



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKSİS (C2) VERTEBRANIN MİKROCERRAHİ ANATOMİSİ

FERHAT HARMAN
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. ADNAN DAĞÇINAR
NÖROLOJİK BİLİMLER DOKTORA PROGRAMI

İSTANBUL- 2024



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKSİS (C2) VERTEBRANIN MİKROCERRAHİ ANATOMİSİ

FERHAT HARMAN
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. ADNAN DAĞÇINAR
NÖROLOJİK BİLİMLER DOKTORA PROGRAMI

İSTANBUL- 2024

 Sağlık Bilimleri Enstitüsü	DOKTORA TEZ ONAY FORMU	Doküman No: SBE-DR-9f
		İlk Yayın Tarihi: 18.01.2022
		Revizyon Tarihi: 09.05.2022
		Revizyon No: 01
Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü		
Program türü : Doktora		
Anabilim Dalı : Nörolojik Bilimler		
Tez Sahibi : Ferhat Harman		
Sınav Tarihi ve Saati : 14.03.2024 – 09:00		
Tez Başlığı : Aksis (C2) Vertebranın Mikrocerrahi Anatomisi		
Bu çalışma, içerik ve kalite bakımından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.		
JÜRİ ÜYELERİ	Unvan, Adı-Soyadı (Kurum adı)	İmza
Danışman	Prof. Dr. Adnan Dağçınar (Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Anabilim Dalı)	
Üye	Prof. Dr. Mustafa İbrahim Ziyal (Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Anabilim Dalı)	
Üye	Prof. Dr. İpek Midi (Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı)	
Üye	Prof. Dr. Adem Yılmaz (Sağlık bilimleri Üniversitesi Hamidiye Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı)	
Üye	Prof. Dr. Ahmet Hilmi Kaya (Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı)	
Üye	Prof. Dr. Mustafa Onur Ulu (İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı)	
ONAY		
Bu tez, yukarıda isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından” Marmara Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği” nin ilgili maddeleri uyarınca kabul edilmiş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nuntarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.		
Prof. Dr. Feyza ARICIOĞLU Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü		

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ferhat Harman

TEŞEKKÜR

Doktora programı, birçok dersin ve sınavın olduğu, uzun ve çok aşamalı bir süreç. Tüm bu uğraşların sonucunda bu tez ortaya çıktı. Doktora programı süresince bana emeği geçen tüm eğitimci hocalarıma, danışmanım Prof. Dr. Adnan Dağçınar'a, doktora programım süresince katkı veren başta Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Mustafa İbrahim Ziyal olmak üzere, bölüm öğretim üyesi, asistan, hemşire arkadaşlarıma ve Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü ve Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim Araştırma Hastanesi idare ve çalışanlarına teşekkür ediyorum.

Bu tezin diseksiyon ve/veya yazım aşamasındaki katkılarından dolayı başta Dr. Volkan Oğlin ve Dr. Mehmet Özgür Yılmaz olmak üzere, Dr. Oğuz Baran'a, Dr. Şeyma Böyükyılmaz'a, Dr. Ömer Orhun'a ve Dr. Ali Şahin'e teşekkür ederim.

En büyük teşekkürüm ise kariyerime İstanbul'da devam etmem için her türlü fedakârlığı yapan sevgili eşim Peray Hilmi Harman ve oğlum Kaan Harman'a.

Ferhat Harman

İstanbul, 2024.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ	i
ŞEKİL LİSTESİ	ii
1. ÖZET	1
3. GİRİŞ ve AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	4
4.1. Embriyoloji.....	4
4.1.1. Atlas ve Aksisin Embriyolojisi	5
4.1.2. Ligament Embriyolojisi	5
4.2. C2 Omur Kemığının Kondrifikasyonu, Ossifikasyonu ve Radyoloji	6
4.3. Kranioservikal Bileşke Anatomisi	6
4.3.1 C2 Anatomisi	7
4.4. Biyomekanik	9
4.5. Yüksek Yerleşimli Vertebral Arter	10
4.6. Kranioservikal Bileşke Anomalileri.....	12
4.6.1. Ossikulum Terminale.....	12
4.6.2. Os odontoideum	12
4.6.3. Alar Ligamentte Kalsifikasyon	12
4.7. Kranioservikal Bileşkenin Künt Travmatik Yaralanması	12
4.7.1 Basioksipital Kırıklar	12
4.7.2. Oksipital Kondil Kırıkları	13
4.7.3. Atlanto-Oksipital (Oksipito-Atlantal) Dislokasyon.....	14
4.7.4. s C1 Vertebra (Atlas) Kırıkları	14
4.7.4.1. Jefferson Kırıkları.....	15
4.7.5. C2 Omur (Aksis) Kırıkları	15
4.7.5.1. Odontoid Kırıkları	16
4.7.5.2. Hangman Kırığı	16
4.8. Posterior C1-C2 Fiksasyon Yöntemleri	17
4.8.1. İnterlaminar Klempler.....	17
4.8.2. Posterior Telleme Tekniği	18
4.8.3. Pediatrik Vakalarda Telleme	18
4.8.4. C2 Translaminar Vida ile Fiksasyon	18
4.8.5. C1-2 Transartiküler Vida Yerleştirme (Magerl)Tekniği.....	19
4.8.6. C2 Pedikül Vida Yerleştirme	20
5. GEREÇ VE YÖNTEM	22

6. BULGULAR	23
7. TARTIŞMA ve SONUÇ	27
8. KAYNAKLAR.....	35
9. ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
10. BİLİMSEL FAALİYETLER	42
11. EKLER	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR LİSTESİ

VA	:	Vertebral Arter
KSB	:	Kranioservikal Bileşke
YYVA	:	Yüksek Yerleşimli Vertebral Arter
MRG	:	Manyetik Rezonans Görüntüleme
BT	:	Bilgisayarlı Tomografi
ALL	:	Anterior Longitudinal Ligament
PLL	:	Posterior Longitudinal Ligament
NLRP	:	NOD-benzeri reseptör proteini (NOD-like receptor protein)
NMDA	:	N-metil-D-aspartat
TM	:	Tectorial Membran

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Kranioservikal bileşke gelişimi sırasında embriyogenezdeki segmentasyon ve yeniden segmentasyonun şematik açıklaması yukarıda verilmiştir.	5
Şekil 2. Kranioservikal bileşke ligamentöz stabilizatörlerinin koronal bir açıklaması.....	7
Şekil 3. Aksis (C2) omuru. İlgili bölgeler, anatomik pedikül, cerrahi pedikül ve pars interartikularis bölgeleri işaretlenmiştir.....	9
Şekil 4. Atlantoaksial fasetal eklem sagittal kesiti.	11
Şekil 5. Anderson & Montesano Sınıflandırmasına göre oksipital kondil kırıklarının koronal düzlemde sınıflandırılması, hasarın oluşum mekanizması ve stabilize durumu.	13
Şekil 6. Traynelis sınıflandırmasının üç tipi bulunmaktadır:	14
Şekil 7. Atlas kırıklarında Gehweiler Sınıflaması.....	15
Şekil 8. Odontoid fraktürlerde Anderson ve D'Alonzo ve Gaauer Sınıflaması	16
Şekil 9. Klemp enstürmanın lateral X-Ray görüntüsü	17
Şekil 10. Üst servikal telleme tekniği.....	18
Şekil 11. Bilateral C2 translaminar vida yerleştirme giriş noktalarının ve yolunun görünümü	19
Şekil 12. Magerl tekniğinin sagittal (A) ve koroner(B) kesitlerinin illüstrasyon görüntüsü.....	20
Şekil 13. C1 lateral kitle ve C2 pedikül stabilizasyon, Goel tekniği illüstrasyonu	21
Şekil 14. A) Posterior boyun üzerindeki cilt ve deri altı dokular diseke edildi.	23
Şekil 15. Posterior boyunu çevreleyen bağ dokusu çıkarılarak kraniovertebral bileşke kemik ve vasküler yapıları gösterilmektedir.	24
Şekil 16. A) Subaksial servikal omurların (C3 gibi) superior ve inferior artiküler fasetleri koronal düzleme paralel olarak konumlanmıştır.	25
Şekil 17. A) Vertebral arterin oluğun posterior kısmı kaldırılıp ve vertebral arter ortaya konmuştur.	26
Şekil 18. A) Vertebral arter oluğunun posterior duvarı alındı.	28
Şekil 19. A) C1-2 transartiküler vida hattı beyaz noktalı çizgilerle görülebilir.	29
Şekil 20. Disektör ile vertebral arter mobilizasyonu ve Magerl Tekniği ile vida yerleştirme .	30
Şekil 21. Sırasıyla modifiye Goel, yeni C2 inferior korpus, klasik C2 ve Magerl giriş noktaları gösterilmektedir.	31
Şekil 22. Disektör ile vertebral arter mobilizasyonu ve Goel tekniği ile C2 pedikül vidalama yerleştirme	31
Şekil 23. Goel'e göre 9 kadrant içindeki en güvenli giriş noktası olan en üst ve medial kadrant kırmızı ile boyandı.....	32
Şekil 24. A) Goel ve yeni C2 inferior korpus tekniği giriş noktası B) Her iki tekniğin hattının izdüşümü kesikli çizgi ile gösterilmiştir C) Her iki tekniğin lateral skopi görüntüsü.....	33

Şekil 25. Disektör ile vertebral arter mobilizasyonu ve yeni C2 inferior korpus tekniği ile vidalama vida yerleştirme.....	33
Şekil 26. C2 omurunun lamina kısmı total çıkarıldı ve C2 korpusu, bilateral pediküller ve vertebral arter oluğu iki taraflı ortaya kondu.....	34

1. ÖZET

Tezin başlığı: Aksis (C2) Vertebranın Mikrocerrahi Anatomisi

Öğrencinin Adı Soyadı: Ferhat Harman

Danışmanın Adı Soyadı: Prof. Dr. Adnan Dağçınar

Programın Adı: Nörolojik Bilimler Doktora Programı

Amaç: C2 (Axis) vertebra anatomik olarak diğer servikal vertebralardan farklı özellikler gösterir. Bu tez çalışmasında, kadavra örnekleri kullanılarak C2 vertebra mikrocerrahi anatomisinin incelenmesi, C2 pedikül ve C1-C2 transartiküler vidaların vertebral arter mobilizasyonu ile yerleştirilmesi ve yeni C2 inferior korpus vida yerleştirme tekniği gösterilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada, bir üniversitenin Araştırma Etik Komitesi'nin izni ve kararı ile on iki adet yetişkin kadavra spesmeni ve iki adet yetişkin kuru kadavra C2 kemiği kullanılmıştır. Ardından, adım adım kas diseksiyonu gerçekleştirilmiş ve kadvraların C2 vertebraları cerrahi mikroskop ile ortaya çıkarılmıştır. Her örnek ve diseksiyonun tüm aşamaları fotoğraflarla kaydedilmiştir. Kadavra diseksiyonlarından sonra üç farklı teknikte vida yerleştirme yapılmıştır. Son olarak, floroskopi ile radyolojik görüntüleme yapılmıştır.

Bulgular: C2 vertebra kemiği ortaya çıkarıldı ve vertebral arterin üzerindeki kemik çatı açılarak vertebral arter inferiora mobilize edildi. Bu adımdan sonra, C2 vertebraya posterior yaklaşımla farklı vida yerleştirme teknikleri uygulandı ve fotoğraflandı.

Sonuç: Vertebral arterin mobilizasyonu sonrasında C2 pedikül, C1-2 transartiküler ve C2 inferior korpus vidalarının daha güvenli bir şekilde yerleştirilmesi mümkündür. Bu çalışma, bu tekniklerin hepsini bir kadavra üzerinde ilk kez göstermeyi ve C2 vertebra anatomisini anlamayı amaçlamıştır.

Anahtar Kelimeler: C2 anatomisi, yüksek yerleşimli vertebral arter, C2 vida yerleştirme, aksis anatomisi, vertebral arter mobilizasyonu

2. SUMMARY

Title of Thesis: Microsurgical Anatomy of Axis (C2) Vertebrae

Student Name, Surname: Ferhat Harman

Supervisor Name: Prof. Adnan Dağçınar

Program Name: Neurological Science PhD Program

Objective: C2 (Axis) vertebra is anatomically different from other cervical vertebrae. In this thesis, it is aimed to investigate the microsurgical anatomy of C2 vertebra using cadaveric specimens, to place C2 pedicle and C1-C2 transarticular screws with vertebral artery mobilization and to demonstrate a new C2 inferior corpus screw placement technique.

Materials and Methods: In this study, twelve adult cadaveric specimens and two adult dry cadaveric C2 bones were used with the permission and decision of an University Research Ethics Committee. Then, step by step muscle dissection was performed and the C2 vertebrae of the cadavers were exposed with a surgical microscope. Each specimen and all stages of dissection were recorded with photographs. After cadaver dissections, screw placement was performed with three different techniques. Finally, radiological imaging with fluoroscopy was performed.

Results: The C2 vertebral bone was exposed and the bony roof over the vertebral artery was removed, and the vertebral artery was mobilized inferiorly. After this step, different screw placement techniques were applied to the C2 vertebra with a posterior approach and photographed.

Conclusion: After the mobilization of the vertebral artery, safer placement of C2 pedicle, C1-2 transarticular and C2 inferior corpus screws is possible. This study aimed to demonstrate all these techniques for the first time on a cadaver and to understand the anatomy of the C2 vertebra.

Keywords: C2 anatomy, high-riding vertebral artery, C2 screw placement, axis anatomy, mobilization of vertebral artery

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Kraniovertebral bileşke cerrahisinde posterior yaklaşımlar, beyin cerrahisi uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Travma, anomaliler, tümörler, dejeneratif, konjenital, romatolojik, iatrojenik ve enfeksiyonla uyumlu patolojiler, kraniovertebral bileşkede instabiliteye neden olarak cerrahi gerekliliği ortaya çıkarabilir. Kraniovertebral bileşkenin yakınlığındaki nörolojik yapılar ve vertebral arterin varlığı nedeniyle bu ameliyatlar zorlu ve risklidirler (Visocchi ve ark., 2019). Kraniovertebral bölgenin karmaşıklığına ek olarak, C2 omurunun atipik yapısı ve yüksek yerleşimli vertebral arter varlığı bu bölgeyi ve uygulanabilecek cerrahiyi daha da karmaşık hale getirir.

Kraniovertebral bileşke ameliyatlarında stabilizasyon için geçmişte birçok farklı teknik denense de biyomekanik dayanıklılık açısından güçlü teknikler 1980'lerde ortaya çıkmıştır. C1 lateral kitle, C2 pedikül ve C1-C2 transartiküler vida stabilizasyonu, üst servikal instabilitenin cerrahisinde en yaygın kullanılan tekniklerdir. İlk olarak biyomekanik olarak dayanıklılığı yüksek olan transartiküler fiksasyon tekniği 1986'da Magerl ve Seemann tarafından tanımlanmıştır (Magerl ve ark., 1987). Bu teknik, mevcut biyomekanik üstünlüğü, cerrahi uygulamanın göreceli kolaylığı ve tatmin edici uzun vadeli klinik sonuçları nedeniyle çok popüler kalmıştır. Daha sonra 1994'te, atlas (C1) lateral kitle ve aksis (C2) pedikül vidaları yerleştirilmesi ve plak ile sabitlenmesini içeren atlantoaksiyal fiksasyon tekniği Goel tarafından tanımlanmıştır (Goel ve ark., 1994). Bu teknikte, eklemi açma, artiküler kırıkdaıkları çıkarma ve plak/rod ve mono-poliaksiyal vidalarla fiksasyondan önce eklem içine kemik grefti ve takoz yerleştirme işlemleri bulunmaktadır. Vertebral arterin göreceli güvenliği ve tekniğin biyomekanik dayanıklılığı, onu en çok tercih edilen atlantoaksiyal fiksasyon tekniklerinden biri yapmıştır. Ancak, yüksek yerleşimli vertebral arter vakalarında, C2 pedikül ve transartiküler vida fiksasyonu, vertebral arterin yüksek yaralanma riski nedeniyle tehlikelidir. Bu çalışmada, C2 vertebraının mikrocerrahi anatomisi kadavra üzerinde incelenmiş, özellikle yüksek yerleşimli vertebral arter vakalarında, mikrocerrahi teknikle vertebral arter mobilizasyonu yapılarak, daha güvenli şekilde C2 pedikül ve C1-C2 transartiküler vida yerleştirme yöntemi gösterilmiştir. Ayrıca C2 korpusuna vida yerleştirilmesi için yeni bir teknik olan C2 inferior korpus vida yerleştirme tekniği kadavra üzerinde gösterilmiştir.

4. GENEL BİLGİLER

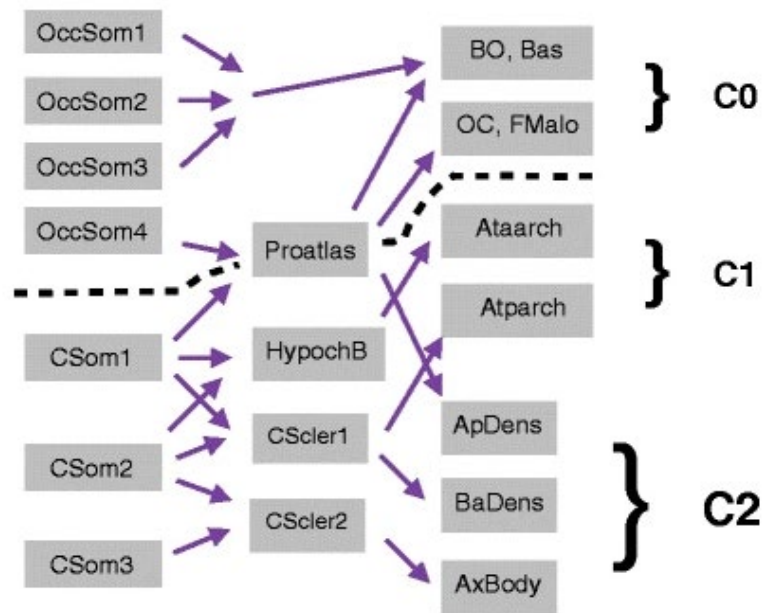
4.1. Embriyoloji

Omurgalı Kraniyoservikal bileşkenin, embriyonik gelişim sürecinde, gestasyonel dönemin 3. haftasında ortaya çıkan mezodermal bir kökeni vardır. Gastrulasyon sırasında embriyonik plate'den gelen hücreler, notokordun her iki yanında yer alan parakordal mezodermi oluşturmak için yoğunlaşır. Bu mezoderm sonunda somit adı verilen segmental kümeler ayrılır. Bu eşleşmiş somitler, sayısı insanlarda 42 çift olan, nihayetinde dermisin düz kasları, aksiyal iskelet kas dokusu ve omurga sütununu da içeren diğer yapıları oluşturacaktır. Olgunlaştıklarında somitler, ventromedial sklerotomlar ve dorsolateral dermomiyotomlara farklılaşırlar. Sklerotomlar nihayetinde omurga cisimleri, nöral kemerler, ligamentler ve membranlara dönüşürler (Akobo ve ark., 2015).

Kraniyoservikal bileşke, dört oksipital somit ve ilk üç servikal somitlerden gelişir (Şekil 1). İlk üç oksipital somit, rostral basioksiputu oluşturacaktır. Dördüncü oksipital somit, proatlas adı verilen sklerotomu oluşturmak için birinci servikal somitin kranial kısmıyla birleşir ve bu kraniyoservikal bileşkenin öncüsüdür. Bu sklerotomun aksiyal bölgesinin kranial kısmı, basioksiputun basionunu oluşturmak üzere ilk üç oksipital somitin sklerotom segmentleriyle birleşir. Birinci servikal somitten türetilen proatlas'ın aksiyal bölgesinin kaudal kısmı, densin apikal segmentini oluşturur. Proatlas'ın lateral bölgesi nihayetinde oksipital kondilleri ve Foramen Magnum'un anterolateral kısmının geri kalanını oluşturur (Şekil 1) (Menezes ve ark., 2008, Junewick ve ark., 2011). Beşinci somitin kaudal yarısı ve altıncı somitin kranial yarısı bir araya gelerek ilk servikal sklerotomu oluşturur. Benzer şekilde, altıncı somitin kaudal yarısı ve yedinci somitin kranial yarısı ikinci servikal sklerotomu oluşturur. İlk servikal sklerotomun bir kısmı, Odontoid pimin (dens) bazal kısmını oluştururken, ikinci servikal sklerotomun bir kısmı, aks (C2 omur kemiği) gövdesini oluşturur. İlk ve ikinci servikal sklerotomların, daha kaudal sklerotomlara kıyasla farkı, intervertebral disklerin anulus fibrozusuna ve nukleus pulpozusuna dönüşümünün olmamasıdır. Bunun yerine, bu doku kaybolur ve bu birleşim bölgelerindeki mezoderm, apikal dens ile bazal dens arasındaki üst dental sinkondrosis ve bazal dens ile aksis gövdesi arasındaki alt dental sinkondrosis haline gelir. Bu nedenle, C2 omur kemiği, sonunda kranial ve vertebral elementlere yol açan üç bitişik sklerotomdan türemiş olmasıyla ayırt edicidir ve bu omur, kafatası ile omurganın gerçek embriyolojik birleşim noktasıdır ve bu nedenle, biraz zorlu bir şekilde hem kafatasının hem de omurganın biyomekanik gereksinimlerini karşılamalıdır. (Pang ve ark., 2011)

4.1.1. Atlas ve Aksisin Embriyolojisi

Birinci servikal sklerotomun lateral zonu, C1 omur kemiğinin posterior arkusuna dönüşürken, ikinci servikal sklerotomun lateral zonu, aksisin (C2 omur kemiği) arkasını oluşturur (Şekil 1). C1 omur kemiğinin anterior arkusu, notokord ve birinci servikal sklerotomun aksiyal segmenti ventralinde bulunan, hipokordal yay adı verilen küçük bir mezodermal çıkıntıdan gelişir. Proatlas'ın hipokordal yayı, foramen magnum'un (basion) anterior kenarı altında basioksisput'un ventral yüzeyine bağlı küçük bir ossifiye orta sıra tuberkülü oluşturur ve erişkinde normal kraniyoservikal bileşkede izlenebilir.



Şekil 1. Kraniyoservikal bileşke gelişimi sırasında embriyogenezdeki segmentasyon ve yeniden segmentasyonun şematik açıklaması yukarıda verilmiştir. Önemli kısaltmalar ve açıklamalar: OccSom1 - Oksipital somit 1, OccSom2 - Oksipital somit 2, OccSom3 - Oksipital somit 3, OccSom4 - Oksipital somit 4, CSom1 - Servikal somit 1, CSom2 - Servikal somit 2, CSom3 - Servikal somit 3, CScler1 - Servikal sklerotom 1, CScler2 - Servikal sklerotom 2, BO - Basioksiput, Bas - Basion, OC - Oksipital kondiller, FMalp - Anterolateral foramen magnum ve opistion, Ataarch - C1 vertebra (atlas) ön arkı, Atparch - C1 vertebra (atlas) arka arkı, ApDens - Dens'in apikal segmenti, BaDens - Dens'in bazal segmenti, C2 vertebra gövdesi (aksis). Kesilmiş siyah çizgi, kraniyoservikal birleşke gelişimi sırasında kafatasının tabanı ile servikal omurga arasındaki embriyolojik ayrımı gösterir. Bu ayrım, kraniyoservikal bölgedeki çeşitli yapıların oluşumu ve diferansiyasyonu için önemlidir (Offiah ve ark. 2017).

4.1.2. Ligament Embriyolojisi

Apikal ligament, aksiyal proatlas'tan türetilir. Alar ligamentler ve çapraz (krusiyat) ligamentin transvers ligamentöz bileşeni, birinci servikal sklerotomun aksiyal bileşiminden gelişir.

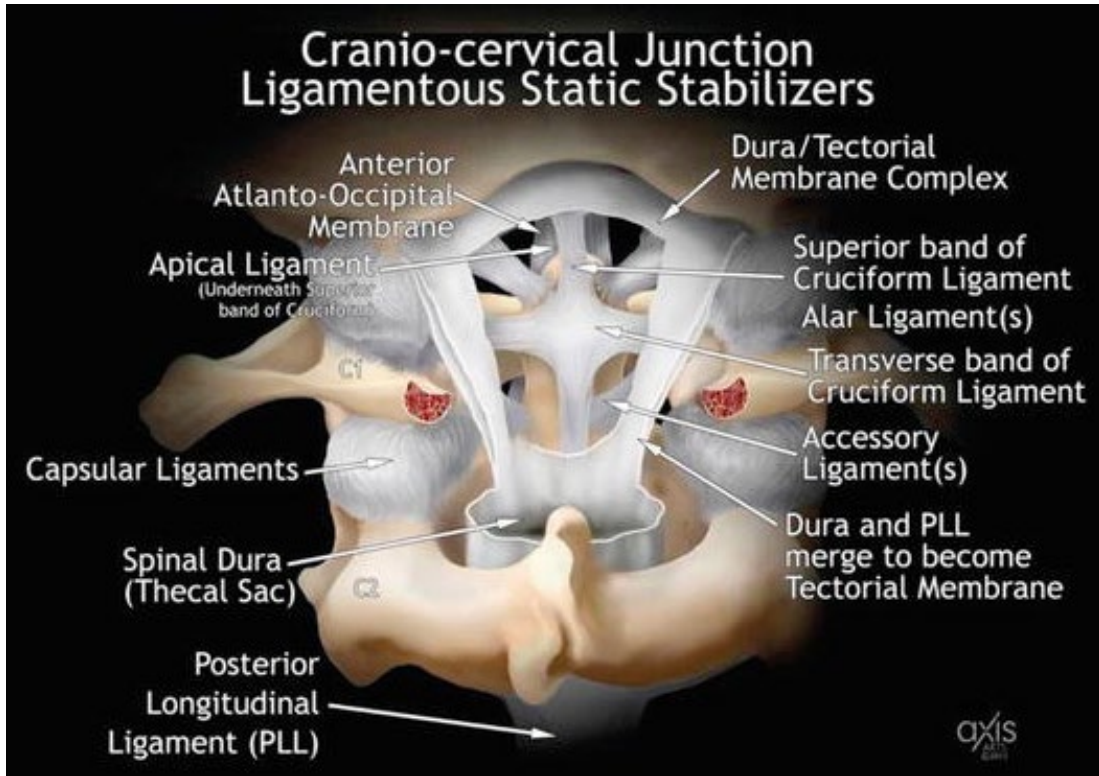
4.2. C2 Omur Kemiğinin Kondrifikasyonu, Ossifikasyonu ve Radyoloji

Erken birinci trimesterin membranöz C2 omur kemiği, üç median segmentten oluşur: apikal dental segment, bazal dental segment ve aks gövdesi. Bu üç segment, gestasyonun 6. haftasında kondrifiye olur, ancak üst ve alt dental sinkondrozlar tarafından ayrı tutulur. Ossifikasyon üç aşamada gerçekleşir: İlk ossifikasyon merkezi, C2 omur kemiğinin gövdesinde gestasyonun 4. ayında ortaya çıkar; ikinci ossifikasyon dönemi, gestasyonun 6. ayında bazal dental segmentin her iki tarafında iki ossifikasyon merkezi olarak ortaya çıkar ve doğuma kadar füzyon gerçekleşir, ancak non-ossifiye kıkırdak radyolojik olarak yaşamın 6. yılına kadar görülebilir. Üçüncü ossifikasyon dönemi, apikal densin ossifikasyonudur ve 3 ila 5 yaşları arasında başlar. Üst dental sinkondroz üzerinden füzyon, adolesana kadar tamamlanmaz (Akobo ve ark., 2015, O'Brien ve ark., 2015)

4.3. Kranioservikal Bileşke Anatomisi

Servikal omurga, üst ve alt bölümlere ayrılmış yedi omurdan oluşur. Üst servikal omurga, klasik olarak adlandırılan atlas (C1) ve aksis (C2) olarak bilinen ilk iki omur içerir. Kranioservikal bileşke (KSB), kafatasını üst servikal omurgaya ve foramen magnum'u omurilik kanalına bağlar. Atlas, temelde iki arkus tarafından oluşturulan bir kemik halkasıdır ve bu arkuslar, lateral kitleler tarafından çevrelenmiş ve birleştirilmiştir, bu kitlelerde üst ve alt fasetleri içerir (Cone ve ark., 1981). Atlas'ın transvers çıkıntıları (process), lateral kitlelere (mass) bağlıdır ve intertransvers foramenleri içerir. Servikal omurganın intertransvers foramenleri, vertebral arterlerin geçişi için esnek bir koruyucu tünel oluşturur. Oksiput'un (C0) atlas ve aksisle olan hizalanması, omurilik ve orta beyin yapılarının bütünlüğü ve fonksiyonel mimarisi için kritiktir (Kao ve ark., 1989). Tıpkı tüm omurga gibi, bu bağlantı esasen ligamentöz ve membranöz niteliktedir. Atlantoaksiyal eklem (C1-2), muhtemelen tüm omurilik segmentel ilişkilerinin en benzersiz ve karmaşık olanıdır. Karşıt yük taşıyan fasetlerin göreceli yataydan bikonvekse doğru yönlendirilmesi, kemik stabilitesi aleyhine mükemmel bir rotasyon sağlar. Krusiyat ligamentin transvers bandı, atlas lateral kitlelerdeki tüberküllere yapışır ve C2'nin densinin arkasına uzanarak odontoid çıkıntının (process) aşırı geriye gelmesini önleyip, densin omurilik kanalına göçünü engeller. Alar ligamentler, apikal veya aksesuar ligamentlere göre çok daha büyük ve daha güçlüdür. Alar ligamentlere zarar vermek, eklem instabilitesine ve aşırı harekete neden olabilir (Dvorak ve ark., 1987). Aşırı hareket, vertebral arterlerin kıvrılmasına veya sıkışmasına, nörosensör ve mekanoreseptörlerin tahrişine yol açabilir; bu durum, baş-boyun travması ve kırbaçlama tipi yaralanmalarla ilişkili baş ağrısı, boyun ağrısı ve baş dönmesi gibi belirtilerde rol oynayabilir. Anterior ve posterior spinal longitudinal ligamentler (ALL ve PLL),

tüm omurga ekseninin ön ve orta sütunlarının başlıca stabilizatörleridir. Posterior longitudinal ligament, orta C2 omur gövdesine doğru tektorial membran (TM) kompleksine dönüşür (TM'nın longitudinal kollajen mimarisi, posterior longitudinal ligamentten ayırt edilemez). ALL ve PLL, fleksiyon ve ekstansiyon stresine karşı suboksipital stabilizatörler olarak bilinen iki "çift" ligamenttir (Bohrer ve ark., 1990). Kapsüler ligamentler, faset eklemelerini fleksiyonu ve rotasyonu sınırlandırarak stabilize eder. Tektorial membran, posterior longitudinal ligamentin bir devamıdır ve nihayetinde baskıdaki foramen magnum'un anterior kenarındaki periosteumla birleşir. TM, özellikle fleksiyonu sınırlandırarak kraniyoservikal bileşkeyi stabilize etmede önemli bir rol oynar. Baş/boyun travması sırasında, kraniyoservikal birleşimde hiper ekstansiyon/hiperfleksiyon ve translasyon meydana gelir. Sadece hiperfleksiyon veya anterior translasyon ile, TM'a zarar/hasar mekanizması öne sürülmektedir (Şekil 2).



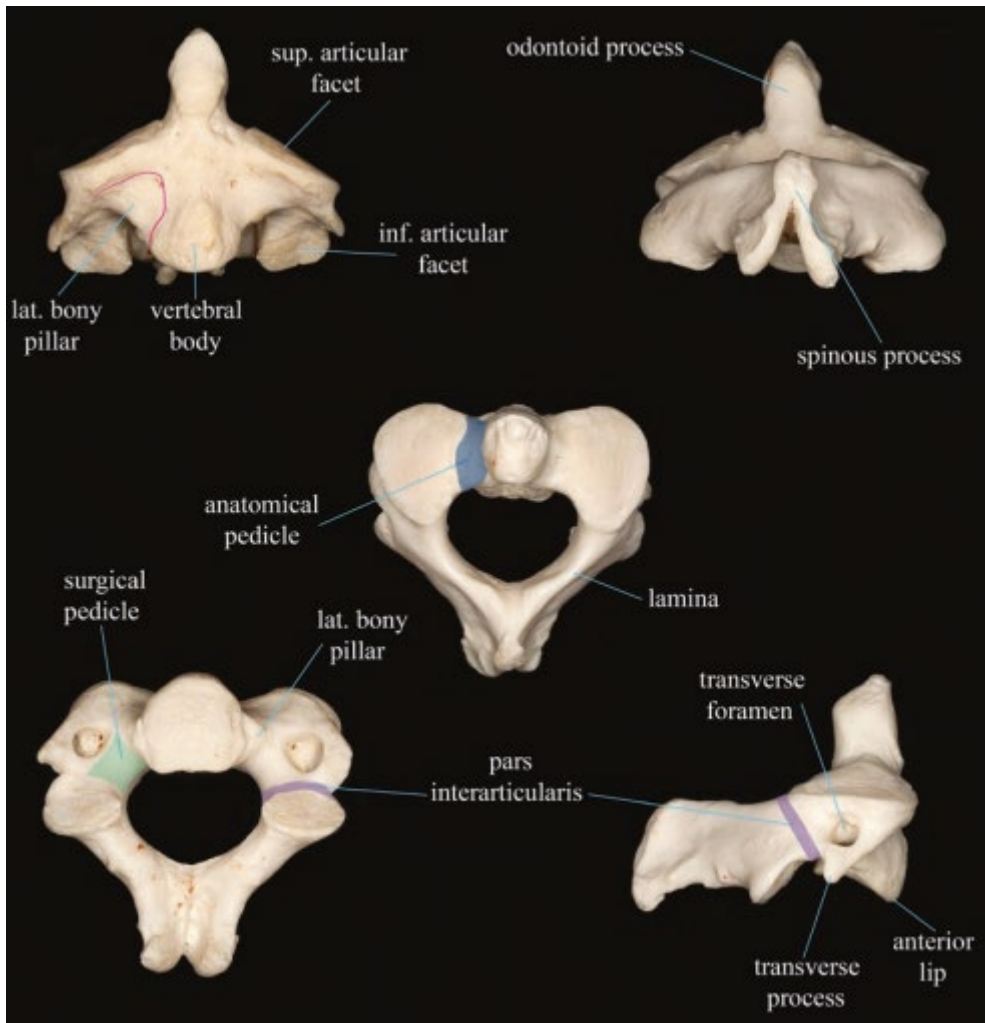
Şekil 2. Kraniyoservikal bileşke ligamentöz stabilizatörlerinin koronal bir açıklaması (Krakenes ve ark., 2003)

4.3.1 C2 Anatomisi

İkinci servikal omur, aksis olarak bilinen, özel bir omurdur (Şekil 3). Vertebral korpusu ve odontoid çıkıntısı, atlas omurunda etrafında bir eksen oluşturacak şekilde kranial yöne doğru uzanır. Vertebral korpusu asimetriktir ve konkav bir endplate'e sahiptir. C2 korpusu, tabanında en geniş olan kısımda, koronal düzlemde 15.9 mm (12.2–20.1 mm) ve sagittal düzlemde 16.7 mm (13.6–20.00 mm) genişliğindedir. Densin tabanına kadar olan vertebral cismin yüksekliği 22.13 mm (17–26 mm) kadardır. Dens, 15.8 mm (9–21 mm) yüksekliğindedir; ortalama

maksimum genişliği koronal düzlemde 10.8 mm ve sagittal düzlemde 10.9 mm'dir (Kandziora ve ark., 2001). Dens, aksisin gövdesine göre 0–30° arasında posterior yönde eğimlidir. Densin ön yüzünde, atlas ile eklem yapması için bir eklem bulunurken, arka yüzünde transvers atlantal ligament için bir transvers oluk bulunur. Vertebral cismin lateralinde, iki lateral kitle ve üst yüzeylerinde oval süperior artiküler yüzeyleri bulunur. Aksis gövdesinin yanlarından, iki kemik pillarlar kraniolateral yönde koronal düzlemde lateral kitlelere destek sağlamak üzere bulunur. C2 pedikül teriminin literatürde kullanımı, anatomik ve cerrahi pediküller olarak ayrılmayıp, farklı anatomik yapılar olarak karıştırılmıştır. Cerrahi pedikül, C2'nin pars interartikularis bölgesi için yanlışlıkla kullanılmaktadır. Aksis'in gerçek anatomik pedikülü, densin tabanını lateral kitle ile birleştiren kemik stoğudur ve gövdeyi koronal düzlemde terk eder (Şekil 3 orta resim) (Borne ve ark., 1984). Cerrahi pedikül, inferior artiküler çıkıntının altında, vertebral arter oluşu ve transvers foramenin medialinde yer alan hemitübüler bir yapı olarak tanımlanır. Tam olarak, inferior artiküler çıkıntının en öndeki kısmından vertebral korpusun yan kemiğinin anterior kısmına kadar uzanan kemik stoğudur (Şekil 3 sol alt resim). Cerrahi pedikül, C2'nin inferior vertebral çıkıntısının kranial sınırını oluşturur. Pars interartikularis, süperior ve inferior artiküler yüzeyleri birbirine bağlar (Şekil 3 sağ alt resim). Buna göre, cerrahi pedikül ile pars interartikularis aynı kökten türemiş olup, inferior artiküler çıkıntının önünde medial duvarları ortaktır ve spinal kanalın medial duvarını oluştururlar. Aksis'in vertebral arter oluşu, vertebral arterin C2 transvers forameninde, kraniale doğru giriş yaptığı kemik bir kanaldır, lateral bir dönüş yaparak transvers foramen aracılığıyla çıkış yapar. Vertebral arter oluşunun kemik bileşenleri, vertebral arterle yakın temas halindedir. Oluk, posteriomedial olarak cerrahi pedikül tarafından sınırlanır, medialde vertebral korpusun lateral kitlesinin lateral kemiği, anterosüperiorde lateral kitle ve posterosüperiorde pars interartikularis tarafından sınırlanır. Bu oluşun herhangi bir yönde boyutlarının artması, çevresel yapıların kemik kalınlığında bir azalmaya neden olacak ve bu durum vida yerleşimi için mevcut kemik kalınlığını azaltacaktır. Yüksek yerleşimli bir vertebral arter olma durumu pars interartikularisi daraltacaktır (Neo ve ark., 2003) ve aynı zamanda mediale olan bir uzantı, cerrahi pedikül ve lateral kemik sütununun boyutunu azaltacaktır. Genellikle yüksek yerleşimli bir vertebral arter durumunda, bu oluşun medial ve kranial uzantısında kombine bir daralma bulunur. Aksis pedikülüne vida yerleştirme için sınırlayıcı faktör, yatay düzlem kalınlığıdır. Bu, pedikülün medial kenarından oluşun medial kenarına kadar olan ortalama 6.38 mm (2.09–12.62) (Ould Slimane ve ark., 2014) veya farklı bir çalışmada BT taramaları kullanılarak ölçülen 5.18 mm (2.2–9.2) kullanılarak ölçülmüştür. Pedikül yüksekliği erkeklerde/kadınlarda 9.7 mm/8.7 mm'dir (Smith ve ark., 2010). Ortalama pedikül transvers açısı 43,9°'dir (Cassinelli ve ark., 2006). Süperior fasetler

koronal ve sagittal düzlemde aşağıya doğru eğimlidir. İnferior fasetler aşağıya doğru bakar ve hafifçe anterolateral bir yönelime sahiptir. Transvers çıkıntılar, lateral kitlenin anterolateral yüzeyinde ve pars interartikularis 'in lateral yüzeyinde, inferior artiküler fasetin hemen anteriorunda başlayan küçük lateral çıkıntılardır. Aksis laminası belirgindir ve diğer servikal laminalardan daha uzun ve kalındır. Alt yarısında ortalama 5.77 mm (1.35–9.77) kalınlığındadır (Cassinelli ve ark., 2006). Aksis'in bifid spinoz çıkıntısı da belirgindir ve kraniolateral yüzeyinde rektus kapitis posterior majör ve altta oblikus kapitis inferior kasları için bağlantı noktaları sağlarken, alt yüzeyinde nuchal ligament, multifidus ve semispinalis servisis kaslarına bağlanır.



Şekil 3. Aksis (C2) omuru. İlgili bölgeler, anatomik pedikül, cerrahi pedikül ve pars interartikularis bölgeleri işaretlenmiştir (Bodon ve ark. 2019).

4.4. Biyomekanik

Okipitoatlantal bileşke, kafatasının fleksiyon/ekstansiyonunda 23°–24,5° katkıda bulunurken, atlantoaksiyal eklem ekstra 10,1°–22,4° katkı sağlar (Panjabi ve ark., 1988). Okipitoatlantal bileşkede, densin foramen magnum'a doğru dayanması (abutman yapması) anormal fleksiyonu

engellerken, odontoidin tektorial membranla temasının ekstansiyonu sınırladığı bilinmektedir. Transvers ligament, atlantoaksiyal segmentin patolojik fleksiyonunu önlerken, ekstansiyon atlantoaksiyal eklem yüzeylerinin kemik elemanları tarafından engellenir (Dvorak ve ark., 1991).

Servikal omurganın fizyolojik hareketi, orta çizgiden 90°'lik bir rotasyon gerçekleştirebilir. Atlantoaksiyal kavşak 25°–30° katkıda bulunur, bu noktadan sonra hareket subaksial segmentler arasında gerçekleşir. Atlantoaksiyal rotasyonun 30°'den fazla olması kontralateral vertebral arteri gerer ve bükür (Selecki ve ark., 1969). Daha fazla (45°'lik) akut rotasyon, ipsilateral vertebral arteri tıkayabilir. Atlantoaksiyal bileşke kemik yüzeyleri, kilitlemeden önce 40°'ye kadar rotasyona izin verir, bu da aşırı rotasyona önemli bir kısıtlama getirir (Wolfla ve ark., 2006). Kontralateral alar ligament ve ipsilateral transvers ligament, oksipitoatlantal ve atlantoaksiyal bileşke eklem kapsüllerinin desteğiyle patolojik rotasyona karşı direnç gösterir.

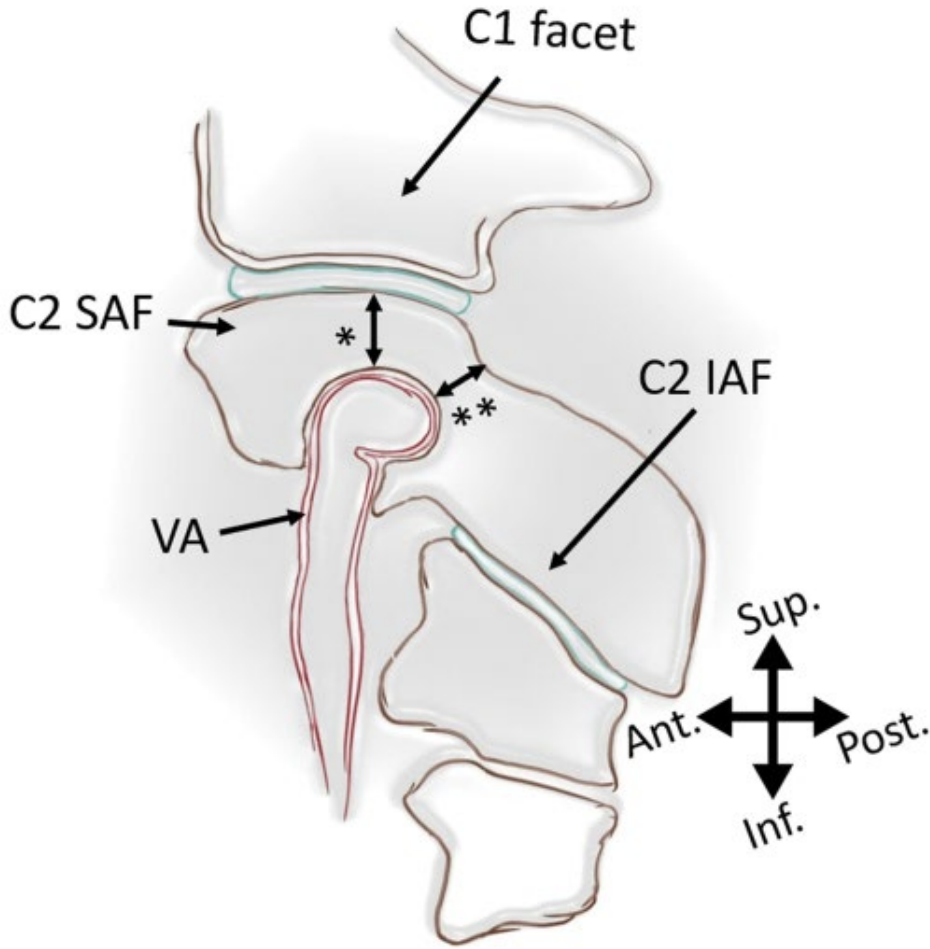
Oksipitoatlantal bileşkenin yan eğilmesini oksipital kondiller 3,4°–5,5° her iki yönde de sınırlar. Atlantoaksiyal segment 6,7°'ye kadar ulaşabilir, daha fazla yana hareketi alar ligamentler engeller (Cassinelli ve ark., 2006).

KSB'de diğer hareket düzlemlerinde hareket minimumdur, bunlar arasında translasyon, distraksiyon ve kompresyon bulunur. Bu stabilitenin sorumluluğunu hem ligamentöz hem de kemik yapılar üstlenmektedir. Transvers ligament, alar ligamentler ve kapsüler eklem, sagittal düzlemde anterior translasyona karşı direnirken, oksipital kondiller ve densin atlas ve foramen magnum ile teması, posterior translasyona karşı kemik bariyerler oluşturur. Oksipital kondillerin kapsüler eklemi ve atlantoaksiyal zigapofizyal eklem, kompresyona karşı direnç gösterir (Wolfla ve ark., 2006). Distraksiyon, KSB'nin fizyolojik bir hareketi değildir.

4.5. Yüksek Yerleşimli Vertebral Arter

Kraniyoservikal bileşke, geniş bir hareket aralığına izin veren yüksek derecede özelleşmiş bir birimdir. Kranioservikal bileşke patolojileri durumunda, redüksiyonla füzyon gerekebilir. Füzyon sırasında, transpediküler veya transartiküler vidalar kullanılarak vertebral arterler (VA) hasar görebilir, bu da sonucu dramatik bir şekilde etkileyebilir. Bu komplikasyonun riski normal anatomisi olan hastalarda her iki teknikte benzerdir. Tipik olarak, C2 seviyesinde bir VA, transvers foramene girecek ve ardından foramenden daha yatay bir şekilde çıkacak keskin bir posterolateral dönüş yapacaktır. Bu nedenle, C2 transvers foramen için 3 boyutlu şeklini yansıtan yeni bir terim önerilmiştir- vertebral arter oluğu- (Tubbs ve ark., 2016). Bu üç boyutu sağlayan kurvaturalar, VA'ı anormal bir seyir için eğilimli hale getirir, bunlardan biri de yüksek yerleşimli vertebral arter (YYVA) olarak adlandırılır. YYVA, C2 istmus yüksekliği <5 mm

ve/veya spinal kanalın sınırından 3 mm lateralde ölçülen iç yükseklik <2 mm olan bir durum olarak tanımlanmıştır (Şekil 4). YSVA'nın, tek taraflı veya çift taraflı olması, transartiküler fiksasyonun başarısızlık riskini artırır ve zaman zaman vidaların güvenli bir şekilde yerleştirilmesini tamamen engelleyebilir. YSVA'ı olan bir hastada füzyon gerekiyorsa, translaminar veya spinoz çıkıntı bifid taban vidaları, damara zarar verme riski çok daha düşük olduklarından uygulanabilir, ancak redüksiyon manevra kuvveti düşüktürler ve füzyon için yeterli potansiyele sahip değildirler (Wang ve ark., 2019). Bu nedenle, preoperatif farkındalık ve YSVA'nın erken tanımlanması, füzyon yöntemi ve sonuç seçimi için esastır. Bu kritik varyantın yaygınlığıyla ilgili rapor edilen veriler arasında büyük bir tutarsızlık bulunmaktadır, literatürdeki yayınlara göre bu oran %8,3'ten %40,3'e kadar değişmektedir (Chung ve ark., 2005, Li ve ark., 2017).



Şekil 4. Atlantoaksial fasetal eklem sagittal kesiti. Yüksek yerleşimli vertebral arter, istmus yüksekliği <5 mm veya/ve internal C2 yüksekliği <2 mm olarak tanımlanır, ölçüm spinal kanalın lateral sınırından 3 mm lateralde yapılır. SAF, superior artiküler faset. IAF, inferior artiküler faset. VA, vertebral arter. *Internal yükseklik. **İstmus yüksekliği. Ant., anterior. Post., posterior. Sup., superior. Inf., inferior (Klepinowski, T ve ark. 2021).

4.6. Kranioservikal Bileşke Anomalileri

4.6.1. Ossikulum Terminale

Kalıcı ossikulum terminale, sekonder ossifikasyon merkezinin (terminal ossikle) odontoidin geri kalanına kaynamasının sonucudur. Normalde 12 yaşına kadar gerçekleşmelidir. Bu durum (Tip I) odontoid kırığı ile karıştırılabilir. İki etiyolojiyi ayırt etmek için yine düzleştirilmiş kortikal bir kenarın tanımlanması önemlidir (Prescher ve ark., 1997, O'Brien WT ve ark., 2015, Smoker ve ark., 1994).

4.6.2. Os odontoideum

1886'da Giacomini tarafından ilk kez tanımlanan ve Latince "os" kelimesinden (kemik) ve "odontoideum" kelimesinden (diş) türetilen bu durum, odontoid sürecin yerinde küçük bir hipoplastik dens ve aksisin korpusu üzerinde yatan düz bir kortikal kenara sahip ayrı bir osikuldür ve (Tip II) odontoid kırığına benzer. Os odontoideum, sonradan edinilmiş bir anomaliden mi yoksa gerçekten doğuştan gelen bir anomaliden mi kaynaklandığı hala tartışmalıdır.

4.6.3. Alar Ligamentte Kalsifikasyon

Nadir durumlarda, alar ligamentte nodüler kalsifikasyon/ossifikasyon görülebilir ve bu nadiren, bilinçsiz veya entübe edilmiş ve ventilasyon destekli çoklu travma geçiren hastada kraniyoservikal travma için yüksek riskli yaralanmalarla karşılaşıldığında bir görüntüleme teşhis zorluğu olarak ortaya çıkabilir. Kalsifikasyon genellikle bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülemesinde alar ligament bölgesinde nodüler, oldukça iyi sınırlanmış kalsifikasyon/ossifikasyon olarak ortaya çıkar (Sim ve ark., 2006).

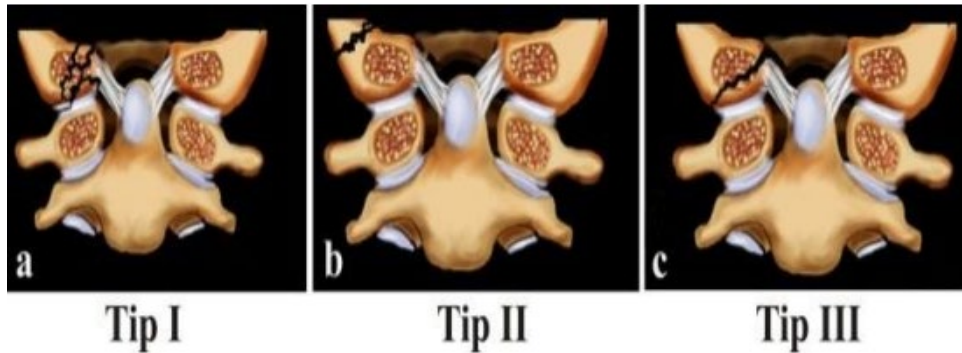
4.7. Kranioservikal Bileşkenin Künt Travmatik Yaralanması

4.7.1 Basioksipital Kırıklar

Kafa kırıklarının sadece %2'sini oluşturmalarına rağmen, ilişkili mortalite oranı yüksektir ve %24 ile %80 arasında tahmin edilmektedir. Bu yüksek mortalite oranı, beyin sapına olan yakınlığı ve nörolojik yaralanmanın (özellikle kranial sinir VI) ve vasküler yaralanmanın yüksek görülme olasılığından kaynaklanmaktadır. Tanımlanan karakteristik paternler arasında transvers, oblik ve uzunlamasına olanlar bulunmaktadır. Basioksipital kırıklar genellikle kraniyoservikal yaralanma ile görülür, bu da retroklival epidural hematoma'nın nadir bir oluşumunu da içerir (Tubss ve ark., 2010, Ochalski ve ark., 2009).

4.7.2. Oksipital Kondil Kırıkları

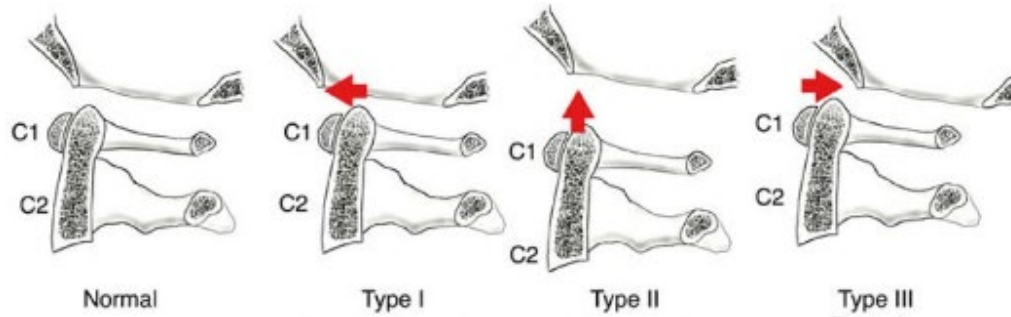
Oksipital kondil kırıkları, BT teknolojisinin ortaya çıkmasına kadar nadir olarak kabul ediliyordu ve muhtemelen önemli oranda rapor edilmiyorlardı. İlk oksipital kondil kırığı raporu, muhtemelen Charles Bell'in 1817'de bir hastanın durumunu tanımladığı zamana kadar uzanmaktadır. Hasta taburcu olana kadar iyi durumdaydı, ardından eşyalarını almak için eğildiğinde aniden öldü- otopside bir oksipital kondil kırığı tanımlandı ve medullayı sıkıştırdığı varsayıldı. Bildirilen oksipital kondil kırıkları sıklığı %4 ile %19 arasında değişmektedir (Karam ve ark., 2010, Link ve ark., 1995, Alcelik ve ark., 2006). Oksipital kondil kırıklarının kliniği değişken olabilir, ancak eşzamanlı kafa travması sık görülen bir bulgudur. Oksipital kondilin anatomik konumu, kırık durumunda beyin sapı, alt kranial sinirler (kranial sinir IX–XII) ve venöz ve arteriyel damarların özellikle risk altında olduğu anlamına gelmektedir. Oksipital kondil kırıklarının en yaygın kabul edilen sınıflandırma sistemi Anderson ve Montesano tarafından tanımlanmıştır ve muhtemel yaralanma mekanizması ve olası instabilite riskini içerir (Anderson ve ark. 1988, Bools ve ark., 1986). Bu sistem, üç tip oksipital kondil kırığı tanımlar. Tip I, oksipital kondilin ezilme kırığıdır, kayma minimaldir veya yoktur. Bu kırık tipi, tektorial membranın ve karşı alar ligamentin sağlam olduğu düşünüldüğü için stabil kabul edilir. Ancak, bilateral kırıklar instabil olabilir. Tip II kırık, bir veya her iki oksipital kondili içeren kafa tabanından kondile uzanan bir kırık mevcuttur ve stabiliteyi koruyan tektorial membran ve alar ligamentlerle ilişkilidir. Genel olarak stabil kabul edilir. Tip III kırık, foramen magnum içine medial parça kayması ile sonuçlanan bir avülsiyon kırığıdır; bu kırık tipinde, karşı alar ligament ve tektorial membran gerilmiş olabilir ve bu da kısmi yırtılma veya tam kopmayla sonuçlanabilir ve bu nedenle potansiyel olarak instabil kabul edilir (Şekil 5).



Şekil 5. Anderson & Montesano Sınıflandırmasına göre oksipital kondil kırıklarının koronal düzlemde sınıflandırılması, hasarın oluşum mekanizması ve stabilize durumu. (a) Tip I, aksiyal yüklenme, stabil kırık (b) Tip II, direkt darbe, stabil kırık (c) Tip III, yana bükülme (lateral bending) ve/veya rotasyonel boyun hareketi, stabil olmayan kırık (Anderson ve ark. 1988)

4.7.3. Atlanto-Oksipital (Oksipito-Atlantal) Dislokasyon

Yüksek mortalite ve önemli nörolojik morbidite ile ilişkilidir: atlanto-oksipital dislokasyonu meydana getirmek için gereken kuvvet, genellikle ölümcül olacak kadar yüksektir ve bu nedenle bu travmatik yaralanmanın antemortem görüntülenmesi nadirdir (Bools ve ark., 1986, Garrett ve ark., 2010). Normal anatomik koşullar altında, konveks oksipital kondiller, Atlas'ın lateral kitlelerin konkavitesi içinde yer almaktadır. Eklem, gevşek bir kapsülle çevrilidir. Pediatrik popülasyonda bu eklem atlas üzerindeki eklem yüzeyi daha az konkav olduğundan, bu grupta atlanto-oksipital dislokasyonun daha yüksek görülme olasılığı vardır (Steinmetz ve ark., 2003). Atlanto-oksipital eklem stabilitesi için en önemli bağlar, krusiform ve alar ligamanlar ile tektorial membrandır. Bu bağlar, pediatrik popülasyonda yetersiz gelişmiştir, bu da bu yaralanmanın bu hasta grubundaki görülme sıklığına katkıda bulunur. Traynelis sınıflandırması genellikle betimsel olup atlanto-oksipital dislokasyonu üç tipe ayırır ve oksipital kondillerin dislokasyon yönüne bağlı olarak belirlenir (Şekil 6): Tip I yaralanmalar, oksipital kondillerin atlas'a göre anterior (ön) yer değiştirmesini temsil eder; Tip II yaralanmalar, oksipital kondillerin atlas'a göre dikey yer değiştirmesi ile distraksiyon yaralanmalarıdır; Tip III yaralanmalar, oksipital kondillerin atlas'a göre posterior (arka) yer değiştirmesini tanımlar (Pang ve ark., 2007). Hem basion-dens aralığı (yetişkinde 10 mm'den fazla ve pediatrik hastada 12 mm'den fazla ise anormal) hem de kondil-atlas aralığı (yetişkinde 2 mm'den fazla ve pediatrik hastada 5 mm'den fazla ise anormal) atlanto-oksipital eklemden anormallik belirlemek için kullanılabilir (Pang ve ark., 2007).



Şekil 6. Traynelis sınıflandırmasının üç tipi bulunmaktadır: Tip I'de oksipital kondiller atlas'a göre anterior yöne yer değiştirir; Tip II'de oksipital kondiller atlas'a göre uzunlamasına bir şekilde yer değiştirir; Tip III'te oksipital kondiller atlas'a göre posterior yönde yer değiştirir (Hall, G. C ve ark. 2015).

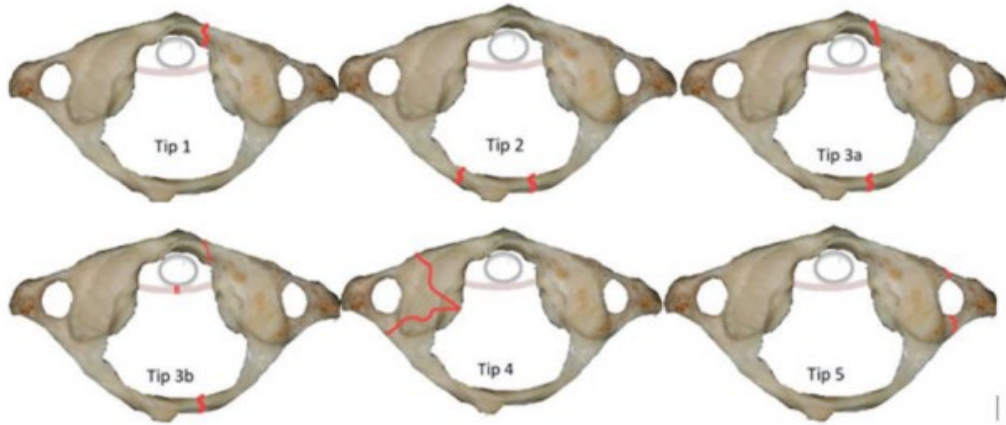
4.7.4. C1 Vertebra (Atlas) Kırıkları

Nükleer Kranioservikal yaralanmaların %25'ini oluşturduğu tahmin edilmekte olup, en yaygın nedenler motorlu araç kazaları ve düşmelerdir. Atlas kırıkları izole olarak meydana gelebilir, ancak genellikle aksis ve subaksiyal servikal omurga kırıkları ile ilişkilidir ve ayrıca transvers

ligamanın yırtılması ve kapalı baş yaralanması ile de ilişkilenebilir (Kakarla ve ark., 2010, Hadley ve ark., 1988, Levine ve ark., 1991). Vertebral arter diseksiyon yaralanması ve alt kranial sinir felçleri (IX–XII) ile ilişkili komplikasyonlar bildirilmiştir (Connolly ve ark., 2000).

4.7.4.1. Jefferson Kırıkları

Başlangıçta Sir Geoffrey Jefferson tarafından tanımlanmış olup, Gehweiler ve ark. (1980) tarafından sınıflandırıldığında; atlas kırıkları tip I (yalnızca posterior arkı içeren kırıklar), tip II kırıklar (yalnızca anterior arkı içeren kırıklar), tip IIIa (klasik Jefferson kırığı) çift taraflı posterior ark kırıkları ile ilişkili olan tek taraflı veya çift taraflı anterior ark kırığı içeren kırıklar, tip IIIb buna ek olarak transvers ligaman hasarı, tip IV lateral masları da içeren kırıklar ve tip V anterior arkın transvers kırıkları olarak sınıflandırılmıştır (Jefferson ve ark., 1920, Stewart ve ark., 1977). Atlanto-aksiyal eklemi stabilize eden kritik yapı transvers ligamenttir ve bu ligamentin bütünlüğü, atlas kırıklarının stabilitesini veya instabilitesini belirler. Otopsi çalışmaları, bu tür kırıkların biyomekaniği hakkında daha fazla detay ortaya koymuştur (Panjabi ve ark., 1991, Oda ve ark., 1991). Atlas kırıkları çoğunlukla aksiyal yükleme mekanizması ile oluşur; aksiyal yükleme oksiput aracılığıyla gerçekleştiğinde, atlas lateral kitlelerinin distraksiyonu meydana gelir, bu durum vertebra halkasındaki radial stresin artmasına neden olur ve anterior ve posterior arklar arasındaki birleşim noktalarında kırıklar meydana gelir. Atlas kırıklarıyla transvers ligaman yaralanması yaygındır ancak, transvers ligaman yaralanmalarının kemik yaralanması olmadan meydana gelebileceği unutulmamalıdır.



Şekil 7. Atlas kırıklarında Gehweiler Sınıflaması.

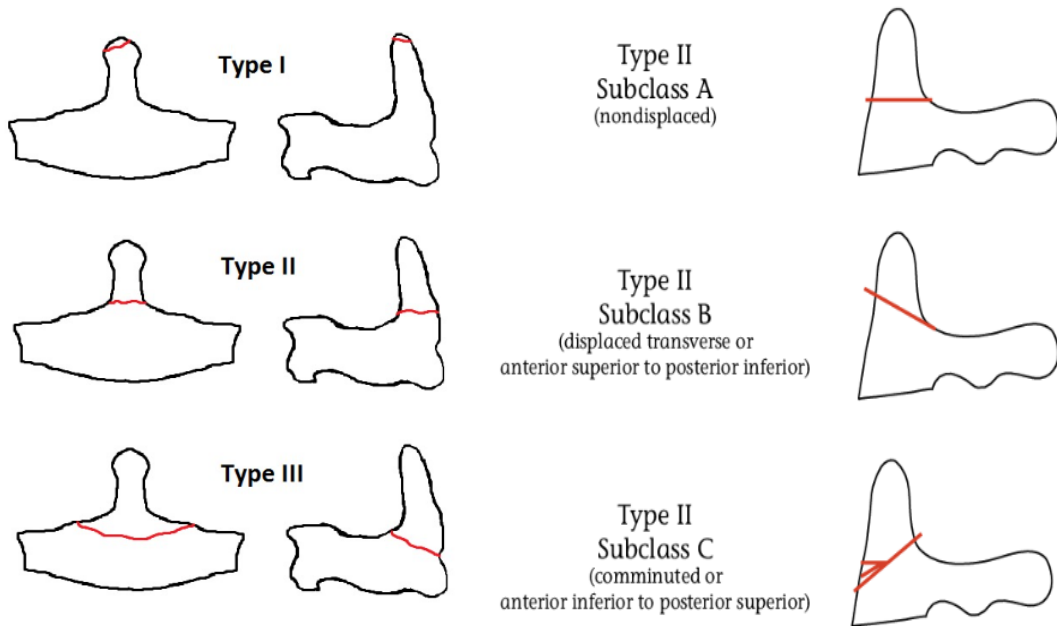
4.7.5. C2 Omur (Aksis) Kırıkları

Aksis kırıkları ile ilişkilendirilen nörolojik bozukluk ve akut mortalite insidansı sırasıyla %8,5 ve %2,4'e yaklaşmaktadır. Ayrıca, nörolojik bozukluk insidansı, atlas-aksis kırıklarının

kombinasyonunda, bu kırıklardan herhangi birinin tek başına meydana gelmesinden daha yüksektir (Pryputniewicz ve ark., 2010).

4.7.5.1. Odontoid Kırıkları

Anderson ve D'Alonzo tarafından geliştirilen odontoid kırıklarının sınıflandırması hala günümüzde kullanılmakta olup, odontoid kırıklarını üç tip olarak ayırır (Anderson ve ark., 1974). Tip I, odontoid çıkıntının üst kısmında meydana gelen bir kırıktır; tip II, odontoid çıkıntının gövde ile birleşim noktasında meydana gelen bir kırıktır ve en yaygın türdür; tip III, odontoid çıkıntının gövdesinin trabeküler kısmına doğru uzanan bir kırıktır ve ikinci en yaygın formdur (Şekil 8). Gaauer ve ark. (2005) Tip 2 kırıklarını 3'e ayırmıştır. Tip IIa kırık hattı non-deplasedir ve konservatif tedavi uygun olabilir. Tip IIb Kırık hattı, üst taraftan ön tarafa doğru ve alt taraftan arka tarafa doğru uzanır ve genellikle cerrahi tedavi gerektirebilir. Tip IIc kırık hattı, alt taraftan ön tarafa doğru ve üst taraftan arka tarafa doğru uzanır ve genellikle cerrahi tedavi gerektirebilir.



Şekil 8. Odontoid fraktürlerde Anderson ve D'Alonzo ve Gaauer Sınıflaması (Anderson ve ark. 1974)

4.7.5.2. Hangman Kırığı

Hangman kırıkları, başlangıçta idam edilen insanlarda idam ipinin düğümünün submental bölgenin altına yerleştirilmesiyle tanımlanan ve bu kırık tipini temsil eden aksisin pars interartikularisinin çift taraflı kırıklarıdır. Benzer durum, motorlu araç kazalarının veya ani frenleme kazalarının kurbanlarında da görülse de ve bu yüzden bu ismin yaygın olarak kullanılmasına yol açmış olsa da bu travmatik spondilolistezisler, motorlu araç kazalarında veya düşmelerde farklı bir biyomekanik olayla hiperekstansiyon ve kompresyonla oluşur.

Aslında idam sırasında olduğu gibi hiperekstansiyon ve distraksiyon yoktur. Hangman kırığının neden olduğu omurilik ve sinir kökü yaralanmasının rapor edilen insidansı düşüktür. Eğer hasta ilk yaralanmayı atlatabilirse, aksisin seviyesindeki göreceli olarak geniş kanal, omurilik yaralanmasına karşı bir miktar koruma sağlar (Greene ve ark., 1997, Mollan ve ark., 1982, Riascos ve ark., 2015). Bu travmatik spondilolistezislerin çoğu, Halo immobilizasyon veya servikal yaka immobilizasyonu gibi cerrahi olmayan yöntemlerle tedavi edilebilir.

4.8. Posterior C1-C2 Fiksasyon Yöntemleri

4.8.1. İnterlaminar Klempler

Posterior interlaminar klempler, C1-C2 laminanın sağlam olduğu durumlarda kullanılabilir. Ancak bu teknik, belirgin dejeneratif değışikliklerin veya C1 ve C2'nin posterior elemanlarında osteoporozun bulunduğu durumlarda kullanılamaz. Ayrıca, Jefferson veya Hangman kırığı durumlarında bu teknik uygulanamaz. Klempler, C1 laminasının üst yüzeyine kancaların yerleştirilmesi ve C2 laminasının alt yüzeyine kancaların yerleştirilmesiyle kullanılır (Şekil 9). Kancalar sıkılır ve tercihen laminar kelepçeler sıkılmadan önce iki laminanın arasına kemik grefti yerleştirilir. Biyomekanik olarak, posterior laminar klempler fleksiyon ve ekstansiyon manevraları ile mükemmel stabiliteye sahiptir. Ancak, rotasyonel hareketlerde klempler, diğerk tekniklerdeki gibi etkili değildir (Hajek ve ark., 1993). Eğer posterior klemp yapısı, kemik füzyonu gerçekleşmeden önce gevşerse, ekstra bir cerrahi müdahale gerekecektir.



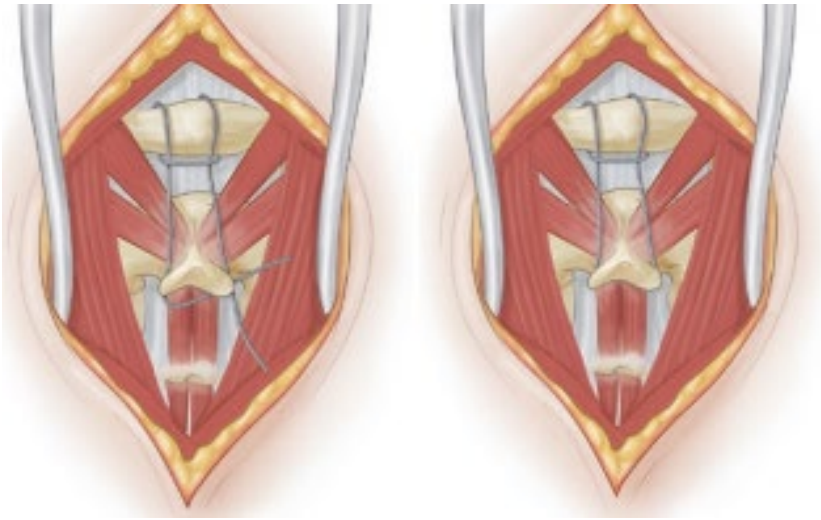
Şekil 9. Klemp enstürmanın lateral X-Ray görüntüsü

4.8.2. Posterior Telleme Tekniği

Posterior kelepçe tekniği gibi, C1 ve C2'nin sağlam posterior arkı ve laminalarını gerektirir. C1 veya C2'nin posterior elemanlarında kırıklar varsa (Hangman veya Jefferson kırığı dahil), C1-C2 kompleksinin posterior dekompresyonu gerekiyorsa veya belirgin osteoporoz varsa kullanılamazlar. İnterlaminar kanca tekniklerinin aksine, posterior telle bağlama teknikleri bir tel ile sublaminar geçiş gerektirir ve bu manevra sırasında dura veya omurilik yaralanma potansiyeline sahiptir. Posterior telleme tekniklerini uygularken, genellikle daha esnek oldukları ve dura veya sinir yaralanması ihtimali daha az olduğu için atlas çift örgülü titanyum telleri tercih edilir.

4.8.3. Pediatrik Vakalarda Telleme

Pediyatrik vakalarda üst servikal omurgada sıkça patolojiler oluşabilir. Dislokasyonun azaltılması ve stabilizasyon, fiksasyon ve füzyonu kolaylaştırır. Omur kemiklerinin boyutundan veya büyüme kıkırdağı nedeniyle var olan anatomik yapı, klasik fiksasyona (kancalar veya vida gibi) izin vermez. Halo alçı, korse ve French alçısı daha yüksek servikal omurgayı immobilize etmez ve üst servikal omurganın dislokasyonunun azaltılmasını sağlamaz. O-C1-C2 veya C1-C2 teli bir çözüml olabilir, ancak biyomekanik olarak en iyi teknik olmadığı gösterilmiştir (Şekil 10) (Wertheim ve ark., 1987).

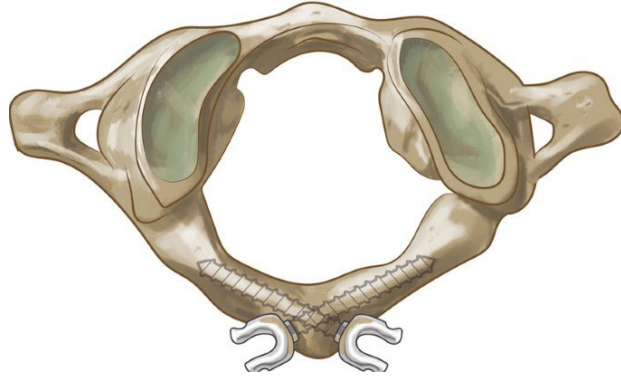


Şekil 10. Üst servikal telleme tekniği

4.8.4. C2 Translaminar Vida ile Fiksasyon

C2 translaminar vidaların bilateral olarak çaprazlanması, C2 vertebra (aksis) fiksasyonu düşünöldüğünde bir alternatif olabilir (Şekil 11). Bu prosedür teknik açıdan zorlayıcı değildir ve sağlam bir fiksasyon sağlar. Geleneksel posterior telleme yöntemleri de teknik olarak basittir, ancak sınırlı rijitlikten kaynaklanan suboptimal füzyon oranları vardır. Translaminar

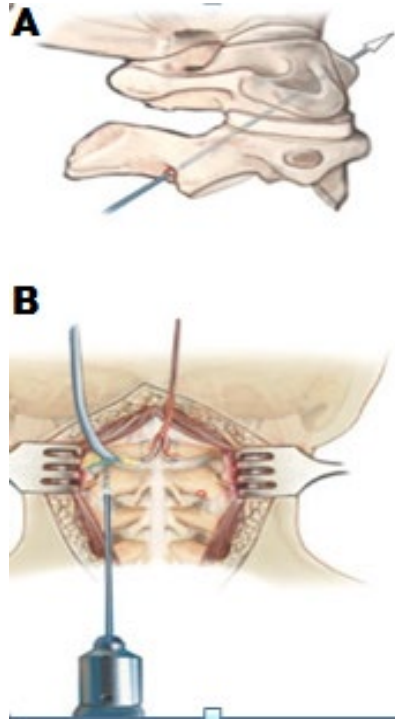
vidalar, hastanın anatomisindeki değişikliklerden etkilenmez ve diğer teknik açıdan zorlayıcı C2 vidalama seçenekleri (C1-C2 transartiküler vidalar, C2 pedikül vidaları) gibi vertebral arterlere zarar riski taşımaz (Wright ve ark., 2005). Bu nedenle, C2 translaminar vida fiksasyonu yerleştirme anatomi ve tekniği konusunda bir anlayış geliştirmek, oksipitoatlantal veya subaksial enstrümantasyon ile birlikte kullanılabilecek aksisin sağlam bir fiksasyonu için ek bir yöntem sağlayabilir.



Şekil 11. Bilateral C2 translaminar vida yerleştirme giriş noktalarının ve yolunun görünümü

4.8.5. C1-2 Transartiküler Vida Yerleştirme (Magerl) Tekniği

Geçmiş yıllarda daha az sıklıkta kullanılmasına rağmen, Magerl tarafından tanımlanan C1-C2 transartiküler teknik, diğer atlantoaksiyal stabilizasyon yöntemlerine göre benzersiz avantajlar sunar ve bazı uzmanlar tarafından atlantoaksiyal instabilite tedavisinde posterior fiksasyonun altın standardı olarak kabul edilirdi (Haid ve ark., 2001). Bu yöntem, her bir C2 pars interartikularis (istmus) üzerinden yollanan vidaların, C1-2 faset eklemini geçerek C1 arkusunda sonlanması esasına dayanır. Bu teknik, özellikle aksiyal rotasyon ve lateral bükülmeye karşı mükemmel fiksasyon sağlar (Şekil 12) (Sim ve ark., 2011). Bu teknik, özellikle Sonntag tarafından modifiye edilen, Gallie füzyonun interspinöz greft ve tel konstrüksiyonu ile birleştirildiğinde biyomekanik dayanıklılık daha da artar ve postoperatif ortez immobilizasyonu gerekmez. Elde edilen konstrüksiyonun, yayımlanan biyomekanik çalışmalarda, diğer C1-C2 stabilizasyon tekniklerine göre üstün olduğu gösterilmiştir (Bransford ve ark., 2011). Transartiküler vida yerleştirme tekniği, C1 ve C2 vertebraının üç boyutlu anatomisini çok iyi anlamayı gerektirir. İşlem öncesi doğru preoperatif radyografik değerlendirme, röntgen çalışmaları, bilgisayarlı tomografi (BT) ve BT anjiyografi veya manyetik rezonans anjiyografi (MRA) yapılmalıdır. Magerl tekniği, uygun hastada kullanıldığında yüksek füzyon oranına sahiptir (%96) fakat komplikasyon oranı oldukça yüksektir (8%) (Sim ve ark., 2011).



Şekil 12. Magerl tekniğinin sagittal (A) ve koroner(B) kesitlerinin illüstrasyon görüntüsü

4.8.6. C2 Pedikül Vida Yerleştirme

C1 lateral kitle ve C2 pedikülüne vidalar yerleştirilerek kısa rodlar veya plak ile birbirlerine bağlanır. Goel, kraniyoservikal bölge anomalilerinde C1-C2 arasındaki mesafeyi açmak için kemik greft, takoz yerleştirerek ve C1-C2'ye gönderdiği vidaları bir plak ile sabitleyerek bu yöntemi literatürde ilk kez yayınlamıştır (Şekil 13) (Goel ve ark., 1994). Ancak, Harms 2001 yılında bu cerrahi yöntemi yeniden gündeme getirmesiyle teknik popülerlik kazanmıştır. Harms ve arkadaşları, C1 lateral kitle ve C2 pedikülünden vertebranın korpusuna bilateral vidalar göndererek ve bunları rodlarla birbirine tutturarak bu posterior fiksasyon yöntemini farklı şekilde yayınlamıştır (Harms ve ark., 2001). Klasik C1 lateral kitle giriş noktası C1 lateral kitlenin orta noktasıdır ve yaklaşık 10-15 derece mediale ve 10 derece süperiora doğru yönlendirme yapılır. Klasik C2 pedikül vidası giriş noktası C2 istmusunun üst medial kısmıdır ve yaklaşık 10- 20 derece mediale ve 10- 20 derece süperiora doğru vida yerleştirilir. Vida yerleştirmeden önce kör uçlu bir hook yardımı ile C2 pedikülü ve kavsini hissetmek ve mümkün olduğunca vidayı medialden yerleştirmek önemlidir. Bu şekilde vertebral arter hasarından kaçınılmaya çalışılır. Bu tekniğin uygulaması Magerl tekniğine nazaran daha kolaydır ve biyomekanik olarak Magerl tekniğine eşit derecede rijid stabilizasyon ve dayanıklılık sağlar.



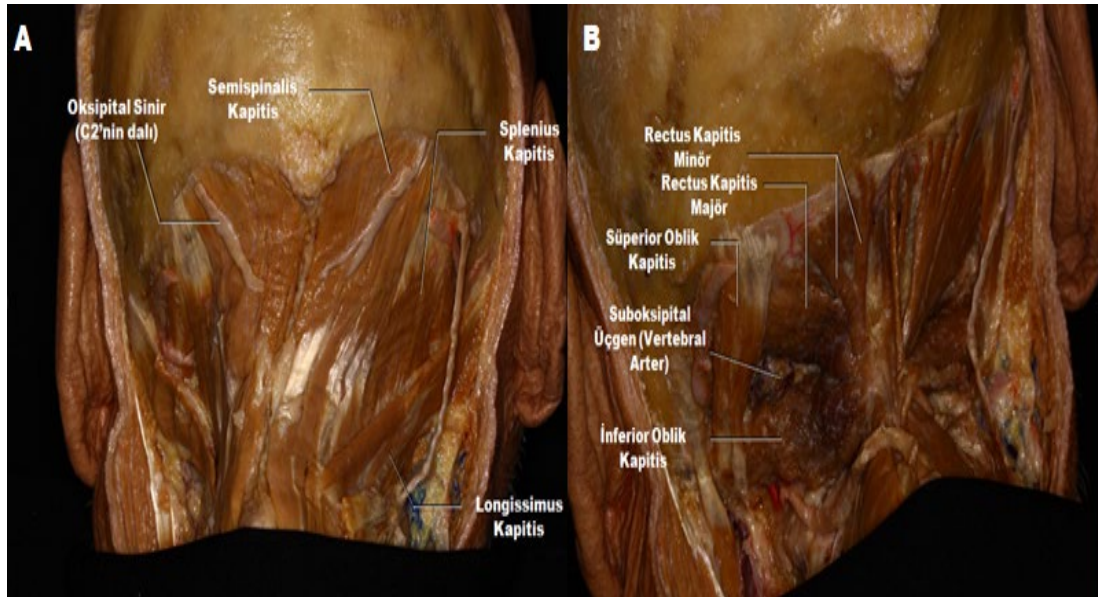
Şekil 13. C1 lateral kitle ve C2 pedikül stabilizasyon, Goel tekniği illüstrasyonu

5. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Üniversite Araştırma Etik Kurulunun 02.04.2021 tarih ve 09.2021.488 nolu izin kararı ile yapılmıştır. Çalışma üniversitenin nöroanatomi laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışmada, on iki adet formaldehit ile fiske edilmiş yetişkin kadavra örneği ve iki adet yetişkin kuru kadavra C2 kemiği kullanılmıştır. Bu on iki kadavra örneğinin arter ve venlerine renkli silikon enjekte edilmiştir. Ardından, kas diseksiyonu adım adım gerçekleştirilmiş ve Zeiss OPMI Vario 700 Cerrahi Mikroskop ile kadvraların C2 vertebraları ortaya çıkarılmıştır. Her bir örnek ve diseksiyonun tüm aşamaları, Canon 5D Mark II yüksek çözünürlüklü dijital kamera (CanonCo. Tokyo, Japonya) ile fotoğraflanmıştır. Kadavra diseksiyonları tamamlandıktan ve üç farklı teknik ile vida yerleştirme yapıldıktan sonra, radyolojik görüntüleme C-kollu skopi ile gerçekleştirilmiştir.

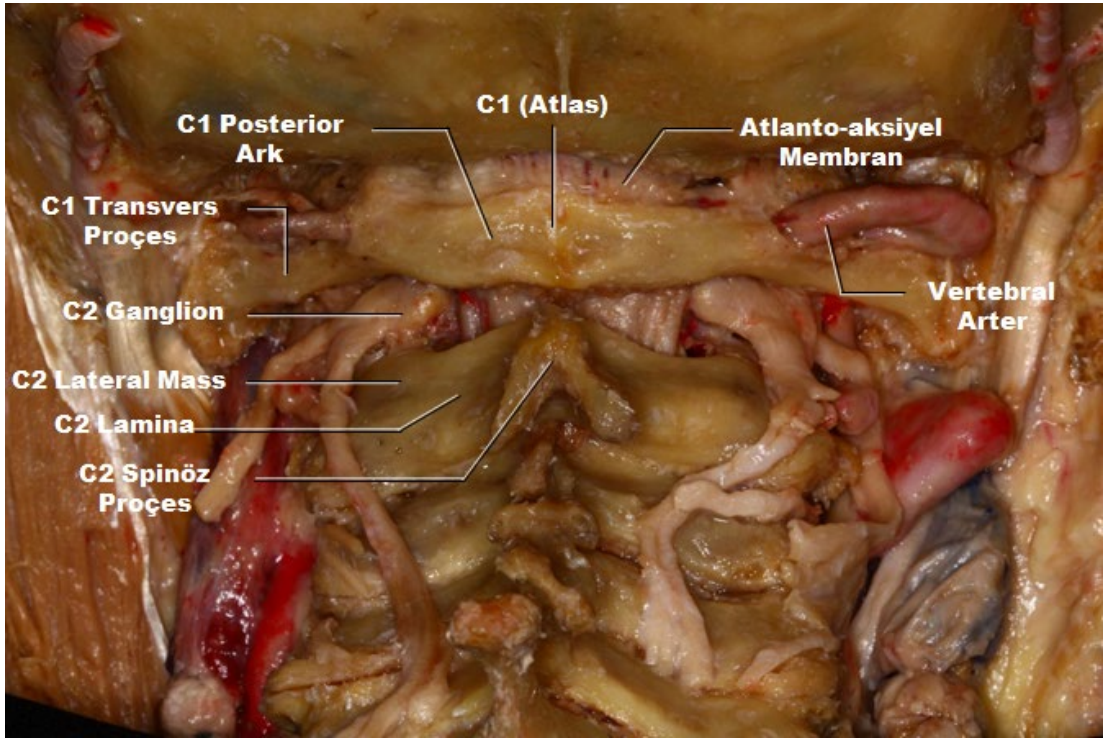
6. BULGULAR

Cilt ve deri altı dokularının diseke edilmesi sonucunda, posterior servikal bölgenin kasları ortaya çıkarıldı. Trapezius kasının altında (gösterilmemiştir), boynun orta derinlikteki kasları görüldü. Şekil 14'te görüldüğü gibi en medialde bulunan kas lifleri, semispinalis capitis kasına aittir. Semispinalis capitis kasının lateral ve inferiorunda, splenius capitis kasının lifleri de görülmektedir. Bu iki kas, servikal omurganın döndüğü süreçlerden türemiş ve external oksipital protuberans'a bağlanmıştır. En lateral ve inferior kısımlarda, longissimus capitis kası görülür. Oksipital sinir, C2 dorsal kökünün bir dalı olan semispinalis capitis kasını deler ve süperolateral olarak seyrederek ve başın arka kısmının duyu innervasyonunu alır. (Şekil 14A). Bu üç kas diseke edildiğinde, daha derin bir kas tabakası görülür. Bunlar rektus kapitis majör, rektus kapitis minör, süperior oblik ve inferior oblik kaslarıdır. Bu kaslar, rektus kapitis minör hariç, suboksipital üçgen olarak adlandırılan bir bölge oluşturur. Lateral sınırı süperior oblik kas tarafından oluşturulurken, inferior sınırı inferior oblik kas tarafından oluşturulur. Medialde rektus kapitis majör bulunur. Suboksipital üçgen, bir membranla kaplıdır ve bu membran, suboksipital üçgenin V3 segmenti tarafından delinir (Şekil 14B).



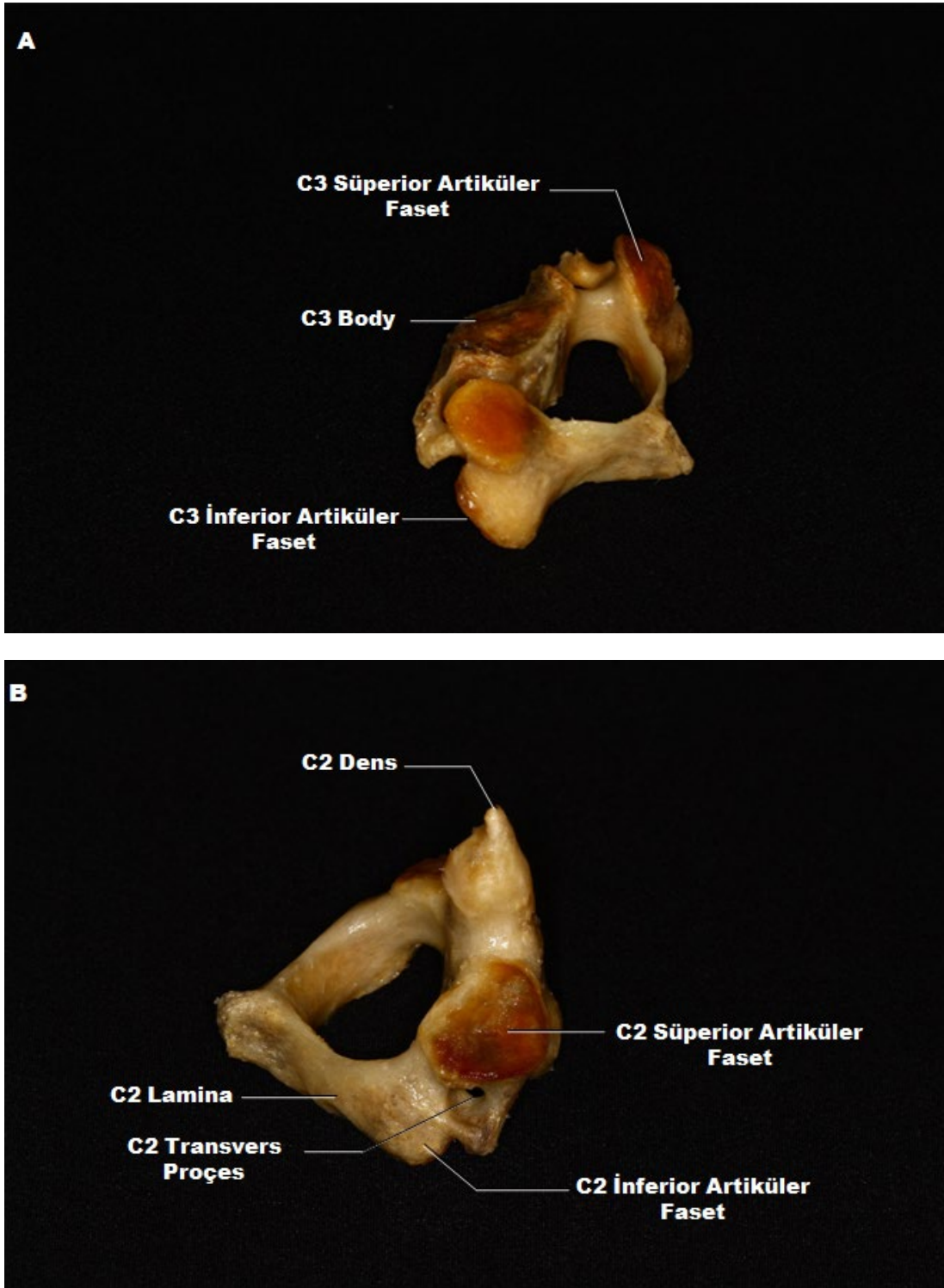
Şekil 14. A) Posterior boyun üzerindeki cilt ve deri altı dokular diseke edildi. Yüzeyel kas tabakaları, medialden laterale doğru semispinalis capitis, splenius capitis ve longissimus capitis'tir. oksipital sinir, C2 dorsal kökünün bir dalı olan semispinalis capitis kasını deler ve süperolateral olarak seyrederek, başın arka kısmının duyu innervasyonunu alır. B) Şekil A'da tanımlanan yüzeyel kasları çıkardıktan sonra, suboksipital üçgeni oluşturan derin kaslar gözlemlenir. Rektus capitis major, superior oblique capitis ve inferior oblique capitis, suboksipital üçgenin sırasıyla medial, lateral ve inferior sınırlarını oluşturur. Vertebral arter, C1'in transvers forameninden ayrıldıktan hemen sonra suboksipital üçgende gösterilir.

Kas katmanları ve çevresindeki bağ dokusu çıkarıldıktan sonra servikal omurganın kemik yapısı ve vertebral arter görülebilir (Şekil 15).



Şekil 15. Posterior boyunu çevreleyen bağ dokusu çıkarılarak kraniovertebral bileşke kemik ve vasküler yapıları gösterilmektedir. Spinal kanalın posterior kısmını oluşturan atlanto-aksiyel membran, C1 posterior yayınının üstünde görülmektedir. Atlas'ın (C1 vertebra) transvers çıkıntısı, diğer transvers çıkıntılara kıyasla daha lateral olarak konumlanmıştır. C2 gangliyonu, C1 ve C2 arasındaki faset eklemi üzerinde yer alır. C2 vertebra'nın spinöz çıkıntısı, lamina ve lateral kütlesi görülmektedir.

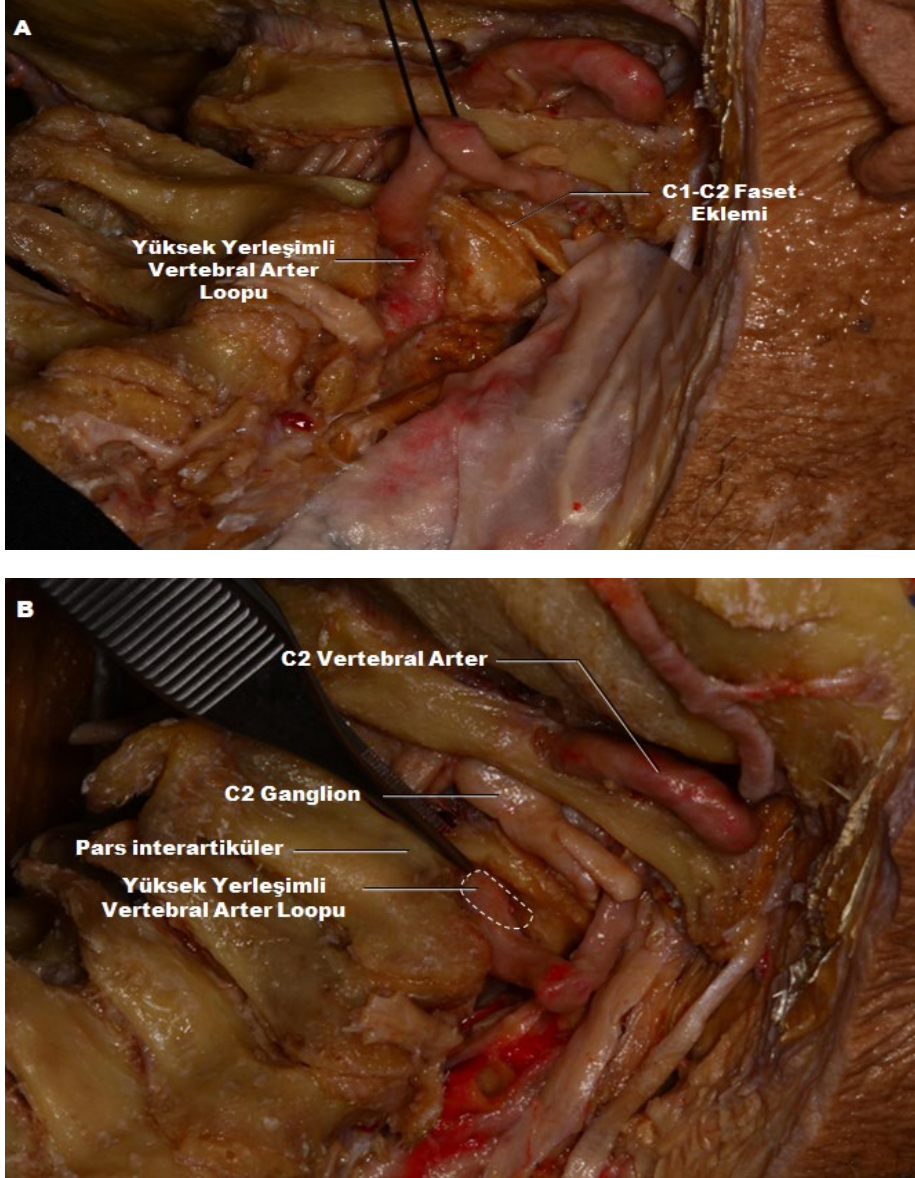
C2 vertebra, atipik bir vertebradır. Diğer subaksial servikal vertebralara kıyasla farklı özelliklere sahiptir. Subaksial vertebraların superior ve inferior artiküler fasetleri koronal düzlemle paralel olarak konumlandırılmıştır (Şekil 16A). Bu durum C2 vertebra için geçerli değildir; C2'nin inferior artiküler faseti, subaksial C3 vertebranın fasetleri ile paralel olsa da C2'nin superior artiküler faseti aksiyal düzleme daha superior ve anterior konumlanmıştır (Şekil 16B).



Şekil 16. A) Subaksial servikal omurların (C3 gibi) superior ve inferior artiküler fasetleri koronal düzleme paralel olarak konumlanmıştır. B) C2 omurunun inferior artiküler faseti, subaksial omurların artiküler fasetleri gibi konumlanmıştır. Ancak, C2 omurunun superior artiküler faseti daha anterosüperior konumda ve yönlendirmesi aksiyal düzleme paraleldir.

Vertebral arteri mobilize etmek için, C2 vertebranın transvers çıkıntısındaki foramen çıkışından başlayarak, vertebral arterin yerleştiği çukurun posterior duvarı, ince tabanlı 1 mm kalınlığında Kerrison rongeur ile çıkarıldı. Bir kadavra örneğinde yüksek yerleşimli vertebral arter görüldü

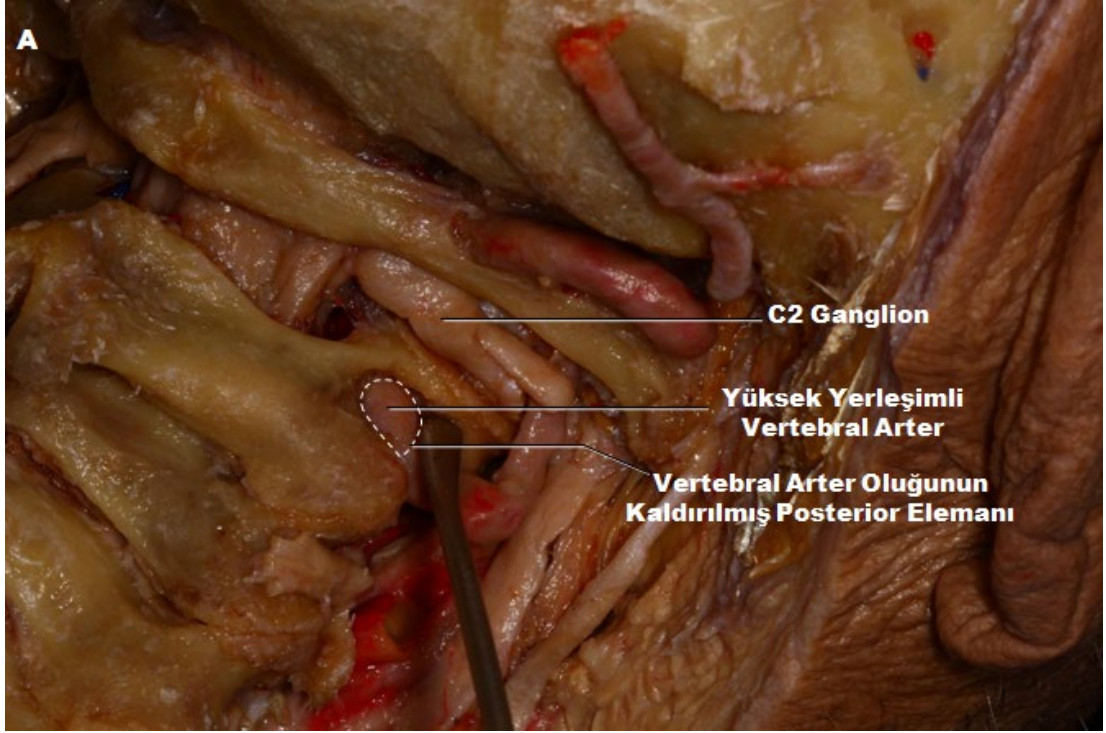
(Şekil 17A). Ayrıca Şekil 17B'de C2 ganglionu, C1-C2 artiküler facet üzerinde otururken görülmektedir. Bunun yanında yüksek yerleşimli vertebral arter durumunda, isthmusun azalmış kalınlığı Adson disektör ile gösterilmiştir. Aynı kadavradaki sağ tarafta vertebral arter yüksek yerleşimli iken, sol tarafta öyle değildi. Vertebral arterin loopunun, yüksek yerleşimli tarafta daha üstte ve medialde konumlandığı ve C2 vertebranın pedikülüne gömüldüğü görüldü. Normal tarafta loop daha lateral ve inferior konumlanmıştır. Bu, vıdanın vertebral arteri yaralamadan pediküle başarıyla yerleştirme olasılığını artırır.

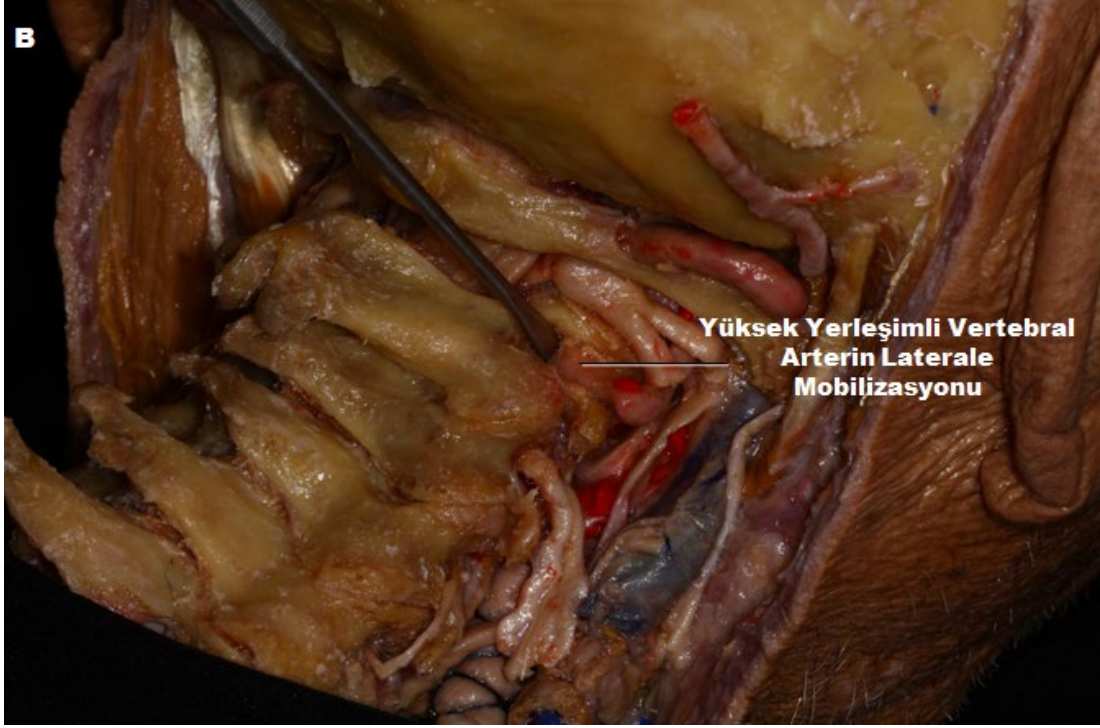


Şekil 17. A) Vertebral arterin oluğun posterior kısmı kaldırılıp ve vertebral arter ortaya konmuştur. Yüksek seyirli vertebral arter, olukta daha medial ve superior bir konumda bulunur ve vıda yerleştirme için alanın nasıl azaldığı görülmektedir. B) Noktalı çizgilerle oluğun kaldırılan posterior duvarı gösterilmiştir. İsthmusun ne kadar inceldiği adson ile gösterilmiştir. Yüksek seyirli vertebral arter durumunda, vıda yerleştirme için güvenli bölgenin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

C2 pedikülünün incelendiği yüksek yerleşimli vertebral arter veya anomali C2 vertebralarda, C2 pedikül ve C1-2 transartiküler vida yerleştirilmesi sırasında arterin yaralanma riski artar. Bu riski azaltmak ve vida yerleştirmeyi daha güvenli hale getirmek için vertebral arterin mobilizasyonu mümkündür. Vida yerleştirilmeden önce vertebral arter oluğunun posterior duvarı 5 mm kadar drillenebilir veya 1mm'lik Kerrison rongeur ile alınabilir (Şekil 18A). Vertebral arter çatısındaki kemik doku alınıp arter ortaya konulduktan sonra, disektör kullanarak vertebral arter inferiora mobilize edilebilir (Şekil 18B). Vertebral arter inferiora mobilize edildikten sonra, pedikül/transartiküler vida artere zarar vermeden daha güvenli bir şekilde yerleştirilebilir. Benzer bir yöntem Goel (2019 ve 2020) tarafından klinik uygulamada tanımlanmıştır. Temelde, onların yöntemlerinde transvers çıkıntının posterior duvarı doğrudan drillenerek çıkarılırken, bizim yöntemimizde vertebral arterin transvers çıkıntı boyunca seyrini gözlemlemek için lateralde C2 transvers foramen çıkışından diseksiyona başlamayı öneriyoruz.

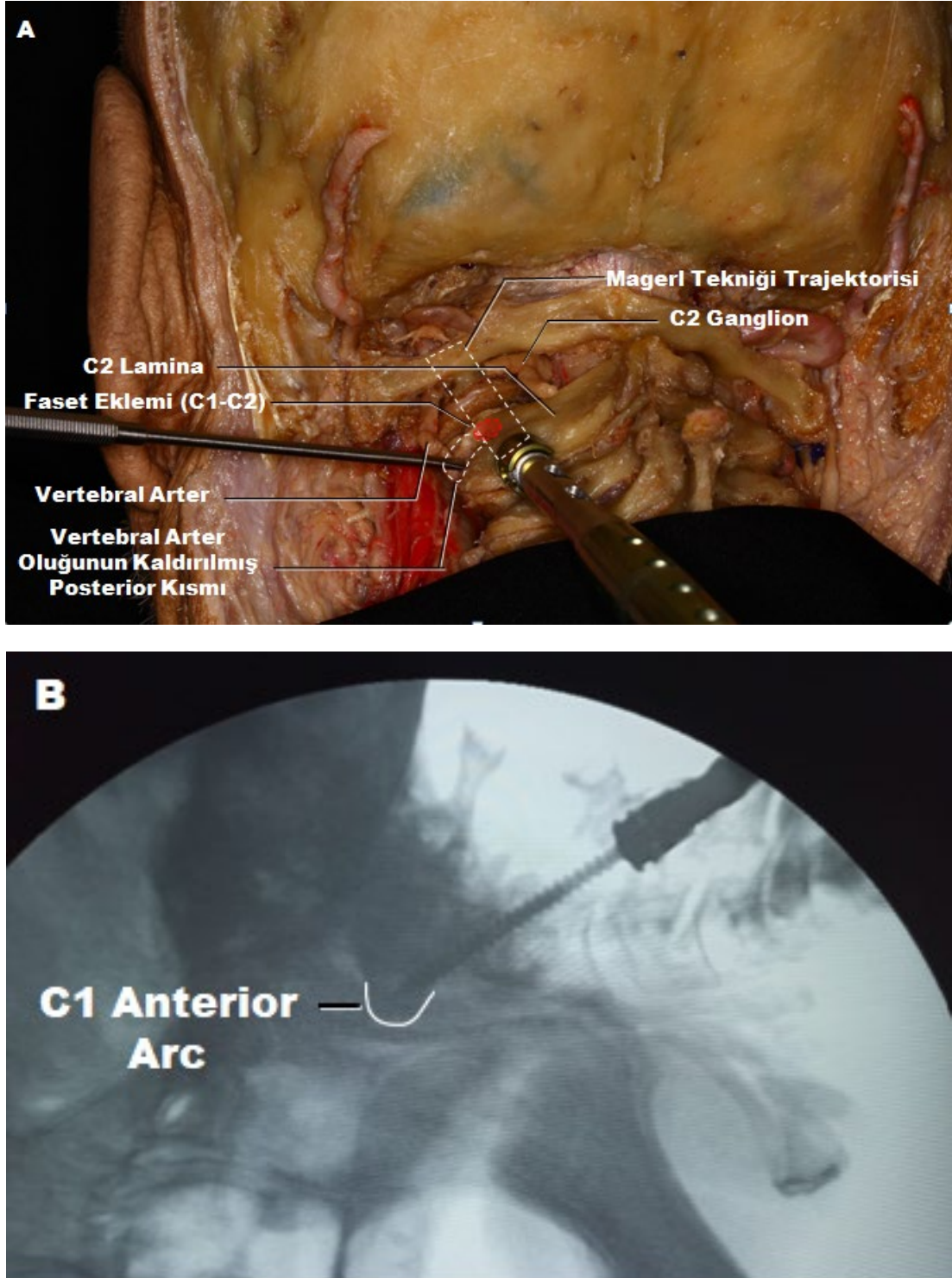




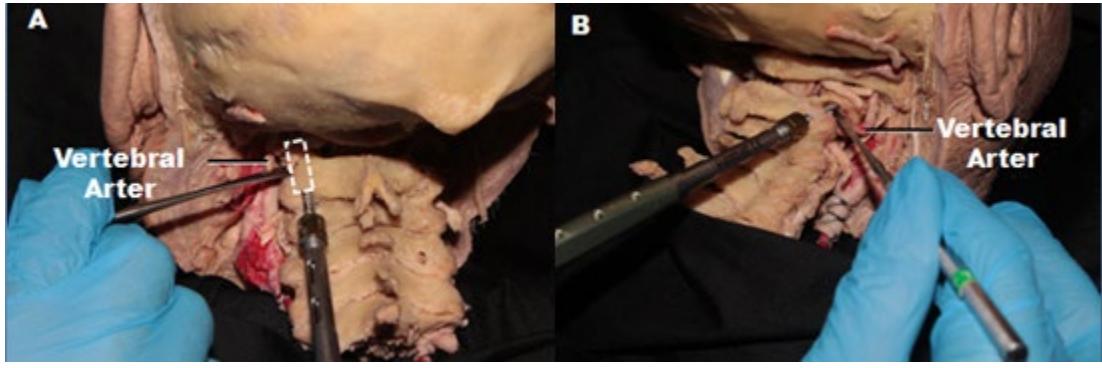
Şekil 18. A) Vertebral arter oluğunun posterior duvarı alındı. Yüksek yerleşimli vertebral arterin lopunun en üst kısmı disektör ile gösterildi. B) Vertebral arter oluğunun ucu bir disektörle bulundu ve vertebral arter inferior-laterale mobilize edilebildi.

Magerl, C1-C2 transartiküler vida yerleştirmeyi tanımlamıştır. Magerl'in tekniğinde, transartiküler vida giriş noktası, inferior artiküler fasetin 3 mm üstünde ve C2'deki spinal kanalın lateral duvarını delmeden mümkün olduğunca medial olarak yer almaktadır. Giriş noktası belirlendikten sonra, vida, C1 vertebra yayının anterior arkus kısmına doğru yönlendirilecek şekilde oryante edilir (Şekil 19 A, B). Vida yerleştirilirken, C2'nin parsı, C1-C2'nin faseti geçilir ve C1'in lateral kitlesinde sona erer. Amaç, vidayı C2'nin lateral kitlesi, C1-C2'nin artiküler faseti üzerinden geçirip C1 vertebra lateral kitlesini de içine alacak şekilde stabilizasyon sağlamaktır. Bu işlem kadavrada skopi üzerinde de gösterilmiştir (Şekil 19B). C1-C2 transartiküler vida yerleştirme tekniği biyomekanik olarak güçlü olmasına rağmen, en önemli dezavantajı, yüksek yerleşimli vertebral arter vakalarında, vertebral arter yaralanma riskinin artmasıdır (Magro ve ark., 2014, Ye ve ark., 2014, Yeom ve ark. 2013). Literatürde, Magerl tekniği ile yapılan vida yerleştirmelerinde vertebral arter yaralanma oranının %18'e kadar çıkabildiği bildirilmiştir (Wang ve ark., 2019, Goel ve ark., 2021). Bulgular bölümünde açıklandığı gibi, vertebral arterin mobilizasyonu sonrasında C1-2 transartiküler vida, vertebral arter oluğunun doğrudan görülmesi ile güvenli bir şekilde yerleştirilebilir. Böylece özellikle yüksek yerleşimli vertebral arter vakalarında yaralanma riski azaltılabilir (Şekil 20 A, B). Goel ve ark. bu tekniği klinik vakalarında uygulamışlarsa da bildiğimiz kadarıyla bu teknik kadavra

üzerinde ilk kez bu çalışmada gösterilmiştir. C2 korpusunda tümör ve enfeksiyon gibi patolojilerin var olduğu durumlarda, diğer bir deyişle pediküle vida yerleştirmenin mümkün olmadığı durumlarda, vertebral arter mobilizasyonu ile C1-C2 transartiküler vida yerleştirme tekniği güvenli ve güçlü bir stabilizasyon sağlayabilir.



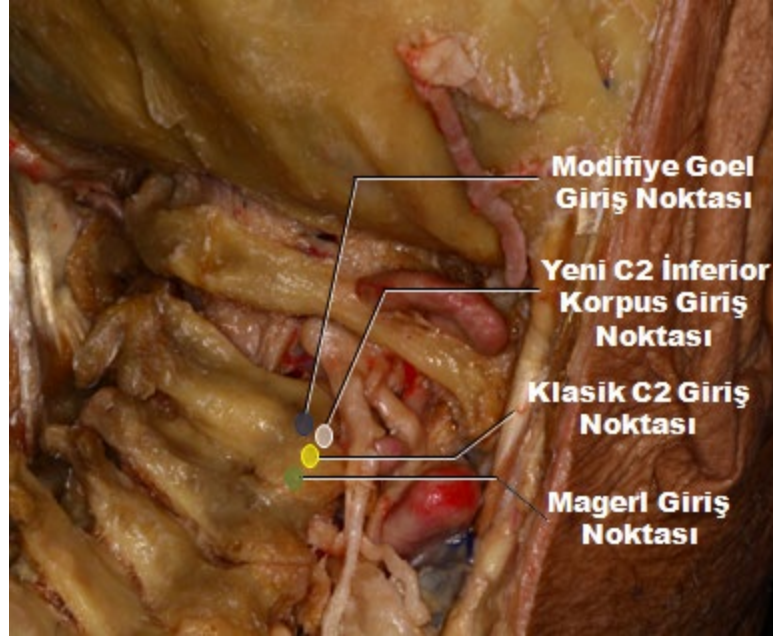
Şekil 19. A) C1-2 transartiküler vida hattı beyaz noktalı çizgilerle görülebilir. Yüksek yerleşimli vertebral arter durumunda, Magerl'in tekniğiyle vida yerleştirmek tehlikeli olabilir, çünkü vida yolunda vertebral arter ile çakışabilir (kırmızı noktalı çizgi ile gösterilmiştir). B) Magerl'in tekniğiyle lateral floroskopide vida gönderilmiştir. Bu vida yerleştirmede C1'in posterior arkı hedef alınmıştır.



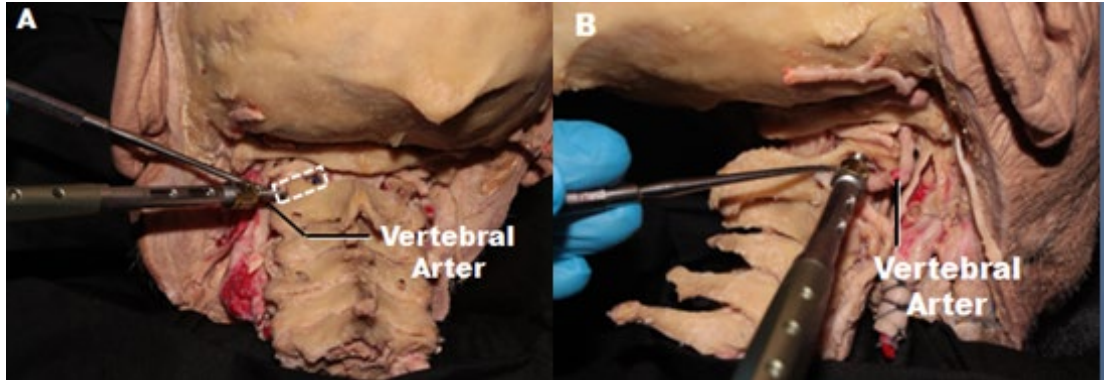
Şekil 20. Disektör ile vertebral arter mobilizasyonu ve Magerl Tekniği ile vida yerleştirme A) Vidanın koronal hattının izdüşümü kesikli çizgi ile gösterilmiştir B) Vidanın sagittal hattı ve hemen yanında vertebral arter görülmekte.

C1-C2 servikal vertebra stabilizasyonu için farklı bir teknik Goel ve ark. tarafından tanımlanmıştır. Klasik C2 vida yerleştirme tekniğinde, vida yerleştirme noktası genellikle C2 lamina üst kenarı ile C2 pars interartikularisinin orta noktasının kesişimindedir (Şekil 21). Genellikle, 20-30° medial ve kranial yönlendirme yapılır. Klasik C2 pedikül vida tekniği, Goel ve arkadaşları tarafından vertebral arter yaralanmasını önlemek için modifiye edilmiştir (Goel ve ark. 2020). Modifiye edilmiş tekniklerinde, vida yerleştirme için başlangıç noktası daha medialde ve C1-C2 facet ekleminin 2 mm altında yer alır (Şekil 21). Bu teknikte, vida daha güvenli bir şekilde yerleştirilebilir, çünkü C2 omurunun pedikülünün projeksiyonu bir hook veya disektörle belirlenerek vida yönü kolayca belirlenebilir. Bu, klasik teknikle karşılaştırıldığında bir avantajdır çünkü pedikülü görme alanımıza almamıza izin verir. Ancak, yine de yüksek yerleşimli vertebral arterin varlığı veya anomali ince pediküllü C2 vertebra durumunda, C2 pedikül vidası yerleştirilirken arter yaralanma riski artabilir. Bu risk, vertebral arterin mobilizasyonu ile azaltılabilir ve vida yerleştirilirken vida pedikül içine güvenli bir şekilde yerleştirilebilir (Goel ve ark., 2021, Goel ve ark. 2020) (Şekil 22). Vida yerleştirilmeden önce, vertebral arter oluğunun posterior duvarı, Kerrison rongeur ile lateralden medial yöne yaklaşık 5 mm kadar alınabilir. Bu durum bize bir disektör kullanarak vertebral arter loopunun en tepe kısmını bulmamıza ve onu lateral ve inferior yönlerde hareket ettirmemize olanak sağlar. Arteri lateral ve inferior yönde mobilize ettikten sonra, C2 pedikül vidası daha güvenli bir şekilde yerleştirilebilir, çünkü arterin vida yolunda bulunma olasılığı azalır (Şekil 22). Goel ve arkadaşları, vertebral arteri görmek ve mobilize etmek için direkt olarak bir elmas uçla posterior duvarı drilledikleri benzer bir yöntemi tanımlamışlardır (Goel ve ark., 2021, Goel ve ark. 2020). Biz çalışmamızda, Goel 'den farklı olarak posterior duvarı lateral transvers foramen çıkışında, lateralden mediale doğru alıp vertebral arteri mikroskopla görerek mobilize ettik.

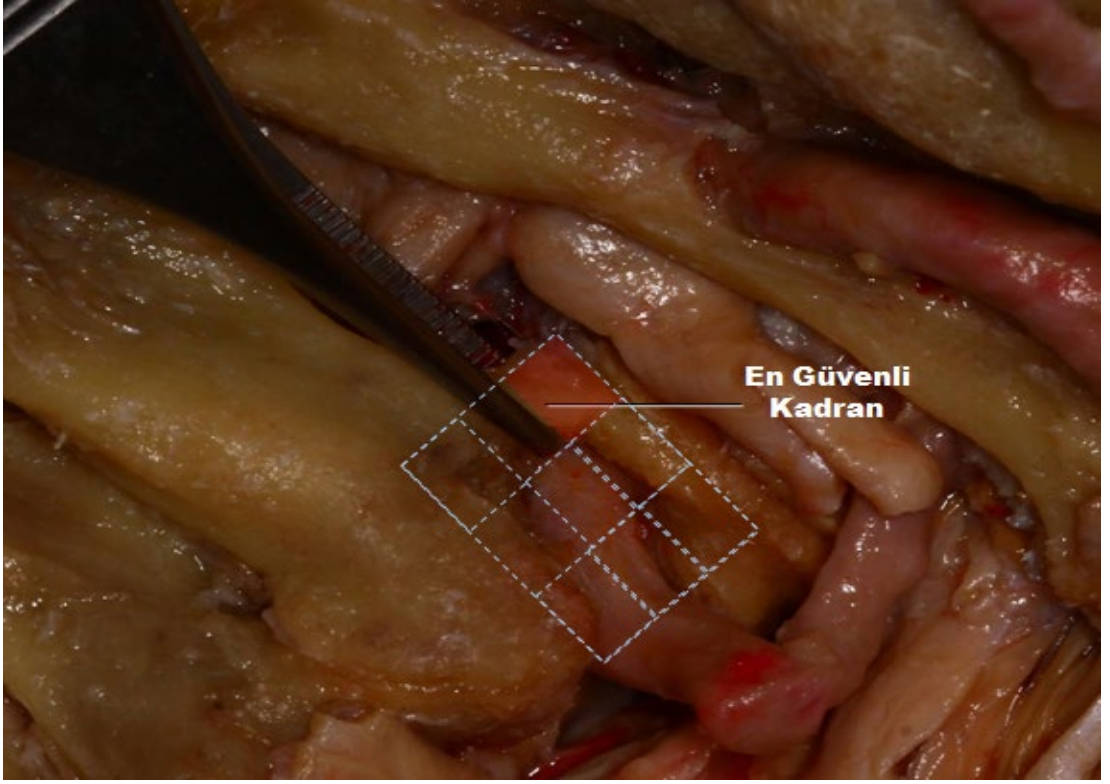
Bazı durumlarda VA güvenli bir şekilde mobilize edilemez. Bu durumlar için Goel tarafından superior artiküler fasetin 9 kadrana bölündüğü bir teknik açıklanmıştır (Goel ve ark. 2020). Böyle vakalarda pediküle vida yerleştirmenin en güvenli şekli, en superior ve medial kadranı kullanmaktır (Şekil 23). Bu kadranslar, superior artiküler faset ile pedikül arasındaki birleşim yerinde yer alır.



Şekil 21. Sırasıyla modifiye Goel, yeni C2 inferior korpus, klasik C2 ve Magerl giriş noktaları gösterilmektedir.



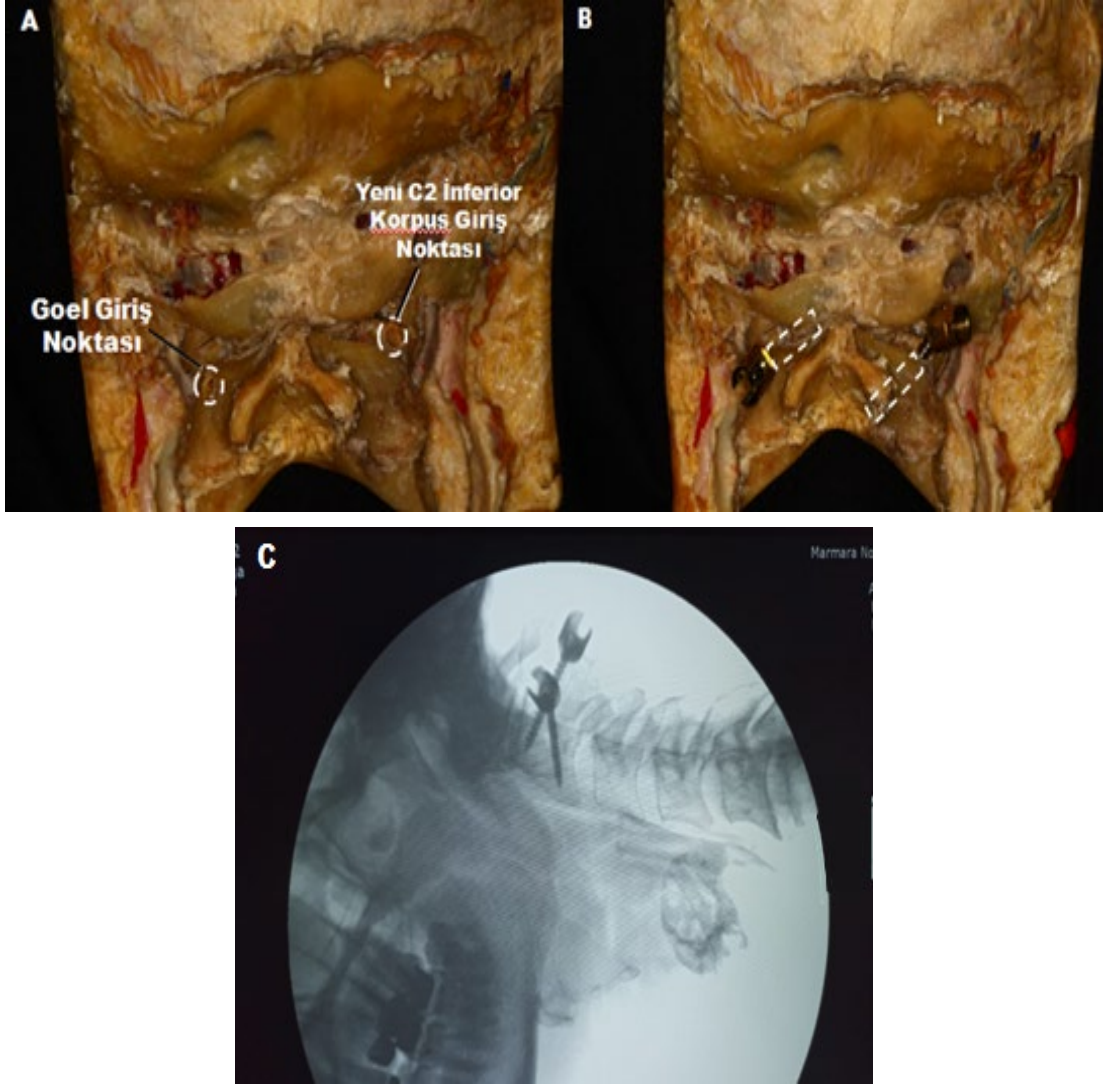
Şekil 22. Disektör ile vertebral arter mobilizasyonu ve Goel tekniği ile C2 pedikül vidalama yerleştirme A) Mediale yönlenme hattı kesikli çizgi ile gösterilmiştir B) Sagittal yönlenme



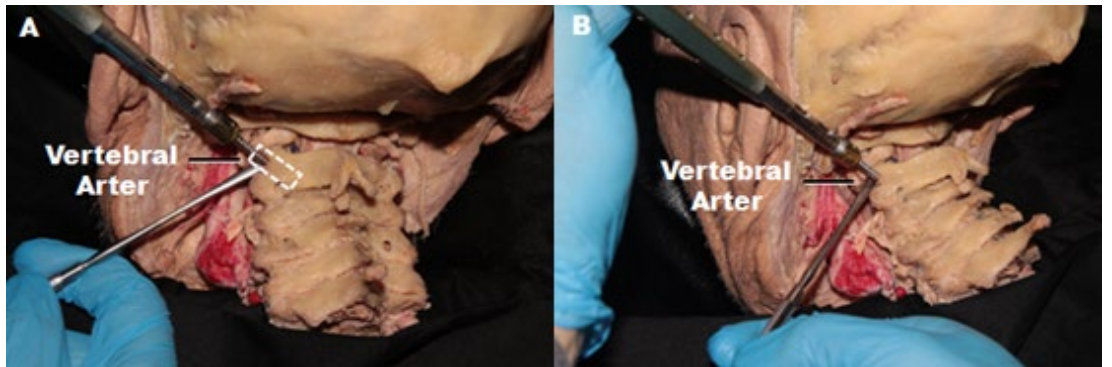
Şekil 23. Goel'e göre 9 kadran içindeki en güvenli giriş noktası olan en üst ve medial kadran kırmızı ile boyandı. Bu tez çalışmasında ayrıca, klasik C2 pedikül vidası yerine alternatif bir C2 vida yerleştirme tekniğini tanımladık. Klasik C2 pedikül stabilizasyonunda, pedikülün doğal yönlendirmesi nedeniyle vidalar korpusun medial ve üst kısmına yönlendirilir. Ancak, yerleştirilen vida giriş noktasının C2'nin üst fasetinden başlaması ve C2 korpusunun alt ve medial kısmına yönlendirilmesi mümkündür. Bunu yeni C2 inferior korpus vida yerleştirme tekniği olarak isimlendirdik (Şekil 21). Goel'in ve bizim yöntemimizin karşılaştırılması Şekil 24'te verilmiştir. Bu teknikte, vertebral arterin mobilizasyonu sonrasında lateral pedikül duvarı doğrudan görselleştirilir. Bu noktada, vida, üst artiküler fasetin süperolateral kısmından başlanıp 20-25° medial ve 30-40° kaudale açı verilerek, korpusun inferior ve medial kısmına yönlendirilir (Şekil 25). Bu teknik, Patkar'ın subfasetal aksis vida yerleştirme tekniğine benzerdir. Patkar'ın yönteminde, vida giriş noktasından medial ve aşağıya doğru 15-20° yönlendirilir. Ancak, bizim tekniğimizde, vertebral arterin mobilizasyonu sonrası, Patkar'ın tekniğine göre daha kaudale ve mediale C2 korpus vidası yerleştirmek mümkündür.

Kadavrada bu tekniği açıkça göstermek için, C2 omurunun lamina kısmı total çıkarıldı ve C2 korpusu, bilateral pediküller ve vertebral arter oluğu ortaya kondu (Şekil 26). C2 korpusunun alt kısmının, C2 korpusunun üst kısmından daha geniş ve uzun olması nedeniyle, kaudal yönlü vidalar klasik süperior yönlü vidalardan daha uzun olacaktır. Biyomekanik ve klinik çalışmalar

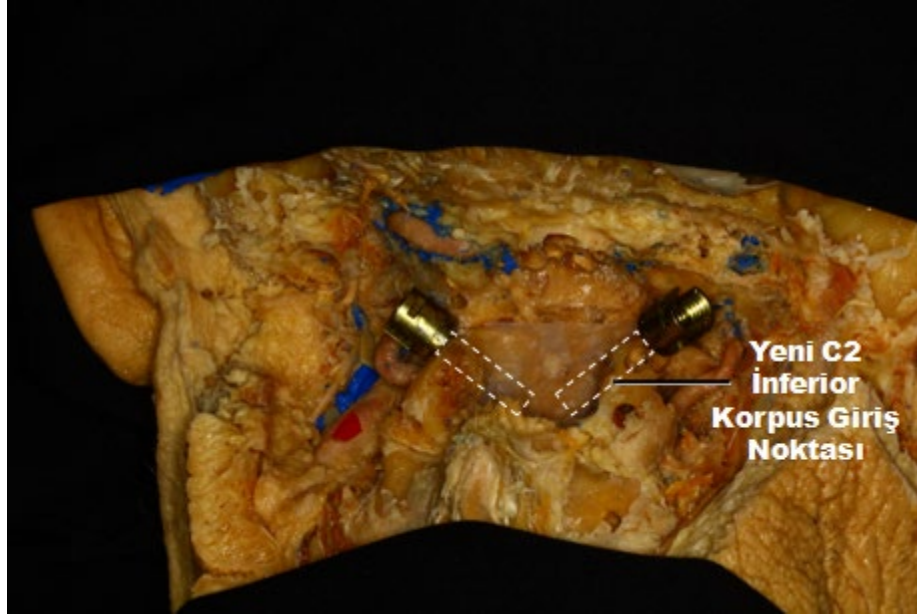
tarafından henüz kanıtlanmasa da inferior yönlü vidalar, güvenli vida yerleştirme imkânı sağlayıp daha iyi biyomekanik dayanıklılığı mümkün kılabilir.



Şekil 24. A) Goel ve yeni C2 inferior korpus tekniği giriş noktası B) Her iki tekniğin hattının izdüşümü kesikli çizgi ile gösterilmiştir C) Her iki tekniğin lateral skopi görüntüsü



Şekil 25. Disektör ile vertebral arter mobilizasyonu ve yeni C2 inferior korpus tekniği ile vidalama vida yerleştirme. A) Vida hattı koronal düzlemde kesikli çizgi ile gösterilmiştir. B) Sagittal düzlemde vidanın yönlendiği ve hemen yanında vertebral arter izlenmektedir.



Şekil 26. C2 omurunun lamina kısmı total çıkarıldı ve C2 korpusu, bilateral pediküller ve vertebral arter oluğu iki taraflı ortaya kondu. Vida hatları kesikli çizgi ile gösterildi.

C2 pedikül ve C1-2 transartiküler vida yerleştirme, yakın komşuluktaki nörolojik ve vasküler yapıların varlığı nedeniyle zorlu bir tekniktir. Bu tez çalışmasında, C2 vertebra mikrocerrahi diseksiyonu gerçekleştirilmiş, C2 omurun anatomisini anlamak ve vida yerleştirme tekniklerinin komplikasyon riskini en aza indirmek için Goel ve Magerl teknikleri, vertebral arter mobilizasyonu ile ilk kez bir kadavra üzerinde gösterilmiştir ve yeni C2 inferior korpus tekniği tanımlanmıştır.

Vertebral arterin mobilizasyonu ile klasik C2 pedikül, C1-2 transartiküler ve yeni C2 inferior korpus vida yerleştirme teknikleri, özellikle yüksek yerleşimli vertebral arter vakalarında nörolojik ve vasküler yaralanma riskini azaltabilir. Ancak, bu tekniklerin rutin kullanımı için daha fazla klinik, anatomik ve biyomekanik çalışmalara ihtiyaç vardır.

8. KAYNAKLAR

- Akobo, S., Rizk, E., Loukas, M., Chapman, J. R., Oskouian, R. J., & Tubbs, R. S. (2015). The odontoid process: a comprehensive review of its anatomy, embryology, and variations. *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*, 31(11), 2025–2034. <https://doi.org/10.1007/s00381-015-2866-4>
- Alcelik, I., Manik, K. S., Sian, P. S., & Khoshneviszadeh, S. E. (2006). Occipital condylar fractures. Review of the literature and case report. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 88(5), 665–669. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B5.16598>
- Anderson, L. D., & D'Alonzo, R. T. (1974). Fractures of the odontoid process of the axis. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 56(8), 1663–1674.
- Anderson, P. A., & Montesano, P. X. (1988). Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine*, 13(7), 731–736. <https://doi.org/10.1097/00007632-198807000-00004>
- Bodon, G., & Hirt, B. (2019). Surgical anatomy of the upper cervical spine and the craniocervical junction. In Koller H, Robinson Y (Eds.), *Cervical Spine Surgery: Standard and Advanced Techniques: Cervical Spine Research Society-Europe Instructional Surgical Atlas*, 23-32.
- Bohrer, S. P., Chen, Y. M., & Sayers, D. G. (1990). Cervical spine flexion patterns. *Skeletal radiology*, 19(7), 521–525. <https://doi.org/10.1007/BF00202703>
- Bools, J. C., & Rose, B. S. (1986). Traumatic atlantooccipital dislocation: two cases with survival. *AJNR. American journal of neuroradiology*, 7(5), 901–904.
- Borne, G. M., Bedou, G. L., & Pinaudeau, M. (1984). Treatment of pedicular fractures of the axis. A clinical study and screw fixation technique. *Journal of neurosurgery*, 60(1), 88–93. <https://doi.org/10.3171/jns.1984.60.1.0088>
- Bransford, R. J., Lee, M. J., & Reis, A. (2011). Posterior fixation of the upper cervical spine: contemporary techniques. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 19(2), 63–71. <https://doi.org/10.5435/00124635-201102000-00001>
- Cassinelli, E. H., Lee, M., Skalak, A., Ahn, N. U., & Wright, N. M. (2006). Anatomic considerations for the placement of C2 laminar screws. *Spine*, 31(24), 2767–2771. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000245869.85276.f4>
- Chung SS, Lee CS, Kim SH. (2005), Analysis of the rate of high riding vertebral artery using sagittal reformatted computed tomography. *J Korean Orthop Assoc*. 40:453-457.
- Cone RO, Flournoy J, MacPherson R. (1981), The craniocervical junction. *Radiographics*. 1(2):1-37, DOI:10.1148/radiographics.1.2.1

- Connolly, B., Turner, C., DeVine, J., & Gerlinger, T. (2000). Jefferson fracture resulting in Collet-Sicard syndrome. *Spine*, 25(3), 395–398. <https://doi.org/10.1097/00007632-200002010-00023>
- Dvorak, J., Panjabi, M., Gerber, M., & Wichmann, W. (1987). CT-functional diagnostics of the rotatory instability of upper cervical spine. 1. An experimental study on cadavers. *Spine*, 12(3), 197–205. <https://doi.org/10.1097/00007632-198704000-00001>
- Dvorak, J., Panjabi, M. M., Novotny, J. E., & Antinnes, J. A. (1991). In vivo flexion/extension of the normal cervical spine. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*, 9(6), 828–834. <https://doi.org/10.1002/jor.1100090608>
- Garrett, M., Consiglieri, G., Kakarla, U. K., Chang, S. W., & Dickman, C. A. (2010). Occipitoatlantal dislocation. *Neurosurgery*, 66(3Suppl), 48–55. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000365802.02410.C5>
- Gehweiler JA. The radiology of vertebral trauma (1980). In: John A, Gehweiler Raymond L, Osborne R Jr, Becker F. (Eds.) *Saunders monographs in clinical radiology*; vol 16. Philadelphia: Saunders; p: 460.
- Goel, A., & Laheri, V. (1994). Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta neurochirurgica*, 129(1-2), 47–53. <https://doi.org/10.1007/BF01400872>
- Goel, A., Prasad, A., Shah, A., Sasane, S., Hawaldar, A., Biswas, C., & Thomas, A. (2021). Transarticular Fixation Following Mobilization of "High-Riding" Vertebral Artery. *Operative neurosurgery (Hagerstown, Md.)*, 20(4), E322–E325. <https://doi.org/10.1093/ons/opaa456>
- Goel, A., Rangnekar, R., Shah, A., Rai, S., & Vutha, R. (2020). Mobilization of the Vertebral Artery-Surgical Option for C2 Screw Fixation in Cases With "High Riding" Vertebral Artery. *Operative neurosurgery (Hagerstown, Md.)*, 18(6), 648–651. <https://doi.org/10.1093/ons/opz289>
- Goel, A., & Karapurkar, A. P. (1994). Transoral plate and screw fixation of the craniovertebral region--a preliminary report. *British journal of neurosurgery*, 8(6), 743–745. <https://doi.org/10.3109/02688699409101191>
- Grauer, J. N., Shafi, B., Hilibrand, A. S., Harrop, J. S., Kwon, B. K., Beiner, J. M., Albert, T. J., Fehlings, M. G., & Vaccaro, A. R. (2005). Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, 5(2), 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.09.014>
- Greene, K. A., Dickman, C. A., Marciano, F. F., Drabier, J. B., Hadley, M. N., & Sonntag, V. K. (1997). Acute axis fractures. Analysis of management and outcome in 340 consecutive cases. *Spine*, 22(16), 1843–1852. <https://doi.org/10.1097/00007632-199708150-00009>

- Hadley, M. N., Dickman, C. A., Browner, C. M., & Sonntag, V. K. (1988). Acute traumatic atlas fractures: management and long term outcome. *Neurosurgery*, 23(1), 31–35. <https://doi.org/10.1227/00006123-198807000-00007>
- Haid, R. W., Jr, Subach, B. R., McLaughlin, M. R., Rodts, G. E., Jr, & Wahlig, J. B., Jr (2001). C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a 6-year experience. *Neurosurgery*, 49(1), 65–70. <https://doi.org/10.1097/00006123-200107000-00010>
- Hajek, P. D., Lipka, J., Hartline, P., Saha, S., & Albright, J. A. (1993). Biomechanical study of C1-C2 posterior arthrodesis techniques. *Spine*, 18(2), 173–177. <https://doi.org/10.1097/00007632-199302000-00001>
- Hall, G. C., Kinsman, M. J., Nazar, R. G., Hruska, R. T., Mansfield, K. J., Boakye, M., & Rahme, R. (2015). Atlanto-occipital dislocation. *World journal of orthopedics*, 6(2), 236–243. <https://doi.org/10.5312/wjo.v6.i2.236>
- Harms, J., & Melcher, R. P. (2001). Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*, 26(22), 2467–2471. <https://doi.org/10.1097/00007632-200111150-00014>
- Jefferson G. (1920), Fractures of the atlas vertebra: report of four cases and a review of those previously recorded. *Br J Surg* 7:407–422. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800072713>
- Junewick J. J. (2011). Pediatric craniocervical junction injuries. *AJR. American journal of roentgenology*, 196(5), 1003–1010. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.6051>
- Kakarla, U. K., Chang, S. W., Theodore, N., & Sonntag, V. K. (2010). Atlas fractures. *Neurosurgery*, 66(3 Suppl), 60–67. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000366108.02499.8F>
- Kandziora, F., Schulze-Stahl, N., Khodadadyan-Klostermann, C., Schröder, R., & Mittlmeier, T. (2001). Screw placement in transoral atlantoaxial plate systems: an anatomical study. *Journal of neurosurgery*, 95(1 Suppl), 80–87. <https://doi.org/10.3171/spi.2001.95.1.0080>
- Kao, S. C., Waziri, M. H., Smith, W. L., Sato, Y., Yuh, W. T., & Franken, E. A., Jr (1989). MR imaging of the craniovertebral junction, cranium, and brain in children with achondroplasia. *AJR. American journal of roentgenology*, 153(3), 565–569. <https://doi.org/10.2214/ajr.153.3.565>
- Karam, Y. R., & Traynelis, V. C. (2010). Occipital condyle fractures. *Neurosurgery*, 66(3 Suppl), 56–59. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000365751.84075.66>
- Krakenes, J., Kaale, B. R., Moen, G., Nordli, H., Gilhus, N. E., & Rorvik, J. (2003). MRI of the tectorial and posterior atlanto-occipital membranes in the late stage of whiplash injury. *Neuroradiology*, 45(9), 585–591. <https://doi.org/10.1007/s00234-003-1036-7>

- Klepinowski, T., Cembik, J., & Sagan, L. (2021). Risk of the high-riding variant of vertebral arteries at C2 is increased over twofold in rheumatoid arthritis: a meta-analysis. *Neurosurgical review*, 44(4), 2041–2046. <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01425-w>
- Levine, A. M., & Edwards, C. C. (1991). Fractures of the atlas. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 73(5), 680–691
- Li, G., Wang, Q., & Liu, H. (2017). CT analysis of anatomical variation and injury affecting posterior pedicle screw fixation for unstable Hangman fractures. *Medicine*, 96(19), e6847. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006847>
- Link, T. M., Schuierer, G., Hufendiek, A., Horch, C., & Peters, P. E. (1995). Substantial head trauma: value of routine CT examination of the cervicocranium. *Radiology*, 196(3), 741–745. <https://doi.org/10.1148/radiology.196.3.7644638>
- Magerl F, Seemann PS. (1987), “Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation”, Kehr P, Weidner A, (Ed.), *Cervical Spine*. Wien: Springer-Verlag, 322–327
- Magro, E., Sénécaïl, B., Gentric, J. C., Alavi, Z., Palombi, O., & Seizeur, R. (2014). Contribution of embryology in the understanding of cervical venous system anatomy within and around the transverse foramen: a review of the classical literature. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*, 36(5), 411–418. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1206-1>
- Menezes A. H. (2008). Craniocervical developmental anatomy and its implications. *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*, 24(10), 1109–1122. <https://doi.org/10.1007/s00381-008-0600-1>
- Mollan, R. A., & Watt, P. C. (1982). Hangman's fracture. *Injury*, 14(3), 265–267. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(82\)90141-3](https://doi.org/10.1016/0020-1383(82)90141-3)
- Neo, M., Matsushita, M., Iwashita, Y., Yasuda, T., Sakamoto, T., & Nakamura, T. (2003). Atlantoaxial transarticular screw fixation for a high-riding vertebral artery. *Spine*, 28(7), 666–670. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000051919.14927.57>
- O'Brien, W. T., Sr, Shen, P., & Lee, P. (2015). The Dens: Normal Development, Developmental Variants and Anomalies, and Traumatic Injuries. *Journal of clinical imaging science*, 5, 38. <https://doi.org/10.4103/2156-7514.159565>
- Ochalski, P. G., Spiro, R. M., Fabio, A., Kassam, A. B., & Okonkwo, D. O. (2009). Fractures of the clivus: a contemporary series in the computed tomography era. *Neurosurgery*, 65(6), 1063–1069. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000360154.18604.28>
- Oda, T., Panjabi, M. M., Crisco, J. J., 3rd, Oxland, T. R., Katz, L., & Nolte, L. P. (1991). Experimental study of atlas injuries. II. Relevance to clinical diagnosis and treatment. *Spine*, 16(10 Suppl), S466–S473. <https://doi.org/10.1097/00007632-199110001-00002>

- Offiah, C. E., & Day, E. (2017). The craniocervical junction: embryology, anatomy, biomechanics and imaging in blunt trauma. *Insights into imaging*, 8(1), 29–47. <https://doi.org/10.1007/s13244-016-0530-5>
- Ould-Slimane, M., Le Pape, S., Leroux, J., Foulongne, E., Damade, C., Dujardin, F., & Duparc, F. (2014). CT analysis of C2 pedicles morphology and considerations of useful parameters for screwing. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*, 36(6), 537–542. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1233-y>
- Pang, D., Nemzek, W. R., & Zovickian, J. (2007). Atlanto-occipital dislocation--part 2: The clinical use of (occipital) condyle-C1 interval, comparison with other diagnostic methods, and the manifestation, management, and outcome of atlanto-occipital dislocation in children. *Neurosurgery*, 61(5), 995–1015. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000303196.87672.78>
- Pang, D., & Thompson, D. N. (2011). Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*, 27(4), 523–564. <https://doi.org/10.1007/s00381-010-1358-9>
- Panjabi, M., Dvorak, J., Duranceau, J., Yamamoto, I., Gerber, M., Rauschnig, W., & Bueff, H. U. (1988). Three-dimensional movements of the upper cervical spine. *Spine*, 13(7), 726–730. <https://doi.org/10.1097/00007632-198807000-00003>
- Panjabi, M. M., Oda, T., Crisco, J. J., 3rd, Oxland, T. R., Katz, L., & Nolte, L. P. (1991). Experimental study of atlas injuries. I. Biomechanical analysis of their mechanisms and fracture patterns. *Spine*, 16(10 Suppl), S460–S465. <https://doi.org/10.1097/00007632-199110001-00001>
- Prescher A. (1997). The craniocervical junction in man, the osseous variations, their significance and differential diagnosis. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft*, 179(1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/S0940-9602\(97\)80126-4](https://doi.org/10.1016/S0940-9602(97)80126-4)
- Pryputniewicz, D. M., & Hadley, M. N. (2010). Axis fractures. *Neurosurgery*, 66(3 Suppl), 68–82. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000366118.21964.A8>
- Riascos, R., Bonfante, E., Cotes, C., Guirguis, M., Hakimelahi, R., & West, C. (2015). Imaging of Atlanto-Occipital and Atlantoaxial Traumatic Injuries: What the Radiologist Needs to Know. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 35(7), 2121–2134. <https://doi.org/10.1148/rg.2015150035>
- Selecki B. R. (1969). The effects of rotation of the atlas on the axis: experimental work. *The Medical journal of Australia*, 1(20), 1012–1015.
- Sim, H. B., Lee, J. W., Park, J. T., Mindea, S. A., Lim, J., & Park, J. (2011). Biomechanical evaluations of various c1-c2 posterior fixation techniques. *Spine*, 36(6), E401–E407. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31820611ba>

- Sim, K. B., & Park, J. K. (2006). A nodular calcification of the alar ligament simulating a fracture in the craniovertebral junction. *AJNR. American journal of neuroradiology*, 27(9), 1962–1963.
- Smith, Z. A., Bistazzoni, S., Onibokun, A., Chen, N. F., Sassi, M., & Khoo, L. T. (2010). Anatomical considerations for subaxial (C2) pedicle screw placement: a radiographic study with computed tomography in 93 patients. *Journal of spinal disorders & techniques*, 23(3), 176–179. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181b40234>
- Smoker W. R. (1994). Craniovertebral junction: normal anatomy, craniometry, and congenital anomalies. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 14(2), 255–277. <https://doi.org/10.1148/radiographics.14.2.8190952>
- Steinmetz, M. P., Lechner, R. M., & Anderson, J. S. (2003). Atlantooccipital dislocation in children: presentation, diagnosis, and management. *Neurosurgical focus*, 14(2), ecp1. <https://doi.org/10.3171/foc.2003.14.2.11>
- Stewart, G. C., Jr, Gehweiler, J. A., Jr, Laib, R. H., & Martinez, S. (1977). Horizontal fracture of the anterior arch of the atlas. *Radiology*, 122(2), 349–352. <https://doi.org/10.1148/122.2.349>
- Tubbs, R. S., Dixon, J., Loukas, M., Shoja, M. M., & Cohen-Gadol, A. A. (2010). Ligament of Barkow of the craniocervical junction: its anatomy and potential clinical and functional significance. *Journal of neurosurgery. Spine*, 12(6), 619–622. <https://doi.org/10.3171/2009.12.SPINE09671>
- Tubbs, R. S., Granger, A., Fisahn, C., Loukas, M., Moisi, M., Iwanaga, J., Paulson, D., Jeyamohan, S., Chapman, J. R., & Oskouian, R. J. (2016). The Vertebral Artery Cave at C2: Anatomic Study with Application to C2 Pedicle Screw Placement. *World neurosurgery*, 94, 368–374. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.07.037>
- Visocchi M. (2019). Why the Craniovertebral Junction?. *Acta neurochirurgica. Supplement*, 125, 3–8. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62515-7_1
- Wang, Y., Wang, C., & Yan, M. (2019). Clinical Outcomes of Atlantoaxial Dislocation Combined with High-Riding Vertebral Artery Using C2 Translaminar Screws. *World neurosurgery*, 122, e1511–e1518. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.11.092>
- Wertheim, S. B., & Bohlman, H. H. (1987). Occipitocervical fusion. Indications, technique, and long-term results in thirteen patients. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 69(6), 833–836.
- Wolfla C. E. (2006). Anatomical, biomechanical, and practical considerations in posterior occipitocervical instrumentation. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, 6(6 Suppl), 225S–232S. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.09.001>

- Wright N. M. (2005). Translaminar rigid screw fixation of the axis. Technical note. *Journal of neurosurgery. Spine*, 3(5), 409–414. <https://doi.org/10.3171/spi.2005.3.5.0409>
- Ye, J. Y., Ayyash, O. M., Eskander, M. S., & Kang, J. D. (2014). Control of the vertebral artery from a posterior approach: a technical report. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, 14(6), e37–e41. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.11.059>
- Yeom, J. S., Buchowski, J. M., Kim, H. J., Chang, B. S., Lee, C. K., & Riew, K. D. (2013). Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, 13(7), 775–785. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.04.005>

10. BİLİMSEL FAALİYETLER

Makale

- Harman, F.**, Oglin, V., Yilmaz, M. O., Orhun, O., Baran, O., Boyukyilmaz, S., Gezercan, Y., Dalbayrak, S., & Dagcinar, A. (2023). Different C2 screw placement techniques with mobilization of the vertebral artery in high-riding vertebral artery cases: Cadaver dissection. *Journal of craniovertebral junction & spine*, 14(4), 341–345. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_73_23
- Gezercan, Y., Olguner, S. K., **Harman, F.**, & Arslan, B. (2022). Is Standalone Posterior Cervical Pedicle Screw Fixation Sufficient to Correct Cervical Postlaminectomy Kyphosis?. *Turkish neurosurgery*, 32(5), 756–763. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.36249-21.3>
- Biyikli E, Kursun M, Guvenc Y, **Harman F**, Altuntas D. (2022) Cervical radiculopathy and spinal cord indentation caused by vertebral artery loop. *Neurology Asia*. 27(1):181-183. <https://doi.org/10.54029/2022myc>
- Pinar E, Sahin A, Unal S, Gunduz O, **Harman F**, Kaptanoglu E. (2022) The effect of polycaprolactone/graphene oxide electrospun scaffolds on the neurogenic behavior of adipose stem cells. *European Polymer Journal*.<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2022.111000>
- Saracoglu, A., Zengin, S. U., Ozturk, N., Niftaliyev, S., **Harman, F.**, & Aykac, Z. (2022). The outcomes of using high oxygen concentration in pediatric patients. *Journal of clinical monitoring and computing*, 36(5), 1341–1346. <https://doi.org/10.1007/s10877-021-00765-2>
- Gezercan, Y., & Harman, F. (2021). The loneliness of a long-distance runner. A ten-year survey of a patient diagnosed with Gorham-Stout syndrome at the occipitocervical junction. *British journal of neurosurgery*, 1–4. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/02688697.2021.1968342>
- Harman, F.**, Aydin, S., Sencan, S., Akdeniz, E., Guvenc, Y., Saracoglu, A., Eyigor, C., Uyar, M., & Gunduz, O. H. (2020). Percutaneous Spinal Cord Stimulation for Failed Back Surgery Syndrome: A Retrospective Study. *Turkish neurosurgery*, 30(5), 739–745. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.30598-20.2>
- İştemen, İ., **Harman, F.**, Arslan, A., Olguner, S. K., Açık, V., Ökten, A. İ., Arslan, B., & Gezercan, Y. (2021). Is C1-C2 Reduction and Fixation A Good Choice in the Treatment of Recurrent Chiari-Like Symptoms With Syringomyelia?. *World neurosurgery*, 146, e837–e847. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.11.023>
- Harman, F.**, Guvenc, Y., Coskun, M., & Baran, O. (2020). Airplane Landing Accident: How Safe Is Use of Passenger Lap Seat Belts in Aircrafts?. *World neurosurgery*, 142, 188–190. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.038>

Secer, H. I., **Harman, F.**, Aytar, M. H., & Kahraman, S. (2018). Open-door Laminoplasty with Preservation of Muscle Attachments of C2 and C7 for Cervical Spondylotic Myelopathy: Retrospective Study. *Turkish neurosurgery*, 28(2), 257–262. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.20007-17.1>

Yigitoglu, PH., Eker, A., Gunay, LM., **Harman, F.**, Rasmussen, F. (2023) Recurrent Autonomic Dysreflexia; A Case Report and Review of the Literature. *Cyprus J Med Sci*, 8(4):318-320. DOI: 10.4274/cjms.2022.2021-52

Aydin, D., Mut, SE., **Harman, F.** (2028) Radiologic evaluation of intercristal line in North Cyprus population. *Current Ort. Practice*. 29:480-483, 2018. DOI: 10.1097/BCO.0000000000000658

Ulusal Makale

Sakar, M., Javadov, T., Kıvrak, C., Güvenç, Y., **Harman, F.** (2021) The results of Earlu versus Late Surgery in traumatic cervical facet joint dislocation: A retrospective study. *J Turk Spinal Srug*. DOI: 10.4274/jtss.galenos.2021.54154 32(4):154-159.

Koban, O., **Harman, F.** (2022) Servikal spondilolitik myelopatilerde anterior cerrahi teknikler. *Türk Nöroşirurji Dergisi*, 32(3):428-434.

Kitap Bölümü:

Erdoğan, O., **Harman, F.** (2023) Dejeneratif lomber spondilolistezis. In Hakan T (Eds). Lomber spondilolistezis ve spondilolistezis. *Türkiye Klinikleri Nöroşirurji Özel Konular*. Türkiye Klinikleri (Ortadoğu Reklam Tanıtım Yayıncılık Turizm Eğitim İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.). ISBN: 978-625-395-135-1, 20-25.

Akbulut, F., Çekiç, E., **Harman, F.** (2023) Adult spinal deformitede minimal invazif cerrahi. In Ateş Ö., Öktenoğlu T., Kalaycı M., Özdemir N., Seçer M., Gürçay AG., Olguner SK., Akşam Ö. (Eds.) *Spinal Cerrahide Enstrumantasyon ve Yeni Teknolojiler*. Türk Nöroşirurji Derneği Yayınları No:30. Basım: Buluş Tasarım ve Matbaacılık, Ankara. ISBN: 978-605-4149-26-1. 385-390.

Harman, F., Kıvrak, C. (2023) Dejeneratif omurgada girişimsel ağrı yöntemlerinin yeri. In Avcı E. (Eds.) *Temel Nöroşirurji Kitabı*. Türk Nöroşirurji Derneği yayınları No:29. Basım: Buluş Tasarım ve Matbaacılık Hizmetleri, Ankara. ISBN:978-605-82424-5-6, 1693-1707.

Aydın, L., **Harman, F.** (2022) Spinal kord stimülasyonunda postoperatif takip ve komplikasyon yönetimi. In Öktenoğlu T, Ateş Ö, Kalaycı M, Özdemir N, Seçer M, Gürçay AG, Olguner SK. (Eds.) *Minimal invazif spinal cerrahi*. Türk Nöroşirurji Derneği Yayınları No:27, ISBN: 978-605-4149-25-4. Ekim 2022, Ankara, 489-495.

Harman, F. (2022). Metastatik tümörler soruları. In Kahinoğulları G. (Eds.) *Yeterlilik sınavı hazırlık soru kitabı* Türk Nöroşirurji Derneği Yayınları. ISBN: 978-605-82424-3-2, Ankara, 2022, 341-343.

Çakır, M., Harman, F. (2022) Metastatik omurga tümörlerinin epidemiyolojisi ve klinik değerlendirme. In Dalgıç A, Yılmaz M, Doğan Ş, Dağtekin A, Gürçay AG, Yaman O, Kılınçer C. (Eds.), *Omurga ve Omurilik Tümörleri*. Türk Nöroşirurji Derneği Yayınları. ISBN: 978-605-4419-24-7, Ankara, 2022, 197-205.

Sönmez, Ö., Güvenç, Y., **Harman, F.** (2019) İntervertebral diskin rejenerasyon çalışmaları ve gelecek tedavideki yeri. In Şimsek S, Dalgıç A, Yılmaz M, Dağtekin A, Türeyen K, Işık S, Temiz C, Gürçay E, Yaman O, Gürçay AG. (Eds.), *Yaşlanan Omurga*. Türk Nöroşirurji Derneği SPSCG Yayınları No:22. ISBN 978-605-4149-21-6, 2019: 27-35.

Güvenç, Y., **Harman F.** (2019) Yaşlı hastayı enstrumante ederken dikkat edilecek hususlar: Vida yerleştirme, redüksiyon ve manipülasyonlar. In Şimsek S, Dalgıç A, Yılmaz M, Dağtekin A, Türeyen K, Işık S, Temiz C, Gürçay E, Yaman O, Gürçay AG. (Eds.), *Yaşlanan Omurga*. Türk Nöroşirurji Derneği SPSCG Yayınları No:22. ISBN 978-605-4149-21-6, 2019: 213-221.

Harman, F., Aytar, MH., Güvenç, Y., Çobanoğlu, M., Kaptanoğlu, E. (2018) Servikal spondilolitik myelopati. Prognoz ve prognozu etkileyen faktörler. In Ali Arslantaş. (Eds.), *Türkiye Klinikleri Servikal dejeneratif hastalıklar özel sayısı*. ISBN: 978-605-7505-06-4. 2018: 84-89.

Uluslararası Kongre Bildiri:

Harman, F., Oglin, V., Yılmaz, MO., Baran, O., Boyukyılmaz, S., Gezercan, Y., Dıgıınar, A. (2022, May 25-28). *Axis (C2 anatomy) and mobilization of vertebral artery and C2 pedicle screw placement in cases of high riding vertebral artery, cadaveric dissection [Conference presentation]*. XIV. Uluslararası Türk Omurga Kongresi. İzmir Wyndam otel. <http://spinecongress2022.com/>

Harman, F., Oglin, V., Yılmaz, MO., Orhun, O., Baran, O., Boyukyılmaz, S., Gezercan, Y., Dalbayrak, S., Dıgıınar, A. (2023, May 24-27). *Different C2 screw placement techniques with mobilization of the vertebral artery in high-riding vertebral artery cases: Cadaver dissection [Conference presentation]*. XV. Uluslararası Türk Omurga Kongresi. İzmir Wyndam otel. <https://spinecongress2023.com/>

Harman, F., Akbulut, F., Çekiç, E., Kıvrak, C., Dıgıınar A. (2023, May 24-27). *C2 translaminar screw replaced by right pedicle screw in case of suspected vertebral artery injury during left C2 transpedicular screw placement [Poster presentation]*. XV. Uluslararası Türk Omurga Kongresi. İzmir Wyndam otel. <https://spinecongress2023.com/>

Harman, F., Akbulut, F., Kıvrak, C., Sönmez, Ö., Dıgıınar, A. (2023, May 24-27). *C1-C2 transarticular screw in a case of cervical Atlantoaxial metastasis [Poster presentation]*. XV. Uluslararası Türk Omurga Kongresi. İzmir Wyndam otel. <https://spinecongress2023.com/>

Ulusal Kongre Bildiri

- Sarıgül, B., Mammadov, M., Öğrenci A., Koban O., Yılmaz M., **Harman F.**, Dalbayrak S. (2023, 27-30 Nisan). *Görüntülemenin dili: Deformite cerrahisinde radyolojiyi nasıl kullanmalıyız [Sözlü Bildiri]*. TND 36. Ulusal Kongresi, Pine Beach Kongre Merkezi. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Sönmez, Ö., Erdoğan, O., Karagöz, A., **Harman, F.** (2023, Ekim 27-30). *Hepatosellüler karsinom metastazında unilateral C1-2 füzyonu [Poster Bildiri]*. TND SPSCG 27. Spinal Sempozyumu. La Blanche Otel, Bodrum. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Sarıgül, B., Çekiç, E., Bıyıklı, E., Şirinoğlu, D., **Harman, F.** (2022, 24-27 Kasım). *Lomber spinal stenozda faset tropizması ve foramen çapı arasındaki korelasyon: Çok merkezli radyolojik çalışma [Sözlü Bildiri]*. TND 35. Ulusal Kongresi, Nirvana Cosmopolitan Otel. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Akbulut, F.**, Çekiç, E., Kıvrak, C., Pınar, E., Harman, F. (2022 24-27 Kasım). *C2 vertebrada (aksis) yüksek çıkışlı vertebral arterin radyolojik olarak incelenmesive güvenli alanların analizi [Sözlü Bildiri]*. TND 35. Ulusal Kongresi, Nirvana Cosmopolitan Otel, <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Oğlin, V., Mustafayev, A. (2022, 24-27 Kasım). *Unilateral parapediküler kifoplasti tekniği, tek merkez 9 vakalılık seri [Sözlü Bildiri]*. TND 35. Ulusal Kongresi, Nirvana Cosmopolitan Otel, Antalya <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Oğlin, V., Baran, O., Yılmaz, MÖ., Büyükyılmaz, Ş., Orhun, Ö., Dağçınar, A. (2022, 24-27 Kasım) *C2 anatomisi: Yüksek yerleşimli vertebral arter vakalarında vertebral arter mobilizasyonu ile C2 vida yerleştirilmesi. Kadavra Diseksiyonu [Sözlü Bildiri]*. TND 35. Ulusal Kongresi, Nirvana Cosmopolitan Otel, Antalya <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Güvenç, Y., Yaralı, AT., Sönmez, Ö. (2022, 12-16 Ekim) *Posterior atlantoaksiyel stabilizasyonda, atlantoaksiyal eklem füzyonunun incelenmesi: Bir yıllık takip [Sözlü Bildiri]*. TND SPSCG 26. Spinal Sempozyumu, Alva Donna World palace, Antalya. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Akbulut, F., Çekiç, E. (2022, 13-16 Ekim). *Sakral kırıklı hastada vertebroplasti cemşidi iğnesi yardımı ile iliosakral vida yerleştirilmesi [Poster Bildiri]*. TND SPSCG 26. Spinal Sempozyumu, Alva Donna World palace, Antalya. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Güvenç, Y., Sönmez, Ö., Yaralı, AT. (2022, 13-16 Ekim). *Travmatik torakolomber kırıklı hastalarda intraoperatif nöromonitörizasyon sonuçlarının değerlendirilmesi [Sözlü Bildiri]*. TND SPSCG 26. Spinal Sempozyumu, Alva Donna World palace, Antalya. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>

- Harman, F.**, Güvenç, Y., Karagöz, A., Şimşek, İ., Laçın, T. (2021, 30 Eylül-3 Ekim). *Anterior servikal cerrahiden yirmi sene sonra servikal plağın özefagustan girerek barsaklardan atılması ve bir yıl sonra gelişen özefagus fistülü tamiri [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşirurji Derneği 34. Bilimsel Kongresi. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Şencan, S., Güvenç, Y., Akbulut, F. (2021, 30 Eylül-3 Ekim). *Aynı hastada farklı bölgeye ikinci spinal kord stimülatörü (SCS) uygulaması [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşirurji Derneği 34. Bilimsel Kongresi. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Güvenç, Y., Karagöz, A., Akbulut, F., Laçın, T. (2021, 30 Eylül-3 Ekim 2021). *Enfektif endokardite bağlı gelişen torakal apse, akut çökme kırığı ve parapleji olgusu [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşirurji Derneği 34. Bilimsel Kongresi. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Güvenç, Y., **Harman, F.**, Kıvrak, C. (2021, 30 Eylül-3 Ekim). *Komplike aksis fraktürlerinde hareket koruyucu cerrahi: Cerrahi Teknik [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşirurji Derneği 34. Bilimsel Kongresi. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Güvenç, Y., **Harman, F.** (2019, 31 Ekim-3 Kasım). *Meningomyelosele sonrası gelişen lomber kifoz deformitesinde vertebral kolon rezeksiyonu ile posterior enstrumantasyon: Cerrahi teknik [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşirurji Derneği SPSCG Yaşlanan Omurga Sempozyumu, Antalya. Türk Nöroşir Derg 29 (Ek sayı 1), 2019 Sayfa 17. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Erdoğan, O., Cavadov, T., Sönmez, Ö., Oğlin, V., Güvenç, Y., **Harman F.** (2019, 11-14 Nisan). *Faset dislokasyonuna yol açan servikal travma olgularının retrospektif olarak incelenmesi [Sözlü Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, 11-14 Nisan 2019, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 204-205. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Saraçoğlu, A., Zengin, SÜ., Öztürk, N., Niftaliyev, S., **Harman, F.**, Aykaç, Z. (2019, 7-10 Kasım). *Pediyatrik hastalarda yüksek oksijen konsantrasyonu kullanımı artmış morbidite ile ilişkilidir [Sözlü Bildiri]*. Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Derneği Kongresi. www.tark2019.org
- Şahin, Y., Çekiç, E., Güvenç, Y., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Atlantoaksiyel dislokasyona sebep olan spondilometafizyal displazi olgusu [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi,. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 422. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Guliyev, A., Akbulut, F., Güvenç, Y., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Geç dönemde opere edilen, aynı anda farklı hemisferlerde izlenen serebellar hematoma ve serebellar enfarkt olgusu [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi. Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 393. <https://turknorosirurji.org.tr/1/haberler/>
- Güvenç, Y., Niftaliyev, S., Guliyev, A., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Çocukta okul masası ile penetran kafa travması olgusu [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel

- Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 393. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Güvenç, Y., Akbulut, F., Guliyev, A., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Servikal dejeneratif spondilozlu hastalarda minör travma sonrası gelişen kuadripleji [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 391. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Güvenç, Y., Akbulut, F., Guliyev, A., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Konus medüllaris metastazı: Olgu sunumu [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 390. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Akbulut, F., Pınar, E., Cavadov, T., Güvenç, Y., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Torakal spinal kanalın ortasından geçen ve nörolojik defisite neden olmayan delici alet yaralanması [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 383. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Cavadov, T., Erdoğan, O., Güvenç, Y., **Harman, F.** (2019, 11-14 Nisan). *Brown-Sequard sendromu ile seyreden spontan servikal epidural hematoma olgusu [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir Der 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 381-382. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Cavadov, T., Erdoğan, O., Pınar, E., Güvenç, Y., Çiçin, A., **Harman F.** (2019, 11-14 Nisan). *Varfarin kullanımına bağlı spinal subdural hematoma [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019: Sayfa 382. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Şahin, Y., **Harman, F.**, Güvenç, Y. (2019, 11-14 Nisan). *Spondilodiskit vakasında minimal invazif olarak, skopi eşliğinde pedikülden girilerek disk mesafesinden biopsi alınması [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 269. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>
- Harman, F.**, Erdoğan, O., Güvenç, Y., Cavadov, T. (2019, 11-14 Nisan). *Aynı seviyede uzak lateral ve distal foraminal disk hernisi: Radyolojik konfüzyonu nasıl önleriz [Poster Bildiri]*. Türk Nöroşir. Der. 33. Bilimsel Kongresi, Antalya. Türk Nöroşir Der 29 (Ek Sayı 2):2019, Sayfa 391-392. <https://turknorosisurji.org.tr/1/haberler/>