T. Quantitative anatomy of vertebral artery groove on the posterior arch of atlas in relation to spinal surgical procedures. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2008;30:239-42.
86. Stauffer ES. Posterior atlanto-axial arthrodesis: The Gallie and Brooks techniques and their modifications. *Techniques in orthopaedics*. 1994;9(1):43-8.
87. Tetiker H. Arteria vertebralis'lerin V2 ve V3 segmentlerinin seyri ve morfolojik özellikleri: T.C. Cumhuriyet Üniversitesi Tıp fakültesi; 2010.