



T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA

CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

**SKOLYOZ NEDENİ İLE POSTERİOR ENSTRÜMANTASYON VE FÜZYON
YAPILAN HASTALARDA FÜZYON SONLANDIRMA SEVİYELERİNE GÖRE
MULTİFİDUS KASININ ELASTOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. KHALİD BUNYATOV

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. HÜSEYİN BOTANLIOĞLU

İSTANBUL 2019



T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA

CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

**SKOLYOZ NEDENİ İLE POSTERİOR ENSTRÜMANTASYON VE FÜZYON
YAPILAN HASTALARDA FÜZYON SONLANDIRMA SEVİYELERİNE GÖRE
MULTİFİDUS KASININ ELASTOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. KHALİD BUNYATOV

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. HÜSEYİN BOTANLIOĞLU

İSTANBUL 2019

TEŞEKKÜR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'ndaki uzmanlık eğitimim süresince yetişmemde emeği geçen, tez çalışmam sırasında beni yönlendiren, destek ve katkılarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Hüseyin Botanlıoğlu'na;

Uzmanlık eğitimim süresince tecrübelerinden yararlandığım ve bana her konuda destek olan başta anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Önder AYDINGÖZ olmak üzere sayın Prof. Dr. Süleyman Nafiz BİLSEL, Prof. Dr. Muharrem BABACAN, Prof. Dr. Mehmet Rıfat ERGİNER, Prof. Dr. Veli Muzaffer Murat HIZ, Prof. Dr. Fahri ERDOĞAN, Prof. Dr. Raşit Tahir ÖĞÜT, Prof. Dr. Nuri AYDIN, Prof. Dr. Mehmet Can ÜNLÜ, Doç. Dr. Gökhan KAYNAK, Doç. Dr. Mehmet Fatih GÜVEN, Doç. Dr. Ali ŞEKER, Uzm. Dr. Mahmut Kürşat ÖZŞAHİN olmak üzere tüm öğretim üyelerine ve başasistanlarıma;

*Beş yıl boyunca beraber çalıştığım asistan arkadaşlarıma;

*Servis, poliklinik, ameliyathane hemşiresi ve personeli arkadaşlarıma;

*Bana her zaman destek olan aileme;

*Beş yıllık uzmanlık eğitimim boyunca bana her zaman destek olan üniversite dönem arkadaşım Uzm. Dr. Gülnara HEYDAROVA'ya

en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Embriyoloji.....	3
2.2. Anatomi.....	6
2.3. Biyomekanik.....	13
2.4. Skolyoz.....	15
2.5. Multifidus kası.....	24
2.6. Shear Wave Elastography.....	26
3. HASTALAR VE YÖNTEM	27
4. İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER	30
5. GÜÇ ANALİZİ	31
6. BULGULAR	32
7. TARTIŞMA	40
8. SONUÇ	45
9. ÖZET	46
10. SUMMARY	47
11. KAYNAKLAR	48

KISALTMALAR

SWE-Shear Wave Elastography

İSL-İnterspinöz Ligaman

CL-Kapsüler Ligaman

LF- Ligamentum Flavum

ALL- Anterior Longitudinal Ligaman

PLL-Posterior Longitudinal Ligaman

AİS-Adölesan İdiyopatik Skolyoz

EMG-Elektromiyografi

BT-Bilgisayarlı Tomografi

MRG-Manyetik Rezonans Görüntüleme

VAS- Visual Analogue Scale

NRS- Numeric Rating Scale

ODİ- Oswestry Disability Index

LDH-Lomber Disk Hernisi

PUMC-Peking Union Medical College

SMVÇ- Sakrum Merkezli Vertikal Çizgi

SVE- Sagittal Vertebral Eksen

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Embrional yaşamın 2. haftası.....	3
Şekil 2. Nöral plağın gelişimi 18. ve 19. gün.....	4
Şekil 3. Kolumna vertebralis.....	6
Şekil 4. Omurganın fizyolojik eğriliği.....	7
Şekil 5. Vertebra cismi aksiyel görünüm.....	9
Şekil 6. Vertebra cismi sagittal görünüm.....	10
Şekil 7. Posterior ve anterior omurga ligamanları.....	11
Şekil 8. Spinal arter ve venler.....	13
Şekil 9. Vertebral kolonun hareketleri.....	14
Şekil 10. Adam's öne eğilme testi.....	17
Şekil 11. Vertebra rotasyon ölçümü.....	19
Şekil 12. Cobb açısı ölçümü.....	20
Şekil 13. Risser's bulgusu.....	22
Şekil 14. Multifidus kası posteriordan görünüm.....	25
Şekil 15. Multifidus kası lateralden görünüm.....	25
Şekil 16. Dinlenme pozisyonu.....	28
Şekil 17. Pasif germe pozisyonu.....	28
Şekil 18. Dinlenme pozisyonunda SWE.....	28
Şekil 19. Pasif germe pozisyonunda SWE.....	28

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Cinsiyetlere göre dağılım.....	32
Tablo 2. Füzyon sonlanma seviyelerine göre dağılım.....	32
Tablo 3. Ölçüm ortalamaları.....	32
Tablo 4. Elastografi değerlerinin ve VAS skorunun vertebrada füzyon sonlanma seviyelerine göre çoklu karşılaştırılması.....	33
Tablo 5. Prone pozisyonunda tarafa göre elastografi ölçümünün değerlerinin karşılaştırılması.....	34
Tablo 6. Pasif germe pozisyonunda tarafa göre elastografi ölçümünün değerlerinin karşılaştırılması.....	35
Tablo 7. Pozisyona göre elastografi ölçümünün karşılaştırılması(sağ).....	35
Tablo 8. Pozisyona göre elastografi ölçümünün karşılaştırılması(sol).....	36
Tablo 9. Elastografi ve VAS skorunun operasyon tarihine göre çoklu karşılaştırılması.....	37
Tablo 10. Ölçüm ortalamaları.....	38
Tablo 11. Hasta veri tablosu.....	39

1. GİRİŞ VE AMAÇ

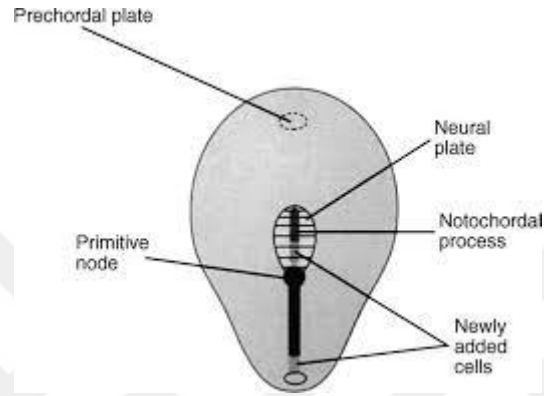
Skolyoz, vertebral kolonun üç boyutlu deformitesi olup sagittal planda kifoz ve lordoz, horizontal planda torsiyon, frontal planda ise lateral deviasyonundan oluşan deformitesidir. Hastalık ilk olarak Hippokrat tarafından (MÖ 460-375) tanımlanmıştır. 1960' ta Harrington skolyozun tedavisinde enstrümantasyonu yani modern tedaviyi başlatmıştır. Yetişkin popülasyonun yaklaşık olarak %60 da spinal deformite mevcuttur ve bunların da yaklaşık olarak %6'sı semptomatiktir. Geç başlangıçlı dejeneratif skolyoz %60 oranında kadınlarda lomber bölgede ve spinal stenoz ile birlikte görülür. Dejeneratif skolyozda tedavide amaç, ağrıyı azaltmak ve spinal stenozu tedavi etmek iken, idiopatik skolyozda tedavide temel amaç deformiteyi düzeltmektir. İdiopatik skolyoz nadiren pulmoner komplikasyonlara neden olur, 100 dereceyi aşan eğrilerde pulmoner komplikasyonlar görülebilir. Biz de kliniğimizde cerrahi olarak tedavi ettiğimiz bel ağrısı olan ve olmayan AİS (Adölesan İdiopatik Skolyoz) hastalarında lomber multifidus kasını bel ağrısı, füzyon sonlanma seviyesi ile olan ilişkisini Shear Wave Elastografi olarak bilinen non-invaziv radyolojik diagnostik yöntem ile değerlendirmeyi amaçladık. Lomber multifidus kası, intervertebral ve sakrovertebral hareketi kontrol etme, lumbopelvik stabilite sağlamak konusunda eşsiz morfolojik ve fonksiyonel kapasiteye sahiptir. Vertebranın ana stabilizatör görevini üstlenen lomber multifidus kası, kronik bel ağrılarında, skolyoz ve füzyon ameliyatları sonrasında detaylı olarak incelenmiştir. AİS nedeni ile posterior enstrümantasyon uygulanan hastalarda farklı füzyon sonlanma seviyelerinin ameliyat sonrası multifidus kasının sertliğine uzun dönem etkisinin incelenmesi bu çalışmada amaçlanmıştır. Multifidus kası, tüm vertebra boyunca segmental liflerle uzanan ve stabilizatör görevi gören kaslardan biridir. Diğer stabilizatör kas olan erektör spinae kası, sakruma yaklaştıkça incelendiğinden dolayı, lomber vertebrada ana stabilizatör görevini multifidus kası üstlenmiştir.^{1,2} Multifidus kasındaki disfonksiyonların anlamlı olarak bel ağrıları ile ilişkisi saptanmıştır.³ Bel ağrıları, intervertebral diskler, intervertebral eklemler, bağlar, sinirler, omurga cismi ve bel kasları gibi birçok nedene bağlanırken bilinmeyen patolojileri olan belirgin bel ağrıları görülme durumu da vardır.⁴ Özellikle orta yaşlı ve yaşlılarda sık rastalanan maliyetli tıbbi sorunlardan biridir.⁵ Disfonksiyon, genelde travma sonrası spinal kordun ağrı inhibisyonunun sonucu olabilmektedir. Travma ortadan kalksa da, inhibisyon devam ettiği için bel ağrıları ileri dönemde nüks etmeye meyil ederek kronik bel ağrısına dönüşmektedir. Kalıcı multifidus kası disfonksiyonları ise, kas içerisinde atrofi ve yağ infiltrasyonu ile anlaşılabilir.^{6,7} Bu kas grubunun manyetik rezonans görüntüleme, bilgisayarlı tomografi, elektromiyografi ve ultrasonografi ile değerlendirmeleri literatürde

yaygın yer tutmaktadır.^{1,7,8,9,10} EMG, kas hareketinin sinirsel kontrolü hakkında değerli bilgiler verir fakat biyomekanik özelliklerini ölçemez.¹¹ Lomber multifidus kasının ve diğer derin kasların EMG'si iğne EMG gerektiren invaziv yöntemlerle olur.¹² EMG ile yapılan çalışmalarda kronik bel ağrısı mevcut olan hastaların lomber kas aktiviteleri spinal stabiliteyi kompensatuar arttırmak için asemptomatik bireylere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu artmış kas aktivitesi de kas yorgunluğunun artmasına neden olmaktadır.^{13,14} Özellikle kronik bel ağrısı olanlarda, yaşlı hastalarda, opere veya opere edilmemiş spinal stenozlarda, disk patolojilerinde incelenmiş ve kesitlerde yüzey alanının genişlemesine rağmen yağ infiltrasyon düzeylerinin arttığı, bunun da fonksiyonel sonuçları etkilediği öne sürülmüştür. Bu araştırmalar ışığında, hasta gruplarında multifidus kasına yönelik egzersizler tanıtılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir.^{8,9,15} Ancak, akustik radyasyon gücü ile dokulardaki sertlik derecesini kantitatif olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan elastografi yöntemi ile değerlendirilmesi opere skolyoz hastalarında denenmemiştir veya az denenmiştir.^{16,17} 2016 yılında sağlıklı bireylerde multifidus kasına yönelik elastografinin yerini gösteren Moreau ve ark.'ları bazal değerleri belirtmiş ve bunun diğer tekniklere kıyasla; ucuz, ulaşımı kolay ve hastaya zararsız olmasından ötürü ön plana çıkarılması gerektiğini savunmuşlardır. Ancak hasta popülasyonunda değerlendirilmemiş olması sadece yapılabilirliğini destekleyebilmelerine sebep olmuştur.¹⁷ Skolyoz cerrahilerinde, deformitenin düzeltilmesi ve implantlarla desteklenmesini takiben allogreftler ve cerrahi sırasında elde edilen otogreftler, vertebra seviyelerinin arasına ekilerek uzun dönemde posterior stabilizasyona destek sağlanması amacı ile uygulanmaktadır. Ancak deformitenin yerleşimi ve merkezine göre füzyon seviyesi alt lomber vertebralara kadar uzatılabilmektedir. Bu hastalarda, kronik bel ağrısı şikayetleri olabilmekte, bazen implant çıkarılmasına sebebiyet verebilmektedir. Kliniğimizde AIS nedeni ile posterior füzyon cerrahisi yapılmış hastalarda multifidus kasının elastografi ile değerlendirilerek hastaların fonksiyonel durumları ve operasyon süresi ile karşılaştırılması planlanmıştır. Çalışmamız lomber multifidus kasını non-invaziv, ucuz, kolay ulaşılabilir, radyasyon etkisi olmayan ve kasın sertliğini gösteren shear wave elastografi ultrason yöntemi ile değerlendirilmesini amaçlamıştır.

2. GENEL BİLGİLER

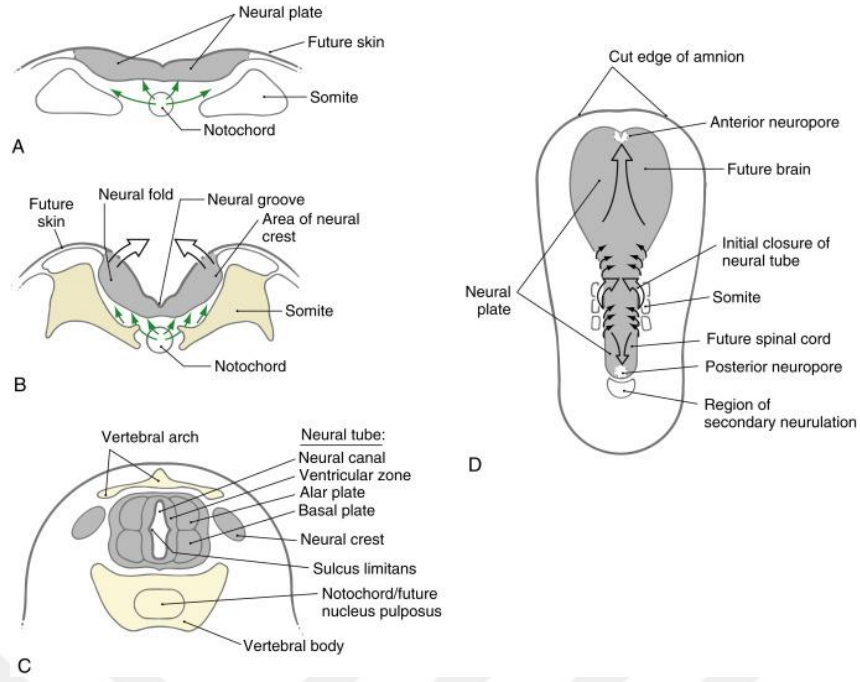
2.1 Embriyoloji

İskelet sistemini oluşturan kıkırdaklar ve kemikler embriyolojik olarak mezodermden köken alırlar. Embriyonel yaşamın 2. haftasının sonunda gastrulasyonun tamamlanması ile ektoderm ve endoderm ortaya çıkar ve bu iki germ yaprağı arasında ise mezoderm oluşur.^{18,19}



(Şekil 1. Embriyonel yaşamın 2. haftası)²⁰

Embriyonel yaşamın 18. gününde nöral plağın uçları yukarıya doğru kıvrılarak nöral oluk ve bu uçların birleşmesi ile de nöral tüp oluşur. Notokord ve nöral tüpün her iki yanında bulunan mezodermden longitudinal sütun halinde kalınlaşan paraksiyel mezoderm oluşur. 19. günde paraksiyel mezodermin segmentasyona uğraması ile somit çiftleri oluşmaya başlar.^{18,19}



(Şekil 2. Nöral plağın gelişimi 18. ve 19. gün)²¹

Korda dorsalisin her iki yanında dizilen somitlerin 20. günde 4 çift olan sayıları, 5. haftanın sonunda 42–44 çifte ulaşır. Ortaya çıkan somitler 4 oksipital, 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 8-10 koksigeal olarak baştan kuyruğa doğru sıralanırlar. İlk oksipital somit ortaya çıktıktan sonra kaybolurken, son 3-5 somitin atrofiye uğraması sonucu, geriye kalan somitler vertebral kolonu oluştururlar.¹⁸

Her bir somit çifti medialden laterale doğru 3 yapıya farklılaşır;

1. Skletom: aksiyal iskelet sistemi gelişir.
2. Miotom: sırt kasları gelişir.
3. Dermatome: derinin derma ve hipoderma tabakaları gelişir.

Kolumna vertebralisin gelişimi 3 evreden oluşmaktadır;

A- MEZENKİMAL VEYA PREKARTİLAGİNÖZ EVRE:

Notokord çevresinde kraniale doğru göç eden mezenkimal hücrelerden intervertebral disk oluşur, geriye kalan sıkıca toplanmış mezenkim hücreleri bir alt seviyedeki sklerotomun gevşek hücreleri ile kaynaşarak vertebranın mezenkim taslağını oluştururlar.¹⁸

B- KARTİLAGİNÖZ EVRE:

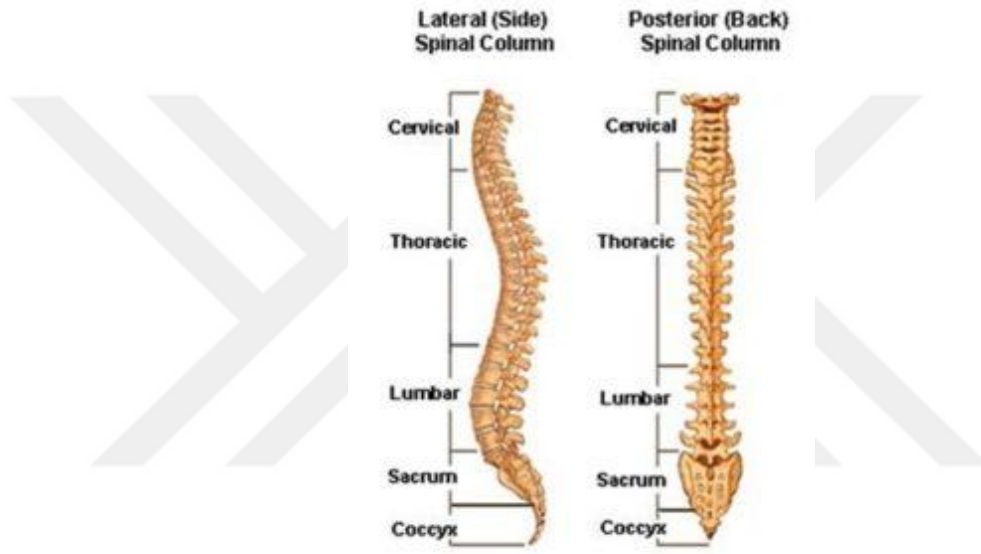
6. haftada membranöz omurga mezenkiminde 6 tane kıkırdaklaşma merkezi belirginleşir. Embriyonik dönemin sonunda (8.hafta) bu merkezlerin ikisi notokordun lateralinde görülür ve birleşerek omurga cisminin kıkırdaklaşma merkezini oluşturur. Nöral kanal lateralinde yoğunlaşan iki kıkırdaklaşma merkezinin dorsal füzyonu nöral ark ve processus spinosusu oluşturur. Nöral ark ve cisime ilave olarak iki kıkırdaklaşma merkezi daha belirir ve bunların lateral uzantıları processus transversusları oluşturur. 7. ve 8. haftalarda kıkırdak omurgayı çevreleyen interstisyel matriksten, anterior ve posterior bağlar oluşur.¹⁸

C- KEMİK EVRE:

Vertebranın ossifikasyonu embriyonik period esnasında başlar ve genellikle 25. yaşta tamamlanır. Embriyonik periyodun sonunda (8. hafta) omurga cisim merkezinde bir, her bir vertebral ark yarımında da birer adet olmak üzere, üç primer ossifikasyon merkezi bulunmaktadır. Doğumda her omur, birbirlerine kıkırdak ile bağlanmış 3 kemik parçasından oluşur.¹⁸ Doğum sonrası 3.-5. yıllar arasında vertebral ark yarımaları kaynaşır. Laminaların bu birleşmesi önce lomber bölgede gerçekleşmektedir, daha sonra kraniale doğru devam etmektedir. Vertebral ark ile cisim arasındaki nörosantral eklemler ise 6. yaşta kemikleşerek vertebral cisim ile arkuslar birbirlerine kaynaşmış olurlar.^{18,19} Puberteyle birlikte her bir omurda beş yeni ikincil kemikleşme merkezi belirir; biri processus spinosusun ucunda, ikisi processus transversuslarının ucunda, ikisi de vertebra korpusunun epifiz bölgelerinde görülür. İkincil kemikleşme odaklarının yayılıp birbiriyle kaynaşmaları yirmibeş yaşın sonunda biter.^{18,19}

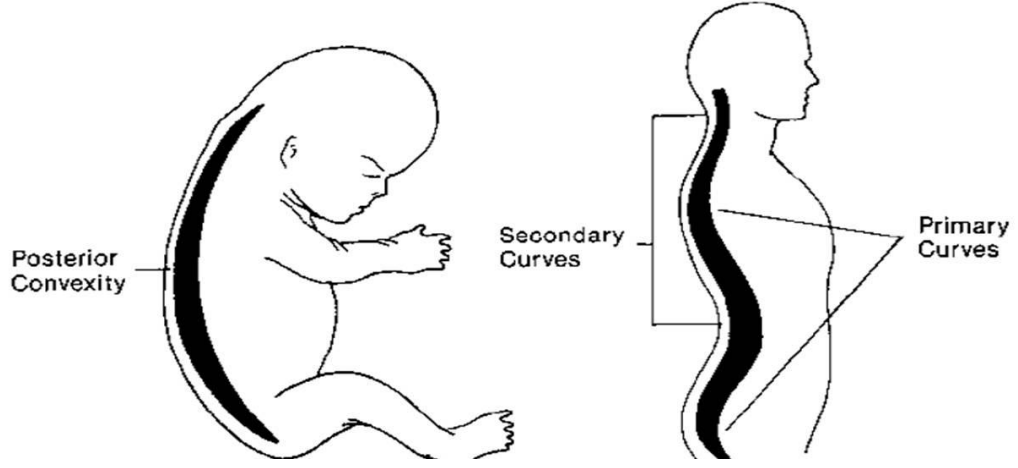
2.2 Anatomi

Erişkin bir insanın omurgasında 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal olmak üzere toplam 33 vertebra bulunmaktadır. İlk 24 vertebra birbirleri ile eklemler aracılığı ile hareketli olarak bağlanmış olduklarından dolayı gerçek vertebra, hareketli vertebra veya presakral vertebra olarak isimlendirilirler. Sakrum ve koksiks ise geri kalan 9 vertebranın kendi aralarında kaynaşmaları sonrası olduğu için bunlara ise yalancı vertebra veya sabit vertebra adı verilir.^{22,23}



(Şekil 3. Kolumna vertebralis)²⁴

Omurganın, sagittal planda baktığımızda dört adet fizyolojik eğriliği mevcuttur. Doğumda vertebral kolon düz bir sütun şeklindedir. Bebek başını tutmaya başladıktan sonra servikal lordoz oluşmaya başlar. Oturmaya ve daha sonra ayağa kalkmaya başlayınca da lomber lordoz gelişmeye başlar. Torakal ve sakral kifoz embriyonik dönemde geliştiğinden dolayı omurganın primer eğrilikleri adını alır. Erişkin bir insanda omurganın fizyolojik eğrilikleri; servikal bölgede 30°-50° lordoz, torakal bölgede 20°-50° kifoz, lomber bölgede 40°-80° lordoz ve sakral bölgede 40°-60° kifoz şeklindedir.^{22,23}



(Şekil 4. Omurganın fizyolojik eğriliği)²⁵

Omurganın stabilitesi, intrinsek ve ekstrinsek yapılar tarafından sağlanır.

İntrinsek stabiliteyi sağlayan yapılar:

1. Vertebrae ve intervertebral diskler.
2. Faset eklemler ve kapsülleri.
3. İnterspinöz ve supraspinöz ligamentler, ligamentum flavum, anterior ve posterior longitudinal ligamentler.
4. İntravertebral kaslar ve m.erector spinae'dır

Ekstrinsek stabiliteyi sağlayan yapılar:

Ekstrinsek stabilite göğüs kafesi tarafından sağlanmaktadır. Her kosta, interkostal kaslar ve ligamentler tarafından desteklenir. Bu ligamentler kostaları birbirlerine, vertebrae'nin cisim ve 11 transvers çıkıntısına bağlar.

Vertebra temel olarak 6 kısımdan oluşmaktadır:

1. Corpus vertebra
2. Arcus vertebra (Pediculus vertebra, Lamina vertebrale)
3. Foramen vertebra
4. Processus spinosus
5. Processus transversus
6. Processus articularis inferior ve superior

Corpus vertebrae, en büyük kısmı oluşturur ve silindirik yapıdadır. Her bir vertebral cisim ince bir kortikal kabuğa sahip silindiridir. L1' den L5' e kadar vertebral cismin arka kısmı konkviteden konveksiteye göre değişmekte ve artan yük taşıma nedeni ile vertebral

cisim çapı artmaktadır. Vertebral korpusun üst ve alt yüzlerinde kemik korteksi bulunmamaktadır. Pürüzlü olan bu yüzeylere intervertebral diskler yapışırlar. Endplate adı verilen bu yüzeylerin kenarları çıkıntılıdır.^{23,26} Servikal vertebraların korpusları ve spinöz çıkıntıları daha kısadır. İkinci ve beşinci vertebralar arası spinöz çıkıntılar ikiye ayrılmış olup iki küçük tüberkül ile sonlanmaktadır. Vertebral foramen üçgene benzer. Transvers çıkıntıları çok gelişmemiştir ve foramen transversarium denilen delikleri vardır. Bunlardan A. ve V. Vertebralis geçer. Torakal vertebraların kranialden kaudale doğru korpus çapları artar. Korpusların yan taraflarında, üst ve alt kısımlarında kaput kostalis ile eklem yapan iki adet eklem yüzeyi (fovea kostalis sup. ve inf.) vardır. Bu çıkıntıların ön yüzlerinde kostaların tüberkülleriyle eklem yapan eklem yüzeyleri (fovea kostalis transversalis) vardır. 11. ve 12. vertebralarda ise bunlar bulunmaz.^{19,23} Lomber vertebraların korpusları diğer vertebralara göre daha büyüktür. Transvers çıkıntıları az gelişmiştir. Spinöz çıkıntıları kısa, geniştir. Üst eklem çıkıntısının dış yan yüzlerinde processus mamillaris adında tüberkülleri vardır.^{22,23}

Pediculus arcus vertebrae, processus transversus ile corpus vertebrae arasında kalan bölümdür. İki pedikül geniş ve düz lamina ile birlikte vertebral arkı oluşturur. L1'den L5'e kadar pediküller kısalar, genişler ve lateralize olurlar. Pediküllerin superior ve inferiorundaki konkavitelere vertebral çentikler denilmektedir ve iki vertebral çentiğin birleşmesi ile foramina intervertebralia oluşur.

Lamina arcus vertebrae, processus spinosus ve processus transversus arasında kalan arkus vertebra bölümüdür. Her bir lamina düz ve geniştir. Superior ve inferior artiküler prosesler laminadan orijin alırlar.

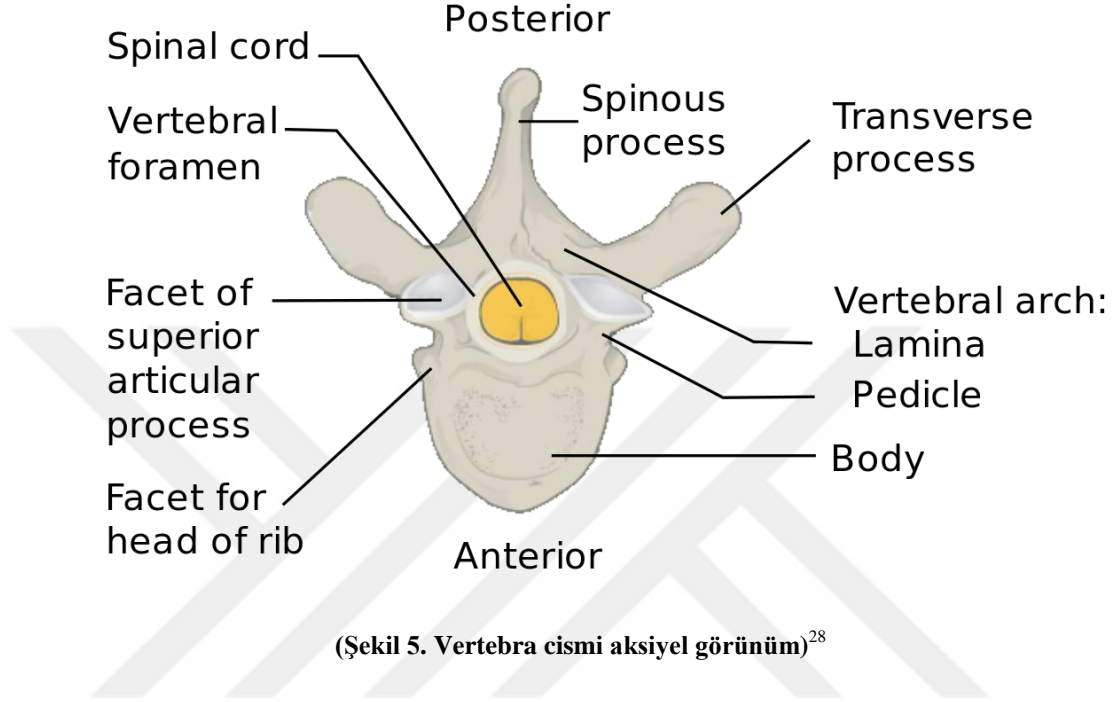
Corpus vertebrae ve arcus vertebrae arasında kalan deliğe foramen vertebrae denilmektedir. Foramen vertebrae' ler de üst üste gelerek canalis vertebralis oluşturur.

Processus spinosus iki taraf lamina arcus vertebrae'nin posteriorda birleşmesi ile oluşan çıkıntıdır.

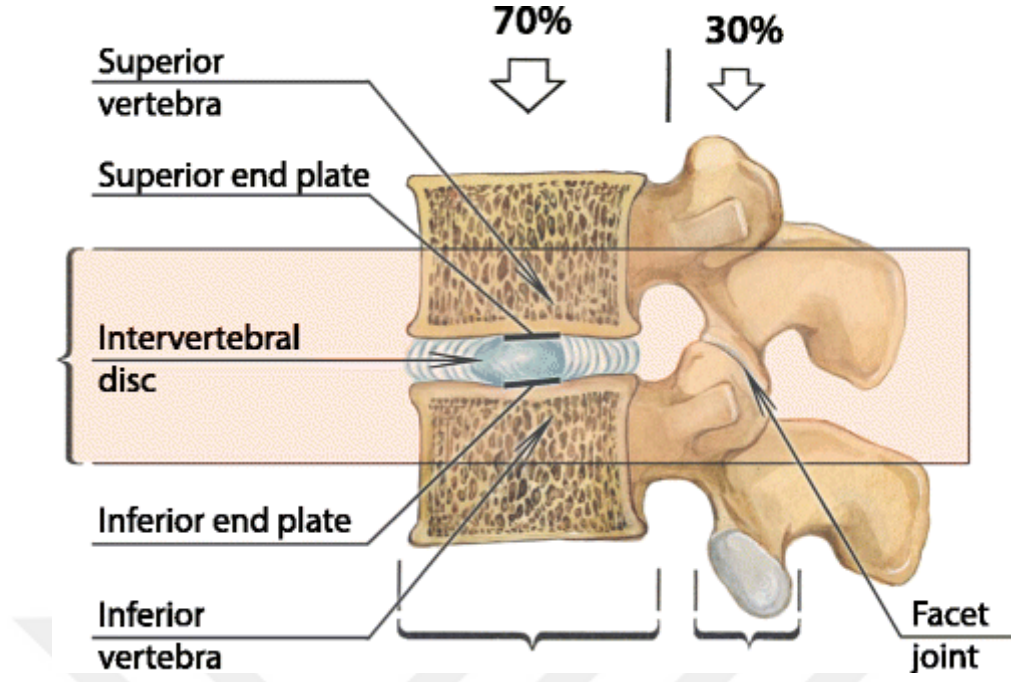
Processus transversus her iki tarafta pedikülolaminar birleşmeden yanlara doğru uzanan çıkıntıdır. En güçlü processus transversus'u olan vertebra L5 vertebradır. Ağırlığın gövdeden pelvise transferine izin verir.

Processus articularis superior ve inferior her iki tarafta pedikülolaminar birleşmeden superiora ve inferiora doğru uzanan çıkıntılardır.

İki vertebral cisim intervertebral disk aracılığı ile bağlanırlar. Bu bağlantı faset eklemleri ile birlikte 'Junghans'ın fonksiyonel birimini' oluştururlar.²⁷ İntervertebral disk anulus fibrosus, nucleus pulposus ve kartilaginöz endplate'lerden oluşmaktadır.



Üst ve alt kartilaginöz endplate'lerin her biri 0.6-1 mm kalınlıktadır ve diski vertebra cisimlerine bağlar. Omurganın arka elementleri birbirleri ile diartroz tip eklemler ve elastiki bağlarla bağlanmıştır. Bu eklemlere faset eklemler denir. Diğer diartroz eklemlerde olduğu gibi, bunların da eklem kıkırdakları, boşlukları, kapsül ve sinoviyal zarları bulunmaktadır.



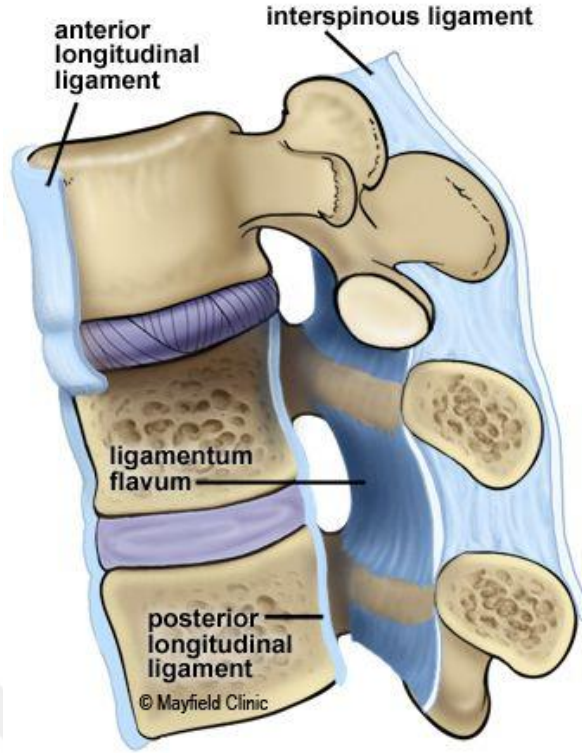
(Şekil 6. Vertebra cismi sagittal görünüm)²⁸

Anterior longitudinal ligament, oksipital kemikten başlayarak tüm vertebraların ön yüzlerine yapışır. Vertebra korpuslarına sıkıca tutunsa da, intervertebral diskin anuler liflerine sıkı tutunmazlar.

Posterior longitudinal ligament, oksipital kemiğin arka yüzünden başlayarak korpusların arkasından koksikse kadar uzanır. Anterior longitudinal bağdan farklı olarak disk hizasında daha sıkı, cisim hizasında ise daha dardır.

Ligamentum flavum, elastik lifler fazla olduğundan rengi sarımtıraktır. Laminanın anterior inferior sınırından alttaki laminanın posterior sınırına doğru uzanır.

İnterspinöz ligament, spinöz proçesler arasında uzanır. Ligamentum nuchae olarak bilinen ligament ise supraspinöz ligamentin(spinöz çıkıntılarının uçlarını birbirine bağlayan bağdır) servikal bölgede genişleyip kalınlaşmasından oluşur. İntertransversal ligament, transvers çıkıntılar arasında yer alan ligamenttir.



(Şekil 7. Posterior ve anterior omurga ligamanları)²⁸

Kolumna vertebralis çevresi kas grupları:

1. Fleksör grup:

- M. Rectus abdominis
- M. Obliquus eksternus ve internus abdominis
- M. Psoas
- M. Sternocleidomastoideus
- M. Longus colli
- Mm. Scaleni

2. Ekstansör grup:

- M. Latissimus dorsi
- M. Sacrospinalis
- M. Spinaes
- Mm. İnterspinales
- M. Levator scapula
- M. Splenius

3. Lateral fleksör grup:

- M. Sacrospinalis
- M. Quadratus lumborum
- Mm. Transverso-costales
- M. Levator scapula
- Mm. Scalenii
- Mm. Semispinalis

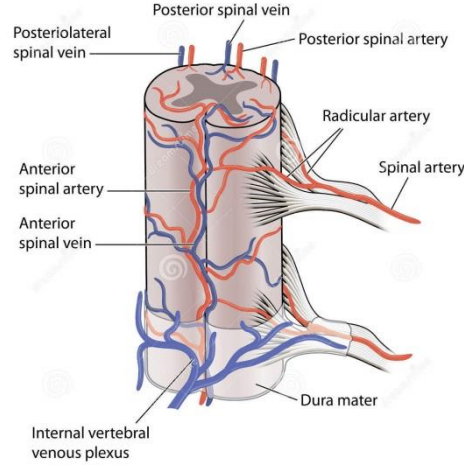
4. İpsilateral rotatuar grup:

- M. Latissimus dorsi
- M. Splenius - M. Longus coli
- M. Obliquus abdominus internus

5. Kontralateral rotator grup:

- Mm. Transversospinalis
- **Mm. Multifidus**
- M. Longus colli
- M. Obliquus eksternus abdominis

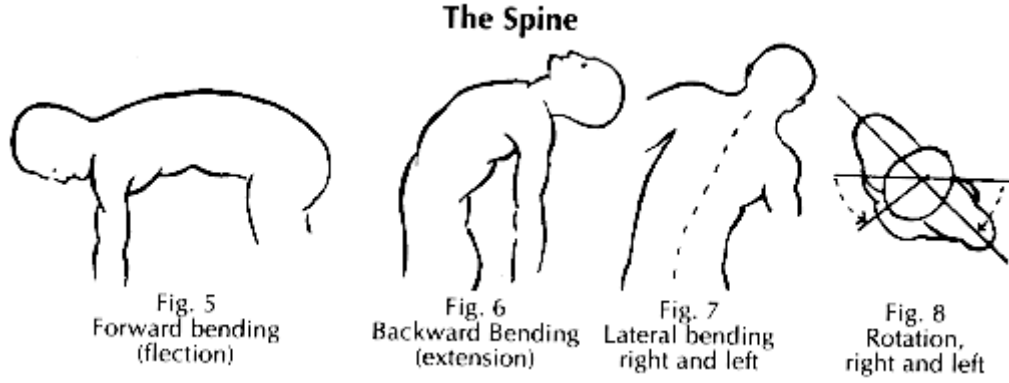
Spinal yapıların arter beslenmesi iki ana kaynaktan sağlanır. Subklavien arter ve torakoabdominal aorttan bazen de a. iliaca internadan sağlanmaktadır. Bu damarlardan kaynaklanan segmental arterler dorsospinal dallarına ayrılır. Spinal arter, foramen intervertebralede ventral, orta ve dorsal dallarına ayrılır. Ventral ve dorsal dalları, dura mater ve vertebral kemiği beslemek için spinal kanalın ön ve arka kısmına dağılır. Orta dal intervertebral foramenlerin bitişiğindeki dura mater ve ön arka sinir köklerini besleyen dallarını verir.^{29,30} Spinal yapıların venöz dolaşımı internal ve eksternal venöz pleksus aracılığı ile sağlanır. Eksternal venöz pleksus küçük ön ve arka eksternal venlerden oluşur. Arka eksternal venler intervertebral delikten çıkarak azigos vene dökülür. İnternal venöz pleksus korpis arka yüzü boyunca uzanır ve disk üzerinde anastomoz yaparak segmenter bir zincir halini alır.



(Şekil 8. Spinal arter ve venler)³⁰

2.3 Biyomekanik

Vertebral kolon, kompresyon, gerilme, eğilme, makaslama ve torsiyon gibi vücut hareketleri ile oluşan çeşitli kuvvetlere maruz kalır. Bu hareketler esnasında intervertebral diskler, omurga çevresindeki ligamentler ve kaslar bu kuvvetlere karşı koyarak stabilitenin devamlılığını sağlarlar.^{31,32} Vertebral kolonunun hareket segmenti onun fonksiyonel birimidir. Hareket segmentinin anterior kısmını iki vertebra cismi, intervertebral disk ve anterior ligamentler oluşturur. Posterior kısmını ise intervertebral eklemler, posterior ligamentler, transvers ve spinöz çıkıntılar oluşturmaktadır. Omurganın sagittal düzlemde meydana gelen hareketleri fleksiyon ve ekstansiyondur. Servikal bölgede 40° fleksiyon, 75° ekstansiyon; lomber bölgede 60° fleksiyon, 35° ekstansiyon yapabilmektedir. Omurganın frontal düzlemde hareketi lateral fleksiyondur. Servikal bölgede 35-45° , torakal bölgede 20° ve lomber bölgede 20° dir. Omurganın rotasyonel hareketleri servikal bölgede 45-50°, torakal bölgede 35°, lomber bölgede ise 5° dir. Torakal vertebralarda faset eklemler yatay yerleşimli olduğu için rotasyonel hareketler daha fazladır. Lomber vertebralarda ise faset eklemler dikey yerleşimli olduklarından dolayı rotasyonel hareketler daha azdır.³³



(Şekil 9. Vertebral kolonun hareketleri)³⁴

Vertebraların büyüklük ve kütleleri kranialden kaudale doğru segmentlere inildikçe artmaktadır. Bu durum vertebraların giderek artan yüklere karşı adaptasyonunu sağlamaktadır. Vertebra korpusu aksiyel yüklenmelere karşı koymaktadır. Vertebra korpusu trabeküler yapıdaki spongioz kemik gelen yükün bir miktarını periferde doğru elastik deformasyon göstererek absorbe eder. End plate'ler, trabeküllerden gelen yükün diske, diskten gelen yükün trabeküllere iletilmesini sağlar ve elastisite, şok absorpsiyonu özellikleri yoktur. Aşırı yüklenme sonucu kırılmaya en uygun bölgedir. Pediküller yoğun kortikal kemik içeriğinden dolayı oldukça sağlam yapılardır. İntervertebral disk, hareket segmentinin yüklenmeye karşı dayanıklılığı en fazla olan bölümüdür. Elastik deformasyon yeteneği sayesinde yükün bir kısmını absorbe eder. Faset eklemler stabilite sağlama açısından çok önemli yapılardır. Omurganın ön ve arka kolonları arasında menteşe görevi yaparlar. Yük taşıma fonksiyonu da vardır. Omurga hiperekstansiyondayken faset eklemlere binen yük en üst düzeydedir. Ayrıca makaslama kuvvetlerine karşı koymada da önemli rol oynarlar. Ligamentler omurganın stabilizasyonunda önemli görevler almaktadır ve gerilmeye karşı direnç kuvveti göstermektedirler. Posteriordaki ligamentler fleksiyona karşı kuvvet koyarken, anteriordaki ligamentler ekstansiyona karşı kuvvet koyarlar. Bir ligamentin etkinliğindeki en önemli faktör, o ligamentin iç kuvveti ve etkisini gösterdiği moment kolunun uzunluğudur. Posterior ligamentler arasında en uzun moment kolu olan interspinöz ligamentler, fleksiyona karşı en fazla gerilim gösteren ligamentlerdir. Anterior longitudinal ligamentler, ekstansiyon boyunca en fazla direnç oluşturan ligamentlerdir.³² Posterior Longitudinal Ligament, intervertebral diske tutunmaktadır ve anterior ligamentin aksine daha zayıftır. Kaslar vertebral kolonun aktif stabilize edici elemanlarıdır. Lomber dorsal kaslar ekstansiyonu sağlamaktadır. Sakrumdan orijin alarak, lomber ve torakal bölgede vertebralara bağlanarak görevlerini yaparlar ve tonusları ile lordoza katkıda bulunurlar. Karın duvarının önündeki rektus abdominis ve psoas

kasları, arkadaki erekteör spinaların antagonisti olarak çalışırlar. Yan karın kasları omurgaya rotasyon yaptırmaktan sorumludurlar.

2.4 Skolyoz

Skolyoz, omurganın üç planda (Sagittal, Frontal, Horizontal) olan deformitesidir.³⁵ Frontal planda 10° ve üzerindeki lateral eğrilikler skolyoz olarak tanımlanmaktadır. Etiyolojisinde çeşitli nedenler vardır;

1. Yapısal (strüktürel) skolyoz

- a) İdiyopatik skolyoz: İnfantil (0-3 yaş), Juvenil (3-10 yaş), Adolesan (>10yaş)
- b) Konjenital skolyoz
- c) Nöromusküler skolyoz
- d) Nörofibromatozis
- e) Mezenşimal hastalıklar (Marfan sendromu, Ehler Danlos sendromu)
- f) Travmatik
- g) Romatoid hastalıklar
- h) Omurga enfeksiyonları
- i) Metabolik hastalıklar (Raşitizm, Osteogenezis İmperfekta, Homosistinuri)
- j) Tümörler

2. Yapısal olmayan (non-strüktürel) skolyoz

- a) Postural skolyoz
- b) Histerik skolyoz
- c) Sinir kökleri irritasyonu (Disk hernisi, Tümörler)
- d) İnflamatuar
- e) Alt ekstremite eşitsizliğine bağlı
- f) Kalça eklemi etrafında gelişen kontraktürlere bağlı

Yapısal nedenlere bağlı skolyozlarda, vertebranın lateral eğriliği ve rotasyon birlikte görülür. Yapısal olmayan skolyozlarda, lateral eğrilikle birlikte omurga yapısal olarak normaldir, omurgada rotasyon ve asimetri yoktur. Yapısal nedenlere bağlı skolyozun en sık nedeni %80 görülen İdiyopatik Skolyozdur. Deformitenin başladığı yaşa göre İdiyopatik Skolyoz, üç gruba ayrılır;

1. İnfantil İdiyopatik Skolyoz (3 yaşın altındaki deformiteler), erkeklerde daha sıktır.

2. Jüvenil İdiyopatik Skolyoz (3 ila 10 yaşları arasındaki deformiteler), erkek ve kadınlarda eşit oranda görülmektedir
3. Adölesan İdiyopatik Skolyoz (10 yaş ile iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar ortaya çıkan deformiteler), kadınlarda daha sık görülür. Bu üç grup arasında en sık görülen adölesan idiyopatik skolyozdur.³⁶

Skolyozlu hastalar, genellikle sırtta eğrilik, yüksek omuz, kaburga kamburluğu, gövde asimetrisi, pelvik asimetri gibi şikayetler ile hekime başvururlar. Hikayede hastanın yaşı ve cinsiyeti, deformitenin fark edildiği yaş sorgulanır. Deformite, ağrı, nörolojik semptomlar, kardiyopulmoner problemler ve fonksiyonel komplikasyonların varlığı araştırılır.³⁶ İdiyopatik skolyozlu hastalarda ağrı çok sık görülmez. Ancak çok ileri düzey lomber idiyopatik skolyozlu hastalarda kas güçsüzlüğü ve yorgunluğuna bağlı ağrı gelişebilir. Ağrının ön planda olması durumunda spondilolizis, spondilolistezis, Scheurmann hastalığı, kemik veya spinal kord tümörleri de akla gelmelidir. Matüritenin saptanabilmesi için ilk adet tarihi, pubik ve aksiller kıllanma sorgulanmalıdır. Kızlarda pubik kıllanma ve meme gelişimi, hızlı büyümenin başlangıcından hemen önce görülür. Aksiller kıllanma ise her iki cinste de büyüme hızının azaldığını göstermektedir. Menarş hızlı büyüme döneminin yavaşladığını göstermektedir.^{37,38} Skolyozlu hastanın fizik muayenesi, hastanın bütün sırtı, omuzları ve her iki iliak kanatları görülecek şekilde tercihen çıplak yapılmalıdır.³⁸ İncelemede ciltte görülen "cafe au lait" lekeleri ve subkutan nodüller nörofibromatozisi akla getirmelidir. Lomber bölgede aşırı kıllanma, gamze görünümü meningomiyelosele lehine bulgudur. Yüzde asimetri görülmesi, tortikollise bağlı skolyozu işaret eder. Ekstremitelerde eşitsizlik, ekstremiteler vücut oranında dengesizlik, konnektif doku hastalıklarını akla getirmelidir. Memelerin, omuzların, iliak kanatların simetrikliği incelemede değerlendirilmelidir. Omurgadaki eğriliğin dengesini değerlendirilebilmesi için kafatası tabanından ya da C7 spinöz çıkıntısından aşağıya bir şakül sallandırılır. Şakül gluteal sulkustan geçiyorsa dengeli bir skolyozdur. Eğer gluteal aralığın 1 ila 2 cm lateralinden geçiyorsa dekompanse bir eğriliktir.^{39,40} Vertebranın rotasyon derecesi ve eğriliğin yönünü değerlendiren en iyi test Adam's öne eğilme testidir. Hekim, hastayı arkadan omurga horizontal olana kadar gözlemler. Hastanın dizleri bükülmemiş, ayakları birleşik, kollar aşağı doğru sarkıtılmış ve avuçlar karşılıklı olmalıdır.



(Şekil 10. Adam's öne eğilme testi)⁴¹

Eğriliğin fleksibilitésinin değeriendirilmesi için hasta konkav ve konveks tarafa doğru lateral fleksiyona getirilir ve düzelme olup olmasına bakılır. Skolyoz müayenesinde nörolojik nedenlerin ekarte edilmesi önemlidir. Bu amaçla detaylı nörolojik muayene yapılmalıdır. Abdominal refleks kaybı ya da asimetrisi varsa siringomieli düşünülebilir ve ileri tetkikler gerekebilir.

Terminoloji

1. SMVÇ: Sakrum merkezli vertikal çizgi.
2. Apikal vertebra: Vertikal akstan en uzak ve rotasyonu en fazla olan vertebradır.
3. Apikal disk: Hastanın vertikal aksına en uzak olan disk seviyesidir.
4. Nötral vertebra: Eğriliğin alt ve üstünde, rotasyonu olmayan ilk vertebradır.
5. Stabil vertebra: Midsakral çizgi tarafından ortılanan vertebradır.
6. End vertebralar: Eğriliğin konkavitesine en fazla eğimi olan en proksimalde (üst end vertebra) ve en distalde (alt end vertebra) bulunan vertebralardır.
7. Yapısal (strüktürel) eğrilik: Omurgada sabit yan eğriliği tanımlar. Yana eğilme ve traksiyon grafilinde tam düzelme gözlenmez.
8. Yapısal olmayan (non-strüktürel) eğrilik: Traksiyon veya yan eğilme grafilinde tama yakın düzelme gösteren eğriliklerdir.
9. Birincil eğrilik: İlk ortaya çıkan yapısal eğriliktir.

10. Kompensatuvar (sekonder) eğrilik: Yapısal birincil eğriliğin üst veya altında yer alan ikincil eğriliktir.

11. Majör eğrilik: Büyük ve yapısal olan eğriliktir.

12. Minör eğrilik: Küçük olan eğriliktir. Yapısal veya yapısal olmayan tip olabilir.

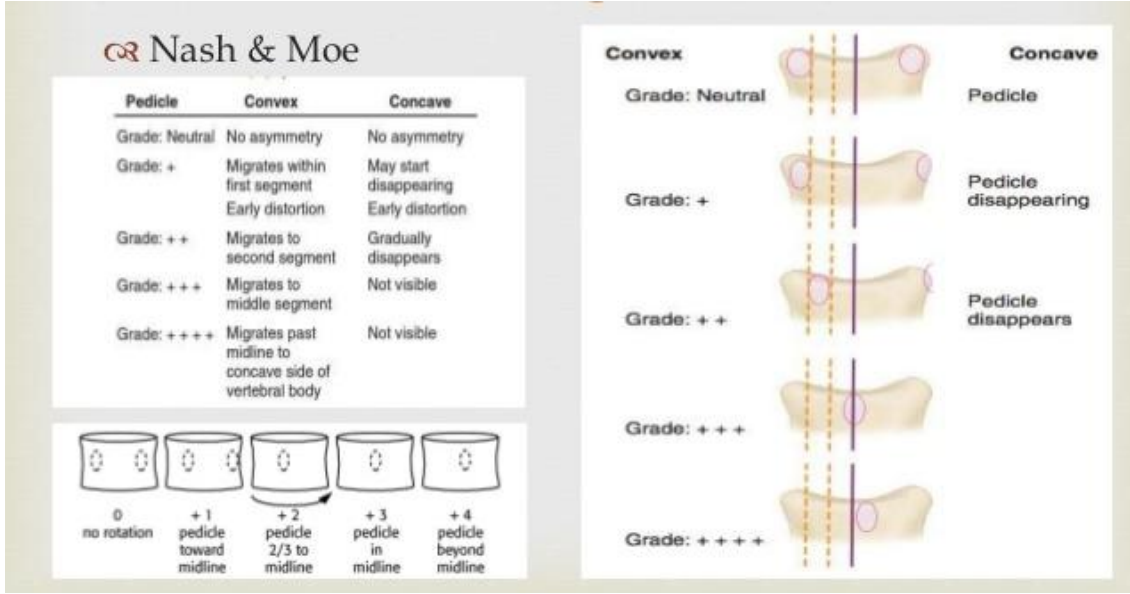
13. Çift majör eğrilik: Birbirine yakın derecelerde iki yapısal eğriliğin birlikte bulunduğu skolyozdur.

14. Denge, kompensasyon: Oksiputun orta noktasının sakrum üzerine çizilen çizgiye göre, eğriliğin bir tarafındaki açılarının toplamının diğer taraftaki açılarının toplamına eşit olmasıdır.

15. Pelvik eğim (oblik pelvis): Pelvisin horizontal düzlemdeki deviyasyonudur.

16. Rotasyon: Vertebranın transvers planda açılmasıdır.

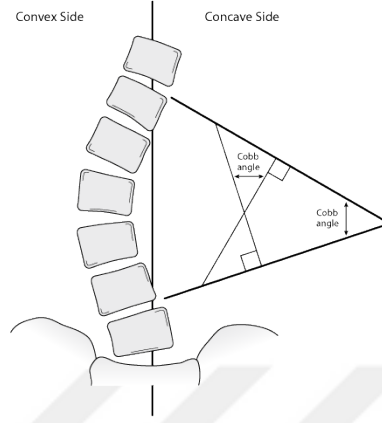
Eğriliğin konkav tarafında intervertebral aralıklar daha dardır. İntervertebral aralıkların genişlemeye başladığı seviyeler uç omurgalardır (end vertebra). Üst uç vertebranın üst kenarı ve alt uçtaki vertebranın alt kenarına paralel olarak uzatılan çizgiler arasındaki açı “c” Cobb açısıdır. Frontal denge, stabil vertebra koronal planda sakrumun orta noktası merkezli vertikal bir çizgidir (SMVÇ). Normalde bu çizgi; her iki iliyak kanat üst uçları arasındaki çizgiye, sakrum orta üst noktasından çıkarılan dikme olmalıdır. Buna göre, SMVÇ tarafından ortalanan vertebra eğriliğin distalindeki stabil vertebradır. Sagittal planda ise; yan grafide densten ya da C7 korpusu ortasından düşürülen düz çizgi (plumb line) kullanılır. Sagittal vertebral eksen (SVE) olarak adlandırılan ve zemine dik olan bu düz çizgi genellikle torakal omurganın önünden, lomber omurganın arkasından ve S1’in arka köşesinden geçer. Vertebra rotasyonu çeşitli yöntemlerle ölçülebilirse de en yaygın kullanılan yöntem Nash-Moe yöntemidir. Bu yöntemde özel bir cetvele gerek yoktur. Spinöz çıkıntıdan çizilen dik çizgiye pedikül bölgesi içine teğet bir noktadan paralel bir çizgi çekilir. Sonra bu iki çizgi orta noktasından yeni bir paralel çizgi çekilerek rotasyon değerlendirilir. Rotasyonların değerlendirilmesinde üç boyutlu BT altın standarttır.



(Şekil 11. Vertebra rotasyon ölçümü)⁴²

Omurga deformitelerinin değerlendirilmesinde 90x35 cm büyüklüğünde olan film kasetleri kullanılmaktadır. İki metre mesafeden ayakta, ön-arka ve yan radyografiler çekilir. Omurga bütünlüğü açısından büyük kaset kullanımı daha uygundur. Ön-arka grafilerde eğriliğin tipi, omurga ve gövdenin dengesi iskelet gelişimi ve alt ekstremiteler uzunluk farkları araştırılmaktadır. Yan grafilerde ise torakal ve lomber omurgadaki sagittal plan deformitelerinden hipokifoz, spondilolizis veya spondilolistezis olup olmadığı değerlendirilir. Radyografi çekilirken hasta olabildiğince dik durmalı ayakları birbirine yapışık olmalıdır. Alt ekstremitelerde uzunluk farkı varsa, kısa bacak altına destek uygulanmalıdır. Hasta ayakta duramıyorsa, ideal olarak desteksiz oturma pozisyonunda ancak gerekli durumunda destekli oturarak grafi çekilebilir. Kasetin üst ucu kulak seviyesinde olmalıdır. Yan grafi çekilirken kolların omurga ile örtüşmemesi için hastanın omuzları 90 derece öne fleksiyonda, eller omuzda ve dirsekler maksimum fleksiyonda olmalıdır. Omurganın operasyon öncesi esnekliğinin değerlendirilmesi için, supine pozisyonunda yana eğilme (lateral fleksiyon) radyografileri çekilir. Bu radyografiler aynı zamanda füzyon seviyelerinin belirlenmesinde de yardımcıdır.^{37,40} Eğriliğin derecesinin belirlemek için Cobb yöntemi standart ölçüm yöntemi olarak kabul edilir. Ölçüm end (uç) vertebraların tespiti ile başlar. End vertebralar tespit edildikten sonra, üst end vertebranın üst end plağına ve alt end vertebranın alt end plağına dik hatlar çizilir. Bu çizgilerin arasında oluşan açı Cobb açısıdır. Eğriliğin konkav tarafında intervertebral aralıklar daha dardır. İntervertebral aralıkların genişlemeye başladığı seviyeler

uç omurgalardır (end vertebra). Üst uç vertebranın üst kenarı ve alt uçtaki vertebranın alt kenarına paralel olarak uzatılan çizgiler arasındaki açı Cobb açısıdır.



(Şekil 12. Cobb açısı ölçümü)⁴¹

Skolyoz hastalarında eğriliğin radyolojik değerlendirilmesinde King-Moe sınıflaması en basit olanıdır, ancak çoğu olguda yetersiz kalmaktadır. Peking Union Medical College (PUMC) tarafından ortaya konulan sınıflama sistemi de basit ve kolay anlaşılabilir olmasına rağmen, pratik kullanım için Lenke sisteminden daha avantajlı olarak değerlendirilmemektedir. Lenke sınıflaması günümüzde en yaygın olarak kullanılan ve kabul gören sınıflama sistemidir. King-Moe sınıflaması torakal bölge eğriliğin cerrahi tedavisinde füzyon seviyelerini belirlemek için geliştirilmiştir. İliyak kanatlar arasındaki çizgiye sakrum üzerinden çizilen dikme “sakral orta hat” olarak adlandırılmış ve bu hatta göre eğrilik tipleri tanımlanmıştır.⁴³

King sınıflamasının üç dezavantajı vardır;

1. Torakolomber, lomber, çift majör ya da üçlü majör eğrilikleri tanımlayamaz,
2. Sagittal plan deformitelerini hesaba katmaz,
3. Aynı radyografiler çeşitli cerrahlar tarafından değerlendirildiğinde çoğunluğun aynı gruba karar verme oranı düşüktür.

Lenke sınıflaması koronal ve sagittal plan deformitelerini değerlendirerek füzyon seviyelerini saptamak amacı ile 2001 yılında geliştirilmiştir. Lenke sınıflama sistemi karmaşık ve

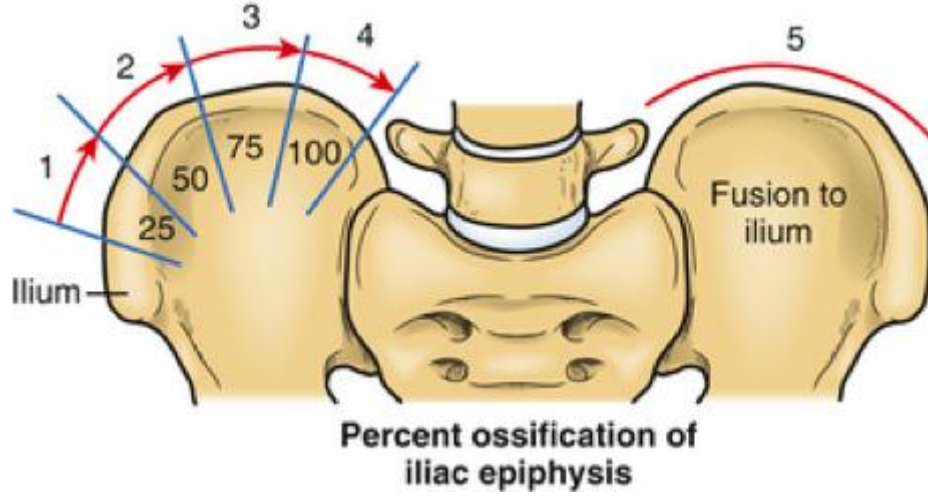
kullanımının zor olması, ayrıca deformite üç boyutlu olarak değerlendirilememektedir. Peking Union Medical College (PUMC) sınıflaması cerrahi yaklaşım ve füzyon seviyelerini öneren bu sınıflama sistemi 2005 yılında yayınlanmıştır. Tek, çift ve üçlü olmak üzere eğrilikler üç ana ve apeks yerleşimi, eğrilikteki esneklik ve eğriliğin genişliğine göre 13 alt tipte sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada etkinlik oranı %85'dir. Deformiteyi üç boyutlu olarak değerlendirmekte ve kolay anlaşılabilir. ⁴⁴

Skolyoz tanısında MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme) şu durumlarda endikedir:

- Boyun ve baş ağrısı ile birlikte olan (özellikle eforla) ataksi, güçsüzlük, ilerleyici ayak deformitesi gibi nörolojik problemlerin varlığı
- Hızlı ilerleme gösteren eğrilikler
- Cerrahi gerektiren sol torakal eğrilikler
- Asimetrik abdominal reflekslerin varlığı
- Spinal kanal anomalilerinin net olarak anatomik görüntülenmesinde

Skolyoz tanısında BT (Bilgisayarlı Tomografi) şu durumlarda endikedir:

BT (Bilgisayarlı Tomografi) skolyoz tanısında rutin bir tetkik değildir. Psödoartroz şüphesi varsa, kemik füzyonunun belirlenmesinde, pedikül vidalarının konumu ve omurganın rotasyonunun belirlenmesinde kullanılabilir. İskelet matüritesinin radyolojik olarak saptanması için iliak kanat apofizinin kemikleşmesini değerlendiren Risser bulgusu kullanılmaktadır. Ossifikasyon lateralden başlayarak mediale doğru devam eder. Bu nedenle, iliak kanat 4 eşit kadrana ayrılır. Risser 0'da hiç ossifikasyon görülmemektedir. Risser 4'de ise kadrانların dördünde de apofiz kemikleşmesi görülür. İliak apofiz ilium ile tamamen kaynadığında Risser 5 olur ve artık iskelet matüritesi tamamlanmıştır. Risser 0 ve 1 olan hastalar büyüme devam ettiğinden dolayı skolyoz eğriliğinin ilerlemesinde ciddi risk altındadırlar.



(Şekil 13. Risser's bulgusu)⁴¹

Skolyoz tanısı almış hastaların büyük kısmı tedavi gerektirmeksizin izlem ile takip edilse de tedavi gerektiren hastaların tedavisi konservatif ve cerrahi olmak üzere ikiye ayrılır. Tedavinin amacı, deformitenin ilerlemesinin engellenmesi, deformitenin düzeltilmesi ve elde edilen düzeltmenin korunmasıdır.⁴⁵ Skolyozlu hastaların izleminde genellikle büyüyen ve eğriliği 20° altında olan çocuklarda bir sonraki değerlendirme yaklaşık olarak 6 ay sonra olmalıdır. Eğrilik 20° ile 30° arasında ise, radyografi 3 ile 4 ay sonra tekrarlanmalıdır. Eğrilikte 5° ve üzerinde ilerleme görülürse tedavi gereklidir. Eğriliği ilerleme göstermeyen hastalarda gözlem kemik büyümesi tamamlanana kadar devam eder ve muayeneler arasındaki süre matürite yaklaştıkça uzatılır. Skolyozun konservatif tedavisinde brace kullanımı, eğriliğin ilerlemesini önlemek amacı ile ve immatür çocuklarda uygulama alanı bulmaktadır.

Endikasyonları;

1. Risser 0,1, ya da 2 olan ve başvuru anında 30° ile 45° eğriliği bulunan immatür hastalar
2. İlk yapılan ölçümleri 20° ile 30° arasında olup takiplerinde 5° ilerleme gösteren hastalar

Brace tedavisinin kontrendike olduğu hasta grupları;

1. Eğriliği 45 derece üzerinde olan adölesanlar
2. Ortezin tolere edilememesi
3. Aşırı torakal hipokifoza olan hastalar
4. Matür adolesanlar(Risser 4 veya 5 olan hastalar)

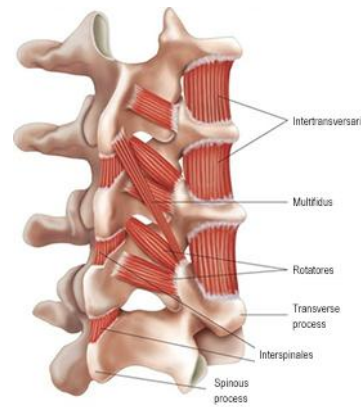
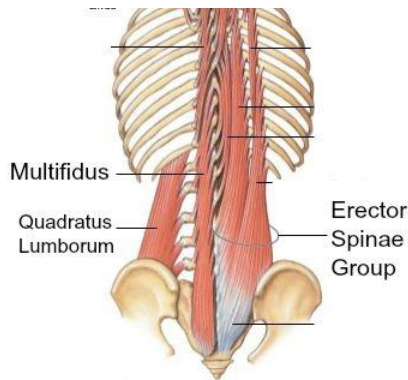
Skolyoz tedavisinde cerrahi tedavinin temel amacı, deformiteyi düzeltmek ve eğriliğin ilerlemesini önleyebilmek için yeterli füzyonu sağlamaktır. Cerrahi tedavi endikasyonunda eğriliğin büyüklüğü, matürite, eğrilik paterni, denge, sagittal plan ve kozmetik görünüş gibi pek çok etken belirleyicidir.⁴⁶ Skolyoz cerrahisinde omurgaya posterior yaklaşım en sık kullanılan yaklaşımdır. Cilt insizyonu, cerrahi uygulanacak seviyeye göre vertebra spinöz çıkıntıları üzerinde orta hat insizyonu şeklinde yapılır ancak rotasyon nedeni ile spinöz çıkıntılar orta hattan saptığı için kozmetik nedenlerle insizyonun orta hat boyunca yapılması uygundur. Cilt, cilaltı geçildikten sonra spinöz çıkıntılar palpe edilerek çıkıntılar üzerinde kalacak şekilde diseksiyon yapılır. Paraspinal kaslar Cobb elevatörü ile yapıştıkları spinöz çıkıntılardan sıyrılır. Multifidus kası da paraspinal yerleşen bir kاستر ve spinöz processlerden sıyrılan kاستر. Matür bir hastada, 30° ve altındaki eğriliklerin ilerleme riski yoktur ve eğriliğin paterni ne olursa olsun cerrahi tedavi gerektirmez. Hasta matür olsa dahi, 50° ve üzerindeki eğrilikler cerrahi olarak tedavi edilmelidir. Matüritesini tamamlamış 40° ila 50° arasındaki eğriliklerde, 6 aylık takip süresinde, 5° ve üzerinde ilerleme görülürse cerrahi tedavi gerekebilir. Esnek skolyozu mevcut olan, eğriliği 70 derecenin altında, önemli derecede kifozu olmayan hastalar yalnızca posterior enstrümantasyon ve füzyon için adaydır. Füzyon seviyesi stabil vertebradan stabil vertebraya kadar olmalıdır. Geleneksel olarak füzyon sonlandırma seviyesi Harrington tarafından önerilen Cobb ölçüm açılarının bir üst ve bir alt seviyesindedir. Diğer geleneksel yaklaşım füzyonun T4-L4 vertebra arasında tutulmasıdır. Majd ve arkadaşları T4 üzerinde füzyonun trapezial ağırlara, daha uzun sakruma kadar enstrümantasyonlarda ise yürüme bozukluklarına ve psödoartroza neden olabileceğini kendi kliniklerinde yaptıkları çalışmalarda gözlemlemişler.⁴⁷ Posterior enstrümantasyon ve füzyon cerrahisi sonrası füzyon, füzyonun sonlanma seviyesi ve ameliyat sonrası hastaların ağrı skoru, hayat kalitesi üzerine yeteri kadar çalışma literatürde olmamakla beraber, bir grup çalışmalarda bu ikili arasında ilişki olmadığını, diğer grup çalışmalarda füzyon seviyesi alt lomberlere doğru uzandıkça ameliyat sonrası dönemde bel ağrısında artış olduğunu göstermiştir. 1970'ci yılda Risser skolyoz nedeni ile posterior enstrümantasyon ve füzyon yaptığı hastalarının uzun dönem sonuçlarını inceleyerek füzyon ve bel ağrısı arasında ilişki olmadığını kanaatine gelmiştir. Moskowitz ve ark. daha fazla hasta popülasyonunda füzyon ve VAS ağrı skoru arasında ilişkiyi cerrahi geçirmeyen sağlıklı bireylerle farklılık olmadığını göstermişler. Cochran ve ark. yaptıkları bir çalışmada L4-L5 seviyede füzyonu sonlandırılan hastalarda L1-L2 seviyesinde füzyonu sonlanan hastalara oranla daha fazla lomber ağrıların olduğunu göstermişler.⁴⁸ Bu çalışmanın aksine Bartie ve ark. en az on yıllık takip süresi ile AİS nedeniyle posterior enstrümantasyon ve füzyon yaptıkları hastalarda füzyon sonlandırma

seviyesi ve VAS ağrı skoru arasından ilişkiye bakmışlar. L4-L5 seviyesinde füzyonu sonlandırılan hastalarla L2-L3 seviyede füzyonu sonlandırılan hastalardan farklı olmadığını, sağlıklı populasyondan ise ağrı skorunda daha fazla olduğunu göstermişler.⁴⁹

2.5 Multifidus kası

Multifidus kası sakrumdan başlayarak C2 servikal vertebraya kadar uzanan vertebranın spinöz processlerinin medialinde seyreden kastır. Lumbar multifidus kası, mimari yapı olarak karmaşık bir yapıya sahip lumbosakral ekleme kadar uzanan en medialde ve en geniş kas grubudur ve spinal stabiliteye katkısı önemlidir. Multifidus, longissimus ve iliokostalis vertebranın spinöz proçesleri ile transvers proçesleri arasından yer alan kaslardır. Lumbar multifidus kası, L1-L5 vertebra arasında spinöz çıkıntıdan başlayan ve sakroiliak ekleme kadar uzanan beş banttandır oluşmaktadır. L1-L4 bandı yüzeysel, orta ve derin kas fibrili demetlerinden oluşurken, L5 bandı ise sadece yüzeysel ve derin kas fibrillerinden oluşmaktadır.^{50,51} Multifidus ve lomber erektör spinae kasları bilateral kontrakte olduklarında omurganın segmental hareketi ve bu hareketin kontrolünde rolü olan kaslardır.⁵² Bu kasların dejenerasyonu spinal omurga unitesinde hareketlerin ve biyomekanik özelliklerin bozulmasına neden olur.⁵³ Kasın dejenerasyonu onun yağlı infiltrasyonu ile sonuçlanıyor.⁵⁴ Lumbar multifidus kasının yüzeysel lifleri, tendon yapılarının olması nedeniyle güç oluşturma kapasiteleri açısından diğer erektör spina grubundan farklılık göstermemektedir. Ancak derin liflere baktığımızda tendon yapısının olmaması, kas hacminin az olması bu kas liflerinin proprioseptif geribildirim mekanizmasından sorumlu olduğunu göstermektedir.⁵⁵ Multifidus kası en çok ayakta durma pozisyonunda aktivasyon gösterir. Buna bağlı olarak yatak istirahatı bu kasın bir atrofi sebebidir. Bel ağrısı ve disk hastalığı olanların multifidus disfonksiyonu ile ilişkisi mevcuttur.^{56,57,58} Majör omurga stabilizasyonundan sorumlu olan multifidus kası, omurganın ekstansiyonu, rotasyonu, lateral fleksiyonunda aktif olan kastır. Lomber bel ağrısı mevcut olan hastalarda, erektör spinae ve abdominal rektus kaslarının aktiviteleri artar.⁵⁹ Lomber ağrılardan dolayı spazm olmuş multifidus kası ileride kas gerginliğinin artması ile sekonder bel ağrılarının oluşmasına neden olmaktadır.⁶⁰ Lomber multifidus kası, paraspinoz bir kas olup lomber omurganın artan kompresyon kuvvetlerine karşı stabilitesinde önemli fonksiyone sahip kastır.^{61,62} Bu nedenle lomber multifidus kasının kitlesinde azalma intervertebral disklere ve eklemlere artan strese, lomber bel ağrıları oluşumuna ve rekürrensine neden olmaktadır.^{63,64} Bel ağrısı olan ve diğer lomber patolojisi olan bireylerde lomber multifidus kasında atrofi ve

kas içi artan yağ dokusu birçok çalışmada rapor edilmiştir.^{65,66} Multifidus kası disfonksiyonu birkısım cerrahi girişimler, özellikle posterior füzyon işlemleri sonrası azaldığı görülmüştür.^{67,50} Posterior lumbar füzyon esnasında kasın retraksiyonu kas içi zedelenmelere ve kas atrofisine neden oluyor.^{65,68} Tek ve tekrarlayan hareketlerde multifidus kasının superfisiyal ve derin lifleri farklı aktiviteler göstermektedir. Süperfisiyal lifleri omurganın oryantasyonunu kontrol etmede(lomber vertebranın ekstansiyonu, lomber lordozun kontrolü), derin lifleri ise makaslama ve torsiyon hareketlerini kontrol etmede sorumlu olduğu gösterilmiştir.⁶⁹ EMG ve MRG kasın fonksiyonunu ve morfolojisini değerlendirmek için kullanılan yöntemler olsa da invazif ve maliyetli olduğundan klinik uygulamalarda kullanımını sınırlamıştır.^{70,71,72} EMG yüzeysel ve derin multifidus kasının işlevleri arasında farkı göstermiş ve bu kasın lomber ağrıları mevcut olan hastalarda işlevlerinin bozulduğunu göstermiştir. Bel ağrısı mevcut olan bireylerde ve sağlıklı insanlarda yapılan histopatolojik çalışmalar, bel ağrısı mevcut olan bireylerde kas atrofisi olduğunu göstermiştir.^{73,74,75} Multifidus kasının derin lifleri omurganın stabilizasyonundan sorumludur ve kronik bel ağrıları mevcut olan hastalarda etkilenen kas lifleridir. Süperfisiyal lifler ise rotasyon ve omurganın ekstansiyonunda görevli liflerdir. Multifidus kası egzersizleri, tedavi stratejisi, global kas sistemini aktive etmeden segmental multifidus kasının kontraksiyonunu yeniden sağlamak ve bunun özel bir motor beceri olarak tekrarlanmasıdır. İyi bir motor beceri için hareketin algılanması, ortaya çıkarılması, tekrarlanması ve farklı aktivitelere aktarılması gerekir. Multifidus kasının aktivasyonu için “abdominal hallowing” “alt abdomenin yukarı ve içe doğru çekilmesi” temel bir beceridir.



(Şekil 14. Multifidus kası posteriordan görünüm)⁷⁶ (Şekil 15. Multifidus kası lateralden görünüm)⁷⁶

2.6 Shear Wave Elastografi

SWE, diğ er adıyla dinamik elastografi son yıllarda geliştirilen ve hızla geliş en sonoelastografik bir tetkik olup, tanıya katkıda bulunabilecek doku esnekliğini değ erlendirerek doku özellikleri ile ilgili ek bilgi sağlamaktadır. Dört ana sonoelastografi tekniğı mevcuttur:

1. Compression sonoelastography
2. Transient elastography
3. Tension elastography
4. Shear wave elastography (SWE)

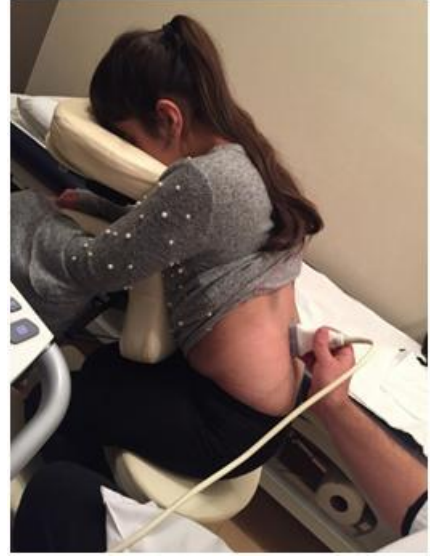
Bu tekniklerin her birinin avantajları ve dezavantajları vardır.^{77,78} SWE, tendonlar, kaslar, sinirler dahil kas iskelet sisteminin yumuş ak dokularının çeş itli travmatik ve diğ er patolojik durumlarının değ erlendirilmesinde kullanılan bir görüntüleme tekniğıdir. SWE, doku iyileş mesi takibinde de basit ve ucuz teknik olarak kullanılabilir. Bu teknik uygulamasında, US problemleri ile dokuya kısa süreli (0,03-0,4 ms), yüksek güçlü (frekans 2,67 MHz) akustik itici radyasyon kuvveti uygulanmaktadır. Bu kuvvet, dokularda küçük yer değ iş tirmelere sebep olmaktadır (1-10 µm). Horizontal planda olan bu yer değ iş tirmelere “shear wave” adı verilmektedir ve bu dalgaların dokuda ilerleme hızı ölçülebilmektedir. “Shear wave” hızı, dokunun sertliğı ile doğ ru orantılıdır (m/s veya kilopaskal olarak ölçülür). Dokuya uygulanmış olan kuvvet değ iş mezken tek değ iş en “shear wave” ilerleme hızıdır. Elde edilen hız değ erleri objektif elastisite değ erlerini göstermektedir. Günümüzde iki “shear wave” teknolojisi mevcuttur; Akustik Radyasyon Güç İmpuls (ARFI) ve Supersonic Shear görüntüleme. Akustik radyasyon güç impuls görüntüleme yönteminde, “shear wave” hızı (m/s) cinsinden verilmektedir. Supersonic shear görüntüleme, ARFI teknolojisine benzemektedir. Ancak burada dokuların sertliğı kilopaskal (Kpa) cinsinden verilmektedir. Optimal bir değ erlendirme için dokular sertliklerine göre renklendirilir.(sert dokular kırmızı, yumuş ak dokular mavi ile). Ultrasonik SWE, non-invaziv ve güvenilir bir ultrasonografik görüntüleme yöntemidir.

3. HASTALAR VE YÖNTEM

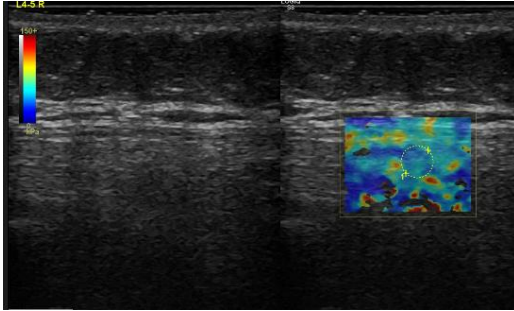
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalında AIS cerrahisi sonrası hastalarımızı Shear Wave Elastografi olarak bilinen basit, ucuz, non-invaziv ultrasonografi yöntemi ile değerlendirdik. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında bulunan Shear Wave Elastografi için incelemeye uygun ultrasonografi cihazı ile posterior enstrümantasyon ve füzyon yapılan 30 hastaya retrospektif olarak incelenme planlansa da, hastaların özel katılım istememe nedenlerinden dolayı 19 hasta çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen hastaların hem dinlenme hem de pasif germe pozisyonunda ultrasonografik olarak incelenmesi için her hangi bir tıbbi sorunları yoktu. Hastalar önceden bilgilendirilerek ve Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından A-31 numaralı onayı üzerine çalışmaya dahil edildi. Hastaların 16'sı kadın, 3'ü erkektir. Hastaların operasyon tarihleri 1991-2016 yılları arasındadır. Hastaların yaş değeri 15 ile 44 arasında değişmekte olup ortalama $29,32 \pm 8,16$ bulunmuştur. Kilo değeri 45 kg ile 103 kg arasında değişmekte olup ortalama $65,37 \pm 14,09$ bulunmuştur. Boy değeri 150 cm ile 184 cm arasında değişmekte olup ortalama $165,47 \pm 9,74$ bulunmuştur. Hastaların L4-L5 vertebra arası hizadan dinlenme ve pasif germe pozisyonunda SWE ile kas sertliği değerlendirilmiştir. Değerlendirme öncesi iliak krestler arasından çekilen çizgi ile L4 vertebra spinöz proses belirlendi ve diğer lomber vertebra seviyeleri L4 yardımı ile işaretlendi. Çalışmamızda hastalar iki pozisyonda değerlendirilmiştir. Vertebra gergin olarak tutmaya yardımcı olan masaj koltuğu ve sedyede yüzüstü yatırılarak iki ayrı pozisyonda incelemeler yapılmıştır. Masaj koltuğu sayesinde multifidus kasında pasif gerginlik elde edilmiştir. Sedyeye dinlenme pozisyonundaki L4-L5 intervertebral multifidus kasları değerlendirilmiştir. Elastografinin de, uygulanma şekline göre ultrasona benzerliği gözlemciler arası ve gözlemci içi değişkenlik gösterebilmektedir. Bu sebepten ötürü, füzyon seviyesinin distalindeki vertebra seviyelerinin sağ ve sol multifidus kası için üçer kez ölçüm yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Masaj koltuğunda pasif gerginlik sağlandığından ötürü, ölçümler arasında hastanın yürümesine izin verilerek kas yorgunluğunun önüne geçilmiştir. Ölçümler en az 4 yıl deneyimi olan radyoloji hekimi tarafından yapılmıştır.



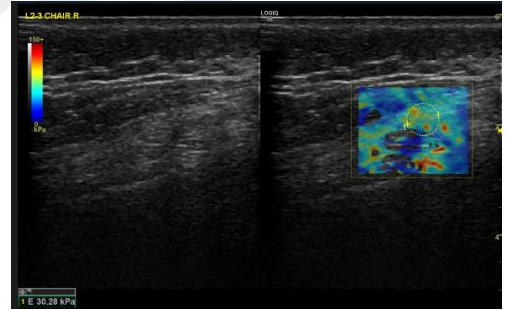
(Şekil 16. Dinlenme pozisyonu)



(Şekil 17. Pasif germe pozisyonu)



(Şekil 18. Dinlenme pozisyonunda SWE)



(Şekil 19. Pasif germe pozisyonunda SWE)

Çalışmaya Dahil Edilme Ölçütleri:

- Kliniğimizde AİS nedeniyle posterior enstrümantasyon ve füzyon cerrahisi yapılan hastalar
- Çalışmaya katılmayı kabul eden hastalar
- Çalışma şartları gereği masaj koltuğuna oturabilecek hastalar
- Komorbiditesi olmayan hastalar

Çalışmadan Dışlanma Ölçütleri:

- Çalışmaya katılmak istemeyenler
- Değerlendirme yapılacak sahada enfeksiyon bulguları olanlar
- Yatalak hastalar
- Komorbiditesi olan hastalar

Çalışmada AİS nedeni ile posterior enstrümantasyon ve füzyon yapılmış hastaların füzyonun sonlanma seviyelerine göre, hastaların fonksiyonel sonuçlarının multifidus kasının elastografik değerlendirmesi karşılaştırılmıştır. Bu sayede, füzyon sonlanma seviyelerine göre, multifidus kasındaki SWE ile ölçülecek sertlik değerlerinin farklı olup olmaması değerlendirilmiştir. Opere skolyozlu hastalarda implantlardan, radyasyon etkisinden, maliyetinden ve invaziv yöntem olmasından dolayı BT, MRG, EMG gibi yöntemlerin yerine bu yöntemle vertebra stabilizasyonu sonrası füzyonun sonlandırıldığı lomber segmentler non-invaziv olarak değerlendirilebilmiştir. Çalışmada hastaların operasyon yılı, kilosu, boyu, yaşı, VAS ağrı skoru da değerlendirilmiş ve SWE değerleri ile istatistiksel doğrultuda yapılmıştır.

4. İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER

İstatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, USA) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (Ortalama, Standart Sapma, Medyan, Frekans, Oran, Minimum, Maksimum) yanı sıra verilerin dağılımı Shapiro-Wilk Testi ile değerlendirilmiştir. Değişkenlerin ilişkilerinde normal dağılım göstermeyenlerde ise Spearman korelasyon ile incelenmiştir. Niceliksel verilerin normal dağılım göstermeyen üç grubun karşılaştırmasında Kruskal Wallis Testi, niceliksel verilerin normal dağılım gösteren iki grubun karşılaştırmasında Student T Testi, normal dağılım göstermeyen iki grubun karşılaştırmasında Mann-Whitney U Testi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.01$ ve $p < 0.05$ düzeylerinde değerlendirildi.



5. GÜÇ ANALİZİ

Örneklem büyüklüğünün saptanması

Analysis:	A priori: Compute required sample size	
Input:	Tail(s)	= One
	Effect size d	= 0,8
	α err prob	= 0,05
	Power (1- β err prob)	= 0,95
Output:	Noncentrality parameter δ	= 3,4871192
	Critical t	= 1,7340636
	Df	= 18
	Total sample size	= 19
	Actual power	= 0,9560779

Örneklem büyüklüğünün hesaplanmasında tip-I hata olasılığı (α) 0.05 ve testin gücü (1- β) 0.95 olarak alındı. Etki büyüklüğü 0.80 kabul edildi, G-Power 3.1.9.2 programı (Universitat Kiel, Kiel, Almanya) kullanılarak örneklem büyüklüğü 19 olarak belirlendi. Bu durumda gerçekleşen geçerli güç değeri 0.956 bulundu.

6. BULGULAR

Tablo 1: Cinsiyetlere Göre Dağılımı

		n	%
Cinsiyet	Kadın	16	84,2
	Erkek	3	15,8

Katılımcıların , %84,2'si (n=16) kadın, %15,8'i (n=3) erkektir.

Tablo 2: Füzyon Sonlanma Seviyelerine Göre Dağılımı

		n	%
Füzyon Sonlanma Seviyesi	L2	5	26,3
	L3	11	57,9
	L4	3	15,8

Katılımcıların, %26,3'ü (n=5) L2 seviyesinde iken, %57,9'u (n=11) L3, %15,8'i (n=3) ise L4 seviyesindedir.

Tablo 3: Ölçüm Ortalamaları

	Ort±Ss	Min-Max (Median)
Yaş	29,32± 8,16	15-44 (30,00)
Kilo	65,37± 14,09	45-103 (65,00)
Boy	165,47± 9,74	150-184 (165,00)

Yaş değeri 15 ile 44 arasında değişmekte olup ortalama $29,32 \pm 8,16$ bulunmuştur. Kilo değeri 45 ile 103 arasında değişmekte olup ortalama $65,37 \pm 14,09$ bulunmuştur. Boy değeri 150 ile 184 arasında değişmekte olup ortalama $165,47 \pm 9,74$ bulunmuştur.

Tablo 4: Elastografi değerlerinin ve VAS Skorunun Vertebrada Füzyon Seviyelerine Göre Çoklu Karşılaştırılması

		n	Ort±Ss	Min-Mak (median)	^b p
Prone L4-L5 Sağ	L2	5	17,92±3,60	12-20,50 (19,70)	0,260
	L3	11	16,85±4,96	7,90-25,70 (17,06)	
	L4	3	13,70±4,33	8,70-16,30 (16,10)	
Prone L4-L5 Sol	L2	5	20,48±3,12	16,3-24,1 (21,70)	0,151
	L3	11	17,39±4,29	8,1-23,0 (17,10)	
	L4	3	13,33±5,66	7,0-17,9 (15,10)	
Pasif Germe L4-L5 Sağ	L2	5	21,38±4,89	15,2-28,4 (22,0)	0,240
	L3	11	18,53±4,35	13,5-24,1 (18,0)	
	L4	3	13,96±6,55	6,4-18,0 (17,50)	
Pasif Germe L4-L5 Sol	L2	5	22,40±6,30	13,9-30,8 (22,90)	0,262
	L3	11	20,69±9,50	13,4-43,5 (17,70)	
	L4	3	12,43±6,13	5,4-16,7 (15,20)	
VAS Skoru	L2	5	1,20±1,78	0-4 (0,00)	0,629
	L3	11	1,45±1,57	0-4 (2,00)	
	L4	3	2,00±1,00	1-3 (2,00)	

^bKruskall-Wallis * $p < 0,05$ ** $p < 0,001$

Füzyon sonlanmaya göre prone L4-L5 sağ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,260;p>0,05$).

Füzyon sonlanmaya göre prone L4-L5 sol ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,151;p>0,05$).

Füzyon sonlanmaya göre pasif germe L4-L5 sağ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,240;p>0,05$).

Füzyon sonlanmaya göre pasif germe L4-L5 sol ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,262;p>0,05$).

Füzyon sonlanmaya göre VAS skoru ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,629;p>0,05$).

Tablo 5: Prone Pozisyonunda Tarafa Göre Elastografi Ölçümünün Değerlerinin Karşılaştırılması

<i>Elastografi</i>		<i>SAG</i> (<i>n=19</i>)	<i>SOL</i> (<i>n=19</i>)	<i>^ap</i>
<i>Prone L4-L5</i>	<i>Ort±Ss</i>	16,63±4,53	17,56±4,62	0,536
	<i>Min-Max (Median)</i>	7,90-25,70 (17,00)	7,00-24,10 (17,20)	

^a*Student T Testi*

Tarafa göre prone L4-L5 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. ($p=0,536;p>0,05$)

Tablo 6: Pasif Germe Pozisyonunda Tarafa Göre Elastografi Ölçümünün Değerlerinin Karşılaştırılması

<i>Elastografi</i>		<i>SAG</i> (n=19)	<i>SOL</i> (n=19)	<i>^ap</i>
<i>Pasif Germe</i>	<i>Ort±Ss</i>	18,56±5,13	19,83±8,63	0,849
<i>L4-L5</i>	<i>Min-Max (Median)</i>	6,40-28,40 (18,00)	5,40-43,50 (17,70)	

^aStudent T Testi

Tarafa göre pasif germe L4-L5 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. (p=0,849;p>0,05)

Tablo 7: Pozisyona Göre Elastografi Ölçümünün Karşılaştırılması(Sağ)

<i>Çalışma Tarafı</i>		<i>PRONE L4-L5</i> (n=19)	<i>PASİF GERME L4-L5</i> (n=19)	<i>^ap</i>
<i>SAG</i>	<i>Ort±Ss</i>	16,63±4,53	18,56±5,13	0,228
	<i>Min-Max (Median)</i>	7,90-25,70 (17,00)	6,40-28,40 (18,00)	

^aStudent T Testi

Sağ tarafın prone L4-L5 ile pasif germe L4-L5 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. (p=0,228;p>0,05)

Tablo 8: Pozisyona Göre Elastografi Ölçümünün Karşılaştırılması(Sol)

<i>Çalışma Tarafı</i>		<i>PRONE L4-L5</i>	<i>PASİF GERME L4-L5</i>	
		<i>(n=19)</i>	<i>(n=19)</i>	<i>^ap</i>
<i>SOL</i>	<i>Ort±Ss</i>	17,56±4,62	19,83±8,63	
	<i>Min-Max (Median)</i>	7,00-24,10 (17,20)	5,40-43,50 (17,70)	0,930

^aStudent T Testi

Sol tarafın prone L4-L5 ile pasif germe L4-L5 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. (p=0,930;p>0,05)

Tablo 9: Elastografi değerlerinin ve Vas Skorunun Operasyon Tarihine Göre Çoklu Karşılaştırılması

		n	Ort±Ss	Min-Mak (median)	^b p
Prone L4-L5 Sağ	0-5 Yıl	3	17,03±7,54	11,90-25,70 (13,50)	0,429
	5-10 Yıl	4	18,80±1,94	16,70-20,50 (19,00)	
	10 Yıl ve Üzeri	12	15,85±4,46	7,90-23,00 (16,65)	
Prone L4-L5 Sol	0-5 Yıl	3	19,50±2,40	17,10-21,90 (19,50)	0,766
	5-10 Yıl	4	17,82±3,13	14,10-21,70 (17,75)	
	10 Yıl ve Üzeri	12	16,99±5,45	7,00-24,10 (16,70)	
Pasif Germe L4-L5 Sağ	0-5 Yıl	3	20,06±4,68	14,7-23,3 (22,20)	0,496
	5-10 Yıl	4	19,90±4,40	14,2-24,1 (20,65)	
	10 Yıl ve Üzeri	12	17,74±5,64	6,4-28,4 (17,75)	
Pasif Germe L4-L5 Sol	0-5 Yıl	3	27,80±15,09	13,40-43,50 (26,50)	0,183
	5-10 Yıl	4	22,75±5,76	17,90-30,80 (21,15)	
	10 Yıl ve Üzeri	12	16,87±6,45	5,40-30,80 (14,85)	
VAS Skoru	0-5 Yıl	3	0,67±1,15	0-2 (0,00)	0,508
	5-10 Yıl	4	2,00±1,63	0-4 (2,00)	
	10 Yıl ve Üzeri	12	1,50±1,56	0-4 (1,50)	

^bKruskall-Wallis * $p<0,05$ ** $p<0,001$

Operasyondan geçen süre ve VAS skoru arasında prone L4-L5 sağ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ($p=0,429;p>0,05$).

Operasyondan geçen süre ve VAS skoru arasında prone L4-L5 sol ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ($p=0,766;p>0,05$).

Operasyondan geçen süre ve VAS skoru arasında pasif germe L4-L5 sağ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ($p=0,496;p>0,05$).

Operasyondan geçen süre ve VAS skoru arasında pasif germe L4-L5 sol ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ($p=0,183;p>0,05$).

Operasyondan geçen süre ve VAS skoru arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ($p=0,508;p>0,05$).

Tablo 10: Ölçüm Ortalamaları

	Ort±Ss	Min-Max (Median)
Yaş	29,32± 8,16	15-44 (30,00)
Kilo	65,37± 14,09	45-103 (65,00)
Boy	165,47± 9,74	150-184 (165,00)
Prone L4-L5 Sağ	16,66± 4,53	7,90-25,70 (17,00)
Prone L4-L5 Sol	17,56± 4,62	7,00-24,10 (17,20)
Pasif Germe L4-L5 Sağ	18,56± 5,13	6,40-28,4 (18,00)
Pasif Germe L4-L5 Sol	19,83± 8,63	5,40-43,50 (17,70)
Bel Ağrısı (VAS)	1,47± 1,50	0-4 (2,00)

Tablo 11. Hasta veri tablosu

HASTALAR	YAŞ	KİLO (KG)	BOY (CM)	CİNSİYET	OPERASYON TARİHİ	FÜZYON SONLANMA SEVİYESİ	PRONE L4-L5 SAĞ SWE (Kpa)	PRONE L4-L5 SOL SWE (Kpa)	PASİF GERME L4-L5 SAĞ SWE (Kpa)	PASİF GERME L4-L5 SOL SWE (Kpa)	BEL AĞRISI (VAS)
1	34	60	170	KADIN	2002	L2	17	22	19	20	0
2	21	58	172	KADIN	2010	L3	17.6	14.1	14.2	17.9	4
3	30	50	165	KADIN	2008	L3	18.6	16.3	14.1	13.7	0
4	39	75	171	KADIN	2004	L3	18.9	22.2	18	17.7	0
5	21	103	170	KADIN	2010	L3	16.7	17.2	24.1	30.8	2
6	20	55	161	KADIN	2014	L3	25.7	19.5	23.3	26.5	0
7	33	81	184	ERKEK	2003	L3	23	23	23.1	14.5	2
8	24	72	179	ERKEK	2006	L2	12	16.3	15.2	13.9	0
9	42	65	150	KADIN	1991	L3	7.9	8.1	13.5	14.2	2
10	30	53	165	KADIN	2011	L2	20.4	21.7	22.5	22.9	2
11	29	65	170	KADIN	2002	L3	17.7	17.1	21.7	21.6	4
12	40	55	156	KADIN	2000	L4	16.1	15.1	18	15.2	1
13	34	61	160	KADIN	2000	L3	14.4	14.8	15	13.8	0
14	29	75	165	KADIN	2005	L2	19.7	24.1	28.4	25	0
15	44	77	155	KADIN	2004	L4	8.7	7	6.4	5.4	2
16	31	78	150	KADIN	2001	L2	17	22	22	30.8	4
17	15	45	155	KADIN	2016	L3	13.5	21.9	22.2	43.5	0
18	20	60	180	ERKEK	2014	L3	11.9	17.1	14.7	13.4	2
19	31	49	166	KADIN	2001	L4	16.3	17.9	17.5	16.7	3

7. TARTIŞMA

Skolyoz, omurganın her üç planda (Sagittal, Frontal, Horizontal) olan deformitesidir. Frontal planda 10° ve üzerindeki lateral eğrilikler skolyoz olarak tanımlanmaktadır. Yapısal (strüktürel) ve yapısal olmayan (non-strüktürel) skolyoz olarak ikiye ayrılır. En sık görülen tipi İdiyopatik skolyozdur. İdiyopatik skolyozun da en sık görülen tipi Adolesan İdiopatik Skolyoz'dur (AİS). AİS, 10-18 yaş arasında sıklıkla görülür. Skolyozun tedavisi konservatif ve cerrahi tedavi olarak ikiye ayrılır. Tanısında hikaye, fizik müayene sonrası ilk tercih edilen görüntüleme yöntemi direkt grafilerdir. BT ve MRG ise ihtiyaca göre tercih edilen görüntüleme yöntemleridir. Skolyozun tedavisi konservatif ve cerrahi olarak ikiye ayrılır. Skolyozun konservatif tedavisinde brace kullanımı, eğriliğin ilerlemesini önlemek amacı ile ve immatür çocuklarda uygulama alanı bulmaktadır. Risser 0,1, ya da 2 olan ve başvuru anında 30° ile 45° eğriliği bulunan immatür hastalar ile ilk yapılan Cobb açısı ölçümleri 20° ile 30° arasında olup takiplerinde 5° ilerleme gösteren hastalar konservatif tedavi için adaydır. Cerrahi tedavinin temel amacı, deformiteyi düzeltmek ve eğriliğin ilerlemesini önleyebilmek için yeterli füzyonu sağlamaktır. Cerrahi tedavi endikasyonunda eğriliğin büyüklüğü, matürite, eğrilik paterni, denge, sagittal plan ve kozmetik görünüş gibi pek çok etken belirleyicidir. Skolyoz cerrahisinde omurgaya posterior yaklaşım en sık kullanılan yaklaşımdır. Posterior yaklaşımda kas grupları cerrahi diseksiyon sonrası etkilenmektedir.

Multifidus kası, sakrumdan başlayarak C 2 servikal vertebraya kadar vertebranın spinöz processlerinin medialinde seyreden kastır. Lomber multifidus kası, mimari yapı olarak karmaşık bir yapıya sahip lumbosakral ekleme kadar uzanan en medialde ve en geniş kas grubudur ve spinal stabiliteye katkısı önemlidir.

SWE, diğer adıyla dinamik elastografi son yıllarda geliştirilen ve hızla gelişen sonoelastografik bir tetkik olup, tanıya katkıda bulunabilecek doku esnekliğini, dokuların biyomekanik özelliklerini değerlendirebilecek bir görüntüleme yöntemidir. Kas iskelet sistemi hastalıklarının tanı ve tedavisinde son zamanlarda yaygın kullanım alanı oluşturmaktadır.

Çalışmamızda, Cerrahpaşa Tıp Fakültesinde AİS nedeni ile cerrahi olarak posterior enstrümantasyon ve füzyon yapılan hastaların lomber multifidus kasını non-invaziv olarak füzyon sonlandırma seviyelerine göre SWE ile değerlendirilmesi yapıldı. Lomber multifidus kası omurganın stabilizasyonunda önemli bir kastır ve bu kasın lomber patolojileri olan, lomber patolojileri olmayan sağlıklı bireylerde, lomber cerrahi geçirmiş hastalarda SWE, BT, MRG, EMG gibi yöntemlerle değerlendirilmesi literatürde yaygın olarak gösterilmiştir.

Multifidus kası lomber stabilizasyona katkısı oldukça önemlidir. Masaki ve ark. bel ağrıları mevcut olan ve boyları kontrol grubuna göre kısa olan bireylerde boy kısalığı nedeni ile lomber kasların mesleki aktivite esnasında daha fazla kullanıldığını ve multifidus kası aktivitesinin arttığını göstermişlerdir.⁷⁹

Masaki. M ve ark.'nın diğer bir çalışmasında ise lomber lordoz açısının bel ağrısı olan hastalarda asemptomatik kontrol grubuna göre anlamlı düşük olduğunu, lomber ağrı öyküsü olan bireylerde prone pozisyonunda artmış multifidus kası gerginliğini ve azalmış lomber lordoz açısı ile ilişkisi olduğunu göstermişlerdir.⁸⁰

Sadeghi. S ve ark. ise multifidus kasının lomber ekstansiyonda daha fazla aktive olduğunu ve lomber ekstansiyonda yüzeysel liflerin aktif olduğunu, derin liflerin ise stabilize edici özelliklerinin daha fazla olduğunu göstermişlerdir.⁸¹

Ultrasonik SWE yöntemi yumuşak doku patolojilerinde yaygın olarak son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle kas-iskelet sistemi patolojilerinde de kullanımı artmıştır. Alis ve ark. ise lomber patolojileri olan hastalarda bu yöntemi multifidus kasını incelemek amacıyla kullanmış ve multifidus kasının lomber patoloji varlığında olumsuz etkilendiğini göstermişlerdir.⁸² Biz de literatürde kullanım alanı olması nedeniyle AİS hastalarında cerrahi sonrası hastaların takiplerinde multifidus kasını SWE ile incelemeyi amaçladık.

Masaki ve ark. SWE yöntemiyle oturur pozisyona göre istirahat pozisyonunda multifidus kasının olumsuz etkilendiğini göstermişlerdir.⁸³

Blain ve ark.'ı farklı vücut pozisyonlarında lomber kasların SWE ile değerlendirmesini yapmışlar ve vücut pozisyon değişikliğinin kas sertliğinde değişime neden olduğunu göstermişlerdir. Oturur pozisyonunda istirahat pozisyonuna göre daha sert olduğu vurgulanmıştır.⁸⁴

Moreau. B ve ark.'nın çalışmasında da istirahat ve pasif germe pozisyonunda multifidus kasının SWE ile değerlendirilmesinde; multifidus kasının pasif germe pozisyonundaki SWE değerlerinin istirahat pozisyonundakinden anlamlı olarak yüksek olduğunu göstermişlerdir.¹⁷

Çalışmamızda multifidus kasının pozisyona göre değişimin olmaması AİS cerrahisi sonrası bu kasın olumsuz olarak etkilendiğini göstermektedir. Kontrol grubumuzun olmaması elde ettiğimiz bu sonucu zayıflatmaktadır. Oysaki Kopenhaver ve ark.'ı sağlıklı bireylerde

multifidus kasını hem dinlenme hem de pasif germe pozisyonunda değerlendirmişlerdir. Erkek bireylerde sertlik değerleri daha yüksek iken multifidus kasının shear modülü kontraksiyonda istirahat pozisyonuna göre daha yüksek olarak saptanmıştır.⁸⁵

Koppenhaver ve ark.'nın yaptıkları başka bir çalışmada sağlıklı bireylerde multifidus kasının kasılma pozisyonundaki değerlerinin istirahat pozisyonuna göre biraz daha yüksek olduğunu göstermiş, SWE ortalama değerlerinin 21-27 Kpa olduğunu görmüşler. Çalışmamızda SWE ortalama değerleri 16-18 Kpa olarak ölçüldü, bu da kasın cerrahiden etkilenmiş olabileceğini düşündürülebilir. SWE ile lomber kasların tedavi sonrası takiplerde kantitatif görüntüleme yöntemi olarak kullanılmasını önermişlerdir.⁸⁶

Her ne kadar VAS skoru analizlerimiz istatistiksel olarak anlamlılık göstermese de kontrol grubumuzun olmaması önemlidir. Murillo ve ark.'nın yapmış oldukları çalışmada semptomatik bireylerde gövde fleksiyonu ile kas gerginliğinde artışın daha düşük düzeylerde olması sebebi yüzeysel liflerin kasılma fonksiyonlarının semptomatik bireylerde daha yavaş olduğunu ve semptomatik bireylerin etiolojisinde multifidus kasındaki problemlerin olabileceği düşüncesini vurgulamışlardır.⁸⁷

Çalışmamızın bir diğer eksik yönü ise SWE dışında olguların diğer yöntemlerle eş zamanlı olarak incelememiş olmamızdır. Goubert. D ve ark.'nın erektör spinae ve multifidus kaslarını MRG ile incelemişler ve non spesifik kronik bel ağrısı mevcut olan bireylerde yağlı kas dejenerasyonun bel ağrılarının etiolojik nedenlerinden biri olabileceğini vurgulamışlardır.⁶⁵ Hasta grubumuzun kas dejenerasyonu açısından da ileri tetkileri ile değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Danneels ve ark. diğer bir çalışmasında; opere edilmemiş kronik bel ağrısı olan bireyler ve sağlıklı gönüllülerin multifidus kaslarını BT ile değerlendirmişler, çalışmalarında multifidus kasının kas kitlesi düşük olarak görülmüş ve bel ağrılarının multifidus kasındaki patolojilerden kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır.⁸⁸ AİS sonrası bel ağrısı bulunan hastalarda multifidus kasının çalışmamızda etkilendiği gözönüne alındığında hasta grubumuzdaki bel ağrısının sebebinin multifidus kasının etkilenmiş olmasından ve diğer dejeneratif sebeplerden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Danneels. LA ve arkadaşları yapmış olduğu başka bir çalışmada EMG ile lomber erektör spinae ve multifidus kaslarını değerlendirmiştir. Sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında kronik bel ağrısı olan bireylerde multifidus kaslarında düşük EMG değerleri tespit etmişler.⁷²

Lu W.W ve ark. tarafından spinal füzyon cerrahisi öncesi ve sonrası hastaların paraspinal kaslarının özellikleri sağlıklı bireylerle EMG yöntemi ile 15 sağlıklı birey ve 19 idiyopatik skolyoz hastası incelendiğinde skolyoz nedeni ile ameliyat edilen hastalarda torakal bölge paraspinal kaslarının EMG aktivitesinin düşük olması füzyondan dolayı olduğu sonucuna varılmıştır.⁸⁹ Cerrahi sonrası hedeflenen füzyon kas aktivitesi üzerine olumsuz yönde etki oluşturmaktadır.

Hyun ve ark. lomber vertebral dejenerasyonu nedeni ile cerrahi tedavi endikasyonu koyulan hastalarda lomber multifidus kasını BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirmiştir. Paramedian İnterfasyal Yaklaşım ve Midline Yaklaşım arasında paraspinal multifidus kasma etkinin değerlendirilmesi amaçlı yapılmıştır. Ameliyat sonrası BT görüntülemeye kas atrofisinin midline yaklaşımda paramedian interfasyal yaklaşıma göre daha yüksek olması paramedian yaklaşımda kasın ekartasyonu esnasında daha az travmatize edilmesi ve dolaşımın az etkilenmesi nedeni ile ilişkilendirmişler.⁹⁰ Bu çalışma omurga cerrahisinde cerrahi travmanın kas atrofisine neden olabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Bu yönüyle de olgularımızın BT ile incelemesi yapılabilir. Ancak BT yöntemi radyasyon içermesi ve maliyet açısından kullanımı düşündürücü bir inceleme yöntemidir.

Ghandhari ve ark. AIS nedeni ile opere edilen 42 hastanın uzun dönem sonuçlarını incelemişler, VAS skorunun negatif veya pozitif yönden etkisini istatistiksel olarak anlamlı saptamamışlardır. Olgulardan %16 'sında dejeneratif disk hastalığı geliştiğini tespit etmişlerdir. VAS skorunun anlamlı bulunmaması skolyoz nedeni ile opere edilen hastalarda füzyondan veya diğer nedenlerden dolayı sonradan gelişebilen dejeneratif süreçlerle ilişkili olabileceğini düşündürmüştür.⁹¹ Olgularımızın ortalama takip süresi 14 yıl olup VAS skorlarımızın analizlerde füzyon seviyeleri ile anlamlı bir fark saptanmaması, bel ağrılarının füzyon seviyeleri ile ilişkili olmayabileceğini düşündürmektedir.

Tandon. R ve arkadaşları travmaya bağlı instabil kırıklar, spondilolistezis, spinal stenozis ve diğer nedenlere bağlı posterior açık lomber füzyon cerrahisi geçirmiş 30 hasta arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası 6. ay lomber multifidus kasını MRG ile değerlendirdiklerinde; multifidus kasının ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası görüntülemeleri MRG ile kıyaslanmış ve ameliyat sonrası istatistiksel olarak anlamlı kas atrofisi tespit edilmiştir.⁹² Omurga cerrahileri sonrası kas atrofisi oluşabileceği bu ve benzeri çalışmalarla gösterilmiştir. Erken dönem ağrı gelişmese bile uzun dönemde kas atrofileri ve dejeneratif süreçlere bağlı kas atrofileri ve bel ağrısı gelişebilmektedir. Ortalama takip süremiz 14 yıl

olan olgu serimizde 11 hastamızın bel ağrısı olsada bu durum çalışmamızda füzyon seviyesi ile ilişkilendirilememiştir.

Lavelle ve ark. AIS nedeni ile opere ettikleri hastaların uzun dönem takiplerinde füzyon sonlandırma seviyeleri ve VAS skorları arasında ilişki olmadığını göstermişler.⁹³ Biz de AIS nedeni ile posterior enstrümantasyon ve füzyon yapılan hastaların uzun dönem takiplerinde benzer şekilde füzyon sonlandırma seviyeleri ve VAS skoru arasından anlamlı ilişki olmadığını gördük. Bel ağrılarının füzyon sonlanma seviyeleri ile ilişkisi olmadığını yapmış olduğumuz bu çalışmanın sonucu ile düşünmekteyiz.

Shear modül, kas sertliğinin bir indeksi olup, SWE tarafından dokularda oluşturulan dalgaların yayılma hızını gösterir.^{94,95,96} SWE, kas dokusunun biyomekanik özelliklerini değerlendiren bir görüntüleme yöntemidir.^{97,98} İlk olarak SWE meme, tiroid ve karaciğer gibi organların patolojilerinin tanısında, takibinde kullanılsa da, sonradan kas iskelet sisteminin yumuşak dokularının değerlendirilmesinde de kullanılmaya başlanmıştır.^{99,100,101} Kas sertliğinin değerlendirilmesinde SWE ilk olarak 2010 yılında kullanılmaya başlanmıştır.¹⁰² Kliniğimizde de SWE yöntemi ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Botanlıoğlu. H ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada kapalı kama yüksek tibial osteotomi yapılan hastaların patellar tendonlarını sağlam diz patellar tendon ile SWE ile değerlendirmişler. Cerrahi tedavi uygulanan tarafta patellar tendon sağlam tarafa göre daha kalın ve daha sert olduğu görülmüş ve bu durum(patellar tendon kontraktürü) kapalı kama yüksek tibial osteotomi ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.¹⁰³ Zengin G. ve ark. patellofemoral ağrı sendomu mevcut olan hastalarda quadriseps kaslarına yönelik SWE ile yapmış oldukları çalışmada, non-selektif egzersiz modelinin hastaların ağrı skorlarına ve uyluk çevresine olumlu yönde etkili olduğunu görmüşler.¹⁰⁴ Karatekin Y. S. ve ark. aşil tendon tamiri uygulanan hastalarda sağlam taraf ve cerrahi tedavi uygulanan taraf aşil tendonunu SWE değerlendirmişler, tendon tamir sahasında sağlam tendona göre elastisitede azalma olmakta ve bu bölgede daha sert bir tamir dokusu oluşmakta olduğunu görmüşler.¹⁰⁵

Çalışmamızın eksik yönlerinden birisi de hasta grubumuzun preoperatif değerlerinin olmamasıdır. Ayrıca multifidus kasının çap ölçümlerinin de yapılmaması bir eksiklik olup bu konulara yönelik ileri çalışmalarda planlanabilir. Ancak retrospektif tasarlanan bir çalışma olması nedeniyle bu veriler oluşturulamamıştır. Çalışmamız SWE'nin pratik ve non-invaziv bir yöntem olarak omurga cerrahisi öncesi ve sonrası hastaların değerlendirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

8. SONUÇ

Sonuç olarak; lomber multifidus kası omurga stabilizasyonunda önemli bir yapıdır. Çalışmamız AIS (Adolesan İdiopatik Skolyoz) nedeni ile opere edilen hastaların lomber multifidus kasını non-invaziv, radyasyon etkisi olmayan, maliyet açısından ucuz yöntem olan ve daha önce yoğun olarak kullanılmamış bir yöntem olan SWE (Shear Wave Elastografi) ile değerlendirmeyi amaçlamıştır. AIS nedeni ile posterior enstrümantasyon ve füzyon yapılan 19 hastanın lomber multifidus kasının öncelikli olarak füzyon sonlanma seviyelerine göre SWE ile yaptığımız incelemede elde ettiğimiz veriler sonunda;

- ✓ Cerrahiden sonra geçen süre ile VAS ve SWE değerleri arasında, sağ ve sol taraf ölçüm değerleri ve aynı taraf ölçüm değerleri arasında farklılık saptanmamasına rağmen, çalışmamızdaki kısıtlamalar da dikkate alınarak, multifidus kası SWE değerlerinin pozisyona göre değişim göstermemesi literatür dikkate alındığında füzyon seviyesi ile ilişkili olmaksızın kasın cerrahi sonrası etkilenmiş olabileceğini,
- ✓ Füzyon sonlanma seviyesi ile VAS ve SWE değerleri arasında ilişki olmaması ise cerrahi sonrası gelişen ağrının füzyon seviyesi ile ilişkili olmayabileceğini,

bize gösterebilir.

Benzer çalışmaların daha geniş hasta grupları üzerinde yapılması, AIS nedeni ile cerrahi tedavi planlanan hastaların lomber multifidus kasını hem preoperatif hem de postoperatif dönemde SWE ile değerlendirilmesini önermekteyiz. Multifidus kas atrofisinin füzyon seviyeleri düzeyinde ve füzyon dışı seviyelerde olmak üzere değerlendirilmesi için ileri çalışmalara da ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

9. ÖZET

GİRİŞ VE AMAÇ

Adolesan İdiopatik Skolyoz (AİS) cerrahi tedavisi sonrası hastalarda bel ağrısı görülebilmektedir. Lomber multifidus kası omurga stabilizasyonunda önemli bir kastır ve multifidus kas patolojileri bel ağrısından sorumlu tutulmaktadır. Füzyon sonlandırma seviyelerinin lomber bölge fonksiyonlarındaki etkisi bilinmektedir. Çalışmamız AİS nedeni ile posterior enstrümantasyon ve füzyon yapılan hastaların lomber multifidus kasını füzyon sonlandırma seviyelerine göre Shear Wave Elastografi (SWE) ile değerlendirilmesini amaçlamıştır.

HASTALAR VE YÖNTEM

Çalışmamızdaki 19 hastanın %84,2'si (n=16) kadın, %15,8'i (n=3) erkektir. Cerrahi sonrası füzyon seviyeleri hastaların %26,3'ünde (n=5) L2 seviyesinde, %57,9'unda (n=11) L3 ve %15,8'inde ise (n=3) L4 seviyesindedir. SWE ortalama değerleri; prone pozisyonunda $16,61 \pm 4,32$ Kpa, pasif germe pozisyonunda $18,23 \pm 6,28$ Kpa'dır.

BULGULAR

Füzyon sonlanma seviyelerine göre kasın SWE değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0,228$). VAS ağrı skorunda füzyon sonlanma seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p=0,629$). Operasyon tarihlerine göre kasın sertlik değerleri ($p=0,508$) ve VAS ağrı skoru arasında ($p=0,468$) istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Pozisyona göre multifidus kası SWE değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,579$).

SONUÇ

Bu çalışmada; AİS nedeniyle opere edilen hastalarda füzyon sonlandırma seviyesinin multifidus kası üzerine etkisinin olmadığı SWE yöntemi ile saptanmıştır. Aynı zamanda hastalarda ameliyat sonrası gelişen bel ağrısının VAS değerlerinin postoperatif geçen zaman ile ilişkili olmadığı saptanmıştır. Çalışmamızda kısıtlamalara rağmen multifidus kası SWE değerleri pozisyona göre değişim göstermemesi kasın cerrahi sonrası etkilenmiş olabileceğini gösterebilir. AİS cerrahi tedavisi sonrası gelişen bel ağrısının etyolojisinde multifidus kası dışında dejeneratif değişiklikler gibi diğer patolojiler de dikkate alınmalıdır.

10. SUMMARY

INTRODUCTION AND PURPOSE

Low back pain can be seen in adolescent after idiopathic scoliosis surgery (AIS). Lumbar multifidus muscle is an important muscle in spine stabilization and multifidus muscle is responsible for low back pain pathologies. The effect of fusion ending levels on lumbar region functions is known. The aim of this study is to evaluate the lumbar multifidus muscle elasticity function by Shear Wave Elastography (SWE) according to fusion ending levels in patients who operated posterior instrumentation and fusion for AIS.

PATIENTS AND METHODS

Nineteen patients were participated our study, which of them were 16 female and 3 were male. Postoperative fusion levels were L2 in 5 patients, L3 in 11 and L4 in 3 patients. SWE mean values; $16,61 \pm 4,32$ Kpa in prone position and $18,23 \pm 6,28$ Kpa in passive stretching position.

RESULTS

When the SWE values of the muscle were evaluated according to fusion ending levels, no statistically significant difference was found ($p=0,228$). There was no statistically significant difference in VAS pain score comparing with fusion ending levels ($p=0,629$). In addition, statistically significant difference isn't found between muscle stiffness ($p=0,508$) values and VAS pain score ($p=0,468$) according to operation dates. According to the patient's SWE practicing position, SWE values of multifidus muscle weren't statistically significant ($p=579$).

CONCLUSION

In this study; the fusion ending level had no effect on the multifidus muscle was determined by the SWE patients were operated for AIS. At the same time, VAS values after surgery of patients with low back pain was found that not related time of after surgery. Despite the limitations of the study, the SWE values of the multifidus muscle didn't change with position; and also it's indicate that the muscle may be affected after surgery. Apart from multifidus muscle, other pathologies such as degenerative changes should be considered in the etiology of low back pain.

11.KAYNAKLAR

1. Crawford RJ, Gizzi L, Mhuiris ÁN, Falla D. Are regions of the lumbar multifidus differentially activated during walking at varied speed and inclination? *Journal Electromyography Kinesiol.* 2016;30:177-183. doi:10.1016/j.jelekin.2016.07.006
2. Sions JM, Coyle PC, Velasco TO, Elliott JM, Hicks GE. Multifidi Muscle Characteristics and Physical Function Among Older Adults With and Without Chronic Low Back Pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017;98(1):51-57. doi:10.1016/j.apmr.2016.07.027
3. Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The Role of the Lumbar Multifidus in Chronic Low Back Pain: A Review. *PM R.* 2010. doi:10.1016/j.pmrj.2009.11.006
4. Oliveira CB, Maher CG, Pinto RZ, Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview. *Eur Spine J.* 2018;27(11):2791-2803. doi:10.1007/s00586-018-5673-2
5. Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The Epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2010. doi:10.1016/j.berh.2010.10.002
6. Woodham M, Woodham A, Skeate JG, Freeman M. Long-term lumbar multifidus muscle atrophy changes documented with magnetic resonance imaging: a case series. *J Radiol Case Rep.* 2014;8(5):27-34. doi:10.3941/jrcr.v8i5.1401
7. Kjaer P, Bendix T, Sorensen JS, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Med.* 2007. doi:10.1186/1741-7015-5-2
8. Goubert D, Oosterwijck J Van, Meeus M, Danneels L. Structural Changes of Lumbar Muscles in Non-specific Low Back Pain: A Systematic Review. *Pain Physician.*
9. Abbas J, Slon V, May H, Peled N, Hershkovitz I, Hamoud K. Paraspinal muscles density: a marker for degenerative lumbar spinal stenosis? *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17(1):422. doi:10.1186/s12891-016-1282-6

10. Van K, Hides JA, Richardson CA. The use of real-time ultrasound imaging for biofeedback of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(12):920-925. doi:10.2519/jospt.2006.2304
11. Hug F, Hodges PW, Tucker K. Muscle force cannot be directly inferred from muscle activation: illustrated by the proposed imbalance of force between the vastus medialis and vastus lateralis in people with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(5):360-365. doi:10.2519/jospt.2015.5905
12. Stokes IAF, Henry SM, Single RM. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18(1):9-13. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12527241>. Accessed August 5, 2019.
13. Ghamkhar L, Kahlaee AH. Trunk Muscles Activation Pattern During Walking in Subjects With and Without Chronic Low Back Pain: A Systematic Review. *PM R.* 2015. doi:10.1016/j.pmrj.2015.01.013
14. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard J-M. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine.* 2006;73(1):43-50. doi:10.1016/j.jbspin.2004.08.002
15. Crawford RJ, Volken T, Valentin S, Melloh M, Elliott JM. Rate of lumbar paravertebral muscle fat infiltration versus spinal degeneration in asymptomatic populations: an age-aggregated cross-sectional simulation study. *Scoliosis spinal Disord.* 2016;11:21. doi:10.1186/s13013-016-0080-0
16. Park SH, Kim SY, Suh CH, What we need to know when performing and interpreting US elastography. *Clin Mol Hepatol.* 2016. doi:10.3350/cmh.2016.0106
17. Moreau B, Vergari C, Gad H, Sandoz B, Skalli W, Laporte S. Non-invasive assessment of human multifidus muscle stiffness using ultrasound shear wave elastography: A feasibility study. *Proc Inst Mech Eng H.* 2016;230(8):809-814. doi:10.1177/0954411916656022
18. Mueller RF. The Developing Human. *Clinically Oriented Embryology.* *J Med Genet.* 2008;26(9):608-608. doi:10.1136/jmg.26.9.608

19. C. Şar. Lomber Omurganın Anatomisi, Biyomekaniği ve Biyokimyası. Bel Ağrısı Tanı ve Tedavi,. İstanbul: Özcan E. 1. baskı. Nobel Kitabevi.; 2002.
20. Kaplan KM, Spivak JM, Bendo JA. Embryology of the spine and associated congenital abnormalities. *Spine J.* 2005;5(5):564-576. doi:10.1016/j.spinee.2004.10.044
21. ten Donkelaar HJ, ten Donkelaar HJ, Lohman AHM. Overview of the Human Brain and Spinal Cord. *Clin Neuroanat.* 2011;1-59. doi:10.1007/978-3-642-19134-3_1
22. K.L. M. Clinically Oriented Anatomy. In: Clinically Oriented Anatomy. 3rd Editio. Baltimore: Williams & Wilkins; 1992:323-372.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28099705>.
23. Parson SH. Clinically Oriented Anatomy, 6th edn. *J Anat.* 2009. doi:10.1111/j.1469-7580.2009.01136.x
24. Tekdemir İ. Columna vertebralis. http://www.anadoluissagligi.com/img/file_975.pdf.
25. Bone M. Back Pain in Children 2350 Royal Boulevard Midwest Bone & Joint Institute.
26. Vera-Ramirez L, Pérez-Lopez P, Varela-Lopez A, Ramirez-Tortosa M, Battino M, Quiles JL. Curcumin and liver disease. *BioFactors.* 2013;39(1):88-100. doi:10.1002/biof.1057
27. Sullivan MF. Mechanical disorders of the low back. H. F. Farfan, BSc, MD, CM, FRCS (C), Quebec. 260 × 185 mm. Pp. 247 + xi. Illustrated. 1973. London: Henry Kimpton. £7.90. *Br J Surg.* 2007. doi:10.1002/bjs.1800611219
28. Forseen E.S. BMN. Imaging Anatomy of the Human Spine. A Comprehensive Atlas Including Adjacent Structures.; 2016. doi:10.1016/j.sse.2012.03.003
29. Tveten L. Spinal cord vascularity. I. Extraspinal sources of spinal cord arteries in man. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 1976;17(1):1-16.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1266654>. Accessed August 4, 2019.
30. Miyasaka K, Asano T, Ushikoshi S, Hida K, Koyanagi I. Vascular Anatomy of the Spinal Cord and Classification of Spinal Arteriovenous Malformations. *Interv Neuroradiol.* 2017. doi:10.1177/15910199000060s131

31. JE. L. Patient Evaluation. In: Winter RB, Bredford DS, Lonstein JE OJ, ed. MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. 3rd Editio. Philadelphia: W.B Saunders Company; 1995:45-85.
32. Benzel E.C. Omurga Stabilizasyonunun Biyomekaniği, Prensipler ve Klinik Uygulama,. Naderi S, ed. Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilim Vakfı Yayınları. 1998:3-17.
33. Pope MH. Clinical biomechanics of the spine. In: Musculoskeletal Disorders in the Workplace: Principles and Practice. ; 2007:107-112. doi:10.1016/B978-0-323-02622-2.50012-1
34. Bogduk N. Functional anatomy of the spine. Handb Clin Neurol. 2016;136:675-688. doi:10.1016/B978-0-444-53486-6.00032-6
35. Haheer TR MA. Surgical Techniques for the Spine. In: Surgical Techniques for the Spine. New York: Thieme Medical Publisher.; 2003:122-187.
36. Freeman B, Canale ST. Scoliosis and Kyphosis. In: Campbell' Operative Orthopaedics. 10th ed. philadelphia: mosby; 2003:1751-1837.
37. JE. L. Patient Evaluation. In: MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. philadelphia: Saunders Company,; 1995:45-85.
38. JA. H. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. In: Edition 3rd, ed. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. New York: W.B. Saunders Company,; 2011:213-299.
39. Alıcı.E. Omurga Hastalıkları ve Deformiteleri. Omurga Hast ve Deform. 1991:271-384.
40. JP. D. Pediatric Orthopaedics. In: Pediatric Orthopaedics: Core Knowledge in Orthopaedics, 1st Edi. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005:265-278.
41. Altaf F, Gibson A, Dannawi Z, Noordeen H. Adolescent idiopathic scoliosis. BMJ. 2013;346(apr30 1):f2508-f2508. doi:10.1136/bmj.f2508
42. de Araujo FF, Marcon RM, Cristante AF, Filho TEP de B, Letaif OB. Rotation assessment in adolescent idiopathic scoliosis with rod derotation. Acta Ortop Bras. 2019;27(1):42-45. doi:10.1590/1413-785220192701191874

43. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(9):1302-1313.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6654943>. Accessed August 25, 2019.
44. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83(8):1169-1181.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11507125>. Accessed August 25, 2019.
45. Demir U, Tezeren G, Kılınç S, Bulut O, Öztürk H, Öztemur Z. İdiopatik skolyozda hibrid posterior enstrümantasyonun etkinliği ve güvenilirliği. *Cumhur Med J.* 2014;36(3):368. doi:10.7197/cmj.v36i3.5000038449
46. Bridwell KH. Surgical Treatment of Idiopathic Adolescent Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(24):2607. doi:10.1097/00007632-199912150-00008
47. Majd ME, Holt RT, Castro FP. Selection of fusion levels in scoliosis surgery. *J Spinal Disord Tech.* 2003;16(1):71-82. doi:10.1097/00024720-200302000-00012
48. Cochran T, Irstam L, Nachemson A. Long-term anatomic and functional changes in patients with adolescent idiopathic scoliosis treated by Harrington rod fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1983;8(6):576-584. doi:10.1097/00007632-198309000-00003
49. Bartie BJ, Lonstein JE, Winter RB. Long-term follow-up of adolescent idiopathic scoliosis patients who had Harrington instrumentation and fusion to the lower lumbar vertebrae: is low back pain a problem? *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(24):E873-8. doi:10.1097/BRS.0b013e3181aa7d53
50. Sions JM, Velasco TO, Teyhen DS, Hicks GE. Reliability of ultrasound imaging for the assessment of lumbar multifidi thickness in older adults with chronic low back pain. *J Geriatr Phys Ther.* 2015. doi:10.1519/JPT.0000000000000021
51. Gibbon KC, Debuse D, Hibbs A, Caplan N. Reliability and Precision of Sonography of the Lumbar Multifidus and Transversus Abdominis During Dynamic Activities. *J Ultrasound Med.* 2017;36(3):571-581. doi:10.7863/ultra.16.03059
52. N. B. Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum. In: *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum.* London: Churchill Livingstone; 2005.

53. Ploumis A, Michailidis N, Christodoulou P, Kalaitzoglou I, Gouvas G, Beris A. Ipsilateral atrophy of paraspinal and psoas muscle in unilateral back pain patients with monosegmental degenerative disc disease. *Br J Radiol.* 2011. doi:10.1259/bjr/58136533
54. Parkkola R, Rytökoski U, Kormano M. Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(7):830-836. doi:10.1097/00007632-199306000-00004
55. Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther.* 2008. doi:10.1016/j.math.2006.07.017
56. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(23):2763-2769. doi:10.1097/00007632-199612010-00011
57. Mattila M, Hurme M, Alaranta H, The multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. A histochemical and morphometric analysis of intraoperative biopsies. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986;11(7):732-738. doi:10.1097/00007632-198609000-00013
58. Wallwork TL, Stanton WR, Freke M, Hides JA. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Man Ther.* 2009;14(5):496-500. doi:10.1016/j.math.2008.09.006
59. Vander Hulst, M., Vollenbroek-Hutten, M.M., Rietman, J.S., Hermens HJ. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* Lumbar Abdom muscle Act Dur Walk Subj with chronic low back pain Support “guarding” hypothesis. 2010:31-38.
60. Masaki M, Aoyama T, Murakami T, Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2017;49:128-133. doi:10.1016/j.clinbiomech.2017.09.008
61. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1996;11(1):1-15. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11415593>. Accessed August 5, 2019.

62. Goel VK, Kong W, Han JS, Weinstein JN, Gilbertson LG. A combined finite element and optimization investigation of lumbar spine mechanics with and without muscles. *Spine(PhilaPa1976)*.1993;18(11):1531-1541.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8235826>. Accessed August 5, 2019.
63. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1989;230:1-54. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2658468>. Accessed August 4, 2019.
64. MacDonald DA, Lorimer Moseley G, Hodges PW. The lumbar multifidus: Does the evidence support clinical beliefs? *Man Ther*. 2006. doi:10.1016/j.math.2006.02.004
65. Goubert D, De Pauw R, Meeus M, Lumbar muscle structure and function in chronic versus recurrent low back pain: a cross-sectional study. *Spine J*. 2017;17(9):1285-1296. doi:10.1016/j.spinee.2017.04.025
66. Hodges PW, James G, Blomster L, Multifidus Muscle Changes After Back Injury Are Characterized by Structural Remodeling of Muscle, Adipose and Connective Tissue, but Not Muscle Atrophy: Molecular and Morphological Evidence. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(14):1057-1071. doi:10.1097/BRS.0000000000000972
67. Storheim K, Berg L, Hellum C, Fat in the lumbar multifidus muscles - predictive value and change following disc prosthesis surgery and multidisciplinary rehabilitation in patients with chronic low back pain and degenerative disc: 2-year follow-up of a randomized trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):145. doi:10.1186/s12891-017-1505-5
68. Addison O, Marcus RL, Lastayo PC, Ryan AS. Intermuscular fat: a review of the consequences and causes. *IntJEndocrinol*. 2014;2014:309570. doi:10.1155/2014/309570
69. Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. Deep and Superficial Fibers of the Lumbar Multifidus Muscle Are Differentially Active During Voluntary Arm Movements. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002. doi:10.1097/00007632-200201150-00013
70. Shair EF, Ahmad SA, Marhaban MH, Tamrin SBM, Abdullah AR. EMG processing based measures of fatigue assessment during manual lifting. *Biomed Res Int*. 2017. doi:10.1155/2017/3937254

71. van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Rietman JS, Hermens HJ. Lumbar and abdominal muscle activity during walking in subjects with chronic low back pain: Support of the “guarding” hypothesis? *J Electromyogr Kinesiol.* 2010. doi:10.1016/j.jelekin.2009.03.009
72. Danneels LA, Coorevits PL, Cools AM, Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2002;11(1):13-19. doi:10.1007/s005860100314
73. Mattila M, Hurme M, Alaranta H, The multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. A histochemical and morphometric analysis of intraoperative biopsies. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986;11(7):732-738. doi:10.1097/00007632-198609000-00013
74. Rantanen J, Hurme M, Falck B, The lumbar multifidus muscle five years after surgery for a lumbar intervertebral disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(5):568-574. doi:10.1097/00007632-199304000-00008
75. Sihvonen T, Herno A, Paljärvi L, Airaksinen O, Partanen J, Tapaninaho A. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(5):575-581. doi:10.1097/00007632-199304000-00009
76. Russo M, Deckers K, Eldabe S, Muscle Control and Non-specific Chronic Low Back Pain. *Neuromodulation.* 2018;21(1):1-9. doi:10.1111/ner.12738
77. Klauser AS, Miyamoto H, Bellmann-Weiler R, Feuchtner GM, Wick MC, Jaschke WR. Sonoelastography: Musculoskeletal Applications. *Radiology.* 2014;272(3):622-633. doi:10.1148/radiol.14121765
78. Drakonaki EE, Allen GM WD. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. In: *Ultrasound Elastography for Musculoskeletal Applications.* *Br J Radiol;* 2012:1435-1445.
79. Masaki M, Aoyama T, Murakami T, Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2017;49:128-133. doi:10.1016/j.clinbiomech.2017.09.008

80. Masaki M, Ikezoe T, Fukumoto Y, Association of sagittal spinal alignment with thickness and echo intensity of lumbar back muscles in middle-aged and elderly women. *Arch Gerontol Geriatr.* 61(2):197-201. doi:10.1016/j.archger.2015.05.010
81. Sadeghi S, Quinlan K, E Eilertson K, Changes in Shear Modulus of the Lumbar Multifidus Muscle during Different Body Positions. *J Biomech Eng.* April 2019. doi:10.1115/1.4043443
82. Alis D, Durmaz ESM, Alis C, Shear Wave Elastography of the Lumbar Multifidus Muscle in Patients With Unilateral Lumbar Disk Herniation. *J Ultrasound Med.* 2019;38(7):1695-1703. doi:10.1002/jum.14854
83. Masaki M, Ji X, Yamauchi T, Tateuchi H, Ichihashi N. Effects of the trunk position on muscle stiffness that reflects elongation of the lumbar erector spinae and multifidus muscles: an ultrasonic shear wave elastography study. *Eur J Appl Physiol.* 2019. doi:10.1007/s00421-019-04098-6
84. Blain M, Bedretdinova D, Bellin MF, Influence of thoracolumbar fascia stretching on lumbar back muscle stiffness: A supersonic shear wave elastography approach. *Clin Anat.* 2019. doi:10.1002/ca.23266
85. Koppenhaver SL, Scutella D, Sorrell BA, Normative parameters and anthropometric variability of lumbar muscle stiffness using ultrasound shear-wave elastography. *Clin Biomech.* 2019. doi:10.1016/j.clinbiomech.2019.01.010
86. Koppenhaver S, Kniss J, Lilley D, Reliability of ultrasound shear-wave elastography in assessing low back musculature elasticity in asymptomatic individuals. *J Electromyography Kinesiol.* 2018. doi:10.1016/j.jelekin.2018.01.010
87. Murillo C, Falla D, Sanderson A, Rushton A, Heneghan NR. Shear wave elastography investigation of multifidus stiffness in individuals with low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2019. doi:10.1016/j.jelekin.2019.05.004
88. Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De Cuyper HJ, Danneels L. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *Eur Spine J.* 2000. doi:10.1007/s005860000190

89. Lu WW, Hu Y, Luk KDK, Cheung KMC, Leong JCY. Paraspinal muscle activities of patients with scoliosis after spine fusion: An electromyographic study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002. doi:10.1097/00007632-200206010-00009
90. Hyun SJ, Kim YB, Kim YS, et al. Postoperative Changes in Paraspinal Muscle Volume: Comparison between Paramedian Interfascial and Midline Approaches for Lumbar Fusion. *J Korean Med Sci*. 2007. doi:10.3346/jkms.2007.22.4.646
91. Ghandhari H, Ameri E, Nikouei F, Haji Agha Bozorgi M, Majdi S, Salehpour M. Long-term outcome of posterior spinal fusion for the correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis spinal Disord*. 2018;13:14. doi:10.1186/s13013-018-0157-z
92. Tandon R, Kiyawat V, Kumar N. Clinical correlation between muscle damage and Oswestry disability index score after open lumbar surgery: Does open surgery reduce functional ability? *Asian Spine J*. 2018. doi:10.4184/asj.2018.12.3.518
93. Lavelle WF, Beltran AA, Carl AL, Uhl RL, Hesham K, Albanese SA. Fifteen to twenty-five year functional outcomes of twenty-two patients treated with posterior Cotrel-Dubousset type instrumentation: A limited but detailed review of outcomes. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016;11(1). doi:10.1186/s13013-016-0079-6
94. Koo TK, Guo J-Y, Cohen JH, Parker KJ. Relationship between shear elastic modulus and passive muscle force: an ex-vivo study. *J Biomech*. 2013;46(12):2053-2059. doi:10.1016/j.jbiomech.2013.05.016
95. Palmeri ML, Nightingale KR. Acoustic radiation force-based elasticity imaging methods. *Interface Focus*. 2011. doi:10.1098/rsfs.2011.0023
96. Hekimoglu K, Yildirim Donmez F, Arslan S, Ozdemir A, Demir C, Yazici C. The role of shear wave elastography in the diagnosis of chronic autoimmune thyroiditis. *Med Ultrason*. 2015;17(3):322-326. doi:10.11152/mu.2013.2066.173.khu
97. Levinson SF, Shinagawa M, Sato T. Sonoelastic determination of human skeletal muscle elasticity. *J Biomech*. 1995;28(10):1145-1154. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8550633>. Accessed August 5, 2019.

98. Bercoff J, Tanter M, Fink M. Supersonic Shear Imaging : A New Technique. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 2004. doi:10.1109/TUFFFC.2004.1295425
99. Li G, Li D-W, Fang Y-X, Performance of shear wave elastography for differentiation of benign and malignant solid breast masses. *PLoS One*. 2013;8(10):e76322. doi:10.1371/journal.pone.0076322
100. Ferraioli G, Tinelli C, Lissandrin R, Ultrasound point shear wave elastography assessment of liver and spleen stiffness: effect of training on repeatability of measurements. *Eur Radiol*. 2014;24(6):1283-1289. doi:10.1007/s00330-014-3140-y
101. Hug F, Tucker K, Gennisson JL, Tanter M, Nordez A. Elastography for Muscle Biomechanics: Toward the Estimation of Individual Muscle Force. *Exerc Sport Sci Rev*. 2015. doi:10.1249/JES.0000000000000049
102. Shinohara M, Sabra K, Gennisson J-L, Fink M, Tanter M. Real-time visualization of muscle stiffness distribution with ultrasound shear wave imaging during muscle contraction. *Muscle Nerve*. 2010;42(3):438-441. doi:10.1002/mus.21723
103. Botanlioglu H, Kaynak G, Kantarci F, Guven MF, Zengin G, Aydingoz O. Length, thickness, and elasticity of the patellar tendon after closed wedge high tibial osteotomy: a shear wave elastographic study. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2016;24(2):194-197. doi:10.1177/1602400215
104. Botanlioğlu H, Zengin G, Birsel O, The effect of shear-wave elastography on functional results and muscle stiffness in patients undergoing non-selective and selective open kinetic chain exercises. *Turkish J Phys Med Rehabil*. 2019;65(1):40-50. doi:10.5606/tftrd.2019.2534
105. Karatekin YS, Karaismailoglu B, Kaynak G, Does elasticity of Achilles tendon change after suture applications? Evaluation of repair area by acoustic radiation force impulse elastography. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):45. doi:10.1186/s13018-018-0751-z