



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI**

**YATARAK VE AYAKTA ÇEKİLEN NÖTRAL
LUMBOSAKRAL VE DİNAMİK LUMBOSAKRAL
GRAFİLERİN RADYOLOJİK İNSTABİLİTE
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Murat ARSLAN

Antalya, 2015



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI**

**YATARAK VE AYAKTA ÇEKİLEN NÖTRAL
LUMBOSAKRAL VE DİNAMİK LUMBOSAKRAL
GRAFİLERİN RADYOLOJİK İNSTABİLİTE
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Murat ARSLAN

Tez Danışmanı: Prof.Dr. S. Cem AÇIKBAŞ

“Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2015

TEŞEKKÜR

Nöroşirurji ihtisasım boyunca beni eğiten değerli hocalarım; Sayın Prof.Dr. Recai TUNCER, Prof.Dr. Saim KAZAN, Prof.Dr. S.Cem AÇIKBAŞ, Prof.Dr. Tanju UÇAR, Prof.Dr. Mahmut AKYÜZ, Prof.Dr. Nejmi KIYMAZ ve Doç.Dr. Murat ALTAŞ’a,

‘Spinal İnstabilite’ projesinde bana tezimin gerçekleşmesinde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen bir tanem eşim Selen Çakıcı ARSLAN’a,

Eğitim sürecimde bana destek olan klinik hemşire ve, Ayşenur ÇAYIR ile tüm sekreter arkadaşlarıma, çalışmamda bana destek veren Dr. Ahmet Can ÖZAK’a, tezimin İngilizce çeviri kısmında katkılarını esirgemeyen Aslı – Barış ÇETİN ailesine,

Doğumumdan sonra üzerime titreyen ve beni bugünlere getiren ve tüm genetik şifremin mimarı olan annem ve babama ve ailemizin narin çiçeği kardeşime,

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Kısaltmalar Dizini	ii
Tablolar Dizini	iii
Şekiller Dizini	iv
Grafikler Dizini	v
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Vertebral Kolon Embriyolojisi	3
2.2. Lomber Vertebra Anatomisi	4
2.2.1. Osseoz yapılar	5
2.2.2. Eklem ve ligamanlar	5
2.2.3. Kaslar	7
2.2.4. İnnervasyon	8
2.2.5. Kanlanma	8
2.3. Lomber Omurga Biyomekanigi	9
2.3.1. Omur cismi	12
2.3.2. Faset eklem	12
2.3.3. Spinal ligamanlar	13
2.3.4. İntervertebral disk	14
2.6. İnstabilite	15
2.6.1. Lomber omurgada fizyolojik hareket	16
2.6.2. Radyolojik instabilite	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM	21
3.1. Ortalama Disk Mesafesi Ölçümü	22
3.2. Kayma Yüzdesi ve Kayma Miktarı Hesaplanması	23
3.3. İstatistiksel Değerlendirme	23
4. BULGULAR	24
5. TARTIŞMA	33
6. SONUÇLAR	39
7. ÖZET	41
8. ABSTRACT	42
9. KAYNAKLAR	43

KISALTMALAR DİZİNİ

AAOS	American Academy of Orthopaedic Surgeons
AP	Anteroposterior
ARE	Anlık rotasyonel eksen
BT	Bilgisayarlı tomografi
EE	Erekt ekstansiyon
EF	Erekt fleksiyon
EN	Erekt nötral
FSU	Fonksiyonel spinal ünite
MRG	Magnetic rezonans görüntüleme
PACT	Görüntü Saklama ve İletişim Sistemleri
ROM	Range of Motion (Fizyolojik hareket alanı)
YN	Yatarak nötral

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Fleksiyon – ekstensiyon kayma miktarı farkı miktarı (median)	28
4.2. Fleksiyon – ekstensiyon kayma yüzdesi (median)	28
4.3. Ayakta ve yatarak grafilerin kayma miktarları ortalama değerleri	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Lomber omurga	10
2.2. Omurga hareket tipleri	11
2.3. İnstabilite	15
2.4. Vertebral kolon	17
3.1. Ortalama disk mesafesi ölçümü	22
3.2. Kayma yüzdesi ve miktarı hesaplaması	23
4.1. Fleksiyon – ekstensiyon kayma miktarı farkı median değeri	27
4.2. Fleksiyon – ekstensiyon kayma yüzde farkı median değeri	27
4.3. Ayakta-yatarak çekilen grafilerde saptanan kayma miktarı farkı ile dinamik grafilerde saptanan kayma miktarı farkı korelasyonu	29
4.4. Ayakta-yatarak çekilen grafilerde saptanan kayma yüzdesi farkı ile dinamik grafilerde saptanan kayma yüzdesi farkı korelasyonu	29
4.5. Yatarak ve ayakta grafilerin kayma miktarları ortalama değerlerinin karşılaştırılması	30
4.6. Yatarak lateral nötr grafi (8,6 mm; %19)	31
4.7. Ayakta lateral nötr grafi (10,1 mm; %23)	31
4.8. Ayakta lateral fleksiyon grafisi (15,2 mm; %34)	32
4.9. Ayakta lateral ekstensiyon grafisi (8,0 mm; %18)	32

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Çalışmaya alınan olguların cinsiyet dağılımı	24
4.2. Nörojenik kladikasyo	25
4.3. Meyerding sınıflaması	25

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bel ağrısı toplumda sık görülen bir sağlık problemi olmakla birlikte ciddi derecede morbiditeye neden olmaktadır. Bel ağrısı hastaneye başvuru nedenlerinden en sık 2. başvuru sebebidir.

Popülasyonun %60-80'i yaşam süresi boyunca bir dönem bel ağrısından şikayet etmektedirler.

Ağır yaşam ve çalışma koşulları, kötü statik ve dinamik postür, yanlış vücut mekaniklerinin kullanımı, karın ve sırt kaslarının güç ve fleksibilitesinde ve kardiyovasküler enduransta azalma, obezite, sigara içme ve vibrasyon gibi risk faktörlerinin bel ağrısına sebep olduğu bilinmektedir (1,2,3).

Bel ağrıları, semptom ve sürelerine göre sınıflandırılacak olursa; ağrısı 1 aydan kısa süren olgular akut, 1-3 ay arası subakut, 3 aydan fazla süren olgular kronik olarak adlandırılmaktadır.

Hastaların %85-90'ında ağrı nonspesifiktir, ağrıyı oluşturacak belirli bir etyolojik faktör veya patofizyolojik mekanizma bulunamaz. Bu grup hastaların tedavisi konservatif olup hemen hepsi iyileşme gösterir. Geriye kalan %15'lik dilimde ise herhangi bir patolojik süreç sonrası meydana gelen bel ağrısı bulunmaktadır. Eğer tedavi edilmezlerse kronik bel ağrısı gelişmektedir.

Kronik bel ağrılarının anlamlı çoğunluğu dejeneratif süreç sonrası gelişen bel ağrılarıdır ki ve çoğunda lomber segmental instabilite mevcuttur (4).

İnstabilite fizyolojik yüklenmeler karşısında omurganın, omurilikte ve sinir köklerinde harabiyet, irritasyon veya şiddetli ağrıya neden olacak şekilde gelişecek deformiteye karşı koyamayacak bir duruma gelmesidir (5).

Omurgada oluşan hareketler fasetler, intervertebral disk, ön ve arka ligamentöz yapılar tarafından sınırlanır ve dengelenir. Bu sayede stabilite korunur (6). Omurgayı stabilize eden 3 sistem Panjabi tarafından tanımlanmıştır. Bunlar aktif sistem (kas ve tendonlar), pasif sistem (vertebra, faset, intervertebral disk ve ligamentöz yapılar), nöral sistemdir. Bu üç sistemin dengeli bir şekilde çalışması sonucu omurga hareketlerinde stabilite sağlanır.

Omurgaya total olarak bakıldığında morfolojik olarak statik ve dinamik yapılara sahiptir. Statik yapılar osseoz elemanlar, dinamik yapılar ise intervertebral disk ve

musculoligamentöz yapılarıdır. Hareket esnasında statik yapılar şekil değıştirmezen, dinamik yapılar esnek olup şekil değıştirebilirler.

Kaslar ve tendonlardan oluşan aktif sistem direncin minimal olduğu nötral alanda kontrolü sağlar. Osteoligamentöz yapının oluşturduğu pasif sistem ise direncin daha yüksek olduğu elastik bölgede daha etkin rol oynamaktadır. Bu sistemlerde gelişen patolojiler sonrası fizyolojik hareket alanında oluşan anormal hareket yaygın olarak dinamik graflerle saptanmaktadır.

Semptomatoloji ile radyografik olarak saptanan anormal hareketli segment arasında net bir korelasyon olmamakla birlikte instabilite mevcudiyetini saptamak ve cerrahiye karar verme sürecinde en etkin tanı yöntemi hastaya çekilen dinamik ve lateral nötral lumbosakral graflerdir. Bu graflerin sensitivite ve spesifitesi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Çoğu çalışma floroskopi eşliğinde hareket esnasında çekilen lateral lumbosakral graflerde rotasyonel anlık merkezin değışimi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bazı çalışmalarda lumbosakral lateral direk grafler çekilmesi esnasında traksiyon ve kompresyon kuvvetleri uygulanmıştır (7,8,9).

Bizim çalışmamızda hastalara ayakta ve yatarak lateral nötral pozisyonda çekilen lumbosakral graflerde dejeneratif lomber segmentte oluşan disfonksiyonel segmental hareketin varlığını ve bu hareketin anlamlı ölçüde olup olmadığını saptamak amaçlanmıştır.

Bu bağlamda bu çalışmada hastanın yatar pozisyondan erekt pozisyona geçmesi sonucu lomber bölgeye etkiyen fizyolojik aksiyel yüklenmenin disfonksiyonel segmental hareket dinamiğine etkisinin araştırılması ve bu etkilenme sonucu dejeneratif lomber segmentte oluşan disfonksiyonel segmental hareketin rutinde kullanılagelen dinamik graflerle saptanan disfonksiyonel segmental hareketle karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Sonuç olarak çalışmamızda lomber segmental instabilitenin ayakta ve yatarak nötral pozisyonda çekilen lumbosakral graflerde sagittal planda ölçülen kayma miktarı ve kayma yüzdesi gibi değerlerin, fleksiyon ve ekstensiyon postürlerinde çekilen lumbosakral graflerde saptanan değerlerle karşılaştırılması yapılarak ayakta nötr pozisyonda lateral radyograflerin (fizyolojik aksiyel yüklenmeyle lomber bölgeye etkiyen kuvvetin) instabilite için tanı koydurucu özelliğı araştırılacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Vertebral Kolon Embriyolojisi

Aksiyel iskelet sistemi gestasyonun 3. haftasında trilaminar disk yapısının ve primitif çizginin oluşmasını izleyen günlerde gerçekleşir. Embriyonik yaşamın üçüncü haftasında primitif çizginin kaudal ucunun ortasındaki hücreler çoğalarak ektoderm ve endoderm arasından yana ve öne doğru ilerleyerek mezodermi oluştururlar. Ektodermden oluşan bu girinti ve burada çoğalan hücrelerin ektoderm ve endoderm arasından kraniale doğru ilerlemesi sonucu notokordal yapı gelişmektedir. Notokordal hücreler indüksiyon yolu ile üzerinde bulunan ektodermden kalınlaşmaya neden olarak nöral plağı meydana getirirler. 18. günde bu plağın kenarlarının kıvrılması ile nöral oluk, daha sonra da kenarların birleşmesi ile nöral tüp oluşmaktadır.

Notokordun ve nöral tüpün her iki yanında bulunan mezoderm iki düz sütun halinde kalınlaşarak paraksiyel mezodermi oluşturur. 3. haftanın sonuna doğru paraksiyel mezoderm somit adı verilen kübük kümeleşmeler göstermeye başlar. Bu somitler gelişmekte olan nöral tüp ve notokordun iki tarafında sıralanmışlardır. İlk somit çifti gelişmenin 20. gününde servikal bölgede belirir. Bu bölgeden başlayarak kranial ve kaudal yönde her gün yaklaşık üç çift somit belirir. Toplam 42-44 çift olan somitlerin 4'ü oksipital, 8'i servikal, 12'si torakal, 5'i lomber, 5'i sakral, 8-10'u da koksigeal olarak farklılaşır. Son 5-7 koksigeal somit gerilerken, oksipital somitler bazis kraniiyi ve kranioservikal eklemleri meydana getirmektedir (10).

Somit hücreleri çoğaldıkça üçgen halini almakta ve üç yönde gelişmektedir. 4. haftadaki embriyoda dorsaldeki ektoderme komşu hücrelerden ileride deri örtüsünü oluşturacak dermatom, bunun medialindeki hücrelerden adaleleri ve posterolateral vücut duvarını oluşturacak miyotom, ventral ve medialdeki hücrelerden de omurgayı ve kostaları oluşturacak sklerotom gelişir.

Sklerotom hücreleri notokordun çevresini onu nöral tüpten ayıracak şekilde sarar ve daha sonra somit çifti orta hat üzerinde birleşerek notokordu içine alır. Sklerotomlar kranial uçta hücreden fakir kaudal uçta hücreden zengin bir alana sahiptirler ve bu farklı hücresel dansitelerin birleşim noktaları intervertebral diski oluşturacak olup kranial uçtaki sklerotomun hücresel olarak fakir alanı ile kaudaldeki sklerotomun hücresel dens yapısı da vertebral korpusu oluşturmaktadır.

Sklerotomal hücre grubunun dorsale ve ventrolaterale doğru göç etmeleri sonucunda membranöz omurga meydana gelir. Altıncı haftada 6 adet kondrifikasyon merkezi belirir (İkisi cisimde, ikisi arkuslarda, ikisi de kostal çıkıntılarda olmak üzere). Sekizinci haftada ise biri cisimde, ikisi arkuslarda olmak üzere üç primer ossifikasyon merkezi ortaya çıkar ve omurlar enkondral olarak kemikleşmeye başlar. Arkusların sinostozu 1-2 yılda tamamlanırken arkusların cisim ile kaynaşması 3-5. yaşlarda gerçekleşmektedir (11,12).

2.2. Lomber Vertebra Anatomisi

İnsan aksiyel iskeletini oluşturan omurga mekanik bir yapıdır. Bu yapı kuvvetli muskülerokütanöz yapılar ve ligamentlerle desteklenen vertebral kemik segmentlerinin birleşmesinden oluşur. Vertebral kolon 7 servikal, 12 torasik, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal olmak üzere toplam 33 omurdan oluşmaktadır. Servikal (C1 ve C2 omuru hariç), torakal, lomber omurlar birbirleri arasında intervertebral disk mevcuttur. Sakral ve koksigeal vertebralar ise birbirleriyle iki ayrı kemik oluşturacak şekilde füzyon yapmışlardır. Bunlar psödovertebra olarak da bilinirler (13).

Omurganın görevi; vücut yükünü taşımak, baş ve gövde hareketini sağlamak ve nöral yapıların korunması sağlamaktır. Vertebral kolonun stabilitesi, insanları erekte pozisyonda tutan ve gövdeyi pelvis üzerinde dengeleyen intrinsek ve ekstrinsek yapılar tarafından sağlanır.

İntrinsek stabilizeyi sağlayan yapılar vertebralar, intervertebral diskler, faset eklemler ve bunların kapsülleri, intraspinoz ve supraspinoz ligamentler, ligamentum flavum, anterior ve posterior longitudinal ligamentler, intravertebral kaslar ve m.erector spina'dır. Ekstrinsek yapılar ise göğüs kafesi anterior ve lateral abdominal kaslardır (14).

Normal bir yetişkinde fizyolojik eğrilikler; servikal bölgede 30°-50° lordoz, torakal bölgede 20°-50° kifoz, lomber bölgede 40°-80° lordoz ve sakral bölgede 40°-60° kifoz şeklindedir.

Vertebra iki ana bileşenden oluşur; bunlar önde vertebra gövdesi ve arkada vertebral (nöral) ark'tır. Bu iki bölüm birbirine pedinküller aracılığıyla bağlanır. Bu arkın posteriorunda orta hatta spinöz proçes bulunmakta olup, pedinküller ile spinöz proçes arasındaki alan lamina olarak adlandırılmaktadır. Pedinküllerle laminaların

birleşim noktasında ikisi altta ikisi üstte olmak üzere 4 adet eklem yüzü mevcuttur. Superior ve inferior artiküler proçes olarak adlandırılan bu eklem yüzleri arasından laterale doğru uzanan transvers proçesler bulunmaktadır. Kranialden kaudale doğru vertebra çapları artar (15,16).

2.2.1. Osseoz yapılar

Yukarıdan bakıldığında lomber vertebra cismi böbrek şeklindedir. Spinal kanal ise üçgen şeklinde olup, L5 seviyesinde belirgindir. Lomber vertebra cisimlerinin anteroposterior uzunlukları lateral uzunluklarından daha azdır. Genel olarak lomber 1. vertebradan lomber 5. vertebraya kadar pedikül genişlikleri artar fakat pedikül boyları varyasyon gösterir.

Pediküllerin medial eğimi L1'den L5'e doğru artar. L4 üzerinde pedinkül aksının projeksiyon noktası transvers proçes orta noktasının üzerinde, L4 vertebrada transvers proçes orta noktasına L5'te ise transvers proçes orta noktasının altında bulunur.

Lomber laminalar servikal ve torakaldekilere göre daha kalın ve sagittal planda daha vertikal dizilim gösterirler. Lamina sefalik ve kaudal olarak iki bölgeye ayrılır. Sefalik kısım daha yumuşak bir iç yüzeye sahip kaudal bölüm ise daha sert bir iç yüzeye sahiptir ki bu da lig. flavuma tutunma yüzeyi oluşturur.

Lomber bölgede süperior artiküler proçeslerin yüzeyi konkav olup, posteromediale bakar, inferior artiküler proçeslerin yüzeyi ise konveks olup anterolaterale bakar. İki laminanın posteriorda birleşme noktasında spinöz proçes bulunur ve genellikle horizontal planda dikdörtgenler prizması şeklinde ve arka ve alt duvarı kalındır. Ardışık iki vertebranın incisura vertebralis inferioru ile incisura vertebralis superioru, faset eklem ve intervertebral disk arasında kalan alana intervertebral foramen denir. Bu foramen spinal sinirlerin spinal kanalı terk ettikleri vertebral açıklıklardır.

2.2.2. Eklem ve ligamanlar

Lomber bölge eklemleri önde intervertebral disk arkada ise bir çift faset eklemden oluşur. İntervertebral disk avasküler bir yapı olup, ardışık iki vertebra cismi arasında bulunur ve beslenmesi periferik kısımları komşu damarlarından santral kısım

ise difüzyon yolu ile beslenir. lomber disklerin anterior bölümü posterioruna göre daha kalındır. Böylece lomber lordozun oluşumuna katkıda bulunurlar (17,18).

Lomber bölgede disk yüksekliği lomber vertebra cisim yüksekliğinin yaklaşık %33 kadardır ve bu da mobilitiyi anlamlı derecede artırır (19,20,21).

İntervertebral diskin 2 komponenti bulunur. Ortasında nükleus pulposus adı verilen mukoid kıvamda %70-90 su ihtiva eden bir yapı, etrafında ise anulus fibrosus denen oblik yerleşimli konsantrik kollajen liflerden oluşan kapsülü vardır. Yüklenmeler ile oluşan hidrostatik basınç, nükleus pulposus tarafından anulusun her tarafına radyal bir şekilde eşit olarak iletilir (22).

Anulus fibrosustaki lifler kranial ve kaudalde end-plate'lere ön ve arkada anterior ve posterior longitudinal liflere tutunurlar. Periferde bu liflerin tutunduğu liflere Sharpey lifleri denilir.

Faset eklemler ardışık inferior ve superior artiküler süreçleri tarafından oluşturulan zygapofizial eklemlerdir. Artiküler yüzeyleri hyalin kıkırdakla kaplı olup, ince bir eklem kapsülü ile çevrilidirler. Üst iki lomber hareket segmentinde sagittal planda iken aşağıya indikçe koronale dönerler (23). Vertebraları birbirine bağlayan ve spinal stabilizasyonda önemli rol oynayan bazı ligamanlar bulunur. Bunlar;

1. Anterior longitudinal ligaman: Atlasın ile sakrum arasında uzanan, bant şeklinde, yukarı seviyelerden aşağıya inildikçe genişleyen güçlü bir ligamandır. Medialde kalın lateralde incedir. Superfisial lifleri 3-4 vertebrayı derin lifleri ise 2 vertebrayı kateder. Omurganın hiperekstansiyonunu engeller. Alt torakal ve lomber bölgede gerilme gücü en yüksektir (24).
2. Posterior longitudinal ligaman: Oksipital kemikten sakruma kadar uzanan vertebraların arka yüzünde izleyen bir ligamandır. Üst seviyelerde geniş olup aşağıya inildikçe daralır. Posterior longitudinal ligaman kolumna vertebralisin hiperfleksiyonunu önler.
3. Ligamentum flavum: Yukarıdaki vertebra lamine'nin alt-ön kısmında başlayıp alttaki vertebra lamine'nin üst-arka kısmına uzanan ve vertikal dizilim gösteren sarı elastik liflerden oluşan bir ligamandır. İnterspinöz ligamanla birlikte öne eğilme sırasında ve dik pozisyonda hareket segmentinin posterior elemanlarını korur, stabiliteyi artırır.

4. Ligamentum supraspinale: 7. servikal vertebra spinöz proçesinden başlayıp sakrumda sonlanan ve spinöz proçesleri birbirine bağlayan bir ligaman olup, omurganın hiperfleksiyonunu engeller.
5. Ligamentum interspinale: İki spinöz proçes arasındaki bir bağ olup lomber bölgede en kalındır.
6. İntertransvers ligaman: İki transvers çıkıntı arasındaki membranöz bir ligaman olup yana eğilme (lateral bending) hareketinde kontrol edici özelliği bulunur.

2.2.3. Kaslar

Omurgayı çevreleyen kaslar lokasyonlarına göre posterior, lateral ve anterior olmak üzere 3 gruba ayrılırlar. Posterior grup kaslar kendi içinde yüzeysel, orta ve derin olmak üzere 3'e ayrılır. Yüzeysel grup torakolomber fascia olup güçlü ve kalın bir yapıdır ve omurganın gövde rotasyonunda ve stabilizasyonda önemli rol oynar (25). Orta grup kaslar ise torakolomber spinöz proçeslerden başlayıp kostalarda sonlanan serratus posterior inferior kas grubudur.

Derin grup kaslar ise vertikal dizilim gösteren iliosakrolomber bölgeden servikal bölgeye uzanan erector spina kas grubudur. Bu grup da lateralde iliocostal medialde spinalis ve santralde longissimus kas grubu olarak 3'e ayrılır. iliocostalis kas grubu posterior iliac kanattan başlayıp kostalara ve alt servikal transvers proçesler tutunurlar. Longissimus grubu ise erector spinanın en büyük kas grubu olup, sakrumdan başlayıp torasik ve servikal transvers proçesleri ve mastoid kemiğe kadar uzanırlar. Spinali kas grubu ise erektör spinanın en küçük kas grubu olup üst lomber spinöz proçeslerden başlayıp torakal ve servikal spinöz proçeslere uzanırlar. Bu grubun altında ise semispinal, multifidi gibi spinöz proçeslerden transver proçeslere oblik uzanan küçük kas grupları vardır. Tüm posterior kas gruplarının omurganın ekstensiyon, yana eğilme ve rotasyon hareketlerinde fonksiyonları mevcuttur.

Lateral ve anterior kas grupları iliopsoas major ve quadratus lumborumdur. iliopsoas kas grubu tüm lomber vertebranın korpus ve intervertebral disklerinin anterolateral ve transvers proçeslerin anterior kısmından başlayıp trokanter majora uzanır. Quadratus lumborum ise dikdörtgen biçiminde olup, L5 transvers proçes ve iliak krestten köken alıp üst lomber vertebral transvers proçeslerine ve 12. kostaya

uzanım gösterir. Bu kas grupları omurganın fleksiyyonunda ve rotasyonyunda görev alırlar.

2.2.4. İnnervasyon

Her spinal sinir bir veya daha fazla sinuvertebral sinir adı verilen rekürren meningeal dallar verir. Bu dallara otonomik paravertebral pleksuslardan sempatik dallarda katılarak köken aldığı spinal sinirin çıktığı nöral foramenden spinal kanala girer. Aynı segmentteki disk hizasında inen, çıkan ve transvers dallara ayrılır, anterior dura mater posterior longitudinal ligaman vertebral venöz pleksus ve spinal kanal içindeki arterler, posterior vertebral periost ve lateral resesler anulus fibrozus arka dış lifleri, sinuvertebral sinir tarafından innerve edilirler.

Spinal sinirin iki dalından biri olan posterior rami 3 dala ayrılır. Bunlardan lateral ve intermedian dalı kasları ve cildi innerve eder. Medial dalı ise bir üst seviye aynı seviye ve bir alt seviye faset eklemleri innerve eder.

Anulus fibrozusun iç lifleri, duranın arka kısmı, ligamentum flavum ve interspinöz ligaman ağrısız yapılardır.

2.2.5. Kanlanma

Lomber vertebral bölge aorta abdominalisten çıkan 4 çift ve sakral arterden çıkan 1 çift segmenter arterler tarafından beslenmektedir. Her arter vertebral cismi etrafında izlerken kraniale ve kaudale vertikal dallar verir.

Geçerken cisim yüzeyine vertikal asendan ve desandan dallarını verir, sonra bu dallar vertebral cisme girerek radyal bir şekilde merkeze doğru ilerlerler.

Ana dal transvers çıkıntının altına geldiğinde vertebral cisme giren santral dala ve foramenden içeri giren ve buradaki yapıları besleyen dallara ayrılır.

Bu bölgenin beslenmesi direkt aortadan olmaktadır. Aortun arkasından çıkan 4 çift lomber arter ilk dört vertebrayı, orta sakral arterden gelen beşinci çift ise beşinci lomber vertebrayı besler. Sakrum ise superior medial ve hipogastrik arter tarafından beslenir.

Posterior sakral foramenden çıkan bu arterler aynı zamanda distal lomber bölge kaslarının beslenmesinden de sorumludurlar.

Erişkinlerde diskin beslenmesi son plaklardaki lenf sisteminin difüzyonu ile olmaktadır. Segmenter radiküler arterlerin kan akımı iki yönlü olup herhangi bir kompresyonda sadece kompresyon yerinde dolaşım bozulması olur (26).

Venöz drenajı ise eksternal ve internal venöz plexusların oluşturduğu baston plexusu ile olur. Bu plexus tüm spinal kanalı sarmış olup venöz kanı v.azygoz, v.cava ve vertebrobaziler vene drene ederler.

2.3. Lomber Omurga Biyomekaniği

Fonksiyonel spinal ünite (FSU) tüm omuriliğin biyomekanik özelliklerini yansıtan en küçük fizyolojik hareket birimidir. FSU komşu iki vertebra intervertebral disk ve ligamanlardan oluşur. Bu ünite hem aksiyal planda fizyolojik ve aşırı yükleri taşır, hem de sagittal, koronal, aksiyal düzlemlerde fleksiyon, ekstansiyon, yan eğilme ve rotatuar hareketleri sağlar.

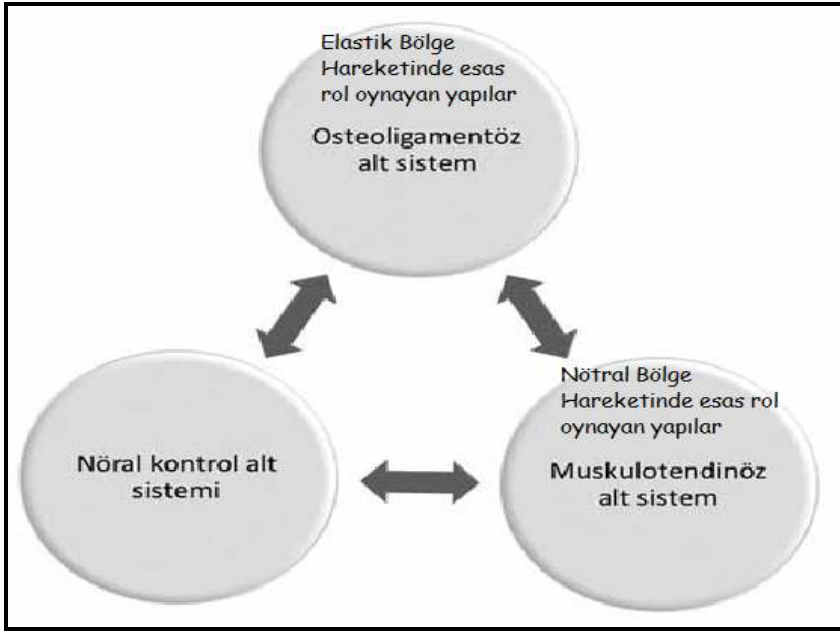
Omurgada her yöne olan hareketlerin belirli bir sınırı ve derecesi mevcut olup, hareket alanı (ROM) olarak adlandırılır. Hareketin fizyolojik sınırlarda kalması ve ROM'u koruması stabil bir omurga için çok önemlidir.

Omurgada oluşan hareketler fasetler, intervertebral disk, ön ve arka ligamentöz yapılar tarafından sınırlanır ve dengelenir. Bu sayede stabilite korunur (27).

Omurgayı stabilize eden 3 sistem Panjabi tarafından tanımlanmış olup, bunlar;

- 1) Aktif sistem (kas ve tendonlar),
- 2) Pasif sistem(vertebra, faset, intervertebral disk ve ligamentöz yapılar),
- 3) Nöral sistem.

Bu üç sistemin dengeli bir şekilde çalışması sonucu omurga hareketlerinde stabilite sağlanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Lomber omurga.

Omurga fizyolojik hareketini 3 düzlem üzerinde belirli sınırlar içerisinde gerçekleştirir. Bu fizyolojik hareket alanı (ROM) Panjabi tarafından 2 alt gruba ayrılmıştır;

- A) Nötral bölge,
- B) Elastik bölge.

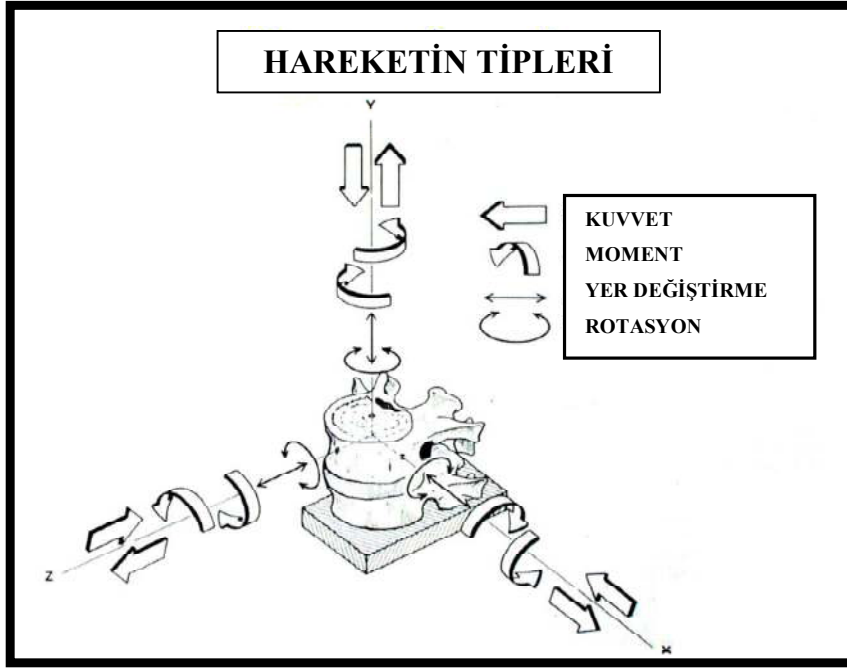
Nötral bölge omurganın minimal dirence karşı yaptığı fizyolojik hareket alanıdır. Elastik bölge ise nötral bölge sonrasında yüksek dirence karşı yapılan fizyolojik hareketin sınırına kadar olan hareket alanıdır.

Omurgaya fizyolojik aksiyel yüklenme ve hareketler esnasında ilk nötral alanda hareket gerçekleşir, yük arttırıldığında ise elastik bölge hareket alanında bu yüke karşı direnç artar ve elastik bölge sınırına kadar direnç artarak devam eder (28).

Kaslar ve tendonlardan oluşan aktif sistem direncin minimal olduğu nötral alanda kontrolü sağlar. Osteoligamentöz yapının oluşturduğu pasif sistem ise direncin daha yüksek olduğu elastik bölgede daha etkin rol oynamaktadır.

Omurgaya total olarak bakıldığında morfolojik olarak statik ve dinamik yapılara sahiptir. Statik yapılar osseoz elemanlar, dinamik yapılar ise intervertebral disk ve muskuloligamentöz yapılardır. Hareket esnasında statik yapılar şekil değiştirmezken, dinamik yapılar esnek olup şekil değiştirebilirler.

Omurga hareket esnasında farklı yön ve büyüklükte kuvvetler etkisindedir. Bu hareketler bir koordinat düzleminde incelendiğinde (Şekil 2.2) vertikal ekseninde 4, sagittal ekseninde 4, coronal ekseninde 4 hareket gerçekleştirip tüm eksenler boyunca 12 yönde hareketi mevcuttur.



Şekil 2.2. Omurga hareket tipleri.

Her bir hareket segmentinde vertebral cismin yapılan hareket boyunca sabit bir eksenini mevcuttur. Buna anlık rotasyonel eksen (ARE) denilir. Bu sabit eksen patolojik durumlar haricinde sabit kalır. Patolojik süreçlerde eksenin lokalizasyonun değişebilir (29).

Lomber bölgedeki lordoz açısı 30 derecedir. Bu açılanmanın en fazla olduğu yer L3-4 disk mesafesidir. C7 seviyesinden sarkoma indirilen şakül hattı lomber vertebraların pedikülleri hizasından geçer. Vücut ağırlığı bu şakül hattından geçmekte olup, bir insanın gövde ağırlık merkezi bu hat boyunca etkir. Ayakta anatomik pozisyonda duran bir kişide lomber omurgaya binen yük, fonksiyonel spinal ünite bulunan anlık rotasyon eksenine olan uzaklıkla ilişkili olarak etkinlik gösterir.

Normal bir intervertebral disk yapısında aksiyel plandaki yüklerin %80'ini lomber vertebra cismi, %20'sini ise faset eklemler taşımaktadır. Ancak disk yapısındaki dejeneratif süreçler sonucu fasetlere binen yük %70'lere kadar

çıkabilmektedir. Bu da faset eklemlerde fonksiyonel ve yapısal bozukluklara neden olur. Dejeneratif süreç başladıktan sonra devamlı progresyon göstererek fonksiyonel spinal segment stabilitesini sağlayan sistemlerin işlev bozukluklarına neden olur. Sonuçta FSU'da düşük dirence karşı daha esnek olan nötral bölge hareket alanı genişler ve instabilite meydana gelir.

Lomber omurga tüm omurga fleksiyon-ekstansiyonunun yaklaşık %40'ını, yana eğilme hareketinin %28'ini, aksiyel rotasyonun %18'ini sağlamaktadır (30).

Lomber omurgada fleksiyon-ekstansiyon hareketinin en belirgin olduğu seviye L4-5 seviyesidir. Normal anatomik pozisyonda statik yük en fazla L4 omur cismi üzerine biner (31).

Lomber omurgada kaudale inildikçe vertebra cisim büyüklüğü artar. Bu artış vertebra cisminin strese karşı koyma yeteneğini de artırmıştır. Dolayısıyla travmalarda alt lomber bölgede fraktür oranı daha az izlenir (32).

2.3.1. Omur cismi

Omur cisminin aksiyel planda sağ sol genişliği; L1 seviyesinde 35-40 mm iken, L5 seviyesinde 50-55 mm'ye çıkmaktadır. Sagittal planda ön arka genişliği ise 25-30 mm'dir. Bu ölçüler omur cisminin yük taşıma potansiyelini gösterir. Koronal planda bakıldığında omur cisminin lateral yüzlerinin konkav şekilde olduğu ve sagittal planda ise ön yüzünün yüksekliğinin arka yüz yüksekliğinden yaklaşık 20 mm daha yüksek olduğu gözlenir. Bu farkın lomber lordoz açısından etkili olduğu düşünülmektedir.

Omurga üzerindeki kompresif ve tensil (çekme) yüklere karşı direncin lomber bölgede en fazla L4 vertebra cisminde olduğu bilinmektedir. Bu kuvvetlere karşı konulan direncin en fazla olduğu bölge omur cisminin orta kısmı olduğu saptanmıştır.

2.3.2. Faset eklem

Faset eklemler, lomber bölgede sagittal oryantasyondadır. Bu nedenle bu bölgedeki fleksiyon ve kaymaya karşı az bir direnç gösterebilirken, rotasyona karşı belirgin bir direnç vardır (33). Translasyonel kuvvetlere direnç, faset eklemlerinde omurganın ön elemanlarına oranla çok daha yüksektir. Faset eklem rezeksiyonu sonrasında ise, translasyonda öne %101,7 ve arkaya %117,1 oranında artış olduğunu bildirilmiştir (34). Üst lomber bölgeden, lumbosakral bölgeye doğru gidildikçe sagittal plandan koronal plana doğru bir farklılaşma söz konusudur ki, lumbosakral bölgede

diğerlerine göre daha koronal planda yer alırlar (35). Böylece lumbosakral bölgede sınırlı da olsa lateral fleksiyoona izin veren anatomik bir yapı mevcuttur (36).

Genelde fasetler kendi başlarına, ekstansiyon postüründe olmadıkça eksenel yüklere karşı az direnç gösterirler (37). Faset eklemleri gevşek kapsüllü ve sinoviyal tabakası olan apofizeal eklemlerdir. Faset eklemler, arka kolonda yük taşıma görevini üstlenmektedir.

Üst faset eklemi bir üstteki omurdan gelen yükü taşımakta, alt faset eklemi ise yükü bir alttaki omura iletmektedir.

2.3.3. Spinal ligamanlar

Omurgaya destek sağladığı bilinen ligamanlar şunlardır; interspinöz ligaman, ligamentum flavum, anterior ve posterior longitudinal ligaman ile kapsüler ligamanlar. Bu ligamanların kuvvetleri anatomik yapılarına ve yerleşim yerine göre değişiklik gösterebilir.

Lomber spinal ligamanlar, kendi içerisinde en dayanıklıdan en zayıf olana doğru; ALL>PLL>LF>KL>ISL olarak sıralanmaktadır.

Ligamanların omurganın çeşitli bölgelerinde kuvvete karşı gösterdikleri maksimum dirençler Şekil 2.7’de gösterilmektedir.

Lomber bölgedeki tüm ligamanların boyu, L2-L3 mesafesinde en uzun boydadır.

Anterior longitudinal ligaman, omurganın her segmental seviyesinde vertebra korpusunun kenarlarına yapışan, kısmen kuvvetli bir ligamandır. Ancak bu ligaman annulus fibrozusa çok sıkı yapışmamaktadır. RAE’nin önünde bulunması ile ekstansiyona karşı direnç sağlar. En üstte klivusa, en altta ise sakruma tutunmaktadır (38).

Özellikle servikal bölgede olmak üzere tüm omurga boyunca spinal stabilitenin korunmasında kapsüler ligamanlar, önemli rol oynarlar. Moment kolları kısa olmasına rağmen üzerlerine uygulanan yüke oranla kuvvetlidirler.

Posterior longitudinal ligaman nispeten kuvvetsiz olması ve mekanik olarak dezavantajlı bir konumda olması sebebi ile distraktif kuvvet uygulandığında geriye doğru kaymış olan kemik veya disk fragmanlarının kalıcı olarak öne itilmesini sağlayamaz.

İnterspinöz ligaman güçlü olmasa da, nispeten uzun bir moment kolu ile kemiğe tutunmaktadır. Bu da omurganın fleksiyoona karşı direnç gösteren önemli bir kuvvet

uygulanmasına olanak sağlar. L5-S1 seviyesinde interspinöz ligamanın bulunmayabileceği, keza L4-5 seviyesinde de noksan olabileceği bilinmelidir.

Ligamentum flavum daha kuvvetli bir ligamandır. Ancak kuvvet kolu daha kısa olduğundan dolayı fleksiyona karşı daha az direnç sağlar. Ligamentum flavum parça parça şeklinde C2'den S1'e kadar uzanır.

Supraspinöz ligaman omurganın diğer bölümlerine oranla lomber bölgede kalın olduğundan ve rotasyonun anlık eksenine mesafeleri uzun olduğundan fleksiyona ciddi bir direnç oluşturur.

2.3.4. İntervertebral disk

İntervertebral disk üzerine uygulanan kuvveti radyal olarak periferde eşit şekilde dağıtır. Ancak yüklenmenin asimetrik olması durumunda kuvvet asimetrik olarak dağılır.

Bu durum, nükleus pulposusun, yüksek basınçtan düşük basıncın olduğu tarafa doğru yer değiştirmesine neden olmaktadır. Aksine, disk içerisinden yüksek basıncın olduğu tarafta anulus fibrosus dışarı doğru taşmaktadır.

Normal bir disk dokusunun basma yüklemesine karşı davranışı sırasında nükleusta basma gerilmeleri oluşurken, anulus liflerinde çekme gerilmeleri oluşmaktadır. Diğer bir deyişle, normal disk dokusu üzerine gelen basma yüklemesini nükleus ile taşımaktadır.

Dejenerasyon durumunda ise, nükleus katı cisim gibi davrandığı için yük daha çok anulus ve faset eklemler tarafından taşınmaktadır.

İntervertebral diskin aksenal strese karşı direnç gösterme yetisi büyüktür, ancak yaş ilerledikçe bu yeteneği azalır. Bununla birlikte fleksiyon-ekstansiyon ve yana eğilme kuvvetlerinin eklenmesi intervertebral diskte belirgin deformiteye neden olur ve diskte taşma (bulging) ve herniasyona yol açar. Diskin kendisi ise bir uç plak (end-plate) ile çevrelenmiştir. Bu uç plak diskin vertebra korpusuna doğru herniasyonuna (Schmorl nodülü) karşı koyar.

Deneysel bazı çalışmalar intervertebral diskin bütünlüğünün bozulması için gereken aksiyel ve horizontal düzlemde yapılan yırtılma (shear) kuvvetinin 260 N/mm gibi yüksek bir kuvvet gerekliliğini saptamışlardır (39).

2.6. İnstabilite

Normal fizyolojik hareket esnasında omurgada deformite veya nörolojik semptomların oluşmaması stabilite olarak tanımlanır (40). Lomber spinal instabilite ise sıkça bahsedilen fakat radyolojik ve klinik tanı kriterlerinin iyi tanımlanamaması nedeniyle halen tartışmalı bir nöromekanik patolojidir.

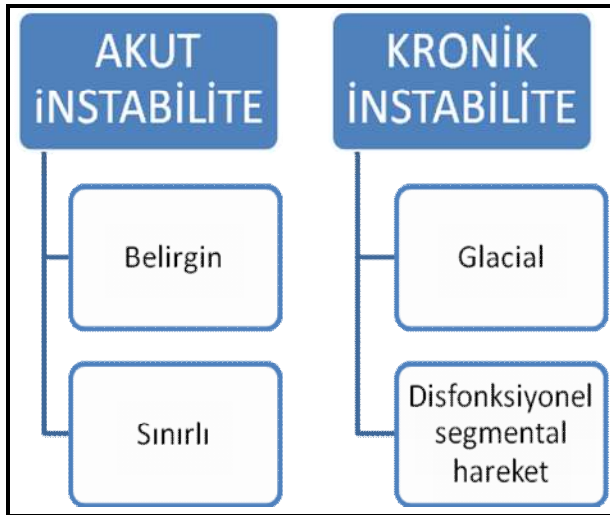
Panjabi segmental instabiliteyi “omurgada stabiliteyi sağlayan alt sistemlerde sorun olduğu zaman nötral bölgenin fizyolojik limitlerde tutulamayıp genişlemesi” olarak tarif etmiştir (41).

Frymoyer ve ark. “omurgada sertliğin azalması, daha esnek hale gelmesi sonucunda normalde tolere edilebilen yüklenme sonrasında ağrı ve deformite gelişmesi” durumunu instabilite olarak tanımlamıştır (42).

Segmental instabilite AAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons) tarafından “omurgaya herhangi bir yüklenme olduğu zaman normalin üstünde hareket ortaya çıkması” şeklinde tariflenmiştir.

Sonuç olarak instabilite, fizyolojik yüklenmeler karşısında omurganın, omurilikte ve sinir köklerinde harabiyet, irritasyon veya şiddetli ağrıya neden olacak şekilde gelişecek deformiteye karşı koyamayacak bir duruma gelmesidir (43).

Benzel’e göre instabilite 2 gruba ayrılır.



Şekil 2.3. İnstabilite.

A) Akut spinal instabilite

1. Belirgin instabilite: Omurganın normal aktivitelerini destekleyememesidir. Travma, ameliyat, tümör, dejeneratif hastalık ve enfeksiyon gibi değişik etyolojilere bağlı olabilir.
2. Sınırlı İnstabilite: Omurganın sadece ventral veya dorsal bütünlüğünün kaybolması halinde oluşan instabilitedir. Çevresel omurga bütünlüğü bozulmamıştır.

B) Kronik instabilite

1. Glacial (kaygan) instabilite: Omurganın aşıkır olmayan, kifotik, skolyotik veya translasyonel deformitelerin, ani gelişme veya ani ilerleme riski olmayan, deformitenin bir buzdağının hareketi gibi yavaş yavaş belirgin hale gelmesi durumudur. Omurga instabil değildir, ancak kaymanın miktarı zamanla ilerleyebilir. Bu hareket önlenemez, fakat rutin olarak uygulanacak kuvvetlerle de belirgin şekilde artırılmaz veya değiştirilemez.
2. Disfonksiyonel segmental hareket: Benzel tarafından tarif edilen ve üzerinde tartışılan diğer kronik instabilite durumudur. Bazı literatürlerde bu durum “mekanik instabilite” olarak tanımlanmıştır. Glacial instabilitede olduğu gibi belirgin bir deformite ile sonuçlanmaz ve omurganın segmentinin bütünlüğünde önemli bir bozulma yoktur (44). İntervertebral disk ve kemik yapıdaki dejeneratif süreçlerin sonucunda segmentte aşırı hareketin ortaya çıkmasıyla karakterize olan bir kronik instabilite durumudur ve “dejeneratif lomber instabilite” olarak tanımlanabilir.

Kronik lomber instabilite, lomber segmental instabilite, mekanik instabilite, disfonksiyonel segmental hareket, dejeneratif lomber instabilite ve primer instabilite gibi değişik isimler altında karşımıza çıkıyor olsa da biyomekanik, anatomik ve fizyopatolojik olarak temelde aynıdır.

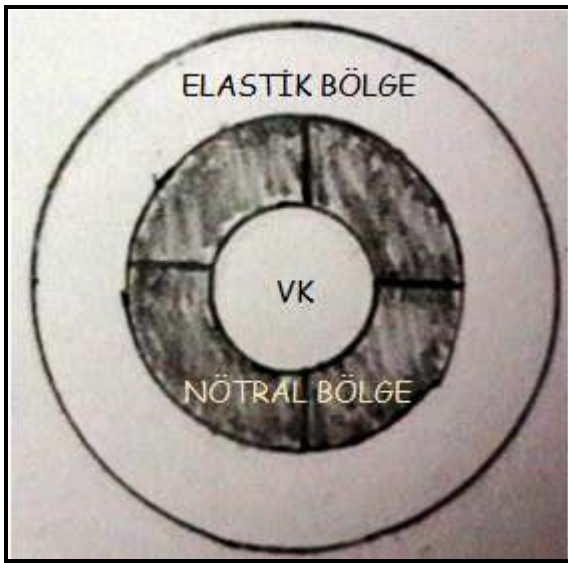
2.6.1. Lomber omurgada fizyolojik hareket

Omurga hareketi üç düzlemde belirli sınırlar içinde ve her segmentte değişik derece ve oranlarda gerçekleşir. Normal omurgada nötral pozisyondan fizyolojik

sınırlar içinde yapılan tüm intervertebral hareket “Range of Motion”(ROM) olarak tanımlanır (45).

Bu fizyolojik hareket aralığı (ROM) Panjabi tarafından 2 alt gruba ayrılmıştır.

- 1) Nötral bölge: Omurganın fizyolojik hareketlerinin başladığı ve minimal direnç ile karşılaştığı bölgedir. Sadece ligamanların direnci etkindir.
- 2) Elastik bölge: Nötral bölgedeki hareketin son noktasında başlayan ve fizyolojik son noktaya kadar olan hareket alanıdır. Bu bölgede hareket nötral bölgenin aksine yüksek dirence karşı yapılmaktadır.



Şekil 2.4. VK: Vertebral kolon.

Omurganın elastik bölge limitine kadar yaptığı hareket fizyolojik ROM olarak değerlendirilir.

Panjabi tarafından tanımlanan aktif, pasif ve nöral alt sistemlerin birlikte çalışmasıyla omurga stabilitesi korunur; bununla birlikte aktif alt sistemi oluşturan kaslar ve tendonlar nötral bölge içerisindeki stabiliteyi sağlarken pasif alt sistemi oluşturan kemik ve ligamanlar elastik bölge içerisindeki stabiliteden sorumludurlar. Sonuç olarak nötral bölge hareketinden sorumlu alt sistemde oluşabilecek patolojiler nötral bölge alanını genişleterek daha fazla harekete, bu da instabiliteye neden olmaktadır (46).

Bazı çalışmalar sonucunda, segmental instabilite tanısı için vertebralardaki tüm hareket aralığı (ROM) değil, sadece nötral bölgede genişlemenin belirlenmesinin daha önemli bir kriter olduğu bildirilmektedir (47,48).

Cholewicke ve McGill, lomber omurganın en çok nötral bölge kısmında instabiliteye hassas olduğunu ve özellikle kas gücü az olduğunda düşük yüklenme sonrasında bile instabilite olasılığını belirtmektedir (49).

Sağlıklı bir omurgada aksiyel yükün %80'ini intervertebral disk, %20'sini faset eklemler taşımaktadır. Yaşla birlikte disk dokusundaki su kaybı sonrası dejeneratif süreç işlemeye başlar. Yük dağılımı dengesi bozularak faset eklemlere daha çok yük biner ve faset eklemlerde hipertrofi gelişir. Omurga stabilitesinde rol oynayan ligamanların yapısı bozulur. Bazı ligamanlar hipertrofiye olurken bazıları görevlerini tam olarak yerine getiremez. Faset ve disk dejenerasyonu nedeniyle bu eklemlerdeki laksite instabiliteyi doğurur ve fizyolojik yükler altında anormal hareket izlenir. Sonuçta fonksiyonel spinal ünite stabil yapısını kaybeder ve hem fizyolojik, hem aşırı yüklenme sırasında aşırı hareket ile instabilite gelişir (50,51,52). Dejeneratif süreçler sonucu gelişen lomber instabilite sık görülen bir patoloji olup özellikle L4-L5 ve L5-S1 segmentlerinde görülür.

Dejeneratif süreçte gelişen instabiliteyi Kirkaldy-Willis ve Farfan 3 klinik ve biyomekanik aşamada incelemiştir (53):

1. **Disfonksiyon:** İlk aşama olan disfonksiyon geçici bir dönem olup disk, ligamentler ve faset eklemlerde minimal patolojik değişiklikler mevcuttur ve lomber omurga fonksiyonu normal değildir.
2. **İnstabilite:** İkinci dönem olan instabilite safhasında disk yüksekliği azalması, ligamentlerdeki gevşeme ve faset dejenerasyonu sonucunda stabilite kaybolur.
3. **Restabilizasyon:** Dejeneratif segmentte fibrotik ve osteofitik değişiklikler oluşur. Faset eklemler hipertrofiye olur. Bu değişiklikler, eklem sertliğinin artmasına neden olur. ROM (range of motion) ileri derece azalır.

Lomber spinal instabiliteye neden olan faktörler şunlardır;

- A. Dejeneratif hastalıklar
- B. İatrojenik (geçirilmiş spinal cerrahi)
- C. Tümörler, infeksiyonlar
- D. Travma
- E. Gelişimsel spinal hastalıklar (skolyoz vb.)
- F. Konjenital spinal hastalıklar

Dejenerasyon süresince omurganın normal fizyolojik ve anatomik özellikleri bozularak bazı deformiteler (kifoz, skolyoz) gelişebilmektedir. Hareket segmentinde instabilite primer yani disk ve faset eklemlerdeki dejeneratif süreç sonunda ortaya çıkabileceği gibi, cerrahi girişim sonrasında iatrojenik instabilite ortaya çıkabilir.

Cerrahi girişim sonrasında instabilite gelişen hastalar ilerleyen dönemde daha çok ön-arka planda olmak üzere deformite ve buna bağlı sorunlarla karşımıza çıkabilirler.

Lomber spinal instabilite tanısı çoğu araştırma sonucuna göre halen netlik kazanmamıştır. Klinik ve radyolojik açıdan instabilite üzerine birçok araştırma yapılmış ve en etkin tedavi modalitesini belirleyen etkin bir tedavi algoritmi ortaya konulamamıştır.

Klinik olarak bel ağrısı en sık görülen semptomdur. Leone ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ağrının aktivite ile provake olup, istirahatle geçmesi ve uzun süredir olup progresyon gösterdiğine yönelik bulgular mevcuttur (54). Maigne ve ark. yaptığı çalışmada ise oturur pozisyonda iken bel ağrısı olup erekt pozisyonda ağrıda azalma radyolojik instabilite ile uyumluluk gösterdiği görülmüş (55).

Dejeneratif süreç içerisinde gelişen anatomik değişiklikler sonucu kök basısı nedeniyle bacak ağrısı görülebilmektedir. Ayrıca ani hareketlerde şiddetlenen bel ağrısı, oturur pozisyondan erekt pozisyona geçerken kilitlenme, postür bozukluğu, ayakta hareket esnasında belde boşluk hissi gibi semptomlar izlenmektedir (56).

2.6.2. Radyolojik instabilite

Radyolojik açıdan instabilitenin değerlendirilmesinde düz grafilere, dinamik grafilere, BT (bilgisayarlı tomografi), MRG (magnetic rezonans görüntüleme) kullanılmaktadır. Düz ve dinamik grafilere saptanan anormal hareket radyolojik instabilite açısından şu ana kadar yapılan çalışmalara göre instabilite değerlendirilmesinde en değerli bulgu olarak saptanmıştır.

Düz ve Dinamik Grafilere: Spinal instabilite tanısı için gerekli olan radyolojik bulgular ilk olarak Knutsson tarafından tarif edilmiştir (57). Nötral düz grafilere disk mesafesinde daralma, vertebra end plate sklerozu, osteofit gelişimi, kemik spur yapıları ve vakum fenomeni karşımıza çıkan bulgulardır. Bunların tek başına değerleri yoktur. Fonksiyonel grafilere de ise, lomber segmental instabilite hastalarında 4 direkt bulgu verir:

- 1) Öne kayma
- 2) Arkaya kayma
- 3) Aşırı açılma (angulasyon)
- 4) Rotasyonel aksiyal kayma, çift kontur.

Bilgisayarlı Tomografi (BT): Disk dejenerasyonu, end plate sklerozu, vakum fenomeni ve faset eklem dejenerasyonu gibi dolaylı instabilite bulgularını direkt grafiden daha hassas bir şekilde gösterir.

Özellikle faset eklemlerden geçen kesitleri, hastanın lomber bölgede yaptığı hareketi sırasında görüntüleyerek, faset eklemlerde anormal hareket veya açılmanın gösterilmesi ile fonksiyonel BT şeklinde kullanılmıştır.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG): MR kullanarak disk dejenerasyonu, faset eklemlerde effüzyon, annüler yırtıklar ve Modic değişiklikler instabilite belirtisi olarak gösterilebilir (58).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada 2013-2014 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği'nde bel ağrısı şikayetiyle gelen ve dejeneratif disk hastalığı spondilolistezis tanısıyla operasyon planlanan 48 olgunun preoperatif çekilen dinamik ve nötral lateral lumbosakral direkt grafileri prospektif olarak incelenmiştir. Toplam 51 segment incelenmiştir.

Tüm olgulara preoperatif AP (anteroposterior) ve lateral lumbosakral radyografler çekilmiştir. Lateral lumbosakral grafler;

- 1) Erekt nötral (EN)
- 2) Erekt fleksiyon (EF)
- 3) Erekt ekstansiyon (EE)
- 4) Yatarak nötral (YN) pozisyonlarda çekildi.

Lumbosakral grafilerde kayma yüzdesi, kayma miktarı ve ortalama disk yükseklikleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar PACS (Görüntü Saklama ve İletişim Sistemleri) sistemi üzerinde yapıldı. Hastaların direk lumbosakral graflerindeki ölçümler hata payını en aza indirmek için iki kez yapılmış olup bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Çalışmamızda saptanan kayma yüzdesi değerleri Meyerding sınıflaması baz alınarak sınıflandırılmıştır. Dejeneratif segmentte saptanan listezis oranı %25'e kadar kayma grade 1, %25-50 kayma grade 2, %50-75 kayma grade 3, %75-100 arası kayma ise grade 4 spondilolistezis olarak %100'den fazla kaymalar grade 5 veya spondiloptoz olarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca; çalışmamızda olguların yaşları, cinsiyetleri, ek hastalık öyküsü, nörojenik kladikasyo, semptomların süresi, traksiyon spuru varlığı da değerlendirilmiştir.

Hastaların yaşları, cinsiyetleri, ek hastalıkları (ek hastalık var-ek hastalık yok), disk mesafelerindeki azalma, nörojenik kladikasyo, skolyoz olup olmaması semptomların süresi ile ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral grafilerde ölçülen kayma miktarı farkı ve kayma yüzde farkının ilişkisi araştırılmıştır.

Her hasta için EF ve EE pozisyonlarında kayma miktarı ve kayma yüzdesi hesaplanmıştır ve bu ölçümlerin farkı alınmıştır.

Toplamda incelenen tüm dejeneratif ve listetik segmentlerde EF ve EE pozisyonlarında saptanan kayma miktarı ve kayma yüzdesi farkı değerlerinin median değeri PASW statistics (Predictive software analytics) kullanılarak hesaplanmıştır.

Kayma miktarı farkı median değeri 3,4 mm, kayma yüzdesi farkı median değeri %8 olarak saptanmıştır.

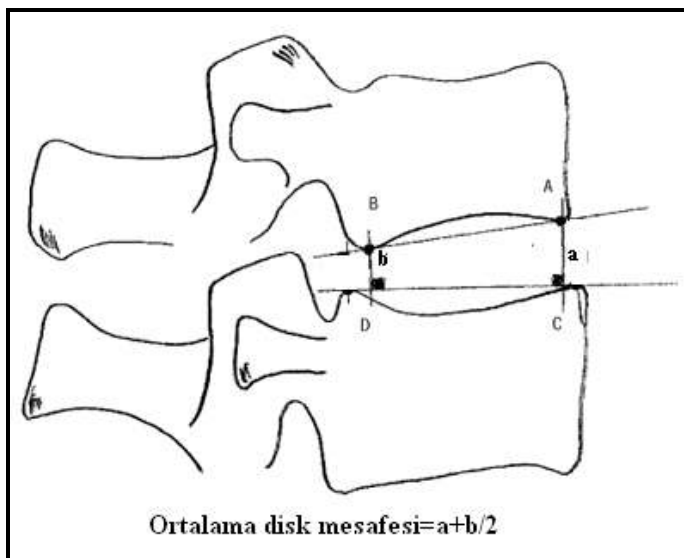
Hastalar bu değerlerin altında ve üzerinde kayma miktarı farkı ve kayma yüzdesi farkı olan hastalar olarak 2 gruba ayrılmıştır. Sonrasında bu iki ayrı gruptaki hastaların EN ve YN pozisyonlarda saptanan kayma miktarı ve kayma yüzdesi değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin farkı alınmıştır.

Bu iki gruptaki EN ve YN pozisyonlarda saptanan kayma miktarı ve kayma yüzdesi farkları karşılaştırılmıştır.

Ayrıca EN ve YN pozisyonlarda çekilen grafilerde hesaplanan kayma miktarı ve kayma yüzdeleri arasındaki ilişki saptanmıştır.

3.1. Ortalama Disk Mesafesi Ölçümü

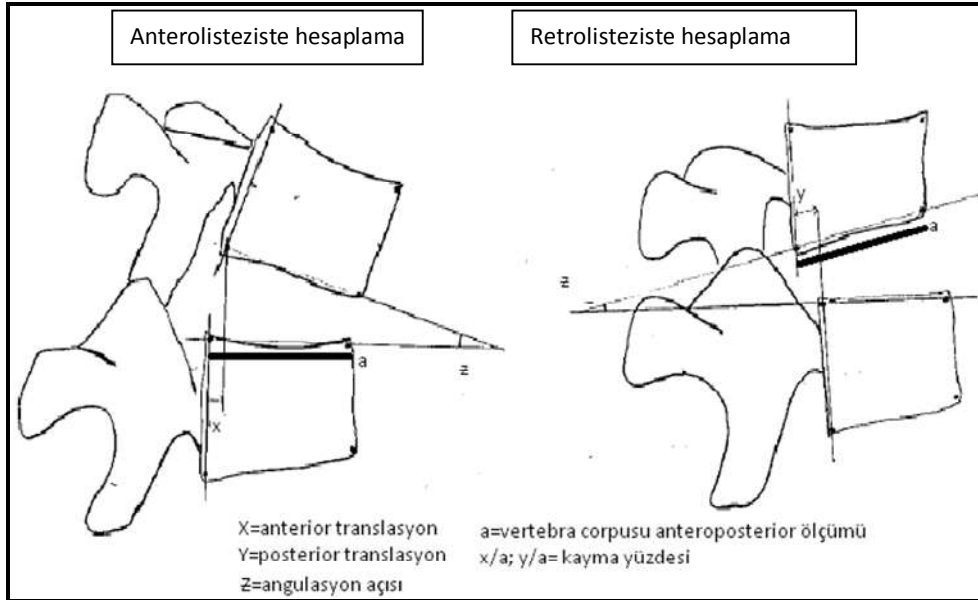
Hastaların disk mesafeleri dejeneratif segmentte alt ve üst end-platelerin ön ve arka uç noktalar arasındaki mesafeler ölçülüp Şekil 3.1’de gösterildiği biçimde aritmetik ortalaması alınarak ortalama disk yüksekliği hesaplandı. Normal disk mesafesi ortalaması Atıf Aydınoglu ve ark.’nın yaptığı çalışmada (59) verilen değerler göz önüne alınarak azalma yüzdeleri hesaplandı.



Şekil 3.1. Ortalama disk mesafesi ölçümü.

3.2. Kayma Yüzdesi ve Kayma Miktarı Hesaplanması

Dejeneratif segmentte bulunan alt ve üst vertebra arka yüzleri üzerinden vertebranın aksiyel düzlemine dik çizgiler çizildi. Üst vertebranın korpus alt ucu hizası ile bu vertebranın korpus arka yüzüne çizilen aksiyel plana dik çizginin kesiştiği noktadan alt vertebra üst yüzüne dik bir hat çizilerek bu hat ile alt vertebra posterior yüzü hizasında çizilen çizgi arasındaki mesafe ölçülerek kayma miktarı hesaplanmıştır. Daha sonra alt vertebra korpusunun üst yüzünün sagittal planda ön-arka mesafesi ölçüldü. Sonrasında kayma miktarının bu mesafeye oranı alınıp 100 ile çarpılarak (Meyering sınıflaması) kayma yüzdesi hesaplandı. Üstteki vertebranın alt son plağı ile alttaki vertebranın üst son plağından geçen doğruların kesiştiği yerdeki açı kayma açısı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kayma yüzdesi ve miktarı hesaplaması.

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

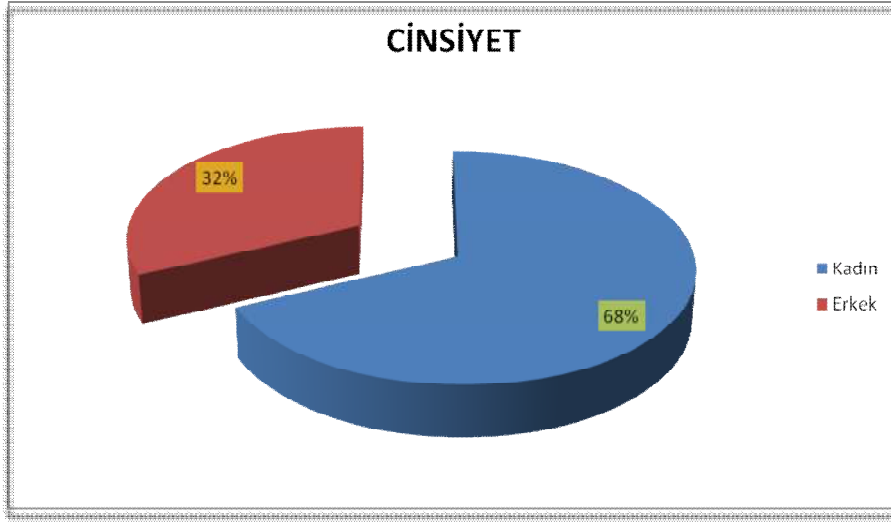
İstatistiksel analizler için PASW statistics (predictive software analytics) 18.0 programı kullanıldı. Veriler değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların (Ortalama, Standart sapma) yanı sıra niceliksel ve niteliksel verilerin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U, Spearman's rho, Wilcoxon Signed Ranks Test, Paired Samples Test kullanıldı. Sonuçlar %95'lik güven aralığında, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışmada tüm hastaların mekanik bel ağrısı mevcuttur. 2014-2015 yılları arasında spondilolistezisi olup, kronik dejeneratif zeminde lomber stenoz, faset eklem artropatisinin eşlik ettiği instabilite nedeniyle kliniğimize yatırılan 48 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Olguların ortalama yaşı $59,9 \pm 11,1$ 'dir.

Cinsiyet

Hastaların 33'ü (%68) kadın, 15'i (%32) erkektir.



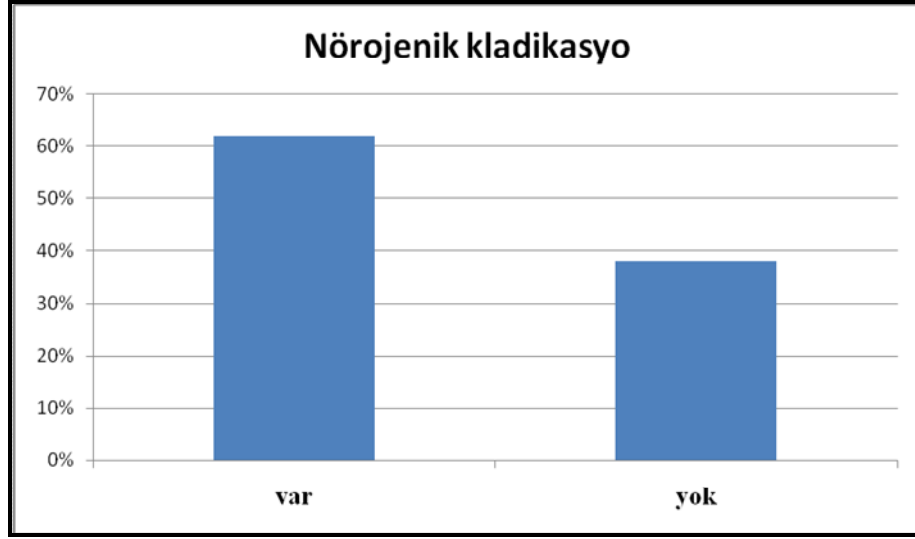
Grafik 4.1. Çalışmaya alınan olguların cinsiyet dağılımı.

Yakınma süresi

Hastaların semptom süresi 1 ay-30 yıl arasında olup; ortalama $4,6 \pm 3,7$ yıldır.

Nörojenik kladikasyo

Hastaların 30'unda (%62) nörojenik kladikasyo vardır, 18'inde (%38) yoktur.



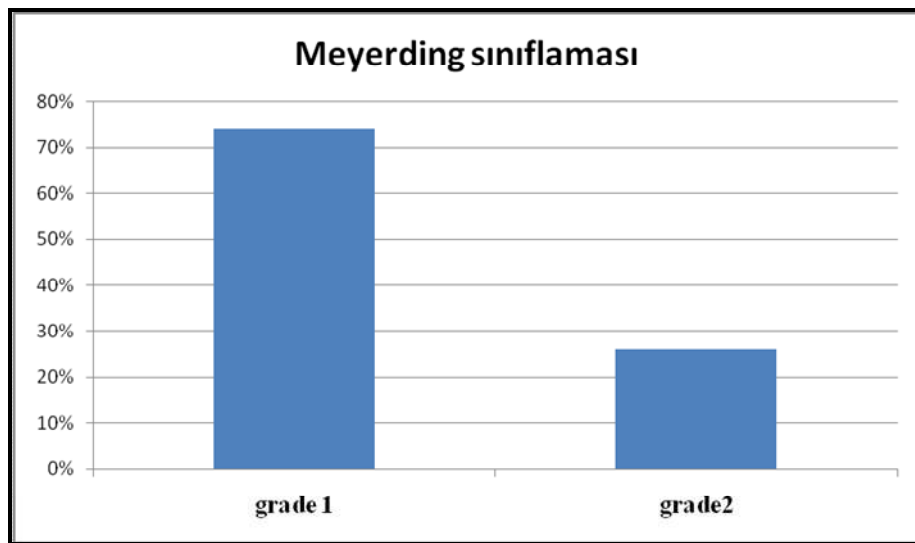
Grafik 4.2. Nörojenik kladikasyo.

Spondilolistezis seviyeleri

Hastaların 24'ünde L4 anterolistezis, 8'inde L5 anterolistezis, 5'inde L3 anterolistezis, 2'sinde L2 anterolistezis, 4'ünde L2 retrolistezis, 2'sinde L3 retrolistezis, 2 hastada L3 ve L4 anterolistezis, 1'inde ise L4 anterolistezis ve L3 retrolistezis saptanmıştır.

Meyering sınıflaması

38 seviyede grade 1, 13 seviyede ise grade 2 spondilolistezis mevcuttur.



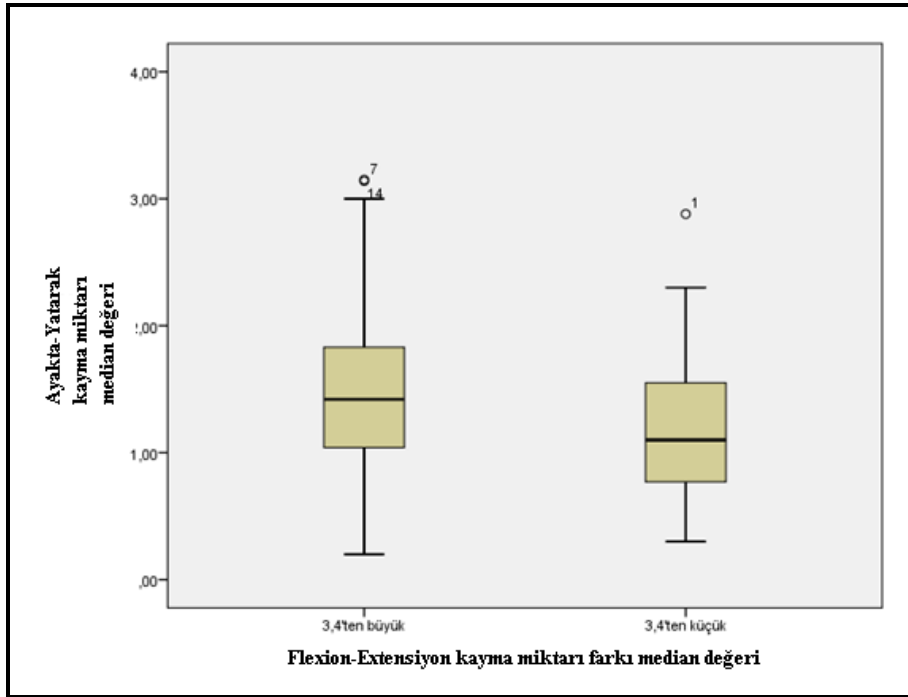
Grafik 4.3. Meyering sınıflaması.

Hastalara çekilen fleksiyon-ekstansiyon grafilerinde hesaplanan kayma miktarı farkı median değeri 3,4 mm olarak saptanmıştır. Hastalar bu değerin altında ve üzerinde kayma miktarı farkı olanlar olarak iki gruba ayrılmıştır.

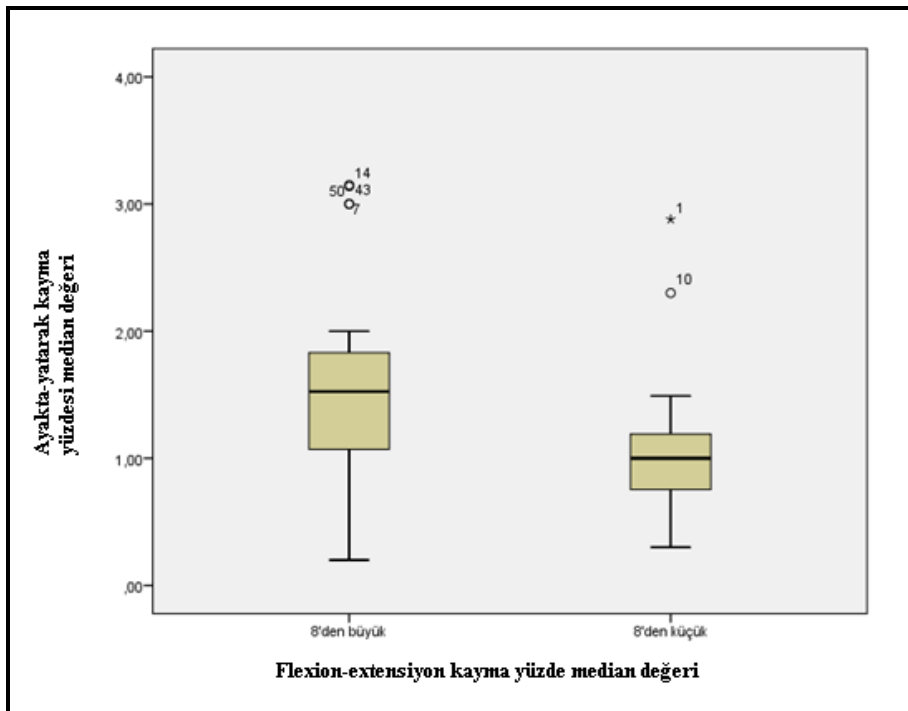
Erekt pozisyonda fleksiyon –ekstansiyon grafilerinde kayma miktarı farkı 3.4 mm'nin altında olan hastaların ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral lateral nötral grafilerinde hesaplanan kayma miktarı farkı ile fleksiyon-ekstansiyon grafilerinde kayma miktarı farkı 3,4 mm üzerinde olan hastaların ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral lateral nötral grafilerinde hesaplanan kayma miktarı farkı karşılaştırılmış olup, bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Mann-Whitney U) (Şekil 4.1, Tablo 4.1.)

Erekt pozisyonda fleksiyon-ekstansiyon grafilerinde saptanan kayma yüzdesi farkı median değeri 8 olarak saptanmıştır. Hastalar kayma yüzdesi farkı %8'in altında ve üzerinde olanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu iki gruptaki hastaların ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral lateral nötral grafilerinde hesaplanan kayma yüzde farkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p=0,030$) (Şekil 4.2, Tablo 4.2).

Sonuç olarak dinamik grafilerde saptanan kayma yüzdesi farkı arttıkça ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral lateral nötral grafilerdeki kayma yüzdesi farkı artmaktadır. Yani lomber omurga üzerine sadece aksiyal yüklenme ile disfonksiyal segmental hareket anlamlı ölçüde artmaktadır. Bunun klinik açıdan önemi cerrahi sırasında fiksasyon uygulama gereksinimini önemli ölçüde desteklemesidir.



Şekil 4.1. Fleksiyon – ekstensiyon kayma miktarı farkı median değeri.



Şekil 4.2. Fleksiyon – ekstensiyon kayma yüzde farkı median değeri.

Tablo 4.1. Fleksiyon – ekstansiyon kayma miktarı farkı miktarı (median).

	Fleksiyon-Ekstansiyon Kayma Miktarı (Median)		İstatistiksel Değer (Mann-Whitney-U)
	3,4 mm üzeri	3,4 mm altı	
Yatarak-Ayakta Kayma Miktarı (Median)	1,42	1,1	Z=-1,442 P=0,149*

*p<0,05 anlamlı

Tablo 4.2. Fleksiyon – ekstansiyon kayma yüzdesi (median).

	Fleksiyon-Ekstansiyon Kayma Yüzdesi (Median)		İstatistiksel Değer (Mann-Whitney-U)
	%8 üzeri	%8 altı	
Yatarak-Ayakta Kayma Miktarı (Median)	4	2	Z=-2.169 P=0,03*

*p<0,05 anlamlı

Hastaların yaşları ile ayakta-yatarak kayma miktarı farkı ve kayma yüzde farkının sırasıyla korelasyonu saptanmış olup; hastaların yaşları ile her iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon yoktur (p=0,218; p=0,103) (Spearman's rho).

Hastaların cinsiyetleri ile ayakta-yatarak kayma miktarı farkı ve kayma yüzde farkları arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (p=0,212; p=0,068) (Mann-Whitney U).

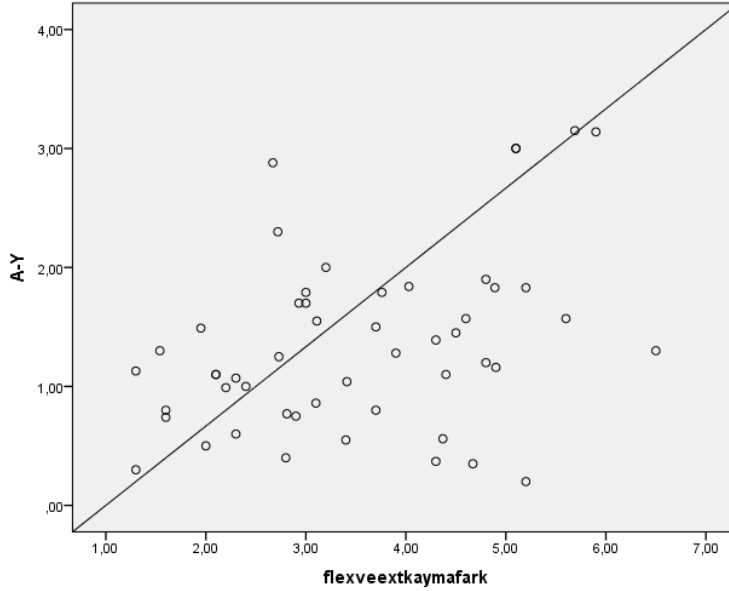
Ek hastalık olan ve olmayanların ayakta ve yatarak yüzde farkları ve kayma miktarı arasında istatistiksel olarak sırasıyla anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,061; p=0,086) (Mann-Whitney U).

Hastaların disk mesafelerindeki azalma ile ayakta-yatarak kayma miktarı farkı ve kayma yüzde farkı arasında sırasıyla anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır (p=0,728; p=0,922) (Spearman's rho).

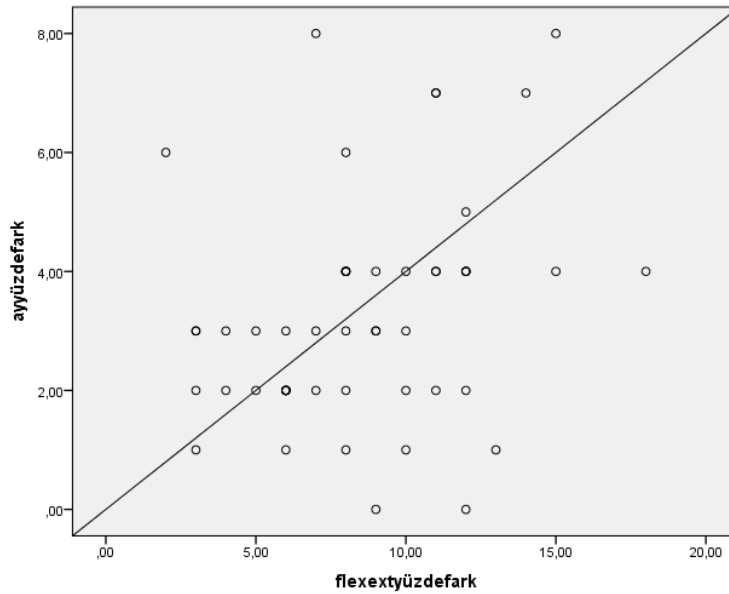
Nörojenik kladikasyo ve skolyoz olup olmamasıyla ve semptomların süresiyle ayakta-yatarak kayma miktarı farkı ve kayma yüzde farkı arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır.

Fleksiyon-ekstansiyon grafilinde kayma miktarı farkı ve kayma yüzdesi farkı arttıkça ayakta-yatarak çekilen grafilde kayma miktarı farkı ve kayma yüzdesi farkı artmaktadır; bu iki değerlendirme arasında sırasıyla rho=0,383, p=0,006; rho=0,322, p=0,021 anlamlı bir korelasyon mevcuttur (Spearman's rho) (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

Bu durumda fleksiyon-ekstensiyon grafilinde ölçülen değerler ile yatarak-ayakta çekilen lateral lumbosakral grafilinde ölçülen değerler karşılaştırıldığında disfonksiyonel hareketin bu iki grupta doğru orantılı olarak artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.3. Ayakta-yatarak çekilen grafilerde saptanan kayma miktarı farkı ile dinamik grafilerde saptanan kayma miktarı farkı korelasyonu.

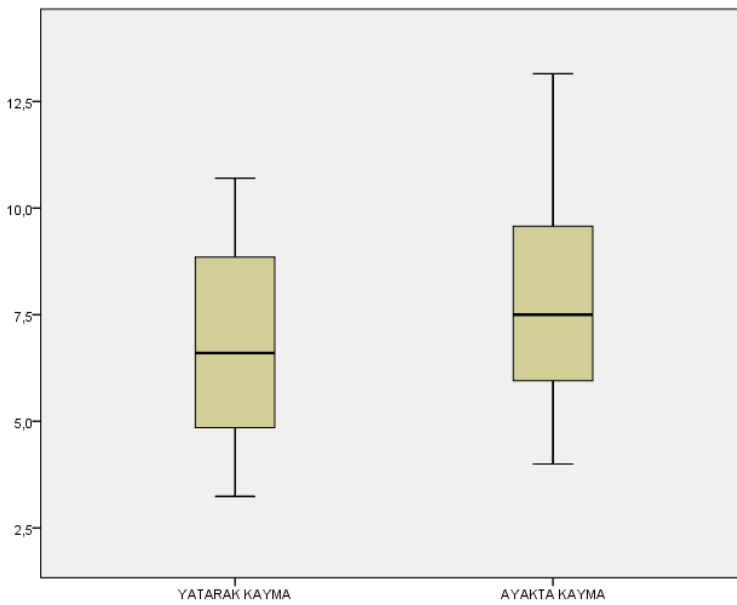


Şekil 4.4. Ayakta-yatarak çekilen grafilerde saptanan kayma yüzdesi farkı ile dinamik grafilerde saptanan kayma yüzdesi farkı korelasyonu.

Çalışmamızda yatarak direk lumbosakral grafilerde instabil segmentlerdeki kayma miktarları ile ayakta çekilen nötral lateral lumbosakral grafilerde kayma miktarları arasında önemli derecede anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0,001$) (Şekil 4.5, Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Ayakta ve yatarak grafilerin kayma miktarları ortalama değerleri.

	Ortalama / Standart sapma	İstatistiksel değer
Ayakta kayma miktarı-yüzdesi	7,8- 18,7 / 2,4-6,5	$p<0,001$
Yatarak kayma miktarı-yüzdesi	6,7- 16,0 / 2,2- 5,8	$p<0,001$



Şekil 4.5. Yatarak ve ayakta grafilerin kayma miktarları ortalama değerlerinin karşılaştırılması.

Çekilen fleksiyon-ekstansiyon grafileri arasında kayma miktarı ve kayma yüzdeleri arasında da anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0,001$).

Hastaların ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral grafilerinde instabil segmentteki açılanmaları değerlendirildiğinde anlamlı fark saptanmamıştır ($p<0,3$).

Ayakta ve yatarak çekilen grafilerde mevcut kayma miktarı ve kayma yüzdesi farklarıyla traksiyon spuru mevcudiyetinin anlamlı bir farklılık göstermediği saptanmıştır.

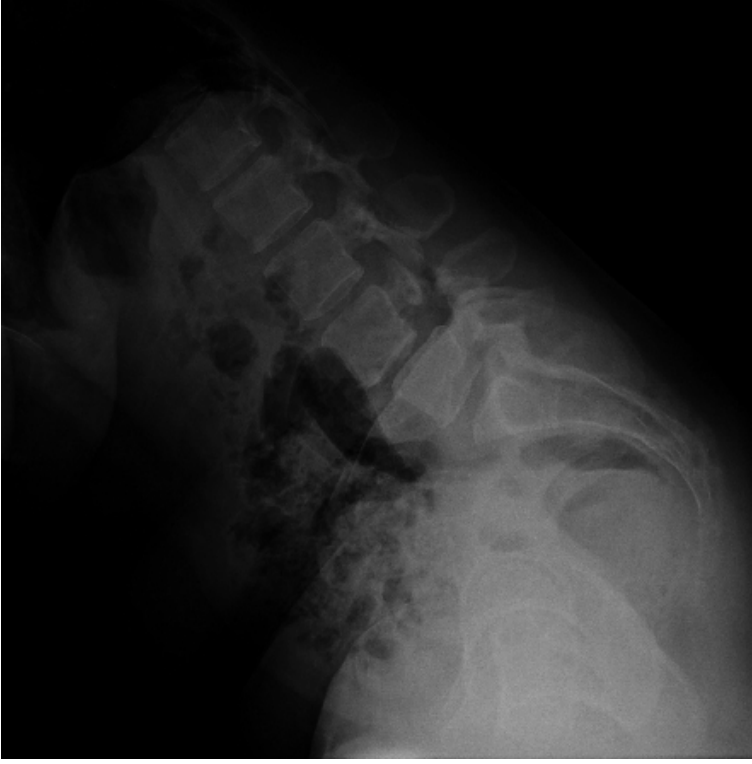
Çalışmamızda bir hastanın Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve Şekil 4.9’da çekilen grafileri görülmektedir. Kayma miktarı ve yüzdeleri sırasıyla şekil açıklamalarında belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Yatarak lateral nötr grafi (8,6 mm; %19).



Şekil 4.7. Ayakta lateral nötr grafi (10,1 mm; %23).



Şekil 4.8. Ayakta lateral fleksiyon grafisi (15,2 mm; %34).



Şekil 4.9. Ayakta lateral ekstensiyon grafisi (8,0 mm; %18).

5. TARTIŞMA

Mekanik bel ağrısına neden olan lomber spinal instabilite günümüzde halen üzerinde tartışılan bir konudur. Lomber vertebrada yaşla birlikte gelişen kronik dejeneratif süreçler sonucu omurga biyomekaniğinde ön plana çıkan intervertebral disk ve faset eklemlerin işlevselliğini yitirerek bu patolojilerin etkilediği mevcut segmentte fizyolojik kuvvetler altında anormal hareket saptanması lomber instabiliteyi veya başka bir deyişle disfonksiyonel segmental hareketi akla getirir.

Yapısal segmental instabilite bel ağrısı olan bireylerin tanımlanabilir bir alt grubu olarak kabul edilip spinal disfonksiyon nedeniyle anlamlı ölçüde morbidite nedeni olarak görülmektedir (60).

Lomber spinal dejeneratif süreç 3 aşamada gerçekleşmekte olup, ilk aşama disfonksiyon aşamasıdır. Bu aşamada patolojik süreçler minimal olup lomber omurga fonksiyonlarında bozulma gerçekleşir. Bu süreç ilerledikçe intervertebral diskte ve sonrasında faset eklemlerde belirgin patolojiler gerçekleşmekte ve ikinci aşama olan instabilite safhasında anormal segmental hareket saptanmaktadır. Sürecin sonunda ise omurganın hareketini kısıtlamak amacıyla osteofit oluşumu faset eklem hipertrofisi ve osteoligamentöz yapıda esneklik kaybıyla giden fibrosis oluşumu gerçekleşir ki bu aşama restabilizasyon aşaması olarak adlandırılır.

Lomber spinal yapılardaki progresif dejenerasyon omurganın fonksiyonel işlevselliğini azaltır. Bu değişiklikler sonucu hastaların omurga biyomekaniği bozulur ve bel ağrısı, bacak ağrısı ve nörolojik defisitler oluşabilmektedir. Sonuç olarak önceden de bahsedildiği gibi lomber spinal yapılardaki dejenerasyon hastaların psikososyal yönden etkilenmesine ve yaşam kalitelerinin düşmesine, iş gücü kaybına neden olmaktadır. Bu dejeneratif sürecin tetikleyicisi olarak birçok faktör öne sürülebilir.

Lomber omurga, stabilitesini ve doğal fizyolojik hareketlerini aktif, pasif ve nöral sistemlerin birlikte koordineli çalışması sayesinde sürdürebilir (61).

Aktif sistem kas ve tendonlardan, pasif sistem ise osteoligamentöz elemanlardan oluşur. Bu 3 sistemin herhangi birinde oluşacak patoloji sonucunda fonksiyonel spinal ünite anormal hareket oluşumu tetiklenerek instabilite meydana gelir.

Bu çalışmada, kronik dejeneratif disk hastalığı, spinal stenozu, faset artropatisi ve spondilolistezisi mevcut olup, instabilite nedeniyle kliniğe yatırılan hastaların preoperatif çekilen direk lumbosakral grafileri radyolojik instabilite açısından değerlendirilmiştir.

İnstabiliteyi klinik ve radyolojik açıdan incelediğimizde sensitivitesi ve spesifitesi yüksek ve gold standart diyebileceğimiz bir tanısal bulgu ve yöntem yoktur. Çoğu çalışmada bunu saptamak amaçlı çeşitli değişkenler araştırılmış olup, klinik açıdan 1950-2010 yılları arasında yapılan çalışmaların derlemesinde pasif lomber ekstensiyon testi lomber instabiliteyi saptamada sensitivitesi ve spesifitesi en yüksek klinik bulgu olarak tarif edilmiştir (62).

Bunun yanında lomber omurganın biyomekanik özelliklerini klinik rutin olarak değerlendirmek zordur ve omurga patolojileri genellikle radyolojik görüntüleme yöntemleri ile saptanmaktadır (63).

Lomber instabiliteyi saptamada kullanılan en yaygın radyolojik tetkik dinamik ve nötral lateral lumbosakral grafilerdir. Basit ucuz ve her yerde yapılabilen bir tetkik olduğu için en sık kullanılan tetkik olan fleksiyon ve ekstansiyon grafilerinin ayakta mı yoksa lateral dekubit pozisyonunda mı çekilmesi gerektiği tartışma konusudur. Ayakta çekilen film sırasında, hem şiddetli ağrı, hem de adale spazmı nedeniyle omurgadaki hareket vücut tarafından kısıtlanabilir ve instabilite saptanmayabilir (64,65).

Yatarak çekilen grafi sırasında ise omurgaya binen yük elimine edileceği için stabilitesi bozulan omurganın gerçek hareketi filme yansımaz (66,67,68,69).

Nötral veya fonksiyonel grafilerin ne kadar spesifik ve doğru bilgi verdiği tartışma konusudur. Hasta pozisyonu, cihaz kalitesi, çekim sırasında acı değişiklikleri, ağrı ve adale spazmının gerçek instabilite hareketini kısıtlaması gibi problemler unutulmamalıdır. Ölçümlerde 1-4 mm veya vertebra boyunun %3-15'i kadar sagittal kayma hataları saptandığı literatürde bildirilmektedir (70,71,72).

Değişik faktörlere bağlı olarak yanlış değerlendirmeler olabileceği için Breen ve ark. “quantitative fluoroscopy” tekniği kullanarak yapılan ölçümlerin klinik tablo ile daha uyumlu olduğunu ve hata oranının daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (73).

Bunun yanı sıra Dinamik MR, lomber segmentteki aşırı hareketi göstermekte yardımcı olmaktadır (74). Oturur pozisyonunda, prone ve ayakta fleksiyon-ekstansiyon ve yüklenme ile çekilen MRG ile instabilite hakkında bilgi alınabilmektedir.

Dejeneratif lomber listezis, cerrahi planlanması için önemli bir endikasyondur ve özellikle sagittal direk grafilere saptanır. Segmental instabilite değerlendirilmesinde uygun yaklaşım konusunda kesin bir fikir birliği halen bulunmamakla birlikte, sagittal planda ayakta fleksiyon - ekstansiyon görüntüleri en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (75,76).

Çalışmamızda hastaların ayakta ve yatarak çekilen lateral direk lumbosakral grafilinde kayma miktarı ve yüzdesi arasında anlamlı ölçüde fark saptanmıştır. Genel kabul gören ve yaygın bir şekilde uygulanan fleksiyon-ekstansiyon grafilinde hesaplanan kayma miktarı ve yüzdesi ile yatarak-ayakta nötral pozisyonda çekilen lumbosakral grafilinde hesaplanan kayma miktarı ve yüzdesi arasında pozitif korelasyon dikkati çekmektedir.

Hastaların yatarak supin pozisyondan ayakta nötral pozisyona geçtiklerinde aksiyel yüklenme sonucu anlamlı ölçüde kayma saptanması ve bunun fleksiyon-ekstansiyon grafileri arasındaki kayma miktarı ve yüzde farkıyla korelasyon göstermesi instabil segmentte sadece aksiyel yüklenmenin dahi anormal harekete neden olduğunu göstermektedir.

Tüm hastaların nötral düz grafilinde kayma miktarı 3 mm'nin üzerinde saptanmış olup, fleksiyon ekstansiyon grafilinde gözlenen kayma miktarı ve kayma yüzdesi farkları median değerleri sırasıyla 3,4 mm; %8 alınarak; hastalar bu değerlerin üzerinde ve altında kayma miktarı ve kayma yüzdesi farkı olanlar olarak 2 gruba ayrıldı. Median değerlerin altındaki ve üzerindeki hastaların yatarak-ayakta çekilen grafilinde kayma miktarı ve kayma yüzdesi farkları hesaplandı ve 2 grup arasında yatarak-ayakta kayma miktarları arasında anlamlı fark gözlenmezken, kayma yüzdeleri arasında anlamlı fark saptanmıştır. Bu iki anlamlılık testi arasındaki fark kayma yüzdeleri hesaplanırken etkilenen segmentin kaudalde bulunan vertebra üst end-plate sagittal plandaki uzunluklarının etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu iki grupta ayakta-yatarak kayma yüzde farkının anlamlı saptanmasını omurga dejenerasyonunun restabilizasyon evresi başlangıç değişikliklerinin olup olmaması ile ilişkilendirebiliriz. Dinamik grafilere kayma yüzde farkı daha fazla olan grupta yatarak-ayakta kayma yüzdesinin fazla olması aksiyel yüklenmenin dinamik grafilere kayma yüzde farkı %8'in üzerinde olan hastalarda instabiliteyi görece daha çok indüklediğini söyleyebiliriz.

Knuttson (77), Boden ve Wiesel çalışmalarında (78) ayakta çekilen dinamik lumbosakral grafilere bizim çalışmamızla benzer olarak instabil segmentte kayma hareketinin artacağını ileri sürmüşlerdir. Fakat bunun yanında birçok çalışmada normal popülasyonda geniş varyasyon göstereceği ve ayakta dinamik grafilere uygulanırken hastaların ağrı dolayısıyla hareketlerinin kısıtlanacağı ifade edilmiştir (79-83).

Wood ve ark.'nın yaptıkları çalışmada ise dekübit ve ayakta alınan fleksiyon-ekstansiyon grafileri arasındaki fark incelenmiş olup, kayma hareketinin dekübit pozisyonunda çekilen fleksiyon-ekstansiyon grafilere daha yüksek ölçülerde saptanabileceği gösterilmiştir (84).

Freiberg'in yaptığı çalışma konvansiyonel fleksiyon-ekstansiyon grafilere saptanamayan hareketi instabil segmente uygulanacak traksiyon-kompresyon kuvvetleriyle saptanabileceğini göstermiştir (85), fakat bu tekniğin değeri tartışmalıdır (86).

Luke ve ark. çalışmasında ayakta-yatarak ve supin-prone traksiyon grafilere çekilerek değerlendirilen kayma hareketinin, instabil segmentte prone pozisyonunda traksiyondayken negatif yönde anlamlı derecede redükte olduğunu saptamışlar ve vertikal instabilite kavramını öne sürmüşlerdir (87).

Bazı çalışmalarda ise ayakta çekilen grafilere lateral dekübit pozisyonunda çekilen grafilere oranla kayma miktarının azalacağı, bunun da ayakta artan kas tonusuna bağlı olduğu vurgulanmıştır (88,89). Bu sonuç bizim çalışmamızla uyusmamaktadır.

Lowe'nin spondilolistezisli hastalarda yaptığı çalışmada ise, ayakta lateral nötr pozisyonunda çekilen grafilere sagittal kayma miktarı ve kayma yüzdesinin, yatarak lateral nötr çekilen grafilere oranla anlamlı derecede arttığını göstermiştir (90). Bu bulgu çalışmamızla benzer sonuçlar göstermektedir.

Bu çalışmada instabil segmentin angular hareketinde ayakta ve yatarak çekilen grafilere anlamlı bir farkın olmadığını saptadık. Angular hareket farkının kayma miktarından daha az güvenilir ve anlamlı olmadığına dair yapılan başka çalışmalarla benzer bulgular saptanmıştır (91,92).

Çalışmamızda traksiyon spuru ve disk mesafesinde azalma olan hastalarla olmayan hastalardaki ayakta-yatarak kayma miktarı ve yüzdesi arasında anlamlı bir

farklılık saptayamadık. Fakat bazı çalışmalar bu faktörlerin instabilite öngörüsünde anlamlı faktörler olduğunu saptamıştır (93).

Claus ve ark. Çalışmasında ayakta ekstansiyon graflerinin nötral lateral nötr pozisyonda çekilen lomber grafler ile arasında lordotik açı ve kayma yüzdesi farkının anlamlı olmadığını ve ekstansiyon graflerinin rutin klinik uygulamadan çıkarılması gerekliliğini göstermişlerdir (94).

Bu çalışma ise dinamik graflerde görülen kayma miktarı ve kayma yüzdesinin sadece yüklenmeyle ortaya çıkan hareketin, yani yatarak lateral ve ayakta nötr lateral çekilen graflerdeki kayma miktar ve yüzde farkının korelasyonunu göstermekte ve fleksiyon-ekstansiyon graflerinin rutin klinik uygulamalardaki gerekliliği konusunda şüphe uyandırmaktadır.

Yaş ile segmental hareket etkilenmesine yönelik değerlendirmede hem fleksiyon-ekstansiyon, hem de ayakta-yatarak graflerdeki kayma miktarı fark ve yüzdeleri arasında bir korelasyon bulunmamıştır. Bu bulgular bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir (95).

Çalışmamızda Wood'un (84) çalışmasının aksine ayakta nötral pozisyonda lateral direk lumbosakral grafiye kayma miktar ve yüzdesi yatarak lateral çekilen grafiye kıyasla artmış olarak saptanmıştır. Wood çalışmasında ayakta nötr lateral çekilen grafiye kayma miktarının yatarak lateral çekilen lumbosakral grafiye az olmasının nedenini ayaktayken daha etkin olan kas tonusuna bağlamıştır.

İnstabilitenin değerlendirilmesinde radyolojik görüntüleme yöntemleri önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Yaygın olarak kullanılan dinamik grafler halen instabilite tanısında önemli rol oynamakla birlikte, yapılan çalışmalarda popülasyonda lomber hareket kapsamının geniş varyasyonlar göstermesi ve grafler çekilirken hastanın ağrı duymasına sekonder hareketin kısıtlanması dinamik graflerin instabilite tanısındaki güvenilirliğini sorgulamaktadır. Bizim çalışmamızda hastanın sadece ayağa kalkmasıyla oluşan aksiyel yüklenmenin dahi instabiliteyi anlamlı ölçüde arttırdığı görülmüş olup, bu değerler dinamik graflerde saptanan değerler ile korelasyon göstermiştir.

Sonuç olarak; kas tonusunun yani aktif sistemin etkin durumda olduğu ayakta pozisyonda instabil segmentin kayma yüzdesinin az olmasını beklerken çalışmamızda tüm hastalarda yatarak pozisyonda bulunan kayma yüzdesinden anlamlı ölçüde fazla oluşu aktif sistemdeki yetersizliği düşündürmektedir.

Cerrahi stabilizasyon kararı verilirken şüphede kalınan hastalarda ayakta ve yatarak çekilen lumbosakral grafiplerdeki kayma yüzdesi ayakta çekilen grafiplerde fazla ise bu hastalar dinamik grafiye veya intraop değerlendirmeye gerek kalmaksızın instabil olarak değerlendirilebilir. Bunun nedeni ayakta kayma yüzdesi miktarı arttıkça aktif sistem içindeki elemanların (kas, ligaman, tendon) yetersizliği olarak düşünülmelidir.

Bunun net olarak saptanması için bu grafipler esnasında kas tonusunu değerlendirmek amaçlı EMG yapılması instabiliteyi saptamak ve tedavi planını düzenlemek için yararlı olabilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada lomber dejeneratif spondilolistezisli 48 hastanın dinamik ve yatarak-ayakta lumbosakral grafileri radyolojik instabilite açısından prospektif olarak değerlendirilmiştir.

Toplam 51 instabil segment değerlendirilmiştir. Üç hastada 2 seviye listezis gözlenmiştir.

- Hastaların yaş ortalaması 59,9; kadın erkek oranı 2,2/1 olarak saptanmıştır.
- Hastaların tümünde bel ağrısı olup %62'sinde nörojenik kladikasyon mevcuttur. Semptomatoloji süresi ortalama 3,7 yıldır.
- En sık instabilite L4-5 segmentinde izlenmiş olup hastaların %50'sinde saptanmıştır.
- 18 hastada ek hastalık olarak hipertansiyon, diabetes mellitus tip 2, romatoid artrit hastalıklarından en az biri bulunmaktadır.
- Hastaların direkt radyografileri instabilite bulguları önünden incelenmiş; 31 hastada traksiyon spuru, 16 hastada lomber skolyotik değişiklikler, 11 hastada disk mesafesinde %50 den fazla azalma gözlenmiştir. Fakat hiçbir hastada vakum fenomeni gözlenmemiştir.

Çalışmamızda saptanan sonuçlar;

1. Hastaların ayakta-yatarak lumbosakral grafilerinde kayma miktarı ve kayma yüzdesi farkları ile hastaların yaşı, cinsiyeti, ek hastalığı ve traksiyon spuru, skolyotik değişiklikler, disk mesafesindeki azalması arasında bir ilişki saptanmadı.
2. Hastaların ayakta-yatarak kayma yüzdesi, kayma miktarı ve angulasyon farkları ile fleksiyon-ekstansiyon kayma yüzdesi, kayma miktarı ve angulasyon farkları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu iki grup arasında kayma yüzdesi ve kayma miktarı açısından anlamlı pozitif korelasyon saptanmıştır.
3. Ayrıca, ayakta ve yatarak çekilen grafiler kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Ayakta çekilen grafilerdeki kayma yüzde ve miktarı ile

yatarak çekilen grafilerde saptanan kayma yüzde ve miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır. Aynı şekilde dinamik grafilere kendi içerisinde değerlendirilmiş olup, istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edilmiştir.

4. İnstabilitenin değerlendirilmesinde radyolojik görüntüleme yöntemleri önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Yaygın olarak kullanılan dinamik grafilere halen instabilite tanısında önemli rol oynamakla birlikte, yapılan çalışmalarda popülasyonda lomber hareket kapsamının geniş varyasyonlar göstermesi ve grafilere çekilirken hastanın ağrı duymasına sekonder hareketin kısıtlanması dinamik grafilere instabilite tanısındaki güvenilirliğini sorgulamaktadır. Bu çalışmada hastanın sadece ayağa kalkmasıyla oluşan aksiyel yüklenmenin dahi instabiliteyi anlamlı ölçüde arttırdığı görülmüş olup, bu değerler dinamik grafilere saptanan değerler ile korelasyon göstermiştir.

7. ÖZET

Yatarak ve Ayakta Çekilen Nötral Lumbosakral ve Dinamik Lumbosakral Graflerin Radyolojik İnstabilite Açısından Değerlendirilmesi

Giriş: Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı kliniğine 2014 yılında başvuran bel ağrısı olan 48 spondilolistezis ve dejeneratif disk hastalığı saptanan hastaların preoperatif çekilen lomber radyografileri değerlendirilmiştir.

Amaç: Bu çalışmamızın amacı lomber segmental instabilitenin ayakta ve yatarak nötral pozisyonda çekilen lumbosakral graflerin sagittal planda kayma miktarının ve kayma yüzdesinin, fleksiyon ve ekstensiyon postürlerinde çekilen radyografik incelemelerle karşılaştırılması ve ayakta nötr pozisyonda lateral radyografilerin (fizyolojik aksiyel yüklenmeyle lomber bölgeye etkileyen kuvvetin) instabilite için tanı koydurucu özelliği araştırılacaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada 51 lomber dejeneratif segmentin ayakta, yatarak, fleksiyon, ekstansiyon graflerinin sagittal planda kayma yüzdesi, kayma miktarı ve ortalama disk mesafeleri hesaplandı. Ölçümler tek hekim tarafından 2 kez yapılarak saptanan değerlerin ortalamaları alındı. İstatistiksel analiz PASW statistics programı kullanılarak yapıldı.

Sonuç: Ayakta ve yatarak çekilen lateral nötral graflerde izlenen kayma yüzdeleri arasındaki fark ile fleksiyon ve ekstansiyon graflerinde izlenen kayma yüzdeleri arasındaki fark arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon izlenmiştir. Bu da hastaların sadece ayağa kalkmasıyla lomber vertebraya uygulanan aksiyel yükün instabil segmentte belirgin bir harekete neden olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Lumbosakral grafi, radyolojik instabilite, dejeneratif disk hastalığı.

8. ABSTRACT

Evaluation of Standing and Supine Neutral and Dynamic Lumbosacral Graphies for Radiological Instability

Introduction: In this study, pre-operative lumbar radiographies of 48 patients with the complaint of low back pain are evaluated at whom spondilolistezis and degenerative disc disease is determined after the consultancies at Neurosurgery Clinic of Akdeniz University, Medical Faculty.

Objective: The aim of this study is to compare the amount and percentage of sliding at sagittal plane in lumbosacral graphs taken at the neutral positions of standing and supine postures with observations of radiographies taken at flexion and extension postures.

Additionally, it is aimed to investigate the diagnostic property of lateral radiographies taken at standing in neutral position (for the exerted forces as a result of physical axial loading at lumbar section) for the instability.

Materials and Methods: In this study, the computations of sliding percentage, sliding amount at sagittal plane and average disc intervals at 51 graphs of lumbar degenerative segments - taken at flexion, extension, standing and resting states- are performed. Throughout the computations, average values of measurements are determined by a single doctor executed twice. Moreover, statistical analysis is conducted by the utilisation of PASW Statistics Software.

Results: It is observed that there is a statistically remarkable correlation between "differences in deflection percentage at lateral and neutral graphs taken at standing, supine postures" and "differences in sliding percentage at flexion and extension graphs".

Therefore it is pointed out that only the standing of the patients results in significant movement at instable segment due to axial loading of lumbar vertebrae.

Key words: Radiological instability, sliding percentage, lumbar vertebrae.

9. KAYNAKLAR

- 1) Aspden RMA, Porter RW. Lumbar spine disorders. World nScientific Publisching Co. Pte Ltd 1995; 145-54.
- 2) Mc Gory RW, Webster BS, Hsiong S. The Relation between pain intensity, disability and the episodic nature of chronic and recurrent low back pain. Spine 2000; 5: 834-41.
- 3) Fritz JM, George S. The use of classification approach to identity subgroups of patient with acute low back pain. Spine 2000; 25: 106-14.
- 4) Süzer T. Lomber Segmental İnstabilite ve Deformite. Turk Noroşirürji Dergisi 2013; 23(2): 19-27.
- 5) Naderi S. Omurga biyomekaniği – klinik kavramlar: Zileli M, Özer F (editörler), Omurilik ve Omurga Cerrahisi, İzmir Meta ikinci baskı 2002; Cilt 1: 125-37.
- 6) Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar intervertebral instability: A review. Radiology 2007; 245(1): 62-77.
- 7) Haher TR, O'Brien M. Instantaneous axis of rotation as a function of the three columns of the spine. Spine (Phila Pa 1976) 1992; 17(6 Suppl): 149-54.
- 8) Teyhen DS. Midlumbar Lateral Flexion Stability Measured in Healthy Volunteers by In Vivo Fluoroscopy. Spine 2009; 3(22): 811-7.
- 9) Friberg O. Lumbar instability: a dynamic approach by traction-compression radiography. Spine (Phila Pa 1976). 1987; 12(2): 119-29.
- 10) Wilting J, Muller TS, Ebersperger C. Development of the vertebral column: morphogenesis and genes. In: Vogel R, Fanghaenel J, Giebel J, eds. Aspects of terminology. Marburg, Germany: Tectum Verlag 1996.
- 11) Zileli M, Özer F. Omurilik ve Omurga Cerrahisi, cilt 1, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir 2002; 739-46.
- 12) Moore K, Persaud TVN. The developing human: clinially oriented embryology, 6th ed. Philadelphia: WB Saunders Company 1998.
- 13) Finneson B. The lower back in the diagnosis of Rheumatic Diseases In Katz Warren A. Rheumatic Diseases, Diagnosis and Management; JB Lippincott Co 1977; 114-35.
- 14) Dere F. Klinik Anatomi, Adana, 1992; 276-320.

- 15) Tunçbay E. Nöroşirürji. Ege Üniv Tıp Fak Yayınları, Bornova-İzmir 1977.
- 16) Lindrlom K. Diagnostic puncture of intervertebral discs in sciatica Acta Orthop Scand 1948; 17: 231-9.
- 17) Davies DV, Coupland RE, Gray's Anatomy, Descriptive and appiied, 34111 edition, Longmans, Green and Co Ltd 1967; 497498.
- 18) Zileli M, Özer F. Omurilik ve omurga cerrahisi, Saray Medikal Yayıncılık İzmir 1997; 1: 33-35, 54-61, 431-433, 2:713-722.
- 19) Zileli M, Özer F. Omurilik ve omurga cerrahisi. Saray Medikal Yayıncılık İzmir 1997; 1:33-35, 54-61, 431-433, 2:713-722.
- 20) Odar Veli. Anatomi ders kitabı. Sistem Ofset Ankara 1986; 1: 67-70.
- 21) Williams PL. The anatomical basis of medicine and surgery, in Gray's anatomy, 38111 edition, Churchill Livingstone. London 1995; 512-4.
- 22) Groot de J, Chusid G. Correlative Neuroanatomy -Prentice Hail international Inc 1988; 5. Ed.
- 23) Oğuz H. Bel Ağrıları "Tıbbi Rehabilitasyon" (Ed. Oğuz H, Dursun E, Dursun N. 2. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi 2004; 1131-71.
- 24) Karataş M. Lomber Omurganın Fiziksel Özellikleri ve Fonksiyonel Biyomekaniği. "Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon" (Ed. Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y.'da, Ankara 2000; Cilt 1: 459-80.
- 25) Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Stoeckart R. The posterior layer of the thoracolumbar fascia. Spine 1995; 20: 753-8.
- 26) Işık İ. Lomber spinal stenozda tanı, cerrahi tedavi ve sonuçları. Sağlık Bakanlığı Ankara Hastanesi Nöroşirürji Kliniği. Uzmanlık Tezi, Ankara 1996.
- 27) Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar intervertebral instability: A review. Radiology 2007; 245(1): 62-77.
- 28) Smit TH, van Tunen MS, van der Veen AJ, Kingma I, van Dieen JH. Quantifying intervertebral disc mechanics: A new definition of the neutral zone. BMC Musculoskelet Disord 2011; 12: 38.
- 29) Naderi S, Yücesoy K, Özgen S. Omurga stabilizasyonunun biyomekaniği: Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Vakfı, İstanbul 1998.

- 30) Yoganandan N, Ray G, Pintar FA, Myklebust JB, Sances A Jr. Stiffness and strain energy criteria to evaluate the threshold of injury to an intervertebral joint. *J Biomech* 1989; 22(2): 135-42.
- 31) Panjabi MM, Goel V, Oxland T, Takata K, Duranceau J, Krag M, Price M. Human lumbar vertebrae: Quantitative three-dimensional anatomy. *Spine (Phila Pa 1976)* 1992; 17(3): 299-306.
- 32) Macintosh JE, Nikolai B. The morphology of the lumbar erector spinae. *Spine* 1987; 12; 658-68.
- 33) Kahanovitz N. Diagnosis and Treatment Low Back Pain 5-23.
- 34) Lu WW, Luk KD, Holmes AD, Cheung KM, Leong JC. Pure shear properties of lumbar spinal joints and the effect of tissue sectioning on load sharing. *Spine* 2005; 30: 204-9.
- 35) Caillet R. Low back pain syndrome. Davis company. Philadelphia 1-52.
- 36) Erdine s. Ađr1. Lumbar vertebral kolonun fonksiyonel anatomisi 2000; 328-38.
- 37) Lin HS, Liu YK, Adams KH. Mechanical response of the lumbar intervertebral joint under physiologic (complex) loading. *J Bone Joint Surgery* 1978; 60A; 41-55.
- 38) Panjabi MM, Jorneus L, Greenstein G. Lumbar spine ligaments: An in vitro biomechanical study. Tenth Meeting of the International Society for the study of the Lumbar Spine, Montreal 1984; 1-3.
- 39) Wolfe HJ, Putschar GJ, Vickery AL. Role of the notochord in human intervertebral disc: I. Fetus and infant. *Clin Orthop* 1965; 39: 205-12.
- 40) Sato H, Kikuchi S. The natural history of radiographic instability of the lumbar spine. *Spine* 1993; 18: 2075-9.
- 41) Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13: 371-9.
- 42) Frymoyer JW, Akeson W, Brandt K. Clinical perspectives. In: Frymoyer JW, Gordon SL (eds), *New perspectives on low back pain*. Rosemont III: American Academy of Orthopaedic Surgeons 1989; 217-48.
- 43) Naderi S. Omurga biyomekaniği – klinik kavramlar: Zileli M, Özer F (editörler), *Omurluk ve Omurga Cerrahisi*. İzmir Meta 2002; 2. baskı, cilt 1: 125-37.

- 44) Benzel EC. Biomechanics of spine stabilization. Benzel EC (ed), New York: Thieme 2001; 29-45.
- 45) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord* 1992; 5: 390–6.
- 46) Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13: 371-9.
- 47) Fritz JM, Erhard RE, Hagen BF. Segmental instability of the lumbar spine. *Phys Ther* 1998; 78(8): 889-96.
- 48) Smit TH, van Tunen MS, van der Veen AJ, Kingma I, van Dieen JH. Quantifying intervertebral disc mechanics: A new definition of the neutral zone. *BMC Musculoskelet Disord* 2011; 12: 38.
- 49) Cholewicki J, McGill S. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. *Clinical Biomechanics* 1996; 11(1): 1-15.
- 50) Axelsson P, Karlsson BS. Intervertebral mobility in the progressive degenerative process: A radiostereometric analysis. *Eur Spine J* 2004; 13: 567–72.
- 51) Murata M, Morio Y, Kuranobu K. Lumbar disc degeneration and segmental instability: A comparison of magnetic resonance imaging and plain radiographs of patients with low back pain. *Arch Orthop Trauma Surg* 1994; 113: 297–301.
- 52) Soini J, Antti-Poika I, Tallroth K, Kontinen YT, Honkanen V, Santavirta S. Disc degeneration and angular movement of the lumbar spine comparative study using plain and flexion extension radiography and discography. *J Spinal Disord* 1991; 4: 183–7.
- 53) Kirkaldy-Willis WH, Farfan HF. Instability of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 165: 110–23.
- 54) Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar intervertebral instability: A review. *Radiology* 2007; 245(1): 62-77.
- 55) Maigne JY, Lapeyre E, Morvan G. Pain immediately upon sitting and relieved by standing up is often associated with radiologic lumbar instability or marked anterior loss of disc space. *Spine* 2003; 28(12): 1327-34.
- 56) Kotilainen E. Long term outcome of patients suffering from clinical instability after microsurgical treatment of lumbar disc herniation. *Acta Neuroschir (Wien)* 1998; 140(2): 120-5.

- 57) Knutson F. The instability associated with disk degeneration in the lumbar spine. *Acta Radiol* 1944; 25: 593-609.
- 58) Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar intervertebral instability: A review. *Radiology* 2007; 245(1): 62-77.
- 59) Aydınoğlu A. Heights of the lumbar intervertebral discs related to age in Turkish individuals. *Tohoku J Exp Med* 1999; 188: 11-22.
- 60) Fritz JM, Piva SR, Childs JD. Accuracy of the clinical examination to predict radiographic instability of the lumbar spine. *Eur Spine J* 2005; 14: 743-50.
- 61) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord* 1992; 5: 390-6.
- 62) Kasai Y, Morishita K, Kawakita E, Kondo T, Uchida A. A new evaluation method for lumbar spinal instability: passive lumbar extension test. *Phys Ther* 2006; 86: 1661-7.
- 63) Alqarni AM, Schneiders AG, Hendrick PA. Clinical tests to diagnose lumbar segmental instability: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011; 41(3): 130-40.
- 64) Dupuis PR, Yong-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiological diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. *Spine* 1985; 10: 262-6.
- 65) Kirkaldy-Willis WH, Farfan HF. Instability of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 165: 110-23.
- 66) Kirkaldy-Willis WH, Farfan HF. Instability of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 165: 110-23.
- 67) Dupuis PR, Yong-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiological diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. *Spine* 1985; 10: 262-6.
- 68) Friberg O. Lumbar instability: A dynamic approach by traction-compression radiography. *Spine* 1987; 12: 119-20.
- 69) Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE, Geissele AE. Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis. *Spine* 1994; 19: 1697-703.
- 70) Panjabi M, Chang D, Dvorak J. An analysis of errors in kinematic parameters associated with in vivo functional radiographs. *Spine (Phila Pa 1976)* 1992; 17: 200.

- 71) Shaffer WO, Spratt KF, Weinstein J. 1990 Volvo Award in clinical sciences. The consistency and accuracy of roentgenograms for measuring sagittal translation in the lumbar vertebral motion segment. An experimental model. *Spine (Phila Pa 1976)* 1990; 15: 741.
- 72) Saraste H, Brostrom LA, Aparisi T. Radiographic measurement of the lumbar spine. A clinical and experimental study in man. *Spine (Phila Pa 1976)* 1985; 10: 236.
- 73) Breen AC, Teyhen DS, Mellor FE, Breen AC, Wong KWN, Deitz A. Measurement of intervertebral motion using quantitative fluoroscopy: Report of an international forum and proposal for use in the assessment of degenerative disc disease in the lumbar spine. *Advances in Orthopedics* 2012, Article ID 802350.
- 74) Powers CM, Kulig K, Harrison J, Bergman G. Segmental mobility of the lumbar spine during a posterior to anterior mobilization: Assessment using dynamic MRI. *Clinical Biomechanics* 2003; 18: 80-3.
- 75) Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar intervertebral instability: a review. *Radiology* 2007; 245(1): 62–77.
- 76) Pitkanen MT, Manninen HI, Lindgren KA, Sihvonen TA, Airaksinen O, Soimakallio S. Segmental lumbar spine instability at flexion–extension radiography can be predicted by conventional radiography. *Clin Radiol* 2002; 57: 632–9.
- 77) Knutsson F. The instability associated with disk degeneration in the lumbar spine. *Acta Radiol* 1944; 25: 593–609.
- 78) Boden SD, Wiesel SW. Lumbosacral segmental motion in normal individuals: have we been measuring instability properly? *Spine* 1990; 15: 571–6.
- 79) Dvorčák J, Panjabi MM, Chang DG. Functional radiographic diagnosis of the lumbar spine: flexion-extension and lateral bending. *Spine* 1991; 16: 562–71.
- 80) Dvorčák J, Panjabi MM, Novotny JE. Clinical validation of functional flexion-extension roentgenograms of the lumbar spine. *Spine* 1991; 16: 943–50.
- 81) Hayes MA, Howard TC, Gruel CR. Roentgenographic evaluation of lumbar spine flexion-extension in asymptomatic individuals. *Spine* 1989; 14: 327–31.
- 82) Pearcy M, Shepherd J. Is there instability in spondylolisthesis? *Spine* 1983; 10: 175–7.

- 83) Soini J, Antti-Poika I, Tallroth K. Disc degeneration and angular movement of the lumbar spine: comparative study using plain and flexion-extension radiography and discography. *J Spinal Disord* 1991; 4: 183–7.
- 84) Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE. Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis. *Spine* 1994;19: 1697–703.
- 85) Friberg O. Lumbar instability: a dynamic approach by tractioncompression radiography. *Spine* 1987; 12: 119–29.
- 86) Pitkänen M, Manninen HI, Lindgren KA. Limited usefulness of traction-compression films in the radiographic diagnosis of lumbar spinal instability: comparison with flexion-extension films. *Spine* 1997; 22: 193–7.
- 87) Luk KDK, Chow DHK, Holmes A. Vertical instability in spondylolisthesis: a traction radiographic assessment technique and the principle of management. *Spine* 2003; 28: 819–27.
- 88) Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE, Geissele AE. Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis. *Spine* 1994; 19: 1697–703.
- 89) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord* 1992; 5(4): 383–9.
- 90) Lowe RW, Hayes DT, Kaye J. Standing roentgenograms in spondylolisthesis. *Clin Orthop Rel Res* 1976; 117: 80–4.
- 91) Bodens D, Wiesels W. Lumbosacral segmental motion in normal individuals. Have we been measuring instability properly? *Spine* 1989; 15: 571.
- 92) Jirout J. The normal motility of the lumbosacral spine. *Acta Radiol* 1957; 47: 345.
- 93) Bram J. MR abnormalities of the intervertebral disks and adjacent bone marrow as predictors of segmental instability of the lumbar spine. *Acta Radiol* 1998; 39: 18-23.
- 94) Pieper CC, Groetz SF. Radiographic evaluation of ventral instability in lumbar spondylolisthesis: do we need extension radiographs in routine exams? *Eur Spine J* 2014; 23: 96–101.
- 95) Ahmadi A, Maroufi N, Behtash H. Kinematic analysis of dynamic lumbar motion in patients with lumbar segmental instability using digital videofluoroscopy *Eur Spine J* 2009; 18: 1677-85.