

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI TEDAVİ YAKLAŞIMLARININ MULTİFİDUS KAS AKTİVASYONU
ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uzm. Fzt. Sevil BİLGİN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ

ANKARA

2008

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI TEDAVİ YAKLAŞIMLARININ MULTİFİDUS KAS AKTİVASYONU
ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uzm. Fzt. Sevil BİLGİN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Fatma Gül ŞENER

ANKARA

2008

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez danışmanı: Prof. Dr. Fatma Gül Şener
(Jüri Başkanı) (Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Prof. Dr. Ayşe Livanelioğlu
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Prof. Dr. Gülay Nurlu
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Doç. Dr. Nezire Köse
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Doç. Dr. Handan Tüzün
(Başkent Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hakan Sedat ORER
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişilere içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Prof. Dr. Gül Şener, tez danışmanım olarak çalışmanın yürütülmesinden yazım aşamasına kadar her aşamada yol göstermiş, eğitimime çok değerli katkıları olmuştur.

Sayın Prof. Dr. A. Saadet Otman, tezimin ilk danışmanı olarak çalışmanın planlanmasında bana yol göstermiş ve desteğini her zaman hissettirmiştir.

Sayın Doç. Dr. Nezire Köse, tezin planlanmasından yazılım aşamasına kadar özverili desteği ve katkıları olmuştur.

Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Gürhan Karakaya, tezin planlanmasında, hipotezlerin ve amaçların belirlenmesinde değerli katkıları olmuştur.

Sayın Prof. Gülay Nurlu, tezin oluşturulmasında özverili destekleri olmuştur.

Sayın Uzm. Dr. Çağrı Temuçin, vakaların Yüzeysel Elektromyografi ile güç spektrum analizinin uygulanmasında ve sonuçların yorumlanmasında destekleri olmuştur.

Sayın Dr. Fzt. Arzu Güçlü Gündüz, tezimin yapım aşamasında büyük destek ve özveride bulunmuştur.

Sayın Fzt. Yeliz Özçelik, tezimin yazım aşamasında destek vermiştir.

Sayın Erdal Coşkun, tez istatistiklerinin yapılmasında ve yorumlanmasında çok değerli katkıları olmuştur.

Sayın Prof. Dr. Yavuz Yakut, Dr. Fzt. Aydın Meriç tez istatistiklerinin yorumlanmasında destek vermişlerdir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesini sağlayan vakalarım, büyük bir özveriyle katkıda bulunmuşlardır.

Değerli Eşim Sayın A. Tayyar Bilgin her zaman olduğu gibi bilimsel ve manevi desteği ile yanımda olmuştur.

ÖZET

Bilgin, S. Farklı tedavi yaklaşımlarının multifidus kas aktivasyonu üzerine olan etkilerinin karşılaştırılması, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Doktora Tezi, Ankara, 2008. Farklı tedavi yaklaşımlarının multifidus kas aktivasyonu üzerine olan etkilerinin karşılaştırılması amacıyla planlanan çalışmamız, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde yapılmıştır. Çalışmaya son 5 yıl içerisinde 3 aydan daha fazla süren bel ağrısı şikayeti, sinir kökü basısı ve daha önce spinal cerrahi geçirme hikayesi olmayan 30 asemptomatik sağlıklı olgu alınmıştır. Stabilizasyon egzersizlerinin uygulanacağı grup 1. grup, lumbal bölge üzerine Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA) uygulamasının yapılacağı grup 2. grup, hiçbir fizik tedavi yaklaşımının uygulanmadığı kontrol grubu ise üçüncü grup olarak alınmıştır. Çalışmaya alınan olgulara değerlendirme yöntemleri, tedaviye başlamadan önce ve 6 haftalık fizyoterapi ve rehabilitasyon programı sonrasında uygulanmıştır. Olguların fonksiyonel durumları fiziksel performans testleriyle değerlendirilmiştir. Multifidus kas aktivitesi ve endurans değerlendirmesi yüzeyel elektromyografi (YEMG) ölçümü ile yapılmıştır. Kas aktivasyonu için 10 sn'lik kayıdın 1-9, 0-4, 6-10. sn verileri, endurans için 60 sn'lik kayıdın ise 0-16, 20-36, 40-56.sn verileri analiz edilmiştir. Ortalama Frekans (Mean), Ortanca Frekans (Median) ve Kareler Ortalamasının Karekökü (RMS) verileri hesaplanmıştır. 6 haftalık tedaviden sonra gruplar tekrar değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda iki tedavi yaklaşımının da multifidus kas aktivitesi ve enduransı üzerinde anlamlı bir etki göstermediği görülmüştür ($p>0.05$). Fiziksel performans ölçümlerine baktığımızda ise grup 1 ve 2 kendi içersinde gelişme gösterirken ($p<0.05$), gruplar arasında bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Çalışmamızın sonucunda özel stabilizasyon egzersizlerinin ve YVKA uygulamasının seçici olarak multifidus aktivasyonunu artırmadığı görüşüne varılmıştır. Ancak Multifidus kası lumbal stabilite için önemli olan bir kastedir. Bu kasın kuvvetlendirilmesinde öncelikle egzersizin tipinin (şiddet, frekans ve süre) doğru belirlenmesi gerekir. Ayrıca bel ağrılı hastalarının multifidus kasını kasabilmesi daha da zor olduğu için egzersizler sırasında hastaların doğru kontraksiyon yapıp yapmadığından emin olunmalıdır. Lumbal stabilizasyona yardımcı olarak düşünülen YVKA uygulamasının ise, stabilizasyon egzersizleriyle birlikte yapılmasının daha yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Stabilizasyon Egzersizleri, Yüzeyel Elektromyografi(EMG), Lumbal Stabilizasyon Eğitimi, Rehabilitasyon, Kasal Yorgunluk, Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA), Fiziksel Performans.

ABSTRACT

Bilgin, S. Comparison of the effects of the different treatment approaches on the multifidus muscle activity, Hacettepe University Health Science Institute, Doctorate Thesis in Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, 2008. The aim of our study was to compare the effects of different treatment approaches on the multifidus muscle activity. The study was conducted in Physical Therapy and Rehabilitation Department of Hacettepe University Health Science Faculty. 30 asymptomatic healthy subjects were recruited. Exclusion criteria were previous lumbar surgery, nerve- root compression and a history of low back pain that continue more than three months inside the last five years. First group received spinal stabilization exercises, second group received strengthening approach that included high voltage pulsed current (HVPC) and third group received no physical therapy intervention. All subjects were examined before treatment and after six weeks physiotherapy and rehabilitation program. The functional statuses of the subjects were examined by physical performance tests. The surface electromyography (EMG) was used to examine the muscle activity and endurance of the multifidus muscle. For muscle activation data of 1-9, 0-4 and 6-10 second's EMG recordings and for endurance the data of 0-16, 20-36 and 40-56 second's recording were analyzed. Mean frequency, median frequency and root mean square were calculated. After six weeks training the subjects were re-evaluated. The evaluations revealed that there was not any significant differences between the treatment approaches on the multifidus muscle activity and endurance ($p>0.05$). It was seen that all physical performance tests indicated statistically significant differences within first and second group ($p<0.05$) but no difference between the groups ($p>0.05$). The results of our study cannot confirm that specific stabilising exercises and HVPC intervention selectively enhance multifidus activation. But multifidus muscle is one of the most important muscles for lumbar stability and in order to strength the multifidus muscle the exercise mode (intensity-time-frequency) must be chosen carefully. Also it is harder to contract multifidus muscle in low back pain patients and so for the effective treatment we must be sure whether the patients perform the correct contraction during specific stabilisation exercises. It was concluded that HVPC assisted lumbar stabilization could be used with stabilization exercises to receive better results.

Keywords: Stabilization Exercise, Surface Electromyography, Lumbar Stabilization Training, Rehabilitation, Muscle Fatigue, High Voltage Pulsed Current (HVPC), Physical Performance

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	
2.1. SPİNAL STABİLİZASYON	5
2.2. SPİNAL SEGMENTAL STABİLİZASYONDA KAS FONKSİYONU	9
2.2.1 Lokal Kas Sisteminin Fonksiyonel Önemi	10
2.2.2. Spinal Segmenti Destekleyen Global Sistemin Limitasyonları	12
2.3. LUMBAL BÖLGE KASLARI	13
2.3.1. İntersegmental Kaslar	13
2.3.2. Lumbar Kaslar	13
2.3.3. M. Kuadratus Lumborum (Medial Lifler)	22
2.4. ABDOMİNAL DUVAR KASLARI	23
2.4.1.M. Transversus Abdominus	23
2.4.2. M. Oblikus Internus Abdominus	29
2.5. TRANVERSUS ABDOMİNUS’UN STABİLİZASYON ROLÜ	31
2.5.1. Statik Gövde Hareketleri Sırasında TA’un Aktivasyonu	31
2.5.2. Dinamik Gövde Hareketleri Sırasında TA’un Aktivasyonu	32
2.5.3. Ani Gövde Yüklenmeleri Sırasında TA’un Aktivasyonu	33
2.5.4. Ekstremit Hareketleri Sırasında TA’un Aktivasyonu	34

2.5.5. TA'un Diğer Gövde Kaslarından Bağımsız Kontrolü	37
2.5.6. Diafragma'nın Gövde Stabilizasyonundaki Rolü	38
2.5.7. Pelvik Taban Kasları'nın Gövde Stabilizasyonundaki Rolü	40
2.6. LOKAL KASLARIN DİSFONKSİYONU	41
2.6.1. M. Transvers Abdominus Disfonksiyonu	41
2.6.2. Multifidus Kasının Disfonksiyonu	44
2.7. SEGMENTAL STABİLİZASYON İÇİN DERİN KAS SİSTEMİNİN	48
KLİNİK TEDAVİSİ	
2.7.1. Özel Egzersiz Konsepti	48
2.7.2. Motor Beceriyi Tekrardan Öğrenme	51
2.8. TRANSVERSUS ABDOMİNUS VE MULTİFİDİUS KASLARININ	53
KLİNİK DEĞERLENDİRMESİ	
2.8.1. Değerlendirme Modelleri	53
2.8.2. Klinik Değerlendirme	55
2.8.3. Klinik Değerlendirme Sırasında İstenmeyen Global Kas	62
Aktivasyonunun İşaretleri	
2.9. MOTOR BECERİNİN REHABİLİTASYONU	65
2.9.1. Vücut Pozisyonu	65
2.9.2. Sinerjik Kasların Kontraksiyonu	66
2.9.3. Hafif Fonksiyonel Aktivitelerin İçine Motor Becerinin	67
Yerleştirilmesi	
2.9.4. Ağır Fonksiyonel İşler İle Motor Becerinin Birleştirilmesi	68
2.9.5. Uygun Egzersiz Programları	68
2.9.6. Stabilizasyon Eğitimine Ne Zaman Başlanır?	71
2.9.7. Tedavi Frekansı	72

2.10. LUMBAL STABİLİZASYONA YARDIMCI FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU	72
3. BİREYLER VE YÖNTEM	
3.1. BİREYLER	75
3.2. YÖNTEM	75
3.2.1. Çalışma Planı	75
3.2.2. Değerlendirme	76
A. Olguların Fiziksel Özellikleri	76
B. Fiziksel Performans	76
C. Multifidus Kas Aktivitesi ve Yorgunluk Derecesi	77
3.3. TEDAVİ	81
3.3.1. Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA)	81
3.3.2. Stabilizasyon Egzersizleri	82
3.3.3. İstatistiksel Analizler	94
4. BULGULAR	
4.1. Olguların Fiziksel Özellikleri	95
4.2. Multifidus Kas Aktivitesi Ve Endurans Ölçümlerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları	96
4.2.1. Multifidus Kas Aktivitesi ve Endurans Ölçümlerinin Tedavi Öncesi Ve Sonrası Sonuçlarının Karşılaştırılması	96
4.2.2. Multifidus Kas Aktivitesi Ve Endurans Ölçüm Sonuçlarının Gruplar Arası Karşılaştırılması	98
4.3. Fiziksel Performans Ölçümleri Ve İstatistiksel Analiz Sonuçları	99
4.3.1. Fiziksel Performans Testlerinin Tedavi Öncesi Ve Sonrası Sonuçlarının Karşılaştırılması	99
4.3.2. Fiziksel Performans Testlerinin Sonuçlarının Gruplar Arası Karşılaştırılması	101
TARTIŞMA	102
SONUÇLAR	116
KAYNAKLAR	120

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BT	Bilgisayarlı Tomografi
MR	Manyetik Rezonans
YVKA	Yüksek Voltaj Kesikli Akım
TLF	Torakolumbal Fasiya
M	Muskulus
TA	Transversus Abdominus
YEMG	Yüzeyel Elektromyografi
OIA	Oblikus Internus Abdominus
EMG	Elektromyografi
RA	Rektus Abdominus
OE	Oblikus Eksternus
ES	Erektör Spina
MF	Multifidus
sn	Saniye
amp	Amplitüd
RMS	Kareler Ortalamasının Karekökü
SPSS	İstatistiksel Paket Programı (Statistical Packages for Social Sciences)
NCSS	İstatistiksel Paket Programı (Number Cruncher Statistical System)
z	Wilcoxon Eşleştirilmiş İki Örnek Testi
X^2	Kruskal-Wallis Tek Yönlü Varyans Analizi
z	Dunn's Test
p	İstatistiksel Yanılma Düzeyi
X	Ortalama
SD	Standart Sapma

ŞEKİLLER

2.1.	Panjabi'nin spinal stabilite modeli	6
2.2.	Panjabi'nin yük-deformasyon eğrisi	7
2.3.	Multifidus kas anatomisi	15
2.4.	M. Longissimus torasis (lumbal parçası)	16
2.5.	M. İliokostalis lumborum	17
2.6.	Lumbal omurganın anatomisi	20
2.7.	M. Transversus Abdominus	24
2.8.	Transersus Abdominus kasının anterior yapışma noktası	25
2.9.	Torakolumbal Fasiya	26
2.10.	Torakolumbal fasiyanın mekanizması	29
2.11.	M. Oblikus İternus Abdominus	30
2.12.	İntraabdominal basınç ve abdominal kasların elektromyografik kaydı	32
2.13.	Ani öne itme (a) ve öne hareketin ilk başlangıcı (b) sırasında abdominal kasların elektromyografik kaydı	34
2.14.	Omuz fleksiyon, ekstansiyon ve abdüksiyon hareketlerinin başlangıcı sırasında abdominal kasların EMG aktivitesinin başlangıç zamanı	35
2.15.	Omuz fleksiyon, ekstansiyon ve abdüksiyon hareketleri için deltoid kasının aktivite başlangıcı ile abdominal kasların EMG aktivitesinin başlangıç zamanı	36
2.16.	Farklı hızlarda yaklaşık 10 tekrarlı omuz fleksiyonunda deltoid kasının ve abdominal kasların EMG aktivitesi	37
2.17.	Diafragmaya elektrot yerleşimi	38
2.18.	Ekstremitte hareketi ile deltoid ve diafragma kaslarının EMG aktivitesi	39

2.19.	Maksimum pelvik taban kontraksiyonu sırasında abdominal kasların EMG cevapları	40
2.20.	Omuz fleksiyon, abdüksiyon ve ekstansiyon sırasında abdominal kasların elektromyografik aktivitesi	42
2.21.	Kalça fleksiyon, abdüksiyon ve ekstansiyon sırasında abdominal kasların elektromyografik aktivitesi	43
2.22.	Multifidus izometrik kontraksiyonu ile abdominal duvarı içe çeken TA kontraksiyonu arasındaki ilişki	49
2.23.	Lokal stabilizasyonun fonksiyonel parçaları	50
2.24.	Lumbopelvik bölgenin stabilizasyon modeli	51
2.25.	Motor becerinin tekrardan öğrenilme adımları	52
2.26.	Derin kas disfonksiyonunu değerlendiren üç model	54
2.27.	A: Dinlenme sırasında TA ve İnternal oblik kasların kalınlık ölçümü B: Abdominal Hollowing sırasında TA ve İnternal oblik kasların kalınlık ölçümü	56
2.27.	“Abdominal Hollowing” hareketinin öğretilmesi	58
2.28.	Emekleme pozisyonunda “Abdominal Hollowing” hareketinin öğretilmesi	58
2.29.	Lumbal multifidus kasının test edilmesi	61
2.30.	Emekleme pozisyonunda “Abdominal Hollowing”	69
2.31.	Köprü kurma egzersizinde farklı pozisyonlar	70
2.30.	Farklı pozisyonlarda egzersiz topunun kullanımı	71
3.1.	“Abdominal Hollowing” hareketinin hastaya öğretilmesi	76
3.2.	Multifidus kası için YEMG elektrotlarının yerleşimi	78
3.3.	Multifidus kasının YEMG ile ölçümü	79

3.4.	10 saniyelik EMG kaydı	79
3.5.	10 saniyelik EMG kaydının Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) güç spektrumu ve hesaplanan parametreler	80
3.6.	Lumbal bölge üzerine YVKA uygulaması	82

TABLOLAR

2.1.	Stabilizasyondan sorumlu kaslar	9
2.2.	İstenmeyen global kas aktivasyonunun işaretleri	62
4.1.1.	Olguların gruplar arası fiziksel özellikleri ve gruplar arası karşılaştırma	95
4.2.1.	1. gruptaki olguların multifidus kas aktivasyonu ve endurans ölçümlerinin sonuçlarının karşılaştırılması	96
4.2.2.	2. gruptaki olguların multifidus kas aktivasyonu ve endurans ölçümlerinin tedavi öncesi ve sonrası sonuçlarının karşılaştırılması	97
4.2.3.	Kontrol grubundaki olguların multifidus kas aktivasyonu ve endurans ölçümlerinin başlangıç ve 6 hafta sonrasındaki sonuçlarının karşılaştırılması	98
4.2.3.	Grup 1, Grup 2 ve Kontrol grubu'nun kas aktivasyonu ve endurans değerlerinin karşılaştırılması	99
4.3.1.	1. gruptaki olguların fiziksel performans testlerinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin (sn) karşılaştırılması	100
4.3.2.	2. gruptaki olguların fiziksel performans testlerinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin (sn) karşılaştırılması	100
4.3.3.	Kontrol grubundaki olguların fiziksel performans test ölçümlerinin başlangıç ve 6 hafta sonrasındaki değerlerinin (sn) karşılaştırılması	100
4.3.4.	Grup 1, Grup 2 ve kontrol grubunun fiziksel performans test sonuçlarının karşılaştırılması	101
4.3.5.	Grup 1, Grup 2 ve kontrol grubundaki olguların 50 adım (15m) yürüme test sonuçlarının karşılaştırılması	101

1. GİRİŞ

Paravertebral kaslar, vertebral kolondaki tüm hareketlerin başlatılması ve kontrolünden sorumludur. Sırt kasları, destek yüzeyi içindeki veya destek yüzeyini aşan hareketlerin kontrolünde, stabilizatör görevi görmektedirler. Bu kasların aktivasyonu, hareketler sırasında oluşan streslerin osteoligamentöz yapılara zarar vermesini önlemektedir (1).

Bergmark (2,3), lumbosakral bölgedeki kasları fonksiyonlarına göre küçük (kısa) ve büyük (uzun) kaslar olarak sınıflandırmıştır. M.transversus abdominus, m. multifidus, m. internal oblik gibi küçük kaslar lumbal bölgenin stabilizasyonunu sağlamada görev alırken, m. rektus abdominus ve m. eksternal oblik kaslar gövde ve pelvisin geniş açılı hareketlerinden sorumludurlar. Özellikle küçük (kısa) kaslarda meydana gelen endurans ve kas kuvveti gibi stabilizasyon parametrelerindeki azalmalar, lumbal bölgede çeşitli patolojilere (akut veya kronik bel ağrısı, disk patolojileri, spondilolistezis, spondiloz, gibi) neden olmaktadır.

Lumbal omurganın stabilitesi, pasif sistem (vertebra, intervertebral disk, ligament, zigafofiseal eklemler), aktif sistem (omurganın etrafındaki kas ve tendonlar) ve sinir sistemi arasındaki etkileşim ile sağlanmaktadır. Lumbal bölgede üç farklı eksen de hareket meydana gelmekte, oluşan bu karmaşık yüklenme pasif osteoligamentöz yapılar tarafından karşılanmaktadır. Bu yapıların zarar görmemesi için, stabilizasyonu sağlayan kasların, hareketi kontrol ederek, lumbal omurga üzerindeki yükleri azaltması ve yeni bir yaralanmanın oluşmasını önlemek için sağlam bir destek oluşturması gerekir. Stabilizasyonu sağlanamayan bir lumbal bölge, üst gövdenin ağırlığından daha az bir yük ile bile stabil olmayan hale gelip kolayca yaralanabilir (4). Panjabi (5), spinal instabiliteyi “nötral alan” olarak bilinen, “spinal segmentin nötral pozisyonu etrafındaki laksite” olarak tanımlamıştır. Biomekanik ve klinik çalışmalar, kasların segmental stabilizasyonu, nötra pozisyonda hareketin kontrolünü sağlayarak gerçekleştirdiğini göstermiştir (6). Tüm gövde kasları stabilizasyona yardımcı olsa da birçok yazar dinamik kontrolü sağlamada lumbal bölgedeki multifidus kası üzerinde durmaktadır. İntersegmental multifidus kası, lumbal bölgenin en medialinde yer almakta, diğer lumbal stabilizatörler olan m. torasikus Longissimus ve m. iliokostalis lumborum kaslarından daha fazla fonksiyonel öneme sahiptir. Son yıllarda yapılan Bilgisayarlı

Tomografi (BT) ve Manyetik Rezonans (MR) çalışmalarında, bel yaralanmalarını takiben, özellikle multifidus kasında morfolojik ve nörofizyolojik değişikliklerin olduğu gösterilmiştir (7). Bu değişiklikler yaralanmadan 24 saat sonra hızla gelişir ve patoloji olan seviyede segmental atrofi şeklinde görülür. Görülen bu segmental atrofinin nedeni, aktivitelerin kısıtlanması ve fonksiyonel seviyedeki azalma ile birlikte ağrıya bağlı ortaya çıkan refleks inhibisyonudur. Ayrıca ortaya çıkan bu değişiklikler, disk herniasyonu için yapılan cerrahi uygulamalardan sonra, en az 5 yıl içinde semptomların tekrarlamasına da neden olur (8). Bu nedenle, özel seçilen kasların kuvvetlendirilmesine yönelik egzersiz programları, yapısal ve fonksiyonel bozuklukları düzeltmek ve ilave problemleri engellemek için kullanılmaktadır.

Bel ağrılı hastalarda üzerinde önemle durulan diğer bir problem ise enduransdır. Endurans, bir kasın istenen seviyede gücünü koruyabilme yeteneğidir ve Elektromyografik güç spektrumunun ortanca frekans (median frekans) değerindeki azalma ile ifade edilmektedir. Yapılan araştırmalarda kronik bel ağrısı yaşayan hastaların sağlıklı kişilere göre daha fazla yorgunluk belirtileri oluşturdukları gösterilmiştir (9,10).

Tekrarlı aktiviteler nedeniyle yorgunluk belirtileri gösteren sırt kasları, istenen gücü oluşturmada yetersiz kalır. Bu durum, lumbal bölgede daha erken yaralanmaların oluşmasına zemin hazırlar (11). Bu nedenle sırt kaslarının endurans eğitimi, bel ağrılı hastaların rehabilitasyonunda mutlaka yer almalıdır.

Etken ne olursa olsun omurganın pasif ve aktif stabilizatörlerindeki yetersizliğin, bel bölgesindeki yaralanmalarının oluşmasındaki ana sebeplerden biri olduğu bilinmektedir. Çok yaygın bir kas-iskelet sistemi hastalığı olan bel bölgesindeki yaralanmalar, kişinin günlük yaşam aktivitelerini engelleyen büyük bir sağlık problemidir. Bu problem toplum içinde sıkça görüldüğü için, uygun tedavi yaklaşımları geliştirilmiştir (12). Yıllardan beri bel ağrısının tedavisinde ve tekrarların önlenmesi için hastalara, bel ve karın kaslarının güçlendirilmesine yönelik egzersizler önerilmektedir. Bu egzersizlerin amacı, bel çevresinde kastan bir korse oluşturarak lumbal bölgeye binen yükü hafifletmektir. Genelde standart olan bu egzersizler, tüm hastalar tarafından aynı etkinlikte uygulanamamakta, hatta ağrının artması nedeniyle bazen hiç yapılamamaktadır. Son yıllarda, bel çevresindeki kasların izole olarak güçlendirilmesinden çok, kas kontrolünü artırmayı hedef alan

egzersiz programları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sıklıkla kullanılan yaklaşımlardan birisi, spinal stabilizasyon egzersizleridir. Stabilizasyon egzersizlerinin altında yatan mekanizma; seçici kas aktivasyonu, sinerjistik kasların ko-aktivasyonu ile gövde kaslarının güç ve endüransının artırılmasıdır (13). Bu egzersizler, özellikle atrofiye uğrayan multifidus kasının aktivasyonunu arttırarak, lumbal bölgenin stabilizasyonunu sağlar ve oluşabilecek streslere karşı kassal desteği arttırır (14).

Fizik tedavide lumbal stabilizasyona yardımcı elektrik stimülasyon teknikleri de kullanılmaktadır. Yüksek Voltajlı Kesikli Akım (YVKA), nöromusküler elektrik stimülasyonunun yeni bir şeklidir. Bu akım 1970'li yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (15). Alçak voltajlı nöromusküler elektrik stimülasyonunun kullanım amaçlarına ilave olarak ödemi azaltmak, ağrıyı hafifletmek ve yaraları iyileştirmek için de kullanılabilir. Ayrıca YVKA, 1,5 mA'e kadar çıkan düşük akım şiddetleri ve çok kısa atım süresi nedeniyle, diğer akımlara göre elektrotlar altında daha az asit ve baz oluşumu meydana getirecek, böylece elektrokimyasal reaksiyonlar çok az veya hiç görülmeyecektir. Stimüle edilen bölgedeki derialtı yağ kalınlığı veya doku direnci ortalamanın üzerinde olan kişilerde, YVKA rahatlıkla kullanılabilir ve kişi yüksek akımları rahatlıkla tolere edebilir. Yüksek voltaj stimülatörlerindeki iki zirve yapan atımlar temporal sumasyon yolu ile doğrudan aksonların veya kas liflerinin uyarılabilir membranlarının daha geniş parsiyel depolarizasyonuna yol açar (16,17). Bu da YVKA'nın diğer bir avantajıdır.

Literatürde, stabilizasyon egzersizlerinin kas gruplarının aktivasyonu üzerindeki etkilerini inceleyen bir çok çalışma bulunmaktadır (12,14). Özellikle bu egzersizlerin multifidus kasının aktivasyonu üzerindeki etkilerine bakılmış ve en iyi kontraksiyonu oluşturan egzersizler tedavide kullanılmıştır. Fakat literatürde, lumbal stabilizasyonun tedavisinde diğer fizik tedavi yöntemlerinin etkinliğini karşılaştıran çalışmalar sayıca azdır (18). Bu sorun karşısında farklı tedavi yaklaşımlarının etkilerini saptamak, bel problemi olan hastaların durumlarına uygun tedavi programlarını belirlemede kolaylık sağlayacaktır.

Çalışmanın amacı, stabilizasyon egzersizlerinin ve YVKA'nın multifidus kas aktivasyonu üzerindeki etkisini incelemektir. Bu çalışma, multifidus kas eğitimi için

hastaların durumlarına özgü kullanılabilen farklı tedavi yöntemlerini seçmede yol gösterici olmayı hedeflemektedir. Çalışmamızın hipotezleri:

Hipotez 1) YVKA'nın ve spinal stabilizasyon egzersizlerinin, multifidus kasını kuvvetlendirme üzerine olan etkileri aynıdır.

Hipotez 2) YVKA'nın ve spinal stabilizasyon egzersizlerinin, multifidus kasını kuvvetlendirme üzerine olan etkileri farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

Lumbal omurganın stabilizasyonu karmaşık bir konudur. Spinal stabilite ile ilgili yapılan nörofizyolojik ve biomekanik model çalışmaları, bel ağrısının oluşumuna ve tedavisine katkıda bulunan faktörleri anlamaya yönelik büyük bir araştırma konusu şeklinde gelişmektedir.

Spinal stabilitenin korunması üç temel faktör tarafından sağlanmaktadır. Bunlar, osteoligamentöz yapıların pasif desteği, kas sisteminin desteği ve santral sinir sistemi tarafından kas sisteminin kontrolüdür. Lumbal bölgenin multisegmental doğasına uygun olarak, lumbal bölgenin birbirleriyle ilişkili iki parametresine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. İlk parametre spinal oryantasyonun kontrolü ki, kompresif yüklenmelere ve uygulanan güçlere karşı omurganın tüm postürünün korunmasıyla ilişkilidir. İkinci parametre ise, omurganın tüm oryantasyonundaki değişikliğe bakmaksızın tek bir seviyede segmentler arası ilişkinin kontrolüdür (Lumbal segmental kontrol).

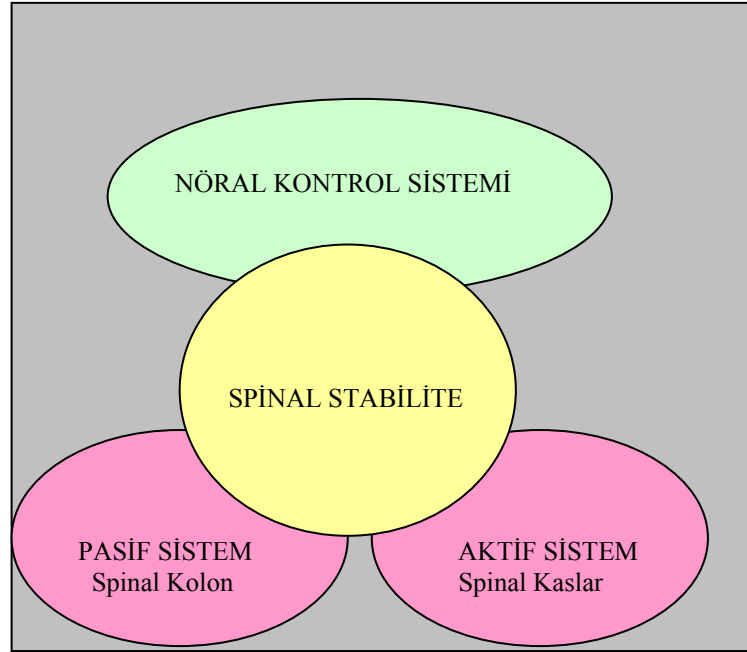
Stabilitenin etkinliği bu iki destek seviyesinin bütünlüğüne bağlıdır. Bu iki parametre birbirine bağlıdır, fakat günlük aktiviteler sırasında lumbal omurganın korunması ve kontrolünde bağımsızdırlar.

Spinal oryantasyonun kontrolü için geliştirilen stratejiler, omurga üzerine gelen dış güçlerin dağılımı ve yönü ile ilgilidir. Lumbal segmentlerin kontrolü ve stabil bir ilişkinin korunması yakın vertebralar arasında çok daha karmaşıktır. Çünkü her lumbal segment 6 serbest hareket derecesine sahiptir. (rotasyon ve 3 aynı dik eksen etrafında oluşan dönmeler). Sonuç olarak normal ağrısız fonksiyon için intersegmental ilişkiyi kontrol etmek, diğer bir deyişle yeterli intervertebral sertliği korumak, bel ağrılarını önlemede ve tedavide anahtar bir noktadır.

2.1. SPİNAL STABİLİZASYON

Klinikte bilinen ve hissedilen spinal stabilite ve tersi olarak spinal instabilite terimleri tıp alanında büyük ölçüde tartışmaya yol açmıştır. Bu konudaki zorluklar özellikle, instabilite tanımını elde etmek yani ağrı durumuyla ilişkisini işaret etmek ve onun varlığını gösterecek nicel bir metod oluşturmaktır. Sonuçta bugün de klinik stabilitenin ne açık bir standart tanımı ne de ölçümü vardır.

Panjabi (25) bel ağrılı hastalarda kas disfonksiyonunun tedavisi ve değerlendirilmesi için klinik ortama uygun, spinal stabilite ve instabilitenin tek başına anlaşılmasına olanak veren yeni bir spinal stabilizasyon modeli geliştirmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Panjabi'nin spinal stabilite modeli (25)

Bu model pasif, aktif ve nöral kontrol sistemini içermektedir. Pasif sistem, kemik, eklem yapıları ve omurga ligamentlerinden oluşur, sadece hareketin son noktasında değil, özellikle nöTAl eklem pozisyonu sırasında da segmental hareket kontrolünü sağlar. Aktif sistem, spinal bölgenin stabilitesi için gerekli mekanik kabiliyet gösteren kasların, kendi kendilerinin kapasitelerinin oluşturduğu gücü gösterir. Spinal desteğin ihtiyacı olan kas kontrolü ise nöral kontrol sistemi tarafından sağlanır. Bu model gösteriyor ki kasların gelen uyarıya (ligamentlerden gelen duyuşal ipuçları) cevap olarak programlanmaya ihtiyaçları vardır. Her durumda ve her anda, uygun kasların uygun seviyede ve zamanlı bir şekilde aktive olmaları gereklidir.

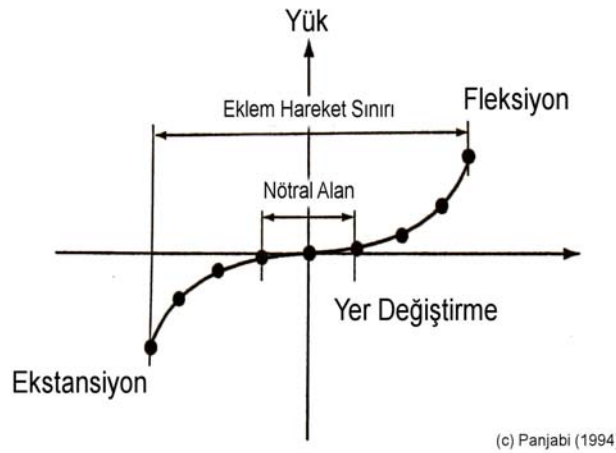
Bu modelin temelinde Panjabi, spinal stabilizasyon sisteminin birbirine bağımlı komponentinin bu üç sistem olduğunu iddia etmektedir. Anormal büyük segmental hareketler nöral yapılar üzerinde germe veya kompresyona, ağrıya duyarlı yapılar ve ligamentlerin anormal deformasyonuna neden olduğu zaman spinal

bölgenin kontrolündeki bozukluklar bel ağrısı oluşturabilirler. Bu bozukluklar diğer sistemler tarafından kompanse edilemeyen bu üç sistemin de disfonksiyonuna neden olur (26).

Segmental seviyedeki instabilitenin nedenleri tartışma konusudur ve bununla ilgili çeşitli tanımlamalar yapılmaktadır. Bunlar;

- eklem sertliğinin kaybı
- artan mobilite
- anormal spinal hareket
- segmental rotasyon ve dönme oranlarındaki değişikliklerdir (27,145).

İnstabilite, uzun süre dejeneratif hastalıklar ile ilişkili segmental hareketlerdeki azalma olarak tanımlansa da daha çok hareketin son noktasında oluşan anormal hareketin varlığı olarak bilinmektedir. Panjabi'nin hipotezi ise stabilizeyi, nötral alan etrafındaki intersegmental hareketin kontrolü olarak tanımlamıştır. Fonksiyonel hareket sınırı olarak da isimlendirilen **nötral alan veya nötral pozisyon**, vertikal yüklerin tüm ağırlık taşıyan yüzeylere eşit olarak dağılmasına izin veren, omurganın fonksiyonlarını en etkin şekilde gerçekleştirebileceği, kişiye özel, en stabil ve en asemptomatik pozisyon olarak tarif edilir. Spinal segmentin yük-deformasyon hareketi (davranışı) doğrusal değildir, büyük oranda nötral alanın yakınlarında esnektir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Panjabi'nin yük-deformasyon eğrisi (25)

Minimal bir iç dirence karşı intervertebral hareket fizyolojik olarak nötral alan bölgesinde oluşur. Son aralıktaki hareketi limitlemek için elastik alandaki ligamentöz yapılar bir direnç gösterir. Bu nedenle nötral alan spinal stabilite mekanizması için özel bir problemdir. Yaralanan omurgada ligamentlerin birbirinden ayrılması veya disklerin dışarı çıkması, farklı yönlerde instabiliteye neden olmakta, hem nötral alanda hem de fizyolojik hareket sınırında artış meydana gelmektedir. Servikal bölge üzerinde yapılan bir çalışmada, yüksek hızda bir travma ile nötral alanda tüm hareket sınırından daha fazla olarak artış bulunmuştur (28). Diğer bir çalışmada ise aşırı nötral alan hareketi ve ağrı arasındaki ilişki incelenmiştir. Servikal bölgedeki ağrının kontrolü için omurga cerrahi olarak sabitlenmiştir. Hareket parametreleri değerlendirildiğinde en çok nötral alanda bir azalma gözlenmiştir (% 71 nötral alanda, % 38total hareket sınırında azalma)

Nötral alan ile ilgili yapılan geçerli ve güvenilir çalışmalar yeni bir tanımın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Klinik instabilite; fizyolojik sınırlar içerisinde intervertebral nötral alanları korumak için, omurganın stabilize etme kapasitesinin önemli ölçüde azalması olarak tanımlanmıştır (25).

Nötral alan kavramı pasif yapılarla yapılan çalışmalardan geliştirilmiş olmasına rağmen, bu durum nötral alanın kontrolü için kas tonusu veya aktif kas kontraksiyonuna ihtiyaç olduğu gerçeğine de katkıda bulunmuştur. Çünkü aktif kas sisteminin dışında geriye kalan ligamentler ve diğer pasif yapılar sadece hareketin sonuna doğru destek sağlamaktadırlar. Bu teori içerisinde instabilite, birbirleriyle ilişkili üç sistemi kapsamaktadır, ancak yetersiz kas sistemiyle daha önemli bir ilişki içerisindedir. Örneğin, yorgunluktan sonuçlanan kas sertliğinin azalması veya spinal yapıların zarar görmesi, hem her iki seviyedeki spinal postüral kontrolde hem de intersegmental seviyedeki kontrolde stabiliteyi korumak için yetersiz kas kontrolü ile sonuçlanabilir. Ters olarak, kas sistemi lumbal bölgenin sertliğini artırıp nötral alanın büyüklüğünü azaltarak instabiliteyi kompanse edebilmektedir (29). Nötral alan, spinal sertlik ve kas fonksiyonu arasındaki bu ilişki spinal instabilitenin konservatif tedavisini oluşturmaktadır.

2.2.SPİNAL SEGMENTAL STABİLİZASYONDA KAS FONKSİYONU

Omurga etrafındaki bazı kasların primer olarak stabilite ile ilgili olduğu, ilk kez Leonardo Da Vinci tarafından belirtilmiştir. Leonardo Da Vinci (30) boyun kaslarında, santral kasların daha çok spinal segmenti desteklediğini savunmuştur. Daha lateraldeki kasların ise bir geminin direği gibi olduğunu ve daha çok boynun hareketinden sorumlu olduğunu savunmuştur. Daha sonraki yıllarda hangi kasların stabilize ve destek olduğu daha karışık hale gelmiş ve omurganın stabilitesiyle ilişkili kas fonksiyonunu anlamaya yönelik lokal (merkezi) ve global kas sistemleri oluşturulmuştur.

Bergmark (31) gövde kas sistemini, stabilizasyondaki mekanik rollerine göre sınıflandırmıştır (Tablo 2.1).

Lokal Kas Sistemi	Global Kas Sistemi
• İntertransvers kaslar • İnterspinal kaslar • Multifidus kası • Thorasikus longus kasının, lumborum parçası • İliokostalis lumborum kasının, lumborum parçası • Kuadratus lumborum kasının iç lifleri • Transversus abdominus • İnternal oblik kaslar (torakolumbar fasyaya yapışan lifler)	• Torasikus longus kasının torasik parçası • İliokostalis lumborum kasının torasik parçası • Kuadratus lumborum kasının dış lifleri • Rektus abdominus • Eksternal oblik abdominal kaslar • İnternal oblik abdominal kaslar

Tablo 2.1. Stabilizasyondan sorumlu kaslar

Lokal kas sistemi derin kaslardan oluşur ve lumbal vertebra üzerinde origo ve insersiyosu olan bazı kasların derin parçalarını içerir. Bu kasların, lumbal omurga postürünü, spinal segmentin intervertebral ilişkisini ve sertliğini kontrol etme kabiliyetleri vardır. Lumbal multifidus kası bir vertebradan diğerine yapışması ile

lokal kas sisteminin primer örneğidir. Abdominal grupta m. oblikus internus abdominus'un posterier fibrilleri, torakolumbal fasiya (TLF)'ya insersiyoyaptığından lokal sistemin bir parçasını oluşturmaktadır. En derin kas olan m. transversus abdominus (TA), lumbal vertebraya TLF ile yapışması ve orta çizgide karşı tarafla çaprazlaşması nedeniyle abdominal kas grubunun lokal kas sistemi olarak düşünülmektedir.

Global kas sistemi, gövdenin daha yüzeysel ve geniş kaslarıdır. Bu kaslar sadece omurgayı hareket ettirmekle kalmaz aynı zamanda torakal kafes ve pelvis arasında yüklerin direkt olarak transferinden de sorumludur. Global kasların temel fonksiyonu, gövdeye uygulanan dış yükleri dengelemektir. Böylece lumbal bölgeye transfer edilen kalan yükler lokal kaslar tarafından karşılanır. Bu yol ile normal günlük yaşamda oluşan dış yüklenmelerdeki değişiklikler, global kaslar tarafından alınır ve böylece lumbal omurga ve segmentler üzerindeki yükler devamlı olarak azaltılır.

2.2.1 Lokal Kas Sisteminin Fonksiyonel Önemi

Stabilizasyonda lumbal omurganın lokal ve derin kaslarının fonksiyonu, Panjabi'nin nötral alan hareketinin kontrolü kavramını vurgulayan klinik instabilite hipotezine ışık kaynağı olmuştur. Anatomik olarak lokal sistemdeki derin kaslar, spinal stabilite için büyük bir katkı oluştururlar ki bunu da, kısa kas uzunlukları ve spinal segmentin rotasyon merkezine daha yakın olmaları ile sağlarlar. Böylece intersegmental hareketlerin kontrolü için ideal yapıdadırlar. Lumbal bölgenin derin kasları, omurgadaki hareketin kontrolü için çeşitli mimariye sahiptirler. En küçük intersegmental kaslar örneğin m. intertransversiya ve m. interspinal kaslar, mekanik stabilizatör olarak baskın değildirler, onun yerine iyi bir proprioseptif rolleri vardır. Bitişik lumbal vertebra ve sakrumla bağlantılı olan multisegmental kaslar örneğin multifidus kası ise, spinal segmentte etkili bir stabilizasyon gösterme kapasitesine sahiptir (32).

Cholewicki ve McGill (33) bel ağrısının etyolojisini, spinal stabilizasyondaki lokal kasların hayati rolünü anlamada biomekaniksel çalışmalar yapmışlardır. Çeşitli fonksiyonel taslaklar sırasında, omurganın mekanik stabilitesini elektromyografi (EMG) yardımı ile ölçmek için biomekanik bir model geliştirmişlerdir. Bu model ile

anatomik analiz yapılarak, dış yüklenmeler hesaplanmış, pasif doku güçleri, kas gücü özellikle kas sertliğinin etkisi ve kasların stabilite fonksiyonu incelenmiştir. Bu çalışmalardan çıkan sonuçlar, lokal ve global kas sistemleri arasındaki ilişkiyi doğrulamıştır. Pelvis ve göğüs kafesi ile ilgili büyük kasların spinal kolona önemli bir destek sağladığı, bir veya daha fazla spinal segmenti geçen lokal kas sistemi aktivitesinin ise spinal segmentin stabilitesini sağlamada hayati öneme sahip olduğunu bulunmuştur. Ayrıca geniş global kaslar tarafından oluşturulan güçler sağlam olduğu zaman, lokal kas sistemi inaktif olsa bile lokal kas sisteminin aktive seviyesindeki küçük bir artışın, spinal instabiliteyi önleyebileceği savunulmuştur.

Cholewicki ve McGill oluşturdukları modelin, spinal stabilite ve nötral alan hipotezini destekleyen bir model olduğunu düşünmüşlerdir. Aynı zamanda kontrolsüz nötral alan hareketlerindeki artışların, lokal kas sisteminin aktivitesindeki artış tarafından karşılandığını ve bu kasların bel ağrılarında disfonksiyon gösterdiklerini savunmuşlardır.

Marras ve Mirka (34) da daha geniş postüral kasların gövde destekleme rolü var iken omurga etrafındaki küçük kasların, gövde kontrolü sırasında stabiliteye önemli katkılarının olduğunu belirtmişlerdir.

Spinal yaralanma ve bel ağrısını araştıran birçok çalışma; yüksek aktivite gerektiren örneğin, doku toleransının arttığı ağırlık kaldırma durumlarını modellemişlerdir. Cholewicki ve McGill modeli sadece büyük yüklenmelerde lokal kasların primer rolüne ışık tutmamış, aynı zamanda düşük kas gücünü gerektiren düşük yüklenmeli aktiviteler sırasında spinal destek sağlayan lokal sistemin önemi üzerinde de durmuşlardır. Uzanma, otururken ayağa kalkma gibi hafif fonksiyonel aktiviteler sırasında global kasların aktivitesine büyük oranda ihtiyaç duyulmamaktadır. Fakat segmental seviyede güvenli fonksiyon için lokal sistemin kaslarına her zaman ihtiyaç vardır. Derin lokal kasların kontrol azlığı, kontrol yeteneğinin kaybına bağlı olarak, lumbal bölgede zarara neden olup ağrı reseptörlerini tetikler ve bel ağrısının oluşumuna zemin hazırlar.

2.2.2. Spinal Segmenti Destekleyen Global Sistemin Limitasyonları

Omurga etrafındaki geniş global kaslar gövde postürü, spinal destek ve kontrol için gereklidir ancak global sistem, spinal segmental desteği sağlamada bazı limitasyonlara sahiptir. Bu da lokal kas sisteminin bel ağrılı hastaların rehabilitasyonunda önemini gösteren başka bir kanıttır.

Bükme Kuvvetinin Kontrolü

Bükülme kuvvetinin kontrolünde global kas sistemi ciddi limitasyonuna sahiptir. Macintosh ve arkadaşları sırt ekstansörlerinin biomekanik model çalışmalarında, gövde kaslarının bükme kuvvetini kontrol etmek için nasıl bir mekanizma ortaya çıkardığını araştırmışlardır (35). Ronschke ve Chaffin (36) de yüzeysel elektromyografi (YEMG) kullanarak lumbokoksik kasların (m. erektör spina, m. latissimus dorsi, m. oblikus eksternus abdominus, m. rektus abdominus, m. gluteus maksimus ve m. rektus femoris) gövde fleksiyonu sırasındaki aktivasyonlarını değerlendirmişlerdir. Bu araştırmacılar, YEMG kullanarak bu global kasların omurgadaki gövde bükülmesine cevap vermediğini, derin lokal kasların benzer yüklenme sırasında aktive olarak omurgayı desteklediğini savunmuşlardır.

Snijders ve diğ. (37) sakroiliak biomekanik model çalışmalarında fasiya ve ligamentlerle birlikte kasların gövde fleksiyon kuvvetine karşı sakroiliak eklemi nasıl koruduklarını incelemişlerdir. Bükme kuvveti kontrolünün farklı sinerjilerde çalışan geniş global kaslar tarafından sağlandığı (M. gluteus maksimus kontraksiyonu ile zıt diagonal m. latissimus dorsi), lokal derin kasların aktivitesinin de bükme kuvvetine karşı sakroiliak eklemi korumak için çalıştığı bulunmuştur. Bu nedenle lokal kaslar, sakroiliak eklem stabilizasyonunda da önemli bir rol oynamaktadır.

2.3. LUMBAL BÖLGE KASLARI

Lumbal bölgenin omurganın lokal stabilizasyon sistemine katkıda bulunan kasları;

- **İntersegmental kaslar**

M. İntertransversiya

M. İnterspinales

- **Lumbar Lumbal kaslar**

M. Multifidus

M. Longissimus Torasis (lumbal parçası)

M. İliokostalis lumborum (lumbal parçası)

- **M. Kuadratus lumborum (medial lifleri)**

2.3.1. İntersegmental Kaslar

İki bitişik lumbal vertebraların spinöz ve transvers çıkıntılarına yapışan, küçük segmental kaslardır. Bu kasların boyutlarının küçük ve segment rotasyon merkezine yakın yerleşimli olmaları, az bir dönme momenti oluşturma kabiliyetlerinin olduğuna işaret eder. Bu kaslar bir segmental sinir tarafından inerve edilirler ve diğer kaslardan üstün olarak proprioseptif rolü oldukları düşünülmektedir. Öyle ki bu kaslar lumbal bölgenin kinestetik duyusunu etkileyerek, kas aktivite paternlerini değiştirmektedir. Bu kasların fonksiyonel rolünü değerlendirmek imkansızdır ve bu nedenle bel ağrısı olan kişilerde bu kasların fonksiyonunda herhangi bir bozukluğa karar vermek zordur.

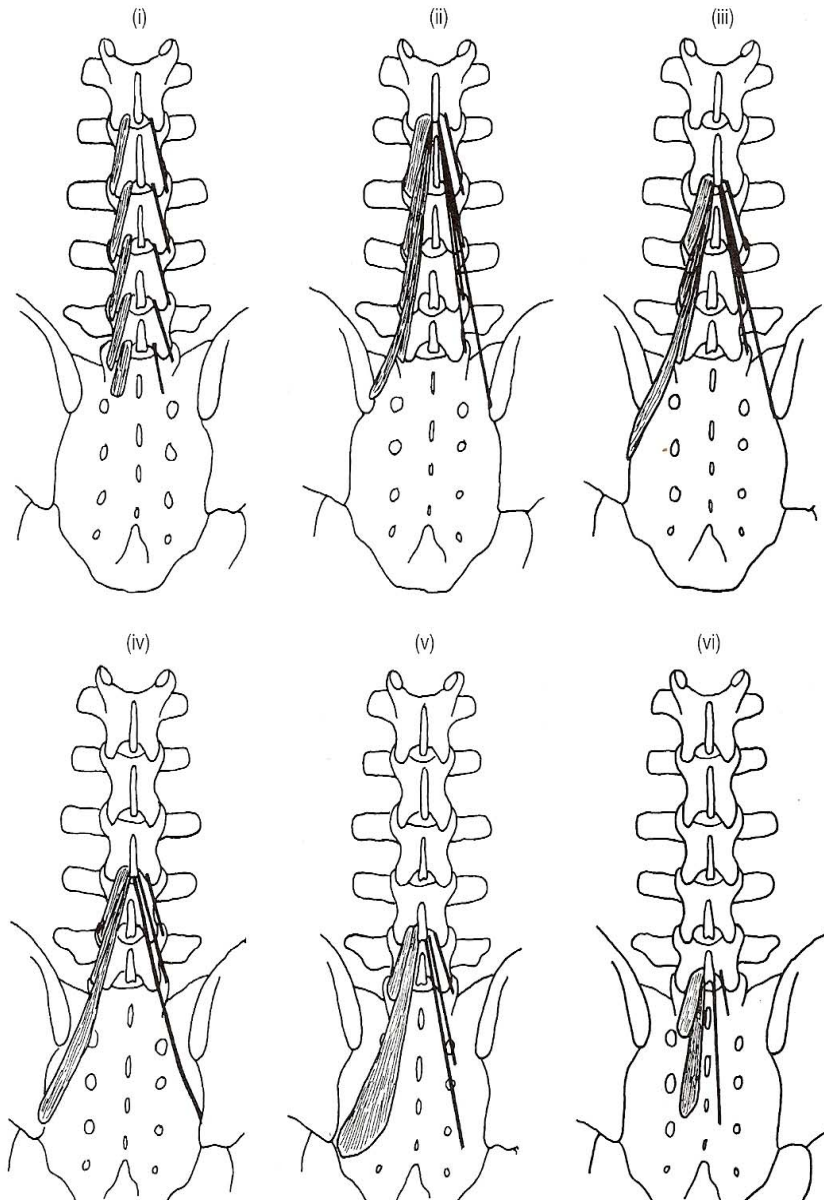
2.3.2. Lumbal Kaslar

M. Multifidus

Bu kas, lumbal kasların en medialinde yer alan lumbal vertebralar içinde, lumbal ve sakral vertebralar arasında vertebradan vertebraya tek düzen halinde uzanan bir kاستır.

Bu kas beş ayrı banda sahiptir ve bu bandı oluşturan her bir fasikulus, lumbal vertebranın spinöz çıkıntısı ve laminasından çıkar. Her bir banttaki en derin ve kısa

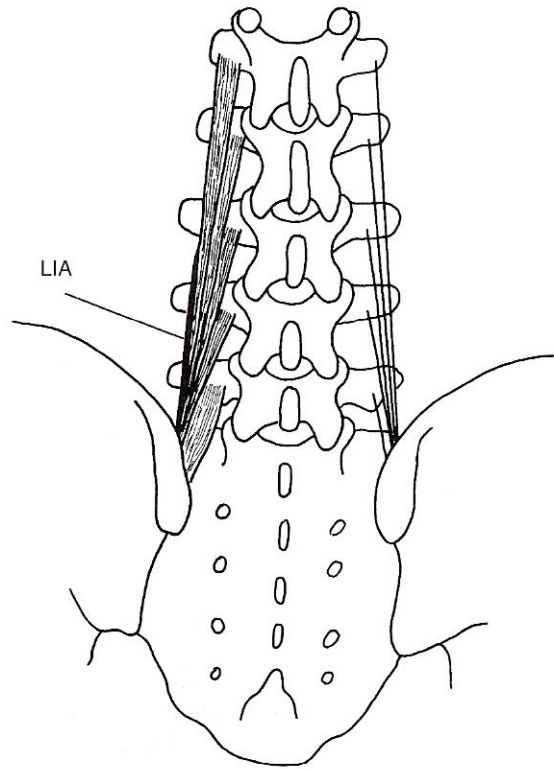
fasiküller vertebral laminadan çıkar ve lamina fibrilleri kaudaldeki 2 seviye vertebranın mamiller çıkıntısına yapışırlar. L₅ fibrilleri ise sakrum bölgesine 1.dorsal sakral foramenin üzerine yapışır. Diğer fasiküller spinöz çıkıntıdan çıkar ve lamina fibrillerinden daha uzundur. Her lumbal vertebra bir grup fasiküle bir çıkış verir ve bu fasiküllerin diğer seviyelerinde üst üste binişirler. Spinöz çıkıntıdan gelen fasiküller 3,4,5 seviye inferiora doğru lumbal veya sakral vertebranın mamiller çıkıntısına yapışırlar. En uzun fasiküller, L₁, L₂, L₃'den posterior superior iliak spinaya yapışanlardır (Şekil 2.3). En derin multifidus fibrillerinin bazıları lumbal zygapophyseal eklem kapsülüne yapışır. Lumbal zygapophyseal eklemlerin tüm kenarları ön yüz hariç multifidus ile kaplıdır. Bu ön yüz kısmında eklem, direkt olarak ligamentum flavum ile bağlantılıdır. Multifidus'un zygapophyseal eklem kapsülüne yapışması, gergin kapsülün korunmasını sağlayarak artiküler kartilajlar arasındaki yaralanmayı önlemektedir (38).



Şekil 2.3: Multifidus kas anatomisi i: her seviye laminar fibriller; ii-vi: L1-5 seviyesinde kaudalden ve spinöz proses tüberkülünden uzanan uzun fasiküller

M. Longissimus Torasis (Lumbal Parça)

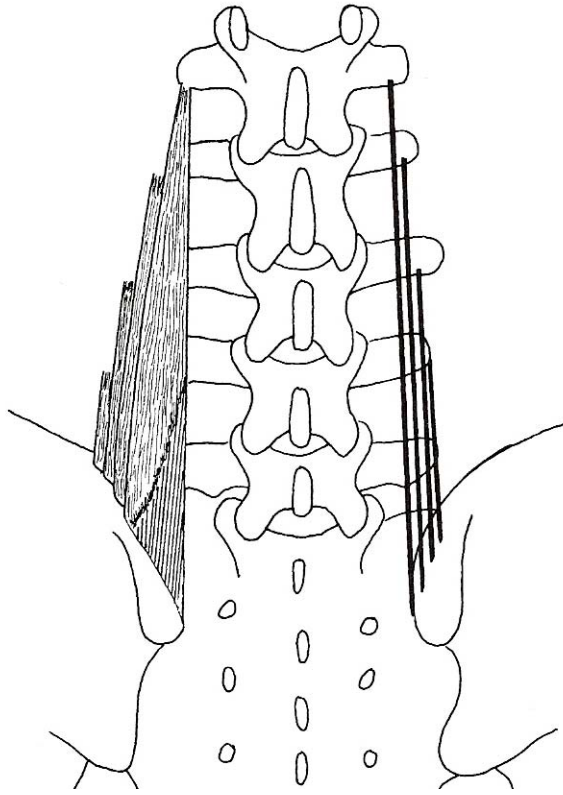
Bu kas lumbal multifidus'un lateralinde uzanır ve beş fasikülden oluşur. Bu fasiküller transvers çıkıntının en medialinden başlar ve ilium ile lumbal vertebrayı birbirine bağlar. L5'den gelen fasikül posterier inferior iliak spinanın medial yüzüne yapışırken L1-4'den gelen fasiküller yapışma yerlerine yakın tendon oluştururlar ve burada birleşirler ki, bu tendonlar lumbal intermusküler aponeurosisi oluştururlar. Bu yapışma, iliumun laterali üzerinde dar bir alanda L5 fasikülünün insersiyosuna doğru olur (39) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. M. Longissimus torasis (lumbal parçası)

M. İliokostalis Lumborum (Lumbal Parça)

Bu kas lumbal kas grubunun en lateralinde yer alır. Dört fasikülden oluşur. L1-4 transvers çıkıntının ucundan başlar ve torakolumbal fasiyanın orta katmanına doğru uzanır. Dört fasikül iliak krista'ya yapışır. L4 fasikül en derin, L1 fasikül ise en dorsalde olandır. Genç yetişkinlerde L5'den iliuma iliokostalis lumborum'un kas fasikülü yoktur. Her kas fibrili doğumda meydana gelir, büyüme ve beslenme ile İliolumbal ligamentin oluşumuna yardım için kollajen yapı ile yer değiştirir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: M. İliokostalis lumborum

Lumbal Kasların Fonksiyonu

Sırt kasları primer olarak bilateral çalıştığında omurganın ekstansiyonunu sağlarlar, ayrıca m. longissimus ve m. iliokostalis unilateral olarak hareket ettikleri zaman ise lateral fleksiyona yardım ederler. Kasların hiçbiri primer olarak aksiyal rotasyona katkıda bulunmaz, fakat bu hareketi içeren bir aktivitede, oblik abdominaller tarafından oluşturulan fleksiyon momentine karşı stabilizasyon görevi görmektedirler. Gövde fleksiyonunda m. multifidus, m. longissimus ve m. iliokostalis anterior rotasyonu kontrol eder. Dik pozisyona dönme sırasında ise, m. multifidus posterior sagital rotasyona neden olur ve ayrıca posterior sagital rotasyonu kontrol eden lumbal erektör spina kasları aktive olur. Bununla birlikte m. erektör spinanın torakal parçası pelvis üzerinde torakal kafese uzanan büyük bir dönme momenti oluşturur. M. multifidus L4-5 vertebra seviyesinde hesaplanan total ekstansör momentin sadece % 20' sine katkıda bulunur. Lumbal erektör spinaller % 30, erektör spinanın torakal komponenti % 50 katkıda bulunur. M. multifidus lumbosakral birleşimdeki en geniş kas olmasına rağmen, pelvis üzerinde torakal kafesin ekstansiyonunda mekanik dezavantaja sahiptir.

Lumbal kasların üçü de lumbal omurganın stabilizasyonu ve desteklenmesine katkıda bulunurlar. Bu kasların destek fonksiyonunun önemi kas fibril tiplerinin dağılımı ile açıklanabilir. Birçok insan kasında hala tip I ve II fibril dağılımı söz konusu iken, birkaç otopsi çalışmasında lumbar multifidus, lumbal ve torakal erektör spina kaslarının yüksek oranda tip I liflerine sahip olduğu gösterilmiştir. Bu paravertebral kaslar, ekstremit kasları ve m. transversus abdominus hariç abdominal kaslar ile karşılaştırıldığında geniş tip I lifleri ile karakterizedir. Tip I fibrillerinin hem geniş hem de fazla sayıda olması tip II ile karşılaştırıldığında bu kasların tonik kasılma rolünün yüksek olduğunu gösterir. Tip I liflerinin oranı torakal bölgedeki m. erektör spinada % 70 gibi yüksek bir oranda rapor edilmiştir. Lumbal bölgedeki m. erektör spinada ise bu oran % 58-69'dır. Lumbal erektör spina ile multifidusun alanı karşılaştırıldığında tip I liflerinin % 8-13 gibi daha yüksek bir oranda multifidusda olduğu rapor edilmiştir (40,41).

Ayrıca bu kasların histokimyasal yapıları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Multifidus kası geniş kapiller bir ağa sahiptir, her kas hücresiyle ilişkili hemen

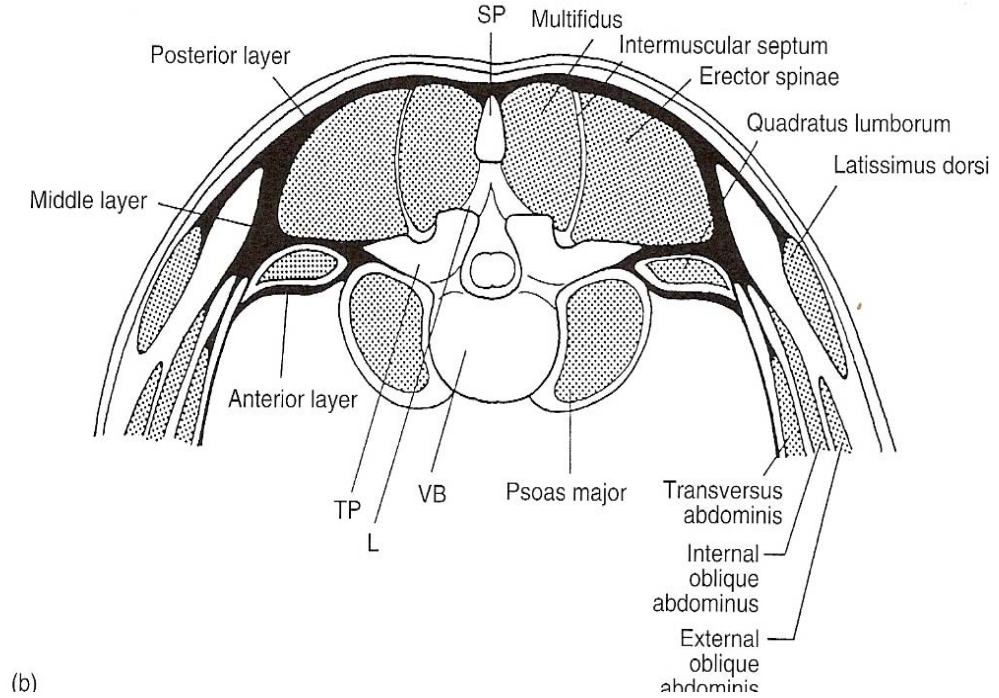
hemen 4–5 kapiller bulundurmaktadır. Tüm lumbal kaslarda oksidatif enzim ve endurans kapasitesi yüksektir. Bu paravertebral kasların histokimyasal kompozisyonu ve tip I liflerinin yüksek oranda bulunması tonik kasılma fonksiyonlarının yüksek olduğunu ve stabilizasyon fonksiyonlarının var olduğunu gösterir (42).

Temel morfolojik ve biomekanik çalışmalarda lumbal multifidus kası segmental destek ve kontrol için iyi bir kapasiteye sahip iken dönme momenti oluşturmada yetersizdir. Diğer taraftan lumbal longissimus ve iliokostalis kasları iyi bir dönme momenti oluştururken, spinal oryantasyon kontrolü için lumbar multifidus kadar özel değildir.

Morfoloji

Lumbal bölgedeki multifidus fasiküllerinin segmental düzeni, tek lumbal vertebra hareketinin iyi bir kontrolü için yeterli kapasiteye sahip olduklarını göstermektedir. Bu onun segmental inervasyonu da gösterilmiştir. Lumbal multifidusun her fasikülü ve bu seviyedeki zigopophyseal eklem, dorsal ramus'un medial dalıyla inerve olur. Her bir sinir sadece fasikülleri inerve eder ki bu fasiküller aynı segmental vertebranın lamina veya spinöz çıkıntıdan çıkarlar. Bu sinir multifidus kası ve özel bir segment arasında ilişki oluşturur. Bu durum, segmental multifidus'un uygulanan yükleri karşılamak için tek bir özel segmenti kontrol ettiğini göstermektedir. Lumbal longissimus ve iliokostalis kasları bu sıkı kas-sinir ilişkisini göstermez. Lumbal longissimus kası L1-4 dorsal dalın intermediate dalları ile inerve olur ve bu kas içinde intersegmental plexus oluşturur. M. iliokostalisin lumbal parçası L1-4 dorsal rami'nin lateral kısımdan inerve olur ve kasın içine kaudale, dorsale ve laterale yayılır (43).

Şekil 2.6'da lumbal omurganın anatomisi gösterilmektedir. Burada ilginç olan görüntü multifidus kas hacminin, L2'den S1'e doğru artan bir progres göstermesidir. Multifidus bu bölgede en geniş kasdır. Lumbal longissimus ve iliocostalis kaslarının hacimleri ise lumbosakral birleşme yerinde kaudale doğru azalma gösterir.



Şekil 2.6. Lumbal omurganın anatomisi (SP: Spinöz Proses, L: Lamina, TP: Transversus Proses, VB: Vertebra)

Lumbosakral birleşimde multifidus kaslarının geniş olması, yakın lumbal erektör spina kasları ile karşılaştırıldığında, bu seviyede bu kasın en iyi destek sağlama kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle L4-5 ve L5-S1 segmentleri bel ağrılı hastalarda en yüksek patolojiye sahip segmentlerdir. Ayrıca m. multifidus kası zygapophyseal eklemlerle yakın bir ilişkiye sahip olduğu için kraniokaudal yöndeki kayma hareketini ve streslerin dağılımını da kontrol etmektedir.

Biomekanik faktörler

Birkaç çalışmada, lumbal kasların spinal segmental stabiliteyi artırma kapasitesi (nötral alan hareketinin kontrolünü), özellikle Panjabi'nin klinik instabilite hipoteziyle ilişkili olarak araştırılmıştır. Çalışmalar çeşitli kas kombinasyonları üzerinde yapılmıştır. Kaigle ve arkadaşları lumbal segmental instabiliteyi tanımlamak için bir hayvan modeli üzerinde çalışmışlardır. Pasif stabilizatör yapılar

(disk, zyghophiysal eklem, ligamentler) enine kesilmiş ve omurga etrafındaki aktif kasların etkisi (m. multifidus, m. erektör spina, m. kuadratus lumborum, m. psoas major-minör) değerlendirilmiştir. Zarar görmüş segmentte elektrot kullanılarak kas stimülasyonu sağlanmış ve sonuçta yaralanmış hareket segmentinin nötral alandaki aşırı hareket paternlerinin kas aktivasyonu ile azaltıldığı ve o segmentin stabilize olduğu görülmüştür (44).

Goel ve diğ. (45) de m. interspinal, m. intertransversiya, m. multifidus ve m. kuadratus lumborum ile benzer bir çalışma yapmışlardır. Kas gücünün başlamasının anterior rotasyon, anteroposterior ve sagittal plandaki yer değişiminde azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır. Bu kasların ligamentöz sistemdeki stabiliteyi de açığa çıkaracağı görülmüştür. zyghophiysal eklemdaki yüklenmenin artması bu eklem normal sağlam omurgaya yük transferinde önemli bir rol oynadığına işaret eder. Kas disfonksiyonu hareket sistemini stabilize edemez, bu da disk ve ligamentlerde bir yüklenmeye neden olur ve zyghophiysal eklem yük transfer rolünü azaltır.

Panjabi'de(46) spinal stabilite üzerine yaptığı çalışmada intersegmental kas gücünün etkilerini araştırmış ve derin m. multifidus fibrillerinin lumbal segmentin stabilitesini kontrol için nöromusküler sisteme büyük bir katkı sağladığını bulmuştur.

Wilke (47) L4-5 monosegmental hareket üzerine 5 farklı kasın (m. multifidus, m. longissimus, m. iliokostalis ve m. psoas major) etkisini araştırmıştır. Test edilen kasların kombine kas aktivitesinin L4-5 segmentinin nötral alan hareketi ve total hareket sınırını azalttığını bulmuştur. Total nötral alan hareketi fleksiyon ve ekstansiyonda % 83, lateral fleksiyonda total hareket sınırı % 55, nötral alan % 76 oranında azalmıştır. Aksiyal rotasyonda % 35 oranında azalma olmuş fakat nötral alanda önemli değişiklik bulunmamıştır. Kas gücünün hareket segmentinin stabilitesini sağladığı görülmüştür. En güçlü etki lumbal multifidus tarafından oluşturulmuştur. Segmental stabilitenin artırılması 2/3 oranından daha fazla olarak multifidus kası tarafından sağlanmaktadır. M. multifidus rotasyon dışındaki tüm hareketlerin hareket sınırında önemli bir azalmadan sorumludur. Derin multifidus fibrilleri özellikle spinal hareketin rotasyon merkezine yakın yerleşimlidir ve uygun açıda bitişik vertebra ile bağlantılıdır. Bu kasın görevinin primer olarak hareket ettirmek değil küçük hareketler ile vertebral dengeyi sağlamak olduğu

bulunmuştur. Yani multifidus her türlü fizyolojik postürde bu yol ile fonksiyon göstermektedir.

Multifidus kasının, hareket segmentinin stabilitesi için aktive olduğu bilinmektedir. Lumbal segmental stabilizasyona katkıda bulunan diğer bir faktör torakolumbal fasiyadır. Torakolumbal fasiya sırt kaslarının etrafında olduğu için bu kasları destekleme görevindedir. Bunu yazarlar “hidrolik güçlendirme mekanizması” olarak isimlendirmişlerdir. Bu güç stabiliteyi artırır ve lumbal stabilizasyona yardımcı olur.

2.3.3. M. Kuadratus Lumborum (Medial Lifler)

M. kuadratus lumborum birkaç laminayı içerir ve torakolumbar fasiyanın ön ve orta tabakaları tarafından çevrilmiştir. Kasın medial parçası iliumdan lumbal vertebraların Transversus çıkıntısının anterior yüzüne doğrudur. Diğer fibrilleri ise transvers çıkıntıdan 12. kaburgaya tutunurlar. Kasın lateral parçası global sisteme ait bir parçadır ve lumbal bölgeden uzak olarak, lateral ilium üzerinden 12. kaburgaya yapışır. Lateral fibrilleri primer olarak lateral fleksiyon momentini oluştururlar. Kasın medial kısmı lateral fleksiyona bir katkı sağlamazken segmental yapışmasına bağlı olarak segmental stabiliteyi oluşturma kapasitesi vardır.

Fonksiyonel aktiviteler üzerinde m. kuadratus lumborum ile ilgili yapılan araştırmalar, bu kasın derinde olması nedeniyle kısıtlanmıştır. Bu nedenle cerrahi EMG tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat bu yöntemde kas etrafındaki fasiyanın yoğunluğuna bağlı olarak EMG girişi oldukça ağırlı olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kasın orta kesiminden kayıtlar alınmış, fakat kesin olarak kasın lateral veya medial kısmından kayıtlar alınıp alınmadığı açık olarak belirlenememiştir. Fakat m. kuadratus lumborum’un omurga stabilitesinde önemli bir rol oynadığı kanıtlanmıştır. Yapılan çalışmalar m. kuadratus lumborum’un stabilizasyon rolünü gösterse de, bu kas büyük stabilizatör kaslar arasında yer alarak omurga üzerine yerleşen dış yüklerin kontrolünü de sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar ile m. kuadratus lumborum’un medial kısmı lateral kısmından fonksiyonel olarak ayrılacak ve böylece tam olarak omurganın segmental stabilitesine katkıda bulunduğu açıkça görülecektir (48–50).

2.4. ABDOMİNAL DUVAR KASLARI

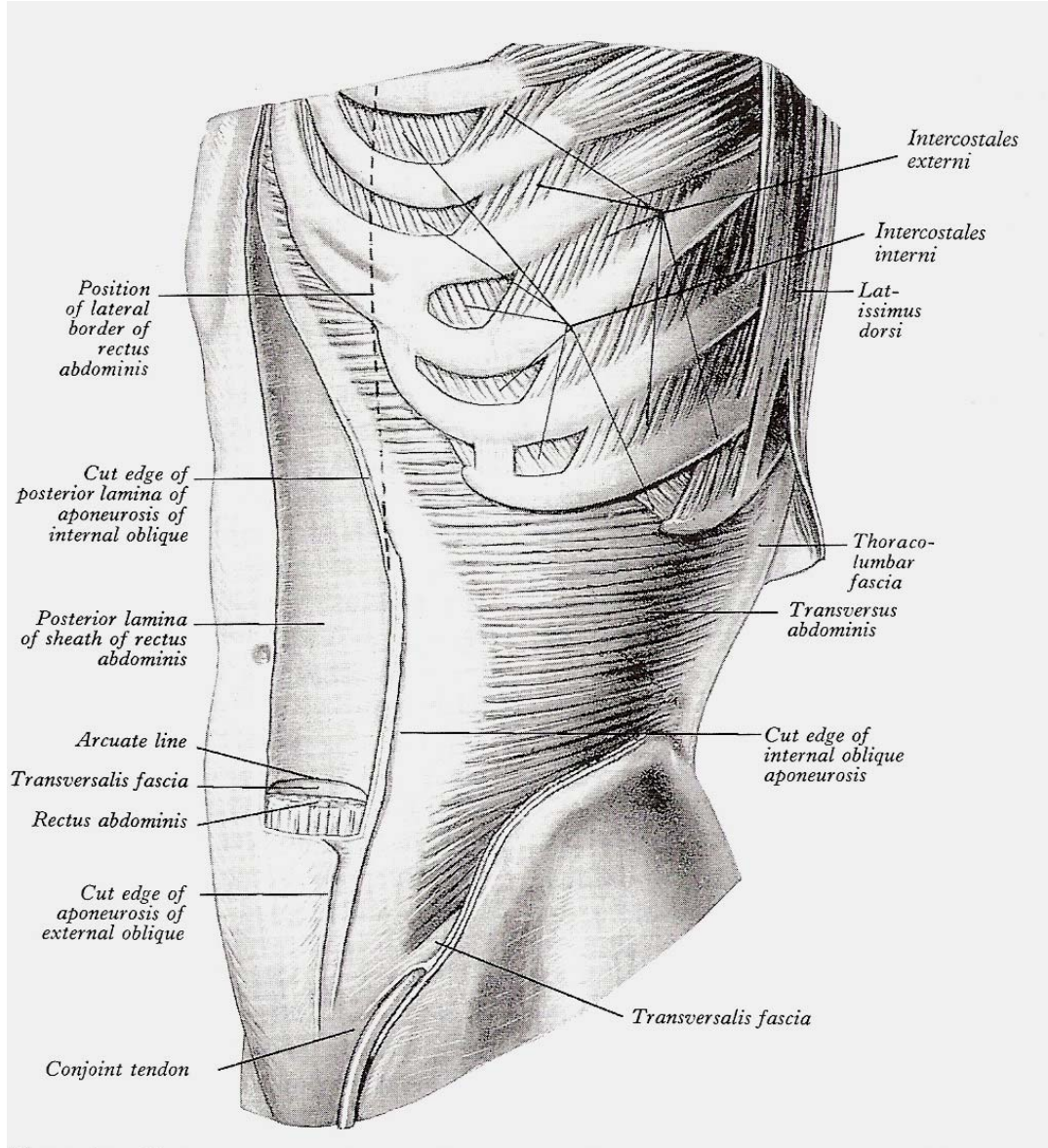
Abdominal duvar kasları omurganın lokal stabilizasyon sistemine katkıda bulunurlar. Bunlar;

- Transversus abdominus
- Oblikus abdominus internus

2.4.1. M. Transversus Abdominus (TA)

Anatomi

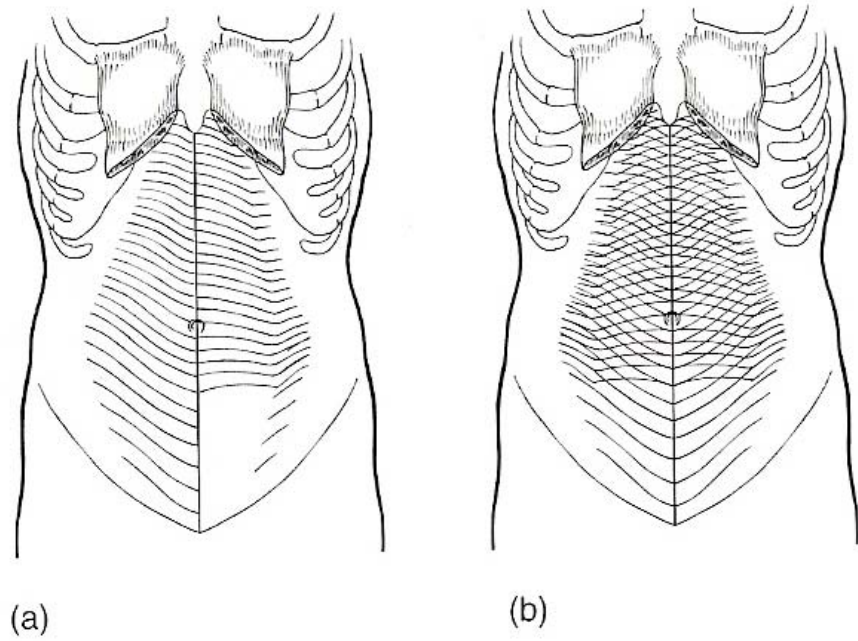
M. Transversus Abdominus abdominal duvarın en derininde yer alan bir kastır. Lateral birleşiminde iliak krista ile 12. kaburga arasındaki torakolumbar fasiyadan, diafragma kası ile birbirinin içine geçtiği son altı kaburga kartilajının iç yüzünden, inguinal ligamentin lateralinden ve iliak kristanın iç kenarının 2/3 anteriorundan başlar (Şekil 2.7).



Şekil 2.7.M. Transversus Abdominus

Kasın medial yapışma yeri karışıktır ve değişken olarak ön aponeurosis duvarındadır. İnguinal ligamentten çıkan alt fibriller aşağı ve mediale doğru ilerleyip internal oblik kasın fibrilleri ile karışıp, yüzeyel inguinal halkanın arkasındaki pubis

kristaya yapışır. Geri kalan fibriller transvers ve medial olarak orta çizgiye doğru ilerlerler. Burada lifler çapraz yaparak linea alba ile karışırlar. Umbilikus üzerinde m. transversus abdominusun aponeurosis fibrilleri hem yukarı hem de aşağı doğru ilerler ve arkaya doğru m. rektus abdominus'a uzanırlar. Aşağıya dönen fibriller karşı m.transversus abdominusun yukarı dönen fibrilleri ile veya karşı internal oblik kasın lateral posterior laminasıyla birleşir. Ters olarak umbilikusun aşağısında iki katman aşağıya doğru yönelir ve ön parça m.rektus abdominusun önünden, arka parça ise arkasından geçer. Umbilikusdan pubic kristaya ilerleyen arka katman fibrilleri ilerleyici olarak m.rektus abdominus'a geçerek transfer olurlar (Şekil 2.8).



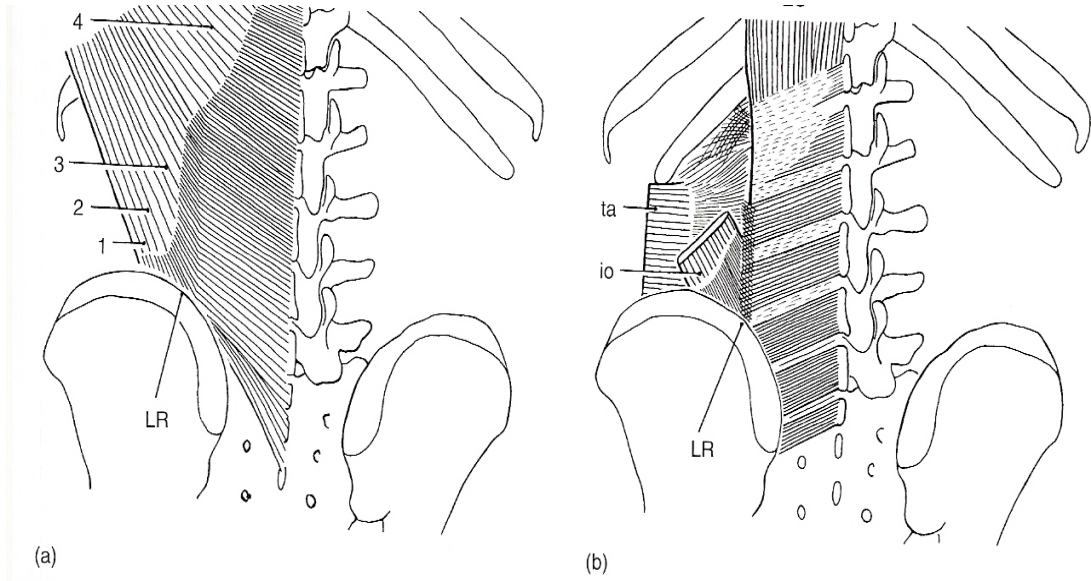
Şekil 2.8. Transversus Abdominus kasının anterior yapışma noktası

a:sağdaki üst-medial fibriller soldaki alt-medial fibriller ile devam eder

b:İki katmanın tamamlanmış paterni

Orta çizgide oluşan çaprazlaşmaya bağlı olarak TA bir mide kası olarak düşünülür, hem karşı TA hem de oblik internus kasına yapışır. TA'un lumbal vertebraya posterior yapışması torakolumbar fasiya (TLF) ile olur. TLF ön, orta ve

arka olmak üzere üç katmandan oluşur ve bunlar erektör spinanın lateral kenarında birleşirler. Ön tabaka lumbal vertebranın transvers çıkıntısının ön yüzünden başlar ve ince bir fibröz tabaka olarak kuadratus lumborumun ön yüzünün üzerine geçer. Orta tabaka kalın güçlü aponeurotik yapıya sahip olarak lumbal transvers çıkıntı ve intertransvers ligamente doğru eğilir. L1-2'den çıkan fibriller 12. kaburgaya yapışır. Bu fibriller aşağıda iliak kristaya uzanırlar ve TA ile birleşirler. Orta katmanın yüzeysel fibrilleri posterior katmanın derin fibrillerine yapışarak erektör spinanın etrafındaki lateral kılıfı oluştururlar. Posterior katman 2 belirgin laminadan oluşur. Torakal ve lumbal spinöz çıkıntı ile interspinöz-supraspinöz ligamentlere yapışırlar (Şekil 2.9). TA, T7-12 spinal sinirlerin ön dalı ve L1 lumbal sinir tarafından inerve edilir.



Şekil 2.9. Torakolumbal Fasiya. Posterior katmanın a:yüzeysel b: derin laminası

Fonksiyonu

TA bilateral olarak kasıldığında abdominal duvarı içeri doğru çeker (kasar, büzer) ve abdominal kavitede artan bir basınca ve trokalumbal fasiya'da artan bir gerilime neden olur. Sonuçta TA'un abdominal hacmin kontrolü, respirasyona katkı, gövde ekstansiyonunun oluşumu (omurgada fleksiyona neden olana dış güce karşı

spinal stabiliteyi sağlama) ve gövde rotasyonu oluşturma gibi rolleri vardır. Bu kasın unilateral olarak aktive olup olmadığı ve ne gibi biomekanik etkilerinin olduğu tartışmalıdır.

Abdominal Hacmin Kontrolü

M. transversus abdominus'un çevresel düzenine bağlı olarak bu kasın bu rolü yerine getirmek için en uygun mekanik etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (51).

Solunuma Katkı

Abdominal kasların EMG kayıtlarına göre ekspirasyonun sonuna doğru bu kaslar aktive olurlar ve aktiviteleri artar. Abdominal kasların kasılması diafragmanın uzunluğunun, son-ekspiratuar akciğer volümünün ve ekspiratuar hava akışının düzenlenmesine katkıda bulunur. Ekspiratuar güçte istemli artış ile (örneğin, kapalı glotise karşı güçlü ekspirasyon) tüm abdominal duvar kasları, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi düşürmek için kasılarak ekspirasyon oluşturlar. Ancak hiperkapni veya inspiratuar yüklenmeye bağlı ventilasyondaki istemsiz artış durumunda ventilasyon seviyesinin düşmesi için TA ve internal oblik kasları, m. rektus abdominus ve m. oblikus eksternus'dan daha erken olarak uyarılırlar. TA bu kontraksiyonu diafragmanın uzunluğundaki artışla ve inspirasyonun başlamasına katkıda bulunan torakal kavitenin elastik geri çekilmesine izin vererek yapar ve böylece inspiratuar etkinliğini artırır (52).

İntraabdominal basıncın oluşumuna katkısı

Abdominal kasların her biri abdominal duvarı düzleştirmesine ve abdominal organları komprese etmesine rağmen, TA'un çevresel yapısı ile intraabdominal basıncı artırmada en büyük etkinliğe sahip olduğu görülmüştür. İntraabdominal kavitedeki basıncın artması ise omurganın stabilitesine katkı sağlamaktadır (53).

Gövde rotasyonuna katkısı

TA'un tek taraflı çalışıp aksiyal gövde rotasyonu oluşturup oluşturmadığı tartışmalıdır. Creswell ve diğ. (54) bir tarafa rotasyon sırasında hem aynı tarafta hem de karşı tarafta TA'un elektromyografik aktivitesinin büyük olduğunu kaydetmişlerdir. Juker ve diğ. (55) ise bilateral TA aktivitesini kaydetmişler fakat

farklı yönlerdeki hareketler arasında aktivasyonda farklılık bulamamışlardır. Buna karşın DeTroy ve diğ. (56) gövde rotasyonu sırasında TA'da minimal aktivite kaydetmişlerdir.

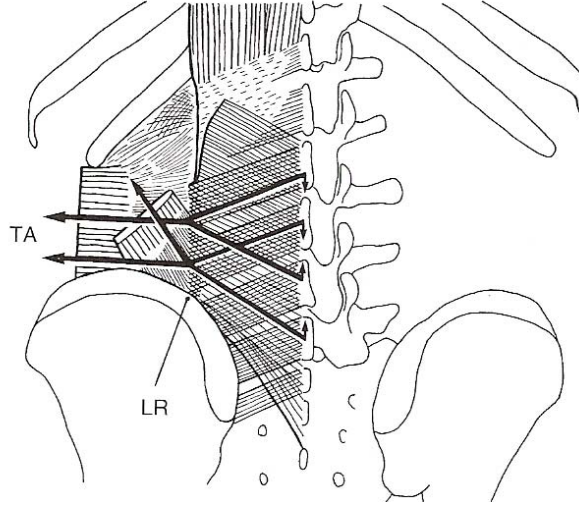
TA'un gövde rotasyonuna katkısı çözümlenmesi zor bir konu olduğundan yapılan anatomik çalışmalar abdominal kasların farklı bölgelerinin morfolojisi ve yapışma noktaları üzerine dikkat çekmiştir. Örneğin göğüs kafesinden yükselen TA'un üst lifleri horizontal bir oryantasyona sahip iken, TLF ve krista iliaka'ya yapışan orta ve alt fibriller aşağı-mediale yönelirler. Her bölgedeki fasiküllerin mekanik avantajlarındaki farklılığa bağlı olarak TA'dan elde edilen EMG aktivitelerinde farklılıklar bulmak mümkündür.

Urquhart ve diğ. (57), oturma pozisyonunda pelvis sabit sağ ve sola rotasyon sırasında TA'un aktive olduğunu fakat bu aktivitenin kas bölgeleri arasında değişiklik gösterdiğini bulmuşlardır. Sola rotasyonda, karşı taraf TA'un orta ve alt fibrilleri ateşlenirken, sağa rotasyonda aynı taraf TA'un üst bölgesi ateşlenmektedir. Bu bilgi lumbopelvik kontrol ve harekette TA'un rolünü anlamaya yardımcı olacaktır.

Gövde Fleksiyon'unun Kontrolü

TA'un bu fonksiyonu hala tartışılmaktadır. Direkt ilişkisi olmamasına rağmen TA'un intraabdominal basıncı artırarak ve TLF'in gerilimini sağlayarak gövde ekstansiyon hareketinin oluşumuna katkı sağlamaktadır. TLF'nin anatomisi teorik olarak değerlendirildiğinde ve TA'un fibrillerinin oblik olmasına bağlı olarak TA'un ekstansör bir tork oluşturabileceği söylenebilir. TLF'nin gerilimi abdominal kasların kontraksiyonu ile sağlanır (58). TA'un TLF'ya yapışma yoğunluğuna bağlı olarak TLF üzerinde en büyük etkiye sahiptir. TA'un TLF'nin tüm lateral bileşim yerine yapışması bu kasın, TLF'nin orta ve posterior katmanlar üzerinde bir gerilim meydana getirmesine neden olur. TLF'nin posterior tabakasındaki lateral gerilim, posterior tabakanın derin laminası ile yukarı doğru, yüzeyel tabakası ile aşağı doğru iletilir. Gerilim çizgilerinin oblikliğinden dolayı, aşağı yönde küçük bir vektör derin laminanın orta yapışma yerinde ve yukarı yönde küçük bir vektör yüzeyel laminanın orta yapışma yerinde oluşur. Bu zıt vektörler L2-4'ün ve L3-5'in ayrılmasına karşı

koyarlar. Sonuçta, TLF'nin posterior katman fibrillerinin oryantasyonu ekstansör momentin oluşumuna yardım eder (Şekil 2.10) (59).

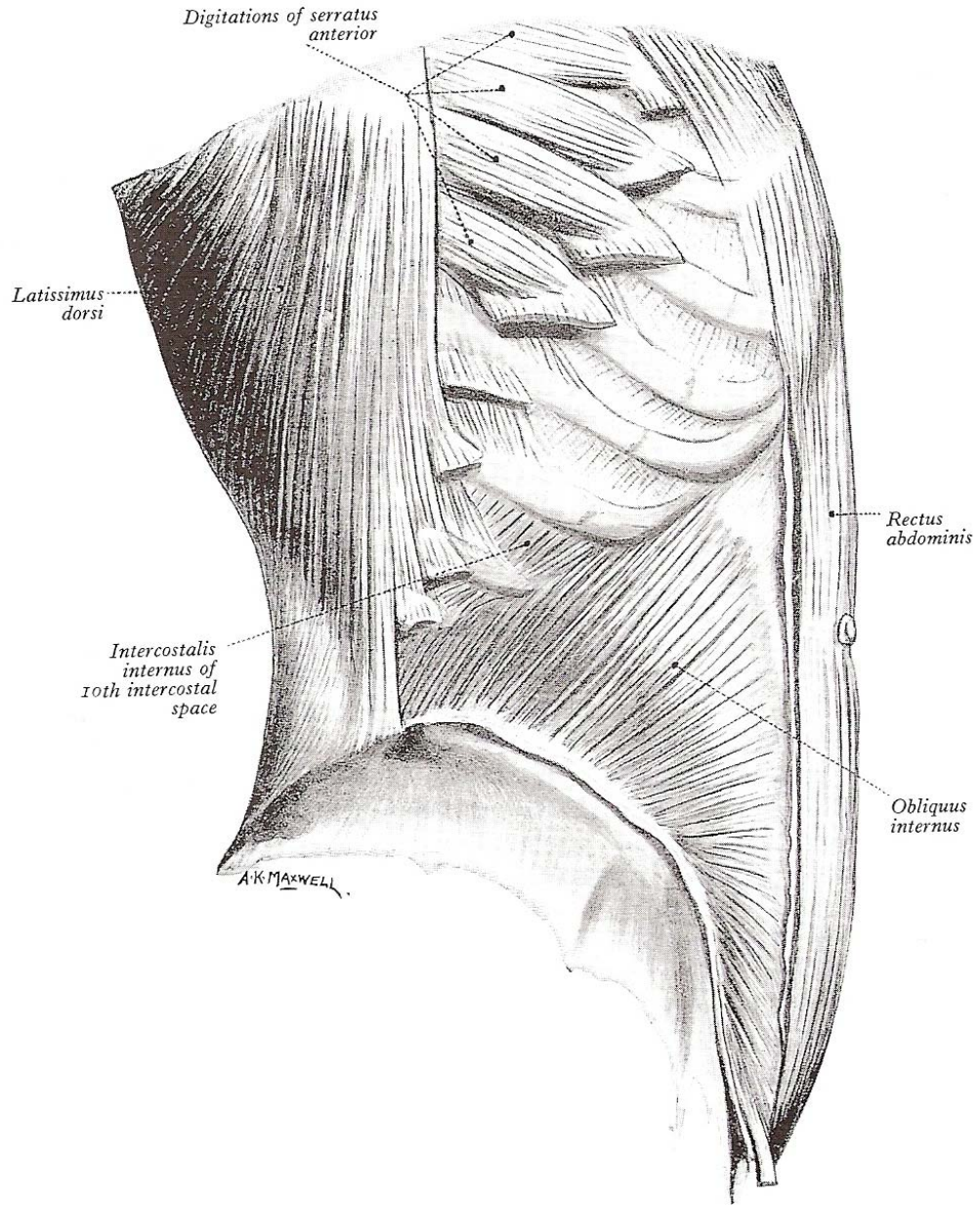


Şekil 2.10. Torakolumbal fasiyanın mekanizması

Diğer bir durum ise intraabdominal basınçtaki değişikliklerin omurgadaki fleksiyon gücünü kontrol etmesi ile ilgilidir. Abdominal kavitenin sıkışmış bir balon gibi omurganın önünde fonksiyon göstermesi diafragma ve pelvik tavanı ayırarak gövde ekstansör momentini oluşturmaktadır. Matematiksel olarak hesaplandığında ekstansör kaslar üzerindeki yükün bu sayede % 12-20 oranında azaldığı görülmüştür (60).

2.4.2. M. Oblikus Internus Abdominus (OIA)

Lateral abdominal duvarın orta katmanında yer alır, inguinal ligamentin 2/3 latereline, iliak kristanın 2/3 anterioruna, 2–3 cm genişliğinde TLF'nin lateral bileşimine, L3 spinöz çıkıntından çıkan derin lamina fibrillerine yapışır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. M. Oblikus İnternus Abdominus

Posterior iliak fibriller üste doğru geçerek alt 3 veya 4. kaburga kemiğinin inferior kenarına yapışır. Inguinal ligamentten gelen fibriller alt mediale doğru ilerler, Transversus abdominus ile tendon birleşme yerindeki gibi krista pubise yapışır. Intermedial fibriller orijinden uzaklaşarak 7- 9. costal kartilajın dış yüzüne yapışan üst aponeurosis fibrilleri ile bilaminar aponeurosise yapışır. Bu intermedial bölgenin alttaki fibrilleri horizontal olarak ilerler. TA'ın fibrillerine paralel olarak m.

oblikus internus abdominus'un ön katmanı yukarı mediale doğru ilerler, linea albaya doğru ve öne m.rektus abdominusa doğru uzanır. Posterior tabaka ise posteriora m. rektus abdominusa ilerler ve TA ile benzer düzene sahiptir. Ön fibriller karşı taraf m. oblikus eksternus ile devam ederken posterior fibriller TA ile devam eder. İnervasyon TA ile aynıdır.

TA ile benzer olarak abdominal visseranın desteği ve intraabdominal basıncın oluşumunu sağlar. İntraabdominal basınç ile OIA arasında bir ilişki bulunamamıştır. Oblik fibrillerin oryantasyonuna bağlı OIA, karşı taraf oblikus eksternus ile aynı taraf rotasyonu sağlar. OIA bilateral kasılması omurgada fleksiyon oluşturur ayrıca bacak hareketleri sırasında pelvis fiksasyonunu sağlar. Tek taraflı kasılması lateral fleksiyon yaptırır.

OIA spinal stabilite ile ilgili global sistemde yer almasına rağmen, kasın bazı parçaları TA ile birlikte fonksiyon görür. Bergmark OIA'un posterior fibrillerinin TLF'nin lateral birleşim yerine yapıştığını ve bu özellik kasın omurganın lokal destek sisteminin bir parçası olduğunu gösterir. Bu kas bu fonksiyonu TA ile paylaşır. Ancak bazı insanlarda TLF'ya yapışmadığı ve bu kişilerde segmental stabiliteye katkı sağlamadığı da görülmüştür.

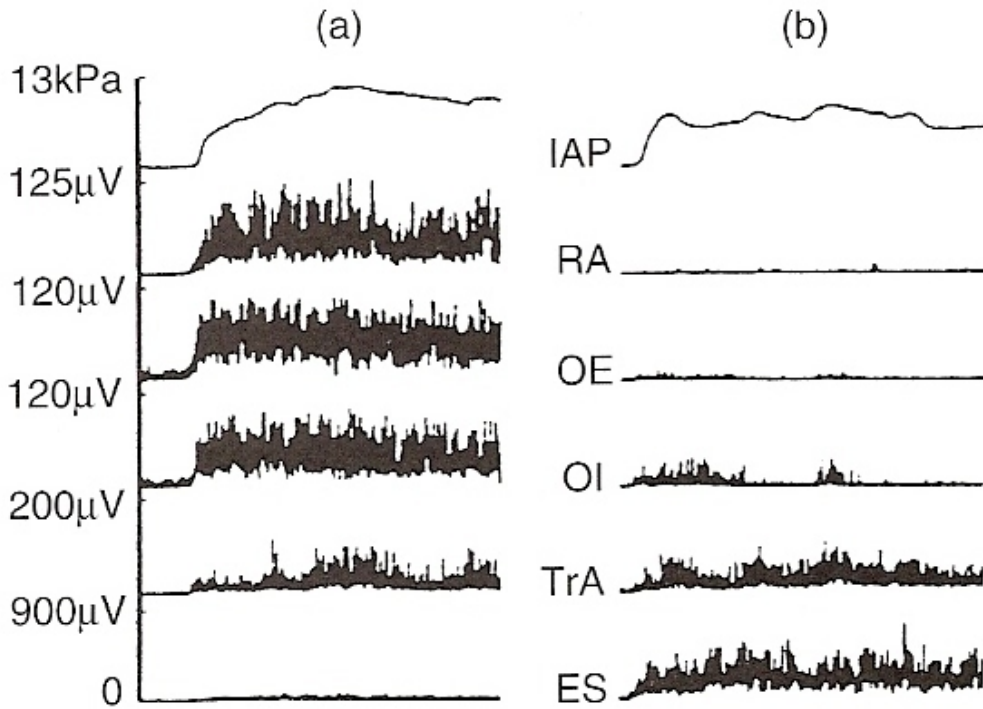
2.5. TANVERSUS ABDOMINUS'UN STABİLİZASYON ROLÜ

Gövdenin stabilitesine abdominal kasların katkıda bulunduğu kabul edilse de, bu fonksiyona TA'un katkısının daha büyük olduğu açık bir şekilde literatürde bilinmektedir. Bu durumun anlaşılmasındaki zorluk, bu kasın transvers olarak düzenlenmiş kas fibrilleri ile spinal stabiliteyi nasıl sağlayabildiğidir. Ancak son yıllarda yapılan laboratuvar çalışmaları, bu kasın çok büyük oranda spinal stabiliteye katkıda bulunduğunu ispatlamıştır.

2.5.1. Statik Gövde Hareketleri Sırasında TA'un Aktivasyonu

Cresswell ve diğ. (54) gövdenin hem izometrik fleksiyonu hem de ekstansiyonu sırasında intraabdominal basınçta bir artış tanımlanmıştır. Bu durumdan yüzeysel abdominal kasların sorumlu olmadığını çünkü gövde ekstansiyonu sırasında hiçbir EMG aktivitesinin bu kaslardan kaydedilmediğini görmüşlerdir. İntraabdominal basınç oluşumundan sorumlu kası tanımlamak için TA'ı değerlendirmişlerdir. Gövde kaslarının aktivasyonu EMG kayıtlarıyla incelendiğinde

gövde fleksiyonu sırasında tüm abdominal kasların aktif olduğu, gövde ekstansiyonu sırasında TA ve daha az olarak internal oblik kasın aktive olduğu görülmüştür. Böylece intraabdominal basınçtaki değişikliğin TA'un aktivitesine bağlı olduğu bulunmuştur (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. İnTAabdominal basınç ile abdominal (M. rektus abdominus (RA), m. oblikus eksternus(OE), M. oblikus internus(Oİ), m. transversus Abdominus(TA)) ve m. erektör spina (ES) kasların elektromyografik kaydı. TA 'un hem izometrik fleksiyon (a) hem de ekstansiyon (b) sırasındaki aktivasyonu

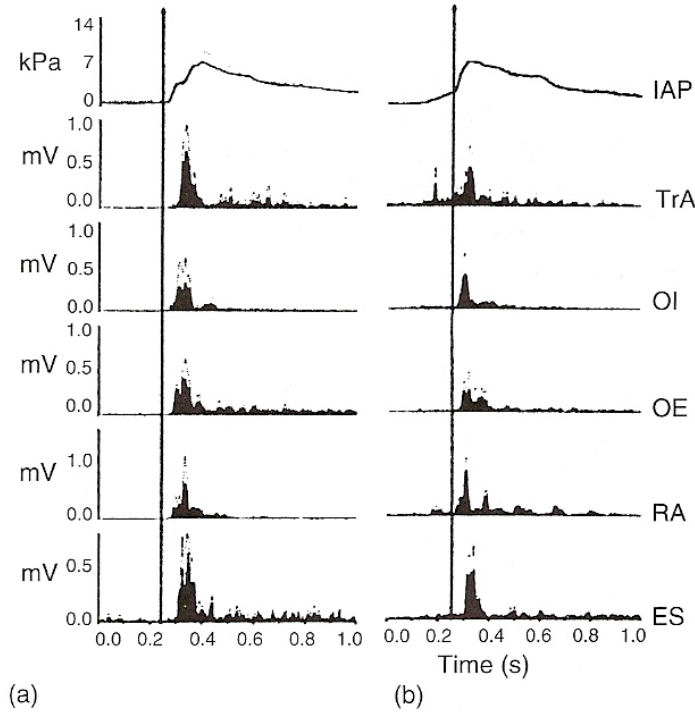
2.5.2.Dinamik Gövde Hareketleri Sırasında TA'un Aktivasyonu

Daha sonraki çalışmalarda Cresswell ve diğ. (54) abdominal kasların dinamik durumlar altındayken cevaplarını incelemişlerdir. İlk olarak gövde fleksiyon ve ekstansiyonu sırasında değerlendirme yapılmıştır. Önceki araştırmaların temelinde bu iki harekette de TA aktive olacağını tahmin etmişlerdir. Sonuçta oblik eksternal, internal ve rektus abdominus kaslarının fazik olarak gövdenin ekstansiyonundan

fleksiyonuna geçerken aktive oldukları, ancak TA'un iki yöndeki hareket boyunca da aktif olduğu bulunmuştur. İntraabdominal basıncın oluşumunun TA'un kontraksiyonu ile ilişkili olduğu ve TA'un bu görevi ile lumbal spinal stabiliteye katkı sağladığı görülmüştür.

2.5.3. Ani Gövde Yüklenmeleri Sırasında TA'un Aktivasyonu

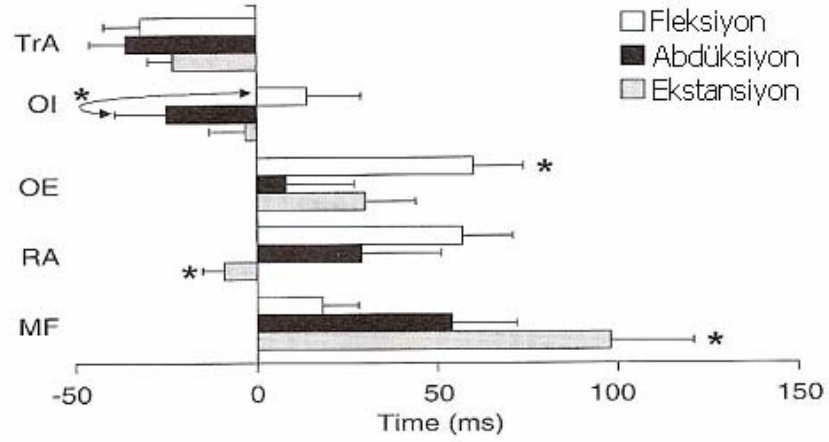
Gövde kaslarının ani gövde salınımlarına olan cevaplarının değerlendirilmesi, omurgayı korumak için santral sinir sistemi tarafından kullanılan stratejilerin tanımlanmasına olanak vermiştir. Cresswell ve diğ. (60) harness sistemi ile gövdeye fleksiyon ve ekstansiyon yönünde güç uygulamışlardır. Her iki yönde uygulanan salınımlardan önce intraabdominal basıncın arttığı ve tüm kasların aktive olduğu görülmüştür. Ani fleksiyon yönünde bir güç uygulandığında, erektör spina kaslarının kısa gecikme süresi ile aktive olduğu, ancak erektör spina aktive olmadan önce TA'un 30 ms'den daha az bir gecikme süresi ile daha erken aktive olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde ani ekstansiyon yönünde bir güç ile abdominal kasların kısa bir gecikme süresi ile aktive olduğu fakat yine TA'un aktive olan ilk kas olduğu görülmüştür. Sonuçta TA'un lumbal omurgayı stabilize etme fonksiyonuna sahip olduğu bir kez daha ispatlanmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Ani öne itme (a) ve öne hareketin ilk başlangıcı (b) sırasında abdominal (M. rektus abdominus (RA), m. oblikus eksternus (OE), m. oblikus internus(Oİ), m. transversus Abdominus (TA)) ve m. erektör spina (ES) kaslarının elektromyografik kaydı

2.5.4. Ekstremit Hareketleri Sırasında TA'un Aktivasyonu

Ekstremit hareketleri sırasında gövde postürünün ve intervertebral kontrolün korunması için kas aktivasyonu gerekmektedir. Santral sinir sisteminin bu durumla başa çıkmak için nasıl bir yol izlediğini incelemek amacıyla ekstremit hareketleri sırasında tüm gövde kaslarının EMG kayıtları alınmıştır. Yapılan üst ekstremit hareketleri sırasında TA'un oluşacak olan salınma karşı gövdeyi korumak için ekstremit hareket yönlerinden bağımsız daha erken aktive olduğu bulunmuştur. Böylece tüm kasların omurganın stabilizasyonuna katkı sağladığı fakat TA'un bu konudaki rolünün daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 2.14, 2.15) (61).

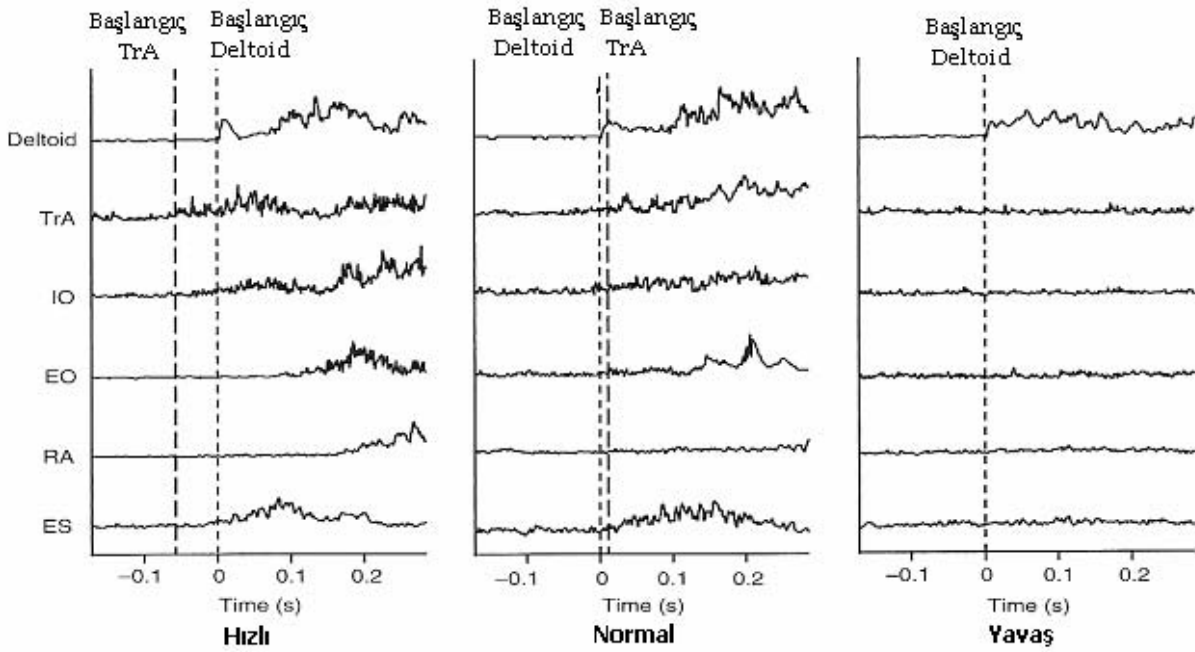


Şekil 2.14. Omuz fleksiyon, ekstansiyon ve abdüksiyon hareketlerinin başlangıcı sırasında abdominal kasların (M. rektus abdominus (RA), m. oblikus eksternus (OE), m. oblikus internus (OI), m.transversus abdominus (TA) ve Multifidus (MF)) EMG aktivitesinin başlangıç zamanı



Şekil 2.15. Omuz fleksiyon, ekstansiyon ve abdüksiyon hareketleri için deltoid kasının aktivite başlangıcı ile abdominal kasların (M. rektus abdominus (RA), m. oblikus eksternus (OE), m. oblikus internus (OI), m.transversus abdominus (TA) ve Multifidus (MF)) EMG aktivitesinin başlangıç zamanı

Farklı bir çalışmada kişilerden kollarını hızlı, normal, yavaş olacak şekilde farklı hızlarda hareket ettirmeleri istenmiştir. Tepkisel güçler ekstremitenin akselerasyonuna ve kütlesine bağlı olduğundan, omurgadaki salınımlar yavaş hareketler ile minimal olacaktır. Çalışmanın sonucunda, TA'un hızlı ve normal hareketlerde ilk ateşlenen kas olduğu ancak yavaş hareketlerde bir aktivasyon göstermediği bulunmuştur (62) (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Farklı hızlarda yaklaşık 10 tekrarlı omuz fleksiyonunda deltoid kasının ve abdominal kasların EMG aktivitesi

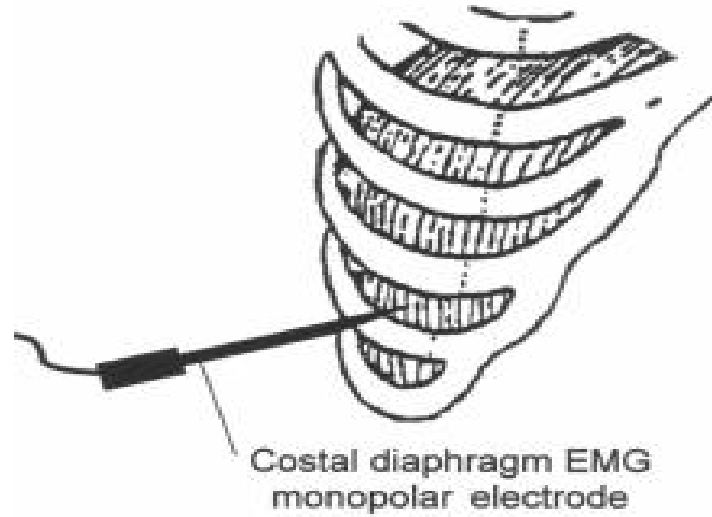
Diğer bir çalışmada vakalardan alt ekstremitelerini hareket ettirmeleri istenmiştir. Bacak koldan daha fazla bir kütleye sahip ve lumbal bölgeye daha yakındır. Bu nedenle daha büyük güçler omurgaya Transfer edilir. Omuzun ilk hareketinden önce TA hemen hemen 30 ms aktive olurken, bu bacak hareketinde 110 ms'ye çıkar. Bu çalışmalar TA'un spinal stabilitedeki aktif kontrolünü açıklamaktadır (63).

2.5.5. TA'un Diğer Gövde Kaslarından Bağımsız Kontrolü

Farklı yönlerdeki gövde ve ekstremitelerdeki hareketleri değerlendirildiğinde, TA'un diğer gövde kaslarından bağımsız olarak aktive olduğu görülmektedir. Santral sinir sistemi tarafından yapılan bu kontrol özeldir ve TA'un kontraksiyonunu düzenleyen ayrı bir sistemdir. TA'un aktivasyonu tüm durumlarda değişikliklerden etkilenmez ve aynı reaksiyon zamanı ile cevap verir. Kişiler hareket edeceğini bilir bilmez TA aktive olurken, diğer kaslar için santral sinir sistemi hangi hareketin yapılacağını bilene kadar bekler (144).

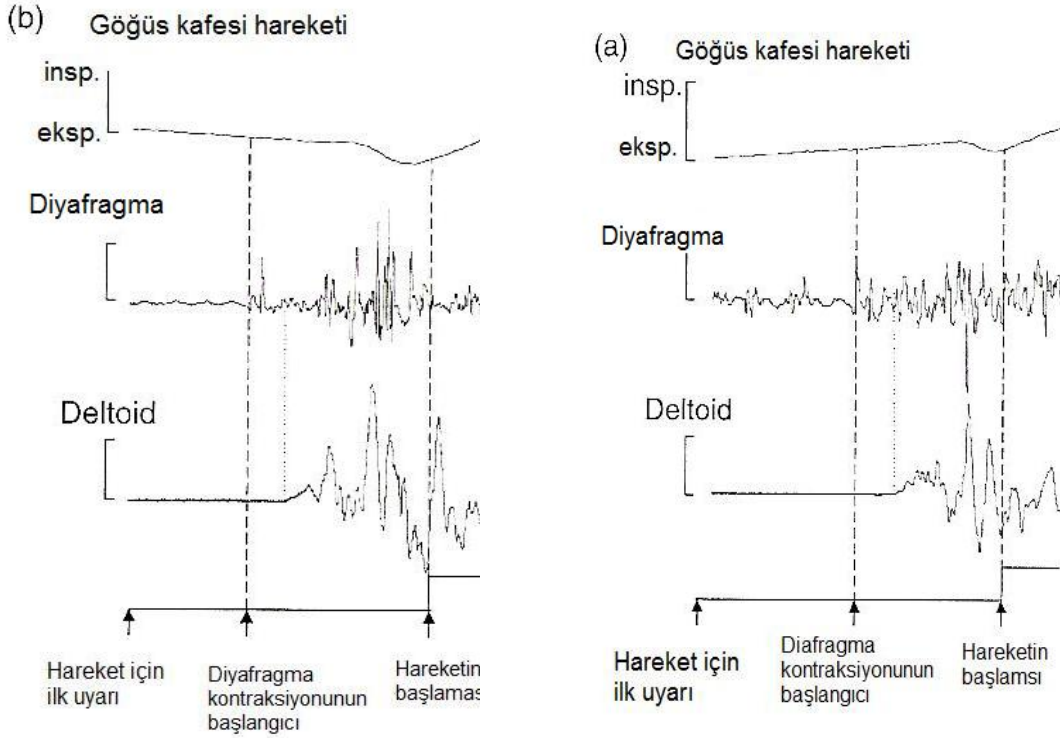
2.5.6. Diafragma'nın Gövde Stabilizasyonundaki Rolü

Yıllardır bilim adamları diafragmanın postural kontrole katkısını araştırmışlardır. Diafragmanın postural kontrole katkısı, daha önce kullanılan ekstremitelerdeki hareket modeli ile incelenmiştir. Bu çalışmada diafragmanın EMG aktivitesi 7. kosta aralığı ile diafragma kostaya elektrotların yerleştirilmesiyle ölçülmüştür (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Diafragma elektrot yerleşimi

Vakalar omuz fleksiyonu yaptığında deltoid'den önce diafragmanın iki parçasının TA ile aynı zamanlı olarak 30ms aktive olduğu ve bu kontraksiyonun inspirasyon ve ekspirasyon fazlarında da devam ettiği görülmüştür (Şekil 2.18) (64–66



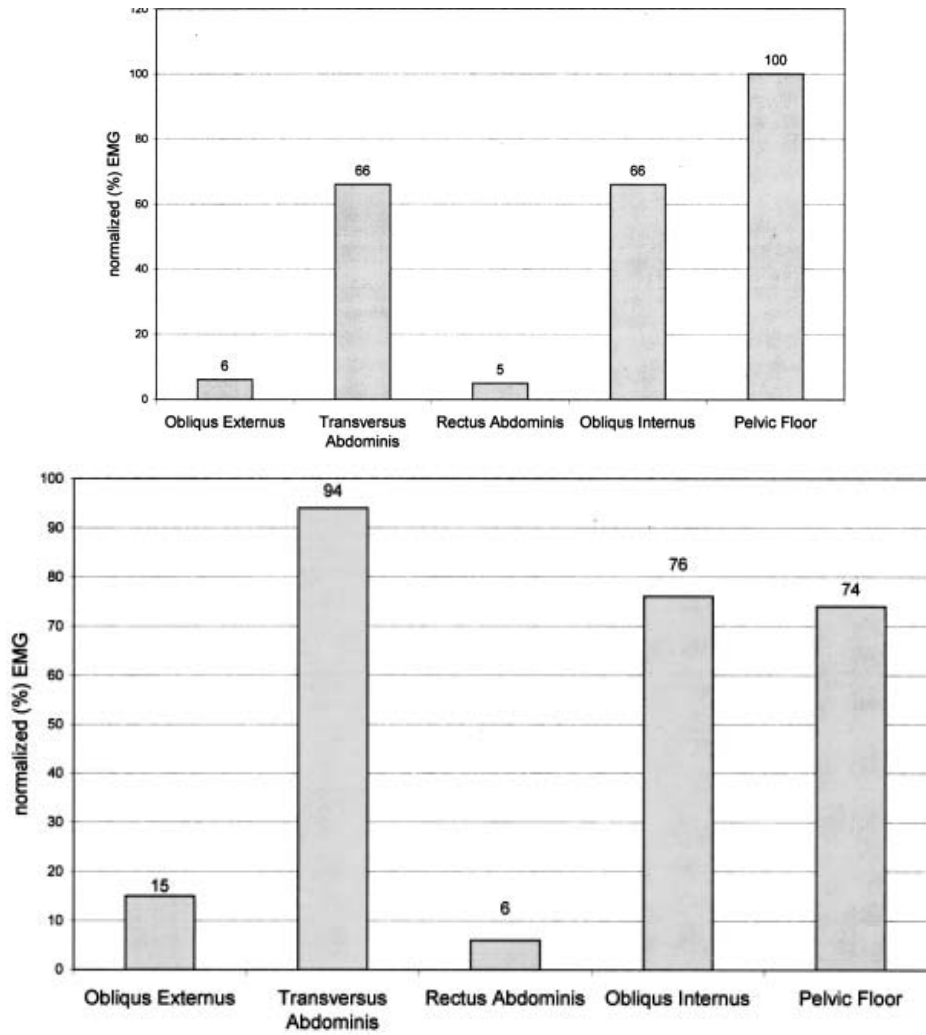
Şekil 2.18. Ekstremit hareketi ile deltoid ve diafragma kaslarının EMG aktivitesi
a:İnspirasyon b:ekspirasyon

Yukarıdaki sonuçlar diafragmanın spinal kontrole katkı sağladığını göstermektedir. Bunu abdominal kavitenin yerdeğişiminin kontrolü ve sıkışmasına yardım ederek ve ayrıca TA'un TLF'daki gerilimini artırarak intraabdominal basıncın oluşmasına izin vererek yapmaktadır (67). Kısa süreli postüral görevler ile diafragma'nın bu fonksiyonunu görmek mümkün ancak postüral görev devam ettiğinde diafragmanın buna nasıl katkıda bulunduğu bilinmemektedir. Yani diafragma hem respirasyon hem de stabilite kontrolünü nasıl sağlayabilmektedir? Bununla ilgili yapılan araştırmalar bu durumun diafragmanın eksentrik ve konsentrik

aktivasyon fazlarına bağı olduğunu belirtmişlerdir. Son yıllardaki çalışmalar ise diafragmanın hareketini abdominal duvarı aşağı çeken TA'un istemli kontraksiyonu ile ilişkilendirmişlerdir (68).

2.5.7.Pelvik Taban Kasları'nın Gövde Stabilizasyonundaki Rolü

Pelvik taban kasları abdominal kavitenin tabanında bulunur ve abdominal kavitenin basıncını artıran mekanizmanın bir parçasıdır. Bu parçanın stabilizasyondaki rolünü incelemek için vakalardan pelvik taban kaslarını maksimum kasmaları istenmiş bu arada abdominal kaslardan EMG kayıtları alınmıştır. Pelvik taban kaslarının EMG kayıtları için elektrotlar pubococcygeus'a yerleştirilmiştir. Pelvik taban kaslarının kontraksiyonu ile aynı zamanlı TA'un kontraksiyonunda artış gözlenmiştir (Şekil 2.19) (69,70).



Şekil 2.19. Maksimum pelvik taban kontraksiyonu sırasında abdominal kasların

EMG cevapları (üsteki: sırtüstü, alttaki: ayakta)

Ayrıca diğer bir çalışmada ise abdominal kasların aktivasyonunu ile pubococcygeus'da bir aktivasyon ortaya çıktığı görülmüştür. Bu nedenle pelvik taban kaslarının kontraksiyonu hem TA kontraksiyonuna hem de intraabdominal basıncı artırarak omurganın stabilizasyonuna katkı sağlamaktadır (71).

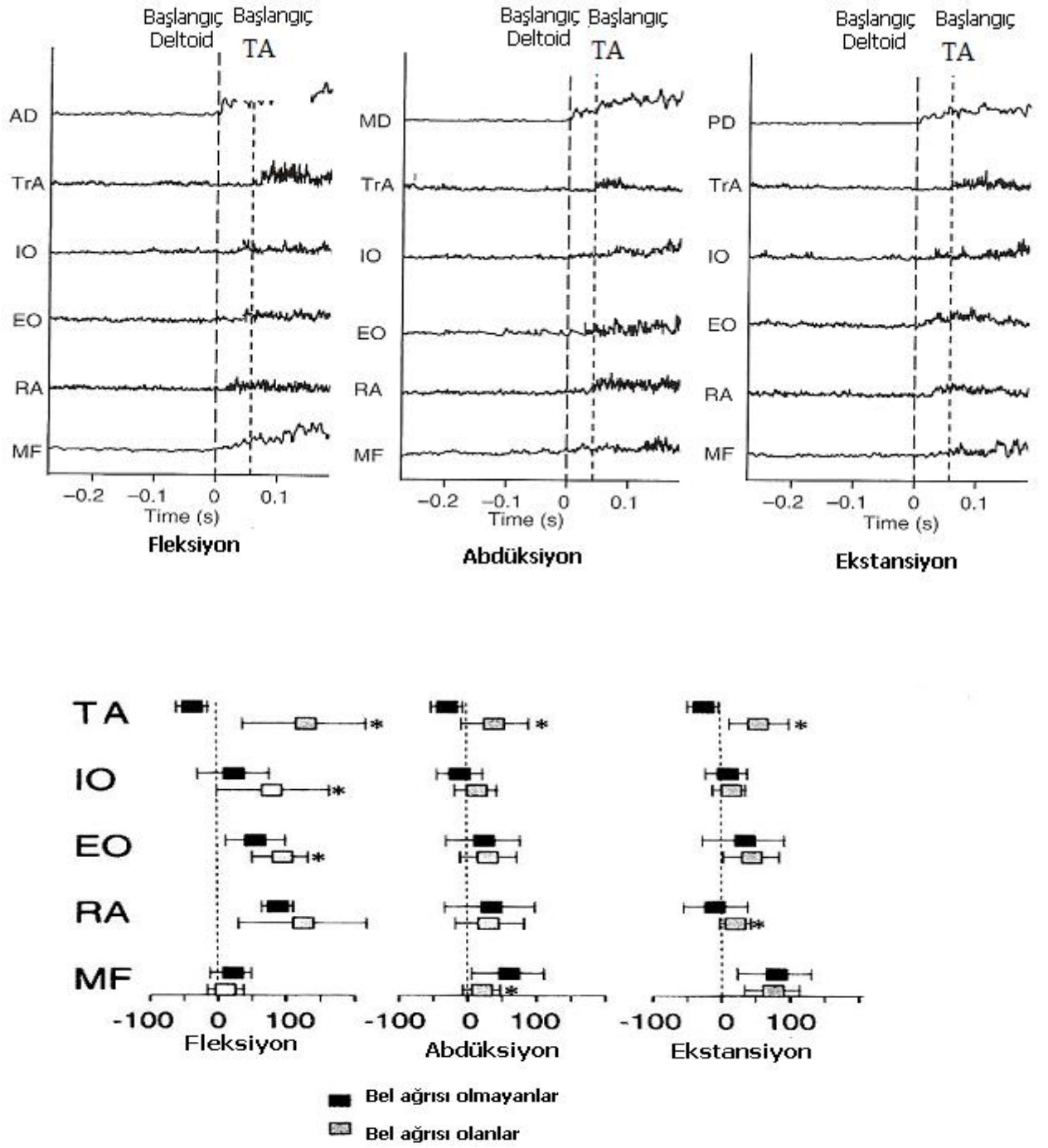
2.6. LOKAL KASLARIN DİSFONKSİYONU

2.6.1. M. Transvers Abdominus(TA) Disfonksiyonu

Geciken Aktivasyon

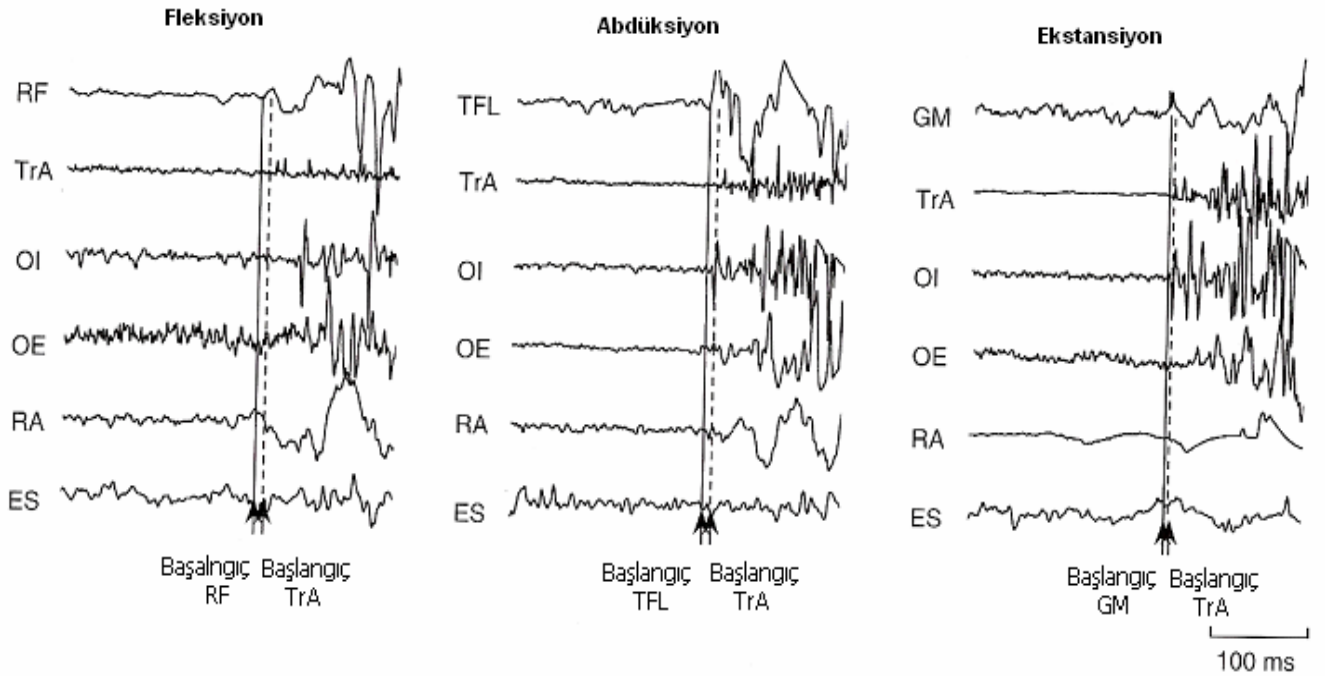
Bel ağrısı hikâyesi olmayan kişilerde TA'un kontraksiyonu ekstremit hareketleri başlamadan önce oluşmaktadır. Bel ağrısına sahip hastalarda yapılan çalışmalarda ise, bu önceden beklenen kontraksiyonun oluşmasında herhangi bir

değişiklik olup olmadığı incelenmiştir. Bunun için seçilen vakaların en az 18 ay bel ağrısına sahip olma zorunlulukları vardı. Ayrıca bu problem nedeniyle çalışamayan ve tıbbi veya benzer bir sağlık yardımı almakta olan hastalar seçilmiştir. EMG kayıtları derin abdominal kaslardan alınmıştır. İlk çalışmada vakalardan kollarını fleksiyon-abduksiyon ve ekstansiyon yönlerinde hareket ettirmeleri istendiğinde hastalardaki en ciddi bozukluğun TA'un kontraksiyon başlangıcının 50–450 ms arasında gecikmesiydi. Sonuçta TA'un kontraksiyonu, hareket öncesi periyotta oluşmazken, ekstremiteler hareketinden kaynaklanan salınımlar için omurgayı önceden hazırlamada başarısız kalmıştır. Yapılan birçok denemede TA'un kontraksiyonu hareket tamamlandıktan sonra oluşmuştur (Şekil 2.20) (72–77).



Şekil 2.20. Omuz fleksiyon, abdüksiyon ve ekstansiyon sırasında abdominal kasların elektromyografik aktivitesi

EMG kayıtlarıyla gösterilen TA'un aktivite başlangıcındaki gecikme tüm yönlerdeki hareketler sırasında görülmektedir. Aktivitenin başlangıcındaki değişiklik oblikus internus, eksternus ve rektus abdominus için de tanımlanmıştır. Benzer bir çalışma bacak hareketleriyle yapıldığı zaman, önceden beklenen gövde kaslarının aktivitesinde benzer değişiklikler tanımlanmıştır. Bu kasların aktivasyonu bel ağrısı hikâyesi olmayan kişilerde bacağın ilk hareketinden 110 ms önce başlarken bel ağrısı olan hastalarda TA'un başlangıç aktivitesi birkaç yüz ms den yukarı bir seviyede ortaya çıkmıştır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Kalça fleksiyon, abduksiyon ve ekstansiyon sırasında abdominal kasların elektromyografik aktivitesi RF: M. Rektus Femoris, TFL: M. Tensor Fasiya Lata

GM: Gluteus Maksimus

Fazık Kontraksiyon ve Bağımsızlık Kontrolünün Kaybı

Bel ağrılı hastaların özellikle EMG'de görülen aktivite paternleri incelendiğinde ilginç bir sonuç bulunmuştur. Bel ağrısı olmayan kontrol grubu vakalarında EMG kayıtlarında TA'un tonik postüral cevabı gözlenirken, bel ağrılı

hastalarda fazik bir atım cevabı görünmüştür. Atım paternlerindeki bu değişiklik, santral sinir sistemi tarafından yönetilen kontrol stratejilerindeki değişikliği de göstermektedir. Sonuçta bel ağrılı hastalarda TA'un santral mekanizması değişmiş ve bağımsız kontrolü kaybolmuştur (78).

Normal- Hızlı Hareketlerdeki Cevabın Başarısızlığı

Bel ağrısı olmayan kişilerde TA'un beklenen kontraksiyonu normal ($\sim 150^\circ/\text{s}$) ve hızlı ($\sim 300^\circ/\text{s}$) hareketlerde oluşmaktadır fakat $30^\circ/\text{s}$ dan yavaş hareketlerde görülmemektedir. Bu durum, TA'un kontraksiyona başlaması için ekstremiteler hareketlerinden kaynaklı tepkisel güçlerin belli bir eşik değerine ulaşması gerektiğini göstermektedir. Bel ağrısı olan hastalarda ise TA'un aktivasyonu sadece hızlı hareketlerde ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle TA'un aktivasyonu için eşik değer, bel ağrılı hastalarda artmaktadır. Bu benzer değişiklikler oblikus internus, eksternus ve rektus abdominus için de tanımlanmıştır.

2.6.2. Multifidus Kasının Disfonksiyonu

Bel ağrısı olan hastalarda Multifidus kasının disfonksiyonuna kas aktivasyonu, yorgunluk ve kas kompozisyonuna bakılarak karar verilmiştir.

Kas Aktivasyonu

Yüzeyel EMG kullanarak paraspinal kasların aktivasyonu incelenmiştir. Sihvonen ve diğ. (79) 87 bel ağrılı ve 25 asemptomatik vakayı fleksiyon ve ekstansiyon pozisyonunda değerlendirmişlerdir. Lumbal multifidus için elektrotlar L4-L5 vertebra seviyesine yerleştirilmiştir. Segmental multifidusun aktivite seviyesinde iki grupta farklılık bulunmuştur. Lumbal ekstansiyon sırasında bel ağrısı olan vakalarda EMG sonuçları kontrol grubuyla karşılaştırıldığında iki vertebral segmentte de aktivitede azalma bulunmuştur. Segmental instabilitesi olan 87 hastanın 28'inde fleksiyonda vertebralar arasında 4 mm'den fazla kayma tanımlanmıştır. Sonuçta instabil seviyede daha az aktivite ve daha az bir kas koruması bulunmaktadır.

Yorgunluk

Yorgunluk mekanik bir terimdir ve belli bir seviyede uzun süre korunamayan kontraksiyon veya belli bir güçte uzun sürdürülmeyen tekrarlı bir iş olarak

tanımlanmaktadır. Bel ağrısı ve asemptomatik vakalar arasındaki farklılığa karar vermek için gövde ekstansörlerinin izometrik endurans testinin yapıldığı mekanik bir yöntem kullanılır. Bu yöntem ile kaydedilen EMG kayıtları bel ağrısına sahip vakaların endurans değerlerinin önemli ölçüde düşük olduğunu göstermektedir. Zayıf multifidus kas kontraksiyonu sırasında kas içindeki basınç, kuvvetli bir iskelet kasının kontraksiyonu sırasında oluşan 500 mmHg basıncından daha yüksektir. Ayrıca kontraksiyon sırasındaki artan kan volümü, ödem ve kapiller perfüzyon ile kas hacminin % 20'nin üzerinde artması bu basıncın dahada yükselmesine neden olur. Bu durum daha fazla oksijen difüzyonunu gerektirir ki, yetersizliği hipoksi ve kas yorgunluğuna yol açar. Sonuçta, yorgunluk artan bir zaman periyodu boyunca yetersiz kas desteğinin göstergesidir. Bu nedenle bel ağrılı hastalarda disfonksiyonu tanımlamak için değerlendirilmeli ve uygun bir tedavi seçeneği oluşturulmalıdır (80,81).

Kompozisyon

Paraspinal kas disfonksiyonunu inceleyen çalışmalarda, Tip I ve II kas liflerinin değişikliği değerlendirilmiştir. Multifidus kasının fibril büyüklüğü ve kas fibrilinin içyapısındaki değişiklikler multifidus kas düzenin iki temel parametresidir ve bel ağrısı olan hastalarda mutlaka değerlendirilmelidir.

Bel ağrısı olan hastalarda lumbal cerrahi ile birkaç biopsi çalışması yapılmıştır. Sonuçta seçici tip II liflerinin atrofisi ve tip I liflerinin içyapısındaki değişiklikler bel ağrısı olan hastalarda gösterilmiştir. Tip I fibrillerin büyüklüğü değişmeden kalmakta fakat içyapıdaki değişiklikler hızlıca oluşmaktadır. Tip II kas liflerinin atrofisi ve Tip I liflerinin içyapısındaki değişimin geri dönüşü ile ilgili çalışmalar bel ağrısı nedeniyle cerrahiye giden hastalarda yapılmıştır. Kas örnekleri disk cerrahisinde ve 5 yıllık postoperatif takipte alınmıştır. Hastalar bu 5 yıllık sürede fonksiyonel özürlerine göre pozitif ve negatif sonuçlar diye iki gruba ayrılmıştır. Tüm vakalarda tip II liflerinin atrofisi ve Tip I liflerinin içyapısındaki değişiklikler gözlenmiştir. Pozitif sonuçlu grupta bu içyapıdaki anormallik azalırken negatif grupta bu artış oranı yükselmiştir. Bu sonuçlar disk cerrahisinden sonra fonksiyonel geri dönüşün multifidus kasındaki Tip I kas liflerinin anormal yapısının azalmasıyla ilgili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular bu kasdaki disfonksiyonun klinik

önemine dikkat çekmektedir ve ilk biopsideki patolojik değişiklikler uygun cerrahi ve fizik tedavi yaklaşımı ile geri döndürülmelidir (82–85).

Büyüklik

Son yıllarda yapılan çalışmalarla bel ağrılı hastalarda L4–5 seviyesinde lumbal multifidus'un alanında azalma saptanmıştır. Tek bir vertebral segmentte görülen bu değişiklik akut bel ağrısının gelişimini takiben 24 saat içerisinde oluşmaktadır. Akut bel ağrısına sahip hastalarda lumbal multifidus ultrason ile incelendiğinde hastalarda multifidus asimetrisi bulunmuştur. Multifidus atrofi semptomlarla aynı tarafta ve tek bir vertebra seviyesinde gözlenmiştir. İki taraf arasındaki farkın büyüklüğü % 31, normal vakalarda ise bu oran % 3 bulunmuştur. Asimetrideki bu farklılık bel ağrısı hastaları için semptom seviyesinde ve normal kaslar için L4'de sergilenmiştir. Multifidus kasındaki bu hızlı atrofi çok çabuk oluşur hatta yaralanmadan sonraki 24 saat içinde kişide asimetri gözlenebilir. Bunun nedeninin en iyi açıklaması lumbal multifidusun segmental inhibisyonudur (85–89).

Lumbal cerrahinin lumbal multifidus üzerine etkisi değerlendirildiğinde ise, Multifidus kasında ciddi değişiklikler bulunmuştur. Spinal stenoz ve disk hernisi gibi sebeplerden lumbal cerrahiye başvuran iki gruba başarılı stenotik yapının giderilmesi ve sinir dekompresyonu işlemleri yapılmıştır. Cerrahi dönemde hastaların benzer sonuçlara sahip olduğu bulunmuş, fakat bunların fonksiyonel geri dönüşü farklı olmuştur. Daha zayıf fonksiyonel geri dönüşe sahip hastalarda çok belirgin bir şekilde multifidus kas atrofi görülmüştür (90–92).

Bu çalışmaları takiben multifidusun spontan iyileşip iyileşmediğini değerlendirmek için çalışmalar yapılmıştır. 39 akut tek taraflı bel ağrısı olan kişilerde multifidus kasının segmental inhibisyonu gösterilmiş ve hastalar aktif tedavi alan ve almayanlar şeklinde iki gruba ayrılmıştır. İki grup bir yıllık takipte her hafta ağrı, özer, hareket sınırı açısından ayrıca ultrason görüntüleme yöntemi ile multifidusun büyüklüğü değerlendirilmiştir. Tedavi grubundaki vakalar multifidus kasının stabilizasyon fonksiyonunu geliştirmek için özel egzersizler yaptılar. Bel ağrısı tüm vakalarda azalmış ve gruplar arasında özer skorlarında farklılık bulunmamıştır. Semptomatik tedavi gören hastalarda ağrının azalmasına ve normal aktiviteye geri dönülmesine rağmen multifidus kas büyüklüğü dört hafta azalmış ve onuncu haftaya kadar da bu durum devam etmiştir. Tam tersi olarak egzersiz grubunda ağrının

rahatlaması ile dört hafta çalışma periyodu içinde belirgin gelişme sağlanmıştır. Uzun süreli sonuçlara bakıldığında sadece egzersiz vakalarının %30 u, kontrol vakalarının ise %80 i tekrarlayan bel ağrısı yaşamışlardır. Segmental multifidus kasındaki inhibisyon onuncu haftada açık bir şekilde görülmektedir. Azalan kas desteği yaralanmaya maruz kalacak başka yaralanmalara zemin hazırlayacaktır. Bu çalışma özellikle yaralanan yer ile ilişkili kas sisteminin disfonksiyonunun tanımlanması ve ölçülmesi gerektiğine ve ayrıca disfonksiyonel kaslara özel tedavinin seçilmesi gerektiğine ışık tutmuştur (93–95).

Bu çalışmaların sonuçları, akut bel ağrısı ile azalan multifidus büyüklüğünün muhtemel sebeplerini ortaya çıkarmıştır. Bunlar refleks inhibisyon, ağrı inhibisyonu ve atrofidir. Başlangıç hızı ve kas büyüklüğündeki azalmanın yayılımının lokalize olması kullanılmama atrofisinin nedeni değildir. En iyi açıklanan mekanizma refleks inhibisyonudur.

2.7. SEGMENTAL STABİLİZASYON İÇİN DERİN KAS SİSTEMİNİN KLİNİK TEDAVİSİ

Bel ağrısı olan hastalarda, gövde ve lumbopelvik bölgenin derin kaslarında farklı motor kontrol probleminin olduğu kesindir. Bununla birlikte uygulanan özel egzersiz programları, akut bel ağrısı olan hastaların kaslarının geri dönüşünü pozitif yönde etkilemekte ve sonuçta ağrı seviyesinde azalma, fonksiyonel seviyede artan bir durum ortaya çıkarmaktadır.

Segmental stabilizasyon ile ilgili özel egzersizler birkaç temele dayanarak oluşturulmuştur. Bunlar lokal kasların biomekanik ko-kontraksiyon etkisi, motor kontrol ve eklem stabilizasyonu, eğitilen kas sisteminin cevapları; lokal kaslardaki motor kontrol problemlerinin klinik ve laboratuvar kanıtları'dır. Bu konuların ışığı altında oluşturulan egzersiz tekniklerinin birkaç özelliği bulunmaktadır.

Bunlar;

- kas fonksiyonunun motor kontrol yönünün geliştirilmesi
- nötral omurga postürünün sağlanması
- gövde kaslarının ko-kontraksiyonu (TA ve multifidus içeren)

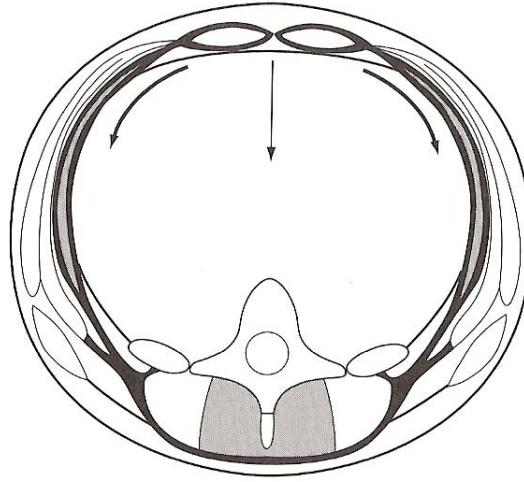
- düşük seviyede devam eden tonik kontraksiyon
- global kaslardan bağımsız olarak TA ve multifidus'un tam ko-kontraksiyonu
- derin kas ko-kontraksiyonunun çalışmasına izin veren global kas aktivasyonunu azaltan metotlardan yararlanma
- derin kas ko-kontraksiyonunu sağlamak için yeni fasilitasyon stratejilerinden yararlanmak
- kişiye özel tedavi stratejilerin seçimi 'dir.

Ko-kontraksiyon egzersizleri özel motor beceri gibi tanımlanmıştır Bel ağrısı hikâyesi olmayanlar bu egzersizleri iyi bir şekilde yaparken bel ağrılı kişiler bu beceriyi yapmada büyük zorlukla karşılaşmıştır. Bu nedenle bu motor beceri kuvvet ve endurans artırıcı egzersizlerden daha çok motor öğrenme metodu ile daha iyi rehabilite edilir.

2.7.1. Özel Egzersiz Konsepti

Özel egzersiz konsepti anahtar lokal kasların (TA ve multifidusun) ko-kontraksiyonunun başarılması üzerine kurulmuştur. Amaç, bu kasların direkt olarak lumbal vertebraya yapışmaları, intraabdominal basıncı ve torakolumbal fasiyadaki gerilimi arttırmaları ile lokal spinal segmental desteği etkilemektir.

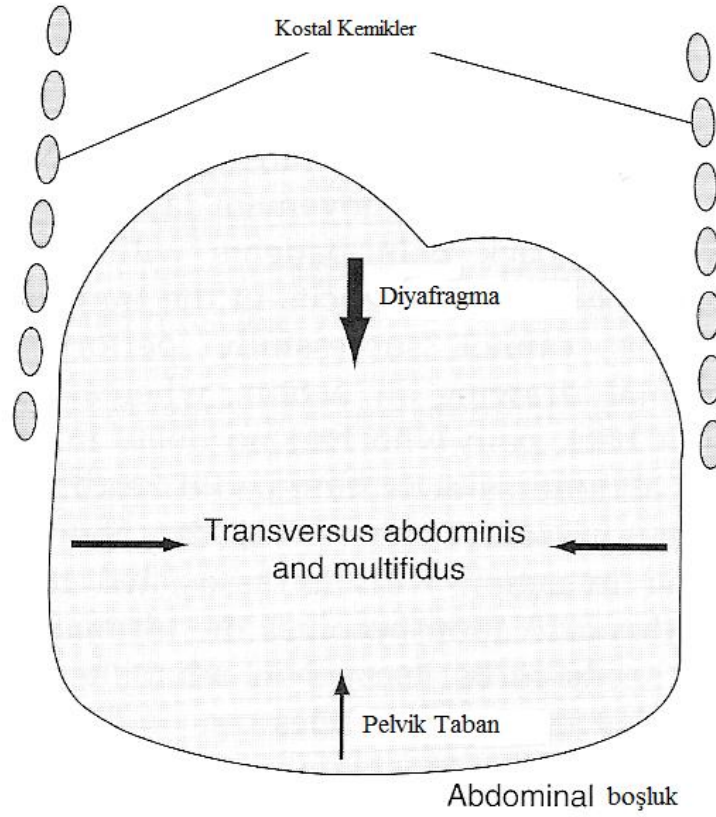
Egzersiz, lumbal multifidusun segmental seviyede izometrik kontraksiyonu ile birlikte abdominal duvarın çekilmesiyle oluşan TA'un izometrik kontraksiyonudur. Biomekanik olarak ko-kontraksiyon bu kaslar için uygundur. Klinikte gözlenen normal bir TA kontraksiyonu lumbal multifidus kontraksiyonu ile beraberdir, tersine normal bir multifidus kontraksiyonu TA ile beraberdir. bu iki kas arasında özel ve özelleşen bir ilişki olduğu ve bu kasların birlikte etkisine rehabilitasyonda ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir. Kokontraksiyonun stabilizasyon etkisi Şekil 2.22'de de tanımlanmıştır.



Şekil 2.22. Multifidus izometrik kontraksiyonu ile abdominal duvarı içe çeken TA kontraksiyonu arasındaki ilişki. Bu iki kasın, fasiya ve diaphragmanın spinal desteği sağlamak için birlikte çalışması.

Egzersiziz diğer temel özelliği ko-kontraksiyonun seviyesi ve tipidir. Kontraksiyon düşük seviye, tonik ve devamlı bir kontraksiyon olmalıdır. Hızlı- fazik kontraksiyon olmadan maximum istemli kontraksiyonun %30-40'nda oluşmalıdır. Laboratuar ortamında yapılan EMG çalışmalarında düşük seviyede ko-kontraksiyon egzersizinin TA aktive ettiği belirtilmiştir. Egzersiz izometrik, yavaş ve kas içindeki gerilimin dereceli artışı ile yapılmalıdır. Derin kasların ko-kontraksiyon büyük dönme momenti oluşturan kasların (m. rektus abdominus, m. oblik internus-eksternus, m. erektör spinanın trokal parçası) yerine geçecek şekilde yapılmamalıdır.

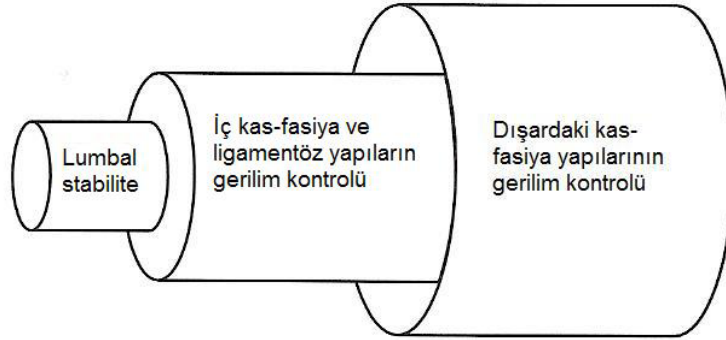
Stabilizasyon modelinin geliştirildiği gövde kas aktivasyonunun motor kontrol çalışmalarında, TA ve diaphragmanın eş zamanlı aktivasyon gösterdiği aynı zamanda pelvik taban kaslarının da TA ile ko-aktivasyon gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle TA bir silindirin duvarlarını oluşturur. Pelvik taban kasları ve diaphragma taban kısmını ve kapağını oluşturur (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Lokal stabilizasyonun fonksiyonel parçaları

TA, diafragma ve pelvik taban kaslarının bu ko-aktivasyonu ayrıca intraabdominal basıncı korumada önemli bir rol oynarlar. Yapılan çalışmalar bu kaslar arasındaki ilişkiyi, bu dört kasın sinerji halinde spinal destek mekanizmasını sağladığını doğrulamıştır. Diafragma'nın hem respirasyon hem de gövde stabilizasyonuna katkı sağladığı görülmektedir. Bu özel ko-kontraksiyon egzersizleri sırasında ideal bir diafragma aktivitesinin şartlarını başarmak yani normal nefes alıp verebilme egzersiz performansı açısından hastalar için gerekli görülmüştür. Bel ağrılı hastalarda ise TA'un kontraksiyonu ile normal nefes alıp verme paternini kontrol etme engellenmektedir. Bu nedenle derin kasların disfonksiyonunun tedavisinde fasilitasyon stratejileri bu kaslar arasındaki etkileşim tarafından oluşturulmalıdır (96,97).

Tüm spinal destek düşünüldüğünde lokal kaslar bir iç korse, dış kollar ise global kaslar ve onların fasiyal birleşimleridir. İç kol hem anatomik hem de fonksiyonel olarak dış koldan bağımsız ve farklıdır (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Lumbopelvik bölgenin stabilizasyon modeli

TA üzerinde yapılan motor kontrol çalışmaları fonksiyonel ünit olarak bilinen iç kolun (dört kas aktivasyonun) egzersiz konseptinin temelini oluşturduğunu belirtmektedirler. TA diğer abdominal kaslardan ayrı hareket eder ve onun ayrı bir kontrol sistemi bulunmaktadır. Bu durum ise global kaslardan bağımsız olarak bu iç kolun çalıştırılması gerekliliğini gösterir. Bu egzersizler özel motor beceriler olarak düzenlenebilir. Çünkü bir motor becerinin üstesinden gelme dış destek kolunun global kaslarını kullanmadan yapabilmeyi gerektirir.

2.7.2. Motor Beceriye Tekrardan Öğrenme

Bel ağrısı olan hastalarda motor kontrol problemleri

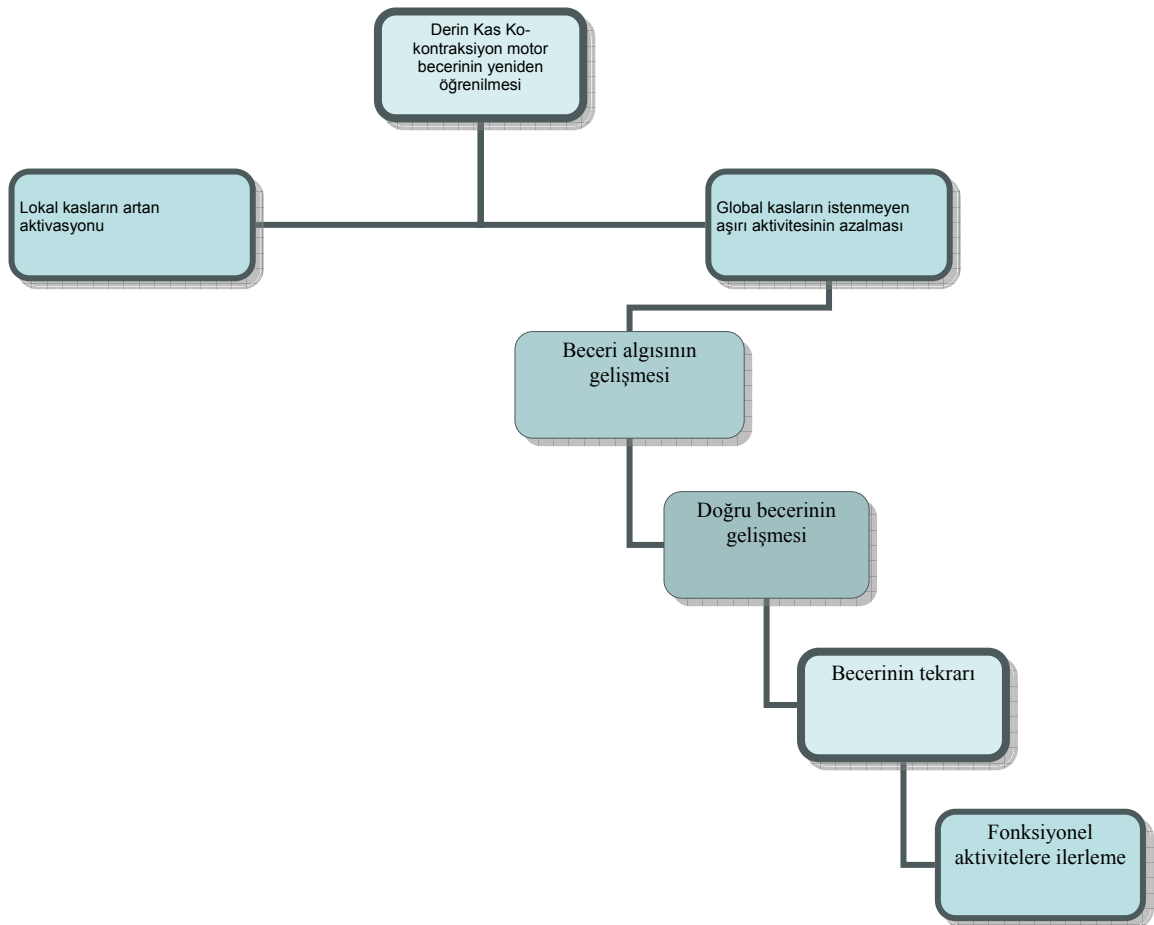
TA'un başlangıç kontraksiyon zamanının gecikmesi ile oluşan motor kontrol problemleri çalışmalarla açık bir şekilde gösterilmiştir. Bu çalışmalar, TA'un hareket sırasında omurgayı kontrolü ile oluşan defisitini direkt olarak ilişkili olduğunu doğrulamaktadır (73–77,98-100).

Tedavi stratejisi, global kas sistemini aktive etmeden segmental multifidusun kontraksiyonu ile abdomendeki çekilmenin özel motor beceri olarak tekrarlanmasıdır. Motor beceri, tekrar sayısı artırılarak sağlanmalı, böylece akut hastalarda inhibe olan multifidusun büyüklüğü de değişecektir. Lokal kasların sadece lumbal segmental seviyede destek sağlama kapasiteleri vardır ve diğer gövde kasları lumbal segmental yapılara direkt yapışmaları olmadığından bu özel görevi yapmak için katkı sağlayamazlar. Bu nedenle Lumbal multifidus aktivasyonu ile “abdominal

hallowing” (abdominal bölgenin yukarı ve içe çekilmesi) hareketi temel bir beceridir ve rehabilitasyon uygulamaları sırasında önem taşımaktadır.

Doğru bir motor beceriyi öğrenme analizi

Özel motor beceriyi tekrar öğrenme ile ilişkili prensipler güç ve endurans çalışmalarından çok farklıdır. Charman ve diğ. (101) becerideki gelişmenin performans sırasında oluşan gereksiz kas aktivasyonu miktarı ile ters orantılı olduğunu tanımlamıştır. “Abdominal hallowing” hareketindeki gelişme azalan global kas aktivitesiyle orantılıdır. İstenmeyen kas aktivitesinin oluşmadığı yerde beceri iyi bir şekilde yapılmış olur. Yeni bir beceriyi öğrenmenin temel parçaları Şekil 2.25’ de gösterilmektedir.



Şekil 2.25. Motor becerinin tekrardan öğrenilme adımları

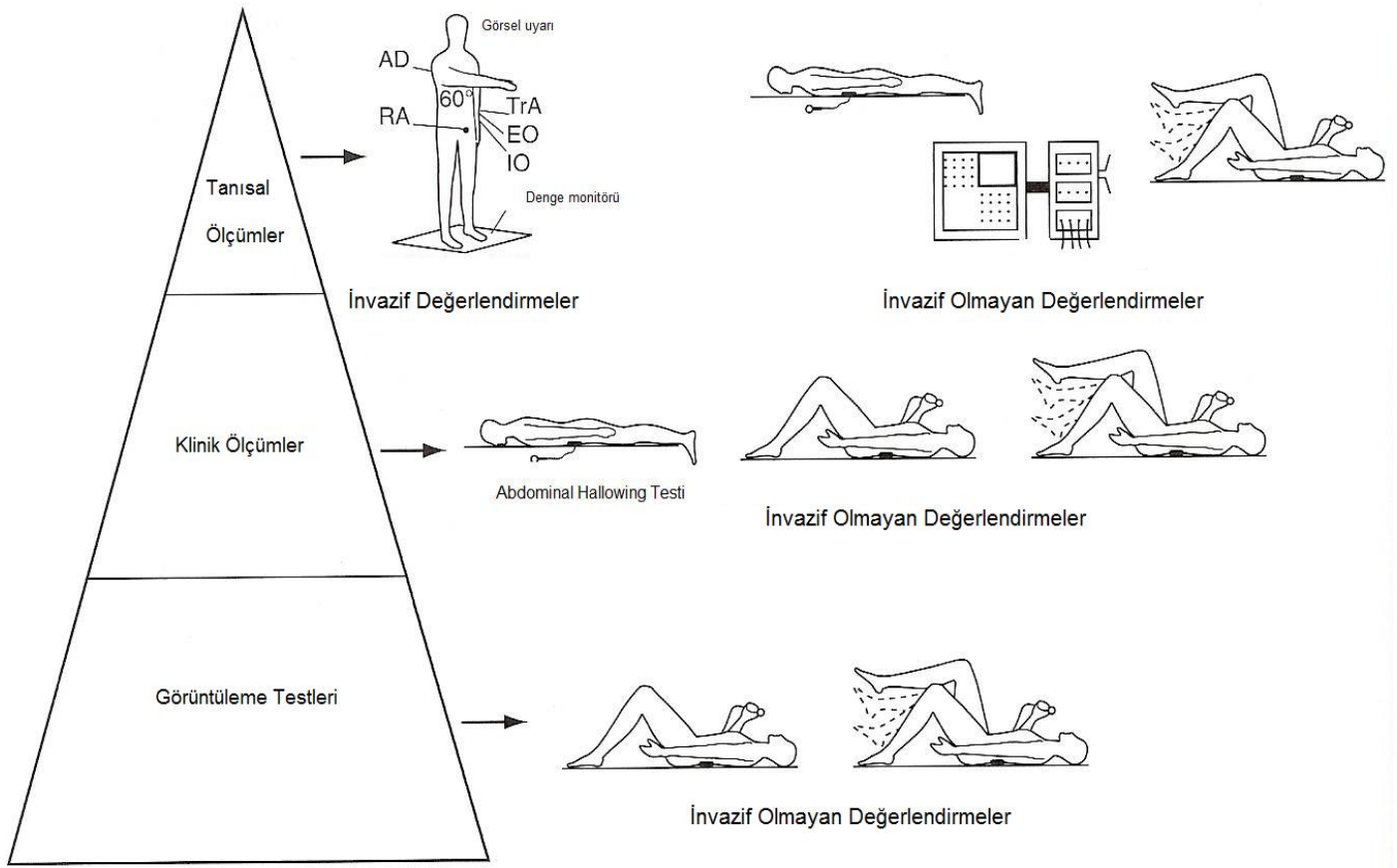
Motor beceriyi tekrar öğrenmek için gereken prensipler, Hides ve O'sullivan gibi birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Onlar beceri algısını kazanmak ve başarılı sonuçlara ulaşmak için hastalarda tekrara önem vermişler ve derin kasların ko-kontraksiyonu ile ilişkili motor becerinin gelişimini elde etmişlerdir (86,102–105).

2.8.TRANSVERSUS ABDOMINUS VE MULTİFİDUS KASLARININ KLİNİK DEĞERLENDİRMESİ

Derin kasların ko-kontraksiyonunun klinik testi fonksiyonel dik pozisyonda yapılmaz. Yüzükoyun pozisyonu ile test pozisyonuna daha fazla odaklanma sağlanır ve vücudu dik tutmak için gereken global abdominal kasların fazla kullanımına ihtiyaç duyulmaz. Yüzükoyun pozisyonunda TA aktivasyonu, omurgayı ve pelvisi hareket ettirmeden abdominal duvardaki çekilmedir ve etkili bir fonksiyon sırasında pelvis ve göğüs kafesiyle ilişkili olarak minimal global kasların aktivasyonu oluşmaktadır. Klinik motor beceri testi için gereken, tonik ve yavaş oluşan izometrik kontraksiyonun 10 sn devam etmesidir.

2.8.1.Değerlendirme Modelleri

Değerlendirmenin üç sıralı modeli lumbopelvik bölgedeki lokal kas sistemindeki motor kontrol bozukluğunun derecesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu model çıkan bilginin tipi, derinliği ve detayına bağlı olarak oluşturulmuştur. Görüntüleme testleri, klinik değerlendirme ve diagnostik değerlendirme olarak sınıflandırılmaktadır ve ölçüm zorluğu birinciden üçüncüye doğru artmaktadır.(Şekil 2.26)



Şekil 2.26. Derin kas disfonksiyonunu değerlendiren üç model

Görüntüleme testleri basit ölçümlerdir. İnvazif olmayan testlerdir ve progresif bacak yüklenmeleri sırasında lumbopelvik postürü devam ettirirken “abdominal hollowing”’in klinik değerlendirmesidir. Basınçlı biofeedback aletinin kullanımı bu test için ölçüm değeri sağlar. Bu test motor kontrol defisitinin özel detaylarını ölçmez, derin kasların global kasların kontraksiyonu ile çalışıp çalışmadığını ifade eder. Sadece fizyoterapistler için değil ayrıca sağlık çalışanları, sporcular için de kullanımı uygundur.

İkinci klinik test detaylı invazif olmayan bir testtir ve derin kasların normal fonksiyonunu göstermek için tasarlanmıştır. Kullanımında sadece basınçlı biofeedback aleti değil aynı zamanda EMG biofeedback de vardır. Vücudun dış yüzeyi ve nefes paterni gözlenerek derin kaslardaki defisite karar verme amacıyla

yapılan bu değerlendirmede klinik bilgiye ihtiyaç vardır ve sadece fizyoterapistler tarafından yapılmaktadır.

Üçüncü test ise iki diagnostik değerlendirme ölçümünü içerir. İlk ölçüm derin kaslara yerleştirilen EMG elektrotları ile motor kontrol defisitinin derecesini direkt ölçmek için kullanılır. İkinci ölçüm ise invazif olmayan değerlendirme yöntemidir ve ultrason görüntüsü, basınç sensöründen ölçümler ve yüzeysel EMG'nin kombinasyonudur. Bu ölçüm sadece diagnostik değil aynı zamanda eğitim sTAtajilerinin daha doğru bir şekilde değerlendirmesini sağlar (106).

2.8.2.Klinik Değerlendirme

Derin kas ko-kontraksiyonunun klinik değerlendirmesi “abdominal hallowing” testi, segmental multifidus testi ve bacak yükleme testinden oluşur.

TA'un “Abdominal Hallowing” (Abdomenin yukarı ve içe çekilmesi) testi

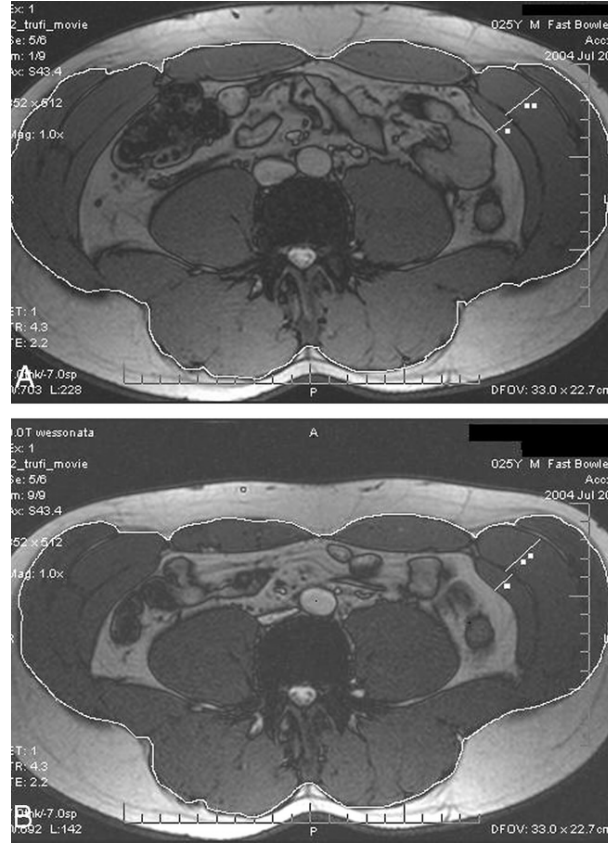
Yüzükoyun “abdominal hallowing” testi, motor beceri yeteneğini başka bir deyişle doğru kasını kullanabilme yeteneğini (temel olarak TA ve Multifidus için) ölçer. TA'un “abdominal hallowing” testi global kasları kontraksiyona uğratmadan “omurgayı ve pelvisi hareket ettirmeden normal nefes alıp verme paterninde abdominal duvarı içe ve yukarı çekerek 10 saniye tutmak” dır.

Test için hazırlık (TA'un kontraksiyonunu öğretme)

Prensip: Bu motor beceri hasta için tanıdık bir durum değildir. Bu nedenle iyi bir öğrenme değerlendirmenin önemli bir parçasıdır. TA'un hareketi abdominal duvarın içe çekilmesi ve belin daralmasıdır. Bu nedenle kontraksiyonu öğretmenin altında yatan prensip abdominal duvarı içeri çekmeyi öğreten bir yol bulmaktır. En başarılı yol hastadan alt abdominal parçaya konsantre olmasını istemektir. Son yıllardaki çalışmalarda TA'un alt parçasının spinal stabilizasyon için en temel parça olduğu ifade edilmektedir (57, 107,108).

Alt abdominal parçanın içe çekilmesi sırasında abdominal duvar manyetik rezonans (MR) ile görüntülenmiş (Şekil 2.27) ve “abdominal hallowing” performansı sırasında TA'un genişliğinde artış bulunmuştur. Ayrıca TA aktive olup içe çekildiğinde oblikus internus kasında da minimal değişiklikler gözlenmektedir.

Şekilde de görüldüğü gibi TA'un en önemli özelliği “abdominal hallowing” sırasında dairesel, tüm omurgayı korse gibi saran şeklinin oluşmasıdır (109-114).



Şekil 2.27. A: Dinlenme sırasında TA ve İnternal oblik kasların kalınlık ölçümü

B: “abdominal hallowing” sırasında TA ve İnternal oblik kasların kalınlık ölçümü (109)

İki kare: İnternal oblik kas

Tek kare: Transversus abdominus

İşin Tanımlanması

TA'un fonksiyon testi sırasında tam performans için istenen kontraksiyon bilgisi ile beraber kasın resminin gösterilerek hastaya anlatılması gerekir. Kasın temel anatomisinin bir resimle örnekleme istenen harekete yardımcı bir araçtır. Derin kaslar için “korse”, abdomenin etrafındaki kaslar için “dış korse” benzetmeleri de öğretilmektedir. Kas aktive olduğunda yani içeri çekildiğinde

omurgayı yaralanmalardan korunmak için bir dış korse gibi gerileceği hastalara ifade edimelidir. Diğer kasların temel anatomisinden bahsetmek TA ile diğer abdominal kaslar arasındaki farklılığa ışık tutacak ve hastanın gövde hareketi ile “abdominal hallowing” arasındaki farkı anlamasına yardımcı olacaktır. Bu kaslar lumbal vertebraya yapışmadan pelvisden omurga kafesine doğru uzanırlar. Hasta daha yüzeysel abdominal kasların görevini anlamalı, bunların pelvisi sabitleyip gövdeyi hareket ettirdiklerini fakat TA’un abdominal duvarı daraltarak bir korse gibi fonksiyon gördüğünü anlaması gerekmektedir. Anatomi ve fonksiyon ile ilgili tanımlamalarla birlikte efordan daha çok dikkat üzerinde durulmalıdır. Hastaların çoğu güçten daha çok izole bir kasın çalışmasını anlamayı zor bulacaklardır. Bu durumun üstesinden kasın kontraksiyon zamanının önemini anlatarak gelmek gerekir.

Öğretme

Kontraksiyonun öğretilmesi, gövde ve pelviste hareket olmaksızın alt abdominal parçanın omurgaya doğru içe ve yukarı çekilme hareketini içerir. Böylece diğer abdominal kasların katılımı olmadan TA’da kontraksiyon meydana gelir. Ayrıca, klinisyenler tarafından kullanılan bir yöntem de hastanın elini abdominal duvar üzerine yerleştirmek ve omurgaya doğru alt abdomenin hareketini göstermektir. Ayrıca hastaların kendi ellerini abdominal bölgeye yerleştirerek kontraksiyonu hissetmeleri önemlidir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27. “Abdominal Hollowing” hareketinin öğretilmesi

Emekleme pozisyonu, hastaya normal test pozisyonunu öğretmeden önce kontraksiyonu kolay anlamasını sağlayan bir pozisyonudur (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Emekleme pozisyonunda “abdominal hollowing”

Bu pozisyon abdominal duvarın artan farkındalığını sağlar. Kasların yer çekimi gerilimine bağlı olarak abdominal duvarın tamamen gevşemesine izin verir. Emekleme pozisyonunda gevşemiş abdomen ile TA’un en uzun pozisyonu daha

fazladır ve bu durum kontraksiyon sırasında kasın hareket sınırını arttırarak hastanın hareketi algılamasını sağlar. Bu pozisyon ayrıca gerilen reseptörlerin duyarlılığını arttırarak kasın daha kolay aktive olmasını sağlar. Klinik notlarda da emekleme pozisyonu başlangıçta hareketin öğretilmesi için iyi bir pozisyonudur fakat tedavi için uygun değildir. Çünkü gevşemiş alt abdominal duvar global kaslardaki hiperaktivitenin oluşumuna neden olmaktadır. Emekleme pozisyonunda İlk adım olgunun gevşemiş olup olmadığından emin olmaktır. Dizlerin üzerinde kalçalar eller üzerinde omuzlar, dirsekler ekstansiyonda ve omurga nötral pozisyonunda olmalıdır. İstenen hareket, rahat nefes alıp verme ile alt abdomenin yukarı ve içe hareketidir. Temel olan şey, nefes alıp-vermeyi kontraksiyon performansından ayırmaktır. Kontraksiyon yavaş ve kontrollü yapılmalı, pelvis ve omurganın hareketlerine göz yumulmamalıdır.

Kontraksiyon başarılır başarılmaz hasta yavaş ve kontrollü olarak kontraksiyonu 10 sn devam ettirmeli ve bu arada rahat nefes alıp vermeye başlamalıdır. Eğer bu durumda nefes alıp verme hasta için zor ise kişi hızlı ve yüzeysel üst göğüs hareketini kullanabilir. Yalnız hastaya bunun doğru bir test olmadığı hatırlatılmalıdır. Kontraksiyonun bitirilmesi yavaşça ve kontrollü olmalıdır. Hastalar doğru ve objektif bir testte ulaşmaları için birkaç kez bunu yapmalıdırlar. Ancak klinisyenler, TA kontraksiyonunda yorgunluğun önemli bir etki oluşturduğunu unutmamalıdırlar. Hastalarda performansta bozulma, artan yer değiştirme ve tremor engellenmelidir. Klinisyenler bunun farkında olmalı ve hastaya bu bilgilerin özümsemesi için zaman vermelidirler. Sonuç olarak klinisyenler testin kontrol ve dikkat olduğunu, güç olmadığını vurgulamaları gerekmektedir (185).

Test Pozisyonu

Aktivite hasta tarafından anlaşılır anlaşılmaz test yüzükoyun veya sırtüstü yapılmalıdır. Yüzükoyun veya sırtüstü pozisyonunda TA'un izole kontraksiyonu daha zordur. Çünkü bu pozisyon emekleme pozisyonunda oluşan stimulusların bazılarını yok etmektedir. Basınçlı biofeedback aletleri kişilerin "abdominal hallowing" izole testini yapma kabiliyetlerini gösteren bir ölçüm olarak kullanılabilir. Hasta kollar yanda sırtüstü yatar. Test sırasında kas kontraksiyonu

emekleme pozisyonundakiyle aynıdır. Nefes tutmaksızın kontraksiyon 10sn devam ettirilir.

Basınçlı Biofeedback

Basınçlı biofeedback aleti anterior abdominal duvarın lokal ve global kasları arasındaki ilişki hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Testin başarılı performansı basıncın 6 -10 mmHg'ya kadar azalmasıdır. Bu basınç değişikliği, kişinin TA'un bu kısa hareket sınırı içinde diğer abdominal kaslardan bağımsız aktive olduğunu işaret eder. Testin bu aşamasında temel olan şey, basıncı azaltmak için hastanın pelvisini tilte veya omurgayı fleksiyona getirmediğinden emin olmaktır. 2 mmHg'den daha az düşme, basınçta bir değişiklik olmaması veya basınçtaki artış kötü sonuçları ifade eder ve hastanın diğer abdominal kaslardan bağımsız TA'u aktive edemediğini gösterir. Gereken miktarda basıncı düşürememenin nedenleri iki faktöre bağlıdır. Bunlar;

- 1- Uygun seviyedeki TA aktive etmedeki kabiliyetsizlik
- 2- TA yerine oblikus eksternus ve rektus abdominusun aktive olup belli düzeltmeleri ve buna bağlı olarak bir basınç artışının görülmesidir (115).

Lumbal Multifidus Testi

Bu konuda eğitilmiş olmayan kişiler için segmental multifidus kasının değerlendirilmesi zordur. Çünkü bu değerlendirme duyarlı bir palpasyon gerektirir. Ancak deneyimli klinisyenler segmental seviyedeki kas kontraksiyonuna karar verebilirler. Lumbal multifidusun klinik değerlendirmesi yüzükoyun pozisyonda "abdominal hallowing" testinde olduğu gibi yapılır. Lumbal multifidus yüzükoyun pozisyonunda TA ile birlikte aktive olduğundan, özel emirler ve teknikler kullanılır. Çünkü hem hastanın hem de klinisyenler lumbal multifidus üzerinde kontraksiyonu hissetmeleri gerekir. Lumbal multifidusun değerlendirilmesi kasın her segmentte palpasyonu ile başlar. Hasta gevşek ve yüzükoyun pozisyonundadır. Kas birbirine yakın spinöz çıkıntı ile palpe edilir ve yan yana karşılaştırma her seviyede yapılır. Ek olarak segment üzerinde ve aşağısında da karşılaştırma yapılır. Klinisyen her segmentte kasın yoğunluğundaki kaybı hisseder (Şekil 2.29). Bu kayıp ise daha önce

Hides ve diğ.(95) tarafından belirlenen semptomatik segmentte oluşan segmental



inhibisyonudur (86,116,117)

Şekil 2.29. Lumbal multifidus kasının test edilmesi

TA testinde olduğu gibi lumbal multifidusun izole aktivasyon testi özel bir motor beceri olarak düşünülebilir. Belirtildiği gibi yüzükoyun pozisyonu motor beceri yeteneğini ölçmek için kullanılır. Bu test hastanın doğru kasını kullanma kabiliyetini (multifidus kası, TA ile birlikte) “omurga ve pelvisini hareket ettirmeden parmaklarının altında kaslarını yavaşça şişir” emriyle ölçmektedir. Normal nefes alıp verirken bu kontraksiyon devam ettirilir. Klinisyen parmakları ile lokal segmental seviyede kasa yavaşça kompresyon uygular. Omurga ve pelviste hareket olmadan bu aktivasyon test edilir. Klinisyen başparmak veya işaret parmağını kullanabilirler. Hasta yavaş ve hafif biçimde parmaklarının içindeki kası şişirmeyi ve sonra normal nefes alıp vermeyi öğrenir. Klinisyen derin yerleşimli kasdaki gerilime yoğunlaşır ki, bu durum lumbal multifidusun aktivasyonunu gösterir. Hastanın kontraksiyonu devam ettirebilme kabiliyeti kasın tonik aktivite oluşturma kapasitesine işaret eder. Parmaklar altında hiçbir kas geriliminin hissedilememesi segmental multifidusu aktive etme başarısızlığını gösterir. Kas içinde gelişen gerilimin hızlı ve yüzeyel olması da kontraksiyonun yetersiz olduğunu ve hastanın yüzeyel fibrilleri ekstansiyon için kullandığını gösterir. Bu durumda klinisyen erektör spinanın torakal

parçasının uzun tendonlarında sertlik hisseder. Ayrıca lumbal multifidus yerine bu kaslardaki aktivasyon ile torakal bölgede kasın şişkin olduğu yerin şeklinde değişiklikler gözlenir.

Segmental multifidusun klinik değerlendirmesi deneyimli kişiler tarafından ve her seviyede multifidus kas aktivasyonunun palpe edilmesiyle yapılmaktadır. Ayrıca bilinmesi gereken şey kasın izometrik kontraksiyon sırasında derinliğinin arttığıdır. Yapılan ultrason görüntülerinde istirahatte multifidus kası gevşek iken ve izometrik kontraksiyon sırasında kasın derinliğinde artış gözlenmiştir.

2.8.3. Klinik Değerlendirme Sırasında İstenmeyen Global Kas Aktivasyonunun İşaretleri

Dikkatli bir gözlem ile global kasların belirgin bir şekilde aşırı aktivite olduğu gövde manevraları ile saptanabilir. Oblikus eksternus'un TA ve multifidusun yerini alması en genel problemdir. Ayrıca m. oblikus internus, m. rektus abdominus ve m. erector spinanın torakal parçası istenmeyen aktivasyon göstermektedirler (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. İstenmeyen global kas aktivasyonunun işaretleri

İstenmeyen global kas aktivasyonunun işaretleri
Anormal hareketler
• Posterior pelvik tilt • Torakolumbal fleksiyon • Göğüs kafesi depresyonu
Abdominal duvar çevresinde
• Alt abdomende hareket gözlenmemesi • Abdominal duvarın lateral çapının artması • Oblikus eksternus kasında gözle görülebilen kontraksiyon • Hastanın istemli şekilde abdominal duvarı gevşetmemesi
Anormal nefes alıp-verme paterni
• Solunum paterninde obliquus eksternus ve internus'un uygun olmayan aktivasyonu

• Diafragmatik solunum paterninin yapılamaması
Sırt kaslarının istenmeyen aktivesi
• Erektör spina'nın torakal parçasının ko-aktivasyonu

Omurga Hareketi

TA ve Lumbal multifidus'un derin kısmının ko-kontraksiyonu spinal hareket oluşturmaz. Oblikus eksternus ve rektus abdominus'un kontraksiyonu geriye doğru pelvik tilt ve gövde fleksiyonu sağlar. Yüzükoyun pozisyonda torakolumbal ve lumbopelvik bölgede gözlenen hafif fleksiyon TA yerine bu kasların aktive olduğunu gösterir. Torakolumbal bölgedeki hareketin tanımlanması çok zordur. Hareketin palpe edilmesi gözleme yardımcı bir durumdur. Ek olarak basınçlı biofeedback ile yapılan test sırasında basınçtaki hızlı bir azalma omurganın fleksiyon pozisyonuna gittiğini ve global kasların aşırı aktive olduğunu göstermektedir.

Hafif geriye doğru olan pelvik tilt ise lumbal multifidusun izometrik testi sırasında doğru bir şişirme aktivitesinin yerini almaktadır. Bu klinikte en genel görülen şeydir. Hasta kası aktive etmek için omurgayı posteriora doğru çok zor iter ve lumbal bölgeyi fleksiyona getirir. Diğer bir yer değiştirme stratejisi lumbosakral birleşimde görülen hafif anterior pelvik tilt'dir. Bu daha çok hasta yüzeyel multifidus fibrillerini kullandığı zaman oluşur ve omurgada ekstansiyon meydana gelir. Hasta ise bu kontraksiyonu ağırlı olarak tarif eder. Multifidus fasiküllerinin maksimal kontraksiyonu lumbal erektör spina kasları ile birlikte lumbosakral bileşimde anterior bir kesme gücü oluşturur. Hatta test sırasında kontraksiyon maksimal olmasada bu yer değiştirme oluşabilir. Eğer hasta TA aktive olmaksızın multifidus kontraksiyonunu yanlış yapıyorsa ağrıyı artıran bir durum gelişir.

Göğüs Kafesi

Yer değiştirme stratejilerinin diğer belirtileri performans sırasında göğüs kafesinin hareketinin gözükmemesi ile ortaya çıkar. M. Oblikus eksternus'un kas fibrilleri alt kaburgaların dış yüzeyinden orijin alırlar (TA ise iç yüzeyden orijin alır). Oblikus eksternus'un ön-iç fibrillerinin kontraksiyonu göğüs kafesinde aşağı ve içeri doğru bir hareket oluşturur. Göğüs kafesinin ön yüzünde ise küçük bir depresyon

görülür. Bu durumlar TA veya multifidus yerine diğer kasların aktive olduğunu göstermektedir.

Abdominal duvar

Kontraksiyon sırasında tüm abdominal duvarın gözlenmesi oblikus eksternus'un her türlü üstünlüğünün iyi bir şekilde belirlenmesini sağlar. Sırtüstü veya diğer pozisyonlarda abdominal hollowing öğretildiği zaman, oblikus eksternus'un aşırı hareketi gözlenebilir. Abdominal duvarın hareketi göbeğin aşağısında, alt 1/4' ünden çok üst 1/4' ünde gözlenir. Üst abdomende transvers bir kıvrımın oluşması diğer bir belirtidir. Göğüs kafesi üzerindeki kas fibrillerinin kontraksiyonu böyle gözlenmiş olur. Diğer bir işaret ise oblikus eksternus'un aşırı aktive olmasıyla abdominal duvarın lateral çapının artmasıdır. ("abdominal brace" manevrasıyla orantılı olarak) Bu durum kontraksiyon sırasında lateral abdominal duvarın bilateral palpasyonu ile anlaşılır. Ek olarak anterolateral duvardaki longitudinal fibrillerin geriliminin palpasyonu da oblikus eksternus'un aktivasyonunun bir belirtisidir.

Nefes alma paterni

Klinikte gözlenen bulgu kronik bel ağrılı hastalarda nefes alma paterninin değiştiğidir. Oblik abdominaller hem inspirasyon hem ekspirasyon sırasında aktive olurlar. Bu kaslar güçlü bir ekspirasyon olmadığı sürece normal nefes alma siklusu sırasında gevşek durumdadırlar. Klinik gözlemlerde bel ağrısı olan hastaların nefes alma paternlerinde oblik abdominaller aktive olursa izole TA'un aktivasyonu zor gerçekleşecektir. Ayrıca bazı bel ağrılı hastalarda başarılı bir şekilde "abdominal hollowing" yapılabiliyor fakat nefes almayı sürdürmeye çalıştıkları için kontraksiyonu uzun süre koruyamıyorlar. Bu nedenle nefes alıp vermenin diafragmatik paternini çalışmak önemlidir. Hastaya TA kontraksiyonunu öğretmeden önce hastaya değişen nefes alıp verme paternini çalıştırmak ve fasilete etmek zor olacaktır.

2.9. MOTOR BECERİNİN REHABİLİTASYONU

Normal fonksiyon için TA ve lumbal multifidus'un derin fibrillerinin, gövde ve pelvis hareketlerini oluşturan global kasların kontraksiyonundan bağımsız olarak lumbal spinal segmentlerin kontrolü için devamlı olarak aktive olması gerekir. İlk adım, kognitif olarak derin kasların kontraksiyonu için hastayı çalıştırmak ve global kaslardan bağımsız olarak kasın aktive olduğundan emin olmaktır. Derin kas aktivasyon becerisini öğretmek için en uygun talimatlar, vücut pozisyonları ve fasilitasyon teknikleri seçilmelidir.

2.9.1. Vücut Pozisyonu

TA'un kas fibrillerinin mekanizması ve oryantasyonu özellikle multifidus'un derin fibrillerine bağlı olarak bu kasların aktivasyonu, spinal posturden bağımsızdır ve spinal pozisyon uzunluk-gerilim ilişkilerini etkilemez. Bunun anlamı bel ağrılı hastalar her türlü spinal ve lumbopelvik postürlerde öğrenmeye adapte edilebilirler. Aktivasyon sırasındaki ağrı kas inhibisyonuna neden olacağından seçilen pozisyon ağrısız olmalıdır. Ağırlık taşımayan pozisyonlarda global kaslardan yük alınmış olur. Bu durum onların aşırı aktivitesini ve derin kasların yerine çalışmalarını engellediği içim istenen bir durumdur. Abdominal kavite ile birlikte yerçekiminin etkisinin birleştiği yan yatış pozisyonu iyi bir uyarı sağladığı için yararlıdır. Seçilen pozisyon ayrıca rahat nefes alıp vermeye yardım etmelidir.

Lumbopelvik pozisyon

Daha önce farklı vücut pozisyonları tanımlanmış olsa da, lumbopelvik bölgenin doğru pozisyonu lumbal multifidus ve TA'un aktivasyonunu fasilite etmektedir. Bu nedenle TA ve multifidusun ko-kontraksiyonunu başarmada omurganın pozisyonu doğru bir lumbosakral eğride daha başarılı olacaktır. Belirtilen dik postörü oturmada ve ayakta öğretme dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu, fasilitasyon stratejisinin temel özelliğidir. Amaç, normal lumbosakral lordozun

düzeltilmesi ile pelvisin dik pozisyonudur. Fakat hasta yetersiz bir hareket sınırına sahip ve L4–5, L5-S1 segmentlerinde ağrı hissediyorsa, alt lumbal eklemlerde zayıf kinestetik duyu ve lokal kas kontrolü erektör spiranın torakal bölümünün aşırı çalışmasına neden olmaktadır. Sonuçta dik gövde pozisyonu torakolumbal bölgede uygunsuz ekstansiyon ile sağlanır. Tedavi, başlangıçta ağrıyı azaltma yönüne ve eğer mobilite kaybı varsa segmental hareketin düzeltilmesi olmalıdır. Dik postür için nötral postüral pozisyon ve düzeltme pelviste başlamalıdır. Hastalarda sık sık görülen zayıf bir farkındalık vardır ve bu nedenle hastalar için gereken şey lumbosakral birleşimi bulmak için dokunma ipuçlarıdır. Pozisyon öğretilir öğretilmez hangi strateji etkiliyse (“abdominal hallowing”, pelvik taban kasları kontraksiyonu veya segmental multifidus) derin kasların aktivasyonuna yönelmelidir (123).

2.9.2. Sinerjik Kasların Kontraksiyonu

Dört anahtar kas grubu (TA, Multifidus, diafragma, pelvik taban kasları) sinerji halinde çalışmaktadırlar. Bu kasların silindir gibi etkisinin hastaya açıklanması, kasların kullanımının anlaşılması, bu kasların fasilasyon stratejilerinde önemli rol oynamaktadır. Gerçekte dört kasın her biri diğerini fasilite etmek için kullanılır.

TA Ve Lumbal Multifidus

TA ve lumbal multifidus ko-aktivasyonu fasilasyonda başarılı şekilde kullanılmaktadır. Hasta kognitif olarak hem TA’u hem de multifidus’u aktive etmeyi başaramıyorsa başarılı bir kas kontraksiyonu diğerini fasilite etmek için kullanılır. Örneğin eğer hasta TA’u aktive edemiyorsa lumbal multifidusun fasilasyonu ile aktivasyonu başarılmaya çalışılır (118).

Pelvik Taban

Pelvik taban kaslarının kontraksiyonunun kullanımı TA’un izole kontraksiyonunu başarmının en etkili metodudur. Omurgadaki stabilizasyona TA’un katılımı için temel olan şey diafragmanın ve pelvik taban kaslarının konTakte olmasıdır. Pevlik taban kaslarının kontraksiyonunun kullanımı TA kontraksiyonunu fasilite etme ihtiyacı olan ve hareketi anlamada zorluk çeken hastalar için yararlıdır. Ayrıca “abdominal hallowing” hareketinde oblikus eksternus kasını gevşetmeyen kişiler için de primer bir tekniktir.

Sakrum ile pelvisin ön tarafı arasındaki kas anatomisinin tanımlaması hastaya bu kasın kontraksiyonunu hayalinde canlandırmasına yardımcı olacaktır. Sırtüstü dizler bükülü veya yan yatış pozisyonu başlangıçta pelvik taban kontraksiyonu öğretmek için en iyi pozisyonudur. Klinisyen veya hasta yavaşça ve derin bir şekilde alt abdomeni palpe eder ve daha önce hastadan istendiği gibi rahat nefes alması, nefesini yavaşça bırakması ve yavaş nazikçe pelvik taban kaslarını çekmesi istenir. Pelvik taban ile TA'un ko-aktivitesi abdominal duvar içinde derin bir gerilimin hissedilmesiyle sonuçlanır. Pelvik taban kaslarının kontraksiyonu aynı zamanda segmental multifidus'un izometrik kontraksiyonunu öğretmek ve fasilite etmek için kullanılır. Özellikle hasta multifidus kasında zayıf bir farkındalık hissediyorsa yardımcıdır (119–122).

Nefes Alıp Verme Patemi (Diafragma)

Ekspirasyonun oluşmasında TA'un rolü bu kası aktive etmek için kullanılmaktadır. Ekspirasyon sırasında TA'un izole çalışmasını başarmak hiperoksik- hiperkapnik durumlar ile ekspiratuar hava çıkışında artış oluşturan bir inspiratuar yüklenme ile olur. İki durumda da TA aktivasyonu istemsiz ve seçici olarak artar. Hastaya bunu etkili bir şekilde öğretmek için dış havayı içine çekmesi ve ekspirasyon sırasında ise abdomeni yukarı doğru hareket ettirmesi istenir (64,67).

Oblikus eksternusu çok kullanan hastalar ekspirasyon ile sık sık yer değişimin ortaya çıkmasına yol açacaklardır. Öncelikle hastanın dikkatini gevşek diafragmatik solunuma yönlendirmek gerekir. Hastanın rahat nefes alıp verdiğini gözlemlediğimizde TA kontraksiyonuna başlanılmalıdır.

2.9.3. Hafif Fonksiyonel Aktivitelerin İçine Motor Becerinin

Yerleştirilmesi

Bu fazda amaç hafif yükleme ile derin kas ko-kontraksiyonunun devam ettirilmeye çalışılmasıdır. Bu seviyede normal nefes alıp-verme paterni devam ederken global kas sisteminin aktivitesinin varlığında derin kas ko-kontraksiyonunu korumaktır. Bu fazda iki fonksiyonel durum çalışılır. Bunlar;

1. Statik durumlarda hafif yükleme altında normal nefes alıp verirken global kas sistemi ile uyum içinde lumbopelvik destek fonksiyonunu korumak için derin

kasların kullanımı Örneğin: Alt Ve Üst Ekstremitelerin Yavaş Ve Kontrollü Hareketleri

2. Global kas sistemi fazik olarak aktif iken nötral pozisyon etrafındaki gövde hareketleri sırasında lumbopelvik destek pozisyonunu korumak için derin kasların kullanımı. Bu durum derin sistem kaslarının kontrolünün çalıştırıldığı zor bir seviyedir. Bu nedenle dikkatli ve kontrollü yapılmalıdır. Bu fazda derin ve global kas sistemleri hem birbirlerine bağlı hem de bağımsız rollerde çalışacaktır.

2.9.4. Ağır Fonksiyonel İşler İle Motor Becerinin Birleştirilmesi

Programın bu fazında amaç, artan yükler ile lumbal omurga pozisyonunun kontrolü için yeterli olan multifidus ve TA'un kontraksiyonunu devam ettirebilmektir. Yükleme seviyesi hastadan hastaya değişir ve kişinin işindeki ve yaşamındaki ihtiyaç ve istekler izlenmelidir. Bu program kişinin günlük yaşamı, işi-sporu ile ilgili fonksiyonel egzersiz programını içerir.

2.9.5. Uygun Egzersiz Programları

Yüklenmenin dereceli olarak yapıldığı çeşitli egzersiz programları kullanılmaktadır. Bu fazdaki tüm egzersizler için geçerli olan şey, her egzersiz performansında derin kasların bilinçli aktivasyonunu devam ettirmektir. Dikkat her zaman kontrol üzerinde olmalı, ilerleme çok hızlı olmamalıdır. Çünkü çok yükleme ile global kaslar çok hızlı bir şekilde spinal segmentlerin desteğinin azalmasına bağlı tek başlarına aktive olacaklardır. Lokal kas performansının düzenli değerlendirilmesi yüzükoyun "abdominal hallowing" testinin kullanılmasıyla yapılmalıdır

Gövdede rotatör yüklenmeye neden olan emekleme pozisyonunda yapılan egzersizler özellikle uygundur. Öncelikle hastaya pozisyonun doğruluğu öğretilmelidir. Çünkü bu pozisyonda yapılan hatalar tüm torakolumbal bölgenin fleksiyonu veya kifozda olması, alt lumbal bölgenin ise lordozda olmasıdır. Bu postürler rektus abdominus, oblikus eksternus ve erektör spinanın torakal parçasının daha baskın bir aktiviteye sahip olması demektir. İyi bir postür elde etmek için dizler kalça altında, eller omuz altında ve lumbosakral omurga nötral pozisyonda pozisyonlanmalıdır. Lumbal multifidus'un alt parçası normal lumbosakral lordozu elde etmek için, özellikle alt trapez ve serratus anterior kasları torakal omurgada ve

skapulada doğru postürü sağlamak için kullanılır. Baş pozisyonu nötral pozisyonda olmalıdır.

Düzeltilmede genel bir yanlış m. rektus abdominus ve m. oblikus eksternusun kullanımı ile torakolumbal fleksiyonun oluşmasıdır. Bel ağrısı olan hastalar çoğunlukla bu postüre karşı koyarlar. Bu nedenle de ilk başta bu postürü yapmayı ve korumayı hedef almak gerekir.

Gövde kas sistemi üzerine rotatör bir yükleme emekleme pozisyonunda zıt kol ve bacağı horizontal uzatarak sağlanır. Bu pozisyon doğru ifade edilmez ise egzersiz başarısız ve etkisiz olur (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Emekleme pozisyonunda “abdominal hollowing”

Hasta ilk önce alt abdominal duvarı çekip derin kasları aktive eder ve bu kontraksiyonu egzersiz boyunca devam ettirir. Hasta bacağı yavaşça uzatmalı ve bacağı kaldırmaya değil lumbopelvik pozisyonu korumaya odaklanmalıdır. Pozisyon 5 sn kadar tutulmalı ve egzersiz zıt kol ve bacak kullanılarak tekrar edilmelidir. Egzersiz programı stabil olmayan bir yüzey seçilerek ilerletilebilir. Elin altına yerleştirilen küçük bir denge tahtası veya egzersiz topları ile hastadan derin kas kontraksiyonunu ve sabit gövde pozisyonunu koruması istenmelidir.

Sırtüstü yatışta dizler bükülü köprü kurma kullanılan en genel egzersiz ve pozisyonudur. Bu pozisyonda hasta önce pelvisini kaldırmaya odaklanır, gluteal kontraksiyon ile kalçayı uzatıp omurgayı nötral pozisyonda korur (Şekil 2.31).



a) Yanlış köprü kurma egzersizi



b) Doğru köprü kurma egzersizi



c) Yanlış köprü kurma egzersizi

Şekil 2.31. Köprü kurma egzersizinde farklı pozisyonlar

Köprü egzersizinde tek bacak elevasyonu ile destek yüzeyinde azalma sağlayarak ilerlenebilir. Gövde ve pelvisin sabit pozisyonunu korumak önemlidir. Daha da zorlaştırmak için ayak altına koyulan bir top ile stabil olmayan bir yüzey oluşturulur. Alternatif ilerleme hız faktörünü ön plana çıkarır. Hasta ritmik alternatif olarak bacaklarını uzatırken pelvisi sabit ve abdomeni düz tutmaya odaklanır. Bu başlangıçta yavaş yapılır, hasta kontrolü kazanır kazanmaz hız dereceli olarak artırılır. Böylece derin kas kontraksiyonu devam ederken global kaslar fazık olarak çalışır.

Yüzeyin sabit olmaması prensibi farklı egzersiz programlarına dahil edilebilir. Oturmada postüral kontrol, köprü kurma ve emekleme pozisyonu topun kullanımı ile daha zor bir hale getirebilir (Şekil 2.32).



a) Oturmada



b) Sırtüstü köprü kurma egzersizi

Şekil 2.30. Farklı pozisyonlarda egzersiz topunun kullanımı

Çalışma programı düzenli aralıklarla lumbal multifidus ve TA'un kapasitesinin test edilmesini içermelidir. Global kas sisteminin derin kas sisteminin yerine çalışmadığından emin olunmalıdır.

2.9.6. Stabilizasyon Eğitime Ne Zaman Başlanır?

Stabilizasyon eğitime hastanın tedavisinde mümkün olan en kısa dönemde başlanılmalıdır. Eklem ve nöral dokudaki ağrı ve disfonksiyon üzerine daha çok odaklaşan diğer tedavi metodlarının ilk tedavi seansında niçin stabilizasyon eğitime başlanmadığının birkaç sebebi vardır. Bel ağrısı olan hastaların rehabilitasyonunun erken fazında yaralanmış ve inflamatuvar dokunun aşırı stress altında kalmaması gerekir. Egzersiz ile ağrı daha çok inhibisyona neden olabilir ve sakıncalıdır. TA ve lumbal multifidus'un fasilitasyonu düşük yükleme kapasitesine sahiptir. Ağrısız bir

pozisyonda uzanmış olan hastada bu kontraksiyonlar dokuya herhangi bir zarar vermez. Ayrıca eklemlerde inflamasyon olduğu zaman omurga nötral pozisyonda tutulursa ağrı reseptörlerinin aktivasyonu minimal olacaktır. Burada ağrı kontrolüne yardım edecek güçlü bir faktör kas kontrolüdür. Bu nedenle akut bel ağrılı hastalarda erken dönemde derin kasları aktive etme programlarına başlanılmalıdır (144).

2.9.7. Tedavi Frekansı

TA'daki motor-kontrol zamanının defisiti ile ilgili tedavinin amacı, motor nöron havuzundaki uyarılabilirliği artırmak ve kognitif olarak lumbopelvik bölgenin destek rolünü kasa tekrar yüklemek için motor cevabını değiştirmektir. Bunun anlamı kas aktivasyon emrinin yüksek tekrarlı olması gerektiğidir. Bir hastanın "abdominal hallowing" ko-aktivasyonunu yapma tekrar sayısı maksimal olmalı, fakat egzersiz süresi ile yorgunluğu önleme arasında bir denge olmalıdır. Çünkü yorgunluk yanlış kas aktivasyonunun devreye girmesine neden olmaktadır. Kabul edilen şey egzersizlerin 1 saat yapılmasıdır ve en az 10 sn normal nefes alıp verme devam ederken kontraksiyonun devam etmesidir. Böylece hem TA hem de multifidus'un erdurs çalışmaları da sağlanmış olur (144).

2.10. LUMBAL STABİLİZASYONA YARDIMCI FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU

Stabilizasyon egzersizleri spinal disfonksiyon rehabilitasyonunda temel teşkil etmektedir. Koordine hareketlerin öğretilmesi ile hastanın fonksiyonel aktiviteleri yapabilme kabiliyetini en iyi şekilde kullanması hedeflenir. Araştırmalarda lumbal spinal stabilizeyi korumak için gövde kaslarının koordine hareketinin gerekli olduğu gösterilmiştir. Ayrıca santral sinir sistemi'nin abdominal ve multifidus kaslarının kontraksiyonu ile lumbal bölgedeki stabilizasyonu yönettikleri de belirtilmiştir (75,98,124).

Yapılan birçok çalışma bel ağrısının oluşma sebebini;

- paraspinal kasların azalan kuvveti,
- paraspinal kasların artan yorgunluğu,
- derin kasların atrofisi(multifidus),
- motor stratejideki değişiklikler olarak belirtmişlerdir (125,126).

Sihvonen ve diğ. (127) 87 bel ağırlı ve 25 kontrol vakasını ayakta fleksiyon-ekstansiyon sırasında değerlendirmişlerdir. Bel ağırlı hastalarda lumbal ekstansiyon sırasında lumbal kasların EMG aktivitesinin azaldığını bulmuşlardır. Lee ve diğ.(128) ise 98 bel ağırlı kişide gövde ve alt ekstremitte kaslarında kuvvet kaybının olduğunu ve bu sonuçlara göre bel ağırlı kişilerde azalan kas kuvvetinin seçici olmadığı genel bir zayıflığın görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Lumbal bölgenin derin kaslarında (multifidus) ortaya çıkan atrofinin bel ağrısı oluşumunda önemli rol oynadığı bulunmuştur. Hides ve diğ. (129,130) 26 bel ağırlı hastada yaptıkları ultrason görüntüleme çalışmalarında semptomatik tarafta ve tek seviyede multifidus atrofisi bulmuşlardır. Lumbal bölgede multifidus kasındaki atrofinin en büyük sebebi ise ağrı ve spinal yapıların hasarına bağlı ortaya çıkan refleks inhibisyonudur.

Lumbal bölgede derin kasların inhibe olması santral sinir sisteminin motor stratejisinde de değişiklikler oluşturmaktadır. Derin kasların stabilize etme fonksiyonu azalınca bunu kompanse etmek için santral sinir sistemi tarafından gövde kaslarının aktivitesinde artış meydana gelmektedir. Bu durum gövde kaslarının spazmına ve ağrıya neden olmaktadır. Sonuçta kas disfonksiyonu, spinal yapıların normal fonksiyonunu bozarak yaralanmaların oluşumuna zemin hazırlamaktadır (125,131).

Lumbal bölgenin stabilitesini geliştirmede, stabilizasyon egzersizlerinin yanında programının bir parçası olarak nöromusküler elektrik stimülasyonu kullanılmaktadır. Kullanılan elektrik stimülasyonunun avantajları;

—Hastaya kasın ateşlenmesi ve aktivasyonunu tekrardan yapabilmesi için feedback sağlamak,

—Elektrik akımının açma-kapama siklusu ile bir egzersiz hızı oluşturmak,

—TA ve Multifidus'un yeniden eğitime yardımcı olmaktır.

Piyasada birçok elektrik stimülatörü bulunmakla birlikte kuvvetin artırılmasında etkili olabilmesi için elektrik stimülatörünün kuvvetli tetanik kontraksiyonlar oluşturabilmesi ve az bir ağrı cevabını aktive etmesi gerekir. Ağrıyı minime indirmek için dalga formu, atım durasyonu ve atım frekansı değiştirilerek elektrik stimülatörü modifiye edilebilir. Akım şiddeti, kuvvet ve yorgunluk oranını belirlediği için, NMES'de atım frekansının uygun seçilmesi çok önemlidir. Ağrı

oluşturmadan etkili bir kontraksiyon açığa çıkarmak için uygulamalarda atım frekansları 15–100 atım/sn arasında seçilmektedir (132).

1970’lerde bulunan yüksek voltaj stimülatörlerin kullanımı son 5 yıldır giderek artmaktadır. Yüksek voltaj kesikli galvanik stimülatörlerinin voltaj çıkışı 100–500 volt arasında iken, atım süresi 100 μ sn’nin altındadır (20–45 μ sn) ve dalga formu iki kere zirve yapan monofazik dalga formunu içermektedir. Klinikte kullanım amaçları alçak voltaj elektrik stimülasyonunun kullanım amaçları ile benzerdir (133–135).

1-Atrofiye uğramış kasları kuvvetlendirmek ya da kullanmama atrofisini minimale indirmek,

2-Kas reedükasyonunu yeniden fasilite etmek,

3-Ağrı kontrolünü sağlamak,

4-Eklem füzyonunu ve interstisiyel ödemi azaltmak,

5-Periferal kan dolanımını artırmaktır.

Literatür incelendiğinde alçak voltaj nöromusküler elektrik stimülasyonuna göre;

1-Düşük akım şiddeti ve çok kısa atım süresi nedeniyle elektrotlar altındaki asit-baz oluşumunun az olması, elektrokimyasal reaksiyonların çok az olması veya hiç görülmemesi,

2-İki kere zirve yapan atımlar temporal sumasyon yolu ile direkt olarak aksonların ve kas liflerinin uyarılabilir membranlarının daha geniş parsiyel depolarizasyonuna yol açması,

3-Deri direnci ve deri altı yağ dokusu ortalamanın üzerinde olan kişilerde bile rahatlıkla kullanılabilmesi ve akımın daha iyi tolere edilebilmesi

4-Penetrasyon derinliğinin fazla olması ve daha kuvvetli kontraksiyon oluşturması gibi önemli avantajlarının olduğu saptanmıştır (133–135).

3.BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. BİREYLER

Stabilizasyon egzersizleri ve yüksek voltaj kesikli galvanik stimülasyonun multifidus kas aktivitesi ve yorgunluğu üzerine olan etkilerinin karşılaştırıldığı bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilimdalı'nda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya en az 5 yıl içerisinde 3 aydan daha fazla süren bel ağrısı şikayeti, sinir-kök basısı ve daha önce spinal cerrahi geçirme hikayesi olan olgular alınmamıştır. Tedaviyi etkileyebilecek nöromusküler, ortopedik veya kardiovasküler problemi olan olgular çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmaya 30 sağlıklı olgu dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan tüm olgulara değerlendirme ve tedavi yöntemleri ve bu yöntemlerin olası yararları konusunda bilgilendirme yapılarak, çalışmaya gönüllü katıldıklarına dair aydınlatılmış onam formu imzalatılmıştır.

İki farklı tedavi yaklaşımının multifidus kası üzerine olan etkilerini objektif olarak yorumlamak için gruplar, benzer demografik özelliklere sahip kadınlardan oluşturulmuştur. 1. grup; multifidus kas aktivitesini artırmaya yönelik stabilizasyon egzersizlerinin uygulandığı egzersiz grubu, 2. grup ise Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA) ile multifidus kasına kuvvetlendirme uygulamasının yapıldığı çalışma grubudur. 3. grup ise hiç bir tedavi yönteminin uygulanmadığı kontrol grubudur.

Çalışmamıza, her bir gruba 10 kadın olmak üzere toplam 30 sağlıklı olgu dahil edilmiştir. Olguların yaş ortalamaları $20,37 \pm 0,85$ yıldır.

Çalışmamızın yapılabilmesi için Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi, Cerrahi ve İlaç Araştırmaları Etik Kurulu'ndan, 14/11/2006 tarihinde onay alınmış olup, karar no'su LUT 06/46-20'dir.

3.2.YÖNTEM

3.2.1.Çalışma Planı

Çalışmaya alınan her üç gruptaki olgulara tüm değerlendirme yöntemleri, tedaviye başlamadan önce ve 6 haftalık toplam 18 seans fizyoterapi ve rehabilitasyon programı sonrasında uygulanmıştır. Değerlendirme öncesinde olgulara multifidus

kasını aktive eden “abdominal hallowing” hareketi (Abdomenin yukarı ve içe çekilmesi) öğretilmiştir. Hareketin başarılı bir şekilde yapılması için istenen kontraksiyon, kasın resmi gösterilerek anlatılmıştır. Kasın temel anatomisinin bir resimle örnekleme, istenen harekete yardımcı bir araç olarak kullanılmıştır. Kontraksiyon sırasında tam performans için hastadan alt abdominal parçaya konsantre olması, gövde ve pelviste hareket olmaksızın alt abdominal parçayı omurgaya doğru içe ve yukarı çekmesi istenmiştir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. “Abdominal Hollowing” hareketinin hastaya öğretilmesi

3.2.2. Değerlendirme

A. Olguların Fiziksel Özellikleri

Olguların yaş, boy uzunluğu ve vücut ağırlıkları kayıt edilerek vücut kitle indeksleri hesaplanmıştır.

B. Fiziksel Performans

Bel problemi yaşayan kişilerin tedavisinde en büyük amaç, kişinin aktivite seviyesini artırmaktır. Bu gelişim seviyesini göstermek için klinikte daha çok günlük

yaşam aktiviteleri anketleri kullanılmaktadır. Ancak yapılan bu anketler kişinin gerçek performans kapasitesini yansıtmamaktadır. Bu nedenle klinikte kullanımı kolay ve kişinin gerçek performansını yansıtan fonksiyonel performans testleri geliştirilmiştir. Ayrıca bu testlerin geçerliliği ve güvenilirliği yapılan çalışmalarla da kanıtlanmıştır (136,137).

Çalışmada fiziksel performans değerlendirmesi için 3 test kullanılmıştır. Her bir test 1'er dk'lık dinlenme araları ile 2'şer defa uygulanarak, yapılış sürelerinin (sn) ortalaması kaydedilmiştir. Bu testler:

—Tekrarlı gövde fleksiyonu: Olgulardan ayakta dururken olabildiğince hızlı bir şekilde 10 kez gövde fleksiyon ve ekstansiyonu yapmaları istenmiştir.

—Tekrarlı oturup kalkma: Olgulardan hızlı bir şekilde 5 kez ayakta iken bir sandalye üzerine oturmaları istenmiştir.

—50 adım (15 m) yürüme: Olgulardan başlangıç çizgisinden hızlı olarak 25 adım (7,5 m) yürüyüp geri dönmeleri istenmiştir (136,137).

C. Multifidus Kas Aktivitesi ve Yorgunluk Derecesi

Çalışmaya alınan olguların multifidus kas

a- aktivasyonu

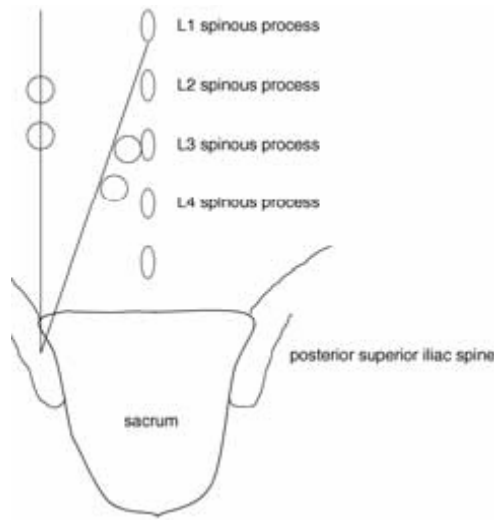
b- yorgunluk derecesi, yüzeysel elektromyografi (YEMG) ile ölçülmüştür.

Son yıllarda YEMG, kas fonksiyonunun incelenmesinde yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Genel olarak YEMG sinyallerinin iki karakteri incelenmektedir. Bunlar amplitüd (amp) ve frekans parametreleridir. YEMG amplitüd'ü kasın aktivasyon derecesi olarak tanımlanır ve kişinin kas gücünü göstermektedir. YEMG frekansı ise istenen bir aktivite sırasında kasın ateşlenen motor birimlerini göstermektedir. Günümüzde frekans ve güç spektrum analizi tekniği dijital bilgisayarlar kullanılarak kolaylıkla yapılabilmekte ve önemli veriler elde edilebilmektedir. Amplitüd verileri ile Kareler Ortalamasının Karekökü (RMS) değerleri hesaplanarak kas aktivasyonu tanımlanır. Frekans analizi için 'Fourier analizi' olarak ifade edilen yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntem ile Ortalama Frekans (mean), Ortanca Frekans (median) değerleri hesaplanmaktadır. Ortanca

Frekans (median) değeri güç spektrumunu iki eşit parçaya ayırır ve kas fibrillerinin iletim hızındaki değişiklikleri gösteren geçerli bir ölçümdür (138–140).

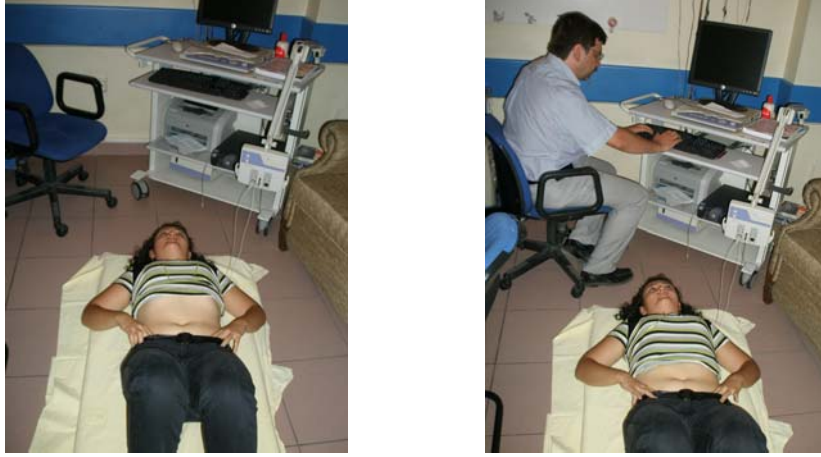
1-Kas Aktivasyonu

Çalışmada YVKA veya egzersiz ile kuvvetlendirme yöntemlerinin multifidus kası üzerindeki etkileri karşılaştırılacağı için YEMG ölçümü multifidus kasına yapılmıştır. YEMG sistemi 10 sn'lik kayıt için hazırlanmıştır. Elektrotlar yerleştirilmeden önce deri alkol ile temizlenmiştir. Multifidus kası için bir çift yüzeysel elektrot, birinci lumbal vertebranın spinöz çıkıntısını posterior superior spina iliaca'ya birleştiren çizgiye paralel olacak şekilde üçüncü lumbal vertebra seviyesine sıralanmıştır (Şekil 3.2). Elektrotlar arasında 2 cm mesafe bırakılmıştır. Toprak elektrot ise diğer elektrotlardan 10 cm uzağa yerleştirilmiştir (141,146).



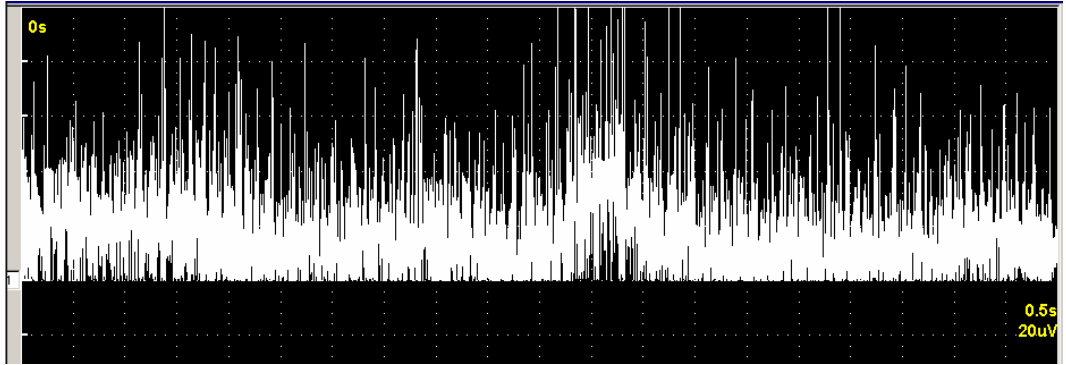
Şekil 3.2. Multifidus kası için EMG elektrotlarının yerleşimi

Sırtüstü çengel pozisyonunda multifidus aktivasyonu için olgulardan “abdominal hallowing” hareketini yapmaları istenmiştir. Ellerini taktik uyarı için spina iliaca anterior superiorun önüne yerleştirmeleri istenmiştir. Gövde ve pelviste hareket olmadan karın alt bölgesini yukarı ve içe çekmeleri olgulardan istenmiştir. Olgular 1dk dinlenme araları ile 3 kez 10sn'lik “abdominal hallowing” hareketini yaparken YEMG kayıtları alınmıştır (Şekil 3.3).

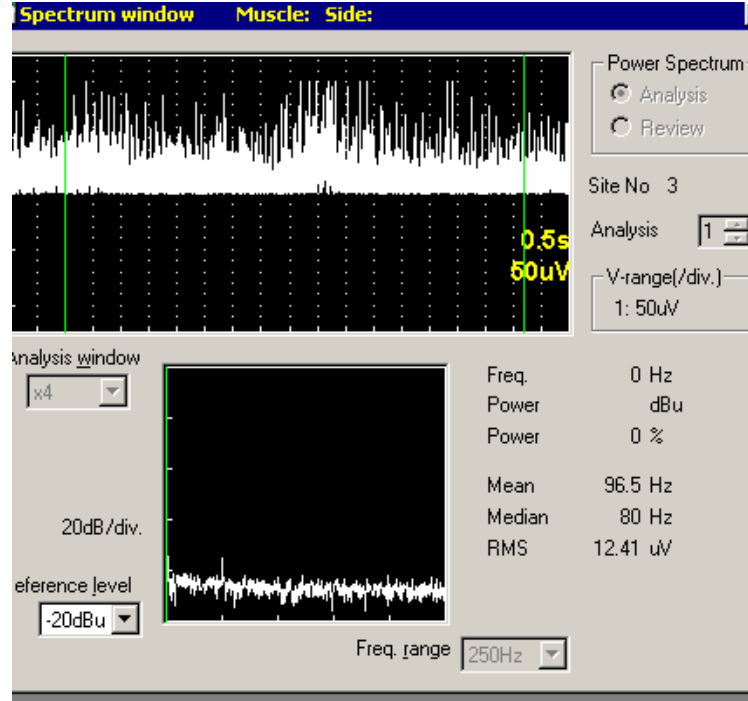


Şekil 3.3. Multifidus kasının YEMG ile ölçümü

10 sn'lik kaydın 1–9, 0–4, 6–10sn aralıkları analiz için kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bu analiz aralıkları içinde YEMG'den elde edilen Ortalama Frekans (Mean), Ortanca Frekans (Median) ve Kareler Ortalamasının Karekökü (RMS) verileri hesaplanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. 10 saniyelik EMG kaydı



Şekil 3.5. 10 saniyelik EMG kaydının Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD)-güç spektrumu ve hesaplanan parametreler

2-Yorgunluk Derecesi

Bel ağrısına sahip hastalarda sıklıkla kas gücü ve enduransda azalma meydana gelir ki bu durum omurganın fonksiyonel kapasitesini azaltır ve kişinin tekrar yaralanma riskini artırır. Sırt kaslarının yorgunluğu ile ilgili endurans zamanı üzerine yapılan birçok çalışmada, bel ağrısı ile arasında bir ilişki tanımlanmıştır. Bu nedenle kas yorgunluğu/enduransı cevaplarını saptamada yüzeysel EMG teknikleri kullanılmakta ve güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Bu yorgunluk genel olarak YEMG güç spektrum analizindeki Ortalama ve Ortanca Frekans gibi frekansa bağlı değişkenler veya kareler ortalamasının karekökü (RMS) gibi zamana bağlı değişkenler ile belirlenmektedir (142,143).

Çalışmamızda Multifidus kasının enduransı için olgulardan sırtüstü pozisyonda 60 sn'lik izometrik “abdominal hollowing” hareketi yapmaları istenmiştir. Multifidus kası için elektrotlar daha önce belirtilen bölgeye yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). 60 sn'lik izometrik “abdominal hollowing” hareketi sırasında YEMG kayıtları alınmıştır (Şekil 3.3). 60 sn'lik kaydın 0–16, 20–36, 40–

56. sn aralıkları analiz için kullanılmıştır. Bu analiz aralıkları içinde YEMG'den elde edilen Ortalama Frekans (mean), Ortanca Frekans (median) ve Kareler Ortalamasının Karekökü (RMS) verileri hesaplanmıştır.

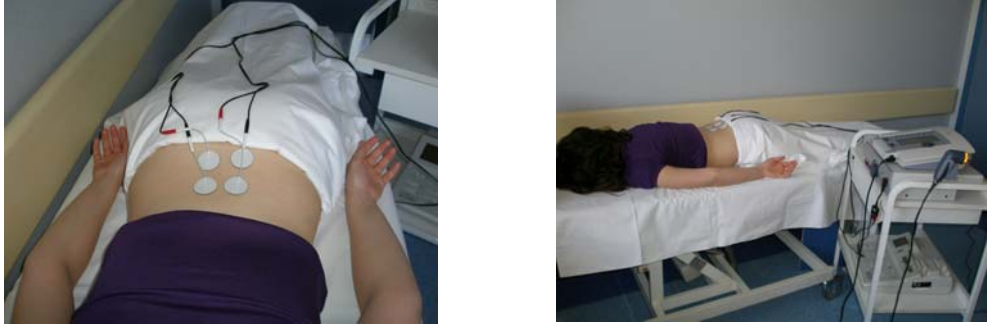
3.3.TEDAVİ

Çalışmaya alınan olgulara değerlendirme yöntemleri uygulandıktan sonra basit rastgele örnekleme yöntemi ile üç gruba ayrılmıştır. Multifidus kas kuvvet ve enduransını artırmaya yönelik olarak ilk gruba kolaydan zora doğru ilerleyen stabilizasyon egzersizlerinden oluşan bir program, ikinci gruba ise lumbal bölge üzerine Yüksek Voltajlı Kesikli Akım (YVKA) uygulanmıştır (11,14,17). Hiçbir fizik tedavi yaklaşımının uygulanmadığı üçüncü grup ise kontrol grubu olarak alınmıştır.

3.3.1. Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA)

YVKA, iki kere zirve yapan monofazik dalga formu içeren, 200 μ sn'ye kadar sabit durasyonu ve 100 Volt'tan daha yüksek voltajı olan, frekansı isteğe bağlı olarak ayarlanabilen bir akımdır. Atımlar arası aralığın çok kısa olması her bir ana atımda çok sayıda elektron akışına neden olmaktadır. İki kere zirve yapmasından dolayı ağrı oluşturmada stimülasyon sağlarken, aynı zamanda uygulanan kasta sumasyon oluşturarak daha fazla motor ünitenin ateşlenmesine yol açmaktadır. Tüm bu etkilerden dolayı kasta yorgunluk oluşturmada kasın kuvvetlenmesini sağlamak amacı ile YVKA uygulaması tercih edilmiştir.

YVKA, 'Sonopuls 492' aleti kullanılarak uygulanmıştır. Cihaz, atım genişliğini otomatik olarak 100 μ sn verirken atım frekansı 60 atım/sn'ye ayarlanmış ve yorgunluk oluşturmaması için akımın kesikli formu tercih edilerek geçiş/dinlenme süresi: 5 sn uyarı/5 sn dinlenme şeklinde düzenlenmiştir. Cihazın toplam çıkış voltajı 0–500 Volt arasında değişmekte olup, olguda çok fazla rahatsızlık hissi oluşturmada uygulanan kasta elle hissedilir bir kontraksiyon alıncaya kadar akım şiddeti artırılmıştır. Elektrotlar lumbal 3–4–5 vertebra seviyesine bilateral olarak yerleştirilmiştir. Olgulardan cihazın verdiği 5 sn'lik uyarı sırasında izometrik "abdominal hallowing" hareketini yapmaları ve devam ettirmeleri istenmiştir. 5 sn'lik dinlenme periyodunda ise kontraksiyon bırakılmıştır. YVKA toplam 10 dk olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Lumbal bölge üzerine YVKA uygulaması

3.3.2.Stabilizasyon Egzersizleri

Çalışmada kullanılan stabilizasyon egzersizleri olgulara fizyoterapist gözetimi altında yaptırılmıştır. Bu egzersizler oluşturulurken bazı prensipler göz önüne alınmıştır (144). Bunlar;

1-Egzersiz programı kişinin stabilizasyon kabiliyetini aşmamalıdır:

Omurgadaki yaralanmalar omurgadaki kasların vertebral kolondaki eklemleri uzun süre stabilize edememelerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle kişilerin stabilize görevi gören kasların kapasitesini aşmayan egzersizler yapması gerekir. Bu durum hem egzersizler hem de günlük yaşam aktiviteleri için uygulanmalıdır. Örneğin orta derecede stabilizasyon kabiliyeti olan bir kişi aerobik egzersiz için hızlı yürüyebilirken koşma sırasında omurgayı stabilize edemez. Ayrıca yaralanmış bir işçi 10 kg'lık ağırlık kaldırmayı içeren bir aktiviteyi yapabilirken 15 kg'lık aktiviteyi yapamaz. Sonuçta stabilizasyon kabiliyetini aşan egzersizler yapıldığı zaman vücut stabilizatör olarak global kasları kullanır ve bu durum başka mekanik problemlere ve ağrıya neden olur.

2-Hareketin miktarından önce hareketin kalitesi

Stabilizasyon egzersizlerinin temel amacı, vücuda derin ve global kasların doğru kullanımını öğretmektir. Bu amacı başarmak için, egzersizlerin fazla tekrarlı yapılmasından çok uygulanan tekniğin üzerinde önemle durmak gerekir. Bir sonraki zor olan aşamaya geçmeden önce başlanılan hareketin doğru yapıp yapılmadığından emin olunmalıdır.

3-Basit egzersizle başlanılmalı, dereceli olarak daha zor egzersizlere geçilmelidir

Egzersizleri yapmaya başlarken pozisyon duyusu ve statik stabilite üzerinde ayrı ayrı durulmalıdır. Bunların her biri iyi öğrenildikten sonra tek bir egzersizde birleştirilmelidir. Örneğin; egzersiz topu üzerinde postürü koruyabilme. Son olarak ise pozisyon duyusu ve dinamik stabilite egzersizleri birleştirilmelidir. Örneğin: Top üzerinde üst veya alt ekstremitte hareketleri.

4-Pozisyon duyusunu artırmak için destek yüzeyi ve temas noktalarının sayısı azaltılmalıdır.

Destek yüzeyi ve temas noktalarının sayısının azaltılmasının dışında egzersizlerin gözler kapalı olarak yapılması da pozisyon duyusunu artırmaktadır. Birçok insan dengeyi korumak için görme duyusuna bağımlıdır. Bu nedenle gözler kapalı egzersizlerin yapılması çok daha zor olmaktadır. Fakat gözler kapalı yapılan egzersizler vücut farkındalığını daha çok artırmaktadır.

Bunun yanında kol ve bacaklar hareketli iken dengeyi sağlamakta pozisyon duyusunu geliştirmek için kullanılabilir.

5-Statik egzersizlerde her bir postürü veya pozisyonu koruma süresi uzatılarak ilerlenilmelidir.

Statik egzersizde spinal stabilizatörlerin endurans eğitimi için belirgin postür veya pozisyon devam ettirilmeye çalışılır. Başlangıçta 10 tekrarlı yapılan egzersiz pozisyonu 5- 10 sn devam ettirilirken, program ilerledikçe pozisyonu koruma süresi 30–45 sn uzatılmalı fakat tekrar sayısı azaltılmalıdır.

6-Dinamik egzersizler tekrar sayısı artırılarak geliştirilmelidir.

Verilen tekrar sayısında dinamik egzersizler yapılırken güçte bir azalma gözlemlendiği anda durulmalıdır. Eğer egzersiz 20 tekrardan daha fazla yapılabiliyorsa, bir zor aşamasına geçilmelidir.

7- Bel ve boyun ağrısını artıran egzersizlerden vazgeçilmelidir.

8-Dereceli olarak başlanılmalı ve program rahat yapıldıkça daha fazla egzersiz eklenmelidir.

Bu prensipler doğrultusunda çalışmaya katılan olgulara uygulanan program aşağıdaki şekildedir:

BAŞLANGIÇ SEVİYESİ



TAnsversus Abdominus ve Multifidus kontraksiyonu



TA ve MF kontraksiyonu ile bükülü dizi yana açma



Arka Köprü -geniş destek yüzeyi ve iki nokta teması



Ön Köprü- dört nokta teması



Gözler açık –tek ayak



Top üzerinde oturma-geniş destek yüzeyi



Top üzerinde oturma-dar destek yüzeyi



Top üzerinde oturma-gözler kapalı ve geniş destek yüzeyi



Top üzerinde oturma-gözler kapalı ve dar destek yüzeyi



Top üzerinde-gözler açık-kol hareketi

ORTA SEVİYE –BAŞLANGIÇ



TA ve MF kontraksiyonu ile topuk kaydırma



TA ve MF kontraksiyonu ile kolların baş üzerine elevasyonu



TA ve MF kontraksiyonu ile kalça fleksiyonu



Arka köprü-dar destek yüzeyi-
iki nokta teması



Ön köprü-dar destek yüzeyi
dört nokta teması



Ön köprü-üç nokta teması



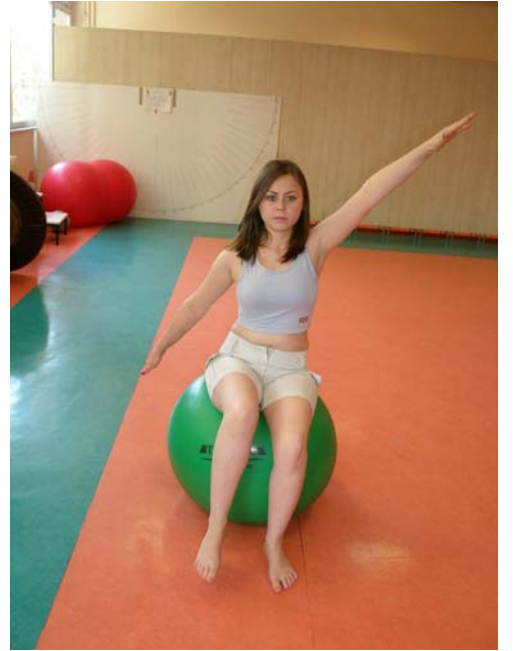
Tek ayakta-gözler kapalı



Top üzerinde-gözler açık tek nokta teması



Top üzerinde-gözler kapalı-tek nokta teması



Top üzerinde-gözler açık-tek nokta teması-kol hareketi ile



Arka Köprü-iki nokta teması
(ayaklar top üzerinde)



Ön köprü- iki nokta teması-
bacaklar top üzerinde

ORTA SEVİYE –İLERİ DÜZEY



Top üzerinde-gözler kapalı-
tek nokta teması



Top üzerinde-gözler kapalı-tek
nokta teması-kol hareketleri



Top üzerinde-temas noktası yok



Kalça-diz fleksiyonu ile diğer bacak abdüksiyonu



Tek bacak kalça-diz fleksiyonu
ile karşı taraf kol elevasyonu



Bilateral Kalça-diz fleksiyonu



Arka köprü-temas noktası yok



Arka köprü- top üzerinde-iki temas noktası
geniş destek yüzeyi



Arka köprü-top üzerinde-iki
temas noktası-kol elevasyonu



Ön köprü-parmak ucunda üç nokta teması



Ön köprü-top üzerinde-iki temas noktası



Arka köprü



Ön köprü-tek bacak ekstansiyonu



Yan Köprü-Dizlerle



Abdominal kuvvetlendirme



Gluteus Maksimus kuvvetlendirme



Sırt ekstansörleri kuvvetlendirme

İLERİ DÜZEY



Top üzerinde-temas noktası yok



Respirokal kalça-diz fleksiyonu
kol hareketleri



Bir taraf kalça fleksiyonu ile diğer taraf
kalça ekstansiyonu



Yan Köprü-Ayaklarla



Arka köprü



Arka Köprü-tek bacak ekstansiyon



Arka Köprü-respirokal üst ve alt
ekstremitte hareketi



Ön Köprü-tek bacak ekstansiyonu



Ön Köprü- kollar top üzerinde



Yan Köprü-tek bacak abdüksiyonu



Abdominal kuvvetlendirme



Gluteus Maksimus kuvvetlendirme



Sırt ekstansörleri kuvvetlendirme

3.3.3. İstatiksel Analizler

İstatiksel analizler, “SPSS 16 for Windows” programında yapılmış, p değeri 0.05 seçilmiştir. Ölçümle belirtilen değişkenler ortalama±standart sapma ile belirtilmiştir. Tüm gruptaki olguların tedavi öncesi-sonrası ölçümlerinin karşılaştırılması için Wilcoxon Eşleştirilmiş İki Örnek Testi (z) yapılmıştır. Ölçümsel verilerin gruplar arası farklarının karşılaştırılması için Kruskal-Wallis Tek Yönlü Varyans Analizi (X^2) kullanılmıştır. Anlamlı sonuç alınan parametrelerde anlamlılık düzeyini belirlemek için NCSS 2007 paket programı kullanılarak Dunn’s Test (z) yapılmıştır. Bu teste istatistiksel anlamlılık düzeyi $z > 2.3940$ kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmaya seçim kriterlerine uyan gönüllü sağlıklı olgular dahil edilmiştir. Birinci grup, multifidus kas aktivitesini artırmaya yönelik stabilizasyon egzersizlerinin uygulandığı egzersiz grubu, 2. grup ise Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA) ile multifidus kasına kuvvetlendirme uygulamasının yapıldığı çalışma grubunu, 3. grup ise hiç bir tedavi yönteminin uygulanmadığı kontrol grubunu içermektedir.

4.1. Olguların Fiziksel Özellikleri

Olguların fiziksel özellikleri kapsamında; yaş (yıl), boy uzunluğu (cm), vücut ağırlığı (kg) ve vücut kitle indeksi (kg/m^2) değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen 3 gruptaki olguların fiziksel özellikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma Tablo 4.1.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1.1. Olguların fiziksel özellikleri ve gruplar arası karşılaştırma

	1. grup (n=10)	2. grup (n=10)	Kontrol grubu (n=10)	χ^2	p
Yaş(yıl)	20.30±0.67	20.40±1.07	20.40±0.84	0.03	0.98
Boy uzunluğu(cm)	1.66±0.07	1.64±0.05	1.60±0.05	3.98	0.14
Vücut ağırlığı (kg)	57.10±7.92	58.10±6.17	51.80±4.46	5.12	0.08
Vücut Kitle İndeksi(kg/m^2)	20.54±2.41	21.62±2.87	20.25±1.80	0.96	0.62

Çalışmaya katılan olguların yaşları 19–22 arasında değişmektedir. Egzersiz grubundaki olguların yaşları ortalamaları 20.30±0.67 yıl, YVKA grubundaki olguların yaş ortalamaları 20.40±1.07 yıl iken, kontrol grubunda 20.40±0.84 yıldır ($p>0.05$). Gruptaki olguların boy uzunlukları ve vücut ağırlıkları sırasıyla egzersiz grubunda 1.66±0.07 cm ve 57.10±7.92 kg YVKA grubunda 1.64±0.05 cm ve 58.10±6.17 kg, kontrol grubunda ise 1.60±0.05 cm ve 51.80±4.46 kg.dır ($p>0.05$). Vücut kitle indeksleri ise egzersiz grubunun 20.54±2.41(kg/m^2) YVKA grubunun

21.62±2.87 (kg/m²), ve kontrol grubunun 20.25±1.80 (kg/m²)'dir (p>0.05). Yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksleri açısından gruplar arasında farkın olmaması gruplarımızın homojen dağılımının olduğunu göstermektedir (p>0.05) (Tablo 4.1.1).

4.2. Multifidus Kas Aktivitesi Ve Endurans Ölçümlerinin İstatistiksel

Analiz Sonuçları

4.2.1. Multifidus Kas Aktivitesi Ve Endurans Ölçümlerinin Tedavi

Öncesi Ve Sonrası Sonuçlarının Karşılaştırılması

1. grubun (Egzersiz grubu) kas aktivitesi ve endurans ölçüm sonuçlarına incelenen analiz aralıkları içinde bakıldığında, tedavi öncesi ve sonrası farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu bulunmuştur (p>0.05) (Tablo 4.2.1).

Tablo 4.2.1. 1. gruptaki olguların multifidus kas aktivasyonu ve endurans ölçümlerinin tedavi öncesi ve sonrası sonuçlarının karşılaştırılması

		Tedavi öncesi X±SD	Tedavi sonrası X±SD	z	P
Kas Aktivasyonu					
1-9sn	Mean	66.37±19,42	65,21±24,16	-0.65	0,51
	Median	43,20±19,09	44,83±25,74	-0.06	0,95
	RMS	7,86±6,63	11,29±7,89	-1.59	0,11
0-4sn	Mean	66.09±16.50	67.38±22.99	-0.28	0,77
	Median	42.72±46.13	46.13±25.11	-0.42	0.67
	RMS	7.59±5.75	8.32±3.87	-0.84	0,40
6-10sn	Mean	65.22±19.84	67.06±23.47	-0.14	0.88
	Median	42.38±21.61	47.16±25.10	-1.00	0,31
	RMS	7,38±5.80	8.34±4.44	-1.125	0.26
Kas Enduransı					
0-16sn	Mean	63.91±27.05	51.15±32.89	-1.21	0.22
	Median	40.25±24.64	30.00±31.02	-0.94	0.34
	RMS	7.72±7.03	8.07±3.46	-0.67	0.50
20-36sn	Mean	56.33±33.12	45.55±32.32	-1.75	0.08
	Median	35.83±28.19	29.45±26.14	-1.46	0.14
	RMS	8.35±6.84	10.23±6.27	-0.67	0.50
40-56sn	Mean	51.16±31.64	43.75±28.59	-0.67	0.50
	Median	28.50±26.64	22.95±24.02	-0.36	0.71
	RMS	9.21±6.96	9.20±2.87	-0.41	0.68

2. grubun (YVKA'nın uygulandığı grup) kas aktivitesi ve endurans ölçüm sonuçlarına incelenen analiz aralıkları içinde bakıldığında, tedavi öncesi ve sonrası farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu bulunmuştur ($p>0.05$) (Tablo 4.2.2).

Tablo 4.2.2. 2. gruptaki olguların multifidus kas aktivasyonu ve endurans ölçümlerinin tedavi öncesi ve sonrası sonuçlarının karşılaştırılması

		Tedavi öncesi X±SD	Tedavi sonrası X±SD	z	P
Kas Aktivasyonu					
1-9sn	Mean	81.16±23.53	89.72±11.16	-0.65	0.51
	Median	62.20±28.44	77.92±15.69	-0.65	0.51
	RMS	6.10±3.72	7.85±4.30	-0.77	0.44
0-4sn	Mean	81.46±26.64	84.03±17.07	-0.18	0.85
	Median	68.16±32.18	72.72±20.42	-0.29	0.76
	RMS	5.61±3.79	8.80±5.78	-0.89	0,37
6-10sn	Mean	79.85±23.21	91.46±11.29	-1.00	0.31
	Median	65.33±27.36	80.40±14.76	-1.12	0.26
	RMS	6.55±3.81	8.15±4.34	-0.77	0.44
Kas Enduransı					
0-16sn	Mean	86.83±17.35	82.66±21.76	-0.53	0.59
	Median	80.22±24.19	70.63±29.92	-0.53	0.59
	RMS	5.55±2.88	7.34±3.76	-0.88	0.37
20-36sn	Mean	82.33±22.39	84.77±10.32	-0.28	0.77
	Median	72.38±27.99	72.38±17.42	-0.65	0.51
	RMS	6.74±4.30	6.80±3.93	-0.12	0.90
40-56sn	Mean	81.44±27.66	77.77±10.03	-0.23	0.81
	Median	70.00±33.84	62.00±17.91	-0.71	0.47
	RMS	7.16±4.51	7.98±5.22	-0.42	0.67

Kontrol grubu'nun kas aktivitesi ve endurans ölçüm sonuçlarına incelenen analiz aralıkları içinde bakıldığında, başlangıç ve 6 hafta sonrasındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu bulunmuştur ($p>0.05$) (Tablo 4.2.3).

Tablo 4.2.3. Kontrol grubundaki olguların multifidus kas aktivasyonu ve endurans ölçümlerinin başlangıç ve 6 hafta sonrasındaki sonuçlarının karşılaştırılması

		Başlangıç X±SD	6 Hafta sonra X±SD	z	P
Kas Aktivasyonu					
1-9sn	Mean	83.76±23.61	69.46±21.40	-1.68	0.09
	Median	62.13±24.08	50.45±25.13	-1.17	0.24
	RMS	12.16±8.85	5.49±3.62	-1.89	0.06
0-4sn	Mean	78.13±23.87	67.91±20.46	-1.37	0.17
	Median	55.85±26.76	49.41±23.73	-0.25	0.79
	RMS	11.93±8.43	5.42±2.92	-1.98	0.05
6-10sn	Mean	87.71±25.79	73.08±21.00	-1.48	0.14
	Median	67.23±24.70	55.98±23.40	-1.07	0.28
	RMS	11.97±8.72	5.28±3.88	-1.89	0.06
Kas Enduransı					
0-16sn	Mean	83.00±14.98	75.80±24.57	-1.07	0.28
	Median	64.10±23.65	56.40±30.02	-0.29	0.37
	RMS	10.55±8.06	5.64±4.97	-1.48	0.13
20-36sn	Mean	82.45±17.88	69.15±27.39	-1.07	0.28
	Median	65.85±23.53	52.00±33.38	-1.07	0.28
	RMS	10.49±7.60	6.15±4.60	-1.36	0.17
40-56sn	Mean	79.30±18.23	70.45±30.52	-0.66	0.50
	Median	60.50±22.65	52.00±35.94	-0.88	0.76
	RMS	9.48±7.26	6.69±4.75	-0.87	0.38

4.2.2. Multifidus Kas Aktivitesi ve Endurans Ölçüm Sonuçlarının

Gruplar Arası Karşılaştırılması

Grup 1, Grup 2 ve Kontrol grubu'nun multifidus kas aktivitesi ve endurans ölçümleri karşılaştırıldığında, gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu saptanmıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.2.4).

Tablo 4.2.4. Grup1, Grup 2 ve Kontrol grubu'nun kas aktivasyonu ve endurans değerlerinin karşılaştırılması

		1. grup X±SD	2. grup X±SD	3. grup X±SD	X ²	p
Kas Aktivasyonu						
1-9sn	Mean	-0.23±19.31	8.27±31.02	-8.72±32.12	3.50	0.17
	Median	2.70±22.56	10.72±35.08	-11.69±36.16	1,22	0.54
	RMS	4.11±7.98	1.74±5.14	-6.67±10.29	6.03	0.05
0-4sn	Mean	1.93±18.73	2.57±28.41	-10.26±33.35	1.15	0.56
	Median	4.42±22.54	4.56±38.39	-6.42±42.26	0.38	0.82
	RMS	1.11±3.95	3.20±7.32	-6.51±9.43	5.77	0.06
6-10sn	Mean	2.53±14.21	11.61±24.54	-14.61±31.38	4.68	0.09
	Median	5.86±18.87	15.06±31.43	-11.23±36.87	2.77	0,25
	RMS	1.32±3.68	1.60±4.54	-6.69±10.24	5.30	0.07
Kas Enduransı						
0-16sn	Mean	-16.83±25.26	-4.16±25.21	-7.20±30.17	0.50	0.77
	Median	-15.00±32.19	-9.58±41.42	-7.70±38.26	0.12	0.93
	RMS	0.43±5.33	1.78±5.01	-4.91±10.49	2.79	0.24
20-36sn	Mean	-9.41±9.34	1.94±27.54	-13.30±34.83	1.16	0.56
	Median	-6.66±11.98	0.00±39.65	-13.85±42.56	0.45	0.79
	RMS	1.81±7.18	0.05±5.74	-4.34±9.70	2.28	0.31
40-56sn	Mean	-3.33±17.83	-3.66±22.66	-8.85±39.25	0.98	0.61
	Median	-0.08±20.20	-8.00±36.65	-8.50±49.04	0.52	0.77
	RMS	0.30±6.53	0.82±5.46	-2.79±9.83	1.08	0.58

4.3. Fiziksel Performans Ölçümleri Ve İstatistiksel Analiz Sonuçları

4.3.1. Fiziksel Performans Testlerinin Tedavi Öncesi Ve Sonrası Sonuçlarının Karşılaştırılması

1. grubun fiziksel performans testlerinin tedavi öncesi ve sonrası sonuçları karşılaştırıldığında, aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.3.1) (sn).

Tablo 4.3.1. 1. gruptaki olguların fiziksel performans testlerinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin (sn) karşılaştırılması (n=10)

	Tedavi öncesi X±SD	Tedavi sonrası X±SD	z	p
Tekrarlı gövde fleksiyonu	11.48±0.85	9.87±1.86	-2.29	0.02
Tekrarlı oturup kalkma	5.21±0.53	4.35±0.51	-2.80	0.00
50 adım yürüme	7.72±0.67	6.82±0.48	-2.80	0.00

2. grubun fiziksel performans testlerinin tedavi öncesi ve sonrası sonuçları karşılaştırıldığında, aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.3.2) (sn).

Tablo 4.3.2. 2. gruptaki olguların fiziksel performans testlerinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin (sn) karşılaştırılması (n=10)

	Tedavi öncesi X±SD	Tedavi sonrası X±SD	z	p
Tekrarlı gövde fleksiyonu	9.38±0.97	8.32±0.77	-2.80	0.00
Tekrarlı oturup kalkma	4.47±0.96	3.54±0.46	-2.80	0.00
50 adım yürüme	7.96±0.41	7.59±0.31	-2.70	0.00

Kontrol grubu'nun tedavi öncesi ve sonrası fiziksel performans test sonuçları karşılaştırıldığında, aradaki farkın tekrarlı gövde fleksiyon testinde istatistiksel olarak anlamlı diğer iki teste ise anlamsız olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.3.3) (sn).

Tablo 4.3.3. Kontrol grubundaki olguların fiziksel performans test ölçümlerinin başlangıç ve 6 hafta sonrasındaki değerlerinin (sn) karşılaştırılması (n=10)

	Tedavi öncesi X±SD	Tedavi sonrası X±SD	z	p
Tekrarlı gövde fleksiyonu	9.96±0.75	9.36±0.83	-2.50	0.01
Tekrarlı oturup kalkma	4.65±0.59	4.41±0.72	-0.87	0.39
50 adım yürüme	8.05±0.34	8.33±0.32	-1.73	0.08

4.3.2 Fiziksel Performans Testlerinin Sonuçlarının Gruplar Arası

Karşılaştırılması

Fiziksel performans testlerinin sonuçları gruplar arasında karşılaştırıldığında, sadece 50 adım yürüme test sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.3.4).

Tablo 4.3.4. Grup 1, Grup 2 ve kontrol grubunun fiziksel performans test sonuçlarının karşılaştırılması

	1. grup (n=10) X±SD	2.grup (n=10) X±SD	Kontrol grup (n=10) X±SD	X ²	p
Gövde fleksiyonu	1.60±2.07	1.06±0.39	0.60±0.57	5.81	0.06
Oturup kalkma	0.85±0.45	0.92±0.60	0.24±0.66	5.14	0.07
50 adım yürüme	0.89±0.41	0.37±0.19	-0.27±0.40	21.31	0.00

Hangi gruplar arasında fark olup olmadığına bakıldığında, kontrol grubu ile 1. ve 2. gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($z<2.3940$) (Tablo 4.3.5).

Tablo 4.3.5. Grup 1, Grup 2 ve kontrol grubundaki olguların 50 adım yürüme test sonuçlarının karşılaştırılması

	1. grup z	2.grup z	Kontrol grubu z
1.grup	0.0000	1.6387	4.3063
2.grup	1.6387	0.0000	2.6676
Kontrol grubu	4.3063	2.6676	0.0000

TARTIŞMA

Bel ağrısı, birçok ülkede baş ağrısını takiben iş gücü kaybına neden olan ikincil bir sebep olup, üretkenliği önemli ölçüde azaltan bir durumdur. Yaşamın herhangi bir 1–3 yıllık periyodunda toplumun % 80’inde görülebilmektedir. Bel ağrısı dalgalı bir seyir izler ve bel ağrıların tümünün % 10’u kroniktir. Akut bel ağrıların % 90’ında semptomlar 2–4 hafta içinde ortadan kalkarken, Papageourgiu ve diğ. (147)’nin yaptıkları bir çalışmada akut bel ağrılı hastaların % 60’ında ilk bir yıl içinde ikinci bir atak görüldüğü saptanmıştır. Bu tekrarların sebebi tam olarak açık olmamakla birlikte, lumbal vertebranın hareket segmentinin instabilitesinin en önemli sebep olduğu düşünülmektedir (148).

Gövde kaslarının en önemli fonksiyonu vertebrayı desteklemektir. Lumbal bölgede ekstansör kaslar hareket segmentinin dinamik kontrolünden sorumlu iken multifidus ve derin abdominal kasların sinerjistik kontraksiyonu lumbal vertebra için dinamik bir korse fonksiyonundadır (149). Lumbal multifidus en geniş paraspinal kas olarak lumbal omurganın en medialinde yer almaktadır. İntervertebral yapışma gösteren ve intersegmental stabilizeyi sağlayan lokal bir kastır. Bu kas vertebradan vertebraya yapışır ve en yakın vertebranın pozisyonunu kontrol eder (150). Birçok çalışma multifidus kasının lumbal segmental stabilize için en önemli kas olduğunu göstermektedir (149,151). Segmental stabilize ile birlikte nötral alan hareketinin de kontrolünü sağlamaktadır. Ayrıca internal oblik kasın alt fibrilleri ve m. transvers abdominusun torakolumbal fasiya ile olan bağlantılarından dolayı, lumbal vertebraya direkt yapıştıkları kabul edilir ve bu nedenle lokal kaslar gibi düşünülmektedirler (152). M. erektör spina, m. rektus abdominus gibi uzun ve büyük kaslar ise doğrudan omurgaya yapışmadıklarından dolayı geniş omurga hareketlerinden sorumludurlar. Son yıllarda bel ağrılı hastalarda bu kasların büyüklüğü ve özellikleri ile ilgili çok sayıda makale yayınlanmıştır. Sağlıklı ve bel ağrılı kişilerin lumbal bölge kasları özellikle multifidus kası, mikroskobik değerlendirmeden geçirilmiş ve kaslarda yapısal değişiklikler olduğu ortaya çıkarılmıştır (153,154).

Multifidus kasındaki kas dejenerasyonunu gösteren iki temel bulgu vardır. Bunlar; kas büyüklüğünde azalma ve yağ depo miktarındaki artıştır. Kastaki bu morfolojik değişiklikler, invazif olmayan bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans (MR) ve ultrason gibi görüntüleme teknikleriyle gösterilmektedir. Bu teknikler kasın

normal morfolojisinin incelenmesine izin vererek, akut-kronik bel ağrılı hastalar ile sağlıklı kişilerinin karşılaştırılmasını sağlar (155).

Sağlıklı ve asemptomatik kişiler arasında multifidusun büyüklüğünü değerlendiren çalışma sayısı azdır. Sağlıklı genç kadınlarda ultrason ve MR görüntüleme yöntemi ile multifidusun büyüklüğünü değerlendiren bir çalışmada, multifidus'un L2-S1 seviyesinde iki taraflı simetrik olduğu ve L2'den L5'e doğru büyüklüğünün arttığı gösterilmiştir (156).

Hides ve diğ. (157) 10 sağlıklı vakanın L2'den S1'e doğru her bir vertebral seviyedeki multifidus kas büyüklük ölçümlerini yapmışlardır. İki taraf arasındaki büyüklük farkının sadece % 3 ± 4 oranında olduğunu ve bu oranın normal kabul edildiğini bildirmişlerdir. Bel ağrılı hastalar incelendiğinde ise, multifidus kasında göze çarpan bir atrofi bulunmuştur (158,159). Akut-subakut ve kronik bel ağrılı hastalar ile cerrahi geçirmiş hastaların multifidus atrofisinin en alt lumbal vertebral seviyeye lokalize ve spesifik olduğu görülmüştür (86,155).

Kader ve diğ. (160), % 85'inde L4-5 seviyesinde disk dejenerasyonu olan 75 bel ağrılı hastayı MR ile incelemiştir. Sonuçta multifidus kasında L4-5 ve L5-S1 vertebral seviyede en büyük atrofisinin oluştuğunu görmüşlerdir. Multifidus kasının iki taraf simetri karşılaştırması yapıldığında, sağlıklı kişilerde % 2.9 ile % 5.8 arasındaki farkın normal olduğu % 10'dan büyük bir asimetrinin ise multifidusdaki potansiyel anormalliği gösterdiği bildirilmiştir (161).

Hides ve diğ. (157) akut bel ağrılı hastalarındaki multifidus asimetrisinin semptomatik ve asemptomatik taraf arasında % 31 ± 8 olduğunu görmüşlerdir. Barker ve diğ. (86) ise, 12 haftadan daha uzun süren bel ağrılı hastaları değerlendirdiklerinde benzer sonuçlar bulmuşlardır. Semptomatik taraftaki multifidus farkının ultrason görüntüleme yöntemiyle % 21.7 olduğunu görmüşlerdir.

Danneels ve diğ. (155) de yukarıdaki çalışmalara benzer olarak kronik bel ağrılı hastalarda lokalize multifidus atrofisini bilgisayarlı tomografi yöntemiyle göstermişlerdir. Sağlıklı kişilerle karşılaştırıldığında L4 vertebra seviyesinde multifidusun büyüklüğünde azalma görmüşlerdir. Diğer seviyeler tek tek incelendiğinde ise iki taraf arasında bir farklılık bulunamamıştır.

Sonuçlar göstermektedir ki, multifidusda oluşan atrofi semptomatik tarafta asimetric ve tek bir vertebra seviyesine lokalizedir. Burada meydana gelen atrofisinin

sebebi iyi anlaşılmamaktadır. Ancak kabul edilen görüş, lumbal vertebradaki ağrı ve inflamasyonun bu bölgedeki kaslarda özellikle multifidus kasında hareketi engellediği ve atrofinin meydana geldiğidir. Multifidus kasında oluşan değişiklikler için önerilen diğer bir açıklama ise refleks inhibisyonudur. Ağrıya bağlı olarak oluşan refleks inhibisyon, spinal kordun ön boynuzundaki alfa motor nöron aktivitesini engellemekte ve multifidus kasının aktivitesini inhibe etmektedir. Böylece farklı ateşleme paternleri oluşarak multifidus kası yerine diğer kaslar daha aktif olmakta ve stabilizasyon rolü değişmektedir (155).

Bel ağrılı hastalarda ortaya çıkan bu problemlerin etkili bir şekilde primer ve sekonder önleme stratejileri ile ele alınması gerekmektedir. Bu anlamda bel ağrılı hastaların rehabilitasyonunda kanıtlanmış birçok tedavi yaklaşımı bulunmaktadır. Egzersiz tedavisi ve elektroterapi uygulamaları bel ağrılı hastalara uygulanan ve yararları genel olarak kabul edilen yaklaşımlardır. Literatürde fizyoterapistler tarafından kullanılan bu farklı programların pozitif sonuçları bildirilmiştir. Fakat multifidus kasına yönelik özel tip egzersiz ve uygulamalar ile ilgili kanıtlar oldukça azdır. Bu nedenle, yeni çalışma programları ve bunların etkinlikleri önemli bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır.

Fizyoterapistler tarafından uygulanan klasik gövde egzersizleri paraspinal ve abdominal kasları tümüyle aktive etmektedir. Klasik gövde egzersizlerinin yararları üzerine yapılan birkaç çalışma olmasına rağmen son zamanlarda bel ağrılı hastalarda omurganın lokal stabilizasyon kaslarının re-edükasyonu üzerine daha fazla dikkat çekilmiştir (162,163). Lokal stabilizatör gövde kaslarının yetersiz aktivitesi lumbal omurgada instabiliteye neden olduğundan, bazı klinik araştırmacılar bu kasların re-edükasyonu ile kısa ve uzun süre bel ağrısı çeken hastaların semptomlarının azaldığını belirtmişlerdir (104,164).

Hides ve diğ. (157) özel stabilizasyon egzersizlerinin kısa ve uzun süre sonuçlarını araştırmışlar ve hastaların tekrarlayan ağrı semptomlarının ve aldıkları tedavi periyodunun sayısının azaldığını belirtmişlerdir. Sonuçta, bu egzersizlerin kas ateşleme paternini değiştirdiklerini savunmuşlardır. Ayrıca Jull ve Richardson isimli araştırmacılar tarafından stabilizasyon egzersizlerinin kullanımı desteklenmiş ve bu egzersizlerin, spinal stabiliteyi artıran kasların özellikle multifidusun aktivasyonunu artırdığı savunulmuştur (165).

Fonksiyonel stabilite çalışması için, düşük seviye lokal kas aktivasyonu başarılır başarılmaz lokal ve global kasların birlikte aktivasyonunu eğitmek gerekmektedir. Çünkü biomekanik ve kas araştırmaları spinal stabilite için lokal ve global kasların katkısı arasındaki farkın tam olarak açık olmadığı yönündedir. Bu nedenle lumbal stabilite için sadece lokal kas sistemi önemli değildir, ayrıca iki kas sistemi arasında kontrollü bir ilişkinin olması gerekir (166). Fakat literatürde bel ağrılı hastalar için hangi yöntemin daha etkili olduğuna veya stabilizasyon egzersizlerinin multifidusun atrofisini geri döndürüp döndürmeyeceğine dair fikir birliği azdır.

Bu nedenle çalışmamız iki farklı tedavi yaklaşımının multifidus kası üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla planlanmıştır. Bir çalışmada tedavinin etkinliğinin değerlendirilmesi ve tedavi yöntemlerinin etkinlik açısından karşılaştırılması için gruplar arasında homojen bir dağılımın seçilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksleri açısından gruplar arasında farkın olmaması gruplarımızın homojen dağılımının olduğunu göstermektedir.

Bel ağrılı hastalarda kastaki disfonksiyonu veya gelişmeyi değerlendirmek ayrıca tedavi programlarının etkinliğine karar vermek için güvenilir ve objektif tekniklere ihtiyaç vardır. Son birkaç yılda yüzeysel elektromyografi (YEMG) ölçümleri kas fonksiyonunu inceleyen popüler bir metod haline gelmiştir. Genellikle gövde veya spinal kasları incelemek için kullanılmaktadır. Kas fonksiyonunu analiz eden, hareket sistemi hastalıklarını değerlendiren ve ergonomik uygulamaların yapıldığı birçok klinik çalışmada, EMG incelemesinin yararları doğrulanmıştır (138, 140-142, 146, 151). EMG sinyallerinin amplitüd ve frekans olmak üzere iki parametresi bulunmaktadır. EMG amplitüdü kişinin kas gücünün işareti olarak kasın aktivasyon büyüklüğünü tanımlamak için kullanılmaktadır. EMG frekans parametreleri ise hazırlanan bir aktivite sırasında kasın ateşlenen motor ünitlerini göstermektedir (138).

Lumbal stabilitede daha fazla öneme sahip olan multifidus kasının stabiliteyi koruması için kasın fonksiyonel kapasitesinin iyi olması gerekmektedir. Kas kuvveti ve endurans parametreleri kasın fonksiyonel kapasitesini gösteren iki önemli parametredir ve kuvvet ile enduransda meydana gelen azalma, omurganın gelen

yükleri fizyolojik olarak karşılayamamasına neden olacağından, bel ağrısının oluşumu kaçınılmaz olur. Bu nedenle bu faktörlerin iyi incelenmesi için objektif ölçüm yöntemlerine ihtiyaç vardır (10). Bu anlamda kullanılan YEMG, multifidus kasında meydana gelen değişiklikleri engellemek için geliştirilen stabilizasyon egzersizlerinin ve diğer tedavi yaklaşımlarının kas üzerindeki etkinliğine karar vermede hem hastaya hem de klinisyene yol göstermektedir. Birçok araştırmacı da YEMG ölçümünü kas fonksiyonunu değerlendirmek için kullanmıştır.

Stevens ve diğ. (167) lumbopelvik stabilizasyon için kullanılan köprü kurma egzersizlerinin kas aktivasyonu üzerine olan etkinliğini değerlendirmek için YEMG kullanmışlardır. Her iki taraftaki farklı gövde kaslarının aktivitesini YEMG ile ölçmüşlerdir. Aynı araştırmacılar farklı bir çalışmada farklı stabilizasyon egzersizlerinin gövde kas aktivasyonu üzerine olan etkilerini araştırmışlardır (168).

Çalışmamızda da farklı tedavi yöntemlerinin multifidus kas aktivitesi üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla YEMG ölçümü kullanılmıştır. 1. gruba stabilizasyon egzersizleri, 2. gruba YVKA uygulanmıştır. Hiçbir tedavi yaklaşımının uygulanmadığı vakalar kontrol grubuna dahil edilmiştir. Tedavi öncesi ve sonrası kas aktivasyonu ve yorgunluk ölçümleri YEMG ile yapılmıştır. YEMG ölçümünden elde edilen frekans ve amplitüd değerleri kaydedilmiştir.

Multifidus kasının aktivasyonu tedavi öncesi ve sonrası kası aktive eden “abdominal hallowing” egzersizinin 10 sn izometrik kontraksiyon şeklinde devam ettirilmesiyle ölçülmüştür. 10 sn’lik YEMG ölçümünün 1-9., 0-4. ve 6-10.sn’lik verileri analiz için incelenmiştir. Tüm grupların tedavi öncesi sonrası değerleri karşılaştırıldığında, bu analiz aralıkları içinde frekans ve amplitüd değerlerinde bir fark bulunamamıştır. Uygulanan tedavi yöntemlerinin gruplar arasındaki farklılığına bakıldığında ise iki tedavi yönteminin de multifidus kası üzerinde anlamlı bir etki göstermediği bulunmuştur.

Multifidus kasının enduransı tedavi öncesi ve sonrası kası aktive eden ““abdominal hallowing”” egzersizinin 1 dk izometrik kontraksiyonunun devam ettirilmesiyle ölçülmüştür. 1 dk’lık YEMG ölçümünün 0–16. , 20–36. ve 40–56.sn’lik verileri analiz için incelenmiştir. Tüm grupların tedavi öncesi sonrası değerleri karşılaştırıldığında, bu analiz aralıkları içinde frekans ve amplitüd değerlerinde bir fark bulunamamıştır. Uygulanan tedavi yöntemlerinin gruplar

arasındaki farklılığına bakıldığında ise iki tedavi yönteminin de multifidus kası üzerinde anlamlı bir etki göstermediği bulunmuştur.

Danneels ve diğ. (5) üç farklı tedavi modalitesinin lumbal multifidus üzerine olan etkilerini bilgisayarlı tomografi yöntemiyle incelemişlerdir. 59 kronik bel ağrılı hasta 10 hafta boyunca tedavi görmüştür. 1. gruba stabilizasyon egzersizleri, 2. gruba stabilizasyon egzersizleriyle birlikte dirençli egzersiz programı, 3. gruba ise stabilizasyon egzersizleriyle birlikte dinamik-statik dirençli egzersiz programı uygulanmıştır. Tedavi öncesi ve 10 haftalık çalışma süresinden sonra multifidus kası üç farklı seviyede bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmiştir. Üç tedavi grubunda da multifidus kasının büyüklüğünde bir artış bulunmamıştır. Sonuçta bu üç tedavi yönteminin multifidus kası üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görüşüne varılmıştır. Danneels ve arkadaşları multifidus hipertrofisi için egzersizlerin progresif ve yoğun yüklemeli bir program olması gerektiğini savunmuşlardır.

İskelet kasları iki tip lif içerir. Lifler kasılma özelliklerine göre endurans kapasiteleri yüksek yavaş kasılan lifler, güçlü kontraksiyon kapasiteleri olan yüksek hızlı kasılan lifler olarak ikiye ayrılır. Diskektomi sonrası yapılan kas biyopsi örneklerinde bel ağrılı hastaların Tip II liflerinde atrofi gösterilmiştir (153,169). Ancak bu seçici Tip II atrofisine hiçbir bel problemi olmayan kişilerde de rastlanılmıştır. Yazarlar bugün sedanter yaşayan kişilerin sırt kaslarının yeterince uyarılacak yüklemeye maruz kalmadıklarını ve bu durumun Tip II liflerini uyarmadığını ve bu liflerin aynı büyüklükte kaldıklarını savunmaktadırlar (170). Bu durumda düşük şiddette egzersizlerden ve postüral düzeltmelerden oluşan stabilizasyon egzersizleri için hızlı kasılan Tip II liflerini ateşlemek çok daha zor olmaktadır. Bu nedenle ancak bir maksimum tekrarın % 70'inde yapılan dinamik egzersizler Tip II liflerini ateşleyebilmektedir.

Rissanen ve diğ. (171) submaksimal ve maksimal seviyede bir efor ile çalışmanın multifidusun hızlı kasılan liflerini etkilediğini ve kas atrofisini engellediğini belirtmişlerdir. Submaksimal efor haftada 3 gün bir maksimum tekrarın % 80'nini içerirken, maksimal güç haftada iki kez ve bir maksimum tekrarın % 90-100'ünü oluşturmaktadır.

Goldspink ve diğ. (172) ise Rissanen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya ters olarak, hızlı aktive olan fibrillerin sadece hızlı-güçlü hareketlerle veya yüksek

şiddette izometrik kontraksiyon ile ateşlenebileceğini savunmuşlardır. Ayrıca bir maksimum tekrarın % 70'inde yapılan statik tutma komponentinin de önemli bir uyarı olduğu belirtilmiştir.

Yüksek güçteki kontraksiyonun yüksek mekanik stres oluşturduğu bunun da metabolik bir yük olduğu bilinmektedir. Bu metabolik yük ise kas hipertrofisi için önemli bir uyarı oluşturmaktadır (173).

Multifidus kasının fizyolojik adaptasyonunun egzersiz tipine göre değiştiği yapılan çalışmalarla savunulmuştur. Çalışmamızın sonuçları doğrultusunda, stabilizasyon egzersizleri multifidus kas aktivitesi üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığından dolayı, multifidus kasını aktive eden egzersizlerin hızlı kas liflerini etkileyebilecek maksimal seviyede yapılmadığı düşünülmektedir.

Koumantakis ve diğ. (24) stabilizasyon egzersizlerinin genel egzersiz programına göre yararlı olup olmadığını incelemişlerdir. Her iki tedavi yönteminin multifidus kası üzerinde fizyolojik etkileri araştırılmıştır. 55 kişiden oluşan ve tekrarlayan bel ağrısına sahip hastalar iki gruba ayrılmış, 1. gruba stabilizasyon egzersizleri, diğer gruba ise genel gövde egzersizlerinden oluşan bir program verilmiştir. Tedavi öncesi ve 8 haftalık egzersiz programı sonrasında paraspinal kas gücü ve erektör spina ile multifidus kasının elektromyografik yorgunluğu ölçülmüştür. Sonuçta, gruplar arasında paraspinal kas yorgunluğu açısından bir farklılık bulunmamıştır ve araştırmacılar multifidus kasının stabilizasyon egzersizleriyle seçici olarak kuvvetlenmeyeceğini savunmuşlardır.

Koumantakis ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, stabilizasyon egzersizleri başlangıçta izometrik ve daha seçici olarak oluşturulmuştur. Böylece derin kasların yeterince aktivasyonundan emin olunmuştur. Stabilizasyon kaslarının kontraksiyonu başarılır başarılmaz, bu kontraksiyon fonksiyonel egzersizlere ve günlük yaşam aktivitelerine aktarılmıştır. Egzersiz seviyesi, endurans parametresini etkilemek için maksimum istemli izometrik kontraksiyonun % 30–60 arasında seçilmiştir. Çalışmanın bu dozu, 1–3 ay arasında egzersiz programı ile EMG yorgunluk parametresinde değişiklik ortaya çıktığını belirten benzer çalışmalardan alınmıştır. Ancak araştırmacılar paraspinal kasların hipertrofisi için gereken stimulus seviyesinin ve fizyolojik adaptasyon için gereken sürenin yetersiz olduğuna karar vermişlerdir. Bunun için egzersiz dozu için maksimum istemli izometrik

kontraksiyonun % 60'dan fazla ve tedavi süresinin ise 2 aydan daha uzun olması gerektiğini savunmuşlardır.

Çalışan bir kastaki fizyolojik adaptasyon, nöral adaptasyondan kas hipertrofisine ve en son olarak da fibril tiplerinin değişimine kadar uzanmaktadır. Bu adaptasyonların büyüklüğünü etkileyen faktörler çalışmanın tipi (eksantrik-konsantrik-izometrik), süresi, frekansı ve şiddetidir. Egzersizlerin multifidus kasında yapısal değişiklikler oluşturması için uygun çalışma dozunun oluşturulması gerekmektedir (163,174–176).

Koumantakis ve arkadaşları daha sonra çalışmayı aynı vakalar üzerinde fakat tedavi süresini uzatarak tekrarlamışlardır. Hastaları 8 haftalık tedaviden sonra ve 3 ay sonra değerlendirmişlerdir. Tedavinin dozunu değiştirmemişler ve bu 3 aylık sürede hastaların egzersizleri evde kendilerinin yapmasını istemişlerdir. Fizyolojik parametreler yerine özür, kognitif durum ve ağrı değerlendirilmiştir. Sonuçta stabilizasyon grubunda yine bir değişiklik elde edilememiştir. Araştırmacılar bu durumu programın şiddetinin yanında egzersizler sırasında multifidus kontraksiyonun yeterince yapılamadığına bağlamışlardır. Çalışmada terapistler, hastaların doğru kasını kasıp kasmadığını görmek için TA ve multifidusu palpe etmişlerdir. Ancak egzersizler sırasında hastaların bu kas kontraksiyonunu doğru yapıp yapmadıkları bilinmemektedir. Bunun yanında çalışmada hastaların çoğunun doğru kası kasmada zorlandıkları görülmüştür. Bu problemler gelişmeyi olumsuz etkileyen faktörler olarak değerlendirilmiştir (177).

Çalışmamızda da olguların çoğu hem multifidus kasını aktive eden “abdominal hallowing” hareketini öğrenmekte hem de egzersizler sırasında kontraksiyonu devam ettirmekte zorlanmışlardır. Ayrıca stabilizasyon egzersizleri sırasında etkinliği artıracak EMG uniti veya ultrason gibi uyarılar da kullanılamamıştır. Çünkü stabilizasyonun pozitif etkisinin daha az uyarılar kullanılarak fasilite edilmesi gerektiği savunulmaktadır (104).

Aynı çalışmada lumbal bölge stabilizasyon eğitiminin daha uzun süreli olması gerektiği vurgulanmıştır. Literatürde stabilizasyon egzersizlerinin multifidus kas aktivitesi üzerine uzun süreli etkinliğini gösteren çalışmalar yoktur. Hides ve diğ. (165) akut bel ağrılı hastaların 10 haftalık tedaviden sonra 3 yıl içerisinde tekrarlayan semptomların azaldığını belirtmişlerdir. Fakat kasların fizyolojik etkisine daha

doğrusu lokal kasların büyüklüğü ve gücü değerlendirilmemiştir. Başlangıçta lokal kasların ölçümü yapılmış, sonrasında takip edilmemiştir.

Stevens ve diğ. (168) sağlıklı kişilerde özel stabilizasyon egzersizlerinin kas ateşleme paterni üzerinde etkili olup olmadığını araştırmışlardır. 30 sağlıklı kişiye 3 ay boyunca stabilizasyon egzersizlerinden oluşan bir program uygulanmıştır. Çalışmanın ilk fazında lokal kasları global kaslar olmadan fasilite etmek için egzersizler sırasında normal nefes alıp verme üzerinde durulmuştur. Sonrasında pozisyonu koruma süresi, tekrar sayısı artırılarak farklı pozisyonlara geçilmiştir. Farklı postürlerde (10 sn kontraksiyon 10 sn tutma) lokal kasların kontraksiyonu devam ettirildiğinde ise ikinci faza geçilmiştir. Bu fazda üst ve alt ekstremitenin kontrollü hareketi ile düşük yüklemeli bir program oluşturulmuştur. Üçüncü fazda ise lokal kasların kontraksiyonu statik ve dinamik fonksiyonel taslaklar içine alınmıştır. Tedavi öncesi ve sonrası YEMG ile multifidus ve internal oblik gibi lokal kasların yanında global kasların da aktivitesi kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda internal oblik kas aktivitesinde iki taraflı bir artış görülmüştür ve stabilizasyon egzersizlerinden sonra abdominal kasların aktivitesinin değiştiği belirtilmiştir. Ancak 3 aylık çalışma süresinin ardından lokal multifidus kasının aktivite düzeyinde bir farklılık bulunamamıştır. Bunun sebebi olarak çalışma sırasında izole multifidus kontraksiyonu yapmanın daha zor olacağı üzerinde durulmuştur. Bu görüş klinik deneyimler ile desteklenmiştir. Araştırmacılar, vakaların sırtüstü yatarak alt abdomene odaklanıp “abdominal hallowing” hareketini yapmayı daha kolay bulduklarını ancak egzersizler sırasında zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda da olguların stabilizasyon egzersizleri sırasında multifidusun kontraksiyonunu devam ettirmede zorlandıkları görülmüştür.

Egzersiz peryodu sırasında multifidusun derin ve yüzeysel fibrillerinin ikisinde çalışmasının imkânsız olduğu araştırmacıların savunduğu diğer bir görüştür. Moseley ve arkadaşları ayakta farklı yüklenme pozisyonlarında multifidusun derin ve yüzeysel fibrillerinin farklı aktivasyon gösterdiklerini kanıtlamışlardır. YEMG ile multifidusun derin fibrillerin kas aktivitesini kaydetmek zor olduğu için bu ölçüm yöntemi derin multifidus fibrillerinin aktivitesindeki değişikliklere karar vermede tam yeterli olmayabilir (178,179,168).

Stabilizasyon egzersizlerinin multifidus kası üzerinde etkili olmadığını savunan çalışmaların yanında birkaç çalışma bel ağrılı hastalarda stabilizasyon egzersizlerinin multifidus kasının nöromüsküler fonksiyon ve büyüklüğü üzerine pozitif etkilerini belirtmişlerdir.

Hides ve diğ. (180) 39 akut bel ağrılı hastada stabilizasyon egzersizlerini uygulayarak multifidus kasının büyüklüğünü ultrason görüntüleme yöntemiyle incelemişlerdir. Hastalara Jull ve Richardson (94) tarafından geliştirilen ve inhibe olan multifidus kas aktivitesinin geri dönüşünü hedefleyen bir program uygulanmıştır. 10 haftalık çalışma programının sonunda multifidus kasının büyüklüğünde artış saptanmıştır. Araştırmacıların yaptıkları bu çalışma yukarıda bahsedilen çalışmalar ile karşılaştırıldığında birkaç limitasyon bulunmuştur. Birincisi, Hides ve arkadaşları hastalara doğru kasılmayı öğretmek ve hastaların doğru yaptığından emin olmak için ultrason görüntüleme yöntemi kullanmışlardır. Böylece hastaların egzersizler sırasında multifidus kasını doğru aktive ettiklerini onaylamışlardır. Herbert ve arkadaşları da 28 vakada multifidus kontraksiyonunu artırmak için ultrason görüntüleme yöntemini kullanmışlardır. 4 haftalık çalışma periyodundan sonra lumbal multifidusun ateşleme paterninde daha büyük başarı sağlamışlardır. İkincisi, multifidus kasının içyapısı akut (Hides ve arkadaşlarının yaptığı çalışma) ve kronik bel ağrılı hastalar ile sağlıklı kişiler arasında farklılık göstermektedir. Ford ve diğ. (181)'nin yaptığı çalışmada, 3 hafta ağrıya sahip olan kişilerde sadece Tip 1 liflerinde değişiklik gözlemlendiği belirtilmiştir. Fakat birkaç çalışmada ise kronik bel ağrısına sahip hastaların multifidus kasındaki Tip II liflerinin büyüklüğünde azalma saptanmıştır (153,169). Bu nedenle uygulanan bu egzersiz şiddetinde Tip I liflerindeki atrofinin geri dönüşü daha kolay olmuştur. Üçüncüsü ise, kronik bel ağrılı kişilerde multifidus kas atrofisinin geri dönüşü santral sinir sistemi tarafından oluşturulan ateşleme paternindeki değişiklikten dolayı engellenebilir. Çünkü multifidus kas atrofisi ile global kasların aktive olması stabilizasyon rolünün yer değiştirmesine neden olur. Böylece global kaslar stabilizasyon kaslarının yerini alır. Bu nedenle multifidusu aktive eden stabilizasyon eğitimi bu kasların paternini değiştirecek yeterli özellikte olmayabilir. Hides ve arkadaşları akut bel ağrılı kişilerde bu çalışmayı yaptıkları için bu paterni değiştirebilecek etkiye sahip olmuş olabilirler.

Hides ve diğ. (103) daha sonra bel ağrılı genç kriket oyuncularında yaptıkları çalışmada, 3,5 ay süreyle stabilizasyon egzersizlerinden oluşan bir program uygulanmıştır. Tedavi öncesi ve sonrası multifidus büyüklüğü ultrason görüntüleme yöntemiyle ölçülmüştür. Tedavi sonunda 7 oyuncunun multifidus kasındaki asimetrisinin azaldığı belirtilmiştir.

Literatürde çeşitli egzersiz programlarıyla multifidus kasının gücünde artış olduğunu savunan çalışmalarda multifidus yerine diğer sırt kasları analiz edilmiştir. Foster ve diğ. (182) çeşitli egzersizleri hastalara 1 maksimum tekrarın % 80'inde çalıştırmışlar ve erektör spina kaslarının YEMG ölçümü yapılırken multifidus kasını göz önüne almamışlardır.

Parkkola ve diğ. (183) ise, hastalara çeşitli tipteki egzersizleri submaksimal (% 40–60) düzeyde yaptırmışlardır. Erektör spina ve multifidus kasının YEMG kayıtlarını almışlardır. Fakat çalışmanın sonunda multifidus ile ilgili bir açıklama belirtilmemiştir.

Çalışmamızda kullandığımız lumbal stabilizasyona yardımcı olarak düşünülen YVKA uygulamasının multifidus kas aktivitesi üzerine etkilerini araştıran çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak literatürde YVKA, atrofiye uğramış kasları kuvvetlendirmek ya da kullanmama atrofisini minimale indirmek ayrıca kas reedükasyonunu yeniden fasilite etmek için kullanılmaktadır (133-135). Bu amaçla çalışmamızda lumbal bölge üzerine 10 dk boyunca YVKA uygulaması yapılmıştır. Olgulardan cihazın verdiği 5 sn'lik uyarı sırasında izometrik “abdominal hallowing” hareketini yapmaları ve devam ettirmeleri istenmiştir. 5 sn'lik dinlenme periyodunda ise kontraksiyon bırakılmıştır. 6 haftalık tedavinin sonunda ise YEMG sonuçlarında bir değişiklik bulunamamıştır. Multifidus'un hipertrofisi için gerekli egzersiz şiddeti, frekansı ve süresinin önerildiği çalışmalardan yola çıkarak YVKA uygulamasının, stabilizasyon egzersizleriyle birlikte, izometrik kontraksiyon süresinin uzun ve tedavi süresinin 3 aydan daha fazla olduğu tedavi programları ile uygulanmasının daha yararlı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Klinikte bel ağrılı hastaların tedavi sonuçlarını test etmek için uygun değerlendirme ve ölçüm sonuçlarına ihtiyaç vardır. Geleneksel klinik değerlendirmeler fiziksel bozukluk testlerini (hareket sınırı, kuvvet gibi) içermektedir. Fakat bu testlerin yeterli geçerlilik ve güvenilirliğe sahip olmadığı

bulunmuştur. Bir fizyoterapist için bel ağrılı hastaların tedavisindeki amaç % 87 oranında ağrıyı azaltmak ve fonksiyonları restore etmektir. Yapılan bu tedavilerin etkinliğini değerlendirmek için genellikle bel ağrılı hastalar için geliştirilen anketler bulunmaktadır (Roland ve Morris Özür Anketleri gibi). Fakat hastaların kendilerinin doldurdukları anketlerde algısal yanlışlar oluşabilmektedir. Hastanın fonksiyonu nasıl yaptığı ile fonksiyonu nasıl yaptığına inandığı arasında farklılıklar olabilir. Ayrıca hastanın rapor ettiği ile klinisyenin verdiği karar arasında farklılıklar olabilir. Bu anketler ile hasta özrü ile ilgili ne söylüyorsa, o onun gerçek performansını yansıtıyor gibi görünmektedir. Bu nedenle yapılan bu anketler kişinin gerçek performans kapasitesini yansıtmamaktadır.

Özel kliniklerde kullanılan fiziksel performans ölçümleri ise çok özel ve yoğun ekipmanlardır. Örneğin, izokinetik araçlar fonksiyonel restorasyon programı içinde güç ve hareketi tanımlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca bu aletler pahalı ve zaman isteyen araçlardır. Bu izokinetik araçların güvenilirliği iyi olmasına rağmen hastanın cihazdaki performansının güvenilirliği özellikle hasta popülasyonunda çok düşüktür. Yani bu izokinetik testler bel ağrılı olan ve olmayan arasındaki ayrımı yapamayabilir (136).

Bu zorluklardan yola çıkarak klinik uygulamalarda fonksiyonel gelişmeye karar vermek için geliştirilen daha yararlı basit standardize testler bulunmaktadır. Oturup- kalkma, 5dk yürüme, gövde fleksiyon-ekstansiyonu, 50 adım yürüme gibi fonksiyonel performans testlerinin bel ağrılı hastalarda geçerliliği ve güvenilirliği ispatlanmıştır. Bu testler ile uygulanan tedavinin etkinliğine karar verilebilmektedir (137).

Çalışmamıza dahil ettiğimiz 3 grubun (1. grup egzersiz grubu, 2.grup YVKA grubu, 3. grup ise kontrol grubu) tedavi öncesi ve sonrası fiziksel performans ölçümleri yapılmıştır. 1. grup ve 2. grubun fiziksel performans ölçümlerinde kendi içlerinde gelişme gösterdiği görülmüştür. Fakat kontrol grubundaki olguların tekrarlı gövde fleksiyon testinin tedavi öncesi ve sonrası sonuçları arasında fark bulunurken, oturup-kalkma ve 50 adım yürüme test sonuçları arasında fark bulunmamıştır. Gruplar arası farka bakıldığında ise gövde fleksiyon ile oturup- kalkma test sonuçları arasında fark bulunmazken, kontrol grubundaki 50 adım yürüme sonuçlarının ortalama değerinin çok düşük olmasından dolayı üç grup arasında bu parametrede

farklılık çıkmıştır. Grupların kendi içindeki etkinlik derecelerine baktığımızda düşük ile orta derece arasındadır. Tekrarlı oturup-kalkma için fark (tedavi öncesi ve sonrası fark) 1. grup: 0.85, 2.grup: 0.92, kontrol grubu: 0.24'dür. Tekrarlı gövde fleksiyon için 1. grup: 1.60, 2.grup: 1.06, kontrol grubu: 0.60'dır. 50 adım hızlı yürüme için fark 1. grup: 0.,89, 2.grup: 0.37, kontrol grubu: -0.27'dir. Hızlı yürüme için değerin kontrol grubunda çok daha düşük olduğu görülmektedir.

Koumantakis ve diğ. (184)'nin 55 bel ağrılı hastada iki farklı tedavi yönteminin multifidus kası üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında, fiziksel performans testlerini de değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, iki tedavi yönteminin multifidus kası üzerinde etki göstermediğini fakat fiziksel performans testlerinde iki grubun kendi içinde gelişme gösterdiğini bulmuşlardır. Gruplar arasında ise fark olmadığı görülmüştür.

Çalışmamızda da yukarıdaki çalışma ile benzer olarak iki tedavi yönteminin multifidus kası üzerinde fizyolojik etkiler göstermediği fakat fiziksel performans testlerinde gelişmenin ortaya çıktığı görülmüştür. Görülen bu gelişme ile uygulanan bu tedavi programlarının sadece fiziksel kabiliyette gelişme sağladığı söylenebilir. Ancak literatürde Novy ve diğ. (184) tarafından yapılan bir çalışmada, fiziksel performansdaki gelişmenin hastaların psikolojik durumlarındaki gelişme ile ilgili olabileceği düşünülmüştür.

İki farklı tedavi yaklaşımının multifidus kas aktivitesi üzerine olan etkilerinin incelendiği çalışmamızın sonucunda, bu iki tedavinin de multifidus kas aktivasyonu ve endurans üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı görülmüştür.

Multifidus kası lumbal stabilite için önemli olan bir kastır. Bu kasın kuvvetlendirilmesinde öncelikle egzersiz tipinin doğru belirlenmesi gerekir. Ayrıca bel ağrılı hastaların multifidus kasını kasabilmesi daha da zor olduğu için egzersizler sırasında doğru kontraksiyondan emin olunmalıdır. Bu iki önemli faktörün dışında stabilizasyon egzersizleriyle yapılan tedavinin süresinin uzun tutulması gerekmektedir. Akut bel ağrılı hastalarda 2,5 ay süren stabilizasyon egzersizleriyle multifidus kasındaki atrofinin hala devam ettiği görülmüştür (94). Ayrıca özel stabilizasyon egzersizlerinin, literatürde belirtilen klinik instabilite semptom ve işaretlerine sahip olmayanlar yerine daha fazla spinal instabilite problemi olan veya iki taraflı multifidus büyüklüğünde farklılık olan hastalarda yapılmasının daha etkili

sonuçlar ortaya çıkaracağı düşüncesindeyiz. Ayrıca lumbal stabilizasyona yardımcı olarak dşüñülen YVKA uygulamasının ise stabilizasyon egzersizleriyle birlikte yapılmasının daha yararlı olacağını düşünmekteyiz.

SONUÇLAR

Stabilizasyon egzersizleri ve Yüksek Voltaj Kesikli Akım'ın Multifidus kas aktivitesi ve yorgunluğu üzerine olan etkilerini karşılaştırmayı amaçlayan çalışmamız, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 30 sağlıklı olgu dahil edilmiştir. Olgular basit rasgele örnekleme yöntemi ile üç gruba ayrılmıştır. Multifidus kas aktivitesini artırmaya yönelik 1. grup'a stabilizasyon egzersizlerinden oluşan bir egzersiz programı, 2. grup'a ise Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA) uygulaması yapılmıştır. 3. grup ise hiç bir tedavi yönteminin uygulanmadığı kontrol grubu olarak alınmıştır.

Çalışmaya alınan olgulara değerlendirme yöntemleri, tedaviye başlamadan önce ve 18 seanslık fizyoterapi ve rehabilitasyon programı sonrasında uygulanmıştır. Olguların fonksiyonel durumları fiziksel performans testleriyle değerlendirilmiştir. Multifidus kas aktivitesi ve endurans değerlendirmesi yüzeyel elektromyografi (YEMG) ölçümü ile yapılmıştır. Kas aktivasyonu için 10 sn'lik kayıdın 1-9, 0-4, 6-10. sn verileri, Endurans için 60 sn'lik kayıdın ise 0-16, 20-36, 40-56 sn verileri analiz edilmiştir. Bu analiz aralıkları içinde Ortalama Frekans (Mean), Ortanca Frekans (Median) ve Kareler Ortalamasının Karekökü (RMS) verileri hesaplanmıştır. 6 haftalık tedaviden sonra gruplar tekrar değerlendirilmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar:

1-Tüm grupların kas aktivasyonu ve endurans değerleri tedavi öncesi sonrası karşılaştırıldığında, analiz aralıkları içinde bir fark bulunamamıştır. Uygulanan tedavi yöntemlerinin gruplar arasındaki farklılığına bakıldığında ise iki tedavi yönteminin de multifidus kası üzerinde anlamlı bir etkinlik göstermediği bulunmuştur.

2-Fiziksel performans ölçüm sonuçlarına bakıldığında, 1. grup ve 2. grubun kendi içlerinde gelişme gösterdiği görülmüştür. Fakat kontrol grubundaki olguların sadece tekrarlı gövde fleksiyon test sonuçları gelişme göstermiştir. Gruplar arasında ise, tekrarlı gövde fleksiyon ile oturup- kalkma test sonuçları farklılık göstermezken, kontrol grubundaki 50 adım yürüme test sonuçlarının ortalama değerinin çok düşük

olmasından dolayı üç grup arasında bu parametrede farklılık bulunmuştur. Fiziksel performans testlerinde görülen bu gelişme ile uygulanan bu tedavi programlarının sadece fiziksel kabiliyette gelişme ortaya çıkardığı söylenebilir. Ancak bu durumun büyük olasılıkla daha önceden literatürde bildirilen hastaların psikolojik durumlarındaki gelişme ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Bel ağrısı büyük bir sağlık problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum kişilerin fiziksel aktivite düzeyini kısıtlayarak yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bel ağrısının birçok sebebi bulunmakla birlikte en çok lumbal hareket segmentinin instabilitesi üzerinde durulmaktadır. Omurgada stabiliteyi korumada lumbal multifidus kasının büyük önemi bulunmakta ve stabiliteyi koruması için kasın fonksiyonel kapasitesinin iyi olması gerekmektedir. Kas kuvveti ve endurans parametreleri kasın fonksiyonel kapasitesini gösteren iki önemli parametredir. Multifidus kasının kuvvet ve enduransında meydana gelen azalma ile omurga gelen yükleri fizyolojik olarak karşılayamaz ve bel ağrısının oluşumu kaçınılmaz olur. Bu nedenle bu faktörlerin fizyoterapistler tarafından iyi incelenmesi gerekmektedir. Böylece bel ağrılı hastaların değerlendirilmesine yardımcı olunmakta ve bu konuda uygun tedaviyi seçme imkanı sunulmaktadır. Bu anlamda Yüzeyel EMG ölçümü objektif bir yöntem olarak kullanılmakta ve fizyoterapistlere hastanın kişisel faktörlerinden uzak objektif bilgiler sağlamaktadır.

Bel ağrılı hastaların rehabilitasyonunda multifidus kas kuvveti ve enduransını artırmak için çeşitli egzersizlerden oluşan spinal stabilizasyon programları kullanılmaktadır. Spinal stabilizasyon egzersizleri seçici multifidus kasını aktive etmektedir. Ancak çalışmamızın sonuçları doğrultusunda, spinal stabilizasyon egzersizlerinin multifidus kası üzerinde anlamlı bir etki göstermediği bulunduğundan dolayı, kasda yapısal değişiklik meydana getirebilmek için egzersiz tipinin doğru belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle stabilizasyon egzersizlerinin yüksek şiddette ve daha uzun süreli yapılması gerektiği düşünülmüştür. Bunun yanı sıra bel ağrılı hastaların multifidus kasını kasmaları daha da zor olduğu için fizyoterapistler, egzersizler sırasında hastanın doğru kontraksiyon yapıp yapmadığında emin olmalıdırlar. Ayrıca özel stabilizasyon egzersizlerinin, klinik instabilite semptom ve işaretlerine sahip olmayanlar yerine, daha fazla spinal

instabilite problemi olan veya iki taraflı multifidus büyüklüğünde farklılık olan hastalarda yapılamasının daha yararlı olacağını düşünmekteyiz.

Bel ağrılı hastaların rehabilitasyon programında kullanılabilecek diğer bir tedavi yaklaşımı da Yüksek Voltaj Kesikli Akım (YVKA)'dır. YVKA bel ağrılı hastalarda atrofiye uğramış paraspinal kasların kuvvetini artırmak için kullanılmaktadır. Çalışmamızın sonuçları doğrultusunda multifidus kası üzerinde bu uygulamanın anlamlı bir etki göstermediği sonucu bulunmakla birlikte YVKA uygulamasının stabilizasyon egzersizleriyle birlikte, izometrik kontraksiyon süresinin uzun ve tedavi süresinin 3 aydan daha fazla olduğu programlar ile uygulanmasının daha yararlı olacağı düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Mannion, A.F. (1999). Fibre Type Characteristics And Function Of The Human Paraspinal Muscles: Normal Values And Changes In Association With Low Back Pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9, 363-377.
2. Drysdale, C.L., Earl, J.E., Hertel, J. (March 2004). Surface Electromyographic Activity of the Abdominal Muscles During Pelvic-Tilt and Abdominal-Hollowing Exercises. *J Athl Train*, 39(1), 32-36.
3. Wagner, H., Anders, Ch., Puta, Ch., Petrovitch, A., Mörl, F. ve diğerleri. (Dec 2005) Musculoskeletal Support Of Lumbar Spine Stability. *Pathophysiology*, 12(4), 257-265.
4. Arokospi, J.P., Vatla, T., Kankaanpaa, M., Airaksinen, O. (May 2002). Activation Of Paraspinal And Abdominal Muscles During Manually Assisted And Nonassisted Therapeutic Exercise. *Am J Phys Med Rehabil*, 81(5), 326-335.
5. Danneels, L.A., VandersAeten, G.G., Cambier, D.C., Witvrouw, E.E., Bourgois, J.ve diğerleri. (June 2001). Effects Of Three Different Training Modalities On The Cross Sectional Area Of The Lumbar Multifidus Muscle In Patients With Chronic Low Back Pain. *Br J Sports Med*, 35(3), 186-191.
6. Koumantakis, G.A., Watson, P.J., Winstanley, J. (May 2001). Intermittent Isometric Fatigue Study Of The Lumbar Multifidus Muscle In Four-Point Kneeling: An Intra-Rater Reliability Investigation. *Man Ther*, 6(2), 97-105.
7. Jemmett, R.S. (Feb 2003) Rehabilitation Of Lumbar Multifidus Dysfunction In Low Back Pain: Strengthening Versus A Motor Re-Education Model. *Br J Sports Med*, 37(1),91-94.
8. Filiz, M., Çakmak, A., Özcan, E. (Janu 2005). The Effectiveness Of Exercise Programmes After Lumbar Disc Surgery: A Randomized Controlled Study. *Clin Rehabil*, 19(1), 4-11.

9. Coorevits, P.L., Danneels, L.A., Ramon, H., Van, A.R., Cambier, D.C. ve diğerleri. (Oct 2005). Statistical Modelling Of Fatigue-Related Electromyographic Median Frequency Characteristics Of Back And Hip Muscles During A Standardized Isometric Back Extension Test. *J Electromyogr Kinesiol*, 15(5), 444-51.
10. Koumantakis, G.A., Oldham, J.A., Winstanley, J. (May 2001). Intermittent Isometric Fatigue Study Of The Lumbar Multifidus Muscle In Four-Point Kneeling: An Intra-Rater Reliability Investigation. *Man Ther*, 6(2), 97-105.
11. Sung, P.S. (Sep 2003). Multifidi Muscles Median Frequency Before And After Spinal Stabilization Exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(9), 1313-1318.
12. Souza, G.M., Baker, L.L., Powers, C.M. (Nov 2001). Electromyographic Activity Of Selected Trunk Muscles During Dynamic Spine Stabilization Exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(11), 1551-1557.
13. Vezina, M.J., Hubley-Kozey, C.L. (Oct 2000). Muscle Activation In Therapeutic Exercises To Improve Trunk Stability. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(10), 1370-1379.
14. Arokoski, J.P.A., Kankaanpää, M., Vata, T., Juvonen, I., Partanen, J. ve diğerleri. (1999). Back And Hip Extensor Muscle Function During Therapeutic Exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 80, 842-850.
15. Balogun, J.A., Onilari, O.O., Akeju, O.A., Marzouk, D.K. (1993). High Voltage Electrical Stimulation In The Augmentation Of Muscle Strength: Effects Of Pulse Frequency. *Arch Phys Med Rehabil*, 74, 910-916.
16. Yakut, E., Yakut, Y., Kırdı, N. (1999). Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik Stimülasyon. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 10(1-2), 63-64.
17. Shrode, L.W. (1993). Treatment Of Facial Muscle Affected By Bell's Palsy With High-Voltage Electrical Muscle Stimulation. *J.Manipulative Physiol Ther*, 16(5), 347-352.

18. Baker, M. (2000). Focus On Stabilization: Neuromuscular Electrical Stimulation Assisted Stabilization. *Manual Course*.
19. Hubley-Kozey, C.L., Vezina, M.J. (Aug 2002). Muscle Activation During Exercises To Improve Trunk Stability In Men With Low Back Pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(8), 1100-1108.
20. Koumantakis, G.A., Watson, P.J., Oldman, J.A. (March 2005). Trunk Muscle Stabilization Training Plus General Exercise Versus General Exercise Only: Randomized Controlled Trial Of Patients With Recurrent Low Back Pain. *Phys Ther*, 85(3), 209-225.
21. Marshall, P.W., Murphy, B.A. (2005). Core Stability Exercises On And Off A Swiss Ball. *Arch Phys Med Rehabil*, 86, 242-249.
22. Kramer, M., Volker, H.U., Weikert, E., Katzmaier, P., Sterk, J., ve diğçerleri. (Oct 2004). Simultaneous Measurement Of Intramuscular Pressure And Surface Electromyography Of The Multifidus Muscle. *Eur Spine J*, 13(6), 530-536.
23. Cornwall, J., John-Harris, A., Mercer, S.R. (Oct 2005). The Lumbar Multifidus Muscle And Patterns Of Pain. *Man Ther*.
24. Koumantakis, G.A., Watson, P.J., Oldman, J.A. (June 2005). Supplementation Of General Endurance Exercise With Stabilisation Training Versus General Exercise Only. Physiological And Functional Outcomes Of A Randomised Controlled Trial Of Patients With Recurrent Low Back Pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20(5), 474-482.
25. Panjabi, M.M. (1992) The Stabilising System Of The Spine. Part 1. Function, Dysfunction, Adaption, And Enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, 5, 383-389.
26. Panjabi, M. (1992). The Stabilising System Of The Spine. Part II. Neutral Zone And Stability Hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*, 5, 390-397.
27. Krismer, M., Haid, C., Ogon, M., Behensky, H., Wimmer, C. (June 1997). Biomechanics Of Lumbar Instability. *Orthopade*, 26(6), 516-20.

28. Atlas, O.K., Dodds, S.D., Panjabi, M.M. (Oct 2002). Single And Incremental Trauma Models: A Biomechanical Assessment Of Spinal Instability. *Eur Spine J*, 12(2), 205-10.
29. Stokes, I.A., Gardner-Morse, M. (Aug 2003). Spinal Stiffness Increases With Axial Load: Another Stabilizing Consequence Of Muscle Action. *J Electromyogr Kinesiol*, 13(4), 397-402.
30. Crisco, J.J. 3rd., Panjabi, M.M. (July 1991). The Intersegmental And Multisegmental Muscles Of The Lumbar Spine. A biomechanical model comparing lateral stabilizing potential. *Spine*, 16(7), 793-9.
31. Bergmark, A. (1989). Stability Of The Lumbar Spine. A Study In Mechanical Engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 230, 1-54.
32. Bogduk, N., (1997) Clinical Anatomy Of The Lumbar Spine And Sacrum, 3rd Edn. *Churchill Livingstone*, Edinburgh)
33. Cholewicki, J., McGill, S.M. (Janu 1996). Mechanical Stability Of The In Vivo Lumbar Spine: Implications For Injury And Chronic Low Back Pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 11(1), 1-15.
34. Marras, W.S., Mirka, G.A. (Nov 1990). Muscle Activities During Asymmetric Trunk Angular Accelerations. *J Orthop Res*, 8(6), 824-32.
35. Macintosh, J.E., Bogduk, N., Pearcy, M.J. (June 1993). The Effects Of Flexion On The Geometry And Actions Of The Lumbar Erector Spinae. *Spine*, 18(7), 884-93.
36. Raschke, U., Chaffin, D.B. (Dec 1996). Support For A Linear Length-Tension Relation Of The Torso Extensor Muscles: An Investigation Of The Length And Velocity EMG-Force Relationships. *J Biomech*, 29(12), 1597-604.
37. Snijders, C.J., Ribbers, M.T., de Bakker, H.V., Stoeckart, R., Stam H.J. (Aug 1998). EMG Recordings Of Abdominal And Back Muscles In Various Standing Postures: Validation Of A Biomechanical Model On Sacroiliac Joint Stability. *J Electromyogr Kinesiol.* 8(4), 205-14.
38. Biedermann, H.J., DeFoa, J.L., Forrest, W.J. (Dec 1991). Muscle Fibre Directions Of Iliocostalis And Multifidus: Male-Female Differences. *J Anat.* 179, 163-7.

39. Vialle, R., Court, C., Khouri, N., Olivier, E., Miladi, L. Ve diğerleri. (Nov 2005). Anatomical Study Of The Paraspinal Approach To The Lumbar Spine. *Eur Spine J.* 14(4), 366-71.
40. Mannion, A.F., Weber, B.R., Dvorak, J., Grob, D., Muntener, M. (Nov 1997). Fibre Type Characteristics Of The Lumbar Paraspinal Muscles In Normal Healthy Subjects And In Patients With Low Back Pain. *J Orthop Res*, 15(6), 881-7.
41. Bajek, S., Bobinac, D., Bajek, G., Vranić, T.S., Lah, B. Ve diğerleri. (Dec 2000). Muscle Fiber Type Distribution In Multifidus Muscle In Cases Of Lumbar Disc Herniation. *Acta Med Okayama*, 54(6), 235-41.
42. Jorgensen, K., Mag, C., Nicholaisen, T., Kato, M. (1993). Muscle Fibre Distribution, Capillary Density And Enzymatic Activities In The Lumbar Paravertebral Muscles Of Young Men. Significance For Isometric Endurance. *Spine*, 18, 1439-1450.
43. Wu, P.B., Date, E.S., Kingery, W.S. (Dec 2000). The Lumbar Multifidus Muscle In Polysegmentally Innervated. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 40(8), 483-485.
44. Kaigle, A.M., Holm, S.H., Hansson, T.H. (Feb 1995). Experimental Instability In The Lumbar Spine. *Spine*, 20(4), 421-30.
45. Goel, V.K., Kong, W., Han, J.S., Weinstein, J.N., Gilbertson, L.G.A. (Sep 1993). Combined Finite Element And Optimization Investigation Of Lumbar Spine Mechanics With And Without Muscles. *Spine*, 18(11), 1531-41.
46. Panjabi, M.M. (Aug 2003). Clinical Spinal Instability And Low Back Pain. *J Electromyogr Kinesiol*, 13(4), 371-9.
47. Wilke, H.J., Wolf, S., Claes, L.E., Arand, M. (Janu 1995). Wiesend A.Stability Increase Of The Lumbar Spine With Different Muscle Groups. A Biomechanical In Vitro Study. *Spine*, 20(2), 192-8.
48. Phillips, S., Mercer, S., Bogduk, N. (Feb 2008). Anatomy And Biomechanics Of Quadratus Lumborum Proc Inst Mech Eng [H]. 222(2), 151-9.

49. Andersson, E.A., Oddsson, L.I., Grundström, H., Nilsson, J., Thorstensson, A. (Oct 1996). EMG Activities Of The Quadratus Lumborum And Erector Spinae Muscles During Flexion-Relaxation And Other Motor Tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 11(7), 392-400.
50. McGill, S., Juker, D., Kropf, P. (April 1996). Quantitative Intramuscular Myoelectric Activity Of Quadratus Lumborum During A Wide Variety Of Tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 11(3), 170-172.
51. Puckree, T., Cerny, F., Bishop, B. (May 1998). Abdominal Motor Unit Activity During Respiratory And Nonrespiratory Tasks. *J Appl Physiol*, 84(5), 1707-15.
52. Hodges, P.W., Gandevia, S.C., Richardson, C.A. (Sep 1997). Contractions Of Specific Abdominal Muscles In Postural Tasks Are Affected By Respiratory Maneuvers. *J Appl Physiol*, 83(3), 753-60.
53. Essendrop, M., Schibye, B. (Nov 2004). Intra-Abdominal Pressure And Activation Of Abdominal Muscles In Highly Trained Participants During Sudden Heavy Trunk Loadings. *Spine*, 29(21), 2445-51.
54. Cresswell, A.G., Grundstrom, H., Thorstensson, A. (1992). Observations On Intra-Abdominal Pressure And Patterns Of Abdominal Intra-Muscular Activity In Man. *Acta Physiol Scand*, 144(4), 409-418.
55. Juker, D., McGill, S., Kropf, P., Steffen, T. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc*, 30(2), 301-310.
56. De Troyer, A., Estenne, M., Ninane, V., Van Gansbeke, D., Gorini, M. (1990). Transversus Abdominis Muscle Function In Humans. *J Appl Physiol*, 68(3), 1010-1016.
57. Urquhart, D.M., Hodges, P.W. (May 2005). Differential Activity Of Regions Of Transversus Abdominis During Trunk Rotation. *Eur Spine J*, 14(4), 393-400.
58. Barker, P.J., Guggenheimer, K.T., Grkovic, I., Briggs, C.A., Jones, D.C. ve diğ erleri. (2006). Effects Of Tensioning The Lumbar Fasciae On Segmental Stiffness During Flexion And Extension. *Spine*, 4, 397-405.

59. Loukas, M., Shoja, M.M., Thurston, T., Jones, V.L., Linganna, S. Ve diğeri. (March 2008). Anatomy And Biomechanics Of The Vertebral Aponeurosis Part Of The Posterior Layer Of The Thoracolumbar Fascia. *Surg Radiol Anat.* 30(2), 125-129.
60. Cresswell, A.G., Oddsson, L., Thorstensson, A. (1994). The Influence Of Sudden Perturbations On Trunk Muscle Activity And İntra-Abdominal Pressure While Standing. *Exp Brain Res*, 98(2), 336-41.
61. Hodges, P.W., Richardson, C.A. (April 1997). Feedforward Contraction Of Transversus Abdominis Is Not Influenced By The Direction Of Arm Movement. *Exp Brain Res*, 114(2), 362-70.
62. Hodges, P.W., Richardson, C.A. (Nov 1997). Relationship Between Limb Movement Speed And Associated Contraction Of The Trunk Muscles. *Ergonomics*, 40(11), 1220-30.
63. Hodges, P.W., Richardson, C.A. (Feb 1997). Contraction Of The Abdominal Muscles Associated With Movement Of The Lower Limb. *Phys Ther*, 77(2), 132-42, discussion 142-4.
64. Hodges, P., Kaigle Holm, A., Holm, S., Ekström, L., Cresswell, A., ve diğeri. (Dec 2003). Intervertebral Stiffness Of The Spine Is Increased By Evoked Contraction Of Transversus Abdominis And The Diaphragm: İn Vivo Porcine Studies. *Spine*, 28(23), 2594-601.
65. Hodges, P.W., Gandevia, S.C. (Jan 2000). Activation Of The Human Diaphragm During A Repetitive Postural Task. *J Physiol*, 522, 165-175.
66. Hodges, P.W., Gandevia, S.C. (Sep 2000). Changes İn İntra-Abdominal Pressure During Postural And Respiratory Activation Of The Human Diaphragm. *J Appl Physiol*, 89(3), 967-976.
67. Shirley, D., Hodges, P.W., Eriksson, A.E., Gandevia, S.C. (Oct 2003). Spinal Stiffness Changes Throughout The Respiratory Cycle. *J Appl Physiol*, 95(4), 1467-1475.
68. Allison, G.T., Kendle, K., Roll, S., Schupelius, J., Scott, ve diğeri. (1998). The Role Of The Diaphragm During Abdominal Hollowing Exercises. *Aust J Physiother*, 44(2), 95-102.

69. Neumann, P., Gill, V.(2002). Pelvic Floor And Abdominal Muscle Interaction: EMG Activity And Intra-Abdominal Pressure. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 13(2),125-132.
70. Critchley, D. (2002). Instructing Pelvic Floor Contraction Facilitates Transversus Abdominis Thickness Increase During Low-Abdominal Hollowing. *Physiother Res In*, 7(2), 65-75.
71. Sapsford, R.R., Hodges, P.W., Richardson, C.A., Cooper, D.H., Markwell, S.J. ve diğerleri. (2001). Co-Activation Of The Abdominal And Pelvic Floor Muscles During Voluntary Exercises. *Neurol Urodyn*, 20(1), 31-42.
72. Moseley, G.L., Hodges, P.W. (July, Aug 2005). Are The Changes In Postural Control Associated With Low Back Pain Caused By Pain Interference. *Clin J Pain*, 21(4), 323-329.
73. Van Dieën, J.H., Cholewicki, J., Radebold, A. (April 2003). Trunk Muscle Recruitment Patterns In Patients With Low Back Pain Enhance The Stability Of The Lumbar Spine. *Spine*. 28(8), 834-841.
74. Radebold, A., Cholewicki, J., Polzhofer, G.K., Grene, H.S. (April 2001). Impaired Postural Control Of The Lumbar Spine Is Associated With Delayed Muscle Response Times In Patients With Chronic Idiopathic Low Back Pain. *Spine*, 26(7), 724-730.
75. Hodges, P.W. (Nov 2001). Changes In Motor Planning Of Feedforward Postural Responses Of The Trunk Muscles In Low Back Pain. *Exp Brain Res*, 141(2), 261-266.
76. Radebold, A., Cholewicki, J., Panjabi, M.M., Patel, T.C. (April 2000). Muscle Response Pattern To Sudden Trunk Loading In Healthy Individuals And In Patients With Chronic Low Back Pain. *Spine*, 25(8), 947-954.
77. Hodges, P.W., Moseley, G.L., Gabrielsson, A., Gandevia, S.C. (July 2003). Experimental Muscle Pain Changes Feedforward Postural Responses Of The Trunk Muscles. *Exp Brain Res*, 151(2), 262-271.
78. Hodges, P.W., Richardson, C.A. (Nov 1996). Inefficient Muscular Stabilization Of The Lumbar Spine Associated With Low Back Pain. A

- Motor Control Evaluation Of Transversus Abdominis. *Spine*, 21(22), 2640-5260.
79. Sihvonen, T., Partanen, J., Hänninen, O., Soimakallio, S. (Dec 1991). Electric Behavior Of Low Back Muscles During Lumbar Pelvic Rhythm In Low Back Pain Patients And Healthy Controls. *Arch Phys Med Rehabil*, 72(13), 1080-1087.
 80. Kramer, M., Dehner, C., Hartwig, E., Völker, H.U., Sterk, J. ve diğeleri. (Aug 2005). Intramuscular Pressure, Tissue Oxygenation And EMG Fatigue Measured During Isometric Fatigue-Inducing Contraction Of The Multifidus Muscle. *Eur Spine J*, 14(6), 578-85.
 81. Ng, J.K., Richardson, C.A., Parnianpour, M., Kippers, V. (March 2002). Fatigue-Related Changes In Torque Output And Electromyographic Parameters Of Trunk Muscles During Isometric Axial Rotation Exertion: An Investigation In Patients With Back Pain And In Healthy Subjects. *Spine*, 27(6), 637-646.
 82. Yoshihara, K., Nakayama, Y., Fujii, N., Aoki, T., Ito, H. (May 2003). Atrophy Of The Multifidus Muscle In Patients With Lumbar Disk Herniation: Histochemical And Electromyographic Study. *Orthopedics*, 26(5), 493-495.
 83. Yoshihara, K., Shirai, Y., Nakayama, Y., Uesaka, S. (March 2001). Histochemical Changes In The Multifidus Muscle In Patients With Lumbarintervertebral Disc Herniation. *Spine*, 26(6), 622-626.
 84. Bajek, S., Bobinac, D., Bajek, G., Vranić, T.S., Lah, B. ve diğerleri. (Dec 2000). Dragojević DM.Muscle Fiber Type Distribution In Multifidus Muscle In Cases Of Lumbar Disc Herniation. *Acta Med Okayama*, 54(6), 235-241.
 85. Zhao, W.P., Kawaguchi, Y., Matsui, H., Kanamori, M., Kimura, T. (Sep 2000). Histochemistry And Morphology Of The Multifidus Muscle In Lumbar Disc Herniation: Comparative Study Between Diseased And Normal Sides. *Spine*, 25(17), 2191-2199.
 86. Barker, K.L., Shamley, D.R., Jackson, D. (Nov 2004). Changes In The Cross-Sectional Area Of Multifidus And Psoas In Patients With

- Unilateral Back Pain: The Relationship To Pain And Disability. *Spine*. 29(22), E515-519.
87. Hodges, P., Holm, A.K., Hansson, T., Holm, S. (Dec 2006). Rapid Atrophy Of The Lumbar Multifidus Follows Experimental Disc Or Nerve Rootinjury. *Spine*, 31(25), 2926-2933.
 88. Kang, Y.M., Choi, W.S., Pickar, J.G. (Feb 2002). Electrophysiologic Evidence For An Intersegmental Reflex Pathway Between Lumbar Paraspinal Tissues. *Spine*. 27(3), E56-63.
 89. Yoshihara, K., Shirai, Y., Nakayama, Y., Uesaka, S. (March 2001). Histochemical Changes In The Multifidus Muscle In Patients With Lumbar Intervertebral Disc Herniation. *Spine*, 26(6), 622-626.
 90. Zoidl, G., Grifka, J., Boluki, D., Willburger, R.E., Zoidl, C. ve diğeri. (March, April 2003). Molecular Evidence For Local Denervation Of Paraspinal Muscles In Failed-Back Surgery/Postdiscotomy Syndrome. *Clin Neuropathol*, 22(2), 71-77.
 91. Leinonen, V., Määttä, S., Taimela, S., Herno, A., Kankaanpää, M. ve diğeri. (Feb 2003). Paraspinal Muscle Denervation, Paradoxically Good Lumbar Endurance, And An Abnormal Flexion-Extension Cycle In Lumbar Spinal Stenosis. *Spine*, 28(4), 324-331.
 92. Suwa, H., Hanakita, J., Ohshita, N., Gotoh, K., Matsuoka, N. ve diğeri. (March 2000). Postoperative Changes In Paraspinal Muscle Thickness After Various Lumbar Back Surgery Procedures. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 40(3), 151-154.
 93. Hides, J.A., Stanton, W.R., McMahon, S., Sims, K., Richardson, C.A. (March 2008). Effect Of Stabilization Training On Multifidus Muscle Cross-Sectional Area Among Young Elite Cricketers With Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 38(3), 101-108.
 94. Hides, J.A., Richardson, C.A., Jull, G.A. (Dec 1996). Multifidus Muscle Recovery Is Not Automatic After Resolution Of Acute, First-Episode Low Back Pain. *Spine*, 21(23), 2763-2769.

95. Hides, J.A., Jull, G.A., Richardson, C.A. (June 2001). Long-Term Effects Of Specific Stabilizing Exercises For First-Episode Low Backpain. *Spine*. 26(11), E243-248.
96. Hides, J., Wilson, S., Stanton, W., McMahon, S., Keto, H. ve diğeri. (March 2006). An MRI Investigation Into The Function Of The Transversus Abdominis Muscle During "Drawing-In" Of The Abdominal Wall. *Spine*, 31(6), E175-178.
97. Hides, J.A., Miokovic, T., Belavý, D.L., Stanton, W.R., Richardson, C.A. (Aug 2007). Ultrasound İmaging Assessment Of Abdominal Muscle Function During Drawing-In Of The Abdominal Wall: An İnrater Reliability Study. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37(8), 480-486.
98. Hodges, P.W., Cresswell, A.G., Thorstensson, A. (May 2001). Perturbed upper limb movements cause short-latency postural responses in trunk muscles. *Exp Brain Res*, 138(2), 243-250.
99. Ferreira, P.H., Ferreira, M.L., Hodges, P.W. (Nov 2004). Changes İn Recruitment Of The Abdominal Muscles İn People With Low Back Pain: Ultrasound Measurement Of Muscle Activity. *Spine*, 29(22), 2560-2566.
100. Thomas, J.S., France, C.R., Sha, D., Vander Wiele, N., Moenter, S. ve diğeri. (Dec 2007). The Effect Of Chronic Low Back Pain On Trunk Muscle Activations İn Target Reaching Movements With Various Loads. *Spine*, 32(26), 801-808.
101. Charman, R.A. (1997). Motor Learning. Trew, M., Everett, T (Ed.). Human Movement (s. 87-104). *Churchill Livingstone, Edingburg*,
102. Hides, J.A., Jull, G.A., Richardson, C.A. (June 2001). Long-Term Effects Of Specific Stabilizing Exercises For First-Episode Low Back Pain. *Spine*, 26(11), E243-248.
103. Hides, J.A., Stanton, W.R., McMahon, S., Sims, K., Richardson, C.A. (Dec 2007). Effect Of Stabilization Training On Multifidus Muscle Cross-Sectional Area Among Young Elite Cricketers With Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys The*, 38(3), 101-108.

104. O'Sullivan, P.B., Phyt, G.D., Twomey, L.T., Allison, G.T. (Dec 1997). Evaluation Of Specific Stabilizing Exercise In The Treatment Of Chronic Low Back Pain With Radiologic Diagnosis Of Spondylolysis Or Spondylolisthesis. *Spine*, 22(24), 2959-2967.
105. Danneels, L.A., Vanderstraeten, G.G., Cambier, D.C., Witvrouw, E.E., Bourgois, J. ve diğeri. (June 2001). Effects Of Three Different Training Modalities On The Cross Sectional Area Of The Lumbar Multifidus Muscle In Patients With Chronic Low Back Pain. *Br J Sports Med*, 35(3), 186-191.
106. Richardson, C., Jull, G., Hodges, P., Hides, J. (1999). The Clinical Approach, "Therapeutic Exercise For Spinal Segmental Stabilization In Low Back Pain. *I. Baskı, Churchill Livingstone*, 105-107.
107. Urquhart, D.M., Barker, P.J., Hodges, P.W., Story, I.H., Briggs, C.A. (March 2005). Regional Morphology Of The Transversus Abdominis And Oblikus İnternus And Eksternus Abdominis Muscles. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20(3), 233-241.
108. Urquhart, D.M., Hodges, P.W., Story, I.H. (Dec 2005). Postural Activity Of The Abdominal Muscles Varies Between Regions Of These Muscles And Between Body Positions. *Gait Posture*, 22(4), 295-301.
109. Hides, J., Wilson, S., Stanton, W., McMahon, S., Keto, H. ve diğeri. (March 2006). An MRI İnvestigation Into The Function Of The Transversus Abdominis Muscle During "Drawing-In" Of The Abdominal Wall. *Spine*, 31(6), 175-178.
110. Richardson, C.A., Hides, J.A., Wilson, S., Stanton, W., Snijders, C.J. (June 2004). Lumbo-Pelvic Joint Protection Against Antigravity Forces: Motor Control And Segmental Stiffness Assessed With Magnetic Resonance İmaging. *J Gravit Physiol*, 11(2), 119-122.

111. McMeeken, J.M., Beith, I.D., Newham, D.J., Milligan, P., Critchley, D.J. (June 2005). The Relationship Between EMG And Change In Thickness Of Transversus Abdominis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 19(4), 337-342.
112. Teyhen, D.S., Miltenberger, C.E., Deiters, H.M., Del Toro, Y.M., Pulliam, J.N. ve diğ erleri. (June 2005). Childs JD, Boyles RE, Flynn TW. The Use Of Ultrasound İmaging Of The Abdominal Drawing-İn Maneuver İn Subjects With Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35(6), 346-355.
113. Ferreira, P.H., Ferreira, M.L., Hodges, P.W. (Nov 2004). Changes İn Recruitment Of The Abdominal Muscles İn People With Low Back Pain: Ultrasound Measurement Of Muscle Activity. *Spine*, 29(22), 2560-2566.
114. Hodges, P.W., Pengel, L.H., Herbert, R.D., Gandevia, S.C. (June 2003). Measurement Of Muscle Contraction With Ultrasound İmaging. *Muscle Nevre*, 27(6), 682-692.
115. Storheim, K., Bø, K., Pederstad, O., Jahnsen, R. (2002). Intra-Tester Reproducibility Of Pressure Biofeedback İn Measurement Of Transversus Abdominis Function. *Physiother Res Int*, 7(4), 239-249.
116. Hides, J.A., Stanton, W.R., McMahon, S., Sims, K., Richardson, C.A. (Dec 2007). Effect Of Stabilization Training On Multifidus Muscle Cross-Sectional Area Among Young Elite Cricketers With Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 38(3), 101-108.
117. Lee, S.W., Chan, C.K., Lam, T.S., Lam, C., Lau, N.C. ve diğ erleri. (Sep 2006). Relationship Between Low Back Pain And Lumbar Multifidus Size At Different Postures. *Spine*, 31(19), 2258-2262.
118. Richardson, C.A., Snijders, C.J., Hides, J.A., Damen, L., Pas, M.S. ve diğ erleri. (Feb 2002). The Relation Between The Transversus Abdominis Muscles, Sacroiliac Joint Mechanics, And Low Back Pain. *Spine*, 27(4), 399-405.

119. Bø, K., Sherburn, M., Allen, T. (2003). Transabdominal Ultrasound Measurement Of Pelvic Floor Muscle Activity When Activated Directly Or Via A Transversus Abdominis Muscle Contraction. *Neurourol Urodyn*, 22(6), 582-588.
120. Critchley, D. (2002). Instructing Pelvic Floor Contraction Facilitates Transversus Abdominis Thickness Increase During Low-Abdominal Hollowing. *Physiother Res Int*. 7(2), 65-75.
121. Neumann, P., Gill, V. (2002). Pelvic Floor And Abdominal Muscle Interaction: EMG Activity And Intra-Abdominal Pressure. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 13(2), 125-132.
122. Sapsford, R.R., Hodges, P.W., Richardson, C.A., Cooper, D.H., Markwell, S.J. ve diğerleri. (2001). Co-Activation Of The Abdominal And Pelvic Floor Muscles During Voluntary Exercises. *Neurourol Urodyn*, 20(1), 31-42.
123. Richardson, C.A., Hides, J.A., Wilson, S., Stanton, W., Snijders, C.J. (June 2004). Lumbo-Pelvic Joint Protection Against Antigravity Forces: Motor Control And Segmental Stiffness Assessed With Magnetic Resonance Imaging. *J Gravit Physiol*, 11(2), P119-122.
124. Leinonen, V., Kankaanpää, M., Hänninen, O., Airaksinen, O., Taimela, S. (Nov 2002). Paraspinal Muscle Responses During Sudden Upper Limb Loading. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2), 42-49.
125. Fryer, G., Morris, T., Gibbons, P. (June 2004). Paraspinal Muscles And Intervertebral Dysfunction: Part Two. *J Manipulative Physiol Ther*, 27(5), 348-357.
126. Fryer, G., Morris, T., Gibbons, P. (May 2004). Paraspinal Muscles And Intervertebral Dysfunction: Part One. *J Manipulative Physiol Ther*. 27(4), 267-274.
127. Sihvonen, T., Lindgren, K.A., Airaksinen, O., Manninen, H. (Feb 1997). Movement Disturbances Of The Lumbar Spine And Abnormal Back Muscle Electromyographic Findings In Recurrent Low Back Pain. *Spine*, 22(3), 289-295.

128. Lee, J.H., Ooi, Y., Nakamura, K. (Sep 1995). Measurement Of Muscle Strength Of The Trunk And The Lower Extremities In Subjects With History Of Low Back Pain. *Spine*, 20(18), 1994-1996.
129. Hides, J., Gilmore, C., Stanton, W., Bohlscheid, E. (Feb 2008). Multifidus Size And Symmetry Among Chronic LBP And Healthy Asymptomatic Subjects. *Man Ther*, 13(1), 43-49.
130. Zhao, W.P., Kawaguchi, Y., Matsui, H., Kanamori, M., Kimura, T. (Sep 2000). Histochemistry And Morphology Of The Multifidus Muscle In Lumbar Disc Herniation: Comparative Study Between Diseased And Normal Sides. *Spine*, 25(17), 2191-2199.
131. Hodges, P.W. (2001). Changes In Motor Planning Of Feedforward Postural Responses Of The Trunk Muscles In Low Back Pain. *Exp Brain Res*, 141, 261–266.
132. Balogun, J.A., Onilari, O.O., Akeju, O.A., Marzouk, D.K. (Sep 1993). High Voltage Electrical Stimulation In The Augmentation Of Muscle Strength: Effects Of Pulse Frequency. *Arch Phys Med Rehabil*, 74(9), 910-916.
133. Kırdı, N., Baltacıoğlu, S. (1988). Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik Stimülasyon. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 5(5-6), 504-513.
134. Alon, G., Ed Alon, G., De Domenico, G. (1987). High Voltage Stimulation Introduction, “High Voltage Stimulation: An Integrated Approach To Clinical Electrotherapy”. I. Baskı, *Chattanooga Corporation*, 57-76.
135. Alon G.; Neuromuscular dysfunction, “High Voltage Stimulation : An Integrated Approach to Clinical Electrotherapy” (Ed. Alon G., De Domenico G.)’de, I. Baskı, Chattanooga Corporation, 1987,189-222.
136. Smeets, R.J., Hijdra, H.J., Kester, A.D., Hitters, M.W., Knottnerus, J.A.(Nov 2006). The Usability Of Six Physical Performance Tasks In A Rehabilitation Population With Chronic Low Back Pain. *Clin Rehabil*, 20(11), 989-997.

137. Simmonds, M.J., Olson, S.L., Jones, S., Hussein, T., Lee, C.E., Novy, D. Ve diğerleri. (Nov 1998). Psychometric Characteristics And Clinical Usefulness Of Physical Performance Tests İn Patients With Low Back Pain. *Spine*, 23(22), 2412-2421.
138. Ng, J.K., Parnianpour, M., Kippers, V., Richardson, C.A. (Dec 2003) Reliability Of Electromyographic And Torque Measures During İsometric Axial Rotation Exertions Of The Trunk. *Clin Neurophysiol*, 114(12), 2355-2361.
139. Soderberg, G.L., Knutson, L.M. (May 2000). A Guide For Use And Interpretation Of Kinesiologic Electromyographic Data. *Phys Ther*, 80(5), 485-98. Review.
140. Pulman, S.L., Goodin, D.S., Marquinez, A.I., Tabbal, S., Rubin, M. (July 2000). Clinical Utility Of Surface EMG: Report Of The Therapeutics And Technology Assessment Subcommittee Of The American Academy Of Neurology. *Neurology*, 55(2), 171-177.
141. Kuriyama, N., Ito, H. (June 2005). Electromyographic Functional Analysis Of The Lumbar Spinal Muscles With Low Back Pain. *J Nippon Med Sch*, 72(3), 165-173.
142. Koumantakis, G.A., Arnall, F., Cooper, R.G., Oldham, J.A. (March 2001). Paraspinal Muscle EMG Fatigue Testing With Two Methods İn Healthy Volunteers. Reliability İn The Context Of Clinical Applications. *Clin Biomech*, 16(3), 263-266.
143. Coorevits, P.L., Danneels, L.A., Ramon, H., Van Audekercke, R., Cambier, D.C., VandersTAeten, G.G. (Oct 2005). Statistical Modelling Of Fatigue-Related Electromyographic Median Frequency Characteristics Of Back And Hip Muscles During A Standardized İsometric Back Extension Test. *J Electromyogr Kinesiol*, 15(5), 444-451.
144. Jemmett, R. (2003). Spinal Stabilization : The New Science of Back Pain Effective Solutions for People With Low Back Pain, 2nd Ed. Canada: Novont Health Publishing.

145. Fujiwara, A., Tamai, K., An, H.S., Kurihashi, T., Lim, T.H., Yoshida, H. Ve diğerleri. (Oct 2000). The Relationship Between Disc Degeneration, Facet Joint Osteoarthritis, And Stability Of The Degenerative Lumbar Spine. *J Spinal Disord*, 13(5), 444-450
146. Ng, J.K., V. Kippers., Richardson, C.A. (1998). Muscle Fibre Orientation Of Abdominal Muscles And Suggested Surface EMG Electrode Positions, *Electromyogr. Clin. Neurophysiol*, 38, 51-58.
147. Papageorgiou, A.C., Croft, P.R., Thomas, E., Ferry, S., Jayson, M.I.J., Silman, A.J. (1996). Influence Of Previous Pain Experience On The Episode Incidence Of Low Back Pain: Results From The South Manchester Back Pain Study. *Pain*, 66, 181-185.
148. Hodges, P.W. (2000). The Role Of The Motor System In Spinal Pain: Implications For Rehabilitation Of The Athlete Following Lower Back Pain. *J Sci Med Sport*, 3, 243-253.
149. Kay, A.G. (2000). An Extensive Literature Review Of The Lumbar Multifidus: Anatomy. *J Manual Manipulative Ther*, 8, 102-114.
150. Hodges, P.W., Moseley, G.L. (2003). Pain And Motor Control Of The Lumbopelvic Region: Effect And Possible Mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 361-370.
151. Hubley-Cozey, L.C., Vezina, M.J. (2002). Muscle Activation During Exercises To Improve Trunk Stability In Men With Low Back Pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 1100-1108.
152. Hodges, P.W. (1999). Is There A Role For Transversus Abdominis In Lumbo-Pelvic Stability?. *Manual Therapy*, 4(2), 74-86.
153. Rantanen, J., Hurme, M., Falck, B., Alaranta, H., Nykvist, F., Lehto, M. Ve diğerleri. (April 1993). The Lumbar Multifidus Muscle Five Years After Surgery For A Lumbar Intervertebral Disc Herniation. *Spine*, 18(5), 568-574.
154. Sihvonen, T., Herno, A., Paljarvi, L., Airaksinen, O., Partanen, J., Tapaninaho, A. (1993). Local Denervation Atrophy Of Paraspinal Muscles In Postoperative Failed Back Syndrome. *Spine*, 18, 575-581.

155. Danneels, L.A., VandersTAeten, G.G., Cambier, D.C., Witvrouw, E.E., De Cuyper, H.J. (2000). CT Imaging Of Trunk Muscles In Chronic Low Pain Patients And Healthy Control Subjects. *Eur Spine J*, 9, 266–272.
156. Hides, J.A., Richardson, C.A., Jull, G.A. (1995). Magnetic Resonance Imaging And Ultrasonography Of The Lumbar Multifidus Muscle—Comparison Of Two Different Modalities. *Spine*, 20(1), 54–58.
157. Hides, J.A., Stokes, M.J., Saide, M., Jull, G.A., Cooper, D.H. (1994). Evidence Of Lumbar Multifidus Wasting Ipsilateral To Symptoms In Patients With Acute/Subacute Low Back Pain. *Spine*, 19(20), 165–172.
158. Kamaz, M., Kiresi, D., Oguz, H., Emlik, D., Levendoğlu, F. (2007). CT Measurement Of Trunk Muscle Areas In Patients With Chronic Low Back Pain. *Diagn Interv Radiol*, 13, 144–148.
159. Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Manual Therapy* 13 (2008) 43–49.
160. Kader, D.F., Wardlaw, D., Smith, F.W. (2000). Correlation Between MRI Changes In The Lumbar Multifidus Muscles And Leg Pain. *Clinical Radiology*, 55(2), 145–149.
161. Stokes, M., Rankin, G., Newham, D.J. (2005). Ultrasound Imaging Of Lumbar Multifidus Muscle: Normal Reference Ranges For Measurements And Practical Guidance On The Technique. *Manual Therapy*, 10, 116–126.
162. Risch, S.V., Norvell, N.K., Pollock, M.L., Risch, E.D., Langer, H., Fulton, M. Ve diğerleri. (1993). Lumbar Strengthening In Chronic Low Back Pain Patients. *Spine*, 18, 232-238.
163. Hansen, F.R., Bendix, T., Skov, P., Jensen, C.V., Kristensen, J.H., Krohn, L. ve diğerleri. (1993). Intensive, Dynamic Back-Muscle Exercises, Conventional Physiotherapy, Or Placebo-Control Treatment Of Low Back Pain: A Randomized. Observer-Blind Trial. *Spine*, 18, 98-108.

164. Rasmussen-Barr, E., Nilsson-Wikmar, L., Arvidsson, I. (2003). Stabilizing Training Compared With Manual Treatment In Subacute And Chronic Low-Back Pain. *Manual Therapy*, 8(4), 233–241.
165. Hides, J.A., Jull, G.A., Richardson, C.A. (2001). Long-Term Effects Of Specific Stabilizing Exercises For First-Episode Low Back Pain. *Spine*, 26(11), E242–248.
166. Richardson, C.A., Hodges, P.W., Hides, J.A. (2004) . A Motor Control Approach For The Treatment And Prevention Of Low Back Pain. Therapeutic Exercise For Lumbopelvic Stabilization. 2nd ed. London, Churchill Livingstone: Harcourt Brace and Company Limited.
167. Stevens, V.K., Bouche, K.G., Mahieu, N.N., Coorevits, P.L., VandersAeten, G.G., Danneels, L.A. (Sep 2006). Trunk Muscle Activity In Healthy Subjects During Bridging Stabilization Exercises. *BMC Musculoskelet Disord*, 20, 7, 75.
168. Stevens, V.K., Coorevits, P.L., Bouche, K.G., Mahieu, N.N., VandersAeten, G.G., Danneels, L.A. (Aug 2006). The Influence Of Specific Training On Trunk Muscle Recruitment Patterns In Healthy Subjects During Stabilization Exercises. *Man Ther*, 12(3), 271-279.
169. Mattila, M., Hurme, M., Alaranta, H., Paljärvi, L., Kalimo, H., Falck, B. Ve diğerleri. (1986). The Multifidus Muscle In Patients With Lumbar Disc Herniation. A Histochemical And Morphometric Analysis Of InTAoperative Biopsies. *Spine*, 11, 732–738.
170. Rantanen, J., Rissanen, A., Kalimo, H. (1994). Lumbar Muscle Fiber Size And Type Distribution In Normal Subjects. *Eur Spine J*, 3, 331–335.
171. Rissanen, A., Kalimo, H., Alaranta, H. (1995). Effect Of Intensive Training On The Isokinetic Strength And Structure Of Lumbar Muscles N Patients With Chronic Low Back Pain. *Spine*, 20, 333–340.
172. Goldspink, G. (1992). Cellular And Molecular Aspects Of Adaptation In Skeletal Muscle. Komi, P.V (Ed). Strength And Power In Sport (s. 211–29). Oxford: Blackwell Scientific Publications.

173. Welsh, L., Rutherford, O. (1996). Effects Of Isometric Strength Training On Quadriceps Muscle Properties In Over 55 Year Olds. *Eur J Appl Physiol*, 72, 219–223.
174. Frost, H., Klaber Moffett, J., Moser, J., Fairbank, J. (1995). Randomised Controlled Trial For Evaluation Of Fitness Programme For Patients With Chronic Low Back Pain. *BMJ*, 310, 151–154.
175. Lindström, I., Ohlund, C., Eek, C., Wallin, L., Peterson, L.E., Nachemson, A. Mobility, Strength,, And Fitness After A Graded Activity Program For Patients With Subacute Low Back Pain. *Spine*, 17, 641– 652.
176. Moffett, J.K., Torgerson, D., Bell-Syer, S., Jackson, D., Llewlyn-Phillips, H., Farrin, A. Ve diğerleri. Randomised Controlled Trial Of Exercise For Low Back Pain: Clinical Outcomes, Costs, And Preferences. *BMJ*, 319, 279 –283.
177. Koumantakis, G.A., Watson, P.J., Oldham, J.A. (2005). Supplementation Of General Endurance Exercise With Stabilization Training Versus General Exercise Only: Physiological And Functional Outcomes Of A Randomized Controlled Trial Of Patients With Recurrent Low Back Pain. *Physical Therapy*, 85(3), 209-225.
178. Moseley, G.L., Hodges, P.W., Gandevia, S.C. (Janu 2002). Deep And Superficial Fibers Of The Lumbar Multifidus Muscle Are Differentially Active During Voluntary Arm Movements. *Spine*, 15, 27(2), E29-36.
179. Moseley, G.L., Hodges, P.W., Gandevia, S.C. (March 2003). External Perturbation Of The Trunk In Standing Humans Differentially Activates Components Of The Medial Back Muscles. *J Physiol*, 1, 547,581-587.
180. Herbert, W.J., Heiss, D.G., Basso, D.M.(Feb 2008). Influence Of Feedback Schedule In Motor Performance And Learning Of A Lumbar Multifidus Muscle Task Using Rehabilitative Ultrasound Imaging: A Randomized Clinical Trial. *Phys. Ther*, 88(2), 261-269.
181. Ford, D., Bagnall, K.M., McFadden, K.D., Greenhill, B., Raso, J. (1983). Analysis Of Vertebral Muscle Obtained During Surgery For Correction Of A Lumbar Disc Disorder. *Acta Anat (Basel)*, 116(2), 152-157.

182. Foster, D., Avillar, M., Pollock, M. (1993). Adaptations In Strength And Cross-Sectional Area Of The Lumbar Extensor Muscles Following Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc*, 25, 47.
183. Parkkola, R., Kujala, U., Rytökoski, U. (1992). Response Of The Trunk Muscles To Training Assessed By Magnetic Resonance Imaging And Muscle Strength. *Eur J Appl Physiol*, 65, 383–387.
184. Novy, D.M., Simmonds, M.J., Lee, C.E. (Janu 2002). Physical performance tasks: what are the underlying constructs? *Arch Phys Med Rehabil*, 83(1), 44-47.
185. Henry, S.M., Westervelt, K.C. (June 2005). The Use Of Real-Time Ultrasound Feedback In Teaching Abdominal Hollowing Exercises To Healthy Subjects. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35(6), 338-45.