



T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

KRANİOSERVİKAL STABİLİZASYON ve KRANİOSERVİKAL
ÖLÇÜMLER

NURULLAH KÖSMENE
ORCID ID: 0009-0000-3811-9291
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. HASAN KAMİL SUCU

İZMİR-2024

İÇİNDEKİLER

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET BEYANI.....	iii
ETİK BEYAN.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER.....	x
TABLolar.....	xi
RESİMLER.....	xi
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Embriyoloji.....	2
2.1.1. Kranioservikal bileşke embriyolojisi.....	2
2.2. Anatomi.....	3
2.2.1. Vertebra anatomisi.....	3
2.2.2. Spinal kolon ligamanları.....	4
2.2.3. Servikal kolon anatomisi.....	4
2.2.4. Kranioservikal bileşke anatomisi.....	5
2.2.4.1. C0 (oksiput) anatomisi.....	5
2.2.4.2. C1 (atlas) anatomisi.....	5
2.2.4.3. C2 (axis) anatomisi.....	5
2.2.4.4. Atlantookspital eklem.....	6
2.2.4.5. Atlantoaksiyal eklem.....	6
2.2.4.6. Kranioservikal bileşke ligamanları.....	6
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	7
4. BULGULAR.....	14
5. TARTIŞMA.....	17
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	29
7. KAYNAKLAR.....	29

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Eğitim Planlama Kurulu'nca onaylanan Uzmanlık tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir şekilde kullanıma açma iznini İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır. Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

02/08/2024

İmza

Nurullah Kösmene

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, “Kranioservikal stabilizasyon ve kranioservikal ölçümler” başlıklı çalışmamın, Tez Danışmanım Prof. Dr. Hasan Kamil SUCU danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıpta Uzmanlık Birimi Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

02/08/2024

İmza

Nurullah Kösmene

TEŞEKKÜR

Asistanlık eğitimi yanında, akademik dünyanın kapılarını bizlere açan, cerrahi bilgi ve deneyimi ile ameliyathanede cesaretimizi arttıran tez danışmanım, değerli hocam ve abim Prof. Dr. Hasan Kamil Sucu'ya,

Hasta yönetimi ve cerrahi yönetimi ile bize büyük örnek olan, majör spinal cerrahilerde ustalıkla uyguladığı teknikleri bize öğreten değerli abim Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ertan Sevin'e, Mikrocerrahi tekniklerini büyük beceri ile uygulayan ve öğreten değerli abim Op. Dr. İsmail Akkol'a,

Klinikte ve ameliyathanede disiplinli ve kararlı duruşu ile bizlere örnek olan, kranial cerrahi tekniklerini öğrendiğim değerli abim Op. Dr. Hamit Güneş Feran'a,

Asistanlık eğitimi boyunca mesleki bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Ayşe Karataş Demirciler, Prof. Dr. Nurullah Yüceer, Doç. Dr. Gönül Güvenç, Doç. Dr. Murat Sayın, Op. Dr. İnan Uzunoğlu, Op. Dr. Gökhan Gürkan'a,

Ege Üniversitesi Pediatrik Nöroşirurji rotasyonunda, beni kendi klinik asistanlarından hiçbir şekilde ayırmayan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, değerli ablam Dr. Öğr. Üyesi Elif Bolat'a,

Bu keyifli yolculukta 5 yıl süre ile bana eşlik eden tüm asistan arkadaşlarıma, usta çırak ilişkisi ile bilgilerini, deneyimlerini bana aktaran Op. Dr. Selin Bozdağ, Op. Dr. Burcak Akdağ, Op. Dr. Alaeddin Bayrak, Op. Dr. Efecan Erişken ve Op. Dr. Kamil Alper Alpay'a, Ekip ruhu ile hasta yararını birincil amaç edinen, serviste ve ameliyathanede işimizi kolaylaştıran, destek ve hoşgörülerini hiçbir zaman bizden esirgemeyen Serpil Ulutaş ve Ertan Aksel başta olmak üzere tüm servis, yoğun bakım ve ameliyathane hemşirelerine, Ameliyatlarda dışarıdaki elimiz ayağımız olan, özveri ile tüm süreci takip eden Özgür İnal, Serhat Aktaş, İhsan Emre Çalışkan başta olmak üzere tüm ameliyathane çalışanlarına, en içten dileklerle teşekkür eder,

Sözlerimi bitirmeden; bugün buralarda olmamı sağlayan, beni yetiştiren babam Süleyman Kösmene ve annem Fatma Kösmene'ye,

Son olarak da, varlığı ile mutluluk ve huzur bulduğum, hayat arkadaşım Lutfiye Kösmene'ye, asistanlık süreci boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemediği ve 2 güzel evladımı yetiştirdiği için çok teşekkür ederim.

Dr. Nurullah Kösmene

Ağustos 2024

ÖZET

KRANİOSERVİKAL STABİLİZASYON VE KRANİOSERVİKAL ÖLÇÜMLER

Nurullah KÖSMENE

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı

Uzmanlık Tezi, İzmir, Türkiye, 2024

Amaç: Farklı etiyojilere bağlı olarak gelişen kranioservikal bileşke patolojilerini tanımak, yönetmek ve tedavi etmek bölgenin karışık anatomik yapısı ve kompleks biyomekanik dinamikleri nedeni ile oldukça zordur. Kranioservikal bileşke patolojilerini radyolojik olarak değerlendirmek için birçok farklı ölçüm metodu tanımlanmıştır. Teorik olarak kranioservikal stabilizasyon sonrası tanımlanan ölçüm değerlerinin önemli ölçüde değişmesi gerekir. Ancak bildiğimiz kadarıyla literatürde bu yönde yapılmış çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmadaki birincil amacımız kliniğimizde yapılan kranioservikal stabilizasyon vakalarını retrospektif olarak analiz ederek stabilizasyon öncesi ve stabilizasyon sonrası ölçümleri arasında önemli bir fark olan ve kolayca uygulanabilecek, güvenilir bir kranioservikal ölçüm olup olmadığını bulmaktır. İkincil amacımız ise, 20 yılı aşkın bir süre boyunca aynı ekiple sürdürülen cerrahi sürecin gelişimini değerlendirerek bu hasta grubunun iyi yönetilmesine katkıda bulunmaktır.

Yöntem: Kliniğimizde Kasım 2000 ile Aralık 2022 tarihleri arasında opere edilen olgular retrospektif olarak incelendi. Herhangi bir kranial kemik bölümü ile herhangi bir servikal vertebra'nın cerrahi olarak stabilize edildiği tüm olgular çalışmaya dahil edildi. Hastalar demografik olarak yaş, cinsiyet, etiyojisi, semptomların süresi, ek hastalıklar açısından değerlendirildi. Cerrahi değerlendirme olarak tespit noktası olarak kullanılan servikal vertebra seviyeleri ve anatomik kısımları, kullanılan materyal, tespit tekniği analiz edildi. Literatürde tanımlanan mevcut kranioservikal ölçüm metodları hastaların preoperatif ve postoperatif radyolojik görüntülemelerinde uygulandı. Ayrıca kendi önerdiğimiz anterior atlantodental mesafenin kranial ve kaudal olarak ayrı ayrı ölçülmesi ve C1 anterior arkus-odontoid anterior kenarı arasındaki açının ölçülmesi de yine tüm hastaların preoperatif ve postoperatif filmlerinde uygulandı.

İstatistiksel değerlendirmede bağımsız ve eşleştirilmiş örneklemlerle t-testleri kullanıldı. $P < 0,05$ değerleri istatistiksel anlamlı olarak kabul edildi.

Bulgular: Yirmi iki yıllık süre içinde toplam 26 hastaya kranioservikal stabilizasyon uygulanmıştı. Bu hastaların 16'sı erkek, 8'i kadındı. Yaş ortalaması 46 iken, en yaşlı hasta 75, en genç hasta 20 yaşındaydı. Özellikle eski dönemde çekilen görüntülemelerin düşük kalitede olması nedeniyle her kranioservikal ölçüm her hastada gerçekleştirilemedi.

Chamberlain çizgisi, McRae çizgisi, McGregor çizgisi ile yapılan preoperatif-postoperatif ölçümler karşılaştırıldığında ölçüm yapılan 16 hastanın sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. Literatürde daha önce tanımlanmış olan diğer ölçüm tekniklerinde preoperatif ve postoperatif değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.

Çalışmada literatürde daha önce tanımlanmamış olan, bizim önerdiğimiz anterior atlantodental mesafenin kranial ve kaudal olarak ayrı ayrı ölçülmesinde ise preoperatif ve postoperatif değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu bulduk.

Sonuçlar: İlk tanımlanan kranioservikal ölçümlerden olan Chamberlain, McRae ve McGregor çizgileri kranioservikal bölgedeki postoperatif değişimi göstermede halen önemini korumaktadır. Önerimiz olan anterior atlantodental mesafenin kranialden ve kaudalden ayrı ayrı ölçümü kranioservikal kifozun değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: kranioservikal bileşke, kranioservikal ölçüm metodları, kranioservikal stabilizasyon, kranioservikal sıralama, kranioservikal redüksiyon

ABSTRACT

CRANIOCERVICAL STABILIZATION AND CRANIOCERVICAL MEASUREMENTS

Nurullah KÖSMENE

**Izmir Katip Celebi University, Faculty of Medical Sciences Neurosurgery Department
Medical Specialization Thesis, Izmir, Türkiye, 2024**

Aim: It is quite difficult to recognize, manage and treat craniocervical junction pathologies that develop due to different etiologies because of the complex anatomical structure and complex biomechanical dynamics of the region. Many different measurement methods have been defined to evaluate craniocervical junction pathologies radiologically. Theoretically, the measurement results before craniocervical stabilization should have changed significantly after stabilization. However, to our knowledge, no study has been conducted comparing craniocervical measurements in terms of results before and after craniocervical stabilization. Our primary aim in this study was to retrospectively analyze the craniocervical stabilization cases performed in our clinic and to find out whether there is a reliable craniocervical measurement that can be easily applied and has a significant difference between the pre-stabilization and post-stabilization measurements. Our secondary aim is to contribute to the good management of this patient group by evaluating the development of the surgical process carried out with the same team for more than 20 years.

Methods: Patients who were operated on in our clinic between November 2000 and December 2022 were retrospectively reviewed. All cases in which any cranial bone part and any cervical vertebra were surgically stabilized were included in the study. Patients were evaluated demographically in terms of age, gender, etiology, duration of symptoms, and additional diseases. Cervical vertebra levels and anatomical parts used as fixation points, materials used, and fixation techniques were analyzed as surgical evaluations. Radiological images of these patients were calculated and compared preoperatively and postoperatively with measurement methods defined in the literature. In addition, our own recommendation of measuring the anterior atlantodental distance separately cranially and caudally and measuring the angle between the anterior edge of the C1 anterior arch and the odontoid were also applied in the preoperative and postoperative films of all patients. Independent and paired sample t-tests were used for statistical evaluation. $P < 0.05$ was considered significant.

Results: A total of 26 patients underwent craniocervical stabilization over a 22-year period. 16 were male and 8 were female of these patients. The mean age was 46, while the oldest patient who underwent surgery was 75 and the youngest patient was 20 years old. Especially due to the low quality of the images taken in the past, not every craniocervical measurement could be performed on every patient. When preoperative and postoperative measurements calculated with the Chamberlain line, McRae line, and McGregor line were compared, a statistically significant difference was found in the results of 16 patients who could be measured. No statistically significant difference was found between preoperative and postoperative values in other measurement techniques previously described in the literature. In the study, we found that there was a statistically significant difference between the preoperative and postoperative values in the separate measurement of the anterior atlantodental distance cranially and caudally, which we suggested, which has not been previously described in the literature.

Conclusion: The first defined craniocervical measurements, Chamberlain, McRae and McGregor lines, still maintain their importance in showing postoperative changes in the craniocervical region. In addition, our suggestion is that the measurement of the anterior atlantodental distance from the cranial and caudal angles can be used to evaluate craniocervical kyphosis.

Keywords: craniocervical junction, craniocervical measurement, craniocervical stabilization, craniocervical alignment, craniocervical reduction,

ŞEKİLLER

Şekil 1. Odontoid proçesin embriyolojik gelişimi.....	3
Şekil 2. Atlas ve aksis vertebraları.....	5
Şekil 3. Kranioservikal bileşkenin ligamanları, internal posterior görünüm.....	7
Şekil 4. Kranioservikal bileşke, sagittal kesit.....	7
Şekil 5. Chamberlain line.....	8
Şekil 6. McGregor line.....	8
Şekil 7. McRae line, Chamberlein line, McGregor line birlikte gösterimi.....	9
Şekil 8. Wackenheim's line.....	9
Şekil 9. Klivus-kanal açısı.....	10
Şekil 10. Klivodens açısı.....	10
Şekil 11. Atlanoaksiyel açısı.....	11
Şekil 12. C0-C1 açısı.....	11
Şekil 13. C0-C2 açısı.....	12
Şekil 14. Anterior atlantodental aralık.....	13
Şekil 15. Kranial ve kaudal anterior atlantodental aralık ölçümü.....	13
Şekil 16. C1 anterior arkus-odontoid açısı.....	14
Şekil 17. Oksiput-C1-C2 telleme.....	21
Şekil 18. Oksiput-atlas-aksis arasına kemik greft yerleştirilerek yapılan füzyon cerrahileri.....	21
Şekil 19. Lateral mass vidalama, Roy Camille tekniği.....	22
Şekil 20. Servikal fraktürü olan hastada lateral mass uygulaması teknik çizimi.....	23
Şekil 21. Smith tarafından gösterimi yapılan ve lateral mass uygulaması.....	24
Şekil 22. Abumi tarafından gerçekleştirilen orta-alt servikal pedikül vidalaması.....	25
Şekil 23. C2 intralaminar vida kullanılan oksipitoservikal stabilizasyon cerrahisi.....	26
Şekil 24. Oda ve Abumi'nin 5 farklı fiksasyon tekniği karşılaştırdığı kadavra çalışması.....	27

TABLolar

Tablo 1. Çalışmada yer alan hastaların etiyoloji ve cerrahi teknik değerlendirme tablosu.....	15
Tablo 2. Kranioservikal ölçümler, preoperatif-postoperatif ölçüm tablosu, eşleştirilmiş örneklem t-test.....	16
Tablo 3. Kranial-kaudal anterior atlantodental mesafe ölçüm tablosu, bağımsız örneklem t-test.....	17

RESİMLER

Resim 1. Kranioservikal kifozu olan ve nöral basısı olan hastanın preoperatif ve postoperatif MR.....	28
--	----

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kranioservikal bileşke patolojilerine yaklaşım ve tedavi modaliteleri uzun yıllardır tartışma konusu olmakta, devamlı yeni fikirler ileri sürülmektedir. Kranioservikal bileşke patolojileri platybasia ve basilar invaginasyon gibi nedenlerle doğuştan kaynaklanabileceği gibi odontoid fraktürleri, atlantookspital dislokasyon gibi travmatik sebeplerle veya bu bölgeyi ilgilendiren tümörler nedeniyle oluşabilir.

Önceki on yıllarda transoral odontoidektomi veya foramen magnum dekompresyonu gibi kemik dekompresyonu yöntemleri daha ön planda olan tedavi seçenekleri idi. Kranioservikal stabilizasyon ise genellikle dekompresyonu takiben ikinci operasyon seansı olarak yapılıyordu ve bazen de hiç yapılmayabiliyordu. İlerleyen dönemlerde, cerrahi deneyimin ve biyomekanik çalışmaların artmasıyla çeşitli patolojilerle kranioservikal bölgede oluşan instabilitenin beyin sapı basısına yol açabileceği, sadece stabilizasyon yapılmasıyla da nöral basının ortadan kalkabileceği fikri genel kabul görmüştür. Böylece stabilizasyon yavaş yavaş direkt dekomresyonun yerine kranioservikal patolojilerin yönetiminde birinci sıraya yerleşmiştir.

Kranioservikal instabilitenin klinik tanısı kranioservikal radyolojik bulgular ile konur. Kranioservikal bileşke patolojilerinde tanı ve takip aşamalarında kullanılan birçok ölçüm parametresi mevcuttur. Bileşkenin kompleks anatomik yapısı ve biyomekanik dinamikleri nedeni ile üzerinde fikir birliğine varılmış olan “ideal” bir ölçüm metodu yoktur ve sürekli yeni fikirler ortaya atılmaktadır. Teorik olarak kranioservikal stabilizasyon öncesi yapılan ölçüm değerlerinin stabilizasyon sonrası anlamlı ölçüde değişmesi gerekmektedir. Bu konunun önemine karşın literatürde bildiğimiz kadarıyla kranioservikal stabilizasyon öncesi ve sonrası kranioservikal ölçümleri karşılaştıran bir çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmada, kliniğimizde yapılan kranioservikal stabilizasyon vakalarını retrospektif olarak analiz ettik ve stabilizasyon öncesi ve sonrası ölçüm değerleri arasında önemli bir farka sahip olan, kolayca uygulanabilen ve güvenilir bir kranioservikal ölçüm olup olmadığını araştırmak istedik. Ek olarak;

1-Çokça kullanılan bir ölçüm olan anterior atlantodental mesafenin kranial ve kaudal uçlardan iki ayrı parametre olarak ölçülmesinin

2-C1 anterior arkus-odontoid ön kenarı arasındaki açının ölçülmesinin uygulanabilir ve güvenilir yeni ölçüm parametreleri olup olamayacağını değerlendirmeyi hedefledik. İkincil amacımız ise, 20 yılı aşkın bir süre boyunca aynı ekiple sürdürülen cerrahi sürecin gelişimini değerlendirerek bu hasta grubunun iyi yönetilmesine katkıda bulunmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Embriyoloji

İskelet sistemini meydana getiren kemik ve kıkırdak dokular embriyolojik olarak mezodermden köken alır. Embriyolojik yaşamın ikinci haftasının sonunda gastrulasyon tamamlanır, endoderm ve ektoderm meydana gelir. Bu iki germ yaprağının arasında ise notokord ve esas mezoderm oluşur. Notokord hücreleri oluşuktan sonra ektoderm kalınlığı azalır ve nöral plak oluşur. 18. Günde nöral plağın uçları yukarı doğru kıvrılır ve bu uçların birleşimi ile nöral tüp oluşur. Nöral tüp ve notokordun her iki yanında yer alan mezodermden longitudinal kolon halinde kalınlaşan paraksiyel mezoderm meydana gelir. Paraksiyel mezodermin 19. Günde segmentasyona uğraması ile somit çiftleri oluşumu gerçekleşir. Notokordun her iki yanında yumru olarak dizilen somitlerin sayıları 20. Günde 4 çift iken 5. Haftanın sonuna doğru 42-44 çifte ulaşır. Meydana gelen somitler kranialden kaudale doğru 4 oksipital, 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral, 8-10 koksigeal olarak sıralanır.

Medialden laterale doğru her bir somit çifti 3 yapıya evrilir. Sklerotom (anteromedial) aksiyel iskelet sistemini, myotom (lateral) segmental paravertebral kasları, dermatom (posterior) derinin dermiş ve hipodermis tabakalarını oluşturur (1,2).

2.1.1 Kranioservikal bileşke embriyolojisi

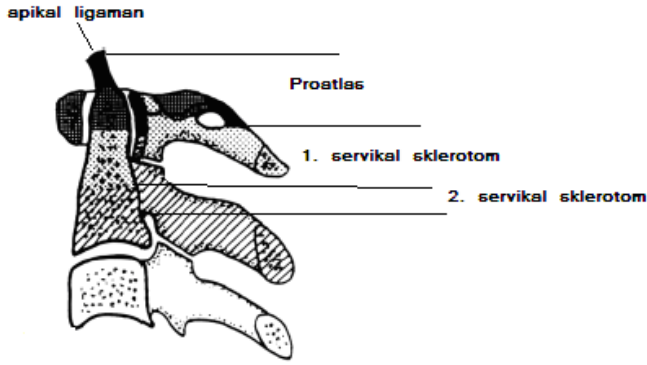
İlk olarak meydana gelen oksipital somitler birleşerek oksipital kemiği ve foramen magnumun arka bölümünü oluşturur. İlk iki oksipital sklerotomdan basiokspit oluşur, üçüncü oksipital sklerotomdan ise juguler tüberküller oluşur. Dördüncü oksipital sklerotomun özel adı proatlastır ve kranio-servikal bileşke embriyolojisinde anahtar rol oynar.

Proatlastın anterior kısmından clivusun anterior tüberkülü meydana gelir. Merkez kısmı ise dens aksis ucunu ve apikal ligamanı oluşturur. Lateral kısmın gelişmesi ile krusiform ligaman ve alar ligaman oluşur. Nöral arkusun ventral – rostral bölümünden oksipital kondiller ve foramen magnumun ön kenarı gelişirken dorsal-kaudal bölümünden ise atlasın lateral yapıları ve arka arkusun kranial kısmı meydana gelir.

Birinci servikal sklerotomun orta kısmı aksis gövdesi ile birleşerek odontoid süreci oluştururken nöral arkusu ise atlasın arka arkının alt kısmını meydana getirir.

İkinci servikal sklerotomun orta kısmından aksis korpusu oluşur. Nöral arkusundan ise faset eklemler ve aksisin arka arkusu meydana gelir.

Densin uç kısmı proatlastan, gövde kısmı birinci servikal sklerotomdan, aksis korpusu ile birleşen alt kısmı ise ikinci servikal sklerotomdan gelişir. (Şekil-1)



Şekil 1. Odontoid sürecin embriyolojik gelişimi (3)

Takip eden somit çiftleri vertebral kolonu oluştururken sonda yer alan 3-5 somit çifti atrofiye uğrayarak kaybolur (1).

2.2 Anatomi

Omurga (kolumna vertebralis) başın ve gövdenin ağırlığını kalçaya ve bacaklara aktaran, omuriliği (medulla spinalis) çepeçevre sararak koruma altına alan, gövdeye tüm yönlere yeterli hareket kabiliyeti sağlayan viskoelastik bir sütundur. Vertebral kolon, omur (vertebra) adı verilen kemik parçaların, gövdenin arkasında ve orta çizgi üzerinde üst üste sıralanması ve ligamanlar ile birbirlerine bağlanması ile oluşur (4).

Vertebral kolon dizilimini oluşturan vertebralar buldukları bölgeye göre isimlendirilirler. Erişkin insan omurgasında 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal olmak üzere toplam 33 vertebra yer alır. Servikal - torakal - lomber vertebralar birbirleri ile hareketli eklemler vasıtasıyla bağlanır, sakrum ve koksiksi oluşturan kalan 9 vertebra ise aralarında hareketli eklem yapısı yoktur, bütünleşmiştir.

Vertebral kolonun stabilitesini, insanın dik pozisyonda durmasını ve gövdenin pelvis üzerinde dengede durmasını sağlayan intrinsik ve ekstrinsik yapılar bulunur.

Intrinsik yapılar; vertebra ve intervertebral diskler, faset eklem ve kapsülleri, spinak kolon ligamanları, m. erector spina ve intravertebral kas dokularıdır.

Ekstrinsik yapılar ise göğüs kafesini oluşturan yapılardan oluşur. Kostalar, interkostal kas dokuları, ligamanlar ekstrinsik yapılara dahildir (4).

2.2.1 Vertebra anatomisi

C1 (Atlas) ve C2 (Aksis) dışındaki her bir vertebrada ortak yapılar bulunmaktadır. Bu ortak yapılar bölgeye göre değişiklik gösterebilir. Tipik vertebra olarak isimlendirilen bu vertebralar 6 ana kısımdan oluşur; corpus vertebra, arkus vertebra(pedikül-lamina), foramen vertebra, spinöz süreç, transvers süreç, superior-inferior faset eklem çıkıntıları. En büyük kısmı silindirik yapısı olan korpus vertebra oluşturur. Kranial taraftan kaudal tarafa doğru çapı

ve hacmi artar. Anterior ve posterior duvarlarında vasküler yapıların girip çıktığı küçük delikler bulunur. Üst ve alt yüzeylerde ise kemik korteks bulunmaz, pürüzlü yapıları vardır, intervertebral disklerin yapışmasına olanak sağlar. End plak (son plak - uç plak) olarak adlandırılan bu yüzeylerin kenarları çıkıntılıdır. Korpus vertebra ince bir kortikal kemik dokusu ile çevrili spongioz kemikten oluşur. Spongioz kemik dokusu superior ve inferior end plaklara dik bir şekilde uzanan ince lamelli yapısı sayesinde aksiyel yüklenmeye karşı maksimum direnci oluşturabilir. Arkus vertebra, spinöz ve transvers süreçlerin kortikal kemik dokusu oranı daha yüksektir. Pedikül, vertebra gövdesinin arka ve yan duvarlarının birleştiği bölümde, gövdenin üst yarısından çıkarak posteriora yönelen güçlü ve kısa kemik yapısıdır. Vertebra ön kolonunu arka kolona bağlayan ana unsurdur. Pediküllerin üst ve altında vertebral çentikler (incisura vertebralis) bulunur, iki vertebral incisuranın birleşmesiyle intervertebral foramen oluşur.

İntervertebral disk vertebra korpuslarını birbirine bağlar, fibrokartilaginöz yapıdadır. Omurgada 23 disk bulunur, C0-C1 ile C1-C2 arasında intervertebral disk bulunmayan özel eklem yapıları mevcuttur. Büyüklük ve şekli vertebra cismi ile uyumdur. Orta bölümlerine nükleus pulposus denir ve yumuşak jelatinöz bir maddeden oluşur, etrafındaki fibrokartilaginöz yapıya annulus fibrosus denir. Yapısında vasküler yapı bulunmaz, komşu vertebraların spongioz kemik yapılarından difüzyon yoluyla beslenirler (4).

2.2.2 Spinal Kolon Ligamanları

- ALL (Anterior Longitudinal Ligaman) : Oksipital kemikten başlar, tüm vertebraların ön yüzlerine yapışır. Corpus vertebraya sıkı, diskin annuler liflerine gevşek tutunur.
- PLL (Posterior Longitudinal Ligaman) : Oksipital kemikten başlar, tüm vertebra korpuslarının arka yüzüne yapışarak koksikse kadar devam eder. Anterior ligamanın aksine disk seviyesinde daha sıkı, korpus seviyesinde daha gevşektir.
- Ligamentum Flavum : üst laminanın anterior inferior kenarından alt laminanın posterior süperior kenarına uzanır. İçerdiği yoğun elastik lifler nedeni ile sarı-krem renklidir.
- İnterspinöz ligaman : üst-alt spinöz süreçler arasında yer alır.
- İntertransvers ligaman : üst-alt transvers süreçler arasında yer alır.
- Supraspinöz ligaman : eksternal oksipital tuberantiadan başlayarak sakruma kadar uzanan, spinöz süreçlerin uçlarını birbirine bağlayan kuvvetli bağıdır. C7 ye kadar olan kısmı daha kalın, daha geniş ve daha güçlü olup ligamentum nuchae olarak adlandırılır (4).

2.2.3 Servikal Kolon Anatomisi

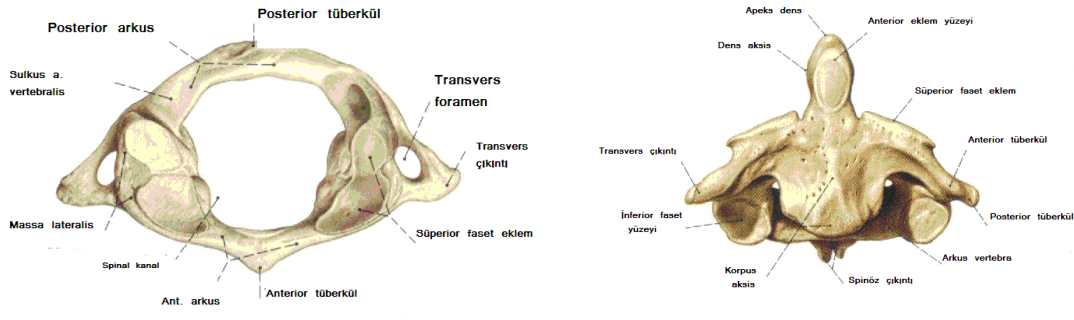
Servikal vertebra korpusları lomber ve torakal vertebralara göre sagittal planda ve koronal planda daha kısadır, korpus yüksekliğide daha düşüktür. Spinöz proçesleri kısadır. C2 ve C5 arası vertebraların spinöz proçesi bifid yapıdadır. Transvers proçesleri çok gelişmemiştir ve bu vertebralara özgün olarak içinde vertebral arterin yer aldığı foramen vertebralis yer alır. C1-C2 ve C7 atipik vertebra olarak nitelendirilir (5).

2.2.4 Kranioservikal Bileşke Anatomisi

Kranioservikal bileşke C0 (oksiput), C1 (atlas), C2 (aksis) vertebralardan oluşur. Bu üç kemik yapı özgün anatomileri ile diğer servikal vertebralardan ayrılmaktadır.

2.2.4.1 C0 (oksiput) : Foramen magnumu çevreleyen kemik oluşumdur. Foramen magnumun ortalama çapı 35 mmdir ve arka kısmı daha geniştir. Ön kısmında yer alan oksipital kemik klivus ile devam etmektedir ve dorsum sellanın altında sfenoid kemik ile birleşir. Foramen magnumun anterior-inferior-lateral kısmında oval şekli olan atlantookspital eklem katılan bir çift kondil yer alır. Kondillerin medialinde yer alan tüberküllere alar ligaman tutunur. Her iki kondilin arkasında sigmoid sinüs ile vertebral venöz pleksusları birleştiren emisser venlerin geçtiği kondiler fossa denilen oluk bulunur. Kondillerin üst tarafında ise nervus hypoglossusun geçtiği hypoglossal kanal bulunmaktadır (5).

2.2.4.2 C1 (atlas) : Diğer tüm vertebralardan farklı olarak korpusu ve spinöz proçesi yoktur, halka şeklinde bir vertebradır. İki adet lateral kitleden, ön ve arka arkustan oluşur. Üst yüzeyinde vertebral arterin ve C1 sinir kökünün oluşturduğu oluk önemlidir (5). (Şekil-2)



Şekil 2. Atlas ve Aksis vertebraları

2.2.4.3 C2 (Aksis) : Korpusu, geniş olan iki faseti, oldukça iri bir spinöz proçesi vardır. En önemli farklı oluşumu dens aksis adı verilen çıkıntısıdır. Dens aksis yukarıya uzanır ve C1 vertebra ile kafanın asıl rotasyonunu sağlayan atlantodental eklemi yapar. Superior faset yüzeyi C1 vertebra ile atlantoaksiyel eklemi, inferior faset yüzeyi ise C3 vertebra ile eklem yapar. Küçük yapıda olan transvers proçesin içinde vertebral foramen yer alır ve içerisinden vertebral arter geçer (6).

2.2.4.4 Atlantookspital eklem : Oksiput ve atlas kemikleri arasındaki bağlantı atlantookspital eklemler, anterior atlantookspital membran, posterior atlantookspital membrandan oluşur (6).

2.2.4.5 Atlantoaksiyel eklem : Atlar ile aksis kemikleri arasında bağlantı oluşturan odontoid çıkıntının önünde ve arkasında olmak üzere iki eklem, lateral kitlelerde olan iki eklem ile toplam 4 eklem yüzeyi ile oluşur. Crutiate ligaman, anterior longitudinal ligaman ve posterior longitudinal ligamanda atlas ile aksis arasında bağlantı sağlar. Crutiate ligaman dens aksisin arkasında bulunur. Transvers ve vertikal parçadan oluşan 'artı' şeklinde bir ligamandır (6). (Şekil-3)

2.2.4.6 Kranioservikal bileşke ligamanları :

Transvers ligaman : 'Artı' şeklinde olan crutiate ligamanın transvers parçasıdır. Laterallerde C1 lateral kütlelerinin iç bölümünde yer alan tüberküllere yapışır. Spinal kolonun en güçlü, en kalın ligamanıdır, esnekliği yoktur. Yaklaşık 1 cm çapı vardır ve dens aksisin posteriorunda kuvvetli bir şekilde yer alarak kafanın aksenel rotasyonunda dens aksisi destekler. C1-C2 kemikleri arasında olan bu aksenel rotasyon sağda ve solda ayrı ayrı 40 dereceye kadar ulaşabilir. Tüm servikal kolon rotasyonunun yarısı bu eklemden gerçekleşir (6). (Şekil-3)

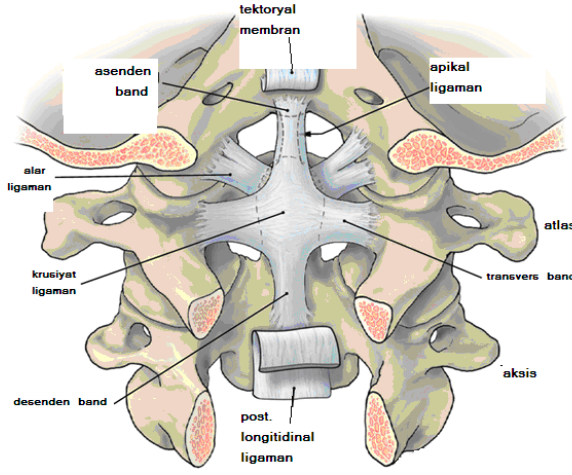
Alar ligaman : Dens aksis, C1 lateral kütleleri ve oksipital kondiller arası uzanan kuvvetli bir ligamandır. C2nin aşırı rotasyonunu engeller (6).

Apikal ligaman : Dens aksisin uç kısmından oksiput kemiğine uzanır.

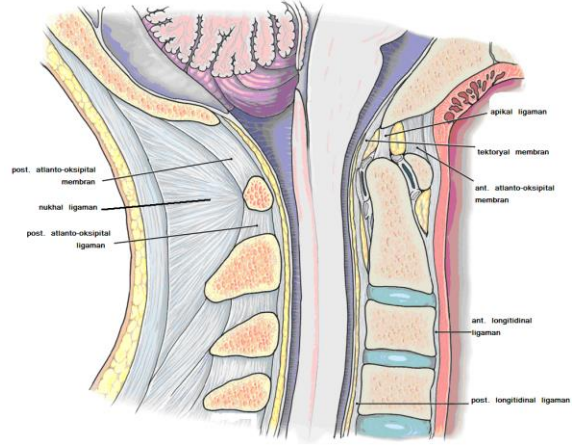
Tektoryal membran : Posterior longitudinal ligamanın dens aksisten sonra oksiputa yapışan uzantısıdır. Aşırı fleksiyon ve aşırı ekstansiyonu kısıtlar (6).

Anterior atlantookspital membran : Anterior longitudinal ligamana katkısı bulunur, C1 ön arkı ile foramen magnum ön kenarı arasında yer alır. Aşırı ekstansiyonu kısıtlar (6).

Posterior atlantookspital membran : C1 arka arkı ile foramen magnum arka kenarı arasında uzanır. Aşırı fleksiyonu kısıtlar (6). (Şekil-4)



Şekil 3. Kranioservikal bileşenin ligamanları, internal posterior görünüm (7)



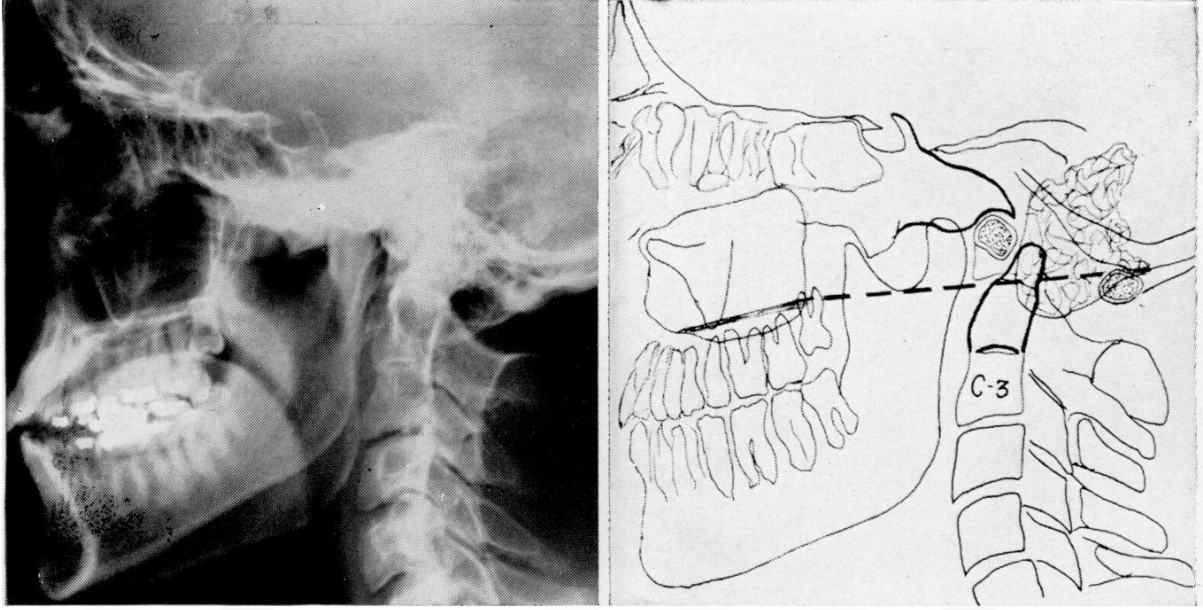
Şekil 4. Kranioservikal bileşke, sagittal kesit (7)

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada İzmir Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Kasım 2000 ile Aralık 2022 tarihleri arasında opere edilen kranioservikal stabilizasyon olguları retrospektif olarak incelendi. Ameliyat tarihi 2008 den sonra olan hastaların kayıtları hastane veri kayıt sisteminden ve görüntüleme sisteminden elde edildi. Ameliyat tarihi 2008 den önce olan hastaların verileri ise bu tarihten önce hastane veri kayıt tabanı bulunmadığından Prof. Dr. Hasan Kamil Sucu'nun kişisel kayıtlarından elde edildi.

Herhangi bir kranial kemik bölümü ve herhangi bir servikal vertebraanın cerrahi olarak birbirine tespit edildiği tüm olgular çalışmaya dahil edildi. C1'in lateral kitleleri oksipital kondillerle kaynaşmışsa, C1 ile herhangi bir alt servikal vertebraanın birleştirildiği olgular da kranioservikal fiksasyon olarak çalışmaya alındı. Daha önce herhangi bir teknikle kranioservikal stabilizasyon uygulanan ve başarısız olup revizyon cerrahisi yapılan olgular çalışmaya dahil edilmedi.

Kranioservikal bileşke patolojisi olan ve kranioservikal stabilizasyon yapılan bu olguların radyolojik görüntülemeleri literatürde daha önce tanımlanmış olan ölçümler ve açılar ile değerlendirildi. Ameliyat öncesi ve sonrası görüntülemelerde odontoid sürecin Chamberlain çizgisine [Edward Chamberlain, 1939 (Şekil-5)] göre, McGregor çizgisine [McGregor, 1948(Şekil-6)] göre, McRae çizgisine [D.L. McRae, 1953 (Şekil-7)] göre konumlanımı ölçüldü ve karşılaştırıldı.



Şekil 5. Chamberlain Line, sert damağın arka kenarından foramen magnumun arka noktasına çizilen çizgi. Basilar invaginasyon ve basilar impressionda yaygın kullanım alanı mevcut, dens aksis bu çizginin üzerine en fazla 3 mm çıkabilir, 6 mm'den fazla çıkıyorsa her zaman patolojiktir (8).

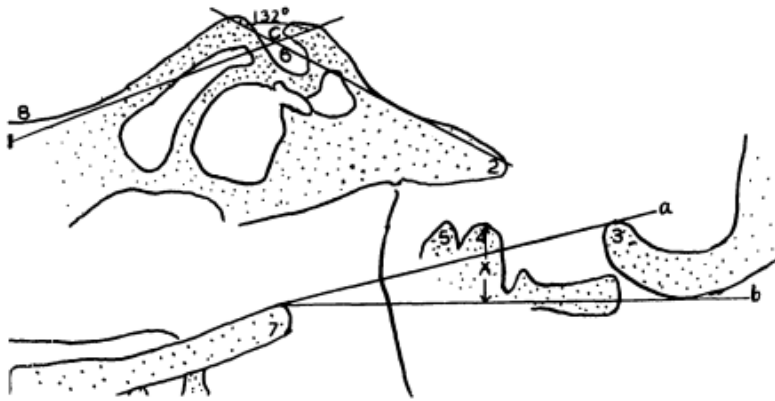
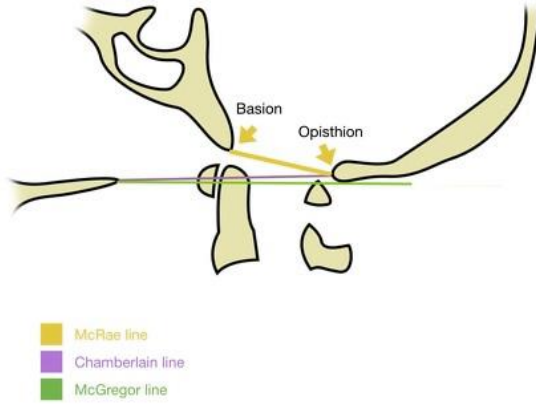


FIG. 5.
Tracing of mid-sagittal tomogram shown in Fig. 4.

- | | |
|---|---------------------------------------|
| (a) Chamberlain's line. | 3=Posterior margin of foramen magnum. |
| (b) Base line according to definition used in this paper. | 4=Odontoid process. |
| (c) Basal angle, 132 degrees. | 5=Body of first cervical vertebra. |
| (d) The odontoid base line distance, 18 mm. | 6=Pituitary fossa. |
| | 7=Posterior margin of hard palate. |

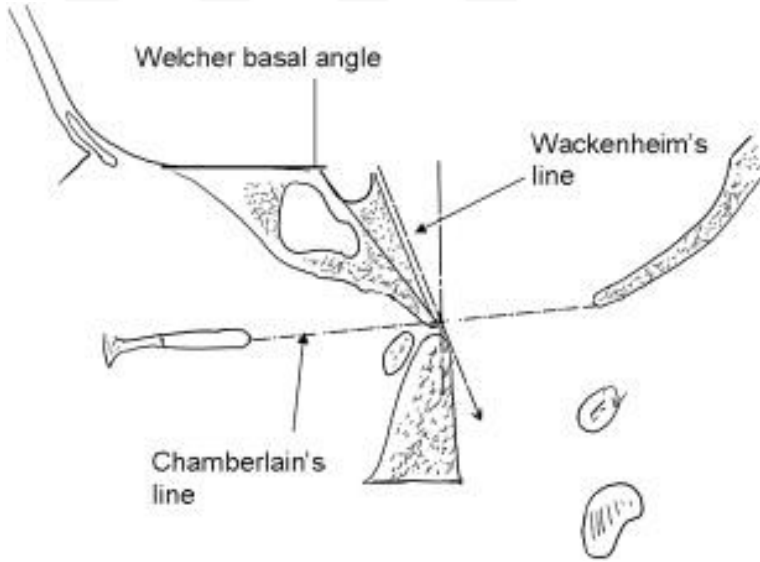
Şekil 6. McGregor'un orijinal makalesinden alınan bu çizimde tariflediği 'b' ile işaretlenen McGregor line gösterimi, lateral grafide foramen magnumun arka kenarının tespitinin çok zor olduğu ve çoğu zaman tespit edilemediği sebebiyle Chamberlain çizgisinin revize edilmiş halidir. Sert damak arka kenarından oksipital kemiğin en kaudal noktasına çizilen lineer çizginin çizilmesi ile oluşur. Dens aksis bu çizgiyi en fazla 4.5 mm geçebilir, daha fazlası patolojik kabul edilir (9).

McRae line



Şekil 7. McRae çizgisi, Chamberlain çizgisi, McGregor çizgisinin birlikte gösterimi. Basion ile opisthion arasından çizilen lineer çizgidir. Bu çizginin uzunluğu 19 mm'den fazla olmalıdır ve dens aksinin hiçbir bölümü bu çizginin üzerine çıkmamalıdır (10).

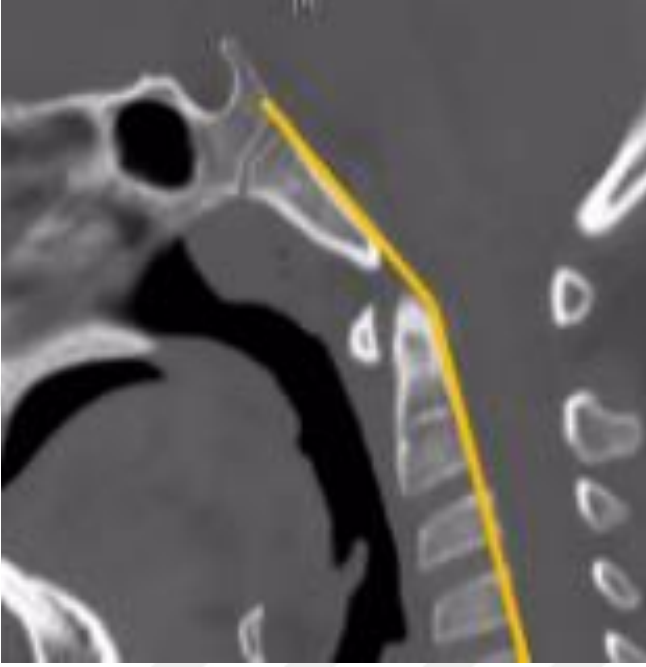
Odontoid proçesin wackenheim çizgisine [1974, Wackenheim (Şekil-8)] göre konumlanımı değerlendirildi.



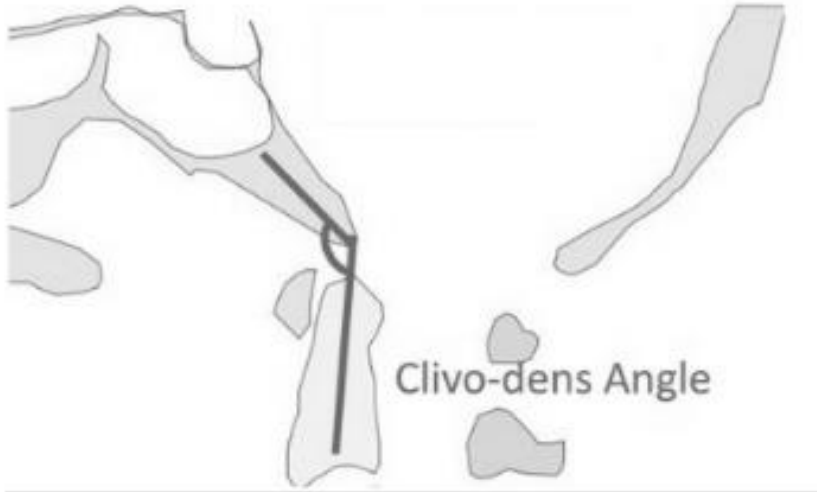
Şekil 8. Wackenheim's line, kendi makalesinden orijinal çizim. Clivus arka kenarına düz bir çizgi çekerek odontoid proçesin bu çizgiye göre konumlanımı değerlendirilir. Odontoid proçes kütesinin en fazla 1/3'ünün bu çizginin arkasına geçmesi normal kabul edilir, daha fazlası patolojik kabul edilir (11,12).

Ayrıca ameliyat öncesi ve sonrası görüntülemelerde klivus-kanal açısı [1987, VanGilder (Şekil-9)], klivodens açısı [2019, Xu (Şekil-10)], atlantoaksiyel açı (Şekil-11), C0-

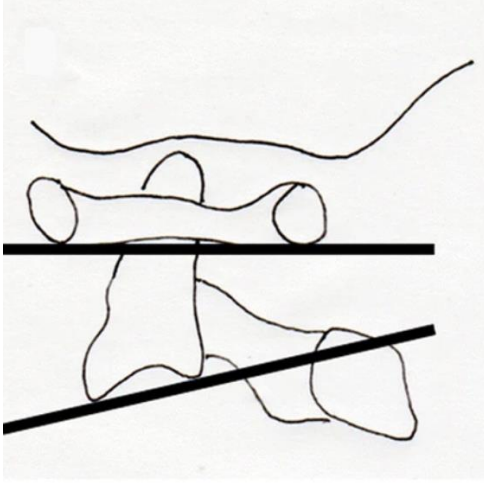
C1 açısı [2004, Hisashi Yoshimoto (Şekil-12)], C0-C2 açısı [2012, Sang-Hun Lee (Şekil-13)] ölçüldü ve karşılaştırıldı.



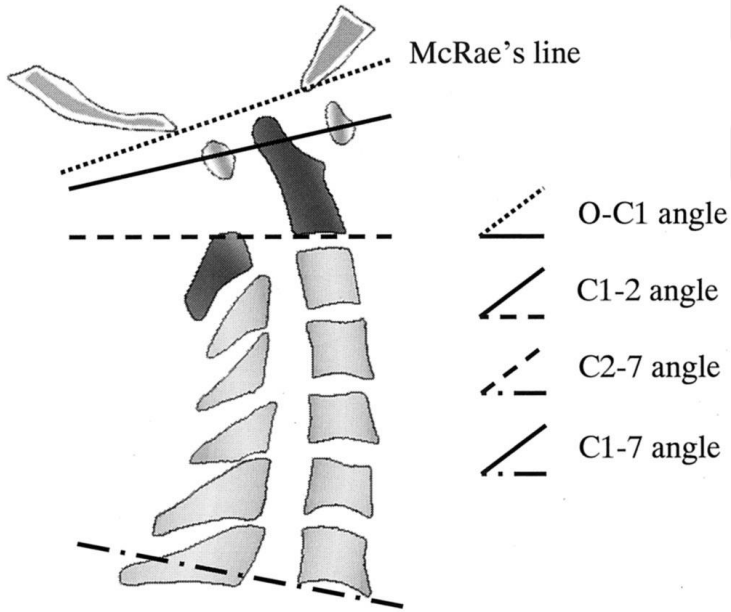
Şekil 9. Klivus-kanal açısı. Klivus arka kenarından çizilen çizgi ile C2-3-4 korpuslarının arka kenarlarından çizilen çizginin arasındaki açı olarak ölçülür (13).



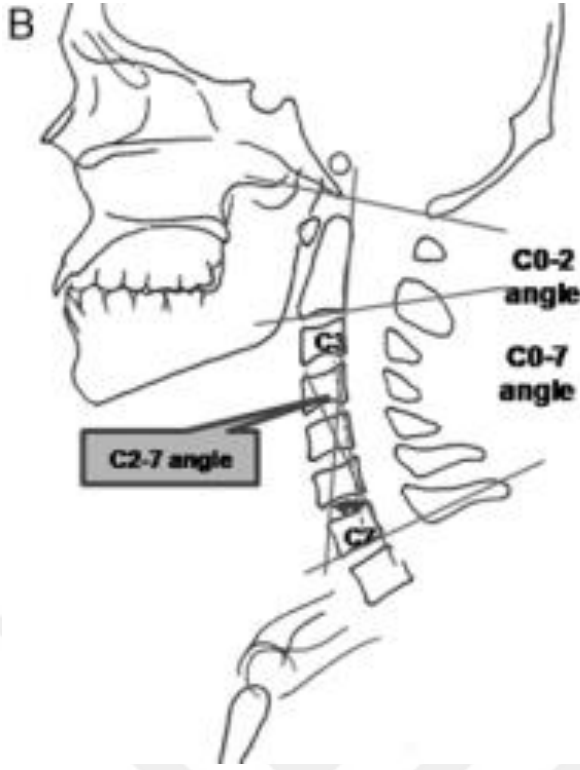
Şekil 10. Xu tarafından tanımlanan klivodens açı gösterimi. BT görüntülemelerinde basilar invaginasyon tanısı ve değerlendirmesi için önerilen yeni bir ölçüm metodu. Klivus uzun aksı ile dens aksis uzun aksını birleştiren çizgilerin oluşturduğu açıdır (14).



Şekil 11. Atlantoaksiyel açı. C1 vertebranın ön-arka arkuslarına alttan teğet geçen çizgi ile C2 korpusunun alt kenarına paralel çizgi arasındaki açı (15).

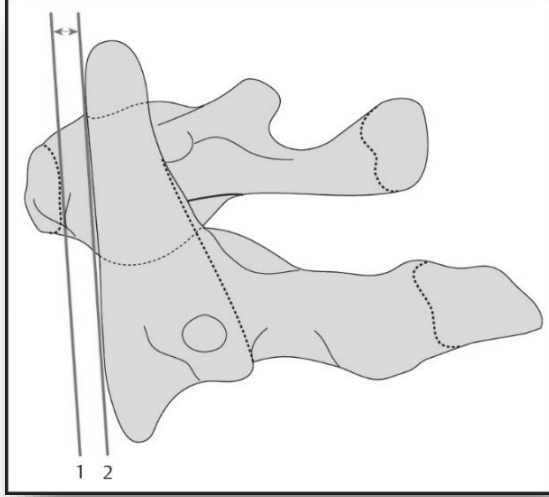


Şekil 12. C0-C1 açısı. C1-C2 füzyon cerrahisi yapılan hastaların postoperatif radyografik değerlendirilmesinde ölçülerek literatüre sunuldu. Basion-opistion arası çizgi (McRae çizgisi) ile C1 vertebra ön-arka arkuslarının orta noktalarından geçen çizgi arasındaki açı olarak hesaplandı (16).

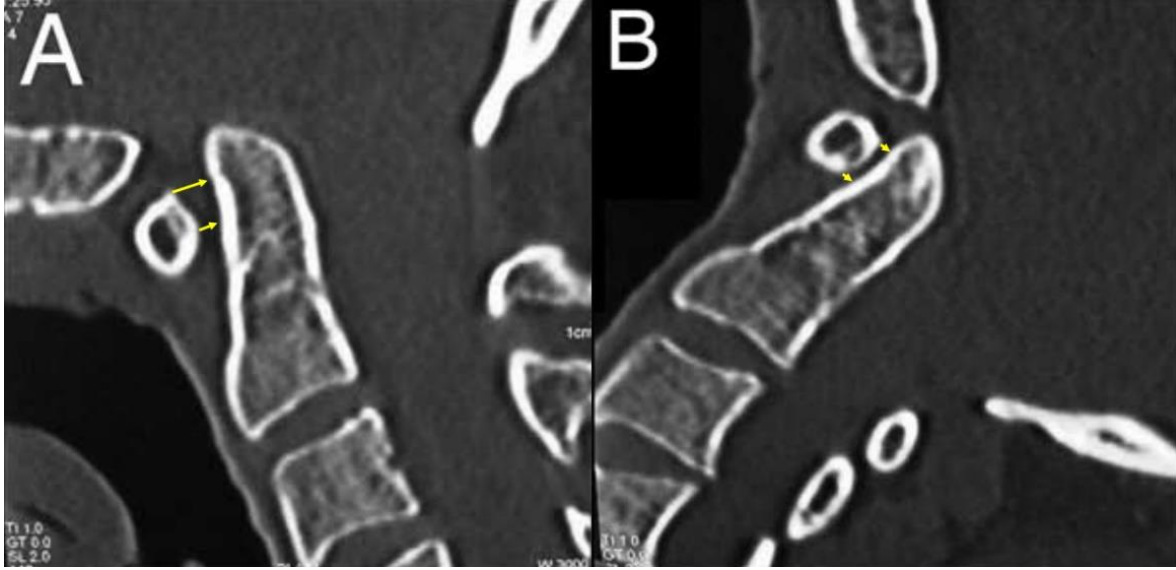


Şekil 13. C0-C2 açısı. Kranioservikal sagittal balansın tartışıldığı makalede C0-C2 açısından bahsedildi. Basion-opisthion arası çizgi(McRae çizgisi) ile C2 vertebra korpusunun alt kenarına paralel çizilen çizgilerin arasındaki açı olarak tarif edildi (17).

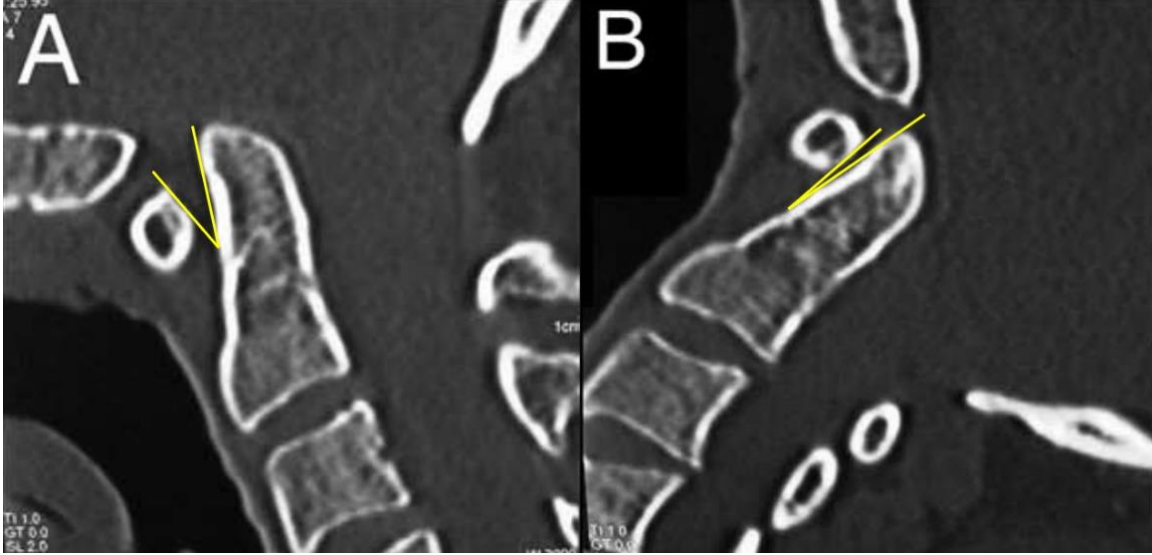
Literürde tanımlanan ölçümlere ek olarak, literatürde bulunmayan ancak bizim önerdiğimiz üç kraniaoservikal parametre de hem preoperatif hem postoperatif olarak ölçümlendi. Literatürde daha önce tanımlanmış olan anterior atlantodental interval [1934, Malcolm Couatts (Şekil-14)] hem kranial taraftan, hem kaudal taraftan ayrı ayrı ölçüldü. Kranial anterior atlantodental mesafe mid-sagittal BT rekonstrüksiyonunda atlas ön arkusu dorso-kranial köşesinden odontoid proçes ön kenarına çizilen dikme olarak ölçüldü (Şekil-15). Kaudal anterior atlantodental mesafe ölçümü ise aynı mid-sagittal kesitte atlas ön arkusu dorso-kaudal köşesinden odontoid proçes ön kenarına çizilen dikme olarak ölçüldü (Şekil-15). Bu iki ölçüm parametresinin yanı sıra C1 anterior arkusunun arka kenarı ile odontoid ön kenarını arasındaki açı bizim önerdiğimiz üçüncü parametre olarak değerlendirildi (Şekil 16).



Şekil 14. Atlantodental aralık; C1 anterior arkının arka noktası ile dens aksis arasındaki mesafe. Literatürde çok sık kullanılan atlantodental aralık atlasın öne sublükse olduğu olgularda patognomonik bir ölçüm metodu olarak belirtildi. normal aralık en fazla 3 mm olarak belirtilmiştir, >3mm olan ölçümler transvers ligaman hasarı düşündürmelidir (18,19).



Şekil 15. Kranial ve kaudal anterior atlantodental mesafe ölçümü



Şekil 16. C1 anterior arkus – Odontoid açısı

Çalışmanın birincil amacı hangi kranio-servikal ölçümün kranio-servikal stabilizasyonla oluşan değişimleri en iyi şekilde yansıttığını bulmaktı. Bunun için preoperatif dönemdeki ölçümler bağımsız değişkenler, postoperatif dönemdeki değişkenler ise bağımlı değişken olarak kullanıldı.

Çalışmanın ikincil amacı ise 20 yılı aşkın bir süre boyunca aynı ekiple sürdürülen cerrahi sürecin gelişimini değerlendirerek kranioservikal stabilizasyon yapılan hastaların iyi yönetimine katkıda bulunmaktı. Hastalar demografik olarak yaş, cinsiyet, etiyoloji, semptomların süresi ve ek hastalıklar açısından değerlendirildi. Cerrahi değerlendirmede ise tespit noktası olarak kullanılan servikal vertebra seviyeleri, kullanılan materyal (plak/çubuk/tel/vida vb.), vertebrada tespit noktası olarak kullanılan anatomik kısım (lateral mass, pedikül, lamina, pars interartikularis, transfaset vb.), kraniyumun tespit tekniği (orta hat/bilateral, vida/çubuk/tel vb.) değerlendirildi. İstatistiksel değerlendirmede bağımsız ve eşleştirilmiş örneklemli t-testleri kullanıldı. $P < 0,05$ değerleri istatistiksel anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Kasım 2000 ile Aralık 2022 tarihleri arasında opere edilen 26 hasta çalışmaya dahil edildi. Bu hastaların 18 i erkek, 8 i kadındı. Yaş ortalaması 46 iken opere edilen en genç hasta 20, en yaşlı hasta 75 yaşındaydı.

YIL	CİNSİYET	YAŞ	ETİYOLOJİ	OKSİPİTAL TESPİT MATERYALİ	SERVİKAL TESPİT MATERYALİ	EN ALT SEVİYE	SERVİKAL VERTEBRA TESPİT TEKNİĞİ
2000	E	72	Travma	Vida-plak	Vida-plak	C3	C2 PIAV, C3 LM
2001	E	46	Travma	Vida-greft	İpek-greft	C2	C2 spinöz ipek*
2002	K	72	Travma	Vida-plak	Vida-plak	C5	C3-4-5 LMV
2002	E	28	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C4	C3-4 LMV
2004	E	42	Travma	Vida-plak	Vida-rod	C4	C3-4 LMV
2005	E	45	Tümör	Vida-plak	Vida-rod	C5	C3-4-5 LMV
2005	E	73	Tümör	Vida-plak	Vida-rod	C5	C3-4-5 LMV
2006	E	26	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C5	C3-4-5 LMV
2007	E	40	Travma	Vida-plak	Vida-rod	C4	C3-4 LMV
2008	E	20	Travma	Vida-plak	Vida-rod	C3	C2 PV, C3 LMV
2008	K	45	Travma	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 LV
2009	K	24	Tümör	Vida-plak	Vida-rod	C6	Sağ C4-5-6LMV, Sol C4LMV,C5-6TFV
2010	E	74	Travma	Vida-plak	Vida-rod	C7	C2-C7 PV, C3-4-5-6 LM
2011	E	51	Konjenital	Mengene-vida-plak	Vida-rod	C3	C2 PV, Sol C3 PV, Sağ C3 LM
2011	K	42	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C3	C2-3 PV
2011	K	40	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 PV
2012	E	42	Travma	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 PV
2013	E	20	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 PV
2015	K	59	Tümör	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 PV
2016	E	32	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 LV
2020	K	46	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 LV
2020	E	57	Tümör	Vida-plak	Vida-rod	C3	C2-3 PV
2021	E	54	AS+Travma	Mengene-vida-plak	Vida-rod	C3	C2-3 PV
2021	E	74	RA+Travma	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 PV
2021	K	47	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C2	C1 LM, C2 SV
2022	E	49	Konjenital	Vida-plak	Vida-rod	C2	C2 LV

Tablo 1. Çalışmada yer alan hastaların etiyojisi ve cerrahi teknik değerlendirme tablosu

PV:Pedikül vidası, PIAV:Pars interartikularis vidası, LMV:Lateral mass vidası, LV:Laminer vida,

SV:Spinöz vidası, TFV:Transfaset vida, AS:Ankilozan spondilit, RA:Romatoid artrit

*Kranial tarafta oksiputa sabitlenen greftin kaudal ucu C2 spinöz prosesine ipek sütür ile bağlanmıştır.

Çalışmada yer alan 2000 li yıllarda yapılan 2 ameliyatta servikal bölümde plak-vida stabilizasyonu, 1 ameliyatta servikal bölümde oksipital kemiğe fikse edilen greftin alt ucunun

spinöz proçese ipek sütür bağlanması şeklinde teknik kullanılırken daha sonraki 23 hastada vida-rod stabilizasyonu kullanıldı. 2010 yılı öncesi yapılan ameliyatlarda seviye olarak alt servikal vertebralara daha çok inilmişken, 2010 sonrası yapılan ameliyatlarda en alt seviye olarak C3 seviyesine inildiğini çoğu vakada ise C2 seviyesinde kaldığını tespit ettik (Tablo-2).

Çalışmada yer alan hastaların bazılarında preoperatif ve postoperatif ölçüm yapılabilecek yeterli görüntü olmadığı için 16 hastada Chamberlain line, McGregor line, McRae line – Odontoid tip ölçümleri yapılabildi. Mesafe ölçümü yapılırken Odontoid tip ölçüm yapılan çizginin üzerinde ise (+) altında ise (-) olarak belirtildi. Ölçüm yapılabilen hastaların tamamının Odontoid tip ölçümlerinde postoperatif ölçümlerde preoperatif ölçümlere göre odontoid proçesinin kaudale doğru yer değiştirmesi mevcuttu. McGregor line – Odontoid tip arası mesafe ise ortalama 6,04'ten 3,16'ya gerilemişti (p=0,011). Chamberlain line – Odontoid tip mesafesinin ölçümü preoperatif ortalama 4,65 iken postoperatif 1,78'e gerilemişti (p=0,005). Bir diğer mesafe ölçümü olan McRae line – Odontoid tip ölçümünde preoperatif ortalama 0,2 iken postoperatif -2,08'e gerilediği görüldü (p= 0,003)(Tablo-2).

ÖLÇÜM	N	ORTALAMA PREOP / POSTOP	P DEĞERİ
McGregor's line-odontoid tip mesafe	16	6,04 / 3,16	0,005
Chamberlain line-odontoid tip mesafe	16	4,65 / 1,78	0,011
McRae's line-odontoid tip mesafe	16	0,2 / -2,08	0,03
Klivus-kanal açısı	15	145,83±19,73 / 146,52±23,44	0,796
Klivodens açısı	15	139,01±19,45 / 142,91±23,25	0,171
Atlantoaksiyel açı	14	16,99±8,27 / 15,89±8,78	0,647
C0-C1 açısı	15	8,76±5,28 / 12,00±7,19	0,081
C0-C2 açısı	16	21,28±6,38 / 24,54±10,32	0,229
C1 anterior arkus-odontoid açısı	14	12,79±8,31 / 9,20±6,22	0,091
<i>Kranial anterior atlantodental mesafe</i>	<i>15</i>	<i>5,85±4,03 / 4,21±2,48</i>	<i>0,018</i>
<i>Kaudal anterior atlantodental mesafe</i>	<i>15</i>	<i>5,06±3,42 / 3,57±2,3</i>	<i>0,013</i>

Tablo 2. Kranioservikal stabilizasyon olgularında ölçümlerin preoperatif ve postoperatif eşleştirilmiş örneklem t-test ile karşılaştırılması

Bizim önerdiğimiz ölçümlerden kranial anterior atlantodental mesafe ve kaudal anterior atlantodental mesafe preoperatif ve postoperatif değerleri arasında anlamlı fark varken, C1 anterior arkus-odontoid açısı preoperatif ve postoperatif değerleri arasında anlamlı

fark saptamadık. Literatürde daha önce önerilmiş olan aç ı ölçümlerinin hiçbirinde preoperatif ve postoperatif değerler arasında anlamlı fark yoktu. (Tablo-2).

Wackenheim çizgisine göre odontoid proçesin konumlanması 26 hastanın 13'ünde bakılabildi. 13 hastanın 11'inde odontoid proçes wackenheim çizgisine göre konumunu korurken yalnızca 2 hastada arkadan öne yer değiştiği görüldü.

Anterior atlantodental mesafenin kranial ve kaudal preoperatif ölçümleri arasında anlamlı fark vardı. Yani kranial mesafe anlamlı ölçüde kaudal mesafeden fazlaydı. Ancak bu mesafelerin postoperatif ölçümlerine baktığımızda arada anlamlı fark kalmadığını, yani kranial ile kaudal ölçümlerin birbirine yaklaştığını görmekteyiz. (Tablo-3).

ÖLÇÜM	N	ORTALAMA	P DEĞERİ
Kranial anterior atlantodental mesafe preop / Kaudal anterior atlantodental mesafe preop	16	5,99±4,01 / 5,09±3,26	0,026
Kranial anterior atlantodental mesafe postop / Kaudal anterior atlantodental mesafe postop	16	4,77±3,28 / 4,24±3,49	0,121

Tablo 3. Kranial anterior atlantodental mesafe ile kaudal anterior atlantodental mesafenin preoperatif ve postoperatif ölçümlerinin bağımsız örneklem t-test ile karşılaştırılması

5. TARTIşMA

Kranioservikal Ölçümler

Kranioservikal bileşke patolojisi olan mesela basiler invaginasyonu olan hastalarda nöral yapıların baskı altında kalmasına ve otonom sinir sisteminin etkilenmesine bağlı olarak unstabil kan basıncı, aritmi ve hatta ani ölüm görülebilir (2,8,20,21). Dolayısı ile bu hasta grubu için zamanında teşhis koyabilmek ve uygun tedaviyi belirleyebilmek için doğru ve güvenilir tanı yöntemleri gerekmektedir.

Yıllar boyunca Chamberlain line, McGregor line, McRae line, Wackenheim clivus baseline gibi birçok kranio-metrik yöntem başlangıçta direkt radyografi sonrasında ise BT ile kranioservikal bileşke anomalilerinin değerlendirilmesi için tanımlanmıştır. Aslında böylesine çeşitli ölçümlerin tanımlanmış olması kranioservikal bileşke anomalilerinde kesin bir tanı

koymanın zorluğunu yansıtmaktadır ve bu zorluğun sebeplerinden bir tanesi anatomik landmarkların normal popülasyonda da çok geniş bir aralıkta değişmesidir. Basiler invaginasyonda en kabul gören ölçüm olan Chamberlein çizgisine göre odontoid çıkıntının ucunun bu çizginin 3 mm'den daha fazla üstüne çıkmaması normal kabul edilmekle birlikte bu ölçümün yanlış pozitiflik oranının azımsanmayacak kadar olduğu ve bu durumun tanı koymakta zorluk oluşturduğu birçok çalışma ile gösterilmiştir (22–24). Sagittal rekonstrükte edilmiş BT görüntülemesinde sağlıklı kişilerde ölçülen clivus ve dens aksis arasında açının oldukça geniş bir aralığı vardır. Bu bölgedeki patolojik açılanmayı tanımlayabilmek adına clivus kanal açısı, servikomedüller açısı, foramen magnum açısı, C0-C1 açısı, C0-C2 açısı, clivopalat açısı, clivodens açısı gibi birçok açı ölçümü tanımlanmış ve doğru tanıya ulaşılmaya çalışılmıştır.

Ölçümlerin tarihçesine bakıldığında, ilk sıralarda tanımlanmış olan Chamberlain, McRae, McGregor çizgileri kranioservikal bölgedeki postoperatif değişimi göstermede halen önemini koruduğunu bizim çalışmamız da göstermiştir. Odontoid sürecin bu çizgilere göre konumlanımı önemli oranda iyileşmiştir, yani odontoid süreç kaudale doğru yer değiştirmiştir.

Klivus-kanal açısı, klivodens açısı ortalamalarına baktığımız zaman postoperatif açıların preoperatif açılara göre bir miktar genişlediğini gördük ancak istatistiksel olarak anlamlı değildi. Atlantoaksiyel açıda, C0-C1 açısında ve C0-C2 açısında anlamlı değişiklik saptayamadık.

Bizim ek olarak yaptığımız anterior atlantodental intervalin kranialden ve kaudalden ayrı ayrı ölçümü ve bu ölçümlerin preoperatif ve postoperatif görüntülemelerde karşılaştırılması ile yaptığımız analizlerde ise istatistiksel olarak anlamlı sonuç çıkardık. Ayrıca preoperatif görüntülemelerde kranialden ölçülen anterior atlantodental mesafe, kaudalden ölçülen anterior atlantodental mesafeden anlamlı ölçüde fazla idi, bu kranioservikal kifoz olduğunun ispatı niteliğinde idi. Postoperatif görüntülemelerde yaptığımız ölçümlerde ise kranialden ölçülen anterior atlantodental mesafe ile kaudalden ölçülen anterior atlantodental mesafe ölçümlerinin birbirine yaklaştığını, aralarında anlamlı fark kalmadığını tespit ettik. Bu bize kranioservikal kifozun anlamlı ölçüde düzeldiği sonucuna vardırmaktadır. Dolayısıyla ile yaptığımız bu ölçüm literatürde tanımlanan diğer açı ölçümlerine göre daha hassas bir ölçüm metodu olabilir. Kranioservikal bileşke patolojisi ve Kranioservikal kifozu olan hastaların değerlendirilmesinde bu ölçümlerin yapılmasının kifozu derecelendirmek, cerrahi kararı netleştirmek, cerrahi sonrası preoperatif / postoperatif kontrol değerlendirme yapabilmek adına faydalı bir ölçüm metodu olduğunu düşünüyoruz.

Bu çalışmada üzerinde çalıştığımız diğer bir ölçüm olan c1 anterior arkus – odontoid açısının kranioservikal kifoza değerlendirmeyi kolaylaştırabileceğini düşünmüştük. Yaptığımız ölçümlerde preoperatif ortalama 12,79 derece olan ortalama c1 anterior arkus – odontoid açısını postoperatif dönemde ortalama 9,20 derece olarak ölçtük. Bu ölçüler atlas ile odontoid arasındaki açının daraldığını, yani atlantoaksiyel kifozun bir miktar düzeldiğini gösterse de p değeri (0,091) anlamlı değildi (Tablo-2).

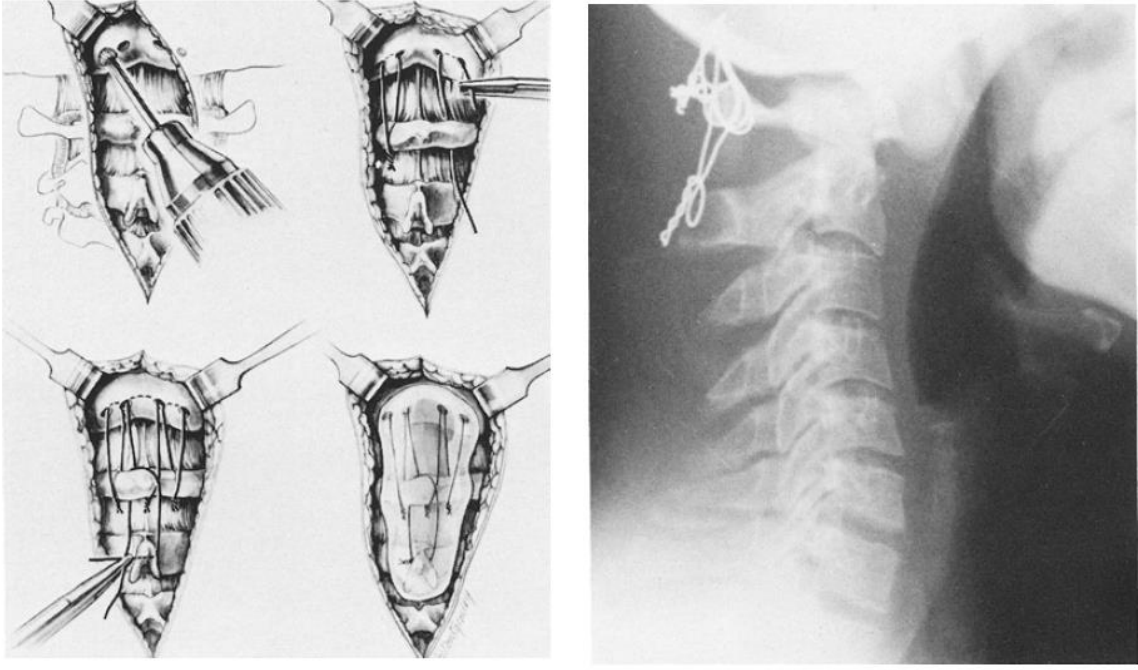
Tarif ettiğimiz ölçümlerin dezavantajı bazı olgularda teknik olarak ölçüm zorluğu olabilmesi, hatta bazen hiç ölçüm yapılamamasıdır. Kranioservikal bileşke patolojisi olan hastalarda sıklıkla kemik anomaliler gözükmektedir. C1 anterior arkusun oksiputa füzyonu, C1-C2 füzyonu mevcut olabilir. Bunun dışında kemik korteksi kalınlaştıran osteofitik çıkıntılar uygun bir şekilde ölçüm yapmayı zorlaştırabilir.

Tanımladığımız kranial anterior atlantodental mesafe, kaudal anterior atlantodental mesafe ölçümlerini daha geniş hasta serileri ile hesaplamak, sağlıklı popülasyonda normal aralığını belirlemek gerekmektedir. Ek olarak diğer açı ölçümü teknikleri gibi bu ölçümünde popülasyonda geniş bir normal aralığı bulunabilir, bu nedenle tanı aşamasında ölçümü kullanmak beklediğimiz etkinliği yaratmayabilir. Ancak opere olan hastaların takip aşamasında oldukça etkili bir takip parametresi olabileceğini kanaatindeyiz.

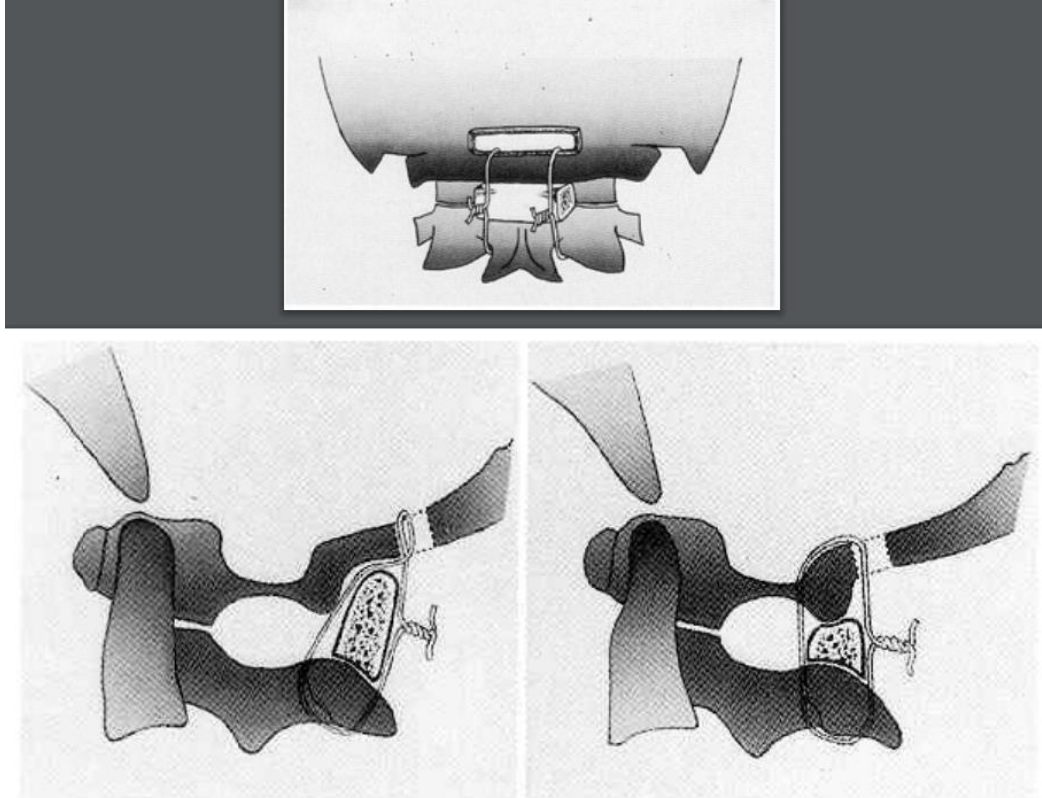
Kranioservikal Stabilizasyonun Gelişimi

Kranioservikal bölge cerrahilerinin geçmişine baktığımız zaman transoral odontoidektomi veya posterior foramen magnum dekompresyonu nöral bası olan hastalar için kabul edilebilir bir cerrahi tedavi seçeneği olarak gözükmekteydi. Bununla birlikte kranioservikal bileşkenin cerrahi olarak yeniden düzenlenmesi ve fiksasyonu konusunda tartışmalar mevcuttu. Basiler invaginasyonlu hastalarda stabilizasyonsuz kemik dekompresyon cerrahilerinden sonra ağrı palyasyonu anlamında ciddi faydalanım elde edilse de, bu hastaların büyük bir çoğunluğunda takip sırasında daha yaygın ve ciddi semptomlar geliştirdikleri görüldü (25,26). Bu veriler ışığında sadece kemik dekompresyonun altta yatan asıl patolojiyi düzeltmediği için geçici bir rahatlama sunsa da uzun vadede hastalığın seyrine olumsuz katkı sunduğu kanısına varıldı. Yıllar içerisinde cerrahi deneyimin artması ve artan biyomekanik çalışmalar bu hastalarda asıl problemin atlantookspital veya atlantoaksiyel instabilite olduğunu ortaya koydu. Bu sebeple anterior transoral odontoidektomiye takiben ikinci seans olarak posterior oksipitoservikal füzyon cerrahileri standart prosedür olarak kabul edildi. Bu strateji direkt beyin sapı dekompresyonu ve kranioservikal stabilizasyon sağladı. Ancak hem atlantookspital hem de atlantoaksiyel eklemlerin hareketlerinin kısıtlanması, hatta çoğu zaman C3-C4 gibi alt servikal vertebralarında stabilizasyona dahil edilmesi ile birlikte çok ciddi bir baş-boyun hareket kısıtlılığı gelişmesi bu tekniğin en ciddi dezavantajı olarak gözükmekteydi (27,28).

Literatüre baktığımızda ilk olarak Foerster'in 1927 yılında otogen fibular kemik greft yardımı ile oksipitoservikal bölgede füzyon amacı ile rekonstrüksiyon tarif etti (29). Önce kemik greft yerleştirilerek amaçlanan füzyon daha sonra kemik greftlerin tellerle sabitlenmeye başlaması ile devam etti. Carey Page uzun süre traksiyon ile takip ettiği hastasında devam eden instabilite nedeni ile oksiputun alt ucu, C1 ve C2 vertebralarını tel ile bağlayarak (Şekil-17) instabiliteyi tedavi etmeye çalıştı (30). Tel ile bağlanılan kemiklerin arasına otogen kemik greftlerinde yerleştirilmesi (Şekil-18) ile füzyon amacına daha çok yaklaşılsa da tel geçirilirken yaşanan komplikasyonlar, hedeflenen füzyonun gerçekleşmemesi, telin yeterli güçte stabilizasyon sağlayamaması tekniğin zayıf yönleri olarak gözükmekteydi. Ayrıca cerrahi sonrası uzun dönem halo / minerva immobilizasyonu gerekiyordu (31).



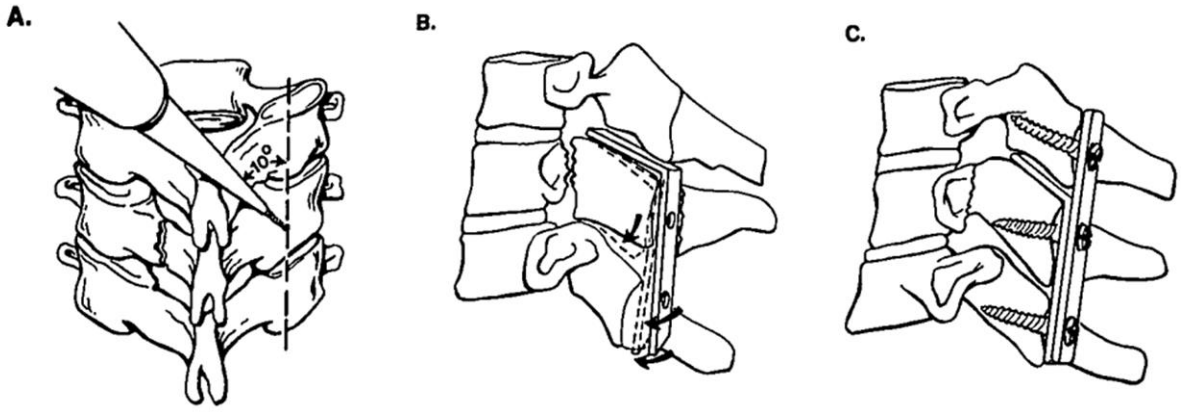
Şekil 17. Oksiput-C1-C2 telleme (30)



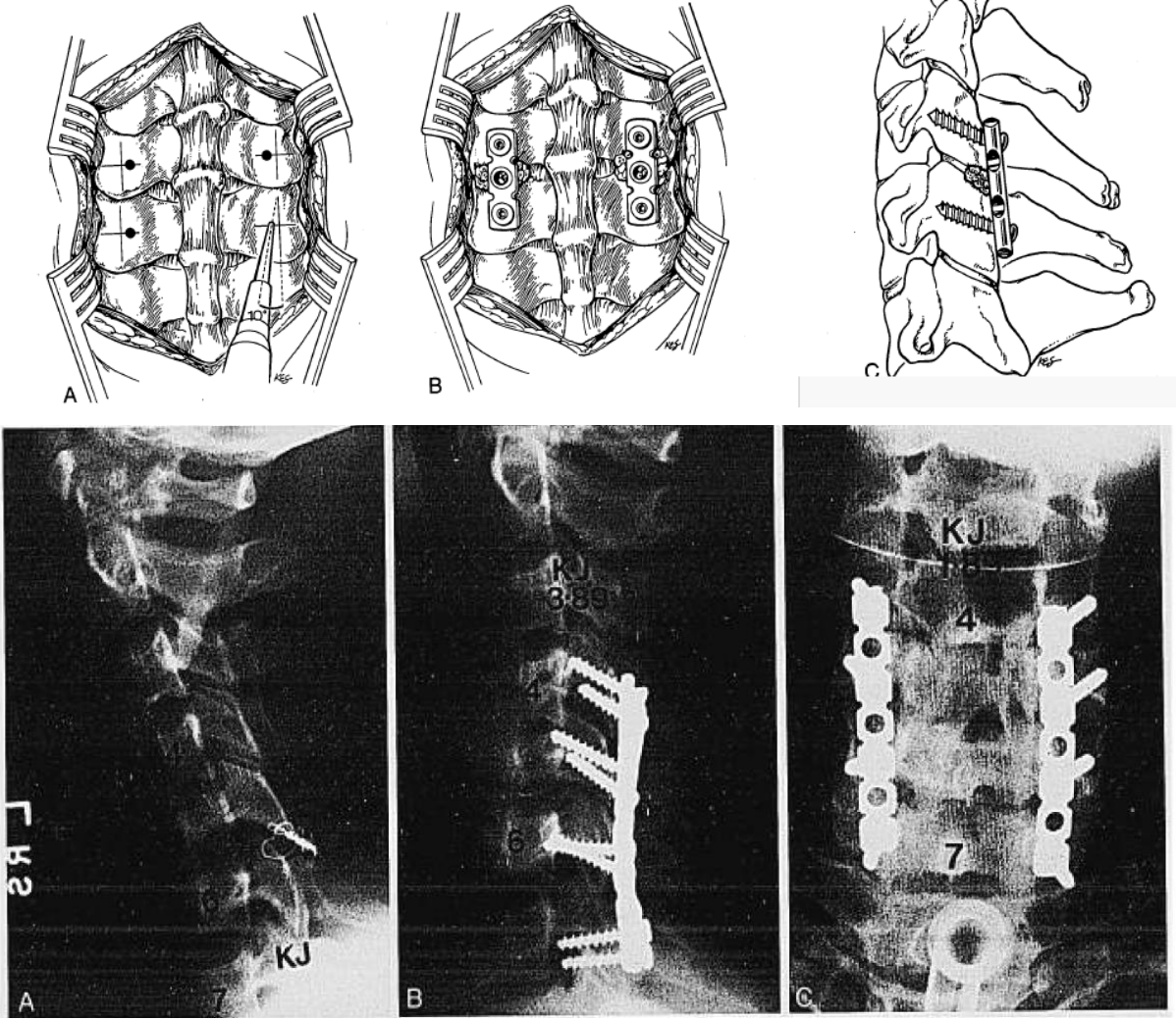
Şekil 18. Oksiput-atlas-aksis arasına kemik greft yerleştirilerek yapılan füzyon cerrahileri (32)

1990'lı yıllara kadar tel ile füzyon gayesi kablo-tel, rod-tel kullanılan farklı teknikler tanımlanarak devam etti (31). 1990'lı yıllarda enstrüman materyallerinin gelişmesi ile lateral mass, pedikül vidaları kullanılarak vida-plak, vida-rod sistemleri ile daha güçlü stabilizasyon sağlanmaya başlandı (33–35).

Roy Camille ve arkadaşları 1976 ve 1988 arası yapılan 320 olguluk seri ile lateral mass vidalamasını servikal fraktürlerde kullandı, giriş yerini ve tekniğini (Şekil-19) detaylı olarak sundu ve opere olan hastalarının uzun dönem takiplerinden bahsetti (36). Anderson ve arkadaşları ise akut servikal travma ile başvuran 30 hastada uyguladıkları lateral mass vidalama ve operatif teknikleri içeren (Şekil-20) bir makale yayınladı (37). Bu tekniklerde servikal fraktürlerde segmental stabilizasyon lateral mass vidaların plaklar ile fikse edilmesi şeklindeydi.

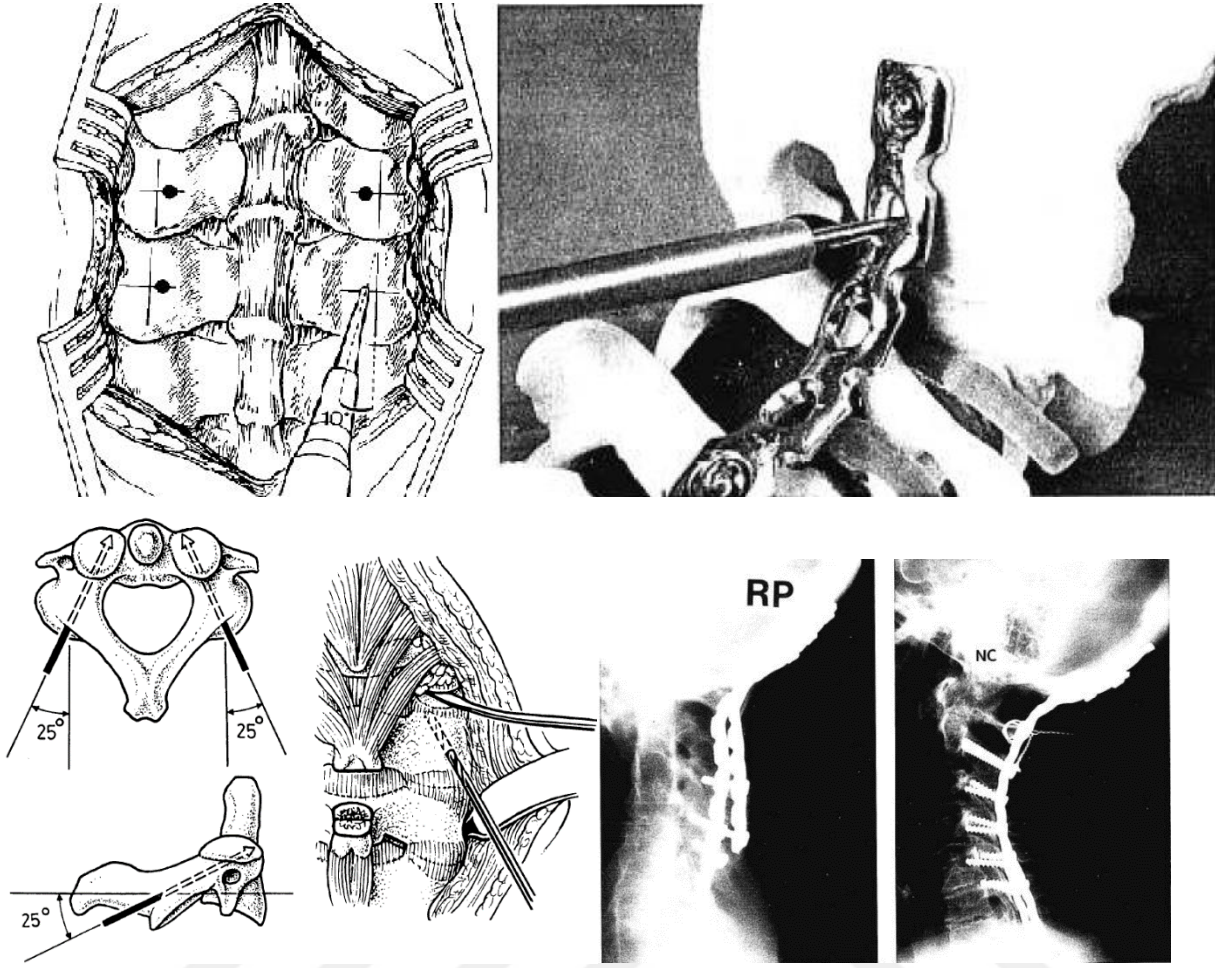


Şekil 19. Lateral mass vidalaması, Roy Camille tekniği (36)



Şekil 20. Servikal fraktür olan olguda lateral mass vidası uygulaması teknik çizimi ve postoperatif görüntülemeleri (37).

Lateral mass vidalarını oksipitoservikal füzyona dahil eden Smith ve arkadaşları oksipitoservikal instabilite olan 14 hastada posterior artrodez sağladılar ve 11 aylık takip sundular (35). 3 hastada oksiput-C2, 3 hastada oksiput-C3, 5 hastada oksiput-C5, 1 hastada oksiput-T1 stabilizasyonu gerçekleştirdiler. C3 ve altındaki seviyelere lateral mass vidalaması, C2'ye ise pedikül vidalaması uygulandığı gösterildi, ayrıca C2 pedikül vidaları ile yapılan stabilizasyonun daha sağlam stabilizasyon sağladığını belirttiler (35). (Şekil-21)

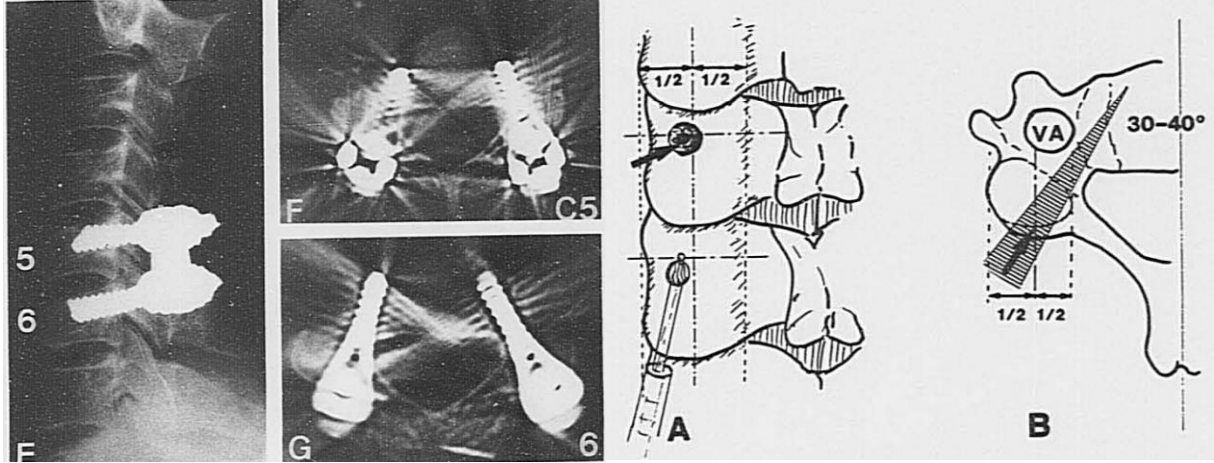


Şekil 21. Smith tarafından gösterimi yapılan C2 pedikül, C3 ve aşağı seviyelere lateral mass uygulaması ile sağlanan oksipitoservikal stabilizasyon

Özellikle C1-C2 instabilite üzerine yoğun çalışmaları olan Goel, C2 transpediküler vidalamanın teknik detaylarını tarif ettiği ve öncelikle C1-C2 instabilitede kullandığını belirttiği yayınlar yaptı (33). Daha sonra C2 pedikül vidasının oksipitoservikal füzyona dahil edildiği ve daha güçlü stabilizasyon sağlandığını belirten yayınlar literatürde yer aldı.

Subaksiyel servikal pedikül vidalamasını ilk olarak Abumi literatüre sundu, servikal fraktürü olan 13 hastada C3 ve altı seviyede pedikül vidaları kullanarak (Şekil-22) stabilizasyon sağladı (38).

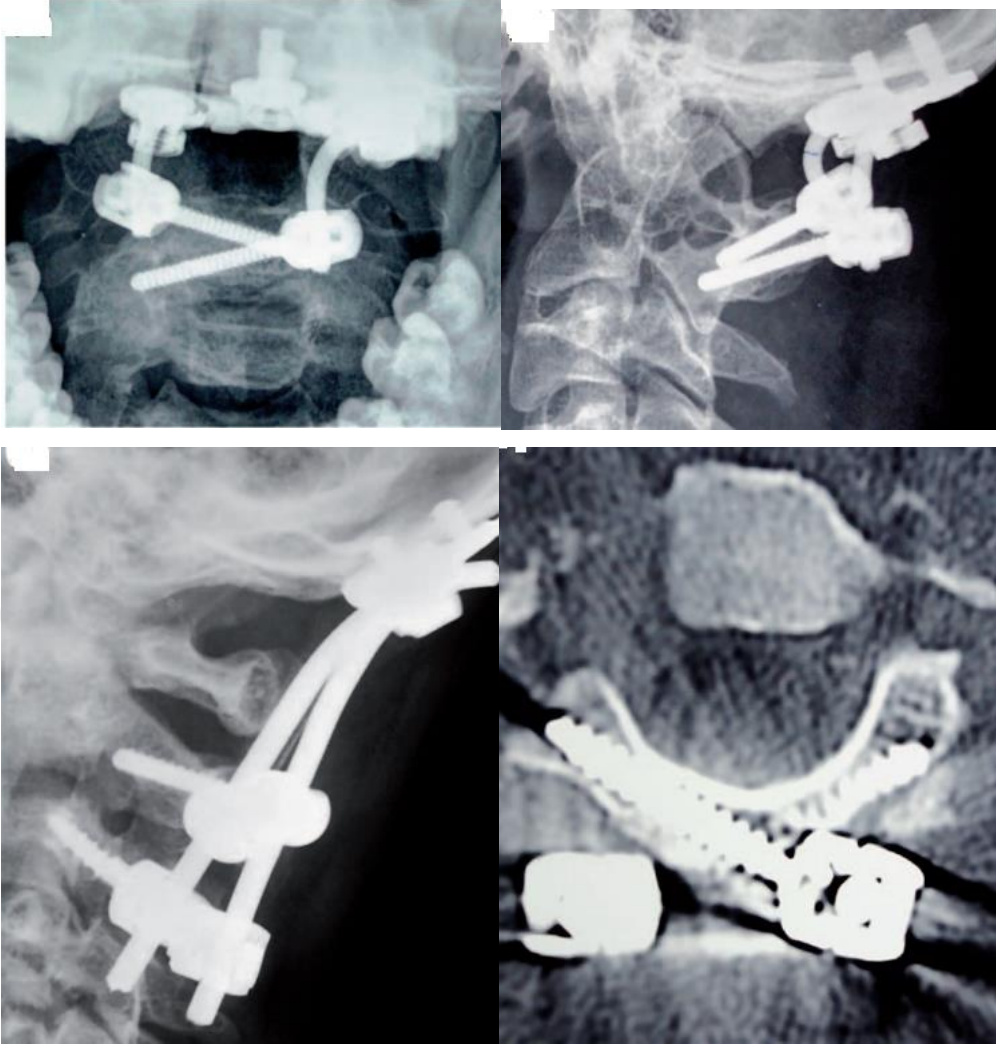
Abumi 1993 ile 1996 arası yapılan 26 oksipitosevikal stabilizasyon serisini, teknik detaylarını ve sonuçlarını sundu (34).



Şekil 22. Abumi tarafından gerçekleştirilen orta-alt servikal pedikül vidalaması (38)

2000'li yıllarda ise lateral mass vidalarının yeterli gücü sağlamadığı, kolay gevşeme ve sıyırılma yaşandığı, daha uzun segmental cerrahi gerekmesi sebebi ile servikal pedikül vida kullanımı ön plana geçti .

2004 yılında Wright, C2 pedikül vidalaması zor olan hastalarda C2 laminar vida kullanımını önerdi ve 10 hastalık serisini sundu (39). 2005 yılında Gorek, Acaroğlu ve arkadaşları kadavra çalışmasında C2 intralaminar vida kullanımını tartıştılar ve kombine sistemlerde C2 pedikül vidasına yakın dayanıklılıkta kuvvet sağladığını gösterdiler (40). 2011 yılında Savage tarafından yapılan biyomekanik çalışmada benzer sonuçlara sahipti (41). Dolayısı ile C2 pedikül vidalamasının mümkün olmadığı olgularda intralaminar vida kullanımı yaygınlaşmaya başladı. Sinha ve arkadaşları C2 intralaminar vida kullanarak oksipitoservikal stabilizasyon sağladılar ve olgu serilerinde oksiput-C2(intralaminar), oksiput-C2(intralaminar)-C3(pediküler) vidalama şeklinde (Şekil-23) hasta etiyojisine göre kombinasyonlar oluşturarak cerrahi fiksasyon amaçladılar (42).



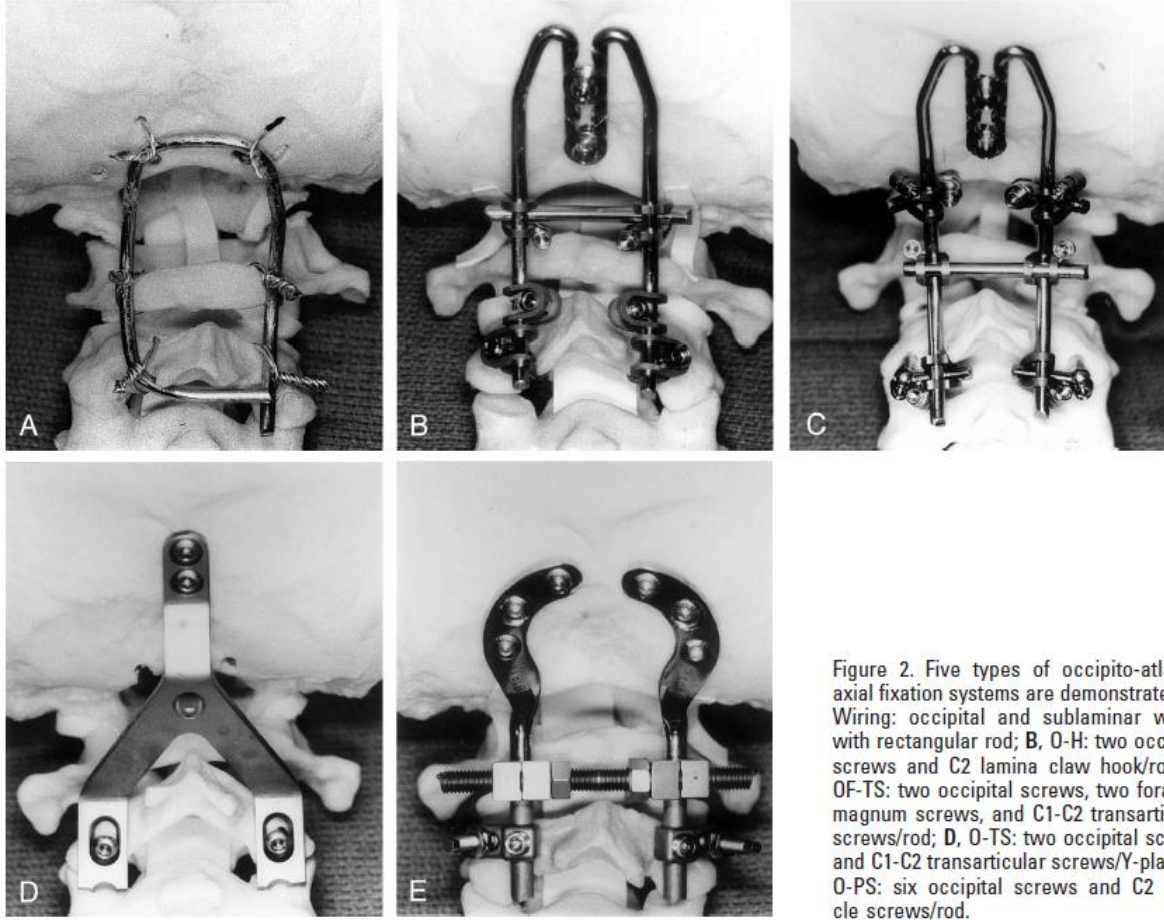
Şekil 23. C2 intralaminar vida kullanılan oksipitoservikal stabilizasyon cerrahisi

21 taze kadavra ile yapılan bir çalışmada 5 farklı fiksasyon tekniğinin karşılaştırıldı.

- A- Oksipital ve sublaminar tellerin rod ile fiksasyonu
 - B- 2 oksipital vida ve C2 laminer hookların rod ile fiksasyonu
 - C- 2 oksipital vida, 2 foramen magnum vidası, 2 C1-C2 transartiküler vidaların rod ile fiksasyonu
 - D- 2 oksipital vidanın C1-C2 transartiküler vidalara Y plak ile fiksasyonu
 - E- 6 oksipital vida ve C2 bilateral pedikül vidalarının rod ile fiksasyonu
- Fleksiyon/ekstansiyon, aksiyel rotasyon, anterior-posterior translasyon kuvvetlerine karşı en güçlü stabilizasyonu oksipital vida-rod-servikal pedikül vidası sağladığı gösterildi (Şekil-24).

Kablo-rod kombinasyonunun anterior-posterior translasyon ve lateral bükülme kuvvetlerine karşı omurganın mevcut sahip olduğu stabiliteyi önemli ölçüde iyileştiremediği gösterildi. Oksipital vidalar ile C2 laminer hook kombinasyonu

anterior-posterior translasyon kuvvetine kablo-rod tekniğinden daha kuvvetli direnç gösterdi. C1-C2 transartiküler ve oksipital vidalar kullanılarak yapılan C ve D teknikleri kablo ve kanca sistemlerinden daha yüksek stabiliteye sahip olmakla birlikte birbirlerine üstünlük kuramadılar. 6 oksipital vida ve C2 pedikül vidaları ile yapılan kombinasyon ise en yüksek stabiliteyi sağladı (43).



Şekil 24. Oda ve Abumi'nin 5 farklı fiksasyon tekniği karşılaştırdığı kadavra çalışması

Günümüzde gelişen teknikler sonrasında ve baş-boyun hareketlerini maksimum seviyede koruyabilmek adına oksipitoservikal stabilizasyon cerrahilerinde kaudal vertebralara mümkün olduğunca az inilmesi, mümkün olan olgularda C2 seviyesinde kalınması genel bir eğilim haline gelmiştir.

Bizde kliniğimizde yapılan oksipitoservikal olguları incelediğimizde yıllar içerisinde tekniğimizin ve yaklaşımımızın değiştiğini gözlemledik. İlk yıllarda servikalde lateral mass vidalamayı daha çok kullanıp alt servikal vertebraları daha çok stabilizasyon sistemine dahil

ederken son yıllarda C2 pedikül ve C2 intralaminer vidalama tekniklerini daha çok kullanıp çoğu olguda C2 vertebra seviyesinde kalmıştık.

Sonuç olarak arzu edilen cerrahi tedavi servikal hareketin kısıtlanmasını minimuma indirirken aynı zamanda beyin sapı dekompresyonu sağlamalı ve Kranioservikal bileşkenin stabilizasyonunu sağlamalıdır. Daha yakın zamanki çalışmalara baktığımız zaman, cerrahlar farklı intraoperatif manipülasyonların kullanıldığı tek bir cerrahi yaklaşım ile bileşke patolojisini düzeltmeye yönelik çalışmalarda bulundular (31,44).

Bizde literatürdeki gelişmelere paralel olarak kemik rezeksiyonu ile direkt dekompresyon yapmak yerine manipülasyonla indirekt dekompresyon sağlamaya çalıştık. Bunu vidaları yerleştirdikten sonra, ancak rod ile birleştirmeden önce steril örtünün altından başka bir cerrahın çivili başlığı gevşeterek hastanın başını ekstensiyona getirmesiyle yaptık. Pozisyonu veren cerrah çivili başlığı tekrar sabitledikten sonra ameliyatı yapan cerrah tespit vidalarını set vidaları kullanarak rod ile birleştirdi. Postoperatif çekilen filmlerde bu yöntemle kranioservikal kifoza redükte etmede ve indirekt dekompresyon sağlamada başarılı olduğumuzu gördük. Serimizde yer alan 20 yaşında erkek hastanın ameliyatında çivili başlığın el ile manipülasyonu ile redüksiyon sağlanmış olup kemik rezeksiyonu yapılmamasına rağmen, kranioservikal kifozun düzelmesi ile nöral basının tamamen ortadan kalktığını postoperatif mrg görüntüsü ile tespit ettik (Resim-1).



Resim 1. Kranioservikal kifoza ve nöral basısı olan hastanın preoperatif ve postoperatif çekilen mrg görüntülemeleri

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, anterior atlantodental mesafenin kranialden ve kaudalden ayrı ayrı ölçümü, hem mevcut kranioservikal kifozun varlığının saptanmasında hem de postoperatif düzelmenin değerlendirilmesinde uygun bir ölçüm metodu olarak kullanılabilir. Literatürde tarihsel sıralamada ilk sıralarda tariflenen Chamberlain, McGregor, McRae çizgileri kranioservikal bölgedeki postoperatif değişimleri göstermede halen önemini korumaktadır.

Literatürdeki ve serimizdeki tarihsel gelişme subaksiyel servikal vertebralara yapılan lateral mass vidalaması yerine C2 pedikül ve C2 intralaminer vidalamanın daha çok kullanılıp oksipitoservikal stabilizasyonun mümkün olduğunca kaudale inmeyip C2’de sonlanması yönündedir. Bu yöntem değişikliği teorik olarak postoperatif dönemde hastaların boyun hareketlerinin daha çok korunması sonucunu getirecektir.

Kranioservikal kifoz nedeniyle oluşan beyin sapı basısının kemik rezeksiyonuyla direkt değil, kifozun düzeltilmesiyle indirekt olarak kaldırılması etkin bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır.

7. KAYNAKÇA

1. Moore KL, Persaud TVN, Torchia MG. The Developing Human E-Book: Clinically Oriented Embryology [Internet]. 10th ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2015. 379–416 p. Available from: <https://books.google.com.tr/books?id=pmKGBwAAQBAJ>
2. Pang D, Thompson DNP. Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. Childs Nerv Syst [Internet]. 2011 Apr [cited 2024 Jul 23];27(4):523–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21193993/>
3. Osti M, Philipp H, Meusburger B, Benedetto KP. Os odontoideum with bipartite atlas and segmental instability: A case report. European Spine Journal. 2006 Oct;15(SUPPL. 5).
4. Cramer GD, Darby SA. Clinical anatomy of the spine, spinal cord, and ANS. 3rd ed. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2013. 15–64 p.
5. Brennan PA, Mahadevan V, Evans BT. Clinical head and neck anatomy for surgeons. CRC Press; 2015. 267–277 p.
6. Cramer GD, Darby SA. Clinical anatomy of the spine, spinal cord, and ANS. 3rd ed. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2013. 135–210 p.
7. Garrett M, Consiglieri G, Kakarla UK, Chang SW, Dickman CA. Occipitoatlantal dislocation. Neurosurgery [Internet]. 2010 Mar [cited 2024 Jul 24];66(3 Suppl). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20173527/>
8. Chamberlain WE. Basilar Impression (Platybasia): A Bizarre Developmental Anomaly of the Occipital Bone and Upper Cervical Spine with Striking and Misleading Neurologic Manifestations. Yale J Biol Med [Internet]. 1939 May [cited 2024 Jul 23];11(5):487–96. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21433841/>

9. McGREGER M. The significance of certain measurements of the skull in the diagnosis of basilar impression. *Br J Radiol* [Internet]. 1948 [cited 2024 Jul 24];21(244):171–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18912046/>
10. MCRAE DL, BARNUM AS. Occipitalization of the atlas. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* [Internet]. 1953 [cited 2024 Jul 24];70(1):23–46. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13058024/>
11. Wackenheim A (Auguste). *Roentgen diagnosis of the craniovertebral region*. 1974;601.
12. Kwong Y, Rao N, Latief K. Craniometric measurements in the assessment of craniovertebral settling: are they still relevant in the age of cross-sectional imaging? *AJR Am J Roentgenol*. 2011 Apr;196(4):W421-5.
13. Vangilder JC, Menezes AH. Craniovertebral junction abnormalities. *Clin Neurosurg* [Internet]. 1983 [cited 2024 Jul 24];30:514–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6667590/>
14. Xu S, Gong R. Clivodens Angle: A New Diagnostic Method for Basilar Invagination at Computed Tomography. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2016 Sep 1 [cited 2024 Jul 24];41(17):1365–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26909827/>
15. Uei H, Tokuhashi Y, Maseda M. Radiographic and clinical outcomes of C1-C2 intra-articular screw fixation in patients with atlantoaxial subluxation. *J Orthop Surg Res* [Internet]. 2018;13(1):273. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0985-9>
16. Yoshimoto H, Ito M, Abumi K, Kotani Y, Shono Y, Takada T, et al. A retrospective radiographic analysis of subaxial sagittal alignment after posterior C1-C2 fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2004 Jan 15 [cited 2024 Jul 24];29(2):175–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14722411/>
17. Lee SH, Kim KT, Seo EM, Suk KS, Kwack YH, Son ES. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults. *J Spinal Disord Tech* [Internet]. 2012 Apr [cited 2024 Jul 24];25(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22037167/>
18. COUTTS MB. ATLANTO-EPISTROPHEAL SUBLUXATIONS. *Archives of Surgery* [Internet]. 1934 Aug 1 [cited 2024 Jul 24];29(2):297–311. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/541938>
19. Rojas CA, Bertozzi JC, Martinez CR, Whitlow J. Reassessment of the craniocervical junction: normal values on CT. *AJNR Am J Neuroradiol* [Internet]. 2007 Oct [cited 2024 Jul 24];28(9):1819–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17893223/>
20. PHILLIPS DG. Basilar impression. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 1955 [cited 2024 Jul 23];18(1):58–67. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14368325/>
21. Riew KD, Hilibrand AS, Palumbo MA, Sethi N, Bohlman HH. Diagnosing basilar invagination in the rheumatoid patient. The reliability of radiographic criteria. *J Bone Joint Surg Am* [Internet]. 2001 [cited 2024 Jul 23];83(2):194–200. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11216680/>
22. Saunders WmW. Basilar Impression: The Position of the Normal Odontoid. *Radiology*. 1943 Dec;41(6):589–90.
23. Tassanawipas A, Mookhavesa S, Chatchavong S, Worawittayawong P. Magnetic resonance imaging study of the craniocervical junction. *J Orthop Surg (Hong Kong)* [Internet]. 2005 [cited 2024 Jul 23];13(3):228–31. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16365484/>
24. Cronin CG, Lohan DG, Ni Mhuircheartigh J, Meehan CP, Murphy JM, Roche C. MRI evaluation and measurement of the normal odontoid peg position. *Clin Radiol*

- [Internet]. 2007 Sep [cited 2024 Jul 23];62(9):897–903. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17662740/>
25. Goel A. Progressive basilar invagination after transoral odontoidectomy: treatment by atlantoaxial facet distraction and craniovertebral realignment. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2005 [cited 2024 Jul 23];30(18). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16166884/>
 26. Klekamp J. Neurological deterioration after foramen magnum decompression for Chiari malformation type I: old or new pathology? *J Neurosurg Pediatr* [Internet]. 2012 Dec [cited 2024 Jul 23];10(6):538–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23039841/>
 27. Yin YH, Qiao GY, Yu XG, Tong HY, Zhang YZ. Posterior realignment of irreducible atlantoaxial dislocation with C1-C2 screw and rod system: a technique of direct reduction and fixation. *Spine J* [Internet]. 2013 Dec 1 [cited 2024 Jul 23];13(12):1864–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24183463/>
 28. Guo SL, Zhou DB, Yu XG, Yin YH, Qiao GY. Posterior C1-C2 screw and rod instrument for reduction and fixation of basilar invagination with atlantoaxial dislocation. *Eur Spine J* [Internet]. 2014 Aug 1 [cited 2024 Jul 23];23(8):1666–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24938180/>
 29. Sun Y, Yang F, Ma H ning, Gong L, Wang Y lei, Song J peng, et al. Occipitocervical Revision Surgery Using the Bicortical Screw and Plate System for Failed Craniovertebral Junction Stabilization. *Orthop Surg* [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2024 Jul 23];14(2):238–45. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34904372/>
 30. Page CP, Story JL, Wissinger JP, Branch CL. Traumatic atlantooccipital dislocation. Case report. *J Neurosurg*. 1973 Sep;39(3):394–7.
 31. Vender JR, Rekito AJ, Harrison SJ, McDonnell DE. The evolution of posterior cervical and occipitocervical fusion and instrumentation. *Neurosurg Focus* [Internet]. 2004 [cited 2024 Jul 23];16(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15264787/>
 32. Jain VK, Takayasu M, Singh S, Chharbra DK, Sugita K. Occipital-axis posterior wiring and fusion for atlantoaxial dislocation associated with occipitalization of the atlas. Technical note. *J Neurosurg*. 1993 Jul;79(1):142–4.
 33. Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)*. 1994;129(1–2):47–53.
 34. Abumi K, Takada T, Shono Y, Kaneda K, Fujiya M. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate-rod systems. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999 Jul 15;24(14):1425–34.
 35. Smith MD, Anderson P, Grady MS. Occipitocervical arthrodesis using contoured plate fixation. An early report on a versatile fixation technique. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 1993 [cited 2024 Jul 23];18(14):1984–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8272947/>
 36. Levine AM, Mazel C, Roy-Camille R. Management of fracture separations of the articular mass using posterior cervical plating. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992 Oct;17(10 Suppl):S447-54.
 37. Anderson PA, Henley MB, Grady MS, Montesano PX, Winn HR. Posterior cervical arthrodesis with AO reconstruction plates and bone graft. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991 Mar;16(3 Suppl):S72-9.
 38. Abumi K, Itoh H, Taneichi H, Kaneda K. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report. *J Spinal Disord*. 1994 Feb;7(1):19–28.
 39. Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *J Spinal Disord Tech*. 2004 Apr;17(2):158–62.

40. Gorek J, Acaroglu E, Berven S, Yousef A, Puttlitz CM. Constructs incorporating intralaminar C2 screws provide rigid stability for atlantoaxial fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 Jul 1;30(13):1513–8.
41. Savage JW, Limthongkul W, Park HS, Zhang LQ, Karaikovic EE. A comparison of biomechanical stability and pullout strength of two C1-C2 fixation constructs. *Spine J*. 2011 Jul;11(7):654–8.
42. Sinha S, Jagetia A, Aher RB, Butte MK V. Occiput/C1-C2 fixations using intralaminar screw of axis - A long-term follow-up. *Br J Neurosurg*. 2015 Apr;29(2):260–4.
43. Oda I, Abumi K, Sell LC, Haggerty CJ, Cunningham BW, McAfee PC. Biomechanical evaluation of five different occipito-atlanto-axial fixation techniques. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999 Nov 15;24(22):2377–82.
44. Jian FZ, Chen Z, Wrede KH, Samii M, Ling F. Direct posterior reduction and fixation for the treatment of basilar invagination with atlantoaxial dislocation. *Neurosurgery*. 2010 Apr;66(4):678–87; discussion 687.

