

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANA BİLİM DALI**

**SPONDİLOLİZİS CERRAHİ TEDAVİ
YÖNTEMLERİNİN
BİYOMEKANİK KARŞILAŞTIRMASI**

UZMANLIK TEZİ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Haluk BERK**

Dr. Önder GÜL

İZMİR-1998

ÖNSÖZ

Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı'ndaki uzmanlık öğrenciliği sürem boyunca bilgi, görgü ve tecrübelerini aktaran ve bana her konuda yardımcı olan, bizlere sıcak bir çalışma ortamı sağlayan ve yetişmemde büyük pay sahibi olan sayın hocalarım; Ana Bilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Emin ALICI, Prof. Dr. Şükrü ARAÇ, Prof. Dr. Ahmet EKİN, Prof. Dr. Osman KARAOĞLAN, Doç. Dr. Hasan HAVİTÇIOĞLU, Doç. Dr. Halit PINAR ve Doç. Dr. İzge GÜNAL'a teşekkür ederim.

Tez konumun saptanması, uygulanması ve yazılması sırasında bana önemli katkıları olan hocam Doç. Dr. Haluk BERK'e ve Uzm. Dr. Can KOŞAY'a ayrıca teşekkür ederim.

Ayrıca deneylerin yapılması sırasında büyük yardımların gördüğüm Prof. Dr. Sami AKSOY ve Hipokrat A.Ş. Ar-Ge sorumlusu Makine Yüksek Mühendisi Cüneyt AYTAÇ'a, Tezimin basılması ve çoğaltılması aşamasında yardımlarını gördüğüm Tempa A.Ş.'ne teşekkür ederim.

Klinikte çalıştığım süre içinde bilgi ve tecrübelerini bizimle paylaşan sayın hocam Prof. Dr. Mehmet TİNER'e, uzmanlık eğitim sürem boyunca birlikte çalıştığım öğretim görevlisi ağabeylerime, sevgi ve dostluklarını paylaştığım asistan arkadaşlarıma ve tüm ortopedi servisi çalışanlarına tek tek teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ

2. OMURGA MORFOLOJİSİ

2.1. Omurga Embriyolojisi

2.2. Omurga Anatomisi

2.2.1. Omurga (Vertebral Kolon)

2.2.2. Omurların Genel Özellikleri

2.2.3. İntervertebral Disk

2.2.4. Omurganın Eklemleri

2.2.5. Pars İnterartikularis

2.2.6. Omurganın Bağları

2.2.7. Omurganın Kasları

2.3. Omurganın Kanlanması

2.4. Omurganın İnervasyonu

2.5. Omurga Biyomekaniği

2.5.1. İntervertebral Disk

2.5.2. Omurga Ligamentleri

2.5.3. Omur Cismi, Uç Plaklar, Fasetler, Pars İnterartikularis

3. SPONDİLOLİZİS VE SPONDİLOLİSTEZİS

3.1. Giriş

3.2. Etyoloji

3.3. Klinik

3.4. Radyoloji

3.4.1. Posterior Elemanlar

3.4.2. Korpus

3.4.3. Sintigrafi

3.4.4. Bigisayarlı Tomografi

3.5. Sınıflama

3.5.1. Wiltse-Newman-MacNab Sınıflaması

3.5.2. Marchetti-Bartolozzi Sınıflaması

3.6. Tedavi

3.6.1. Spondilolizis

3.6.2. Spondilolistezis

4. MATERYAL-METOD

5. SONUÇLAR

6. TARTIŞMA

7. ÖZET

8. KAYNAKLAR

1. GİRİŞ

Spondilolizis ve spondilolistezis, toplumda önemli bir sorun olan bel ağrısının etyolojisinde sıklıkla yer alan patolojilerdir. Spondilolizis terimi, pars interartikularisde olan defekti tanımlar ve insidansı ortalama % 5 olarak bildirilmektedir.

Pars interartikularis defekti tedavisinde en sık kullanılan yöntemler; klasik intersegmenter füzyon ve pars interartikularisdeki defektin doğrudan tespitidir. Defektin doğrudan onarımında; kortikal vida ile defektin tespit edilmesi (Buck Yöntemi), serklaj teli ile transvers çıkıntıya bağlanması (Scott Yöntemi), Morscher vidası ile tespit, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel (Tokuhashi Yöntemi) ile tespit ve bunların birtakım modifikasyonları en sık kullanılan yöntemlerdir.

Buck, Scott ve Morscher yöntemlerinin biyomekanik karşılaştırması daha önceden yapılmış ve bunların arasında en sağlam yöntemin Buck vidası olduğu bildirilmiştir. Ancak, literatürde monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel yönteminin biyomekanik çalışması bulunamamıştır.

Biz çalışmamızda, klasik intersegmenter pedikül vidası, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel ve Buck vidasının biyomekanik açıdan karşılaştırılmasını yapmayı amaçladık.

2.0. OMURGA MORFOLOJİSİ

2.1. OMURGANIN EMBRİYOLOJİSİ

Omurganın gelişimi oldukça erken dönemde başlar ve embriyoda gelişen ilk major organ sistemidir. İlkel barsak borusu ile nöral kanal arasındaki mezoderm hücreleri, embriyonun başından kuyruğuna kadar uzanan ve korda dorsalis (notakord) adı verilen bir sütun oluştururlar. Bu yapıdan, daha sonra tüm muskuloskeletal sistem gelişecektir (6).

Yaklaşık 17-18 günlerde paraksiyal mezodermde segmentasyon başlar. Oluşan bu presomitik segmentlere somitomeres denir. Daha sonra 20. günde mezenşimal hücrelerin epiteloid karakter kazanması ile somitomeresler somitlere dönüşür. Somitler sağlı sollu ve kraniokaudal olarak yaklaşık 42-44 çift olarak yerleşmişlerdir. Epiteloid hücrelerden oluşan bu somitler daha sonra 3 ayrı yapıya farklılaşırlar: dermatom, miyotom ve sklerotom (6,22).

Dermatom, somitin dış duvarıdır ve daha sonra cilt ve cilt altı dokusunu oluşturur. Miyotom, çizgili kasların öncü hücresi olan miyoblastı oluşturur. Sklerotom ise somitin notakorda yakın olan hücrelerinin çoğalıp orta çizgiye göçermeleri ile oluşur. Bir somitin sklerotomik parçası karşı somitin sklerotomik parçasından, içinde intersegmental arter bulunan intersegmental fissür ile ayrılır. Ayrıca her bir sklerotom resegmentasyon sürecinden geçerek kranial ve kaudal olmak üzere ikiye ayrılır. Bu yarıları sklerotomit adı verilir. Sklerotomitler arasında intrasegmental fissür bulunur ve bu aralık gelişerek erişkindeki intervertebral aralığı oluşturur. Bir sklerotomun kranial yarısı ile komşu sklerotomun kaudal yarısı birleşerek omurun mezenşimal taslağını oluşturur. Böylece her bir sklerotom iki ayrı vertebraya dağılmış olmaktadır (6,22).

Vertebrayı oluşturacak olan mezenşimal taslağın ön tarafında iki ve arka tarafında iki olmak üzere dört adet çıkıntı meydana gelir. Arkaya doğru olan çıkıntılar arkada birleşerek arkus vertebrayı meydana getirirler. Öne doğru olan çıkıntılar ise, torakal bölgede kostaları oluştururlar, servikal ve lomber bölgede ise transvers çıkıntı ile birleşirler (6,22).

6. haftadan sonra mezenşimal omurga taslağı kıkırdaklaşma sürecine girer. Kıkırdaklaşma altı merkezde başlar. Bunların ikisi notakordun lateralinde bulunur ve bu merkezlerin birleşmesiyle notakord çepeçevre sarılarak dejenere olur. Böylece nukleus pulposus meydana gelir. İki kıkırdaklaşma merkezi nöral arkın lateralinde yerleşir ve bunların

ortada birleşmesiyle arkus vertebra ve spinöz çıkıntı oluşur. Diğer iki merkez de lateralde yer alır ve transvers çıkıntıları oluşturur (68).

Kıkırdaklaşma tamamlandıktan sonra yaklaşık dokuzuncu haftada kemikleşme başlar. Kemikleşme üç birincil ve beş ikincil kemikleşme merkezi ile olur. Birincil kemikleşme merkezleri fetus 50-65 mm. civarındayken ortaya çıkar ve biri vertebra gövdesinde ikisi vertebra arkusunda yerleşir. İkincil kemikleşme merkezleri ise pubertede ortaya çıkarlar. Bunlardan biri spinöz çıkıntının ucunda, ikisi transvers çıkıntıların ucunda, son ikisi de vertebra gövdesinin epifiz bölgelerinde yer alır. İkincil kemikleşme merkezlerinin tam birleşmesi 25 yaş civarında olur (6,22).



2.2. OMURGANIN ANATOMİSİ

2.2.1. OMURGA (VERTEBRAL KOLON)

Omurga 33 omurun üst üste sıralanması ile oluşan bir sütundur. Bunlardan 7'si servikal, 12'si torakal, 5'i lomber, 5'i sakral ve 4'ü de koksigeal omurdur. Servikal, torakal ve lomber omurlar birbirleriyle yaptıkları eklemler yoluyla hareket yeteneğine sahiptirler. Sakral ve koksigeal omurlar ise daha sonra kemikleşerek sakrum ve koksiksi oluştururlar. Sakruma kadar olan omurlara presakral omurlar denir (6).

Omurganın en önemli görevi, vertebral kanal içinde yer alan medulla spinalisin mekanik olarak korunmasıdır. Bununla birlikte; Başın taşınması ve hareketliliğinin sağlanması, baş ve gövde ağırlığının pelvise aktarılması, göğüs ve karın boşluğundaki organların taşınması ve desteklenmesi, gövde hareketlerinin sağlanması da omurganın görevleri arasında bulunmaktadır (13,33).

Omurga frontal planda düz bir sütun oluşturur. Ancak 10°'yi geçmeyen hafif bir eğrilik normal kabul edilir. Sagital planda ise dört adet eğrilik bulunmaktadır. Bu eğriliklerden servikal ve lomber bölgedekiler öne doğrudur ve lordoz adı verilir, torakal ve sakral bölgedeki eğrilikler ise arkaya doğrudur ve kifoz adı verilir. Omurganın sagital plandaki bu eğrilikleri insanın iki ayak üzerinde yürütmesine karşı uyum için gelişmişlerdir. Yeni doğanda omurga, açıklığı öne bakan bir yay şeklindedir. Ancak daha sonra yürümeye başlayınca önce lomber bölgeden başlamak üzere yukarıdaki eğrilikler meydana gelir. Başlangıçta sadece ayaktayken izlenen, çocuk yatırıldığında kaybolan eğrilikler ergenlik dönemine doğru yapısal özellik kazanarak kalıcı hale geçerler (6,13,33).

2.2.2. OMURLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Omur, tipik olarak iki ana komponentten oluşur:

- 1) Önde yerleşen korpus bölümü,
- 2) Arkada yer alan vertebral ark.

Vertebra korpusunun büyüklüğü ve şekli bulunduğu bölgeye göre değişiklik gösterir. Torakal bölgede üçgen şeklinde bir yapı gösterirken, lomber bölgede fasulye şeklindedir.

Ayrıca lomber bölgeye gittikçe yük taşıma oranının artmasına paralel olarak korpus yükseklikleri de artar. Korpusun ön, arka ve yan yüzleri yaklaşık 2-3 mm. kortikal kemik ile örtülüdür. Üst ve alt yüzlerinde ise kortikal kemik yoktur ve direk spongioz kemik izlenir. Bu yüzlere intervertebral disk yapışmaktadır. Omurun kompresif yüklere karşı direnci büyük oranda spongioz kemik tarafından sağlanır, tüm korteksin çıkarılması durumunda kompresif yüklere dayanıklılık sadece % 10 oranında azalmaktadır (6). Yine Balçık ve ark. (10) tarafından yapılan biyomekanik çalışmada, benzer şekilde merkezi spongioz bölümün, kortekse göre daha fazla yük taşıma kapasitesinin olduğu ortaya konmuştur. Omurun üst ve alt kenarlarına uç plak adı verilir ve genç erişkinde bu bölgelerde yaklaşık 1 mm. kalınlığında hyalin kıkırdak bulunur. Torakal bölgedeki vertebra korpuslarının yan taraflarında üst ve alt bölümde yarımşar olmak üzere birer eklem yüzü bulunur. Bu eklem yüzlerine favea kostalis süperior ve inferior adı verilir. Bunun dışında diğer bölgelerdeki vertebra korpuslarında herhangi bir çıkıntı veya eklem yüzü yoktur. Arkus vertebra, her iki tarafta korpusun posterolateral kenarından çıkan pediküllerle başlar. Pediküller arkaya doğru laminayı oluştururlar ve laminalar iki taraflı olarak posteriorda birleşerek spinöz çıkıntıyı oluştururlar. Korpusun arka yüzünde pedikül ve laminaların oluşturduğu kemik halkaya foramen vertebrale adı verilir ve bunun içinden medulla spinalis geçer. Vertebral kanal, torakal bölgede yuvarlak olmasına karşılık lomber bölgeye indikçe, üç köşeli bir yapı kazanmaya başlar. Enine genişliği torakal bölgede ortalama 17.2 mm. İken, lomber bölgede ortalama 23.5 mm.'dir. Ön-arka genişliği torakal bölgede ortalama 16.8 mm., lomber bölgede ise ortalama 17.5 mm.'dir (33).

Her iki pedikülün üst ve alt kenarlarında birer adet çentik bulunur. Bu çentiklere insisura vertebralis süperior ve inferior adı verilir. Alt taraftaki çentik daha derindir ve iki komşu vertebra'nın üst ve alt çentikleri birleşerek içinden spinal sinirlerin geçtiği foramen intervertebrale adı verilen delikleri oluşturur (6,67).

Pedikül-lamina birleşim yerinde yanlara doğru birer çıkıntı oluşur. Bunlara transvers çıkıntı adı verilir. Torakal bölgedeki transvers çıkıntıların ön yüzünde kosta ile eklemleşen eklem yüzleri vardır. Lomber bölgede ise transvers çıkıntı üzerinde prosessus aksesorius ve prosessus mamillaris adı verilen iki adet çıkıntı vardır. Aksesuar çıkıntıya M. latissimus dorsi, mamiller çıkıntıya ise M. multifidus yapışır (32,57).

Yine pedikül-lamina birleşim yerinde yukarıya ve aşağıya doğru, superior ve inferior artiküler çıkıntı adı verilen çıkıntılar oluşur. Üst ve alt vertebraların karşılıklı artiküler çıkıntıları birleşerek faset eklemleri oluşturur (6).

2.2.3. İNTERVERTEBRAL DİSK

İntervertebral diskler, vertebra korpusları arasında yer alırlar ve şekilleri korpus şekline uygundur. Kalınlıkları 5 ile 12 mm. arasında değişir ve lomber bölgeye doğru artar. Omurgada 23 adet intervertebral disk bulunur ve toplam uzunluğun % 25'ini oluşturur (33).

Vücudun en büyük avasküler yapısı olan intervertebral disk, iki komşu vertebra arasında yastık görevi yapar ve özellikle kompresif yüklere karşı direnci oldukça fazladır. İntervertebral disk iki ana bölümden oluşur: 1) Ortada bulunan nukleus pulposus, 2) Çevrede yer alan anulus fibrosus. Nukleus pulposus rasgele uzanan kollajen liflerinden oluşan matriks üzerinde yerleşmiş güçlü hidrofilik özellik gösteren proteoglikan jelden oluşur. Nukleus pulposusun su içeriği fazladır (% 90) ve yukarıdan gelen yükleri eşit olarak farklı yönlerde dağıtır. Anulus fibrosus ise, her biri yaklaşık 1 mm. Kalınlığında, tip-1 ve tip-2 kollajen liflerinden oluşan ve sayısı bölgelere göre farklılıklar gösteren konsantrik lamellalardan meydana gelir. Anulus fibrosusu oluşturan kollajen lifler, karşıt yönlerde olacak tarzda, horizontal düzlem ile 30° açı yapacak şekilde dizilim gösterirler (6,67).

İntervertebral disklerin beslenmesi, uç plaktaki kapiller yataktan difüzyon yoluyla olur (67).

2.2.4. OMURGANIN EKLEMLERİ

Omurlar birbirine her bir komşu omurun üst ve alt artiküler çıkıntıları arasında oluşan diartroz tipi eklemlerle bağlanmıştır ve bu eklemlere faset eklemler adı verilir. Bütün diartroz tipi eklemlerde olduğu gibi faset eklemlerde de eklem boşluğu, eklem kıkırdağı, sinovial zar ve eklem kapsülü bulunur (6,33,67). Faset eklemlerin kapsülü zengin bir inervasyona sahiptir ve son zamanlarda bel ağrısı etyolojisinde üzerinde çok durulmaktadır (74).

Normal ayakta duran bir insanda kompresif yüklerin % 10-20'si faset eklemler tarafından taşınmaktadır. Öne eğilen bir insanda ise makaslama güçlerinin % 50'den fazlası faset eklemlere binmektedir (6).

Vertebra korpusları arasında hareketli bir eklem yoktur ancak intervertebral disklerin oluşturduğu sindesmoz tipi eklemler vardır.

2.2.5. PARS İNTERARTİKULARİS (İSTMUS)

Superior ve inferior artiküler çıkıntıların arasında kalan bölüm pars interartikularis olarak adlandırılır. Ebraheim ve ark. (31) 30 kadavra üzerinde yaptıkları incelemelerde, lomber vertebra pars interartikularislerinin anatomik özelliklerini ve komşu yapılarla olan ilişkilerini ortaya koymuşlardır. Uzunluk ve genişlik ölçümleri tablo 1’de, açısal değerler ise Tablo 2’de görülmektedir (Şekil 1).

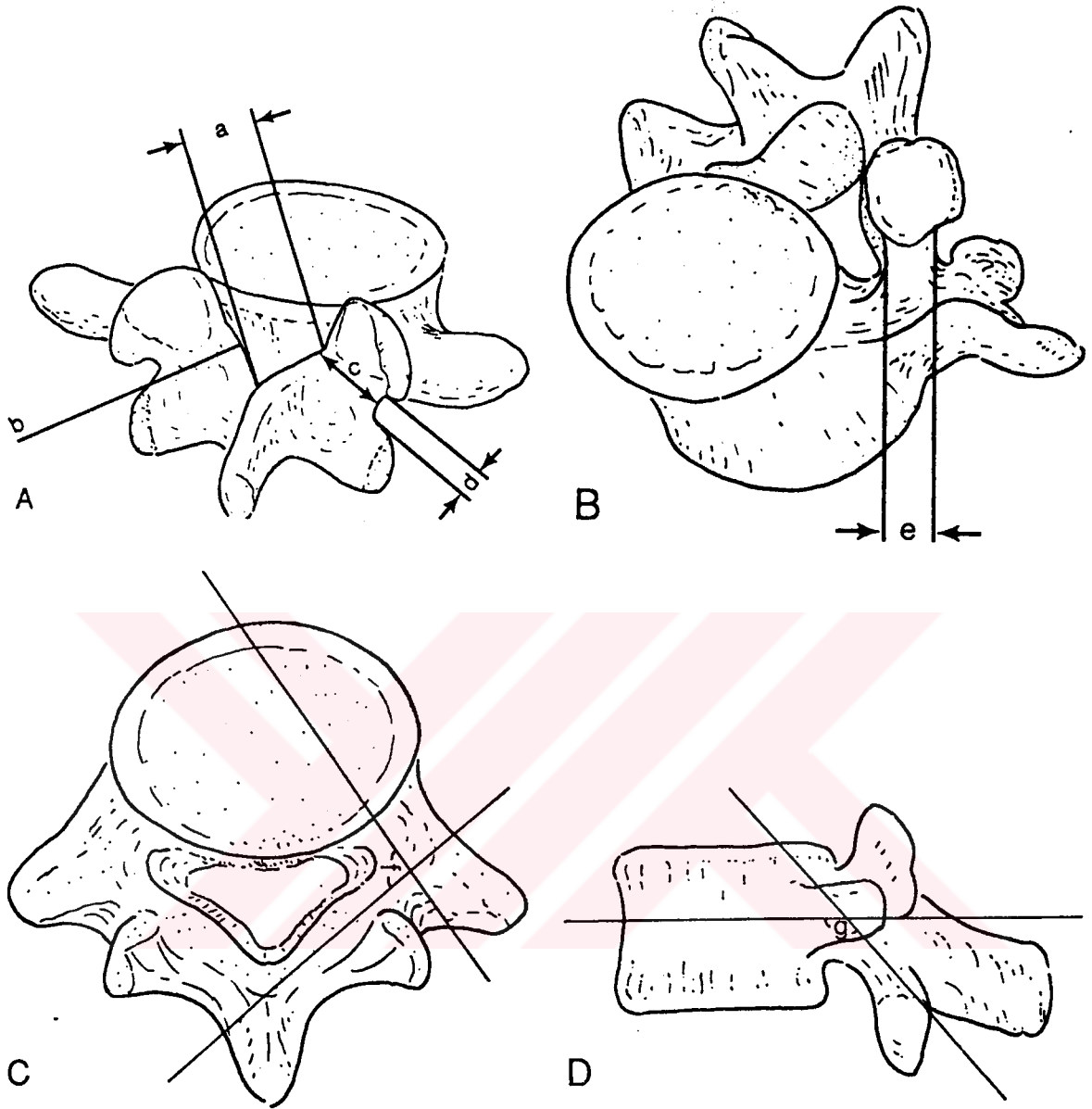
Seviye	L1	L2	L3	L4	L5
Üst genişlik	8.65	8.22	8.28	8.76	10.44
Alt genişlik	7.80	8.67	8.34	6.89	6.34
Üst-alt arası mesafe	11.98	12.76	13.87	13.66	13.26
Üst kalınlık	1.93	1.89	1.94	1.62	2.01
Alt kalınlık	6.71	6.93	7.48	7.72	7.76
Pedikülün üst-alt mesafesi	15.95	15.52	13.39	12.94	13.22
Pedikülün transvers mesafesi	7.85	7.50	9.00	10.62	14.16

Tablo 1: Lomber vertebra istmus ve pediküllerinin anatomik parametreleri. Değerler ortalama değerler olup mm. Olarak verilmiştir.

Seviye	L1	L2	L3	L4	L5
Medial açı*	112.3	113.0	116.7	119.1	119.2
Lateral açı*	133.9	132.5	135.5	136.2	139.0
Üst faset açısı	34.4	30.0	28.5	31.7	41.0
Alt faset açısı	34.5	34.2	37.1	44.9	45.3

(*) Lomber istmus ile pedikül arasındaki açı

Tablo 2: Lomber vertebra istmuslarının açısal değerleri. Ortalama derece olarak.



Şekil 1: Tablo 1 ve Tablo 2’de verilen ölçümlerin şematik gösterilmesi. **A)** Lomber istmusun oblik görünümü. a = İstmusun üst genişliği, b = istmusun üst kalınlığı, c = supero-inferior mesafe, d = istmusun alt genişliği. **B)** İstmusun alt yüzden görünümü. e = istmusun alt bölümünün kalınlığı. **C)** Lomber vertebra’nın alt yüzden görünümü ve istmusun medial açısı (f). **D)** Lomber vertebra’nın yandan görünümü ve istmusun kaudal açısı (g). (Şekil “Ebraheim, N.A., Lu, Y., Biyani, A., Yeasting, R.A.: Anatomic considerations of the lumbar isthmus. Spine 22: 941-945, 1997” den alınmıştır.)

2.2.6. OMURGANIN BAĞLARI (6,33,67)

Omurların farklı bölgelerini birbirine bağlayan bağlar stabiliteye büyük oranda katkı sağlamaktadırlar.

1- Anterior longitudinal ligament: Vertebra korpusu ve intervertebral disklerin ön yüzüne yapışarak atlasın anterior tüberkülünden sakruma kadar uzanır. Lifleri üç tabaka halindedir. En derindeki lifler iki komşu vertebrayı birbirine bağlar. Orta lifler 2-3 vertebrayı, yüzeysel lifler ise 4-5 vertebrayı birbirine bağlar.

2- Posterior longitudinal ligament: Yukarıda membrana tectoria'nın devamı olarak başlar, vertebra korpuslarının arka kenarı boyunca devam ederek sakruma yapışır.

3- Ligamentum Flavum: Üst laminanın anteroinferior yüzünden alt laminanın posterosuperior yüzüne uzanır. Kalınlığı servikalden lombere gittikçe artar.

4- Supraspinal ligament: Ligamentum nuchae'nın devamı olarak 7. Servikal omurdan başlar ve sakruma kadar bütün omurların spinöz çıkıntıları birbirine bağlar.

5- İnterspinal ligament: Supraspinal ligamentin anteriorunda yer alır. Spinöz çıkıntıları birbirine bağlar. Geniş membranöz yapıda bir bağdır.

6- İntertransvers ligament: Komşu omurların transvers çıkıntıları arasında yer alır.

2.2.7. OMURGANIN KASLARI

Omurga hareketlerine katkıda bulunan kasları intrinsek ve ekstrinsek olmak üzere iki gruba ayırabiliriz (57):

İntrinsek kaslar:

1) Erektör spina (Lomber bölgede m. iliokostalis, m. longissimus ve m. spinalis olmak üzere üçe ayrılır)

2) M. Multifidi: Mamiller çıkıntıdan spinöz çıkıntıya uzanır.

3) M. quadratus lumborum: Transvers çıkıntıdan bir veya iki üstteki omurun lamineasına uzanır.

4) M. İnterspinalis: Komşu spinöz çıkıntılar arasında uzanır.

5) M. İntertransversari: Komşu transvers çıkıntılar arasında uzanır.

6) M. İliopsoas

Ekstresek Kaslar:

1) Abdominal kaslar: - M. Rektus abdominis

- M. external obliquus abdominis

- M. Internal obliquus abdominis

- M. Transversus abdominis

2) Gluteal kaslar: - M. Gluteus maximus

- M. Gluteus medius

- M. Gluteus minimus

3) Uyluk kasları: Bunlar pelvise ekstensiyon yaptırarak omurga hareketlerini etkileyen kaslardır.



2.3. OMURGANIN KANLANMASI

Her omur, beslenmesini bir segmental arterden veya bunun bölgesel bir eşdeğerinden gelen, anterior santral, posterior santral, prelaminar ve postlaminar dallardan oluşan bir damar sisteminden sağlamaktadır. Bunlardan ilki ve sonuncusu omurga dışı damarlardan doğmuştur. Posterior santral ve prelaminar dallar ise intervertebral foramenlerden girerek nöral, meningeal ve epidural dokulara da kan sağlayan spinal dallardan köken almışlardır (6).

Segmental arter, tipik olarak aortun arka yüzünden çıkarak omurun cismi çevresinde dorsolaterale doğru devam eder. Bu arada korteksi delerek spongiozaya kadar ulaşan bazı ince dallar verir. Segmental arter transvers çıkıntıya ulaştığında dorsal ve lateral olmak üzere iki dala ayrılır. Dorsal dal foramen intervertebrale seviyesinde spinal arter dalını verir. Spinal arter foramen intervertebraleden girdikten sonra posterior santral, prelaminar ve intermedier dallara ayrılır. Bu dallar aracılığı ile vertebra korpusunun posterior bölümü, posterior longitudinal ligament, laminalar ve ligamentum flavumun beslenmesi sağlanır (6,13,67).

Segmental arterin dorsal dalı foramen intervertebrale seviyesinde spinal arter dalını verdikten sonra iki transvers çıkıntı arasından geçerken, bu transvers çıkıntılara ve eklem kapsülüne dallar verir. Bunun hemen distalinde ise dorsal ve medial dallara ayrılır (6).

Sakrumun beslenmesi diğer omurlardan farklılık gösterir. Sıklıkla superior gluteal arterden ya da daha az olarak hipogastrik arterlerden çıkan dallar sakruma doğru uzanarak segmental dallar verir (6).

Omurganın arteriel dağılımına uyan, internal ve eksternal olmak üzere iki ayrı ven sistemi vardır. Eksternal ven sistemi, anterior ve posterior venöz pleksuslardan oluşmaktadır. Anterior venöz pleksus daha kısadır ve anterior santral arterle birlikte uzanır. Posterior venöz pleksus ise daha uzundur, segmental arterlerin posterior dallarıyla beslenen alanları ve omur cisminin anterior ve lateral kenarından çıkan dalları da drene eder. Valvül içermeyen bu sistem foramen intervertebraleden çıkan segmental dalları da aldıktan sonra vena kava veya vena azigos sistemiyle birleşir (6,13,67).

İnternal venöz pleksus temelde bir seri düzensiz, valvsiz epidural sinüsler olup, koksiksten foramen magnuma kadar uzanır. Kanalları epidural yağa gömülüdür ve kollojen fibrin ağı ile desteklenmiştir. Fakat damarlar o kadar incedir ki kaba diseksiyonla uzantıları ve şekli ayırtedilemez (6).

2.4. OMURGANIN İNERVASYONU

Vertebral kanal içinde beyinden çıkarak aşağı doğru uzanan medulla spinalis bulunur. Medulla spinalisden 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber ve 5 sakral sinir kökü ayrılarak periferik doğru uzanır. Bu kökler servikal bölgede medulla spinalisden çıktıktan hemen sonra, lomber bölgede ise medulla spinalisden çıktıktan sonra bir süre devam edip daha sonra foramen intervertebraleden omurgayı terk ederler. Her spinal sinirin rekürren bir dalı vardır ve buna sinuvertebral sinir adı verilir. Bu sinir intervertebral foramenden geriye doğru kıvrılarak vertebral kanalla ilgili vasküler yapılar, meninksler, periost ve anulus fibrosusa dallar verir. Sinuvertebral sinir dorsal kök ganglionlarının hemen distalinden köken alır ve sıklıkla ramus kominikanstan da bir dal alır. Bu iki komponent genellikle ortak bir demet halinde seyrederler, ancak seyrek olarak foramenden girdikten sonra ayrılarak iki dal olarak uzanırlar. Sinuvertebral sinir intervertebral foramenin üst tarafından, genellikle korpusun dorsolateral yüzü ile buna ait sinir kökü arasından girer. Pedikül tabanı civarında yukarı doğru dönerek posterior longitudinal ligamente ulaşırken süperior ve inferior dallara ayrılır. Yol boyunca dura, ligamentler, periost ve epidural damarlara dallar verir. Daha dorsaldeki intervertebral eklemlerin duysal inervasyonu spinal sinirlerin posterior ramuslarından türer. Bu dal faset eklem kapsüllerinin, ligamentum flavumun ve intespinöz bağların inervasyonundan sorumludur (6).

2.5. OMURGA BİYOMEKANİĞİ

2.5.1. İNTERVERTEBRAL DİSK (6)

İntervertebral diskler, faset eklemlerle birlikte, gövdeye etki eden tüm sıkıştırıcı yükleri taşımakla sorumludur. Ayakta, normal anatomik pozisyonda dururken, diskler üzerine gelen kuvvet üst bölümde kalan vücut parçasının ağırlığından çok daha fazladır. Nachemson ve ark. oturma pozisyonunda bir intervertebral disk üzerindeki kuvvetlerin, gövde ağırlığının üç katından fazla olduğunu saptamışlardır (cit. 6).

İntervertebral diskin en çok araştırılan özelliği basma dayanımıdır. Bir basma dayanımı deneyinde elde edilen yük-deformasyon eğrisi sigmoid tiptedir. Böyle bir eğri intervertebral diskin düşük yüklere çok az direnç gösterdiğini, fakat yükün artmasıyla sertleştiğini ortaya koyar. Bu durumda disk alçak yüklerde fleksibilite, yüksek yüklerde ise stabilite sağlar (6).

Kulak ve ark., intervertebral disk üzerine gelen yüklerin nukleus pulposus tarafından taşındığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, büyük aksiyel yük uygulaması ile diskte kalıcı deformasyon oluşmasına rağmen, nukleus pulposusta fıtıklaşma oluşmamıştır. Brown ve ark. tarafından intervertebral disk ve vertebra korpusunun sıkıştırıcı yüklere karşı direnci birbiriyle karşılaştırılmış ve yetmezliğin ilk olarak korpus uç plaklarında başladığı belirlenmiştir (cit. 6).

Omurganın fleksiyon, ekstansiyon ve yana eğilme hareketleri sırasında, intervertebral diskin bazı bölümlerine sıkıştırıcı yükler gelirken, bazı bölümlerine gerici güçler gelmektedir. Brown ve ark. intervertebral diskin gerici güçlere karşı cevabını incelemişler ve disk'in eksenel gerici güç haritalarını ortaya çıkarmışlardır. Buna göre, ön ve arka bölgelerin yanlardan daha güçlü olduğu, nukleus pulposusun bulunduğu orta bölümün ise en zayıf olduğu ortaya konmuştur. Yazarlar, bu durumun fıtıklaşma eğiliminin en fazla olduğu bölümün desteklenmesi için doğal bir düzenleme olduğunu öne sürmüşlerdir.

İntervertebral disk her kuvvete aynı oranda direnç göstermemektedir. Yapılan çalışmalar eğilme ve torsiyon yüklerinin, intervertebral diske en fazla zarar veren yükler olduğunu göstermiştir. Arka elemanları çıkarılmış bir segmentte 15° lik bir eğilme intervertebral diskte yetmezlik oluşturmaktadır (6).

İntervertebral diskin makaslama güçlerine maruz kalması torsiyon, eğilme ve sıkıştırma güçlerinin birleşmesiyle mümkün olmaktadır. Normal bir diskin yatay düzlemde

yer değiştirmesi için gereken kuvvet oldukça fazladır. Bu durum, anulus fibrosusun makaslama güçlerine karşı yetersizliğinin az olduğu anlamına gelir (6).

İntervertebral disk sabit ve değişken yükler altında zamana bağlı olarak şekil değiştirir ve şekil değiştirme sabit tutulduğuunda diskteki zorlanma zamanla azalır. Buna “gevşeme” denir. Yapılan çalışmalarda normal intervertebral disklerin, dejenere disklerle göre daha yavaş şekil değiştirdiği ve daha viskoelastik olduğu belirlenmiştir. Dejenerasyon, disklerin şokları yumuşatma ve yükleri u plakların tümü üzerine eşit dağıtma yeteneğini ortadan kaldırmaktadır (6).

Tüm viskoelastik yapılarda olduğu gibi, intervertebral diskler de uygulanan kuvvete bağlı şekil değiştirirken enerjinin bir kısmını absorbe ederler. Absorbe edilen enerjinin miktarı, uygulanan yüke, diskin yaşına ve düzeyine bağlı olarak değişir. Yük fazlaľařtıka yutulan enerji çoğalır. Gençlerde, yaşlılara göre daha fazla enerji absorbe olur. Ayrıca, aynı diske ikinci defa yüklenme olduğuunda absorbe edilen enerji azalır (6).

Nukleus pulposus yeterli oranda sıvı içeriyorsa, aksiyel yüklenmeye bağlı olarak nukleus içinde belirli bir basınç oluşur. Bu basınç evre dokulara, nukleus merkezinden uzağa doğru tüm yönlerde iletilir. Böylece, her iki vertebra u plak orta bölümleri birbirinden uzağa doğru itilirken, anulus fibrosus üzerinde aksiyel yüklenmeden çok daha fazla olarak çevresel kuvvetler oluşur. Nukleus pulposusun sıvı içeriği azaldığında yeterli sıvı basıncı uygulayamaz ve uç plakların merkezi bölümleri daha az basınç altında kalır. Böylece anulus fibrosusun üzerine çevresel kuvvetlerden çok daha fazla aksiyel kuvvet biner (6).

2.5.2. OMURGA LİGAMENTLERİ

Anterior ve posterior longitudinal ligamentler, hem vertebra cisimlerine hem diske yapıştıklarından dolayı, vertebra cisimlerinin ayrılmasını engellemekle birlikte diskin bel vermesini de engellerler. Longitudinal ligamentler de disk gibi zaman içinde dejenere olurlar ve enerji absorbsiyon kapasiteleri azalır. Anterior longitudinal ligamentin, posterior longitudinal ligamentten iki kat daha güçlü olduğu bulunmuştur (6,33).

Ligamentum flavum vücuttaki tüm dokular arasında elastik lif oranı en yüksek olandır. Bu durum, ligamente geniş bir elastikiyet sağlar. Ayrıca ligamentum flavumun bir n gerilmesi vardır. Bu n gerilme, ekstansiyon sırasında ligamentin spinal kanala taşmasını önler. Ligamentum flavum, fleksiyonda uzar, ekstansiyonda kısalır. alışmalar, lig. flavum

uzunluğunun tam ekstansiyonda % 10 azaldığını, tam fleksiyonda % 35 uzadığını göstermiştir (6).

Omurganın ligamentöz sistemi, fizyolojik sınırlar içindeki normal omurga hareketleri sırasında minimum direnç gösterirken, hareket fizyolojik sınırları geçip travmatik bir karakter kazandığında omurgayı korumak için güçlü bir direnç göstermektedir.

2.5.3. OMUR CİSMİ, UÇ PLAKLAR, FASETLER, PARS İNTERARTİKULARİS

Omur cismi üzerine yapılan ilk çalışmalar basma dayanımları üzerinedir ve basma dayanımlarının alt seviyelere doğru giderek arttığı belirlenmiştir. Deneyler, omur cismindeki spongioz kemik yapısının şok absorbe edici mekanizmayı güçlendirdiğini ortaya koymuştur. Rockoff ve ark. korteksi çıkarılmış omurların yük taşıma kapasitelerinde önemli bir düşme olmadığını ortaya koymuşlardır (6).

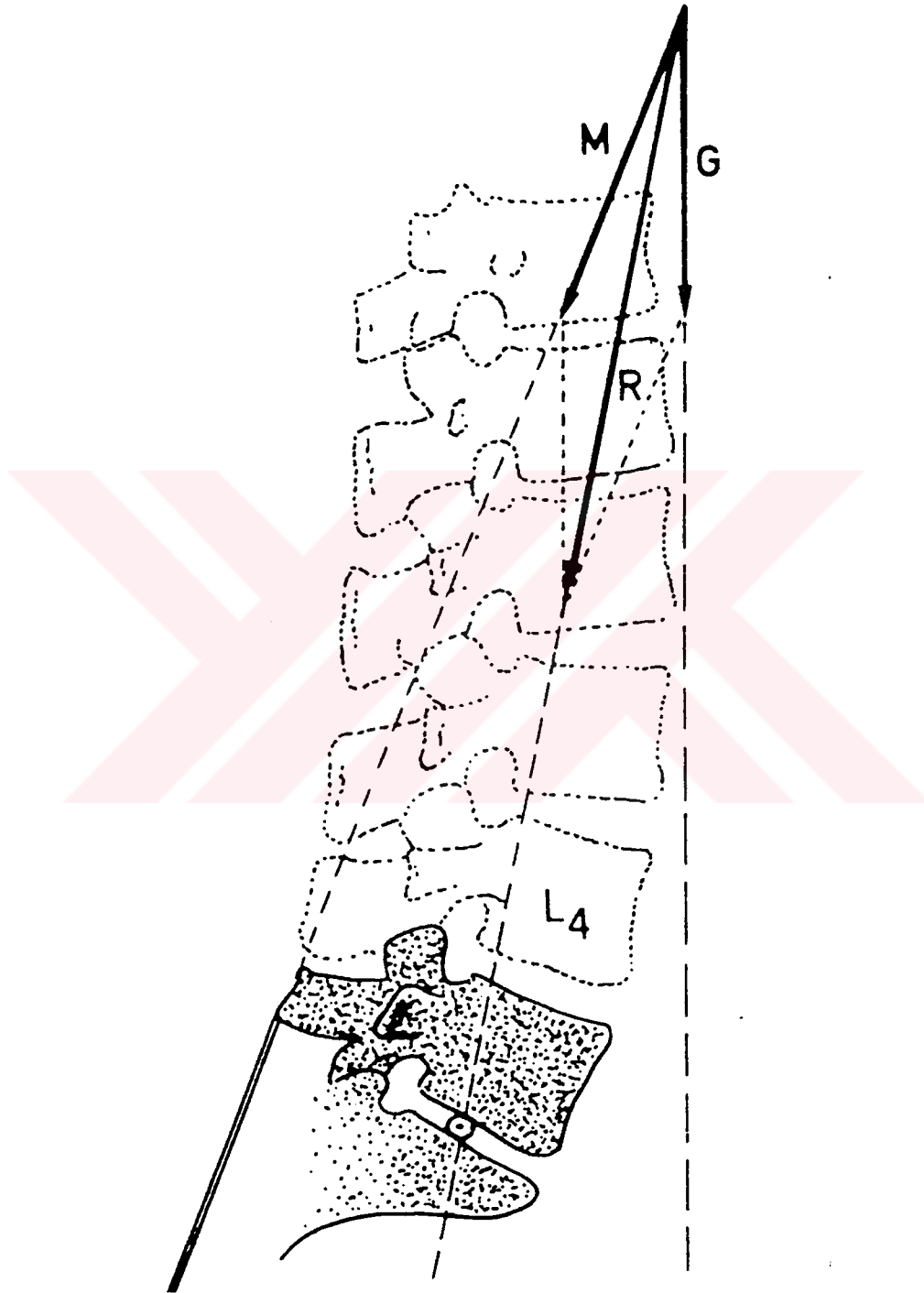
Uç plaklar, dışa doğru bombe bir yapı gösterirler. Pery, yaptığı yüklenme deneylerinde santral, periferik ve tüm uç plak olmak üzere üç tip yetmezlik olduğunu belirlemiştir. Dejenere olmamış sağlam diskleri içeren örneklerde daha çok santral yetmezlik, dejenere disklere sahip örneklerde ise çoğunlukla periferik yetmezlik izlenmiştir. Bu durum, diskin biyomekanik davranışıyla uyumludur (6).

Nachemson, faset eklemler üzerine yaptığı çalışmalarda gelen toplam sıkıştırıcı yükün % 18'inin fasetler tarafından taşındığını belirtmiştir. King ve ark. omurganın değişik hareketleri sırasında fasetler tarafından taşınan yükün % 0 ile 30 arasında değiştiğini bulmuştur. Schultz, öne eğilen insanda makaslama güçlerinin % 50'den fazlasının fasetlere bindiğini belirtmiştir (cit 6).

Dietrich ve Kurowski (29), lomber omurga üzerindeki yük ve stresleri incelediklerinde, mekanik streslerin en fazla pars interartikulariste yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Ayrıca posterior elemanlar içinde, streslere karşı en dayanıksız bölgenin pars interartikularis olduğu belirlenmiştir.

İnsan omurgasının vertikal oryantasyonundan dolayı alt segmentlerde daha fazla yüklenme meydana gelir (73). Şekil 1'de vektör G olarak gösterilen, üst bölümdeki gövdenin ağırlık merkezi, alt lomber vertebraların ön kısmından geçer. Omurganın vertikal pozisyonu M. erektör spina kasının aktivasyonu ile sağlanır. Şekil 1'de vektör M olarak gösterilen bu kasın kuvvet yönünü tam olarak belirlemek zor olmakla birlikte, liflerinin yönüne uygun

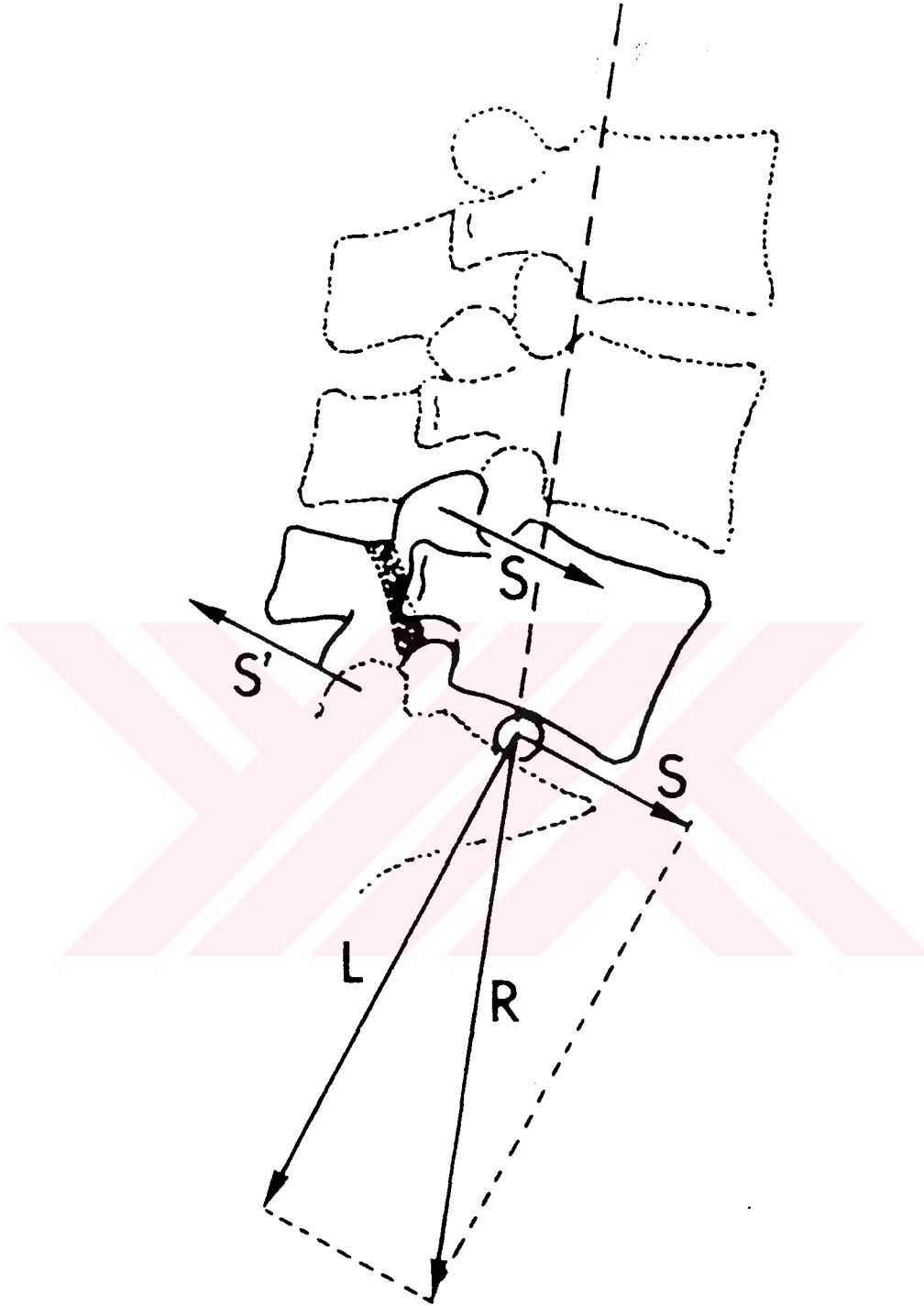
olarak spinöz çıkıntının hemen ucundan geçtiği kabul edilir (73). Bu iki kuvvetin bileşkesi şekil 1’de vektör R olarak gösterilmektedir ve L5-S1 diskinin ortasından geçer (şekil 2).



Şekil 2: L5-S1 seviyesine etki eden kuvvetlerin vektörel analizi. G; üste kalan gövde ağırlığını, M; kas kuvvetini, R; iki kuvvetin bileşkesini göstermektedir. (Şekil “Schlegel, K.F., Pon, A.: The biomechanics of posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in spondylolisthesis. Clin Orthop 193: 115-119, 1985” den alınmıştır.)

Vektör R, vertebral uç plaklara dik olarak değil, hafif kranial ve ventral yönde gelir ve faset eklemlerin menteşe fonksiyonu nedeniyle vektör L ve S olarak iki komponente ayrılır (Şekil 3). Vektör L, L5 ve S1 vertebranın uç plaklarına dik gelen kompresif kuvveti gösterir ve yönü kemik trabeküllerine paraleldir. Vektör S ise, üst vertebrayı öne doğru kaymaya zorlayan makaslama kuvvetini gösterir. Normal sağlıklı insanda, S vektörüne ters yönde ve aynı büyüklükte şekil 2’de S¹ olarak gösterilen bir direnç uygulanır. Bu direnç birincil olarak faset eklemler, ikincil olarak dorsal ligamentler tarafından sağlanır. Zıt yönde gelen bu iki kuvvete bağlı olarak, nöral arkın en zayıf bölümü olan pars interartikularisinde stres yoğunlaşması olur. Pars interartikularisinde kırık oluştuğunda, posterior kemik yapı tarafından sağlanan direnç ortadan kalkar ve sadece ligamentöz yapıların sağladığı direnç devam eder. Böylece üstteki vertebrayı öne doğru kaymaya zorlayan S vektörü, buna engel olmaya çalışan S¹ vektörüne baskın hale geçer. (23,52,73).

L5 vertebranın fasetleri, diğer seviyelere göre daha koronal olarak yerleşmiştir ve bu nedenle lomber omurganın aksiyel rotasyonu L5-S1 seviyesinde kısıtlıdır. Buna bağlı olarak aksiyel yüklenme sırasında L5 pars interartikularisinde, diğer seviyelere göre daha fazla yüklenme olur. Ayrıca L5 istmusunun medial ve kaudal inklinasyonu diğer seviyelere göre daha fazladır. Bu anatomik özellik nedeniyle L5 istmusuna, diğer lomber vertebralara göre daha fazla makaslama güçleri gelir (31).



Şekil 3: Bileşke kuvvet olan R vektörü, öne doğru kaymaya zorlayan S ve L5-S1 uç plaklarına dik gelen L olmak üzere iki komponente ayrılır.(Şekil, “Schlegel, K.F., Pon, A.: The biomechanics of posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in spondylolisthesis. Clin Orthop 193: 115-119, 1985” den alınmıştır.)

3.0. SPONDİLOLİZİS VE SPONDİLOLİSTEZİS

3.1. GİRİŞ

Spondilolistezis, “bir vertebranın üzerindeki vertebral kolonla birlikte altındaki vertebra platosu üzerinde öne doğru kaymasıdır” şeklinde tanımlanabilir. Kelime olarak Yunanca’da omurga anlamına gelen “spodylos” ve kayma anlamına gelen “olisthanein” sözcüklerinin birleşiminden oluşmuştur (6).

Patoloji, ilk olarak Belçikalı bir kadın doğum uzmanı olan Herbiniaux tarafından ortaya konulmuştur. Herbiniaux, zor doğum yapan bir bayan hastada buna neden olarak lomber 5. vertebranın 1. sakral vertebra üzerinde öne doğru kaymasını göstermiştir. Ancak spondilolistesis kelimesi ilk olarak Kilian tarafından kullanılmıştır (28,61).

Vertebranın öne doğru kayması olmaksızın pars interartikularis defekti olmasına “spodilolizis”, vertebra korpusunun öne doğru kayarak alttaki vertebranın önüne inmesine “spondilopitozis” adı verilir (6,28).

Robert ve Lambl, lumbosakral bölgede yaptıkları anatomik çalışmalarda pars interartikularis defektinin vertebra korpusunun öne doğru kaymasına neden olduğunu ve bu bölgede defekt olmaksızın öne kayma olamayacağını savunmuşlardır (cit. 75). Neugebauer ise faset eklem aplazisiyle birlikte pars interartikularis defekti olmaksızın kayma olabileceğini vurgulamıştır (cit. 6).

3.2. ETYOLOJİ

Spondilolistezis, sadece insanda bulunur. Daha aşağı hayvanlarda pars interartikularis defektine rastlanmamıştır. Sürekli olarak dik yürüyen tek canlı insandır ve gerçek lomber lordoz sadece insanda vardır (6,7).

Spondilolizis ve spondilolistezis çocuk yürümeye başladıktan sonra ortaya çıkan patolojilerdir. Lezyon, 7-8 yaşlarda artmaya başlar, 12 yaşına kadar artmaya devam eder ve daha sonra değişmeden kalır (28).

Bardine ve Neugebauer, pars interartikularisdeki defektin iki kemikleşme merkezinin birleşme bozukluğu sonucu oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak daha sonra Bailey, Mall ve Willis'in (80) çalışmalarında nöral arkın bir yarısının tek bir kemikleşme merkezinden geliştiği belirlenmiştir.

Genel popülasyonda pars interartikularis defekti insidansı % 5 civarında olmasına rağmen literatürde lomber bölgede spondilolistezisi olan sadece bir yeni doğan olgu bildirilmiştir. Bazı araştırmacılara göre spondilolistezis etyolojisinde travma önemli bir faktördür. Ancak olguların önemli bir kısmında semptomların başlangıcında minör travma olmasına rağmen, öyküde ciddi bir travma oldukça seyrektr. Ayrıca pars interartikularis deki defekt bölgesinden yapılan histolojik incelemelerde kallus formasyonu veya iyileşmeyi destekleyen hiçbir bulgu saptanmamıştır. Arada, bazen fibrilli bazen kırıkdağımsı bir doku izlenmiştir (7). Tipik olarak semptomların başlangıcı adolesan hızlı büyüme dönemi ile uyum gösterir (36).

Spondilolizisin, pars interartikularisin stres veya yorgunluk kırığı sonucu oluştuğu birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (23,52,91). Çocukluk ve adolesan döneminde pars interartikularis daha incedir, nöral ark maksimum gücüne ulaşmamıştır ve intervertebral disk makaslama güçlerine karşı daha az dirençlidir. Ayrıca anatomik çalışmalarda özellikle ekstansiyonda pars interartikularise en fazla kuvvetin geldiği gösterilmiştir (29). Pars interartikularis deki yorgunluk kırığı normal fizyolojik yüklenmeler sırasında siklik fleksiyon-ekstansiyon hareketleri ile meydana gelebilir. Ayrıca jimnastikçilerde olduğu gibi aşırı hiperekstansiyonda ayakta durma ve hiperekstansiyonda yana eğilme ile de oluşabilir. Jackson ve ark. bayan jimnastikçilerde Spondilolizis insidansını normal popülasyondan dört kat fazla bulmuştur. Ayrıca önceden normal radyografiye sahip jimnastikçilerde sonradan lezyon geliştiğini belirlemiştir. Wegener, spondilolistezis etyolojisinde en önemli faktörün,

omurganın fizyolojik olmayan pozisyonlarda tekrarlayan aşırı hareketleri olduğunu savunmaktadır.

Askerlerde ağır yük taşıma ve yoğun egzersiz sonucu akut spondilolistezis olguları bildirilmiştir. Ayrıca Scheuermann hastalığı olanlarda spondilolistezis normalden fazla izlenmektedir. Bunun dışında ağır fiziksel aktivite gösteren insanlarda Spondilolizis insidansının normalden yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık Rosenberg ve ark. Nöromusküler hastalık sonucu yürüyemeyen hastalardan oluşan geniş serilerinde hiçbir olguda spondilolistezis ve Spondilolizis saptamamışlardır (43).

Grobler ve ark. faset eklemlerin morfolojisi üzerinde bilgisayarlı tomografi ile yaptıkları incelemelerde, lomber 5 vertebrada istmik defekti olan olgularda L5-S1 faset ekleminin transvers artiküler mesafesinin normal popülasyona göre azalmış olduğunu belirtmişler ve pars interartikularis defektinin etyolojisinde faset eklem morfolojisinin rol oynayabileceğini vurgulamışlardır (38).

Spondilolizisin konjenital kökenli olduğu ve ailesel geçiş gösterdiğini destekleyen birtakım bulgular mevcuttur. Bazı araştırmacılar spondilolizisli olguların ailelerinde, insidansın normal popülasyona göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (36,77,95). Bu konudaki en önemli çalışma Wynne-Dawies ve Scott tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar spondilolistezisli olguların ailelerinde yaptıkları radyolojik incelemelerde ebeveynlerinde % 22, kardeşlerinde % 14.3, çocuklarında ise % 24 oranında pars interartikularis defekti bulmuşlardır. Toplam olarak değerlendirildiğinde % 19 değeri bulunmaktadır ve bu normal popülasyonun yaklaşık üç katıdır (95). Wiltse fertlerinden birinde spondilolistezis bulunan 36 aileyi incelemiş ve pars interartikularis defekti insidansını % 26 olarak bildirmiştir (7). Bunun yanında sakralizasyon, lumbalizasyon ve spina bifida gibi bozukluklar Spondilolizis ve listezisli olgularda normal popülasyondan çok daha yüksek oranlarda izlenmektedir (36). Ayrıca cinsiyet ve ırklar arasında farklılıklar olduğu vurgulanmıştır. Spondilolizis ve listezis insidansı siyah bayanlarda % 1.1, beyaz erkeklerde % 6.4, Eskimolarda ise % 54 olarak saptanmıştır (43). Alıcı ve ark. 330 tıp öğrencisi üzerinde yaptıkları taramada % 20 oranında pars interartikularis defekti tespit etmişlerdir (3).

Bowen, Arnold-Chiari malformasyonu ve siringomiyeli ile birlikte iki spondilolizis olgusu yayınlamışlardır (16)

Kızlarda erkeklere göre deformite daha ciddidir ve klinik bulgular daha erken ortaya çıkar. Ayrıca kayma daha erken başlar ve cerrahi tedaviye daha fazla oranda ihtiyaç duyarlar. Cinsiyet bir risk faktörü olarak kabul edilir, ancak nedeni bilinmemektedir (6,43).

Tüm bulgular değerlendirildiğinde, Spondilolizis ve listezisin genetik ve gelişimsel faktörlerin birleşmesiyle ortaya çıktığı sonucuna varılabilir. Sakrumun konjenital gelişme geriliği ve posterior elemanların arasındaki ilişkinin bozulması, büyük olasılıkla genetik kökenlidir ve spondilolizis ve listezis için predispozisyon oluşturur. Travma, postür veya tekrarlayan zorlu aktiviteler gibi gelişimsel faktörler pars interartikulariste stres kırığı oluşmasına neden olurlar. Spondilolistezisin ilerlemesine neden olan faktörleri belirlemek oldukça zordur. Bunların içinde hastanın yaşı, cinsiyeti, kaymanın tipi, deformitenin derecesi ve radyografik instabilite bulguları sayılabilir (6).



3.3. KLİNİK

Spondilolizis ve listezis, sıklıkla geç çocukluk ve adolesan dönemde gelişmesine rağmen semptomların ortaya çıkışı daha geç dönemde olur (6,15,28,43). Spondilolizis olduğu bilinen olgularda yapılan prospektif çalışmada sadece % 13 olguda 18 yaşından önce semptomların ortaya çıktığı belirlenmiştir (28).

Erişkinlerde en önemli semptom ağrı olmasına rağmen, çocuklarda ağrı daha seyrek olarak izlenir. Çocuklarda postürü deformite ve hamstring gerginliğine bağlı yürüyüş bozukluğu daha sık olarak izlenir. Semptomlar genellikle ağır aktivite sonucu agrave olup istirahat ile azalır. Seyrek olarak bel bölgesinde önemli bir yakınma olmaksızın radiküler ağrı ile başvurabilirler (43,36,89).

Spondilolizis ve hafif spondilolistezis olgularında fizik muayene tamamen normal olabilir. Postür veya yürüyüş bozukluğu varsa tek bulgu olarak kalça fleksiyonuna engel olan hamstring gerginliği saptanabilir. Semptomatik olguların yaklaşık % 80'inde hamstring gerginliği izlenmektedir ve bu gerginlik hastanın öne eğilmesini tamamen engelleyecek kadar ciddi olabilir. Hamstringlerdeki gerginliğe bağlı olarak spondilolistesis için patognomonik olan bir yürüyüş şekli izlenir. Burada kalçalar fleksiyona gidemediği için kısa adımlarla yürür ve her adımda pelvis o tarafa döner. Bu yürüyüş şekline pelvik Waddle denir (36).

Önden bakıldığında karnın alt bölümü öne doğru çıkıntılıdır ve umblikus düzeyinde transvers bir çizgi oluşur. Arkadan bakıldığında ise iliumlar belirgin, kalçalar yassı ve lomber lordoz artmış olarak izlenir. Lomber lordoz artmış olmasına rağmen sakrum vertikal olarak izlenir (36,43).

Spondilolizis ve listezisli çocuklarda idiopatik skolyoz insidansı normal popülasyona göre hafif yüksektir (% 6.2) (58). Bunun dışında kas spazmına bağlı siyatik skolyoz veya spondilolitik defektin asimetrik deplasman ve rotasyonuna bağlı gelişenolistetik skolyoz izlenebilir. Son iki tip skolyoz yapısal değil sekonderdir (43,58).

3.4. RADYOLOJİ

3.4.1. POSTERİOR ELEMANLAR

Spondiloliziste pars interartikularisde radyolusen defekt izlenir. Eğer defekt büyükse tüm radyografilerde görülebilir, ancak olguların % 20-25'inde olduğu gibi unilaterale ve henüz spondilolistezis gelişmemişse defekti belirleyebilmek için oblik grafilere gerek duyulur. Semptomatik olgularda eğer oblik grafi çekilmezse % 20 oranında yanlış tanı konulduğu belirlenmiştir (43).

Pars interartikularisdeki defekt eğer akut travma sonucu meydana gelmişse dar ve kenarları düzensiz olarak izlenir. Uzun zaman geçtiğinde ise defekt genişler, kenarları düzleşir ve yuvarlaklaşır (6,28,36).

Semptomatik olguların yaklaşık 1/3'ünde Spondilolizis olmadan spondilolistesis izlenir. Bu olgularda pars interartikularisde defekt olmadan 5. lomber faset sakral faset üzerinde öne doğru sublukse olur. Eğer kayma devam ederse pars interartikulariste uzama veya kopma meydana gelebilir (28).

Displastik spondilolisteziste, 5. lomber vertebranın tüm posterior elemanları spinöz çıkıntıyla birlikte öne doğru kayar. Lamina ve posterior elemanlar sağlam kaldığı sürece kayma 1. sakral vertebra genişliğinin % 25'i ile sınırlıdır (43). Bunun üzerinde kayma kauda equina sendromuna neden olur. Sıklıkla bu aşamadan sonra nöral arkın devamlılığı bozulur ve gövde öne doğru kaymaya devam eder (90). Spondilolizisi takiben gelişen spondilolisteziste ise 5. lomber vertebranın spinöz çıkıntısı ve posterior elemanları yerinde kalıp korpus öne doğru kayar (53).

Sherman ve ark. tek taraflı spondilolistezisli olgularda seyrek olarak karşı taraf lamina ve pedikülünde reaktif skleroz ve hipertrofi gelişebileceğini ve bu durumun osteoid osteoma ile karışabileceğini bildirmişlerdir. Böylece yanlış tanı ile bölgenin eksizyonu varolan instabiliteyi daha da arttıracaktır (78).

3.4.2. KORPUS

Vertebra korpusunun öne sublüksasyonu en iyi lateral grafide değerlendirilir ve lateral grafinin ayakta çekilmesi önerilmektedir. spondilolistezisde tanjansiyel ve anguler olmak üzere iki tip kayma izlenir:

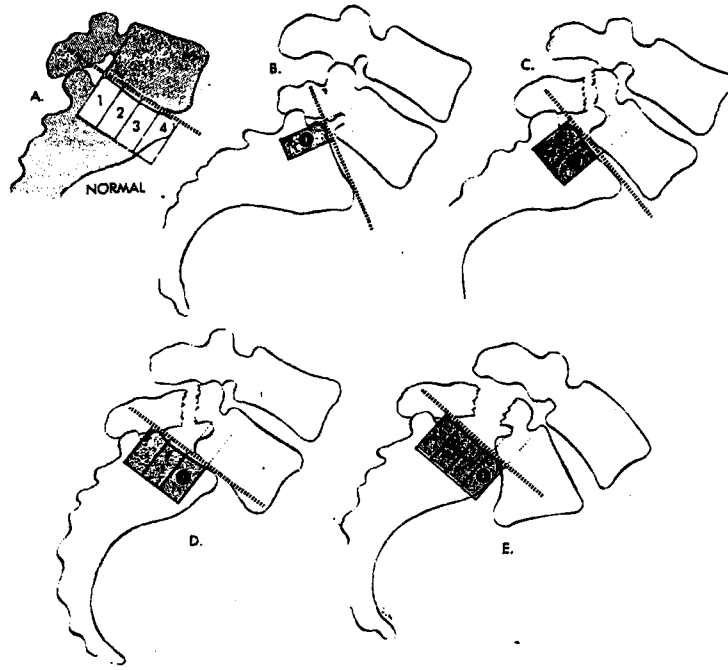
Tanjansiyel kayma, L5 vertebra'nın sakrum üzerinde öne doğru kaymasıdır. Öne kaymayı değerlendirmek için Ulmann, Meschan, Burckhardt, Capener ve Marique tarafından farklı ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak günümüzde en sık kullanılan yöntem Meyerding tarafından önerilen yöntemdir. Meyerding sakrumun üst bölümünü dört eşit parçaya bölerek, L5 vertebra'nın posterior korteksi birinci parçadaysa grade 1, dördüncü parçadaysa grade 4 olarak derecelendirmiştir. Spondilopitoz ise grade 5 olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4) (28). Ayrıca kayma mesafesi (sakrumun posterior korteksi ile L5 vertebra'nın posterior korteksi arasındaki mesafe) sakrumun ön-arka mesafesine bölünerek yüzde olarak da kayma miktarı belirlenebilir.

Anguler kayma ise, 5. lomber vertebra'nın sakrumun önüne doğru dönmesidir. Bu duruma sagittal rotasyon, yuvarlanma, 5. lomber-1. sakral kifoz veya gibbus gibi isimler verilebilir. Anguler kayma grade 1 ve 2 spondilolistesislerde izlenmez. % 50'den fazla kayması olanlarda sıklıkla, % 75'den fazla kayması olanlarda her zaman anguler kayma vardır (43). Sagittal rotasyon miktarı 5. lomber vertebra'nın anterior kenarından çizilen çizgi ile 1. sakral vertebra'nın posterior kenarından çizilen çizgi arasındaki açı ile değerlendirilir. Newman, S1 vertebra'nın üst bölümünü ve anterior yüzünü 10 eşit parçaya bölmüş, böylece hem tanjansiyel hem de anguler kaymayı aynı anda değerlendirmiştir (Şekil 5) (62).

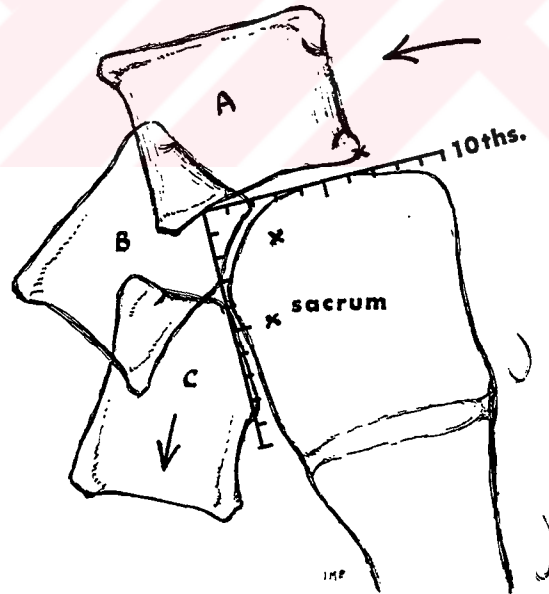
Çocuklarda zaman içinde üst sakrum ve L5 korpusunda birtakım adaptif değişiklikler oluşur. Sakrumun anterior kenarı erode olur ve yuvarlaklaşır. L5 korpusu trapezoidal görünüm alır ve posterior bölümünün yüksekliği anterior bölümünün yüksekliğinden daha azdır (36).

spondilolistezisde pelvis çıkımının daralması ve doğumun zorlaşmasından, öne kaymış olan L5 sorumlu değildir. Vertikal pozisyona gelmiş olan sakrumun orta ve alt bölümü pelvis çıkımının daraltarak doğumu zorlaştırır (43). Harris ve Weinstein'e göre spondilolistezis ile doğumun zorlaşması arasında bir ilişki yoktur (41).

Geç adolesan ve erişkin döneminde L5-S1 disk mesafesinde dejenerasyona bağlı daralma izlenir. Sakrumun anterior dudağında skleroz meydana gelir ve bu durum kaymaya direnç oluşturur. Erişkin dönemde progresyon seyrek (6,15,28,43).



Şekil 4: Meyerding yöntemine göre vertebral kaymanın değerlendirilmesi.



Şekil 5: Newman yöntemine göre tanjansiyel ve anguler kaymanın birlikte değerlendirilmesi. (Şekil, “ Newman, P.H.: A clinical syndrome associated with severe lumbo-sacral subluxation. J Bone Joint Surg 47B: 3: 472-481, 1965” den alınmıştır.)

3.4.3. SİNTİGRAFI

Klinik olarak spondilolistezis'ten şüpheleniliyor, ancak radyolojik olarak tanı konulamıyorsa veya kırıktan önceki stres reaksiyon döneminde ise (pre-spondilolitik dönem) sintigrafi ile tanı konulabilir. Küçük veya parsiyel kırıklar radyolojik inceleme ile gözden kaçabilir ancak sintigrafide artmış tutulum ile ayırdedilebilir. Sintigrafi özellikle klinik bulgular başladıktan sonraki erken dönemde (ilk 5-7 gün) tanıyı doğrulamak için yardımcıdır. Daha geç dönemde ise pars interartikularisdeki kırığın iyileşip iyileşmediğini değerlendirmede yardımcı olabilir. Semptomların başlangıcından sonra bir yıldan fazla süre geçmişse sintigrafi fazla yardımcı değildir (86).

3.4.4. BİLGİSAYARLI TOMOGRAFI

Bilgisayarlı tomografi, pars interartikularisdeki kırığın tanısını koymada genellikle endike değildir. Özellikle, spondilolistesis tanısı almış nörolojik defisiti olan olgularda bunun nedenini ortaya koymada oldukça yardımcıdır. Ayrıca pars interartikularisdeki defektli bölgede psödoartrotik dokunun değerlendirilmesi için yardımcı bir inceleme olarak kullanılabilir (43).

3.5. SINIFLAMA

Zaman içinde Chiari, Luigi Ranieri, Francesco Pipino, Taillard tarafından birtakım sınıflamalar yapılmıştır (4,6).

Capener 1932 yılında spondilolistezis olgularını, pars interartikularis defekti olan ve olmayan olarak ikiye ayırmıştır. Daha sonra Newman 1963 yılında 319 hastalık serisinde hastaları iki ana gruba ayırmıştır. İlk grupta pars interartikularis defekti olanlar, ikinci grupta ise pars interartikularis defekti olmadan lumbosakral faset dislokasyonu olanlar yer almaktadır (36).

Günümüzde en çok kullanılan sınıflama Wiltse, Newman ve MacNab tarafından yapılan sınıflamadır. Bu sınıflamada olgular displastik, istmik, dejeneratif, travmatik ve patolojik olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır (Tablo 3) (90).

Son olarak Marchetti ve Bartolozzi'nin 1982 yılında yaptıkları ve 1994 yılında yine kendileri tarafından modifiye edilen sınıflamada developmental ve kazanılmış olarak iki ana gruba ayrılmakta, daha sonra bunlar alt gruplar ayrılmaktadır (Tablo 4) (55,56).

Tablo 3

Wiltse-Newman-MacNab Sınıflaması

- I. Displastik
- II. İstmik
 - a) Pars interartikulariste stres kırığı
 - b) Pars interartikulariste elongasyon
 - c) Pars interartikulariste akut travmatik kırık
- III. Dejeneratif
- IV. Travmatik
- V. Patolojik

Tablo 4**Marchetti-Bartolozzi Sınıflaması:**

- | | |
|------------------|---|
| I. Developmental | A. Yüksek derece displastik <ol style="list-style-type: none"> 1. Lizis ile birlikte 2. Elongasyon ile birlikte B. Düşük derece displastik <ol style="list-style-type: none"> 1. Lizis ile birlikte 2. Elongasyon ile birlikte |
| II. Kazanılmış | A. Travmatik <ol style="list-style-type: none"> 1. Akut kırık 2. Stres kırığı B. Cerrahi sonrası <ol style="list-style-type: none"> 1. Direkt cerrahi 2. İndirek cerrahi C. Patolojik <ol style="list-style-type: none"> 1. Lokal 2. Sistemik D. Dejeneratif <ol style="list-style-type: none"> 1. Primer 2. Sekonder |

3.5.1. WILTSE-NEWMAN-MACNAB SINIFLAMASI (90)

Tip I (Displastik spondilolistezis): Sakrumun üst kenarı ve 5. Lomber vertebranın arkusundaki displaziye bağlı olarak gelişir. Pars interartikularis sıklıkla elonge veya ayrılmıştır. Kadınlarda erkeklere göre 2 kat daha fazla izlenir. Bu grup hastalarda kayma derecesi genellikle şiddetlidir. Aşağı lomber ve üst sakral bölgede çeşitli konjenital anomaliler olmakla beraber kaymanın doğumda olmadığı, daha sonradan meydana geldiği kabul edilmektedir.

Tip II (İstmik spondilolistezis): Burada kayma pars interartikularisin elongasyonu veya kırılması ile meydana gelir. Faset eklemler sağlam olarak kalır. Temeldeki patoloji, pars interartikularisin stres kırığıdır. Elongasyon tekrarlayan stres kırıklarından sonra pars interartikularisin uzamış pozisyonda kaynaması sonucu meydana gelir. Bu grup hastalar 3 alt gruba ayrılır:

A) Pars interartikulariste stres kırığına bağlı ayrılma vardır. 50 yaşın altındaki popülasyonda en sık izlenen tip budur.

B) Pars interartikulariste ayrılma olmaksızın tekrarlayan ve her seferinde uzamış olarak iyileşen mikro kırıklara bağlı elongasyon sonucu gelişir.

C) Akut travmaya bağlı pars interartikulariste kırık sonucu gelişir.

Tip III (Dejeneratif spondilolistezis): Genellikle 50 yaşın üzerindeki bayanlarda sık olarak izlenir. Büyük oranda L 4-5 seviyesinde olur ve sıklıkla kayma miktarı % 30'u geçmez. Kaymanın nedeni dejeneratif değişikliklere bağlı faset yetersizliğidir. Bu tip spondilolistezis Lunghans tarafından psödospondilolistezis olarak isimlendirilmiş ve Wiltse'de aynı terimi kullanmıştır.

Tip IV (Travmatik spondilolistezis): Kayma pedikül, lamina veya fasetin akut travmatik kırığına bağlı gelişir. Pars interartikularis sağlam olabilir veya diğer kırıklara eşlik edebilir.

Tip V (Patolojik spondilolistezis): Kemik yapının yetersizliğine bağlı olarak gelişir. Osteogenesis imperfekta, Albers-Schönberg hastalığı gibi genel veya neoplastik oluşumlar gibi lokal nedenlerle meydana gelebilir.

3.5.2. MARCHETTI-BARTOLOZZI SINIFLAMASI (55)

Marchetti ve Bartolozzi, Wiltse sınıflamasının tüm olguları tam olarak değerlendirme olanağı sağlamadığını vurgulayarak kendi sınıflamalarını yapmışlardır. Bu sınıflamada hastalar developmental displastik ve kazanılmış olarak iki ana gruba ayrılmışlardır. Burada kullanılan developmental displastik lezyon doğumda var olan konjenital spondilolistezis anlamında değil sadece doğumda var olan yüksek veya düşük derecede displaziye tanımlamak için kullanılmaktadır.

Lomber 5. vertebra'nın pedikülü, inferior artiküler faseti, pars interartikularis ve sakral faset "kemik köprü" olarak adlandırılır. Bu bölgedeki konjenital displastik değişiklikler, istmik defekt adını alır ve spondilolistezis için zemin hazırlar. Displastik değişiklikler en sık pars interartikulariste görülmekle birlikte kemik köprü'nün diğer komponentlerinde de izlenebilir. Pars interartikularisde sıklıkla oblik veya vertikal yaklaşık 2-4 mm. Genişliğinde, konnektif doku ile dolu defekt izlenir. Mikroskopik incelemede vasküler yapılardan fakir, bazı alanlarda spongioz kemik ve kartilajinöz metaplazi adacıkları içeren dens konnektif doku izlenir. Kortikal kenarlar sert ve yuvarlaklaşmıştır (80). Schneiderman ve McLain, defektin histolojik incelemesinde yer yer serbest sinir uçlarına rastlamışlar ve bunların ağrıdan sorumlu olabileceklerini düşünmüşlerdir (74). Wiltse'nin çalışmalarında, pars interartikularisdeki defektin ırklar arasında değişiklikler gösterdiği belirtilmiştir. Amerika Birleşik Devletlerinde beyaz ırkta % 5.6 oranında saptanırken Afrikalılarda 3 kat az, eskimolarda 10 kat fazla tespit edilmiştir (43).

İstmus defekti en sık lomber 5. vertebrada izlenir. L5 istmusunun kaudal ve medial inklinasyonunun diğerlerinden daha fazla olduğu ve L5 istmusunun diğerlerinden daha güçsüz olduğu belirlenmiştir. Bu durum aksiyel yüklenmede en fazla makaslama güçlerinin L5 istmusunda lokalize olduğu gösterir (31).

Kazanılmış spondilolistezis kendi içinde travmatik, cerrahi sonrası, patolojik ve dejeneratif olmak üzere dört alt gruba ayrılır. Travmatik formu displastik formdan ayırmak zor olabilir. Eğer önceden normal olan kemikte önemli bir travmaya bağlı olarak pars interartikulariste kırık oluşmuş ve spondilolistesis meydana gelmişse kazanılmış olarak, eğer önemsiz bir travmayla displazi zemininde kayma oluşmuşsa developmental olarak sınıflanır. Pars interartikulariste gerçek travmatik akut kırık genellikle ciddi travma sonucu oluşur ve kayma genellikle ciddidir. Stres kırığı, genellikle sporcularda izlenir ve hemen daima pars interartikulariste yerleşmiştir. Çünkü pars interartikularis kemik köprü'nün en güçsüz bölümüdür.

Marchetti-Bartolozzi sınıflamasındaki patolojik ve dejeneratif formlar Wiltse sınıflaması ile benzerlik gösterir.

Wiltse sınıflamasında displastik ve istmik gruplar, Marchetti-Bartolozzi sınıflamasında developmental olarak tek grup altında toplanmışlardır. Ayrıca Wiltse'ye göre istmik grupta yer alan olgular Marchetti-Bartolozzi'ye göre developmental veya kazanılmış olabilir.

3.6. TEDAVİ

3.6.1. SPONDİLOLİZİS

Bazı otörler özellikle belli bir travma sonucu, semptomların akut olarak başladığı genç olgularda alçı veya torakolumbosakral ortez ile spondilolitik defektte iyileşme olduğunu bildirmişlerdir. Unilateral olgularda iyileşme oranı bilateral olanlara göre daha yüksektir. Ancak tüm defektler sadece immobilizasyon ile iyileşmezler. Sintigrafi, ossöz tamir sürecinin devam edip iyileşme oluşacağını veya psödoartroz geliştiğini ayırtetmede yardımcı olabilir (43).

Asemptomatik olgularda herhangi bir tedaviye veya aktivite kısıtlanmasına gerek yoktur. Hasta 6 ay aralarla muayene edilir. Eğer hamstring gerginliği, lomber lordozda artma gibi bulgular yoksa grafi tekrarına gerek yoktur (15,43,91).

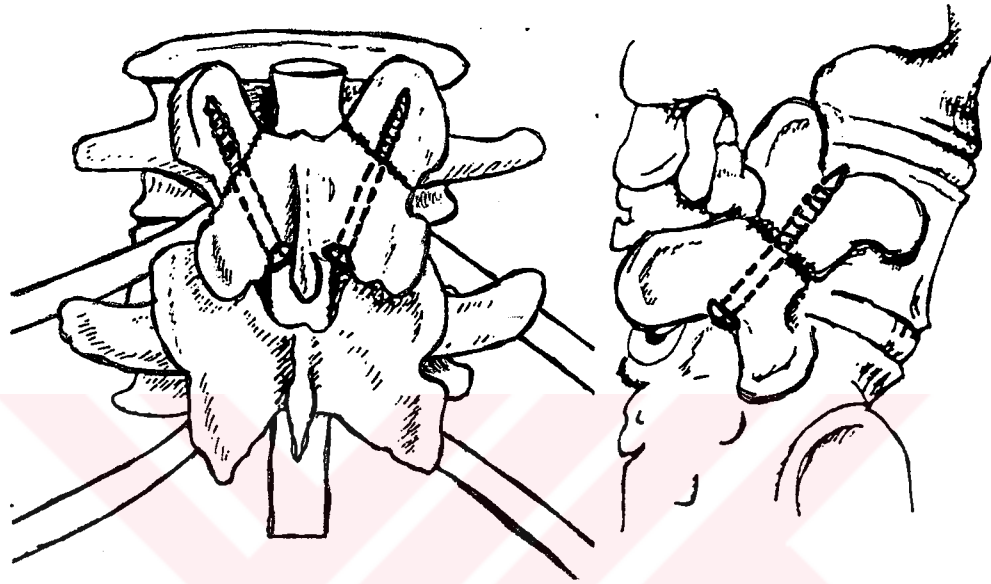
Hafif bel ağrısı ve hamstring gerginliği olan olgularda, zorlu aktivitelerin kısıtlanması ve karın ve sırt kaslarına yönelik germe egzersizleri, semptomların kontrol altına alınmasında sıklıkla yeterli olur (65). Tedavinin başarılı veya başarısız olduğunu değerlendirmede en iyi klinik kılavuz hamstring gerginliğidir. Daha ciddi ve kronik yakınmaları olan olgularda yatak istirahati, alçı veya ortez uygulaması ve analjezik gerekebilir. Olguların büyük bölümü bu tedaviden fayda görür, semptomlar geriler ve uzun süreli takipte sadece hafif rahatsızlık dışında sorun yaşanmaz. Küçük bir grup hastada ise konservatif tedavi ile sonuç alınamaz ve bu olgularda cerrahi stabilizasyon gerekir (36,43,90,91).

Konservatif tedaviye yanıt vermeyen, semptomların başlangıcından sonra 3 yıldan az süre geçmiş, dejeneratif değişiklikleri olmayan, geç adolesan ve erişkin olgularda spondilolitik defektin direkt onarımı önerilir. Pars interartikularisdeki defekt bölgesi temizlendikten sonra greftleme ile birlikte transvers çıkıntıya tel ile tespit, pars interartikularise direk vida uygulaması veya transpediküler vida ve sublaminar çengel ile tespit edilmesi önerilen yöntemler arasındadır. Yukarıdaki kriterlere uymayan olgularda ise posterolateral füzyon önerilir (36,43).

İstmik Defekt Tespit Yöntemleri:

Buck Yöntemi: Orta hat insizyonla girilir. Paravertebral adaleler iki tarafa sıyrıldıktan sonra pars interartikularisdeki defekt bölgesi temizlenir ve aradaki fibrokartikajinöz yapılar uzaklaştırılır. Laminanın alt kenarından öne, kraniale ve laterale doğru, pars interartikularisin içinde kalacak şekilde delik açılır ve 4.5 mm. Kortikal vida ile tespit edilir. Vida proksimal

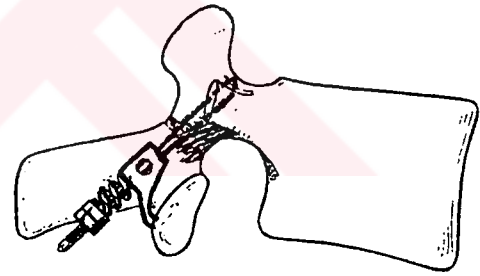
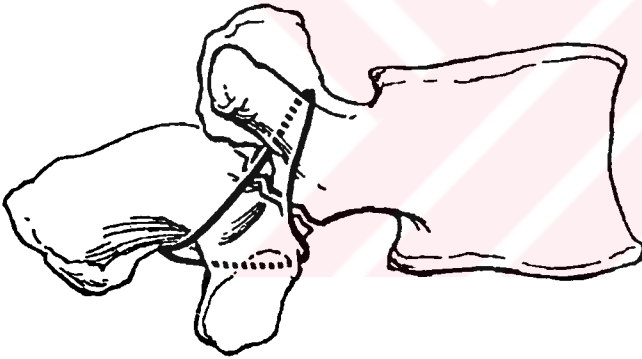
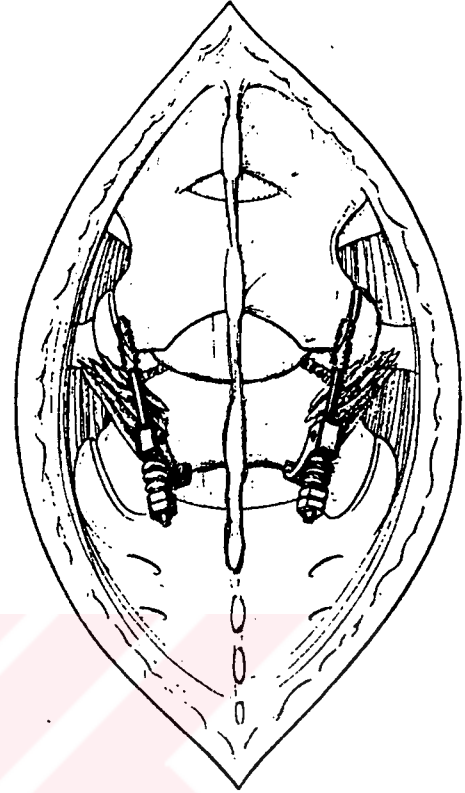
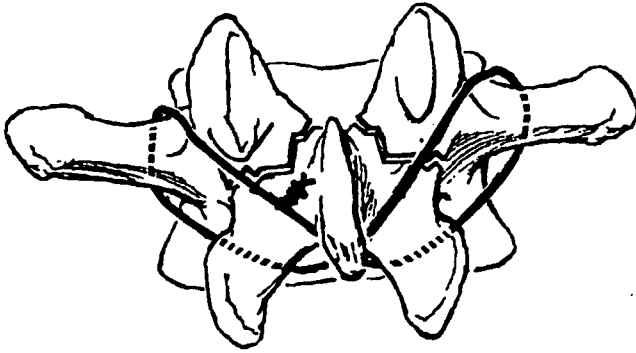
fragmana yaklaşık 1 cm. geçmelidir. Daha sonra iliak kanattan alınan spongioz greftler bölgeye yerleştirilir (Şekil 6) (19).



Şekil 6: Laminanın alt kenarından, pars interartikularisdeki defekti tespit edecek şekilde gönderilen vidanın arkadan ve oblik görünümü.(Şekil “Pedersen, A.K., Hagen, R.: Spondylolysis and spondylolisthesis treatment by internal fixation and bone grafting of the defect. J Bone Joint Surg 70A: 15-24: 1988” den alınmıştır)

Scott Yöntemi: Bu yöntemde de Buck yöntemine benzer şekilde orta hat insizyonla girilip pars interartikularisdeki defekt temizlendikten sonra, her iki transvers çıkıntıdan geçirilen serklaj teli spinöz çıkıntının inferiorunda bağlanır ve greftlenir (Şekil 7) (18).

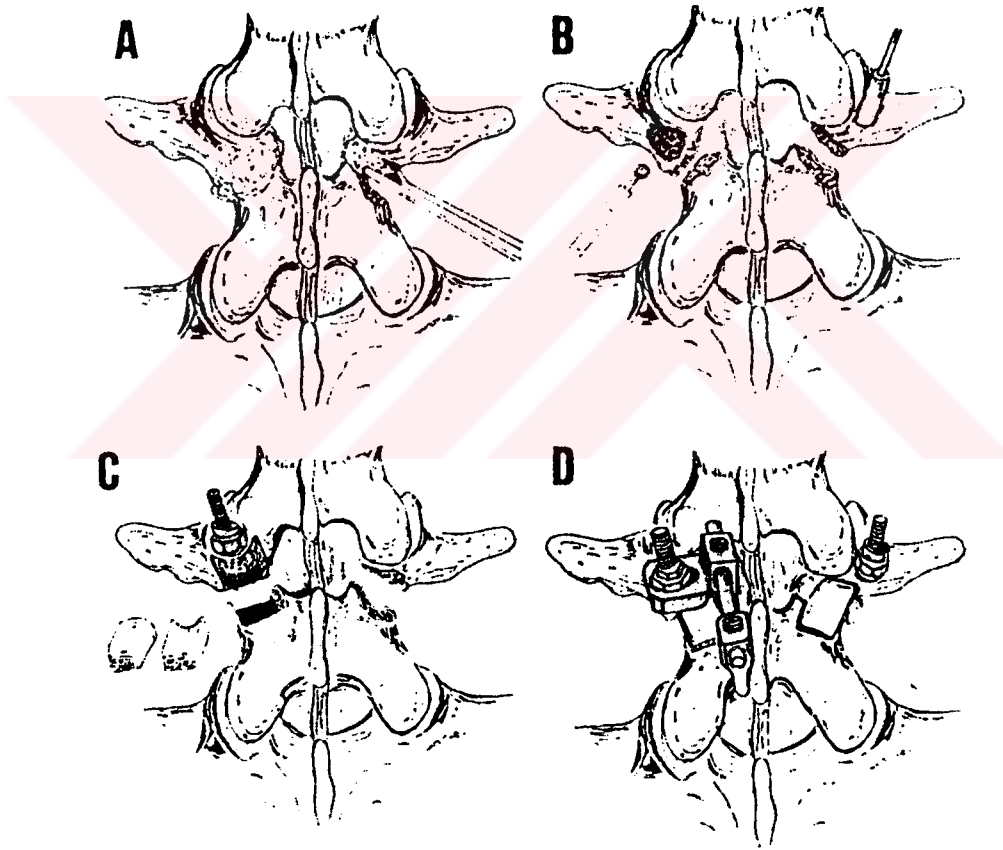
Morscher Yöntemi: Burada, diğerlerine benzer şekilde defekt bölgesi hazırlandıktan sonra, uç bölümü spongioz yivli, geriye kalan kısmı kısa yivli ve diğer ucunda çengel bulunan özel bir vida (Morscher vidası) üst artikuler çıkıntıya doğru gönderilir. Vidanın çengel bölümü ise laminanın alt kenarına oturur. Böylece, vida sıkıldıkça pars interartikularise kompresyon uygulanmış olur (Şekil 8) (60).



Şekil 7: Scott yöntemi. Transvers çıkıntıdan geçirilen 8 şeklinde serklaj teli ile pars interartikularisdeki defektin tespit edilmesi. (Şekil “Kip, P.C., Esses, S.I., Doherty, B.I., Alexander, J.W., Crawford, M.J.: Biomechanical testing of pars defect repairs. Spine 19: 2692-2697, 1994” den alınmıştır)

Şekil 8: Morscher çengel-vidası ile pars interartikularisdeki defektin tespit edilmesi. (Şekil “Jeanneret, B.: Direct repair of spondylolysis. Acta Orthop Scand 64(251S): S111-S115, 1993” den alınmıştır)

Monosegmenter vida-çengel uygulaması (Tokuhashi): Monosegmenter olarak pedikül vidası ve sublaminar çengel uygulanır ve aradaki rod üzerinden kompresyon yapılır. Diğer yöntemlere benzer şekilde pars interartikularisdeki defekt bölgesi greftlenir (Şekil 9) (83).



Şekil 9: Pedikül vidası-sublaminar çengel ile pars interartikularisdeki defektin tespit edilmesi. (Şekil “Tokuhashi, Y., Matsuzaki, H.: Repair of defect in spondylolysis by segmental pedicular screw hook fixation, a preliminary report. Spine 21: 2041-2045, 1996” den alınmıştır)

3.6.2. SPONDİLOLİSTEZİS

ASEMPTOMATİK

Asemtomatik olgular rutin radyografilerde tanınabilir veya önceden semptomatik olan olgular konservatif tedavi ile asemtomatik hale gelebilirler. Bu olgularda, ne oranda progresyon olduğu ve semptomatik hale geçtiği, dejeneratif artrit olasılığı ve profilaktik cerrahi stabilizasyon endikasyonları konusunda kesin bilgiler mevcut değildir. Wiltse ve ark. % 25'in altında kayması olan asemtomatik olgularda aktivite kısıtlanmasına gerek olmadığını, ancak mesleklerinde düzenleme yapılarak ağır taşıma ve zorlu aktivitelerden kaçınılması gerektiğini belirtmişlerdir. % 25'den fazla kayması olan asemtomatik olgularda ise bel bölgesinde yaralanmaya sebep olabilecek kontakt sporlar ve zorlu aktivitelerden kaçınılması gerektiğini vurgulamışlardır (28,43,85).

SEMPATOMATİK

Semptomatik spondilolistezisde, asemtomatik olanlara göre tedavi yöntemi ve prognoz hakkında daha kesin bilgiler bulunmaktadır. Spondilolistezisin ilerlemesi ve semptomların devam etmesi ile ilgili olarak birtakım risk faktörleri belirlenmiştir (Tablo 5). Risk altında olan olgular iskelet matüritesi tamamlanana kadar mutlaka kontrol altında tutulmalıdır (43,85).

Semptomatik spondilolisteziste konservatif tedaviyle semptomlarda gerileme sağlansa bile hastanın önceki fonksiyon düzeyine ve sportif aktivite düzeyine dönmesine izin verilmez. % 50'nin üzerinde kayması olan Grade III ve IV olgularda konservatif tedavi ile semptomlar ve postüral deformite kontrol altına alınamaz. Grade II olguların da az bir bölümü konservatif tedaviden faydalanır, önemli kısmında cerrahi tedavi gerekir (43,53).

Adolesan dönemde % 25 ve üzerinde kayması olan ve lumbosakral instabilite ve erken disk dejenerasyonu bulguları izlenen olguların hemen hemen tamamında semptomlar erişkin dönemde devam eder ve bu olgular büyük oranda cerrahi tedavi gerektirirler (43,85). Harris ve Weinstein ortalama 18 yıl takip ettikleri olgulardan % 36'sının fonksiyonel düzeylerinin etkilendiğini, % 45'inin aktivite düzeylerinin sınırlandığını belirtmişlerdir. Saraste ortalama 29 yıl takip sonunda olguların % 54'ünün bel ağrısı nedeniyle eski işlerinde çalışamadıklarını belirtmiştir (41).

Tablo 5**Spondilolisteziste progresyon, deformite ve devamlı ağrı için risk faktörleri****A- Klinik risk faktörleri;**

- 1) Yaş: Erken başlangıç (özellikle 10 yaşın altı) önemli risk faktörlerindendir. Çünkü bu olgularda adolesan hızlı büyüme döneminde progresyon beklenir.
- 2) Cinsiyet: Kızlarda progresyon erkeklere göre daha fazladır.
- 3) Semptomlar: Spondilolistezisin derecesi ne olursa olsun, tekrarlayan bel ağrısı epizodları, kaymanın ilerlemesi ve semptomların devam etmesi için oldukça önemli risk faktörüdür.
- 4) Deformite: Hamstring kaslarında gerginliğe bağlı yürüyüş bozukluğu ve postüral deformite semptomların devamı için risk faktörüdür.

B- Radyolojik risk faktörleri;

- 1) Kaymanın tipi: Displastik spondilolistezis (Wiltse tip I) ilerleyici kayma ve semptomların devam etmesi açısından, istmik spondilolistezise (Wiltse tip II) göre çok daha risklidir.
- 2) Kaymanın derecesi: % 50'nin üzerinde kayması olan Grade II ve IV olgular.
- 3) Kayma açısının yüksekliği
- 4) İnstabilite: Üst bölümü yuvarlaklaşmış sakrum, trapezoidal L% ve L5-S1 arasında sklerotik değişikliklerin olmaması risk faktörleri arasında sayılır.

Cerrahi Stabilizasyon:

Konservatif tedaviye yanıt vermeyen ve cerrahi tedavi endikasyonu (Tablo 6) olan olgularda genellikle önerilen tedavi yöntemi bilateral posterolateral füzyondur (14,43,48,85). Grade I ve II spondilolistezis olgularında genellikle sagittal rotasyon izlenmez ve bu olgularda L5 transvers çıkıntıları ile sakrumun alar kanatları arasında yapılacak olan füzyon sıklıkla yeterli olur. Ancak Grade III ve IV olgularda izlendiği gibi L5 vertebra korpusunda sagittal rotasyon bulunan olgularda L4 transvers çıkıntısının da füzyona dahil edilmesi gerekir. Beraberinde nukleus pulposus herniasyonu ve kök sıkışması gibi patolojilerin eşlik ettiği olgularda bu patolojilerin tedavisi de yapılmalıdır (43).

Tablo 6**Cerrahi tedavi endikasyonları;**

- 1- 6 ay – 1 yıl süreyle uygulanan konservatif tedaviye (orteز kullanımı, aktivite kısıtlaması, fizik tedavi) rağmen semptomların devam etmesine bağlı olarak günlük aktivitelerin engellenmesi,
- 2- Fizik tedaviye yanıt vermeyen yürüme bozukluğu ve postür al deformitesi olan % 50'nin üzerindeki spondilolistezis olguları,
- 3- Pars interartikularisdeki defekte bağlı instabilite sonucu kaymanın % 25-50 oranında progresyon göstermesi,
- 4- Progresyon olsun veya olmasın konservatif tedaviye yanıt vermeyen nörolojik bulgu olması,
- 5- İstirahat, fizik tedavi ve orteز kullanımına yanıt vermeyen siyatik skolyoz olması.

Genel olarak, semptomlar aktiviteyle ilişkili ve yatak istirahati veya immobilizasyon ile düzeliyorsa sadece omurgadaki instabilitenin düzeltilmesi semptomların ve minör nörolojik bulguların tedavisinde yeterli olur. Ancak semptomlar ve nörolojik bulgular yatak istirahati veya immobilizasyona rağmen devam ediyorsa, bu olgular ileri tetkiklerle değerlendirilmeli ve gerek görülürse spinal kanal dekompresyonu uygulanmalıdır (6,36,43).

İskelet gelişimi tamamlanmamış olgularda girişimden sonra en az bir yıl zorlu aktivitelere ve kontakt sporlara izin verilmez, ancak radyolojik olarak ossöz füzyonun tam olarak sağlandığı belirlendikten sonra bu aktivitelere izin verilebilir.

Daha önceleri füzyon sahasında psödoartroz sık izlenmekle birlikte tekniklerin gelişmesine paralel olarak başarı oranı % 90-100 civarına çıkmıştır (1,2,5,70,71,82,96). Tek önemli komplikasyon, füzyon sağlanmasına rağmen progresyonun devam etmesidir (30,36,43). Bu durum, farklı çalışmalarda yaklaşık % 26 olarak bildirilmektedir (43). Bu komplikasyonun; kayma açısının yüksekliği, deplasmanın fazla oluşu, füzyonun orta hattan yapılması ve füzyon kalitesinin kötü olmasıyla ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Kayma açısı instabiliteyi belirlemede oldukça duyarlı bir yöntemdir. Ameliyattan önce 55 derecenin üzerinde kayma açısı olan olguların % 40'ında ameliyattan sonra füzyon sağlanmasına rağmen progresyon olur (43).

Kapalı Redüksiyon

Sagital rotasyonun miktarı, klinik deformitenin (vertikal sakrum, düz kalçalar, transvers abdominal çizgi, artmış lomber lordoz) en önemli belirleyicisidir (43). Bu olgularda sagital rotasyonun düzeltilmesi, kozmetik deformitenin de düzelmesini sağlar. Pelvik askı ve halofemoral traksiyon kullanılarak uygulanan bazı kapalı redüksiyon yöntemleri tanımlanmıştır. Ancak başarı oranı düşük ve komplikasyonların fazla olması nedeniyle yaygın kullanım alanı bulamamıştır.

Enstrümantasyonla Birlikte Redüksiyon

Posterior enstrümantasyonla birlikte cerrahi redüksiyon tedavi sonuçlarını iyileştirmekle birlikte birtakım teknik zorlukları ve önemli nörolojik komplikasyon riskleri vardır. İleri spondilolistezis olgularında anterior artrodezle birlikte posterior Harrington distraksiyon rodlarıyla redüksiyon bildirilmiştir. Ancak distraksiyon lumbosakral kifoza arttırmakta ve sonraki progresyon için zemin hazırlamaktadır. Posterior sakral yapılar sıklıkla displastik olduğundan bu bölgenin fiksasyonu sorunlu olabilir. Ayrıca Harrington rodları lomber omurganın normal segmentlerini de içine almaktadır ve füzyon sağlandıktan sonra mutlaka çıkarılmalıdır (43).

Son dönemde geliştirilen yeni sistemlerle (Alıcı, CD...) başarılı redüksiyonlar bildirilmiştir (2,8,32,51,66,79). Ancak sakruma ve L5 pedikülüne vida yerleştirilmesi bu olgularda kolay değildir ve vidanın yerleştirilmesine veya disk dokusunun kanal içine deplasmanına bağlı olarak nörolojik bulgular gelişebilir (43).

Çocuklarda ve erişkinlerde kombine anterior ve posterior füzyonla çok iyi bir redüksiyon ve füzyon sağlanabilir. Ancak bu prosedür; primer ameliyatın yetersiz olduğu olgular, ciddi deplasman veya spondilopitozu olanlar, posterior dekompresyondan sonra kayması olan olgular gibi tedavini zor olduğu olgular için saklanmalıdır (17,36,43).

Grade 3 ve 4 kayması olan olgularda in-situ füzyon (45), anterior posterior kombine füzyon (32,55) ve interbody füzyon (21,49) en çok kullanılan yöntemlerdir.

Spondilopitoz olgularında birçok otör anterior ve posterior füzyonla birlikte, parsiyel veya komplet L5 vertebrektomi tercih etmektedirler (27,32).

4. MATERİYAL-METOD

Çalışmada 6 ay-1 yaş arası, 14 adet dana omurgasının son 2 lomber segmenti kullanıldı. Kesimden hemen sonra omurgalar çıkarıldı ve son iki lomber vertebra ayrılarak çift kat plastik torba içinde – 20°’de donduruldu. Deneyden hemen önce örnekler oda ısısında çözünmeye bırakıldı. Örneklerin tam olarak çözünmesi için yaklaşık bir saat beklemek gerekti. Daha sonra omurların üzerindeki yumuşak dokular ve kaslar temizlendi. Bu sırada, intervertebral disk, anterior ve posterior longitudinal ligamentler, interspinöz ligamentler ve faset eklem kapsüllerinin zarar görmemesi için dikkat edildi.

Tüm örneklerin pars interartikularis bölgesinde, havalı motor kullanılarak 2 mm. Genişliğinde defekt oluşturuldu.

Örnekler, pars interartikularisdeki defekti tespit etmek için kullanılan yöntemle göre üç gruba ayrıldı.

Birinci grupta altı adet örnek bulunmaktaydı ve pars interartikularisdeki defektin tespiti için klasik intersegmenter tespit yöntemi kullanıldı (Grup 1). Burada, üst ve alt omura, pedikülün içinden korpuse gidecek şekilde, 4.5 mm. Matkap ucu ile açılan deliklerden 55 mm. kapalı transpediküler vida yerleştirildi. Pedikülün sınırları tam olarak izlenebildiği için, herhangi bir anatomik kılavuz noktasına gereksinim duyulmadı. Ancak, transpediküler vidalar yerleştirilirken faset eklem kapsüllerinin herhangi bir zarar görmemesine dikkat edildi. Üst ve alt omurun aynı tarafına yerleştirilen iki transpediküler vida birbirine 80 mm. rod ile bağlandı (Resim 1).

İkinci grupta, dört örnek bulunmaktaydı ve bu grupta monosegmenter transpediküler vida-sublaminar çengel uygulaması yapıldı (Grup 2). Pars interartikularisinde defekt olan vertebraanın, pedikülünden korpuse gidecek şekilde, birinci gruba benzer yöntemle delik açıldı ve yine 55 mm. transpediküler vida yerleştirildi. Daha sonra aynı omur laminasının alt kenarında ligamentum flavum, sublaminar çengelin yerleştirilmesine izin verecek şekilde, her iki tarafta yaklaşık 4 mm. kesildi. Bunun ardından büyük boy lateralize çengel (Alıcı Spinal Sistem içinde, lateralize sublaminar çengel; küçük, orta ve büyük olmak üzere üç boy olarak bulunmaktadır.) sublaminar olarak yerleştirildi. Transpediküler vida ve sublaminar çengel, birbirine 50 mm. rod ile bağlandı ve kompresör (Alıcı Spinal Sistem uygulama setinden) yardımıyla kompresyon yapıldı (Resim 2).

Üçüncü grupta da dört örnek bulunmaktaydı ve bu grupta, pars interartikularisdeki defektin tespiti için Buck yöntemi uygulandı (Grup 3). Defekt olan laminanın alt kenarında

spinöz çıkıntından yaklaşık 3-4 mm. uzaklıkta, kortikal vidayı gönderebilmek için, ligamentum flavum 2-3 mm. kadar kesildi. Buradan, Buck tarafından önerildiği gibi kraniale, anteriora ve laterale doğru 3.2 mm. matkap ucu kullanılarak delik açıldı ve yine aynı doğrultuda gönderilen 4.5 mm. kortikal vida ile defekt tespit edildi. Kortikal vidanın proksimal fragmana en az 10 mm. geçmesi sağlandı (Resim 3).

20 cm. uzunluğunda, 2.5 cm. genişliğinde ve 6 mm. kalınlığında iki adet lama demir, (+) işareti oluşturacak şekilde, elektrik kaynağı ile birbirine tespit edildi. Bağlantı noktasının merkezine eşit uzaklıkta, kenar uzunlukları 2.5 cm. olan eşkenar üçgenin köşelerinde yer alacak şekilde 8 mm. çapında üç adet delik delindi. Bu düzeneklerden, her bir örneğin alt ve üst kenarı için olmak üzere 28 adet hazırlandı. Örneklerin üst bölümüne yerleştirilecek olan düzeneklerde, (+) işaretinin dört kanadı üzerinde, merkez noktasından 5 cm. uzaklıkta olacak şekilde, 16 mm. genişliğinde, 5 mm. derinliğinde, merkeze doğru 70° açıyla dört adet yuvarlak oyuk açıldı. 20 cm. uzunluğunda, 2.5 cm. çapında silindir yapısında olan bir demirin bir ucu, yukarıda tanımlanan yuvalara uyması için çapı 16 mm. olacak şekilde yuvarlaklaştırıldı. Diğer ucu ise düz olarak bırakıldı.

Her bir örnekte, üst vertebranın üst, alt vertebranın alt uç plağında, hazırlanan düzeneklerin merkez bölümünde açılmış olan deliklere uygun olarak 5.5 mm. matkap ucu ile 50 mm. derinliğinde üç adet delik açıldı. Önceden hazırlanmış olan düzeneğin üzerindeki deliklerle, vertebra uç plaklarına açılan deliklerin birbirine uyup uymadığı kontrol edildikten sonra, uç plaklara açılan deliklere kemik çimentosu dolduruldu ve 6 mm. kalınlığında 2/3 yivli sanayi vidası ile düzenekler vertebra korpuslarına tespit edildi.

Ekstensiyometrenin elektrotları, pars interartikularisdeki defektin iki tarafına gelecek şekilde metal yapıştırıcısı kullanılarak yapıştırıldı. Bunu takiben örneklere aksiyel, öne eğilme, arkaya eğilme, ekstensiyometrenin olduğu tarafa ve karşı tarafa eğilme olmak üzere dört yönde kuvvet uygulandı ve pars interartikularisdeki defekt bölgesinin hareketi, ekstensiyometre ile kaydedildi.

Deneyler, Tinius and Olsen Testing Machine Company Willow Grove, PA, USA'da yapıldı (Resim 4). Pars interartikularisdeki defekt bölgesinin hareketi ekstensiyometre (Vishay Instruments Strain Indicator P-350-A) ile ölçüldü (Resim 5).

Aksiyel yüklenme, hazırlanan düzeneğin tam merkezinden olacak şekilde uygulandı ve 1652 N.'a kadar çıkıldı. Bu sırada 445, 890 ve 1652 N. yüklenme sırasında defekt bölgesindeki hareket kaydedildi (Resim 5).

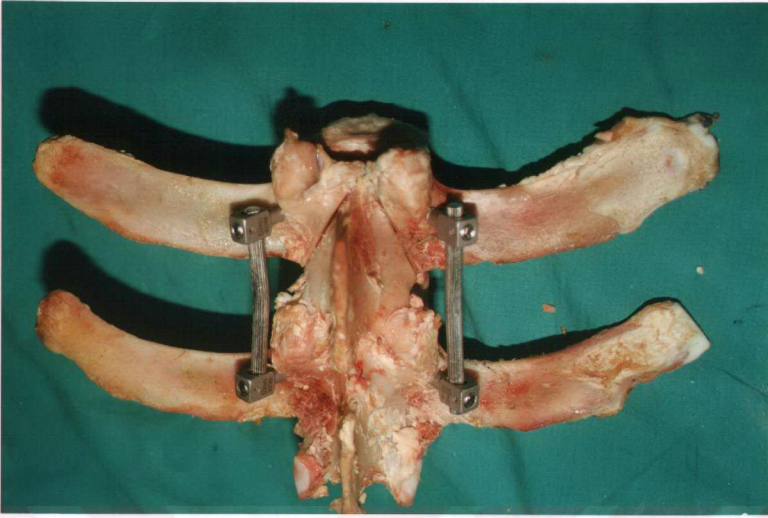
Öne, arkaya ve her iki tarafa eğilme sırasında, önceden nasıl hazırlandığı belirtilen ara parça kullanıldı. Ara parçanın yuvarlaklaştırılmış olan ucu, uygulanacak olan kuvvetin

yönüne göre düzeneğin kanatlarında açılmış olan yuvalardan birine gelecek şekilde yerleştirildi. Düz olan diğer ucu ise kuvveti uygulayan cihazın yüzeyine oturmaktaydı. Bu şekilde bir uygulama ile eğilme kuvvetlerinin uygulanması sırasında, düzeneğin kuvvet uygulanan tarafa eğilmesi ile kuvvet kolunun değişmesi engellendi. Ayrıca, düzeneklerin kanatları üzerinde açılan yuvaların merkeze doğru 70° açıyla açılmış olması, eğilme sırasında ara parçanın kayıp, yuvadan kurtulması gibi birtakım sakıncaları ortadan kaldırmıştır.

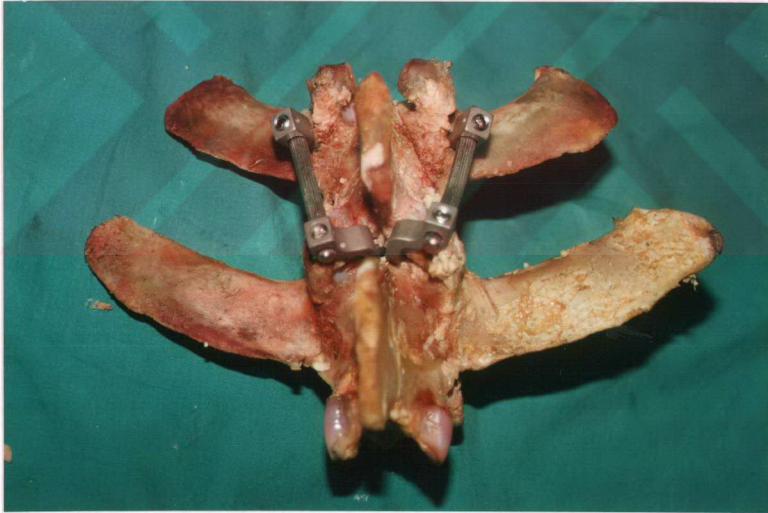
Öne ve arkaya eğilme sırasında 24.5 N/m eğilme momentine kadar çıkıldı ve 9, 15.6 ve 24.5 N/m eğilme momenti sırasında defekt bölgesindeki hareket kaydedildi (Resim 6). Ekstensiyometrenin bulunduğu tarafa ve karşı tarafa eğilme sırasında ise 15.6 N/m eğilme momentine kadar çıkıldı ve 6.6, 11.1 ve 15.6 N/m'de hareket kaydedildi (Resim 7).

Deney sırasında sıfırdan, en fazla uygulanan kuvvete kadar 5 N./ sn hızda çıkıldı. Ara değerlerde ekstensiyometredeki hareketin okunması sırasında bu hız değiştirilmedi ve bir kişi uygulanan kuvveti takip ederken, diğer bir kişi ekstensiyometre üzerinde okunan değer kaydedilmesini sağladı.

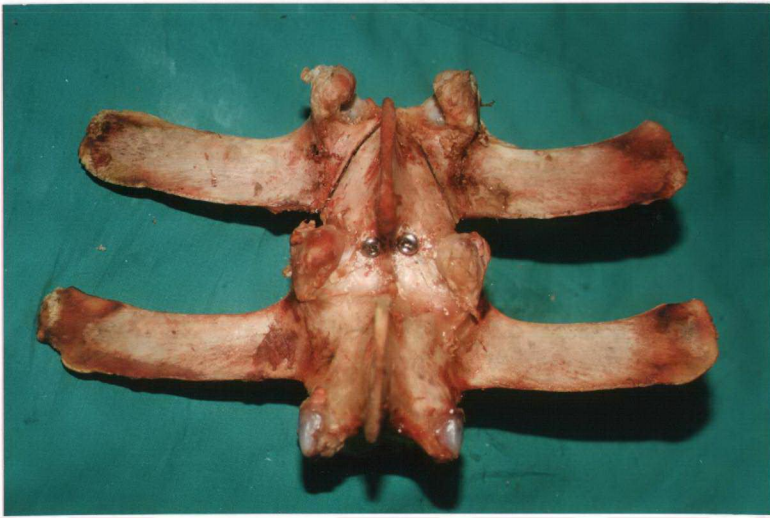
Verilerin istatistiksel değerlendirmesine, non-parametrik Kruskal-Wallis 1-way Anova ve Mann-Whitney U- Wilcoxon Rank Sum W testi kullanıldı. Üç tespit yönteminin birbiriyle karşılaştırılması sırasında birinci test, tespit yöntemlerinin ikili olarak karşılaştırılması sırasında ikinci test kullanıldı.



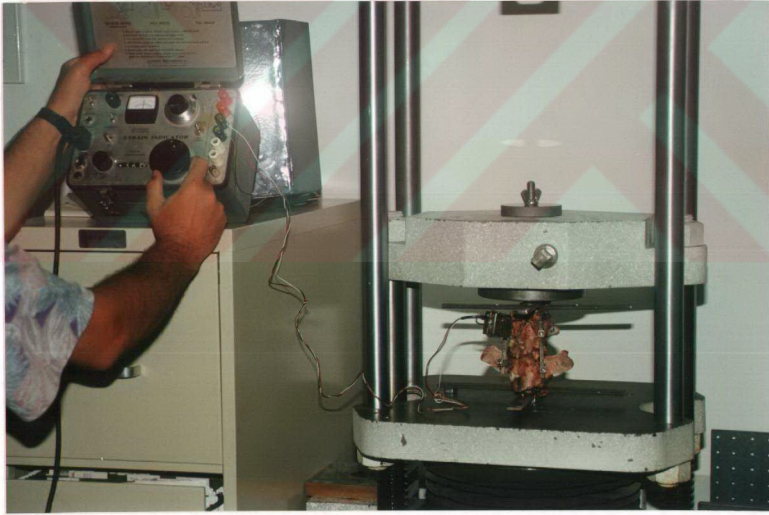
Resim 1: Pedikül vidası ile klasik intersegmenter tespit yöntemi.



Resim 2: Pars interartikularisdeki defektin, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel ile tespit edilmesi.



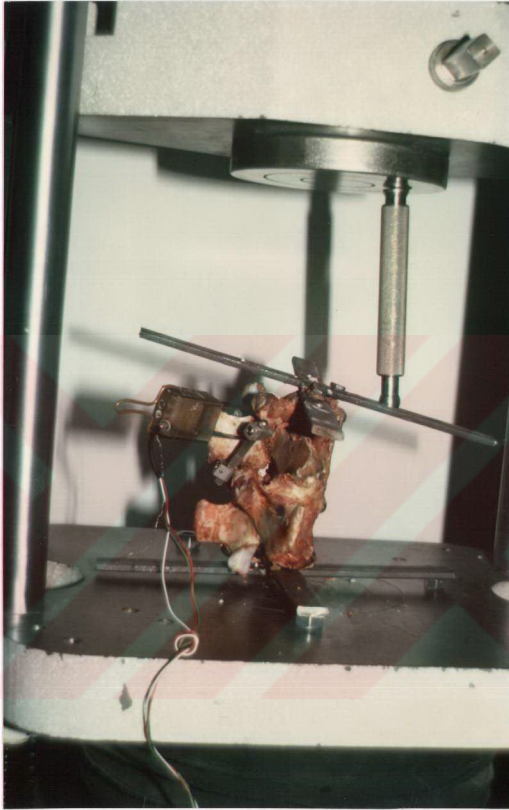
Resim 3: Pars interartikularisdeki defektin “Buck Yöntemi” ile tespit edilmesi



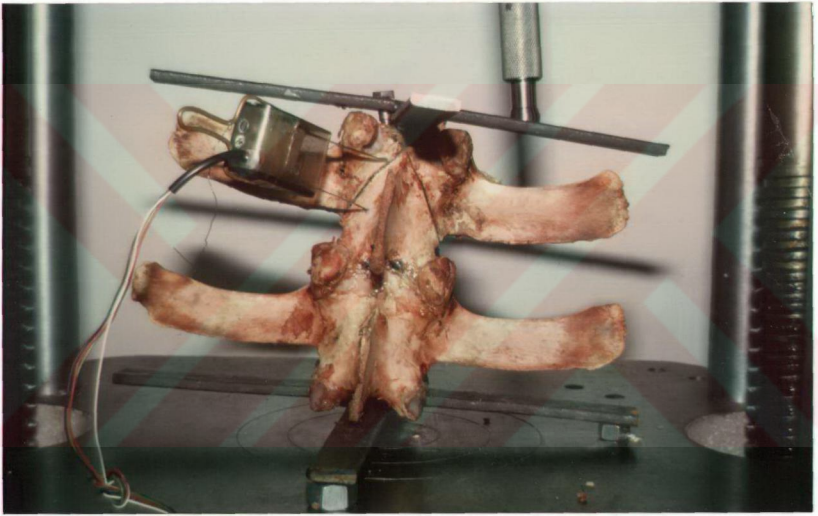
Resim 5: Klasik intersegmenter yöntemle tespit edilmiş bir örnekte aksiyel yüklenmenin uygulanışı



Resim 4: Deneylerin yapıldığı yüklenme cihazı



Resim 6: Monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel ile tespit edilmiş bir örnekte ekstansiyon yükünün uygulanışı



Resim 7: “Buck Vidası” ile tespit edilmiş bir örnekte, ekstensiyometrenin karşı tarafına eğilme yükünün uygulanışı

5. SONUÇLAR

445 N. Aksiyel yüklenmede, 1. grupta ortalama 13.667 μm ., 2. grupta ortalama 7.500 μm ., 3. grupta ise ortalama 13.500 μm . hareket tespit edildi. 890 N. Aksiyel yüklenmede, 1. grupta ortalama 15.000 μm ., 2. grupta ortalama 13.250 μm ., 3. grupta ortalama 37.000 μm . hareket saptandı. 1652 N. Aksiyel yüklenmede ise, 1. grupta ortalama 8.333 μm ., 2. Grupta ortalama 20.000 μm ., 3. grupta da ortalama 52.500 μm . hareket tespit edildi. Grup 1 ve grup 2'de aksiyel yüklenme sırasında, 445 ve 890 N.'luk ilk iki yüklenmede, ekstensiyometrenin elektrodlarının birbirine yaklaşmasına bağlı olarak pozitif sonuçlar kaydedildi. 890 N.'un üzerine çıkıldığında, defektin iki tarafındaki fragmanların birbiri üzerinde kayması sonucu ekstensiyometrenin elektrodları birbirinden uzaklaşmaya başladı. Buna bağlı olarak negatif değerler kaydedildi. Ortalamaların ve istatistiksel değerlendirmelerin sonucunu etkilememek için negatif değerler, pozitif olarak işleme alındı. Deney sırasında kaydedilen tüm gerçek negatif ve pozitif değerler Ek-1'de tablo olarak verilmiştir.

445 N ve 890 N aksiyel yüklenmelerde, üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. 1652 N aksiyel yüklenmede ise grup 1 ve grup 2 arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı olmamasına karşılık, grup 3'te grup 1 ve 2'ye göre daha fazla hareket saptandı ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.05$)

9 N/m fleksiyon momentinde, 1. grupta ortalama 66.167 μm ., 2. grupta ortalama 44.750 μm ., 3. grupta ise ortalama 24.500 μm . hareket belirlendi. 15.6 N/m fleksiyon momentinde, 1. grupta ortalama 131.333 μm ., 2. grupta ortalama 83.000 μm ., 3. grupta ise ortalama 43.250 μm . hareket saptandı. 24.5 N/m fleksiyon momentinde, 1. grupta ortalama 195.500 μm ., 2. grupta ortalama 98.500 μm ., 3. grupta da ortalama 59.500 μm . hareket belirlendi. Tüm fleksiyon yüklenmelerinde, defektin kapanmasına bağlı olarak ekstensiyometrenin elektrodlarının birbirine yaklaşması sonucu pozitif değerler kaydedildi.

9 N/m fleksiyon momentinde, üç grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadı. 15.6 N/m ve 24.5 N/m fleksiyon momentinde grup 2 ve grup 3 arasında anlamlı bir fark bulunamazken, grup 1'de diğer iki gruba göre daha fazla hareket tespit edildi ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.05$).

9 N/m ekstansiyon momentinde, 1. grupta ortalama 50.167 μm ., 2. grupta ortalama 43.500 μm ., 3. grupta ise ortalama 22.500 μm . hareket belirlendi. 15.6 N/m ekstansiyon momentinde, 1. grupta ortalama 28.333 μm ., 2. grupta ortalama 83.750 μm ., 3. grupta ise

ortalama 36.500 μm . hareket saptandı. 24.5 N/m ekstansiyon momentinde ise, 1. grupta ortalama 217.500 μm ., 2. grupta ortalama 112.500 μm ., 3. grupta ise ortalama 63.750 μm . hareket tespit edildi. Tüm ekstansiyon yüklenmelerinde, defekt kenarlarının birbirinden uzaklaşmasına bağlı olarak, ekstensiyometrenin elektrodlarının birbirinden uzaklaşması sonucu negatif değerler kaydedildi. Ancak, daha önce belirtildiği gibi ortalama ve istatistik değerlendirmeyi etkilememesi için pozitif olarak değiştirildi.

9 N/m ekstansiyon momentinde, üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. 15.6 N/m ekstansiyon momentinde, grup 2 ve grup 3 arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmazken, grup 1'de diğer iki gruba göre oldukça anlamlı bir şekilde daha fazla hareket saptandı ($p < 0.05$). 24.5 N/m ekstansiyon momentinde, grup 1'de hem grup 2, hem de grup 3'e göre daha fazla hareket saptandı ve grup 1 ile her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.05$). Grup 2'de grup 3'e göre daha fazla hareket belirlendi ve bu iki grup arasında bulunan fark istatistikse açıdan anlamlıydı ($p < 0.05$).

Ekstensiyometrenin olduğu tarafa doğru 6.6 N/m eğilme momentinde, 1. grupta ortalama 16.333 μm ., 2. grupta ortalama 19.750 μm ., 3. grupta ise ortalama 20.000 μm . hareket saptandı. 11.1 N/m eğilme momentinde, 1. grupta ortalama 35.167 μm ., 2. grupta ortalama 34.500 μm ., 3. grupta da 30.250 μm . hareket belirlendi. 15.6 N/m eğilme momentinde ise, 1. grupta ortalama 60.500 μm ., 2. grupta ortalama 48.250 μm ., 3. grupta ise ortalama 49.500 μm . hareket saptandı. Ekstensiyometrenin bulunduğu tarafa doğru olan tüm yüklenmelerde, defekt kenarlarının kapanmasına bağlı olarak kaydedilen değerlerin tümü pozitif değerlerdi.

Ekstensiyometrenin bulunduğu tarafa doğru olan tüm eğilmelerde, üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.

Ekstensiyometrenin karşı tarafına doğru 6.6 N/m eğilme momentinde, 1. grupta ortalama 14.500 μm ., 2. grupta ortalama 37.500 μm ., 3. grupta ise ortalama 13.750 μm . hareket belirlendi. 11.1 N/m eğilme momentinde, 1. grupta ortalama 28.167 μm ., 2. grupta ortalama 77.750 μm ., 3. grupta ise ortalama 33.500 μm . hareket saptandı. 15.6 N/m eğilme momentinde ise, 1. grupta ortalama 51.500 μm ., 2. grupta ortalama 107.250 μm ., 3. grupta ise ortalama 54.000 μm . hareket tespit edildi. Ekstensiyometrenin bulunduğu tarafın karşısına doğru olan tüm eğilme momentlerinde, defekt kenarlarının birbirinden uzaklaşmasına bağlı olarak, elektrodların birbirinden uzaklaşması sonucu negatif değerler kaydedildi.

Ekstensiyometrenin karşı tarafına doğru eğilmelerde, grup 2’de, diğer iki gruba göre daha fazla hareket belirlendi ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Grup 1 ve grup 3 arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı.

Tüm yüklenme değerlerinde, grupların ortalama ve standart sapmaları Tablo 7’de gösterilmiştir.



YÖNTEM*	Aksiyel yük			Fleksiyon			Ekstansiyon			Aynı taraf eğilme**			Karşı taraf eğilme***		
	445 (N)	890 (N)	1652 (N)	9 (N/m)	15.6 (N/m)	24.5 (N/m)	9 (N/m)	15.6 (N/m)	24.5 (N/m)	6.6 (N/m)	11.1 (N/m)	15.6 (N/m)	6.6 (N/m)	11.1 (N/m)	15.6 (N/m)
1	13.667	15.000	8.333	66.167	131.333	195.500	50.167	128.333	217.500	16.333	35.167	60.500	14.500	28.167	51.500
	4.676	6.419	7.789	40.445	30.408	28.543	14.634	15.552	24.189	6.532	10.128	11.077	6.686	8.110	12.534
2	7.500	13.250	20.000	44.750	83.000	98.500	43.500	83.750	112.500	19.750	34.500	48.250	37.500	77.750	107.250
	3.512	7.274	11.747	18.301	38.687	36.410	32.593	25.382	30.249	6.076	11.000	14.056	6.557	14.104	16.661
3	13.500	37.000	52.500	24.500	43.250	59.500	22.500	36.500	63.750	20.000	30.250	49.500	13.750	33.500	54.000
	3.697	18.991	21.111	7.000	7.441	13.626	9.399	8.185	8.995	4.690	10.243	21.794	12.500	16.623	15.875

(*) 1- Klasik intersegmenter tespit, 2- Monosegmenter tespit, 3- Buck yöntemi

(**) Ekstensiyometrenin yerleştirildiği tarafa doğru eğilme

(***) Ekstensiyometrenin olduğu tarafının tersine doğru eğilme

Tablo 7: Farklı yüklenmelerde ve üç farklı tespit yönteminde, pars interartikularisteki hareket değerleri (mikrometre). Üstteki değerler ortalamalar, alttaki değerler standart sapmalardır.

6. TARTIŞMA

Spondilolizis ve 50 yaşın altındaki spondilolistesis olgularında temelde yatan patoloji sıklıkla pars interartikularis (İstmus) defektidir (25). Defekt sıklıkla bilateral olarak 5. Lomber vertebrada izlenir ve normal erişkin popülasyonda insidansı yaklaşık % 6 civarındadır (36).

Pars interartikularisdeki defektin, temelde bulunan birtakım biyolojik faktörlerin üzerine bazı mekanik faktörlerin binmesiyle oluştuğu bugün için en çok kabul gören teoridir (6,35,57,91). Defekt daha üst seviyelerde de izlenmekle birlikte (54), en sık L5, daha sonra L4 seviyesinde izlenir (75,91,94).

Toplumda istmik defekt insidansının yüksek olmasına karşın olguların önemli bir bölümünde semptom yoktur. Semptomatik olan olguların büyük kısmı ise fizik tedavi, nonsteroid antienflamatuar, egzersiz ve korse uygulaması gibi konservatif tedavi yöntemlerinden fayda görür (65). Olguların küçük bir bölümünde ağrı, hamstring gerginliği ve yürüyüş bozukluğu gibi yakınmalar, konservatif tedaviye rağmen devam eder ve cerrahi tedavi gerekir (6,18,23,28). Vertebra korpusunda öne kaymanın minimal olduğu spondilolizis olgularının cerrahi tedavisinde, posterolateral bilateral füzyon ve pars interartikularisdeki defektin direkt onarımı iki ana tedavi yöntemidir.

İstmik defekt onarımı ilk olarak 1970 yılında Buck tarafından ortaya atılmıştır (19). Buck yönteminde; pars interartikularisdeki defekt temizlendikten sonra laminanın inferior kenarından gönderilen tümü yivli kortikal vida ile defekt tespit edilmekte ve iliak kanattan alınan spongios greftler bölgeye yerleştirilmektedir. Daha sonra bazı otörler tarafından tümü yivli kortikal vida yerine malleol vidası kullanılmıştır (69). Yazar, uyguladığı bu tespit yöntemi ile anatomik yapının korunduğunu ve posterolateral füzyon sonucu oluşan hareketli segment kaybının engellendiğini vurgulamıştır. Buck, 1970 yılında yayınladığı ilk 16 vakalık serisinde % 93 oranında başarılı sonuç bildirmiş ve sadece bir olguda tespit materyalinde yetmezlik oluştuğunu belirtmiştir. Daha sonra 1979 yılında yayınladığı 75 olguluk serisinde ise % 83 başarılı sonuç bildirmiştir (20). Otör, bu yazıda ameliyat öncesi disk dejenerasyonu olan olgularda, ameliyat sonrası füzyon sağlanmasına rağmen yakınmaların devam ettiğini ve olguların seçiminde disk dejenerasyonu olmamasına dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

1973 yılında Buring ve Fredensborg 12 hastadan 9'unda iyi ve mükemmel sonuç bildirmişlerdir.

Van Der Werf ve ark., lateral grafide 3 mm.den az kayması olan 12 olgunun Buck yöntemiyle tedavi sonuçlarını yayınlamışlar ve 8 olguda iyi, 2 olguda orta, 2 olguda ise kötü sonuç aldıklarını bildirmişlerdir (87). Kötü sonuç aldıkları iki olguda, vida gevşemesi ve psödoartroz tespit etmişlerdir. Bu çalışmada disklerin durumu diskografi ile değerlendirilmiş ve olgular disk dejenerasyonu olmayanlardan seçilmiştir. Yazarlar, diskin durumunun çok önemli olduğunu ve dejenerasyon olmadığından mutlaka emin olunması gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca Buck yönteminin klasik spinal füzyona iyi bir alternatif olmadığını belirtmişlerdir (87).

Becker, 1986'da Buck yöntemiyle tedavi ettiği 10 olgudan sadece dördünde başarılı füzyon olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu yöntemin belirtildiği kadar kolay olmadığını ve vidanın yanlış yerleştirilmesi, kök irritasyonu ve psödoartroz gibi komplikasyonların sık olduğunu vurgulamıştır (cit. 30).

1988'de Pedersen, grade I ve altında kayması olan ve Buck yöntemiyle tedavi edilen 18 hastanın sonuçlarını yayınlamıştır (69). İyi ve mükemmel sonuç olarak değerlendirilen 15 olgunun hepsinde pars interartikulariste radyolojik olarak tam bir füzyon sağlandığı belirtilmiştir. Bu olguların 10'unda ameliyat öncesi yakınmaların tamamı ortadan kalktığı, 5 olguda ise ameliyat öncesi yakınmalarda azalma olmasına rağmen zaman zaman geçici ağrıların olduğu belirtilmektedir. Kötü sonuç olarak değerlendirilen 3 olguda psödoartroz saptandığı, bunlardan ikisinde vidanın yanlış yerleştirilmesi ve vida gevşemesi olduğu vurgulanmıştır. Pedersen, 10 mm.ye kadar kaymanın, ameliyat sonucunu olumsuz yönde etkilemeyeceğini, ancak sekonder dejeneratif değişiklikler oluşmadan önce genç hastalarda uygulanması gerektiğini vurgulamış ve kendi serilerinin radyolojik olarak disk mesafesinde daralma ve faset eklemlerde dejeneratif değişiklikleri olmayan olgulardan oluştuğunu vurgulamıştır. Otör, kendi serilerinde bulunmamakla birlikte, Spondilolizis ve spina bifida akultanın birlikte bulunduğu olgularda, eğer posterior elemanlar vida fiksasyonu için yeterli ise Buck yönteminin uygulanabileceğini ileri sürmektedir. Ayrıca, posterolateral füzyon uygulamasının uzun sürdüğünü ve kan kaybının fazla olduğunu (ortalama 1000 cc.), buna karşılık Buck yönteminin daha kısa sürdüğünü, kan kaybını az olduğunu (ortalama 230 cc.) ve hiçbir hastalarında kan transfüzyonu gerekmediğini belirtmektedir (69).

1989'da Roca ve ark. aynı yöntemle tedavi ettikleri 15 hastadan 13'ünde iyi, 2'sinde ise kötü sonuç aldıklarını belirtmişlerdir (72). Bu çalışmada da diğerlerine benzer olarak grade I ve altında kayması olan ve defekt genişliği 3 mm.den az olan olgular tedavi edilmiştir. Otör, diskin durumunun radyolojik olarak değerlendirildiğini, diskografi yapılmadığını belirtmiştir (72).

Yine 1989'da Bonnici ve ark. Buck yöntemiyle tedavi edilen 24 olgunun 21'inde iyi sonuç aldıklarını bildirmişlerdir. Radyolojik olarak 5 olguda vida gevşemesi, 1 olguda ise vida kırılması saptamışlardır. Vida kırılması olan olguda pars interartikularisdeki defektin iyileşmediği ancak olgunun tamamen asemptomatik olduğu belirtilmiştir. Ayrıca 5 olguda tek taraflı köprüleşme olduğu, 5 olguda ise hiç iyileşme olmadığı vurgulanmıştır (cit. 50).

Suh ve ark. 1991 yılında Buck yöntemiyle tedavi ettikleri Spondilolizis olgularında, cerrahi tedavinin sonucunu önceden belirleyebilmek için, ameliyat öncesi prognostik test olarak pars interartikularisdeki defekt bölgesine lokal anestetik infiltrasyonu yapmışlardır. Ameliyat öncesi lokal anestetik infiltrasyonu ile semptomların en az 60 dk. süreyle ortadan kalktığı olgularda, ameliyattan sonra ağrının tamamen ortadan kalktığı, fonksiyon seviyesinin yükseldiği ve işe dönme süresinin belirgin olarak diğerlerinden kısa olduğunu belirtmişlerdir. Otör, bu yöntemin tedavi sonucunu önceden belirlemede ve tedavi programını yapmada son derece yararlı olduğunu vurgulamıştır (81). Ancak daha sonra bu görüş diğer araştırmacılar tarafından doğrulanmamıştır (30).

Pars interartikularisdeki defektin serklaj teli ile tespit edilmesi (Scott yöntemi) ilk olarak Bradford ve Iza tarafından 1985 yılında ortaya atılmıştır (18). Bradford, fikir sahibinin James Scott olduğunu belirterek yöntemi Scott yöntemi olarak adlandırmıştır. 22 olguluk seride % 80 iyi ve mükemmel sonuç alındığı, üç olguda ise tel kırılması olduğu belirtilmiştir (18). Daha sonra 1986 yılında Nicol ve Scott 7 olguyu bu yöntemle tedavi ettiklerini, bir olguda tel kırılması ve psödoartroz nedeniyle tekrar ameliyat gerektiğini, diğer 6 olguda iyi ve mükemmel sonuç alındığını belirtmişlerdir (63). 1987'de Scott, 31 olguluk serisini sunmuş ve iki olguda tel kırılması olduğunu, ancak bunlardan sadece birinin semptomatik olduğunu diğerinin tamamen asemptomatik olduğunu bildirmiştir. Scott, bu yöntemin 25 yaşın altındaki olgularda uygulanması gerektiğini, 25 yaşın üzerindeki olgularda diskografi ile diskin normal olduğu belirlendikten sonra uygulanabileceğini vurgulamıştır (76).

1992'de Johnson ve Thompson, Scott yöntemiyle tedavi ettikleri 22 hastanın sonuçlarını yayınlamışlardır (47). Otörler, orijinal yöntemde transvers çıkıntının önünden geçirilen serklaj telini, basisinde açtıkları delikten geçirerek transvers çıkıntının alt kenarı ile komşuluk gösteren sinir kökünü koruduklarını bildirmişlerdir. Cerrahi tedavi sonucunun esas belirleyicisinin yaş olduğunu, 25 yaşın altındaki 19 olgunun tümünde iyi ve mükemmel sonuç alırken 25 yaşın üzerindeki üç olgunun ikisinde kötü sonuç aldıklarını belirtmişlerdir. Yöntemin, 25 yaşın altındaki olgularda uygulanması gerektiğini, 25 yaşın üzerindeki olgularda ise Manyetik rezonans veya diskografi ile diskin durumu değerlendirilerek, eğer

disk dejenerasyonu varsa intersegmenter füzyon uygulanması gerektiğini vurgulamışlardır (47).

Hambly ve Wiltse'de, çift tel-çift düğüm adını verdikleri, Scott yöntemine benzer bir tespit yöntemi yayınlamışlar ve iyi sonuçlar aldıklarını bildirmişlerdir. Yazarlar, defekt genişliğinin önemli olduğunu, birkaç mm.den fazla defektlerde klasik intersegmenter füzyon yapılmasının daha uygun olacağını savunmuşlardır (40).

1984 yılında Morscher, pars interartikularis defekt tamiri için bir vida geliştirmiştir (60). Kendi adıyla anılan vidanın, uç bölümü spongioz yivli, diğer kısmı ise kısa yivli olduğundan defekt bölgesinde kendiliğinden kompresyon yapmaktadır. Vidanın proksimal ucunda bulunan çengel ise ek bir destek oluşturmaktadır. Morscher ve ark., yaşları 13-43 arasında değişen 12 olgunun tedavi sonuçlarını vermişler ve ortalama 12 aylık izlem sonunda hiçbir olguda ameliyat sonrası komplikasyon olmadığını, psödoartroz izlenmediğini ve implantla ilgili sorun olmadığını belirtmişlerdir. 7 olguda yakınmalar tamamen ortadan kalkmış, 3 olguda hafif olarak devam etmiş, 2 olguda ise değişiklik olmamıştır. Otör, geriye dönük olarak değerlendirdiğinde, kötü sonuç alınan iki olguda ameliyat öncesi intervertebral diskte dejeneratif değişiklikler olduğunu belirlemiş ve disk dejenerasyonu olan olgularda bu yöntemin kontrendike olduğunu vurgulamıştır (60).

Albassir ve ark., Morscher vidası kullanarak tedavi ettikleri 25 olgunun ortalama 25 aylık izlemi sonucunda, 19 olguda iyi ve mükemmel sonuç, 2 olguda kötü sonuç alındığını, 4 olguda ise herhangi bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir (cit. 30).

Winter ve ark., 19 olgudan, 16'sını Morscher vidası ile, 3'ünü ise Buck yöntemiyle tedavi etmişler ve 9-16 yaş arası olgularda % 80 iyi ve mükemmel sonuç alırken, 17-40 yaş arası olgularda sadece % 25 iyi ve mükemmel sonuç almışlardır. Otör, yöntemin özellikle juvenil olgularda çok yararlı olduğunu, erişkinlerde ise intersegmenter füzyonun daha yararlı olacağını ileri sürmüştür (cit.30).

Ay ve ark., Morscher vidası kullanarak tedavi ettikleri 9 olgunun, 8'inde yakınmaların tamamen ortadan kalktığını bildirmişlerdir. Yazarlar, intervertebral disk dejenerasyonu olmamak koşuluyla, Morscher tekniğinin tüm yaş gruplarında uygulanabileceğini belirtmişlerdir (9).

Jeanneret, grade I'den az kayması olan 11 olgudan 6'sını Morscher vidası, 5'ini ise Buck vidası ile tedavi etmiş ve 7 olguda iyi ve mükemmel, 2 olguda orta, 2 olguda ise kötü sonuç bildirmiştir (46). 9 olguda radyografik olarak füzyon sağlandığı, 2 olguda ise vida kırılması ile birlikte psödoartroz geliştiği belirtilmiştir. Morscher vidası ile Buck yöntemi arasında, klinik sonuç, psödoartroz sayısı ve implant yetmezliği açısından bir fark olmadığını

bildirmiştir. Yazar, teknik olarak daha kolay olması ve displastik vertebral arklarda da uygulanabilmesi nedeniyle Morscher vidasını tercih ettiğini belirtmiştir (46).

Dreyzin ve Esses, grade I'den az kayması olan 20 olgudan, 9'unu Morscher vidası ile, 11'ini ise Buck vidası ile tedavi etmişlerdir. Morscher vidası uygulanan 9 olgudan 4'ünde iyi ve mükemmel, 3'ünde orta, 2'sinde ise kötü sonuç, Buck vidası uygulanan 11 olgudan 5'inde iyi ve mükemmel, 3'ünde orta, 3'ünde kötü sonuç bildirmişlerdir. İki grup arasında, klinik sonuç, vida gevşemesi ve vida kırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmamakla birlikte, Morscher grubunda psödoartroz istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde yüksek bulunmuş (30).

1993'de Salib ve ark. pediküler vida ve spinöz çıkıntının çevresinden geçirilen serklaj vidası ile tespit yöntemini geliştirmişlerdir (cit. 83).

Son olarak 1996'da Tokuhashi ve Matsuzaki, pediküler vida ve sublaminal çengel ile monosegmenter tespit yöntemini ortaya koymuşlardır. Yazarlar, bu yöntemle tedavi ettikleri 6 olgunun, 4'ünde mükemmel, 2'sinde iyi sonuç aldıklarını, hiçbir hastada komplikasyon ve implantla ilgili sorun izlenmediğini vurgulamışlardır (83).

1994 yılında Kip ve ark., Buck vidası, Morscher vidası ve Scott yönteminin biyomekanik karşılaştırmasını yapmışlardır (50). Buck vidasının diğer iki yönteme göre daha sağlam olduğu, ancak Morscher vidasıyla arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığını vurgulanmıştır. Ancak Buck ve Morscher vidası ile Scott yöntemi arasında istatistiksel açıdan oldukça anlamlı bir fark olduğunu belirtmişlerdir (50).

Literatür incelemesinde, Tokuhashi ve Matsuzaki tarafından ortaya konan transpediküler vida-sublaminal çengel uygulaması ile diğer yöntemlerin biyomekanik karşılaştırması ile ilgili bir çalışma bulunamamıştır.

Bizim çalışmamızda; klasik intersegmenter pediküler vida ile tespit, Buck vidası ve pediküler vida-sublaminal çengel uygulaması biyomekanik açıdan karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda, Morscher ve Scott yöntemlerinin daha önce Buck yöntemiyle karşılaştırılmış ve ondan üstün olmadıklarının bulunmuş olması nedeniyle, bu yöntemler yer vermeye gerek görmedik.

Bizim çalışmamızın sonucunda, bir yöntemin tüm yönlerde uygulanan kuvvetlerde diğer yöntemlerden üstün olmadığı, farklı yüklenmelerde, farklı yöntemlerin diğerlerinden üstün olduğu belirlendi. Ayrıca düşük yüklenmelerde, genellikle yöntemler arasında önemli farklar olmadığı izlendi.

Klasik intersegmenter pedikül vidası uygulamasının sadece aksiyel yüklenmede monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel ve Buck vidasından daha sağlam olduğu, diğer yüklenmelerde ise genellikle daha zayıf olduğu belirlendi.

Monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulaması, sadece ekstensiyometrenin karşı tarafına eğilmede en zayıf yöntem olarak saptandı. Diğer yüklenmelerde genellikle ara değerler elde edildi.

Sonuç olarak, tüm veriler değerlendirildiğinde, biyomekanik olarak pars interartikularisdeki defektin tespit edilmesinde, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulaması, klasik intersegmenter pedikül vidası yönteminde daha iyi, Buck vidasından daha zayıf bulunmuştur. Ancak, klasik intersegmenter pedikül vidası ile diğer iki yöntem arasında oldukça anlamlı farklar bulunurken, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel yöntemi ile Buck vidası arasında çok fazla fark bulunmamıştır. Ayrıca literatürde, Buck vidasının klinik uygulaması ile ilgili birtakım zorluklar ve ameliyat sonrası implant gevşemesi, çivi çevresinde lizis gibi bazı komplikasyonlar sık olarak bildirilmesine rağmen, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulaması ile ilgili tek yayında implantla ilgili hiçbir sorun izlenmediği bildirilmiştir.

Monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulamasında, özellikle yana eğilme yüklenmesi sırasında, diğer yüklenmelere göre daha fazla hareket saptanmıştır. Bu nedenle ameliyat sırasında pars interartikularisdeki defekte maksimum kompresyonun yapılması bölgedeki hareketi azaltabilir. Ayrıca, bu yöntemle tedavi edilen olgularda ameliyat sonrası özellikle yana eğilme hareketlerinin kısıtlanması için lumbosakral korse kullanılması düşünülebilir.

Tüm bu veriler göz önünde bulundurulduğunda, monosegmenter pedikül vidası – sublaminar çengel uygulamasının, pars interartikularis defekti tespitinde geçerli bir alternatif olabileceği düşüncesindeyiz.

7. ÖZET

Çalışma 14 dana omurgasının son iki lomber vertebraı üzerinde yapıldı. Tüm örneklerde pars interartikularis bölgesinde 2 mm. defekt oluşturulduktan sonra kullanılan tespit yöntemine göre üç gruba ayrıldı. Birinci grupta (n: 6) klasik intersegmenter pedikül vidası ile tespit uygulandı. İkinci grupta (n: 4) monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel, üçüncü grupta ise (n: 4) Buck vidası ile pars interartikularisdeki defekt bölgesi doğrudan tespit edildi.

Tüm örneklerde; aksiyel yüklenme, fleksiyon, ekstansiyon ve heriki tarafa eğilme momenti uygulanarak, defekt bölgesindeki hareket kaydedildi. Defekt bölgesindeki harekete göre, üç grup birbiriyle karşılaştırıldı.

Tüm yüklenmelerde, monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulaması genellikle, klasik intersegmenter pedikül vidası ile tespit yönteminden daha sağlam bulundu. Buck vidası ile monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel karşılaştırıldığında ise Buck vidasının daha sağlam olduğu belirlendi.

Sonuç olarak, Buck vidası daha sağlam bulunmasına rağmen, klinik uygulamalarda komplikasyon oranının yüksek olarak bildirilmesi ve uygulama zorluğunun olması nedeniyle, pars interartikularis defekti tedavisinde monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulamasının iyi bir alternatif olduğu düşüncesindeyiz.

8. KAYNAKLAR

1. Abdu WA, Wilber RG, Emery SE: Pedicular transvertebral screw fixation of the lumbosacral spine in spondylolisthesis, a new technique for stabilization. *Spine* 1994; 19: 710-715.
2. Alıcı E, Erel N, Serin E, Tatari H: Reduction and stabilization of spondylolisthesis using Alıcı spinal instrumentation. *J Turk Spinal Surg* 1990; 1: 1-3.
3. Alıcı E, Havıtcıoğlu H, Karaoğlu O, Kabaklıoğlu T, Albayrak F: Incidence of spondylolysis at the adolescents. *J Turk Spinal Surg* 1990; 1: 10-11.
4. Alıcı E, Kabaklıoğlu T, Tatari H: Spondylolisthesis. Classification, balance and development, stability and instability of the spondylolisthesis. *J Turk Spinal Surg* 1992; 3: 7-13.
5. Alıcı E, Pınar H, Akseki D: Reduction and stabilization of spondylolysis and spondylolisthesis with Alıcı Spinal system. *J Turk Spinal Surg* 1991; 2: 44-47.
6. Alıcı E: Omurga hastalıkları ve deformiteleri, T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi yayını, İzmir, 1991
7. Alıcı E: Spondylolisthesisin cerrahi tedavisi. İhtisas Tezi, İzmir, 1977
8. Altınmakas M, Molla G, Aydoğan N, Solakoğlu C: The necessity of reduction in spondylolisthesis cases treated with Diapason system. *J Turk Spinal Surg* 1994; 5: 118-120.
9. Ay Ş, Us K, Bektaş U, Yazar T: The surgical treatment of spondylolysis by Morscher screw. *J Turk Spinal Surg* 1993; 4: 27-28.
10. Balçık C, Akkuş O, Korkusuz F, Akkaş N: The contribution of the core and the shell on the strength of vertebrae: A preliminary report. *J Turk Spinal Surg* 1995; 6: 101-105.
11. Baran Ö: Spondilolistesis cerrahi tedavisi. Uzmanlık tezi, İzmir
12. Beckers L: Buck's operation for treatment of spondylolysis by posterior element resection. *J Bone Joint Surg* 1970; 52A: 529-536.
13. Berry MM, Standring SM, Bannister LH: Nervous system. In *Gray's Anatomy* pp. 901-1397. Ed. by P.L. Williams. Thirty edition, Churchill-Livingstone, New York, 1995.
14. Biçimoğlu A, Tümer Y: The treatment of spondylolisthesis with posterolateral and lateral mass fusions. *J Turk Spinal Surg* 1990; 1: 6-9.

15. Blackburne JS, Velikas EP: Spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 1977; 59B: 490-494.
16. Bowen JD, Malanga GA: Spondylolysis associated with Arnold-Chiari malformation and syringomyelia, a report of two cases. *Spine* 1997; 22: 2458-2463.
17. Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH: Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 1979; 61A: 479-495.
18. Bradford D, Iza J: Repair of the defect in spondylolysis or minimal degrees of spondylolisthesis by segmental wire fixation and bone grafting. *Spine* 1985; 10: 673-679.
19. Buck JE: Direct repair of the defect in spondylolisthesis, preliminary report. *J Bone Joint Surg* 1970; 52B: 432-438.
20. Buck JE: Further thoughts on direct repair of the defect in spondylolysis. *J Bone Joint Surg* 1979; 61B: 123.
21. Cloward RB: Spondylolisthesis: Treatment by laminectomy and posterior interbody fusion. *Clin Orthop* 1981; 154: 74-82.
22. Collins P: Embryology and development. In *Gray's Anatomy* pp. 91-341. Ed. by P.L. Williams. Thirth edition, Churchill-livingston, New York, 1995.
23. Cyron BM, Hutton WC, Troup JDG: Spondylolytic fractures. *J Bone Joint Surg* 1976; 58B: 462-466.
24. Çetin İ, Doğan M, Kınk H: Our Galveston technique experience in the treatment of spondylolytic and spondylolisthetic patients. *J Turk Spinal Surg* 1993; 4: 29-31.
25. Dandy DJ, Shannon MJ: Lumbo-sacral subluxation (Grup I spondylolisthesis). *J Bone Joint Surg* 1971; 53B: 578-595.
26. Davidson DC, Betts WJ: Buck's fusion for spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1982; 64B: 122-123.
27. DeWald RL, Faut MM, Taddonio RF, Neuwirth MG: Severe lumbosacral spondylolisthesis in adolescents and children. *J Bone Joint Surg* 1981; 63A: 619-626.
28. DeWald RL: Spondylolisthesis. In *The textbook of spinal surgery*, pp: 1201-1210, Ed. By Keith H. Bridwell, Ronald L. DeWald, second edition, Lippincott-Raven Publishers. Newyork, 1997
29. Dietrich M, Kurowski P: The importance of mechanical factors in the etiology of spondylolisthesis, a model analysis of loads and stresses in human lumbar spine. *Spine* 1985; 10: 532-542.
30. Dreyzin V, Esses SI: A comparative analysis of spondylolysis repair. *Spine* 1994; 19: 1909-1915.

31. Ebraheim NA, Lu Y, Biyani A, Yeasting RA: Anatomic considerations of the lumbar isthmus. *Spine* 1997; 22: 941-945.
32. Edwards CC: Reduction of spondylolisthesis. In *The textbook of spinal surgery*, pp: 1317-1336, Ed. By Keith H. Bridwell, Ronald L. DeWald, second edition, Lippincott-Raven Publishers. New York, 1997.
33. Ege R: Vertebra­ların Anatomisi, In *Vertebra-Omurga* pp. 21-44. Ed. by R. Ege. Türk Hava Kurumu Basımevi, Ankara, 1992.
34. Eingorn D, Pizzutillo PD: Pars interarticularis fusion of multiple levels of lumbar spondylolysis. A case report. *Spine* 1985; 10: 250-252.
35. Fischgrund JS, Mackay M, Herkowitz HN, Brower R, Montgomery DM, Kurz LT: Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: A prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation. *Spine* 1997; 22: 2807-2812.
36. Fredrickson BE, Baker D, Mcholick WJ, Yuan HA, Lubicky JP: The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1984; 66A: 699-705.
37. Grobler LJ, Novotny JE, Wilder DG, Frymoyer JW, Pope MH: L 4-5 isthmic spondylolisthesis, a biomechanical analysis comparing stability in L 4-5 and L5-S1 isthmic spondylolisthesis. *Spine* 1994; 19: 222-227.
38. Grobler LJ, Robertson PA, Novotny JE, Pope MH: Etiology of spondylolisthesis. Assesment of the role played by lumbar facet joint morphology. *Spine* 1993; 18: 80-90.
39. Hambly M, Lee CK, Gutteling E, Zimmerman MC, Langrana N, Pyun Y: Tension band wiring-bone grafting for spondylolysis and spondylolisthesis. A clinical and biomechanical study. *Spine* 1989; 14: 455-460.
40. Hambly MF, Wiltse LL: A modification of the Scott wiring tecnique. *Spine* 1994; 19: 354-356.
41. Harris IE, Weinstein SL: Long-term follow-up of patients with grade-III and IV spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1987; 69A: 960-969.
42. Havıtçıoğlu H, Alıcı E, Akseki D, Aksoy S, Karakaşlı A: The effect of the spondylolisthesis on the femoral head loading. *J Turk Spinal Sur* 1993; 4: 23-26.
43. Hensinger RN: Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 1989; 71A: 1098-1107.
44. Herkowitz HN: Spine update, degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine* 1995; 20: 1084-1090.

45. Ishikawa S, Kumar SJ, Torres BC: Surgical treatment of displastic spondylolisthesis, results after in situ fusion. *Spine* 1994; 19: 1691-1699.
46. Jeanneret B: Direct repair of spondylolysis. *Acta Orthop Scand* 1993; 64(251S): S111-S115.
47. Johnson GV, Thompson AG: The Scott wiring technique for direct repair of lumbar spondylolysis. *J Bone Joint Surg* 1992; 74B: 426-430.
48. Johnson JR, Kirvan EDG: The long-term results of fusion in situ for severe spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1983; 65B: 43-46.
49. Jones AAM, McAfee PC, Robinson RA, Zinreich SJ, Wang H: Failed arthrodesis of the spine for severe spondylolisthesis salvage by interbody arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 1988; 70A: 25-30.
50. Kip PC, Esses SI, Doherty BI, Alexander JW, Crawford MJ: Biomechanical testing of pars defect repairs. *Spine* 1994; 19: 2692-2697.
51. Kutluay E, Ege C, Sebik A, Karalar A, Gilim E: The treatment of spondylolysis and spondylolisthesis by Alici Spinal System. *J Turk Spinal Surg* 1991; 2: 41-43.
52. Lafferty JF, Winter WG, Gambaro SA: Fatigue characteristics of posterior elements of vertebrae. *J Bone Joint Surg* 1977; 59A: 154-158.
53. Lenke LG, Bridwell KH: Adult spondylolisthesis with lysis. In *The textbook of spinal surgery*, pp: 1269-1298, Ed. By Keith H. Bridwell, Ronald L. DeWald, second edition, Lippincott-Raven Publishers. Newyork, 1997
54. Lowe J, Libson E, Ziv I, Nyska M, Flaman Y, Bloom RA, Robin GC: Spondylolysis in upper lumbar spine. A study of 32 patients. *J Bone Joint Surg* 1987; 69B: 582-586.
55. Marchetti PG, Bartolozzi P: Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In *The textbook of spinal surgery*, pp: 1211-1254, Ed. By Keith H. Bridwell, Ronald L. DeWald, second edition, Lippincott-Raven Publishers. Newyork, 1997
56. Marchetti PG, Binazzi R, Vaccari V, Impallomeni C, Allende G, Lolisi M: Surgical treatment of spondylolisthesis in growing patients. *J Turk Spinal Surg* 1990; 1: 4-5.
57. Mayer TG: Lumbar musculature: Anatomy and function. In *The Spine Vol. 1*, pp. 89-97. Ed. R.H. Rothman, F.A. Simeone. W.B. Saunders Company, 1992
58. McPhee IB, O'Brien JP: Scoliosis in symptomatic spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1980; 62B: 155-157.
59. Merbs CF: Incomplete spondylolysis and healing, a study of ancient canadian eskimo skeletons. *Spine* 1995; 20: 2328-2334.

60. Morscher E, Gerber B, Fasel J: Surgical treatment of spondylolisthesis by bone grafting and direct stabilization of spondylolysis by means of a hook screw. *Arch Orthopaedic Trauma Surg* 1984; 103: 175-178.
61. Newell RLM: Spondylolysis. An historical review. *Spine* 1995; 20: 1950-1956.
62. Newman PH: A clinical syndrome associated with severe lumbosacral subluxation. *J Bone Joint Surg* 1965; 47B: 472-481.
63. Nicol R, Scott J: Lytic spondylolysis repair by wiring. *Spine* 1986; 11: 1027-1030.
64. Nordström D, Santavirta S, Seitsalo S, Hukkanen M, Polak JM, Nordsletten L, Kontinen YT: Symptomatic lumbar spondylolysis, neuroimmunologic studies. *Spine* 1994; 19: 2752-2758.
65. O'Sullivan PB, Manip Phytty GD, Twomey LT, Allison GT: Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine* 1997; 22: 2959-2967.
66. Özyalçın H, Kapubağlı A, Kara S: Early results of spinal deformities and diseases operated with Alıcı spinal system. *J Turk Spinal Surg* 1991; 2: 25-31.
67. Parke WW: Applied anatomy of the spine. In *The Spine* pp. 35-88. Ed. By R.H. Rothman, F.A. Simeone. W.B. Saunders Company, 1992.
68. Parke WW: Development of the spine. In *The Spine* pp. 3-34. Ed. By R.H. Rothman, F.A. Simeone. W.B. Saunders Company, 1992.
69. Pedersen AK, Hagen R: Spondylolysis and spondylolisthesis treatment by internal fixation and bone grafting of the defect. *J Bone Joint Surg* 1988; 70A: 15-24.
70. Peek RD, Wiltse LL, Reynolds JB, Thomas JC, Guyer DW, Widell EH: In situ arthrodesis without decompression for grade-III or IV spondylolisthesis in adults who have severe sciatica. *J Bone Joint Surg* 1989; 71A: 62-68.
71. Ricciardi JE, Pfueger PC, Isaza JE, Whitecloud III TS: Transpedicular fixation for the treatment of isthmic spondylolisthesis in adults. *Spine* 1995; 20: 1917-1922.
72. Roca J, Moretta D, Fuster S, Roca A: Direct repair of spondylolysis. *Clin Orthop* 1989; 246: 86-91.
73. Schlegel KF, Pon A: The biomechanics of posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1985; 193: 115-119.
74. Schneiderman GA, McLain RF, Hambly MF, Nielsen SL: The pars defect as a pain source, a histologic study. *Spine* 1995; 20: 1761-1764.

75. Schoenecker PL: Developmental spondylolisthesis without lysis. In The textbook of spinal surgery, pp: 1255-1261, Ed. By Keith H. Bridwell, Ronald L. DeWald, second edition, Lippincott-Raven Publishers. Newyork, 1997
76. Scott JHS: The Edinburg repair of isthmic (Group II) spondylolysis. J Bone Joint Surg 1987; 69B: 491.
77. Shahriaree H, Sajadi K, Roohalamini SA: A family with spondylolisthesis. J Bone Joint Surg 1979; 61A: 1256-1258.
78. Sherman FC, Wilkinson RH, Hall JE: Reactive sklerosis of a pedicle and spondylolysis in the lumbar spine. J Bone Joint Surg 1977; 59A: 49-54.
79. Sijbrandij S: A new tecnique for the reduction and stabilisation of severe spondylolisthesis. A report of two cases. J Bone Joint Surg 1981; 63B: 266-271.
80. Soren A, Waugh TR: Spondylolisthesis and related disorders. A correlative study of 105 patients. Clin Orthop 1985; 193: 171-177.
81. Suh PB, Esses SI, Kostuik JP: Repair of pars interarticularis defect. The prognostic value of pars infiltration. Spine 1991; 16(8S): S445-S448.
82. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Lee JH, Cho KJ, Kim HG: Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis. Spine 1997; 22: 210-220.
83. Tokuhashi Y, Matsuzaki H: Repair of defect in spondylolysis by segmental pedicular screw hook fixation, a preliminary report. Spine 1996; 21: 2041-2045.
84. Vaccaro AR, Ring D, Scuderi G, Cohen DS, Garfin SR: Predictors of outcome in patients with chronic back pain and low-grade spondylolisthesis. Spine 1997; 22: 2030-2035.
85. Van Dam BE: Nonoperative treatment and surgical repair of lumbar spondylolysis. In The textbook of spinal surgery, pp: 1263-1267, Ed. By Keith H. Bridwell, Ronald L. DeWald, second edition, Lippincott-Raven Publishers. Newyork, 1997
86. Van Den Oever M, Merrick MV, Scott JHS: Bone scintigraphy in symptomatic spondylolysis. J Bone Joint Surg 1987; 69B: 453-456.
87. Van Der Verf JIM, Tonino AJ, Zeegers WS: Direct repair of lumbar spondylolysis. Acta Orthop Scand 1985; 56: 378-379.
88. Velikas EP, Blackburne JS: Surgical treatment of spondylolisthesis in children and adolescents. J Bone Joint Surg 1981; 63B: 67-70.
89. Wiltse LL, Hutchinson RH: Surgical treatment of spondylolisthesis. Clin Orthop 1994; 35: 116.

90. Wiltse LL, Newman PH, MacNab I: Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. Clin Orthop 1976; 117: 23-29.
91. Wiltse LL, Widell EH, Jackson DW: Fatigue fracture: The basic lesion in isthmic spondylolisthesis. J Bone Joint Surg 1975; 57A: 17-22.
92. Wiltse LL, Winter RB: Terminology and measurement of spondylolisthesis. J Bone Joint Surg 1983; 65A: 768-772.
93. Winter M, Jani L: Results of screw osteosynthesis in spondylolysis and low-grade spondylolisthesis. Arch Orthop Trauma Surg 1989; 108: 96-99.
94. Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE, Geissele, A.E.: Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis. Spine 1994; 19: 1697-1703.
95. Wynne-Davies R, Scott JHS: Inheritance and spondylolisthesis, a radiographic family survey. J Bone Joint Surg 1979; 61B: 301-305.
96. Yalnız E, Kurtuluş A, Çobanoğlu S: Surgical treatment of symptomatic spondylolisthesis in adults. J Turk Spinal Surg 1994; 5: 161-165.

Yöntem	Örnek	yüklenme	yük1	hareket1	yük2	hareket2	yük3	hareket3
1	1	1	100	12	200	-5	371	-8
1	2	1	100	16	200	-5	371	-14
1	3	1	100	7	200	15	371	-8
1	4	1	100	14	200	-2	371	-11
1	5	1	100	21	200	24	371	-5
1	6	1	100	12	200	21	371	-4
2	1	1	100	3	200	9	371	18
2	2	1	100	5	200	8	371	14
2	3	1	100	10	200	20	371	36
2	4	1	100	4	200	6	371	9
3	1	1	100	17	200	38	371	55
3	2	1	100	12	200	19	371	24
3	3	1	100	16	200	63	371	75
3	4	1	100	9	200	28	371	56
1	1	2	40	30	70	104	110	168
1	2	2	40	121	70	166	110	239
1	3	2	40	30	70	156	110	198
1	4	2	40	41	70	134	110	214
1	5	2	40	65	70	87	110	163
1	6	2	40	110	70	141	110	191
2	1	2	40	243	70	361	110	395
2	2	2	40	62	70	112	110	122
2	3	2	40	19	70	29	110	45
2	4	2	40	51	70	110	110	121
3	1	2	40	22	70	37	110	42
3	2	2	40	16	70	41	110	67
3	3	2	40	28	70	41	110	56
3	4	2	40	32	70	54	110	73
1	1	3	40	-64	70	-144	110	-244
1	2	3	40	-38	70	-106	110	-187
1	3	3	40	-42	70	-132	110	-211
1	4	3	40	-51	70	-117	110	-224
1	5	3	40	-35	70	-125	110	-244
1	6	3	40	-71	70	-146	110	-195
2	1	3	40	-30	70	-94	110	-160
2	2	3	40	-80	70	-98	110	-123
2	3	3	40	-62	70	-105	110	-144
2	4	3	40	-16	70	-48	110	-72
3	1	3	40	-11	70	-27	110	-51
3	2	3	40	-19	70	-47	110	-69
3	3	3	40	-28	70	-36	110	-71
3	4	3	40	-32	70	-36	110	-64
1	1	4	30	26	50	54	70	64
1	2	4	30	11	50	38	70	58
1	3	4	30	16	50	26	70	44
1	4	4	30	16	50	29	70	53
1	5	4	30	8	50	30	70	73
1	6	4	30	21	50	34	70	71
2	1	4	30	36	50	88	70	91
2	2	4	30	14	50	26	70	41
2	3	4	30	15	50	24	70	32
2	4	4	30	25	50	44	70	60
3	1	4	30	14	50	19	70	20
3	2	4	30	22	50	26	70	59
3	3	4	30	19	50	33	70	48

3	4	4	30	25	50	43	70	71
1	1	5	30	-8	50	-20	70	-37
1	2	5	30	-12	50	-32	70	-58
1	3	5	30	-8	50	-22	70	-42
1	4	5	30	-14	50	-24	70	-45
1	5	5	30	-21	50	-42	70	-71
1	6	5	30	-24	50	-29	70	-56
2	1	5	30	-25	50	-51	70	-132
2	2	5	30	-41	50	-66	70	-113
2	3	5	30	-45	50	-71	70	-88
2	4	5	30	-32	50	-76	70	-101
3	1	5	30	-4	50	-21	70	-39
3	2	5	30	-32	50	-54	70	-61
3	3	5	30	-11	50	-19	70	-43
3	4	5	30	-8	50	-40	70	-73

Deney sırasında kaydedilen gerçek değerler.

Yöntem: 1- Klasik intersegmenter pedikül vidası
2- Monosegmenter pedikül vidası-sublaminar çengel uygulaması
3- Buck vidası

Yüklenme: 1- Aksiyel yüklenme
2- Fleksiyon momenti
3- Ekstansiyon momenti
4- Ekstensiyometre ile aynı tarafa eğilme
5- Ekstensiyometrenin karşı tarafına eğilme

* Tabloda bulunan yük1, yük2 ve yük3 değerleri poundforce (lbf) olarak verilmiştir (deneylerin yapıldığı cihaz kuvveti poundforce olarak uygulamaktadır, veriler daha sonra newton ve newton/metre olarak değiştirilmiştir).

** Tabloda yeralan hareket1, hareket2 ve hareket3 değerleri ekstensiyometreden okunan mikrometre değerleridir. Elektrotların yaklaşıp uzaklaşmasına göre (-) ve (+) olarak verilmiştir.

EK-2

Kuvvet: Bir cismin durağan veya hareketli halini değiştirmeye yönelik uygulanan etkidir. Kuvvet birimi olarak newton kullanılır.

Yük: Bir kuvvetin veya momentin bir yapıya uygulanmasını tanımlayan genel terimdir.

Eğilme (bending): Uzun bir cisme, altında destek olmayan bir noktadan yük uygulandığında bir deformasyon meydana gelir. Bu deformasyona eğilme (bending) adı verilir.

Eğilme Momenti (bending moment): Bending moment, cisimdeki bir noktaya uygulanan kuvvet ile kuvvet kolunun çarpımına eşittir. Kuvvet birimi olarak newton/metre kullanılır.

Newton (N): Kuvvet birimidir. Bir newton, bir kilogramlık bir kütleye saniyede bir metre hızlanma vermek için uygulanan kuvvet miktarıdır.

$$1 \text{ newton (N)} = 0.2248 \text{ Poundforce (lbf)}$$

$$1 \text{ poundforce (lbf)} = 4.48 \text{ newton (N)}$$

$$1 \text{ newton (N)} = 0.1020 \text{ kilogram (kg)}$$

$$1 \text{ kilogram (kg)} = 9.806 \text{ newton (N)}$$