

**TC
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

**POSTERİOR TORASİK ENSTRÜMANTASYON SONRASI PROKSİMAL
KAVŞAK KİFOZ GELİŞİMİNİ ÖNLEMEDE POSTERİOR ELEMANLAR
VE FASET EKLEMLERİN ETKİNLİĞİ : KOYUN OMURGA MODELİ
BİYOMEKANİK ÇALIŞMA**

(UZMANLIK TEZİ)

DR. MURAT KORKMAZ

**DANIŞMAN
PROF. DR. ÖNDER YAZICIOĞLU**

İSTANBUL -2014

**TC
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

**POSTERİOR TORASİK ENSTRÜMANTASYON SONRASI PROKSİMAL
KAVŞAK KİFOZ GELİŞİMİNİ ÖNLEMEDE POSTERİOR ELEMANLAR
VE FASET EKLEMLERİN ETKİNLİĞİ : KOYUN OMURGA MODELİ
BİYOMEKANİK ÇALIŞMA**

(UZMANLIK TEZİ)

DR. MURAT KORKMAZ

**DANIŞMAN
PROF. DR. ÖNDER YAZICIOĞLU**

İSTANBUL -2014

BEYAN

Bu tez çalışmasının tamamı şahsıma aittir. Tezin planlamasından yazım aşamasına kadar bütün aşamalarda etik dışı hiçbir yaklaşımım olmamıştır. Tezdeki tüm bilgiler yapılan biyomekanik çalışma sonrasında, kürsü kurul kararıyla, etik kurallar çerçevesinde edinilmiştir. Tez yazımı sırasında birçok kaynaktan yararlandığımı ve bu kaynakları da ‘Referanslar’ bölümünde paylaştığımı, yazım sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını beyan ederim.

Dr. Murat Korkmaz

TEŞEKKÜR

Ortopedi ve travmatoloji uzmanlık ihtisasına başladığım ilk günden itibaren mesleki bilgi ve becerimin gelişmesine katkıda bulunan değerli hocalarıma, bu süreçte bir aile gibi beraber yaşadığım asistan arkadaşlarıma, anabilim dalımızın tüm hemşire, personel ve sekreterlerine, ve sadece bilimsel olarak değil baba oğul ilişkisinde olduğu gibi her an üstümüzde koruyuculuğunu hissettiğimiz, her türlü sıkıntımızda yanımızda olan anabilim dalı başkanımız değerli hocam Prof. Dr. Önder Yazıcıoğlu' nun şahsında ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında her aşamada benden ilgi, bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, asistanlık sürem boyunca bir abi gibi yol gösterici olan ve kendisinden özellikle vertebra cerrahisi konusunda çok şey öğrendiğim Doç. Dr. Fatih Dikici' ye sonsuz teşekkür ve minnettarlığımı sunarım. Ayrıca yine tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen ve yol gösteren abim Dr. Turgut Akgül'e ayrıca teşekkür ederim.

Klinikte sıkça çalışma şansına kavuştuğumuz ve gerek bilgi gerekse cerrahi donanımından yararlanma fırsatı bulduğum Prof. Dr. Önder Kılıçoğlu ve Doç. Dr. Ata Can Atalar' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Asistanlığımın ilk gününden itibaren beraber çalıştığım ve kendilerinden çok şey öğrendiğim Op. Dr. Halil İbrahim Balcı, Op. Dr. Ahmet Salduz, Op. Dr. Ali Erşen, Op. Dr. Fuat Bilgili, Op. Dr. Gökhan Polat ve Op. Dr. Ömer Naci Ergin abilerime ve tüm asistan arkadaşlarıma emekleri için teşekkürlerimi iletirim.

Tezimde kullanmış olduğum pedikül vidası ve rodların teminindeki yardımlarından dolayı Tasarım Medikal firmasına, biyomekanik laboratuvarın kullanımındaki yardımlarından dolayı Hexagon Teknolojik Üretim firmasına teşekkür ederim. Koyun omurgalarının temininde yardımcı olan değerli arkadaşım Aydın Kocabas ve Aydos Et ve Gıda Sanayii Ticareti Ltd Şirketi' ne teşekkürlerimi iletirim. Tezimin temelini oluşturan biyomekanik çalışmayı gerçekleştirme safhasında zaman ve mesai sınırlaması gözetmeksizin elinden gelen yardımı gösteren Cenk Kılıç Kalkan' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezimin istatistiksel değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Yard. Doç. Dr. Funda Sezgin'e tüm katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın her döneminde benden desteklerini esirgemeyen, her an yanımda olan ve beni yetiştirip hekim olmama vesile olan sevgili aileme ve kendisini tanıdığım andan itibaren hayatıma anlam katan, asistanlığımın son süreci olan stres dolu şu zamanlarda her an yanımda olan ve bir ömür boyu beraber olmayı dilediğim Merve Damla Arı' ya en içten sevgilerimle...

Dr. Murat KORKMAZ

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	IV
TEŞEKKUR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VII
TABLO LİSTESİ.....	IX
ŞEKİL LİSTESİ.....	X
ÖZET.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. ANATOMİ.....	2
2.1.1. COLUMNA VERTEBRALIS ANATOMİSİ.....	2
2.1.2. COLUMNA VERTEBRALISİN EĞRİLİKLERİ.....	2
2.1.3. VERTEBRALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	4
2.1.4. VERTEBRALARIN BÖLGESEL ÖZELLİKLERİ.....	7
2.1.5. COLUMNA VERTEBRALISİN EKLEMLERİ.....	14
2.1.6. COLUMNA VERTEBRALISİN HAREKETLERİ.....	19
2.1.7. SIRT VE BOYUN KASLARI.....	19
2.1.8. COLUMNA VERTEBRALISİN KANLANMASI.....	23
2.1.9. COLUMNA VERTEBRALISİN İNNERVASYONU.....	24
2.2. OMURGA BİYOMEKANİĞİ.....	27
2.3. KORONAL VE SAGİTTAL DENGİ.....	32
2.4. PROKSİMAL KAVŞAK KİFOZU.....	38
2.4.1. TANIM.....	39
2.4.2. SIKLIĞI.....	41
2.4.3. RİSK FAKTÖRLERİ.....	42
2.4.4. PJK LOKALİZASYONU VE OLUŞUM MEKANİZMASI.....	46
2.4.5. PJK GELİŞİMİNİN ÖNLENMESİ.....	48
2.4.6. PJK KLİNİĞİ.....	53
2.4.7. CERRAHİ ENDİKASYON.....	53

2.5. İNSAN VE KOYUN OMURGASI ARASINDAKİ FARKLAR.....	57
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	62
3.1. SEÇİLEN HAYVANLAR VE OMURGALARIN ÖZELLİKLERİ.....	62
3.2. OMURGALARIN HAZIRLANIŞI.....	62
3.3. BİYOMEKANİK DENEY.....	63
3.4. RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLEME VE ÖLCÜM KRİTERLERİ.....	67
3.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	69
4. SONUÇLAR.....	70
5. TARTIŞMA.....	75
6. ÇIKARIMLAR.....	86
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	96

TABLÖLAR LİSTESİ

- Tablo 1. Anatomik yerleşime göre omurga kinematiği
- Tablo 2. Çeşitli yayınlarda yer alan PJK gelişimi için risk faktörleri
- Tablo 3. Değişkenlerin gösterim sembolleri
- Tablo 4. Biyomekanik deney öncesi ve sonrası değerlendirme parametreleri
- Tablo 5. İntakt - spinöz grupları için Mann-Whitney U testi sonuçları
- Tablo 6. İntakt - faset grupları için Mann-Whitney U testi sonuçları
- Tablo 7. Spinöz - faset grupları için Mann-Whitney U testi sonuçları
- Tablo 8. Spinöz - faset grupları için farkın kaynağına yönelik dizinler tablosu

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Resim 1. Columna vertebralis
- Resim 2. Columna vertebralis'in yaşamın değişik evrelerindeki eğrilikleri
- Resim 3. Tipik bir torakal vertebra
- Resim 4. Vertebranın gelişimi ve epifizleri
- Resim 5. Pedikül ve laminaların birleşmesiyle oluşan arcus vertebrae , spinal kord ve spinal sinirler
- Resim 6. 1. boyun omuru (Atlas) ve 2. boyun omuru (Axis)
- Resim 7. Atlas ve Axis median kesit
- Resim 8. Aksiyel ve sagittal planda servikal vertebra faset oryantasyonu
- Resim 9. Subaksiyel servikal omurgada faset oryantasyonu
- Resim 10. Tipik bir torakal vertebra
- Resim 11. Torakal vertebra faset oryantasyonu
- Resim 12. Tipik bir lomber vertebra
- Resim 13. Aksiyel ve sagittal planda lomber vertebra faset eklem oryantasyonu
- Resim 14. Atlanto-oksipital eklem ve bağları önden görünüm
- Resim 15. Atlanto-aksiyel eklem ve bağları
- Resim 16. İki lomber vertebra arasındaki eklem ve bağlar
- Resim 17. Sırt kasları
- Resim 18. Vertebranın kanlanması
- Resim 19. Vertebranın venöz dolaşımı
- Resim 20. Lomber vertebra fonksiyonel spinal segment
- Resim 21. Kartezyen koordinat sistemi üzerinde rotasyonun anlık eksen ve hareketleri.
- Resim 22. Coupling fenomeni
- Resim 23. Servikal, torakal ve lomber bölgede faset eklem oryantasyonları
- Resim 24. Rotasyonun anlık eksenine göre, ligamentlerin moment kolu uzunlukları
- Resim 25. Normal ve patolojik sagittal denge
- Resim 26. Koronal balansın değerlendirilmesi

- Resim 27. Sagittal balansın değerlendirilmesinde kullanılan parametreler
- Resim 28. Helgeson' a göre PJK açısı lm
- Resim 29. Glattes' e göre PJK açısı lm
- Resim 30. Adölesan idiopatik skolyoz nedeniyle opere edilen hastada post-op gelişen PJK ve revizyon sonrası klinik ve radyolojik görünüm
- Resim 31. Yetişkin kifo-skolyoz deformitesi nedeniyle geçirilen operasyon sonrası gelişen PJK ve revizyon sonrası radyolojik ve klinik görünüm
- Resim 32. Konjenital skolyoz nedeniyle opere edilen hastada PJK gelişimi ve revizyon sonrası klinik ve radyolojik görünüm
- Resim 33. Koyun ve insan omurgasının aksiyel görüntüsü
- Resim 34. Koyun omurgası ile insan omurgasının lateral görüntüsü
- Resim 35. Hazırlanmış olan koyun omurga modelleri
- Resim 36. MTS Acumen Elektrodinamik Test Sistemi
- Resim 37. Koyun omurga modeline yk uygulanışı
- Resim 38. Spinöz ve faset gruba ait örneklerin deney sırasındaki görüntüleri
- Resim 39. Supraspinöz ve interspinöz bağların eksize edildiği omurga modelinde biyomekanik deney sırasında yetmezlik oluşumu
- Resim 40. Omurga modellerinin direk grafi ve BT görüntüleri
- Resim 41. Radyolojik değerlendirme ve ölçüm kriterleri

ÖZET

Giriş

Proksimal kavşak kifoza (Proximal junctional kyphosis – PJK) özellikle ileri derecede omurga deformitesi bulunan hastalarda uygulanan rijit tedavi protokolleri sonrasında enstrümente vertebranın proksimalinde gelişen 10 derece ve daha fazla olan kifoz deformitesidir. Çalışmamızda interspinöz ligament kompleksi ve faset eklem bütünlüğü kaybının PJK gelişimine etkisini biyomekanik olarak değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntemler

T2 - T7 vertebra arası pedikül vidası ile posterior enstrümantasyon yapılmış toplamda 21 adet koyun omurgası, herbir grup 7 adet örnek içerecek şekilde 3 gruba ayrıldı. İlk grup posterior yumuşak doku ve faset eklemlerin korunduğu kontrol grubu (KG), ikinci grup üst enstrümente vertebraya komşu vertebranın interspinöz ligament kompleksi (spinöz grup-SG) ve üçüncü grupta ise faset eklem eksizyonu yapıldı (faset grup-FG). Örnekler MTS Acumen elektrodinamik biyomekanik test cihazı ile 25 N, 50 N, 100 N 150 N ve 200 N kuvvetleri 5 Hertz frekansında 100 siklуста aksiyel olarak uygulandı. Ardından 250 N, 275 N ve 300 N kuvvetleri statik olarak aksiyel yönde uygulandı. Deney sonrası radyolojik değerlendirmede interspinöz mesafe, kifoz açısı ve disk yükseklikleri ölçüldü. Kifoz açısı üst enstrümente vertebra alt yüzeyi ile 1 üst komşu vertebra üst yüzeyi arası ölçülerek değerlendirildi.

Bulgular

KG’nda deney öncesi ortalama interspinöz mesafesi $6,6 \pm 1.54535$ mm ve kifoz açısı $2,2 \pm 0.46496$ derece iken yüklenme sonrası bu değerler sırasıyla $9,4 \pm 1.21381$ mm ve $3,3 \pm 0.44037$ derece idi. SG’ta deney öncesi interspinöz mesafe ortalama $6,2 \pm 1.71841$ mm ve kifoz açısı $2,7 \pm 1.09902$ derece iken yüklenme sonrası sırasıyla $20,8 \pm 5.66336$ mm ve $15,1 \pm 2.33754$ derece idi. FG’ta ise yüklenme öncesi interspinöz mesafe $4,8 \pm 1.15051$ mm ve kifoz açısı -1 ± 4.14462 derece iken yüklenme sonrası interspinöz mesafe $11,1 \pm 1.96427$ mm ve kifoz açısı 11 ± 2.87327 derecedi. İstatistiksel analiz sonrası hem FG hem de SG, KG’a göre anlamlı olarak kavşak kifoza görüldü ($p<0.05$). SG’da kavşak kifoz oluşumu FG’a göre anlamlı derecede fazla görülmüştür. ($p<0.05$)

Disk mesafeleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu. ($p>0.05$)

Sonuçlar ve Çıkarımlar

Omurga deformitelerinin posterior cerrahi girişimle tedavisi sırasında interspinöz ligament kompleks ve faset eklemlerin bütünlüğünün korunması PJK gelişiminin önlenmesi açısından oldukça önemlidir. İnterspinöz-supraspinöz bağların faset ekleme göre PJK gelişimini önlemede daha etkin olduğunu gösterdiğimiz bu çalışma bildiğimiz kadarıyla bu konuda yapılmış ilk biyomekanik çalışma niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler

Proksimal kavşak kifoza, omurga kavşak hastalıkları, adölesan idiopatik skolyoz, proksimal kavşak biyomekaniği

ABSTRACT

Introduction

Proximal junctional kyphosis (PJK) has traditionally been defined by a 10 degree or greater increase in kyphosis at the proximal junction as measured by the Cobb angle from the caudal endplate of the uppermost instrumented vertebrae (UIV) to the cephalad endplate of the vertebrae 1 segments cranial to the UIV. Especially on patients who had advanced spine deformity, are prone to PJK due to aggressive treatment protocols. In this biomechanical study, our purpose was to evaluate effects of interspinosus ligament complex distruption and facet joint degeneration on PJK development.

Materials and Methods

Posterior instrumentation applied between T2 - T7 vertebrae using pedicle screws to randomly selected 21 sheeps, divided into 3 groups that each group has 7 samples. First group selected as control group (CG), of which posterior soft tissue and facet joints are protected. In second group (spinosus group, SG) interspinosus ligament complex which 1 segment cranial to UIV has been transected, and third group (facet group-FG) was applied facet joint excision. 25 N, 50 N, 100 N, 150 N and 200 N forces applied at frequency of 5 Hertz as 100 cycles axial to the samples. Then, 250 N, 275 N and 300 N forces applied static axially. After this stage, interspinosus distance, kyphosis angle and discus heights was measured in radiological evaluation. Abnormal PJK was defined by a proximal junctional angle greater than 10^0 and at least 10^0 greater than the corresponding preoperative measurement.

Results

In CG group, average interspinosus distance was $6,6 \pm 1.54$ mm and kyphosis angle was $2,2 \pm 0.46$ degree before biomechanical testing, and they were measured as $9,4 \pm 1.21$ mm and $3,3 \pm 0.44$ degree respectively after forces applied to samples. In SG group, average interspinosus distance was $6,2 \pm 1.71$ mm and kyphosis angle was $2,7 \pm 1.09$ degree before experiment, and they were measured as $20,8 \pm 5.66$ mm and $15,1 \pm 2.33$ degree respectively after forces applied to samples. In FG group, average interspinosus distance was $4,8 \pm 1.15$ mm and kyphosis angle was -1 ± 4.14 degree before experiment, and they were measured as $11,1 \pm 1.96$ mm and 11 ± 2.87 degree respectively after

forces applied to samples. In comparison to group CG, statistically significant junctional kyphosis was seen on both FG and SG group after statistical analysis. ($p < 0.05$). PJK was seen statistically significant more on SG group than FG group. ($p < 0.05$). Disc distances were similar in all groups. ($p > 0.05$)

Conclusions

Protecting interspinosus ligament complex and facet joint unity during posterior surgical treatment for spine deformation is vital to prevent PJK development. Based on our literature review, this is the first biomechanical study that reveals interspinosus ligament complex are more effective on preventing PJK development than facet joints.

Key Words

Proximal junctional kyphosis, junctional disorders, biomechanic PJK, adolescent idiopathic scoliosis, Scheuermann kyphosis

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Omurga deformite cerrahisinde, komşu segment patolojileri deformitelerin daha iyi anlaşılması, benimsenen agresif tedavi ve gelişen enstrümantasyon sistemlerinin sağladığı rijit yapının sonucu olarak ortaya çıkan önemli patolojilerdir. Proksimal kavşak kifozu (Proximal junctional kyphosis - PJK) enstrümanlı vertebranın proksimalinde, rijit enstrümantasyon – esnek omurga geçiş bölgesine etkiyen stress kuvvetlerinin sonucu olarak gelişen kifotik deformitedir.

Özellikle pedikül vidası ile enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesi ve beraberinde getirdiği 3 kolon fiksasyonu, kısa segment enstrümantasyona rağmen daha iyi düzeltme imkanı vermesi, diğer internal tespit yöntemlerine göre daha az komplikasyon görülmesi ve ameliyat sonrası eksternal orteze gerek duyulmaması gibi avantajlarının sonucu olarak posterior cerrahi girişimle deformitenin düzeltilmesi omurga cerrahilerinin yüksek oranda tercih ettiği bir hal almıştır. Bununla birlikte, özellikle pedikül vidası yerleştirilmesi esnasında posterior yumuşak doku ve faset eklemlerin bütünlüğünün kaybı sonucu PJK komplikasyonu karşımıza çıkmıştır.

Çalışmayı planladığımız konu olan posterior yumuşak doku ve faset eklemlerin bütünlüğü ile PJK ilişkisi birçok araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir. Ortak görüş olarak ise bu yapıların zarar görmesi durumunda özellikle ileri derecede eğriligi bulunan omurga deformitelerinin rijit enstrümantasyon ile düzeltilmesi ile beraber PJK gelişiminin görülme ihtimalinin artacağını belirtmişlerdir.

Biz çalışmamızda literatürde sıkça omurga modeli olarak kullanılan koyun omurga örnekleri üzerinde yapacağımız biyomekanik deney sonrası posterior interspinöz ligament kompleksi ve faset eklem harabiyetinin PJK gelişimine etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

ANATOMİ

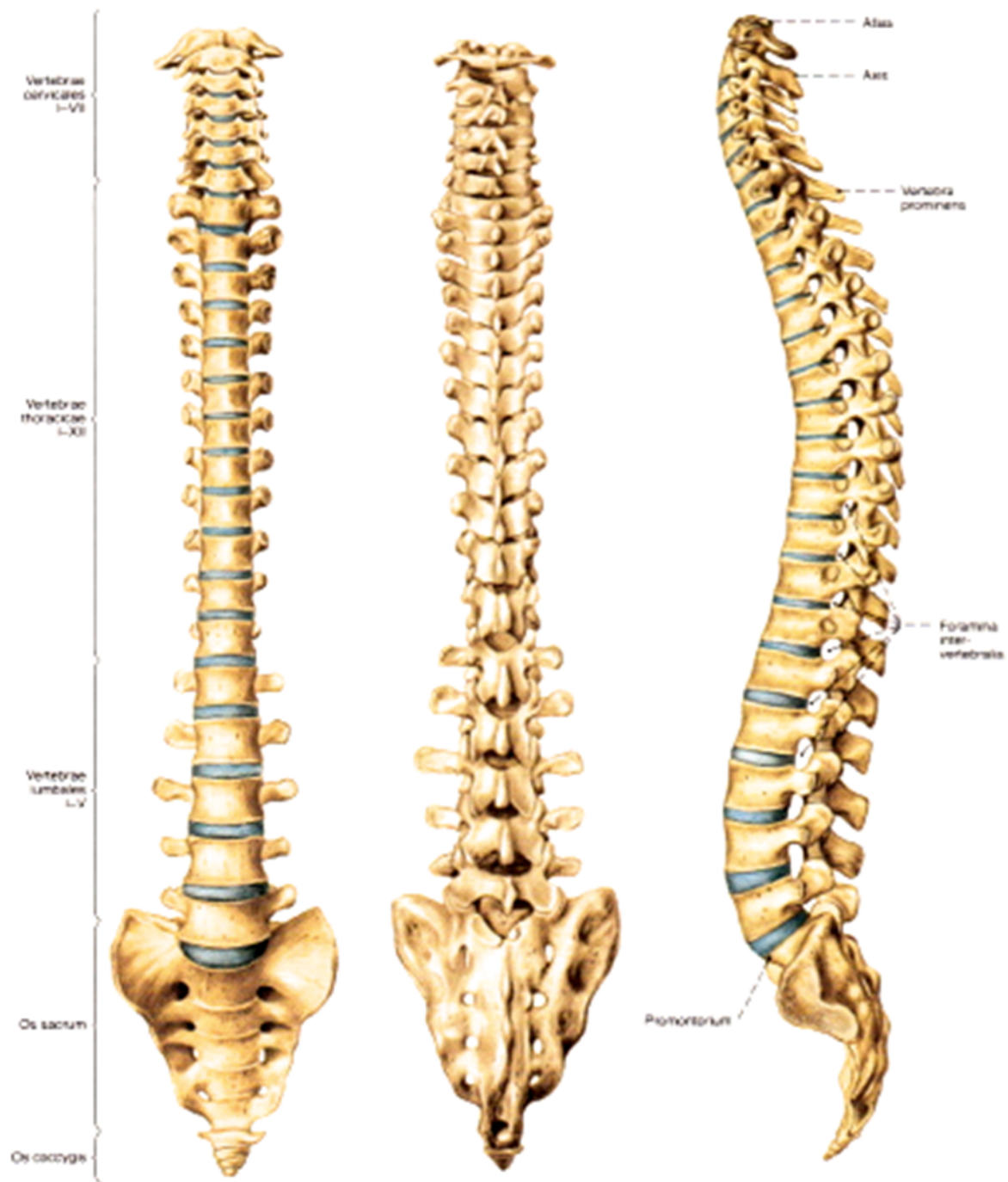
Columna Vertebralis Anatomisi

Columna vertebralis (omurga) aksiyel iskeletin subkranial major komponentini oluşturan değişik büyüklük ve şekildeki omur kemiklerinden oluşan segmental bir kemik sütundur. Erişkinlerde 72-75 cm uzunluğunda olup, bunun yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'u fibrokartilaj yapıdaki discus intervertebralis'lere aittir. Primer olarak medulla spinalis ve spinal sinirlerin korunması, vücut ağırlığını taşıması, vücut ve baş için hareket eksenini oluşturmaları, stabilitenin sağlanması, postürün devamlılığı ve lokomasyonun oluşumu gibi görevleri olan omurga tipik olarak 7 adet servikal, 12 torasik, 5 lomber, 5 sakral ve 4 veya 5 adet koksigeal olmak üzere 33 vertebradan (omur kemiği) oluşur. Omurganın mobil kısmı servikal, torasik ve lomber omur kemiğinden oluşmaktadır. Sakrum ise omurganın hareketsiz bölümünü oluşturur. (Resim 1) [8]

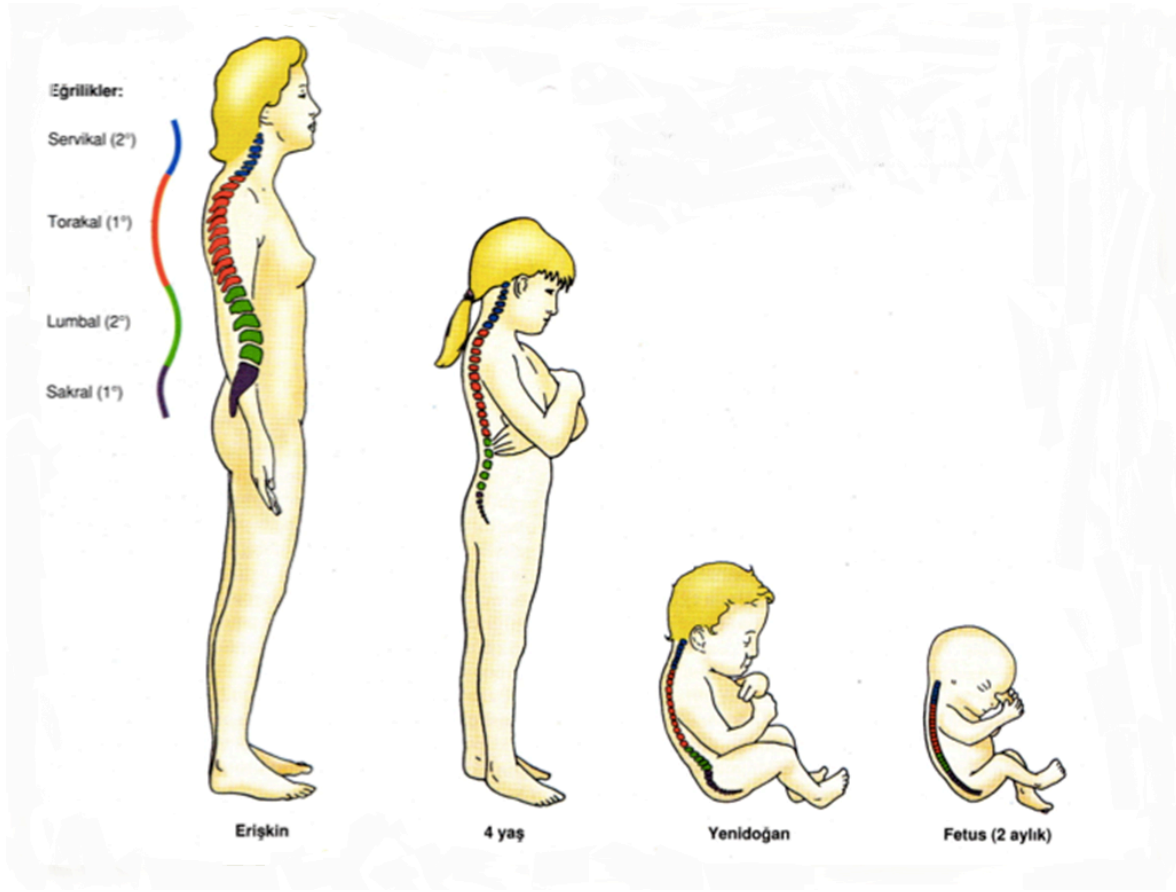
Columna vertebralis diskus intervertebralisler ve servikal, torakal ve lomber bölgelerdeki 24 adet sinovyal eklem sayesinde esnek bir yapıya sahiptir. Bununla birlikte, omurga yeterince rijit ve stabildir. Columna vertebralis'in stabilitesi, vertebraların ve diskusların şekli ve dayanıklılığı, kaslar ve ligamentler tarafından sağlanır.

Columna Vertebralis'in Eğrilikleri

Omurga sagittal planda servikal lordoz, torakal kifoz, lomber lordoz ve sakral kifoz olmak üzere 4 adet fizyolojik eğrilik içerir. Bu eğriliklerden torasik ve sakral kifoz fetal periyotta şekillenen primer eğriliklerdir. Sekonder eğrilikler olan servikal ve lomber lordotik eğrilikler ise geç fetal dönemde oluşmaya başlar; ancak omurga vücut ve baş ağırlığı ile yükleninceye kadar önemli derecede gelişim göstermez. Primer eğrilikler vertabraların ön ve arka kısımları arasındaki yükseklik farkı nedeniyle oluşurken, sekonder eğrilikler intervertebral disklerin ön ve arka kısımları arasındaki kalınlık farkı nedeniyle meydana gelir. (Resim 2) [11, 12]



Resim 1. Columna vertebralis [3]

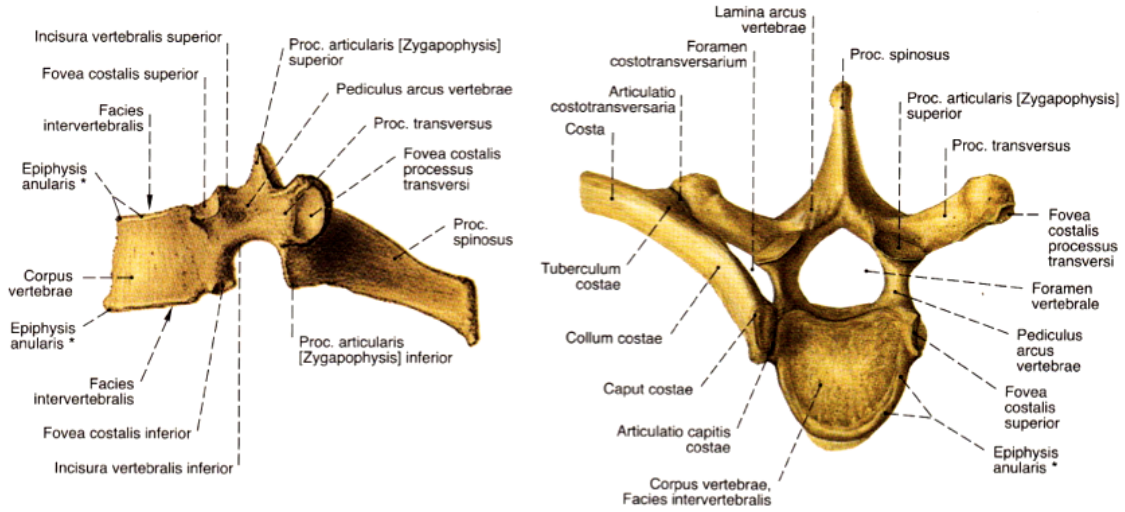


Resim 2. Columna vertebralis'in yaşamın değişik evrelerindeki eğrilikleri [13]

Vertebraların Genel Özellikleri

Vertebralar yapısal olarak bölgesel farklılıklar gösterse de benzer temel özellikleri vardır. Tipik bir vertebra önde trabeküler kemiğin hakim olduğu silindirik şekilli korpus ve arkada daha çok kortikal kemikten oluşan arkus olmak üzere iki major komponentten oluşur.

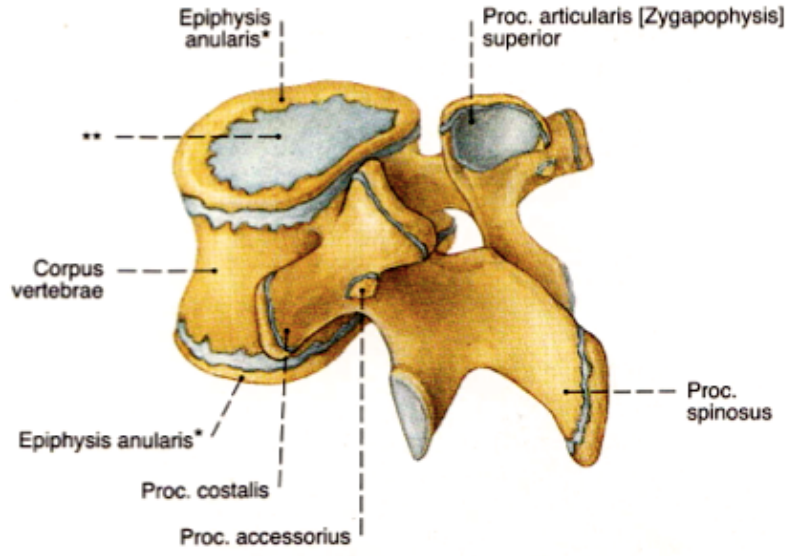
Herbir vertebra tipik olarak önde silindirik şekilli trabeküler kemiğin hakim olduğu corpus vertebralis ve arkada daha çok kortikal kemikten oluşan arcus vertebralis olmak üzere iki major komponentten oluşur. (Resim 3)



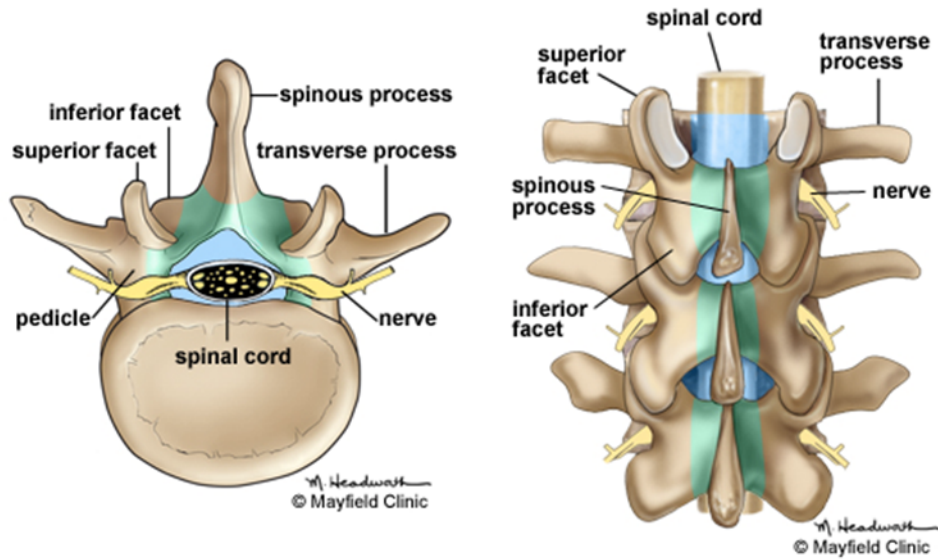
Resim 3. Tipik bir torakal vertebra [3]

Corpus vertebrae daha yoğun kemik dokusuna sahip olması nedeniyle columna vertebralis'e dayanıklılık sağlarken vücut ağırlığının taşınmasında da önem taşır. Epiphysis anularis kalıntısı olan epifizyal halka dışında gövde spongiyöz kemikten oluşur. Sekonder ossifikasyon merkezleri puberteye doğru her bir büyüme plağının kenarlarında oluşmaya başlar ve bunların oluşturdukları epiphysis anularislerden ortalama 25 yaşlarında epifizyal halkalar oluşur. (Resim 4)

Arcus vertebralisler iki yanlı pediculus arcus vertebrae ve lamina arcus vertebrae'nın birleşmesi sonucu oluşur. Pediculus arcus vertebrae her iki tarafta arcus vertebrae'yi gövdeye bağlayan kısa ve sağlam yapılı uzantılardır. Pediküller her iki tarafta lamina arcus vertebrae ile birleşir. Arcus vertebrae foramen vertebrale' yi ve bunlar da canalis vertebralis' i oluşturur. Incisura vertebralis superior ve inferior pediküllerin üstünde ve altında corpus ile processus articularis superior ve inferior' un uzantılarının birleşmesi sonucu meydana gelir. Komsu vertebralara ait incisura vertebralis superior ve inferior' lar birleşerek içinden spinal sinir kökleri ve onlara eşlik eden damarların geçtiği foramen intervertebrale'leri oluşturur. Bununla birlikte ganglion spinale de burada bulunur. (Resim 5)



Resim 4. Vertebranın gelişimi ve epifizleri [3]



Resim 5. Pedikül ve laminaların birleşmesiyle oluşan arcus vertebrae (yesil), spinal kord (mavi) ve spinal sinirler [14]

Tipik bir vertebranın arcus vertebrae'sında 7 tane çıkıntı vardır. Bu çıkıntılar:

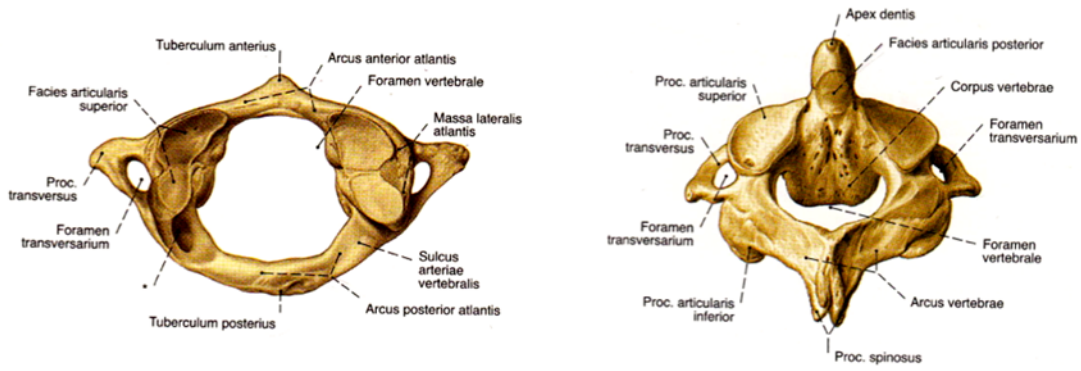
- Processus spinosus, lamina arcus vertebra'ların birleşme yerinden arkaya uzanan tek çıkıntıdır.
- Processus transversus, lamina ve pediküllerin birleşme yerinden posterolaterale uzanan iki adet çıkıntıdır. Processus spinosus'la birlikte derin sırt kasları ve ligamentlere tutunma yeri oluşturur ve bir kaldıraç gibi fonksiyon görür.
- Processus articularis, iki tanesi üstte ve diğer iki tanesi altta olmak üzere dört tane olup vertikal yerleşimlidir. Lamina ve pediküllerin birleşme yerinden ayrılan bu çıkıntıların eklem yüzleri hyalin kıkırdak kaplıdır. Alttaki vertebranın processus articularis superior ve üstteki vertebranın processus articularis inferioru eklemleşerek sinovyal eklemleri oluşturur.

Vertebraların Bölgesel Özellikleri

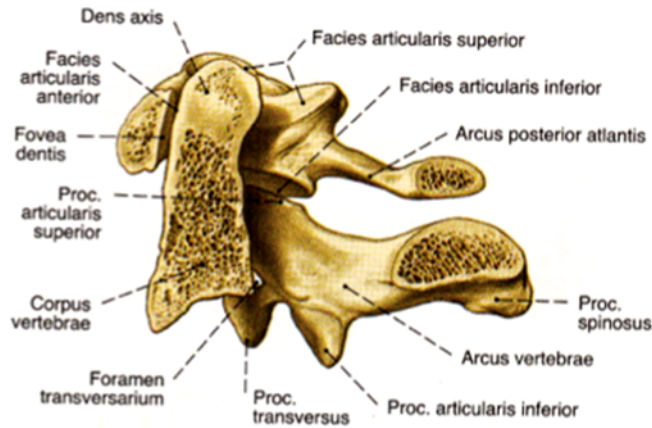
Servikal Vertebralar

- Servikal vertebra presakral vertebralar içinde en küçük olanlardır. 7 adet servikal vertebra bulunurken 8 adet sinir kökü bulunur.
- Tipik olarak transvers çıkıntılarda foramen transversarium bulunur. C7 dışında bu foramenlerden vertebral arter ve venler geçer.
- C1 (Atlas) ve C7 (%95) vertebralar dışında bifid (çatallı) processus spinosus mevcuttur.
- Spinal kanalın normal çapı 17 mm' dir.
- C1 (Atlas) ve C2 (Axis) vertebralar atipik servikal vertebralardır.
- C1 vertebra halka şeklindedir ve vertebral korpus ve spinöz proses bulunmaz. En geniş servikal vertebradır. Her iki tarafta oksipital kondillerle (artt. atlantooccipitales) ve axis ile (art. atlantoaxiales) eklemleşen massa lateralis' lere sahiptir. (Resim 6)
- C2 (Axis) vertebra en sağlam vertebradır. Atlas ile 2 adet diarthrodial ve dens axis (odontoid processus) aracılığıyla 1 adet sinovyal eklem yapar. (Resim 7)

- Dens axis lig. transversum atlantis tarafından yerinde tutulur. C2 vertebra pedikülü göreceli olarak daha geniştir ve 30 derece medial ve 20 derece süperior yönelimdedir.
- Subaksiyel servikal vertebra (C3-C7) gövdelerinde bulunan processus uncinatus ve C6 vertebrada bulunan carotid tuberkul anterior servikal girişimlerde yol gösterici nitelik taşımaktadır.
- C7 vertebra en uzun spinoz prosese sahiptir ve vertebra prominens olarak isimlendirilir.

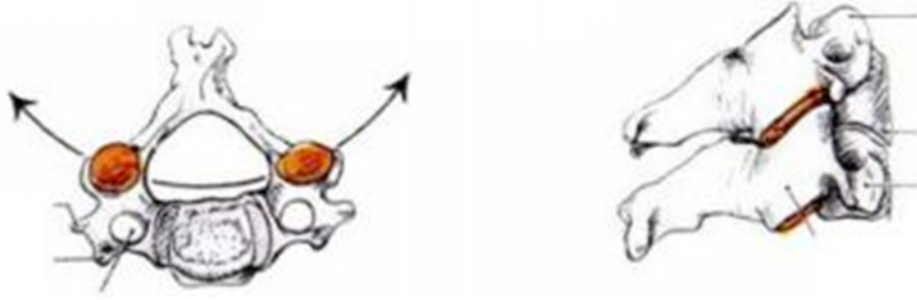


Resim 6. 1. boyun omuru (Atlas) ve 2. boyun omuru (Axis) [3]



Resim 7. Atlas ve Axis median kesit [3]

- Boyun hareketleri proksimalde faset eklem oryantasyonuna bağı olarak daha fazladır. Superior artiküler proses C3 seviyesinde posteromedial yönelimde iken C7 seviyesinde posterolateral yönelimdedir. (Resim 8-9) [15]

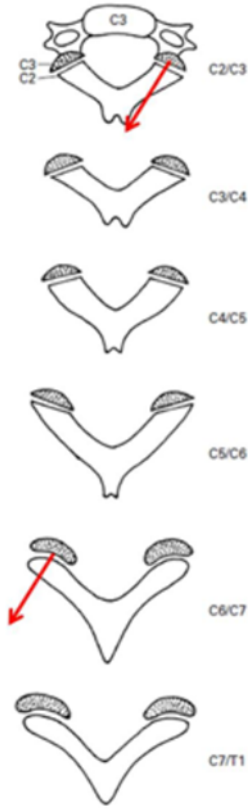


Resim 8. Aksiyel ve sagittal planda servikal vertebra faset oryantasyonu [16]

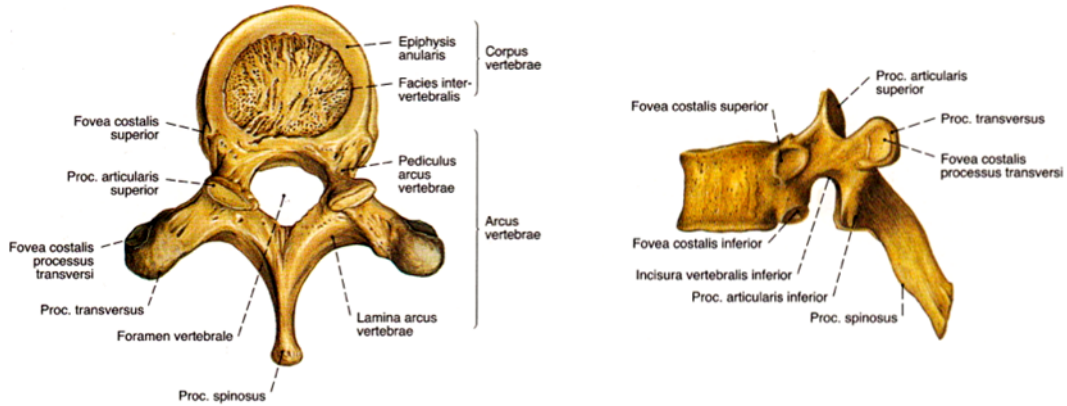
- Boyun fleksiyon ve ekstansiyonunun %50 'si occiput - C1 eklemden sağlanırken, rotasyon öncelikle atlantoaksiyel eklemden ve lateral bending subaksiyel servikal vertebralardan (C3-C7) sağlanır.

Torakal Vertebralar

- Torasik vertebra korpusu servikal ve lumbar vertebra arasında orta büyüklükte ve kalp şeklindedir. (Resim 10)
 - Normal torasik kifoz yaklaşık olarak 35 derecedir (20-50 derece).
 - En önemli özelliği kaburgalarla eklemleşmesidir. Vertebralar gövdenin iki tarafındaki üst ve alt kostal fasetler ve processus transversustaki transvers kostal faset aracılığıyla (T1-T9) kaburgalarla eklem yapar. Bu ilişkiden dolayı torasik vertebra mekanik olarak servikal ve lomber vertebradan daha stabildir.

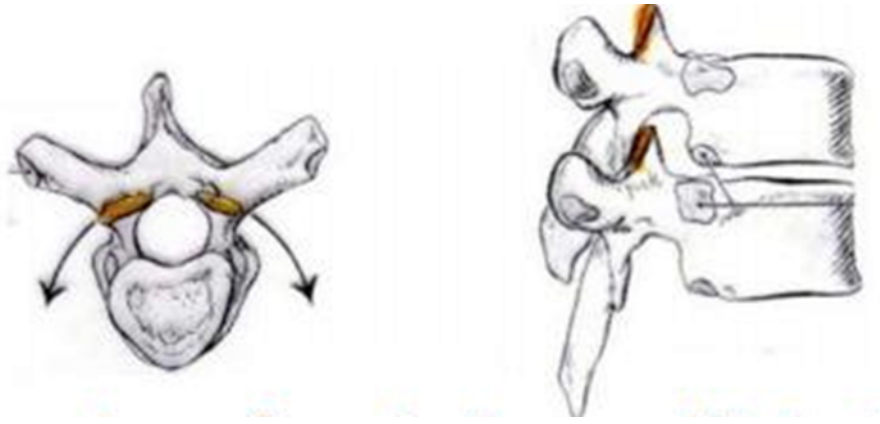


Resim 9. Subaksiyel servikal omurgada (C3-C7) üst faset eklemler C3 vertebrada posteromedial yönelimde iken C7 vertebrada posterolateral yönelimdedir.[16]



Resim 10. Tipik bir torakal vertebra [3]

- Üst faset eklemler arkaya ve hafifçe laterale; alt faset eklemler öne ve hafifçe mediale olmak üzere 20 derece koronal ve 55 derece sagittal yönelimdedir. (Resim 11)
- En geniş pedikül T1 ve T12 vertebralarda iken en dar ve kısa pedikül T4 ve T6 vertebralardadır. Ayrıca medial pedikül duvar kalınlığı lomber vertebradaki gibi laterale göre iki kez daha kalındır.
- Spinal kanal servikal ve lomber bölgelere göre daha az serbest harekete izin verir.



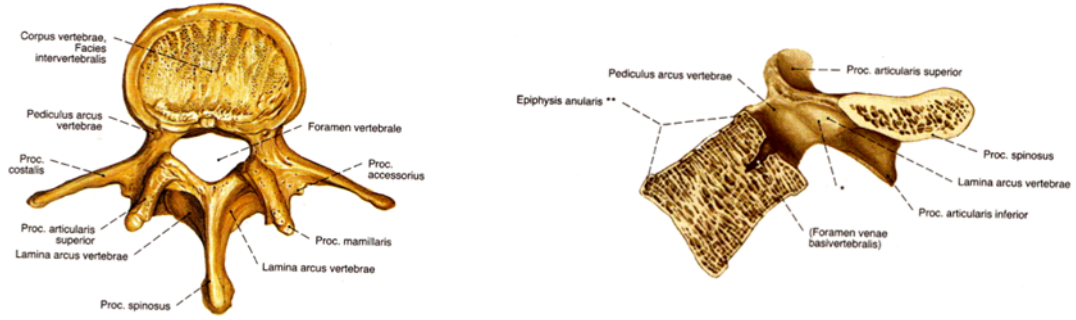
Resim 11. Torakal vertebra faset oryantasyonu [16]

Lomber Vertebralar

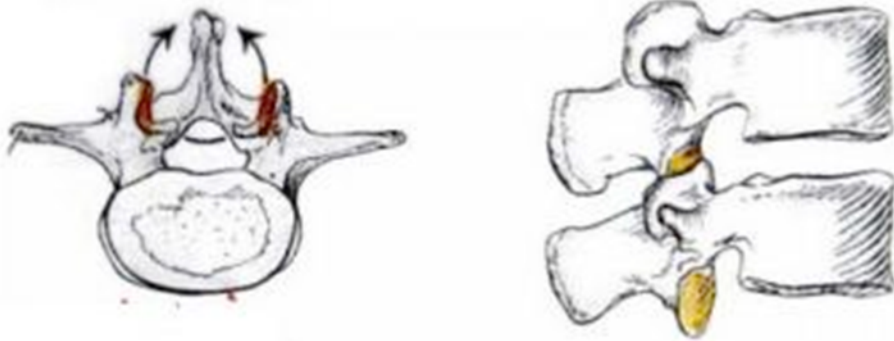
- Lomber vertebralar en fazla yüke maruz kalmalarından dolayı en geniş hacme sahip olup böbrek şeklindedir. (Resim 12)
- Sagittal planda lomber lordoz 20-80 derece (ortalama 60 derece) aralığındadır ve lordozun apeksi L3 vertebradadır. Büyük oranda intervertebral disk şeklinin oluşumundan sorumlu olduğu lordozun %66' sı L4 vertebra ile sakrum arasından kaynaklanmaktadır.
- Processus mammillaris lomber bölgeye spesifiktir ve processus articularis superiorların arka yüzünde bulunur.
- Pediküller daha kalın ve posteriorda olup vertebral korpusun üst

kısından çıkar. Lomber bölgede en küçük pedikül çapı L1 vertebraya aittir.

- Pediküllerin distale doğru mediale açılanması artmaktadır. Fasetler ise aşağıya doğru daha koronal yönelimde bulunur. (Resim 13)



Resim 12. Tipik bir lomber vertebra [3]



Resim 13. Aksiyel ve sagittal planda lomber vertebra faset eklem oryantasyonu [16]

Os Sacrum

Os sacrum beş rudimenter vertebranın birleşerek oluşturdukları, kama şeklinde, öne doğru konkav bir kemiktir. Pelvis boşluğunun arka duvarının çatısını ve arka-üst tarafını yapar; pelvise dayanıklılık ve stabilite sağlar ve vücut ağırlığının pelvis kavşağına aktarır. Sakrumun üçgen şeklinde olması gelişim sırasında sakral vertebraların massa lateralis' lerinin boyutlarının hızla küçülmesinden kaynaklanır. Kemiğin üst kenarı veya bazisi (basis ossis sacri) beşinci lomber vertebra ile alt dar kenarı (apex ossis sacri) koksiks ile eklemleşir.

Canalis sacralis vertebral foramina tarafından oluşturulur ve canalis vertebralisin devamıdır. Bu kanalda cauda equina' yı oluşturan spinal sinir kökleri bulunur. Sakrumun pelvik ve dorsal yüzlerinde foramina sacralia anteriora ve posterior denilen 4' er çift delik bulunur. Bu deliklerden spinal sinirlerin ramus anterior ve ramus posteriorları çıkar. Hiatus sacralis S5 vertebranın spinöz prosesinin ve laminasının bulunmaması sonucu oluşur ve içinde filum terminale, S5 spinal sinir ve koksigeal sinir bulunur.

Os Coccyx

Koksiks, apex ossis sacri ile eklemleşen ve dört rudimenter vertebranın birleşmesiyle oluşan triangular bir kemiktir. Koksigeal kemiklerin en geniş ve en büyüğü olan birinci koksigeal vertebra diğerlerinden ayrılmış olarak bulunabilir.

Koksiks vücut ağırlığının taşınmasında görev yapmaz. Ancak m.gluteus maximus, m.coccygeus ve lig.anococcygeum gibi pek çok yapı için tutunma yeridir.

Columna Vertebralis'in Eklemleri

Columna Vertebralis'in eklemleri şu başlıklar altında toplanabilir:

- Atlanto-occipital eklemler
- Atlantoaksial eklemler
- Uncovertebral eklemler (Luschka)
- Omur gövdeleri arasındaki eklemler
- Omur kemerleri arasındaki eklemler (articulation zygapophysealis)

Atlanto-Occipital Eklemler

Bu eklemler atlas'ın massa lateralis' leri ile oksipital kemikte bulunan foramen magnumun iki tarafındaki condylus occipitalis'leri arasında olan art.condylaris tipi sinovyal bir eklemdir. Bas fleksiyon ve ekstansiyonu primer olarak bu eklemden sağlanır. Bu eklemler ayrıca aynı zamanda başın yanlara doğru eğilmesine (lateral bending) de katkı sağlar ve küçük bir miktar rotasyon hareketi de vardır.

Bağları

1. **Membrana atlanto-occipitalis anterior:** Anterior longitudinal ligamentin devamıdır. Foramen magnumun ön kenarı ile atlas'ın arcus anterior'u arasında uzanır. (Resim 14)

2. **Membrana atlanto-occipitalis posterior:** Bu membran, ligamentum flavuma benzer ve atlasın arcus posterior' unu foramen magnum' un arka kenarına bağlar. Anterior membran ile birlikte atlanto-occipital eklemin aşırı hareketlerini önler.

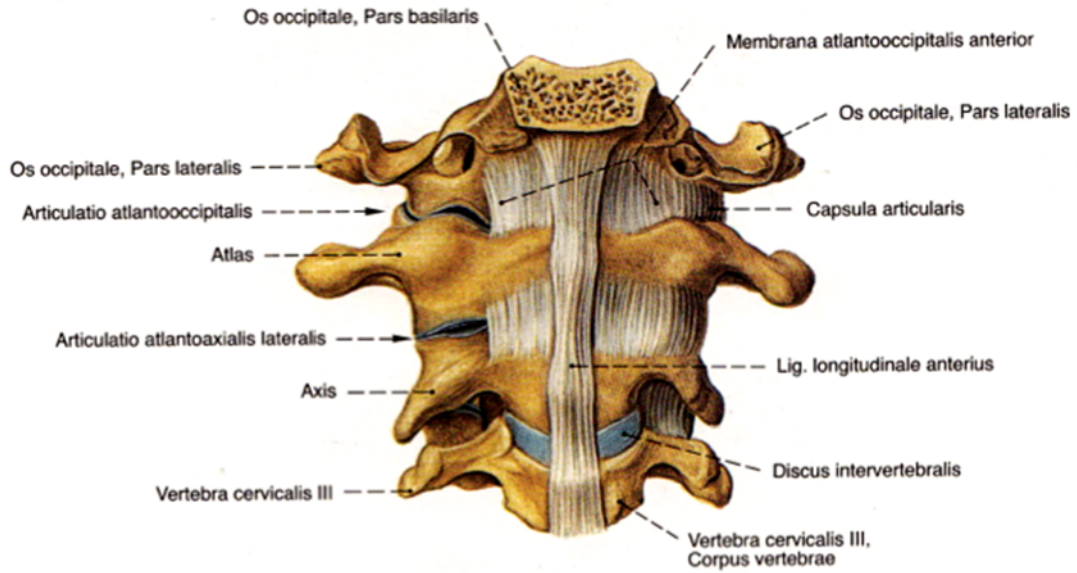
Atlantoaksial Eklemler

Asıl olarak rotasyon hareketi yapan ve sinovyal karakterde olan bu eklemler üç tanedir:

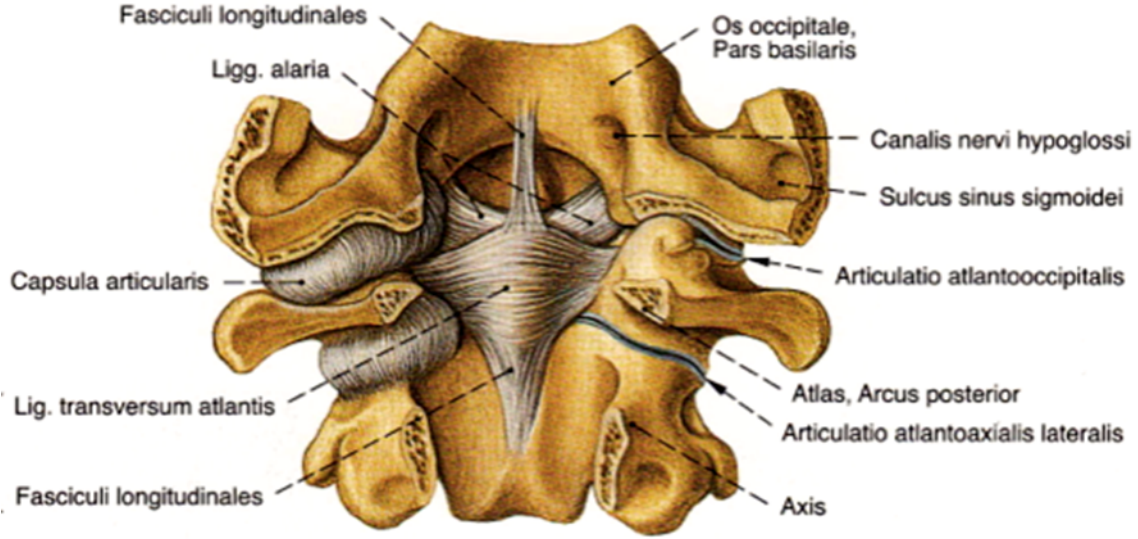
- İki tane Articulatio atlantoaxialis laterales
- Bir tane Articulatio atlantoaxialis mediana

Bağları

1. **Ligamentum apicis dentis:** Median yerleşimli bu fibroz karakterdeki yapı odontoid proses' in tepesinden foramen magnum'un ön kenarına uzanır. (Resim 15)
2. **Ligamentum alaria:** Apikal ligamentin her iki yanında yer alır ve odontoid çıkıntıyı oksipital kondillerin medial tarafına bağlar.
3. **Ligamentum cruciforme atlantis:** Ligamentum transversum atlantis ve fasciculi longitudinales'in birlikte oluşturduğu bu bağın transvers komponenti densi atlasın ön arkusu'na bağlar. Vertikal parça ise aksisin gövdesinin arka yüzünden foramen magnum'un ön kenarına uzanır.
4. **Membrana tectoria:** Ligamentum longitudinale posterius'un yukarı doğru devamı olan güçlü bir bağdır. Foramen magnum'dan geçerek oksipital kemiğin iç kısmına tutunur. Densin arkasını, alar ve krusiat ligamentleri arkadan örter.



Resim 14. Atlanto-oksipital eklem ve bağları önden görünüm [3]



Resim 15. Atlanto-aksiyel eklem ve bağları [3]

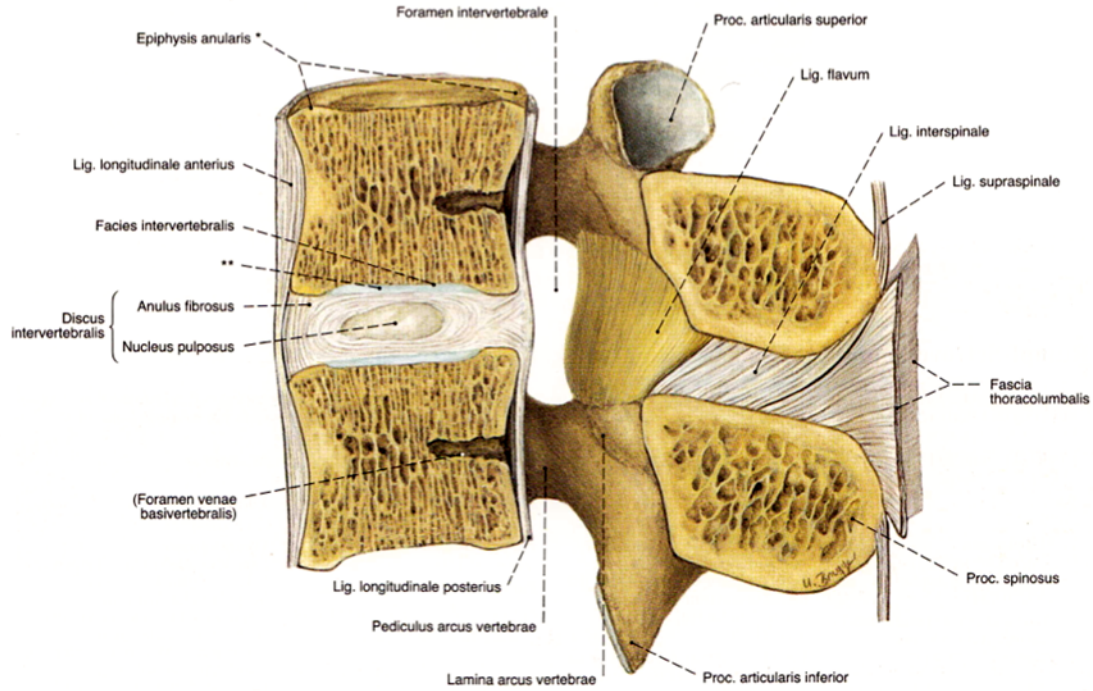
Uncovertebral Eklemler

Servikal bölgede (C3-C6), discus intervertebralis vertebra korpusunun lateral kenarına kadar uzanmaz. Bu bölgede bulunan ve processus uncinatus ile üst vertebra'nın ona uyan alt yüzünün lateral kenarı arasında olan ve sinovyal karakterde olan bu eklem Uncovertebral eklem (Luscha eklemi) olarak bilinir. Fetal hayatta var olan gevsek bağ dokusunun postnatal dönemde rezorbe olması sonucu geliştiği düşünülmektedir. Klinik olarak, spurların sıklıkla olduğu yerdir ve buna bağlı boyun ağrısı ve radikulopati nedenidir. [17, 18]

Omur Gövdeleri Arasındaki Eklemler

Komsu vertebraların gövdelerinin üst ve alt yüzleri hyalin kıkırdak ile kaplıdır ve bu eklemler symphysis grubu sekonder kartilajinoz eklemlerdir. Arada, kuvvetli kollajen lifleri sayesinde vertebra gövdelerinin birbirine sağlam bir şekilde bağlanmalarını sağlayan ve şok absorban etkisi olan discus intervertebralis'ler bulunur. (Resim 16)

Diskler, columna vertebralis uzunluğunun $\frac{1}{4}$ ' ü kadarını oluşturur ve daha hareketli segmentler olan servikal ve lomber bölgelerde daha kalındır. Herbir disk anulus fibrosus denilen bir dış fibroz tabaka ve nucleus pulposus adı verilen jelatinoz merkezi kısımdan oluşur.



Resim 16. İki lomber vertebra arasındaki eklem ve bağlar [3]

Anulus fibrosus diskin etrafını çevreleyen tip 1 kollajenden zengin fibrokartilajenöz konsantrik lamellerden oluşan bir yapıdır. Kollajen lameller komşu vertebraların eklem yüzlerindeki epifizyal halkalara tutunur. Komşu lamellerde lifler birbirine dik açı yapacak şekilde çaprazlaşırlar. Liflerin bu şekilde dizilimi komşu vertebraların birbirine güçlü bir şekilde bağlanmasını sağlar.

Nucleus pulposus diskin merkezini oluşturan ve tip 2 kollajenden zengin, fibröz liflerden daha çok kıkırdak içeren, son derece elastik özelliğe sahip bir yapıdır. İçeriğinde büyük miktarda su vardır ve yaşın ilerlemesiyle birlikte su oranı azalarak yerini fibröz kıkırdak alır. Avasküler olan nucleus pulposus beslenmesini annulus fibrosus'un ve corpus vertebrae'nın etrafındaki kan damarlarından difüzyon yoluyla sağlar.

Nucleus pulposus'un yarı akıcı yapısı columna vertebralisin fleksiyon, ekstansiyon, rotasyon ve lateral bending hareketlerini yapabilmesine olanak sağlar. Ayrıca aksiyel yüklenmelerde yassılaştır ve sok absorbe edici etki gösterir.

Ligamentum longitudinale anterius ve posterius'lar kafatasından sakruma kadar columna vertebralis'in ön ve arka yüzleri boyunca uzanırlar. Ön ligament nisbeten daha güçlüdür ve corpus vertebralar'ın hiperekstansiyonuna engel olur. Daha zayıf olan arka ligament columna vertebralis'in hiperfleksiyonunu önler ve disk protrüzyonuna karşı koruyucudur.

Omur Kemerleri Arasındaki Eklemler (Articulation Zygapophysealis)

İki arcus vertebranın birleşmesi sonucu komşu vertebraların processus articularis superior ve inferior'lari arasında oluşan plana tipi eklemlerdir ve vertebralar arasındaki kayma hareketlerine izin verir. Eklem yüzleri hiyalin kıkırdakla örtülüdür ve eklem capsula articularis ile çevrelenmiştir.

Bağları

1. **Ligamentum supraspinale** komşu spinöz çıkıntıların uçları arasında uzanır.
2. **Ligamentum interspinale** komşu spinöz çıkıntıları bağlar.
3. **Ligamentum intertransversarium** komşu transvers çıkıntılar arasında uzanır.
4. **Ligamentum flavum** komşu vertebraların laminalarını bağlar. Güçlü ve elastik yapıdaki bu ligament columna vertebralis'in normal eğriliklerinin korunmasına yardımcı olur ve ani fleksiyon hareketlerini önler.

Columna Vertebralis'in Hareketleri

Fleksiyon, ekstansiyon, lateral fleksiyon ve rotasyon hareketlerinin yapılabilirdiği columna vertebralis'in hareketliliği esas olarak diskus intervertebralis'lerin baskı altında esneyebilme kabiliyetine ve elastikiyetine bağlıdır. Bununla birlikte, faset eklemlerin şekil ve doğrultusu, eklem kapsülünün gerginliği ve sırt kasları ve ligamentlerin direnci de belirleyicidir. Bu bağlamda, faset eklem oryantasyonu koronal planda olan servikal bölgede özellikle rotasyon olmak üzere hareket açıklığı daha fazladır. Faset eklemlerin yatay yerlesimli olduğu torakal bölgede rotasyon nisbeten fazladır ancak kostalar ve sternum hareket oranının büyük ölçüde kısıtlar. Lomber bölgede ise faset eklemler sagittal planda dikey yerlesimli oldukları için ön planda fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine izin verirken rotasyonu kısıtlar.[19]

Atlanto-oksipital bölgede özellikle boyun fleksiyon ve ekstansiyonu yapılırken atlanto-aksiyal bölge özellikle rotasyondan sorumludur. Servikal bölgede 40⁰ fleksiyon, 75⁰ ekstansiyon; lomber bölgede fleksiyon 60⁰ ve ekstansiyon 35⁰ iken torakolomber bölge bütün olarak değerlendirildiğinde 105⁰ fleksiyon ve 60⁰ ekstansiyon mevcuttur. Koronal planda meydana gelen lateral fleksiyon ise servikal bölgede 35-45⁰, torakal bölgede 20⁰ ve lomber bölgede 20⁰ olmak üzere kranyumdan sakruma toplamda 75-95⁰ dir. [20, 21]

Sırt Kasları

Columna vertabralisin hareket ve desteklenmesi için birçok güçlü kasın processus spinosus ve transversus'a yapışması gerekir. Sırtta üç kas grubu bulunur: (Resim 17)

1. Yüzeyel ekstrinsik kaslar : Üst ekstremiteye ait kaslardır.

- M. Trapezius
- M. Latissimus dorsi
- M. Levator scapulae

- M. Rhomboid major ve minor

2. İntermediate ekstrinsik kaslar : Bu kaslar solunumla ilgili kaslardır.

- M. Serratus superior
- M. Serratus inferior

3. İnterinsik (derin) kaslar : Ayakta dururken vücut ağırlık merkezinden geçen çizgi axis'in densinden, kalça eklemi merkezinin arkasından ve diz ve ayak bileği eklemlerinin önünden geçtiğinden vücut ağırlığının büyük kısmı columna vertebralis'in önünde kalır. Bu nedenle, hem bu postürün devamlılığının sağlanmasında hem de columna vertebralis'in normal eğriliklerinin sürdürülmesinde bu kaslar rol oynar. Bu kaslar:

a. Yüzeysel intrinsik kaslar

- M. Splenius capitis
- M. Splenius cervicis

b. İntermediate intrinsik kaslar - M. Erector spinae

- M. İliocostales- Lateral kolon
- M. Longissimus-İntermediate kolon
- M. Spinales-Medial kolon

c. Derin intrinsik kaslar - M. Transversospinalis

- M. Semispinalis- Yüzeysel tabaka
- M. Multifidus-İntermediate tabaka
- M. M. Rotatores-Derin tabaka

d. Minor derin intrinsik kaslar

- M. İnterspinales

- M. Intertransversarii
- M. Levatores costarum

e. Yüzeysel intrinsik kaslar

- M. Splenius capitis
- M. Splenius cervicis

f. Intermediate intrinsik kaslar - M. Erector spinae

- M. Iliocostales- Lateral kolon
- M. Longissimus- Intermediate kolon
- M. Spinales- Medial kolon

g. Derin intrinsik kaslar - M. Transversospinalis

- M. Semispinalis- Yuzeysel tabaka
- M. Multifidus-Intermediate tabaka
- M. M. Rotatores-Derin tabaka

h. Minor derin intrinsik kaslar

- M. Interspinales
- M. Intertransversarii
- M. Levatores costarum

i. Yüzeysel intrinsik kaslar

- M. Splenius capitis
- M. Splenius cervicis

j. Yüzeysel intrinsik kaslar

- M. Splenius capitis
- M. Splenius cervicis

k. Yüzeysel intrinsik kaslar

- M. Splenius capitis
- M. Splenius cervicis

l. İntermediate intrinsik kaslar - M. Erector spinae

- M. İliocostales - Lateral kolon
- M. Longissimus - İntermediate kolon
- M. Spinales - Medial kolon

m. Derin intrinsik kaslar - M. Transversospinalis

- M. Semispinalis- Yüzeysel tabaka
- M. Multifidus-İntermediate tabaka
- M. M. Rotatores-Derin tabaka

n. Minor derin intrinsik kaslar

- M. İnterspinales
- M. İntertransversarii
- M. Levatores costarum

Boyun Kaslari

Anterior Vertebral Kaslar - Fleksor grup

- M. Longus colli
- M. Longus capitis
- M. Rectus capitis anterior
- M. Rectus capitis lateralis

Lateral Vertebral Kaslar – Rotatuar ve lateral fleksor grup

- M. Splenius capitis
- M. Posterior scalene
- M. Middle scalene
- M. Anterior scalene

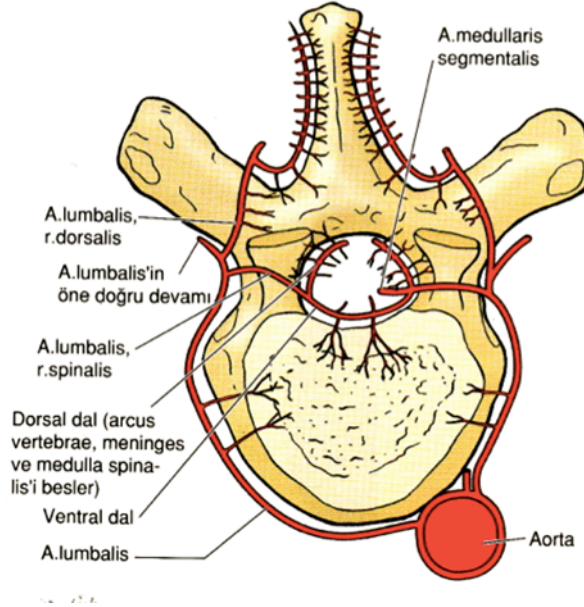
Columna Vertebralis’ in Kanlanması

Omurganın kanlanması segmental arterlerler tarafından sağlanır. (Resim 18)
Vertebralari besleyen rami spinales’ ler:

- Boyunda a.vertrebralis ve a.cervicalis ascendes
- Torakal bölgede aa.intercostales posterioris
- Abdomende a.subcostalis ve aa.lumbales
- Pelvis’te a.iliolumbalis, aa.sacrales lateralis ve a.sacralis mediana’ nin lifleridir.

Rami spinales’ ler intervertebral foramenden girerek spinal sinirlerin dorsal ve ventral köklerini, epidural ve meningeal yapıları kanlandırırlar. A.radicularis’ lerin bazıları, a.medullaris segmentalis olarak medulla spinalisin arterleri ile anastamoz yaparlar.

Venöz dolaşım internal (plexus venosus vertebralis internus) ve eksternal (plexus venosus vertebralis externus) venöz pleksuslar aracılığıyla olur. Vertebralari drene eden venler canalis vertebralis’ te ince duvarlı venlerden olusan ve dura mater’ in etrafında yer alan plexus venosus vertebralis internus’ a dökülür. Bu pleksus, foramen magnum’ dan geçerek kafatasındaki sinus occipitalis ve plexus basillaris ile birleşir. Vertebra gövdesinin venlerinin (vv. basivertebrales) bir kısmı eksternal venöz pleksusa dökülürken esas olarak internal venöz pleksusa dökülür. (Resim 19)



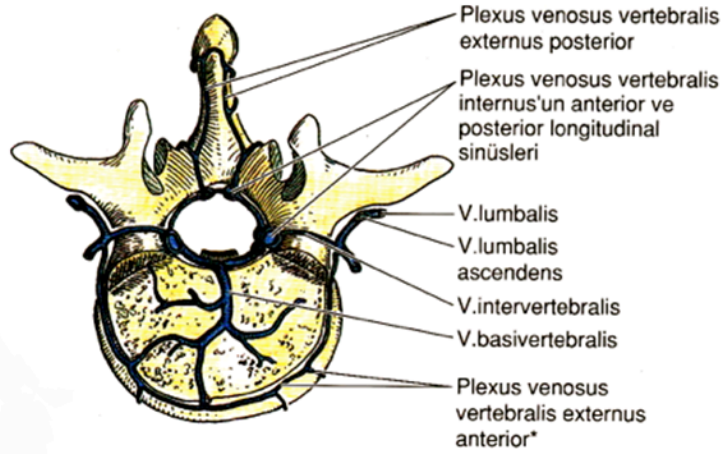
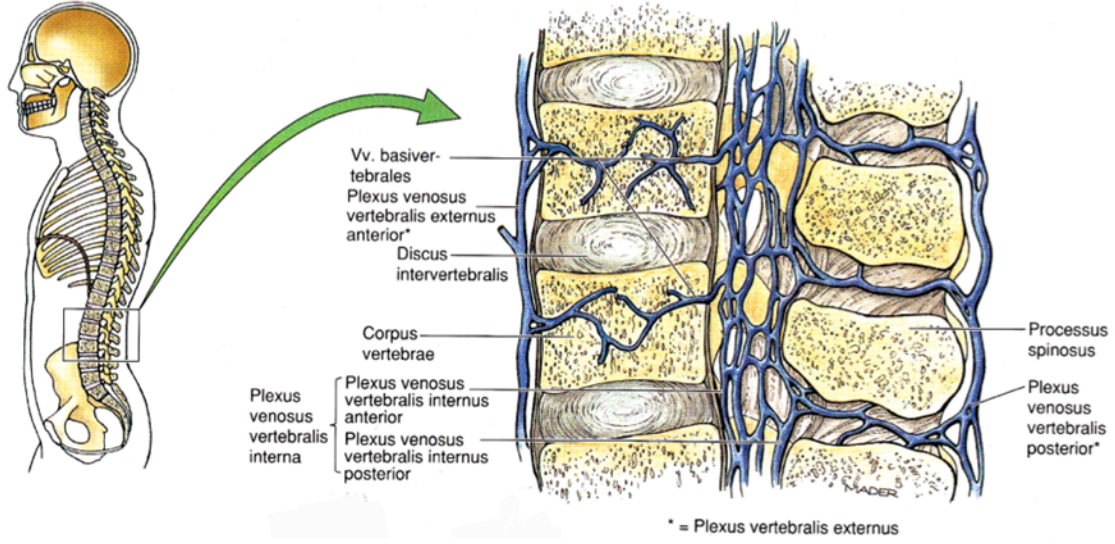
Resim 18. Vertebranın kanlanması [13]

Batson venöz pleksus denen ve derin pelvik venler ve torasik venleri internal venöz pleksusa bağlayan bir venöz sistemdir. Ven sisteminin kapaksız olmasından dolayı intrapelvik organlardan (çoğunlukla prostat veya rektum) ya da nadiren ekstrapelvik organlardan (akciğer) kaynaklanan bir neoplazinin veya enfeksiyonun vertebral kolona yayılımından sorumlu tutulmaktadır. [22, 23]

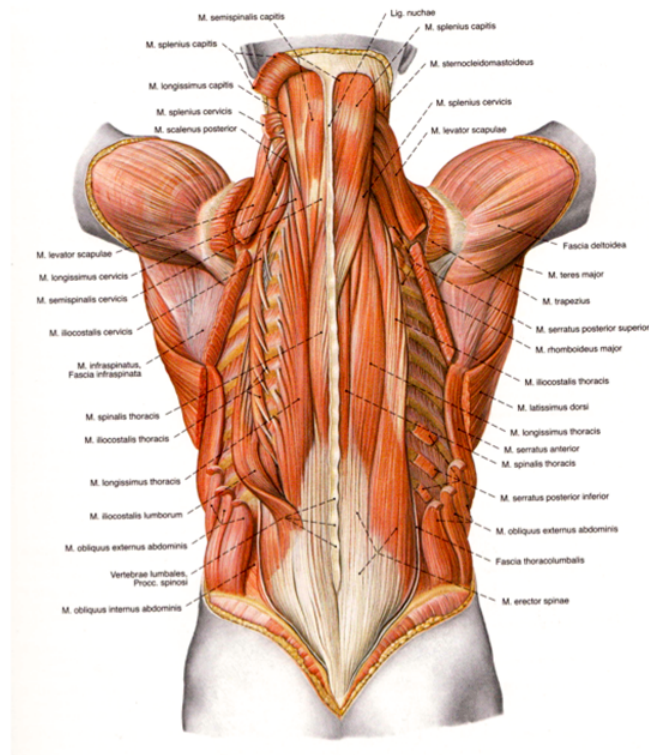
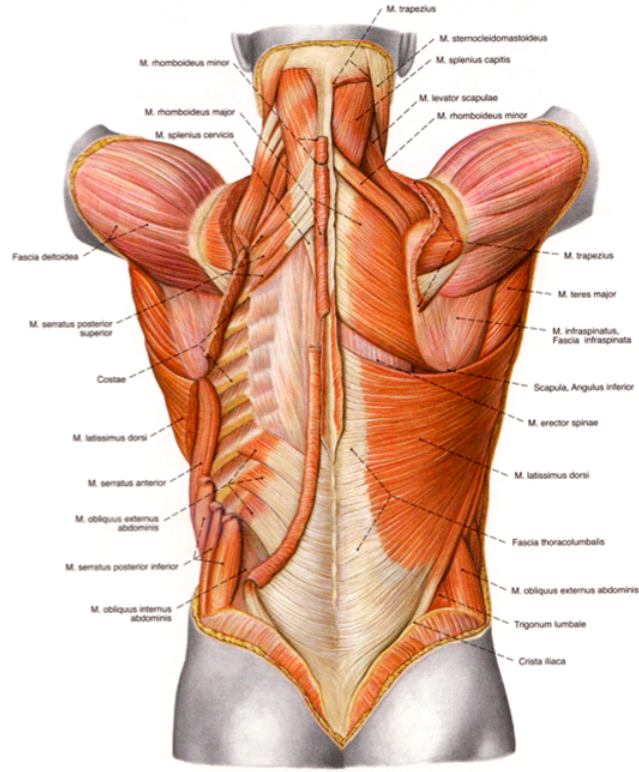
Columna Vertebralis' in İnnervasyonu

Vertebral korpuslar arasındaki eklemler her bir spinal sinirin küçük meningeal dalları ile innerve edilir. Sinir, foramen intervertebrale' den çıkan spinal sinirden ayrılır; intervertebral foramenden tekrar vertebral kanala girer ve meninksleri,

ligamentleri ve intervertebral diskleri innerve eder. Bunun haricinde kalan eklemler ise spinal sinirlerin dorsal dallarından ayrılan bağlantılar ile innerve edilir.



Resim 19. Vertebranın venöz dolaşımı [13]



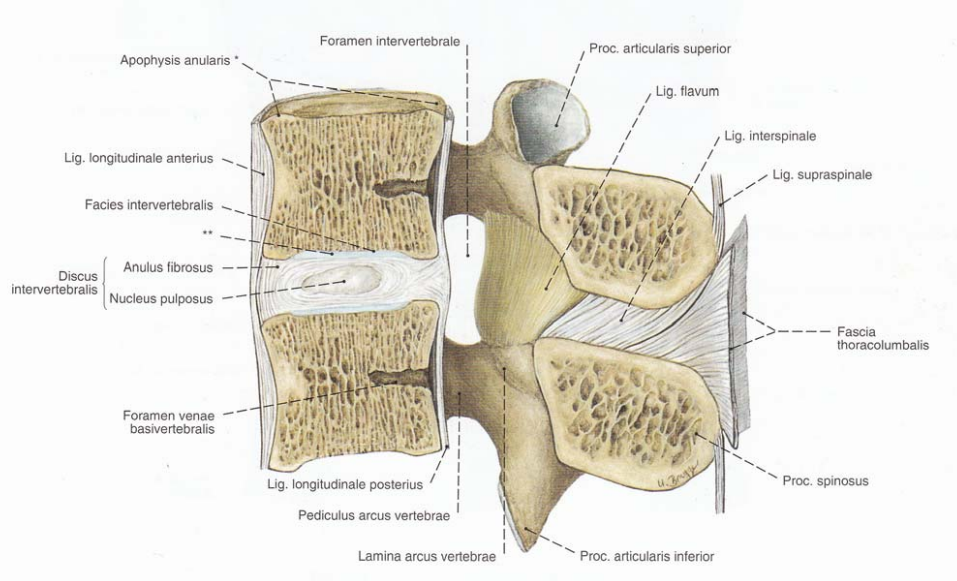
Resim 17. Sırt kasları [3]

BİYOMEKANİK

Vertebral kolon, vücut hareketleri esnasında kompresyon, gerilme, eğilme, makaslama ve torsiyon gibi çeşitli kuvvetlere maruz kalır. Kemik bütünlüğün yanında intervertebral disk, omurga çevresindeki ligamentler ve kaslar bu kuvvetlere karşı koyarak stabil yapının devamlılığına katkıda bulunurlar. [2, 24]

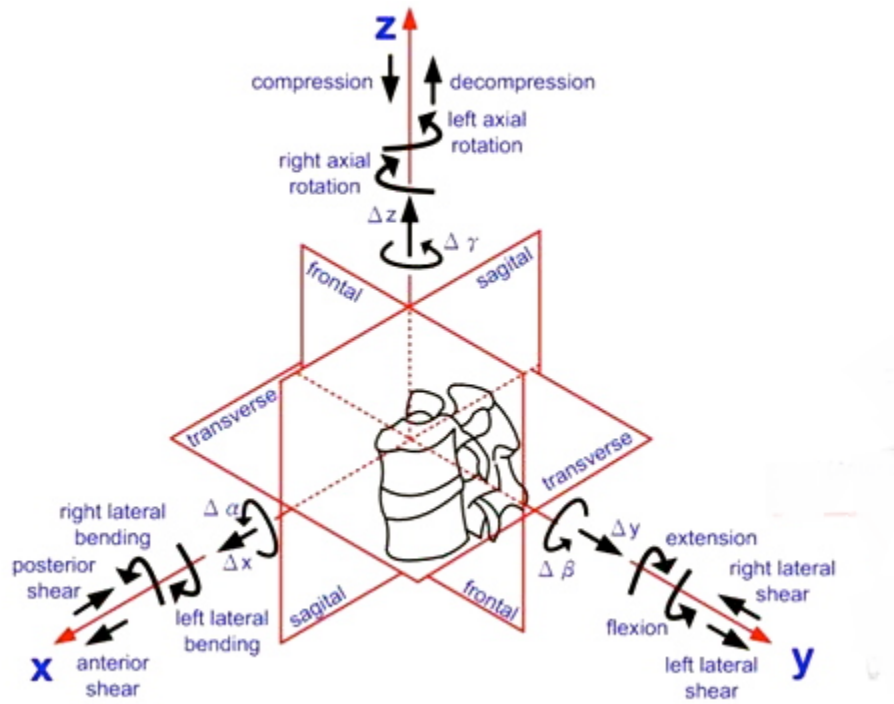
Erişkin bir insan omurgası sagittal planda incelendiğinde, servikal ve lomber bölgede lordoz, torakal ve sakral bölgede kifoz görülmektedir. Bu fizyolojik eğriliklerin amacı, omurganın aksiyel kompresyon güçlerine karşı direncini arttırmaktır. [25]

Vertebral kolonun fonksiyonel birimi hareket segmentidir. Hareket segmentinin anterior kısmını iki omur cismi, intervertebral disk ve anterior ligamentler oluşturur. Posterior kısım ise intervertebral eklemler, posterior ligamentler, transvers ve spinöz çıkıntılar tarafından oluşturulur. [26] (Resim 20)



Resim 20. Lomber vertebra fonksiyonel spinal segment [3]

Herbir vertebranın hareketini tanımlayabilmek amacı ile kartezyen koordinat sistemi kullanılır. Bu sistemde X, Y ve Z olmak üzere üç eksen vardır. Bu eksenlerin her birinin çevresinde ikişer rotasyon ve ikişer kayma hareketleri yapılabileceğinden. rotasyonun anlık eksenini çevresinde 12 potansiyel hareket meydana gelir. Rotasyonun anlık eksenini, her hareket segmentinin bağlı olduğu koordinat sisteminin merkezidir. Vertebra cismi bu eksen etrafında hareket eder.[27] (Resim 21)



Resim 21. Kartezyen koordinat sistemi üzerinde rotasyonun anlık eksenini ve hareketleri[7]

Omurganın fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sagittal düzlemde meydana gelir. Servikal bölgede 40° fleksiyon, 75° ekstansiyon; lomber bölgede 60° fleksiyon, 35° ekstansiyon; torakolomber bölge bütün olarak değerlendirildiğinde ise 105° fleksiyon, 60° ekstansiyon hareketi mevcuttur. Lateral fleksiyon hareketli frontal düzlemde meydana gelmektedir. Servikal bölgede 35-45° , torakal bölgede 20° ve lomber bölgede

20° olmak üzere kranyumdan sakruma kadar toplam 75-95 derecedir. [2, 28] (Tablo 1)

Omurganın rotasyonel hareketleri faset eklem değişikliklerinden dolayı alt segmentlere inildikçe azalmaktadır. [8, 29] Servikal bölgede 45-50°, torakal bölgede 35°, lomber bölgede ise 5° rotasyon mevcuttur. Torakal omurlarda faset eklemler yatay yerleşimli olduğu için rotasyonel hareket daha fazladır. Lomber omurlarda ise faset eklemler dikey yerleşimli olduklarından dolayı rotasyonel hareketlere direnç gösterirler. Bu değişimle ilgili olarak, yürüyüş esnasında üst 7 torakal segment omuzla birlikte dönerken, T7 altındaki segmentler pelvis ile birlikte karşı yöne doğru dönmektedir. Buna “coupling fenomeni” denilir. [30, 31] (Resim 22)

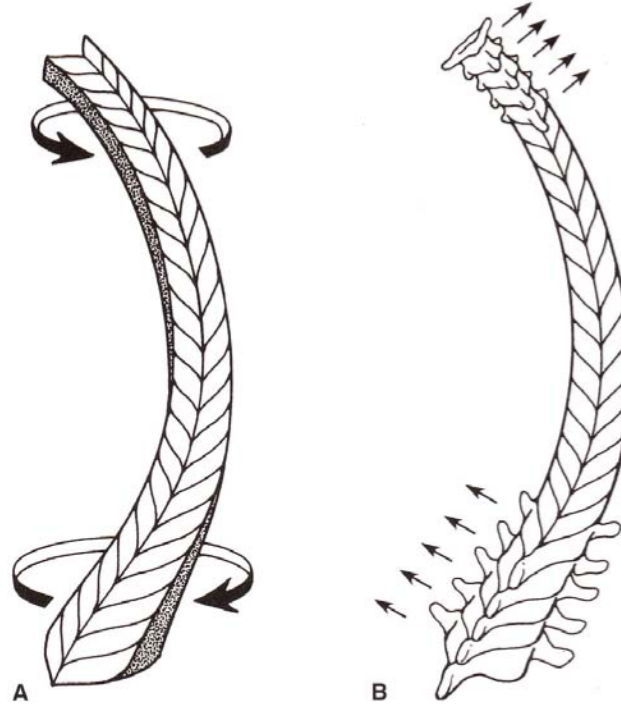
	Fleksiyon-ekstansiyon	Rotasyon	Lateral bending
Atlanto-oksipital bölge	13°	0°	8°
Atlanto-aksiyel bölge	10°	45°	0°
Sub-aksiyel servikal vertebra	10-15°	10°	8-10°
Torakal vertebra	5°	8°	6°
Lomber vertebra	15-20°	3-6°	2-5°

Tablo 1. Anatomik yerleşime göre omurga kinematiği

Vertebraların büyüklük ve kütleleri alt segmentlere inildikçe artmaktadır. Bu durum vertebraların giderek artan yüklere karşı adaptasyonunu göstermektedir. Özellikle vertebra cismi aksiyel yüklenmelere karşı koymaktadır. Cisim üzerinen binen yük kortikal ve spongioz kemik üzerinden alt segmentlere iletilir. Korteks oldukça ince yapıdadır. Trabeküler yapıdaki spongioz kemik gelen yükün bir miktarını, periferiye doğru elastik deformasyon göstererek absorbe eder. Uç plak, trabeküllerden gelen yükün diske, diskten gelen yükün trabeküllere iletilmesini sağlar. Elastisite ve şok absorpsiyonu özellikleri yoktur. Omurga üzerine binen aşırı yüklenme sonucu kırılmaya en uygun bölgedir. [2]

Pediküller yoğun kortikal kemik içeriğinden dolayı oldukça sağlam yapılardır. Pedikül büyüklüğü ve yapısı, pedikül vidasının yerleştirilmesine ve güçlü tutunmasına olanak sağlamaktadır.

Hareket segmentinde her iki vertebra cismi arasında bulunan intervertebral disk, ortada viskoelastik yapıdaki nükleus pulposus ve bu yapıyı çevreleyen anullus fibrosustan oluşmaktadır. Hareket segmentinin yüklenmeye karşı dayanıklılığı en fazla olan bölümdür. Elastik deformasyon yeteneği sayesinde yükün bir kısmını absorbe eder. Viskoelastisite, hücreler arası matriksin sıvı alış verışı ve yapısını oluşturan makromoleküllerin varlığından kaynaklanmaktadır. [32]



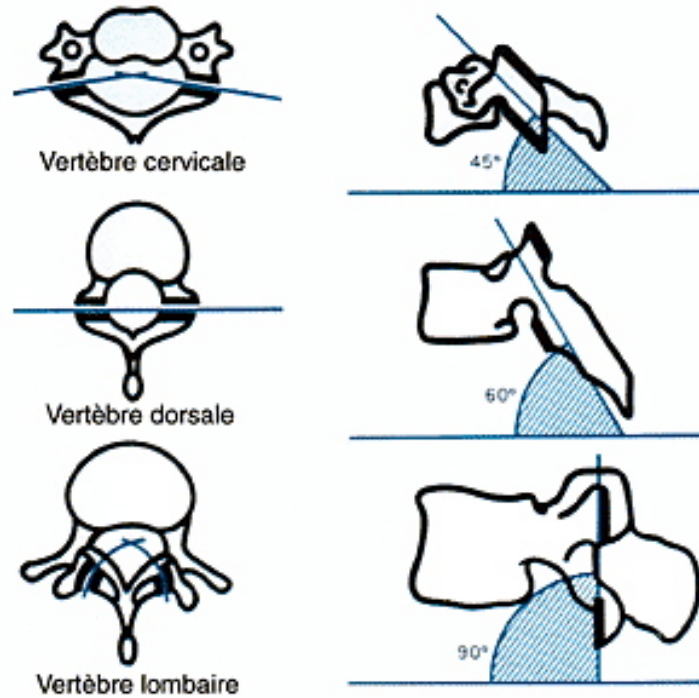
Resim 22. Coupling fenomeni [2]

Anullus fibrosus tabakalarını oluşturan kollajen lifler birbirlerini çaprazlayacak şekilde yerleşmişlerdir. Bu yapısı sayesinde torsiyonel kuvvetlere karşı oldukça dayanıklıdır. İntervertebral diske uygulanan yüklenme sonucu disk deforme edildiğinde,

nükleus pulposus basınca etkisi ile yüklenmenin tersi tarafa hareket eder.

Faset eklemler stabilite ve hareket açısından çok önemli yapılardır. Rotasyonun anlık eksenine komşuluğu nedeniyle  n ve arka kolonlar arasında menteşe görevi yaparlar. Ayrıca yük taşıma fonksiyonu da vardır. Omurga hiper ekstansiyondayken faset eklemlere binen yük en üst düzeydedir. Maksalama kuvvetlerine karşı koymada da önemli rol oynarlar.

Faset eklem oriyantasyonları servikal bölgede koronal planda olduğundan dolayı, tüm hareketlere karşı daha az kısıtlayıcıdır. Lomber bölgede ise fasetler sagittal düzlemde oryante olmuşlardır. Bu nedenle fleksiyona karşı az direnç gösterirken, rotasyona karşı dirençleri fazladır.[29] (Resim 23)



Resim 23. Servikal, torakal ve lomber bölgede faset eklem oriyantasyonları [5]

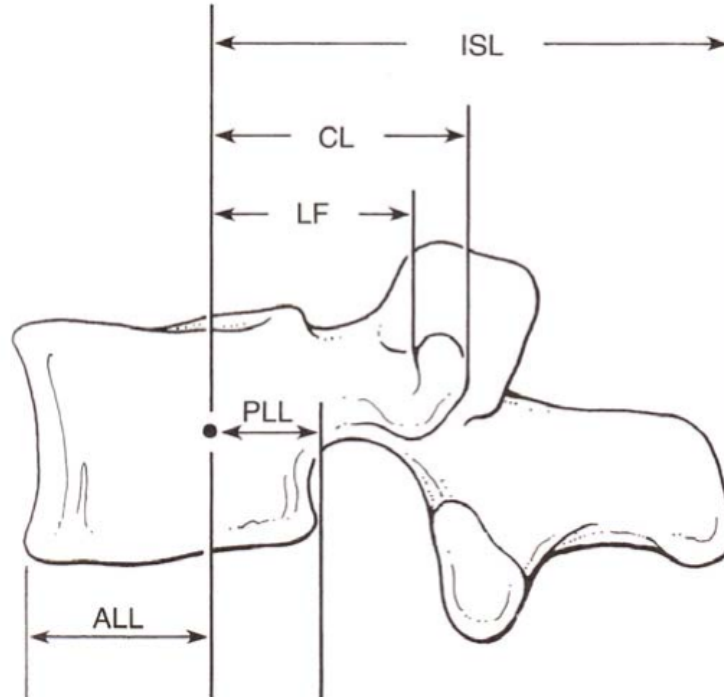
Ligamentler, gerilmeye karşı direnç göstererek omurganın stabilizasyonunda önemli görevler almaktadır. Posteriordaki ligamentler fleksiyona karşı koyarken, anteriordaki ligamentler ekstansiyona karşı koyarlar. Bir ligamentin etkinliğindeki en önemli iki faktör, o ligamentin iç kuvveti ve etkisini gösterdiği moment kolunun uzunluğudur. Anterior longitudinal ligament, posterior longitudinal ligamente göre iki kat daha güçlüdür. Posterior ligamentler arasında en uzun moment kolu olan interspinöz ligamentler, fleksiyona karşı en fazla gerilim gösteren ligamentlerdir. Ekstansiyon boyunca en fazla direnç anterior longitudinal ligamentler tarafından uygulanır. Posterior longitudinal ligament, anterior ligamentin aksine daha zayıftır ve vertebra korpusuna değil de intervertebral diske tutunmaktadır. [26] (Resim 24)

Kaslar omurganın aktif stabilize edici elemanlarıdır. Lomber dorsal kaslar ekstansiyonu sağlamaktadır. Sakrumdan dayanak alarak, lomber ve torakal bölgede görevlerini yaparlar. Kas tonusları ile lordoza katkıda bulunurlar. Karın duvarının önündeki rektus abdominis ve psoas kasları, arkadaki erektör spinaların antagonisti olarak çalışırlar. Yan karın kasları omurgaya rotasyon yaptırırlar. [26, 32]

Koronal ve Sagittal Denge

Spinal deformitenin değerlendirilmesinde gövdenin sagittal ve koronal planda dengesinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Skolyoz cerrahisinde cerrahi tedavinin primer amacı omurgayı stabilize etmek ve deformitenin ilerlemesini önlemek, bunların yanında hastaların semptomlarını azaltmak ve kozmetik deformitenin düzeltilmesidir. Başarılı bir cerrahi tedavi ise ancak sagittal ve koronal planda deformitenin en uygun şekilde restore edilmesiyle elde edilebilir.

Sagittal balans, sagittal planda başın pelvis ile olan ilişkisini tanımlar ve ayakta çekilmiş standart bir lateral grafide C7 vertebraının merkezinden geçen çizginin S1 vertebraının posterior köşesi ile olan ilişkisi ile değerlendirilir. (Resim 25) Normalde bu çizgi S1 vertebraının posterior köşesinden geçer. [33] C7 vertebradan indirilen bu çizginin S1 vertebra posterior köşesinin 2 cm' den fazla önünden geçmesi durumunda pozitif (+) sagittal balanstır bahsedilir. Aynı şekilde bu çizginin S1 vertebra posterior köşesinin 2 cm' den fazla arkasından geçmesi ise negatif (-) sagittal balans olarak tariflenir.



Resim 24. Rotasyonun anlık eksenine göre, ligamentlerin moment kolu uzunlukları [2]

ISL : İnterspinöz ligament

CL : Kapsüler ligament

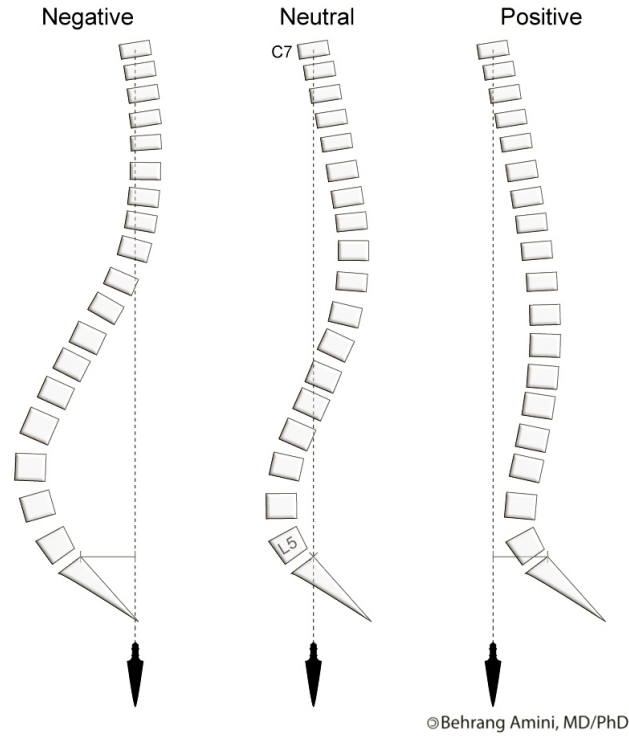
LF : Ligamentum flavum

ALL : Anterior Longitudinal Ligament

PLL : Posterior Longitudinal Ligament

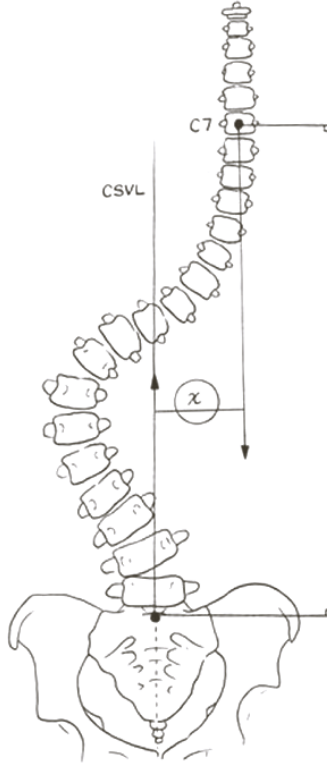
Pozitif sagittal balansı olan hastalarda postürü korunmaya çalışan paraspinal kasların spazmına ve fleksiyon postüründe duran kalça ve diz eklemindeki gerginliğe bağlı olarak sırt ağrısı görülür. Pozitif sagittal balansli hastalar, lomber lordozun kaybolduğu ve vücut postürünün öne doğru eğilmesiyle seyreden “ flat-back” deformitesi olarak da tanımlanabilir. Skolyoz cerrahisinde sagittal balanstaki bozukluğun

düzeltilmesi başarıyı etkileyen en önemli etkenlerdendir. Schwab ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada pre-operatif radyolojik parametrelerle post-op klinik sonuçları değerlendirmiştir. Sonuç olarak, ameliyat öncesi lomber lordozu kaybolmuş pozitif sagittal balansı olan hastaların cerrahiden en fazla yarar gördüğü belirtilmiştir. [34] Glassman ve arkadaşlarının 298 hasta ile yaptıkları diğer bir çalışmada ise klinik sonucun eğriliğin büyüklüğü, apikal vertebranin rotasyonu ya da major eğrilik sayısı ile bağlantılı olmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, ağrı, fonksiyon kaybı ve deformitede düzelmenin sagittal denge ile ilişkili olduğu ve cerrahinin primer amacının sagittal balansı düzeltmek olması gerektiği belirtilmiştir. [35] Yine diğer bir çalışmada sagittal denge bozukluğunun pre-operatif fonksiyonel defisitle ilişkili olduğu belirtilmiştir. [36]



Resim 25. Normal ve patolojik sagittal denge [37]

Koronal denge ise yine ayakta çekilmiş standart bir AP grafi ile değerlendirilir. Normalde bu planda C7 vertebra gövdesinden indirilen çizgi sakrumun merkezinden geçer ve çoğunlukla santral vertikal çizgi ile kesişir. (Resim 26) Bu çizginin santral vertikal çizgiden 2 cm den daha fazla sağ veya soldan geçmesi durumunda pozitif ve negatif koronal balanstır bahsedilir.[38]



Resim 26. Koronal balansın değerlendirilmesi [9]

Koronal balansın restorasyonu omuz asimetrisi gibi çeşitli kozmetik deformiteleri düzeltir. Omuz asimetrisinin değerlendirilmesinde çeşitli ölçümler tariflenmiştir [39] ancak bunlardan en değerlisi klavikula açısıdır. Bu açı her iki distal klavikulayı birleştiren çizgi ile yere paralel olan diğer bir çizgi arasında kalan açıdır. Kuklo ve arkadaşları [40] klavikula açısının proksimal torakal eğriligin (T1-T3) füzyona dahil

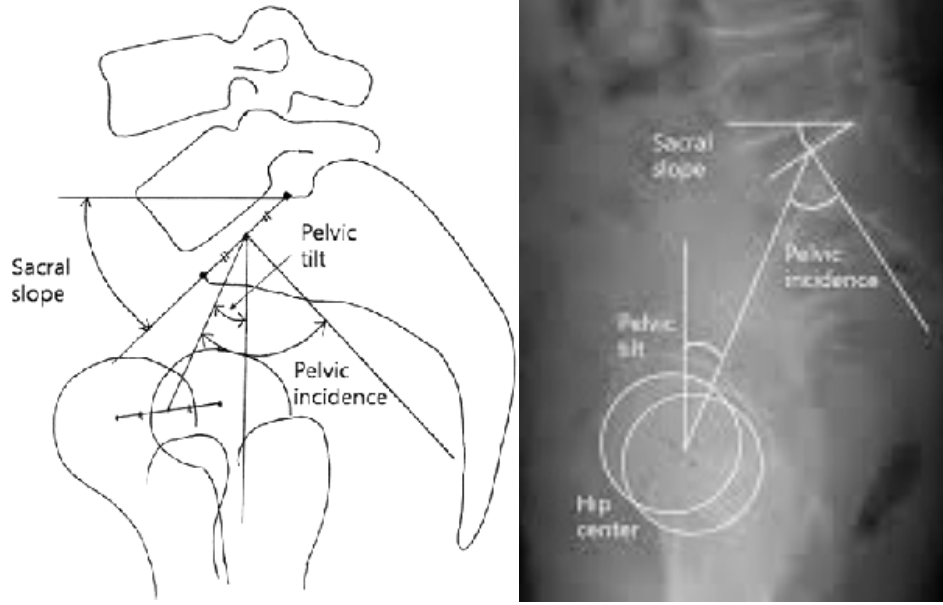
edilmesinin belirlenmesinde belirleyici olduğunu, T1 tiltinin bu kararın verilmesinde etkin olmadığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda hastanın klavikula açısının nötral ya da sağ omuz elevasyonunu gösterdiği durumda var olan sağ torakal skolyozun düzeltilmesi durumunda ameliyat sonrasında omuzların simetrik olacağı öngörülmektedir. Aksine sol omuz elevasyonu olan hastada sağ torakal eğriliğin düzeltilmesi omuz asimetrisini arttıracaktır. Bu durumda proksimal torakal eğriliğin füzyonu bu tabloyu engelleyecektir.

Uzun dönemde omurga deformite cerrahisinin sonuçları açısından sagittal plandaki düzelmenin koronal dengenin sağlanmasından daha başarılı olduğu bildirilmektedir. [41] Hastanın sagittal plan deformite analizinde dikkate alınması gerekli olan kriterler şunlardır:

- Servikal lordoz : C2 alt end-plate ile C6 alt end-plate arasındaki açıdır.
- Torakal kifoz : T4 vertebra üst end-plate ile T12 alt end-plate arasındaki açıdır.
- Lomber lordoz : L1 vertebra üst end-plate ile L5 vertebra alt end-plate arasındaki açıdır.
- Pelvik tilt : Kalça rotasyon merkezinden dik geçen çizgi ve sakrum orta noktası ile yine kalça rotasyon merkezinden geçen çizgi arasında kalan açıdır.
- Sakral slop : Sakrum üst end-plate'in yer düzlemi ile yaptığı açıdır.
- Pelvik insidans : Sakrum üst end-plate' ne indirilen dik çizgi ve kalça rotasyon merkezi ile sakrum üst end-plate orta noktasını birleştiren çizgi arasındaki açıdır. Pratik olarak pelvik tilt ve sakral slopün toplamına eşittir. (Resim 27)

Sagittal planda postürün devamlılığında omurga ile pelvis yakın ilişkidir. Bu bağlamda pelvik morfolojinin sagittal denge üzerine etkili olduğu ve sagittal plandaki bir spinal deformitenin pelvis translasyonu ile kompanse edilebildiği bildirilmektedir. [42, 43] Pelvik morfolojinin değerlendirilmesinde en önemli parametre olan pelvik insidans çocukluk çağı boyunca nisbeten değişmeden kalır. Bununla birlikte, adolesan çağda önemli derecede artarak erişkin yaşta maksimum değerine ulaşır. [44] Bu parametre erişkinlerde lomber lordozla yakın ilişkidir. [45] Legaye ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, erişkin skolyozlu hastalarda pelvik insidans ve lomber lordoz arasında güçlü bir birliktelik olduğu; ancak bu skolyozlu hastalarla normal erişkinler arasında herhangi

anlamalı bir fark olmadığı belirtilmiştir. [46] Bununla birlikte, çoğu araştırmacı AİS hastalarında omurga dengesinin pelvik konfigürasyonla ilişkisinin zayıf olduğunu bildirmiştir. [47, 48]



Resim 27. Sagittal balansın değerlendirilmesinde kullanılan parametreler [6]

Mac - Thiong ve arkadaşlarının yaptıkları retrospektif bir çalışmada ise omurga sagittal plan dengesi ve pelvisin, eğrilik tipiyle bağlantılı olabileceği ancak spesifik bir eğrilik tipi ile ilişkili olmadığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, AİS' li hastalarda bulunan yüksek pelvik insidans değerinin bu deformiteye sebep olabilecek altta yatan bir patolojiye işaret edebileceği belirtilmektedir. [44] Nicolopoulos ve arkadaşları ise bu bağlamda, pelvik insidansın AİS' li hastalarda deformitenin ilerleyişini gösterebileceğini bildirmektedir. [49]

PROKSİMAL KAVŞAK KİFOZU

Omurga deformitelerinin sadece koronal ya da sagittal planda değil her 3 plan deformitesi ile beraber olduğunun anlaşılması ve kullanılan enstrümantasyon seçeneklerindeki gelişme ve artan cerrahi tecrübe ile birlikte bu deformitelerin düzeltilmesinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir.[50] Ancak, bu gelişimin yanında özellikle yüksek dereceli eğriliklerin düzeltilmesi sonucunda ya da uzun seviyeli füzyon uygulanması ile birlikte komşu segment patolojilerinde olan artış önemli bir sorun olarak belirmiştir.[51-53] Bu nedenle seçilecek cerrahi prosedür, enstrümantasyonun proksimal ve distalde hangi seviyede sonlandırılacağı, hangi implantın kullanılacağı veya roda verilecek eğim miktarı gibi ameliyat sonrası sonucu etkileyecek faktörlerin tekrar gözden geçirilme gereksinimi doğmuştur. [54, 55]

Özellikle pedikül vidası ile enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesiyle birlikte proksimal junctional kifoz (proximal junctional kyphosis – PJK) görülme sıklığı artmıştır. Pedikül vidasının 3 kolon fiksasyonu, kısa segment enstrümantasyona rağmen daha iyi düzeltme imkanı vermesi, diğer internal tespit yöntemlerine göre daha az komplikasyon görülmesi ve ameliyat sonrası eksternal orteze gerek duyulmaması gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Özellikle yüksek dereceli omurga deformitelerinin tedavisinde uygulanan Smith-Petersen, pedikül subtraction osteotomileri ve posterior vertebral kolon rezeksiyonu gibi yüksek dereceli osteotomiler sonrası güvenilir tespit sağlamaktadır.[56-58] Buna rağmen çalışmacıların çoğu nörolojik komplikasyonda herhangi bir artış belirtmemektedir. Bununla birlikte, literatürde açıklanan komplikasyonlar sağladığı rijiditeye bağlı olan komşu segment patolojileridir.[54, 59]

Tanım

Komşu segment patolojileri, benimsenen agresif tedavi yaklaşımları ve daha rijit enstürmentasyon tercihinin sonucu olarak ortaya çıkan önemli bir problemdir. Bu klinik tablo adölesan idiopatik skolyoz veya Scheuermann kifozu nedeniyle opere edilmiş genç ve pediatrik hastalarda görülebileceği gibi azalmış olan kemik kalitesiyle birlikte yaşlı hastalarda spinal deformite veya dejeneratif hastalık cerrahisi sonrası da görülebilmektedir. [60, 61] Yapılan birçok klinik retrospektif çalışmanın ışığında bu patolojilerin genellikle geçirilen cerrahi sonrası ilk 2 yılda görüldüğü ve bu süre sonrasında herhangi bir progresyon göstermediği bilinse de [62, 63] ameliyat sonrası dejeneratif sürecin ve eklenen progresif osteoporozun katkısıyla birlikte ilerleyen dönemlerde de görülebileceği belirtilmektedir. [64] Yetişkin omurga deformitesi olan 836 hastanın retrospektif olarak değerlendirildiği bir çalışmada % 51.9 oranında hastada PJK' un ilk 90 gün içinde gözlemlendiği bildirilmiştir.[65]

Arlet ve arkadaşları 2013 yılında yayınladıkları derlemelerinde spinal deformite cerrahisi sonrası gelişen komşu segment patolojilerini oluşturan deformitenin lokalizasyonuna göre 3 sınıfta tanımlamışlardır. Bu sınıflamaya göre kifoz deformitesi enstürmente kısmın proksimalindeyse PJK, distalinde geliştise distal kavsak kifozu ve birbirinden bağımsız iki enstürmente bölgenin arasında kalan bölgede ise interkalar kavsak kifozu olarak isimlendirilmiştir. [64]

PJK yukarıda da bahsedildiği gibi enstürmente vertebranın proksimalinde, rijit enstürmentasyon - esnek omurga geçiş bölgesine etkileyen stress kuvvetlerinin sonucu olarak gelişen kifotik deformitedir. [1, 66] Literatürde PJK' un tanımıyla ilgili olarak değişik görüşler bulunmaktadır. Glattes, PJK' u üst enstürmente vertebranın alt yüzeyi ile enstürmente edilmemiş 2 üstteki vertebranın üst yüzeyi arasında 10 derece veya daha fazla kifoz gelişmesi ya da var olan kifoz açısında 10 derecelik artış olarak tanımlarken [67] diğer birçok araştırmacı bu değerlendirmeyi bir üst seviyedeki komşu vertebranın üst yüzeyine göre yapmaktadır. [68, 69] Bununla birlikte, Helgeson ve arkadaşları 283 adölesan idiopatik skolyoz hastası üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada PJK' u üst

enstürmente vertebra ile 1 üst komşu proksimal vertebra arasındaki 15 derece ve üzerindeki açı artışı olarak tariflemektedir. [10] (Resim 28 ve 29)

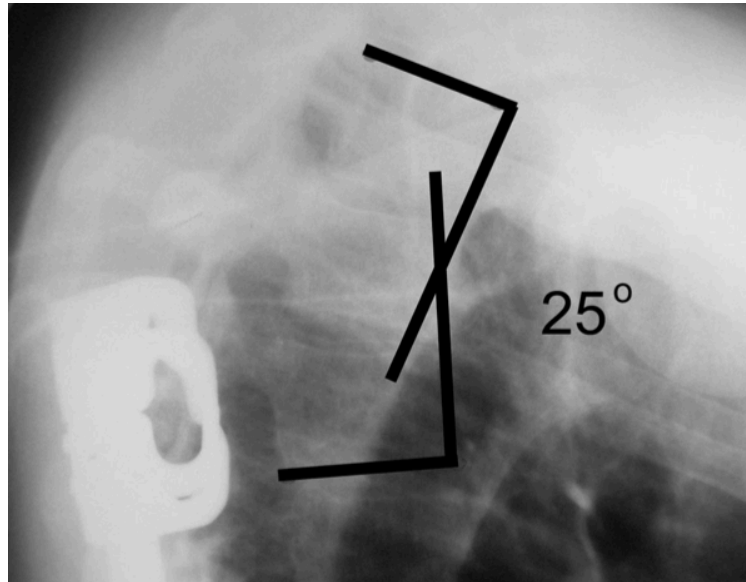


Resim 28. Helgeson' a göre PJK açısı ölçümü [10]

Bu bağlamda yapılan bir çalışmada, PJK ölçümünde üst enstürmente vertebra ile 1 üst ve 2 üst komşu vertebranın ölçümünün etkinliği karşılaştırılmıştır. İnter- ve intraobserver güvenilirliğinin her iki ölçümde de kabul edilebilir olduğu ve ölçümler arasında çok küçük fark olduğu belirtilen çalışmada her iki ölçüm yönteminin de etkili olduğu bildirilmiştir. [70]

Sıklığı

Literatürde PJK' un sıklığı ile ilgili olarak bir çok görüş bulunmaktadır. Bu görüş ayrılıklarının nedeni olarak seçilen hasta popülasyonunun yaş aralığı ve diğer risk faktörü sayılabilecek hastaya ait özellikler, proksimal kavşak bölgesinin tanımındaki farklılıklar, açının hangi metod ile ölçüldüğü, cerrahi teknik ve yaklaşım sayılabilir. Son yapılan çalışmalardan birinde yetişkin spinal deformitesi olan hastalardaki PJK sıklığı araştırılmıştır. 1218 hastanın değerlendirildiği bu çalışmadaki PJK insidansı % 5.8 olarak değerlendirilmiştir. [71] Bununla birlikte, genel olarak yetişkin hastalardaki PJK sıklığı % 20 ile % 39 [1, 72, 73] iken adölesan idiopatik skolyozlu hastalarda bu oran % 26 ile % 35 aralığında [66, 74, 75] ve Scheuermann kifozlu hastalarda ise % 30 oranında görüldüğü belirtilmiştir. [60] Ancak çalışmaların çoğu ileri yaş grubunda yapıldığından PJK sıklığının daha yüksek olduğu görülebilir. Kim ve arkadaşlarının ortalama yaşı 55 ve üzeri olan hasta popülasyonunda PJK sıklığını % 59 olarak bildirmişlerdir.[73]



Resim 29. Glattes' e göre PJK açısı ölçümü [1]

Risk faktörleri

PJK risk faktörlerinde de tıpkı sıklığında olduğu gibi kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. (Tablo X) Bununla birlikte, özellikle posterior enstürmentasyon [10, 60] ve buna bağlı olarak posterior yumuşak doku harabiyeti [1], uzun rijit füzyon [1, 73], kullanılan enstürmentasyon tekniği [10, 66], sagittal dengenin düzeltilme miktarı, ameliyat öncesi varolan hipokifoz ya da kifoz deformitesi, yaşı 55 ve üzeri olması [73], torakoplasti uygulanması [1], obezite [54] ve düşük kemik kalitesi [72] gibi birçok etken bildirilmiştir. Ancak, geçirilen cerrahi ve hastaya bağlı nedenler ile ilişkili olarak, altta yatan patolojinin multifaktöriyel olduğu konusunda görüş birliği bulunmaktadır. [1, 66, 72, 76] Sayılmış olan risk faktörlerinden en çok dikkat çeken posterior cerrahi girişimdir. [10, 60] Bunun nedeni olarak ise ameliyat sırasında posterior ligamentler ve paravertebral kasları, faset eklemlerin hasarlanması suçlanmaktadır. [76, 77] Kim ve arkadaşları fiksasyon türlerinin farklılığı ve ameliyat öncesi var olan kifoz derecesinin büyüklüğünün PJK gelişimine etkili faktörler arasında en önemlileri olduğunu bildirmişlerdir. [66, 74]

Skolyoz cerrahisinde kullanılan diğer sistemlere göre daha rijit bir yapı sağlayan posterior füzyonla birlikte, artmış olan bu rijiditeye sekonder füzyon sahasının üst ve alt kısmındaki geçiş bölgelerinde stres dağılımının ve yüklenmesinin değişimine bağlı olarak dejeneratif süreçle sonuçlanan patolojik değişiklikler oluşur. Kullanılan fiksasyon metodu çalışmalarda PJK gelişimi açısından potansiyel risk faktörü olarak değerlendirilmiştir. Kim ve arkadaşlarına göre, kullanılan sistem ne kadar rijitse PJK gelişme ihtimali o kadar artmaktadır. [74] Diğer taraftan hibrid (proksimal hook, distal pedikül vidası) sistemlerin önemli bir faktör olduğunu savunmaktadır. [66] Bununla birlikte, tedavi sonrası kabul edilebilir bir sagittal denge sağlanması PJK gelişimini önlemede oldukça önemli görülmektedir. [75]

Daha önce de bahsedildiği gibi, PJK füzyon sonrası geçiş bölgelerinde artan ve dağılımı değişen stres ile ilişkilidir. Ancak, bu durumun ortaya çıkardığı sonuçlar ve hasta bazında görülen radyolojik ve klinik değişiklikler birçok nedenle ilişkilidir. Seçilen cerrahi strateji ve teknikteki farklılıklar, kemik greft seçimi (otojen greftte daha erken füzyon ve daha yüksek PJK gelişimi) ve ameliyat sonrası uygulanan rehabilitasyon

programının da PJK etyolojisinde olası rol oynayabileceği belirtilmektedir.

Kim ve arkadaşlarının yapmış oldukları derlemede ileri yaş, sakruma uzanan posterior füzyon, kombine anterior / posterior cerrahi, torakoplasti ve üst enstürmente vertebranın T1-T3 arasında olmasının PJK gelişimi açısından risk faktörü olabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, ameliyat sonrası gelişen hipokifoz ya da hiperkifozun da PJK gelişimi ile ilişkili olabileceği aktarılmıştır. [78]

Kim ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptıkları ve 3 farklı posterior segmental spinal enstürmentasyon ve füzyon tipini karşılaştırdıkları 410 hastalık diğer bir çalışmada 2 yıllık takip sonucunda PJK prevalansı %27 olarak gözlenmiştir. Kullanılmış olan 3 sistemden daha rijit olanın PJK gelişme insidansının daha fazla olduğu belirtilmiştir. Daha büyük preoperatif torakal kifoz ve kifozun fazla miktarda düzeltilmesi (over-correction), torakoplasti ve erkek cinsiyetin PJK ile ilişkili olduğu; ancak torakal bölgede füzyon seviyesinin nerede sonlandırıldığı junctional kifoz gelişiminde önemli olmadığı aktarılmıştır. Kim ve arkadaşlarının 2005 yılındaki yayının aksine, erkek cinsiyette risk faktörünün daha yüksek olmamasına rağmen neden PJK prevalansının daha fazla olduğu açıklanamamıştır.[74]

Hollenbeck ve arkadaşlarının 4.9 yıl takipli 174 hastanın değerlendirildiği çalışmalarında Prevalans açısından preoperatif junctional sagittal açı, üst enstrümente vertebra, eğrilik çeşidi, eklenen anterior cerrahi ve kot rezeksiyonları ve enstürmentasyonun uzunluğu gibi 15 faktörün değerlendirildiği ve hiçbirinin risk faktörü niteliği taşımadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, 4.9 yıllık takip sonrasında PJK sıklığı literatürde belirtilenden daha az olarak %9.2 saptanmıştır. Ancak, 8 yıllık takip sonucunda güncel yayınlarla benzer şekli de hastaların yaşam kalitesinin PJK gelişmeyenlerden farklı olmadığı belirtilmiştir. [79]

	Yayınlanma zamanı	Çalışma grubu	Hasta sayısı	PJK insidansı	Risk faktörleri
Glattes RC [1]	2005	Yetişkin	81	% 26	UEV T3
Hollenbeck SM [79]	2008	Adölesan	174	% 9	Belirgin bir risk faktörü yok
Kim YJ [73]	2008	Yetişkin	161	% 39	Yaş > 55, kombine anterior-posterior cerrahi
Kim YJ [66]	2005	Adölesan	193	% 26	Torakoplasti, pre-operatif torasik kifoz (T5-T12 > 40°), hibrid enstürmentasyon
Kim YJ [74]	2007	Adölesan	410	% 27	Erkek cinsiyet, torakoplasti, pre-operatif torasik kifoz (T5-T12 > 40°)
Wang J [80]	2010	Adölesan	150	%28	L2 distalinin füzyonu, enstürmentasyonun en proksimalinde pedikul vidası kullanımı, torakoplasti
Yagi M [72]	2011	Yetişkin	157	% 20	S1' in füzyonu, posterior segmental enstürmentasyon, anormal sagittal balans, SSVC korreksiyonunun > 5° olması

Tablo 2. Çeşitli yayınlarda yer alan PJK gelişimi için risk faktörleri

Spinal deformite cerrahisinde sagittal denge hem deformitenin anlaşılması hem de tedavi protokolünün belirlenmesinde oldukça önemlidir. [36, 81] Çoğu çalışma sagittal balansın özellikle de pelvik parametrelerin hayat kalitesini değerlendiren skorlamalar ile korele olduğunu bildirmektedir. [35, 43] PJK gelişiminde sagittal denge ve deformitenin düzeltilme miktarı oldukça önemlidir. Maruo ve arkadaşlarının PJK için risk faktörü olan durumları belirlemeyi amaçladığı çalışmasında lomber lordozun 30 dereceden daha fazla düzeltilmesinin ve ameliyat sonrası pelvik insidansın 55 derecenin üzerinde olmasının PJK gelişimi açısından risk oluşturduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, ameliyat öncesi var olan 30 derece ve üzerindeki torakal kifoz ve 10 dereceden fazla olan proksimal kavşak açısının da PJK oluşumunu arttırdığı bildirilmektedir. Lee ve arkadaşları ise proksimal kavşak açısının 5 dereceden fazla oluşunu PJK gelişimi için risk faktörü olarak değerlendirmistir. [82] Mendoza ve arkadaşları da diğer çalışmacılarla paralel olarak ameliyat öncesi var olan torakal kifozun PJK gelişimine yol açabileceğini belirtmistir. [83]

Cammarata ve arkadaşlarının finite element üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada PJK gelişimiyle ilişkili olabilecek biyomekanik risk faktörleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre, PJK' nın hem sagittal denge hem de posterior yumuşak dokuların ve faset eklemin harabiyetine bağlı gelişen stabilite kaybı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. [84] Yine Cammarata ve arkadaşlarının 2014 yılında yapmış oldukları diğer bir finite element çalışmasında posterior proksimal intervertebral elemanların bütünlüğünü koruması, üst enstrümante vertebrada transvers proses kancaları ve geçiş rodu kullanılması ve sagittal dengenin sağlanmasının PJK gelişimini önleyen etkenler olduğu belirtilmiştir. [54]

PJK Lokalizasyonu ve Oluşum Mekanizması

PJK enstürmentasyonun seviyesine göre herhangi bir lokalizasyonda olabilir. Hostin ve arkadaşlarının yapmış oldukları ve ortalama yaşın 63 olduğu retrospektif çalışmada junktional kifozun daha çok torakolomber bölgede olduğu ve failure mekanizmasının yine deformitenin lokalizasyonuna göre değişebildiği belirtilmiştir. [71] Buna göre torakolomber bölgedeki oluşan deformite mekanizmasının kırığa bağlı olduğunu belirtirken, üst torasik bölgedeki deformite oluşum mekanizması olarak ise yumuşak dokuda meydana gelen hasarı sorumlu tutmuştur. Aynı şekilde Maruo ve arkadaşlarının yapmış oldukları ve PJK oluşum mekanizmasını değerlendirdikleri diğer bir çalışmada ise var olan mekanizmalar komşu disk dejenerasyonu, komşu vertebra subluksasyonu, üst enstürmente vertebrada kırık, üst enstürmente vertebranın proksimalinde gelişen kırık ve implantın failurine bağlı olmak üzere 5 kategoride sınıflandırılmıştır. Bu çalışmaya göre torakolomber bölgede gelişebilecek junktional kifoz deformitesi için en sık mekanizma olarak üst enstürmente vertebra seviyesinde kırık oluşumu gösterilmiştir. Yine aynı şekilde bu çalışmada da lomber lordozda 30 dereceden fazla düzeltme ve ameliyat öncesi 30 derece ve daha fazla olan torakal kifoz varlığının PJK gelişimine neden olabileceği belirtilmiştir.[85]

Watanabe ve arkadaşlarının PJK oluşum mekanizması ve risk faktörlerini belirlemek açısından yapmış oldukları diğer bir çalışmada 2 tur proksimal kavşak kırık türü tariflenmiştir. Birincisi, komşu vertebranın subluksasyonu sonrası üst enstürmente vertebrada görülen kollaps ve diğeri komşu vertebra kompresyon kırığıdır. Ameliyat sonrası ortalama 2.8 ay sonra gözüktüğü belirtilen üst enstürmente vertebranın kollaps mekanizmasını ise üst enstürmente vertebraya komşu vertebranın subluksasyonu sonrasında üst end plate ve anterior vertebral duvarda çökme ve ardından gelişen intervertebral disk yapısında bozulma olarak tarif etmektedir. [78]



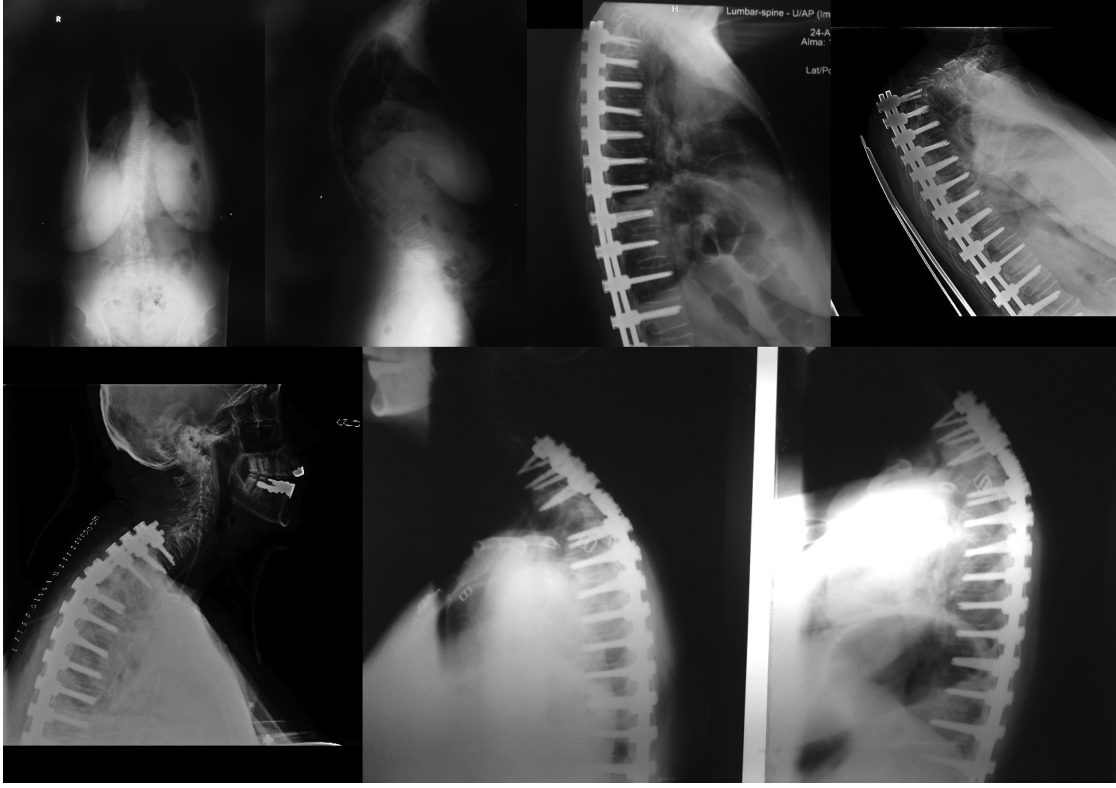
Resim 30. Adölesan idiopatik skolyoz nedeniyle opere edilen hastada post-op gelişen PJK ve revizyon sonrası klinik ve radyolojik görünüm

PJK Gelişiminin Önlenmesi

1- Hastaya bağlı faktörler

- **Artmış vücut kitle indeksi:** Yapılan birçok çalışmada hastanın artmış vücut kitle indeksi ile PJK gelişiminin korele olduğu bildirilmiştir. Literatürde kesin etkisi tam olarak açıklanamasa da olası mekanizmada artmış kiloya bağlı olarak enstürmentasyonun proksimalinde gelişen stress kuvvetleri suçlanmaktadır. Yapılan gözlemlerde PJK gelişen kilolu hastaların özellikle büyük memeli yaşlı kadınlar olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, sıklıkla post-menopozal olan bu obez hastalarda paravertebral kasların yağlı dejenerasyonu ile gelişen güçsüzlük de var olan mekanizmalar arasındadır.[64]
- **Azalmış kemik dansitesi:** Osteoporoz sonucunda gelişebilen spontan vertebral kompresyon kırıkları PJK gelişimine yol açabilir. Bu nedenle, bu hastaların bir kısmında özellikle stress kuvvetlerinin artmış olduğu komşu segment vertebralara profilaktik güçlendirme uygulanabilir. Özellikle sagittal vertikal aksın 6 cm' den büyük olduğu hastalarda artmış strese bağlı olarak gelişen subkondral kırıklar hastanın yaşı ve kilosu ile de ilişkili olarak zaman içinde kifoz gelişimi ile sonuçlanabilir.
- **İleri yaş ve buna bağlı olarak bağlarda gelişen dejenerasyon ve zayıflık:** Yaşın ilerlemesiyle artmış olan osteoporoz ile birlikte bağlarda ve eklem kapsüllerinde gelişen zayıflık sonucu postur devamlılığının korunamaması ve kifoz gelişimi sık görülmektedir. Aynı şekilde, yaşlılıkta doğal olarak gözlenen global kifoz artışı da bu olaya katkıda bulunarak PJK gelişimine neden olabilmektedir. Bununla birlikte, yaşın ilerlemesiyle birlikte yaşlanan omurganın doğal seyri sırasında da özellikle yeterli kompensasyon mekanizmalarının varlığında hastanın çok iyi şekilde tolere edebileceği bir junktional kifoz gelişimi de görülebilir.
- **Daha önce geçirilmiş cerrahiler:** Bu risk faktörü özellikle posterior kaslarda önceki ameliyatlardan sonrası gelişebilen skar dokusu varlığında suçlanabilir.

- **Anormal pelvik insidans:** Pelvik insidans ve sagittal denge son yıllarda güncel literatürün oldukça ilgilendiği konulardır. Roussouly ve arkadaşlarının yapmış oldukları derlemede ameliyat öncesi var olan düşük dereceli pelvik insidansı olan hastaların cerrahi sonrası sagittal dengesinin daha iyi düzeltilebildiğini bildirmişlerdir. [86] Aynı şekilde, Lonner ve arkadaşları Scheuermann kifozu nedeniyle opere edilen hastalarda gelişen junktional kifozun direk olarak pelvik insidansın büyüklüğü ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. [87] Başka bir yayında ise lomber pedikül subtraction osteotomisi sonrası artmış olan lomber lordoz sonrasında takiplerde gelişen ve sagittal dengeyi olumsuz yönde etkileyen ve junktional kifoz oluşumuna neden olabilecek torakal kifozun oluşumunda artmış olan lomber lordoza bağlı olarak artan pelvik insidans suçlanmaktadır. [88]
- **Enstürmente edilmemiş servikal ve torakal vertebranın durumu:** Sagittal denge, pelvik insidans ve lomber lordozun PJK oluşumuna etkisinin tartışılmasının ardından enstürmente edilmemiş servikal vertebranın durumu da değerlendirilmelidir. Ameliyat öncesi sagittal dengesi ileri derecede bozulmuş ve özellikle ileri derecede torakal kifozu bulunan hasta servikal lordozunu arttırarak görmeye çalışır; bu da ileri dönemlerde servikal bölgede hareket kısıtlılığı ve ekstansiyon postürüne neden olur. Hastanın kifotik deformitesine yönelik yapılan bir cerrahi sonrası hastanın görüşü 3 mekanizma ile düzenlenir: kalça fleksiyonuyla, eğer hareketleri kısıtlanmamışsa servikal bölgenin fleksiyonuyla veya enstürmentasyonun üstündeki daha esnek bölgeden kompanse ederek. Bu da özellikle uzun rijit enstürmentasyon sonrası junktional kifoz gelişiminde önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilebilir. [64]
- **Kalça ve diz ile ilgili bulgular:** Kalça eklem parametreleri ile junktional kifoz arasındaki ilişkiyi inceleyen çok fazla bir literatür çalışması bulunmamaktadır. Lomber bölgede var olan rijit bir kifoz varlığında kalça fleksiyon kontraktürünü saptamak zordur. Ancak, oksiputtan ayakbileğine kadar çekilmiş grafiplerle kalçada ne kadar fleksiyon kontraktürü olduğu ya da kalçanın ne kadar ekstansiyona gelebileceği değerlendirilebilir. Gerçek bir kalça fleksiyon kontraktürü varlığında sagittal planda hastanın gövdesi öne doğru eğilme postürüne girecektir. Kompansasyon amacıyla



Resim 31. Yetişkin kifo-skolyoz deformitesi nedeniyle geçirilen operasyon sonrası gelişen PJK ve revizyon sonrası radyolojik ve klinik görünüm

yapılan kalça ekstansiyonu ve lomber lordozun yetersiz kaldığı durumda fleksiyon postüre hakim olacak ve optimal sagittal denge sağlanamayacaktır.

Hosman ve arkadaşları Scheuerman kifozu ameliyatı sonrası gelişebilen denge bozukluğu ile hamstring gerginliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. [89] Bu hastalarda olan hamstring gerginliği lomber kompensatuar olarak değerlendirilmiştir. Diğer bir deyişle, kifozun düzeltilmesi sonrası hasta hamstring gerginliği ile lomber vertebrayı daha çok kompanse etmeye çalışır.

Bununla birlikte, kalça ve diz parametreleri ile olan ve tam olarak değerlendirilememiş bu ilişki osteoartrit ya da artroplasti varlığında bu ilişki daha da karmaşık hal alır.

- **Nörolojik durum:** Hastada var olabilecek Parkinson hastalığı gibi nörolojik bir tablo yapılacak cerrahiyi ve sonuçlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu hastalarda var olan postural instabilite ve sagittal denge bozukluğunun kombinasyonu sonucu ortaya çıkan biyomekanik değişikliklerden dolayı spinal cerrahi oldukça sıkıntılıdır. [90]

2- Cerrahiye ait faktörler

- **Enstürmentasyon seviyesi:** Genel itibarıyla, herhangi bir kontrendikasyon yoksa skolyoz ya da kifoz nedeniyle yapılacak olan enstürmentasyon üst ve alt end vertebra baz alınarak yapılır. Özellikle yaşlı hastalarda enstürmentasyonun sagittal Cobb açısının tümünü kapsamayı önerilir. Bununla birlikte, ek sorunların olduğu durumlarda diğer seçenekler de gözden geçirilir. Literatürde bildirildiği gibi PJK insidansı sakruma uzanan rijit enstürmentasyonlar sonrası artmaktadır. Ancak, lumbosakral bölgede var olan dejeneratif değişiklikler, hastanın kemik kalitesinin düşük olması, L5-S1 dejenerasyonu ya da deformitenin büyüklüğü nedeniyle enstürmentasyonun sakruma kadar uzatılması kaçınılmaz hal almaktadır.

Torakal bölge ile ilgili olarak ise Kim ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada ise üst enstürmente vertebranın T1-T3 arasında olmasının PJK gelişimi açısından risk faktörü olabileceği belirtilmiştir. [78] Bununla birlikte, torakal bölgede intervertebral alanda bulunan osteofitlerin PJK' a karşı koruyucu olduğu bildirilmektedir. [64]

- **Kullanılan enstürmentasyonun rijiditesinin azaltılması:** Daha önce de bahsedildiği gibi PJK risk faktörlerinden en fazla bahsedilen rijit enstürmentasyon [67, 68] çeşitli yollarla modifiye edilebilir. Örneğin, seçilen enstürmentasyonun çapı azaltılarak, daha çok titanyum daha az kobalt krom ya da çelik kullanılarak stiffnesinin düşürülmesiyle PJK gelişimi önlenabilir. Ayrıca özellikle proksimalde enstürmentasyonun atlanarak yapılmasıyla da aynı amaca ulaşılabilir. Yine proksimalde rijiditenin azaltılması amacıyla zaman içinde hook ve sublaminar teller kullanılmıştır. Ancak özellikle osteoporotik hastalarda transvers proses hooklarının kullanımı önerilmemektedir.
- **Yumuşak doku bütünlüğünün korunması:** Posterior enstürmentasyon sonrası interspinoz ve supraspinoz bağlar ve fasetleri hasarı PJK gelişimine neden olan risk faktörleri arasında en çok bahsedilenlerden biridir. Özellikle yaşlı ve obez hastalarda paraspinal kasların yağlı dejenerasyonu ve gerginliğini kaybetmesi de junktional kifoz gelişimine katkıda bulunur. Enstürmente vertebranın proksimalindeki yumuşak dokuların korunması amacıyla enstürmentasyonun proksimalinde transvers proses hook kullanımı tercih edilebilmektedir.
- **Optimal dengenin sağlanması:** Spinal deformite cerrahisinde lomber lordozun yeteri kadar sağlanamaması yetersiz sagittal denge olarak değerlendirilmektedir ve zayıf klinik sonuçlarla birlikte, özellikle yaşlı hastalarda sagittal denge kötü olsa bile klinik olarak herhangi bir problem oluşturmamaktadır. Bu da agresif düzeltici cerrahi gereksinimi konusunda şüphe oluşturmaktadır. Literatürde sagittal aksın ileri derecede düzeltilmesi PJK risk faktörleri arasında bulunmaktadır. Bununla birlikte, sagittal dengenin yetersiz düzeltilmesinin de PJK yol açabildiği bilinmektedir. Bu nedenle, optimal dengenin sağlanması en uygun yaklaşım olacaktır.

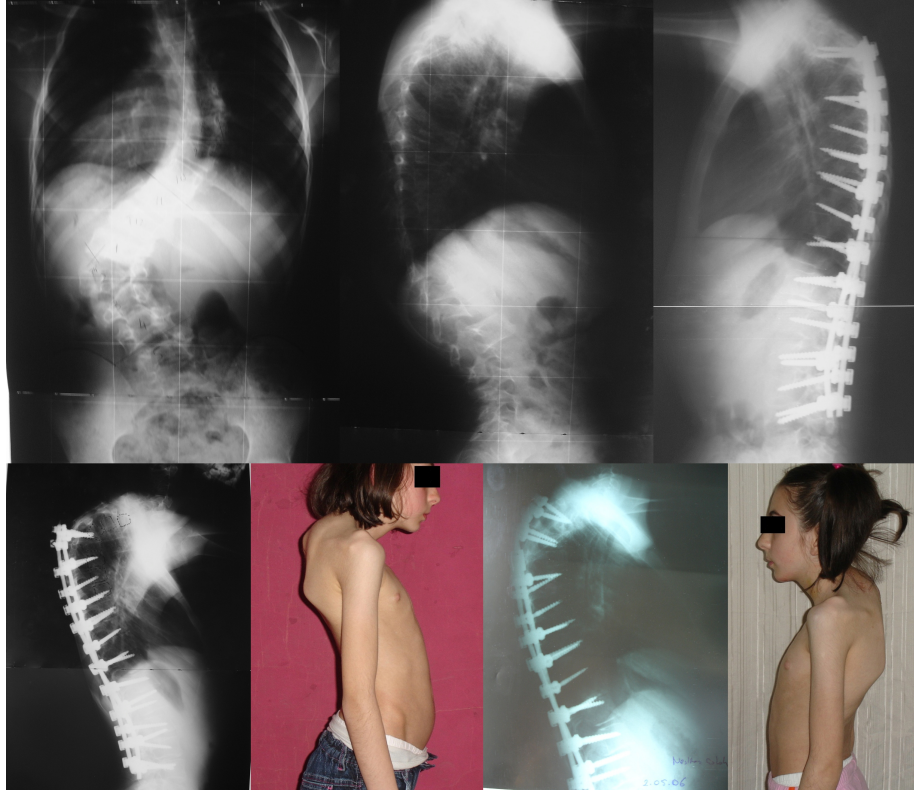
Klinik

PJK' un bildirilen radyolojik insidansı % 10 ile % 40 arasında değişse de bu tablonun kliniğe yansması aynı oranda değildir. Yapılan birçok çalışmada PJK hastalarının Scoliosis Research Society (SRS) skorlarının PJK gelişmeyen hastalarda farkının olmadığı bildirilmektedir. [56, 62, 75] Helgeson ve arkadaşlarının 283 adölesan idiopatik skolyozlu hastayı retrospektif olarak değerlendirdikleri çalışmalarında proksimal junktional kifoz gelişen ve gelişmeyen hastaların SRS-22 skorları arasında anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir. [10] Bununla birlikte, Kim YJ ve arkadaşlarının 2008 yılında yapmış oldukları çalışmasında PJK açısı 20 dereceyi aşan hastalarda hastaların kendilerinin değerlendirdiği SRS skorunun PJK olmayan hastalara göre önemli derecede farklılık gösterdiği bildirilmiştir. [73]

Bu bağlamda, Kim HJ ve arkadaşlarının 2013 yılında yapmış oldukları ve ortalama 3.5 yıl takipli çalışmalarında 364 hastayı SRS-30 ağrı skorlaması ile değerlendirmişlerdir. PJK oranı % 39.5 olarak değerlendirilen bu çalışmaya göre PJK' lu hastalarda enstürmentasyonun proksimalinde olan ağrının SRS-30 ağrı skorlama sistemiyle değerlendirilmesiyle PJK olan grupta % 0.9 ve olmayan grupta % 29.4 ağrı prevalansı saptanmış olup PJK' un sadece radyolojik bir patolojiden ibaret olmadığı klinik sonuçlarının da kötü olduğu belirtilmiştir. [91]

Cerrahi Endikasyon

Daha önce de bahsedildiği üzere PJK tanılı hastaların çoğunda klinik bulgu olmamasına rağmen küçük bir kısmında tedavi ihtiyacı bulunmaktadır. Junktional deformitenin tanı konulmasının ardından hasta klinik olarak değerlendirilmeli, bu deformiteye neden olan etken tespit edilmeli ve ona göre bir yol izlenmelidir. Arlet ve arkadaşlarının junktional deformiteleri değerlendirdikleri derlemelerinde büyük bir kısmı asemptomatik olan hasta grubuna herhangi bir girişim gerekmeyeceği; bunun yanında semptomları şiddetli olan ve deformitenin ilerleme kaydettiği hastalarda revizyon cerrahisine gerek duyulabileceği bildirilmiştir. Seçilecek tedavide enstürmentasyonun uzatılmasının yanında nörolojik bulgular varsa dekompresyon yapılmalı ve sagittal dengenin tekrar oluşturulması hedeflenmelidir. [64]



Resim 32. Konjenital skolyoz nedeniyle opere edilen hastada PJK gelişimi ve revizyon sonrası klinik ve radyolojik görünüm

Bridwell ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmada PJK derecesi 20 derece ve üzerinde olan hastalarda revizyon gereksinimi ve klinik araştırmışlardır. Bu çalışmaya göre, PJK açısının 20 derece ve üzerinde olmasının revizyon endikasyonu oluşturmadığı, ancak hastanın ileri yaşta olması durumunda, alt torakal bölgeden başlayan kısa segment enstürmentasyon yapıldığında, obezite veya sakruma uzanan füzyon varlığında cerrahi gereksinim duyulabileceği bildirilmiştir. Bunun yanında, PJK nedeniyle opere edilmiş hastaların ameliyat sonrası takibinde SRS skorun önemli bir yol gösterici olduğu da belirtilmiştir. [56]

Hart ve arkadaşlarının 1218 adölesan idiopatik skolyozlu hasta içinden 57 PJK hasta ile yaptıkları çalışmada PJK için cerrahi endikasyonları değerlendirmişlerdir. 27 hastanın revizyona gitmiş olduğu çalışma sonucunda travmatik kökenli junktional failure, PJK açısının şiddeti, sagittal vertikal aksın büyüklüğü ve bayan cinsiyet PJK revizyonu için risk faktörler olarak değerlendirilmiştir. Ancak, revizyon endikasyonu açısından en önemli risk faktörünün daha önce yapılmış olan ameliyat için kombine anterior-posterior girişim seçilmesi olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte yetmezliğin yumuşak doku ya da kemiğe bağlı olması, hastanın yaşı, kilosu, füzyon yapılan seviye sayısı, üst torasik ya da proksimal torakolomber bölgede görülmesinin revizyon kararı vermede etkili olmadığı da bildirilmiştir. [92]

Clendon ve arkadaşları yapmış oldukları retrospektif çalışmalarında üst torasik omurgada gelişen PJK' a yönelik cerrahi teknikleri tartışmışlardır. Düzeltici osteotomiler ve eşlik eden kot osteotomileri, enstürmentasyonun uzatılması, servikal traksiyon ya da per - operatif yapılan manuel girişimler PJK tedavisinde etkili olduğu belirtilen tedavi şekilleridir. Servikal traksiyon bu bölgedeki ligamentlerin gevşemesini sağlayarak düzeltici cerrahi sırasında oluşabilecek gerginliğe bağlı riskleri indirger. Bu çalışmaya göre sadece radyolojik deformitesi olup klinik olarak normal olan hastada , medikal olarak geçirilemeyen ağrı durumunda, eşlik eden myelopati varlığında ya da anormal posture bağlı olarak gelişen medikal ya da psikolojik hastalıkların eşlik etmesi halinde mevcut enstürmantasyonun uzatılması önerilmiştir. Smith-Petersen ya da Ponte osteotomileri rijit olmayan kifozlarda seçilebilecek osteotomi yöntemleridir. Eklenecek bir kot osteotomisi Smith-Petersen osteotomisinin etkinliğini arttırır. Bu açıdan ameliyat öncesi hastanın rijiditesi klinik ve radyolojik olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, Smith-Petersen ve Ponte osteotomilerinin etkinliği açısından sağlam bir disk oldukça önemlidir. Deformitenin ileri derecede rijit olduğu ya da spondiloptozis varlığında torakal vertebral kolon rezeksiyonu tercih edilmesi gereken cerrahi yöntemidir. Bununla birlikte, Smith-Peterson osteotomisinde osteotomi çoklu seviyeyi içerdiğinden vertebral kolun rezeksiyonuna göre nörolojik defisit daha az görülmekte ve daha ılımlı bir düzeltme elde edilmektedir. [93]

Güncel literatürde PJK' un önlenmesinde enstürmentasyonun proksimalindeki vertebralara profilaktik vertebroplasti uygulaması en çok tartışılan konulardandır. Hart ve arkadaşları yapmış oldukları 28 hastalık retrospektif çalışmalarında üst enstürmente vertebra ve ona komşu proksimal vertebra olmak üzere 2 seviye uyguladıkları vertebroplastinin PJK' u önlemede etkin olduğunu belirtmişlerdir. [94]

Kebaish ve arkadaşlarının insan kadavrası üzerinde yapmış oldukları biyomekanik çalışmalarında ise tek ve 2 seviye vertebroplasti ile hiç vertebroplasti yapılmayan omurgalara aksiyel yüklenme uygulanarak vertebroplastinin PJK' u önleme etkinliği araştırılmıştır. Sadece üst enstürmente vertebraya vertebroplasti uygulanması durumunda komşu segmentte stres artışı ve buna bağlı olarak oluşan hareketi kısıtlı segment nedeniyle vertebra kompresyon kırığı insidansında yeterli azalma olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, üst enstürmente vertebra ve komşu proksimal vertebraya vertebroplasti uygulanması sonrasında junctional bölgede kırık oluşumunun anlamlı derecede azaldığı bildirilmiştir. [95] Ancak, Fernandez-Baillo ve arkadaşlarının yapmış oldukları vaka sunumu çalışmasında olduğu gibi vertebroplasti tamamen masum bir yöntem değildir. Bu çalışmada 70 yaşında lomber skolyoz nedeniyle yapılan cerrahi sonrası üst enstürmente vertebra ve komşu proksimal vertebraya profilaktik vertebroplasti uygulamasının ardından herhangi bir travma olmaksızın üst enstürmente vertebrada çökme ve komşu vertebrada subluksasyon gelişmiştir. [96] Yapılan diğer birçok çalışmada aynı şekilde vertebroplasti sonrası komşu segmentte yetmezlik, emboli ya da enfeksiyon gibi komplikasyonlar bildirilmiştir. [97, 98]

Vertebroplasti özellikle 2 seviye uygulandığında PJK' u önlemede profilaktik olarak uygulandığında etkinliği kanıtlanmış bir yöntem olmasına rağmen yan etkileri nedeniyle proksimalde hook gibi daha az rijit implant kullanılması [10, 99], üst enstürmente vertebranın belirlenmesinde daha düşük açılı seviyenin seçilmesi [100], ameliyat öncesi stabil vertebranın belirlenmesi [101] ve füzyonun proksimale uzatılması [102] gibi alternatif seçenekler değerlendirilebilir.

İnsan Omurgası ile Koyun Omurgası Arasındaki Farklar

Hayvan modelleri, in vitro ve in vivo çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. İnsan omurga modeli bu çalışmalar için daha uygundur, ancak kolay elde edilememesi ve yaş, cinsiyet, kemik kalitesi ve dejeneratif değişiklikler gibi faktörlere bağlı olarak gözlenen geniş geometrik ve mekanik çeşitlilikten dolayı kullanımı yaygın değildir. Bunun aksine, hayvan omurga modelleri hem daha kolay elde edilebilmesi hem de uygun soy, cinsiyet, yaş ve kilo seçildiğinde insan modelinde dezavantaj nedeni olan biyolojik varyasyon önlenerek daha uygun homojenite sağlanacaktır. [52, 53, 103] Bu yüzden hayvan modelleri özellikle omurgada yapılan in vivo ve in vitro çalışmalar için iyi bir alternatif olmuştur. [67, 68] Birçok çalışmada domuz, keçi, dana, koyun, babun, geyik, keçi ve köpek modelleri kullanılmıştır. [103-105]

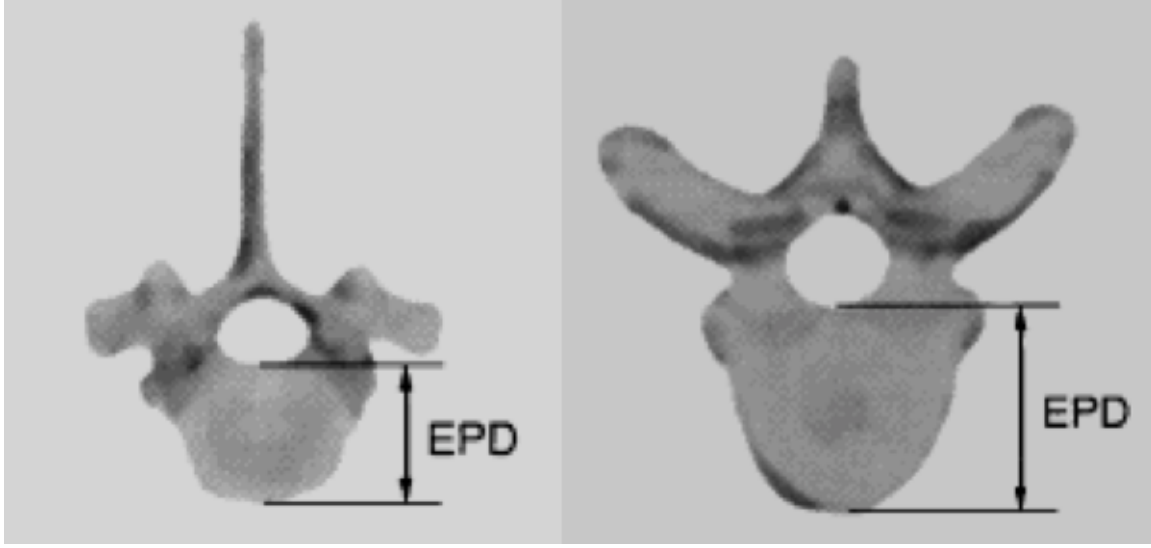
İn vitro çalışmalarda, koyun omurga modeli ile basit olarak omurganın temel fonksiyonları değerlendirilebilir. İn vivo çalışmalarda yani yaşayan model üzerinde yapılan çalışmalarda ise füzyon, disk dejenerasyonu, instabilite ve enstürmentasyona bağlı adaptif değişiklikler değerlendirilebilir. İntervertebral disk histomorfolojisi ve lomber bölgede füzyon tekniklerinin biyomekanik etkisi ya da lomber ve servikal bölgelerde kullanılan implantların stabilizan efekti gibi in vivo çalışmalarda koyun omurga modeli sıklıkla kullanılmıştır. [62, 106, 107]

Koyun omurga modeli üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, bu türün karakteristik anatomik özelliklerine yönelik halen yeterli bilgiye erişilememiştir. İnsan ve koyun omurgası arasındaki benzerlik ve farklılıkların bilinmesi, sonuçların daha doğru şekilde yorumlanması ve koyun omurgasında hangi çalışmaların yapılabileceğinin belirlenmesi açısından gereklidir.

Yayınların bir kısmında kullanılan koyun omurgası dondurulmuş özellikte [63, 108, 109] iken bir kısmı da kurutularak [110-112] hazırlanmıştır. Ancak kurutma ya da formalin ile fiksasyon sonucu hazırlanan modellerde yumuşak doku sertleşme ve

kısalmaya uğrayacaktır. Genel olarak koyun omurgasında 7 servikal, 12-14 torasik ve 6-7 lomber vertebra bulunur.

İnsan ve koyun omurgasındaki farklılıklar ve benzerliklerin daha uygun değerlendirilmesi açısından, omurgayı anatomik bölgelere ayrılmış şekilde değerlendirmek daha yararlı olacaktır.



Resim 33. Koyun ve insan omurgasının aksiyel görüntüsü [4]

Vertebral Cisimler

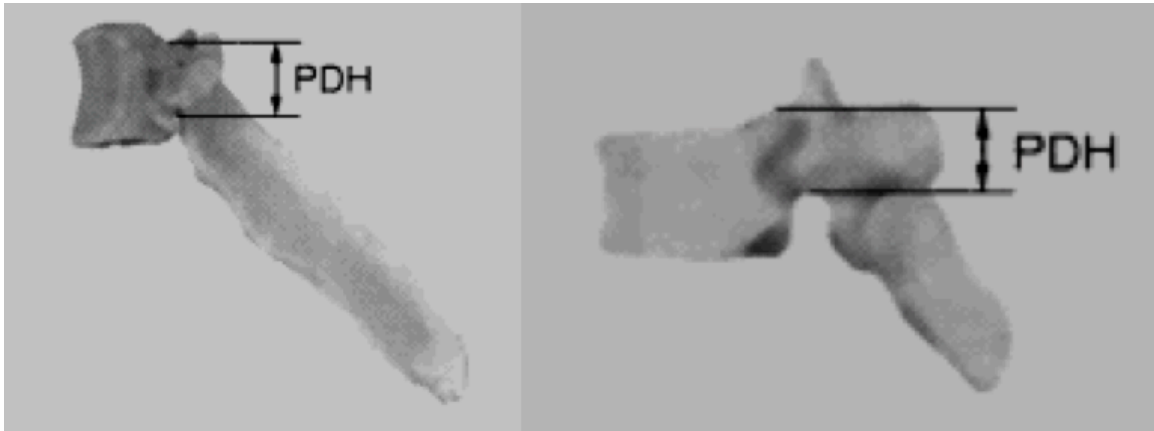
İnsan ve koyun omurga cismi arasındaki temel fark, insan omurgasının daha geniş olması ve koyun omurgasının ise özellikle servikal bölgede yüksekliğinin daha fazla olmasıdır. Bununla birlikte her iki türde de vertebra genişliği yükseklikten daha fazladır. İnsan ve koyun omurgası en fazla lomber ve torakal bölgede benzerlik gösterirken, servikal bölgeler arasında önemli değişiklikler vardır. Koyun omurgasında insan omurgasının aksine, yükseklik, genişlik ve derinlik servikal bölgede diğer bölgelere göre daha fazladır. Torakal ve lomber bölgelerde yükseklik koyun omurgasında daha fazla

iken; genişlik ve derinlik daha azdır. Diğer bir farklılık ise koyunlardaki lomber vertebranın kısmen kifotik olmasıdır. Atlas ve axis iki cins arasında tamamen farklılık gösterir.

Pediküller

İki tür arasında, vertebra yüksekliği ile ilişkili olarak pedikül yükseklikleri niteliksel olarak benzerdir. Ancak, yine aynı şekilde farklılıklar en fazla servikal bölgededir. Her iki türde de torakal bölge benzer olmakla birlikte insan omurgasında T11-T12 seviyesine doğru olan ve pedikül yüksekliklerinin azalmasıyla birlikte olan lomber vertebraya geçiş koyun omurgasında L5 vertebraya kadar görülmez. Bu nedenle, koyunda lomber bölgede pedikül ve vertebra yükseklikleri insan omurgasına göre daha yakın ilişkilidir.

İki tür arasında pedikül genişlikleri açısından lomber ve servikal bölgelerde daha fazla benzerlik bulunurken, torakal bölgede farklılıklar görülür.



Resim 34. Koyun omurgası ile insan omurgasının lateral görüntüsü [4]

Spinal Kanal

Koyun ve insan omurgasında spinal kanal genişliği aşağı yukarı benzerdir. Ancak niceliksel olarak farklılıklar vardır. Bununla birlikte, her iki türde de bölgeler arasında derinlik açısından kısmen benzerlik bulunmaktadır.

Spinöz ve Transvers Prosesler

Koyunda servikal ve özellikle üst torakal bölgede spinöz prosesler insan omurgasına göre 2-3 kat daha uzundur. Bununla birlikte, lomber bölgede, spinöz prosesler her iki türde de neredeyse aynı uzunluktadır. Transver proses uzunluğu, servikal ve torakal bölgede her iki türde de büyük oranda benzerken lomber bölgede farklıdır.

Faset Eklemler

Servikal vertebrada, koyunun faset eklemleri dorsolateral ve kısmen öne doğru; insanda ise direk lateral ve ileri yönelimlidir. Torakal bölgede koyun omurgasında faset eklemlerin yönelimi ani bir geçişle anterolateral ve neredeyse vertikal hale gelir. İnsanda ise faset eklemler, servikal bölgeden daha dik ve transvers planda öne doğru yönelimlidir. Mid-torakal bölgeden torako-lomber bölgeye kadar faset oryantasyonu her iki türde de benzerdir. Lomber bölgede ise eğriliğin genişliğine ve koyun faset eklemlerinin ölçümündeki belirsizliğe bağlı olarak net bir ilişki kurulamamıştır.

Faset yüksekliği ve genişliği torakal bölge dışında büyük oranda benzerdir. Koyun omurgasında, servikal bölgeden torakal bölgeye geçerken, faset genişliğindeki varyasyon lomber bölgeye göre daha güçlüdür. Fasetler arası mesafe de her iki türde benzerdir.

Diskler

Lomber bölgede anterior disk mesafesi koyunlarda yaklaşık olarak 5 mm iken insanlarda 11-16 mm civarındadır. [109, 113] Servikal bölgede bu ilişki tam tersine döner; disk yüksekliği koyun omurgasında 5-7 mm iken insan omurgasında 2-3 mm'dir. [108]

Özetle, koyun ve insan omurgasındaki en büyük benzerlik torakal ve lomber bölgelerdedir. İki tür arasındaki en önemli fark ise vertebra yüksekliğindedir. Koyun omurgasında vertebra yüksekliği en fazla servikal bölgede iken, insan omurgasında lomber bölgededir. Bu bağlamda, koyun omurgası özellikle lomber ve torakal bölge için uygun bir insan omurga modeli olarak kullanılabilir.[4]

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

1) Seçilen Hayvanlar ve Omurgaların Özellikleri

Yapılan araştırmalar sonucunda koyun omurgasının insan omurgası için uygun bir biyomekanik model oluşturduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada iskelet gelişimini tamamlamış 21 adet Karaman koyununun omurgası kullanıldı. C7 ve T8 vertebra arasındaki torakal vertebra bölümünü içeren koyun omurgaları her bir grup 7 adet örnek içerecek şekilde 3 gruba ayrıldı. İlk grup posterior spinöz ve interspinöz bağların ve faset eklemlerin korunduğu kontrol grubu, ikinci grup üst enstürmente vertebraya komşu vertebra'nın interspinöz ve supraspinöz bağların eksize edildiği grup ve sonuncusu ise izole olarak üst enstürmente vertebraya komşu vertebra'nın faset ekleminin eksize edildiği grup olarak belirlendi.

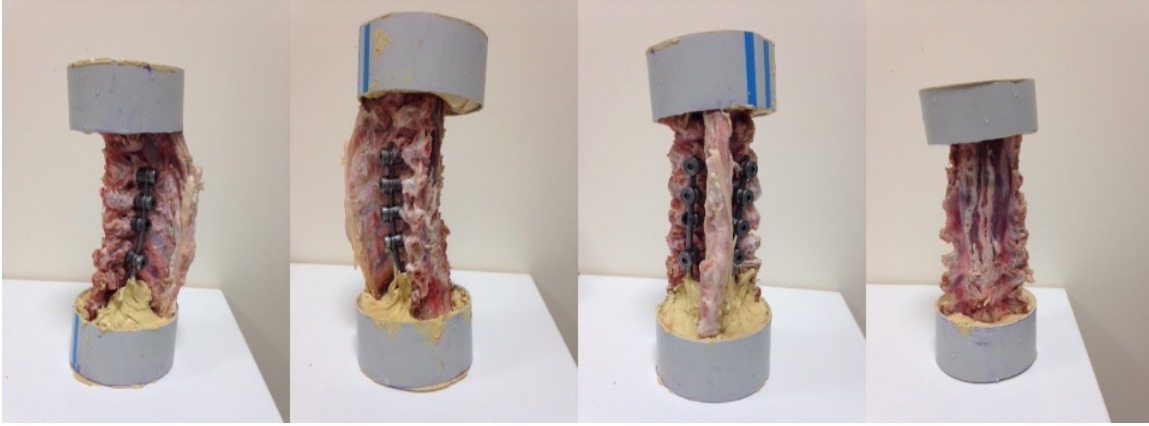
2) Omurgaların Hazırlanışı

Çalışmaya dahil edilen omurgalar ortalama -25 derecede muhafaza edildi ve +4 derecede çözüldü. Çözünme sonrası bekleme sürecinde omurgalar serum fizyolojikle ıslatılarak yumuşak dokuların fizyolojik özelliklerinin korunması amaçlandı.

Posterior spinöz bağlar ve faset eklemler korunarak paravertebral kaslar spinöz proses ve laminalardan disseke edilerek pediküller ortaya kondu. Kosto-vertebral eklemler tüm seviyelerde korundu ve kotlar eklem distali 2 cm mesafeden eksize edildi.

Uygun disseksiyonun ardından T2 ve T7 vertebra'lara toplamda 10 adet olmak üzere 5 seviye 5 cm * 25 mm ebatlarında titanyum pedikül vidası gönderildi. Fizyolojik torakal kifozun sağlanması açısından radyolojik olarak ölçülmüş olan 25 derecelik kifotik eğrilik verilmiş olan 2 adet 6 x 460 mm titanyum rod ile posterior enstürmentasyon tamamlandı. Titanyum rodlar en alt vertebra distal end-plate seviyesinden kesildi.

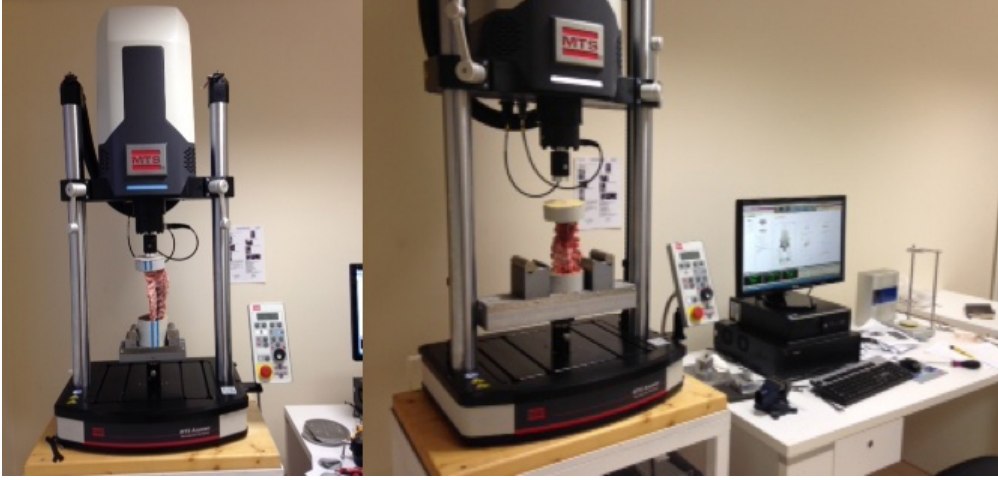
Planlanan biyomekanik deney açısından, kuvvetin insan omurgası gibi erekt pozisyonda uygulanabilmesi için örneklerin proksimal ve distalden tespit edilmesi öngörüldü. Bu bağlamda, tutunmayı sağlamak amacıyla proksimaldeki vertebraya uçları dışarıda kalacak şekilde 2 adet 2 mm' lik K teli çapraz gönderildi. Daha sonra enstürmente edilmiş omurga modelleri proksimal servikal vertebra ve distal torakal vertebrayı içerecek şekilde, 20 cm çapında ve ortalama 4.5 cm yüksekliğinde silindirik plastik boruya doldurulmuş, 15 gram katalizör (Dibenzoyl peroxide) ile karıştırılmış polyester macuna (çelik macun) gömüldü. Oda sıcaklığında ortalama 20-30 dakikada, egzotermik reaksiyon sonlanana kadar beklenerek çelik macun donduruldu ve bu süre zarfında yumuşak dokular serum fizyolojik ile ıslatıldı.



Resim 35. Hazırlanmış olan koyun omurga modelleri

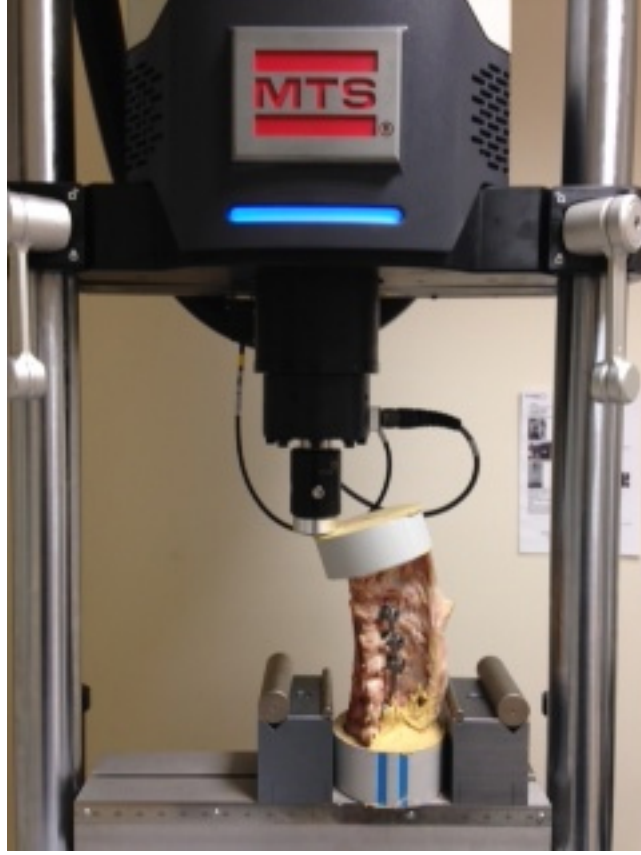
3) Biyomekanik Deney

Omurga modellerinin uygun olarak hazırlanışı ve direk grafi ve bilgisayarlı tomografi ile görüntülenmesinin ardından biyomekanik teste geçildi. MTS acumen elektrodinamik biyomekanik test cihazı ile örnekler aksiyel yüklenme uygulandı. Proksimal ve distal kısmı çelik macun ile tespit edilmiş olan örnekler cihazın tutucu aparatları ile tespit edildi.



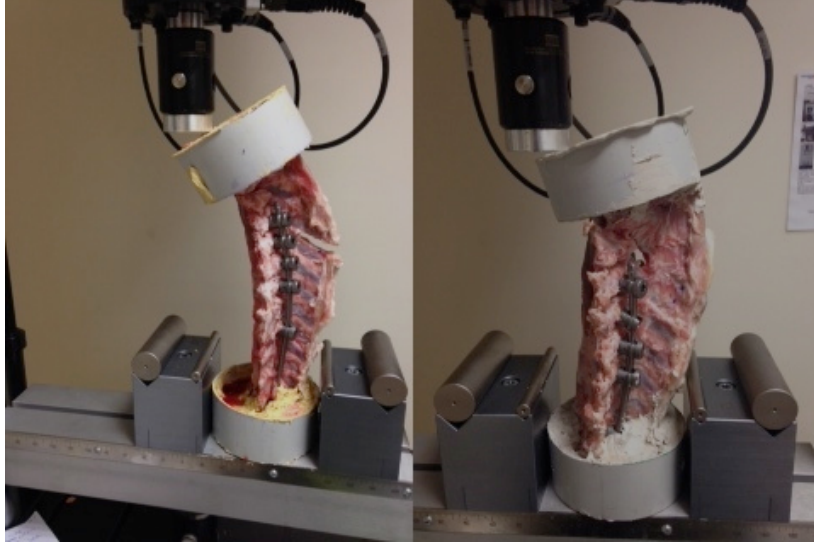
Resim 36. MTS Acumen Elektrodinamik Test Sistemi

Öncelikle kontrol grubu teste dahil edildi. Omurga modelinin cihazın tutucu aparatları ile tespitinin ardından yüklenme öncesi proksimal ensturmente vertebra ile üst komşu vertebra spinöz prosesleri arasındaki mesafe ölçüldü. Daha sonra 100 N kuvvet altında örneklerin stiffness' ı ölçüldü. Farklı olarak ikinci ve üçüncü grupların stiffness' ı failure' ı önlemek amacıyla 50 N kuvvet altında değerlendirildi. Maddenin rijiditesi ya da üzerine uygulanan yüke cevap olarak ürünün deformasyona karşı göstermiş olduğu direnç olarak tariflenen stiffness sayesinde kullanılan preparatların standardizasyonu sağlandı.



Resim 37. Koyun omurga modeline yük uygulanışı

Stiffness ölçümünün ardından 25 N, 50 N, 100 N, 150 N ve 200 N kuvvetleri 5 Hertz frekansında 100 siklуста omurga modeline aksiyel olarak uygulandı. Siklik yüklenmelerin ardından 250 N, 275 N ve 300 N kuvvetleri statik olarak aynı şekilde aksiyel yönde uygulandı. Siklik yüklenmeler sonrasında ve her statik kuvvet uygulanmasının ardından üst enstürmente vertebra ile üst komşu vertebra arasındaki interspinöz mesafe ölçüldü.



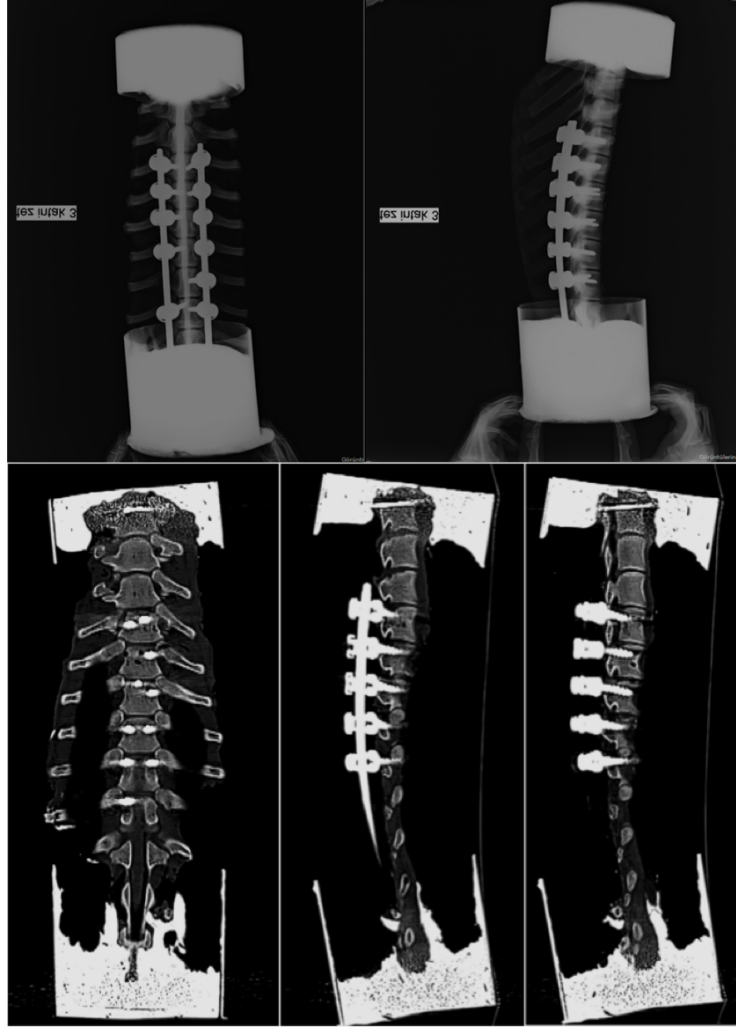
Resim 38. Spinöz ve faset gruba ait örneklerin deney sırasındaki görüntüleri



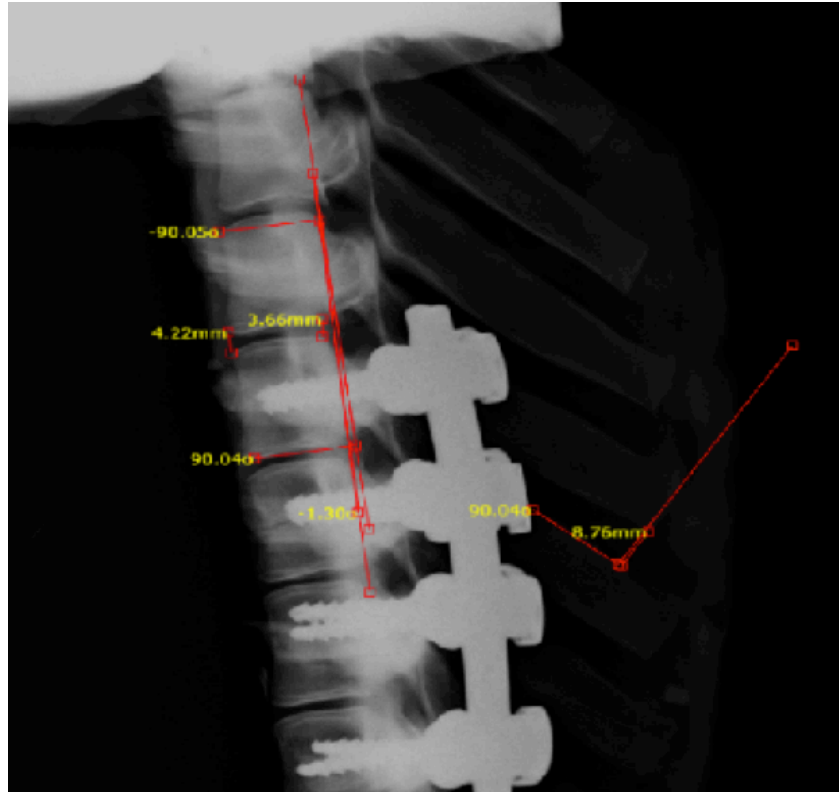
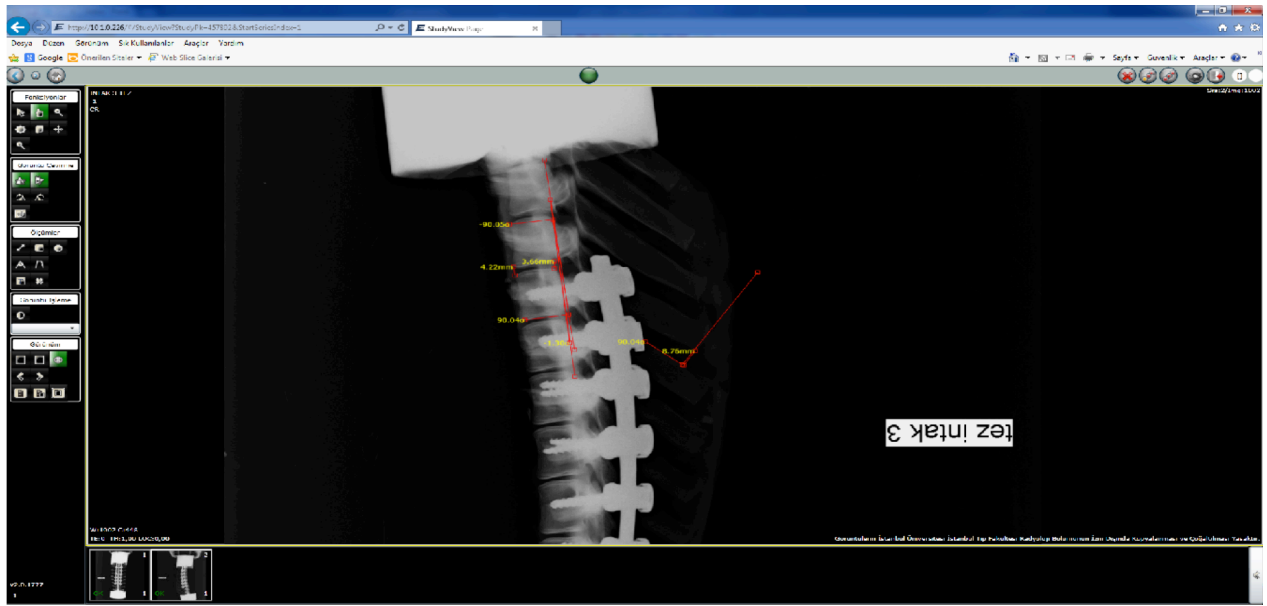
Resim 39. Supraspinöz ve interspinöz bağların eksize edildiği omurga modelinde biyomekanik deney sırasında yetmezlik oluşumu

4) Radyolojik Görüntüleme ve Ölçüm Kriterleri

Biyomekanik deney sonrası omurga modellerinin direk grafisi ve bilgisayarlı tomografisi çekildi. Değerlendirme kriteri olarak üst enstürmente vertebra ile komşu proksimal vertebraların spinöz prosesleri arasındaki mesafe, anterior ve posterior disk yüksekliği ve üst enstürmente vertebra ile komşu proksimal vertebra arasındaki kifoz açısı baz alındı. Ölçümler İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Pacs görüntüleme sistemi ile yapıldı.



Resim 40. Omurga modellerinin direk grafi ve BT görüntüleri



Resim 41. Radyolojik değerlendirme ve ölçüm kriterleri

5) İstatistiksel Analiz

Deneyler sonucunda elde edilen radyolojik ölçüm değerleri SPSS 18.00 programı yardımıyla analiz edildi. Öncelikle değişkenlerin dağılımına göre grup farklılığı yöntemi belirleneceği için, normal dağılımın sağlanmasına yönelik Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri uygulandı. Bu testler sonucunda dağılımların normallik sağlamadığının görülmesi üzerine analiz için non parametrik testlerin kullanılmasına karar verildi. Gruplar için anlamlı farklılığın olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile değerlendirildi ve gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu görüldü. Ardından ikili gruplar için farklılıkların analizinde Mann-Whitney_U testi kullanıldı. İstatiksel olarak anlamlılık değeri %95 güven aralığı için $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

4. SONUÇLAR

Yapılan biyomekanik çalışmada her üç gruptaki koyun omurga modelleri deney öncesi ve sonrasında direk grafide değerlendirildi. Örneklerin aksiyel olarak yüklenmesi öncesi ve sonrasında üst enstrümente vertebra ile komşu vertebraya ait spinöz prosesler arasındaki mesafesi, kifoz açısı ve anterior ve posterior disk yüksekliği değerlendirme kriteri olarak baz alındı.

Deney sırasında supraspinöz ve interspinöz bağları eksize edilmiş olan gruptaki örneklerden biri 200 N' luk siklik yüklenmenin 28. siklusunda proksimal kavşak bölgeden yetmezlik gelişti.

Radyolojik görüntülemenin ardından elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildi. Üç grup, intakt - spinöz, intakt - faset ve spinöz - faset olmak üzere ikiye ayrılmış gruplar halinde karşılaştırıldı.

DÖISR	Deney öncesi interspinoz mesafe radyolojisi
DSISR	Deney sonrası interspinoz mesafe radyolojisi
DÖKAÇ	Deney öncesi kifoz açısı
DSKAÇ	Deney sonrası kifoz açısı
DÖADM	Deney öncesi anterior disk mesafesi
DÖPDM	Deney öncesi posterior disk mesafesi
DSADM	Deney sonrası anterior disk mesafesi
DSPDM	Deney sonrası posterior disk mesafesi

Tablo 3. Değişkenlerin gösterim sembolleri

	BÖISR (mm)	BSISR (mm)	BÖKAÇ (derece)	BSKAÇ (derece)	BÖADM / BÖPDM (mm)	BSADM / BSPDM (mm)
Intakt 1	7.3	10	2.5	3.2	4.3 / 3.1	3.9/4.2
Intakt 2	8.1	10.2	1.6	4.1	4.1/3.4	2.2/3.9
Intakt 3	8.3	11.3	2.8	3.1	4.5/3.2	4.1/3.6
Intakt 4	6.4	8.5	1.6	2.7	4.4/3.7	3.4/4.0
Intakt 5	4.6	8.1	2.5	3.6	4.1/3.5	3.0/3.8
Intakt 6	7.1	9.6	2.4	3.3	4.2/3.2	3.7/4.0
Intakt 7	4.5	8.1	2.3	3.4	3.9/3.5	3.1/3.9
Spinoz 1	3.3	31.1	2.4	18.2	4.0/3.2	2.46/5.17
Spinoz 2	4.6	23.1	1.3	16.6	4.14/3.93	3.0/4.94
Spinoz 3	8.2	17.2	3.2	13.9	4.25/3.05	2.92/3.68
Spinoz 4	6.3	13.5	3.1	10.9	3.83/3.17	2.85/4.42
Spinoz 5	7.4	21.9	4.7	16.2	3.82/3.71	2.7/5.34
Spinoz 6	7.3	17.3	2.2	14.6	4.24/3.14	3.21/3.87
Spinoz 7	6.4	21.8	2.0	15.4	4.59/3.4	2.6/5.66
Faset 1	5.5	13	1.7	10.2	4.1/2.54	3.08/3.85
Faset 2	4.8	11.5	2.1	8.6	4.32/1.62	3.06/3.83
Faset 3	5.9	11.4	2.1	14.4	3.90/2.59	2.65/3.95
Faset 4	6.2	12.9	- 4.6	10.6	4.53/2.82	2.92/5.18
Faset 5	4.3	10.6	- 2.5	11.8	4.34/3.02	2.87/3.70
Faset 6	3.1	7.1	2.3	14.7	3.99/3.02	2.09/3.95
Faset 7	3.8	11.4	- 8.1	6.8	4.76/3.13	3.38/4.37

Tablo 4. Biyomekanik deney öncesi ve sonrası değerlendirme parametreleri

İntak ve spinöz gruplar arasında Tablo 5 ' de de görüleceği gibi deney sonrası ölçülen kifoza açısındaki ve interspinöz mesafedeki artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. ($p < 0.05$) Disk mesafesindeki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı değildir. ($p > 0.05$)

	BÖISR	BSISR	BÖKAÇ	BSKAÇ	BÖADM	BÖPDM	BSADM	BSPDM
Mann-Whitney U	22.000	.000	20.500	.000	19.000	21.500	9.500	11.000
Wilcoxon W	50.000	28.000	48.500	28.000	47.000	49.500	37.500	39.000
Z	-.320	-3.137	-.513	-3.130	-.704	-.386	-1.919	-1.729
Asymp. Sig. (2-tailed)	.749	.002*	.608	.002*	.482	.700	.055	.084

Tablo 5. İntakt - spinöz grupları için Mann-Whitney U testi sonuçları
* ist anlamlı farklılık

İntak ve faset gruplar arasında ise Tablo 6 'da görüleceği gibi aynı şekilde deney sonrası ölçülen kifoza açısındaki ve interspinöz mesafedeki artış anlamlı olarak değerlendirilmiştir. ($p < 0.05$) Aynı şekilde disk mesafesindeki değişikliklerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. (Tablo 6)

	BÖISR	BSISR	BÖKAÇ	BSKAÇ	BÖADM	BÖPDM	BSADM	BSPDM
Mann-Whitney U	8.000	8.000	8.500	.000	21.500	1.000	10.000	22.000
Wilcoxon W	36.000	36.000	36.500	28.000	49.500	29.000	38.000	50.000
Z	-2.108	-2.113	-2.051	-3.130	-.385	-3.013	-1.853	-.320
Asymp. Sig. (2-tailed)	.035*	.035*	.040*	.002*	.700	.003*	.064	.749

Tablo 6. İntakt - faset grupları için Mann-Whitney U testi sonuçları
* ist anlamlı farklılık

İstatistiksel olarak her ikisinde de kontrol grubuna göre interspinöz mesafe ve kifoz açısındaki değişikliklerin anlamlı olduğu spinöz ve faset gruplarının karşılaştırılmasında ise, bu iki parametredeki artışın spinöz grupta daha fazla olduğu; yani interspinöz ve supraspinöz bağları eksize edilmiş gruptaki örneklerin faset eklemi eksize edilmiş olan gruba göre PJK' a yol açma eğilimi daha fazladır. (Tablo 7)

	BÖISR	BSISR	BÖKAÇ	BSKAÇ	BÖADM	BÖPDM	BSADM	BSPDM
Mann-Whitney U	10.000	.000	8.000	6.000	17.000	1.000	19.500	14.000
Wilcoxon W	38.000	28.000	36.000	34.000	45.000	29.000	47.500	42.000
Z	-1.853	-3.137	-2.108	-2.364	-.958	-3.006	-.640	-1.343
Asymp. Sig. (2-tailed)	.064	.002*	.035*	.018*	.338	.003*	.522	.179

Tablo 7. Spinöz - faset grupları için Mann-Whitney U testi sonuçları
* ist anlamlı farklılık

Bununla birlikte, farkın kaynağına yönelik ortalama dizi değerlerine bakıldığında deney sonrası hem interspinöz mesafe hem de kifoz açısındaki artışın spinöz grupta daha fazla Mean Rank değerine sahip olduğu açıkça görülmektedir. (Tablo 8)

	GRUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
BÖISR	spinoz	7	9.57	67.00
	faset	7	5.43	38.00
	Total	14		
BSISR	spinoz	7	11.00	77.00
	faset	7	4.00	28.00
	Total	14		
BÖKAÇ	spinoz	7	9.86	69.00
	faset	7	5.14	36.00
	Total	14		
BSKAÇ	spinoz	7	10.14	71.00
	faset	7	4.86	34.00
	Total	14		
BÖADM	spinoz	7	6.43	45.00
	faset	7	8.57	60.00
	Total	14		
BSADM	spinoz	7	10.86	76.00
	faset	7	4.14	29.00
	Total	14		
BÖPDM	spinoz	7	6.79	47.50
	faset	7	8.21	57.50
	Total	14		
BSPDM	spinoz	7	9.00	63.00
	faset	7	6.00	42.00
	Total	14		

Tablo 8. Spinöz - faset grupları için farkın kaynağına yönelik dizinler tablosu

5. TARTIŞMA

Omurga deformitelerinin tedavisinde deformitenin sadece koronal plan kaynaklı olmadığı, 3 planlı bir deformite olduğunun anlaşılması ve yeni geliştirilmiş sistemlerin daha çok düzeltme imkanı sağlaması nedeniyle daha rijit tedavi yaklaşımları benimsenmiştir. Günümüzde kullanılan en popüler tedavi şekli olan pedikül vida enstürmentasyon sistemlerindeki çeşitliliğin ve dayanıklılığın artması, bununla birlikte artan cerrahi tecrübe ile spinal deformitelerin düzeltilmesinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir. Ancak özellikle yüksek derecelerdeki eğriliklerin düzeltilmesi ya da daha uzun seviye rijit enstürmentasyon kullanılması sonucunda enstürmente vertebraanın proksimalinde gelişen proksimal junctional kifoz oldukça önemli bir sorun olarak belirmiştir. Biz de enstrümantasyon sistemleri arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamadığımız çalışmamızda, klinikle anlamlı olması açısından hastalarımızın büyük çoğunluğunda tercih ettiğimiz pedikül vidası ile enstrümantasyonu tercih ettik.

Kim ve arkadaşlarının pedikül vidası ve hook enstürmentasyonunu karşılaştırdıkları diğer bir çalışmalarında 2 yıllık takip sonrasında pedikül vidasında 9 derece ve hook kullanılan grupta 6 derece PJK artışı görülmüş. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan bu farka rağmen pedikül vidası grubunda insidansın fazla olduğu görülmektedir. Bu bağlamda Rhee ve arkadaşları ise hook yerleştirilmesi sırasında posterior ligamentöz kompleksin hasarlanması ve ekstansör kas grubunun diseksiyonu nedeniyle hook enstürmentasyonu yapılan hastalarda proksimal kavşak açısı ölçümünün daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, pedikül vidasının posterior ligamentöz yapıyı koruması ve daha iyi stabilite sağlamasına rağmen aksiyal planda fleksibilitiyi azalttığı için hook enstürmentasyonuna göre proksimal kavşak bölgesine daha fazla stres binmektedir bu da junctional kifoz oluşumu için risk faktörüdür. Bununla birlikte, diğer dikkat edilmesi gereken şey ise torakal kifoz açısındaki değişimdir. Hook enstürmentasyonunda ameliyat sonrası erken döneme nazaran uzun dönemde artan torakal kifoza sekonder olarak füzyon sahasının alt ve üstünde gelişen lordoz eğilimi junctional bölgelerde kifoza eğilimi önler.

Bunun aksine, enstürmentasyon sırasında konveks proksimal torakal eğriliğin kompresyonu geçiş bölgelerinde stress artışına neden olarak kifotik eğilime yol açabilir. [114]

Literatürde hem insidansi hem de risk faktörleri açısından kesin bir görüş birliği bulunmamakla birlikte ameliyat sonrası üst ensturmente vertebra ile komşu vertebra arasında artmış junctional stresin bu tablonun oluşumuna yol açtığı ve özellikle uzun rijit füzyonların ve posterior yumuşak doku harabiyetinin bu tablonun oluşumunda oldukça önemli olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, bu tablonun belli bir nedene bağlanamayacağı; aksine altta yatan patolojinin multifaktöryel olduğu konusunda ortak bir görüş bulunmaktadır. Cammarata ve arkadaşlarının PJK oluşumunda risk faktörlerini değerlendirdikleri finite element modeli üzerinde yaptıkları çalışmada sagittal denge ve proksimal vertebrada kullanılan implant tipinin yanında posterior yumuşak doku hasarı ve eklem bütünlüğünün kaybolmasının belirgin olarak bu deformiteye yol açabileceği bildirilmiştir. [84] Bu bağlamda, çalışmamızda literatürde bu sebeplerden en sıklıkla bahsedilen risk faktörlerinden biri olan posterior yumuşak doku bütünlüğünün bozulması ve faset eklem harabiyetinin PJK' a yol açma eğilimini karşılaştırmayı amaçladık. Bu çalışma bildiğimiz kadarıyla PJK gelişimini önlemede interspinöz ve supraspinöz yumuşak doku ile faset eklem bütünlüğünün etkinliğini karşılaştıran ilk biyomekanik deney olma özelliğini taşımaktadır.

Bu görüşlere rağmen, 1999 yılına kadar PJK sıklığı konusunda yeterli gelişme sağlanamamıştır. 1999 yılında *Lee* ve arkadaşlarının adölesan idiopatik skolyoz nedeniyle posterior enstürmentasyon ve füzyon yapılan 69 hastanın 2 yıllık takibi sonrasında PJK prevalansının % 46 olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada, üst ensturmente vertebranın bir seviye proksimalinde ameliyat öncesi var olan 5 derece ya da daha fazla kifozun post-op junctional kifoz gelişimine öncülük edeceği ve füzyon seviyesinin proksimalde uygun bir seviyeye uzatılmasıyla bunun önlenebileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, PJK' un hastanın kliniğine aynı oranda yansımadağı ve hastada ağrı ya da fonksiyonel kısıtlılığa neden olmadığı; bu durumun radyolojik bir tanı olduğu vurgulanmıştır. [82]

Rhee ve arkadaşlarının 2002 yılında yaş ortalaması 14 olan 110 adölesan idiopatik skolyozlu hasta ile yaptıkları çalışmada, anterior ve posterior cerrahinin etkinliği karşılaştırılmıştır. Her iki cerrahi tekniğin de sagittal spinal profil üzerinde yeterli derecede etkinliğinin olduğu sonucuna varılan bu çalışmada, anterior torasik cerrahide enstürmentasyon sonrası takiplerde kayda değer bir değişim görülmemiştir (pre-operatif 8 derece ve post-operatif takiplerde 9 derece). Anterior torakolomber cerrahide ise ameliyat sonrası 3 derecelik bir artış görülmüştür. Posterior torakal cerrahide ise ameliyat öncesine göre 6 derecelik bir artış görülmesine rağmen uzun dönem takipte kayda değer herhangi bir artış olmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, posterior enstürmentasyon yapılmış çift major eğriliklerde artış 7 derece olarak belirlenmiştir. Anterior torasik cerrahi uygulanan hastaların hiçbirinde PJK açısı 10 derecenin üzerinde olmamıştır. Anterior torakolomber enstürmentasyon yapılan hastaların ise %19' unda bu açı 10 derecenin üzerinde iken hiçbirinde 15 dereceyi aşmamıştır. Posterior enstürmentasyon ve füzyon ile tedavi edilmiş idiopatik skolyozlu hastaların ise %35' inde proksimal kavşak açısının 10 derece ya da daha fazla olduğunu ve % 17' sinden açının 15 derece ve üzerinde olduğunu göstermişlerdir. Bu verilerin ışığında bu çalışmayla birlikte, PJK gelişiminin anterior cerrahiye nazaran posterior enstürmentasyonla daha fazla ilişkili olduğu ve çift major eğriliklerde torakal eğriliklere göre daha fazla gelişebildiği görülmüştür. Bu yüzden, biz de posterior stabilizan elemanların etkinliğini karşılaştırmayı amaçladığımız çalışmamızda omurga modellerine posterior cerrahi girişimi tercih ettik.

Rhee ve arkadaşları bu çalışmada ek olarak hastaların hiçbirinde klinik problem gözlenmediğini ve 2 yıllık takip sonucunda hiçbirinde revizyona ihtiyaç duyulmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca, PJK açısındaki artışın büyük kısmının ameliyat sonrası erken dönemde olduğu, ilerleyen dönemlerde progresyon miktarının önemli oranda azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca bu yayında çift eğriliklerde torasik eğriliklere göre daha fazla PJK gelişme riski olduğu belirtilmiştir. [75]

Güncel literatürde sagittal dengenin ve özellikle proksimal torakal profilin spesifik olarak proksimal kifoz gelişimini öngörmeye etkili olacağı bildirilmektedir. Çoğunlukla torasik hipokifozu ya da torakal lordozun eşlik ettiği adölesan idiopatik skolyozlu hastalarda, posterior füzyon sonrası servikal omurgada gelişebilecek sagittal

denge kaybının proksimal kifoza neden olabileceği belirtilmiştir. Hilibrand ve arkadaşlarının posterior füzyon sonrası servikal omurgayı gözlemledikleri çalışmalarında servikal lordoz kaybının torasik kifozda azalma ile birlikte olduğu bildirilmiştir. Başka deyişle, torakal sagittal profilin düzeltilmesinin servikal denge kaybıyla ilişkili olabileceği; bunun da proksimal kifoza yol açabileceği belirtilmiştir. [115] Aynı şekilde, Hardacker ve arkadaşları servikal lordozda olan değişikliklerin torakal denge bozukluğundaki değişikliklerle ters olarak korele olduğunu bildirmişlerdir. [116] Biz posterior yumuşak doku harabiyeti ve faset eklem eksizyonunun PJK oluşumuna etkisini araştırdığımız çalışmamızda torakal bölgedeki herhangi bir sagittal denge bozukluğunun PJK gelişimine etkisini ortadan kaldırmak amacıyla rodlar aracılığıyla koyun omurgasına 25 derece fizyolojik torakal kifotik eğrilik vermeyi uygun gördük.

Kim ve arkadaşlarının, segmental posterior enstürmentasyon ve füzyon yapılmış 193 adölesan idiopatik skolyozlu hastanın 7.3 yıl takipli çalışmasında PJK sıklığı %26 olarak saptanmıştır. Bu hastaların ise %82' sinde PJK ameliyat sonrası ilk 2 yılda görülmüştür. Diğer bir deyişle bu çalışma ile ameliyat sonrasında ilk 2 yıl sonrasında PJK gelişiminde önemli bir artış olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte, aynı çalışmada hibrid (proksimalde hook ve distalde pedikül vidası) enstürmentasyonlarda sadece hook kullanılanlara göre PJK gelişiminin daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca torakoplasti ve ameliyat öncesi sagittal torakal eğriliğin daha büyük olduğu (T5-T12 > 40 derece) durumlar da PJK gelişimi açısından risk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Ancak, hastanın cerrahi sırasındaki yaşı, Risser işareti, cinsiyet ya da operasyonlar arasındaki sürenin PJK gelişiminde spesifik olarak herhangi bir risk taşımadığı belirtilmiştir. Yine bu çalışma ile PJK gelişmiş olan hastalarda SRS-24 skorunun kayda değer bir şekilde etkilenmediği bildirilmiştir. [66]

Scheuermann kifozu nedeniyle opere edilen hastaların retrospektif olarak takip edildiği diğer bir çalışmada ise PJK risk faktörleri ve insidansı değerlendirilmiştir. PJK sıklığının % 30 olarak saptandığı bu çalışmada üst enstürmente vertebranın dikkatli seçilmesi gerektiği ve posterior yumuşak dokuların bütünlüğünün korunması durumunda junctional kifoz gelişiminin önüne geçilebileceği belirtilmiştir. [60]

Helgeson ve arkadaşlarının pedikül vidası, hook ve hibrid sistemleri karşılaştırdığı posterior enstürmentasyon ve füzyon yapılan 283 adölesan idiopatik skolyoz hastasını içeren 2 yıl takipli çalışmasında pedikül vidası kullanılarak yapılan cerrahi sonrası PJK prevalansının daha fazla olduğunu vurgulanmıştır. Bu bağlamda, posterior yumuşak doku bütünlüğünün bozulması ve özellikle komşu faset eklem kapsülünün hasarlanmasının potansiyel neden olabileceği öngörülmüştür. Çalışmada, literatürden farklı olarak hastaların standart sapması göze alınarak PJK tanımı tek segment ölçümünde 15 derece ve üzerindeki değerler olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, artmış vücut kitle indeksi risk faktörü olarak değerlendirilmiştir. Üst enstürmente vertebrada hook kullanımının pedikül vidasına göre PJK gelişimini önlemede etkili olabileceği belirtilmiş, ancak daha fazla araştırma yapılması önerilmiştir. [117] Bu literatur bilgileri ışığında pedikul vidaları ile yapılan cerrahilerde ameliyat sonrası PJK gelişimi riskinin arttığı görülmüş ve çalışmamızda hook kullanılmayıp sadece pedikül vidaları tercih edilmiştir.

Wang ve arkadaşlarının PJK oluşumunda etkili olası risk faktörlerinin değerlendirildiği çalışmasında ise kavşak kifoza insidansı % 28 olarak değerlendirilmiştir. İlginç olarak, diğer birçok araştırmanın aksine gelişen kifotik deformitenin % 80' inin ameliyat sonrası erken dönemde değil ortalama 1.5 yıl sonra geliştiği belirtilmektedir. Bununla birlikte, torakal kifozda ameliyat sırasında 10 dereceden daha fazla olan azalma, torakoplasti, üst enstramente vertebrada pedikul vidası kullanımı, otojen kemik grefti tercih edilmesi ve füzyonun L2 lomber vertebranın distaline uzanması PJK gelişimi için risk faktörü olarak belirtilmiştir. Greft kullanımına açıklık getirmek gerekirse, Wang'a göre gruplar (otojen greft, otojen+allogen greft, otojen+biyolojik kemik grefti) arasında istatistiksel olarak bir fark olmasa da, otojen greft kullanımıyla daha erken ve daha rijit bir füzyon sahası elde edilir; buna bağlı olarak da geçiş bölgelerine erken dönemde etkimeye başlayan stress kuvvetleri sonucu PJK gelişimi bu grupta nisbeten daha fazla olacaktır. [118]

2009 yılında İran'dan Beshtash ve arkadaşları tarafından yapılan retrospektif bir çalışmada ameliyat sonrası 2 yıllık dönemde PJK insidansı % 7.4 (121 hastanın 9' unda) olarak bildirilmiştir. Ayrıca, diğer literatürle paralel olarak ameliyat sonrası 2 yıllık dönem sonrasında herhangi bir ilerleme olmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, diğer

çoğu yayından farklı olarak hastayla ilgili demografik faktörler, Lenke sınıflaması, proksimal enstrümente vertebra, ek olarak anterior cerrahi uygulanması, torakoplasti, füzyon uzunluğu ve ameliyat öncesi ve sonrası torakal kifoz derecesinin büyüklüğü ile PJK gelişimi arasında herhangi bir ilişki olmadığı belirtilmiştir. [119]

Scheurmann kifozu nedeniyle opere edilen 78 hastanın değerlendirildiği retrospektif çoklu merkezli bir çalışmada PJK sıklığı %32 ve distal junctional kifoz insidansı % 5 olarak bildirilmiştir. [69] Araştırmacılar PJK' un füzyon seviyesinin proksimal enstrümente vertebranın distalinde kalması ile ilişkili olduğunu ve pelvik insidanstan etkilendiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, PJK sıklığının yüksek olmasına rağmen aynı oranda kliniğe yansımadağı ve tekrar operasyon gerekliliğinin sadece % 5.1 olduğunu belirlemişlerdir.

Lowe ve Kasten 1994 yılında yaptıkları çalışmada PJK sıklığını ilk defa tanımlamışlardır. PJK' un radyolojik olarak sıklığının % 30 ve distal junctional kifoz sıklığının %28 olarak bildirildiği bu çalışmada, PJK' un eğriliğinin % 50' den daha fazla düzeltildiği hastalarda gelişebildiği ve füzyon seviyesinin proksimal end vertebranın bir ya da iki seviye kaudalinde kalması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda literatürde kifozun 40 dereceden daha fazla düzeltilmemesi önerilmemektedir. Ayrıca yine bu çalışmada araştırmacılar, ameliyat sonrası gelişebilen negatif sagittal dengenin junctional kifoza neden olabileceğini belirtmişlerdir. [8, 120]

Kim HJ ve Mitsuri Yagi'nin 2011 yılında yaptığı ve adölesan idiopatiklerde PJK insidansının % 17 olarak belirtildiği diğer bir çalışmada ise daha önce bahsedilmiş olan rijit füzyon, posterior yumuşak doku hasarı, kemik kalitesi, enstrümentasyon tipi gibi faktörlerin dışında, farklı olarak cerrahi yaklaşım, üst enstrümente vertebra (T1-T3 arası füzyon) ve sagittal sakral vertikal çizgi ile PJK insidansı ilişkisi değerlendirilmiştir. PJK gelişiminin iatrojenik mi yoksa hastaya bağlı nedenler dolayısıyla mi geliştiği konusunda net bir bilginin olmadığı belirtilen bu çalışmaya göre, değerlendirilen risk faktörleri arasında PJK'a yol açma açısından en büyük risk faktörünün kombine anterior ve posterior cerrahi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca sagittal sakral vertikal çizginin çok fazla düzeltilmesinin de risk faktörü olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, üst

enstrümantasyonun T1 ve T3 arasında olması da belirtilen risk faktörleri arasındadır. [121] Biz de çalışmamızda bu bağlamda omurga modelinde yukarıda T2 vertebraya kadar enstrümantasyon yaparak T1 - T2 arasında gelişebilecek kavşak kifozunu gözlemledik.

Anderson ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptıkları insan kadavrası üzerinde yaptıkları biyomekanik çalışmada torakal vertebrada kullanılan çeşitli enstrümantasyon sistemlerine göre posterior elemanların stabilite üzerine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Supratransvers proses kancası, supralaminar kanca, pedikül vida enstrümantasyonu ve pedikül vidası çıkarılmış gruba ek olarak interspinöz ve supraspinöz bağları eksize edilen 5 grup üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmaya göre interspinöz ve supraspinöz bağların eksizyonu haricinde kalan diğer grupların hiçbirisi kendi başına istatistiksel olarak anlamlı stabilite kaybına yol açmamıştır. Bununla birlikte, omurganın posteriorundaki en önemli yapı olan interspinöz ve supraspinöz bağların tek başına eksizyonu istatistiksel olarak anlamlı stabilite kaybına neden olmaktadır (% 6.59). Bununla birlikte, ilk 4 grubun kombine edildiği durumda ise total stabilite kaybı % 16.31 olarak bulunmuştur. Posteriorundaki yumuşak doku ve bağların tamamen eksize edildiği durumda ise stabilitede % 44.72 oranında bir kayıp bildirilmiştir. Ayrıca Smith – Petersen, chevron ya da Ponte osteotomilerinde olduğu gibi posterior stabilizan yapıların eksize edildiği durumda bu kaybın % 67.61 olduğu belirtilmiştir. [122]

Kuklo ve arkadaşlarının yapmış oldukları diğer bir insan kadavrası biyomekanik çalışmasında uzun seviye torakal enstrümantasyon sonrası PJK gelişimini önlemede transvers bağlayıcıların etkinliği değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre, yerleştirilmiş olan transvers bağlayıcılar yerleştirildikleri yerden bağımsız olarak aksiyel stabiliteyi arttırdığı bildirilmiştir. Kullanılan iki transvers bağlayıcının birine göre stabiliteyi daha fazla arttırdığı belirtilmiştir. [123] Bu çalışmanın ışığında torakal enstrümantasyonun proksimalinde gelişen herhangi bir yumuşak doku hasarında ya da profilaktik olarak transver bağlayıcı kullanılarak PJK gelişme riski azaltılabilir.

Kretzer ve arkadaşlarının insan kadavrası üzerinde yaptıkları diğer bir biyomekanik çalışmada posterior yumuşak dokuların harabiyetinin PJK gelişimine etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre, supraspinöz ve interspinöz bağlar PJK gelişimini

önlemede kilit rolu oynamaktadır. Bu yapıların gerek kifoz ya da skolyoz cerrahisi sırasında, gerek travmaya sekonder olarak ya da tümör cerrahisi sonrasında hasar görmesiyle artan kavşak stresine bağlı olarak PJK gelişebileceği belirtilmiştir. [124]

Cammarata ve arkadaşlarının 2014 yılında yapmış oldukları finite element çalışmasında PJK gelişimi açısından risk faktörlerini değerlendirmişlerdir. 3 boyutlu adölesan idiopatik skolyoz modeli oluşturdıkları bu çalışmada proksimal posterior intervertebral elemanların korunması, transvers rod ve üst enstrümante vertebrada hook kullanımı ve global sagittal balansın düzeltilmesinin PJK' u önleyici etkisi olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, obezite, paravertebral kasların yağlı dejenerasyonu, osteoporoz, uzun süre steroid kullanımı, Parkinson hastalığı gibi nörolojik problemler ve üst enstrümante vertebranın T1-T3 arasında oluşu da risk faktörü olarak değerlendirmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalar gibi bu çalışmada da var olan patolojinin kliniğe yansımadağı belirtilmiştir. [54]

PJK geliştiğı lokalizasyona göre oluşum mekanizması açısından farklılık gösterir. Maruo ve arkadaşlarının torakolomber bölgede gelişen PJK oluşum mekanizmasını değerlendirdikleri çalışmalarında bu lokalizasyonda gelişen kifoz deformitesinin kırığa bağlı olduğu belirtilmiştir. [85] Bu bağlamda, Hostin ve arkadaşları yaptıkları diğer bir çalışmada ise PJK' un en çok torakolomber bölgede olduğunu ve yetmezlik mekanizmasının deformitenin lokalizasyonuna göre değişebildiğini belirtmişlerdir. [71] Bu çalışmaya göre, torakolomber bölgede oluşan deformite mekanizmasının kırığa bağlı olduğunu belirtirken, üst torasik bölgedeki deformite oluşum mekanizması olarak ise yumuşak dokuda meydana gelen hasarı sorumlu tutmuştur. Biz de bu nedenle, yumuşak doku hasarının PJK gelişimine olan etkisini değerlendirdiğimiz bu çalışmamızda, literatürde özellikle bu seviyede yumuşak doku hasarının kifotik deformite oluşumunda etken olduğunun belirtilmesi üzerine biz de üst torakal bölgede çalışmayı uygun gördük. Çalışmamızın istatistiksel analizi sonucunda interspinöz ve supraspinöz bağların eksize edildiğı grupta faset eklemi eksize edilen gruba göre PJK gelişme insidansının daha fazla olduğunu gözlemledik.

PJK' un radyolojik değerlendirmesiyle ilgili olarak literatürde değişik görüşler bulunmaktadır. Glattes yapmış olduğu çalışmada üst enstrümante vertebra ile 2 üst vertebra arasındaki açıyı baz alarak, bu açıda meydana gelen 10 derecelik bir artışı PJK olarak değerlendirmiştir. [1] Hollenbeck ve arkadaşları ise bu 10 derecelik artışın üst enstrümante vertebra ve 1 üst komşu vertebra arasında olduğu durumda PJK tanımlamasını yapmıştır. [267] Helgeson ise yine üst enstrümante vertebra ile 1 üst vertebra arasında olan 15 derecelik artışı baz almıştır. [10] Bu bağlamda yapılan diğer bir çalışmada, PJK ölçümünde üst enstrümante vertebra ile 1 üst ve 2 üst komşu vertebra'nın ölçümünün etkinliği karşılaştırılmıştır. İnter- ve intraobserver güvenilirliğinin her iki ölçümde de kabul edilebilir olduğu ve ölçümler arasında çok küçük fark olduğu belirtilen çalışmada her iki ölçüm yönteminin de etkili olduğu bildirilmiştir. [70] Biz literatürün ışığında , yaptığımız bu çalışmada radyolojik değerlendirme sırasında enstrümante vertebra ile 1 üst vertebra arasındaki ölçümü kriter olarak baz aldık.

Deneyssel biyomekanik çalışmalar uygulanırken model kemik olarak kadaverik ya da hayvan modelleri kullanılabilir. Bu iki kemik modelinin de pratikte birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Kadaverik kemikler in vivo ortamı daha iyi temsil ederler fakat temin edilmeleri zor ve pahalıdır. Bununla birlikte yaş, cinsiyet, kemik kalitesi ve dejeneratif değişiklikler gibi faktörlere bağlı olarak gözlenen geniş geometrik ve mekanik çeşitlilikten dolayı kullanımı yaygın değildir. Bu standardizasyonu sağlamak amacıyla DEXA, radyolojik ölçümler gibi cesitli ek tetkikler yapmak gerekir. Buna karşılık sentetik kemikler kadaverik kemiklere göre ucuz, kolay temin edilebilir ve standart geometrik özelliklere sahiptir [319-321]. In vivo ortamı kadaverik kemikler kadar temsil edemese de hem in vivo hem in vitro ortamda kullanım bulmaktadır. [322-323]

Literatürde birçok çalışmada domuz, keçi, dana, koyun, babun, geyik, keçi ve köpek modelleri kullanılmıştır. Hem ülke şartlarında kolay elde edilebilir olması hem de biyomekanik çalışmalarda birçok çalışmada kullanılmış olmasından dolayı biz çalışmamızda literatürün de ışığında koyun omurgası modelini tercih ettik.

Koyun omurga modeli üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, bu türün karakteristik anatomik özelliklerine yönelik halen yeterli bilgiye erişilememiştir.

İnsan ve koyun omurgası arasındaki benzerlik ve farklılıkların bilinmesi, sonuçların daha doğru şekilde yorumlanması ve koyun omurgasında hangi çalışmaların yapılabileceğinin belirlenmesi açısından gereklidir. [62, 106, 107] Bu bağlamda, yapılan araştırmalara göre koyun omurgası ve insan omurgası özellikle torakal ve lomber bölgeler açısından büyük benzerlik gösterdiğinden bu bölgeler için uygun bir insan omurga modeli olarak kullanılabilir.[4]

Proksimal junctional kifozun önlenmesinde, proksimal end vertebranın bir seviye üstüne interspinöz ligamentlere zarar vermeden transvers prosesler için kanca yerleştirilmesi önerilmektedir. Bu seviyede yerleştirilecek bir pedikül vidasının, vidanın gönderilmesi sırasında gerekli açıdan dolayı interspinöz ligamentlere zarar vereceği belirtilmektedir. [8]

Uygun füzyon seviyesinin belirlenmesi ve füzyon sahasının proksimalindeki supraspinöz ligamentlerin bütünlüğünün korunmasıyla da junctional kifozun önlenilebileceği bildirilmektedir. Hasta ameliyat öncesi klinik ve radyolojik olarak dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve gelişebilecek bir junctional kifoz ihtimali açısından ameliyat öncesinde hasta ve ailesine yeterli bilgi verilmelidir. [125, 126]

Omurga deformitesi nedeniyle posterior cerrahi girişim yapılan hastalarda PJK gelişimi ile ilişkili olabilecek risk faktörlerini değerlendirmeyi amaçladığımız biyomekanik çalışmamızda üst enstrümanlı vertebra ile komşu proksimal vertebra arasındaki interspinöz ve supraspinöz bağların eksize edilmesi sonrasında oluşan PJK'a olan eğilimin faset eklem harabiyetine göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla olduğunu gördük.

Kullanılan omurga modeli olarak insan kadavrası yerine koyun omurgası kullanılmış olması bu çalışmanın eksik yönlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Ancak kadavra omurgasının özellikle ülkemiz şartlarında temininde yaşanan zorluklar ve bu örneklerin standardizasyonunda karşılaşılan sıkıntılar nedeniyle, birçok omurga biyomekanik çalışmasında kullanılan, özellikle torakal ve lomber bölgede insan omurgası ile daha fazla benzerlik gösteren koyun omurgası çalışmamızda omurga modeli olarak kullanılmıştır.

PJK gelişiminde etkili faktörleri değerlendirdiğimiz bu biyomekanik çalışma güncel literatürde popüler olan finite element analizleri ile de yapılabilirdi. Çalışmanın eksik yönlerinden biri olarak değerlendirilebilecek bu durum teknik zorluklar, tecrubeli eleman eksikliği ve yüksek maliyet nedeniyle gerçekleştirilemedi. Ancak, literatüre bakıldığında yayınların çoğunluğunun retrospektif klinik çalışma olması ve bizim çalışmamızın bildiğimiz kadarıyla inter- ve supraspinöz bağlar ile faset eklemlerin hasarının PJK' u önleme açısından hangisinin stabilizeye daha çok etkili olduğunu gösteren ilk biyomekanik çalışma olması nedeniyle literatüre katkıda bulunacağına inanacağımız bir çalışmadır.

6. ÇIKARIMLAR

- Omurga deformite cerrahisinde, komşu segment patolojileri deformitelerin daha iyi anlaşılması, benimsenen agresif tedavi ve gelişen enstrümantasyon sistemlerinin sağladığı rijit yapının sonucu olarak ortaya çıkan önemli patolojilerdir. Proksimal kavsak kifozu (Proximal junctional kyphosis - PJK) enstrümanlı vertebranın proksimalinde, rijit enstrümantasyon – esnek omurga geçiş bölgesine etkiyen stress kuvvetlerinin sonucu olarak gelişen kifotik deformitedir.
- PJK tanımı ile ilgili olarak literatürde farklı görüşler olsa da üst enstrümanlı vertebranın alt yüzeyi ile 1 üst komşu proksimal vertebranın üst yüzeyi arasında 10 derece veya daha fazla kifoz gelişmesi ya da var olan kifoz açısında 10 derecelik artış tanımlaması yapılan çalışmalarda en çok tarif edilen tanımlamadır.
- PJK gelişimi ile ilgili olarak literatürde belirtilen risk faktörleri posterior yumuşak dokuların ve faset eklem bütünlüğünün kaybolması, uzun rijit fuzyon, kullanılan enstrümantasyon tekniği, sagittal dengenin düzeltilme miktarı, ameliyat öncesi var olan hipokifoz ya da hiperkifoz deformitesi, torakoplasti uygulanması, obezite, ileri yaş ve düşük kemik kalitesidir.
- PJK oluşumunda, özellikle üst torakal bölgede en çok suçlanan mekanizma posterior enstrümantasyon sırasında özellikle pedikül vidasının gönderilmesi sırasında interspinoz ve supraspinoz ligamentler ve faset eklem bütünlüğünün bozulmasıdır.
- PJK gelişiminde risk faktörlerini değerlendirdiğimiz ve interspinoz ligament kompleks eksizyonunun faset eklem hasarına göre daha fazla kifoz deformitesi geliştiğini gözlemlediğimiz bu biyomekanik çalışma bildiğimiz kadarıyla bu iki parametreyi karşılaştıran ilk çalışma niteliğindedir.

KAYNAKLAR

1. Glattes, R.C., et al., Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005. 30(14): p. 1643-9.
2. EC, B., Benzel EC, Omurga Stabilizasyonunun Biyomekaniği, Prensipler ve Klinik Uygulama, çeviri editörü: Naderi S, Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Vakfı Yayınları, İstanbul, 1998. 3-17.
3. Sobotta, J., et al., Sobotta Atlas of Human Anatomy: Thorax, abdomen, pelvis, lower limb. 1997: Williams & Wilkins.
4. Hans-Joachim Wilke, A.K., Karl Howard Wenger, Lutz Eberhardt Claes, Anatomy of the sheep spine and its comparison to the human spine. *The Anatomical Record*. Volume 247, Issue 4, pages 542–555, April 1997.
5. Maigne, R., Thoracolumbar Junction Syndrome, a source of diagnostic errors. http://www.maitrise-orthop.com/corpusmaitri/orthopaedic/mo70_maigne_thoracolumbar/index.shtml.
6. Hasan Ghandhari, H.H., Ebrahim Ameri, and Abolfazl Noori, Assessment of Normal Sagittal Alignment of the Spine and Pelvis in Children and Adolescents. *BioMed Research International*. Volume 2013 (2013), Article ID 842624, 7 pages.
7. Eguizabal, J., et al., Pure moment testing for spinal biomechanics applications: Fixed versus sliding ring cable-driven test designs. *J Biomech*, 2010. 43(7): p. 1422-5.
8. Herkowitz, H.N., et al., Rothman Simeone The Spine: Expert Consult. 2011: Elsevier Health Sciences.
9. Lonstein, J.E. and J.M. Carlson, The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Joint Surg Am*, 1984. 66(7): p. 1061-71.
10. Helgeson, M.D., et al., Evaluation of proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following pedicle screw, hook, or hybrid instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010. 35(2): p. 177-81.
11. Carlson, B.M., Human embryology and developmental biology. 2004: Mosby.
12. Vaccaro, A.R., Spine: Core Knowledge in Orthopaedics. 2005: Mosby.
13. Wilkins, L.W., Moore Clinically Oriented Anatomy 6th Ed + Agur Grant's Atlas 12th Ed + Tank Grant's Atlas 14th Ed. 2009: Lippincott Williams & Wilkins.
14. Institute, M.C.a.S., Anatomy of the Spine. Mayfield Clinic 506 Oak Street Cincinnati, Ohio 45219 <http://www.mayfieldclinic.com/>
15. G. P. PAL, R.V.R., S. K. SAGGU, The orientation of the articular facets of the zygapophyseal joints at the cervical and upper thoracic region. *J Anat*. 2001 April; 198(Pt 4): 431–441.
16. Orthobullets, Spine Anatomy and Biomechanics. <http://www.orthobullets.com/spine/2069/cervical-spine-anatomy>.

17. Nagamoto, Y., et al., Three-dimensional motion of the uncovertebral joint during head rotation. *J Neurosurg Spine*, 2012. 17(4): p. 327-33.
18. Murat Çetin Rağbetli, A.A., Metin Karakök, Uncovertebral Eklem ve Gelişimi. *Van Tıp Dergisi*. 5 (3): 120-123, 1998.
19. EC, B., Omurga Stabilizasyonunun Biyomekaniği, Prensipler ve Klinik Uygulama, ed. N. S. Vol. 1998. 3-17. Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Vakfı Yayınları İstanbul
20. Huang, R.P., et al., Predictive value of pelvic incidence in progression of spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003. 28(20): p. 2381-5; discussion 2385.
21. Saraph, V.J., et al., Evaluation of spinal fusion using autologous anterior strut grafts and posterior instrumentation for thoracic/thoracolumbar kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005. 30(14): p. 1594-601.
22. Batson, O.V., THE FUNCTION OF THE VERTEBRAL VEINS AND THEIR ROLE IN THE SPREAD OF METASTASES. *Ann Surg*, 1940. 112(1): p. 138-49.
23. Batson, O.V., The function of the vertebral veins and their role in the spread of metastases. 1940. *Clin Orthop Relat Res*, 1995(312): p. 4-9.
24. C., Ş., Lomber omurganın anatomisi, biyomekaniği ve biyokimyası. Bel ağrısı tanı ve tedavi, Özcan E. 1. baskı. İstanbul, Nobel Kitabevi. 2002. 9-14.
25. Hefti, F., Pathogenesis and biomechanics of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). *J Child Orthop*, 2013. 7(1): p. 17-24.
26. PANJABI, M.P.A., KUNIYOSHI MD; DURANCEAU, JOANNE MS; OXLAND, THOMAS MASc, Spinal Stability and Intersegmental Muscle Forces: A Biomechanical Model. *Spine (Phila Pa 1976)*. February 1989 - Volume 14 - Issue 2.
27. Ian Stokes, W.S., and André Plamondon PROPOSAL FOR DEFINITION OF A JOINT COORDINATE SYSTEM FOR THE SPINE *Spine (Phila Pa 1976)*. 19:236-248, 1994.
28. LOEBL, W., MEASUREMENT OF SPINAL POSTURE AND RANGE OF SPINAL MOVEMENT. *Rheumatology*. (1967) 9 (3): 103-110
29. G. P. PAL, R.V.R., S. K. SAGGU, The orientation of the articular facets of the zygapophyseal joints at the cervical and upper thoracic region. *J Anat*. 2001 April; 198(Pt 4): 431-441. .
30. PANJABI, M.P., Dr Tech; YAMAMOTO, ISAO MD; OXLAND, THOMAS MASc; CRISCO, J PhD, How Does Posture Affect Coupling in the Lumbar Spine? *Spine (Phila Pa 1976)*. September 1989 - Volume 14 - Issue 9.
31. Francois Lavaste, W.S., Stéphane Robin, Raymond Roy-Camille, Christian Mazel, Three-dimensional geometrical and mechanical modelling of the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*. Volume 25, Issue 10, October 1992, Pages 1153-1164.
32. Panjabi, M.M.P.D., D.Tech.; White, Augustus A. III M.D., D.Med.Sci., Basic Biomechanics of the Spine. *Neurosurgery*. July 1980 - Volume 7 - Issue 1.
33. Jackson, R.P. and A.C. McManus, Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1994. 19(14): p. 1611-8.

34. Schwab, F.J., et al., Predicting outcome and complications in the surgical treatment of adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008. 33(20): p. 2243-7.
35. Glassman, S.D., et al., Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005. 30(6): p. 682-8.
36. Glassman, S.D., et al., The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005. 30(18): p. 2024-9.
37. Behrang Amini, M.P., Sagittal Balance and the Flat Back Syndrome.
<http://roentgenrayreader.blogspot.com.tr/2011/09/sagittal-balance-and-flat-back-syndrome.html>.
38. Göğüş A, T.U., Hamzaoglu A, Dikici F. , Spinal deformity in Ehlers-Danlos syndrome. 7th International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Özet Kitabı 66, Barcelona, Spain, July 6-8, 2000.
39. Bago, J., et al., Four radiological measures to estimate shoulder balance in scoliosis. *J Pediatr Orthop B*, 1996. 5(1): p. 31-4.
40. Kuklo, T.R., et al., Correlation of radiographic, clinical, and patient assessment of shoulder balance following fusion versus nonfusion of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002. 27(18): p. 2013-20.
41. Rhee, J.M.M.B., Keith H. MD; Won, Douglas S. MD; Lenke, Lawrence G. MD; Chotigavanichaya, Chatupon MD; Hanson, Darrell S. MD, Sagittal Plane Analysis of Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Effect of Anterior Versus Posterior Instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1 November 2002 - Volume 27 - Issue 21 - pp 2350-2356.
42. Duval-Beaupere, G., C. Schmidt, and P. Cosson, A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng*, 1992. 20(4): p. 451-62.
43. Schwab, F.M.L., Virginie PhD; Patel, Ashish MD; Farcy, Jean-Pierre MD, Sagittal Plane Considerations and the Pelvis in the Adult Patient. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1 August 2009 - Volume 34 - Issue 17 - pp 1828-1833.
44. Mac-Thiong, J.M., et al., Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur Spine J*, 2007. 16(2): p. 227-34.
45. Rajnics, P.T., Alexandre; Skalli, Wafa; Lavaste, Francois; Illés, Tamás, The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis. Rajnics P. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. February 2002 - Volume 15 - Issue 1 - pp 24-30.
46. Legaye, J., et al., Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*, 1998. 7(2): p. 99-103.
47. de Jonge, T., J.F. Dubousset, and T. Illes, Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002. 27(7): p. 754-60.
48. Leroux, M.A., et al., A noninvasive anthropometric technique for measuring kyphosis and lordosis: an application for idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000. 25(13): p. 1689-94.
49. Webb, K.N.R.B.A.J., Stature and its components in adolescent idiopathic scoliosis. Cephalo-caudal disproportion in the trunk of girls. *J Bone Joint Surg Br*. August 1985 vol. 67-B no. 4 594-601.

50. Domaniç Ü, D.F., Adolesan idiyopatik skolyo. Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci 2006; 2 (30): 27-37.
51. Cotrel, Y., J. Dubousset, and M. Guillaumat, New universal instrumentation in spinal surgery. Clin Orthop Relat Res, 1988. 227: p. 10-23.
52. Edmonston, S.J., K.P. Singer, R.E. Day, P.D. Breidahl, and R.I. Price, Formalin fixation effects on vertebral bone density and failure mechanics: An study of human and sheep vertebrae. Clin. Biomech., 1994. 9:175-179.
53. S. Eggli, F.S., M. Angst, P. Witschger, M. Aebi Biomechanical testing of three newly developed transpedicular multisegmental fixation systems. European Spine Journal September 1992, Volume 1, Issue 2, pp 109-116
54. Cammarata, M., et al., Biomechanical Risk Factors for Proximal Junctional Kyphosis: A Detailed Numerical Analysis of Surgical Instrumentation Variables. Spine (Phila Pa 1976), 2014.
55. Akpınar, S., et al., Surgical management of the spinal deformity in Ehlers-Danlos syndrome type VI. Eur Spine J, 2003. 12(2): p. 135-40.
56. Bridwell, K.H., et al., Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: evaluation of 20 degrees as a critical angle. Neurosurgery, 2013. 72(6): p. 899-906.
57. Güler O, D.F., Talu U, Şar C, Hamzaoğlu A, Domaniç Ü. , Surgical management of lumbar degenerative spinal stenosis with laminectomy and posterior pedicle screw instrumentation. SRS, Annual Meeting of the Spine Society of Europe, Eurospine, Özet kitabı 39, İstanbul, 2006.
58. Domaniç Ü, D.F., Akgül T, Şar C, Talu U, Hamzaoğlu A. , İleri derece ve rijid omurga deformitelerinde total kama rezeksiyon (Domaniç) osteotomisi. J Turk Spinal Surg 2011; 22 (2): 77-86.
59. Domanic, U., et al., Surgical correction of kyphosis: posterior total wedge resection osteotomy in 32 patients. Acta Orthop Scand, 2004. 75(4): p. 449-55.
60. Denis, F., E.C. Sun, and R.B. Winter, Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum five-year follow-up. Spine (Phila Pa 1976), 2009. 34(20): p. E729-34.
61. Günerbüyük C, D.F., Talu U, Şar C, Hamzaoğlu A, Sonuk Y, Domaniç Ü, Correction of Scheuermann's kyphosis by posterior only and segmental pedicle screw fixation. SRS, Annual Meeting of the Spine Society of Europe, Eurospine, European Spine Journal Supplement 499, İstanbul, 2006
62. Osti, O.L., B. Vernon-Roberts, and R.D. Fraser, 1990 Volvo Award in experimental studies. Anulus tears and intervertebral disc degeneration. An experimental study using an animal model. Spine (Phila Pa 1976), 1990. 15(8): p. 762-7.
63. Xu, R., et al., Morphology of the second cervical vertebra and the posterior projection of the C2 pedicle axis. Spine (Phila Pa 1976), 1995. 20(3): p. 259-63.
64. Arlet, V. and M. Aebi, Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: present understanding and future perspectives. Eur Spine J, 2013. 22 Suppl 2: p. S276-95.

65. Schairer, W.W., et al., Hospital Readmission After Spine Fusion for Adult Spinal Deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013. 38(19): p. 1681-9.
66. Kim, Y.J., et al., Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum 5-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005. 30(18): p. 2045-50.
67. Bozkus, H., et al., Comparative anatomy of the porcine and human thoracic spines with reference to thoracoscopic surgical techniques. *Surg Endosc*, 2005. 19(12): p. 1652-65.
68. Dath, R., et al., Anatomical measurements of porcine lumbar vertebrae. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2007. 22(5): p. 607-13.
69. Sucato, D.J., F. Kassab, and M. Dempsey, Analysis of screw placement relative to the aorta and spinal canal following anterior instrumentation for thoracic idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004. 29(5): p. 554-9; discussion 559.
70. Sacramento-Dominguez, C., et al., Reproducibility measuring the angle of proximal junctional kyphosis using the first or the second vertebra above the upper instrumented vertebrae in patients surgically treated for scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009. 34(25): p. 2787-91.
71. Hostin, R., et al., Incidence, Mode, and Location of Acute Proximal Junctional Failures Following Surgical Treatment for Adult Spinal Deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012.
72. Yagi, M., K.B. Akilah, and O. Boachie-Adjei, Incidence, risk factors and classification of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011. 36(1): p. E60-8.
73. Kim, Y.J., et al., Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity after segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum five-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008. 33(20): p. 2179-84.
74. Kim, Y.J., et al., Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007. 32(24): p. 2731-8.
75. Rhee, J.M., et al., Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis: the effect of anterior versus posterior instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002. 27(21): p. 2350-6.
76. Yang, S.H. and P.Q. Chen, Proximal kyphosis after short posterior fusion for thoracolumbar scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*, 2003(411): p. 152-8.
77. Coe, J.D., et al., Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006. 31(3): p. 345-9.
78. Watanabe, K., et al., Proximal junctional vertebral fracture in adults after spinal deformity surgery using pedicle screw constructs: analysis of morphological features. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010. 35(2): p. 138-45.
79. Hollenbeck, S.M.M., MPT; Glattes, R Christopher MD; Asher, Marc A. MD; Lai, Sue Min PhD; Burton, Douglas C. MD, The Prevalence of Increased Proximal Junctional Flexion Following Posterior Instrumentation and Arthrodesis for

- Adolescent Idiopathic Scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1 July 2008 - Volume 33 - Issue 15 - pp 1675-1681.
80. Wang, J., et al., Risk factor analysis of proximal junctional kyphosis after posterior fusion in patients with idiopathic scoliosis. Injury, 2010. 41(4): p. 415-20.
 81. Schwab, F., et al., Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. Spine (Phila Pa 1976), 2012. 37(12): p. 1077-82.
 82. Lee, G.A., et al., Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976), 1999. 24(8): p. 795-9.
 83. Sergio Mendoza-Lattes, M.D., Zachary Ries, B.Sc., Yubo Gao, Ph.D., and Stuart L Weinstein, M.D, PROXIMAL JUNCTIONAL KYPHOSIS IN ADULT RECONSTRUCTIVE SPINE SURGERY RESULTS FROM INCOMPLETE RESTORATION OF THE LUMBAR LORDOSIS RELATIVE TO THE MAGNITUDE OF THE THORACIC KYPHOSIS. Iowa Orthop J. v.31; 2011PMC3215136.
 84. Cammarata, M., et al., Biomechanical analysis of proximal junctional kyphosis: preliminary results. Stud Health Technol Inform, 2012. 176: p. 299-302.
 85. Keishi Maruo , M., Yoon Ha , MD , Shinichi Inoue , MD , Sumant Samuel , MD
Predictive Factors for Proximal Junctional
Kyphosis in Long Fusions to the Sacrum
in Adult Spinal Deformity. Spine (Phila Pa 1976). Volume 38 , Number 23 , pp E1469
- E1476.
 86. Roussouly, P., et al., Pre- and post-operative sagittal balance in idiopathic scoliosis: a comparison over the ages of two cohorts of 132 adolescents and 52 adults. Eur Spine J, 2013. 22 Suppl 2: p. S203-15.
 87. Lonner, B.S., et al., Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique. Spine (Phila Pa 1976), 2007. 32(24): p. 2644-52.
 88. Lafage, V., et al., Changes in thoracic kyphosis negatively impact sagittal alignment after lumbar pedicle subtraction osteotomy: a comprehensive radiographic analysis. Spine (Phila Pa 1976), 2012. 37(3): p. E180-7.
 89. Hosman, A.J., et al., Scheuermann kyphosis: the importance of tight hamstrings in the surgical correction. Spine (Phila Pa 1976), 2003. 28(19): p. 2252-9.
 90. Heiko Koller, F.A., Juliane Zenner, Luis Ferraris, Spinal surgery in patients with Parkinson's disease: experiences with the challenges posed by sagittal imbalance and the Parkinson's spine. Eur Spine J. Oct 2010; 19(10): 1785-1794.
 91. Kim, H.J., et al., Proximal junctional kyphosis results in inferior SRS pain subscores in adult deformity patients. Spine (Phila Pa 1976), 2013. 38(11): p. 896-901.
 92. Hart, R.M.M., Ian PhD; O'Brien, Michael MD, Identification of Decision Criteria for Revision Surgery Among Patients With Proximal Junctional Failure After Surgical Treatment of Spinal Deformity. Spine (Phila Pa 1976).

93. McClendon, J., Jr., et al., Techniques for operative correction of proximal junctional kyphosis of the upper thoracic spine. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012. 37(4): p. 292-303.
94. Hart, R.A., et al., Proximal junctional acute collapse cranial to multi-level lumbar fusion: a cost analysis of prophylactic vertebral augmentation. *Spine J*, 2008. 8(6): p. 875-81.
95. Kebaish, K.M., et al., Use of vertebroplasty to prevent proximal junctional fractures in adult deformity surgery: a biomechanical cadaveric study. *Spine J*, 2013. 13(12): p. 1897-903.
96. Nicomedes Fernández-Baíllo, J.M.S.M., Francisco Javier Sánchez Pérez-Gruoso, Proximal junctional vertebral fracture-subluxation after adult spine deformity surgery. Does vertebral augmentation avoid this complication? A case report. *Scoliosis*. Sep 4, 2012. doi: 10.1186/1748-7161-7-16.
97. Berlemann, U., et al., Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg Br*, 2002. 84(5): p. 748-52.
98. Polikeit, A., L.P. Nolte, and S.J. Ferguson, The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003. 28(10): p. 991-6.
99. Ozkunt O, A.T., Dikici F, Talu U., Is kyphoplasty safe in all osteoporotic vertebra fractures? *AO Spine*, Global Spine Congress, P222, Barcelona, Spain, March 23-26, 2011.
100. Lewis, S.J., et al., Upper instrumented vertebral fractures in long lumbar fusions: what are the associated risk factors? *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012. 37(16): p. 1407-14.
101. Shufflebarger, H., S.I. Suk, and S. Mardjetko, Debate: determining the upper instrumented vertebra in the management of adult degenerative scoliosis: stopping at T10 versus L1. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006. 31(19 Suppl): p. S185-94.
102. Kim, Y.J., et al., Is the T9, T11, or L1 the more reliable proximal level after adult lumbar or lumbosacral instrumented fusion to L5 or S1? *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007. 32(24): p. 2653-61.
103. Gurwitz, G.S., et al., Biomechanical analysis of three surgical approaches for lumbar burst fractures using short-segment instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1993. 18(8): p. 977-82.
104. Baramki, H.G., et al., The efficacy of interconnected porous hydroxyapatite in achieving posterolateral lumbar fusion in sheep. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000. 25(9): p. 1053-60.
105. Nuckley, D.J., et al., Neural space and biomechanical integrity of the developing cervical spine in compression. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007. 32(6): p. E181-7.
106. Moore, R.J., et al., Changes in endplate vascularity after an outer anulus tear in the sheep. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1992. 17(8): p. 874-8.
107. Gunzburg, R., et al., An experimental study comparing percutaneous discectomy with chemonucleolysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1993. 18(2): p. 218-26.

108. SEAN P. MORONEY, A.B.S., JAMES A. A. MILLER and and G.B.J. ANDERSSON, LOAD-DISPLACEMENT PROPERTIES OF LOWER CERVICAL SPINE MOTION SEGMENTS. J. Biomechanics. Vol. 21.N O. 9, pp. 769-7791, 988 Printed in Great Britain.
109. Green, T.P., M.A. Adams, and P. Dolan, Tensile properties of the annulus fibrosus II. Ultimate tensile strength and fatigue life. Eur Spine J, 1993. 2(4): p. 209-14.
110. FRANCIS, C.C., DIMENSIONS OF THE CERVICAL VERTEBRAE. Anat. Rec. 122:603-609.
111. Berry, J.L., et al., A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. Spine (Phila Pa 1976), 1987. 12(4): p. 362-7.
112. Scoles, P.V., et al., Vertebral body and posterior element morphology: the normal spine in middle life. Spine (Phila Pa 1976), 1988. 13(10): p. 1082-6.
113. M. H. Berkson, A.N.a.A.B.S., Mechanical Properties of Human Lumbar Spine Motion Segments Part II: Responses in Compression and Shear; Influence of Gross Morphology. Journal of Biomechanical Engineering 101(1), 53-57 (Feb 01, 1979)
114. Kim, Y.J., et al., Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976), 2004. 29(18): p. 2040-8.
115. Hilibrand, A.S., et al., The sagittal alignment of the cervical spine in adolescent idiopathic scoliosis. J Pediatr Orthop, 1995. 15(5): p. 627-32.
116. Hardacker, J.W., et al., Radiographic standing cervical segmental alignment in adult volunteers without neck symptoms. Spine (Phila Pa 1976), 1997. 22(13): p. 1472-80; discussion 1480.
117. Helgeson, M.D.M.S., Suken A. MD; Newton, Peter O. MD; Clements, David H. III MD; Betz, Randal R. MD; Marks, Michelle C. PT, MA; Bastrom, Tracey MA; The Harms Study Group, Evaluation of Proximal Junctional Kyphosis in Adolescent Idiopathic Scoliosis Following Pedicle Screw, Hook, or Hybrid Instrumentation. Spine (Phila Pa 1976). 15 January 2010 - Volume 35 - Issue 2 - pp 177-181.
118. Jingjie Wang, Y.Z., Binghua Shena, Chuanfeng Wang, Ming Li, Risk factor analysis of proximal junctional kyphosis after posterior fusion in patients with idiopathic scoliosis. Injury. Volume 41, Issue 4, April 2010, Pages 415-420.
119. Hamid Behtash, M., Ebrahim Ameri, MD., Bahram Mobini, Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion; minimum 2 years follow-up. Medical Journal of the Islamic Republic of Iran. Vol. 23, No. 3, November, 2009. pp. 139-147.
120. Lowe, T.G. and M.D. Kasten, An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease. A review of 32 patients. Spine (Phila Pa 1976), 1994. 19(15): p. 1680-5.

121. Kim, H.J., et al., Combined anterior-posterior surgery is the most important risk factor for developing proximal junctional kyphosis in idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*, 2012. 470(6): p. 1633-9.
122. Anderson, A.L., et al., The effect of posterior thoracic spine anatomical structures on motion segment flexion stiffness. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009. 34(5): p. 441-6.
123. Kuklo, T.R., et al., Biomechanical contribution of transverse connectors to segmental stability following long segment instrumentation with thoracic pedicle screws. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008. 33(15): p. E482-7.
124. Kretzer, R.M., et al., The effect of spinal instrumentation on kinematics at the cervicothoracic junction: emphasis on soft-tissue response in an in vitro human cadaveric model. *J Neurosurg Spine*, 2010. 13(4): p. 435-42.
125. Wenger, D.R. and S.L. Frick, Scheuermann kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1999. 24(24): p. 2630-9.
126. Papagelopoulos, P.J., et al., Surgical treatment of Scheuermann's disease with segmental compression instrumentation. *Clin Orthop Relat Res*, 2001(386): p. 139-49.



MURAT KORKMAZ

Ambarlı Mah. Balaban Cad.Uğurlu Sokak Uğurlu Blokları Gül Apartmanı B Blok Kat:4

Daire:14 Avcılar, İstanbul, TURKEY

İstanbul University İstanbul Faculty of Medicine Department of Orthopedics and

Traumatology, İstanbul, TURKEY

Telephone: +90 212 414 20 00 – 31511

Mobile: +90 536 430 52 66

e-mail: mrtmkz@gmail.com

muratkorkmazmd@gmail.com

PERSONAL INFORMATION

Nationality : Turkey

Place of Birth : Gaziantep

Date of Birth : 15.04.1983

Marial Status : Single

EDUCATION

Primary School : Pazarcik Primary School, Kahramanmaraş, Turkey (1990 -1997)

High School : Gumushane High School, Gumushane, Turkey (1998 - 2001)

University : Istanbul University, Istanbul Medical School, Istanbul, Turkey (2002-2008)

Residency : Istanbul University, Istanbul Medical School, Department of Orthopaedics and Traumatology, Istanbul, Turkey (2008 - 2013)

CAREER SUMMARY

- 2008 - 2014: Istanbul University, Istanbul Medical School, Department of Orthopaedics and Traumatology
- 2013 May – July : Thomas Jefferson University, Rothman Institute, Degeneratif Spine Disorders Observership, Philadelphia, Pennsylvania, USA

COURSES - SEMINARS-PRESENTATIONS

Courses

- Basic Orthopaedic Trauma Course, September 2009, Ankara, Turkey
- Masters' Reconstruction Technics, March 2010, İstanbul, Turkey
- 15.Ilizarov Deformity Course, May 2010, Adana, Turkey
- 3.Pes Equinus Varus Course, November 2010, Istanbul, Turkey
- Basic Sciences Research Meeting, February 2011, Edirne, Turkey

- 6. Pediatric DDH Ultrasonography Course, April 2011, Istanbul, Turkey
- DDH-PEV-Pediatric Trauma Course, December 2011, Trabzon, Turkey
- Basic Science Research School, March 2011, Edirne, Turkey
- AO Spine Principles Course Degeneratif Spine, April 2012, Ankara, Turkey
- AO Spine Advances Symposium Spinal Deformity, June 2012, İstanbul, Turkey
- 7. Foot and Ankle Surgery Course, September 2012, Istanbul, Turkey
- 3. ÇEP Bilgi Yenileme Kursu, 28-30 Eylül 2012, İstanbul, Turkey
- International Training Course for Full-Endoscopic Operations of the Lumbar Spine, Symposium with Live - Operation and Cadaver - Workshop, December 2012, Istanbul-Turkey
- AO Trauma Basic Course, January 2014, Ankara - Turkey

Seminars

- 28. Akif Sakir Sakar Days Common Congenital Diseases in Orthopedics, April 2009, Istanbul, Turkey
- 29. Akif Sakir Sakar Days Approach to the Polytraumatized Patient, April 2010, Istanbul, Turkey
- 6. Shoulder and Elbow Surgery Congress March 2010, Ankara, Turkey
- 8. Derviş Manizade Days Traumatic Dislocations, November 2009, İstanbul, Turkey
- Istanbul Meeting Days, May 2012, İstanbul, Turkey
- 13. Hand Surgery Congress, May 2012, Gaziantep, Turkey

- 23. National Turkish Orthopedics and Traumatology Congress, November 2013, Antalya , Turkey
- American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS), March 2012, Chicago, Illinois, USA

Oral Presentations

- Correction with translation technique in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: minimum two years follow-up

M. Korkmaz* (TR), C. Sar, O. Özkunt, K. Sarıyılmaz, F. Dikici, Ö. Kaya

- Correction with derotation technique in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: minimum one year follow-up

M. Korkmaz* (TR), Ü. Domaniç, O. Özkunt, F. Dikici, K. Sarıyılmaz

- Effectivity of interbody fusion procedure in degenerative spine diseases

O. Özkunt* (TR), F. Dikici, M. Korkmaz, Ö. Kaya, C. Sar

- International congress on external fixation and bone reconstruction 2010 Treatment of femur pseudoarthrosis using distraction and compression osteogenesis technique

Principal Author: Cakmak, Mehmet, MD

Authors: Sarıyılmaz, Kerim, MD; Yıldız, Fatih, MD; Korkmaz, Murat, MD; Tunalı, Onur, MD

- Kompleks Plato Tibia kırıklarının eksternal fiksator ve plak – vida ile tedavisi ve sonuçlarımız, 2013 Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Kasım 2013, Antalya, Türkiye

Murat Korkmaz, Halil İbrahim Balci, Yücel Bilgin, Ahmet Saldüz, Cengiz Sen

- Osteogenesis imperfectada alt ekstremite kırıklarında teleskopik rod ve rushpin tespit yöntemlerinin değerlendirilmesi, 2013 Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Kasım 2013, Antalya, Türkiye

Fuat Bilgili, Turgut Akgul, Yener Temelli, Fevzi Bririsik, Murat Korkmaz, Ali Ersen

- 22. Ulusal Ortopedi Kongresi S70 - Femur Kaynama Yokluklarının İlizarov Tipi Sirküler Eksternal Fiksator İle Tedavi Sonuçları
Mehmet Çakmak, Kerim Sarıyılmaz, Fatih Yıldız, Murat Korkmaz, Onur Tunalı, Okan Özkunt

- 22. Ulusal Ortopedi Kongresi S90 - Ortopedi Ameliyatlarında Kullanılan Skopinin Yayıdığı Radyasyon Dozunun Ameliyat Tipi ve Cerrahi Deneyimle İlişkisi
Onur Tunalı, Murat Korkmaz, Ali Baş, Göksel Dikmen, Fatih Dikici, Mehmet Calay

- Radial and Ulnar Osteotomies for Madelung Deformity Clinical Results, 13, Ulusal El ve Ust Ekstremitte Cerrahisi Kongresi, Mayıs 2012, Gaziantep, Türkiye

Korkmaz M, Salduz A, Durmaz H, Karaytug K, Hurmeydan M

- The New Technic for Distal Radius Fractures Intramedullar Z Shape K Wire Osteosynthesis

Yazıcıoğlu O, Dikici F, Polat G, Bas A, Korkmaz M

- Distraction Interposition Artroplasty for Shoulder Arthrosis Clinical Results

Atalar A, Salduz A, Hurmeydan M, Korkmaz M, Karaytug K

- Treatment of Scafold Nonunions Clinical Results

Durmaz H, Salduz A, Hurmeydan M, Korkmaz M, Karaytug K

Poster Presentations

- Scheurmann's kyphosis who were treated by posterior segmental pedicle screw

M. Korkmaz* (TR), C. Günerbüyük, O. Özkunt, K. Sarıyılmaz, F. Dikici

- APMSTS 2010 Treatment Outcomes of Upper Extremlty Biological Reconstructions In Limb Salvage Surgery Harzem Özger, Buğra Alban, Mustafa Sungur, Murat Korkmaz, Onur Tunalı, Levent Eralp
- Kontak spor aktivitesi ve ayak bileği inversiyon yaralanmasi sonrasi izole akut krus lateral (peroneal) kompartman sendromu: 2 olgu sunumu, 2013 Ulusal Turk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Kasim 2013, Antalya, Turkiye

Ali Bas, Goksel Dikmen, Murat Korkmaz, Halil Ibrahim Balci, Natig Valiyev, Can Eren Unlu

- Genel ve bölgesel anestezi uygulamalarinin 65 yas ustü kollum femoris kırıklarında yapılan hemiartroplasti uygulaması sonrasında prognoz açısından karşılaştırılması , 2013 Ulusal Turk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Kasim 2013, Antalya, Turkiye

Yucel BILGIN, Murat KORKMAZ, Ali ASMA, Halil Ibrahim Balci, Mehmet Ilke BUGET, Cengiz SEN

- 22. Ulusal Ortopedi Kongresi P42 - Humerus Cisim Kaynama Yokluklarının Eksternal Fiksator İle Tedavisi
Mehmet Çakmak, Fatih Yıldız, Onur Tunalı, Kerim Sarıyılmaz, Murat Korkmaz, Safa Giray Batıbay

- 22. Ulusal Ortopedi Kongresi Hip Arthroplasty Applications and Results at Heterotopic Ossification Patients

Yazıcıoğlu O, Kılıçoğlu O, Korkmaz M

- **LANGUAGE**

English : Pre-Advanced

- **INTERESTS and ACTIVITIES**

Motocycles, paragliding, trekking

