



T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

ATLAS VE AKSİS VERTEBRALARIN CERRAHİ VE
RADYOLOJİK ANATOMİSİ: KADAVRA ÇALIŞMASI

Dr. DERYA KARATAŞ

UZMANLIK TEZİ

MERSİN-2019



**T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**ATLAS VE AKSİS VERTEBRALARIN CERRAHİ VE
RADYOLOJİK ANATOMİSİ: KADAVRA ÇALIŞMASI**

**Dr. DERYA KARATAŞ
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. EMEL AVCI**

**Bu tez, BAP 2018-2-TP3-2997 kodlu proje olarak Mersin
Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
desteklenmiştir.**

MERSİN- 2019

TEŐEKKÜR

Araştırma görevlisi olarak çalıştığım zaman içerisinde ve tez hazırlama sürecimde benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her türlü bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak yetişmemde büyük katkıları bulunan, sıcaklıklarını her zaman hissettiğim, iyinin binbir suretini gördüğüm başta tez danışmanlığımı yapan değerli hocalarım Prof. Dr. Emel AVCI, Prof. Dr. Ahmet DAĞTEKİN olmak üzere, sevgili hocalarım Prof. Dr. Celal BAĞDATOĞLU, Öğr. görevlisi Dr. Hakan ÖZALP, Öğr. görevlisi Dr. Vural HAMZAOĞLU'na,

Uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığım, tüm zorluk ve güzellikleri paylaştığım, birlikte güzel anılar biriktirdiğimiz değerli araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Bana her zaman destek olan tüm beyin cerrahi servis ve yoğun bakım hemşire vepersonellerine, ameliyathane hemşiresine ve personeline, sekreter arkadaşlarıma, çalışmamızın istatistiksel analizlerini yapan Didem DERİCİ YILDIRIM'a

Beni her konuda destekleyen, her zaman yanımda olan ve bugünlere gelmemde büyük katkı ve yardımları bulunan canım aileme sonsuz teőekkürler...

Dr. Derya KARATAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	5
ABSTRACT	7
1. GİRİŞ VE AMAÇ	9
2. GENEL BİLGİLER	12
2.1. Üst Servikal Bileşkenin Segmenter Anatomisi	12
2.2. Üst Servikal Bölgenin Kemik Anatomisi	13
2.2.1. Atlas	13
2.2.2. Aksis	16
2.3. Üst Servikal Bölgenin Ligamentöz Anatomisi ve Biyomekanik Özellikleri	17
2.4. Üst Servikal Bölgenin Nörovasküler Anatomisi	27
2.5. Suboksipital ve Üst Servikal Bölgeye Posterior Yaklaşım	29
2.6. Üst Servikal Bölge ve Kraniovertebral Bileşkede Posterior Füzyon Teknikleri	32
2.6.1. Posterior Oksipitoservikal Füzyon ve Stabilizasyon	35
2.6.2. C1-C2 Tel ile Fiksasyon Yöntemleri	36
2.6.3. C1-C2 Transartiküler Vida Fiksasyonu	38
2.6.4. C1-C2 Segmental Fiksasyon	39
3. GEREÇ VE YÖNTEM	45
3.1. Olguların Seçimi	45
3.2. Kadavraların Anatomi Ölçüm Parametreleri ve Posterior Servikal Diseksiyonu	45
3.3. Kadavraların Bilgisayarlı Servikal Tomografilerinin Değerlendirilmesi ve Ölçüm Parametreleri	51
3.4. İstatistiksel Yöntem	57
4. BULGULAR	58
4.1. Demografik Özellikler	58
4.2. Anatomi Ölçümlerinin Analiz Sonuçları	58
4.3. Radyoloji Ölçümlerinin Analiz Sonuçları	68
5. TARTIŞMA	75
5.1. Atlas Lateral Kitle Vidasının Yerleştirilmesi ve Cerrahi Anatomisi	75

5.2. Aksis Pedikül Vidasının Yerleştirilmesi ve Cerrahi Anatomisi	83
5.3. Atlantoaksiyel Fiksasyon Tekniklerinde Nörovasküler Yapıların Durumu	89
5.4. Aksis Lamina Vidasının Yerleştirilmesi ve Cerrahi Anatomisi	90
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	96
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	106
ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ	107
TABLolar DİZİNİ	109



ÖZET

Üst servikal bölge ve kraniovertebral bileşkeye yönelik posterior yaklaşımlar nöroşirurji pratiğinde sıkça uygulanmaktadır. Bu çok yönlü kullanım alanı olan yaklaşımlar üst servikal bölge, oksipitoservikal bileşke ve posterior fossaya uygulanan dekomprresyon, füzyon ve fiksasyon amacıyla oksipital kemikten C3 vertebraya kadar uygulanabilmektedirler.

Bu çalışmanın amacı atlantoaksiyel instabilitedede kullanılan posterior fiksasyon cerrahisi göz önünde bulundurularak atlas ve aksisin cerrahi ve radyolojik anatomisinin incelenmesidir. Ayrıca atlas ve aksis vertebralarında incelenen parametreleri de karşılaştırdık.

İngilizce literatürde C1 lateral kitlesi, C2 pedikülü için oldukça farklı vida giriş noktalarına göre değişken posterior vida yönelimleri olmasına rağmen ideal vida uzunlukları ve ideal vida açıları için henüz kesin bir sonuca varılamamıştır. Bu çalışmada ince kesit bilgisayarlı tomografi ile C1 lateral kitle vidası ve C2 pedikül vidası için ideal açı ve uzunlukları araştırdık. Ek olarak, C2 lamina vidasının radyolojik anatomisini de değerlendirdik.

17 kadavranın üst servikal bölgesine çalışmanın amacına yönelik anatomik diseksiyonları ve 3D reformatlanmış uygulamaları üzerinden morfometrik analizler yapıldı. Atlas lateral kitlesinin, C2 pedikülünün ve C2 laminasının posterior vida tekniklerindeki fizibilitesinin geliştirmek amacıyla ideal vida giriş noktaları, ideal vida hedef noktaları ve ideal açıları için detaylı anatomik inceleme yapıldı. Atlas lateral kitle vidası için giriş yeri posterior arkusun lateral kitleye tutunduğu yerin ortası olarak belirlendi ve hedef noktası olarak anterior tüberkülün üst kısmının 3-4 mm aşağısı belirlendi. İdeal giriş ve hedef noktası arasındaki ideal medial açı $13,4 \pm 1,0^\circ$ ve ideal kranial açı $14,7 \pm 1,1^\circ$ olarak bulundu. Uygun vida uzunluğu ise ortalama $20,4 \pm 1,6$ mm.

Bu çalışmada, aksisin inferior artiküler yüzeyinde yeni bir ideal giriş noktası tanımlandı. Ayrıca bu çalışma ile ideal hedef nokta da tanımlanmıştır. Bunların arasındaki pedikül vidasının ideal kranial açısı $27,7 \pm 1,4^\circ$, ideal medial açısı $20,4 \pm 1,5^\circ$ dir. C2 laminasının ortasından geçen translaminar vida seyrinin medial açısı ortalama $34,4 \pm 4,4$ mm olarak bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada atlantoaksiyel morfometri karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş,

vertebral arter ve kemik yapıların varyasyonları ve insidansları da değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: atlas, atlas lateral kitle vidası, aksis, aksis pedikül vidası, aksis translaminar vidası



ABSTRACT

Surgical And Radiological Anatomy Of The Atlas And Axis Vertebraes: Cadaveric Study

The posterior approach to the upper cervical spine and craniovertebral junction is one of the most common neurosurgical procedures. This versatile approach allows exposure of the upper cervical region, posterior fossa and the occipitocervical region for decompression and fusions with fixation from the occipital bone to C3 vertebra.

The aim of this study was to assess the surgical and radiological anatomy of the atlas and axis vertebrae for posterior screw fixation of the atlantoaxial instability. Also we compared morphometric parameters of atlas and axis vertebrae.

Although various posterior screw trajectories for variable insertion points have been proposed for C1 lateral mass, C2 pedicle and C2 lamina in the English literature, substantial conclusions have not been reached regarding ideal angles and average length of the screw yet. We aimed to re-consider the ideal angles of the C1 lateral mass and C2 pedicle screw by fine cut computed tomography. As we assessed to evaluate the radiological anatomy of the C2 translaminary screw placement.

Morphometric assessment were performed on upper cervical region of 17 cadavers with anatomical dissections and 3D imaging application. The detailed anatomy of the screw entry zone, angles, and the ideal lengths of the screws were performed to evaluate the feasibility of posterior screw fixation of the lateral mass of the atlas, pedicle and lamina of the axis. The insertion point into the lateral mass of the atlas is the intersection of the posterior arch and the C1 lateral mass. And the target screw point is 3-4 mm below the anterior tubercle upper part. The ideal medial angle is $13,4 \pm 1,0^\circ$ and the ideal cranial angle is $14,7 \pm 1,1^\circ$ between the entry and target points. The optimum mean screw length was found to be $20,4 \pm 1,6$ mm.

In this study, the new insertion point of the axis pedicle screw determined on the posterior aspect of inferior articular surface. And the optimal exit point also determined in this study. The screw projection between them were

measured; cranial angle of pedicle screw is $27,7 \pm 1,4^\circ$ and medial angle is $20,4 \pm 1,5^\circ$.

The medial angle of the C2 translaminary screw projection in the midline of the lamina is $48,3 \pm 3,2^\circ$ and the optimum length was found to be $34,4 \pm 4,4$ mm.

In this study we compare atlantoaxial morphometry, incidence and variations in vertebral artery and skeletal structures of the cadavers.

In conclusion, For an ideal atlantoaxial screw placement, preoperative 3D reformatted computed tomography scans of the C1 and C2 anatomy and the ideal trajectories should be cautiously calculated. Good reference points should be determined for the ideal sagittal and medial angulation of the screw preoperatively. Spinal navigation is another option to make C1 and C2 screw placement safer.

Keywords: atlas, atlas lateral mass screw, axis, axis pedicle screw, axis translaminary screw

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kraniovertebral bileşke (KVB) ve üst servikal bölge (ÜSB), oksipital kemikten C2-C3 intervertebral disk mesafesine kadar olan bölgeyi içermektedir. Bu bölge embriyolojik ve biyomekanik özellikleri bakımından subaksiyel bölgede yer alan servikal vertebralardan farklı bir anatomiye sahiptir. Bu bölgenin farklı anatomik ve biyomekanik yapısı gerek bu bölgede travma sonucu oluşan yaralanmalar gerekse yapılacak cerrahi yaklaşımlar açısından oldukça büyük önem taşımaktadır ^(1, 2).

Atlas (C1) ve aksis (C2) atipik omurgalar olarak adlandırılırlar. Oksipital kemiğin kondiler parçası, atlas, aksis ve etrafındaki kompleks ligaman yapısı bu bölgenin statik ve dinamik dengelerini meydana getirirler. Tüm spinal segmentler düşünüldüğünde hareket kabiliyeti en yüksek olan bölüm kraniovertebral bileşke ve üst servikal bölgedir. Başın fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon hareketi atlas, aksis ve oksiput üzerinde gerçekleşir ⁽³⁾. Bu anatomik yapılar KVB ve ÜSB'ye geniş açılı bir hareket yeteneği sağlamakla birlikte bu bölgenin stabilitesinin gerçekleştirilmesinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, bu bölge vital nörovasküler yapıları da içermektedir. Bundan dolayı KVB ve ÜSB'ye yapılacak olan cerrahi girişimlerde bu nörovasküler yapıların preoperatif dönemde yapılacak olan radyolojik incelemelerle detaylı olarak ortaya konulması hayati önem taşımaktadır.

Travma, tümör, dejeneratif, doğumsal, romatolojik, iyatrojenik ve infeksiyöz patolojiler KVB ve ÜSB'de instabiliteye neden olarak cerrahi gerekliliği ortaya çıkarabilmektedirler. İnstabiliteye neden olan ve en sık görülen travmatik yaralanmalar arasında transvers ligaman yırtıkları ve tip II odontoid proses kırıkları yer almaktadır. Üst servikal vertebra travmalarının gerek oluş mekanizmaları gerekse tanı ve tedavi algoritmalarında içermiş oldukları zorluklar nedeniyle hala literatürde tartışmalıdır. Üst servikal vertebra yaralanmalarının görülme oranı Norveç'te 15/100.000 olarak bildirilmişken, Çin'de 65/100.000 gibi yüksek bir değere sahiptir ⁽⁴⁾. Odontoid hipoplazi, aplazi veya os odonteideum gibi doğumsal anomaliler atlantoaksiyel instabilitenin diğer önemli nedenleri arasında yer almaktadır. Bu bölgede instabiliteye yol açan önemli hastalıklardan biri de romatoid artritir. Bu romatizmal hastalık ligamanların laksisite veya yırtılması ile sonuçlanan bağ yapı ve/veya kemik

erozyonuna neden olan bir immün sistem hastalığıdır. C1-C2 seviyesinde görülebilen osteoartrit hastalığı da füzyon cerrahisi gerektirecek kadar ciddi olabilmektedir. Bu bölgeye yapılan cerrahi girişimler sonucu iyatrojenik instabilite de görülebilmektedir. KVB ve ÜSB'de instabiliteye yol açan ve en sık karşılaşılan tümörler ise %90 oranında metastatik omurga tümörler ve % 10 oranında primer omurga tümörlerdir ⁽⁵⁾. Tüm bu etyolojik nedenler akut ya da kronik dönemde spinal kanal daralması, nöral doku hasarı ve deformite ile sonuçlanabilmektedir. Oluşan instabilite ciddi nörolojik defisit ve ölüm ile sonuçlanan klinik tablolar ortaya çıkarabilmektedir.

Gerek tanısal gerekse tedavi alanında gelişen teknolojiler sayesinde atlantoaksiyel insitabiliteelerde uygulanabilen birçok cerrahi yöntem tanımlanmıştır. Üst servikal ve suboksipital bölgeye posterior yaklaşım nöroşirürji pratiğinde oldukça yaygın kullanılan cerrahi bir girişim şeklidir. Bu cerrahi yaklaşım posterior fossa ve oksipitoservikal bölgenin dekompresyonu ve oksipital kemikten C₃ omurgasına kadar fiksasyon ile füzyonunun yapılmasına olanak sağlar ⁽⁶⁾.

Günümüzde en sık kullanılan atlantoaksiyel füzyon yöntemleri arasında C1-C2 segmental stabilizasyon (C1lateral kitle vidası, C2 pedikül vidası), C1-C2 transartiküler vidalama ve sublaminar telleme teknikleri yer almaktadır. Ancak gerek vertebral arter yaralanma oranının daha düşük gerekse biyomekanik açıdan daha güçlü olması nedeniyle son zamanlarda C1-C2 segmental stabilizasyon daha popüler hale gelmiştir. Bu teknikler, inflamatuvar, dejeneratif, tümoral ve konjenital hastalıklarda oldukça başarılıdır. Bu cerrahi uygulamanın vertebral arter yaralanması ya da nöral yapı hasarı gibi önemli komplikasyonlara yol açması bu bölgenin gerek normal anatomik yapısı gerekse anatomik varyasyonlarının detaylı olarak incelenme gerekliliğini ortaya koymuştur. Vertebral arter hasarının en sık nedeni aksisin istmus bölümünün penetrasyonudur ve vertebral arter yaralanma riski kraniovertebral bileşke anomalilerinde %2,2'den %4 'e kadar çıkmaktadır ⁽⁷⁾. Vertebral arterin bazı kişilerde çok mediyalde, çok posteriorda ve/veya çok süperiorda olmasına (yüksek yerleşimli vertebral arter, HRV) bağlı yaralanma riski daha yüksek olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle vertebral arterin intraosseoz ve ekstraosseoz kısımlarının, referans noktalara komşuluğunun, oksipitoservikal kemik anatomisinin operasyon öncesi varyasyonlar açısından

üç boyutlu reformatlanmış tomografiler ile detaylı bir şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir ⁽⁸⁾.

Planlanan füzyon cerrahilerinde, emniyetli ve etkili bir enstrumantasyon uygulanması ve komplikasyonların önlenmesi için bu bölgenin cerrahi ve radyolojik anatomisinin, biyomekanik özelliklerinin iyi bilinmesi, patolojik süreçlerinin doğru değerlendirmesi temel koşuldur. Günümüzde geliştirilen oksipitoservikal, atlantoaksiyel füzyon tekniklerinin kullanıldığı major kraniovertebral bileşke tümörlerine yaklaşımlar ve minimal invaziv cerrahiler gibi birçok ameliyat, anatominin daha iyi anlaşılmasından sonra tanımlanabilmiştir.

Bu çalışmada, kraniovertebral bileşkenin posterior fiksasyon tekniklerinde sık kullanılan belirlenen giriş yerine ve hedef noktalarına göre füzyon aksının açılarının ve atlantoaksiyel vertebraların posterior anatomik yapılarının detaylı radyolojik değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, posterior suboksipital kadavra diseksiyonları ile atlantoaksiyel kemik yapıların nörovaküler yapılar ile ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Üst Servikal Bileşkenin Segmenter Anatomisi

Oksipitoatlantal Segment (C0-C1); oksipital kemiğin atlasla katıldığı, foramen magnum ve oksipital kemiğin kondiler bölümünü içeren segmenttir. Oksipital kondiller, atlas ile artikülasyonu sağlayan bilateral konveks yüzeyleri oluşturmaktadır ve foramen magnumun ön yarımını kaplarlar. Oksipital kondiller, atlasın lateral kitleleri ile eklem yapar, fleksiyon ve ekstansiyon hareketi burada gerçekleşir. Atlas (C1) ve kondillerin (C0) birbirleri ile eklem yapan yüzeyleri üst servikal bileşkenin dâhildir.

Posterior atlantookspital membran, atlas posterior arkusundan başlayarak oksiputun skuamoz parçasına ve foramen magnuma girerek iç tabulasına tutunur, oksipitoservikal instabiliteye katkısı azdır. Dura mater bu membranın hemen altındadır, vertebral arter ve birinci servikal sinir rootu membranı delerek intrakranial alana ulaşır ⁽⁹⁾. Posterior longitudinal ligamanın devamı olan tectorial membran, alar ligaman ve apikal ligaman oksipitoatlantal segmente doğru devam eden bağ yapılarıdır.

Atlantoaksiyel segment (C1-C2); atlas ve aksis tarafından oluşturulan segmenttir. Korpusu olmayan atlas burada düz, geniş lateral kitleler ve odontoid proses aracılığıyla aksis ile faset eklemine yapar, burası hem kraniovertebral bileşkenin hem de üst servikal bölgeye dâhildir. Horizontal faset eklemleri ve odontoid çıkıntı üzerine başın predominant hareketi olan rotasyon gerçekleştirilir. Kraniovertebral bileşkenin ve üst servikal bölgenin stabilitesinde temel yapı transvers ligaman ve alar ligaman bu segmentte yer alır ⁽¹⁰⁾.

Posterior longitudinal ligamentin devamı olan tectorial membran bu segmentte yer alır. C2 korpusundan başlayarak dens ve ilgili ligamentleri örterek yukarı doğru devam eder ve duraya katılırken klivus üst seviyelerinde sonlanır. Bu bölgede bulunan diğer anatomik yapılar artikülasyonlardır. Atlantookspital ve atlantoaksiyel artikülasyonların eklem kapsülleri ligamentler tarafından oluşturulmaktadır. Atlas ve aksis anterior longitudinal ligament, posterior longitudinal ligament, krusiform ligament ve atlanto-aksiyal eklem çevresindeki eklem kapsülü ile bağlantılıdır.

2.2. Üst Servikal Bölgenin Kemik Anatomisi

Atlas ve aksis, yapısal ve işlevsel olarak subaksiyel servikal omurgalardan (C3-C7) özelliklere sahiptir. Atlantoaksiyel ve oksipitoatlantal eklemler, yüzeyleri nedeniyle diğer servikal omurgaların fasetlerinde gerçekleşen hareketten çok daha karmaşıktır. Bu bölgede geniş bir rotasyon açısı oluşturmaya rağmen hem rotasyon hem de fleksiyon ve ekstansiyon aynı zamanda bağlarla kısıtlanır.

2.2.1. Atlas

Atlas, gövdesi ve spinöz çıkıntısı olmayan, vertebral arterin posterior arkusu üzerinde seyrettiği tek servikal vertebradır. Adını yunan mitolojisindeki dünyayı omuzlarında taşıyan Atlas'tan alan birinci servikal omurgadır.



Resim 1: Atlas vertebrasının süperior görünümü. **ap:** anterior protüberens, **pp:** posterior protüberens, **Saf:** Süperior artiküler faset yüzeyi, **vf:** Vertebral foramen, **tp:** Transvers proses, **vo:** Vertebral oluk, **aa:** Anterior arkus, **pa:** Posterior arkus, **Lk:** Lateral kitle



Resim 2: Atlas vertebrae'nin inferior görünümü. **Ap:** Anterior protuberans, **pp:** Posterior protuberans, **laf:** Inferior artiküler faset yüzeyi, **vf:** Vertebral foramen, **tp:** Transvers proses, **fd:** fovea densis.

İntrauterin hayatta lateral kitlelerden itibaren kemikleşmeye başlayan atlasın anterior arkusu anterior tüberküldeki tek bir noktadan füzyone olabilmektedir. Bazen anterior tüberkülün her iki yanında birçok füzyon odağı da bulunabilmektedir. Anterior arkus füzyonu genellikle yaşamın yedi ve onuncu yılları arasında gerçekleşmektedir. Posterior arkusun birleşmesi ise ikinci yılda belirir, dördüncü yılda tamamlanır ⁽¹¹⁾.

Atlas vertebrae'nin laminası yoktur, önde ve arkada birer adet anterior ve posterior arkusu bulunur. Atlasın, ön ve arka arkusların oluşturduğu, her iki yanında oval şekilli birer lateral kitlesi (lateral mass, yan kitle) vardır (Resim1). Lateral kitlelerin anterolateral yerleşimi nedeniyle ön arkus, arka arkusa göre daha kısadır. C1 halkasının bikonkav kontürü vardır ve üstteki oksipital kondiller ve altta aksiyel lateral kitleler arasına yerleşmiştir. Atlas halkasının beşte birini oluşturan anterior arkusun tam ortasında önünde anterior tüberkül bulunur. Anterior atlantookspital membran, anterior longitudinal ligamentin lateral parçaları ve her bir taraftaki longus kollilerin süperior oblik parçaları bu anterior tüberküle yapışır. Öne doğru hafifçe konveks yapıdaki anterior arkusun arkasında tam ortada aksisin odontoid çıkıntısı ile eklem yapan fovea dentis bulunur. Odontoid proses, önünde yer alan sinoviyal eklem aracılığıyla atlasın

etrafında döndüğü bir eksen oluşturur. Atlas halkasının arka beşte ikisini oluşturan posterior arkusun tam ortasında, arkada posterior tüberkül denilen çıkıntı bulunur (Resim 1). Anterior arkus, odontoid prosese önden bir bariyer görevi sağlaması nedeniyle önemlidir. Anterior arkusun tek taraflı lateral kitle veya tümör rezeksiyonlarında anterior tüberküle kadar alınması kraniovertebral bileşkede instabiliteye neden olmaktadır⁽¹²⁾.

Lateral kitlelerin üst kısmındaki konkav eklem yüzeyine fovea artikularis superior denir, oval şekillidir ve altta yer alan fovea artikularis inferiora göre daha derindir. Fovea artikularis superior oksipital kondiller ile fovea artikularis inferior ise aksisin lateral kitleleri ile eklem yüzeyi oluşturur. Bu eklemler bağlarla sıkı sıkıya sarılmışlardır. Her iki lateral kitlenin anteromedial yüzeyinde transvers ligamanın tutunması için küçük birer tüberkül vardır⁽¹³⁾.

Lateral kitlelerin laterallerinde vertebral arterlerin ve etrafındaki venöz ağın geçtiği transvers foramenleri içeren küçük transvers çıkıntıları vardır. Atlasın posterior arkusu üzerinde vertebral arterin ve C1 kökünün üzerinden seyrettiği sulkus arteriosus (vertebral oluk) bulunur. Bu sulkusun üzerine vertebral arter ile birlikte vertebral venöz pleksus oturur. Bu oluk bazen bir delik veya üstü kapalı bir kanal (vertebra kanal) şeklinde olabilmektedir. %3-15 oranında posterior atlantookspital ligamanın kemikleşmesiyle vertebral oluğun üzeri kapanır ve bir kemik köprü oluşur, bu oluşan üstü kapalı görünüme arkuat foramen denir. KVB'nin en sık görülen bu anatomik varyasyonuna "ponticulus posticus" adı da verilir⁽¹⁴⁾.

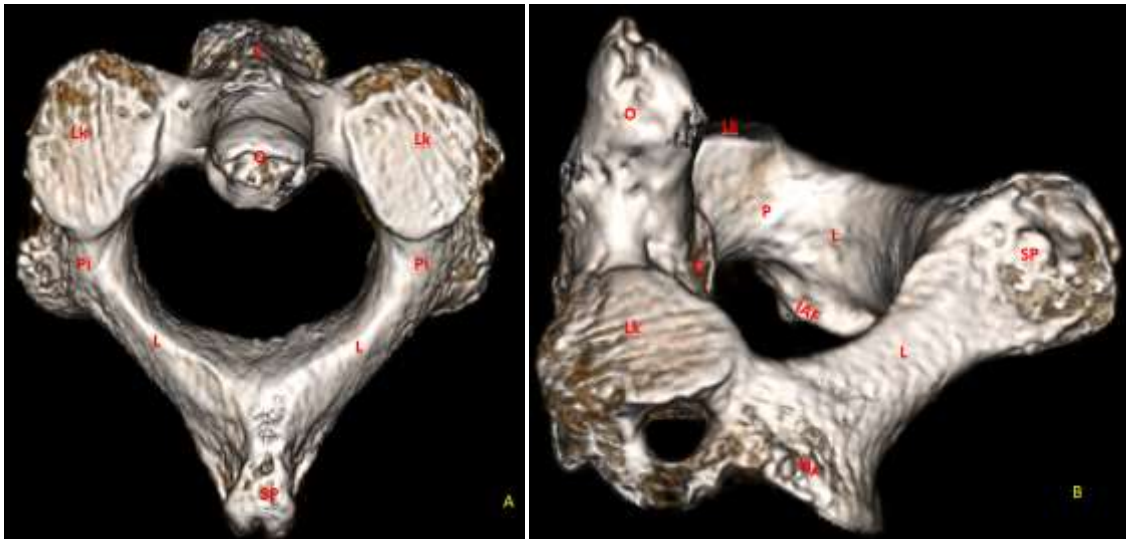
Lateral kitlelerin dış yanlarından kaynaklanan çıkıntıya processus transversus vertebrae denir ve içinden arteria ve vena vertebralisin geçtiği deliğe foramen transversum denir (Resim 2).

Atlas lateral kitle vidaları son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. İlk defa 1994 yılında Goel ve Laheri tarafından keşfedilen bu teknik, 2001 yılında Harms ve Melcher'in tekniği poliaksiyel vidalarla revize etmesi üzerine atlantoaksiyel instabilite olgularında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır⁽¹⁵⁾.

2.2.2. Aksis

Aksis, atlas gibi diğer servikal omurlardan önemli farklılıklar içermektedir. Aksis, geniş bir korpus ve onunla süperoanteriorde bağlantılı dens olarak bilinen odontoid çıkıntıya sahip olduğu için atipik vertebra olarak isimlendirilmektedir. Aksisin her iki yanındaki transvers çıkıntıları atlasınkine göre daha küçük ve kısadır, transvers çıkıntılarının içinde yerleşik foramen vertebrales superolaterale eğimlidir ve bu eğim vertebral arterin laterale deviye olmasına izin vermektedir ⁽¹⁶⁾. Aksis laminası diğer servikal vertebralardan daha kalındır ve spinöz çıkıntısı daha büyüktür. Aksisin spinöz çıkıntısı görece büyük olup genellikle bifid yapıdadır.

Aksisin en az beş kemikleşme merkezinden kaynaklanan benzersiz bir kemik anatomisi vardır. Aksisin gövdesi doğumda mevcuttur ve kemikleşmiştir, posterior arkus ise kısmi olarak kemikleşmiştir ve ikinci yılın sonuna kadar kemikleşmesini tamamlar. Odontois prosesin (dens aksis) ise iki adet vertikal füzyon hattı vardır, intrauterin hayatın yedinci ayına kadar orta hat füzyone olur. Odontoidin tepesi ise doğumdan sonra on ya da onbirinci yılda kemikleşir, odontoid gövdesi ile birleşir. Eğer bu birleşme, füzyon gerçekleşmezse buna os terminale denilir ve bu hastalarda hafif bir travma bile atlantoaksiyel instabilite ile sonuçlanabilmektedir (Resim3) ⁽¹⁷⁾.



Resim 3: Aksis vertebraının 3D reformatlanmış tomografi görüntüsünde superior (A) ve sol lateral (B) görünümü. O: Odontoid proses, Lk: Lateral kitle, Pi: pars interartikularis (istmus), L: Lamina, SP: Spinöz proses, C: Korpus, P: Pars interartikularis.

pedikül, **Vf**: Vertebral foramen, **İAF**: inferior artiküler faset.

Aksis gövdesinden yukarı doğru uzanan dens aksis (odontoid process), atlasın anterior arkusu ile eklem yapmakta ve transvers ligaman ile sabit tutulmaktadır. Odontoid prosesin apeksine apikal ligaman, kenarlarına alar ligamanlar bağlanır. Odontoid proses, atlasın ve kafanın rotasyon hareketlerinin büyük bir bölümünden sorumludur. Yaklaşık 1,5 cm olan odontoidin ön yüzünde atlasın ön arkusu ile eklem yapan oval, sinoviyal bir eklem yüzeyi (anterior faset), arka kısmında transvers ligamandan küçük bir bursa ile ayrılan başka bir sinoviyal eklem yüzeyi (posterior faset) bulunur. Atlantoaksiyel eklemden intervertebral disk bulunmaz⁽¹⁸⁾. Odontoid proses normal insanlarda yaklaşık 10 dereceden fazla ekstansiyona izin vermez, 10 dereceden fazla odontoid ekstansiyon görüntüsü instabilite bulgusu olarak kabul edilmektedir.

Kuvvetli bir gövdeye sahip olan aksisin pedikülleri oldukça kısadır. Aksis gövdesinin her iki yüzünde süperior ve inferior artiküler çıkıntılar–fasetler bulunur, inferior fasetler alt servikal omurların fasetlerine benzer şekilde konveks yüzlü ve koronal yerleşimlidir. Süperior fasetler ise daha önde ve aksiyal planda yerleşmişlerdir. Süperior ve inferior artiküler fasetler arasında pars interartikularis (isthmus) bulunur. Aksisin transvers forameninin anteromedialinin süperior fasete doğru uzanan kısmına pars interartikularis denir, süperior ve inferior faset arasındaki bölümdür, sağ ve solda iki adet bulunur. İstmus vertebranın inferior yüzeyinden görünür ve aksis pedikülünü alttan sarar. Aksiste, bilateral pedikül, faset ve pars interartikularis (isthmus) vardır ve bir adet de lamina bulunur⁽¹⁹⁾.

Bu çalışmada aksis pedikül ve istmus yapıları üç boyutlu tomografilerle ve kadavra diseksiyonları ile değerlendirilecek ve pedikül aksı güvenli giriş ve hedef noktalarına göre değerlendirilecektir. Ortaya konulması hedeflenen cerrahi anatomi ile emniyetli ve doğru uygulama için cerrahi bir rehber hazırlamayı amaçladık.

2.3. Üst Servikal Bölgenin Ligamentöz Anatomisi ve Biyomekanik Özellikleri

KVB ve ÜSB yapısı ve eklemleri itibariyle kritik öneme sahip, kompleks

ve kuvvetli ligamanlar tarafından sarılmış, işlevsel ve anatomik olarak özel, farklı bir yapıya sahiptir. Atlantoaksiyel eklemler, oksipital kemik, atlas ve aksis arasındaki dengeyi kurarak bir ünite gibi birarada durmalarını sağlarlar. Bu eklemler spinal kolonun en hareketli aynı zamanda en az stabil bölümüdür ⁽²⁰⁾. Atlantoaksiyel eklemler spinal kolonun en hareketli bölümüdür. Bu eklemler kafa ve vücut arasındaki hareketin büyük ölçüde oluşmasını sağlar. Servikal omurga yaklaşık olarak 90 derece rotasyonel hareketin oluşmasına izin verirken bu rotasyonel hareketin yarısı atlantoaksiyel eklem tarafından sağlanır. Artmış instabilite ile daha laterale yer değiştirmeler omurilik için yer daraltıcı, baskılayıcı özellik taşır ⁽¹⁰⁾.

Oksiputtan aksise kadar intervertebral disk yoktur, tüm eklemlerin yapısı sinoviyaldir. Atlas ve oksipital kondiller arasında elipsoid eklem bulunur ve eklem yüzeyleri kırık ile örtülüdür. Eklem kapsülü gevşek ve sinoviyal membran ile örtülüdür. İki eksenli hareket gerçekleştiren bu eklemden transvers düzlemde başın fleksiyon ve ekstensiyon hareketi, sagittal düzlemde 10 ile 15 derece arasındaki hafif yana eğilme hareketi gerçekleştirilir ⁽²¹⁾.

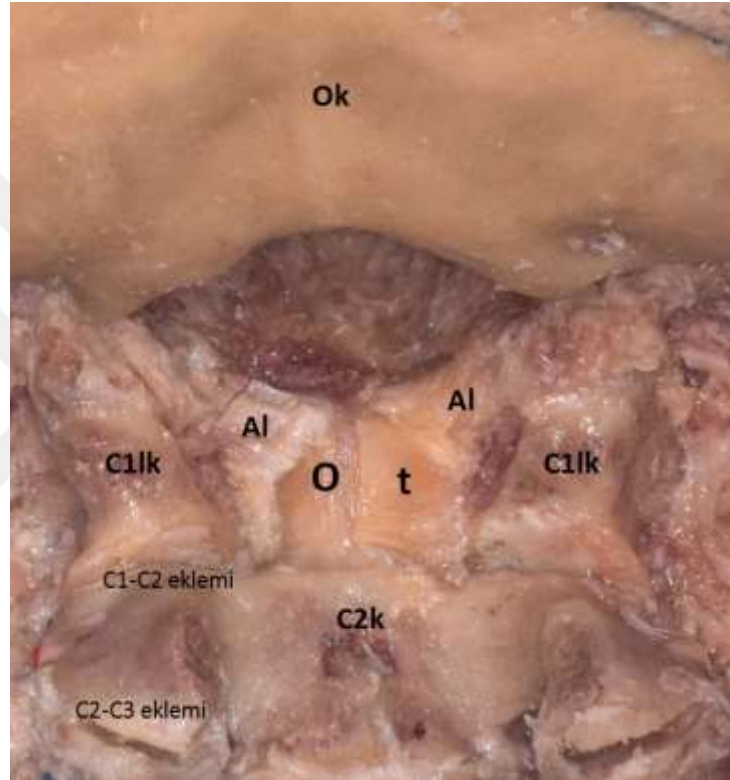
Servikal bölgedeki kaslar ve ligamanlar boynun stabilitesine büyük katkıda bulunurlar. Suboksipital kaslar başın tonusunu sağlayarak öne düşmesine engel olur. Bazı ekstrinsik ligamanlar kraniovertebral bileşkeyi sağlar, destekler ancak harekete belirgin bir etkisi olmamaktadır.

Krusiyat ligaman:

Haç şeklindeki krusiyat ligamanın atlantoaksiyel eklemin stabilitesi için önemli olan yatay ve vertikal bölümleri vardır. Vertikal bölümü aksis gövdesi ile foramen magnum ön alt kenarı arasındadır, başın öne aşırı fleksiyonunun önlenmesine katkı sağlar. Odontoid prosese yapışmadığı için rotasyonu kısıtlamamaktadır. Krusiyat ligamanın en önemli parçası transvers ligamandır.

Transvers ligaman: Krusiyat ligamanın transvers bölümü (ligamentum transversum atlantis) her iki atlas lateral kitlelerinin medial tüberküllerine yapışmakta ve odontoid prosesin posteriorunda seyretmektedir (Resim 4). Transvers ligaman, yukarı ve aşağı doğru uzanan lif demetleri şeklindedir. Bu yapı, odontoid prosesin, atlasın arka arkusuna yaklaşık pozisyonda durması için güç yükleyen esas bölümüdür. Transvers ligaman, odontoid prosesi bir kemer gibi tutarak aksiyel rotasyonu kolaylaştırır ve 30 derece aksiyel rotasyona izin

verir. Temel görevi odontoid prosesin subluksasyonunu engellemektir. Transvers ligament hasarı hastalarda atlantoaksial instabilite ile sonuçlanmaktadır. Atlantoaksial segmentin ligamentöz instabilitesi atlantodental mesafenin ölçülmesi ile belirlenebilir. Bu atlantodental mesafe 5 mm'den daha fazla olmamalıdır. Eğer bu mesafenin 5 mm'den daha fazla ise atlantoaksial segmentte instabilite var demektir, bu durumda postreior atlantoaksial fiksasyon ve füzyon endikasyonu vardır ⁽²²⁾.



Resim 4: C1 posterior arkusu ve C2 laminası eksize edildikten, omurilik ve dura çıkarıldıktan sonra spinal kanal içerisinde ligamanların görünümü. **Ok:** Oksipital kemik, **C2k:** C2 korpüsü, **C1lk:** C1 lateral kitlesi, **Al:** Alar ligaman, **t:** Transvers ligaman.

Krusiyat ligaman atlantoaksiyel subluksasyonu ve kondiller ile atlas ve aksis arasındaki distraksiyonu engellemektedir. Posterior longitudinal ligamanın devamı olan tektorial membran krusiyat ligamanı posteriordan örter.

Alar ligamanlar:

Odontoid prosesin üst ucunun her iki yanından, oksipital kondillerin medial tüberküllerine ve C1 yan kitlelerine uzanmaktadır (Resim 4). Alar ligament kama şeklindedir ve başın aşırı rotasyon ve yana eğilme hareketinin kısıtlanmaktadır. Atlantoaksiyel stabiliteye katkısı oldukça fazladır. Tek taraflı alar ligaman hasarında, odontoid proseste karşı tarafa doğru aksiyel rotasyon meydana gelmektedir.

Anterior longitudinal ligaman:

Spinal kolumnanın ön yüzü boyunca sakrumdan ve kafa tabanına kadar uzanmaktadır. Spinal kolon boyunca önde vertebra üst ve alt son plaklarının uç kısımlarındaki hyalin kırırdağa, intervertebral diske, korpus gövdelerindeki periosteuma tutunmaktadır. Genellikle kamçı (wiphlash) yaralanmaları ile hasarlanabilmektedir. Bu ligamandaki kalsifikasyon, omurganın fleksiyonunu kısıtlayarak kronik bel ağrısına neden olabilmektedir ⁽²³⁾.

Posterior longitudinal ligaman:

Posterior longitudinal ligaman, tüm spinal kanal boyunca, spinal kanalın içerisinde, vertebra korpusunun posterior yüzeyine ve disk mesafelerine tutunan kalın ligaman yapısındadır. Servikalde boynun fleksiyonunu kısıtlamaktadır. ÜSB' deki posterior longitudinal ligaman osifikasyonu sonucu ortaya çıkan instabiliteler cerrahi endikasyon doğurabilmektedir ⁽²⁴⁾.

Posterior longitudinal ligamanın servikal bölgede devamına tektorial membran denir. Tektorial membran, aksis korpusundan başlayarak spinal kanalın içerisinde odontoid proses ve ilgili ligamanları örterek kraniyale doğru devam eder ve duraya katılırken klivusun üst seviyelerinde, foramen magnum ön kısmının posterior ucunda ve oksipital kemik iç kısmında sonlanmaktadır. Tektorial membranı ise arkadan dura mater örtmektedir. Tektorial membranın fonksiyonu ile ilgili literatürde karmaşa olmasına rağmen odontoidin fleksiyon ve

ekstansiyon hareketini ve duraya zarar vermesini engellediği bilinmektedir ⁽²⁵⁾. Tektorial membran, alar ligaman ve apikal ligamanlar aksisi oksiputa bağlar, faset eklemlerinin örterek onları stabil hale getirir.

Apikal ligaman:

Odontoidin üst ucu ile oksiputun baziyonu arasında yer alır ve C0-C1 (okspital kondil ve atlas) distraksiyonunu engeller. Bu ligamanın bir notokord kalıntısı olduğu düşünülmektedir ⁽²⁶⁾.

Ligamentum nukae:

Hareketli çoklu segmentler boyunca orta hatta uzanan, stabiliteye destek sağlayan ligamana denir. Bu ligament C7 spinöz çıkıntısından eksternal oksipital protuberense kadar uzanır. Boynun aşırı fleksiyonuna engel olan gergin bir bant özelliği taşır. Ligamentum nuchae, anterior longitudinal ligaman, atlas ve aksisin ligamentum flavumu stabiliteye oldukça önemli katkıda bulunurlar

Lateral atlantookspital ligaman:

Atlasın enine çıkıntısı ile oksipital kemiğin juguler prosesi arasında uzanır, atlantookspital eklem kapsülünü örter. Oksipital kemik ile atlası birbirine bağlayan ligamanlar oksipitoatlantal eklemden 30 dereceye kadar fleksiyon hareketine izin verir. Atlas ve aksis arasındaki üç eklemi (odontoid ve aksis lateral kitleleri ile atlas arasındaki) sararlar, rotasyon ve kayma hareketi bu düzlemlerde gerçekleşir.

Diğer ligamanlar:

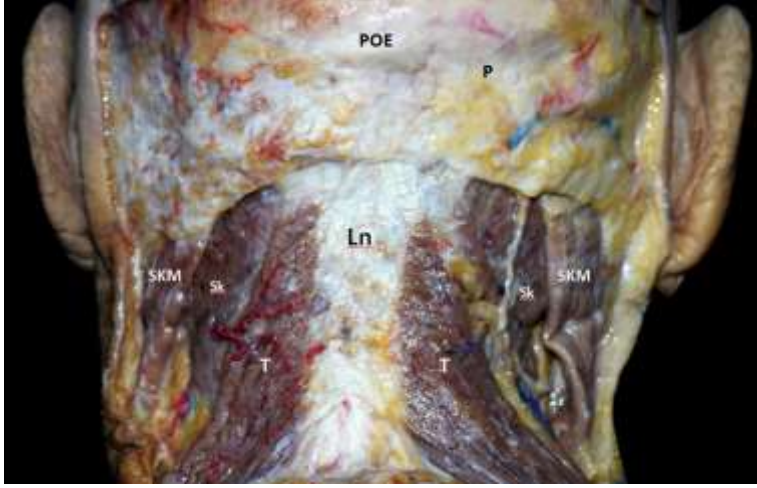
Atlas ile oksipital kemik, atlanto-oksipital eklem çevresindeki eklem kapsülü ve anterior ile posterior atlanto-oksipital membranlar aracılığıyla birleşmiş bir yapıya sahiptirler. Anterior longitudinal ligamanın devamı olan anterior atlanto-oksipital membran klivusa, faringeal tüberküle ve atlasın anterior arkusuna uzanmaktadır. Posterior atlanto-oksipital membran ise foramen magnumun arka kenarından atlasın posterior arkına doğru uzanan ince yelpaze gibi geniş yapıya sahiptir ⁽¹⁸⁾. Bu ligamanın tek başına hasarlanması instabilite yaratmaz, ancak anterior atlantookspital membran ile birlikte hasar

görmesi instabiliteye neden olur ⁽⁹⁾.

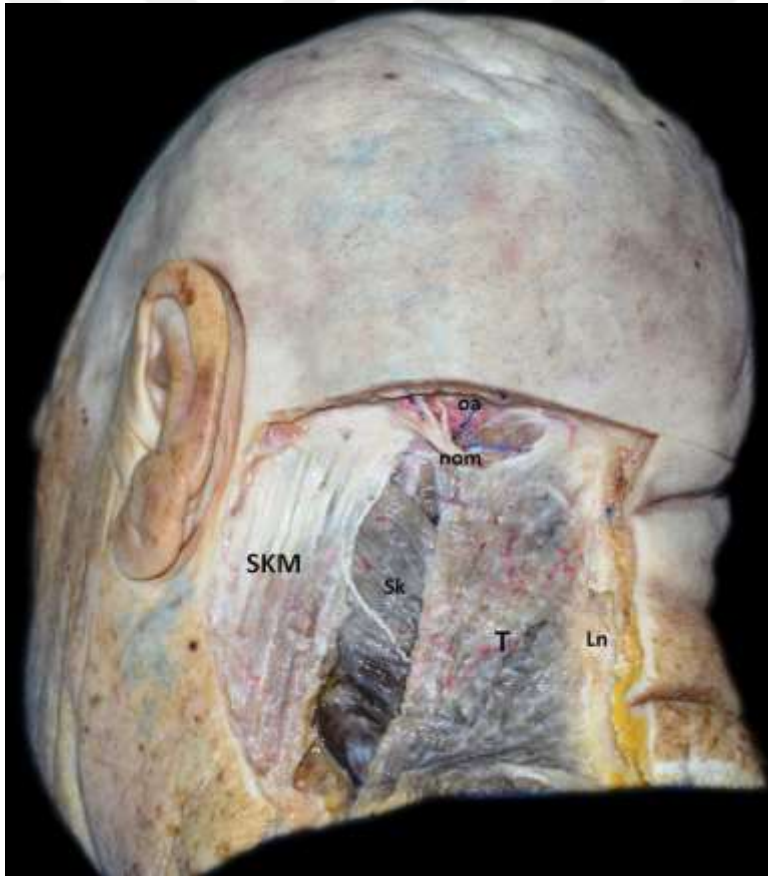
Atlantoaksiyel bölgedeki çevre ligamanlardaki herhangi bir yaralanma patolojik olabilir. Bu nedenle internal fiksasyon yöntemleri sadece rotasyonel değil, translasyonel kuvvetleri de kontrol edecek şekilde planlanmalıdır. Stabil olmayan atlantoaksiyel segment ya aralıklı dinamik baskıya yada sabit statik baskıya neden olabilmektedir. Ayrıca ileri yaşta vertebral arterlerin aterosklerozu, nöral ve vasküler yapıları bası ve rotasyona daha hassas hale getirebilir. Eğer hasarın çoğu odontoid proses tarafından önden geliyorsa hastalarda hakim şikayetler; kuvvet kaybı, yorgunluk, birinci motor nöron bulguları, spastisitedir. Odontoid proses beyin sapı basısına neden oluyorsa; bulbar yakınmalar ve alt kranial sinir bulguları ortaya çıkmaktadır. Eğer bası önden değil arkadan ise, vertebral arter sıkışmasına bağlı posterior dolaşım problemleri ve arka kolon irritasyonuna bağlı bulgular görülebilmektedir ⁽²⁷⁾.

Üst servikal bölge kasları:

KVB ve ÜSB posterior yaklaşımlarında subokspital kaslar ve bunların subperiostal diseksiyonu oldukça önemlidir. Arka boyun kasları her segment seviyesinin arka dalı tarafından innerve edilmektedir. Kaslar diseke edilirken avasküler alan olan line alba üzerinde kalmak gereklidir. Subperiostal bölgede diseke edilen kaslar dıştan içe doğru trapezius kası, splenius kası, semispinalis kası, semispinalis servicis kaslarıdır (Resim 5,6,7). Splenius kapitis ve servikalis kasları arka boyun kaslarının yüzeyel tabakasını oluşturmaktadır, ligamentum nukae bu kasların arasında, trapezius planındadır. Bu yapının ayrıldığında iki splenius kasını ayıran derin fasya ortaya çıkmaktadır. Derin boyun fasyası trapezius kasının altındaki posterior orta hatta ve lateraldeki tüm kasları sarmaktadır. Splenius kapitis kasları ligamentum nukae'nin alt kısımlarından ve C7-T4 spinöz çıkıntılarında başlayarak lateralde mastoid çıkıntılara ve üst nukal çizgiye tutunurlar. Rektus kapitis posterior majör kası süperomediyalde aksis arka elemanlarına tutunur, inferior oblik kas da üst dış tarafa tutunur.

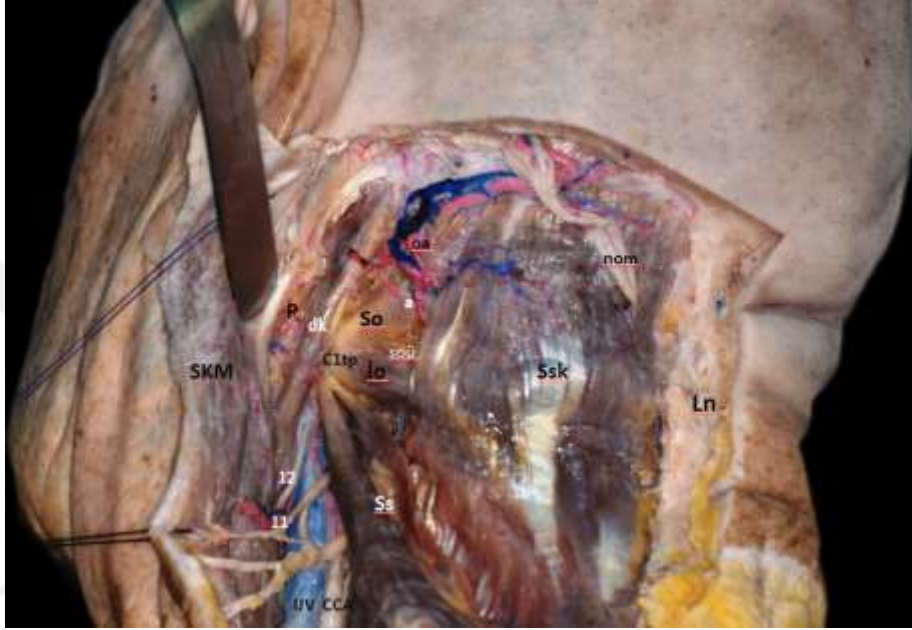


Resim 5: Suboksipital yapıların cilt kaldırıldıktan sonra posteriordan görünümü. **Ln:** Linea nukae, **T:** Trapezius kası, **SKM:** Sternokleidomastoideus kası, **Sk:** Splenius kapitis kası, **POE:** Eksternal oksipital protuberans, **P:** Periosteum.



Resim 6: Sol suboksipital bölgenin cilt kaldırıldıktan sonra yüzeyel görünümü. Linea nukae suboksipital bölgede orta hattı işaret etmektedir. **Ln:** Linea nukae, **T:** Trapezius kası, **SKM:** Sternokleidomastoideus kası, **Sk:** Splenius kapitis kası, **nom:** C2 sinir kökünün dorsal ramusu olan nervus oksipitalis major, **oa:** Sol oksipital arterin distal dalı

Ara kas grubu erektör spina kas gruplarından oluşur ve bunlar üç kolonu oluştururlar. Mediyalde spinal kas grubu servikal omurganın spinöz çıkıntıları üzerine tutunur. Longissimus kası orta kolonu oluşturur ve mastoid çıkıntı üzerine tutunur. Lateralde ilikostalis grubu C5 ile C6 vertebraların transvers çıkıntılarındaki posterior tüberküllere yapışırlar. Bütün bu kaslar iliak kristadan, sakrumdan ve alt lomber omurlardan köken alırlar.

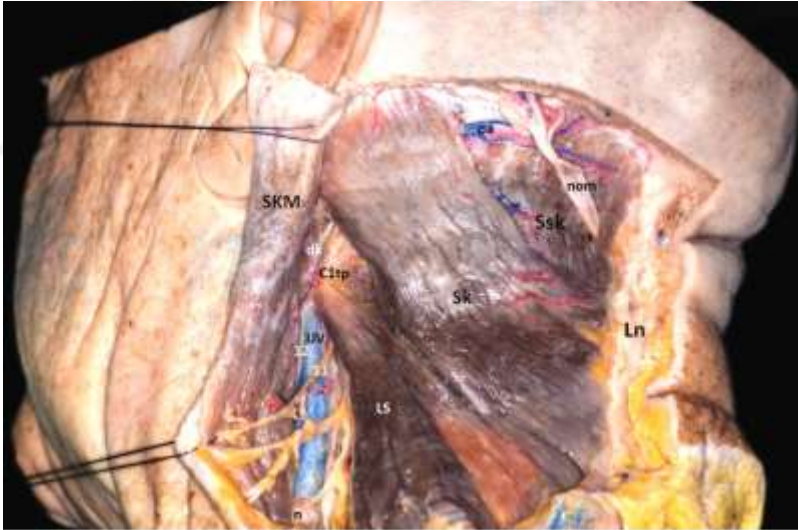


Resim 7: Sol üst servikal bölgede trapezius levator skapula ve splenius kapitis kasları kaldırıldıktan ve sternokleidomastoiedus kası ekarte edildikten sonra ortaya çıkan yapıların posterolateral görünümü. **Ln:** Linea nuckae, **SKM:** Sternokleidomastoideus kası, **Ssk:** Semispinalis kapitis kası, **nom:** Nervus oksipitalis major, **oa:** Sol oksipital arterin suboksipital segmenti, **a:** vertebral arterin müsküler dalı ile oksipital arterin yüzeyel anastomozu, **C1tp:** C1 transvers prosesi, **Ss:** C1 transvers prosesine yapışan splenius servisis kası, **So:** Süperior oblik kas, **İo:** İnferior oblik kas, **soü:** Suboksipital üçgen ve içindeki yağ yastıkçığı, **dk:** digastrik kas, **IVJ:** İnternal juguler ven, **CCA:** Karotisin dallanma yeri, **12:** Hipoglossal sinir, **11:** Aksesuar sinir, **P:** Parotis

Arka boyun omurgasındaki en derin kas grubu ekstravertebral venöz pleksusu çevreler, içinde yoğun koruyucu yağ yastıkçığı içerir. Cerrahi işlem sırasında sıkça kanayan bu bölgede bipolar ve selülöz kanama durdurucular ile kanama kontrolü sağlanabilmektedir. Bu bölgenin kasları semispinalis, multifidis

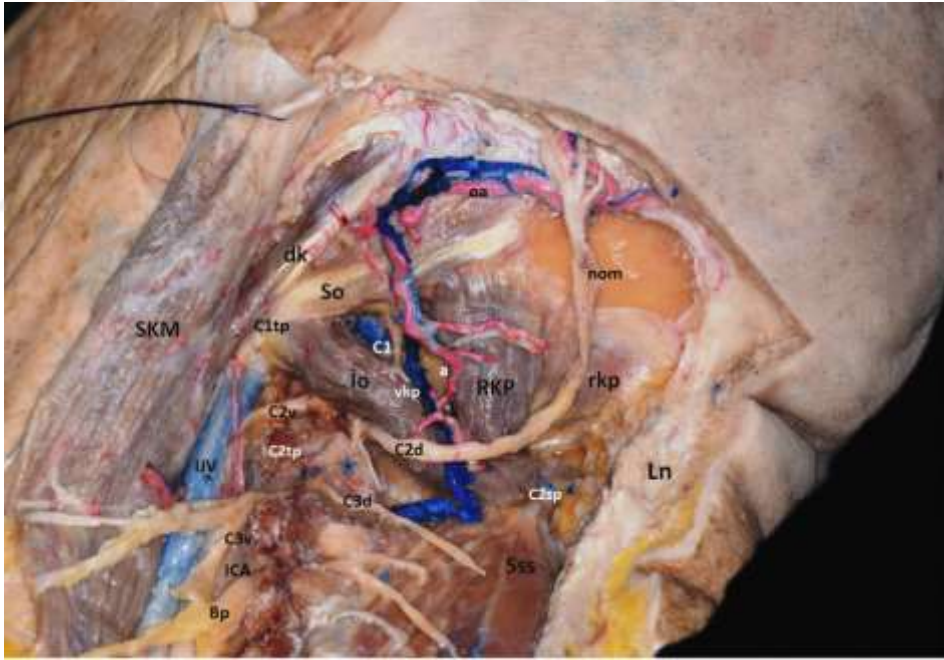
ve rotatorlardır, bu kaslar aksis üzerinde yoktur. Semispinalis kapitis kas grubu T1 ile T6 vertebraların transvers çıkıntılarında kaynaklanırlar ve suboksipital kemiğe yapışırlar. Semispinalis servikalis kasları da benzer bölgeden kaynaklanır ancak servikal spinöz çıkıntılara yapışırlar. Semispinalis servikalis kaslarının alt kenarlarına yapışması nedeniyle aksis spinöz çıkıntısı büyük ve çataldır. Multifidus kas grubu bunun altındadır ve altta lamina ve üstte spinöz çıkıntılar arasında bir ila üç segment halinde bulunur. Son olarak rotator grup ise transvers çıkıntılardan kaynaklanır ve bir alt vertebranın spinöz çıkıntısının dibine yapışır.

Suboksipital bölge kraniyoservikal bileşkeyi içerir ve aksisin altında olmayan bir dizi kas grubunu barındırır. Bu kaslar semispinalis kapitisin derininde uzanır ve bu bölgedeki en önemli kaslar atlasın transvers prosesine tutunan ve aksisin spinöz prosesine tutunan kaslardır. Trapezius, semispinalis ve splenius kapitis kaldırıldıktan sonra suboksipital üçgen ve kondiler üçgen ortaya çıkar (Resim 8).



Resim 8: Sol üst servikal bölgede trapezius kası kaldırıldıktan ve sternokleidomastoiedus kası ekarte edildikten sonra ortaya çıkan yapıların posterolateral görünümü. **Ln:** Linea nukae, **SKM:** Sternokleidomastoideus kası, **Sk:** Splenius kapitis kası, **Ssk:** Semispinalis kapitis kası **nom:** Semispinalis kapitis kasını perfore ederek geçen nervus oksipitalis major, **oa:** Sol oksipital arterin oksipital segmenti, **LS:** C1 transvers prosesine yapışan levatos skapula kası, **dk:** digastrik kas, **C1tp:** C1 transvers prosesi, **IJV:** İnternal juguler ven, **12:** Hipoglossal sinir, **11:** Aksesuar sinir, **n:** Lenf nodu

Subokspital üçgen yukarıda atlas ve oksipital kemiğe tutunan süperior oblik kası, aşağıda inferior oblik kası, yanda rektur kapitis posterior majör kası tarafından oluşturur. Superior oblik kas, atlasın transvers prosesine ve linea nukae inferiora tutunur, başı arkaya eğer. İnferior oblik kas, atlasın trasvers prosesinden aksisin spinöz prosesine tutunur. Rektus kapitis posterior majör ise oksiput basisi ve aksisin spinöz prosesi arasındadır. Başa bulunduğu tarafa doğru rotasyon yaptırır. Subokspital üçgen kasları birinci servikal sinir ramus posterioru tarafından innerve edilir. Subokspital üçgende yağ yastıkçığı bulunur, dikkatlice diseke edilirse burda C1 sinir kökü, vertebral arterin V3 segmenti ve vertebral venöz pleksus bulunur. Diseksiyon sırasında ektatik ve anomalik vertebral arer olabileceği akılda tutulmalı ve vasküler yaralanma riskini azaltmak için ameliyat öncesi vertebral arterin güzergâhı detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir (Resim 9).



Resim 9: Üst servikal bölgedeki derin müsküler ve nörovasküler yapıların posterolateral görünümü. **Ln:** Linea nukae, **SKM:** Sternokleidomastoideus kası, **Sss:** Semispinalis servisis kası, **nom:** Nervus oksipitalis major, **C2d:** İkinci sinir dorsal kökü, **C2v:** İkinci sinir kökü ventral kökü, **oa:** Sol oksipital arterin subokspital segmenti, **a:** vertebral arterin müsküler dalı ile oksipital arterin anastomozu, **C1tp:** C1 transvers prosesi, **C2tp:** C2 transvers prosesi, **C2sp:** C2 spinöz prosesi, **RKP:** Rektus kapitis

posterior major kası, **rkp**: Rektus kapitis posterior minor kası , **So**: Süperior oblik kas, **İo**: İnférieur oblik kas, **C1**: Subokspital üçgen içindeki C1 sinir kökü, **dk**: digastrik kas, **IJV**: İnternal juguler ven, **ICA**: İnternal arter, **C3d**: Üçüncü servikal sinir dorsal kökü, **C3v**: Üçüncü servikal sinir ventral kökü, **Bp**: Brakiyal pleksus, **yıldız**: C2-C3 eklemi, **vkp**: Vena kondilaris profunda

2.4. Üst Servikal Bölgenin Nörovasküler Anatomisi

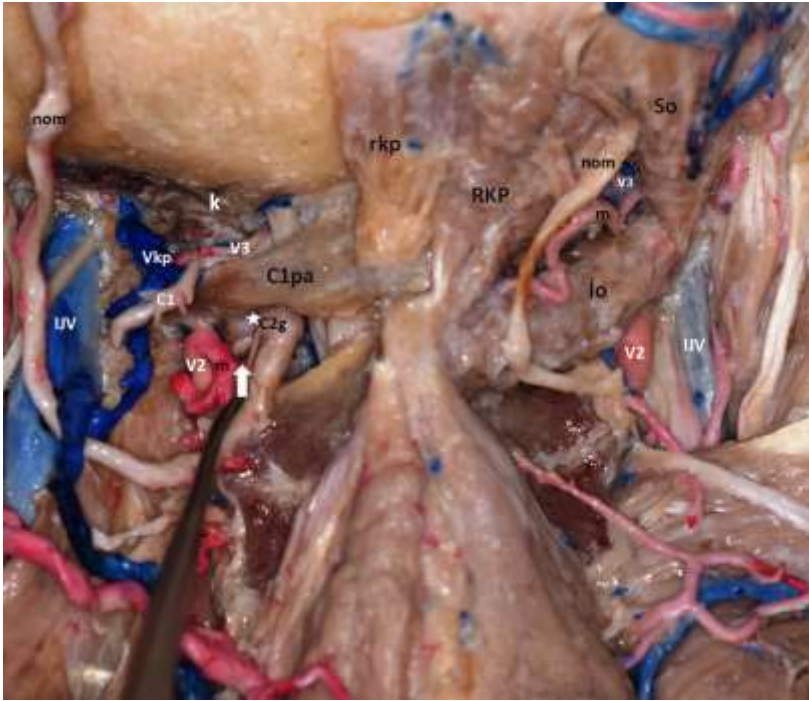
Üst servikal bölgedeki temel vasküler yapı vertebral arterdir. Her iki vertebral arter, üst 6 servikal vertebranın transvers proseslerinden yukarıya doğru çıkar, oksipital kondillerin arkasından duranın içine girer ve medullanın önüne ulaşırlar, pontomeduller sulkus seviyesinde birleşerek baziler arteri oluşturur. Bu esnada önce vertebranın önünde, sonra lateralinde sonra arkasında seyreder. Posterior atlantookspital membranı deldikten sonra önde seyreder. Vertebral arterin V3 segmenti atlasın transvers forameninden lateralde çıktıktan sonra atlas posterior arkusu üzerindeki vertebral olukta venöz pleksus ile seyreder, oksipital kondilin arkasında ve aşağısında ilerler. Her bir vertebral arter intradural ve ekstradural bölümlere ayrılır.

Vertebral arterin ekstradural segmentini de üçe ayırabiliriz. Bunlar, subklavien arterden başlayıp en alt servikal vertebranın foramenine girdiği yere kadar (genellikle C6 seviyesi) birinci bölümdür. C6'dan başlayıp C1 transvers foramenine kadar ikinci bölüm, C1 transvers forameninden arka içe dönerek 45 derece lateral bir seyir ile dural girdiği yer (burası genellikle 4-6mm uzunluğunda oluk) üçüncü bölümdür. C1 transvers forameninden çıkan vertebral arter V3 segmenti (üçüncü bölüm) rektus kapitis kasının medialinde seyreder Üçüncü bölümde vertebral arter kemik korumasını kaybeder, posterior atlantookspital membranı delerek foramen magnuma girer. Her iki VA arka cukurda birleşerek baziler arteri oluşturur. VA baziler arteri oluşturmadan önce bir ön ve iki arka dala ayrılır, ön dallar orta hatta birleşerek omuriliğin anteromedial fissurunde seyreden anterior spinal arteri oluşturur. Bu arter omuriliğin 2/3 ön kısmını besler, arka dallar ise posterior spinal arteri oluşturur, bu dallar omuriliğin 1/3 arka kısmını besler ve anterior spinal arteriler ile arasında anastomozlar vardır ⁽¹⁶⁾.

Nöroşirurji pratiğinde sıkça kullanılan aksis transpediküler vida tekniğinde

vertebral arterin V2, atlas lateral kitle vida tekniğinde ise sıklıkla V3 segmenti risk altındadır. Vertebral arterin V2 ve V3 segmentinde yerleşimini bulabilmek için bazı önemli anatomik belirleyiciler vardır. Bunlar, birinci servikal vertebranın transvers çıkıntısı, C1' in rootu, suboksipital üçgendir. C2 ganglionunun hemen birkaç milimetre lateralinde vertebral arter olması nedeniyle önemlidir (Resim 10).

Vertebral arterin V3 segmenti atlasın posterior arkusu üzerindeki vertebral olukta ilerler ve vertebral olukta seyri esnasında, oblik atlantooksipital ligamentin ossifikasyonuna bağlı olarak pontikulus postikus ya da küçük posterior köprüler olarak bilinen yapılar oluşur, bunlar zamanla arkuat forameni oluşturur ⁽²⁸⁾.



Resim 10: Oksipitoservikal bileşkenin posterior görünümü. Sağ tarafta suboksipital üçgeni oluşturan kaslar görülmekte, orta hattın solunda bu kaslar kaldırılmış ve solda hipoplazik vertebral arter görülmekte. **V3:** Vertebral arter V3 segmenti, **V2:** Vertebral arter V2 segmenti, **nom:** Nervus oksipitalis major, **C2g:** İkinci sinir ganglionu, **m:** Vertebral arterin müsküler dalı, **C1pa:** C1 posterior arkusu, **IJV:** İnternal juguler ven, **ICA:** İnternal arter, **beyaz yıldız:** C1 lateral kitle vidası giriş yeri, **beyaz ok:** C1-C2 eklemi, **k:** oksipital kondil, **RKP:** Rektus kapitis posterior major kası, **rkp:** Rektus kapitis posterior minor kası, **So:** Süperior oblik kas, **io:** İnferior oblik kas, **C1:** Suboksipital üçgen içindeki C1 sinir kökü, **IJV:** İnternal juguler ven, **ICA:** İnternal arter.

Posterior inferior serebellar arter vertebral arterin en büyük dalıdır, genellikle dura içindeki bölümden kaynaklanır ama bazen vertebral arterin terminal ekstradural bölümünden ya da foramen magnum hizasından da kaynaklanabileceği unutulmamalıdır (%5) ⁽²⁹⁾.

Bu bölgedeki diğer önemli yapılar spinal arterlerdir, intradural yerleşimlidirler. Anterior spinal arter, her iki anterior ventral spinal arterin birleşmesinden oluşur. Anterior ventral spinal arterlerden biri foramen magnumdan aşağıya doğru anterior spinal arter olarak devam edebilir, diğeri medullada sonlanabilir.

Bu bölgenin venöz yapıları ekstradural ya da intradural yerleşimlidir, bunlar emisser venler ve köprü venleri aracılığıyla intraserebral venöz sinüsler ile bağlantı kurarlar. Ekstradural olanların ekstraspinal bölümü vertebral venöz pleksusu içerir ve bunlar servikal vertebraların etrafındaki derin kas tabakalarını drene ederler. İntraspinal komponent ise epidural venöz pleksustur, epidural mesafede yer alırlar, daha çok lateralde yerleşirler, duranın önüyle ve arkasıyla bağlantıları olabilir. Vertebral arterin, ekstradural segmentinin sonlandığı yerlerde epidural venöz pleksuslar ve vertebral venöz pleksus arasında anatomik bağlantılar vardır.

2.5. Suboksipital ve Üst Servikal Bölgeye Posterior Yaklaşım

Atlantoaksiyel instabilite, mikro ve makrotravmalar, omurilik ve beyinsapı basısı nedeniyle ciddi nörolojik tablolar ortaya çıkarabilir ve çoğunlukla cerrahi teknik gerektirir. Bu bölge için günümüzde anterior ve posterior birçok teknik kullanılmaktadır. Anterior transpediküler ve odontoid vidalama anterior yöntemlere örnektir, ancak posterior yaklaşımlar kraniovertebral bileşkede başarılı sonuçları ve daha düşük nörovasküler yaralanma ile steril bir ortam sağladığı için daha yaygın kullanılmaktadır. Çok amaçlı kullanılabilen bu cerrahi yaklaşım şekli ile posterior fossa ve oksipitoservikal bölgenin dekompresyonu ve oksipital kemikten C3 omurgasına kadar fiksasyon ile füzyon sağlanabilmektedir. Bu cerrahi yaklaşım şeklinin en önemli avantajları yaygın kullanılan, iyi bilinen ve çok amaçlı bir yaklaşım şekli olması, ayrıca tek bir cerrahi yaklaşımla hem dekompresyon hem de fiksasyon ile füzyona olanak

sağlamasıdır. Ancak lateral diseksiyon ile vertebral arter ve oksipital sinirin yaralanma riski vardır⁽⁶⁾.

Anestezi:

Atlantoaksiyel instabiliteden şüphe ediliyorsa ya da kesinse entübasyon esnasında boynun fazlaca fleksiyon ve ekstansiyonundan kaçınılarak öncelikle uyanık fiberoptik entube edilmeleri gereklidir. Hastalara nöromonitörizasyon kullanılması önerilmektedir. Uyanık entübasyon ve pozisyon verme hastanın nörolojik durumunun takip edilmesinde önemlidir. Atlantoaksiyel instabilite cerrahisinde esas mortaliteyi eşlik eden morbiditeleri belirlemektedir. Cerrahi yaklaşımlarda kan kaybı genellikle transfüzyon gerektirmeyecek ölçüdedir. Özellikle ileri derecede servikal spinal kanal stenoz gerçekleşmiş hastalarda uzamış hipotansiyondan kaçınmak ve iyi bir nöromonitörizasyon takibi omuriliğin iskemisinin engellemek için son derece önemlidir.

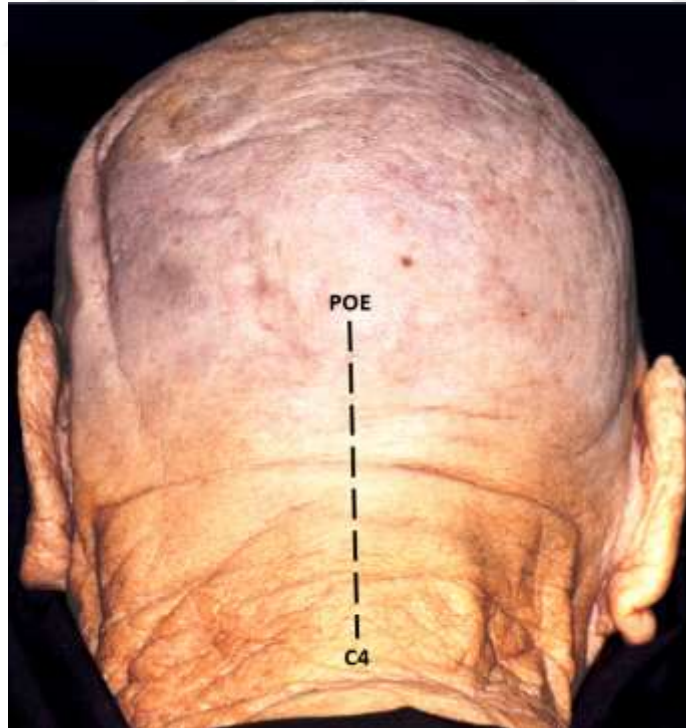
Pozisyon Verme:

Üst servikal ve suboksipital bölgenin posterior yaklaşım ile ortaya konması için kullanılabilen pron pozisyon, oturur ve lateral pozisyon olmak üzere üç ayrı cerrahi pozisyon şekli vardır. Oturur pozisyonda cerrahi girişim ile venöz basınç azalacağından, cerrahi alanda kanama riski azalır ancak hava embolisi ve hipotansiyon riski artar. Lateral pozisyonda cerrahi girişim ise cerrahın oturmasına olanak sağlar ve hava embolisi riskini azaltır ancak bu pozisyonda cerrahi girişimin dezavantajı ise cerrahın asiste edilmesine engel teşkil etmesidir. Bu bölgeye prone pozisyonda cerrahi yaklaşım ise tartışmasız olarak en yaygın kullanılan cerrahi pozisyonudur ve cerrahi alana kolay erişilmesinin yanında hava embolisi ve hipotansiyon riskinin en aza indirilmesini sağlar. Bu pozis.yonda cerrahi yaklaşımın en önemli dezavantajları ise göğüs kafesinin baskı altında kalması, cerrahi alanda kanama riskinin artması ve cerrah için daha fazla yorucu olabilecek bir pozisyon olmasıdır⁽⁶⁾.

Entübasyon, standart damar yolu açılması ve hastanın izlem monitörlerinin kurulmasının ardından hastanın başı prone pozisyona alınır myfield çivili başlık kullanılır. Hasta supin pozisyondan prone pozisyona alınırken yardımcı olması için sert bir boyunluk kullanılır. Endotrakeal tüpün sabitlendiğinden emin olunduktan sonra hasta halo traksiyonuna alınmışsa üç

nokta çivili başlık takılır. Baş nötral pozisyonda tutulur, pozisyon verme tamamlandığında hasta çivili başlık adaptörüne kitlenir. Ek olarak atlantoaksiyel anatominin ve sagittal dizilimin değerlendirilmesi için başlangıçta hızlı bir floroskopik görüntüleme uygun olacaktır. Pozisyona son halini verirken ekleme mümkün olduğunca en aza indirilir, bu durum cerrahi işlem esnasında cerraha kolaylık sağlamaktadır.

Hastanın gövdesi mümkün olduğunca uzunlamasına omuzdan kalçaya doğru yerleştirilmiş sert jel desteklerle beslenmelidir. Alternatif olarak yastıklar da kullanılabilir. Pozisyon verirken göğüs kafesi ve batının baskı altında olmamasına önem verilmelidir, bu durum minimal venöz dönüş basıncını ve maksimum havalanmayı sağlamak için gereklidir. Minimal venöz basınç azaldıkça ameliyattaki kanama daha az olacaktır. Yüz, gözler, omuz, ilak krestler, omuzlar ve dizler uygun şekilde tamponlanmalıdır. Kadınlarda göğüsler gövdeyi desteklemek için kullanılan yastıkların arasında bırakılmalıdır. Erkeklerde penis ve skrotum bası altında olmamalıdır. Ameliyat sırasında idrar çıkışını kontrol etmek için foley sonda kullanılmalıdır ⁽⁶⁾.



Resim 11: Posterior oksipitoservikal ya da üst servikal füzyon yöntemlerinde eksternal oksipital protüberens (**POE**) ve dördüncü servikal vertebra (**C4**) arasındaki cilt insizyonu.

Hastanın saçları iniondan saç çizgisine kadar traş edildikten sonra cilt kesisi orta hatta genellikle eksternal oksipital protuberensin 2 parmak hizasının altından başlanarak C5 hizasına kadar işaretlenir.

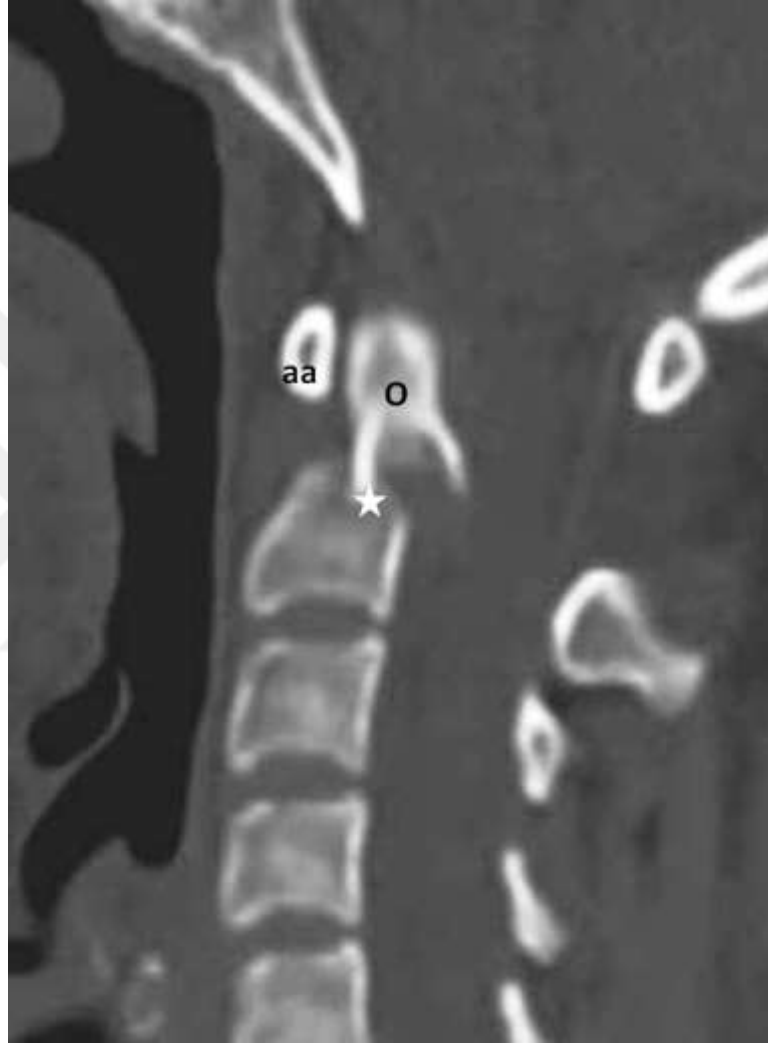
Kas ve Fasyanın Diseksiyonu:

Posterior füzyon tekniklerinin hepsinde vertebral kolonun posterior elemanlarının ortaya konulması, yapılacak işleme bağı ne kadar sahanın ortaya konulacağı dışında kabaca aynıdır. Subperiostal diseksiyon ile posterior kranioservikal bileşke ortaya konulur. Aksis lateral kitlelerinin medial sınırları, spinöz çıkıntılar ve aksis laminası ortaya konulur. Atlasın posterior arkusu, lateral kitleleri de bilateral olarak subperiostal diseksiyon ile lateral sınırlarına kadar olan kısımları ortaya konularak lateral kitle vidası için aynı anda hazırlanır. Öncelikle Harms (ya da Goel) tekniği ile C1 lateral kitle vidası konulması önerilir. C2 kökü ortaya konulur ve drilleme esnasında zarar görmeyecek şekilde kaudale deviye edilir, böylece C1 lateral kitlesinin inferoposterior kısmının tam ortası belirgin hale gelir, burası atlas lateral kitle vidası için giriş yeridir. Atlas lateral kitle vidası yerleştirildikten sonra aksis vidası için faset eklem yüzeyi ortaya konulur.

2.6. Üst Servikal Bölge ve Kraniovertebral Bileşkede Posterior Füzyon Teknikleri

ÜSB ve KVB' ye yönelik fiksasyon ile füzyon travma, dejeneratif hastalıklar ya da tümoral lezyonların neden olduğu instabilitenin mekanik bir şekilde stabilitesinin yeniden sağlanmasının gerekli olduğu durumlarda uygulanmaktadır (Resim 12). Atlantoaksial segment karmaşık anatomiye sahip bir bölgedir. Bu anatomik yapıdan dolayı atlantoaksial instabilitenin cerrahi tedavisinde uygulanabilen bir çok fiksasyon ve füzyon tekniği tanımlanmıştır. Bu cerrahi teknikler birbirlerine göre avantaj ya da dezavantajlar içermektedir (30). Atlantoaksial bölgenin cerrahi stabilizasyonu için anterior, lateral ve ya posterior yaklaşım tercih edilebilmektedir. Bu bölgeye anterior ve lateral yolla cerrahi yaklaşım nadir uygulanırken, posterior yolla cerrahi yaklaşım özellikle son zamanlarda oldukça yaygın olarak uygulanmaktadır. Posterior yolla cerrahi

yaklaşımlar arasında Gallie, Brooks-Jenksin ve Sonntag-Dickman gibi posterior telleme teknikleri, Halifax interlaminar klemleme tekniği, transartiküler vidalama tekniği ve C1-C2 segmental fiksasyon tekniği bulunur. Giderek azalan sıklıkta uygulanmasına rağmen oksipitoservikal stabilizasyon içerdiği dezavantajlara rağmen alternatif bir yol olarak tercih edilebilmektedir.



Resim 12: Odontoid tip II fraktürünü gösteren midsagittal tomografi kesiti. Bu tip kırıklar travmaya sekonder atlantoaksiyel fiksasyon ve füzyon gerektiren durumlara bir örnektir. **aa:** C1 anterior arkusu. **O:** C2 odontoid prosesi.

Bu bölgeye uygulanacak olan stabilizasyon tekniklerinde gerek komplikasyon riskini azaltmak gerekse başarılı bir füzyon sağlamak için preoperatif detaylı bir radyolojik değerlendirme yapılması esastır. İnce kesit ve 3D refortlanmış tomografiler ile kemik yapıların değerlendirilmesi ve gerekli durumlarda BT-anjiyografi ile vertebral arter anomalilerinin değerlendirilmesi

oldukça önem taşımaktadır. Yüksek yerleşimli vertebral arter varlığı, oksipital kemik kalınlığı, aksisin pedikül yapısı ve atlas lateral kitle yapısı değerlendirilecek en önemli parametrelerdir (Resim 13). Bu tekniklerin tamamında hasta pozisyonu ve cerrahi insizyon subokspital ve üst servikal bölgeye posterior yaklaşım bölümünde anlatılan şekilde aynı olmalıdır.



Resim 13: Sagittal servikal tomografi kesiti. Ok ile aksis istmusunun ince olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek yerleşimli vertebral arter olarak bilinmektedir.

Posterior füzyon tekniklerini uygulayan cerrah anatomik, radyolojik ve cerrahi olarak bu bölgeye ait teknik beceri ve bilgiye hâkim olmaya ihtiyaç duymaktadır. Ancak hastaya ve kendi tecrübelerine göre uygun metodun seçilmesi önemli bir ayrıntıdır.

Bu çalışmada atlas lateral kitle vidasının, aksis pedikül ve lamina vidasının, üç boyutlu kadavra tomografileri ve diseksiyonları rehberliğinde yönelimleri, açıları ve komşu nörovasküler yapıların durumunun değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

2.6.1. Posterior Oksipitoservikal Füzyon ve Stabilizasyon

Oksipitoservikal fiksasyon ile füzyonun temel endikasyonu oksipitoservikal instabiliteye yol açan travma, dejeneratif hastalıklar ya da tümoral lezyonlardır. C1-C2 segmental fiksasyon ile stabilizasyonun tanımlanmasından önce atlantoaksiyel instabilitenin cerrahi tedavisinde alternatif bir yöntem olarak uygulanmaktaydı ⁽³¹⁾. Oksipitoservikal fiksasyon, vida ile plak ya da rod kombinasyonu kullanılarak rijit olarak sağlanabilmektedir.

Oksipitoservikal vida ile plak ya da rod kullanılarak yapılan stabilizasyon sublaminar telleme ile yapılan tekniğe göre daha avantajlıdır ve özellikle yapılan cerrahi yaklaşım servikal laminektomi ile dekompresyonu da içerecek ise bu teknik oldukça faydalı bir cerrahi tekniktir. Tüm internal stabilizasyon tekniklerinde olduğu gibi vida, plak ya da rod kullanılarak yapılan fiksasyonda geçiçi bir internal fiksasyon yöntemidir. Cerrahi alandaki kemikler dekortike edilerek uygun bir greft yatağı hazırlanmalı ve üzerine greft yerleştirilerek başarılı bir füzyon mutlaka sağlanmalıdır.

Oksipitoservikal fiksasyon uygulanırken vida ile duramaterin delinmesi beyin omurilik sıvısı fistülüne, serebellar yaralanmalara ya da venöz sinüs yaralanmalarına neden olabilmektedir. Oksipital kemiğin en kalın olduğu yer orta hat bölgesidir, burada ortalama kemik kalınlığı yaklaşık olarak 14 mm civarındadır ⁽³²⁾. Bundan dolayı oksipital kemiğe yapılacak olan vidalamanın başarılı olabilmesi için oksipital kemiğin orta hat bölgesi tercih edilmelidir. Üst servikal bölgede ise vida uygulama alanları içinde lateral kitle vidası, pedikül vidası ya da pars interartikularis vidası gibi çeşitli alternatifler bulunmaktadır.

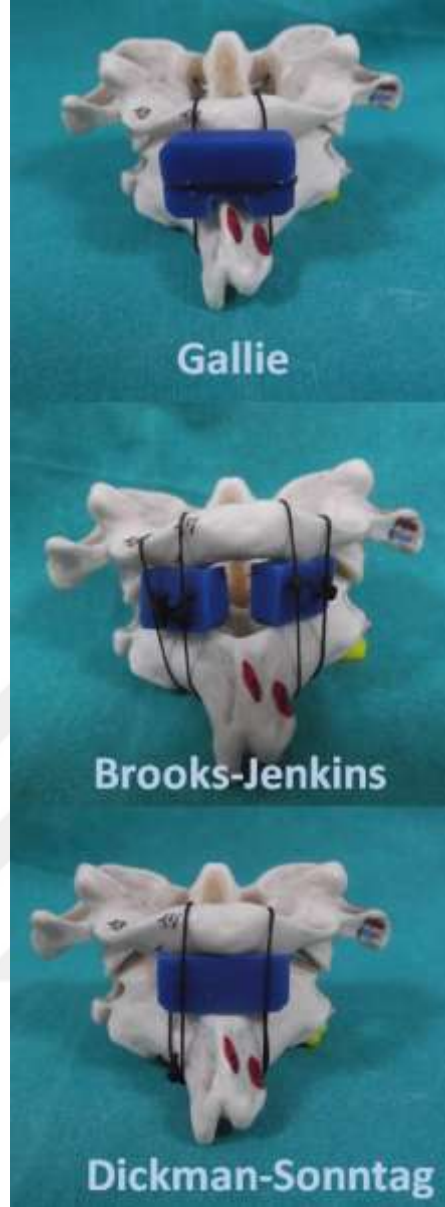
Vida ve rod kullanılarak uygulanan oksipitoservikal fiksasyon ve füzyon tekniği diğer cerrahi teknikler ile karşılaştırıldığında iyi bilinen ve yaygın kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde vertebral arter yaralanma riski düşüktür ve atlas ile aksisin posterior arkuslarının intakt olmasına gerek yoktur. Ayrıca kısa sürede oluşan yüksek füzyon oranı olan bir yöntemdir. En önemli dezavantajı ise oksipital kemik, C1 ve C2 eklemlerinde fleksiyon, ekstansiyon, lateral rotasyon ve lateral deviyasyonu sınırlamasıdır ⁽³³⁾.

2.6.2. C1-C2 Tel ile Fiksasyon Yöntemleri

1981 ve 1937 yıllarında Hadra ve Cone tarafından kablo ile fiksasyon tarif edilmiş, daha yakın zamanda is Gallie, Brooks ve Sonntag-Dickman gibi üç temel telleme tekniği yaygın olarak kullanılmıştır. Her üç teknikte atlantoaksiyel membran, ligamentum flavum kaldırıldıktan sonra atlantoaksiyel sublaminar diseksiyon yapılmakta ve bu mesafeden tel geçirilmektedir (Resim 14). Bu esnada nöral dokuların ve duranın hasarlanma riski %7'ye kadar çıkabilmektedir. Vertebral arterin yaralanma riski yoktur. Bu teknikler uygulanırken atlas posterior arkusunun sağlam olması gerekmektedir⁽³⁴⁾.

Gallie füzyon tekniği:

Gallie 1939 yılında 20G telin atlasın posterior arkının altından ve aksisin spinöz proçesi çevresinden geçirilerek yapılan füzyon tekniğini tanımlamıştır. Bu füzyon tekniğinde Gallie H şeklinde hazırlanmış kemik grefti dekortike edilmiş C1 posterior arkı ve C2 laminasının üstüne yerleştirmiştir. Kemik greft genellikle iliak krestten alınmış, 1,5-3cm boyutunda, ortası çentilmiş kortikokansellöz kemiktir. H şeklindeki bu greft atlasın posterior arkı ile aksisin laminası üzerine yerleştirilir (Resim 14). Greftin altındaki çentik C2'nin spinöz proçesine oturtulur ve C1'den sublaminar olarak geçirilen tel ile sıkıştırılır. Bu füzyon tekniği fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde iyi bir stabilizasyon sağlar. Ancak rotasyonel hareketleri yeteri kadar kısıtlayamaz. Ayrıca bu cerrahi teknik ile füzyon olmama oranı %25'e kadar oldukça yüksek bir oranda bildirilmiştir. Hastanın postoperatif dönemde 3 ay süreyle servikal korse kullanması gerekmektedir. Bu cerrahi yöntemde sublaminar tel geçerken dural ya da nörolojik yaralanma riski vardır. Nörolojik yaralanma riski yaklaşık olarak %5-7 arası olarak bildirilmiştir⁽³⁵⁾.



Resim 14: C1-C2 tel ile fiksasyon yöntemlerinin illüstrasyonu. Gallie 1937(tel ve greft), Brooks and Jenkins 1978 (bilateral sublaminar tel ve greft), Dickman and Sonntag 1990.

Brooks-Jenkins füzyon:

Brooks ve Jenkins 1978 yılında Gallie'nin tanımlamış olduğu C1-C2 sublaminar telleme tekniğini modifiye etmişlerdir (Resim 14). Bu tekniği atlas ve aksis arasından geçen sublaminar teller ve interlaminar kama şeklindeki 2 adet kemik greft kullanarak geliştirmişlerdir. Gallie tekniğinden üstün olarak biyomekanik olarak rotasyonel hareketlere karşı daha fazla stabilite sağlamasına rağmen fazladan bir adet sublaminar tel kullanılması nöral yapıların yaralanma riskindeki artışı beraberinde getirmektedir. Bu cerrahi teknik

ile füzyon oranı %93 olarak bildirilmiştir ^(36,37).

Sonntag ve Dickman füzyon:

1990 yılında ortaya konan Sonntag ve Dickman tekniğinde bikortikal kemik grefti atlas ve aksis arasına C1 laminası altından geçen bir telleme yerleştirilir ⁽³⁸⁾. Sonntag ve Dickman, Gallie ve Brooks-Jenkins tekniklerini kombine ederek yeni bir teknik tanımlamışlardır (Resim 14). Sonntag bu teknik ile Gallie tekniğine göre daha güçlü bir rotasyonel stabilite sağlarken Brooks-Jenkins tekniğine göre sublaminar geçiş sayısını azaltmıştır. Bikortikal tek bir greft atlas ile aksisin arasına yerleştirilmektedir. C1'den yukarı sublaminar geçirilen tel altta greftin arkasından aksisin spinöz proçesine takılarak serbest uçları ile greft tespit edilmektedir.

Sonntag sadece C1-C2 tel fiksasyon yöntemi ile tedavi edilen hastalarda postoperatif 3 ay boyunca halo immobilizasyon ve sonrasında da ek olarak 4-8 hafta rijit eksternal ortez önermiştir. Bu şekilde takip edilen hastalarda füzyon oranı %97 olarak bildirilmiştir ⁽³⁹⁾.

Geçmişte tercih edilen Gallie, Brooks-Jenkin ve Sonntag-Dickman füzyon teknikleri güvenli cerrahi sağlamasına ve iyi füzyon oranlarına rağmen rijid eksternal immobilizasyon gerekliliği nedeniyle daha az tercih edilen bir yöntem olmuştur ⁽⁴⁰⁾.

2.6.3. C1-C2 Transartiküler Vida Fiksasyonu

Son 2 dekatta atlantoaksiyel rijid fiksasyon için yeni teknikler geliştirilmiştir. Mageryl ve Seeman 1987 yılında yüksek füzyon oranları ile transartiküler atlantoaksiyel stabilizasyonunu ilk kez tanımlamışlardır ⁽⁴¹⁾.

Bu teknik bilateral olarak vidanın C2'nin faset lamina bileşkesinden girerek öne doğru yönelimle C1-C2 eklemine geçip C1 lateral kitlesinde sonlanmasını içerir. Bu cerrahi yaklaşım atlantoaksiyel segmette en rijit fiksasyonu sağlayan yöntemdir ve füzyon oranı %100 olarak bildirilmiştir ⁽⁴²⁾. Bu cerrahi yöntemin en önemli avantajı atlantoaksial eklemde rotasyonel hareketlerinde tam bir kısıtlama sağlamasıdır. Ancak bu tekniğin öğrenme süresi uzun ve zahmetlidir, ayrıca vidanın yanlış yerleştirilmesine bağlı olarak spinal kord ve vertebral arter yaralanması gibi hayati komplikasyonlar

görülebilmektedir. Transartiküler vida fiksasyon tekniğinde vertebral arter yaralanma oranı %8.2' e kadar rapor edilmiştir (43). Cerrahi esnasında bir tarafta vertebral arter yaralanması olursa diğer tarafa vida gönderilmemelidir.

Hasta pozisyon verilirken boyun nötral pozisyonda iken baş boyun üzerinde hafif fleksiyona getirilebilir (askeri baş eğme pozisyonu). Bu pozisyon atlantoaksial yapıların redüksiyonunu sağlamaktadır. Dorsal orta hat insizyonundan sonra C1'den C3'e kadar arka elemanlar ortaya konulur. Vidanın giriş noktası C2- C3 fasetinin alt ve medial sınırının oluşturduğu köşeye göre belirlenir. Giriş noktası bu köşenin yaklaşık olarak 3mm lateral ve 3mm rostralidir. Bu giriş noktasından vida 10-15 derece mediale yönlendirilir ve yukarı doğru olan açı skopi kullanılarak belirlenir. Skopi eşliğinde dril ile önce rehber oluşturacak delik açılır ve daha sonra 3,5-4 mm kalınlığında kortikal vida iki taraflı olarak yerleştirilir ⁽³⁰⁾.

Ciddi osteoporoz olan olgularda transartiküler atlantoaksial fiksasyon yöntemi interlaminar greft ve tel kullanılarak desteklenmelidir ⁽⁴⁴⁾.

2.6.4. C1-C2 Segmental Fiksasyon

C1 lateral kitle vidası, C2 transpediküler vida ve plak kullanılarak yapılan segmental atlantoaksial fiksasyon tekniği ilk kez 1994 yılında Goel ve Laheri tarafından tarif edilmiştir ⁽⁴⁵⁾. Daha sonra bu teknik 2001 yılında Harms ve Melcher tarafından poliaksiyel vida ve rodlarla modifiye edilerek daha yaygın kullanılabilir hale getirilmiştir. Tanımlanan bu teknikte, Goel'in tanımladığından farklı olarak ikinci sinir gangliyonu sakrifiye edilmemektedir ⁽⁴⁶⁾.

C1-C2 segmental stabilizasyon tekniği C1 ve C2'nin posterior arkularının sağlam olmasını gerektirmeden oldukça güçlü biyomekanik bir yapı sağlayarak yüksek oranlarda füzyon ile sonuçlanabilmektedir. Ayrıca diğer tekniklere göre; vertebral arter yaralanma riskinin daha düşük olması, ek olarak interlaminar greft ve posterior telleme tekniklerine ihtiyaç duyulmaması, fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine karşı güçlü bir stabilite oluşturması ve gerekli durumlarda var olan deformitenin redüksiyonuna imkân sağlaması gibi birçok avantajları içermektedir ^(47,48). C1-C2 segmental fiksasyon tekniği uygulamasında vida başına vertebral arter yaralanma riski yaklaşık olarak %2.2 olarak bildirilmiştir ⁽⁴⁹⁾. Ancak C1-C2 segmental stabilizasyon tekniğinin

öğrenme süresinin uzun ve zahmetli olması, cerrahi sırasında yoğun venöz kanamaların ve suboksipital sinir hasarı riskinin yüksek olması gibi dezavantajlar içerdiği bilinmektedir⁽⁵⁰⁾. Ayrıca bu bölgeye uygulanacak olan tüm cerrahi işlemlerde olduğu gibi bu teknikte de atlantoaksiyal bölge anatomisinin ve vertebral arter seyirinin üç boyutlu bir şekilde tam olarak öğrenilmesi ve preoperatif dönemde değerlendirilmesi başarılı sonuç alınması açısından oldukça önemlidir.

C1-C2 segmental fiksasyon yönteminde (Harms tekniği) C2'ye pedikül vidası uygulanmadığı durumlarda, C2 lamina vidası uygulanarak rodlarla füzyon tamamlanabilmektedir. Translaminar vida tekniği ile C1-C2 segmental stabilizasyon tekniği ilk kez 2004 yılında Wright tarafından tanımlanmıştır⁽⁵¹⁾. Subaksiyel vertebralarda lamina ve pedikül vidaları karşılaştırıldığında lamina vidalarında penetrasyon ve revizyon oranları daha düşük iken psödoartroz oranları daha yüksek olarak bildirilmiştir⁽⁵²⁾. Translaminar vida ile C1-C2 segmental stabilizasyon yapılmasının en önemli avantajlarından biri de vertebral arter yaralanma riskinin olmamasıdır. Özellikle vertebral arterin V3 segmentinde görülen yüksek seyirli vertebral arter gibi anomalilerde translaminar C2 vidası uygun cerrahi seçeneklerden biri olarak akılda tutulmalıdır.

C1-C2 segmental fiksasyon tekniğinde, suboksipital ve üst servikal bölgeye posterior yaklaşımlar bölümünde anlatılmış olan anestezi ve pozisyon verme işlemi aynı şekilde uygulanmalıdır. Cerrahi esnasında C₂-C₃ fasetleri, laterale doğru atlasın posterior arkı ve C₁ arkının üst tarafında vertebral arterin seyrettiği oluk ve C₂ dorsal root ganglionu ortaya konulmalıdır.

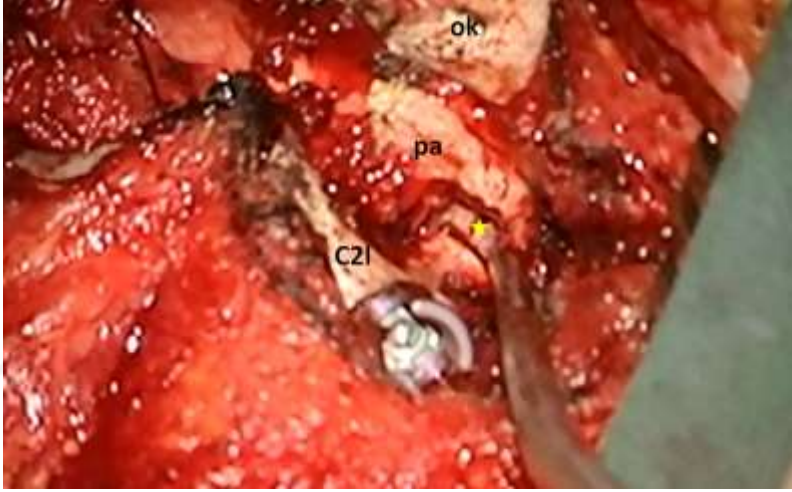
C1 lateral kitle vida uygulaması:

Atlas lateral kitle vida uygulamasında cerrahide en önemli basamak vida giriş noktasının ortaya konulmasıdır. Lateral kitleye giriş yeri belirlendikten sonra kaymaları engellemek için yüksek devirli delici ile işaretlenir ve vida lateral kitle içerisinde anteroposteriora yönlendirilerek gönderilir.

Giriş noktası C1 lateral kitlesinin alt sınırının orta noktasını C1 posterior arkusu ile birleştiren hattın ortasıdır. Giriş noktası 1-2 mm'lik ilk delici ile işaretlenir ve dril yardımıyla sagittal planda C1 posterior arkusuna paralel, transvers planda ise düz veya hafif konverjan olarak C1 anterior arkusu

hedeflenerek vida yolu açılır. İlerleme sırasında preoperatif görüntülerden ve intraoperatif anatomik belirteçlerden ve lateral skopi görüntüsünden faydalanılmalıdır⁽¹⁵⁾.

Genellikle 3,5mm çapında ve yaklaşık olarak 22 mm uzunluğunda poliaksiyel vida kullanılarak bikortikal vidalama önerilmektedir. Çünkü anterior tüberkül ön kemik korteksi oldukça yoğundur ve bikortikal vida ideal füzyonun sağlanması açısından oldukça uygundur. Ancak özellikle ön komşuluğunda ICA (internal karotid arter) ve internal juguler ven gibi vital yapıların yer alması bu yapılarda oluşabilecek yaralanmalardan kaçınmak için anterior arkus korteksinin vida ile penetre edilmemesi önerilmektedir (Resim 15)⁽⁵³⁾.



Resim 15: Posterior atlantoaksiyel füzyonun operasyon esnasında posterior görünümü. Sağ lateral kitle vida giriş yeri gösterilmiştir. Sağ C2 pedikülüne daha önce vida uygulanmıştır, C2 ganlionu sakrifiye edilmiştir. **Sarı yıldız:** lateral kitle vida giriş noktası, **pa:** C1 posterior arkusu, **C2l:** C2 laminası, **ok:** oksipital kemik.

C2 transpediküler vida uygulaması:

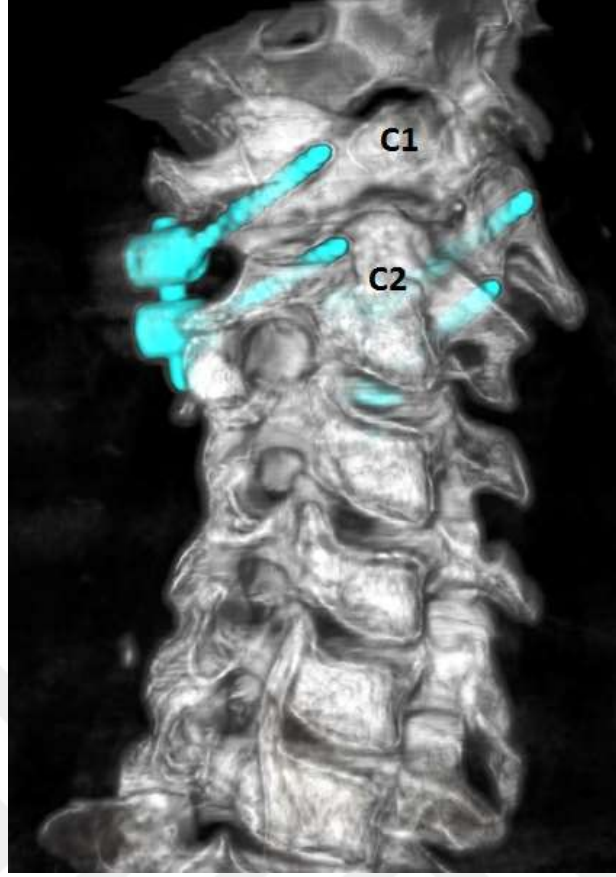
Aksis için transpediküler vida tanımı ilk defa Robert Judet tarafından 1962'de Fransa'da yapılmıştır⁽⁵⁴⁾.

Vertebral foramenin yeri ve durumu aksis pedikül vida tekniğinde en önemli sınırlayıcı faktördür. Aksise yönelik cerrahi girişimlerin en önemli komplikasyonu vertebral arter yaralanması ya da spinal kanalın perforasyonuna bağlı komplikasyonlardır. Bu nedenle pedikül vidası için birçok güvenli giriş yeri

tanımlanmıştır. Bunlardan en eski olanlarından birincisi, Ebraheim ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır olup şu şekildedir; lamina üst sınırına paralel geçen yatay çizginin 5mm altı ile spinal kanalın lateral sınırına paralel geçen çizginin 7mm lateralinin kesişme noktasıdır ve bu noktada transpediküler vidanın 20 derece kranile ve 30 derece mediale yönlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu teknik Ebraheim ve arkadaşları tarafından Goel-Harms'a benzer şekilde tanımlanmıştır ⁽⁵⁵⁾. Tanımlanan ikinci vida giriş noktası; pedikülün medial sınırı ile lateral kitlenin lateral sınırının tam orta noktalarından geçen vertikal çizgi ile inferior artiküler proçesin transvers proçesin posterior sınırının tam ortasından geçen horizontal çizginin kesişim yerinin 2mm lateralidir ⁽⁵⁴⁾. Albumi ve arkadaşları ise aksis lamina üst sınırının lateral kitleye penetre olan kısmını referans almış ve mediale 20 derece, hafif sefalize olarak vida yönelimini tarif etmişlerdir. Hemen hepsinde benzer vertebral arter yaralanma riski olduğu bilinmektedir. Abumi ve ark. gelişen teknoloji ve tecrübeyle orantılı olarak, C2 pedikül vidalama tekniğinin oldukça güvenli olduğunu ve vida malpozisyonunun %7'lere düştüğünü bildirmişlerdir. Son olarak posterior atantoaksiyel eklem yüzeyinin, lateral kitlenin medial ve lateral yüzeylerinin ve yüksekliklerinin tam orta noktasının 2mm rostrali ve 3mm laterali alınabilmektedir, 15 derece laterale ve 20 derece kaudale doğru olmalıdır. bu durumda pedikül yönelimi ortaya konulup aynı doğrultuda gönderilebilmektedir, ancak bu durumda cerraha ve hastaya göre cerrahinin sonuç ve komplikasyonları değişebilmektedir ⁽⁵⁶⁾.

Aksis pedikülüne vidalar doğru şekilde yerleştirildikten sonra rod vida başlarına yerleştirilerek sıkıştırılır ve sistem bütünlüğü sağlanır. Harms and Melcher kemik füzyon için atlas ve aksisin dekortikasyonu sonrası otojen kemik grefti kullanılmasını önermişlerdir ⁽⁴⁶⁾.

Bu çalışmada belirlenen aksis transpediküler ve atlas lateral kitle vida giriş ve hedef noktalarına göre anteroposterior ve aksiyel düzlemde en uygun vida yönelimini, karşılaşılabilecek cerrahi ve anatomik problemleri radyolojik ve anatomik olarak referans noktalarına göre detaylı bir biçimde incelemeyi hedefledik (Resim 16).



Resim 16: Atlas lateral kitle vidası ve aksis pedikül vidasına bir örnek. **C1:** Atlas, **C2:** Aksis

C2 translaminar vida tekniği:

Atlas lateral kitle vidası yerleştirildikten sonra aksise uygulanacak translaminar vida için aksisin rostral kenarına yakın olacak şekilde, spinöz çıkıntı ve laminanın birleştiği yerden karşı taraf laminaya doğru yüksek devirli delici ile drillenir. Delme işlemi laminaya olabildiğince paralel yapılmalı ve bu esnada gerekirse dural perforasyondan kaçınmak için delici ucu ventralden çok dorsale açılmalıdır. Topuz uçlu kontrol teli ile kortikal defekt olmadığı kontrol edildikten ve ameliyat öncesi değerlendirmelere uygun şekilde genellikle 30mm boyunda, yaklaşık 3-4mm kalınlığındaki poliaksiyel vida aynı doğrultuda yönlendirilmelidir. Aynı teknik ile diğer laminaya da translaminar vida uygulanır. Bu esnada serbest el metodu kullanılabilir ve genellikle floroskopiye ihtiyaç duyulmaz. İpsilateral atlas ve aksis vidaları rodlarla birleştirildikten sonra atlantoaksiyel eklem bileşkelerine kemik grefti konularak C1-C2 segmental fiksasyon ve füzyon uygulaması tamamlanır.

Bu çalışmada daha güvenli translaminar aksis vidası uygulanması için detaylı radyolojik ve anatomik değerlendirme yapılacaktır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada toplam 17 yetişkin kadavranın posterior üst servikal bölge diseksiyonlarından elde edilen veriler ve bu kadavraların çekilen üç boyutlu bilgisayarlı tomografileri ile elde edilen veriler kullanılmıştır. Kadavraların satın alınması, **BAP 2018-2-TP3-2997** kodlu proje olarak Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından desteklenmiştir. Etik kurul onayı yazısı ekte sunulmuştur (Ek1).

3.1. Olguların Seçimi

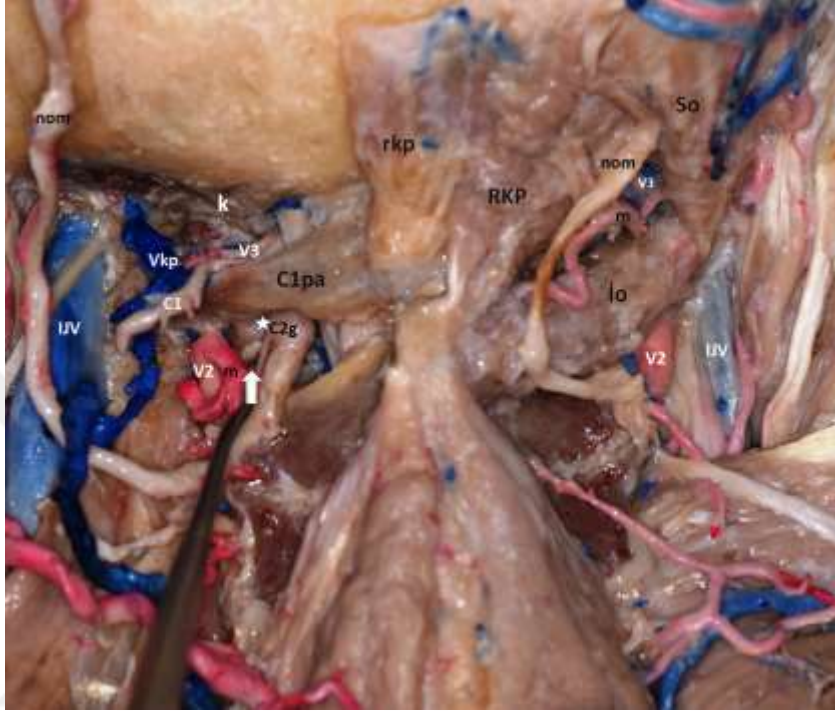
Bu çalışmaya daha önce Mersin Üniversitesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı koleksiyonunda bulunan 11 adet kadavraya ek olarak Mersin Üniversitesi BAP birimi desteği ile alınmış 6 adet, toplam 17 adet kadavra dahil edilmiştir. Kadavralar alınırken; kafa ve boyun travması olmayan, üst servikal bölgede infiltratif, enfeksiyöz yada konjenital hastalığı olmayan, baş ve boynu nötr pozisyonda %10 formalin ile fikse edilmiş olmasına özen gösterilmiştir. Rastgele alınan kadavraların 7'si erkek, 10'u kadındır. Bu kadavralar 46 ile 92 yaşları arasındadır.

3.2. Kadavraların Anatomi Ölçüm Parametreleri ve Posterior Servikal Diseksiyonu

Çalışmaya başlarken her bir kadavra donör olarak isimlendirildi ve kadavralara 1'den 17' ye kadar numara verilmiştir. Kadavra diseksiyonları Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi laboratuvarında gerçekleştirilmiş olup, fotoğraf çekimi için dijital kamera (Nikon® 5300d) kullanılmıştır. Kadavraların herbirine atlas ile aksisin posterior elemanları ve ilişkili olduğu vasküler ve kas yapıları adım adım ortaya konulacak şekilde diseksiyon yapılmıştır. Diseksiyon yapılırken atlas lateral kitle vidalama tekniği, aksis transpediküler vida tekniği ve aksis translaminar fiksasyon teknikleri göz önünde bulunduruldu ve buna uygun parametreler seçilerek değerlendirme yapıldı. Uzaklık ölçümler 0,01mm duyarlılığındaki bir Mahr® digital kumpas (MarCal 16 ER, Swiss Instruments Limited, Mississauga, ON, Canada) ile yapıldı. Ölçüm sonuçlarının aritmetik

ortalaması, standart sapma ve değişken aralık (range) değerleri hesaplandı.

Lateral kitle vida giriş noktası; atlasın posterior arkusu ile lateral kitlenin birleşim noktası seçilmiştir. Lateral kitlenin aksiyel planda orta noktasına denk gelen bu noktanın medialini lateral kitlenin medial sınırı, lateralini ise transvers foramenin medial kemik sınırı oluşturur (Resim 17, 18).



Resim 17: Oksipitoservikal bileşkenin posterior görünümü. Sağ tarafta suboksipital üçgeni oluşturan kaslar görülmekte, orta hattın solunda bu kaslar kaldırılmış ve solda hipoplazik vertebral arter görülmekte. **V3:** Vertebral arter V3 segmenti, **V2:** Vertebral arter V2 segmenti, **nom:** Nervus oksipitalis major, **C2g:** İkinci sinir ganglionu, **m:** Vertebral arterin müsküler dalı, **C1pa:** C1 posterior arkusu, **IJV:** İnternal juguler ven, **ICA:** İnternal arter, **beyaz yıldız:** C1 lateral kitle vidası giriş yeri, **beyaz ok:** C1-C2 eklemi, **k:** oksipital kondil, **RKP:** Rektus kapitis posterior major kası, **rkp:** Rektus kapitis posterior minor kası , **So:** Süperior oblik kas, **io:** İnferior oblik kas, **C1:** Suboksipital üçgen içindeki C1 sinir kökü, **IJV:** İnternal juguler ven, **ICA:** İnternal arter.

Aksis pedikül vidası giriş noktası; süperior eklem yüzeyinden görülebilen oluğa denk gelmektedir. Bu giriş noktası C2-C3 eklem aksiyel planda tam ortasından 7 mm kraniale doğru dik olarak uzatılan çizgi ile lateral kitlenin lamina ile birleşme noktasının ortasından 4mm laterale çizilen çizginin

kesişme noktasıdır (Resim 20)..

Atlas için orta hat anterior ve posterior arkusun tam ortası olarak belirlendi. Aksis için orta hat ise odontoid prosesin ve laminanın ortası olarak belirlendi. Atlas ve aksis vida akslarının medial açısı orta hatta göre hesaplandı.

Vertebral arter üzerinde vertebral olukta seyri esnasında kemik köprü saptanan olgular arkuat foramen olarak tanımlanmıştır. Kemik köprünün tamamen posterior arkusla füzeyone olduğu olgular komplet, köprüleşmenin tamamlanmadığı olgular inkomplet arkuat foramen olarak adlandırılmıştır. Bu kemik köprülerin orta hatta olan uzaklığı da değerlendirilmiştir.

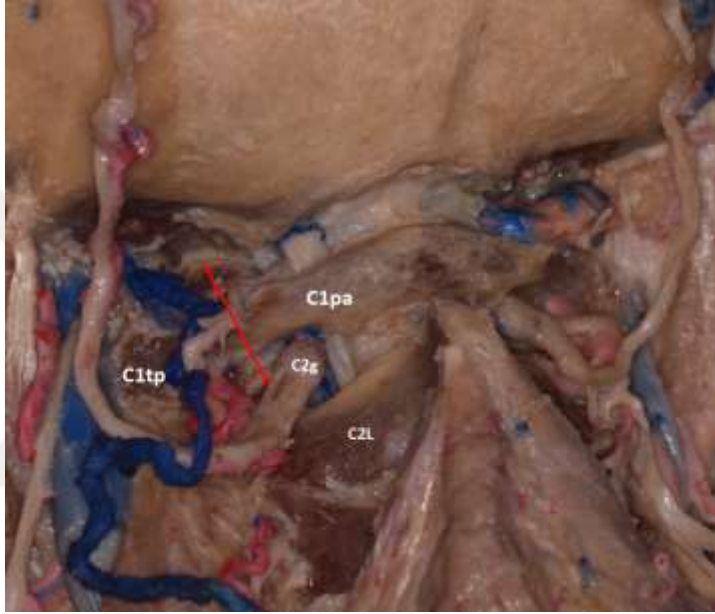
Atlas ve aksis için aşağıdaki anatomik parametreler çalışılmıştır:

1. *Atlas posterior tüberkül ve lateral kitlenin vida giriş noktası arasındaki mesafe (C1pt-Lko):* C1 lateral kitle vida giriş noktası ile orta hat (posterior tüberkül) arasındaki uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek, karşılaştırılmıştır (Resim 19).
2. *Atlas posterior tüberkül ve Vertebral arter arasındaki mesafe (C1pt-VA):* Orta hat ile vertebral arterin orta hatta göre vertebral oluk üzerinde seyrettiği en yakın mesafe sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Bu ölçümde vertebral arterin vertebral olukta seyrederken intradural mesafeye doğru dönüş yaptığı yerde medialde kalan duvarı orta hatta göre değerlendirilmiştir (Resim 19).
3. *Atlas posterior tüberkül ve (varsa) vertebral arterin üzerini örten kemik kanal (arkuat foramen) arasındaki mesafe (C1pt-VAk):* Arkuat foramen tespit edilen kadavralarda vertebral arteri saran kemik köprünün medial sınırından orta hatta kadar olan uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülüp karşılaştırılmıştır.
4. *Atlas posterior tüberkül ve vertebral arterin intradural segmenti arasındaki mesafe (C1pt-VAi):* Vertebral arterin medialde servikal spinal durayı deldiği nokta ile orta hat arasındaki mesafe bilateral ölçülüp karşılaştırılmıştır.
5. *Atlas lateral kitlesinin ortası ve vertebral arter arasındaki mesafe (C1Lko-VA):* Atlas lateral kitlesinin ortası ile vertebral arterin V2 segmentinin medial duvarından en yakın mesafesi bilateral ölçülüp

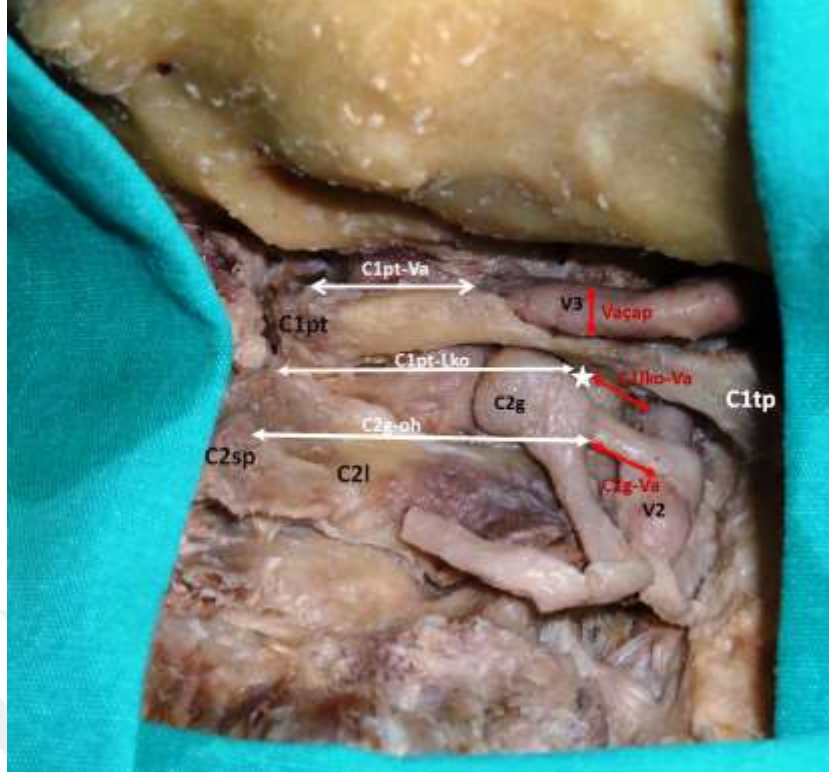
karşılaştırılmıştır (Resim 19).

6. *Atlas lateral kitlesinin yüksekliği (Lkyükseklik)*: Atlas lateral kitlenin ortasındaki vertikal aks üzerinde lateral kitlenin süperior ve inferior eklem yüzeyleri arasındaki yükseklik sağ ve sol taraf için ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 18).
7. *Atlas lateral kitlenin orta noktasının yüksekliği (C1Lkoyük)*: Atlas lateral kitlesinin vida giriş yerinden geçen vertikal aks üzerinde posterior arkusun lateral kitleyle birleştiği yerin yüksekliği sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 20).
8. *Atlas lateral kitlesinin genişliği (Lkgenişlik)*: Atlas lateral kitlesinin vida giriş yerinden geçen horizontal aks üzerinde lateral kitlenin medial ve lateral sınırları arasındaki mesafe sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 20).
9. *Vertebral arterin transvers segmentinin uzunluğu (VAtransvers)*: Vertebral arterin vertebral oluk üzerindeki seyri sırasındaki uzunluğu sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 20).
10. *Vertebral arterin horizontal segmentinin uzunluğu (VA dikey)*: Vertebral arterin atlas ve aksisin vertebral foramenleri arasındaki horizontal seyri sırasındaki uzunluğu sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 20).
11. *Aksisin transpediküler belirlenen vida giriş yeri ile vertebral arter arasındaki mesafe (C2vgy-VA)*: Çalışmamızda tanımlanmış aksis vida giriş noktası ile ona en yakın vertebral arter V2 segmentinin medial duvarı ile arasındaki en yakın uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
12. *İkinci servikal sinir kökü ganglionu (C2g) ile orta hat arasındaki mesafe (C2g-oh)*: C2 ganglionun bifurkasyon noktası ile orta hat arasındaki uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 19).
13. *C2 ganglionu ile vertebral arter arasındaki mesafe (C2g-Va)*: C2 ganglionun bifurkasyon noktası ile vertebral arter V2 segmentinin medial duvarı ile arasındaki en yakın uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 19).

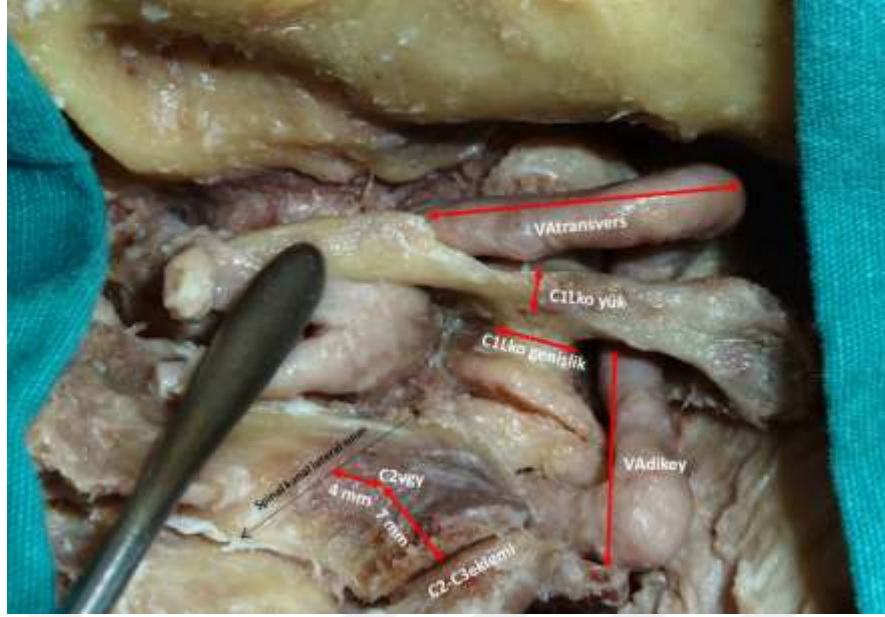
14. *Aksis lamina yüksekliği (C2laminayük)*: Aksisin sağ ve sol tarafta lamina üst ve alt sınırları arasında kalan en uzun mesafe ölçülerek karşılaştırılmıştır.
15. *Vertebral arterin çapı (VAçapı)*: Vertebral arterin V3 segmentinin en kalın olarak ölçüldüğü çap sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 19).
16. Vertebral arter ve atlas ile aksis kemik varyasyonları değerlendirilmiştir.



Resim 18: C1-C2 vertebraların suboksipital kas diseksiyonundan sonra posterior görünümü. **C2g:** C2 ganglionu, **C1pa:** C1 posterior arkusu, **C2L:** C2 laminası, **C1tp:** C1 transvers prosesi, **kırmızı ok:** C1 lateral kitle yüksekliği



Resim 19: Çalışmada değerlendirilen anatomik parametrelerin bir kısmı kadavra diseksiyonunun sağ tarafında gösterilmiştir. **V3:** Vertebral arter V3 segmenti, **V2:** Vertebral arter V2 segmenti, **C2l:** İkinci vertebra laminası, **C2sp:** İkinci vertebra spinöz prosesi, **C2g:** İkinci sinir ganglionu, **C1tp:** C1 transvers prosesi, **C1pt-Lko:** Atlas posterior tüberkül ve lateral kitlenin vida giriş noktası arasındaki mesafe, **C1pt-VA:** Atlas posterior tüberkül ve Vertebral arter arasındaki mesafe, **C2g- Va:**İkinci servikal sinir kökü ganglionu ile vertebral arter arasındaki mesafe, **C2g-oh:** C2 ganglionu ile orta hat arasındaki mesafe, **Vaçap:** Vertebral arterin çapı, **C1Lko-VA:** Atlas lateral kitlesinin ortası ve vertebral arter arasındaki mesafe



Resim 20: Sağ C1-C2 eklemine ilişkin ilişkisi. **C2vgy:** Aksis pedikül vidası için tanımladığımız giriş yeri, **C1ko genişlik:** Atlas lateral kitle genişliği, **C1ko yük:** Atlas lateral kitle yüksekliği, **VA transvers:** Vertebral arterin vertebral olukta uzunluğu.

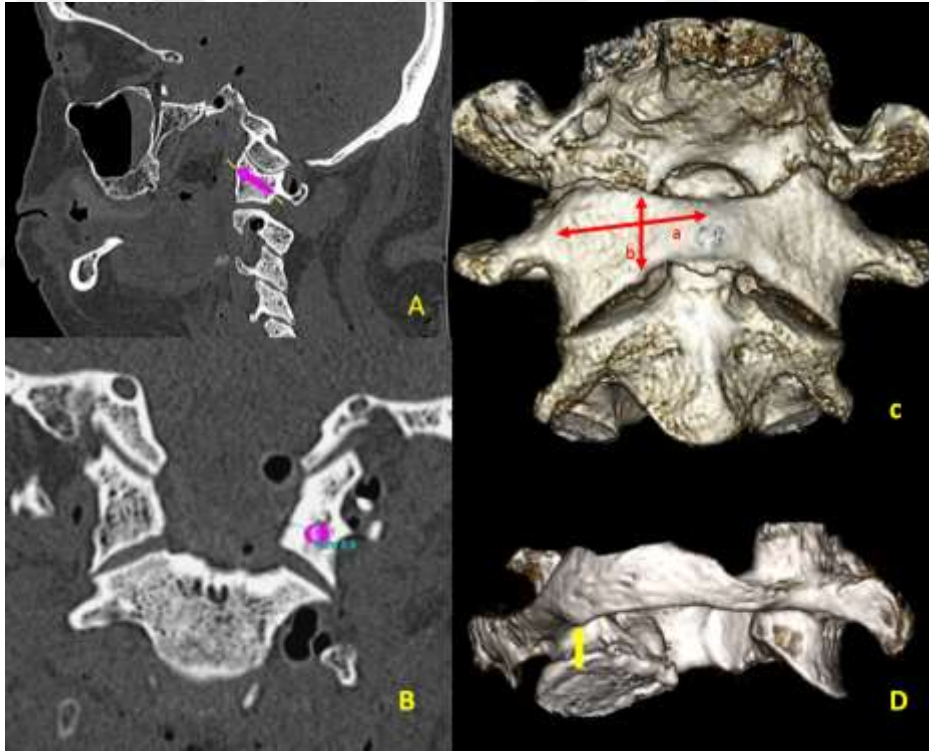
3.3. Kadavraların Bilgisayarlı Servikal Tomografilerinin Değerlendirilmesi ve Ölçüm Parametreleri

Bu çalışmada, 17 kadavrada toplam 34 tarafın radyolojik ölçümleri Mersin Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalında 64 dedektörlü bilgisayarlı tomografi ile elde edilen aksiyel, sagittal, koronal ve 3D görüntüler üzerinden yapıldı. Kadavralardan öncelikle 0,5mm kalınlığında ince kesit bilgisayarlı üst servikal bölge tomografi görüntüleri elde edildi (Toshiba Aquillon tomografi cihazının teknik parametreleri; 0.5 mm kalınlığında kesitler, 0.3 mm interval, FOV: 240mm, matriks: 512x512, piksel boyutu: 0.46 mm, 230 mA, 120 kV). Elde edilen veriler çalışma istasyonuna aktarılarak üç boyutlu reformatlanmış görüntülerin oluşturulabileceği çalışma istasyonuna aktarıldı (Silicon Graphics; Vitrea, Minneapolis, MN).

Bilgisayarlı tomografi, kadavralara herhangi bir diseksiyon yapılmadan önce fikse olduğu haliyle uygulandı. Ölçümler yapılırken üç boyutlu görüntüler üzerinde hedef noktalar belirlendi. Hedef noktası belirlendikten sonra aksiyel ve sagittal kesitlerde hedeflerin doğruluğu teyid edildi. En doğru ölçümün

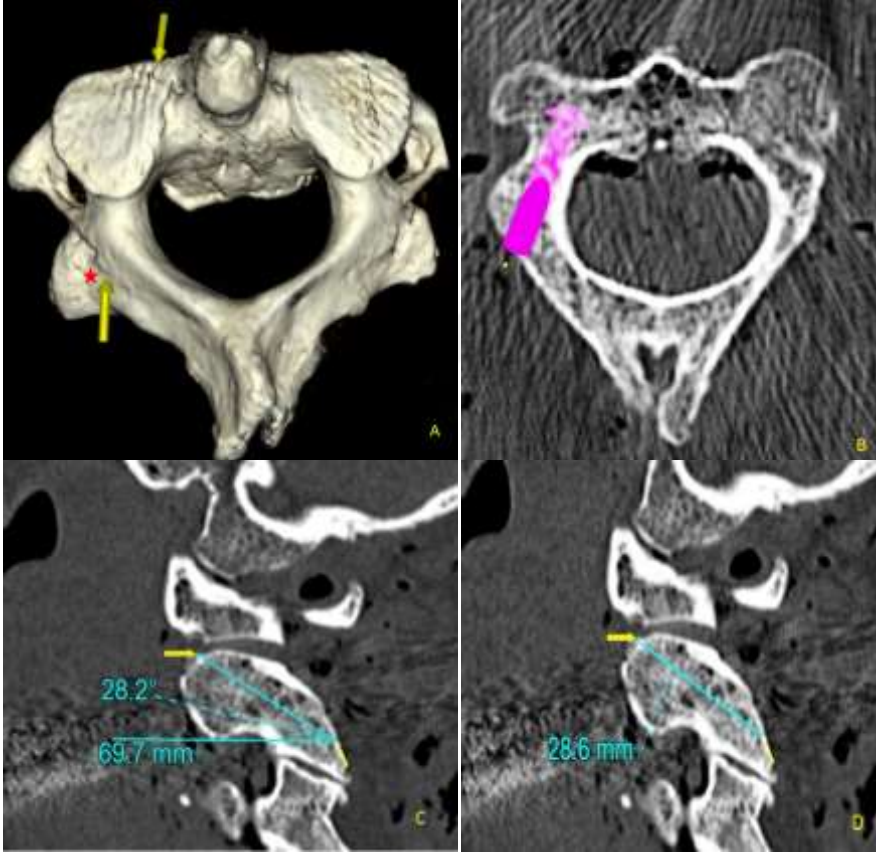
yapılabilmesi için reformatlanmış görüntüler elde edilerek uzayda farklı ayrı düzlemlerdeki bu noktalar aksiyel sagittal ve koronal görüntülerde aynı düzleme getirildi. İki nokta arasındaki uzaklık, uzunluk ve açı ölçümleri bu iki nokta arasında oluşturulan doğruya göre hesaplandı.

Lateral kitle vida giriş noktası; 3D görüntülerde atlasın posterior arkusu ile lateral kitlesinin birleşim noktası seçilmiştir. Lateral kitlenin aksiyel planda orta noktasına denk gelen bu noktanın medialini lateral kitlenin medial sınırı, lateralini ise transvers foramenin medial kemik sınırı oluşturur. Vida aksın hedef noktası ise anterior arkusun ön sınırının lateral kitleye yapıştığı nokta olarak belirlendi. Bu iki nokta arasındaki doğrunun uzunluğu, aksiyel ve kraniyel (sagittal) açıları değerlendirildi. Kraniyel açı değerlendirirken aksiyel düzlem; lateral kitlenin süperior artiküler yüzeyine paralel geçen doğru olarak belirlendi (Resim21).



Resim 21: C1 lateral kitle vidasının 3D yapılandırılmış görüntüleri. Sagittal (**A**) ve Koronal (**B**) tomografi kesitlerinde pembe ok lateral kitlenin içinde vida giriş noktasını göstermektedir. **C:** 3D yapılandırılmış tomografilerde vida hedef noktasının belirlenmesini göstermektedir. Bu nokta anterior tüberkül üst sınırının 4 mm altından geçen çizgi (a) ile lateral kitlenin medialinden geçen çizginin (b) kesişim noktasıdır. **D:** Atlasın 3D yapılandırılmış tomografisinde posteriordan sol lateral kitle vida giriş yeri sarı ok ile gösterilmiştir.

Aksis pedikül vidası giriş noktası; 3D görüntülerde bu giriş noktası C2-C3 eklemin aksiyel planda tam ortasından 7 mm kraniyale doğru dik olarak uzatılan çizgi ile lateral kitlenin lamina ile birleşme noktasının ortasından 4mm laterale çizilen çizginin kesişme noktasıdır (Resim 22). Burası aynı zamanda süperior eklem yüzeyinden görülebilen oluğa denk gelir. Hedef nokta olarak pedikülün lateral kitlenin anteromedial sınırı ile kesiştiği nokta olarak belirlendi. Giriş ve hedef noktaları aksiyel, sagittal ve koronal düzlemlerde aynı doğru üzerinde birleştirildi, bu doğrunun uzunluğu, aksiyel ve kraniyal (sagittal) açıları değerlendirildi. Ayrıca doğrunun pedikülün ortasından geçip geçmediği kontrol edildi. Kraniyal açı hesaplanırken hesaplanan aksiyel; lateral kitlenin süperior artiküler yüzeyine paralel olarak belirlendi.



Resim 22: Aksis pedikül vidasının giriş ve hedef noktaları, vida seyri.

A: Aksis edikül vidası için giriş ve hedef noktalarını gösteren 3D reformatlanmış görüntü. İnferior artiküler fasetin yüzeyi posterior üzerinde görünen oluk (**yıldız**).

B: Hedef ve giriş noktaları arasında tanımladığımız vida seyrinin aksiyel kesitte pedikül içindeki görünümü.

C: Pedikül merkezinden, hedef ve giriş noktaları arasında reformatlanmış sagittal kesitte pedikül vidasının kraniyel açısı gösterilmiştir.

D: Pedikül merkezinden, hedef ve giriş noktaları arasında reformatlanmış sagittal kesitte pedikül vidasının uzunluk ölçümü gösterilmiştir.

Atlas için orta hat 3D kemik görüntü üzerinde anterior ve posterior arkusun tam ortası olarak işaretlendi. Aksis için orta hat 3D kemik görüntü üzerinde odontoid prosesin ve laminanın ortası olarak belirlendi. Atlas ve aksis vida akslarının medial açıları orta hatta göre hesaplandı.

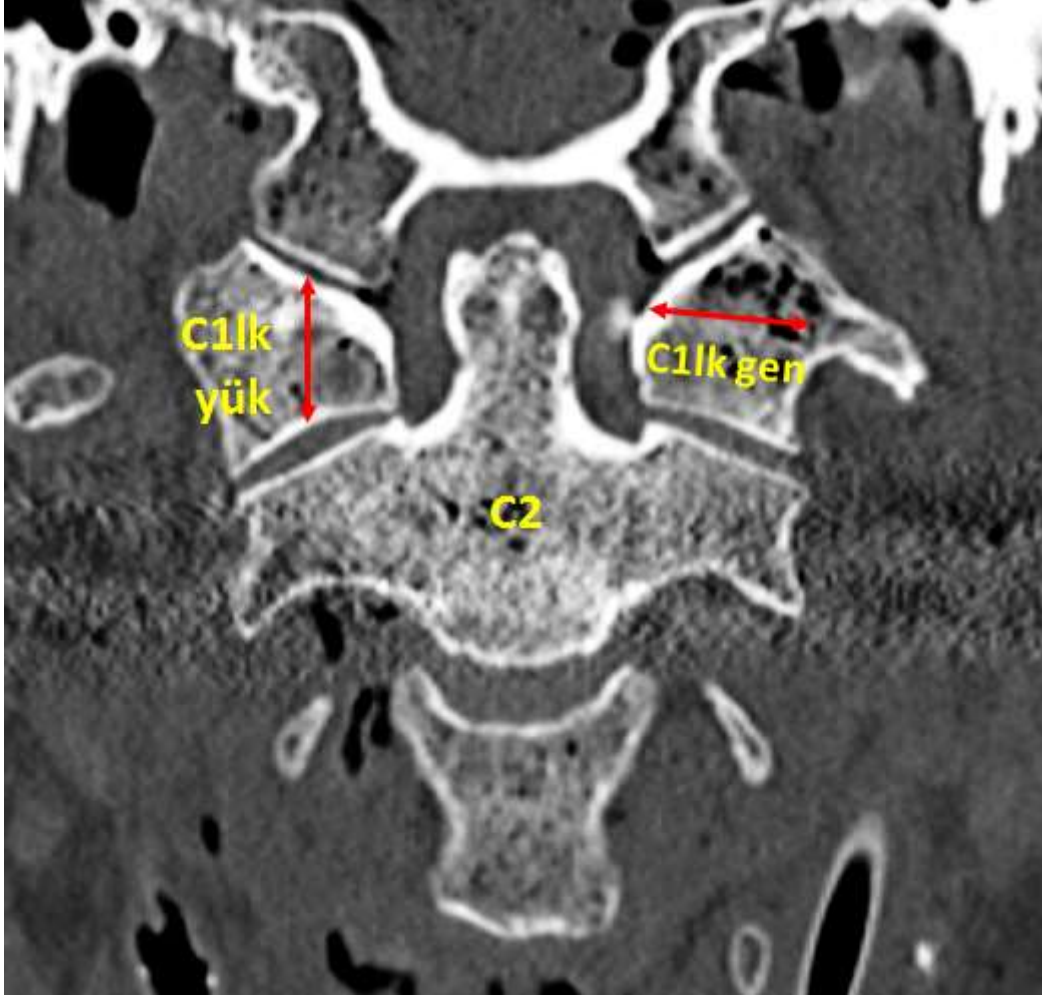
Aksis kemik tomografilerinde istmus yüksekliği 4 mm ve altında olduğunda ve/veya pedikül yüksekliği 2 mm' nin altında olduğunda yüksek yerleşimli vertebral arter olarak isimlendirilmektedir. Radyolojik değerlendirmeler esnasında bu varyasyon her kadavra için sağ ve sol taraflar açısından ayrı ayrı değerlendirildi. Son olarak, kalınlığının 4mm ve altında olduğu pediküller dar pedikül olarak isimlendirildi. ⁽⁵⁷⁾.

Atlas ve aksis için çalışılan radyolojik parametreler:

1. *Atlas lateral kitle yüksekliği (C1-latkitleyük):* Atlas lateral kitlenin ortasındaki vertikal aks üzerinde lateral kitlenin süperior ve inferior eklem yüzeylerinin ortası belirlendikten sonra aralarındaki mesafe sağ ve sol taraf için ölçülerek karşılaştırılmıştır (Resim 23).
2. *Atlas lateral kitle uzunluğu (C1-latkituzun):* Atlas lateral kitlenin ortasındaki aksiyel aks üzerinde lateral kitlenin anterior ve posterior uçları arasındaki uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
3. *Atlas lateral kitle genişliği (C1-latkitgeniş):* Reformatlanmış üç boyutlu görüntülerde lateral kitlenin via giriş noktasının olduğu vertikal düzlemde, kemiğin medial ve lateral sınırından ölçülen genişliği sağ ve sol taraf için ayrı ayrı hesaplanarak karşılaştırılmıştır (Resim23).
4. *Atlas lateral kitle vida aks uzunluğu (C1-latkitleaksuzunluk):* Lateral kitle için belirlenmiş giriş ve hedef noktaları arasındaki aksın uzunluğu sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
5. *Atlas lateral kitle vida aksının kranial açısı (C1-latkitlekranialaçı):* Lateral kitle için belirlenmiş giriş ve hedef noktaları arasındaki aksın aksiyel düzlem ile yaptığı kranial açı sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
6. *Atlas lateral kitle vida aksının aksiyel açısı (C1-latkitleaksiyelaçı):* Lateral kitle için belirlenmiş giriş ve hedef noktaları arasındaki aksın

orta hat ile yaptığı aksiyel açı sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.

7. *Aksis lateral kitle yüksekliği (C2-lateral kitle yüksekliği):* Aksis lateral kitlesinin süperior yüzeyi ile foramen transversumun üst kemik sınırı arasındaki mesafe sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
8. *Aksis isthmus yüksekliği (C2-isthmus yüksekliği):* İsthmusun süperior yüzeyi ile foramen transversumun inferior yüzeyi arasındaki yükseklik sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır. İsthmus yüksekliği, sagittal kesitlerde spinal kanalın lateral sınırındaki kortikal kemiğin 3 mm lateralindeki kesitlerden ölçülmüştür.
9. *Aksis pedikül kalınlığı (C2-pedikül kalınlığı):* Aksis pedikülünün aksiyel düzlemde en ince olduğu genişlik sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
10. *Aksis lamina vidasının aks uzunluğu (C2-lamina uzunluk):* Aksis laminasının pediküle tutunduğu yerden laminanın tam ortasından ve spinöz çıkıntının karşı tarafının tam ortasından geçen düzlemde orta hatta uzaklığı sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
11. *Aksis lamina vidasının mediyal açısı (C2-lamina mediyalaçı):* Aksis lamina uzunluğu ölçülürken elde edilen aksın orta hat ile oluşturduğu aksiyel açı sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
12. *Aksis pedikül aksının uzunluğu (C2-pedikül aks uzunluğu):* Aksis pedikül aksı için belirlenen hedef ve giriş noktaları arasındaki uzaklık sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
13. *Aksis pedikül aksının aksiyel açısı (C2-pedikül aksiyelaçı):* Aksis pedikül aksı için belirlenen hedef ve giriş noktaları arasındaki uzaklık ölçülürken elde edilen doğrunun orta hat ile yaptığı medial açılar sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
14. *Aksis pedikül aksının kraniyal açısı (C2-pedikül kraniyalaçı):* Aksis pedikül aksı için belirlenen hedef ve giriş noktaları arasındaki uzaklık ölçülürken elde edilen doğrunun yer ile yaptığı kraniyal açılar sağ ve sol taraf için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.
15. Atlas ve aksiste tespit edilen varyasyonlar 3D görüntülerle orta konularak tanımlanmıştır.



Resim 23: Her iki C1 lateral kitlesinin tam ortasından geçen koronal kesit, kemik pencere bilgisayarlı tomografi. **C1lk yük:** C1 lateral kitle yüksekliği, **C1lkgen:** C1 lateral kitle genişliği, **C2 :** Aksis korusu.

3.4. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analizler STATISTICA Version 13,3 programı ile yapılmıştır. Değişkenlerin normal dağılıma uygun olup olmadıkları Shapiro Wilk testi ile incelenmiştir. Normal dağılım varsayımı sağlayan değişkenler ort±sd cinsinden özetlenmiştir. Kategorik değişkenler ise sayı ve yüzde cinsinden özetlenmiştir. İki bağımsız grup ortalaması karşılaştırılmasında Student t testinden, iki bağımlı grup ortalaması karşılaştırılmasında paired t testinden yararlanılmıştır. İki den fazla grup ortalamasının karşılaştırılmasında ANOVA ve post hoc olarak Bonferroni testinden yararlanılmıştır. İki sürekli değişken arasındaki ilişkiyi incelemek için pearson korelasyon katsayısından yararlanılmıştır.

Sonuçlarda %95 güven aralığında $p < 0.05$ olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiş olup, $p > 0.05$ olduğu durumlar ise istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmemiştir.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Özellikler

Çalışmaya dâhil edilen kadavraların sayısı 17'dir. Kadavraların 7'si erkek, 10'u kadındır ve bunların tamamının yaş aralığı 45-92, yaş ortalaması 74 ± 1 'dir. Anatomi ölçümlerine ait 15 parametre mevcut olup, bunlar sağ ve sol için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Radyoloji ölçümlerine ait toplam 14 parametre bulunmaktadır, bunlar için de sağ ve sol ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Anatomi ölçümleri için toplam 30, radyoloji parametreleri için ise toplam 28 parametre mevcuttur.

Anatomi ölçümleri arasında atlasa ait ölçümler lateral kitle ve vertebral arteri değerlendirmek üzerine yapılmıştır. Lateral kitleye ait 4, vertebral artere ait 7 parametre bilateral değerlendirilmiştir. Aksis ölçümlerinde C2 ganglionuna ait 2 parametre, vertebral artere ait bir parametre, aksis lamina yüksekliğine ait 1 parametre bilateral değerlendirilmiştir.

Radyolojik ölçümler değerlendirildiğinde atlas lateral kitlesinin morfolojik ve açı ölçümleri mevcuttur. Toplam 7 parametre atlasın lateral kitlesi için bilateral değerlendirilmiştir. Aksis için de toplam 7 parametre sağ ve sol için ayrı ayrı ölçülerek karşılaştırılmıştır.

4.2. Anatomi Ölçümlerinin Analiz Sonuçları

Tüm anatomik ölçümlerde uzunluklar milimetre (mm) cinsinden hesaplanmıştır. Tablolarda 15 parametrenin, toplam 34 taraf için ölçülen tüm anatomik verilerinin ayrı ayrı ya da bilateral ortalaması, minimum ve maksimum değerleri ve standart sapma değerleri ($\pm sd$) verilmiştir.

Tablo 1: Anatomik verilerin tamamının olduğu tablo

	Minimum	Maksimum	Ort	Sd
C1pt-Lko_sağ	17	31	24,418	3,9549
C1ptLko_sol	14	29	23,6529	3,81528
C1pt-VA_sağ	12	23,3	17,481	2,8946
C1ptVA_sol	11,6	29,9	19,1471	4,949
C1pt-VA(kemik)_sağ	18,4	23,4	20,917	1,8071
C1ptVAKemik_sol	16,6	30	21,7333	4,34741
C1pt-Vai_sağ	10	18	13,988	1,9361
C1ptVai_sol	11	28	14,8765	4,32052
C1Lko-VA_sağ	4	9	6,506	1,571
C1LkoVA_sol	4,2	10	6,5235	1,62193
C1Lkoyüksağ	2,9	6	4,094	0,6731
C1Lkoyüksol	2,9	5	3,9176	0,60336
Lkgenişlik_sağ	11	15,6	12,888	1,3186
Lkgenişlik_sol	9,5	15,6	12,5824	1,67826
Lkyükseklik_sağ	15	22,9	18,394	2,3066
Lkyükseklik_sol	13,6	25,2	18,4235	3,23081
VAtansvers_sağ	19	27,8	23,088	2,5117
VAtansvers_sol	16	29,4	22,2882	3,26379
VAdikey_sağ	10	16,7	13,594	1,8119
VAdikey_sol	9	16,9	12,9529	2,306
C2vgy-VA_sağ	4	12,3	8,235	2,2602
C2vgyVA_sol	5,8	11	7,5353	1,51449
C2g-oh_sağ	18	32	25,406	3,372
C2goh_sol	15,7	30	24,4412	4,08718
C2g-VA_sağ	3,2	10,1	6,771	1,8631
C2gVA_sol	5,5	10	7,3529	1,45306
C2laminayük_sağ	11,9	17,9	14,047	1,4651
C2laminayük_sol	9	16,2	13,4647	1,7965
Vaçapı_sağ	3,3	8	4,829	1,1994
Vaçapı_sol	1,7	7	4,8706	1,26628

Tablo 2’de tüm anatomik ölçümlerin sağ ve sol taraflar için ayrı ayrı minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 3: Atlas ve aksise ait ölçümlerin kadın ve erkekte her iki taraf için karşılaştırılması

		erkek		kadın		p ^a
		Ort	sd	ort	sd	
C1pt-Lko	sağ	26,243	4,1448	23,140	3,4568	0,114
	sol	24,6000	3,07679	22,9900	4,28731	0,409
	p ^b	0,086		0,854		
C1pt-VA	sağ	19,357	2,6463	16,022	2,2326	0,016
	sol	22,9143	5,14277	16,5100	2,67310	0,004
	p ^b	0,170		0,831		
C1pt-VA(kemik)	sağ	22,367	1,0017	19,467	0,9238	0,021
	sol	23,7200	1,00120	19,2500	1,50000	0,132
	p ^b	0,178		0,894		
C1pt-Vai	sağ	14,400	2,5560	13,700	1,4438	0,481
	sol	17,4857	5,64193	13,0500	1,72127	0,085
	p ^b	0,174		0,286		
C1Lko-VA	sağ	6,529	1,5130	6,490	1,6914	0,962
	sol	6,6286	1,66405	6,4500	1,67813	0,831
	p ^b	0,859		0,931		
C1Lkoyük	sağ	4,00	0,63	3,86	0,61	0,653
	sol	4,23	0,34	4,00	0,84	0,509
	p ^b	0,372		0,356		
Lkgenişlik	sağ	13,243	1,4421	12,640	1,2403	0,370
	sol	13,2000	1,46969	12,1500	1,75008	0,214
	p ^b	0,936		0,508		
Lkyükseklik	sağ	19,257	2,6676	17,790	1,9313	0,207
	sol	20,0143	4,21285	17,3100	1,83815	0,151
	p ^b	0,462		0,489		
VAtransvers	sağ	24,243	2,8565	22,280	2,0032	0,115
	sol	24,5714	2,56691	20,6900	2,76624	0,010
	p ^b	0,791		0,156		
VAdikey	sağ	13,043	1,7067	13,980	1,8689	0,309
	sol	13,1429	2,84069	12,8200	2,00654	0,786
	p ^b	0,901		0,038		
C2vgy-VA	sağ	9,214	2,2371	7,550	2,1162	0,140
	sol	8,0286	1,83822	7,1900	1,22606	0,275
	p ^b	0,199		0,535		
C2g-oh	sağ	27,371	2,2911	24,030	3,4069	0,040
	sol	25,0286	4,51690	24,0300	3,95476	0,636
	p ^b	0,143		1,000		
C2g-VA	sağ	7,771	1,9024	6,070	1,5600	0,061
	sol	7,6857	1,66776	7,1200	1,32397	0,447
	p ^b	0,895		0,161		
C2laminayük	sağ	14,071	1,8634	14,030	1,2248	0,956
	sol	13,1000	2,57423	13,7200	1,06958	0,565
	p ^b	0,226		0,574		
VAçapı	sağ	4,914	1,5159	4,770	1,0078	0,816
	sol	5,4286	1,16578	4,4800	1,23810	0,132
	p ^b	0,376		0,622		

Tablo 3' te p^a değerlerinin hesaplanmasında Independent Samples t testi; p^b değerlerinin hesaplanmasında Paired Samples t testinden yararlanılmıştır.

C1pt-VAsağ olarak kısalttığımız parametre bakımından kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p^a=0,016$). Vertebral arterin orta hatta olan uzaklığı bakımından değerlendirme yapıldığında, kadınlarda bu uzaklığın erkeklerden daha kısa olduğu görülmüştür. Bu değer kadınlarda ortalama $16,0 \pm 2,2$ mm, erkeklerde ortalama $19,3 \pm 2,6$ mm olarak bulunmuştur.

C1pt-VAsol olarak kısalttığımız parametre bakımından kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p^a =0,004$). Bu parametrenin ortalaması kadınlarda ortalama $19,2 \pm 1,5$ mm ve erkeklerde ortalama $23,7 \pm 1,0$ mm olarak bulunmuştur.

C1pt-VA(kemik)sağ olarak kısalttığımız parametre bakımından kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p^a =0,021$). Bunun ortalama değeri kadınlarda ortalama $19,5 \pm 0,9$ mm, erkeklerde ortalama $22,4 \pm 1,0$ mm bulunmuştur.

VAtransvers olarak kısalttığımız parametremiz olan VA'in C1 üzerindeki yatay uzunluğunda sol tarafta kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. ($p^a =0,010$). Sol tarafta vertebral arterin kadınlarda, erkeklerden anlamlı derecede daha kısa olduğu görülmektedir. Bu parametrenin ortalaması kadınlarda ortalama $20,7 \pm 2,7$ mm ve erkeklerde ortalama $24,5 \pm 2,5$ mm olarak bulunmuştur.

C2g-oh olarak kısalttığımız değerlerimizde kadınlar ve erkekler arasında sağ tarafta istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p^a =0,040$). C2 ganglionunun vertebral artere uzaklığı değerlendirildiğinde ise sağ-sol ve kadın-erkek arasında anlamlı bir farklılık yoktur ancak ganglion bifurkasyonunun orta hatta uzaklığı bakımından sağ tarafta kadınlardaki mesafenin daha kısa olduğu ortaya konulmuştur. Bu parametrenin sağ tarafta ortalaması kadınlarda ortalama $24,0 \pm 3,4$ mm ve erkeklerde ortalama $27,3 \pm 2,3$ mm olarak bulunmuştur.

VAdikey olarak kısalttığımız değerlerimize bakıldığında kadınlarda sağ ve sol ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p^b=0,038$). Vertebral arterin kadınlarda sol tarafta C1-C2 arasındaki dikey

uzunluğu sağa göre daha kısa bulunmuştur. Arkuat foramen olan olgularda sağ tarafta kadınlarda kemik foramenin medial sınırı erkeklere göre orta hatta daha yakın bulunmuştur.

Tablo 4: Anatomik olarak ölçülen 14 değişkenin sağ ve sol taraflar için ortalama ve standart sapmalarının karşılaştırılması

		Ort	sd	p
Pair 1	C1pt-Lko_sağ	24,418	3,9549	0,209
	C1ptLko_sol	23,6529	3,81528	
Pair 2	C1pt-VA_sağ	17,481	2,8946	0,172
	C1ptVA_sol	19,1563	5,11116	
Pair 3	C1pt-VA(kemik)_sağ	20,917	1,8071	0,179
	C1ptVAkemik_sol	23,2000	4,42719	
Pair 4	C1pt-Vai_sağ	13,988	1,9361	0,372
	C1ptVai_sol	14,8765	4,32052	
Pair 5	C1Lko-VA_sağ	6,506	1,5710	0,958
	C1LkoVA_sol	6,5235	1,62193	
Pair 6	Lkgenişlik_sağ	12,888	1,3186	0,515
	Lkgenişlik_sol	12,5824	1,67826	
Pair 7	Lkyükseklik_sağ	18,394	2,3066	0,959
	Lkyükseklik_sol	18,4235	2,23081	
Pair 8	VAtansvers_sağ	23,088	2,5117	0,326
	VAtansvers_sol	22,2882	3,26379	
Pair 9	VAdikey_sağ	13,594	1,8119	0,161
	VAdikey_sol	12,9529	2,30600	
Pair 10	C2vgy-VA_sağ	8,235	2,2602	0,153
	C2vgyVA_sol	7,5353	1,51449	
Pair 11	C2g-oh	25,406	3,3720	0,253
	C2goh_sol	24,4412	4,08718	
Pair 12	C2g-VA	6,771	1,8631	0,248
	C2gVA_sol	7,3529	1,45306	
Pair 13	C2laminayük_sağ	14,047	1,4651	0,189
	C2laminayük_sol	13,4647	1,79650	
Pair 14	Vaçapı_sağ	4,829	1,1994	0,920
	Vaçapı_sol	4,8706	1,26628	
Pair 15	C1lkoyüksağ	3,917	0,603	0,177
	C1lkoyüksol	4,094	0,673	

Tablo 4' de ölçümlerin sağ ve sol arasındaki farklılığın tespiti için Paired Samples t testinden yararlanılmıştır. Ancak sağ ve sol kısımdan alınan ölçümlerin hiç birinde sağ-sol arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$). Genel olarak tüm posterior kadaverik ölçümler değerlendirildiğinde sağ ve sol arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Tablo 5: Arkuat foramen olan ve olmayan kadvralarda ölçüm parametlerinin karşılaştırılması

	Arkuat foramen	Ort	sd	p
C1pt-Lko	var	24,453	3,5629	0,5
	yok	23,700	4,1220	79
C1pt-VA	var	19,473	3,8548	0,1
	yok	17,484	4,0812	58
C1pt-VA(kemik)	var	23,100	3,9774	0,1
	yok	20,278	2,7874	28
C1pt-Vai	var	14,593	2,8942	0,8
	yok	14,305	3,7073	06
C1Lko-VA	var	6,580	1,4925	0,8
	yok	6,463	1,6714	33
c1Lkoyük	var	4,167	0,799	0,1
	yok	3,879	0,454	95
Lkgenişlik	var	12,433	1,2698	0,3
	yok	12,974	1,6441	02
Lkyükseklik	var	18,027	3,2493	0,4
	yok	18,711	2,3619	82
VAtransvers	var	22,820	3,1390	0,8
	yok	22,584	2,7729	18
VAdikey	var	12,647	2,3582	0,1
	yok	13,768	1,7111	18
C2vgy-VA	var	8,473	2,0807	0,1
	yok	7,421	1,7113	15
C2g-oh	var	24,633	3,4636	0,6
	yok	25,153	3,9924	93
C2g-VA	var	6,973	1,4190	0,7
	yok	7,132	1,8827	89
C2laminayük	var	13,533	2,2005	0,4
	yok	13,932	1,0472	91
Vaçapı	var	4,560	1,0027	0,1
	yok	5,144	1,3479	75

Tablo 5' te anatomi ölçümleri bakımından arkuat foramen olup olmaması arasındaki farklılığın tespiti için Independent Samples t testi kullanılmıştır. Ancak sağ ve sol ölçümlerin hiçbiri bakımından arkuat varlığı ve yokluğu arasında bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 6: Arkuat foramen olan ve olmayan kadvraların tüm parametrelerinin sağ ve sol için karşılaştırılması

	Arkuat foramen	sağ		p	sol		p
		Ort	sd		Ort	sd	
C1pt-Lko	var	25,671	3,8866	0,286	23,388	3,1078	0,797
	yok	23,530	3,9581		23,889	4,5309	
C1pt-VA	var	18,571	2,0402	0,237	20,263	4,9624	0,398
	yok	16,880	3,1867		18,156	5,0088	
C1pt-VA(kemik)	var	22,400	1,4142	0,175	23,450	5,0210	0,321
	yok	20,175	1,6049		20,360	3,6862	
C1pt-Vai	var	14,514	2,0876	0,365	14,663	3,6063	0,854
	yok	13,620	1,8420		15,067	5,0860	
C1Lko-VA	var	6,386	1,4381	0,801	6,750	1,6160	0,604
	yok	6,590	1,7291		6,322	1,6969	
c1Lkoyük	var	4,167	0,763	0,219	4,300	0,894	0,368
	yok	3,782	0,483		3,982	0,534	
Lkgenişlik	var	12,157	1,1429	0,052	12,675	1,4008	0,838
	yok	13,400	1,2302		12,500	1,9748	
Lkyükseklik	var	18,600	2,9721	0,769	17,525	3,5955	0,294
	yok	18,250	1,8745		19,222	2,8354	
VAtransvers	var	22,400	2,9558	0,361	23,188	3,4477	0,299
	yok	23,570	2,1828		21,489	3,0620	
VAdikey	var	13,171	1,9822	0,439	12,188	2,6904	0,207
	yok	13,890	1,7266		13,633	1,7875	
C2vgy-VA	var	9,286	2,2586	0,111	7,763	1,7460	0,577
	yok	7,500	2,0548		7,333	1,3500	
C2g-oh	var	25,614	2,0375	0,839	23,775	4,3163	0,544
	yok	25,260	4,1701		25,033	4,0336	
C2g-VA	var	7,243	1,6930	0,399	6,738	1,1975	0,101
	yok	6,440	1,9912		7,900	1,5008	
C2laminayük	var	14,500	1,8938	0,301	12,688	2,2042	0,117
	yok	13,730	1,0740		14,156	1,0309	
VAçapı	var	4,100	0,6298	0,031	4,963	1,1288	0,926
	yok	5,340	1,2607		4,900	1,4986	

Tablo 6' da VAçapı olarak kısaltılan parametrenin sağ taraftan alınan ölçümlerinde arkuat foramen varlığı açısından anlamlı bir fark tespit edilmiştir. ($p=0,031$). Arkuat foramen tespit edilen olgularda özellikle sağ tarafta vertebral arter çapının anlamlı olarak daha dar olduğu bulunmuştur. Diğer parametreler arkuat foramen varlığından etkilenmemektedir. Sağ tarafta arkuat foramen olan kadavralarda vertebral arter çapı ortalama $4,1\pm 0,6$ mm, arkuat foramen olmayan olgularda ise ortalama $5,3\pm 1,2$ mm olarak ölçülmüştür.

Tablo 7: Komplet, inkomplet arkuat foramen saptanan ve arkuat foramen saptanmayan kadavraların anatomi parametreleri

	Arkuat Foramen						p
	yok n=18		Komplet n=6		İnkomplet n=10		
	ort	Sd	ort	sd	ort	sd	
C1pt-Lko	23,739	4,2379	24,850	3,7490	24,070	3,4503	0,837
C1pt-VA	17,444	4,1957	18,583	4,6452	19,880	3,2550	0,319
C1pt-VA(kemik)	20,278	2,7874	23,133	6,1849	23,067	1,1372	0,330
C1pt-Vai	14,322	3,8140	13,400	2,6683	15,250	2,7722	0,563
C1Lko-VA	6,500	1,7119	6,350	0,9397	6,640	1,7328	0,940
c1Lkoyük	3,817	0,531	4,717	0,801	3,920	0,418	0,006
Lkgenişlik	12,972	1,6918	12,850	1,6682	12,240	0,9168	0,466
Lkyükseklik	18,917	2,2477	18,850	4,2411	17,230	2,5082	0,283
VAttransvers	22,572	2,8528	23,933	4,2622	22,150	1,9772	0,490
VAdikey	13,933	1,5978	13,150	2,8020	12,160	2,0582	0,090
C2vgy-VA	7,450	1,7561	8,717	2,5159	8,170	1,8306	0,334
C2g-oh	25,550	3,7014	23,750	2,7523	24,500	4,3362	0,553
C2g-VA	7,194	1,9166	6,767	1,4194	7,000	1,4453	0,862
C2laminayük	13,933	1,0776	13,683	1,4851	13,480	2,5108	0,787
Vaçapı	5,253	1,3058	4,267	0,8914	4,610	1,1130	0,168

Tablo 7'de ikiden fazla grup arasındaki farklılığın kontrolü için ANOVA testinden ve postHoc için de Bonferroni testinden faydalanılmıştır. Ancak hiçbir ölçüm bakımından arkuat foramen olmayan, komplet arkuat foramen olan ve inkomplet arkuat foramen olan gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Arkuat foramenin medial kemik sınırı ile orta hat arasındaki mesafe bakımından komplet ve inkomplet arkuat foramen arasında farklılık yoktur. Komplet arkuat foramen olan kadavralarda bu değer $23,1 \pm 6,1$ mm, inkomplet arkuat foramen olanlarda ise $23,0 \pm 1,1$ mm olarak bulunmuştur.

C1Lkoyük olarak kısalttığımız değerler bakımından arkuat formane olan ve olmayan grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır($p=0,006$). Komplet arkuat foramen olan grupta lateral kitlenin merkezi yüksekliği diğer gruplardan anlamlı derecede daha fazladır ve bu değer ortalama $8,8\pm 4,2$ mm' dir ($p=0,005$ (komplet-yok); $p=0,028$ (komplekt-inkomplet)).



Tablo 8: Komplekt, inkomplekt arkuat foramen saptanan ve arkuat foramen saptanmayan kadavraların anatomi ölçümlerinin sağ ve sol için karşılaştırılması

	Sağ						P	sol						P
	yok		komplekt		inkomplekt			yok		komplekt		inkomplekt		
	ort	sd	Ort	sd	Ort	Sd		ort	sd	ort	sd	ort	sd	
C1pt-Lko	23,589	4,1936	28,000	4,2426	24,450	3,4634	0,386	23,889	4,5309	23,275	2,7391	23,500	3,8730	0,965
C1pt-VA	16,733	3,3440	18,100	0,1414	18,667	2,2178	0,443	18,156	5,0088	18,825	5,9768	21,700	4,0282	0,516
C1pt-VA(kemik)	20,175	1,6049	21,400	.	23,400	.	0,326	20,360	3,6862	24,000	8,4853	22,900	1,5556	0,618
C1pt-Vai	13,578	1,9486	15,000	4,2426	14,267	1,2307	0,615	15,067	5,0860	12,600	1,8184	16,725	3,9618	0,421
C1Lko-VA	6,678	1,8102	6,550	0,2121	6,233	1,5820	0,880	6,322	1,6969	6,250	1,1902	7,250	2,0025	0,620
c1Lkoyük	3,750	0,497	4,667	0,577	3,775	0,544	0,050	3,960	0,558	4,767	1,124	3,925	0,299	0,164
Lkgenişlik	13,444	1,2963	12,850	1,4849	12,067	1,0328	0,139	12,500	1,9748	12,850	1,9757	12,500	0,7703	0,943
Lkyükseklik	18,611	1,5767	20,400	3,5355	17,400	2,7691	0,273	19,222	2,8354	18,075	4,8383	16,975	2,4391	0,527
VAtersvers	23,656	2,2973	25,850	2,7577	21,317	1,6810	0,041	21,489	3,0620	22,975	4,9060	23,400	1,8833	0,585
VAdikey	14,233	1,4239	13,350	3,0406	12,717	1,9312	0,295	13,633	1,7875	13,050	3,1565	11,325	2,2232	0,262
C2vgy-VA	7,567	2,1679	10,050	3,1820	8,633	2,1191	0,344	7,333	1,3500	8,050	2,3231	7,475	1,2230	0,755
C2g-oh	26,067	3,4989	24,500	2,1213	24,717	3,7701	0,718	25,033	4,0336	23,375	3,2500	24,175	5,6993	0,809
C2g-VA	6,489	2,1056	6,100	0,5657	7,417	1,7680	0,583	7,900	1,5008	7,100	1,6753	6,375	0,4349	0,209
C2laminayük	13,711	1,1374	13,350	0,7778	14,783	1,9052	0,314	14,156	1,0309	13,850	1,8339	14,525	2,0903	0,033
VAçapı	5,567	1,1000	3,750	0,3536	4,083	0,7278	0,014	4,900	1,4986	4,525	1,0079	5,400	1,2028	0,656

Tablo 8'de VAtransvers olarak kısaltılan paramtere sağ ölçümü bakımından arkuat foramenin inkomplet ya da komplet olması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p=0,041$). İnkomplet arkuat foramen ($4,0\pm 0,7$ mm) olanlarda komplet olanlara ($3,7\pm 0,3$ mm) göre sağ tarafta VA'in oluktaki uzunluğu anlamlı derecede daha düşük tespit edilmiştir ($p<0,05$).

VA çapı solarak kısalttığımız parametre sağ ölçümü bakımından arkuat foramenin inkomplet ya da komplet bulunması ile bulunmaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,014$). Bu farklılık yok-inkomplekt grupları arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır ($p=0,030$). Vertebral arter çapı sağ tarafta kemik köprünün varlığına ve kalınlığına göre azalmaktadır. Sağ vertebral arter çapı komplet arkuat foramende ($3,7\pm 0,3$ mm), inkomplet arkuat foramende ($4,1\pm 0,7$ mm), arkuat foramen olmayan ($5,5\pm 1,1$ mm), olgularda olarak bulunmuştur.

C2laminayük olarak kısalttığımız parametre sol ölçümü bakımından yok-komplekt-inkomplekt grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,033$). Bu farklılık yok-inkomplekt grupları arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır ($p=0,034$). Toplamda solda komplet ve inkomplet kemik köprü daha fazla görülmektedir, solda lamina yüksekliği de daha fazladır.

Arkuat foramen olgularında inkomplet ve komplet olması açısından toplam kadın ve erkek sayısı eşittir. Olguların yaklaşık %58'inde arkuat foramen mevcuttur. Bu olguların da yarısı kadın, yarısı erkektir.

4.3. Radyoloji Ölçümlerinin Analiz Sonuçları

Tüm radyolojik ölçümlerde uzunluklar milimetre (mm), açılar derece ($^{\circ}$) türünden hesaplanmıştır. Tablolarda 15 parametrenin, toplam 34 taraf için ölçülen tüm radyolojik verilerinin ayrı ayrı ya da bilateral ortalaması, minimum ve maksimum değerleri ve standart sapma değerleri ($\pm sd$) verilmiştir.

Tablo 9: Tüm radyolojik parametrelerin sonuç tablosu

	Minimum	Maksimum	Ort	sd
C2-lateralkitleyükseklığı	1,5	6,7	4,629	1,3539
C2-istmusyükseklığı	3,5	8,3	6,121	1,4206
C2-pedikül kalınlığı	2,8	8,6	5,544	1,3698
C2-pedikülmedialaçı	17	23	20,385	1,5363
C2-pedikülkraniyalaçı	24	32	27,741	1,4097
C2-pedikülaksuzunluğu	23	31	27,488	2,0302
C2-laminauzunluk	27,2	45,3	34,412	4,457
C2-laminamediyalaçı	40	55	48,374	3,226
C1latkitleyük	10	16	12,5	1,5092
C1latkituzun	14	25	18,388	2,4232
C1latkitgeniş	9,4	16	12,953	1,7831
C1latkitleaksuzunluk	17	24	20,485	1,6023
C1latkitleaksiyelaçı	11	15,1	13,447	1,0402
C1latkitlekraniyalaçı	11,9	16,2	14,718	1,136

Tablo 9' da tüm radyolojik parametrelerin bilateral ölçümlerinin ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 10: Atlas ve aksise ait radyolojik parametrelerin sağ-sol bakımından sonuçları

	Minimum	Maksimum	Ort	sd
C2-lateralkitleyükseklığısol	1,5	6,4	4,671	1,4915
C2lateralkitleyükseklığısağ	2,5	6,7	4,588	1,2459
C2-istmusyükseklığısol	3,5	8	5,835	1,4887
C2istmusyükseklığısağ	3,5	8,3	6,406	1,3316
C2-pedikül kalınlığısol	2,8	8,6	5,735	1,656
C2-pedikülkalınlığısağ	4	7,9	5,353	1,0248
C2-pedikülmediyalaçısol	17	22,6	20,188	1,6097
C2-pedikülmediyalaçısıağ	18	23	20,582	1,4812
C2-pedikülkraniyalaçısol	26	32	28,047	1,2875
c2pedikülkraniyalaçısıağ	24	30	27,435	1,4975
C2-pedikülaksuzunluğusol	24	31	27,529	2,1026
C2-pedikülaksuzunluğusağ	23	30	27,447	2,019
C2-laminauzunluksol	27,2	42	33,629	4,8914
C2-laminauzunluğusağ	28	45,3	35,194	3,9679
C2-laminamediyalaçısol	40	55	48,206	3,5214
C2-laminamediyalaçısıağ	43	53	48,541	3,0006
C1latkitleyüksol	10	16	12,576	1,5994
C1latkitleyüksağ	10,5	16	12,424	1,4584
C1latkituzunsol	14	25	18,312	2,8967
C1latkituzunsağ	15,7	22,5	18,465	1,9255
C1latkitgenişsol	9,4	16	12,735	1,8408
C1latkitgenişsağ	9,6	16	13,171	1,7517
C1latkitleaksuzunluksol	17	24	20,412	1,7036
C1latkitleaksuzunluksağ	18,5	24	20,559	1,5432
C1latkitleaksiyelaçısol	12	15	13,535	0,9663
C1latkitleaksiyelaçısıağ	11	15,1	13,359	1,132
C1latkitlekraniyelaçısol	12,6	16,2	14,729	0,986
C1latkitlekraniyelaçısıağ	11,9	16	14,706	1,2997

Tablo 10' da 17 kadavrada, 17 sağ ve 17 sol tarafın her bir ölçüm parametresi için ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 11: Atlasa ait radyolojik parametrelerin erkek ve kadın arasındaki ilişkinin sağ ve solu içeren karşılaştırılması

		erkek		kadın		p ^a
		ort	sd	Ort	sd	
C1latkitleyük	sol	12,343	1,7999	12,740	1,5218	0,630
	sağ	12,800	1,7330	12,160	1,2616	0,390
	p ^b	0,583		0,265		
C1latkituzun	sol	19,871	3,1684	18,220	2,2380	0,060
	sağ	18,857	1,8183	18,190	2,0453	0,500
	p ^b	0,242		0,067		
C1latkitgeniş	sol	13,014	2,0285	12,540	1,7828	0,617
	sağ	13,700	2,0857	12,800	1,4780	0,312
	p ^b	0,161		0,352		
C1latkitleaksuzunluk	sol	21,100	1,5111	19,930	1,7353	0,171
	sağ	21,543	1,9646	19,870	0,6165	0,067
	p ^b	0,491		0,915		
C1latkitleaksiyelaçı	sol	13,500	1,1888	13,560	0,8462	0,904
	sağ	13,414	0,8415	13,320	1,3423	0,872
	p ^b	0,905		0,635		
C1latkitlekraniyalaçı	sol	14,957	1,0342	14,570	0,9730	0,443
	sağ	14,900	1,2858	14,570	1,3606	0,622
	p ^b	0,905		1,000		

Tablo 11'de p^a değerlerinin hesaplanmasında Independent Samples t testi; p^b değerlerinin hesaplanmasında Paired Samples t testinden yararlanılmıştır. Ölçümler bakımından kadın ve erkek arasında sağ ve sol taraflar için farklılık saptanmamıştır.

Tablo 12: Aksise ait radyolojik parametrelerin erkek ve kadın arasındaki ilişkinin sağ ve solu içeren karşılaştırılması

		erkek		kadın		p ^a
		ort	sd	Ort	sd	
C2-lateralkitleyükseklği	sol	4,814	1,4265	4,570	1,6035	0,751
	sağ	5,371	1,4919	4,040	1,6818	0,555
	p ^b	0,070		0,327		
C2-istmusyükseklği	sol	5,914	1,8115	5,780	1,3206	0,862
	sağ	7,057	1,0814	5,950	1,3460	0,092
	p ^b	0,125		0,785		
C2-pedikül kalınlığı	sol	5,400	2,0688	5,970	1,3687	0,503
	sağ	5,686	1,1922	5,120	0,8791	0,276
	p ^b	0,628		0,120		
C2-pedikülaksiyelaçı	sol	20,443	1,3746	20,010	1,8058	0,602
	sağ	21,029	1,0420	20,270	1,7069	0,314
	p ^b	0,448		0,639		
C2-pedikülkraniyelaçı	sol	27,857	0,9235	28,180	1,5267	0,627
	sağ	27,786	0,5786	27,190	1,8976	0,371
	p ^b	0,861		0,153		
C2-pedikülaksuzunluğu	sol	28,229	2,2284	27,040	1,9755	0,264
	sağ	28,386	1,6416	26,790	2,0701	0,111
	p ^b	0,777		0,476		
C2-laminauzunluk	sol	34,543	5,7189	32,990	4,4303	0,537
	sağ	35,414	5,7511	35,040	2,4240	0,875
	p ^b	0,358		0,059		
C2-laminamediyelaçı	sol	47,471	1,8679	48,720	4,3596	0,490
	sağ	47,571	3,4572	49,220	2,6067	0,279
	p ^b	0,948		0,776		

Tablo 12’de p^a değerlerinin hesaplanmasında Independent Samples t testi; p^b değerlerinin hesaplanmasında Paired Samples t testinden yararlanılmıştır. Ölçümler bakımından kadın ve erkek arasında sağ ve sol taraflar için farklılık saptanmamıştır (p>0,05).

Tablo 13: Ölçüm parametrelerin ortalamalarının sağ ve sol taraflar için karşılaştırılması

		ort	sd	P
Pair 1	C2-lateral kitle yüksekliği sol	4,671	1,4915	0,811
	C2-lateral kitle yüksekliği sağ	4,588	1,2459	
Pair 2	C2-istmus yüksekliği sol	5,835	1,4887	0,219
	C2-istmus yüksekliği sağ	6,406	1,3316	
Pair 3	C2-pedikül kalınlığı sol	5,735	1,6560	0,336
	C2-pedikül kalınlığı sağ	5,353	1,0248	
Pair 4	C2-pedikül medial açısı sol	20,188	1,6097	0,363
	C2-pedikül medial açısı sağ	20,582	1,4812	
Pair 5	C2-pedikül kranial açısı sol	28,047	1,2875	0,157
	C2-pedikül kranial açısı sağ	27,435	1,4975	
Pair 6	C2-pedikül aksuzunluğu sol	27,529	2,1026	0,779
	C2-pedikül aksuzunluğu sağ	27,447	2,0190	
Pair 7	C2-lamina aksuzunluğu sol	33,629	4,8914	0,031
	C2-lamina aksuzunluğu sağ	35,194	3,9679	
Pair 8	C2-lamina medial açısı sol	48,206	3,5214	0,773
	C2-lamina medial açısı sağ	48,541	3,0006	
Pair 9	C1 lat kitle yüksekliği sol	12,576	1,5994	0,731
	C1 lat kitle yüksekliği sağ	12,424	1,4584	
Pair 10	C1 lat kituzunluğu sol	18,312	2,8967	0,723
	C1 lat kituzunluğu sağ	18,465	1,9255	
Pair 11	C1 lat kit genişliği sol	12,735	1,8408	0,081
	C1 lat kit genişliği sağ	13,171	1,7517	
Pair 12	C1 lat kitle aksuzunluğu sol	20,412	1,7036	0,717
	C1 lat kitle aksuzunluğu sağ	20,559	1,5432	
Pair 13	C1 lat kitle medial açısı sol	13,535	,9663	0,658
	C1 lat kitle medial açısı sağ	13,359	1,1320	
Pair 14	C1 lat kitle kranial açısı sol	14,729	,9860	0,946
	C1 lat kitle kranial açısı sağ	14,706	1,2997	

Tablo 13'te ölçümlerin sağ ve sol arasındaki farklılığın tespiti için Paired Samples t testinden yararlanılmıştır. C2-lamina aksuzunluk olarak kısaltılan parametrenin sağ ve sol ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,031$). Sağ tarafta aksis lamina aksının daha uzun ve ortalama $35,1\pm 3,9$ mm olduğu görülmektedir.

Tablo 14: Arkuat foramen olan ve olmayan kadavralarda radyolojik ölçümlerin karşılaştırılması

Arkuat foramen	var n=9		yok n=8		p
	ort	sd	ort	sd	
C2-lateralkitleyükseklği sol	5,578	0,5630	3,650	1,5730	0,010
C2-lateralkitleyükseklği sağ	4,989	1,1263	4,138	1,2883	0,016
C2-istmusyükseklği sol	5,556	1,6417	6,150	1,3310	0,429
C2-istmusyükseklği sağ	6,578	1,3377	6,213	1,3882	0,589
C2-pedikül kalınlığı sol	5,367	1,9729	6,150	1,2036	0,347
C2-pedikül kalınlığı sağ	5,211	1,1602	5,513	0,8983	0,562
C2-pedikül medial açısı sol	20,022	1,2785	20,375	1,9948	0,667
C2-pedikül medial açısı sağ	20,911	1,8059	20,213	0,9963	0,348
C2-pedikül kranial açısı sol	28,156	1,7147	27,925	0,6296	0,725
C2-pedikül kranial açısı sağ	27,322	1,7873	27,563	1,1999	0,753
C2-pedikül aksuzunluğu sol	27,622	2,4242	27,425	1,8344	0,854
C2-pedikül aksuzunluğu sağ	27,100	2,3728	27,838	1,5982	0,470
C2-lamina uzunluğu sol	35,522	4,7526	31,500	4,3687	0,091
C2-lamina uzunluğu sağ	36,544	4,2901	33,675	3,1576	0,141
C2-lamina medial açısı sol	48,278	4,1145	48,125	2,9970	0,932
C2-lamina medial açısı sağ	48,333	3,6056	48,775	2,3675	0,773
C1 lat kitle yüksekliği sol	12,856	1,4867	12,263	1,7631	0,463
C1 lat kitle yüksekliği sağ	12,378	1,6354	12,475	1,3414	0,896
C1 lat kit uzunluğu sol	18,611	2,9430	17,975	3,0061	0,666
C1 lat kit uzunluğu sağ	18,889	1,8496	17,988	2,0181	0,352
C1 lat kit genişliği sol	13,000	1,6530	12,438	2,1051	0,547
C1 lat kit genişliği sağ	13,722	1,4712	12,550	1,9258	0,176
C1 lat kitle aksuzunluğu sol	20,422	2,0614	20,400	1,3331	0,980
C1 lat kitle aksuzunluğu sağ	20,744	1,8696	20,350	1,1637	0,615
C1 lat kitle medial açısı sol	13,300	0,9526	13,800	0,9725	0,302
C1 lat kitle medial açısı sağ	13,944	0,8233	12,700	1,1032	0,518
C1 lat kitle kranial açısı sol	15,033	1,1979	14,388	0,5743	0,186
C1 lat kitle kranial açısı sağ	14,967	1,2952	14,413	1,3260	0,398

Tablo 14' de tüm radyolojik parametrelerden elde edilen sağ ve sol ölçümler bakımından arkuat foramen olup olmaması arasındaki farklılığın tespiti için Independent Samples t testi kullanılmıştır. C2-lateralkitleyükseklği olarak kısıtığımız parametrenin sağ ve sol değişkenleri bakımından arkuat foramen var-yok grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,010$). Arkuat foramen görülenlerde lateral kitle yüksekliği daha fazla bulunmuştur.

Arkuat foramen olan kadavralarda bu değer $5,6 \pm 0,6$ mm, olmayan olgularda $3,7 \pm 1,6$ mm olarak ölçülmüştür.

Arkuat foramen tüm kadavralarda 34 taraftan 18 (%52,9) 'inde mevcuttur. Bunlardan ikisi bilateral inkomplet, biri bilateral komplet arkuat foramendir. Tek taraflı arkuat foramen olgularınının 6'sı inkomplet, 5'i komplet arkuat foramendir.

HRV sağ ve sol taraf açısından değerlendirildiğinde 34 taraftan 5 tarafta solda, 3 tarafta ise sağdadır. Bunlardan ikisi bilateral HRV' dir ve bunlara arkuat foramen eşlik etmemektedir. HRV, saptanan kadavraların %62,5'inde solda, %37,5'inde sağda görülmektedir.

Tek taraflı HRV ve komplet/inkomplet arkuat foramenin bir arada olduğu olgularda aynı tarafta %75'ine inkomplet, %25'ine komplet arkaut foramen eşlik etmektedir.

Dar pedikül toplamda 4 pedikülde tespit edilmiş olup, üçü soldadır. Dar pedikül olgularınının tamamına komplet ya da inkomplet arkuat foramen eşlik etmektedir.

5. TARTIŞMA

5.1. Atlas Lateral Kitle Vidasının Yerleştirilmesi ve Cerrahi Anatomisi

KVB oksipital kemikten C2-C3 intervertebral disk aralığına kadar uzanan bölgeyi içeren anatomik yapıdır. Bu bölgede yer alan kemik yapılar foramen magnum çevresindeki oksipital kemik, atlas ve aksistir. Bu bölge embriyolojik, anatomik ve fizyolojik özellikler açısından subaksiyal bölgedeki servikal omurgalardan önemli farklılıklar göstermektedir ⁽²⁾. Bu bölgenin sahip olduğu belirgin anatomik ve biyomekanik özellikler gerek tanı gerekse yapılacak olan tedavi şekillerinin belirlenmesi açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

Oksipitoservikal bileşkeye yönelik travmalar bu bölgedeki instabilitenin en sık görülen etyolojik nedenidir. Oksipitoservikal fiksasyon ile füzyon ve atlantoaksiyel stabilizasyon KVB ve ÜSB' de travma dışında dejeneratif hastalıklar ya da tümoral lezyonların da neden olduğu instabilite durumlarında yaygın kullanılan cerrahi prosedürlerdir. C1-C2 segmental fiksasyon özellikle atlantoaksiyel instabilitenin eşlik ettiği klinik durumlarda giderek artan sıklıkta kullanılan önemli bir cerrahi tekniktir. Bu cerrahi yöntem daha önce tanımlanmış ve yaygın uygulanan C1-C2 transartiküler stabilizasyon ve telleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında birçok avantaj içermektedir. Atlantoaksiyel instabilitenin cerrahisinde yaygın olarak kullanılan C1-C2 segmental fiksasyon tekniğinde C1 lateral kitle vidası ile birlikte gerek C2 pedikül vidası gerekse C2 lamina vidası kullanımı hakkında literatürde biyomekanik özellikler açısından birçok araştırma yapılmıştır ^(53, 57). Özellikle atlas ve aksis için minimum, maksimum, kabul edilebilir ya da ideal giriş noktası ve açı ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır ^(58, 59). Çalışmamızda özellikle bu bölgede uygulanan fiksasyon yöntemlerinin daha güvenli bir şekilde uygulanabilmesi için bu bölgede yer alan gerek kemik gerekse nörovasküler yapılar detaylı bir şekilde incelenerek literatüre katkı sunulmaya çalışılmıştır. Normal anatomik özelliklerinin ve yanı sıra varyasyonlarının iyi tanımlanması karşılaşılabilecek cerrahi problemlerin en aza indirilmesini sağlayacaktır

Atlas lateral kitle vida uygulaması için atlasın posterior arkusunun lateral kitle ile birleştiği noktanın altında lateral kitle vidası için giriş noktası teşkil eden

güvenli bir alan mevcuttur. Bu giriş bölgesi, yapılan çeşitli çalışmalarda yaklaşık 43,3 mm² olarak tespit edilmiştir ve bu alan içerisinde birden çok giriş noktası tanımlanmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı ideal olan noktaya göre ideal olan mediyal ve kraniyel açıyı değerlendirmeye yönelik yapılmıştır^(60, 61, 62, 63). Çalışmamızda atlas lateral kitle vidası, aksis pedikül ve lamina vidaları göz önüne alınarak atlas ve aksisin morfometrik analizi yapılmış, ideal vida giriş ve hedef noktalarına göre mediyal ve kraniyel açıları hesaplanmış, eşlik eden kemik ve vasküler anomalileri değerlendirilmiştir.

Harms ve Melcher yaptıkları çalışmalarında giriş noktasını, Goel ve Laheri' ye benzer bir şekilde tanımlamışlardır. Bu nokta; posterior arkus ve lateral kitle birleşim yerinin ortası ile inferior artiküler fasetin tam ortasının vertikal düzlemde birleşim yeridir^(64, 65, 66). Harms ve Melcher bu çalışmada vidayı 20-30 derece kraniyale yönlendirmiş, medial açıyı ise sıfır derece olarak belirtmişlerdir. Yong hu ve arkadaşları ise 70 hastanın 3D tomografilerinde aynı giriş noktaları ile optimal kraniyel açıyı 15 derece olarak tanımlamışlardır⁽⁶⁷⁾. Aynı giriş noktasını kullanan Christensen ve arkadaşları 120 adet atlas kemiğinde 5-10 derece aksiyel açının ve 10-15 derece kraniyel açının ideal olduğunu, bu şekilde hiçbir vidanın lateral kitle dışına çıkmadığını ortaya koymuşlardır. Tanımladıkları bu teknikle C1'in anteriorundaki hayati nörovasküler yapıların daha az hasarlanabileceği ve daha uzun vida kullanılabileceğini belirtmişlerdir⁽⁶⁰⁾. Goel ve arkadaşları bu tekniği ilk tanımlarken giriş noktası olarak lateral kitlenin tam ortasında, atlantoaksiyel eklemin 1-2 mm üzerindeki noktayı belirlemişlerlerdir ve mediyal açıyı 15 derece olarak bildirmişlerdir⁽⁶⁵⁾. Ancak bu giriş noktası çok fazla tercih edilmemektedir ve bu çalışmada ideal vida uzunluğu minimum 10mm, maksimum 28mm gibi oldukça farklı değişkenleri içermektedir⁽⁶⁵⁻⁶⁸⁾. Rocha ve arkadaşlarının 20 kuru kafada lateral kitlenin geometrik yapısını incelemiş oldukları çalışmalarında posterior arkusun inferior insersiyon noktasının giriş noktası, anterior tüberkülün üzerini sonlanım noktası olarak kabul etmişlerdir⁽⁶⁹⁾. Bu çalışmada kemiklere vida uyguladıktan sonra anteroposterior ve lateral radiografilerde açı ölçümü yapılmış olup sonuç olarak sagittal açıyı 16,7± 1,3 derece ve aksiyel açıyı 21,7 ± 4,7 derece olarak bulmuşlardır.

Rocha ve arkadaşları lateral kitle vidasının ideal uzunluğunu ortalama 30mm (26-34mm) bulmuşlardır. Aynı çalışmada sıfır derece mediyal açı ile en

kısa vida boyunun 18,3mm (14-25) olduğu belirtilmişken maksimum mediyal ve kraniyal açı ile bikortikal ortalama vida uzunluğunun en uzun 30,4mm olduğu gösterilmiştir. Şimşek ve arkadaşları 40 adet kuru kafada lateral kitle vidasının ideal vida giriş yeri ve projeksiyonunu belirlemek için yapmış oldukları çalışmada ideal vida giriş yerini lateral kitlenin posterior arkus ile insersiyon yerinin tam ortası olarak kabul etmişlerdir. İdeal vida sonlanımı için anterior tüberkülünün süperior sınırının 4-5mm altından geçen horizontal çizgi ile süperior artiküler yüzeyin anterior arkus ile birleştiği noktadan geçen vertikal çizginin birleşim yerini belirtmişlerdir. Özellikle bu hedef noktayı kemik yapının daha kompakt ve kalın olması nedeniyle belirlemişlerdir. İdeal giriş noktası ve sonlanımının arasındaki aksın mediyal ve kraniyal açılarını ideal açılar, uzunluğunu ideal vida uzunluğu olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada ideal mediyal açı ortalama $13,5 \pm 1,9$ derece (10-17), kraniyel açı ortalama $15,2 \pm 2,6$ derece (10-22) olarak bulunmuştur. İdeal vidanın uzunluğunu ise ortalama $19,74 \pm 2,09$ (15 ve 24) mm bulmuşlardır⁽⁵³⁾. Bizim çalışmamızda da aynı vida giriş ve sonlanım noktası kullanılmıştır. Ek olarak kadvraların atlas kemik ölçümleri 3D yapılandırılmış ince kesit tomografilerle değerlendirilmiştir. Lateral kitle vidasının ideal medial ve kraniyel açılarının yanı sıra radyolojik ve anatomik yapısal ölçümleri değerlendirilmiştir. 3D tomografinin yapılandırılmış görüntülerinde lateral kitle ile posterior arkusun inferior insersiyon noktası giriş olarak, anterior tüberkülün 4-5mm altındaki düzlemin anterior arkus ve lateral kitlenin birleşimi ise hedef noktası olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda giriş ve hedef noktaları arasındaki vida aksının mediyal açısı ortalama $13,4 \pm 1$ (11-15,1) derece, kraniyel açısı ortalama $14,7 \pm 1,1$ (11,9-16,2) derece, vida uzunluğu ise ortalama $20,4 \pm 1,6$ (14,0-24,0)mm olarak ölçülmüştür. Bu değerler Şimşek ve arkadaşlarının iki boyutlu atlas lateral kitle fotoğrafları üzerinden buldukları sonuçlarına oldukça benzerdir. Ancak çalışmamızdaki ölçümler farklı olarak kuru kemikte değil, kadvra tomografileri reformatlanmış görüntüler üzerinden üç boyutlu olarak değerlendirildiği için bir miktar değişiklik içermektedir.

Vida aks uzunluğu literatürde tanımlanmış hemen her çalışmada minimum ve maksimum değerleri açısından oldukça değişkendirler^(53, 68, 69, 70). Bizim çalışmamız ve literatür göz önüne alınırsa 14-15 mm'nin üzeri kabul edilebilir en kısa uzunluk olarak değerlendirilebilir. Bizim çalışmamızda da diğer

çalışmacılar gibi ideal vida uzunluğu bikortikal olarak değerlendirilmiştir (53,69). Birçok çalışmada peroperatif floroskopi ile 18mm vida uygulandığında yeterli kemik yolun katedildiği ama tüm kemiğin geçilmesi için yaklaşık 22mm gerekli olduğu ifade edilmiştir (71). Ancak bikortikal atlas lateral kitle vidası uygulamalarının, osteoporoz gibi kemik kalitesinin düşük olduğu durumlarda, ICA ve internal juguler ven yaralanmasına neden olabileceği bildirilmiştir (72,73). Ayrıca katastrofik komplikasyonları nedeniyle bikortikal vida pratikte tercih edilmemektedir.

Hu ve arkadaşları ise genel literatürü tarayarak, medialde, ortada ve lateral üç ayrı noktanın güvenli medial açılarını değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 0-30 derece arasında çeşitli açı aralıkları bulmuşlar ve idealden bahsetmenin pek mümkün olmadığını, her açı için bulunan vida boylarının farklı olduğunu belirtmişlerdir (74). Ayrıca bilgisayarlı tomografide planlanan ile operasyonda ideal açı sağlamak mümkün olmadığı için kemik içerisinde katettiği ideal boyun daha kısasının tercih edilmesini önermişlerdir. Bu açı farklılığının nedeni orta hattın görsel olarak her yazara göre en iyi noktasının değişebilmesidir. Daha objektif değerlendirme için preoperatif açı değerlendirilmesi spinal kanal ve vertebral arterin durumuna göre osseoz ve vasküler varyasyonlar da göz önünde bulundurularak her hastada ayrı ayrı detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. Çünkü ideal açılanmada amaç en geniş kemik alana sahip olarak vida yivlerinin sıkı sıkıya tutturmaaktır.

Rijid ve kuvvetli bir fiksasyon sağlanırken en az komplikasyon ile operasyonu sonuçlandırmak oldukça önemlidir. Vida boyunun her ne kadar kemik içinde kısa tutulması önerilse de vida başı ile posterior arkus arasında nervus oksipitalis major sinirinin irrite olmaması için giriş noktasından itibaren yaklaşık 8 mm uzunluk bırakılmalıdır (75).

Çalışmamızda kullanılan giriş ve hedef noktasına göre açılar yüksek yerleşimli vertebral arter olan ve veya arkuat foramen olan kadavralarda değişmemiştir. İdeal giriş ve hedef noktaları arasında doğru yönelim ve açılar hastadan hastaya değişmekte olup, temel amaç vidanın lateral kitle içerisinde kalması, ikincil amaç ise vidanın kemik içerisinde en uzun yolu katetmesidir. Çalışmamızda lateral kitle içerisinde uygun açı ve uzunluktaki vida uygulanmasının kuvvetli bir stabilite sağlayacağı düşünülmektedir. Ancak bunu destekleyici biyomekanik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Literatürde, lateral kitle içerisine uygulanan vidalar genellikle posterior arkusun altındaki güvenli alan içerisine uygulansa da venöz (vertebral venöz pleksus, suboksipital kavernöz sinus, vertebral arter venöz pleksus) kanama riski nedeniyle bazen giriş yeri görünemeyecek duruma gelebilmektedir. Bu nedenle bazı çalışmacılar posterior arkus vidasını tanımlamışlardır ancak vertebral oluğa oldukça yakın ve daha yukarı bir seviyeden olan bu girişin vertebral arteri yaralama riski yüksektir ^(76,77).

Şimşek ve arkadaşları orta hattan lateral kitlenin süperior faset yüzeyinin ortasına kadar olan mesafeyi $18,66 \pm 1,6$ mm olarak hesaplamışlardır ⁽⁵³⁾. Gebauer ve arkadaşları posterior arkus vidası ile ilgili yaptıkları araştırmada vida giriş noktasının orta hatta uzaklığını kadınlarda daha düşük olacak şekilde yaklaşık $21,6 \pm 1,7$ mm bulmuşlardır ⁽⁷⁶⁾. Bu nokta vertebral foramene oldukça yakındır. Bizim çalışmamızda ise vida giriş yeri orta hatta $18,3 \pm 4$ mm uzaklıkta olarak bulunmuştur. Ayrıca Gebauer ve arkadaşları vida giriş yeri ile vertebral arter V3 segmentinin arasındaki en yakın mesafeyi kuru kemik ölçümlerinin %19'unda 3,5mm nin altında, %31 inde 4mm' nin altında bulmuşlardır.

Bizim çalışmamızda vida giriş noktası, harms tekniğine göre daha üst bir nokta olmasına rağmen vida giriş noktasındaki posterior arkusun yüksekliği vertebral artere en yakın kemik mesafesini göstermektedir ve bu değer ortalama $4 \pm 0,6$ mm bulunmuştur. Çalışmamızda yalnızca tek bir kadavrada 3mm' nin altında bulunmuştur. Buteere ve arkadaşları 159 kuru atlas vertebrasında bu parametreyi ortalama 6mm bulmuşlardır ⁽⁷⁸⁾.

Çalışmamızda lateral kitle vida giriş noktasının vertebral arterin V2 segmentinin mediyal duvarına uzaklığı ise $6,5 \pm 1,5$ mm'dir. Gupta ve arkadaşları bu uzaklığı vertebral foramenin mediyal kemik sınırını referans alarak ortalama 2,9 mm bulmuşlardır ve en küçük değerini 1,9 mm olduğunu ifade etmişlerdir ⁽⁷¹⁾. Çalışmamızda elde edilen veriler lateral kitle vidası için giriş noktasının anatomik ve radyolojik veriler ışığında vertebral arter için güvenli kabul edilebileceğini göstermektedir.

Orta hattan diksekiyon yapılırken yaklaşık 20mm'den fazla laterale gidilmemelidir. Vertebral arterin, lateral kitle vidası giriş noktası için en kritik yeri vertebral oluktur. Bu noktanın V3 segmentine olan mesafesi, V2 den daha kısadır. Gerek diseksiyon aşamasında vida giriş yeri ortaya konulurken gerekse cerrahi alanı genişletmek ve vida yönelimini kolaylaştırmak için posterior

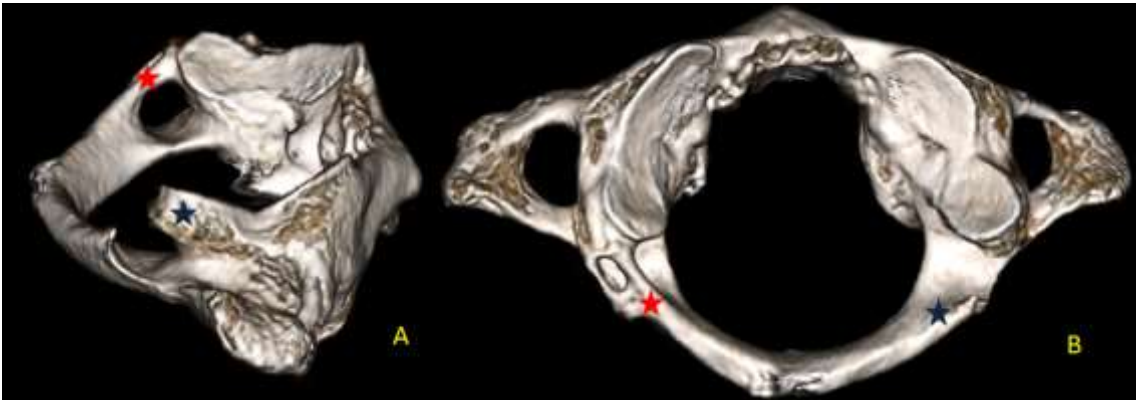
tüberkülün insersiyon noktasında altı drillenirken son derece dikkatli olunmalıdır. Bu durum hem lateral kitle vidasında hem de literatürde belirtildiği gibi buna alternatif olarak geliştirilmiş posterior arkus vida tekniğinde çok önemli bir ayrıntıdır ^(59,72). Bizim çalışmamızda posterior tüberkülden vertebral arterin posterior arkustaki oluğunda seyrettiği yere olan uzaklığı anatomik olarak en düşük 11,6 mm, en yüksek ise 29,9 mm ortalama 18,3 mm olarak bulunmuştur. Posterior tüberkülden laterale yapılan diseksiyonlarda bize göre ortalama bilateral olarak yaklaşık 14 mm'lik güvenli bir alan olduğunu ve daha laterale yapılacak olan diseksiyonlarda vertebral arter yaralanma riskinin arttığını düşünmekteyiz.

Lateral kitlenin posterior ölçümlerde genişliğinin şimşek ve arkadaşları $12,32 \pm 1,3\text{mm}$, yüksekliğini $29,46 \pm 2,6\text{mm}$ olduğunu belirtmişlerdir ⁽⁵³⁾. Buteera ve arkadaşları ise süperior eklem yüzeyinden en dar mesafesini $13,6 \pm 1\text{mm}$ olarak ölçmüşlerdir ⁽⁷⁸⁾. Rocha ve arkadaşları genişliği vertebral foramen hizasından ölmüşler ve $9,6 \pm 1,1$ bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda genellikle böbrek şekilli olan lateral kitlenin posteriordan anatomik ölçümler ile ölçülebilen en geniş mesafe $12,7 \pm 1,4\text{mm}$, radyolojik ölçümlerde ise tüm düzlemlerdeki tam orta noktadaki lateral kitle genişliği $12,9 \pm 1,7\text{mm}$ olarak tespit edilmiştir. Sonuçlarımız literatür ile karşılaştırıldığında oldukça benzer değerler olduğu gözlenmektedir. Minimum ve maksimum değerleri açısından oldukça değişken olan bu ölçüm yine de vida kalınlığının seçilmesini etkilememektedir.

Lateral kitlenin yüksekliği ön yüz, arka yüz ve orta kısımda farklılık gösterse de en kısa lateral kitlede bile diğer parametrelere göre oldukça uzundur. Literatürde lateral kitlenin dış yan yüksekliğini değerlendiren çok sayıda makale mevcuttur ^(53, 79, 69). Şenoğlu ve arkadaşları tomografinin midsagittal kesitlerinde lateral kitlenin yüksekliğini $10,8 \pm 1,4$ mm olarak hesaplamışlardır ⁽⁸⁰⁾. Bizim çalışmamızda bu parametre $12,5 \pm 1,5\text{mm}$ olarak hesaplanmıştır. Kadavralarda posterior yaklaşım ile ölçtüğümüz lateral kitle yüksekliği $18,4 \pm 2,7\text{mm}$ olarak ölçülmüşken bu değer lateral kitlenin merkezinde daha düşüktür. Bu süperior eklem yüzeyinin daha konkav olmasından kaynaklanmaktadır. Gupta ve arkadaşları posteriordan lateral kitle yüksekliğini ortalama 8mm gibi oldukça düşük bir değer olarak belirtmişlerdir ⁽⁷¹⁾. Lateral kitle vidasına sagittal açı yönelimi verilirken giriş zonu kadar kısa bir mesafede

yukarı yönelineceği unutulmamalı ve C0-C1 eklemine zarar verilmemelidir. Bu çalışmadaki gibi giriş noktasına göre maksimum 30 derece kraniyel açı ile C0-C1 eklemine penetre olabileceği bildirilmiştir⁽⁵³⁾. Rocha ve arkadaşları lateral kitlenin anterior yüzeyden yüksekliğinin 19.7 ± 2.8 olduğunu ve bu değer değişken olmasından dolayı lateral kitle vidası için ideal bir hedef noktası olamayacağını savunmuşlardır. Şimşek ve arkadaşları ise anterior tüberkülün üst sınırınının 4-5mm altınının daha kompakt bir kemiğe sahip olduğunu ve ideal bir hedef noktası olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda burası ideal hedef noktası olarak radyolojik ölçümlerde referans alınmıştır.

Vertebral arterin V3 segmentinin vertebral olukta seyri esnasında, oblik atlantookspital ligamentin ossifikasyonuna bağlı olarak pontikulus postikus ya da küçük posterior köprüler olarak bilinen yapılar oluşur, bunlar zamanla arkuat forameni oluşturur. Cerrahi işlem esnasında vertebral arteri süperolateralden komplet ya da inkomplet olarak örten pontikulus postikus (arkuat foramen) lateral kitleyi kraniokaudal düzlemde olduğundan daha uzun gösterebilmektedir (Resim24), ancak vertebral olukta orta hatta en yakın mesafesini değiştirmemektedir. Ayrıca vertebral arterin operasyon esnasında daha yukarıda olması konusunda cerrahı yanıltabilmektedir. Vertebral artere bası yaparak vertebrabaziler yetmezliğe de neden olabilmektedir⁽⁸¹⁾.

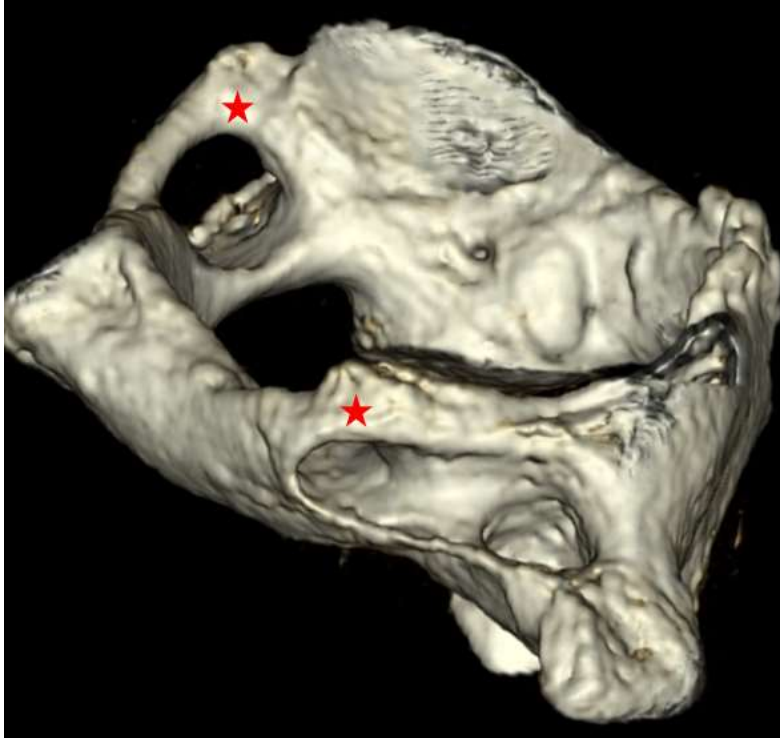


Resim 24: 3D yapılandırılmış tomografide atlas kemiğinin görünümü. **A:** Atlasın sağ lateralden görünümü. **B:** Atlasın süperior görünümü. **Kırmızı yıldız:** Komplet arkuat foramen, **Siyah yıldız:** İnkomplet arkuat foramen

Pontikulus posterior olgularında, vertebral arterin yaralanması açısından lateral kitle vida uygulamaları arasında en büyük risk posterior arkuat vidası

tercih edilen olgular için geçerlidir. Ayrıca füzyon cerrahisi tamamlanırken oksipital kondile vida uygulanması da gerek cerrahi açıdan teknik zorluk yaratması gerekse kondilin arkasında seyreden vertebral arterin yaralanmasına neden olmasından dolayı gözden kaçırılmamalıdır ⁽⁸²⁾.

Bizim çalışmamızda normal kadavralar, inkomplet ve komplet pontikulus postikus saptananlarda kemik köprünün kalınlığı arttıkça vertebra arter çapı azalmaktadır. En küçük vertebral arter çapı komplet arkuat foramen olgularında tespit edilmiştir. Normal kadavralarda vertebral arter çapı ortalama 5,2 mm iken inkomplet arkuat foramende ortalama 4,6mm, komplet arkuat foramende ortalama 4,2 mm bulunmuştur (Resim25). Arkuat foramen en sık sol tarafta tespit edilmiş olup bu nedenle lateral kitle yüksekliği sol tarafta anatomik ve radyolojik olarak sağa göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Bu kadavralarda lateral kitle yüksekliğinin 25 mm'ye kadar çıkabileceği görülmüştür. Young ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada pontikulus postikus olan olgularda posterior arkusun 3,5-4 mm daha kalın görülmesine neden olabileceğini bildirmişlerdir ⁽⁸³⁾.



Resim25: 3D yapılandırılmış tomografide atlas kemiğinin sağ lateral görünümü.

Kırmızı yıldız: Bilateral komplet arkaut foramen örneği.

Preoperatif değerlendirmeler esnasında özellikle posterior arkus vidası planlandığında pontikulus postikus varlığı gözden kaçırılmamalıdır, fark edilmeyen arkuat foramen o taraftaki vertebral arterin vida ile yaralanmasıyla sonuçlanabilmektedir. Ayrıca lateral kitle vida tekniğinde posterior arkus bu olgularda daha kalın görülebileceği için posterior arkus insersiyosunun altı drillenirken dikkatli olunmasını gerektirmektedir. Bizim çalışmamızda pontikulus postikus olgularında sadece lateral kitle kraniokaudal uzunluğu değil vertebral arterin V3 segmenti de daha uzun bulunmuştur. Vertebral arterin V3 segmentinin vertebral oluktaki uzunluğu ortalama 23 mm iken, arkuat foramen saptanan kadavralarda ortalama 25,8 mm bulunmuştur.

Elliott ve Tanweer yaptıkları multisentrik metaanaliz çalışmasında pontikulus postikus oranını %16-%19 olduğunu belirtmiş ve bu oranın literatürde %4-52 olabileceğinin tartışmışlardır. Bilateral görülme oranının ise %5 olduğunu bildirilmişlerdir. Bu oran genel olarak kadavra çalışmalarında %18.8 (ort yaş 50), bilgisayarlı tomografi çalışmalarında %17.2 (ort yaş 34), radyoloji çalışmalarında %16.6 (ort yaş 52) kabul edilmiştir ⁽⁸⁴⁾. Pontikulus postikus nadir görülen bir durum değildir. Literatürde anomali olarak belirtilen bu durum çoğu zaman kuru kemiklerde çalışıldığı için ingilizce literatürde yaş dağılımına göre yapılmış homojen bir çalışmaya ulaşılammıştır. Bu çalışmada yaş ortalamasının büyük olması nedeniyle arkuat foramen %58 oranında, kadın ve erkekte eşit olarak tespit edilmiştir. İleri yaşta bu durum insanların yarısından çoğunda görülebileceği için anomali olarak değerlendirilmemelidir. Cerrahi tedavi planlanan tüm hastalar radyolojik olarak detaylı şekilde değerlendirmeli, özellikle ileri yaş grubunda bu yapının varolabileceği her zaman akılda tutulmalıdır.

5.2. Aksis Pedikül Vidasının Yerleştirilmesi ve Cerrahi Anatomisi

Atlantoaksiyel instabilite durumlarında C1-C2 segmental stabilizasyon son dönemlerde giderek artan sıklıkta uygulanmaktadır. Goel'in bu tekniği ilk tanımlamasından sonra özellikle vertebral arter yaralanma riskini azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle aksis pedikül vidası için birçok farklı giriş noktaları ve açılar tanımlanmıştır. Ayrıca aksis pedikül yapısı, uygun vida teknikleri, vidanın seyri, uzunluğu ile ilgili birçok rehber olabilecek algoritmalar

yayınlanmıştır. Ek olarak nörovasküler yaralanma riski yüksek olan olgularda pedikül vidasına alternatif olabilecek pars vidası ya da translaminar vida gibi yöntemler de bildirilmiştir ^(85, 86, 87).

Aksis anatomisi literatürde detaylı bir şekilde incelenmiştir ve bu çalışmalar hala güncelliğini korumaktadır. Başarılı ve güvenli bir cerrahi için aksisin pedikül ve istmus yapılarının detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, var olabilecek varyasyonların ortaya konulması oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada aksis transpediküler vida için tanımlanmış olan giriş noktası ve belirlenmiş olan hedef noktasına göre hem pedikül hem de istmus için çeşitli ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde aksis pedikül ve istmus yapısı sağ ve sol için bir arada değerlendirilmiş ve bu bilgiler ışığında aksisin kemik ve vasküler varyasyonları incelenmiştir.

Aksis pedikülü tanım olarak kabaca gövdeyi posterior elemanlara bağlamaktadır. Borne ve arkadaşları pedikülü vertebra gövdesinin süperior artiküler fasete bağlayan en kısa ve dar yapı olarak tanımlarken, Yarbrough süperior ve inferior artiküler faset arasındaki dar kısım olduğunu belirtmiştir ^(88,89). Ebraheim ve arkadaşları süperior artiküler fasetin mediali ve transvers foramenin anteromediali olduğunu bildirmiştir ⁽¹⁹⁾. Naderi ise lateral kitleyi istmus yoluyla inferior artiküler fasete bağlayan yapı olduğunu tanımlamış ve bu konudaki anlam karmaşasını gidermek için pediküloistmik komponent tanımını kullanmıştır ⁽⁹⁰⁾. Yuan ve arkadaşları pediküloistmik komponentin en dar yerinin istmus değil pedikül tarafında olduğunu göstermiş, bu yüzden istmus vidalarının giriş noktasının daha kraniomedialde olmasını önermişlerdir. Bu nedenle aksis pedikül vidası giriş noktası için (aksis pediküloistmik vidası) C2 inferior faset posterior yüzeyinin kraniomedial çeyreğini, hedef noktası için ise odontoid ile süperior artiküler faset birleşim yerini belirlemişlerdir ⁽⁹¹⁾.

Aksis pediküloistmik komponentin inferior-süperior yönelimi nedeniyle standart bilgisayarlı tomografilerde dar olan pediküller gözden kaçabilmektedir, bu nedenle 3D yapılandırılmış tomografilerle değerlendirilmesi gerekmektedir. Dar pedikül (4mm' den kısa) olması halinde en iyi ellerde bile lateral duvarın (vertebral foramenin mediyal duvarı) hasarlanabileceği gösterilmiştir. Çünkü pedikülün medial kortikal kalınlığı lateral ve inferior kortikal kalınlıktan fazla, ancak süperomediyal kalınlıktan daha incedir ^(91, 92).

Panjabi, Xu ve arkadaşlarının yayınladığı literatürde ortalama pedikül

kalınlığı 7-9mm, yüksekliği 9-11 mm olarak bulunmuştur, ancak bazı yayınlarda %2,4 ve %11,7 oranında pedikül çapının 5 mm' den az olabileceği ve 3,5mm çapında vida kullanılmasına rağmen konverjansa bağlı kraniyal yönelimin teknik olarak zor olduğu belirtilmiştir ⁽⁹³⁾. Bu çalışmalarda pedikül kalınlığı belirlenirken sagittal kesitlerde en dar kısım seçilerek ölçülmüştür. Dalvie ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında aksiyel tomografi kesitlerinde ortalama pedikül kalınlığını 5,8mm olarak tespit etmişlerdir ⁽⁹⁴⁾.

Bizim çalışmamızda pedikül kalınlığı aksiyel ince kesit tomografiler ile en ince yerden ölçülmüş olup ortalama kalınlığı $5,5 \pm 1,3$ mm (minimum 2,8mm- maksimum 8,6mm) bulunmuştur. Çalışmamızda literatüre uygun şekilde 4mm ve altı dar pedikül olarak isimlendirilmiştir ⁽⁹⁵⁾. Dar pedikül sayısı literatür ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek oranda bulunmuştur. Bu durumun kadavralarda 34 taraftan toplam 19'unda arkuat foramen,HRV ve veya dar pedikül gibi varyasyonların eşlik etmesine bağlı olabileceği düşünölmüştür.

Kothari ve arkadaşları yüksek yerleşimli vertebra ve pontikulus postikusun bir arada olduğu olgularda pedikül kalınlığını ortalama 2,53 mm bulmuşlardır ⁽⁹⁴⁾. Bizim çalışmamızda tespit edilen yüksek yerleşimli vertebral arterlerin yarısında aynı tarafta hem yüksek yerleşimli vertebral arter hem pontikulus postikus hem de dar pedikül görölmüştür. Bu kadavralarda pedikül duvarına zarar vermeden transpediküler vida yerleştirilmesinin mümkün olamayacağı görölmektedir. Yüksek yerleşimli vertebral arter ve dar pedikül birlikteliğinde vertebral arterin yaralanma riskinin ayrı ayrı görölmelerine göre daha fazla artabileceğini düşünmekteyiz. Bu varyasyonlardan biri tespit edildiğinde mutlaka başka varyasyonların eşlik edip etmediği incelenmelidir. Wajanavisit ve arkadaşları 200 hastada HRV insidansını %16,5, dar pedikül insidansını %22,8 bulmuşlardır ⁽⁹²⁾. Yeom ve arkadaşları ise yüksek yerleşimli vertebral arter olgularının yarısına dar pedikülün eşlik ettiğini göstermişlerdir ⁽⁹⁶⁾. Böyle durumlarda translaminar vida uygulamasını da seçenekler arasında değerlendirmek uygun olacaktır. Çalışmamızın sonucuna göre özellikle bu bölgeye yönelik planlanan cerrahi girişimlerde vertebral arter anomali ve varyasyonlarının nadir olmadığı görölmüştür. Literatür ve çalışmamız birarada değerlendirildiğinde görölmektedir ki aksise yönelik transpediküler tekniklerin tamamında ve tanımlanmış olan tüm vida giriş noktalarında, yüksek yerleşimli

vertebral arter ve dar pedikül gibi varyasyonların bulunması vertebral arter yaralanması açısından oldukça yüksek risk oluşturmaktadır.

Literatürde vertebral arterin V3 segmentinde yüksek yerleşimli vertebral arter varyasyonu olması durumunda vertebral arter hasarlanma riskinin transpediküler vidalar için %2'den %5'e çıkabileceği bildirilmiştir. Bunun nedeni istmus yüksekliğinin 4 milimetrenin altında, pedikül kalınlığının 2 milimetrenin altında olmasıdır ⁽⁹¹⁾. Bizim çalışmamızda istmus yüksekliği ortalama $6,1\pm 1,4$ mm, lateral kitle yüksekliği ortalama $4,6\pm 1,3$ mm olarak bulunmuştur, ancak 8 tarafta yüksek yerleşimli vertebral arter saptanmıştır, bunlardan ikisi bilateral olarak tespit edilmiştir.

Aksise yönelik cerrahi girişimlerin en önemli komplikasyonu vertebral arter yaralanması ya da spinal kanalın perforasyonuna bağlı komplikasyonlardır. Vertebral foramenin yeri ve durumu aksis pedikül vida tekniğinde en önemli sınırlayıcı faktördür. Bu nedenle pedikül vidası için birçok güvenli giriş yeri tanımlanmıştır. Ebraheim ve arkadaşları tarafından tanımlanan en eski tekniklerden biri şu şekildedir; lamina üst sınırına paralel geçen yatay çizginin 5mm altı ile spinal kanalın lateral sınırına paralel geçen çizginin 7mm lateralinin kesişme noktasıdır ve bu noktada transpediküler vidanın 20 derece kranile ve 30 derece mediyale yönlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir. Ancak kranial açının 51, mediyal açının 41 dereceye kadar çıkabileceğini hasta örnekleriyle belirtmişlerdir.

Tanımlanan diğer bir vida giriş noktası; pedikülün medial sınırı ile lateral kitlenin lateral sınırının tam orta noktalarından geçen vertikal çizgi ile inferior artiküler prosesin transvers prosesin posterior sınırının tam ortasından geçen horizontal çizginin kesişim yerinin 2mm lateralidir ⁽⁵⁴⁾. Abumi ve arkadaşları ise aksis lamina üst sınırının lateral kitleye penetre olan kısmını referans almış ve 20 derece mediyale, hafif kraniyale doğru vida yönelimini tarif etmişlerdir ⁽⁸⁵⁾. Literatürde tanımlanmış noktaların hemen hepsinde benzer vertebral arter yaralanma riski olduğu bilinmektedir. Abumi ve arkadaşları gelişen teknoloji ve tecrübeyle orantılı olarak, C2 pedikül vidalama tekniğinin oldukça güvenli olduğunu ve vida malpozisyonunun %7'lere düştüğünü bildirmişlerdir ⁽⁸⁵⁾. Kwang ve arkadaşları ise posterior atantoaksiyel eklem yüzeyinin, lateral kitlenin medial ve lateral yüzeylerinin ve yüksekliklerinin tam orta noktasının 2mm rostrali ve 3mm lateralini giriş noktası olarak bildirmiş ve vida yöneliminin

15 derece mediyale ve 20 derece kaudale doğru olmasını önermişlerdir ⁽⁵⁶⁾. Harms tekniğinde pedikülün tam ortasının C2 laminasının süperior sınırından geçen çizgi ile birleşimi giriş noktasıdır ve bu noktada vidaya 20-30 derece mediyal ve kranial açı vermişlerdir ⁽⁴⁶⁾. Vida boyuna ise intraoperatif olarak floroskopi ile karar verilmesini önermişlerdir. Xu ve arkadaşları bu giriş noktasının C2-C3 eklemine olan uzaklığını 9mm olarak ölçmüşlerdir. Vertebral arter ve vida giriş yerinin yakınlığını bu parametre ile değerlendirmişlerdir ⁽⁹⁷⁾. Ebraheim ve arkadaşları ise bu mesafeyi 14mm olarak ölçmüşlerdir. Bizim çalışmamızda ise tanımladığımız giriş noktası için inferolateralde C2-C3 eklemi referans olarak alınmış ve güvenli olması açısından eklem tam orta noktasından 7mm dik uzaklıktaki nokta seçilmiştir. Burasının kadavralarda ve 3D reformatlanmış görüntülerde genellikle inferior faset yüzeyinden seçilen bir oluk oluşturduğu görülmüştür. Bu nokta literatürde tanımlandığından daha aşağı bir seviyeye isabet etmektedir, bu nedenle vertebral artere görece daha uzaktır. Ancak C2-C3 eklemine ortaya konulmasının gerektirmektedir. Çalışmamızda tanımlanan giriş noktası, lateral kitlenin medial sınırının 4mm daha laterali ile C2-C3 eklemine dik olarak çizilen 7 mm' lik mesafenin birleşim yeridir. Literatürden farklı olarak anterior arkus ve lateral kitlenin birleşim yerinin üst sınırı hedef nokta olarak belirlenmiştir.

Ho Lee ve arkadaşları bizim çalışmamıza göre daha inferolateral bir giriş noktası tanımlamış ve vida yönelimini 30-45 derece mediyale, 40-50 derece kranial açıya doğru belirlemişlerdir ⁽⁵⁶⁾. Bu yönelim süperior faset ve pars interartikularis bileşkesinde sonlanmaktadır ve dar pedikül, yüksek yerleşimli vertebral arter gibi vertebral arter varyasyonlarında yaralanma riskinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ancak bu yöntem torasik kifozu olan, kısa boyunlu ya da obez hastalarda kranial açı fazla açılması nedeniyle güçlük uygulanabilir ve daha fazla cilt insizyonu gerektirir. Ayrıca füzyon ve dayanıklılık açısından yapılmış herhangi bir biyomekanik çalışma yoktur.

Tablo 15: Literatürde tanımlanmış aksis vida trajeksiyonları

	Giriş Noktası	Vida Yönelimi	Riskler
Goel (1994) ve Harms (2001)	İstmus yüzeyinin medial ve kranial çeyreği (C2 laminasının süperior sınırının 5 mm inferioru ve spinal kanal lateral sınırının 7 mm laterali)	C2 istmus mediyal ve süperior yüzeyi boyunca 20-30 derece kraniyale ve mediyale yönelim	HRV Dar pedikül
Ebraheim ve arkadaşları (1996)	C2 laminasının süperior sınırının 5 mm inferioru ve spinal kanalın lateral sınırının 7 mm laterali	30 derece mediyal açılanma 20 derece kraniyal açılanma	HRV Dar pedikül
Abumi ve arkadaşları (1996)	C2 laminasının süperior sınırı referans alınarak C2 lateral kitlesine giriş yapılır	15-20 derece mediyal açılanma Hafif kraniyale açılanma	HRV Dar pedikül
Ho Lee ve arkadaşları (2011)	inferior eklem yüzeyinin inferolaterali	30-45 derece mediyal açılanma 40-50 derece kraniyal açılanma	kısa boyun torakal kifoz obez hasta
Bu çalışmanın sonuçları	C2-C3 eklemin 7 mm kraniyal uzaklığı ve spinal kanalın lateral sınırının 4mm laterali	20 derece mediyal açı 25-30 derece kraniyal açı	Dar pedikül

Bizim çalışmamızda giriş ve hedef noktaları arasındaki vida aksinin mediyal açısı ortalama $20,3 \pm 1,5$ derece ve kraniyal açısı ortalama $27,7 \pm 1,4$ derece olarak ölçülmüştür. Bu noktada çoğu zaman inferior artiküler prosesin posteriorundan seçilebilen bir oluk cerraha oryantasyon açısından yol gösterebilmektedir. Bu yönelim ile gönderilen vidanın pediküloistmik komponentin en kalın ve daha uzun olduğu bir alanda daha güvenli bir şekilde ilerlemiş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda tanımlanan lateral kitle ile densin birleşme noktası olan hedef noktasına yönelim sağlanan vida ile uzun bir aks boyunca güçlü bir vida tutulumunun sağlanacağı saptanmıştır. Bizim çalışmamızda ortalama vida boyu $27,5 \pm 2$ mm' dir. Bu vida yöneliminde, HRV olgularında vertebral arter zarar görmemektedir. Ancak dar pedikül olgularında uygun vida kalınlığı sağlanamayacağından translaminar vida uygulanması komplikasyon riskini azaltacaktır. Tanımlanmış olduğumuz giriş noktasından ortalama 20 derece mediyale ve 25-30 derece kraniyale yönelerek oldukça güvenli bir aksis transpediküler vidalama yapılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca vida uzunluğunun bu giriş noktası seçildiğinde ortalama 25 mm olarak belirlenmesi uygun olacaktır.

5.3. Atlantoaksiyel Fiksasyon Tekniklerinde Nörovasküler Yapıların Durumu

Posterior C1-C2 fiksasyon tekniklerinde risk altındaki en önemli vasküler yapı vertebral arterin V2 ve V3 segmentidir. Sadece C1-C2 fiksasyonda değil, oksipitoservikal füzyon uygulamasında, kraniovertebral bileşkenin lezyona yönelik ve dekompresyon cerrahisinde de bu yapılar büyük önem taşımaktadırlar. Bu segmentlerin seyri diğer segmentlerden oldukça farklıdır ve üç boyutlu olarak anlaşılması gereklidir. Bu arterin önemi henüz kas diseksiyonu aşamasında başlamaktadır. C1 ve C2 laminası ve vida giriş noktası orta hattan ortaya konulurken son derece önemlidir.

V2 segmenti, vertebral arterin C1-C2 segmentine en yakın kısmıdır. Çevre kaslara büyük besleyici dallar verir. Bu segmentte cerrahi sırasında kas diseksiyonu aşamasında en önemli referans C2 sinir ganglionudur. Cacciola ve arkadaşları ganglion ile vertebral arter arasındaki mesafeyi kadavralarda ortalama 7,5 mm olarak ölçmüşlerdir. Ayrıca bu segmentin uzunluğunu ortalama 15,7 mm olarak ölçmüşlerdir ⁽⁹⁸⁾. Bizim çalışmamızda C2 ganglionu orta hattan yaklaşık 24,9 mm (minimum 15,7 mm- maksimum 32 mm) lateralde ortaya çıkmaktadır. C2 laminası üzerine orta hattan laterale doğru diseksiyon yapılırken 15 mm' den sonra dikkatli olunmalıdır. Ganglion ile vertebral arter arasındaki mesafe ise 7,8 mm olarak ölçülmüştür. Bu mesafe 1 cm' den daha kısadır ve vertebral artere oldukça yakındır. Bu nedenle ganglionun lateralinde çalışırken dikkatli diseksiyon yapılmalı ve gerekmedikçe lateral diseksiyondan kaçınılmalıdır. Çalışmamızda V2 segmentinin uzunluğu ortalama 13,2 mm olarak ölçülmüştür. Sonuçlarımız literatür ile karşılaştırıldığında uyumlu olduğu görülmektedir ⁽⁹⁸⁾.

Vertebral arter C1 transvers forameninden geçtikten sonra 90 derece arkaya doğru kıvrılarak vertebral oluk üzerinde uzanır, burası V3 segmentidir. Bu oluktaki seyri bizim çalışmamızda yaklaşık 22,6 mm olarak bulunmuştur, burası vertebral arterin en yüzeysel olduğu ve hasarlanmaya en açık olduğu bölümüdür. Daha sonra vertebral arter öne doğru dönerek dura içerisine girer. Vertebral oluk medial sınırı ile orta hat arasındaki ilişki literatürde ortaya konulmuştur, çünkü orta hattan diseksiyon yapılırken ilk hasarlanma riski bu oluğun medialinde ortaya çıkmaktadır. Ebraheim ve arkadaşları vertebral olukta

vertebral arterin medialinin orta hatta olan uzaklığını C1 laminasının ortasında ortalama 12 mm, C1 laminasının süperiorunda ise ortalama 8 mm olarak ölçmüşlerdir ⁽⁹⁹⁾. Cocciola ve arkadaşları ise vertebral oluğun orta hatta uzaklığını ortalama 18 mm, vertebral arterin ise orta hatta uzaklığını ortalama 22 mm bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda vertebral arterin vertebral olukta dönüş yaptığı noktada, C1 laminasının süperiorunda orta hatta uzaklığı ortalama 18,3 mm bulunmuştur. Kadınlarda vertebral arterin orta hatta uzaklığının sağ ve solda ayrı ayrı ölçülen ortalamaları, erkeklere göre daha düşük bulunmuştur. Sağ taraf için kadınlarda bu mesafe $16 \pm 2,2$ mm, erkeklerde ise $19,3 \pm 2,6$ mm' dir. Sol taraf için aynı parametrenin ortalaması kadınlarda $16,5 \pm 2,6$ mm, erkeklerde ise $22,9 \pm 5,1$ mm' dir. Sağ ve sol taraflar arasında her iki cinsiyette farklılık yoktur. Özellikle C1 posterior tüberkülü laterale doğru diseke edilirken 15mm' de vertebral arter ile karşılaşılabilceği akılda tutulmalıdır.

Vertebral arter dominansı oldukça yaygın görülmektedir, hatta toplumun yalnızca %6-26' sında her iki taraf vertebral arter birbirine eşittir. Genellikle sol vertebral arter biraz daha büyüktür (100). Ancak Ergun ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sağda vertebral arter çapı ortalama 3.21 ± 0.7 mm, solda ortalama 3.16 ± 0.7 mm olarak belirtilmiştir ve ortalama çap farkının 0.88 ± 0.7 mm olduğu vurgulanmıştır. Genellikle 1 mm' den fazla fark olması dominant tarafı ifade etmektedir ⁽¹⁰¹⁾. Bizim çalışmamızda sadece 1 kadavrada sağ dominant vertebral arter tespit edilmiştir. Bu kadavrada sol taraf vertebral arter hipoplazik bulunmuştur. Hipoplazik olan tarafta ekstrakraniyal-intrakraniyal anastomozların oldukça gelişmiş olduğu görülmüştür (Resim 10). Çalışmamızda vertebral arter çapı ortalama 4,8mm olarak ölçülmüştür.

5.4. Aksis Lamina Vidasının Yerleştirilmesi ve Cerrahi Anatomisi

Wright 2004 yılında bilateral orta hattı çaprazlayan translaminar aksis vidasını ve bu yolla gerçekleştirilen atlantoaksiyel füzyonu tanımlamıştır. Aksis translaminar stabilizasyon tekniği ortaya konulduğundan bu yana literatürde anatomik, radyolojik ve klinik olarak çok sayıda çalışma yapılmıştır ⁽⁵¹⁾ Translaminar aksis vida uygulamasında vertebral arter ve vertebral foramen yapısının, pedikül ve pars interartikularis yapısının incelenmesine,

nöronavigasyona ve floroskopiye ihtiyaç yoktur. En önemli komplikasyon spinal duranın perfore edilmesidir. Literatürde tanımlanmış küçük çaplı birçok seride vasküler ve nörolojik yaralanmalarının oldukça az, füzyon oranlarının ise yüksek olması ve pediatrik popülasyonda da güvenle kullanılması sonucu giderek daha artan sıklıkta tercih edilmesini sağlamıştır. Oldukça dar olan pedikül yapısı nedeniyle pediatrik popülasyonda lamina vidalarının pek çok avantajı vardır ⁽¹⁰²⁾. Ayrıca os odontoideum, yüksek yerleşimli vertebral arter, dar pedikül gibi anomalilerde lamina kalınlığı etkilenmediği için son derece uygun bir alternatif yöntem olabilmektedir ⁽¹⁰³⁾. Ancak lamina hasarlı olduğunda, aksise laminektomi uyguladığında ya da bazı vakalarda oksipital bölgeye kadar rodların uzatılması gerektiğinde kullanılması uygun olmamaktadır.

Cerrahi esnasında nörovasküler hasarlanma gibi komplikasyonlardan kaçınmak için lamina anatomisinin bilinmesi ve preoperatif değerlendirilmesi gerekmektedir. Dean ve arkadaşları preoperatif tomografilerde lamina kalınlığının ve uzunluğunun önceden belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kadavra ve tomografi üzerine yaptıkları çalışmalarında lamina kalınlığına uygun ortalama vida çapı 3mm, vida boyu 30mm bulunmuş ve tomografi ile kadavra çalışmalarındaki ölçümlerinin birbirleriyle uyumlu olduğunu göstermişlerdir ⁽¹⁰⁴⁾.

Cassinelli ve arkadaşlarının 2006 yılında 420 kadavrada yaptıkları çalışmada translaminar vida boyunu yaklaşık 20 mm, vida çapını kadavraların %95'inde yaklaşık 4 mm bulmuştur ⁽¹⁰⁵⁾. Genellikle 3-4mm vida kalınlığı yeterli bulunmuştur. Saeta ve arkadaşları 200 adet aksis kuru kemiğinde laminanın medialinden geçen aksin açısını ortalama 56 derece, lamina vidasının maksimum uzunluğunu ortalama 37,2 mm bulmuşlardır ⁽¹⁰⁶⁾. Şenoğlu ve arkadaşları inceledikleri kuru kemiklerde C2- C3 faset eklemine penetre eden vida uzunluğunu 35,5 mm, penetre etmeyen vida uzunluğunu ise 27.4 mm ölçmüşlerdir. Bu vidanın açısını ise ortalama 41 derece olarak ölçmüşlerdir. ⁽¹⁰⁷⁾. Bizim çalışmamızda laminanın merkezinden geçen aksin açısı ortalama 48,3 ±3 derece (minimum 40 derece, maksimum 50 derece) ve lamina vidasının maksimum uzunluğu ortalama 34,4 ±4,4 mm olarak ölçülmüştür. Literatürde görüldüğü üzere mediyal açılar oldukça değişkendir ve tüm çalışmacılar preoperatif tomografi ile vida uzunluğunun ve açısının değerlendirilmesi gerektiğini önermektedirler.

Reisenberger ve arkadaşlarının 55-65 yaş arasındaki hastalarda

yaptıkları çalışmada preoperatif tomografi ile tespit edilen maksimum vida uzunluğu kullanıldığında vertebral arter yaralanma riskinin aksis transvers forameni yakınlarında yüksek riskli olduğunu anjiyogramlarla saptamışlardır. Bu çalışmaya göre cerrahinin riskini vida kalınlığından çok uzunluğu belirlemektedir. Ayrıca lamina vidasının mediyal açısını ortalama 47.2 derece, maksimum vida uzunluğunu 34.9 mm bulmuşlardır. Bu sonuçlar ile bizim çalışmamızdaki yaşlı popülasyonun sonuçları birbirine benzemektedir (108). Bu çalışmadan farklı olarak Wang ve arkadaşları, lamina vidasının intraosseöz alan dışına çıkmadıkça vertebral arter yaralanma riskinin oldukça az olduğunu bildirmişlerdir ⁽¹⁰⁹⁾.

Bizim çalışmamızda lamina vidasının uzunluğu ve mediyal açıları oldukça değişkendir. Tüm bu nedenle preoperatif bilgisayarlı tomografi yardımıyla her hasta için uygun açı ve uzunluk değerlendirilmeli, mutlaka ölçüler maksimum uzunluktan birkaç milimetre daha kısa uzunlukta tercih edilmelidir. Mediyal açı uygulanırken zorluk çekilmesi durumunda laminanın posterior duvarının perfore edilebileği, ancak anteriorda spinal kanala komşu kemik korteksinin öncelikle korunması son derece önemlidir.

Sonuç olarak atlantoaksiyel vertebraların tüm cerrahi uygulamalar öncesinde anatomik referans noktalarının tam olarak belirlenmesi, preoperatif servikal tomografilerle gerekli ölçümlerin yapılması ve intraoperatif skopi veya direkt grafi yöntemleri ile vida açılarının ve uzunluklarının hesaplanması temel olarak gereklidir. Ayrıca, mümkün ise vida malpozisyonu ve nörovasküler yaralanma ihtimalini azaltacağı için nöronavigasyon ve nöromonitörizasyon gibi güncel teknolojilerin kullanılması uygun olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1- Çalışmamızda atlantoaksiyel stabilizasyon tekniklerinde yaygın olarak kullanılan yöntemler için atlas, aksis ve komşuluğundaki nörovasküler yapıların cerrahi anatomisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2- Çalışmamızın amacına uygun olarak toplam 17 kadavra(34 taraf) önce ince kesit üst servikal tomografi uygulanmış, sonrasında posterior oksipitoservikal diseksiyon ile atlantoaksiyel kemik, nöral ve vasküler yapılar ortaya konulmuştur.

3- Kadavraların 7'si erkek, 10'u kadındır ve bunların tamamının yaş aralığı 45-92, yaş ortalaması 74 ± 1 'dir. Anatomi ölçümlerine ait 15 parametre mevcut olup, bunlar sağ ve sol için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Radyoloji ölçümlerine ait toplam 14 parametre bulunmaktadır, bunlar için de sağ ve sol ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır.

4- 17 kadavranın radyolojik ve anatomik parametreleri ayrı ayrı tanımlandıktan sonra bu parametrelerin ortalamaları, standart sapmaları ve varyasyonları değerlendirilmiştir.

5- Atlas lateral kitlenin radyolojik olarak yüksekliği (ortalama $12,5\pm 1,5$ mm), genişliği (ortalama $12,9\pm 1,7$ mm), uzunluğu (ortalama $18,3\pm 2,4$ mm), osseoz varyasyonları değerlendirilmiştir. Bu değerler pontikulus postikus saptanan ve saptanmayan kadavralarda karşılaştırılmıştır. Pontikulus postikus olanlarda lateral kitle yüksekliği 5,7 mm bulunmuş, olmayanlarda ise 3,6 mm bulunmuştur ve bu fark anlamlıdır. Diğer parametreler bu varyasyondan etkilenmemektedir.

6- Pontikulus postikus 34 tarafın 18' inde (%52) saptanmıştır. Bunların 3'ü bilateral, 8' i inkomplet ve 7'si komplet yapıdadır.

7- Atlas lateral kitle vida giriş noktası; 3D görüntülerde atlasın posterior arkusu ile lateral kitlesinin birleşiminin orta noktası seçilmiştir. Vida aksının hedef noktası ise anterior arkusun ön sınırının lateral kitleye yapıştığı nokta olarak

belirlenmiştir.

8- Atlas lateral kitle vida giriş yerinin orta hatta uzaklığı ortalama 24 mm, vertebral arterin mediyal duvarına uzaklığı ise ortalama 6,5 mm olarak ölçülmüştür. Lateral kitlenin üzerinde, vida giriş yerine göre posterior arkusun yüksekliği ortalama 4 mm' dir.

9- Bu çalışmada atlas lateral kitle vidası için 3D reformatlanmış tomografi görüntülerinde giriş ve hedef noktaları belirlendikten sonra vida aksının mediyal ve kraniyel açıları belirlenmiştir. Tanımladığımız giriş noktasına göre ortalama 10-15 derece mediyal ve 20 derece kraniyale yönlenerak güvenli bir şekilde atlas lateral kitle vidası uygulanmış olduğu tespit edilmiştir. Ortalama vida uzunluğunun ise 20 mm olarak kullanılmasının gerekliliği saptanmıştır.

10- Bu çalışmada vertebral arterin vertebral oluktaki uzunluğu ortalama 22,6 mm, C2-C3 transvers foramenleri arasındaki V2 segmenti uzunluğu ise ortalama 13,2 mm bulunmuştur.

11- Vertebral arterin çapı ortalama 4,8 mm olup bir tanesinde sol tarafta hipoplazi görülmüştür. En küçük vertebral arter çapı komplet arkuat foramen olgularında tespit edilmiştir.

12- Bu çalışmada C1 laminasının süperiorunda orta hatta uzaklığı ortalama 18,3 mm bulunmuştur. Kadınlarda vertebral arterin orta hatta uzaklığının sağ ve solda ayrı ayrı ölçülen ortalamaları, erkeklere göre daha düşük bulunmuştur. Sağ taraf için kadınlarda bu mesafe $16 \pm 2,2$ mm, erkeklerde ise $19,3 \pm 2,6$ mm' dir. Sol taraf için aynı parametrenin ortalaması kadınlarda $16,5 \pm 2,6$ mm, erkeklerde ise $22,9 \pm 5,1$ mm' dir. Özellikle C1 posterior tüberkülü laterale doğru diseke edilirken 15mm' de vertebral arter ile karşılaşılabilceği akılda tutulmalıdır.

13- Aksisin pedikül kalınlığı (ortalama $5,5 \pm 1,3$ mm), lateral kitle yüksekliği (ortalama $4,6 \pm 1,3$ mm), istmus yüksekliği (ortalama $6,1 \pm 1,4$ mm) radyolojik olarak değerlendirilmiştir. Bunlardan 8 tarafta yüksek yerleşimli vertebral arter

saptanmıştır ve ikisi bilateraldir.

14- Bu çalışmada tespit edilen yüksek yerleşimli vertebral arterlerin yarısında aynı tarafta hem yüksek yerleşimli vertebral arter hem postikulus postikulus hem de dar pedikül tespit edilmiştir.

15- Bu çalışmada aksis pedikül vidası için tanımlanan giriş noktası; lateral kitlenin mediyal sınırının 4mm daha laterali ile C2-C3 eklemine dik olarak çizilen 7 mm' lik mesafenin birleşim yeridir. Hedef noktası, pedikülün lateral kitlenin anteromedial sınırı ile kesiştiği nokta olarak belirlenmiştir.

16- Bizim çalışmamızda giriş ve hedef noktaları arasındaki vida aksinin mediyal açısı ortalama $20,3 \pm 1,5$ derece ve kraniyal açısı ortalama $27,7 \pm 1,4$ derece olarak ölçülmüştür. Bu noktada çoğu zaman inferior artiküler prosesin posteriorundan seçilebilen bir oluk cerraha oryantasyon açısından yol gösterebilmektedir. Ortalama vida boyu ise $27,5 \pm 2$ mm' dir.

17- Tanımlamış olduğumuz giriş noktasından ortalama 20 derece mediyale ve 25-30 derece kraniyale yönelerek oldukça güvenli bir aksis transpediküler vidalama yapılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca vida uzunluğunun bu giriş noktası seçildiğinde ortalama 25 mm olarak belirlenmesi uygun olacaktır.

18- Bizim çalışmamızda orta hattan yaklaşık 24,9mm (min 15,7 mm- mak 32 mm) lateralde C2 sinir ganglionu ortaya çıkmaktadır. Ganglion ile vertebral arter arasındaki mesafe ise 7,8 mm olarak ölçülmüştür.

19- Kadavra tomografilerinde C2 laminasının ortasından geçen lamina vidasının maksimum uzunluğu ve mediyal açıları değerlendirilmiştir.

20- Bizim çalışmamızda laminanın merkezinden geçen aksın açısı ortalama $48,3 \pm 3$ derece (min 40 derece, mak 50 derece) ve laminanın vidasının maksimum uzunluğu ortalama $34,4 \pm 4,4$ mm olarak ölçülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Şengül G, Kadioğlu HH. Morphometric Anatomy of the Atlas and Axis Vertebrae. Turkish Neurosurgery 2006; 16(2):69-76. Yuan F, Yang HL, Guo KJ, et al. A clinical morphologic study of the C2 pedicle and isthmus. Eur Spine J 2013; 22: 39–45.
2. Dagtekin A, Avcı E, Kara E, Uzmanşel D, Dagtekin O, Koseoglu A, Talas D, Bagdatoglu C. Posterior Cranial Fossa Morphometry in Symptomatic Adult Chiari I Malformation Patients: Comparative Clinical and Anatomical Study. Clinical Neurology and Neurosurgery 2011; 113(5): 399-403.
3. Lopez, A. J., Scheer, J. K., Leibl, K. E., Smith, Z. A., Dlouhy, B. J., & Dahdaleh, N. S. Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. Neurosurgical Focus 2015; 38(4): 1-8.
4. R. Özay. Üst servikal vertebra travmalarında cerrahi tedavi sonuçları. Cukurova Med J 2018;43(1):1-8.
5. Bambakidis, Nicholas C. et al. Surgical Indications and Decision Making Primary Osseous and Metastatic Neoplasms of the Craniovertebral Junction. Surgery of the Craniovertebral Junction 2013; 141-143.
6. Rea GL, Kumar VGR: Posterior suboccipital and upper servical exposure of the occipitocervical junction. Fessler RG, Laligam S (ed), Atlas of Neurosurgical Techniques Spine and Peripheral Nerve. New York: Thieme, 2006:110-114.
7. Dağtekin, A. Arslantaş, A. Temel spinal cerrahi, ISBN: 9786055004156, Türkçe, Ankara: İntertıp 2015: 253-256.
8. Moon B;j, Choi K.H, Shin D.A, et al. Anatomical variations of vertebral artery and C2 isthmus in atlanto-axial fusion: Consecutive surgical 100 cases. Journal of Clinical Neuroscience 2018;53: 147–152.
9. Krakenes J, Kaale BR, Moen G, Nordli H, Gilhus NE, Rorvik J. MRI of the tectorial and posterior atlanto-occipital membranes in the late stage of whiplash injury. Neuroradiology. 2003;45:585.
10. Chakrabarti I, Tredway TL, Khoo LT: Posterior atlantoaxial fusion: Surgical anatomy and technique options. Fessler RG, Laligam S (ed), Atlas of Neurosurgical Techniques Spine and Peripheral Nerve. New York: Thieme, 2006:128-138.

11. Ogden JA. Radiology of postnatal skeletal development. XI. The first cervical vertebra. *Skeletal Radiol* 1984;12:12–20.
12. Naderi S, Crawford NR, Melton MS, et al: Biomechanical analysis of cranial settling after transoral odontoidectomy. *BNI Quarterly* 1999;15:4–10.
13. Gürçay AG, Okutan MÖ. Kraniyovertebral Bileşkenin Cerrahi Anatomisi. *Türk Noroşir Derg* 2015; 25(2):83-85.
14. Oaquim AF, Ghizoni E, Rubino PA, Anderle DV, Tedeschi H, Rhoton AL Jr, de Oliveira E. Lateral mass screw fixation of the atlas: surgical technique and anatomy. *World Neurosurg.* 2010;74(2-3):359-62.
15. Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26:2467–2471.
16. Oliveira E, Rhoton AL Jr, Peace D. Microsurgical anatomy of the region of the foramen magnum. *Surg Neurol.* 1985 Sep;24(3):293-352.
17. Jinkins JR. *Atlas of Neuroradiologic Embryology, Anatomy, and Variants.* Lippincott Williams & Wilkins. (2000) ISBN:0781716527.
18. Menezes AH: Embryology, Development, and classification of disorders of the craniovertebral junction. Dickman CA, Spetzler RF, Sonntag VKH (ed), *Surgery of the Craniovertebral Junction.* New York: Thieme, 1997:3-12.
19. Ebraheim, N. A, Fow, J, Xu R. & Yeasting, R. A. The Location of the Pedicle and Pars Interarticularis in the Axis. *Spine* 2001; 26(4), E34–E37.
20. Panjabi MM, White AA. Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery.* 1980 Jul;7(1):76-93.
21. Çimen A. *Anatomi.* 4. Baskı. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi; 1994:36-41.
22. Gokben S, Serdaroglu G, Tekgul H, Yurtseven T, Ersahin Y: Atlantoaxial instability in Down's syndrome: A case report. *Ege Tip Dergisi* 43(2): 131-134, 2004.
23. Stemper B.D, Yoganandan N, Pintar F.A, Rao RD. Anterior longitudinal ligament injuries in whiplash may lead to cervical instability *Medical Engineering & Physics* 28 (2006) 515–524.
24. Goel A. Is atlantoaxial instability the cause of “high” cervical ossified posterior longitudinal ligament? Analysis on the basis of surgical treatment

- of seven patients J Craniovertebr Junction Spine. 2016 Jan-Mar;7(1):20–25.
25. Tubbs RS, Kelly DR, Humphrey ER, Chua GD, Shoja MM, Salter EG, et al: The tectorial membrane: anatomical, biomechanical, and histological analysis. Clin Anat 2007;20:382–386.
 26. Tubbs RS, Grabb P, Spooner A, Wilson W, Oakes WJ: The apical ligament: anatomy and functional significance. J Neurosurg 92 (2 Suppl) 2000:197–200.
 27. Kumar VGR, Rea GL: Posterior occipitocervical fusion and stabilization using bent titanium rod and cables. Fessler RG, Laligam S (ed), Atlas of Neurosurgical Techniques Spine and Peripheral Nerve. New York: Thieme, 2006:118-121
 28. Joshi V, Matsuda Y, Kimura Y et al. Evaluation of prevalence and characteristics of ponticulus posticus among Japanese adults: A comparative study between CBCT imaging and lateral cephalogram. Orthodonticwaves 2018;77: 134–141.
 29. Lister JR, Rhoton AL Jr, Matsushima T, et al: Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. Neurosurgery 1982;10:170199.
 30. Jeon SW, Jeong JH, Choi GH, Moon SM, Hwang HS, Choi SK: Clinical outcome of posterior fixation of the C1 lateral mass and C2 pedicle by polyaxial screw and rod. Clin Neurol Neurosurg 2012;114(6): 539-44.
 31. Winegar CD, Lawrence JP, Friel BC, Fernandez C, Hong J, Maltenfort M, Anderson PA, Vaccaro AR: A systematic review of occipital cervical fusion: techniques and outcomes: A review. Journal of Neurosurgery: Spine 2010;13: 5-16.
 32. Dickman CA: occipitoservical screw plates. Dickman CA, Spetzler RF, Sonntag VKH (ed), Surgery of the Craniovertebral Junction. New York: Thieme, 1997:761-768.
 33. Winegar CD, Lawrence JP, Friel BC, Fernandez C, Hong J, Maltenfort M, Anderson PA, Vaccaro AR: A systematic review of occipital cervical fusion: techniques and outcomes: A review. Journal of Neurosurgery: Spine 2010;13: 5-16.
 34. Caglar YS, Pait TG, Ozgen S: The axis (C2): posterior stabilization options. Contemporary Neurosurgery 1999;21: 1-6.

35. Kalaycı M, Kotil K: Üst servikal omurgaya cerrahi yaklaşımlar ve fiksasyon yöntemleri. Korfal E, Zileli M (ed), Temel Nöroşirürji, Cilt 2. Ankara: Buluş tasarım 2010: 1373-1389.
36. Dickman CA, Sonntag VK, Papadopoulos SM, Hadley MN: The Interior Spinous Method of Posterior Atlantoaxial Arthrodesis. J Neurosurg 1991; 74:190-198.
37. Smith MD, Phillips WA, Hensinger RN: Complications of Fusion to the Upper Cervical Spine. Spine 1999;116:702-705.
38. Dickman CA, Sonntag VK: Wire fixation for the cervical spine: biochemical principles and surgical techniques. BNIQ 9: 2-16, 1993.
39. Dickman CA, Sonntag VK, Papadopoulos SM, Hadley MN: The Interior Spinous Method of Posterior Atlantoaxial Arthrodesis. J Neurosurg 1991;74:190-198,
40. Aurich LA, Milano JB, Junior EB, et al. C2 Translaminar Screw Fixation (Wright's Technique) Applicability in Atlantoaxial Instability. J Bras Neurocirurg 2012; 23(2): 152-156.
41. Magerl F, Seemann PS: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. Kehr P, Weidner A (ed), Cervical spine 1. New York: Springer-Verlag, 1987: 322-327.
42. RW Jr, Subach BR, McLaughlin MR, Rodts GE Jr, Wahlig JB Jr.: C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: A 6-year experience. Neurosurgery 2001;49: 65-8; discussion 9-70.
43. Praveen V. Mummaneni, Regis W. Haid: Atlantoaxial fixation: Overview of all techniques. Neurology India 2000; 53(4): 48-415.
44. Tokuhashi Y, Matsuzaki H, Shirasaki Y, Tateishi T: C1-C2 intra-articular screw fixation for atlantoaxial posterior stabilization. Spine 2000; 25(3): 337-41.
45. Goel A, Laheri V: Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. Acta Neurochir (Wien) 1994;129: 47-53.
46. Harms J, Melcher RP: Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine 2001;26:2467-71.
47. Menendez JA, Wright NM: Techniques of posterior C1-C2 stabilization. Neurosurgery 2007; 60: 103-111. .
48. Resnick DK, Benzel EC: C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever

- beam construct: case report and technical note. *Neurosurgery* 2002; 50: 426-428.
49. Wright NM, Laurysen C: Vertebral artery injury in C1-2 transarticular screw fixation: results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves. *American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. J Neurosurg* 1998; 88: 634-640.
 50. Elgafy H, Pompo F, Vela R, et al. Ipsilateral arcuate foramen and high-riding vertebral artery: implication on C1–C2 instrumentation. *The Spine Journal* 2014; 14: 1351–1355.
 51. Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: Case series and technical note. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17: 158–162.
 52. Parker SL, McGirt MJ, Garcés-Ambrossi GL, et al. Translaminar versus pedicle screw fixation of C2: comparison of surgical morbidity and accuracy of 313 consecutive screws. *Neurosurgery* 2009;64(05, Suppl 2):343–348, discussion 348–349.
 53. Simsek S, Yigitkanli K, Seckin H, et al. Ideal screw entry point and projection angles for posterior lateral mass fixation of the atlas: an anatomical study. *Eur Spine J* 2009; 18: 1321–1325.
 54. Andrei F, Joaquim K, Daniel Riew. Axis Screw Fixation – A Step-by-Step Review of the Surgical Techniques. *Arq Bras Neurocir* 2017;36: 101–107.
 55. Ebraheim N. Posterior Lateral Mass Screw Fixation: Anatomic and Radiographic Considerations. *The University of Pennsylvania Orthopaedic Journal* 1999; 12: 66–72.
 56. Lee KH, Kang DH, Lee CH, et al. Inferolateral Entry Point for C2 Pedicle Screw Fixation in High Cervical Lesions. *J Korean Neurosurg Soc* 2011; 50: 341-347.
 57. El Hawary MA. Determining Optimal C2 Pedicle Screw Placement and Length in Patients with Axis Traumatic Spondylolisthesis: A Case Series. *Global Spine J* 2013; 3: 63–68.
 58. Chin KR, Mills MV, Seale J, et al. Ideal starting point and trajectory for C2 pedicle screw placement: a 3D computed tomography analysis using perioperative measurements. *The Spine Journal* 2013

<http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2013.06.077>.

59. Kim JH, Kwak DS, Han SH, et al. Anatomic Consideration of the C1 Laminar Arch for Lateral Mass Screw Fixation via C1 Lateral Lamina: A Landmark between the Lateral and Posterior Lamina of the C1. *J Korean Neurosurg Soc* 2013; 54: 25-29.
60. Christensen DM, Eastlack RK, Lynch JJ, Yaszemski MJ, Currier BL. C1 anatomy and dimensions relative to lateral mass screw placement. *Spine* 2007; 32(8): 844–848.
61. Eck JC, Walker MP, Currier BL, Chen Q, Yaszemski MJ, An KN. Biomechanical comparison of unicortical versus bicortical C1 lateral mass screw fixation. *J Spinal Disord Tech* 2007; 20: 505–508.
62. Wang MY, Samudrala S. Cadaveric morphometric analysis for atlantal lateral mass screw placement. *Neurosurgery* 2004; 54: 1340–1436.
63. Dong Y, Hong MX, Jianyi L, Lin MY. Quantitative anatomy of the lateral mass of the atlas. *Spine* 2003;28: 860–863.
64. Stulik J, Vyskocil T, Sebesta P, Kryl J. Harms technique of C1-C2 fixation with polyaxial screws and rods. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2005;72(1):22-7
65. Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)* 1994;129: 47–53
66. Melcher RP, Ruf M, Harms J. The direct posterior c1–c2 fusion-technique with polyaxial-head screws. *Cervical Spine Research Society 28th Annual Meeting, Charleston, NC, 2000.*
67. Hu Y, Dong W, Spiker WR, MD et al. An Anatomic Study to Determine the Optimal Entry Point, Medial Angles, and Effective Length for Safe Fixation Using Posterior C1 Lateral Mass Screws. *SPINE* 2015;40(4):191-198.
68. Goel A, Deasi KI, Muzumdar DP (2002) Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. *Neurosurgery* 51: 1351–1357.
69. Rocha R, Safavi-Abbasi S, Reis C et al. Working area, safety zones, and angles of approach for posterior C-1 lateral mass screw placement: a quantitative anatomical and morphometric evaluation. *J Neurosurg Spine* 2007;6: 247–254.
70. Liu G, Buchowski JM, Shen H et al. The feasibility of microscope-assisted

- “free-hand” C1 lateral mass screw insertion without fluoroscopy. *Spine* 2008;33: 1042–1049.
71. Gupta T. Cadaveric morphometric anatomy of C-1 vertebra in relation to lateral mass screw placement. *Surg Radiol Anat* 2008;30: 589–593.
 72. Lee SH, Kim ES, Eoh W. Modified C1 lateral mass screw insertion using a high entry point to avoid postoperative occipital neuralgia. *Journal of Clinical Neuroscience* 2013;20: 162–167.
 73. Currier BL, Todd LT, Maus TP et al. Anatomic relationship of the internal carotid artery to the C1: a case report of cervical reconstruction for chordoma and pilot study to assess the risk of screw fixation of the atlas. *Spine* 2003; 28: E461–E467.
 74. Hu Y, Dong W, Spiker WR, et al. An Anatomic Study to Determine the Optimal Entry Point, Medial Angles, and Effective Length for Safe Fixation Using Posterior C1 Lateral Mass Screws. *Spine* 2015; 40(4): E191-E198.
 75. Huang DG, Hao DJ, Li GL, et al. C2 Nerve Dysfunction Associated with C1 Lateral Mass Screw Fixation. *Orthopaedic Surgery* 2014;6: 269–273.
 76. Gebauer M, Barvencik F, Briem D, et al. Evaluation of anatomic landmarks and safe zones for screw placement in the atlas via the posterior arch. *Eur Spine J* 2010; 19: 85–90.
 77. Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. *Spine* 2003;28: 888–95.
 78. Buteera A, M Lukhele. Anatomic study of the atlas for surgical planning of lateral mass screw fixation: Is it safe in our population? Dept of Orthopaedics Wits Medical School 7 York Road Johannesburg 2001 Page 38 / SA Orthopaedic Journal Summer 2010.
 79. Christensen DM, Eastlack RK, Lynch JJ, et al. C1 Anatomy and Dimensions Relative to Lateral Mass Screw Placement. *Spine* 2007;32(8): 844–848.
 80. Senoglu M, Karadag A, Kinali B, et al. C1 lateral mass screw insertion from the caudal–dorsal to the cranial– ventral direction as an alternate method for C1 fixation: A quantitative anatomical and morphometric evaluation. *Middlebrooks Journal of Clinical Neuroscience* 2017;42: 176–181.
 81. Huang DG, Hao DJ, Fang XY, et al. Ponticulus posticus. *The spine*

- journal 2015;15(11):17–19.
82. Song MS, Lee HJ, Kim JT, et al. Ponticulus posticus: Morphometric analysis and Its anatomical Implications for occipito-cervical fusion. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 2017;157: 76–81.
 83. Young JP, Young PH, Ackermann MJ, Anderson PA, Riew KD: The ponticulus posticus: implications for screw insertion into the first cervical lateral mass. *J Bone Joint Surg* 2005; 87: 2495-2498.
 84. Elliott RE1, Tanweer O2. The prevalence of the ponticulus posticus (arcuate foramen) and its importance in the Goel-Harms procedure: meta-analysis and review of the literature. *World Neurosurg.* 2014 Jul-Aug;82(1-2):e335-43.
 85. Abumi K, Takada T, Shono Y, Kaneda K, Fujiya M. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate-rod systems. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;24: 1425–1434.
 86. Benzel EC. Anatomic consideration of C2 pedicle screwplacement. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996;21: 2301–2302.
 87. Patil S, Lindley EM, Burger EL, Yoshihara H, Patel VV. Pedicle screw placement with O-arm and stealth navigation. *Orthopedics* 2012;35: e61–e65.
 88. Borne GM, Bedou GL, Pinaudeau. Treatment of pedicular fractures of the axis. A clinical study and screw fixation technique. *J Neurosurg* 1984; 60: 88–93
 89. Yarbrough BE, Hendey GW 1990 Hangman's fracture resulting from improper seat belt use. *South Med J* 1990; 83: 843–845.
 90. Naderi S, Arman C, Guvencer M et al. An anatomical study of the C-2 pedicle. *J Neurosurg* 2004; 3: 303–310.
 91. Yuan F, Yang HL, Guo KJ et al. A clinical morphologic study of the C2 pedicle and isthmus. *Eur Spine J* 2013; 22: 39–45.
 92. Wajanavisit W, Lertudomphonwanit T, Fuangfa P, et al. Prevalence of High-Riding Vertebral Artery and Morphometry of C2 Pedicles Using a Novel Computed Tomography Reconstruction Technique *Asian Spine J* 2016;10(6):1141-1148.
 93. Panjabi MM1, Duranceau J, Goel V, Oxland T, Takata K. Cervical human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and

- lower regions. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991 Aug;16(8):861-9.
94. Kothari MK, Dalvie SS, Gupta S et al. The C2 Pedicle Width, Pars Length, and Laminar Thickness in Concurrent Ipsilateral Ponticulus Posticus and High-Riding Vertebral Artery: A Radiological Computed Tomography Scan-Based Study. *Asian Spine J*. December 7, 2018 [Epub ahead of print] <https://doi.org/10.31616/asj.2018.0057>.
 95. Miyata M, Neo M, Ito H, et al. Rheumatoid arthritis as a risk factor for a narrow C-2 pedicle: 3D analysis of the C-2 pedicle screw trajectory. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 2008; 9(1): 17–21.
 96. Yeom JS, Buchowski JM, Kim HJ, Chang BS, Lee CK, Riew KD. Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws. *Spine J* 2013;13: 775-85.
 97. Xu R, Nadaud MC, Ebraheim NA, Yeasting RA. Morphology of the second cervical vertebra and the posterior projection of the C2 pedicle axis. *Spine* 1995; 20: 259-263.
 98. Cacciola F, Phalke U, Goel A. Vertebral artery in relationship to C1-C2 vertebrae: An anatomical study *Neurology India* June 2004; 52: 2178-184.
 99. Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M: The quantitative anatomy of the vertebral artery groove of the atlas and its relation to the posterior atlantoaxial approach. *Spine* 1998;23: 320-3.
 100. Giannopoulos S, Markoula S, Kosmidou M, Pelidou SH, Kyritsis AP. Lateral medullary ischaemic events in young adults with hypoplastic vertebral artery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007; 78: 987–989.
 101. Ergun O, Gunes T, Birgi E, Hekimoglu B., Evaluation of vertebral artery dominance, hypoplasia and variations in the origin: angiographic study in 254 patients *Folia Morphol* 2016; Vol:(1) 33-37.
 102. Lee H, Hong JT, Kim IS, Kim MS, Sung JH, Lee SW (2014) Anatomic feasibility of posterior cervical pedicle screw placement in children: computerized tomographic analysis of children under 10 years old. *J Korean Neurosurg Soc* 56(6):475–481.
 103. Meng XZ, Xu JX. The options of C2 fixation for os odontoideum: a radiographic study for the C2 pedicle and lamina anatomy. *Eur Spine J* 2011;20: 1921-7.
 104. Dean CL, Lee MJ, Robbin M, Cassinelli EH. Correlation between

computed tomography measurements and direct anatomic measurements of the axis for consideration of C2 laminar screw placement. *Spine J.* 2009; 9(3):258–262.

105. Cassinelli EH, Lee M, Skalak A, Ahn UN, Wright NM. Anatomic considerations for the placement of C2 laminar screws. *Spine* 2006; 31:2767–2771.

106. Kriangsak Saetia, Anuchit Phankhongsab C2 Anatomy for Translaminar Screw Placement Based on Computerized Tomographic Measurements *Asian Spine J* 2015;9(2):205-209.

107. Senoğlu M, Ozbağ D, Gümüştalan Y. C2 intralaminar screw placement: a quantitative anatomical and morphometric evaluation. *Turk Neurosurg* 2009; 19(3):245–248

108. Riesenburger RI, Jones GA, Roguski M, Krishnaney AA. Risk to the vertebral artery during C-2 translaminar screw placement: a thin-cut computerized tomography angiogram-based morphometric analysis: clinical article. *J Neurosurg Spine* 2013; 19(2):217–221

109. Wang MY. C2 crossing laminar screws: cadaveric morphometric analysis. *Neurosurgery* 59 2006 (1 Suppl 1):ONS84–ONS88.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KVB	: Kraniovertebral bileşke
ÜSB	: Üst servikal bölge
C0	: Oksipital kondil
C1	: Atlas, birinci servikal omurga
C2	: Aksis, ikinci servikal omurga
C3	: Üçüncü servikal omurga
C5	: Beşinci servikal omurga
C6	: Altıncı servikal omurga
C7	: Yedinci servikal omurga
T1	: Birinci torakal omurga
T4	: Dördüncü torakal omurga
T6	: Altıncı torakal omurga
HRV	: Yüksek yerleşimli vertebral arter
V2	: Vertebral arterin ikinci segmenti
V3	: Vertebral arterin üçüncü segmenti
VA	: Vertebral arter
BT	: Bilgisayarlı tomografi
BAP	: Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
3D	: Üç boyutlu görüntüleme
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
min	: Minimum
mak	: Maksimum
ort	: Ortalama
sd	: Standart Sapma

ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ

Resimler:	Sayfa No:
Resim 1: Atlas vertebraının süperior görünümü	13
Resim 2: Atlas vertebraının inferior görünümü	14
Resim 3: Aksis vertebraının 3D reformatlanmış tomografi görüntüsünde süperior (A) ve sol lateral (B) görünümü	19
Resim 4: C1 posterior arkusu ve C2 laminaı eksize edildikten, omurilik ve dura çıkarıldıktan sonra spinal kanal içerisinde ligamanların görünümü	23
Resim 5: Suboksipital yapıların cilt kaldırıldıktan sonra posteriordan görünümü	23
Resim 6: Sol suboksipital bölgenin cilt kaldırıldıktan sonra yüzeyel görünümü	24
Resim 7: Sol üst servikal bölgede trapezius levator skapula ve splenius kapitis kasları kaldırıldıktan ve sternokleidomastoiedus kası ekarte edildikten sonra ortaya çıkan yapıların posterolateral görünümü	25
Resim 8: Sol üst servikal bölgede trapezius kası kaldırıldıktan ve sternokleidomastoiedus kası ekarte edildikten sonra ortaya çıkan yapıların posterolateral görünümü	26
Resim 9: Üst servikal bölgedeki derin müsküler ve nörovasküler yapıların posterolateral görünümü	28
Resim 10: Oksipitoservikal bileşkenin posterior görünümü	31
Resim 11: Posterior oksipitoservikal ya da üst servikal füzyon yöntemlerinde eksternal oksipital protüberens (POE) ve dördüncü servikal vertebra (C4) arasındaki cilt insizyonu	33
Resim 12: Odontoid tip II fraktürünü gösteren midsagittal tomografi kesiti	34
Resim 13: Sagittal servikal tomografi kesiti	37
Resim 14: C1-C2 tel ile fiksasyon yöntemlerinin illüstrasyonu	41
Resim 15: Posterior atlantoaksiyel füzyonun operasyon esnasında posterior görünümü	43
Resim 16: Atlas lateral kitle vidası ve aksis pedikül vidasına bir örnek	46
Resim 17: Oksipitoservikal bileşkenin posterior görünümü	49
Resim 18: C1-C2 vertebraların suboksipital kas disseksiyonundan sonra posterior görünümü	50

Resim 19: Çalışmada değerlendirilen anatomik parametrelerin bir kısmı kadavra diseksiyonunun sağ tarafında gösterilmiştir	51
Resim 20: Sağ C1-C2 ekleminin ilişkisi	52
Resim 21: C1 lateral kitle vidasının 3D yapılandırılmış görüntüleri	53
Resim 22: Aksis pedikül vidasının giriş ve hedef noktaları, vida seyri	
Resim 23: Her iki C1 lateral kitlesinin tam ortasından geçen koronal kesit, kemik pencere bilgisayarlı tomografi	56
Resim 24: 3D yapılandırılmış tomografide atlas kemiğinin görünümü	81
Resim25: 3D yapılandırılmış tomografide atlas kemiğinin sağ lateral görünümü	82



TABLolar DİZİNİ

Tablolar:	Sayfa No:
Tablo 1: Anatomik verilerin tamamının olduğu tablo	59
Tablo 2: Tüm anatomik ölçümlerin sağ ve sol taraflar için ayrı ayrı sonuçları	60
Tablo 3: Atlas ve aksise ait ölçümlerin kadın ve erkekte her iki taraf için karşılaştırılması	61
Tablo 4: Anatomik olarak ölçülen 14 değişkenin sağ ve sol taraflar için ortalama ve standart sapmalarının karşılaştırılması	62
Tablo 5: Arkuat foramen olan ve olmayan kadavralarda ölçüm parametrelerinin karşılaştırılması	63
Tablo 6: Arkuat foramen olan ve olmayan kadavraların tüm parametrelerinin sağ ve sol için karşılaştırılması	64
Tablo 7: Komplet, inkomplet arkuat foramen saptanan ve arkuat foramen saptanmayan kadavraların anatomi parametreleri	65
Tablo 8: Komplet, inkomplet arkuat foramen saptanan ve arkuat foramen saptanmayan kadavraların anatomi ölçümlerinin sağ ve sol için karşılaştırılması	67
Tablo 9: Tüm radyolojik parametrelerin sonuç tablosu	69
Tablo 10: Atlas ve aksise ait radyolojik parametrelerin sağ-sol bakımından sonuçları	69
Tablo 11: Atlasa ait radyolojik parametrelerin erkek ve kadın arasındaki ilişkinin sağ ve solu içeren karşılaştırılması	70
Tablo 12: Aksise ait radyolojik parametrelerin erkek ve kadın arasındaki ilişkinin sağ ve solu içeren karşılaştırılması	71
Tablo 13: Ölçüm parametrelerin ortalamalarının sağ ve sol taraflar için karşılaştırılması	72
Tablo 14: Arkuat foramen olan ve olmayan kadavralarda radyolojik ölçümlerin karşılaştırılması	73
Tablo 15: Literatürde tanımlanmış aksis vida trajeksiyonları	88