



T.C.

**RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**TİP 2 ODONTOİD FRAKTÜRÜNÜN
PONTİKULUS POSTİKUS İLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Dr. SERDAR DURMAZ

UZMANLIK TEZİ

RİZE 2022



T.C.

**RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**TİP 2 ODONTOİD FRAKTÜRÜNÜN
PONTİKULUS POSTİKUS İLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Dr. SERDAR DURMAZ

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı:

Dr. ÖĞR.ÜYESİ BÜLENT ÖZDEMİR

RİZE 2022

TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI

T.C.

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Dr.Serdar DURMAZ'a ait "TİP 2 ODONTOİD FRAKTÜRÜNÜN

PONTİKULUS POSTİKUS İLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI" adlı çalışma jürimiz tarafından Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalında Tıpta Uzmanlık Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 15/03/2022

Tez Danışmanı :Dr.Öğr.Üyesi Bülent ÖZDEMİR

Jüri Başkanı Dr.Öğr.Üyesi Bülent Özdemir

RTE Üniversitesi Tıp Fakültesi

Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı

Jüri Üyesi Doç Dr Ayhan Kanat

RTE Üniversitesi Tıp Fakültesi

Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı

Jüri Üyesi Dr.Öğr.Üyesi Hızır Kazdal

RTE Üniversitesi Tıp Fakültesi

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı

Jüri Üyesi Dr.Öğr.Üyesi Ömer Lütfi Gündoğdu

RTE Üniversitesi Tıp Fakültesi

Nöroloji Anabilim Dalı

Jüri Üyesi Dr.Öğr. Üyesi Uğur Yazar

KTÜ Tıp Fakültesi

Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ömer ŞATIROĞLU

Dekan

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca bana destek olan , değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli hocalarımdan ; bölüm hocalarımız anabilimdalı başkanımız Doç.Dr. Ayhan Kanat , tez danışmanım da olan Dr.Öğr.Üyesi Bülent ÖZDEMİR , Doç.Dr.Osman E. BATÇIK, Dr.Öğr.Üyesi Cihangir ERTÜRK ve Doç.Dr.Vaner KÖKSAL hocalarıma eğitim hayatımda bana katkılarından ve varlıklarından dolayı teşekkür ederim .

İhtisas eğitimim boyunca beraber çalıştığımız mesai arkadaşlarım Dr. İlhan YILMAZ ve Dr. Okan SALİH ' e teşekkür ederim .

Asistanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığımız servis ve poliklinik hemşire , sekreter ve personellere ; ameliyathane hemşire , personel ve anestezi ekibine teşekkür ederim . Hayatım boyunca bana destek olan , her zor duruma düştüğümde yanımda olan annem , babam , abim ve akrabalarıma teşekkür ederim .

Bana her zaman destek olan eşim Sinem DURMAZ ve hayatımın anlamı kızım Ece DURMAZ ' a teşekkür ederim .

ÖZET

TİP 2 ODONTOİD FRAKTÜRÜNÜN

PONTİKULUS POSTİKUS İLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. SERDAR DURMAZ

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

Giriş: Embriyolojik olarak occiputan C2-C3 disk mesafesine kadar uzanan üst servikal bölge alt servikal bölgeden farklıdır . Ve bu yüzden üst servikal bölge ve kafatası essiz karmaşık kemik , ligaman ve vasküler yapılara sahiptir . Bu anatomik yapılardan biri pontikulus postikusdur . Pontikulus postikus üst servikal bölgenin biomekaniğini değiştirerek odontoid fraktür oluşmasına neden olabilir . **Amaç:** Komplet ve inkomplet pontikulus postikusun odontoid fraktür oluşmasına etkisini inceledik . **Materyal ve Metod :** Etik kurul onayı alındıktan sonra odontoid fraktürlü ve kontrol grubundaki hastaların bilgisayarlı tomografi görüntüleri analiz edildi . Odontoid fraktürlü 14 hastanın ve servikal travmalı 13 hastanın bilgisayarlı tomografi görüntüleri pontikulus postikus mevcudiyeti açısından karşılaştırıldı ve değerlendirildi . Tip iki odontoid fraktörü ve pontikulus postikus mevcudiyeti arasındaki ilişki Mnn-Whitney Test ve Ki-Kare Test ile analiz edildi . **Tartışma :** Odontoid fraktürlü 14 hastanın 7 ' sinde pontikulus postikus mevcuttu . Bu çalışmada pontikulus postikus anamolisinin odontoid fraktür oluşmasına etki edebileceği gösterildi . Anatomi bilgisi beyin cerrahisi uygulamalarında önem arz etmektedir . Omurga dengesi önemli bir konudur . Çünkü omurga dik duruşta mekanik yükü taşımada önemli rol oynar . Pontikulus postikus mevcudiyeti ile ilgili önceki çalışmalardan farklı olarak bizim çalışmamız pontikus postikus mevcudiyetinin tip iki odontoid fraktürlü hastalarda daha çok olduğunu gösterdi . **Sonuç:** Bu çalışma tip iki odontoid fraktür gelişimine pontikulus postikus mevcudiyetinin negatif etki ettiğini gösterdi .

2022,60 sayfa

Anahtar Sözcükler: Odontoid fraktörü , pontikulus postikus ,Kimmerle anamolisi

ABSTRACT

RESEACH RELATIONSHIP BETWEEN TYPE 2 ODONTOİD FRACTUR

AND PONTIKULUS POSTIKUS

Dr. SERDAR DURMAZ

**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSITY OF MEDICINE DEPARTMENT
OF NEUROSURGERY**

Introduction: Embryologically the upper cervical spine, which extends between occiput and the C2–C3 disk space, is different from the rest of the subaxial cervical spine, and so upper cervical spine and skull base have unique complex bony, ligamentous, and vascular anatomy. One of this anatomic structure is Ponticulus Posticus (PP) .PP may be lead to of biomechanical changes of the upper cervical spine and has an effect to developing odontoid fracture. **Purpose:** Examina to complete or partial PP has an effect to developing odontoid fracture.**Materials and Methods:**With the approval from the institutional review board, cervical spine computed tomography cervical CT images of patients with odontoid type 2 fracture and the control group of patients were analyzed.CT images of 14 patients with odontoid fractures, and 13 patients with cervical trauma were evaluated, and compared for developing PP.Data were analyzed using Mann-Whitney test, and Chi-square test to assess the relationship between the presence of PP and type 2 odontoid fractures **Discussion:**7 of 14 patients with odontoid fracture has the PP. This study indicates that PP anomaly has a negative effects on the developing odontoid fractures . Having broad knowledge of anatomy is essential for practicing neurosurgery. Spinal balance is an important issue in spine anatomy, because one of the essential roles of the spine is to support mechanical loads in the upright position. Although many clinical aspects such as incidence, sex difference, and laterally of PP have been reported with varying results, our results are, to our knowledge, are different from previous studies, because it shows the the prevalance of PP is different in patient with odontoid type 2 fracture than other patients. **Result:**This study indicates that PP anomaly has a negative effects on the developing odontoid fractures .

Key Word: Odontoid fraktur , pontikulus postikus ,Kimmerle anomaly

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI.....	I
ÖNSÖZ.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
TABLolar LİSTESİ.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Kraniyoservikal Bileşkenin Embriyolojisi	3
2.1.1 Atlas Embriyolojisi.....	5
2.1.2 Aksis Embriyolojisi.....	6
2.2 Kraniyoservikal Bileşkenin Gelişiminde Genetik Kontrol	6
2.2.1 Hox Geni.....	6
2.2.2 Pax-1 Geni.....	7
2.3 Vertebral Kolon Anatomisi.....	7
2.3.1 Servikal Omurga Anatomisi.....	8
2.3.1.1Tipik Servikal Vertebralar.....	8
2.3.1.2 Atipik Servikal Vertebralar.....	10
2.3.2 Servikal Vertebra Ligamanları.....	11
2.3.3 Vertebral Kolon Eklemleri.....	13
2.3.3.1 Articularis İntervertebralis.....	13
2.3.3.2 Articularis Zygapophysialis.....	14
2.3.3.3 Atlanto-occipital Eklem (Articularis Atlantooccipitale).....	14
2.3.3.4 Atlanto-aksiyal Eklem (Articularis Atlanto-axialis).....	14
2.3.4 Posterior Servikal Kaslar.....	15
2.4 Omuriliğin Yapısı.....	17
2.4.1 Servikal Omuriliğin Beslenmesi.....	18
2.5 Omuriliğin Kinematiği.....	19
2.6 Servikal Vertebra Biomekaniği.....	20
2.7 Kraniyoservikal Bölge Travmaları.....	24

2.7.1 Oksipital Kondil Kırıkları.....	24
2.7.2 Oksipitoatlantal Dislokasyon.....	25
2.7.3 Atlas Kırıkları.....	26
2.7.4 Atlantoaksiyel Dislokasyon.....	27
2.7.5 Odontoid Kırıkları.....	28
2.7.6 Hangman Kırıkları (Asılmış Adam Kırıkları).....	29
2.8 Kraniyoservikal Bölge Enstrumantasyon Teknikleri.....	32
2.8.1 C1-C2 Vida ile Fiksasyon Endikasyonları.....	32
2.8.2 Atlas ve Aksisin Posterior Enstrumantasyonu.....	32
2.8.2.1 C1-C2 Transartiküler Vidalama.....	32
2.8.2.2 C1 Yan Kitle-C2 Pedikül Vidalama.....	33
2.8.2.3 C2 Pedikül Vidası.....	34
2.8.2.4 C2 Translaminar Vidalama.....	34
2.8.3 Odontoid Vidalama.....	35
3 MATERYEL VE METOD.....	36
4 BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
6 KAYNAKLAR.....	43
7 ÖZGEÇMİŞ.....	49

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Servikal omurganın hareket segmentinin hareket yelpazesi

Tablo 2: White ve Panjabi 'nin üst servikal instabilite kriterleri

Tablo 3: Yaş , cinsiyet ve pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin odontoid fraktür üzerine etkisinin binomial lojistik regresyon yöntemi ile analizi



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Pontikulus postikus grade 1,2,3

Şekil 2: Kuş embriyosundaki oksipital kemik ve servikal omurga segmentasyon süreci

Şekil 3: Atlas ve üçöşifikasyon merkezi

Şekil 4: 4 yaş erkek çocuğunda atlas kemiğinin aksiyel bilgisayarlı tomografi görüntüsü

Şekil 5: Aksisin altı kemikleşme merkezinin şematik görüntüsü

Şekil 6: Kolumna vertebralis yan görünüm (5) .

Şekil 7: Tipik vertebra yapısına sahip C3 ve C4 vertebraının görüntümleri

Şekil 8: Atlas (C1) ve Aksis (C2) görünümü

Şekil 9: Vertebral kolonun ligamanları

Şekil 10: Boyun kasları posteriordan görünüş

Şekil 11: Boyun kasları lateralden görünüş

Şekil 12: Omuriliğin yapısı

Şekil 13 : Omurga üzerindeki birleşik yüklere bir örnek

Şekil 14: İnstabilite kriterleri

Şekil 15: Denis ‘ in üç kolon teorisi (29)

Şekil 16: Oksipital kondil kırıkları

Şekil 17: Traynelis Sınıflandırması

Şekil 18: Lendells ve Petegham atlas kırık tipleri

Şekil 19: Atlantoaksiyel dislokasyonun şematik görünümü

Şekil 20: Odontoid kırıklarında Anderson ve D’Alonzo Sınıflaması

Şekil 21: Gauer tarafından yapılan Tip 2 kırıkların alt gruplarına ayrılması

Şekil 22: Tip 1 Hangman kırığı şematik çizimi

Şekil 23: Tip 2 Hangman kırığı şematik çizimi

Şekil 24: Tip 2A Hangman kırığı şematik çizimi

Şekil 25: Tip 3 Hangman kırığı

Şekil 26: Postoperatif transartiküler vidalama tomografisi (sırasıyla aksiyel , sağ sagittal ve sol sagittal görüntüler)

Şekil 27: C1 yan kitle-C2 pedikül vidalama ile yapılan stabilizasyonun lateral direk grafi görüntüsü

Şekil 28: Aksiyel ve koronal C2 translaminar vida uygulaması

Şekil 29: Tip 2 odontoid kırığında postoperatif çekilen lateral ve AP grafi görüntüsü

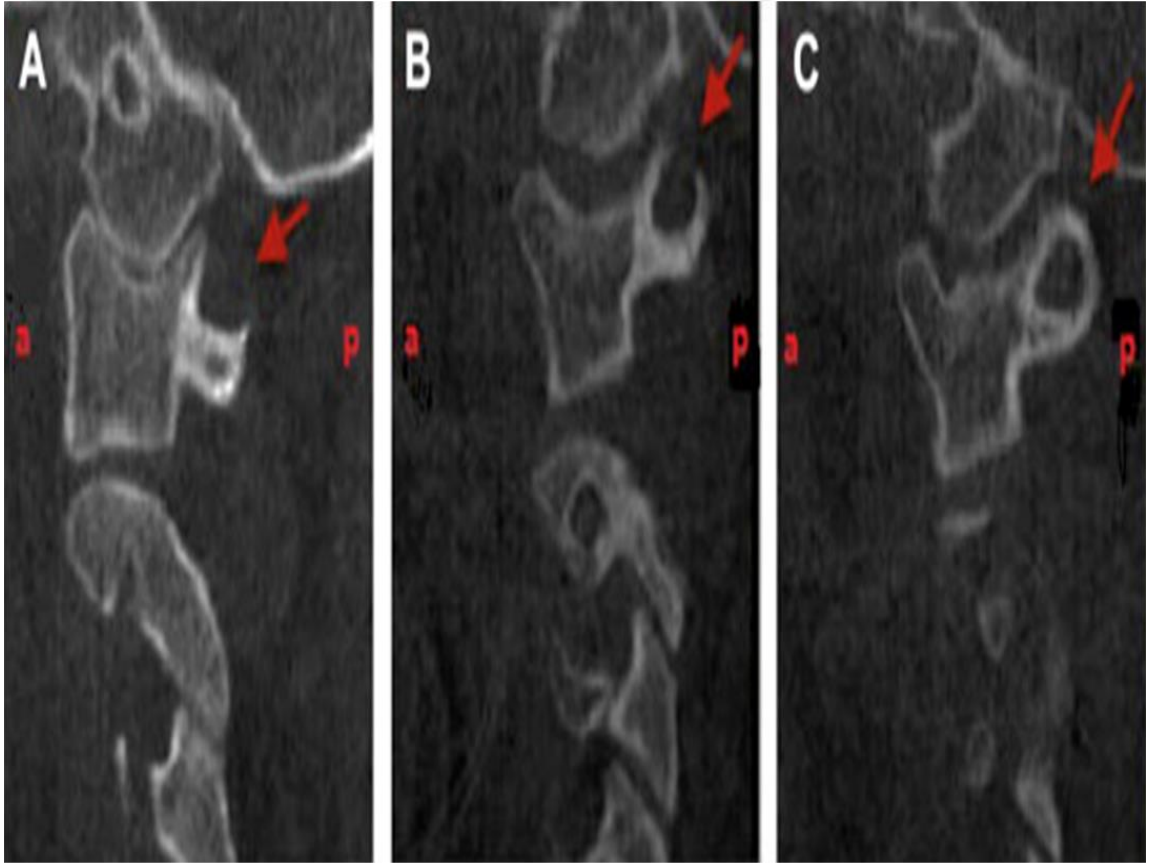
Şekil 30: Parsiyel pontikulus postikus anomolili odontoid fraktürlü hasta gösterilmektedir



1.GİRİŞ

Vücutun dengesi basın orta hattan geçen çizgiye ne kadar uzaklıkta olmasına bağlıdır (35). Servikal omurgalar kafanın ağırlığına dayanırlar ve nispeten diğer yerlerden daha çok kemik anomolileri kranioservikal bileşkede görülebilir . Occiput , atlas , aksis ve C1-2 kompleksiyle ilişkili ligamanlar kranioservikal bileşkede bulunurlar . Üst servikal bölge alt servikal bölgeden farklılıklara sahiptir . Kranioservikal bileşke ; kafataşı ve servikal omurga arasında essiz , kompleks kemikler , ligamanlar ve vasküler yapılarla bir anatomik geçiş sağlar (39,37) . Bunda atlas en geniş çapı ile servikal omurgalar arasında önemli rol oynar . Atlas anatomik farklılıklara sahiptir . Korpusu ve spinoz çıkıntısı yoktur (38) . Atlasın ön ve arka kolunu yaklaşık olarak birbirine benzer ve bu farklı biomekaniğe sahip olmasını sağlar . Bu ; Yunan mitolojisindeki dünyayı sırtında taşıyan Atlas gibi kafataşını desteklemesini ve taşımamasını sağlar . Pontikulus postikus anomolisi ; posterior atlantooccipital membranın komplet veya inkomplet olarak occifikasyonudur (39) . Atlasın posterior arkının üzerinde vertebral arterin geçtiği (sulcus arteria vertebralis) klasik oluşu oluşturur . Pontikulus postikus latince küçük köprü anlamına gelir . Literatürde ' arcuate foramen ' ve ya ' Kimmerke Anomolisi ' isimleri de kullanılır . Bu nadir bir anomoli değildir . Pontikulus postikus anomolisi komplet ve ya inkomplet olabilir . Etyolojisi tam olarak bilinmemektedir . Ama bu anomoli bir çok klinik semptomla öncülük edebilir . Örneğin ; boyun ağrısı , omuz ağrısı , baş ağrısı , boğaz ağrısı , kronik zonklayıcı baş ağrısı , aurasız migren , Bow Hunter Sendromu (38) . Bu semptomlar rotasyonel baş hareketi ile vertebral arterin oklüzyonundan dolayı vertebrobaziller yetersizlik gelimesi ile bağlantılıdır . Servikal bölge travmada en yaygın yaralanan bölgelerdendir (40) . Pontikulus postikus anomolisi üst servikal bölgenin biomekaniğini değiştirerek odontoid fraktür gelişmesine etki edebilir . Günümüzde beyin cerrahisinde önemli gelişmeler yaşandı (41-42) . Buna rağmen travma hala toplum sağlığında önemli yere sahiptir (43,44) . Yaşlanmayla nöroanatomiye büyük değişiklikler meydana gelir (45,46) . Özellikle yaşlı hastalarda odontoid fraktürü sıklıkla meydana gelir . Kranioservikal bileşke kafataşı ve omurga arasında bir geçiş bölgesidir . 1985 ' de X-Ray ' in bulunması beyin cerrahisinin uygulamalarında değişiklikler getirdi (47) . Günümüzde medikal pratikte yüksek teknolojiler kullanılmaktadır (48) . Omurga cerrahisi disiplinlerindeki teknik ilerlemeler bizim omurga anatomisini daha iyi anlamamızı sağladı (49,50) .

Servikal travma sonrası pontikulus postikus anomolisinin klinik sonuçları tam bilinmemektedir . Pontikulus postikus anomolisi ilk kez 1879 ' da raporlandı . 1930 ' da Kimmerle tekrar tanımladı ama bu anomoninin odontoid fraktüre olan etkisi hiç bir çalışmada , hiç bir kitapda daha önce bahşedilmedi . Posterior atlantooccipital membranın kemikleşmesi ile pontikulus postikus anomolisi oluşur . Pontikulus postikus anomolisi ve odontoid fraktür arasındaki morfolojik ilişki odontoid fraktür oluşmasının nedenini anlamamıza katkı sağlayabilir . Pontikulus postikus anomolisi C 2 omurgasında odontoid fraktür oluşmasına etki edebilir . Bu konu çalışmamızda araştırıldı .



Şekil 1 : Pontikulus postikus grade 1,2,3

2. GENEL BİLGİLER

2.1.Kraniyoservikal Bileşkenin Embriyolojisi

Embriyonun ilk gelişiminde mezodermde segmentasyon oluşmamıştır . Daha sonra mezoderm hücreleri orta hatta birleşerek notokordu oluşturur . Notokord kafa kemikleri ve omurga gelişimi için temel oluşturur . Notokord kanalının tavanı endoderm tabakasına , tabanı ise ektoderme yapışıktır. Notokordun her iki ucunda mezoderm üç ana alana ayrılır : paraksiyel , intermediate (ara) ve lateral mezoderm . Üçüncü haftada paraksiyel mezodermden notokordun her iki tarafında olmak üzere 42 ile 44 çift somit oluşur .

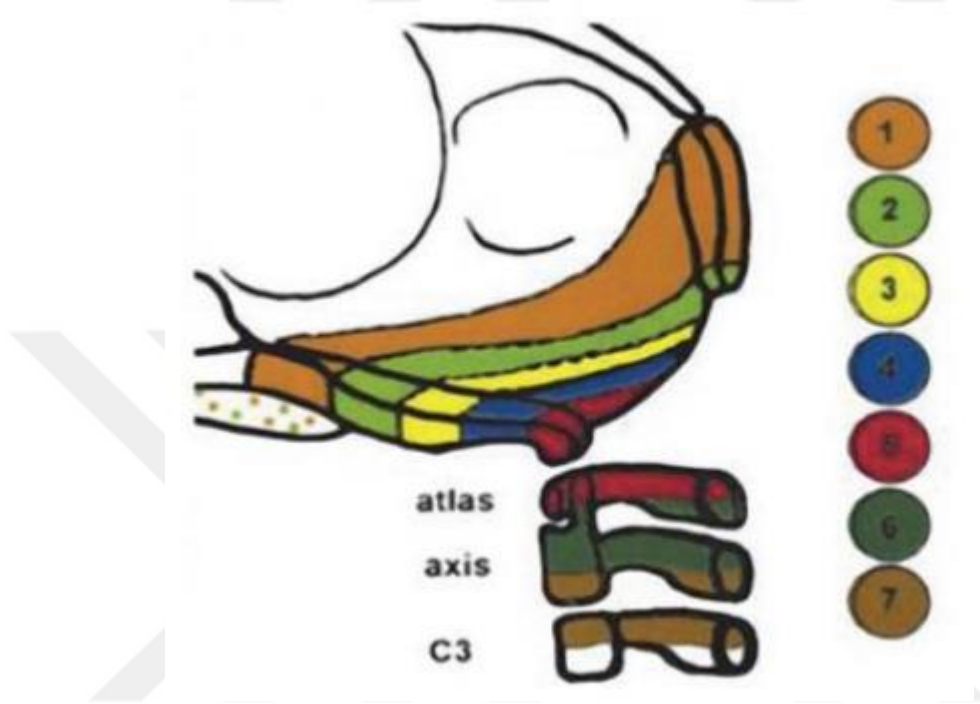
Somitler sefalo-kaudal yerleşir ve somitlerin sayısından embriyonun yaşı hesaplanabilir. Kranial bölgede yerleşen ilk somitler gestasyonun üçüncü haftasında görülmeye başlarlar , gestasyonun beşinci haftası itibari ile kaudal yerleşimli somitler de oluşur .

Kraniyoservikal bileşkenin gelişimi açısından gestasyonun üçüncü haftası kritik öneme sahiptir ; notokord oluşumu , nöral tüp oluşumu ve notokordun her iki tarafında somitler bu haftada meydana gelir . Üçüncü hafta itibari ile somitler segmentasyona uğrayarak sklerotom (orta taraf) ve dermomiyyotomlara (lateral taraf) farklılaşır . Sklerotomlar medial tarafa göç ederek notokord ve nöral tüpü çevreleyerek membranöz oksipital kemik ve membranöz yapıdaki vertebral kolonun oluşumuna katkı sağlarlar.

Dermomiyyotomlardan da servikal kaslar ve bu bölgeyi saracak cilt dokusu oluşur . Bazioksipital elemanları 1-5. sklerotomlar oluşturur. 1-4. sklerotomlar bazioksipital (foramen magnumun üzerindeki segment), ekzoksipital (foramen magnumun lateral kısımları , oksipital kondillerin üst tarafı ve juguler tüberkülleri) ve supraoksipital (foramen magnumun posterior sınırı) merkezi oluşturur . Beşinci sklerotom segmentasyonu başlatacak şekilde özelleşmiştir. Segmentasyonda ; sklerotomun üst tarafında gevşek şekilde bulunan hücresel alan oluşur , kaudal tarafında ise hücreler daha yoğun şekilde bulunur . Segmentasyon ilerledikçe kranial ve kaudal kısımlar ayrılır , kaudal taraf bir alttaki sklerotomun kranial kısmı ile füzyon oluşturur (1) . Subaksiyel omurga gelişiminde sklerotomun kranial ve kaudal segmentasyonu neticesinde intervertebral disk oluşur .

Oksipital kemik 1-4. sklerotomların segmentasyonundan oluşur. Beşinci sklerotomun kranial kısmı 4. sklerotomla birleşerek oksipital kondilin kaudal kısmını ve foramen magnumu oluşturur . Beşinci sklerotomun kaudal kısmı atlasın kranial kısmını ,

odontoid çıkıntının ucunu oluşturur . Altıncı sklerotomun segmentasyonu ile kranyal kısmı atlasın kaudal tarafını , aksisin odontoid çıkıntısını ; kaudal kısmı ise aksisin kranyal tarafını oluşturur . Yedinci sklerotomun kranyal tarafı aksisin kaudal tarafını oluşturur ve öylelikle kraniyoservikal bileşke oluşur .



Şekil 2: Kuş embriyosundaki oksipital kemik ve servikal omurga segmentasyon süreci

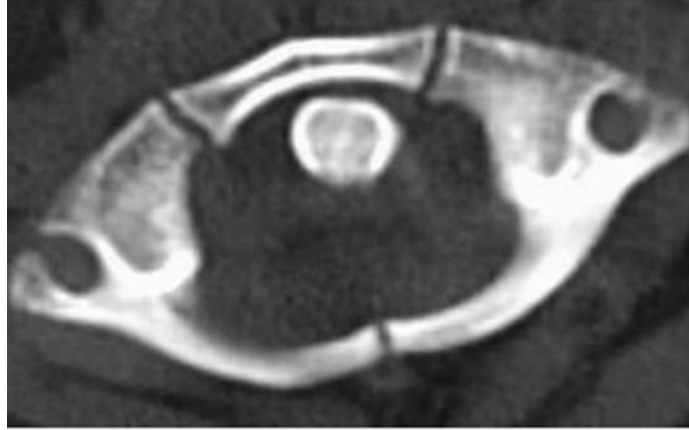
Omurga gelişimini membranöz (notokord oluşması , somit oluşması , sklerotom segmentasyonu , nöral tüp oluşması) , kartilajenöz ve osseöz evre olmak üzere üçe ayırabiliriz . Dördüncü haftanın başlaması itibari ile subaksiyel bölgede notokordun her iki tarafında notokorda ait hücreler genişleyerek nukleus pulpozusu oluştururlar . Gestasyonun 7-8. haftası itibari ile ossifikasyon orta torasik bölgeden başlayarak kranyal ve kaudal olmak üzere iki yöne uzanır . Oksipital kemik gelişiminin 10-12. haftalar arasında olduğu düşünülmektedir . Eş zamanlı olarak bazioksipital, ekzoksipital ve supraoksipital kemiklerde kıkırdaklaşma görülmektedir (1) . Omurgada ossifikasyon çocukluk sürecinde de devam etmektedir ancak atlas ve aksisin kemikleşmesi diğer subaksiyel vertebralardan biraz farklıdır .

2.1.1. Atlas Embriyolojisi

İlk vertebradır . Korpusu ve disk mesafesi yoktur . Biri anterior arkus , ikisi posterior arkus olmak üzere üç primer kemikleşme merkezi bulunmaktadır . Ön kısmı yaşamın ilk yıllarında kıkırdaktan oluşur . Atlasta sekonder kemikleşme merkezi bulunmaz . Okul çağına gelindiğinde çocuklarda genellikle sinkondrozis tamamlanmıştır (1) .



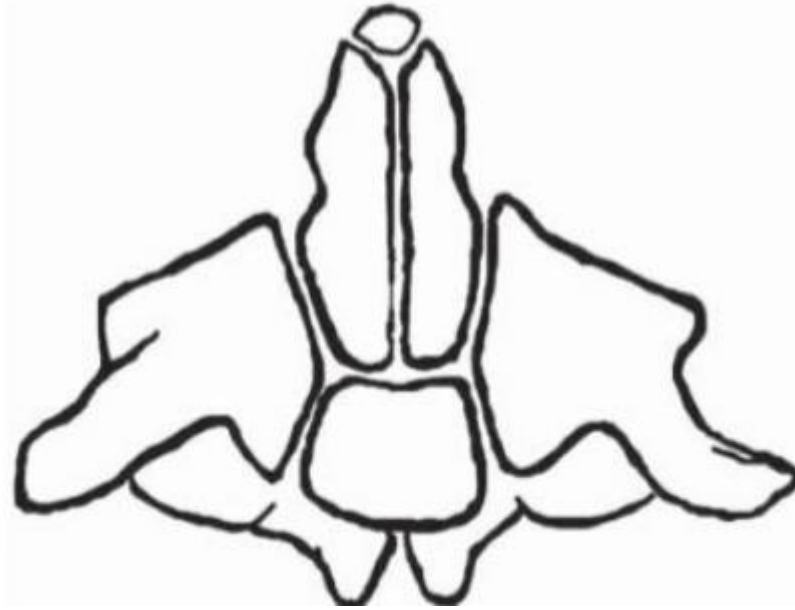
Şekil 3: Atlas ve üç ossifikasyon merkezi



Şekil 4: 4 yaş erkek çocuğunda atlas kemiğinin aksiyel bilgisayarlı tomografi görüntüsü

2.1.2.Aksis Embriyolojisi

Aksis altı kemikleşme merkezi içerir . Kemikleşen gövdede orijinal kıkırdak olan densin şeklini fetal hayatın 6. ayında iki merkez verir . Bu merkezler doğumdan önce birleşerek üst kısmında derin yarık bulunan iki loblu konik yapıyı oluşturur . Altıncı kemikleşme merkezi densin ucunun kemikleşmesinden sorumludur . Doğumda odontoidin tabanı aksisin gövdesinden bir kıkırdakla ayrılır . Bu durum 8 yaşına kadar devam edebilir . 8 yaşında merkez kemikleşir yada ayrı kalarak os odontideumu oluşturur . Aksisin apikal segmenti 3 yaşına kadar kemikleşmez . 12 yaşında odontoid ile birleşerek normal odontoidi oluşturur . Bu birleşmenin olmaması durumunda os terminale oluşur . 2-3 yaşına kadar posterior nöral arkuslar birleşir . 3-6 yaşlar arasında da odontoid çıkıntı ve vertebra gövdesi birleşir .



Şekil 5: Aksisin altı kemikleşme merkezinin şematik görüntüsü

2.2.Kraniyoservikal Bileşkenin Gelişiminde Genetik Kontrol

2.2.1.Hox Geni

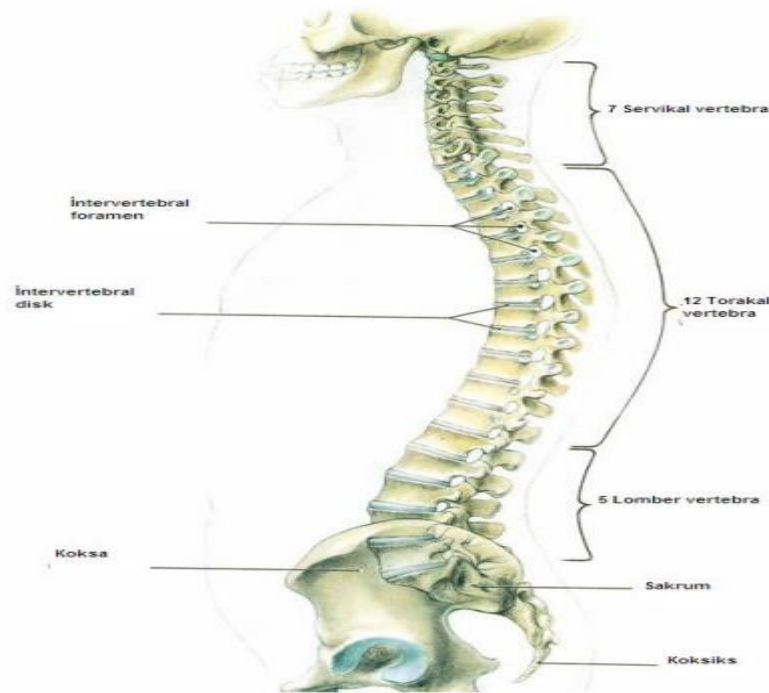
Vertebral fenotiplerin embriyonik eksen boyunca konumlarının belirlenmesi hox geni tarafından belirlenmektedir . Hox geni mutasyonu kraniyoservikal bölgede birden fazla mutasyona yol açabilir (2) .

2.2.2.Pax-1 Geni

Pax geni sklerotomal yeniden segmentasyondan sorumludur . Pax-1 geni yüksek oranda proatlas ile ilk servikal sklerotom arasındaki geçiş kısmında bulunduğu gösterilmiştir . Bu durumda kafanın gövdeden ayrılmasında rolü olduğu düşünülebilir (2) .

2.3.Vertebra Kolon Anatomisi

Omurga , kemikten , kırkırdaktan ya da her ikisinden oluşan iskeletin en önemli bölümü ve de temel eksenidir . Omurların üst üste sıralanması ve birbirine bağlanmasıyla gövdenin arkasında orta çizgide yer alır ve gövdenin ağırlığını taşır (3,4) . Omurgalar bulundukları bölgeye göre isimlendirilirler . Erişkin bir insan omurgasında 7 adet servikal , 12 adet torakal , 5 adet lomber , 5 adet sakral ve 4 adet koksigeal olmak üzere toplam 33 vertebra bulunmaktadır . En üstteki iki servikal omurga olan atlas ve aksis omurları kafataşı ile serbestçe hareket edebilen bir eklem oluşturur . Torakal omurgalar daha az hareketlidir ve biomekanik olarak daha sabittir . Omurga şekil 6 ‘ da görüldüğü gibi lordoz ve kifoz kavislere sahiptir .



Şekil 6: Kolumna vertebralis yan görünüm (5) .

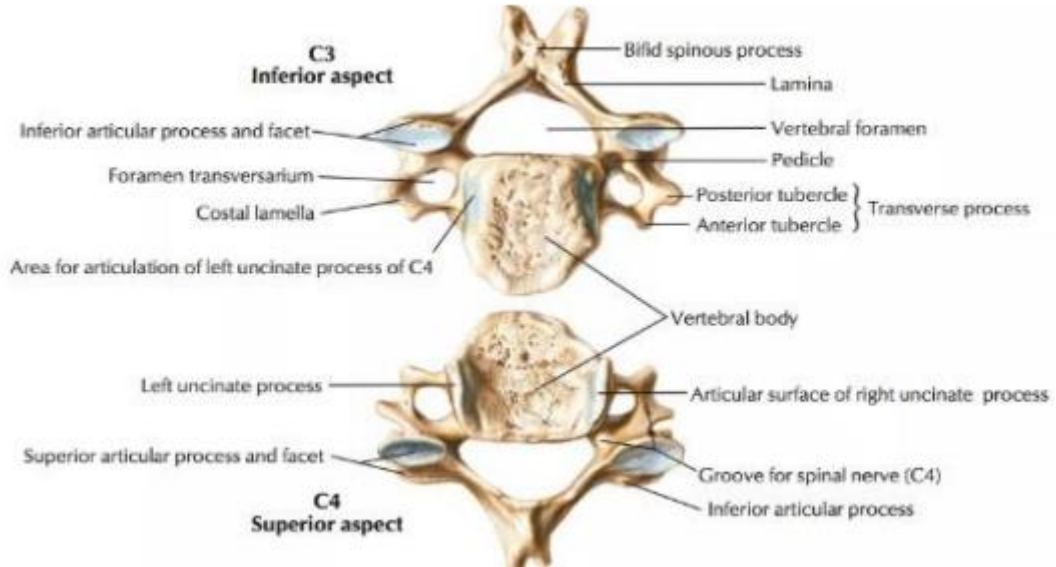
2.3.1. Servikal Omurga Anatomisi

Omurga , kafatası ve göğüs kafesi ile beraber aksiyel iskeleti oluşturan hareketli bir sütündür . Gövdenin taşıyıcı kolonu olan omurganın fonksiyonları nöral elemanları korumak, yük aktarımını sağlamak ve hareket yeteneği kazandırmaktır . İnsan omurgası servikal bölgede 7 , torakal bölgede 12 , lomber bölgede 5 , sakral bölgede 5 ve koksigeal bölgede 4 vertebra olmak üzere toplam 33 vertebradan oluşmaktadır . Servikal , torakal ve lomber bölgedeki vertebralar omurganın presakral bölümünü oluşturan hareketli bir kolon gibidir . Sakral bölgedeki beş vertebra birleşerek sakrum kemiğini , koksigeal bölgedeki dört vertebra ise koksiks kemiğini oluşturur . Komşu iki vertebra arasında anteriorda intervertebral diskler (birinci ve ikinci vertebra arası hariç) , posteriorda ise apofizial eklemler bulunmaktadır . İntrauterin dönemin erken evrelerinde omurga ‘C’ harfi şeklindedir . Doğumdan sonra büyüme ve gelişmeye bağlı olarak yayvan bir ‘S’ harfi şeklini alır . Servikal ve lomber bölgede öne doğru (lordoz) , torakal ve sakral bölgede ise arkaya doğru (kifoz) olmak üzere fizyolojik dört eğrilik bulunmaktadır. Servikal omurganın bu hareketli yapısı vertebraların morfolojik özellikleri , vertebralar arasındaki eklemler ve çevredeki kasların etkileşimi ile sağlanmaktadır . Yedi adet vertebradan oluşan servikal omurga anatomik ve fonksiyonel açıdan iki gruba ayrılır . C1 (atlas) ve C2 (aksis) üst grubu oluşturur , diğer beş vertebra ise alt grubu oluşturur .Üst grup vertebraların birincil görevleri başın hareketlerini sağlamak iken sinir-damar yapılarını korumak ve mekanik destek sağlamak ikincil görevleridir . Alt gruptaki vertebralar ise birincil olarak sinir-damar yapılarını korur ve başa mekanik destek verir , ikincil görev olarak hareketi sağlarlar .

2.3.1.1. Tipik Servikal Vertebralar

Servikal omurgayı oluşturan yedi adet vertebradan C1 ve C2 atipik vertebra , C7 prominent vertebra , diğer vertebralar ise tipik vertebralar olarak isimlendirilmektedir . Tipik servikal vertebralar , vertebra cismi ve posterior arkıtan meydana gelmektedir (Şekil 6) . Genel olarak bir vertebral cisim üst ve alt yüzeyi düz, kenarları ise konkav olan bir kemik yapısıdır . Tipik servikal vertebraların cisimlerinde transvers çap ön-arka çaptan , arka yükseklik ön yükseklikten daha fazladır . Vertebral cismin posterior kenarından başlayan iki adet pedikül arka ortada birleşen lamina ile posterior arkı meydana getirir . Nöral ark olarak da bilinen bu yapının içinde omurilik bulunur .

Lamina ve pedikülün birleşmesiyle her iki yanda laterale ve arkaya doğru uzanan transvers çıkıntılar meydana gelmektedir . Tüm servikal vertebraların transvers çıkıntılarında transvers foramenler bulunmaktadır . Bu foramenlerden vertebral arter (C7'nin foramen transversiumu hariç) ve ven geçmektedir . Laminalar birleşme yerinden arkaya doğru uzanarak spinöz çıkıntıları oluşturur . Spinöz çıkıntılar tipik servikal vertebralarda çatallı iken C7 vertebrada çatalsız ve uzundur . Bu çıkıntının cilt altında kolaylıkla palpe edilebilmesi nedeniyle C7 “vertebra prominens” olarak isimlendirilir . Laminaların lateral kenarlarının üst ve alt bölgelerinde artiküler çıkıntılar bulunmaktadır . Komşu iki vertebranın üst ve alt artiküler çıkıntıları zigoapofizial (faset) eklemleri oluşturur . Hyalin kıkırdak ile örtülü olan bu eklemler omurganın hareketini kısıtlar ve vertebraların öne doğru kaymasını engeller . C3-C7 arası servikal vertebralar ve T1 vertebrada unsinat proses vardır . Alttaki vertebranın unsinat çıkıntısı ile üstteki vertebranın cismi arasında gerçek olmayan bir eklem meydana gelir . Bu eklemlere luschka eklemleri denir . Bu eklemler servikal omurganın yana fleksiyonunu ve rotasyonunu kısıtlayarak intervertebral diskin yırtılmasına neden olacak aşırı hareketi önler .



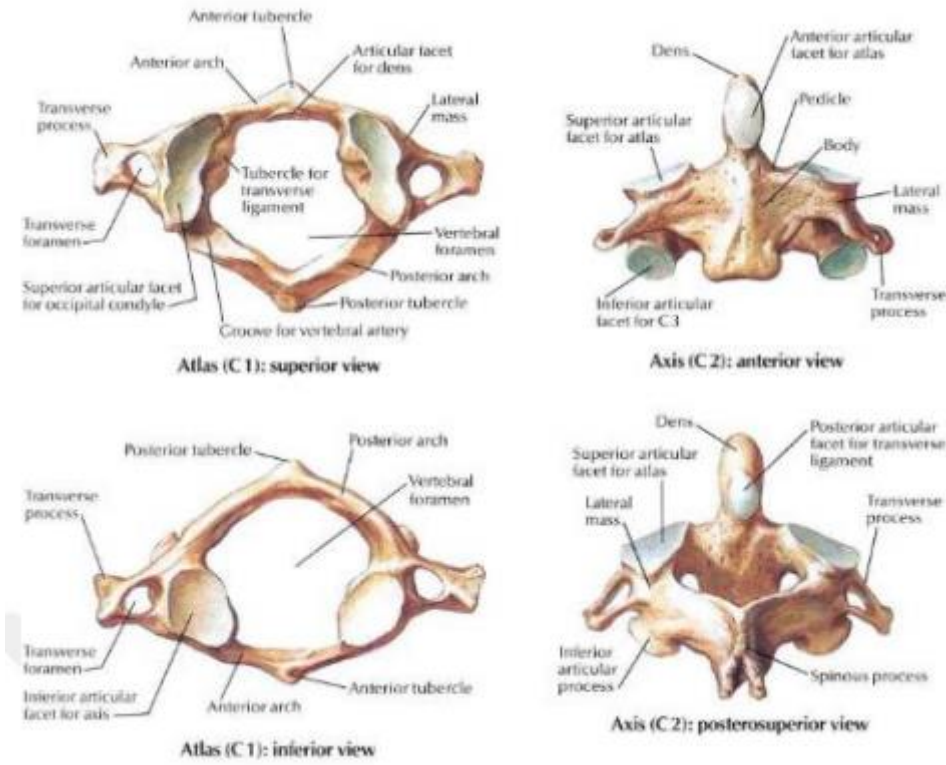
Şekil 7: Tipik vertebra yapısına sahip C3 ve C4 vertebranın görünimleri

2.3.1.2. Atipik Servikal Vertebraalar

Atlas (C1) vertebra cisminin olmaması ve iki yanda kalınlaşan bir yüzüğe benzeyen atlas diğer vertebralara benzemeyen özel bir şekle sahiptir (Şekil 7) . Ön ve arka ark ile bu iki ark arasındaki massa lateralislerden meydana gelmektedir . Her bir massa lateralis transvers çıkıntı , konkav bir süperior faset ve düz bir inferior faset eklem yüzü bulunur .

Massa lateralislerin üst yüzeyi oksipital kondillerle , alt yüzleri ise aksisin üst artiküler çıkıntıları ile eklem yapar . Ön arkın ucunda bulunan anterior tüberkül anterior longitudinal ligaman ve longus kolli kasları için yapışma noktası oluşturur . Ön arkın arka yüzeyi aksisin odontoid çıkıntısı (dens aksis) ile diarthrodial tipte eklem yapar . Arka arkın ortasında rudimente spinöz çıkıntı olan posterior tüberkül bulunur . Bu tüberküle nuchal ligament yapışır .

Aksis (C2) Bir diğer atipik vertebra olan aksisin üst yarısı atlasla uyum sağlayacak bir yapıya sahipken alt yarısı ise tipik bir servikal vertebraya benzemektedir (Şekil 8) . Vertebral cismin ortasından çıkan odontoid çıkıntı atlasın ön arkının arka yüzeyi ile eklem yapmaktadır . Bu eklem sayesinde odontoid çıkıntı bir eksen gibi görev yaparak atlas ve başın tek bir ünite gibi rotasyonuna olanak sağlar . Vertebra cisimlerinin yanlarında süperior ve inferior artiküler çıkıntılar bulunmaktadır . Süperior artiküler çıkıntılar lateral atlantoaksiyel eklemi oluştururken , inferior artiküler çıkıntılar C2-C3 faset eklemlerini oluşturur .



Şekil 8: Atlas (C1) ve Aksis (C2) görünümü

2.3.2. Servikal Vertebra Ligamanları

Membrana atlantookspitalis anterior –posterior ; oksipital kemik ile atlasın arkusları arasını örter (6) .

Membrana tectoria ; ligamentum longitudinalis posteriorun yukarıda yer alan devamıdır ve oksipital kemiğin klivus bölgesine yapışır .

Ligamentum transversum Atlantis ; atlasın iç yüzünde bulunur ve ön yan parçaları enine olarak birbirine bağlar . Atlasın foramen kısmını ön ve arka bölümlere ayırır .

Ligamentin ön yüzü eklem yüzü halindedir ve hyalin kıkırdak ile örtülüdür .

Ligamentum transversum atlantis ile atlasın fovea dentisi arasında aksisin dens adı verilen çıkıntısı bulunur .

Ligamenta alaria ; aksisin dens çıkıntısı ile oksipital kemik kondilleri iç yüzü arasında uzanırlar . Ligamentler kalın ve yarı elastik yapıda olup başın sağ-sol hareketini kontrol eden asıl ligamentlerdir (7) .

Ligamentum apicis dentis ; axisin dens çıkıntısı ile foramen magnum ön kenarı orta bölümü arasında bulunur .

Ligamentum cruciforme atlantis ; bu ligamentte , ligamentun transversum atlantis orta noktasından foramen magnum ön kenarına ve aşağıda aksis cismi ortasına lifler uzanır . Apikal ligament ile birlikte başın aşırı fleksiyon hareketini engeller (8) .

Ligamentum longitudinalis anterior ; vertebra gövdeleri ön yüzleri boyunca uzanmaktadır ve geniş , kuvvetli , fibröz yapıda bir ligamenttir . Oksipital kemik ile sakrum ön yüzü arasında uzanır . İntervertebral disklere sıkı , vertebra gövdelerine gevşek olarak yapışır . Columna vertebralisin aşırı ekstansiyonunu engeller .

Ligamentum longitudinalis posterior ; vertebra gövdeleri arka yüzlerinde vertebral kanalın ön duvarı boyunca uzanır . Mebrana tectoriaanın devamı şeklinde uzanarak sakruma yapışır . İntervertebral disklerin arka bölümlerine ve vertebraların intervertebral disklere komşu olan kenarlarına yapışır . Columna vertebralisin aşırı fleksiyonunu engeller (6) .

Ligamentum flavum ; vertebraların laminaları arasını doldurur . Sarı renkte ve elastik yapıda bir ligamenttir . Yan taraflarda art. zygapophysiales kapsüllerine de yapışmaktadır . Kolumna vertebralisin fleksiyonuna izin verirken , hareket bitiminde kolumna vertebralisin pasif olarak dik durmasını sağlar .

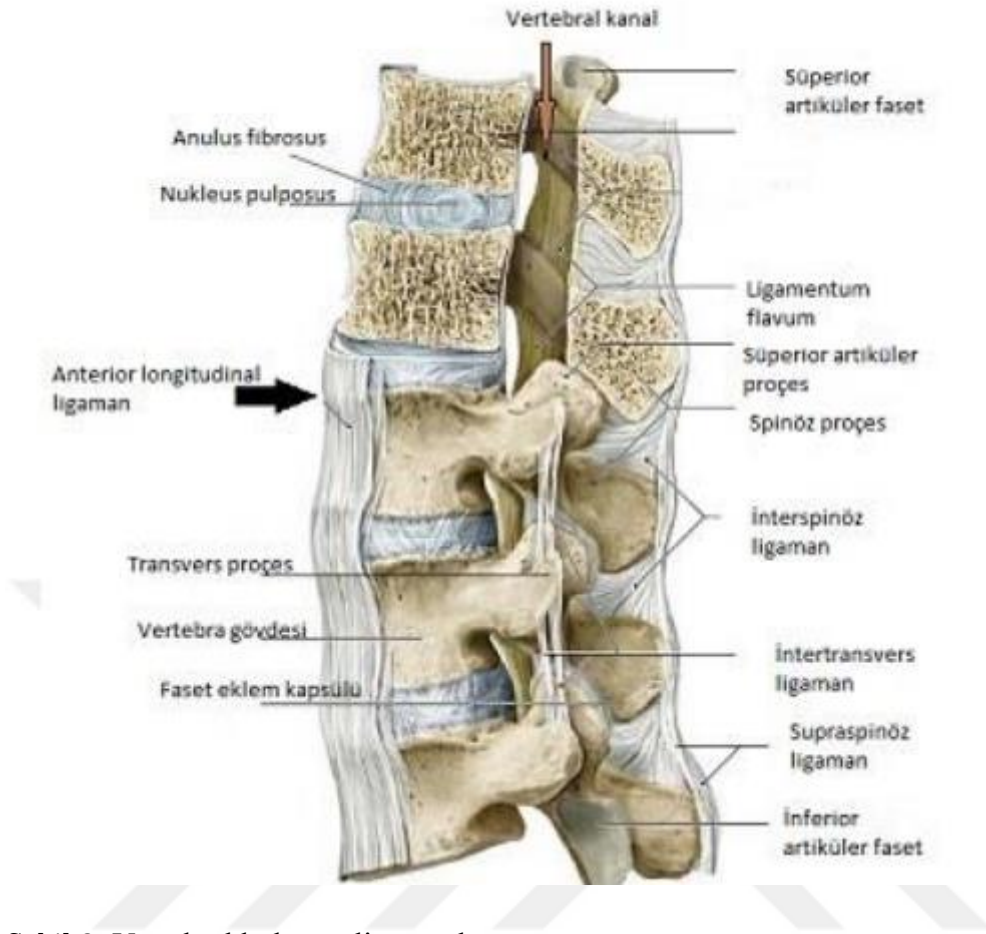
Ligamentum interspinale ; vertebraların spinal çıkıntıları arasında bulunan boşlukları doldurmaktadır (7) .

Ligamentum supraspinale ; vertebraların spinal çıkıntılarının tepe noktalarını birbirine bağlamaktadır (7) .

Ligamentum nuchae ; ligamentum interspinale ve supraspinale C7 vertebra üzerinde kalınlaşır ve elastik bir yapı kazanır . C7 vertebra ile oksipital kemik arkasına kadar uzanır ve bütün servikal vertebraların spinal çıkıntılarını birbirine bağlar . Bu ligamente ligamentum nuchae adı verilir .

Ligamentum intertransversaria ; vertebraların transvers çıkıntıları arasında uzanan fibröz yapıda bantlardır . Kolumna vertebralisin yanlara fazla eğilmesine engel olurlar .

.



Şekil 9: Vertebral kolonun ligamanları

2.3.3. Vertebral Kolon Eklemleri

Vertebral kolonun C2 ile S1 vertebra cisimlerinin arasındaki eklem cartilaginous, prosessus artikularisler arasındaki eklem synovial (zygapophyses) , laminalar , prosessus transversus ve prosessus spinozuslar arasındaki eklem fibröz eklemdir .

2.3.3.1 Articularis İntervertebralis

Vertebra korpusları arasındaki eklemler simfizis tip eklemlerdir . Vertebra korpuslarını birbirine bağlayan oluşumlara intervertebral disk denir . İntervertebral diskler kartilaginöz end-plate , annulus fibrosus ve nükleus pulposusdan oluşurlar End-plateler hyalen kartilaj tabakasından oluşmuş olup komşu vertebraların disk boşluğuna bakan yüzeylerine porlu kalsifiye kartilaj ile sıkıca tutunmuşlardır (9.10.11.12) . Bu delikli tabaka lamina kribrosa olarak adlandırılır. Diskin beslenmesi bu porlar yoluyla olur .

Diskin sert dış kenarı , anulus fibrosus , konsantrik olarak düzenlenmiş kollajen lif tabakalarından meydana gelmiştir . Anulusun dış tabakasındaki lifler vertebralara Sharpey lifleri ile sıkıca bağlıdır . Bu lifler tip 1 kollajenden oluşmuşlardır . İç tabakadakiler ise direkt olarak kartilaginöz end-platelere bağlıdır ve tip 2 kollajenden meydana gelmişlerdir . Anulusun lifleri anterior ve posterior longitudinal ligamanlara da bağlanırlar . Bu bağlantı noktaları çok sağlamdır . Anulusun sınırladığı boşluk içerisinde nükleus pulposus bulunur (12,13) . İntervertebral diskin %40'ını oluşturur . Nükleus peptidoglikan yapıda bir jeldir ve çok miktarda tip 2 kollajen içerir. Notokordun embriyonik kalıntısıdır . Diskin posteriorunda yerleşmiştir . Diskin yük taşıma ve şok emme özelliği bu jelatinöz yapısı sayesinde .

2.3.3.2. Articularis Zygapophysialis

Vertebraların processus articularis superior ve inferiorları arasındaki eklemdir . Bir diğer adı da faset eklemdir . Hyalin kıkırdak ile kaplıdır . İnce bir eklem kapsülü vardır . Bu kapsül servikal bölgede daha uzun ve daha gevşektir . Bu sayede servikal bölge daha geniş fleksiyon hareketi yapabilme yeteneğine sahiptir . Ayrıca faset eklemler servikal bölgede daha oblik yerleşimlidir ve böylece lomber bölgeye göre rotasyon hareketi daha geniş açılı olarak yapılabilir (10,11,14) .

2.3.3.3. Atlanto–oksipital Eklem (Articularis Atlantooccipitale)

Atlasın üst konkav fasetlerinin oksiputun kondilleriyle meydana getirdiği elipsoid tipte bir eklemdir . Bu eklemdede 13-15° fleksiyon-ekstansiyon , 3-8° lateral fleksiyon meydana gelmektedir fakat aksiyal rotasyon olmamaktadır . Aksiyal rotasyonun olmaması baş ve atlasın aksis üzerinde tek bir ünite şeklinde hareket etmesini sağlamaktadır (10,11,14) .

2.3.3.4. Atlanto-aksiyal Eklem (Articularis Atlanto–axialis)

İki lateral ve bir median olmak üzere üç sinoviyal eklemden oluşur . Atlas , aksis üzerinde lateral atlantoaksiyal eklemler aracılığıyla desteklenmektedir . Lateral atlantoaksiyal eklemdede yaklaşık 10° fleksiyon-ekstansiyon hareket aralığı bulunmakta fakat lateral fleksiyon gerçekleşmemektedir . Trokoid tipte olan median atlantoaksiyal eklemin temel hareketi rotasyondur. 47° olan bu rotasyon boyun rotasyonunun yaklaşık yarısını karşılamaktadır (10,11,14) .

2.3.4. Posterior Servikal Kaslar

Arka boyun kaslarının yüzeysel tabakası splenius kapitis ve servikalis kaslarından oluşur. Ligamentum nukae orta hatta bulunur ve trapez kas ile aynı düzlem planındadır (Şekil 10) . Bu yapının ayrılması iki splenius kapitis kasını ayıran fasyayı ortaya çıkaracaktır . Splenius kapitis kasları ligamentum nukaenin alt kısımlarından ve C7-T4 spinöz çıkıntılarında köken alır ve laterale uzanarak mastoid çıkıntılara ve üst nukal çizgiye tutunurlar .

Rektus kapitis posterior majör kası süperomediyalde C2 arka elemanlarına ve inferior oblik kas da üst dış tarafa tutunur . Arka kas grubu da erektör spina kas gruplarından oluşur ve bunlar üç kolonu oluştururlar (Şekil 10) . Mediyalde spinalis kas grubu servikal omurganın spinöz çıkıntıları üzerine katılır .

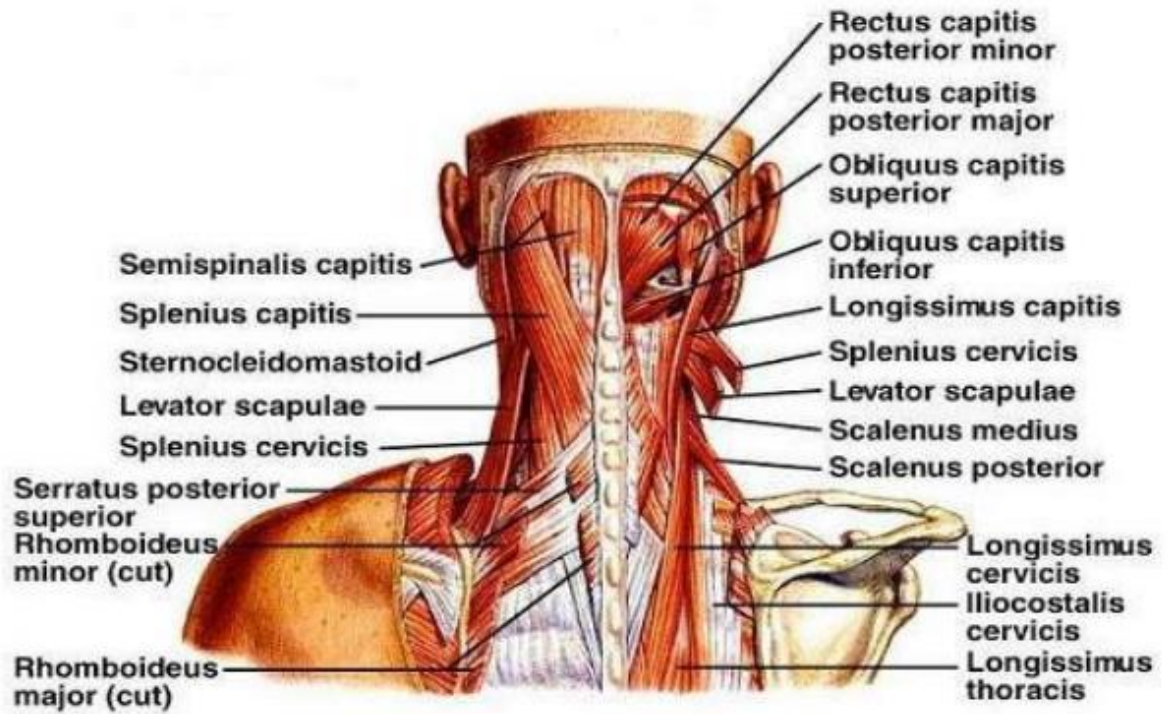
Longissimus kası orta kolonu oluşturur ve mastoid çıkıntı üzerine yapışır . Lateralde iliokostalis grubu C5 ila C6 vertebraların transvers çıkıntılarında posterior tüberküllere yapışır . Bütün bu kaslar iliak kristadan , sakrumdan ve alt lomber omurlardan köken alırlar.

Arka boyun omurgasındaki en derin kas grubu ekstravertebral venöz pleksusu çevreler . Cerrahi işlem sırasında bu bölge sıkça kanama kaynağı olabilir . Bu bölümün kasları semispinalis , multifidis ve rotatorlardır . Bu kaslar aksis üzerinde yoktur . Venöz kanamalar genellikle elektrokoter ile kontrol edilebilir ve kaslar faset eklemleri ortaya koyabilmek için eklem kapsüllerini de koruyarak ayrılırlar .

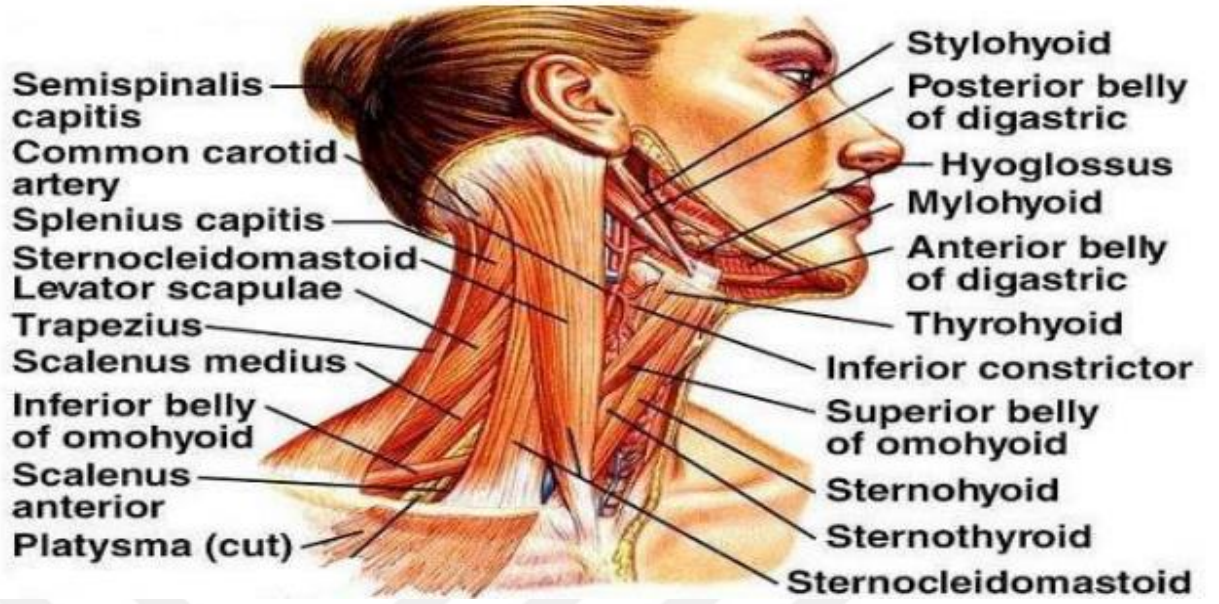
Semispinalis kapitis kas grubu T1 ila T6 arası vertebraların transvers çıkıntılarında kaynaklanırlar ve suboksipital kemiğe yapışır . Semispinalis servikalis kasları da benzer bölgeden kaynaklanır ancak servikal spinöz çıkıntılara yapışır . Semispinalis servikalis kaslarının alt kenarlarına yapışması ile C2 spinöz çıkıntısı büyük ve çataldır . Multifidus kas grubu bunun altındadır ve altta lamina ve üstte spinöz çıkıntılar arasında bir ila üç segment halinde bulunur . Son grup olan rotatorlar ise transvers çıkıntılardan kaynaklanır ve bir alt seviyedeki vertebranın spinöz çıkıntısının dibine yapışır.

Suboksipital saha kraniyoservikal bileşkeyi içerir ve C2 omurunun altında bulunmayan bir dizi kas içerir . Bu kaslar semispinalis kasının derininde uzanırlar . Rektus minör kası C1'in arka tüberkülünden ve C2 spinöz çıkıntısından kaynaklanır ve suboksipital kemiğe lateralden yapışır . Aksisin arka tüberkülünden kaynaklanıp ve atlasın transvers çıkıntısına yapışan inferior oblik kaslar vardır . Bunun yanında , süperior oblik kaslar atlasın transvers çıkıntılarını katedip suboksipital kemiğe yapışır .

Suboksipital üçgen , altta inferior oblik kas , lateralde superior oblik kas ve üstte rektus majör kaslarından oluşur . Suboksipital sinir ve vertebral arter , posterior atlantookspital membranı delerek bu üçgeni katederler ve bu cerrahi diseksiyonda referans olarak kullanılabilir .



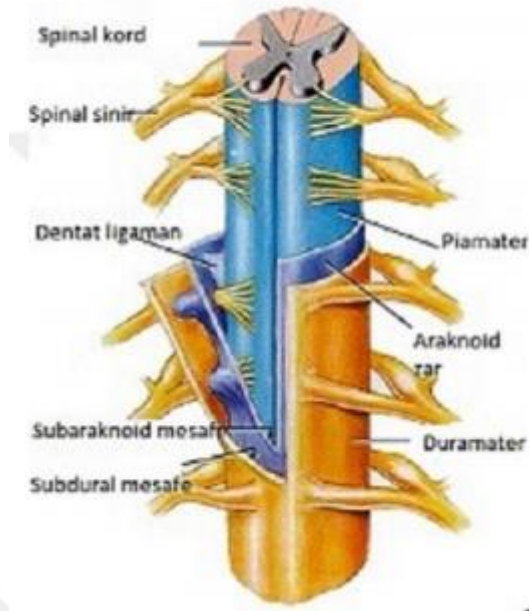
Şekil 10: Boyun kasları posteriordan görünüş



Şekil 11: Boyun kasları lateralden görünüş

2.4. OMURİLİĞİN YAPISI

Dura , araknoid ve pia tabakaları omuriliğin her yerini sarar . Dura en dıştaki sert ve koruyucu tabakadır . Dura tabakası ile omurga kemikleri arasında epidural boşluk vardır. Bu alan yağ dokusu ile doludur . Yağ dokusunun arasında bulunan kan damarları da omuriliğin beslenmesi için çok önemlidir . Duranın altında bulunan araknoid tabakası örümcek ağı gibi bir görünüme sahiptir ve dura gibi koruyucu bir role sahiptir . Araknoidin hemen altında bir boşluk vardır ve bu bölge beyin omurilik sıvısı ile doludur. En içteki pia tabakası omurilikteki sinir liflerine en yakın kısımdır . Omurilikte hem beyaz hem de gri madde bulunur . Hücre gövdelerinin bulunduğu bölgeler gri madde , aksonlardan oluşan sinir lifleri ise beyaz madde olarak adlandırılır . Omuriliğin merkezinde yer alan gri madde kelebek şeklinde olup ara nöronların , motor nöronların ve glia hücrelerinin gövdelerinden oluşur . Gri maddenin dışındaki beyaz madde neredeyse tamamen miyelinli motor ve duyu nöronlarının aksonlarından oluşur (Şekil 12) .



Şekil 12: Omuriliğin yapısı

2.4.1. Servikal Omuriliğin Beslenmesi

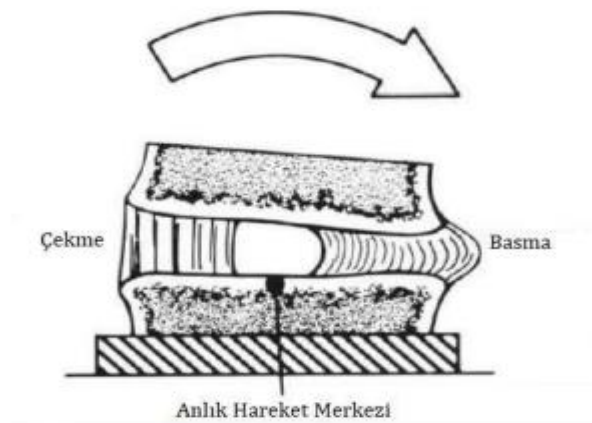
Esas olarak vertebral arterden beslenmektedir . Popülasyonun çoğunluğunda , vertebral arterler , subklavian arterlerin ilk ve büyük dalı olarak çıkmaktadır . C6 düzeyinde transvers foramenden girer ve C1 lateral mass arkasından yukarıya doğru uzanarak atlantookspital membrandan geçip foramen magnuma girer . Foramenden geçtikten sonra basiller arteri oluşturur . Vertebral arter basiller arteri yapmadan önce bir ön ve iki arka dala ayrılır . Ön dallar orta hatta birleşerek , omuriliğin anteromedian fissüründe seyreden anterior spinal arteri verir ve bu arter omuriliğin 2/3 ön kısmını besler . Her bir vertebral arterden çıkan posterior dal ise , posterior spinal arteri yapar ve bu arter omuriliğin 1/3 arka kısmını beslemektedir .

Anterior ve posterior spinal arterler sadece üst servikal omurilik için yeterli kanı sağlamaktadır . Bu seviyenin altında beslenme ; vertebral , derin servikal , asendan servikal ve bazı yüksek intertorasik arterlerden sağlanır . Diğer kısımlar ise radiküler arterler aracılığıyla beslenir , bunların en büyüğü asendan servikal arterden gelir . Kanal içinde anterior ve posterior radiküler dallara ayrılır . Anterior radiküler arter anterior sinir kökü ile birlikte seyrederek anterior spinal artere katılır .

Posterior radiküler arter ise dorsal sinir kökünü izleyerek posterior spinal sinire katılmaktadır (15,16). Omurilik venleri arterlere eşlik ederek radiküler venleri oluşturur ve foramenden çıkarak ekstravertebral venöz pleksusa dökülmektedir .

2.5. Omuriliğin Kinematığı

Omurga hareketlerinin tanımlanmasında işlevsel omurga birimi kullanılmaktadır . İşlevsel omurga birimi , komşu iki omur ve bu omurlar arasındaki diskten meydana gelmektedir . Böylelikle hareketler , alttaki omura göreceli olarak tanımlanır . Omurlar , altı serbestlik derecesinde hareket edebilirler . Biyomekanik çalışmalarda omurların bazı hareketleri özel olarak isimlendirilmiştir . Omurun x ekseninde saat yönünün tersindeki hareketi fleksiyon (öne eğilme) , saat yönündeki hareketi ekstansiyon (arkaya eğilme) olarak adlandırılmaktadır . Omurun z eksenindeki hareketleri yana eğilme olarak tanımlanmakta , yönüne bağlı olarak sola veya sağa eğilme olarak da isimlendirilmektedir . Omurga , karmaşık yapısı nedeniyle hareket esnasında genellikle birleşik yüklere maruz kalır . Şekil 13 ' de verilen örnekte gösterildiği üzere , fleksiyon/ekstansiyon hareketi esnasında çekme ve basma kuvvetleri birlikte gözlemlenir (17) .



Şekil 13 : Omurga üzerindeki birleşik yüklere bir örnek

2.6. Servikal Vertebra Biomekaniği

Servikal omurga , hareketlerini açıklamak üzere atlas , aksis , C2-C3 eklemi ve diğer omurlar olmak üzere 4 bölüme ayrılabilir . Atlas oksipital kemiğin oturması için bir alan oluşturur . Atlantoaksipital eklem fleksiyon ve ekstansiyon şeklindeki baş hareketine izin verir . Diğer hareketlerde baş ve atlas bir olarak hareket eder . Normal hareketlerde fleksiyonu kısıtlayan , arka boyun kasları ile submandibular dokuların göğse uyguladığı basıyken , ekstansiyonda hareketi kısıtlayan oksipital kemiğin suboksipital kaslara olan basısıdır . Aksial rotasyon ile lateral fleksiyon bu eklemin fizyolojik hareketi olmayıp atlasın sabitlendiği hareketlerdir(18,19) .

Atlas başın ağırlığını lateral atlantoaksial eklemler aracılığıyla taşır . Bu taşıma işlemi dışında ana görevi aksial rotasyonu sağlamaktır . Aksial rotasyon median atlantoaksial eklem tarafından düzenlenir . Atlasın en belirgin hareketi fleksiyon ve ekstansiyon hareketidir . Tam fleksiyonda atlas baş ile aksis arasında sıkışır ve lateral atlantoaksial fasetlerde denge sağlanır . Temelde atlas posterior arkı oksiputa veya C2'nin arkına çarpma kadar fleksiyonda serbesttir (18,20) .

Aksial rotasyonu kısıtlayan yapılar lateral atlantoaksial eklem kapsülleri ve alar ligamentlerdir . Geriye kaymada atlasın anterior arkının odontoid çıkıntıya dayanması kısıtlayıcı faktördür . Fakat öne kaymada herhangi bir kemik yapı kısıtlayıcı olarak bulunmaz . Bu harekette transvers ligament ve alar ligamentler kısıtlayıcıdır .

Ligamentler sağlam olduğu sürece atlasın dislokasyonu korunmuştur . Lateral kaymada kontralateral alar ligament primer hareketi kısıtlarken , hareketin en sonunda lateral massın odontoide dayanması hareketi kısıtlar (20,21,22) .

C2-3 eklemi servikal omurganın geri kalan alt seviye eklemleri ile aynı olarak adlandırılrsa da temelde farklılıkları bulunmaktadır . C2-3 zygapophysial eklem burada daha transvers yerleşimlidir . Tipik servikal segmentlerde vertebra gövdeleri üst üste dizilmiş yapıdadır . Fakat lumbal omurgada olduğu gibi düz yapıda değildir . Sagittal planda hafif kıvrımlıdır . Üstteki vertebranın anterior inferior kenarı alttaki vertebranın anterior superior kenarı üzerinde çengel benzeri çıkıntı oluşturmaktadır . Bu yapı fleksiyon ve ekstansiyon hareketini başlıca hareket haline getirir . Servikal omurganın kemik elemanları çeşitli yapılarda bulunan yumuşak dokular ile birbirine bağlanmıştır .

Ligamentler bir ya da daha fazla segmentte uzanarak vertebral gövdeleri ve arka elemanları bağlarlar . Eklem çıkıntıları eklem kapsülleri ile bağlı olup her segmentte bulunan intervertebral disklerin anulus fibrosusları ardışık vertebra gövdelerini bağlamaktadır . Yumuşak dokular servikal omurganın hareketlerini kısıtlamaktadırlar . Böylece dışarıdan gelen yüklenmelerde servikal omurganın bütünlüğünü korumada kritik görevleri mevcuttur . Yumuşak dokular bu görevleri üstlenirken farklı yapıdadırlar . Ligamentler gerilime dayanmak üzere çeşitli miktarlarda elastin ve kollajen içerirler . İntervertebral diskler ise kompresyona karşı proteoglikan nükleus içerir ve nükleusun etrafında gerilmeye , kesilmeye ve torsiyona karşı kollajen anulus fibrosus ile çevrilidir . Yumuşak dokuların servikal omurganın biyomekaniğindeki yeri , yapıların eksternal ve internal tepkileri araştırılarak değerlendirilebilir . Eksternal tepkiler omurgaya dışarıdan gelen yüklenmelere karşı spinal yapının verdiği ölçülebilir parametrelerdir . Fleksiyon yüklenmesi altında oluşan sagittal rotasyon bir eksternal yanıttır . Deneyisel modellerde bu tip cevaplar direkt olarak ölçülebilmektedir (23) . İnternal yanıtlar ise eksternal yüklenmeye karşı intrinsik parametrelerin cevabıdır . Kompresyon yüklenmesi esnasında intervertebral diskin anulus fibrosusunda oluşan gerilme cevabı intrinsik tepkidir . Direkt olarak ölçülemezler . Atlantookspital eklem eksenlerinde hareketler incelendiğinde tüm hareketlerde atlantoaksial ve servikal intervertebral eklemlerin hareketlerde rol aldığı görülür . Servikal omurga hareketleri incelendiğinde ; baş fleksiyonunda membrana tectoria , ligamentum cruciforme ile ligamentum alaria gerilir . Aynı zamanda fleksiyon hareketinde ligamentum longitudinalis posterior , ligamentum flava ile interspinal ve supraspinal ligamentler de gerilmektedirler . Disklerin ön bölümleri baskı altında kalır . Alt eklem çıkıntıları üst eklem çıkıntılarına sürtünerek yukarı doğru kayarlar . Fleksiyon hareketi en geniş olarak servikal bölgede görülür . Atlasın transvers ligamenti güçlü yapıdadır ve fleksiyon hareketinde aksisin dens çıkıntısının arkaya , vertebral kanala eğilmesine engel olur . Rotasyon hareketi atlantodental eklemden gerçekleşir ve alar ligamentler hareketi sınırlandırır . Rotasyon servikal bölgede diğer bölgeler göre daha fazla yapılabilmektedir . Baş ekstansiyonunda ligamentum longitudinalis anterior gerilir ve aşırı ekstansiyonda yırtılabilmektedir . Ekstansiyon hareketinde disklerin arka bölümü baskı altında kalır . Lateral fleksiyon hareketinde disklerin eğilen tarafları baskıya uğrar.

Kolumna vertebraliste iki komşu vertebra arası hareket ancak aradaki diskin elastikliğine bağlıdır . Elastik hareketlerin hepsi toplandığında kolon bütününde çeşitli hareketler yapılabilir . Zygapophysial eklemlerin durumu vertebral kolonun hareket yeteneğini belirler . Servikal bölgede bu eklem yüzleri horizontal konumdadır ve her çeşit hareketin geniş olarak yapılmasına olanak sağlar (24) .

	Fleksiyon	Ekstansiyon	Lateral fleksiyon	Aksiyel Rotasyon
C0 – C 1	13	13	8	0
C1 – C2	10	9	0	47
C2 – C3	8	3	10	9
C3 – C4	7	9	11	11
C4 – C5	10	8	13	12
C5 – C6	10	11	15	10
C6 – C7	13	5	12	9
C7 – T1	6	4	14	8
Toplam	77	63	83	106

Değerler derece (°) olarak ifade edilmektedir.

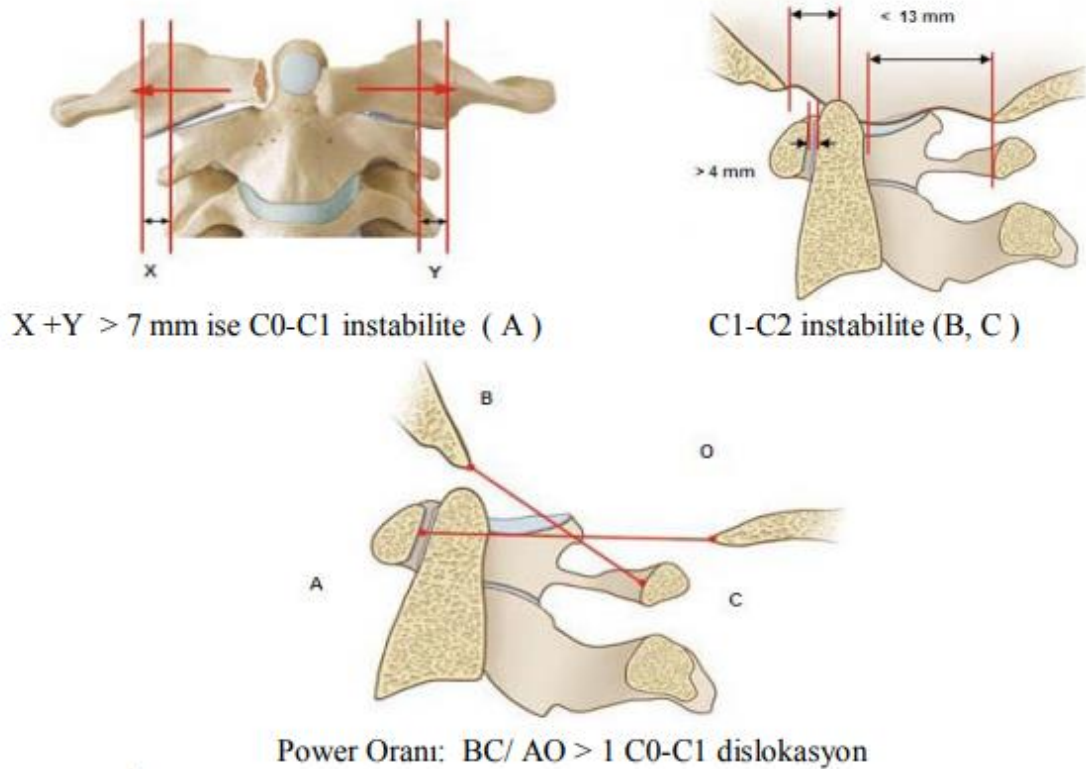
Tablo 1: Servikal omurganın hareket segmentinin hareket yelpazesi (18)

Spinal instabilite , fizyolojik yüklenme altında omurganın bütünlüğünü koruyamaması , ağrı veya nörolojik defisit oluşması şeklinde tanımlanmıştır . Ancak klinikte instabilitenin tanımını yapmak için belirli kriterlere gereksinim vardır . Klasik olarak alt servikal bölgede bir vertebranın diğer vertebra üzerinde 3,5 mm ' den fazla kayması , komşu vertebralar arasında 11° ' den fazla açılma ve vertebra korpus yüksekliğinin %50 ' den fazla kaybı servikal instabilitenin kriterleri olarak kabul edilmektedir . Bu bulgular statik ve dinamik grafilerde tespit edilebilir . Özellikle dinamik grafilerde (fleksiyon ve ekstansiyon grafileri) anormal mobilitenin tespiti ligamentöz yaralanmanın indirekt bulgusu olarak kabul edilmektedir (17,18,21,22,25,26,27) . Üst servikal bölgenin temel stabilize edici yapısı transvers ligamandır . Transvers ligamanın kopması oldukça ciddi bir durumdur . Normal koşullarda atlantodental intervale bakılarak transvers ligament yırtığı hakkında bilgi edinilebilir .

Buna göre erişkinde 3 milimetrenin altı , çocuklarda ise 5 milimetrenin altı olmalıdır . Erişkinlerde atlantodental intervalin 3 – 4 milimetreden fazla olması durumunda transvers ligament yırtılmasından kuşkulandır (20,22) .

C0-C1 de bir tarafta eksenel rotasyon	> 8 derece
C0-C1 de sagittal kayma	> 1 mm
C0-C1 de üst üste binme (A)	> 7 mm
C1-C2 de bir tarafta eksenel rotasyon	> 45 derece
C1-C2 de sagittal kayma (B)	> 4 mm
C2 korpusu arka kenarı ile C1 post. arkusu arası mesafe (C)	< 13 mm
Transvers ligaman rüptürü	

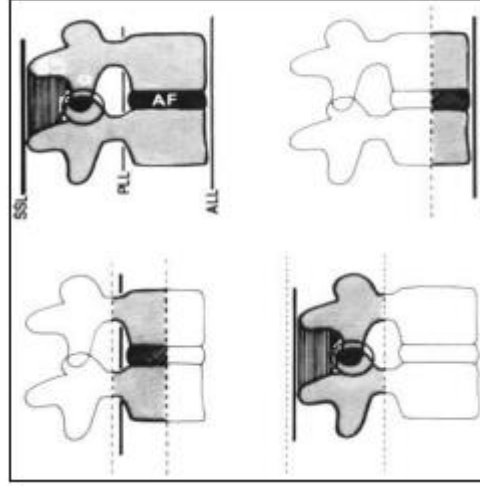
Tablo 2: White ve Panjabi ‘nin üst servikal instabilite kriterleri (28) .



Şekil 14: İnstabilite kriterleri

Denis’in üç kolon teorisi ; vertebra korpusu ve intervertebral diskin ½ ön bölümü ile ALL ön kolonu , vertebra korpusu ve intervertebral diskin ½ arka bölümü ile PLL orta kolonu , arkadaki osseoligamentöz yapılar arka kolonu oluşturur .

Üç kolondan ikisinin yetersiz kalması instabilite anlamına gelir . Bu üç kolon sistemi torakolomber travmalar için önerilmiş ancak diğer patolojiler içinde kabul görmüştür (Şekil 15) (20,22,26,29) .



Şekil 15: Denis 'in üç kolon teorisi (29)

2.7. Kraniyoservikal Bölge Travmaları

Kraniyoservikal bölge travmaları alt servikal bölge travmalarına göre nadir görülür ancak morbidite ve mortalite oranları oldukça yüksektir . Travma , konjenital hastalıklar, enfeksiyon , tümör , edinsel nedenlerle kraniyoservikal bölgede dejenerasyona yol açan hastalıklar sonucunda bölgede instabilite oluşur .

2.7.1. Oksipital Kondil Kırıkları

Genellikle atlas kırıkları ile birlikte görülür . Nadir görülürler . 3 tipi vardır .

Tip 1 oksipital kondil kırığı foramen magnuma kırık parçaları uzanmaz . Ligamanlar sağlamdır . Philedelphia tipi boyunluk yeterlidir .

Tip 2 oksipital kondil kırığı en sık görülen tiptir. kondil kırığı foramen magnuma uzanır. Ligamanlar sağlamdır . Aslında kafa kaidesi kırığıdır . Philedelphia tipi boyunluk yeterli olur .

Tip 3 oksipital kondil kırığı ikinci sıklıkta görülür . Oksipital kondilin avulsiyon kırığıdır . Kontralateral kuvvete bağlı rotasyon ve açılanmaya sekonder olarak kondilin alar ligament bağlantı noktasında avulsiyona bağlı instabilite gelişir . Atlanto-oksipital instabilite var ise oksipito-atlanto-aksiyel füzyon yapılır (30) .



Şekil 16: Oksipital kondil kırıkları

Alar ligamalar kraniyoservikal bileşkeye yapısal destek sağlar . Tip bir kırıklarda oksipital kondillerden çok az ayrılma olur . Tip ikiler kondile uzanan kaide kırıklarıdır . Tip üçler alar ligamanının avulsiyon tarzı hasarlanmalarındadır .

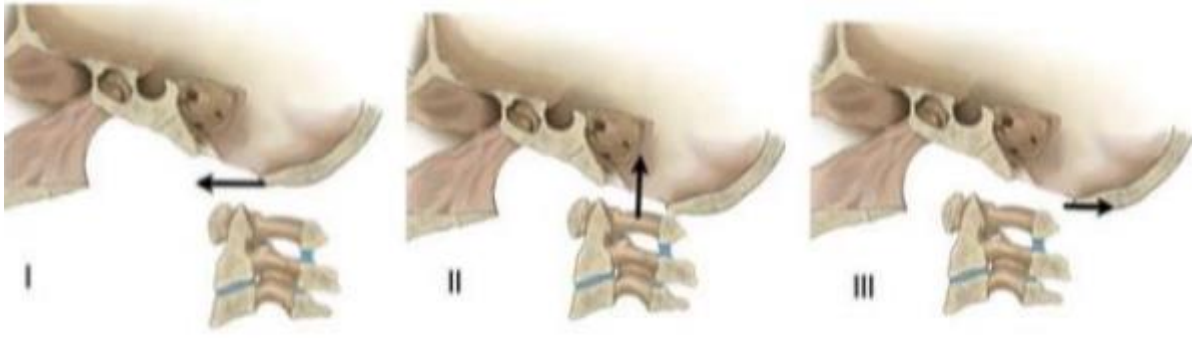
2.7.2. Oksipitoatlantal Dislokasyon

Alar ve tektoryal membranların kopması durumunda bölge instabil hale gelir . Hiperekstansiyon ile tektoryal , lateral fleksiyon ile alar ligamanlarda yırtılma , hiperfleksiyon ile atlas ve aksisin posterior elemanlarında ayrışma görülür (30) . Traynelis sınıflandırması ile 3 tipe ayrılır .

Tip 1: Oksipital kemik atlasın önüne doğru yer değiştirir .

Tip 2: Oksipital kemiğin atlasın longitudinal ayrışması .

Tip 3: Oksipital kemiğin atlasın posterioruna doğru yer değişimi .



Şekil 17: Traynelis Sınıflandırması

Oksipitoatlantal travmalı hastaların birçoğu kaza yerinde yada götürüldükleri hastanenin acil servisinde hayatını kaybetmektedir. Büyük kısmında spontan solunum yoktur (8). Tanısında Power oranı kullanılır ve birden küçük olması fizyolojik sınırları, büyük olması oksipitoatlantal dislokasyonu düşündürür.

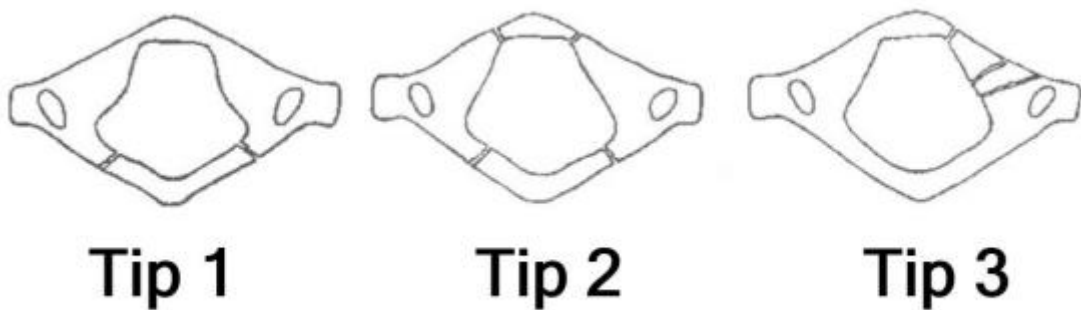
2.7.3. Atlas Kırıkları

Atlas kırıkları servikal kırıkların % 3-13 ünü oluşturur (30) . Kırık mekanizmasında aksiyel yüklenme sonrası C1 in ön ve arka elemanlarında kırılma olur ve artiküler bağlantılar da laterale kayar . Landells ve Peteghem tarafından atlas kırıkları üçe ayrılmıştır (31) .

Tip 1: Tek bir arkusu ilgilendiren ve atlasın ekvatorunu geçmeyen kırıklardır . (%30-45) Travmanın mekanizması hiperfleksiyondur .

Tip 2: Her iki arkusu da ilgilendirir ve kırık hattı atlasın ekvatorunu geçer (%35-55) . Jefferson kırığı bu tip kırıktır . Aksiyel yüklenme sorumludur .

Tip 3: Kırık lateral kitlededir ancak tek arkusu da içine alabilir .

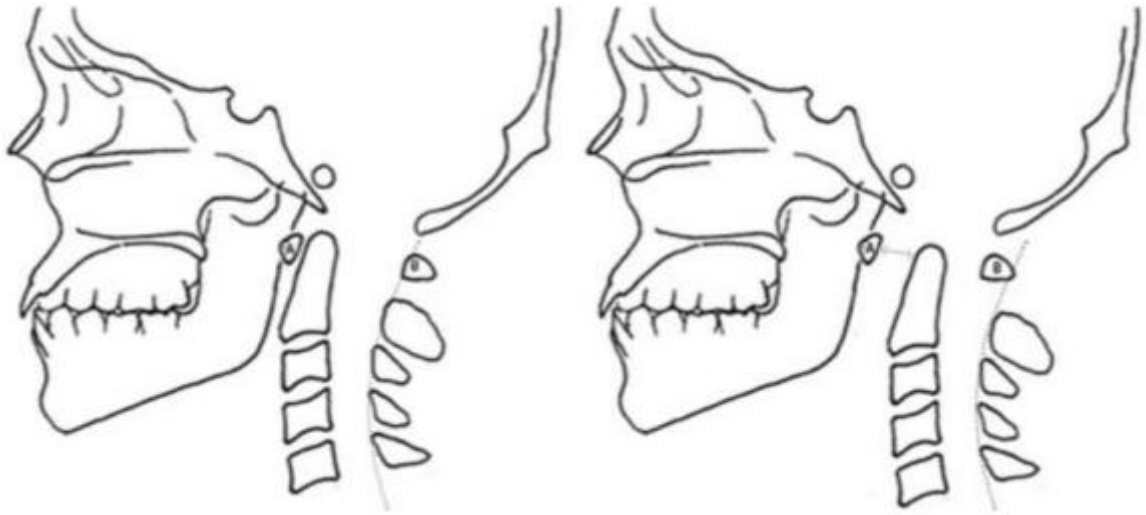


Şekil 18: Landells ve Petegham atlas kırık tipleri

Tanıda Spence Kuralına göre A-P grafide lateral kitlelerin 6,9 milimetreden fazla yer değiştirmesi durumunda transvers ligamanın yırtıldığı ve stabilizasyonun bozulduğu düşünülmelidir (32) . Dickman ve arkadaşlarının yayınladığı çalışmada transvers ligaman hasarının MR ile tespit edilmesinin tanıda önemli olduğu belirtilmiştir . Bazı serilerde MR ile tespit edilen transvers ligaman hasarlarının yaklaşık %60 ' ının direkt grafide uygulanan Spence Kuralı ile tespit edilemediği bildirilmiştir (33) .

2.7.4. Atlantoaksiyel Dislokasyon

Atlantoaksiyel eklem stabilizasyonunda transvers ve alar ligamanla sorumludur . Üst servikal bölgeye yönelik fleksiyon tipi yaralanmada C1 öne doğru yer değiştirir . Omurilik ise odontoid ve C1 in posterioru arasında sıkışır . Bu duruma bağlı ölümcül komplikasyonlar gelişebilir . Atlantodental mesafe erişkinde 3 , çocukta 5 milimetreden fazla ise transvers ligaman yırtığına bağlı instabilite söz konusudur . Atlantodental mesafe 5 milimetreden fazla ise cerrahi tedavi gereklidir .



Şekil 19: Atlantoaksiyel dislokasyonun şematik görünümü. Sağdaki şekilde C1 in ön tarafının posterior yüzü ile densin önyüzü arasındaki mesafe artışı görülmekte . Noktalı alanlar hayali spinolaminar çizgiyi göstermekte .

2.7.5. Odontoid Kırıkları

Odontoid kırıklar tüm servikal kırıkların yaklaşık % 18 ' ini oluşturmaktadırlar . En sık 1974 yılında Anderseon ve D'Alonzo tarafından yapılan sınıflandırma kullanılmaktadır. Bu sınıflama ile odontoid kırıkları temel olarak 3 tipine ayrılmıştır .



Şekil 20: Odontoid kırıklarında Anderson ve D'Alonzo Sınıflaması

Tip 1 kırıkları transvers ligamanın üstünde , odontoidin üst tarafında oluşan avulsiyon kırıklarıdır . Üç tipin içinde en nadir görülenidir . Çoğunlukla stabildirler , 6-8 hafta boyunluk kullanılarak tedavi edilebilirler .

Tip 2 kırıklar vertebra cismi ile odontoid bileşim yerinde olurlar . En sık görülen tiptir ve tedavi açısından en tartışmalı tiptir . Tedavide standart konsensus sağlanamamıştır ancak erken cerrahi önerilir . Gauer tarafından Tip 2 kırıklar alt gruplara ayrılmıştır .



Şekil 21: Gauer tarafından yapılan Tip 2 kırıkların alt gruplarına ayrılması

Tip 2 A: Transvers kırık hattı deplase değildir . Konservatif tedaviye uygundur .

Tip 2 B: Kırık hattı anterior superiordan posterior inferiora uzanır . Genellikle cerrahi olarak tedavi edilir .

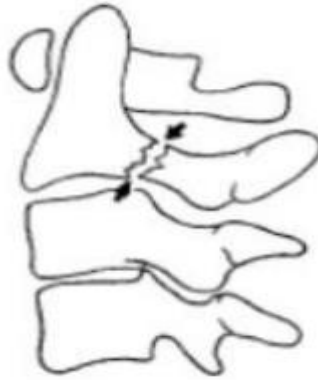
Tip 2 C: Kırık hattı anterior inferiordan posterior superiora uzanır . Genellikle cerrahi olarak tedavi edilir .

Tip 3 kırıklarda vertebra cisminin anterior proksimal kısmı da kırık hattının içerisinde . Kaynama oranı yüksektir . Cerrahi tedaviye çoğunlukla gerek duyulmaz .

2.7.6. Hangman Kırıkları (Asılmış Adam Kırıkları)

Travmaya bağlı olarak aksisin nöral arkusunun vertebra korpusundan bilateral avulsiyonu ve odontoid çıkıntının sağlam kalacak şekilde C2 vertebra cisminin C3 üzerinde öne doğru kaymasıdır . En yaygın kullanılan ve günümüzde kabul gören sınıflamayı Effendi ve arkadaşları 1981 yılında yapmışlardır . Bu sınıflamayı 1985 ' te Levine ve Edwards modifiye etmiştir .

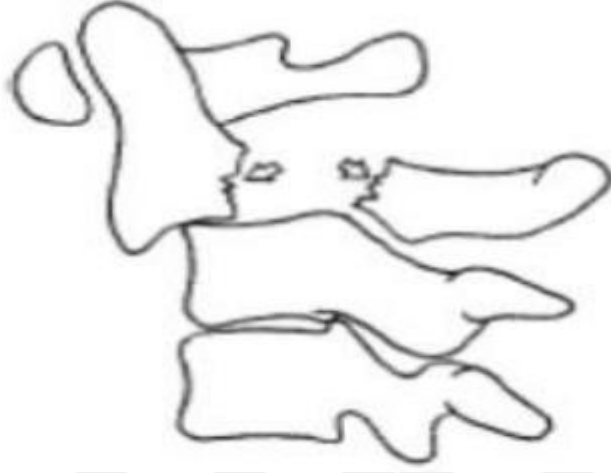
Tip 1: Hiperekstansiyon ve aksiyel yüklenme sorumludur . Bilateral pars interartikularis kırığı vardır , açılanma yoktur ve C2 C3 üzerinde 3 mm'den az yer değiştirmiştir . Stabil kabul edilir .



Şekil 22: Tip 1 Hangman kırığı şematik çizimi

Tip 1A : Hiperekstansiyon ve yana eğilme sonucu oluşan kırıklardır . Bilateral pars interartikularis kırığı vardır ancak simetrik değildir . Olguların 1/3 ' ünde nörolojik defisit eşlik edebilir . Posterior artrodez tedavide yeterlidir .

Tip 2: Aksiyel yüklenme ve hiperekstansiyonun ön planda olduğu ve daha sonra geri tepme mekanizması sonucu hiperfleksiyonun olduğu kırıklardır . C2 ' nin C3 üzerinde 3 milimetreden fazla yer değiştirmiştir ve açılanma vardır . Tedavide traksiyon ile birlikte omurga dizilimi düzeltildikten sonra hasta Halo'ya alınır .



Şekil 23: Tip 2 Hangman kırığı şematik çizimi

Tip 2A : Fleksiyon ve distraksiyon güçlerini kırık mekanizmasında etkilidir . C2 ' nin C3 üzerinde minimal yer değiştirir ancak ciddi derecede açılanma mevcuttur . Posterior longitudinal ligamanda yırtık vardır ve disk rüptürü eşlik edebilir . Stabil olmayan kırıklardır . Halo kullanılır .



Şekil 24: Tip 2A Hangman kırığı şematik çizimi

Tip 3 : Kırıkların oluşmasında fleksiyon ve kompresyon tarzında yüklenme söz konusudur. C2-C3 de açılanma ve subluksasyon vardır. Anterior ve posterior longitudinal ligaman yırtığının eşlik ettiği tek taraflı yada bilateral faset dislokasyonu mevcuttur. İnstabil kırıklardır ölümle sonuçlanabilir. Halo işlemi ile hasta düzelmezse cerrahi girişim ile açık redüksiyon yapılır .



Şekil 25: Tip 3 Hangman kırığı

2.8. .Kraniyoservikal Bölge Enstrumantasyon Teknikleri

2.8.1. C1-C2 Vida ile Fiksasyon Endikasyonları

C2 konjenital malformasyonları (Os odonteideum, odontoid agenezisi)

C2 tümöral, dejeneratif ve enfeksiyöz durumları

Baziller invajinasyon

Atlantodental intervalin arttığı romatoid artrit durumları

Atlantodental intervalin arttığı Down Sendromu

İyatrojenik instabilite

Tip 2 odontoid kırığı + atlantoaksiyel instabilite

Tip 2 odontoid kırığı + Jefferson kırığı

Tip 2 odontoid kırığı + transvers ligaman rüptürü

Konservatif takip edilmiş psödoartrozlu tip 2 odontoid kırıkları

Psödoartroz riski yüksek olan yaşlı tip 2 odontoid kırıkları

Tip 3 odontoid kırığı + Jefferson kırığı

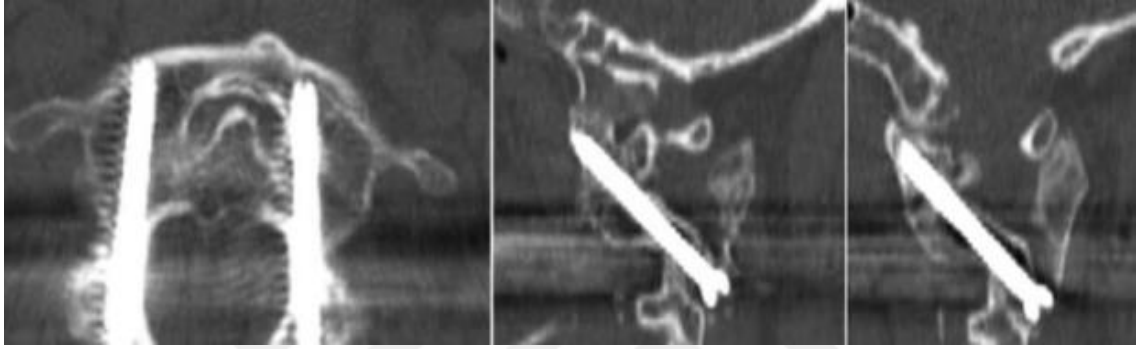
2.8.2. Atlas ve Aksisin Posterior Enstrumantasyonu

Atlantoaksiyel fiksasyonu sağlamak için atlas ve aksis üzerinde farklı bölgelere vida uygulanabilir . Atlas üzerine lateral kitle veya posterior arkus vidası yerleştirilebilir . Aksis üzerinde pedikül , pars veya lamina vidası yerleştirilebilir . 1994 yılında ilk kez Goel tarafından atlas lateral kitle vidası kullanılmıştır .2001 yılında Harms C1 lateral kitle-C2 pedikül poliaksiyel vida ve rod fiksasyonu tanımlamıştır . 2004 yılında Wright ve ark. translaminar vida tekniğini , 2003 yılında Tan ve ark. C1 posterior arkus vidasını tanımlamışlardır (34) .

2.8.2.1. C1-C2 Transartiküler Vidalama

C1-C2 transartiküler vidalama Magerl tarafından tanımlanmıştır . En önemli avantajı C1-C2 segmentinde aksiyel rotasyonu önlemesidir (30) . Vertebral arter hasar riski , hipoglossal sinir zedelenmesi dezavantajlarıdır . Bu işlemde vida C2 ' nin posteriorundan girerek , C1-C2 eklemine geçer ve C1 yan kitlesinde sonlanır .

Bu işlemde vidalama için başlangıç noktası C2 inferior fasetinde , lamina yan kitle bileşkesinden 2-3 milimetre lateralinde ve inferior artiküler çıkıntının 2-3 milimetre üzerinden 60-65 derece kranial açı , 0-5 derece medial açı ile girilir . C2 ye mini laminotomi yapılır , C2 pedikül medial duvarı hissedilir (30) . Bu yöntemde Kirschner teli kullanarak vidalama yapılır .



Şekil 26: Postoperatif transartiküler vidalama tomografisi (sırasıyla aksiyel , sağ sagittal ve sol sagittal görüntüler)

2.8.2.2. C1 Yan Kitle-C2 Pedikül Vidalama

C1 yan kitle ve C2 pediküler vidalama Harms-Goel tarafından tanımlanmıştır . C1 lamineasından laterale disseksiyon yapılarak C1 yan kitlesine ulaşılır . C1 yan kitlesine giriş noktası tespit edilir . Bu amaçla C1 yan kitlesinin ortasına denk gelecek şekilde delik açılır .15-20 derece medial açı ile ve yan grafide C1 ön arkusu hedeflenerek Kirschner yerleştirilir . AP grafide Kirschner yeri belirlenir . Daha sonra drillenerek vida yerleştirilir (30) .



Şekil 27: C1 yan kitle-C2 pedikül vidalama ile yapılan stabilizasyonun lateral direk grafi görüntüsü

2.8.2.3. C2 Pedikül Vidası

C2 de ufak laminotomi ile pedikülün mediali dissektör ile hissedilir . C2 artiküler kitlesinin üst iç çeyreğinden girilir . Bu noktadan girmek vertebral artere hasar verme riskini en aza indirir . Smith ve arkadaşlarına göre C2 pedikül giriş noktası , C2 artiküler kitlesinin ortasının 3-5 milimetre üzerindedir. Bu girişten sonra 10-25 derece medial, 20-25 derece kranyal yönde Kirschner ilerletilir . Kirschner teli korpuse kadar ilerletildikten sonra dril yapılarak vida yerleştirilir (30) .

2.8.2.4. C2 Translaminar Vidalama

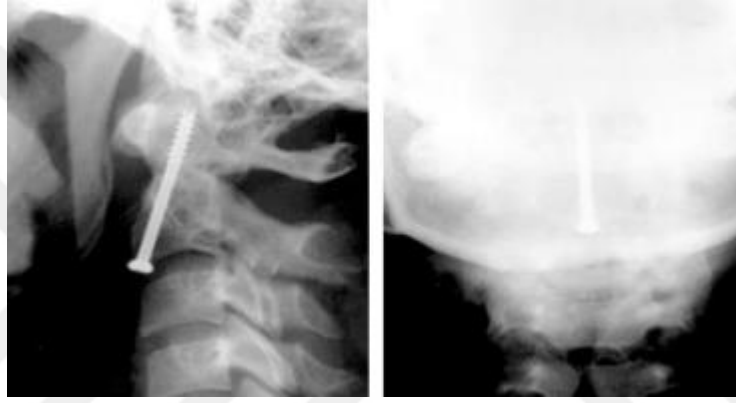
Bu işlemin yapılması için C2 laminasının uygun kalınlıkta olması ve vida giriş noktası belirlenmelidir . İşlem için C1 yan vidası konulduktan sonra C2 translaminar vida konur ve birbirlerine bağlanır . C2 pediküler yada C1-2 transartiküler vidasının yerleştirilemediği durumlarda alternatiftir .



Şekil 28: Aksiyel ve koronal C2 translaminar vida uygulaması

2.8.3. Odontoid Vidalama

Tip 2 ve bazı seçilmiş Tip 3 odontoid kırıklarında odontoid vidalama yapılır . Genel olarak C4-C5 diski hizasından transvers kesi yapılarak künt disseksiyonla C2-C3 diski hizasına gelinir . C3 korpusunun üst kısmı yüksek devirli dril ile bir miktar alınır . C2 kaidesinden odontoidin ucuna kadar Kirschner teli yerleştirilir . Daha sonra Kirschner teli üzerinden dril ile vidalama yapılır .



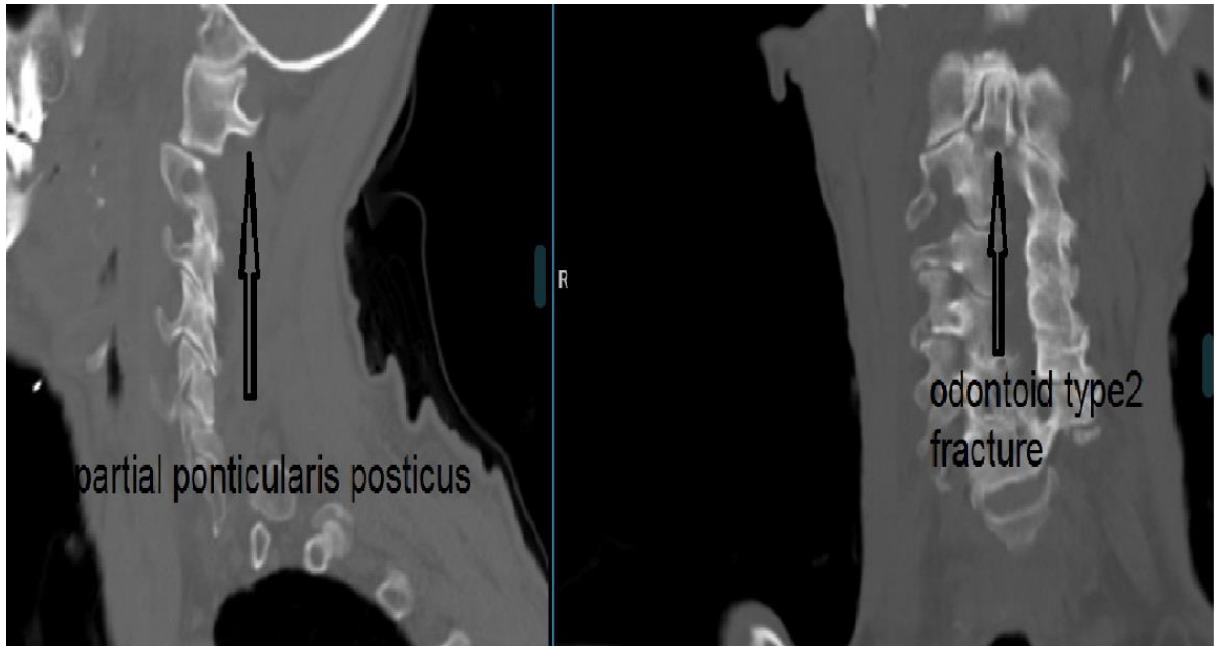
Şekil 29: Tip 2 odontoid kırığında postoperatif çekilen lateral ve AP grafi görüntüsü

3.MATERYEL VE METOD

Bu çalışmada gerçekleştirilen tüm prosedürlerde insan katılımcıları içeren tüm kısımları etnik kurul ve ulusal araştırma komitesi onayı ile 1964 Helsinki deklarasyonu ve ona eklenen daha sonraki değişikliklere göre yapılmıştır . Bu çalışmanın içerdiği tüm katılımcılardan bilgilendirme onayı alındı . Hastaların klinik seyri ve semptomları farklılık göstermekteydi . Bunlar ; üst boyun ağrısı , suboccipital bölgede ağrı ve ya boyun hareketinde kısıtlanmaydı . Motor ve ya duyu nörojenik kayıp gözlenmedi . Çalışma grubuna hastaları dahil etme kriterimiz hastalarda tip iki odontoid fraktürü olmasıydı . Dışlama kriterimiz ; hastalarda atlantoaxial instabiliteye neden olacak degeneratif değişiklik , tümör , enfeksiyon , inflamatuvar hastalık ve konjenital hastalıkların var olmasıydı . 6 Eylül 2016 ve 18 nisan 2021 tarihleri arasında bilgisayarlı tomografi çekilmiş odontoid fraktürü olmayan servikal travmalı hastalarda pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti araştırıldı . Grup 1 on üç kişi grup 2 on dört kişiden oluşmaktadır . Görüntülerde parametre olarak 120 kV , 100 mA , 16*1.5 mm kolimasyon , 3 mm kalınlık ve 512*512 matriks ile Toshiba Medikal Sistem , Japon ile elde edildi . Taramalar Kurumsal Resim Arşiv ve Haberleşme Sistemi (PACS) ile digital ortama alındı . Bir Radyoloji uzmanı tarafından Bilgisayarlı Tomografiden elde edilen sagittal , koronal ve aksial kesitler analiz edildi . Daha sonra hastalar iki gruba ayrıldı . Bir grup odontoid fraktürlerden oluşuyordu . Diğer grup herhangi bir servikal omurga fraktürü olmayan hastalardan oluşuyordu . Atlasın sağ ve sol tarafında pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti değerlendirildi . Grade 1 , 2 , 3 ve 4 olmak üzere her hasta için sınıflandırma yapıldı . Grade 1 ' de pontikulus postikus anomolisi yoktu . Grade 2 ' de inkomplet pontikulus postikus anomolisi vardı . Grade 3 ' de subtotal pontikulus postikus anomolisi ve grade 4 'de komple pontikulus postikus anomolisi vardı . İstatiksel analiz SPSS Windows Version 23.0 (SPSS Inc. Chicago , IL, USA) ile gerçekleştirildi . Yaş farklılıkları bağımsız t-test parametresi ile değerlendirildi . Regresyon analizi ile yaş , cinsiyet ve pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti gibi odontoid fraktür oluşmasına neden olan faktörlerin dahil edildiği bir model oluşturuldu . Tüm analizler güçlü % 95 güven aralığı ile oluşturuldu .

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Tüm hastalar spinal travmadan sonra boyun ağrısı ve boyunda hareket kısıtlılığı olduğunu bildirdi .Bilgisayarlı Tomografi görüntüleri değerlendirildi ve hastalar pontikulus postikus anomolisi mevcut olanlar ve olmayanlar olarak iki gruba ayrıldı . Odontoid fraktürlü 14 hastanın 7 ' sinde (%50) pontikulus postikus anomolisi mevcuttu (GRUP 2) . Fakat pontikulus postikus anomolisi kontrol grubundaki 13 hastanın sadece 3 tanesinde (%23.07) mevcuttu (GRUP 1) .



Şekil 30: Parsiyel pontikulus postikus anomolili odontoid fraktürlü hasta gösterilmektedir .

Cinsiyet farklılığı istatistiksel olarak anlamlı değildi ($P > 0,05$) . Pontikulus postikus anomolisi kadın ve erkek cinsiyette eşitti ve genel olarak sol tarafta sağ tarafta olduğundan daha yaygındı . Grup 1 ' de ortalama yaş 58,62 (47-70) ' di . Grup 2 ' de ortalama yaş 71,86 (64-78) ' ydı . Yaş farkı istatistiksel olarak anlamlıydı . Vertebral arter zedelenmesi hastalarda gözlenmedi . Binomial logistik regresyon analizi bize yaş , cinsiyet ve pontikulus postikus anomolisimevcudiyetinin tip iki odontoid fraktür oluşmasına etkisini değerlendirmesi sağladı . Pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti ve hasta yaşı tip iki odontoid fraktür oluşmasında pozitif etki ettiği ortaya çıktı . Pontikulus postikus anomolisine sahip hastalarda tip iki odontoid fraktür oluşma riski olmayan hastalara göre 12,075 kat daha fazla bulundu .

	B	S.E.	Wald	P değeri
PP	2,491	1,168	4,549	,033
YAŞ	,078	,039	3,944	,047
CİNSİYET	-,514	1,085	,224	,636
SABİT	-4,890	2,718	3,237	,072

Tablo 3: Yaş , cinsiyet ve pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin odontoid fraktür üzerine etkisinin binomial lojistik regresyon yöntemi ile analizi

Bu çalışmada pontikulus postikus anomolisi ve tip iki odontoid fraktür oluşması arasındaki ilişki araştırıldı . Bu çalışma servikal travma sonrası tip iki odontoid fraktür oluşmasında pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin bir risk faktörü olduğunu gösterdi . Bu çalışma pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti ve tip iki odontoid arasındaki ilişkiyi gösterdi . Önceden Atlas vertebraındaki pontikulus postikus anomolisinin odontoid fraktür oluşmasına etkisini gösteren çalışma raporlanmamıştı . Bu çalışmadaki ana bulgu ; posterior atlantooccipital ligamandaki kalsifikasyon (pontikulus postikus anomolisi) Atlasın daha güçlü olmasını sağlıyor ve bu da tip iki odontoid fraktür gelişmesine öncülük ediyor .

Pontikulus postikus anomolisi sanıldığığının aksine nadir bir anamoni değildir . Bu çalışmada kontrol grubunda pontikulus postikus anomolisi prevalansı %23,7 bulundu . Ancak odontoid fraktürlü hastalarda bu prevalans % 50,0 ' e yükseldiği bulundu .

Atlasın saf ağırlığı yaklaşık olarak 10-20 gramdır ama 3-5 kg arası kafataşını taşımak gibi ağır bir görevi vardır (51) . Atlas üzerinde büyük bir yük taşımak için özel bir şekle sahiptir (51) . Diğer servikal vertebralardan farklı bir yapıya sahiptir ve aynı zamanda insanlarda en çok varyasyonu olan omurgadır . Pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti üst servikal bölgenin biomekaniğini değiştirebilir . Çünkü Atlas gerçek bir korpus ve spinöz çıkıntıya sahip değildir . Atlas ve aksis arasında disk boşluğu yoktur . Aksis odontoid çıkıntıya sahiptir ve bu diğer omurgalarla karşılaştırıldığında farklı ve karmaşık bir ligaman yapısına neden olur (52) . Pontikulus postikus anomolisi mevcudiyeti biomedikal fonksiyonları değiştirebilir .

Bilinen biomekanik özellikleriyle atlas önemli bir yapıdır . Yanlarda ikişer tane atlantoaksial ve atlantooccipital eklem vardır . Atlantooccipital eklem servikal omurgaya %50 ' den fazla fleksiyon ve ekstensiyon hareketi sağlar . Ve normal atlantoaksial eklem servikal omurgaya % 50 rotasyon hareketi yapmasını sağlar (53) . Servikal omurgada odontoid çıkıntıya sahip ikinci omurga diğerlerinden farklıdır . Burada pontikulus postikus ek bir yapı olarak biomekanik fonksiyonları değiştirebilir ve servikal fraktürler arasında niçin odontoid fraktürün en yaygınlarından biri olduğunu izah edebilir . Odontoid fraktür gelişme mekanizması hiperfleksiyon , hiperekstensiyon , lateral fleksiyon ve kombinasyonlarını içerebilir . Bu hareketler pontikulus postikus anomolisi olanlar ve olmayanlarda aynı olmayabilir . Odontoid çıkıntının ön yüzü ile atlasın ön arkı arasında eklem vardır . Bu çalışmanın sonucu bize Atlastaki pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin C 2 omurganın odontoid çıkıntısında fraktür oluşma riskinin arttığını gösterdi . Biz tip iki odontoid fraktürlü hastalarda pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin kemik ve ligaman yapısının mekanik stabilitesine etkisini gösteren biomekanikal araştırmalara ihtiyaç duyuyoruz . Atlas ; Occiput ve servikal omurga arasında geçiş sağlayan bir kemik yapı olarak kabul edilir . Kısa ön ark ve uzun arka arkı vardır . Atlas fraktürlerinin en yaygın tipi arka arkda pontikulus postikus anomolisinin bulunduğu yere yakın olmaktadır (54) . Normal omurganın dengesi yapısal , muskuler , kemik ve eklem faktörlerine bağlıdır (55) . Servikal omurgada atlantoaksial kompleks en hareketli bölgedir . Üst servikal omurgada bir çok anatomik varyasyonlar ve morfolojik anamoliler mevcuttur . Bu çalışmada binomial logistik regresyon analizi kullanıldı . Bu çalışma ; elde edilen bilgiler kullanılarak odontoid fraktür oluşmasının nedenini açıklayan tahmini denklemi kapsamaktadır . Biz pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin servikal travma sonrası odontoid fraktür oluşma riskinin 12.075 kat daha fazla olduğunu bulduk . Bu sürpriz bir sonuç değildi çünkü pontikulus postikus anomolisi eklem arka kısmını uzatan bir çeşit kemik köprü ve bu servikal travmada odontoid çıkıntıya uygulanan kuvvetin artmasına neden oluyor . Önceden sadece bir kadavra çalışmasında pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin kortikal kemik kalınlığına etkisi araştırılmış ve yazar çalışmada bizim çalışmanın aksine Atlasta fraktür oluşmasına karşı koruyucu bir faktör olabileceğinden bahsetmiş (54) . Ama bizim çalışma pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin odontoid fraktür oluşma riskini arttırdığını gösterdi .

İnsanlardaki biyolojik varyasyonlar bireysel farklılıklara öncülük ederler (56) . İnsan vücudu büyük ölçüde orta hattan simetrik gözüktür ama gerçekte morfolojik ve fiziksel olarak asimetriktir (57,58) . İnsan vücudundaki doğal asimetriden farklı mekanik yüklenmeler sorumlu gösterilmektedir (57) Dominant tarafta daha çok olan stres ve gerilmeler yönlü asimetriye dönüşmektedir (57) . Pontikulus postikus tek taraflı ve ya iki taraflı olabilir (39) . Bu çalışma bize pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin sol tarafta sağ taraftan daha çok olduğunu gösterdi .

Pontikulus postikus anomolisi nadir bir anamoli değildir . Cinsiyet farklılığı pontikulus postikus anomolisi oluşmasında rol oynamayabilir. Bu çalışmada bize odontoid fraktürü olan ve olmayan hastalarda pontikulus postikus anomolisi mevcudiyetinin kadın erkek arasında farklılık göstermediğini gözlemledik .

Tip iki odontoid fraktürü yaşlı hastalarda yaygın bir servikal fraktürdür (59,61) . Grup 1 ' de ortalama yaş % 58,62 ' ydi . Grup 2 ' de ortalama yaş 71,86 ' ydi . Yaş farklılığı istatistiksel olarak anlamlı çıktı ($P<0,05$) . Pontikulus postikus anomolisi yaşla birlikte Atlas ' ın posterior atlantooccipital ligamanın ve vertebral arter etrafındaki bağ dokunun kemikleşmesi ile oluşur . Yaşlanma insan vücudundaki en karmaşık biyolojik süreçlerden biri olarak bilinir (57) . Yaşlanma büyük nöroanatomik değişikliklere neden olur (46) . Osteoporoz ile yaşlı insanlarda odontoid çıkıntıda kemik kalitesinde azalma meydana gelir . Ve bu tip iki odontoid fraktür oluşmasında önemli bir faktördür . Bu çalışmada bu anamoli yaşlı hastalarda genç hastalardan daha çok meydana geldiği gözlemlendi .

Literatürde ; yaşla birlikte hafifçe prevalansın arttığı raporlanmıştır (62) . Grup 2 ' de odontoid fraktürlü 14 hastanın 7 ' sinde (%50) pontikulus postikus anomolisi mevcuttu . Ama kontrol gruptaki vakaların 13 ' ünün sadece 3 ' ünde (%23,07) pontikulus postikus anomolisi mevcuttu .

Bir çalışmanın geçerliliğinden bahsetmek için doğru cevaplar ve sorularla ilerlemek gerekir (63) . Buradaki geçerliliği değerlendirmede kullanılan ölçülerin doğruluğu belirler (63) . Bu çalışmada servikal tomografi ile tarama servikal travmadan sonra yapıldı . Çalışmanın periyodu 2016-2021 tarihleri arasındaydı ve tip iki odontoid fraktürlü 14 hasta alındı . Servikal travmalı hastalar içinsin kontrol grubu rastgele seçildi . Vaka sayısının az olması bu çalışma için bir dezavantajdır .

Bu çalışma bu konudaki ilk yazıdır ama patofizyolojisini açıklamada yeterli değildir . Çünkü başka çalışmalarla desteklenmeli ve biomekanikal çalışmalar yapılmalıdır . Bir diğer kısıtlama da örneklemin boyutudur . Örneklemin boyutu çalışmanın tasarlanmasında önemli faktörlerden biridir (64) . Eğer araştırmacı yetersiz örneklem seçmesi toplumda var olan bazı anlamlı farklılıkları kaçırmaya neden olabilir . (65)



5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmadaki ana bulgu posterior atlantooccipital membrandaki kemikleşme (pontikulus postikus anomalisi) daha güçlü bir Atlas oluşmasına neden olmakta ve bu da tip iki odontoid fraktür oluşmasına öncülük etmektedir . Pontikulus postikus anomalisinin klinik önemi devam eden çalışmalarla araştırılmalıdır. Bu çalışmada bizim hipotezimiz pontikulus postikus anomalisi oluşturduğu geniş alan ile C 1 ' i korumakta ve bu gelen stresi C 2 ' ye geçirerek odontoid fraktür oluşmasına neden olmaktadır . odontoid çıkıntı fraktürleri nispeten yaygın yaralanmalardır (66) . Pontikulus postikus anomalisi belki en kırık oluşmasına yatkınlaştırıcı olumsuz faktör olarak kabul edilebilir.

Spinal travmada avantaj ve dezavantaj faktörleri önemlidir (67). Pontikulus postikus anomalisinin potansiyel klinik işaretleri tartışmalı gözüküyor çünkü hastaların çoğunda pontikulus postikus anomalisi mevcudiyeti asemptomatik olmaktadır. Ama bu çalışma bize pontikulus postikus anomalili hastalarda tip iki odontoid fraktür gelişme insidansının arttığını göstermiştir . Bu yüzden servikal travma sonrası tip iki odontoid fraktür gelişmesi risk faktörleri arasında pontikulus postikus anomalisi gösterilebilir . Bu çalışmanın bize sağladığı en büyük bilgi pontikulus postikus anomalisi mevcudiyeti ile tip iki odontoid fraktür oluşması arasındaki ilişkidir . Umarın Atlasdaki pontikulus postikus anomalisi mevcudiyetinin biometrik değişikliklerle tip iki odontoid fraktür gelişmesine sebep olması konusunda bir farkındalık oluşur . Kilinik deneyimlerimiz bilimsel prensiplerle yol gösterilmektedir (68) . Patofizyolojinin kapsamlı anlaşılmasında cerrahi pratik önemli yer etmektedir (69) .

Pontikulus postikus anomalisinin odontoid fraktür üzerindeki klinik etkisini daha iyi anlamamız için daha çok morfolojik ve biomekanik çalışmalara ihtiyacımız vardır . Bu konuyu sonuçlandırmamız için daha geniş ve çok merkezli çalışmalara ihtiyacımız vardır .

6. KAYNAKLAR

- 1) Goel, A. and Cacciola, F. (2011) The Craniovertebral Junction, Thieme.
- 2) Ozeren, E. and Simsek, S. (2015) ‘Kraniyoservikal Bileşkenin Gelişimi ve Anomalileri’, Türk Nöroşir Derg, 2(1), pp. 104–109.
- 3) Dere F. Klinik Anatomi, Adana, 1992. 276-320.
- 4) Moore K.L. Clinically Oriented Anatomy, 3rd Edition, Williams & Wilkins , Baltimore, 1992. 323-372.
- 5) Putz R, Pabst R. Sobotta, Atlas of Human Anatomy. Volume 2. Urban & Schwarzenberg, 20th Ed. Munich, 1994: 1-47.
- 6) Meyer E. A Comparison Of Mobilisation And Exercise in The Treatment Of Chronic Non-Specific Neck Pain, Dissertation Submitted In Partial Compliance With The Requirements For The Master’s Degree In Technology: Chiropractic Durban University Of Technology, 2013, 1-24.
- 7) Taner D. Fonksiyonel Anatomi Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi. Ankara; 2011 HBY basım yayın.
- 8) Kristjansson, E. The cervical spine and proprioception. In: Boyling J, Jull G. Grieve’s modern manual therapy: the vertebral column. 3rd ed. Edinburgh: 2005 Churchill Livingstone, 243–56.
- 9) Naderi S. Omurga Biyomekaniği – Servikal Omurlar, Kranyoservikal Bileşke. Zileli M, Özer AF (Editörler). Omurilik ve Omurga Cerrasi’nde. Cilt 1, 2. Baskı. İzmir; 2002. s.161-9.
- 10) Chakrabarti I, Tredway TL, Khoo LT. Posterior atlantoaksiyel füzyon: cerrahi anatomi ve teknik seçenekler, Nörosirürji Teknikleri Atlası Omurga Ve Periferik Sinirler, Habitat Yayınları, 2014:90- 95.
- 11) Cervical Spine Anatomy. [Online ed.]. 2007. <http://orthogate.org/patient-education/spine/cervical-spine/cervical-spine-anatomy.html>.
- 12) Aydınoglu A, Rağbetli MÇ. Discus İntervertebralis: Embriyoloji ve Anatomi (1). Van Tıp Dergisi 1997;4(4):232-6.
- 13) Çavdar S. Omurga ve Omurilik Anatomisi ve Embriyolojisi. Zileli M, Özer F. (Editörler). Omurilik ve Omurga Cerrahisi’nde. Cilt 1, 2. Baskı. İzmir:2002s.15-42.
- 14) Ellis H. Gray’s anatomy. 41. edition Edinburgh: Churchill Livingstone 2015;76(12):1359-1359.
- 15) Fielding WJ: Cervical spine surgery past, present and future potential. Clinical Orthopedics and Related Research 200: 284-290, 1985
- 16) Vaccora AR: Spine Anatomy. In: Garfin SR, Vaccora AR (ed): Orthopedic Knowledge Update Spine. American Academy of Orthopedic Surgery, pp:3-17, 1997.
- 17) Kapandji I.A. The Physiology of the Joints. Edinburg, Churcill Livingstone, Vol 3, 1974: 10-74

- 18) Naderi S. Omurga Biyomekaniği – Servikal Omurlar, Kranyoservikal Bileşke. Zileli M, Özer AF (Editörler). Omurilik ve Omurga Cerrahisi'nde. Cilt 1, 2. Baskı. İzmir; 2002. s.161-9.
- 19) Dere F. Anatomi, 2. Baskı. Adana: Okullar Pazarı Kitabevi, 1990:121-37.
- 20) Benzel EC, Ferrara LA. Omurga ve Omurilik Yaralanmasının Biyomekaniği ve Spinal Stabilite. Zileli M, Özer F. (Editörler). Omurilik ve Omurga Cerrahisi'nde. Cilt 1, 2. Baskı. İzmir; 2002. s.797-811.
- 21) Torretti JA, Sengupta DK. Cervical Spine Trauma. Indian J Orthop 2007;41(4):255- 67.
- 22) Çağlı S. Orta ve Alt servikal omurga biyomekaniği. [Online ed.] [www.jtss.org/ index.php/jtss/article/viewfile/ 186/184](http://www.jtss.org/index.php/jtss/article/viewfile/186/184).
- 23) Ege R. Vertebra kırıkları ve çıkıkları. Travmatoloji'de. Cilt 2. 5. Baskı. Ankara: Bizim Büro Basımevi, 2002:1254-8.
- 24) Jeffrey C, Warden KE, Sutterlin CE, McAfee PC. Biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a human cadaveric model. Spine 1989;14(10):1122-31.
- 25) White AA, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. Clin Orthop 1975;109:85-96.
- 26) Mirza SK, Bellabarba C, Chapman JR. Principle of spine trauma care. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown C. (Eds.). Rockwood and Green's Fractures in Adults. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Co; 2006. p. 1402-21.
- 27) Reinhold M, Blaunth M, Rosiek R, Knop C. Lower cervical spine trauma: classification and operative treatment. Unfallchirurg 2006;109(6):471-80.
- 28) White AA, Panjabi MM. Clinical biomechanics of the spine. JB Lippincott, Philadelphia, 1990.
- 29) Denis F. Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma. Clin Orthop Relat Res 1984;189:65-76.
- 30) Zileli, M. and Özer, A. F. (2002) Omurilik ve Omurga Cerrahisi. 3rd edn. İzmir.
- 31) Landells, C. D. and Van Peteghem, P. K. (1988) 'Fractures of the Atlas', Spine, 13(5), pp. 450–452. doi: 10.1097/00007632-198805000-00002.
- 32) Schlicke, L. H. and Callahan, R. A. (1981) 'A Rational Approach to Burst Fractures of the Atlas', Clinical Orthopaedics and Related Research, NA;(154)
- 33) Hadley, M. N. et al. (1988) 'Acute traumatic atlas fractures: Management and long term outcome', Neurosurgery. doi: 10.1227/00006123-198807000-00007.
- 34) Wright, N. M. (2004) 'Posterior C2 Fixation Using Bilateral, Crossing C2 Laminar Screws: Case Series and Technical Note', Journal of Spinal Disorders. doi: 10.1097/00024720-200404000-00014.

- 35) Balik MS, Kanat A, Erkut A, Ozdemir B, Baticik OE. Inequality in leg length is important for the understanding of the pathophysiology of lumbar disc herniation. *J Craniovertebral Junction Spine* 2016;7:87–90. <https://doi.org/10.4103/0974-8237.181829>.
- 36) Ozdemir B, Kanat A, Baticik S, Baticik OE, Celiker M, Kayayurt K. Unilateral Isolated Hypoglossal Nerve Palsy Caused by Gunshot Injury. *J Craniofac Surg* 2018;29:424–6. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000004126>.
- 37) Ozdemir B, Kanat A, Erturk C, Baticik OE, Celiker FB, Celiker M, et al. Important aspect of hypoglossal nerve injury following gunshot wound; Can the clivus has a role? A case report. *Br J Neurosurg* 2020;1–2. <https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1777261>.
- 38) Pe ?kala PA, Henry BM, Pe ?kala JR, Saganiak K, Tattera D, Walocha JA, et al. Lateral and posterolateral foraminal variations of the atlas: A meta-analysis. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2017;40:74–82. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.02.014>.
- 39) Pe ?kala PA, Henry BM, Phan K, Pe ?kala JR, Tattera D, Walocha JA, et al. Presence of a foramen arcuale as a possible cause for headaches and migraine: Systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2018;54:113–8. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.05.008>.
- 40) Mummaneni N, Burke JF, DiGiorgio AM, Thomas LH, Duong-Fernandez X, Harris M, et al. Injury volume extracted from MRI predicts neurologic outcome in acute spinal cord injury: A prospective TRACK-SCI pilot study. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2020;82:231–6. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.11.003>.
- 41) Aydin MD, Kanat A, Yolas C, Soyalt C, Onen MR, Yilmaz I, et al. Spinal subarachnoid hemorrhage induced intractable miosis. A reminder of ciliospinal sympathetic center ischemia based miosis: An experimental study. *Turk Neurosurg* 2019;29:434–9. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.24446-18.1>.
- 42) Gasenzer ER, Kanat A, Ozdemir V, Neugebauer E. Analyzing of dark past and bright present of neurosurgical history with a picture of musicians. *Br J Neurosurg* 2018;32(3):303–4. <https://doi.org/10.1080/02688697.2018.1467000>.
- 43) Celiker M, Kanat A, Ozdemir A, Celiker FB, Kazdal H, Ozdemir B, et al. Controversy about the protective role of volume in the frontal sinus after severe head trauma: larger sinus equates with higher risk of death. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2020;58(3):314–8. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2019.12.008>.
- 44) Kanat A, Aydin Y. Postcontrast magnetic resonance imaging to predict progression of traumatic epidural and subdural hematomas in the acute stage. *Neurosurgery* 1999;44:685–6.
- 45) Baticik OE, Kanat A, Ozdemir B, Gundogdu H. Asymmetric CSA size of the psoas muscle seems to be a key feature in patients with L4-5 lumbar disc herniations. *Turk Neurosurg* n.d.:accepted. doi:10.5137/1019-5149.JTN.34649-21.2.

- 46) Kanat A, Kayaci S, Yazar U, Kazdal H, Terzi Y. Chronic subdural hematoma in adults: Why does it occur more often in males than females? Influence of patient's sexual gender on occurrence. *J Neurosurg Sci* 2010;54:99–103.
- 47) Kanat A, Tsianaka E, Gasenzer E, Drosos E. Some Interesting Points of Competition of X-Ray using during the Greco-Ottoman War in 1897 and Development of Neurosurgical Radiology: A Reminiscence. *Turk Neurosurg* n. d.:accepted. doi:10.5137/1019-5149.JTN.33484-20.3.
- 48) Polat HB, Kanat A, Celiker FB, Tufekci A, Beyazal M, Ardic G, et al. Rationalization of using the MR diffusion imaging in B12 deficiency. *Ann Indian Acad Neurol* 2020;23:72–7. https://doi.org/10.4103/aian.AIAN_485_18.
- 49) Kanat A, Yazar U. Spinal surgery and neurosurgeon: quo vadis? *J Neurosurg Sci* 2013;57:75–9.
- 50) Ozdemir B, Kanat A, Erturk C, Batcik OE, Balik MS, Yazar U, et al. Restoration of Anterior Vertebral Height by Short-Segment Pedicle Screw Fixation with Screwing of Fractured Vertebra for the Treatment of Unstable Thoracolumbar Fractures. *World Neurosurg* 2017;99:409–17. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.11.133>.
- 51) Laiho K, Kauppi M, Kontinen YT. Why Atlas, why not Heracles: reflections on the rheumatoid cervical spine. *Semin Arthritis Rheum* 2005;34(4):637–41. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2004.07.012>.
- 52) Isik HS, Sandal E, Çağ ılı S. Clinical Outcomes of Posterior C1 and C2 Screw-Rod Fixation for Atlantoaxial Instability. *Turk Neurosurg* 2017. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.20525-17.1>.
- 53) Kanat A, Aydin Y. Posterior C1–C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery* 1999;44:687–8. <https://doi.org/10.1097/00006123-199903000-00157>.
- 54) Sanchis-Gimeno JA, Llido S, Guede D, Nalla S, Martinez-Soriano F, Blanco-Perez E, et al. Atlases with Arcuate Foramen Present Cortical Bone Thickening That May Contribute to Lower Fracture Risk. *World Neurosurg* 2018;117:e162–6. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.05.220>.
- 55) Kazdal H, Kanat A, Batcik OE, Ozdemir B, Senturk S, Yildirim M, et al. Central sagittal angle of the sacrum as a new risk factor for patients with persistent low back pain after caesarean section. *Asian Spine J* 2017;11(5):726–32. <https://doi.org/10.4184/asj.2017.11.5.726>.
- 56) Kanat A, Yazar U, Ozdemir B, Coskun ZO, Erdivanli O. Frontal sinus asymmetry: Is it an effect of cranial asymmetry? X-ray analysis of 469 normal adult human frontal sinus. *J Neurosci Rural Pr* 2015;06(04):511–4. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.168436>.
- 57) Kanat A, Yazar U, Ozdemir B, Kazdal H, Balik MS. Neglected knowledge: Asymmetric features of lumbar disc disease. *Asian J Neurosurg* 2017;12:199–202. <https://doi.org/10.4103/1793-5482.145573>.

- 58) Ozdemir B, Kanat A, Batcik OE, Gucer H, Yolas C. Ligamentum flavum hematomas: Why does it mostly occur in old Asian males? Interesting point of reported cases: Review and case report. *J Craniovertebral Junction Spine* 2016;7:7–12. <https://doi.org/10.4103/0974-8237.176605>.
- 59) Azad TD, Jiang B, Zhu AM, Theodore N. Healing of type II odontoid fracture without surgery in an octogenarian - Case report and literature review. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2019;64:23–4. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.03.049>.
- 60) Verbeek BM, Janssen SJ, Pielkenrood BJ, Schwab JH. Quantitative 3-dimensional Computed Tomography (Q3DCT) analysis of odontoid fractures. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2020;71:164–9. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.08.093>.
- 61) Moscolo F, Meneghelli P, Boaro A, Impusino A, Locatelli F, Chioffi F, et al. The use of Grauer classification in the management of type II odontoid fracture in elderly: Prognostic factors and outcome analysis in a single centre patient series. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas* 2021;89:26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.04.015>.
- 62) Tripodi D, Tieri M, Demartis P, Però G, Marzo G, D’Ercole S. Ponticulus posticus: clinical and CBCT analysis in a young Italian population. *Eur J Paediatr Dent* 2019;20:219–23. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2019.20.03.10>.
- 63) Sullivan GM. A primer on the validity of assessment instruments. *J Grad Med Educ* 2011;3:119–20. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-11-00075.1>.
- 64) Kilic M, Aydin MD, Demirci E, Kilic B, Yilmaz I, Tanriverdi O, et al. Unpublished Neuropathologic Mechanism Behind the Muscle Weakness/Paralysis and Gait Disturbances Induced by Sciatic Nerve Degeneration After Spinal Subarachnoid Hemorrhage: An Experimental Study. *World Neurosurg* 2018;119:e1029–34. [doi:10.1016/j.wneu.2018.08.054](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.054).
- 65) Findik H, Kanat A, Aydin MD, Cakir M, Ozmen SA, Okutucu M, et al. Describing a New Mechanism of Retinal Detachment Secondary to Ophthalmic Artery Vasospasm following Subarachnoid Hemorrhage: An Experimental Study. *Neurol Surgery, Part A Cent Eur Neurosurg* 2019;80(06):430–40. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1685186>.
- 66) Musluman M, Kanat A, Duman H, Turkmen C, Dincbal N, Aydın Y. Anterior screw fixation of odontoid type 2 fracture. *Turkish J Trauma Emerg Surg* 1999;5:120–4.
- 67) Kanat A, Ozdemir B. In Reply to the Letter to the Editor regarding “Restoration of Anterior Vertebral Height by Short-Segment Pedicle Screw Fixation with Screwing of Fractured Vertebra for the Treatment of Unstable Thoracolumbar Fractures”. *World Neurosurg* 2017;101:793. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.02.056>.

68) Kanat A. Science in neurosurgery: The importance of the scientific method. *Neurosurgery* 1998;43:1497.

69) Gasenzer ER, Kanat A, Nakamura M. The Influence of Music on Neurosurgical Cases: A Neglected Knowledge. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 2021;82 (06):544–51. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721017>.

