



T.C.

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ

ANABİLİM DALI

**LOMBER DİSK HERNİLİ HASTALARDA SİYATİK
SİNİRİN US ELASTOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Umut Orkun ÇELEBİ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

KIRIKKALE

2017



T.C.

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ

ANABİLİM DALI

**LOMBER DİSK HERNİLİ HASTALARDA SİYATİK
SİNİRİN US ELASTOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Umut Orkun ÇELEBİ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Veysel BURULDAY

KIRIKKALE

2017

T.C.

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Radyoloji Anabilim Dalı uzmanlık programı çerçevesinde yürütölmüş olan **“Lomber disk hernili hastalarda siyatik sinirin US elastografi ile değeriendirilmesi”** isimli çalışma, aşğıdaki jüri tarafından Dr. Umut Orkun ÇELEBİ’nin UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 18/ 09 /2017

İmza

Yrd. Doç. Dr. Veysel Burulday

Kırıkkale Üniversitesi Tıp Faköltesi

Radyoloji AD.

Jüri Başkanı

İmza

Prof. Dr. M. Yasemin Karadeniz Bilgili

Kırıkkale Üniversitesi Tıp Faköltesi

Radyoloji AD.

Üye

İmza

Prof. Dr. Mehmet Gümüş

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Radyoloji AD.

Üye

ÖNSÖZ

Aklı ve vicdanı hür bir birey olarak yetişmeye olanak sağlayan Cumhuriyetimizi kuran ve değerlerini yükselten Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK ve tüm şehitlere, tıpta uzmanlık öğrenimim süresince bana doktor demenin ne anlama geldiğini öğreten, her zaman desteğini hissettiğim, ömür boyu rol model alacağım, emekli olmasından derin üzüntü duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Birsen ÜNAL DAPHAN'a, tezimin tüm aşamalarında bilimsel ve manevi desteğini benden hiç esirgemeyen, tüm zor anlarımda yanımda olan değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Veysel BURULDAY'a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Hem mesleki hem de kişisel yaşamımda unutamayacağım tecrübeler kazanmamı sağlayan diğer değerli hocalarıma, birlikte uyum içinde çalıştığım asistan arkadaşlarıma ve tüm bölüm çalışanlarına teşekkür ederim. Hayatım boyunca sevgi ve desteklerini benden esirgemeyen, hak, adalet ve vicdan kavramlarını bana öğreten, ömrüm boyunca onlara layık yaşamaya çalışacağım anneme, babama, kardeşlerime, değerli eşim Dr. Nurçin GEVREK ÇELEBİ ve kızım Ela ÇELEBİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Dr.Umut Orkun Çelebi

Ağustos, 2017

ÖZET

LOMBER DİSK HERNİLİ HASTALARDA SİYATİK SİNİRİN US ELASTOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Lomber disk hernisi, disk materyalinin (nükleus pulposus veya anulus fibrozis) intervertebral disk aralığı dışına yer değiştirmesidir. Yaşa ve cinsiyete göre değişim gösteren semptomatik lomber disk hernisi prevalansı %1-3 arasındadır. Lomber disk hernisi tanısında en sensitif ve spesifik görüntüleme yöntemi manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'dir. Ancak MRG pahalı bir yöntem olup ulaşılabilirliği sınırlıdır. Kompresyon sonucunda oluşan doku deformasyonunun ölçümüne dayanan Ultrason elastografi (UE) yeni bir sonografik görüntüleme yöntemidir. Bu çalışmanın amacı B-mod sonografi, strain ve shear wave elastografi (SWE) ile foraminal stenozu olan lomber disk hernili hastalarda siyatik sinir özellikleri, elastisitesinin belirlenmesi ve bu hastalarda elastografinin tanısal değerinin belirlenmesidir.

Bu çalışma yerel etik komitesi tarafından onaylandı ve tüm katılımcıların yazılı onamı alındı. Çalışmaya L4-S1 aralığında, foraminal düzeyde tek seviyede ve tek taraflı lomber disk hernisi olan 40 hasta ve yaşa-cinsiyete göre eşleştirilmiş 40 sağlıklı gönüllü dahil edildi. Lomber disk hernisi tanısı MRG ile konuldu. Foraminal stenoz Wildermuth evrelemesi ile sınıflandırıldı. B-mod sonografi ile siyatik sinir çapı belirlendi. Hem hastaların hem de sağlıklı gönüllülerin siyatik sinirleri strain ve SWE ile gluteal bölgeden değerlendirildi.

İstenen bölgenin gerçek zamanlı strain görüntüleri 256 renk haritalı bir ekranda görüntülendi, elde edilen renk kodları; kırmızı (en yumuşak doku), yeşil (orta sertlikte doku) ve mavi (en sert doku) olarak değişim göstermekteydi. SWE ile siyatik sinir sertliği kilopascal cinsinden (kPa) kantitatif olarak değerlendirildi. SWE görüntülerinin Receiver operating characteristic (ROC) eğrileri analiz edilerek SWE'nin tanısal performansı MRG yöntemiyle karşılaştırılarak değerlendirildi.

Yaş ortalaması hastalarda 43.1 ± 12.7 yıl, kontrol grubunda 42.9 ± 10.7 yılı. Hastaların %50'si kadın, kontrollerin %45'i kadındı. Wildermuth evrelemesine göre hastaların %30'u evre 1, %42.5'i evre 2, %27.5'i evre 3'tü. Hasta ve kontrollerin sağ siyatik sinir çapı (5.8 & 5.9 mm, $p=0.494$) ve sol siyatik sinir çapları (5.9 & 5.8 mm, $p=0.714$) benzerdi. Hastaların etkilenen taraf siyatik sinir çapı ile etkilenmeyen taraf siyatik sinir çapı benzerdi (5.8 vs 6.0 mm, $p = 0.261$). SWE yöntemiyle değerlendirildiğinde, etkilenen taraf siyatik sinir elastisitesi Wildermuth evrelerine göre farklılık göstermiyordu ($p=0.225$).

Strain elastografide, siyatik sinir hastaların %80'inde mavi veya mavi-yeşil olarak kodlandı. Bu oran kontrol grubunda %7.5'ti. SWE ölçümleri etkilenen tarafta kontrollere kıyasla hem aksiyel ($p<0.001$) hem de longitudinal ($p<0.001$) düzlemde daha yüksekti.

SWE sonuçlarının ROC analizlerinde, lomber disk hernisi tanısında en iyi sensitivite ve spesifiteyi veren optimal eşik değer aksiyel kesitlerde 9.5 kPa'ydı (AUC 0.909; 95 % CI 0.847, 0.971). Bu değer sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri sırasıyla %75, %98, %96, %79'du. Longitudinal planda, optimal eşik değer 10.5 kPa'ydı (AUC 0.922; 95 % CI 0.859, 0.985). Bu değer sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri sırasıyla %90, %90, %89, %87'yd.

Siyatik sinir sertliği SWE analizinde, lomber disk hernisi hastalarında kontrollere kıyasla daha yüksekti. Tekrarlanabilirliği yüksek olan shear wave ve strain elastografi diğer görüntüleme yöntemleriyle birlikte, lomber disk hernisi tanısında önemli bir tanısal potansiyele sahiptir.

Anahtar kelimeler: Lomber Disk Hernisi, Foraminal Stenoz, Siyatik Sinir, Strain elastografi, Shear Wave elastografi

ABSTRACT

EVALUATION OF SCIATIC NERVE BY US ELASTOGRAPHY IN LOMBER DISC HERNIATED PATIENTS

Herniated lumbar disc is a displacement of disc material composed of nucleus pulposus or annulus fibrosis, beyond the intervertebral disc space. The prevalence of symptomatic herniated lumbar disc is about 1-3%, depending on age and sex. The most sensitive and specific imaging method for the diagnosis of lumbar disc herniation is magnetic resonance imaging (MRI). However, MRI is expensive and not easily accessible. Sonoelastography is a new sonographic imaging technique which primarily relies on measurement of the level of tissue deformation due to compression. In the present study, patients with foraminal stenosis due to lumbar disc herniation were evaluated to analyze elasticity features of the sciatic nerve with B-mode sonography, strain and shear wave elastography (SWE) and as a result, diagnostic utility of elastography was evaluated among these patients.

This study was approved by the institutional review board and written informed consent was obtained from all study participants. 40 patients with lumbar disc herniation and 40 healthy volunteers matched by age and sex were included in the study. Lumbar disc herniation diagnosed with MRI. Foraminal stenosis was categorized by Wildermuth staging. The diameter of sciatic nerve were obtained by performing B-mode sonography. The sciatic nerves of both patients and controls were evaluated with strain and SWE in gluteal region.

Real-time strain images were displayed through 256-color mapping according to the degree of displacement for all pixels within the region of interest, with a scale from red (greatest strain), to green (average strain), to blue (no strain, hardest component). Quantitative measurement of sciatic nerve stiffness with SWE was analyzed in kilopascals (kPa).

Receiver operating characteristic (ROC) curves for shear-wave elastography images were analyzed to evaluate diagnostic performance and to compare the performances of MRI.

The mean age of the patients was 43.1 ± 12.7 years and 42.9 ± 10.7 years in controls. 50% of the patients were female, 45% of the controls were female. According to Wildermuth staging, 30% of the patients were grade 1, 42.5% were grade 2 and 27.5% were grade 3. The right sciatic nerve diameter (5.8 vs 5.9 mm, $p = 0.494$) or left sciatic nerve diameter (5.9 vs 5.8 mm, $p = 0.714$) was similar in both patients and controls. The sciatic nerve diameter of affected side was similar to unaffected side (5.8 vs 6.0 mm, $p = 0.261$) in patients. The sciatic nerve elasticity of affected side in SWE was similar according to the wildermuth staging ($p = 0.225$).

In strain elastography, the sciatic nerve was blue or blue-green color codes in 80% of patients, this rate was 7.5% in controls. The SWE measurements were significantly higher in the affected side compare to control group in both axial ($p < 0.001$) and longitudinal plane ($p < 0.001$).

On ROC analysis, optimal cut-off value, yielding the maximal sum of sensitivity and specificity, in SWE for determining the diagnosis of lumbar disc herniation was 9.5 kPa (AUC 0.909; 95 % CI 0.847, 0.971) in axial plane, and its sensitivity, specificity, positive and negative predictive values were 75 %, 98 %, 96 % and 79 %, respectively. The optimal cut off point was 10.5 kPa in longitudinal plane (AUC 0.922; 95 % CI 0.859, 0.985) and the sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of shear-wave elastography were 90 %, 90 %, 89 % and 87 % respectively.

The sciatic nerve stiffness is notably high at SWE in patients with lumbar disc herniation compare to controls. Shear wave and strain elastography, with its high reproducibility, could become a useful tool in the diagnosis of lumbar disc herniation in conjunction with other imaging investigations.

Key words: Lumbar Disc Herniation, Foraminal Stenosis, Sciatic Nerve, Strain elastography, Shear Wave elastography

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar ve ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. LOMBER BÖLGE ANATOMİSİ	3
2.1.1. Kemik yapılar.....	3
2.1.2. Omurga eklem ve bağları	4
2.1.3. Omurga kasları	6
2.1.4. Omurganın kanlanması	7
2.1.5. Omurganın innervasyonu	9
2.1.6. Lumbosakral pleksus.....	10
2.1.6.1. Siyatik sinir	11
2.2. LOMBER DİSK HERNİASYONU	14
2.2.1. Epidemiyoloji.....	14
2.2.2. Patofizyoloji	15
2.2.3. Klinik tablo	17
2.2.4. Görüntüleme yöntemleri	19
2.2.4.1. Konvansiyonel radyografi.....	21
2.2.4.2. Miyelografi	21
2.2.4.3. BT	21
2.2.4.4. BT myelografi.....	22
2.2.4.5. MR görüntüleme	22
2.2.4.5.1. Lomber disk herniasyonlarının radyolojik sınıflandırması	23
2.2.5. Foraminal stenoz, görüntüleme ve sınıflandırması	27
2.2.5.1. Wildermuth evrelemesi	27
2.2.5.2. Lee evrelemesi	29

2.2.6. Tedavi	29
2.2.6.1. Konservatif tedavi	29
2.2.6.2. Cerrahi tedavi	30
2.2.7. Prognoz	31
2.3. ULTRASON ELASTOGRAFİ	32
2.3.1. Ultrason elastografi prensipleri	32
2.3.2. Ultrason elastografi teknikleri	34
2.3.2.1. Strain Ultrason Elastografi	35
2.3.2.2. Acoustic radiation force impulse	36
2.3.2.3. Shear wave Ultrason Elastografi	36
2.3.2.4. Transient Ultrason Elastografi	37
2.3.3. Ultrason elastografi klinik kullanım alanları	37
3. GEREÇ ve YÖNTEM	40
3.1. Etik kurul izni	40
3.2. Çalışmanın özellikleri	40
3.3. Çalışmanın amacı	41
3.4. Çalışmanın hipotezi	41
3.5. Çalışmaya dahil edilme kriterleri	41
3.6. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri	41
3.7. Lomber disk hernisi ve foraminal stenoz tanısı	42
3.8. Siyatik sinirin Ultrason elastografi ile değerlendirmesi	44
3.8.1. Siyatik sinirin Ultrason elastografi ile değerlendirmesinin olgu örnekleri	48
3.9. İstatistiksel analiz	51
4. BULGULAR	52
5. TARTIŞMA	64
6. SONUÇ	70
7. KAYNAKLAR	71
8. EKLER	83
8.1. Etik kurul onay formu	83
8.2. Hasta ve sağlıklı gönüllülerin B-mod, strain ve shear wave US verileri	86

TABLÖLAR ve ŞEKİLLER DİZİNİ

Tablo 1. Lomber disk hernisi semptom ve bulguları	18
Tablo 2. Fizik muayene bulguları ve tanı üzerindeki etkileri	19
Tablo 3. Lomber disk hernisi tanısında kullanılan görüntüleme yöntemleri ve özellikleri ...	20
Tablo 4: Strain elastografide siyatik sinir renk kodlaması dağılımı	46
Tablo 5. Hasta ve kontrollerin sosyo-demografik özellikleri.....	52
Tablo 6. Hasta ve kontrollerin siyatik sinir çapları ve karşılaştırılması.....	54
Tablo 7. Hasta ve kontrollerin strain elastografi sonuçlarının dağılımı	55
Tablo 8. Hasta ve kontrollerin siyatik sinir elastisitesi ve karşılaştırılması	56
Tablo 9. Aksiyel ve longitudinal yönde değerlendirilen elastisitelerin korelasyonu	58
Tablo 10. Wildermuth evresine göre siyatik sinir çapı ve elastisitesinin dağılımı	59
Tablo 11. Hastaların yaşı ile siyatik sinir çapı ve elastisitesi arasındaki ilişki	60
Tablo 12. Cinsiyetler arasında siyatik sinir çapı ve elastisitenin dağılımı	61
Tablo 13. Aksiyel ve longitudinal eşik değerler ve tanısallık değeri	62
Şekil 1. Vertebral bağlar ve faset eklem şematik çizimi	5
Şekil 2. Lomber kas yapılarının şematik çizimi.....	6
Şekil 3. Vertebra ve spinal kanalın vaskülarizasyonun şematik çizimi	8
Şekil 4. Vertebra ve intervertebral diskin innervasyonun şematik çizimi.....	9
Şekil 5. Siyatik sinir orijini	11
Şekil 6. Gluteal düzeyde siyatik sinirin seyri ve komşulukları	12
Şekil 7. Siyatik sinir ve dalları.....	13
Şekil 8. İntervertebral disk anatomisi	16
Şekil 9. Jensen sınıflaması	24
Şekil 10. CTF evrelemesi.....	25
Şekil 11. MSU evrelemesi	26
Şekil 12. Wildermuth evrelemesi.....	28
Şekil 13. Disk hernisi sınıflandırması.....	42
Şekil 14. Siyatik sinirin B- mod US incelemesi.....	44
Şekil 15. Siyatik sinirin B-mod ve süperpoze SWE incelemesi	45
Şekil 16. Siyatik sinirin B-mod ve süperpoze SWE incelemesi	47
Şekil 17. Sağlıklı gönüllüde siyatik sinirin UE incelemesi.....	48

Şekil 18. Foraminal stenozu olan hastada siyatik sinirin UE incelemesi.....	49
Şekil 19. Foraminal stenozu olan diğer bir hastada siyatik sinirin UE incelemesi	50
Şekil 20. Hastaların etkilenen siyatik sinir tarafları	53
Şekil 21. Hastaların Wildermuth sınıflamasına göre dağılımı	53
Şekil 22. Hastalar ve kontrollerin siyatik sinir elastisiteleri	57
Şekil 23. Aksiyel SWE sonuçlarının ROC analizi	63
Şekil 24. Longitudinal SWE sonuçlarının ROC analizi.....	63



KISALTMALAR

SWE	:	Shear wave elastografi
DSÖ	:	Dünya Sağlık Örgütü
MRG	:	Manyetik Rezonans Görüntüleme
ALL	:	Anterior longitudinal ligaman
PLL	:	Posterior longitudinal ligaman
VVS	:	Vertebral venöz sistem
MMP	:	Matriks metalloproteinazları
ADAMS	:	A disintegrin and metalloproteinase
IL	:	İnterlökin
BT	:	Bilgisayarlı Tomografi
CTF	:	Combined Task Force
NSAİD	:	Non-steroidal anti-inflammatory drug
US	:	Ultrasonografi
UE	:	Ultrason Elastografi
ARFI	:	Acoustic radiation force impulse
kPa	:	Kilopascal

1. GİRİŞ

Lomber disk hernisi toplumda sıklığı %2-3'e kadar ulaşan önemli bir sağlık sorunudur (1). Görüntüleme yöntemleri içerisinde, lomber disk hernisi tanısında en sensitif ve spesifik yöntem manyetik rezonans görüntüleme (MRG)' dir (2). Ancak pahalı olması, ulaşılabilirliğinin sınırlı olması ve hızlı uygulanamaması sınırlılıkları içerisinde. Diğer taraftan hastaların bir kısmında yabancı cisim varlığı, kapalı alan korkusu veya obezite gibi komorbiditeler nedeniyle MRG yapılamamaktadır (3). Bu nedenle lomber disk hernisi yeni görüntüleme alanlarının incelenmesi gereken bir hastalık tablosu olarak değerlendirilmelidir.

Ultrason elastografi (UE) dokunun görüntülenmesinin yanında aynı zamanda doku elastisitesi veya sertliği gibi mekanik özellikleri hakkında da bilgi sağlayan, sıklıkla konvansiyonel sonografi ile birlikte gerçekleştirilen yeni bir görüntüleme yöntemidir (4). Yaklaşık 20 yıl önce geliştirilmeye başlayan elastografi yönteminde, istenilen bölgeye uygulanan eksternal bir kuvvetin sonucunda oluşan mekanik dalgaların yayılma özellikleriyle doku sertliğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Zaman içerisinde kullanılan sonografik cihazların geliştirilmesiyle birlikte, çeşitli elastografi yöntemleri tanımlanmıştır.

Sık kullanılan elastografi yöntemleri içerisinde yarı statik elastografi, strain elastografi, vibroakustografi, transient elastografi ve shear wave teknikleri yer almaktadır (5). Bu yöntemlerin bir kısmında doku sertliği kalitatif olarak ifade edilirken, shear wave gibi sonoelastografik yöntemlerde kantitatif olarak ifade edilebilmektedir.

Günümüze kadar çeşitli organ ve patolojileri UE ile başarıyla değerlendirilebilmiştir. Bu değerlendirmelerin çoğunda malign özellikteki patolojilerin benign olanlardan ayrılması amaçlanmıştır. Elastografi yöntemlerinin kullanım alanları içerisinde sıklıkla meme (6), karaciğer (7), tiroid (8), lenf nodları (9) ve prostat bezi (10) yer almaktadır.

Kas-iskelet ve sinir sisteminde ise şimdiye kadar oldukça sınırlı sayıda çalışmaya konu olmuştur (11,12). Ancak öncü çalışmalar ışığında periferik sinirlerin doku sertliklerinin, inflamatuvar ve kompresyon gibi etyolojilere bağlı olarak değişebileceği düşünülmüştür. Bu amaçla karpal tünel içerisinde tuzaklanan median sinir (13), diyabetik polinöropatide etkilenen tibial sinir (14) ve optik nöritte etkilenen optik sinir (15) elastografik yöntemlerle incelenmiş olup elastografinin hastaları kontrollerden yüksek sensitivite ve spesifitede ayırabileceği gösterilmiştir. Ancak siyatik sinirin sonoelastografik olarak incelenmesini konu alan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar ise sağlıklı bireylerde siyatik sinirin sonoelastografik olarak görüntülenmesini ele almaktadır (16,17).

Çalışmamızda bu nedenle, literatürde bulunmayan lomber disk hernisine bağlı foraminal stenoz varlığında siyatik sinirin elastisite paterni ve özelliklerinin B-mod sonografi, strain ve shear wave elastografi ile değerlendirilmesi, lomber disk hernisi tanısındaki sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerinin belirlenmesi, foraminal stenoz derecesi ile elastisite özellikleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. LOMBER BÖLGE ANATOMİSİ

Lomber omurga hareketli 5 vertebradan oluşmaktadır (L1-5). Lomber omurga oldukça güçlü bir yapıya sahip olup içerisindeki spinal kord ve spinal sinir köklerini korumaktadır. Aynı zamanda fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon gibi farklı planlarda mobilitayı sağlamaktadır. Lomber vertebraların başlıca üç kısmı bulunmaktadır (18):

- 1- Yüğü taşıyan vertebra korpusu
- 2- Nöral elemanları koruyan vertebral ark
- 3- Kemik süreçler (spinöz ve transvers)

2.1.1. Kemik yapılar

Lomber omurga, kostalar ile eklem yüzeyleri olmaması sayesinde torasik omurgadan ayrılmaktadır. Vertebra korpus genişlikleri L1'den L5'e doğru artış göstermektedir. Vertebralar arasında intervertebral diskler bulunmaktadır. Her bir vertebral ark 2 pedikül, 2 lamina ve 7 farklı (1 spinöz, 4 artiküler, 2 transvers) kemik sürecinden oluşmakta olup faset eklem ve ligamanlar ile birbirine bağlıdır. Her bir lomber vertebranın altında bir çift intervertebral foramen bulunmaktadır ve lomber vertebra ile aynı şekilde numaralandırılmaktadır. Her foramen, pediküllerle süperior - inferior, intervertebral disk ve vertebra korpusu ile anterior, faset eklemler ile posterior sınırlanmıştır. Foramenlerden spinal sinir kökleri, rekürren meningeal sinirler, radiküler kan damarları geçmektedir (19).

Süperior artiküler süreçler, pedikül - laminaların birleşim yerinden kranial, inferior artiküler süreçler ise kaudal yönde uzanım gösterir. Süperior ve inferior artiküler süreçler arasından laterale doğru, her iki transvers süreç uzanmaktadır.

Faset veya zigapofizyal eklemler kranialdeki vertebranın inferior artiküler süreci ile kaudaldeki vertebranın süperior artiküler süreci arasında plana tipinde, sinovyal, kapsüllü, diartrodial eklemlerdir. Faset eklemler yatay düzleme göre sagittal planda yerleşim gösterirler (19).

2.1.2. Omurga eklem ve bağları

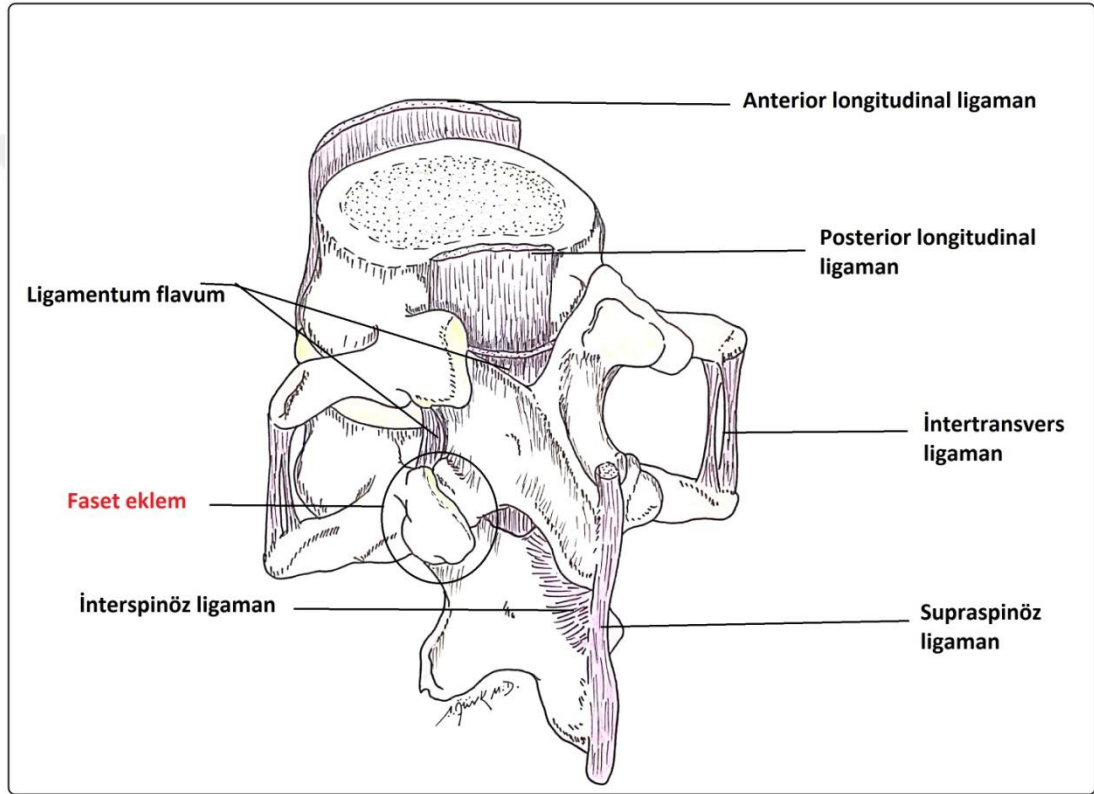
Çoğu vertebra gövdesi, süperior ve inferior kısımlarında intervertebral diskler ile eklem yaparak sekonder kartilaj eklemleri veya simfizisleri oluşturur. Ancak, atlas ve axis arasında intervertebral disk yoktur. Sakral ve koksigeal intervertebral diskler ise yetişkin döneme doğru ossifiye olmaktadır. İntervertebral diskler, şok abzorbanı şeklinde görev yapmakta olup aynı zamanda omurga esnekliğini arttırmaktadır (20). İntervertebral diskler, yük aktarımından ve omurga hareketlerinden kaynaklanan gerilme kuvvetlerine karşı koymaktadır. Torasik intervertebral diskler, şekil olarak uniformken, servikal ve lomber intervertebral diskler kama şeklindedir ve vertebral kolonun açılarına katkıda bulunur. Her bir intervertebral diski, dışta fibrokartilaj halka (anulus fibrozus) , içte jelatin çekirdek (nükleus pulposus) oluşturmaktadır. Çoğunluğu kollajen liflerden oluşan anulus fibrozus, konsantrik tabaka ve lamellalara sahiptir. Lamellalar kompresyon sırasında nükleus pulposusun genişlemesine karşı direnmektedir. Nükleus pulposus; su, proteoglikan ve kollajen liflerinden oluşmaktadır (21).

Vertebra ve intervertebral diskler, güçlü spinal ligamanlar tarafından stabilize edilir. Anterior longitudinal ligaman (ALL), vertebra korpusları ve intervertebral disklerin anteriorunda yerleşimli olup sakrumdan oksiputa kadar uzanır. Omurganın hiperekstansiyonunu ve nükleus pulposusun anterior herniasyonunu önler. Özellikle servikal bölgede whiplash (hiperekstansiyon) yaralanmalarından etkilenebilir.

Posterior longitudinal ligaman (PLL), anterior longitudinal ligamana kıyasla daha incedir. Vertebral kanal içerisinde, vertebra korpusu ve intervertebral disklerin posteriorunda uzanır. Bu ligaman, vertebral kolonun hiperfleksiyonunu ve nükleus pulposusun posterior herniasyonunu önler. Posterior longitudinal ligamanın güçlü yapısı nedeniyle nükleus pulposus posterolaterale herniye olma eğilimindedir (18).

Anterior ve posterior longitudinal ligamanlar, omurga boyunca devam ederken ligamentum flavum komşu vertebraların laminaları arasındadır. Bu ligaman, oldukça elastik yapıda olup vertebral kanalın posterior duvarını destekleyerek spinal kordun korunmasına yardım eder.

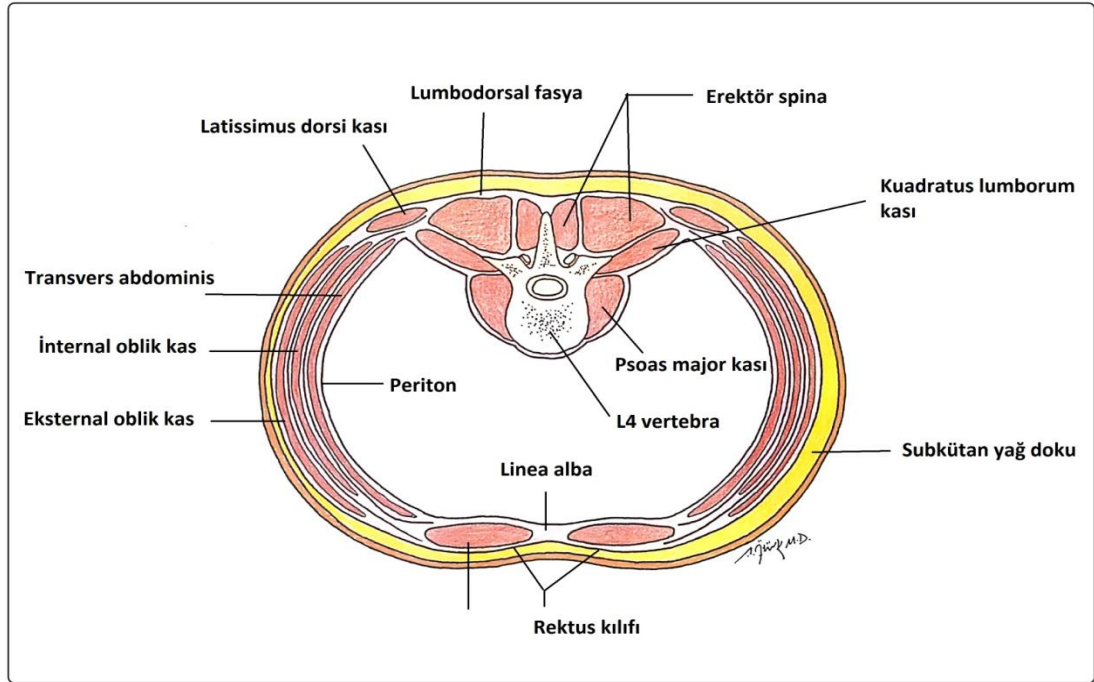
Lig. flavum fleksiyon sırasında laminaların ayrılmasını önler ve fleksiyon pozisyonundan ekstansiyona gelmeyi kolaylaştırır. Bununla birlikte, vertebraların stabilizasyonuna intertransvers ve interspinöz ligamanlar da yardım eder. Yüzeyel yerleşimli olan supraspinöz ligaman, spinöz proçesleri birbirine bağlar. İntertransvers, interspinöz ve supraspinöz ligamanlar vertebral kolonun aşırı ekstansiyon ve lateral fleksiyonunu önler (18).



Şekil 1. Vertebral bağlar ve faset eklemin şematik çizimi (Dr. Ahmet ÖZTÜRK’ün izniyle)

2.1.3. Omurga kasları

Ligamanların yanında spinal kaslar da vertebral kolonun hareketinden ve stabilizasyonundan sorumludur. Vertebra korpuslarının anterioru ve lateralinde yerleşimli olanlar fleksör görevi üstlenmektedir. Anterior fleksörler; longus capitis, longus colli, psoas major ve rectus abdominis. Lateral fleksörler; quadratus lumborum, transversus abdominis ve abdominal oblik kaslarıdır. Omurganın fleksör ve lateral fleksör kasları spinal sinirlerin ventral ramusları ile inerve edilir. Vertebra korpuslarının posteriorunda yerleşimli olan kaslar ekstansör görevi üstlenmektedir. Bunlar; yüzeysel yerleşimli (Erektör spina) olan iliokostalis, longissimus, spinalis kasları ve derin yerleşimli (Transvers spina) olan transversospinalis, multifidi, rotatores, interspinales, intertransversali kaslarıdır. Ektansör kaslar spinal sinirlerin dorsal ramusları ile inerve edilir (22).



Şekil 2. Lomber kas yapılarının şematik çizimi (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

2.1.4. Omurganın kanlanması

Vertebranın kanlanması, aorttan çıkan dallar ve vertebra gövdesinin komşuluğundan geçen vasküler yapılarla olmaktadır. Bu vasküler yapılar aynı zamanda üst ve alt arteriyel yapılarla da bağlantılıdır. Her vertebranın arteriyel beslenmesi, bir segmenter arter veya bunun bölgesel eşdeğerinden anterior santral, posterior santral, prelaminar ve postlaminar dallardan oluşan vasküler sistemden sağlanmaktadır (23).

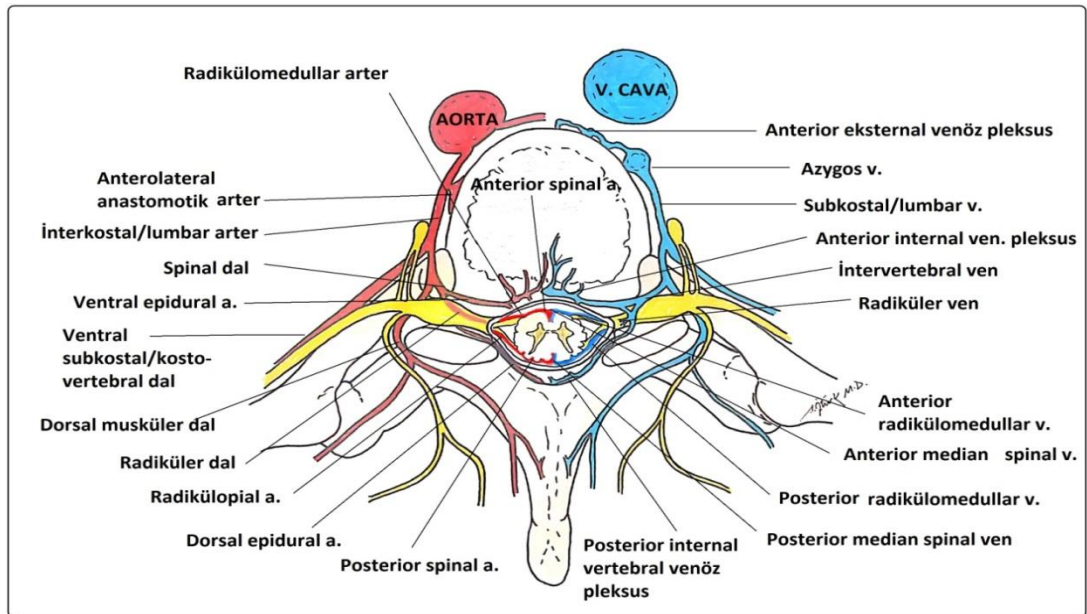
Anterior santral ve postlaminar dallar, ekstravertebral kökenlidir. Bunlar intervertebral foramenden girerek nöral, meningeal ve epidural dokuları beslemektedir. Posterior santral ve prelaminar arterler ise iki taraflı olarak vertebra korpusu ve arkuslarını beslemektedir. T2-L5 arasında tipik olarak her segmenter arter, aortanın arka yüzünden çıkarak vertebra korpusu etrafında dorsolateral olarak ilerler ve transvers süreçlere yaklaşınca lateral ve dorsal (interkostal veya lomber) dallara ayrılır. Dorsal dal intervertebral foramenin lateraline doğru gider. Artiküler ve transvers çıkıntılar arasından posteriora doğru ilerleyerek spinal kaslara ulaşır. Segmenter arter, vertebra korpusunun anterolateral yüzeyi ile temasta iken korpusu iki veya daha fazla yerinden delerek vertebral spongiosaya uzanır ve aynı zamanda anterior longitudinal ligamana dallar verir. Segmenter arterin dorsal dalı, intervertebral foramenin lateralinden geçerken kemik ve kanal içi temel beslenmeyi sağlayan spinal dalı verir. Bu damar foramene girince posterior santral, prelaminar ve intermedian nöral dallara ayrılır (24).

Posterior santral dal, diskin dorsolateral yüzü üstünden geçerek iki komşu korpusa giden kaudal ve kranial dallara ayrılır. Bu dallar durayı ve posterior longitudinal ligamanı besler. Spinal arterin prelaminar dalı, vertebra kavsinin iç yüzünü takip edip temelde lamina ve ligamentum flavuma giden beş perforan dal verirken bölgesel epidural ve dorsal dokuları da besler. Vertebral sistemin en büyük arteri üst lomber segmenter arterlerden biri olan A.radikularis magnus'tur (25).

Vertebral venöz sistem (VVS) büyük, kapakçksız, paralel damarlardan oluşan bir ağdır. İnterosseöz, epidural ve paravertebral venöz yapılardan oluşur. Omurga boyunca sakrumdan foramen magnuma kadar uzanıp baziller venöz pleksus ve suboksipital venöz sisteme bağlanır. VVS üç bölümde incelenir:

1. İnternal vertebral venöz sistem; anterior internal venöz pleksus ve posterior internal venöz pleksustan oluşan epidural venöz pleksus, radiküler venöz yapılar, vertebranın pedikül ve posterior elemanlarının venöz damarları
2. Bazivertebral damarlar; yatay bir şekilde vertebranın anterior ve posterior venöz sistemleri arasında bulunan valfsiz venöz damarlar
3. Vertebranın dış yapıları ile ilişkili anterior ve posterior eksternal venöz damarlar (26)

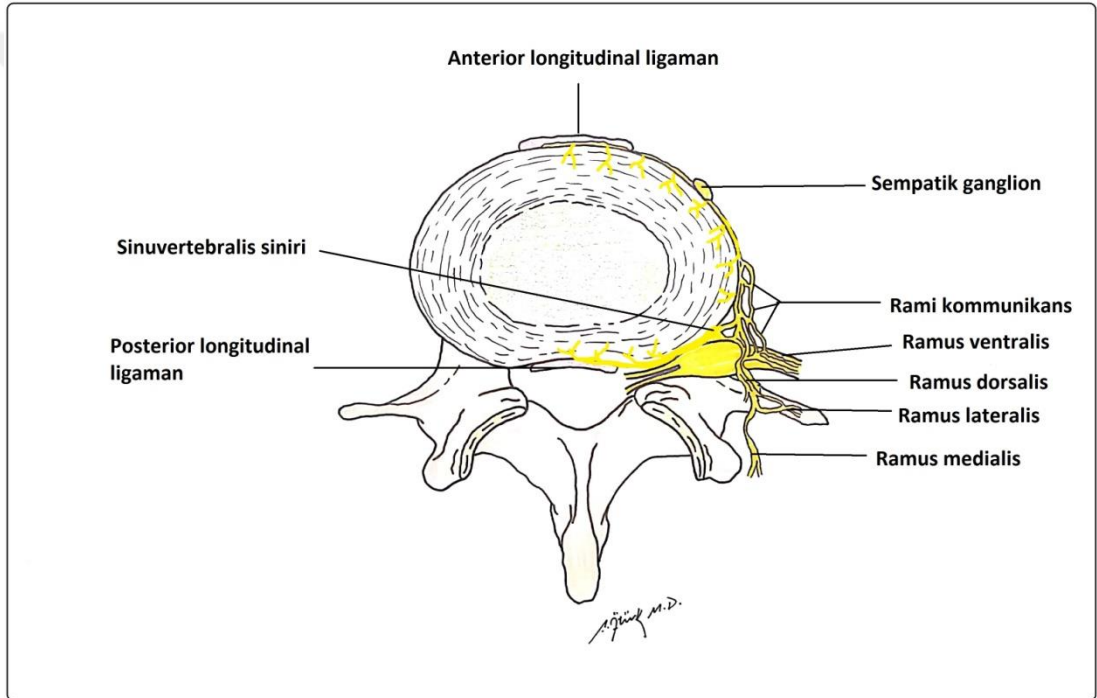
Trabekülerin içindeki venöz bağlantılar posterior venöz sistem aracılığı ile ana venöz yapılara bağlanmaktadır. Paravertebral venöz yapılar, vertikal - horizontal bağlantılarla posterior ve anterior santral venöz elemanlarla bağlantılıdır. Santral venöz yapılar santral kanallar acılığıyla azygos ve vena kavaya ulaşmaktadır (27).



Şekil 3. Vertebra ve spinal kanalın vaskülarizasyonunun şematik çizimi (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

2.1.5. Omurganın innervasyonu

Eklemler, diskler, periost, meninksler, spinal kanal ve vasküler dokuların innervasyonu dorsal root ganglionun hemen distalinden çıkıp intervertebral foramenden geri dönen, spinal sinirin rekürrent dalı olan, motor ve duyu dalları bulunan sinuvertebral (Luschka'nın rekürren siniri) sinir tarafından sağlanır. Bu sinirin posterior longitudinal ligaman boyunca seyreden dalı, intervertebral diskleri, dura ve epidural damarları innerve eder (28).



Şekil 4. Vertebra ve intervertebral diskin innervasyonun şematik çizimi (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

2.1.6. Lumbosakral pleksus

Alt ekstremitelerin duysal ve motor inervasyonunu L1-S3 spinal köklerden köken alan lumbosakral pleksus sağlamaktadır. 4. lomber sinirin ventral ramusu lomber pleksusu sakral pleksusa bağlamaktadır. Lomber pleksus 1. ve 4. lomber sinirlerin ventral ramuslarını içermektedir. Lomber pleksusa T12 kökü de katılabilmektedir. Lomber pleksusu oluşturan periferik sinirler aşağıda listelenmiştir (29):

- İlioinguinal sinir (L1)
- Genito-femoral sinir (L1-2)
- Femoral sinir (L2-4)
- Lateral kütanöz sinir (L2-3)
- Obturator sinir (L3-4)

Sakral pleksus veya pleksus sakralis, uyluk posterioru, alt ekstremitenin çoğu, tüm ayak ve pelvisin bir kısmının motor - duyu sinirlerini sağlayan sinir pleksusudur. L4, L5, S1, S2, S3 ve S4 spinal sinirlerinin anterior ramuslarından oluşmaktadır. Anterior ramus, ön ve arka dallara ayrılmaktadır. Ön dal alt ekstremit inferiorunun fleksör kaslarını inerve ederken, arka dal ekstansör ve abduktör kasları inerve etmektedir (30,31). Sakral pleksusu oluşturan sinirler büyük siyatik foramenin alt kısmına doğru birleşir ve siyatik sinir olarak devam eder. Siyatik sinir ise uyluk içerisinde tibial ve ortak peroneal sinir olarak ayrılır. Bu iki sinir bazı varyantlarda pleksustan ayrı ayrı çıkmaktadır

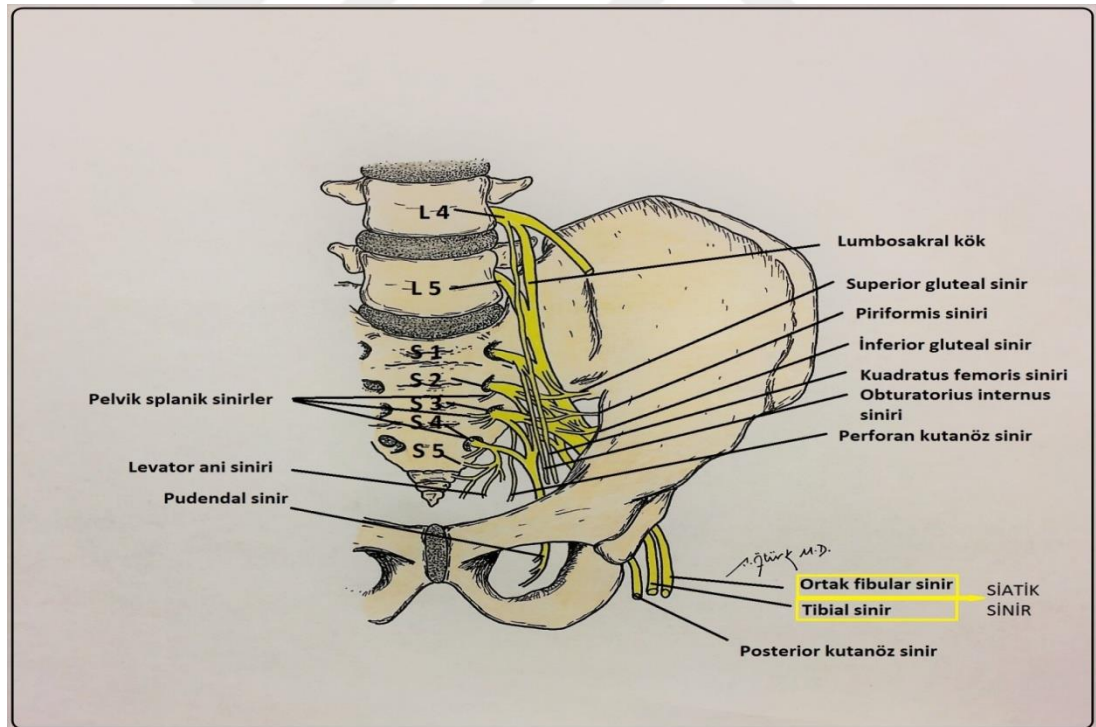
Sakral pleksus, piriformis kası ve pelvik fasya arasında, pelvisin arkasında yer almaktadır. Önünde internal iliak arter ve ven yer almaktadır. Sakral pleksustan çıkan sinirler aşağıda listelenmiştir (31):

- Kuadratus femoris ve gemellus inferior kaslarına giden sinirler: (L4-S1)
- Obturator internus ve gemellus süperior kaslarına giden sinirler: (L5-S2)
- Piriformis kasına giden sinir: (S1-S2)
- Süperior gluteal sinir: (L4-S1)
- İnferior gluteal sinir: (L5-S2)

- Posterior femoral kütanöz sinir: (S1-S3)
- Tibial sinir: (L4-S3)
- Ortak peroneal sinir: (L4-S2)

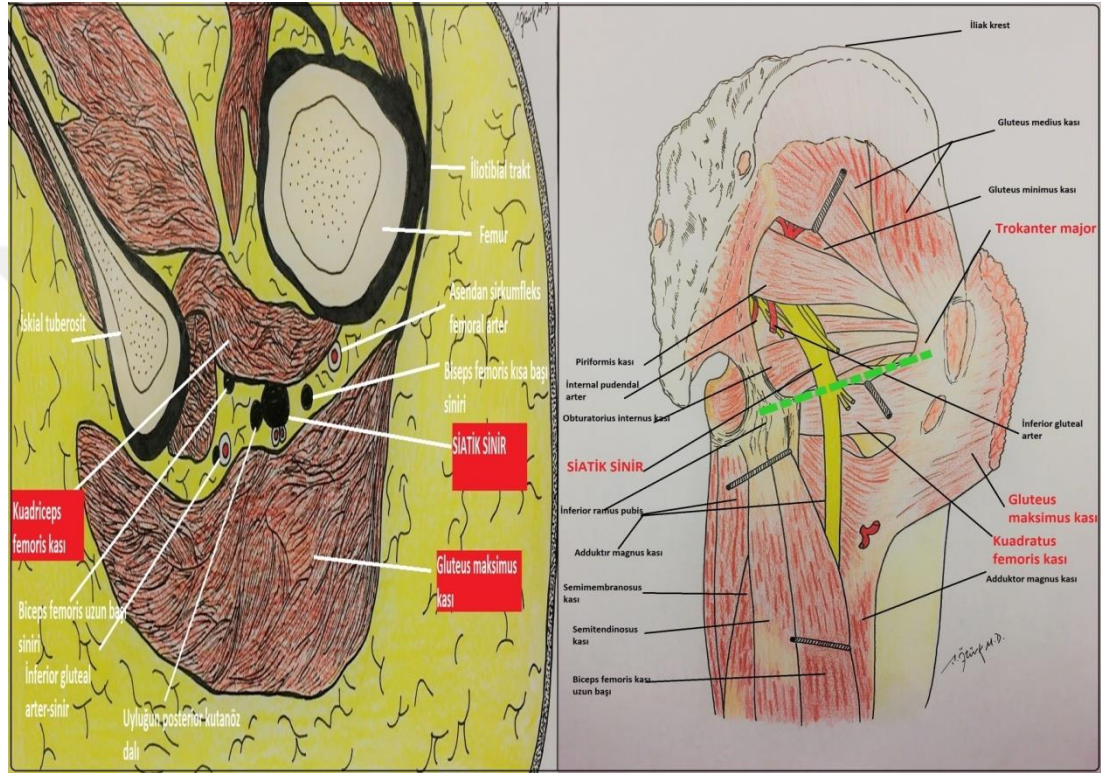
2.1.6.1. Siyatik sinir

Sakral pleksusun L4-S3 köklerinden oluşan siyatik sinir uyluk arka grup kaslarının ve alt ekstremité cilt dokusunun neredeyse tamamını inerve etmektedir. Siyatik sinir çapı 2 cm'e yakın olup vücudun en kalın siniridir. Pelvisi, piriformis kasının altında büyük siyatik foramen aracılığıyla terk etmektedir. Femurun büyük trokanteri ve iskiumun tüberositası arasından geçerek uyluğun arkasına doğru seyreder.



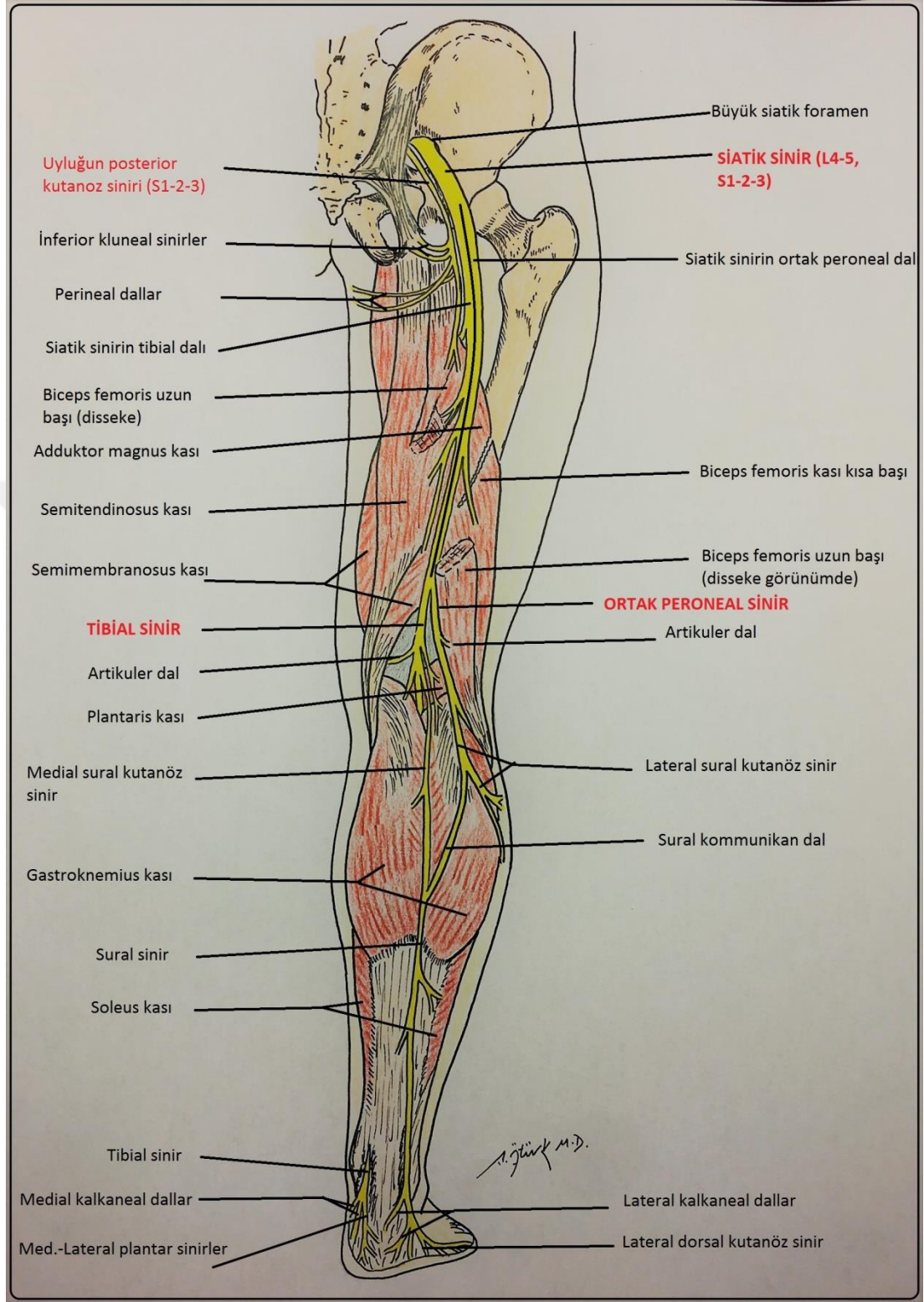
Şekil 5. Siyatik sinir orijini (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

Sinirin anterior-süperior komşuluğunda iskiyumun posterioru, gemelli siniri, kuadratus femoris ve obturator internus kası, anterior-inferior komşuluğunda adduktor magnus kası, posterior-süperior komşuluğunda gluteus maksimus kası ve posterior-inferior komşuluğunda biceps femoris kasının uzun başı yer alır.



Şekil 6. Gluteal düzeyde siyatik sinirin seyri ve komşulukları (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

Siyatik sinir, gluteal düzeyde femurun büyük trokanteri ve iskiyum'un tüberositası arasındaki orta hattan aşağıya seyreder. Uyluk arka kompartmanda, siyatik sinir iki ana dalına ayrılır: Tibial ve peroneal sinir. Siyatik siniri oluşturan L4-S3 köklerinin anterior divizyonları tibial siniri, L4-S2 köklerinin posterior divizyonları peroneal sinir dallarını oluşturur. Bu ayrım sakral pleksus ile uyluğun alt üçte birlik kısmı arasında herhangi bir yerde gerçekleşebilir. Siyatik sinir hamstring kaslarını ve tüm ayak kaslarını inerve etmektedir (32).



Şekil 7. Siyatik sinir ve dalları (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

2.2. LOMBER DİSK HERNİASYONU

Lomber disk hernisi, intervertebral disk içeriğinin (nükleus pulposus) sıklıkla posterolateral bölgede eksternal membranına doğru yer değiştirmesidir. Herniye materyalin volümüne bağlı olarak lomber sinir kökleri ve dural kesenin irritasyon veya kompresyonuna aynı zamanda siyatalji denilen ağrıya sebep olabilir (1). Bu ağrı antik zamanlardan beri bilinmektedir ancak disk herniasyonu ile ilişkisi Mixter ve Barr (33) tarafından 20. yüzyılın başlarında keşfedilmiştir.

Günümüzde disk herniasyonları lomber omurganın denejeratif hastalıkları içerisinde en fazla görülendir ve spinal cerrahilerin en sık nedenini oluşturmaktadır. Tıbbi yardıma daha kolay ulaşma, görüntüleme çalışmalarının daha erken istenmesi ve cerrahi prosedürlerin güvenli olması gibi faktörler genellikle kendi kendini sınırlayan bu hastalıkta cerrahi tedavi sıklığını arttırmıştır (1).

2.2.1. Epidemiyoloji

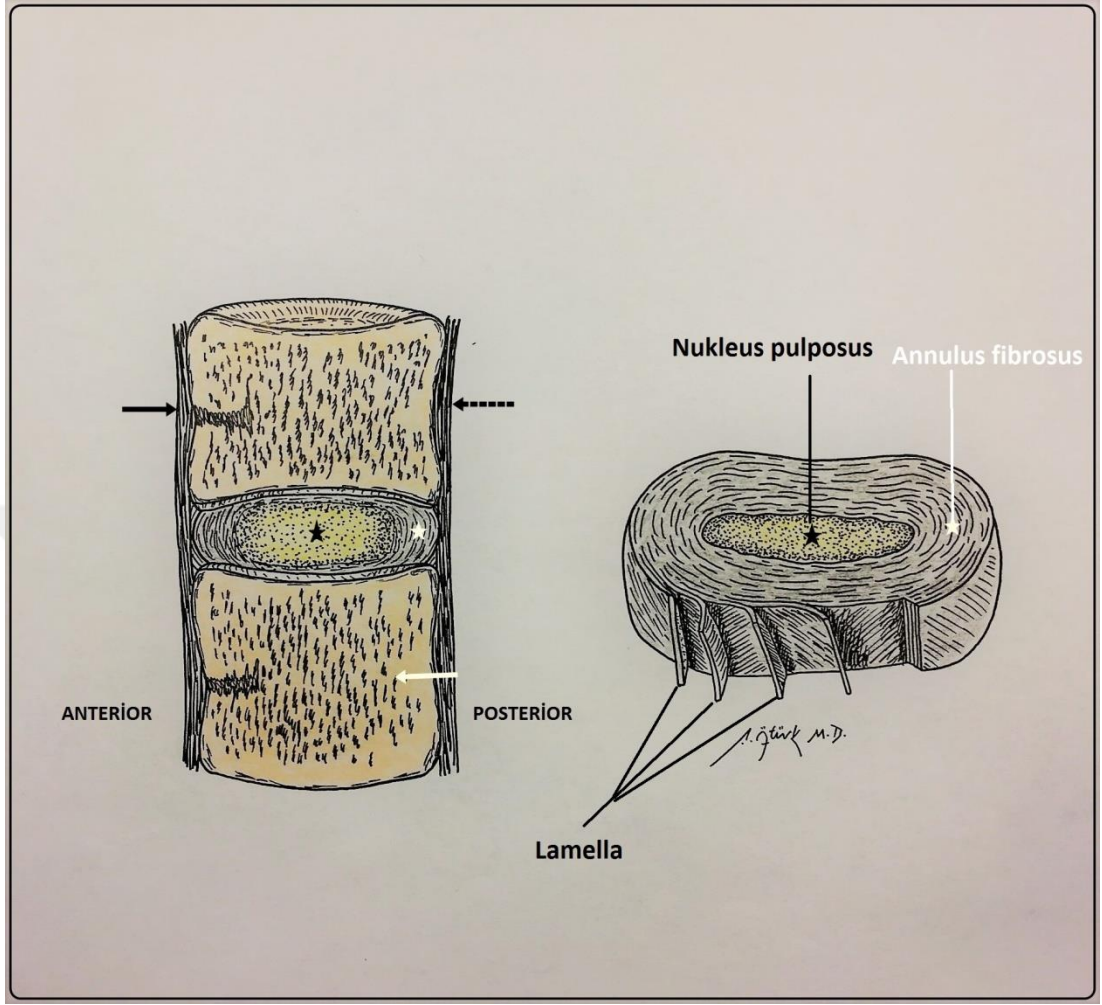
Disk herniasyonu başlıca yaşamın dördüncü ve beşinci dekadlarında görülmektedir ancak tüm yaş gruplarında disk herniasyonu tanımlanmıştır. Genel popülasyonunun % 2-3'ünde, 35 yaş üstü erkeklerde % 4.8, kadınlarda % 2.5 oranında görüldüğü bildirilmiştir (34,35,36,37). Sık görülmesi nedeniyle dünya genelinde bir sağlık sorunu olarak dikkate alınmaktadır.

Sigara kullanımı, tekrarlayan yük veya uzun süreli vibrasyona maruz kalma gibi durumlarda disk herniasyonu riskinin arttığı gösterilmesine rağmen kontrol grubuyla kıyaslandığında disk herniasyonu sıklığındaki farkın az olduğu bildirilmiştir (38,39).

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda genetik yatkınlık incelenmiştir. İncelenen genler arasında kollajen IX'un polipeptid zincirlerini kodlayan vitamin D reseptör geni ve yapısal kartilajın en önemli protein içeriği olan proteoglikanlarını kodlayan aggregan geni yer almaktadır (40,41,42).

2.2.2. Patofizyoloji

İntervertebral disk, vertebral kolonda iki komşu vertebra arasındaki ana eklemdir. Her bir disk üç farklı yapıdan oluşmaktadır: İçte jelatinöz nükleus pulposus, dışta nükleus pulposusu çevreleyen annulus fibrosus ve vertebra korpusunun alt - üst yüzeylerini kaplayan kartilaj end plateler. Annulus fibrosus hücreleri (özellikle dış kısmında olanlar) fibroblast benzeri hücrelerdir ve kollajen liflere paralel yerleşmiştir. İç annulus fibrosus hücreleri ise kondrosit benzeri hücrelerdir. Nükleus pulposus rastgele dağılmış olan kollajen lifleri ve yüksek oranda hidrate agrekan içeren jel içerisinde gömülü elastin lifleri içerir. Kondrosit benzeri hücreler kartilaj endplate ve nükleus pulposusun matriksini oluşturan tip II kollajen, proteoglikan ve non-kollajenöz proteinleri sentezler. Fibroblast benzeri hücreler ise annulus fibrosus için tip I ve tip II kollajen sentezlerler (43,44). Proteoglikanlar, keratin sülfat ve kondroitin sülfat içeren glikozaminoglikan zincirlerine yayılan bir çekirdek proteinden oluşurlar. Çok sayıda proteoglikan agrekan oluşturmak için hyaluronik asit zincirine katılır. Agrekanlar tip IX kollajen ile çapraz bağlı olan tip II kollajenle bir arada tutulur. Agrekanlar diskte en yaygın bulunan proteoglikanlardır. Nükleus pulposusun yaklaşık %70'ini, annulus fibrosusun %25'ini oluşturur. Agrekanlar nükleus pulposus içinde su tutmak için yüksek ozmotik basınç sağlarlar (45). Genç ve sağlıklı disk bir su yatağı gibi hareket eder. Nükleus ve iç annulusun yüksek su içeriği disk dokusunun sıvı gibi hareket etmesini sağlar.



Şekil 8. İntervertebral disk anatomisinin sagittal (soldaki resim) ve aksiyel (sağdaki resim) şematik çizimi

Siyah ok: Anterior longitudinal ligaman, Kesikli ok: Posterior longitudinal ligaman, Beyaz ok: Vertebra korpusu (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

Disk hücreleri matriks metalloproteinazları (MMP), a-disintegrin ve mettalooproteinaz (ADAMS) gibi yıkım enzimlerini aktive ederek var olan matriksi yıkar, kendi matrikslerini sentezler. Matriksin yıkımı var olan komponentlerin yeni sentezlenmiş komponentlerle yenilenmesini sağlar (45).

Matriks anormalliklerinde disk dejenerasyonu görülmektedir. Moleküler seviyede, disk dejenerasyonunda IL-1, TNF-alfa ve MMP gibi matriks yıkım mediatörlerinin artış veya anormal matriks komponentlerinin üretimi görülmektedir.

Disk dejenerasyonuna neden olan bazı faktörler tanımlanmıştır. Genetik yatkınlık, mekanik yükler ve nutrisyonel faktörler bunlardan en önemlileridir (46). Disk dejenerasyonu ile nükleusun su ve proteoglikan içeriğinde kayıp yaşanmaktadır. Bu sürecin sonucunda, aksiyal streslerin dış annulus fibrosusa hidrodinamik transferi bozulmaktadır. Kararlı durumdaki metabolizmasının kaybı veya anabolik ve katabolik süreçler arasındaki dengenin bozulması da disk dejenerasyonuna yol açabilir.

Lomber disk hernilerinin neden olduğu siyatik ağrıyı tetikleyen faktör ise dejenerasyonun neden olduğu disk herniasyonuna bağlı olarak sinir köklerinin mekanik kompresyonudur. Bunun haricindeki diğer nedenler ise fibrosus halkasının dış kısmındaki sinir uçlarının mekanik olarak stimülasyonu ve özellikle ekstrüde disklerde görülen inflamatuvar fenomendir (1).

2.2.3. Klinik tablo

Disk hernisi ve siyatik tanısı başlıca hasta öyküsü-fizik muayene ile koyulmaktadır. Hastalar sıklıkla alt ekstremitelere yayılan ağrıdan şikayetçidir. Ancak disk herniasyonu sıklıkla bel ağrısı ile başlamaktadır. Sonrasında bel ağrısı siyatik ağrıya dönüşmektedir. Fizik muayene büyük oranda nörolojik testlerle gerçekleştirilir. En sık kullanılan yöntem düz bacak kaldırma testidir (Laseque testi). Tanıda hasta öyküsü ve fizik muayene birlikte dikkate alınmalıdır. Tek başına hasta öyküsü veya fizik muayene bulgularının sensitivitesi ve spesifitesi sınırlıdır (47). Düz bacak kaldırma testi için sensitivite %91, spesifite %26 bildirilmiştir (48). Tablo 1’de lomber disk hernisinde izlenen semptom ve bulgular özetlenmiş, tablo 2’de detaylandırılmıştır. Akut ve kronik formlar arasında çok fazla sayıda klinik tablo çeşitliliği olduğu için, özellikle atipik hasta klinikleri dikkatli incelenmelidir. Siyatik ağrısının ana nedeni disk herniasyonu olmasına rağmen, tümör ve instabilite gibi diğer olası nedenler de ayırıcı tanıda düşünülmelidir. Disk herniasyonu tanısı ve ayırıcı tanısı için fizik muayene önemli yer tutmaktadır.

Hastaların değerlendirilmesinde myotom ve dermatom muayeneleri dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Başlangıç semptomları sıklıkla 4-6 hafta içerisinde gerilemektedir. Bu nedenle tedavi konservatif olarak başlamalıdır (1).

Tablo 1. Lomber disk hernisine semptom ve bulguları

Bel ağrısından fazla olan tek taraflı bacak ağrısı
Ayak ve ayak parmaklarına yayılan ağrı
Aynı lokalizasyonda uyuşma ve karıncalanma
Düz bacak kaldırma testinde bacak ağrısının artış göstermesi
Tek bir sinir köküne sınırlı olan nörolojik defisit varlığı
Koes ve ark'ı (49)

Lomber disk hernisinin diğer bulguları içerisinde ayak bileği dorsifleksiyonunun zayıflaması ve aşıl refleksi kaybı yer almaktadır ancak çoğu hasta bu semptomları yaşamamaktadır. Geç dönemde baldır kaslarında atrofi görülebilir. Asemptomatik bireylerde radyolojik lomber disk hernisi bulguları olabilmesi nedeniyle hastanın semptomları ile görüntüleme bulguları korelasyon göstermelidir. L3-4 radikülopatide patellar refleksi zayıflamakta, L5 radikülopatide ayak dorsumu ve üçüncü parmakta sensöryal kayıp yaşanmakta, S1 radikülopatide ise plantar fleksiyon zayıflamaktadır. Lomber disk hernisinde karşılaşılan fizik muayene bulguları ve tanıdaki sensitivite - spesifitesi tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Fizik muayene bulguları ve tanı üzerindeki etkileri

Bulgu	Sensitivite (%)	Spesifite (%)	Pozitif olasılık oranı	Negatif olasılık oranı
Motor muayene				
Ayak dorsifleksiyon güçsüzlüğü	54	89	4.9	0.5
Baldır kaslarında atrofi	29	94	5.2	0.8
Sensöryal muayene				
Duyu anormalliği	16	86	-	-
Refleks muayene				
Anormal aşıl refleksi	48	89	4.3	0.6
Provakatif testler				
Düz bacak kaldırma testi	73-98	11-61	-	0.2
Çapraz bacak kaldırma testi	23-43	88-98	4.3	0.8

Gregory ve ark (50)

2.2.4. Görüntüleme yöntemleri

Siyatik ağrısı olan hastalarda her zaman görüntüleme gerekli değildir. Bel ağrısı olmayan hastalarda lomber disk hernisinin radyografik bulgularına sık rastlanmaktadır, aynı zamanda fizik muayene bulguları ile görüntüleme çalışmaları her zaman korelasyon içinde değildir.

Görüntülemenin zamanlaması ve çeşidine ciddi spinal hastalık varlığı, hastanın klinik süreci ve görüntüleme çalışmalarının özelliğine göre karar verilmektedir (51).

Lomber disk hernisini değerlendirmede kullanılan görüntüleme yöntemleri içerisinde miyelografi, bilgisayarlı tomografi (BT), BT miyelografi ve MRG yer almaktadır (51,52). Standart miyelografi ve BT miyelografi, MRG’ye kıyasla tanı değeri daha düşük, komplikasyon oranı daha yüksek invaziv işlemelerdir. BT ve MRG lomber disk hernisi tanısında benzer spesifite ve sensitiviteye sahiptir (Tablo 3) ancak MRG omurganın yumuşak dokuları ve sinir köklerinin değerlendirilmesinde daha detaylı incelemeye olanak sağlamaktadır (51).

Kırmızı bayrak bulguları varlığında (kauda equina sendromu, idrar retansiyonu, torasik ağrı, karsinom öyküsü, kilo kaybı, yaygın nörolojik semptomlar, yapısal spinal deformite, kompresyon kırığı öyküsü) ise kesinlikle görüntüleme önerilmektedir. Diğer görüntüleme yöntemlerine kıyasla MRG tercih edilmelidir. Kırmızı bayrak bulguları olmadığında 6 haftalık konservatif tedavi tamamlanana kadar görüntüleme istenmemelidir (50).

Tablo 3. Lomber disk hernisi tanısında kullanılan görüntüleme yöntemleri ve zellikleri

Yöntem	Sensitivite (%)	Spesifite (%)	Pozitif olasılık oranı	Negatif olasılık oranı
Miyelografi	82	67	-	-
BT	62-90	70-87	2.1 - 6.9	0.1 – 0.5
MRG	60-100	43-97	1.1 - 33	0 - 9

Jarvik ve ark(51), Schipper ve ark (52)

2.2.4.1. Konvansiyonel radyografi

Lomber disk herniasyonu tanısında sınırlı yararı olan direkt grafilerde saptanabilen tek bulgu sıklıkla intervertebral disk aralığında daralmadır. Belirli bir lomber intervertebral disk aralığı bir üzerindeki disk aralığından her zaman bir miktar fazla olmalıdır. Ancak bu kural L5-S1 için geçerli değildir. Bunun haricinde posterior veya foraminal vertebral osteofitler kronik disk hernisi ile ilişkilidir (53).

2.2.4.2. Miyelografi

Subaraknoid mesafenin incelenmesinde kullanılmaktadır. Miyelografi ile disk hernileri indirekt olarak gösterilebilmektedir. Tüm görüntüleme yöntemleri içerisinde ayakta, tam yük verilen pozisyonda değerlendirme yapılabilen tek yöntemdir. Disk hernilerini saptamada sensitivitesi BT'ye yakın veya daha yüksek bulunurken, spesifitesi daha düşük bulunmuştur. BT görüntülemesinde sadece 3 veya 4 vertebra incelenirken, miyelografi ile tüm lomber vertebralar ve intratekal yapılar (kauda equina, konus medullaris) değerlendirilebilmektedir. Ancak farlateral foraminal herniasyonlar, ekstraforaminal herniasyonlar ve anterior herniasyonlar saptanamamaktadır. Tekal kese ve L5-S1 diskinin posterioru arasındaki mesafenin fazla olması nedeniyle L5-S1'in posterior santral herniasyonlarını saptamadaki hassasiyeti düşüktür (53).

2.2.4.3. BT

Özellikle L5-S1'deki nükleus pulposus herniasyonlarını saptamada BT'nin sensitivitesi miyelografiden yüksektir (54,55). Miyelografiye kıyasla 3 boyutlu anatomik bilgi sağlaması ve invaziv olmaması BT'nin avantajlarıdır. Büyük herniasyonlar kolayca tanınabilmektedir ancak sagittal rekonstrüksiyon olmadan protrüzyon ve ekstrüzyon arasındaki ayrımın yapılabilmesi zordur. Radyal yırtık hakkında direkt veya indirekt bulgu olmaksızın küçük herniasyonların tanısında teknik oldukça kısıtlıdır.

Bu tür herniasyonlarda yalancı pozitif ve yalancı negatif yüzdeleri oldukça yüksektir. PLL kompleksi sıklıkla BT ile saptanamadığı için, transligamentöz herniasyonların subligamentöz herniasyondan ayrımı sadece herniye materyalin büyüklüğü ile tahmin edilebilir.

Sekestrasyonun kesin tanısı ise sıklıkla yapılamamaktadır. Herniye materyalin içinde kalsifikasyon varsa açık bir şekilde gösterilebilir ancak eşlik eden osteofitten veya avülsiyeye kemik fragmanlarından ayrımı zordur (56).

2.2.4.4 BT miyelografi

Bu kombinasyonla her iki modalitenin de avantajları kombine edilmektedir. Literatürde, bu yöntemin doğruluğunun MRG' ye kıyasla düşük (57,58), eşit (59) veya yüksek (60,61) olduğunu bildiren yayınlar mevcuttur.

2.2.4.5. MR görüntüleme

Yapılan çoğu çalışmada herniye lomber disk tanısında ilk seçilecek görüntüleme yönteminin MRG olduğu bildirilmektedir (57,58,62,63). İntravenöz enjeksiyonla paramanyetik ajan enjekte edilmesi disk hastalığının bazı önemli anatomik özelliklerinin gösterilmesinde faydalıdır (64,65,66). MRG'de sagittal düzlemde de kesitler alındığı için BT ve BT miyelografiye kıyasla disk morfolojisinin gösterilmesinde daha üstündür. Herniye disk materyalinin foraminal etkisi daha iyi gösterilebilmektedir. MRG, özellikle sinir kökü kompresyonuna neden olan hernilerin tanısında tercih edilmelidir. Annuler yırtığın eşlik ettiği çoğu disk materyalinde T2 ağırlıklı görüntülerde santral veya periferik disk sinyal intensitesinde değişim görülmektedir (67). Herniye disk içerisindeki gaz ve kalsiyum depozitleri sıklıkla MRG' de görülemezken ilişkili olduğu vertebralarda kemik iliği ödemi görülebilir. Bu bulgu akut patolojilerin kronik patolojilerden ayırımında önemlidir (68).

2.2.4.5.1. Lomber disk herniasyonlarının radyolojik sınıflandırması

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmalarda önlenebilir tıbbi hataların yılda 98.000 defa tekrarlandığı ve yaklaşık 29 milyar dolar maliyete neden olduğu bildirilmiştir (69,70). Tıbbi hataların artış göstermesindeki en önemli faktörün ise iletişim eksikliği olduğuna inanılmaktadır. Vertebral sistem patolojilerinde de çoğu vakada, hasta ve ihtisas alanı omurga sistemi olmayan sağlık çalışanları lomber MRG'de rastlanan yaşa bağlı değişimleri yanlış yorumlamaktadır. Bu da gereksiz psikolojik stres ve hasta sevklerine neden olmaktadır.

Lomber disk ve sinir kökü kompresyonları hakkındaki terminolojinin daha iyi anlaşılması lomber disk hastalıklarında tanısal ve terapötik müdahalede bulunulması için gereken multidisipliner yaklaşım için büyük öneme sahiptir. Bu nedenle radyolog, ortopedist ve spinal cerrahlar arasındaki iletişimi etkin hale getirebilmek için terminolojinin standartize edilmesi gerekmektedir (71).

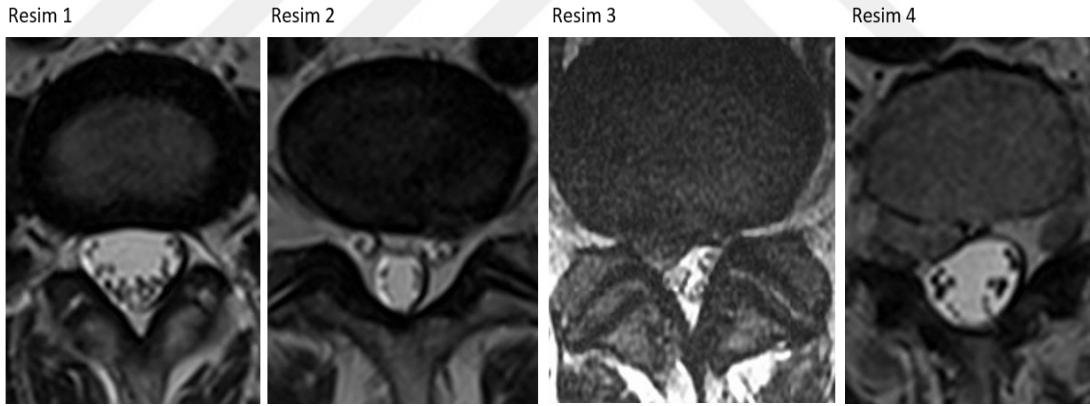
Lomber disk herniasyonları tanısında, sensitivite ve spesifitesinin yüksek olması nedeniyle sıklıkla MRG tercih edilmektedir. MRG'de çok sayıda sınıflandırma yöntemi ileri sürülmüştür. Li ve ark'ı (71) tarafından yapılan derlemede, lomber disk hernilerinin sınıflandırılması için en sık kullanılan yöntemlerin Combined Task Force (CTF) ve Jensen kriterleri olduğu görülmüştür (72,73). Kullanılan diğer evreleme yöntemleri içerisinde van Rijn (74), Pfirman (75), Nordic (72), Brant-Zawadzki (76) ve MSU (77) evrelemeleri yer almaktadır. Bu sınıflandırmalardan bir kısmı lomber disk hernilerine yönelikken bir kısmı ise sinir kökü basılarını sınıflandırmayı hedeflemektedir.

CTF sınıflandırması lomber diskleri normal, fokal protrüzyon, geniş tabanlı protrüzyon ve ekstrüzyon şeklinde sınıflandırmaktadır. Son on yıl içerisinde, Jensen ve CTF evrelemesi basit ve kolay bir yapıda olması nedeniyle sık tercih edilmiştir.

Jensen sınıflandırması:

Jensen sınıflaması lomber disk herniasyonunu 4 evrede tanımlamaktadır (78):

- Normal; disk, intervertebraldisk aralığının ötesine geçmez.
- Bulging; diskin intervertebral disk aralığından simetrik olarak dışarıya çıkmasıdır.
- Protrüzyon; diskin intervertebral disk aralığından asimetrik, fokal olarak dışarıya çıkmasıdır, bu durumda disk materyalinin orijini veya tabanı protrüde olan materyalin herhangi bir çapından daha büyüktür.
- Ekstrüzyon; protrüzyona kıyasla dışarıya çıkan materyalin daha büyük olmasıdır, bu durumda disk materyalinin orijini veya tabanı protrüde olan materyalin herhangi bir çapından daha küçüktür, bu tanım protrüde olan materyalin ve orijinal disk arasında bağlantı olması veya olmaması durumunda da kullanılabilir.



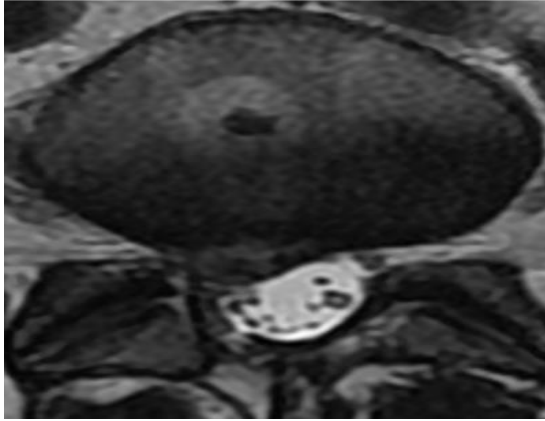
Şekil 9. Jensen sınıflaması - Resim 1: Normal disk, Resim 2: Bulging, Resim 3: Protrüzyon, Resim 4: Ekstrüzyon

(Görüntüler “Li Y, Fredrickson V, Resnick DK. How Should We Grade Lumbar Disc Herniation and Nerve Root Compression? A Systematic Review. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2015;473(6):1896-1902.” den alınmıştır.)

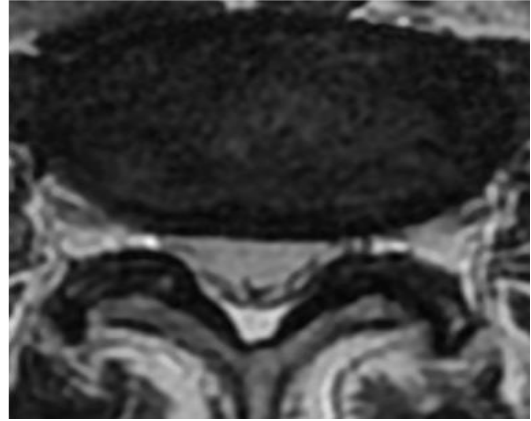
CTF evrelemesi:

Disk materyalinin orijinal anatomik sınırlarının dışında olan yüzdesine göre disk herniasyonları ikiye ayrılmaktadır. Birincisi fokal disk herniasyonu; total disk çevresinin %25'den azı normal anatomik sınırların dışındadır. İkincisi; geniş tabanlı herniasyon; total disk çevresinin %25-50'si normal anatomik sınırların dışındadır. Normal anatomik sınırı aşan disk dokusu, disk çevresinin %50'sinden fazla olduğunda ise disk herniasyonu kullanılmayıp disk bulgingi terminolojisi tercih edilmektedir. Herniye diskler ise protrüzyon ve ekstrüzyon şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Protrüzyon, herhangi bir planda disk materyalinin sınırları arasındaki en büyük mesafenin defektin kesitsel olarak kenarları arasındaki mesafeden az olması şeklinde tanımlanır. Ekstrüzyon; bir veya daha fazla planda disk materyalinin kenarları arasındaki en büyük mesafenin defektin kenarları arasındaki mesafeden büyük olması şeklinde tanımlanır. Aynı zamanda disk materyali ile disk aralığı arasında devamlılık olmaması durumunu da kapsamaktadır. Ekstrüde disk materyali ile disk arasındaki iletişim kesildiğinde sekestrasyon şeklinde isimlendirilmektedir (79).

Resim 1



Resim 2

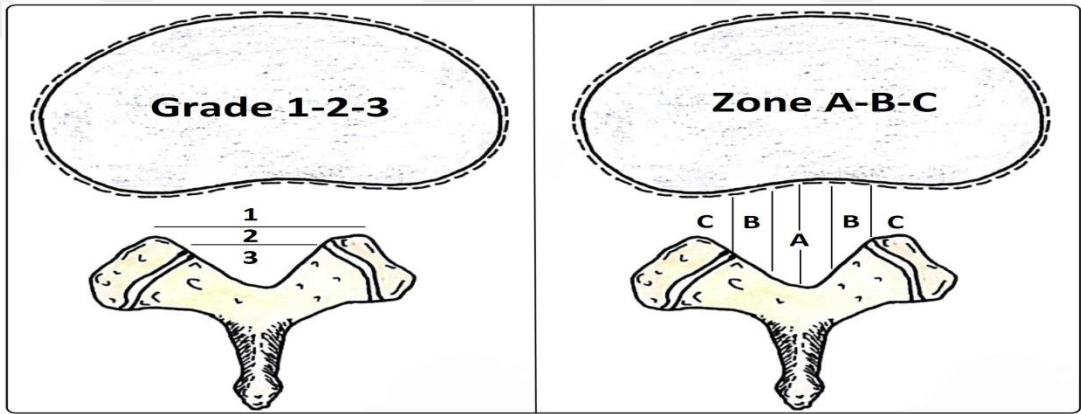


Şekil 10. CTF evrelemesi - Resim 1: Fokal disk herniasyonu, sağ tarafta total disk çevresinin %25'ten azı orijinal anatomik sınırlarının dışına çıkmıştır. 2: Geniş tabanlı herniasyon; Spinal kanalın inferiorunda herniasyon vardır, total disk çevresinin %25-50'si anatomik sınırlarının dışına çıkmıştır.

(Görüntüler “Li Y, Fredrickson V, Resnick DK. How Should We Grade Lumbar Disc Herniation and Nerve Root Compression? A Systematic Review. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2015;473(6):1896-1902.” den alınmıştır.)

MSU evrelemesi:

MSU evrelemesi hem disk herniasyonu genişliğini, hem de lokalizasyonu dikkate alan bir yöntemdir. Disk herniasyonu genişliği 1-2-3 şeklinde evrelendirilirken, lokalizasyonu A-B-C şeklinde evrelendirilmektedir. Mysliwiec ve ark (77) tarafından geliştirilen bu yöntemin basit ve kolay uygulanabilir yöntem olduğu, cerrahi uygulanacak hastalar için objektif veriler sağladığı ve bu evreleme yöntemi kullanıldığında cerrahi sonrasında hastalardan elde edilen sonuçların iyi veya mükemmel olduğu ifade edilmiştir.



Şekil 11. MSU evrelemesi (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

Pfirsman Sinir kökü kompresyonu evrelemesi:

Bu evrelemede lomber sinir köklerinin tutulumu değerlendirilir (75). 4 kategoriye sahiptir:

- Evre 0; normal, sinir kökü kompresyonu yoktur.
- Evre 1; kontakt, sinir kökü ve disk materyali arasında görünen bir temas var ama sinir kökü pozisyonu normaldir.
- Evre 2; deviasyon, disk materyali nedeniyle sinir kökü dorsale deviyi olmuştur.
- Evre 3; kompresyon, sinir kökü disk materyali ve posterior spinal kanal arasında sıkışmıştır.

van Rijn Sinir kökü kompresyonu evrelemesi:

Sinir kökü kompresyonu ikiye ayrılarak değerlendirilir (74):

- Sinir kökü kompresyonu yok
 - Sinir kökü kompresyonu yok
 - Muhtemel sinir kökü kompresyonu yok
 - Belirsiz
- Sinir kökü kompresyonu var
 - Muhtemel kompresyon
 - Kesin kompresyon

2.2.5. Foraminal stenoz, görüntüleme ve sınıflandırması

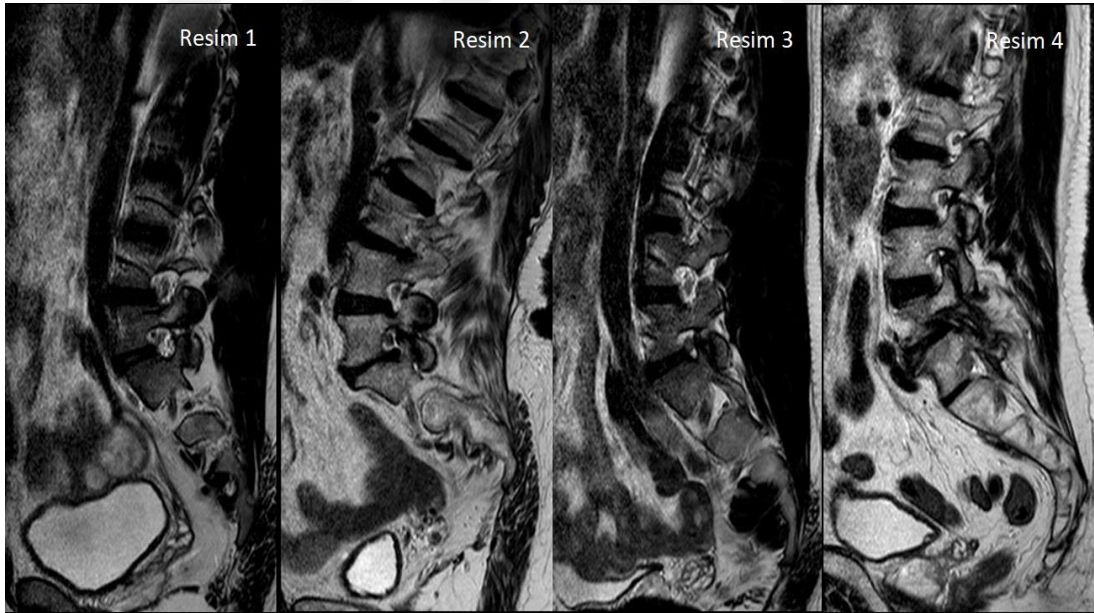
Lomber foraminal stenoz, intervertebral disk yüksekliğinde azalma, faset eklemlerde osteoartritoza bağlı değişimler, vertebranın süperior artiküler projesinin subluksasyonu, ligamentum flavum patolojileri ve disk hernileri nedeniyle sinir kökü çıkışındaki daralmayı ifade etmektedir (80). Lomber spinal foraminal stenoz, radiküler semptomları olan hastalarda önemli bir patolojik durumdur. Semptomatik hastalarda lomber foraminal stenoz sıklığı %10 bildirilmiştir. Özellikle spinal stenozda, disk hernilerinde olduğu gibi MR görüntülemenin tanısal öneminin büyük olduğu ifade edilmiştir (81). Bu amaçla kullanılan ve sık tercih edilen yöntemler içerisinde Wildermuth (82), Kunogi ve Hause (83) ve Lee evrelemeleri (80) yer almaktadır. Park ve ark'ı (84) tarafından yapılan değerlendirmede, foraminal stenoz tanı - evrelendirmesinde Lee ve Wildermuth sınıflandırmalarının her ikisinin de birbirine yakın önemde olduğu belirtilmiştir.

2.2.5.1. Wildermuth evrelemesi

MRG kullanılarak, fleksiyon ve ekstansiyon pozisyonlarında elde edilen görüntülerin myelografi ile karşılaştırılması sonucunda 1998 yılında oluşturulan Wildermuth sınıflandırması semi-kantitatif bir sınıflandırmadır (82).

Bu sınıflandırmada kullanılan hafif, orta ve şiddetli tanımları subjektif ifadelerdir. Bu nedenle Park ve ark'ı bu sınıflandırmayı daha objektif hale getirmek için hafif foraminal stenoza “%50’den az obliterasyon”, orta dereceli foraminal stenoza “%50’den fazla obliterasyon” açıklamalarını eklemiş, şiddetli foraminal stenozda sinir kökünün tam basısı veya sinirde morfolojik değişimler olduğunu ifade etmiştir. Lomber foraminal stenozu 4 evrede değerlendirmektedir (85):

- Evre 0; normal foramen (intervertebral diskin dorsolateral sınırı normal, foraminal epidural yağ normal şekildedir)
- Evre 1; hafif foraminal stenoz (sinir kökü etrafında perinöral yağ dokunun oluşturduğu obliterasyon %50’den az)
- Evre 2; orta dereceli foraminal stenoz (sinir kökü etrafında perinöral yağ dokunun oluşturduğu obliterasyon %50’den fazla)
- Evre 3; şiddetli foraminal stenoz (sinir kökünün tam basısı veya morfolojik değişiklikler)



Şekil 12. Wildermuth evrelemesi – (Çalışmamıza dahil olguların MRG incelemeleri) Resim 1: Sagittal planda L4-5 ve L5-S1 nöral foramen düzeyinde normal sinir kökü ve çevreleyen epidural yağ dokusu izlenmektedir. Resim 2: Evre 1 stenoz (L5-S1 düzeyinde epidural yağ dokuda %50 den az daralma izlenmektedir.) Resim 3: Evre 2 stenoz (L5-S1 düzeyinde epidural yağ dokuda %50 den fazla daralma izlenmektedir.) Resim 4: Evre 3 stenoz (L5-S1 düzeyinde foraminal epidural yağ doku izlenmemektedir.)

2.2.5.2. Lee evrelemesi

Lee ve ark'ı tarafından oluşturulan bu yöntem T1 ağırlıklı sagittal görüntüleri temel almaktadır, lomber foraminal stenozu 4 evrede incelemektedir (80).

- Evre 0; foraminal stenoz yok
- Evre 1; hafif foraminal stenoz (sinirde morfolojik bir değişim olmaksızın 2 farklı yönde sinir kökünü çevreleyen perinöral yağ obliterasyonu)
- Evre 2; orta dereceli foraminal stenoz (sinirde morfolojik bir değişim olmaksızın 4 farklı yönde sinir kökünü çevreleyen perinöral yağ obliterasyonu)
- Evre 3; şiddetli foraminal stenoz (sinir kökünün tam basısı veya morfolojik değişiklikler)

2.2.6. Tedavi

2.2.6.1. Konservatif tedavi

Lomber disk hernileri benign bir doğaya sahiptir. Tedavinin amacı ağrının rahatlatılması, nörolojik iyileşmenin stimüle edilmesi, günlük yaşam aktiviteleri ve iş hayatına erken dönüşün sağlanmasıdır. Hafif nörolojik defisiti olan genç hastaların konservatif tedaviden fayda görme olasılıkları daha fazladır (86). En sık kullanılan ilaçlar içerisinde NSAİD yer almaktadır. Disk hernisi patofizyolojisinde inflamasyonun önemli bir yer kaplaması ve aynı zamanda analjezik etkilerinin olması bu grup ilaçları konservatif tedavinin vazgeçilmesi yapmaktadır (1). Yapılan bir meta-analizde opioidlerin ağrının azaltılmasında ve fonksiyonlarının geri kazanılmasında küçük bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (87). Tolerans ve yan etkileri nedeniyle narkotiklerin uzun süreli kullanımı önerilmemektedir.

Konservatif tedavi içerisinde yer alan fizyoterapi, egzersiz ve manipülasyon etkili sonuçlar veren diğer yöntemlerdir. Ancak etkilerinin uzun süre devam etmesi hakkındaki veriler sınırlıdır (88).

McKenzie yöntemi ile yapılan egzersiz tedavisi en popüler yöntemlerdendir. Klinik çalışmalar McKenzie yönteminin manipülasyondan daha etkili olduğu yönündedir (89).

Konservatif tedavi başarısız olduğunda epidural enjeksiyonlar tercih edilmektedir. Ancak epidural prosedürlerin etkinliği, endikasyonları ve gerekliliği hakkında ciddi tartışmalar vardır. Yakın bir zamanda yapılan sistematik derlemede diskojenik bel ağrısı tedavisinde epidural enjeksiyon tedavisinin faydalı olduğu bildirilmiştir (90). Etkilenen sinir köklerinin anestezipler veya kortikosteroidler ile bloke edilmesi etkili bir yöntemdir. Bu şekilde herniye olan materyalin volümü ve inflamatuvar yanıt azaltılarak rahatlama sağlanabilir (91,92,93). Yapılan bir çalışmada lomber disk herniasyonu ve radikülopatisi olan 8 haftaya kadar ağrısı devam eden 70 hasta değerlendirilmiş olup blokaj sonrasında hastaların %77'sinde semptomlar gerilemiştir. Çalışmanın sonucunda lomber disk herniasyonuna sekonder gelişen siyatik ağrısında transforaminal anestezi blokajının etkili ve güvenli olduğu anlaşılmıştır (94).

2.2.6.2. Cerrahi tedavi

Cerrahi tedavinin amacı sinir yapılarının dekomprese edilmesidir. Mutlak endikasyonları arasında kauda equina sendromu ve belirgin motor defisit yer almaktayken rölatif endikasyonlar arasında en az 6 haftalık konservatif tedaviye yanıt vermeyen siyatik ağrısı, evre III'den fazla motor defisit varlığı, foraminal stenozla ilişkili sinir kökü basısı bulunmaktadır. Son yıllarda erken cerrahi ile uzun süreli konservatif tedavi arasındaki farklar ve birbirine üstünlükleri hakkında uzlaşa sağlanamamıştır. Klinik çalışmalarda her iki grubun iki yıl sonrasında benzer sonuçlarda olduğu ancak cerrahi grubunda iyileşmenin daha hızlı olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda cerrahi tedavinin ekonomik olarak daha avantajlı olduğu ifade edilmiştir (95,96).

Bazı cerrahlar tarafından tercih edilen tek yöntemin geleneksel diskektomi olmasına rağmen minimal invaziv operasyonlar giderek önem kazanmaktadır, özellikle mikrodiskektomi giderek daha sık tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir (94). Mikrodiskektominin hem kısa dönem hem de 10 yıllık süreç sonrasındaki sonuçları (cerrahi süresi, kanama, semptomların gerilemesi, komplikasyon oranları) olumlu yöndedir. Watter ve ark'ı (97) tarafından yapılan çalışmada agresif diskektomi ile mikrodiskektominin birbirinden farklı sonuçlar vermediği bildirilmiştir. Ruetten ve ark'ı (98) ise yaptıkları randomize kontrollü çalışmada iki yıl sonrasında mikrodiskektomiyi daha üstün bulmuştur. Laminektomi ise artık tercih edilen bir yöntem değildir.

2.2.7. Prognoz

Akut siyatalji veya lomber disk hernisinin klinik süreci genellikle benign karakterde olup ağrıların ve herniasyona bağlı engellilik durumlarının çoğu 2 hafta içerisinde gerileme göstermektedir. Weber ve ark'ı tarafından yapılan çalışmada akut siyatalji tanısı olan hastaların %60'ı NSAİD ile 3 hafta içerisinde, %70'i ise 12 ay içerisinde tamamen iyileştiği bildirilmiştir (99). Bu nedenle çoğu hastanın prognozunun iyi olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte hastaların %30'a ulaşan oranlarda şikayetlerinin 1 yıla kadar devam ettiği bildirilmiştir (100).

2.3. ULTRASON ELASTOGRAFI

Ultrason elastografi yakın bir zamanda geliştirilmiş, dokunun mekanik özelliklerini kalitatif veya kantitatif olarak değerlendirebilen ultrason temelli bir yöntemdir (101). 1990'lı yılların başında ilk defa in vitro olarak gösterilen yöntem, sonrasında doku gerginliği ve elastik modül dağılımının in vivo görüntülenmesi için gerçek zamanlı bir araç haline dönüştürülmüştür.

UE, B-mod ve Doppler görüntüleme ile elde edilen vasküler akış ve akustik empedanstan bağımsız olarak doku gerginliği hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle tanısal görüntülemeye yeni bir boyuttur (102).

UE, dokuya uygulanan stresin dokuyu elastik özelliklerine göre değiştirmesi prensibine dayanmaktadır. Elastisite araştırmaları, çeşitli UE yaklaşımlarını ortaya çıkarmış, sonuç olarak farklı yöntemler oluşturulmuştur. Strain (kompresyon) UE gerçek zamanlı görüntüleme sağlayan ve en sık tercih edilen yöntemdir. Bu yöntem çeşitli organ ve dokulardaki lezyonları saptama ve karakterize etmede başarılı bulunmuştur (103)

2.3.1. Ultrason elastografi prensipleri

Elastografi, aksiyel stres altındaki yumuşak doku materyallerindeki internal gerilimler hakkında bilgi sağlamaktadır (104,105). Birçok katı için ölçülen gerilim ile yük arasında yükün miktarına bağlı olarak değişen orantısal bir ilişki vardır. “Hooke kanunu” şeklinde isimlendirilen bu lineer ilişkiye göre; stresin bir noktadaki gerilme durumunun her bileşeninin o noktadaki gerilim durumu bileşenlerinin doğrusal bir fonksiyonudur (106). Bu ilişkinin matematiksel denklemi şu şekildedir:

$$\sigma_{ij} = C_{ijm} \epsilon_{nmn} \{i, j, m, n = 1, 2, 3\}$$

“ C_{ijm} ” sertlik matriksi bileşenlerini oluşturan elastik katsayıyı ifade ederken, “ σ_{ij} ”; x_i aksına dikey, x_j aksına paralel olan stres bileşenini ifade eder.

Elastografideki biyolojik doku davranışının küçük deformasyonlar için lineer elastik, izotropik ve neredeyse sıkıştırılmaz olduğu varsayılır. Bu varsayım dikkate alındığında, denklem Lamé sabitleri olarak bilinen iki ayrı, bağımsız sabit olan “ λ ” ve “ μ ” ile ifade edilebilir:

$$C_{1122} = \lambda$$

$$C_{1111} = \lambda + 2\mu$$

$$C_{1212} = \frac{1}{2}(C_{1111} - C_{1122}) = \mu$$

“ μ ” sabiti shear modülü olarak ifade edilir. Sferik stresler nedeniyle meydana gelen birim hacim başına volüm değişimi ise Lamé sabitleri ile ilişkili olan kütle sıkıştırma modülü olan “ K ”ya bağlıdır:

$$K = \frac{3\lambda + 2\mu}{3}$$

Sert dokuların mekanik özelliklerini ifade etmek için bunların haricinde iki ayrı parametre kullanılmaktadır: “Young modülü; E ” ve “Poisson oranı; ν ”. Bu parametreler “ K ” ve “ μ ” sabitleriyle şu denklemle bağlıdır (107,108,109):

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

$$\mu = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Ancak çoğu doku sert ve sıvılar arasındadır. Buna ek olarak, yumuşak dokular sıvılarla neredeyse sıkıştırılmaz özelliğini paylaşır ve aynı zamanda dansitesi sudan çok az farklıdır. Bu durum yumuşak dokuların viskoelastik ve anisotropik özellikteki mekanik davranışını açıklamaktadır (106).

Son yirmi yılda, biyolojik dokuların elastik modülleri (Young modülü), Poisson oranı veya uygulanan yüke yanıt olarak görülen shear gerilimi gibi mekanik özelliklerini tanımlamak için çok sayıda çalışma yapılmıştır (110,111,112). Buradaki önemli bir nokta, dokunun ekojenitesi ve sertliği arasında direkt bir ilişkinin olmamasıdır. Bu nedenle B-mod US'a kıyasla doku sertliğinin görüntülenmesi veya lokal doku sertliği gibi ilişkili parametreler hakkında yeni bilgiler sağlamaktadır. Genel olarak UE teknikleri üçe ayrılmaktadır (113):

1. Deplasman veya gerim kuvveti bileşenlerinin yarı-statik kompresyon sonucunda oluşması ile ölçülen yöntem
2. Monokromatik düşük frekanslı vibrasyonu temel alan yöntem (sonoelastisite vb).
3. Shear dalgalarının özelliklerini temel alan yöntem (transient elastografi vb)

Elastografilerinin değerlendirilmesinde farklı skalalar tercih edilmiştir. Bunlar arasında Itoh ve ark'ı tarafından önerilen 5 puanlı Tsukuba ölçeği sık tercih edilmektedir (112,114).

2.3.2. Ultrason elastografi teknikleri

Görüntü oluşturmak ve doku deplasmanını göstermek için kullanılan yöntem ve uygulanan stres tipine bağlı olarak çeşitli UE teknikleri tanımlanmıştır (115,116). Klinik pratikte kullanılan ana teknikler içerisinde strain, shear wave, transient ve akustik radyasyon kuvveti UE yer almaktadır (117).

2.3.2.1. Strain Elastografi

Kompresyon elastografisi, sonoelastografi veya gerçek zamanlı elastografi isimleriyle de tanımlanan strain UE en sık kullanılan yöntemdir (12,118). Bu teknik dokuların düşük frekanslı kompresyonunu kullanır. Kompresyon sıklıkla elde tutulan US probu ile manuel olarak uygulanır. Bazı vakalarda ise respirasyon veya pulsasyon gibi fizyolojik vücut hareketleri kullanılır (119).

Strain UE'in temel prensibi aksiyel doku deplasmanına (strain) neden olan kompresif kuvvetlerin öncesinde ve sonrasında eko setlerinin hesaplanması ve karşılaştırılmasıdır (120). Strain UE bir bölgenin başka bir bölgeye kıyasla rölatif strainin ölçülmesi ve bir harita ile ifade edilmesidir. Manuel kompresyon uygulandığı için farklı basınç seviyeleri, doku derinliklerine doğru prob dizilimi, transdüser'in düzlem dışı hareketlerine göre deplasmanında (yer değişimi) farklılıklar olabilmektedir. Bunun sonucunda ise teknik operatör bağımlı hale gelmektedir. Bu etkilerin bazılarının azaltılması, artefaktların engellenmesi ve sinyal-gürültü oranının düzeltilmesi amacıyla sofistike örneklem yöntemleri kullanılmaktadır. Bu teknikte konvansiyonel B-mod görüntülerin içerisinde strain bilgilerinin direkt gösterimi yapılmaktadır. Kullanıcı tarafından renkli veya gri skala seçilmektedir. Yumuşak dokuları seçmek için sıklıkla kırmızı, sert dokuları göstermek için mavi, ara sertlikteki dokular için sarı/yeşil renk tercih edilmektedir. Bu yöntemle elde edilen elastisite verisi kalitatif ve semi-kantitatif özelliktedir. Her bir bölgesnin straini elastogramdaki diğer dokuların straini ile karşılaştırılmaktadır. Bu nedenle elastogram sadece görsel karşılaştırmada kullanılabilen göreceli bir görüntüdür (12,118).

Strain UE başlıca meme, prostat, karaciğer, pankreas, tiroid, serviks ve lenf nodlarında maligniteleri saptamak ve ayırımı yapmak için kullanılmaktadır. Aynı zamanda kas-iskelet uygulamalarında kullanılan en sık elastografi yöntemidir (11,121). Çalışmamızda da siyatik sinir elastisitesinin değerlendirilmesinde tercih edilmiştir.

2.3.2.2. Acoustic radiation force impulse

Acoustic radiation force impulse (ARFI) tekniği, eksternal bir kompresyon yerine odaklanmış ultrason dalgalarının internal olarak uyarılması ile uyarılan dokuların kullanıldığı strain UE yöntemidir.

Ultrason dalgaları doku içinden geçtikçe, yumuşak dokular sert dokulara kıyasla daha fazla yer değiştirmektedir. Dalgalar tarafından oluşturulan deplasman ve uyarım sonrasında doku orjinal konfigürasyonuna dönmektedir. Doku deplasmanı kısa süreli dalga ekoları ile ölçülebilmektedir. Bu şekilde referans görüntüyle karşılaştırma yapılabilecek bilgiler elde edilmektedir. Bu teknik sonunda doku sertliğini yansıtan kalitatif renk kodları veya gri skala elastogram elde edilmektedir. Daha derin dokuların görüntülenebilmesi bu yöntemin avantajıdır ve bu nedenle karaciğer, tiroid ve meme görüntülemesinde kullanılmaktadır (122,123,124).

2.3.2.3. Shear wave Elastografi

Shear wave UE'in çalışma prensibi diğerlerinden farklıdır. Shear dalgaları, prob tarafından üretilen konvansiyonel ultrason dalgaları doku ile temas ettiğinde doku içinde oluşmaktadır. Shear dalgaları ultrason dalgalarının neden olduğu aksiyel deplasmana göre dikey olarak yayılır ve konvansiyonel ultrasondan 10.000 kat daha hızlı küçülürler.

Hızlı algoritmaların kullanılmasıyla birlikte, shear dalgalarının hızı ölçülebilir ve bu şekilde doku sertliği belirlenebilir. Sonuçlar kPa (kilopascal) cinsinden ifade edilir. İşlem sonrasında hem kalitatif renk kodları, hem de shear dalgalarının hızı ve elastisitenin kantitatif haritası elde edilir. Strain UE yönteminden doku kompresyonunun olmaması nedeniyle daha objektif olup elastisitenin direkt olarak değerlendirilmesi ve kantitatif ölçümlerin yapılmasını sağlamaktadır. Ancak, shear dalgalarının üretilmesi için belirli bir derinlik gerektiği için bu yöntemin yüzeyel dokularda kullanımı hakkında tartışmalar mevcuttur (117,125).

2.3.2.4. Transient Elastografi

Aynı zamanda vibrasyon kontrollü elastografi olarak da bilinmektedir. Kısa tonlu patlayıcı tarzda vibrasyon kullanılarak eksternal kompresyon uygulandığı için Shear wave UE'in bir varyantı olduğu kabul edilir. Yöntem aynı zamanda shear dalgalarının dokudaki hızının ölçülmesine dayanır ancak dokular arasındaki etkileşim ve yansıma hatalarından kaçınmak için vibrasyon sürekli değildir bu şekilde yansıyan dalgalar ilerleyen dalgalardan ayrılabilir.

Transient UE başlıca karaciğer hastalıklarının değerlendirilmesi için kullanılmaktadır (11,105,117).

2.3.3. Ultrason elastografi klinik kullanım alanları

Ultrason elastografi'nin en sık kullanım alanlarından birisi meme dokusudur. Garra ve ark'ı UE'un benign lezyonları malign lezyonlardan ayırmada başarılı olduğunu bildirmiştir (126). Itoh ve ark ise memenin incelenmesinde UE tanısal performansının konvansiyonel US'ye benzer olduğunu bildirmiştir (6). Zhi ve ark'ı ise UE, konvansiyonel US ve mammografiyi karşılaştırmıştır. Üç modalite içerisinde elastografinin spesifitesi daha yüksek (%95.7) bulunmuştur. Tanı doğruluğu %88.2, pozitif prediktif değeri ise %87.1 bulunmuştur. EUS ile konvansiyonel US'nin kombinasyonu sayesinde en yüksek sensitivite (%89.7) ve en yüksek tanı doğruluğuna (%93.9) ulaşılmıştır (127).

EUS kullanım alanlarından diğeri ise karaciğer sirozu, fibrozisi ve fokal karaciğer lezyonlarıdır. Kronik karaciğer hastalıklarında tedaviden fayda görecektir hastaların ve prognozun belirlenmesi için inflamasyon ile fibrozisin evrenmesi önemlidir. Karaciğer biyopsisi fibrozisin değerlendirilmesinde altın standart kabul edilmektedir (128,129). Ancak bu yöntemin doğruluğu spesimen büyüklüğü, örnekleme hataları ve gözlemciler arası değişkenliğe bağlıdır (130). Aynı zamanda pahalı ve invaziv bir yöntemdir. Bu nedenle invaziv olmayan daha kolay uygulanabilir yöntemler araştırmaların konusu olmuştur.

Yakın bir zamanda karaciğer dokusu ve fibrozisin değerlendirilmesi için çeşitli elastisite görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir. Bu amaçla manyetik rezonans elastografi, transient ultrason elastografi, süpersonik shear elastografi kullanılmıştır (106).

Tiroid yapılarının değerlendirilmesinde en önemli yöntemlerden birisi B-mod ultrasonografi olup nodül varlığı, parankim ekojenitesi veya kan akımını gibi birçok konuda detaylı bilgiler sağlamaktadır (8). Ancak nodüllerin özellikleri hakkında yeterli düzeyde bilgi sağlamamaktadır. Çoğu tiroid nodülü benign özellikte olmasına rağmen sadece konvansiyonel US kullanılarak benign-malign ayırımı yapılamamaktadır. Bu nedenle sıklıkla ince iğne aspirasyon biyopsisi tercih edilmektedir. Ancak daha kolay ve non invaziv yöntemlere ihtiyaç vardır. Elastografinin tiroid nodüllerinde kullanımı hakkındaki ilk çalışmaların sonuçları yüz güldürücüdür (131). 2010 yılında yayınlanan bir meta-analizde kalitatif gerçek zamanlı UE'un malign nodülleri benign nodüllerden ayırmada %92 sensitivite, %95 spesifitede olduğu belirtilmiştir (8,131). Sebag ve ark'ı ise Shear wave elastografi (SWE) ile bu ayırım için spesifiteyi %93.2, spesifiteyi %95.2 ifade etmiştir (132). Nodüllerin karakterizasyonu haricinde Hashimoto, Graves hastalığı, kronik otoimmün tiroid tanısında da elastografik yöntemler tercih edilmiştir (106).

Elastografinin kullanıldığı diğer anatomik lokalizasyonlar içerisinde lenf nodları, prostat bezi, pankreas ve serviks yer almaktadır (11,133,134).

Elastografinin yeni kullanım alanları içerisinde sinir sistemi de yer almaktadır. Ghajarzadeh ve ark'ı (135) strain elastografi yöntemi ile median siniri değerlendirmiş, karpal tünel sendromu tanısında elastografinin kullanılabileceğine işaret etmiştir. Kompresyon nöropatilerinde sinirin elastik özellikleri değişmektedir. Değişen bu elastisite ise elastografi ile değerlendirilebilmektedir. Greening ve ark'ı (136) ise postüre bağlı değişimlerin periferik sinirlerin sertliğinde değişimlere yol açabildiğini ifade etmiştir. Çalışmalarında median ve tibial sinirin postüral değişimlerden etkilendiğini shear-wave elastografi ile göstermiştir.

Türkiye’de İnal ve ark’ı tarafından yapılan çalışmada ise Behçet hastalarının optik sinirleri strain ve shear wave elastografi ile değerlendirilmi ve kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Behçet hastalarının optik sinirlerinden elde edilen elastografi bulgularının kontrol grubundan farklı olduğu görülmüştür (137).

Hareket sırasında periferik sinirlere mekanik stres uygulandığı hipotezinden yola çıkan Andrade ve ark’ı tarafından yakın bir zamanda yapılan çalışmada da siyatik sinirin ayak bileği dorsifleksiyon hareketi sonrasında elastografi bulgularının değişim gösterdiği ifade edilmiştir (17). Periferik sinirlerde doku elastisite özelliklerinin değişim göstermesi dikkate alınıp, çalışmamızda daha önce incelenmemiş olan, lomber disk hernilerine bağlı foraminal stenoz sonucunda siyatik sinir elastisite özelliklerinin değişim gösterebileceği düşünülerek strain ve shear wave elastografi yöntemleriyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Etik kurul izni

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 24.01.2017 tarih ve 03/02 nolu onayı ile gerçekleştirildi (Ek - 1).

3.2. Çalışmanın özellikleri

Çalışma tanımlayıcı ve vaka-kontrol tipinde klinik bir çalışmadır. Çalışmaya Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D’de lomber disk hernisi tanısı koyulmuş hastalar ve yaş - cinsiyete göre eşleştirilmiş, lomber disk hernisi olmayan kontrol grubundan oluşmaktadır. Çalışmamızda %80 istatistik güç ve %95 güven aralığında, siyatik sinir elastisitesinde gruplar arasında en az %20 farklılık olacak şekilde örneklem büyüklüğü hesaplandığında (OpenEpi [www.OpenEpi.com]) her bir grupta en az 12 katılımcının olması gerektiği hesaplanmıştır. Çalışmamıza L4-S1 aralığında foraminal düzeyde tek seviyede ve tek taraflı lomber disk hernisi tanısı alan, 3 ay-1 yıldır siyatalji şikayeti olan, bu süre içerisinde MRG incelemesi yapılmış ve MRG incelemesinden sonraki 2 ay içerisinde de siyatik siniri UE ile değerlendirilen 40 hasta ile yaşa ve cinsiyete göre eşleştirilmiş lomber disk hernisi olmayan 40 sağlıklı gönüllü dahil edilmiştir. Kontrol grubu bel ağrısı ve ilişkili şikayetler nedeniyle değerlendirilmiş ancak klinik pratik gereği istenen lomber MRG’nde disk hernisi lehine bulgusu olmayan hastalardan oluşmaktadır.

Çalışmaya alınan hastaların yaş, cinsiyet gibi sosyodemografik bilgileri, foraminal stenozun wildermuth evresi, her iki taraftan B-mod ultrasonografi ile ölçülen siyatik sinir çapları, siyatik sinirin strain ve shear wave elastografisi ile hem aksiyel, hem de longitudinal düzlemde değerlendirilen elastisitesinin kantitatif ve kalitatif ölçüm değerleri hasta veri formuna kaydedildi. Lomber disk hernisine bağlı foraminal stenozu olan hastalar Wildermuth evrelemesi ile sınıflandırıldı.

3.3. Çalışmanın amacı

Lomber disk hernisi hastalarında, gluteal düzeyde, siyatik sinirin Ultrason elastografi ile incelenmesidir. Böylece lomber disk hernili hastalarda diskojenik sebepli siyatik sinir etkilenmesinin değerlendirilmesinde UE'nin yararlı olup olmayacağını ortaya koymaktır

3.4. Çalışmanın hipotezi

Lomber disk hernili hastalarda siyatik sinirdeki mekanik bası bası ve inflamatuvar değişiklikler sonucunda artacak olan doku sertliğinin UE ile değerlendirilebileceğini öngörmekteyiz.

3.5. Çalışmaya dahil edilme kriterleri

1. 18-50 yaş arası foraminal düzeyde lomber disk hernisi tanısı olan hastalar

3.6. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri

1. B- mod US görüntü kalitesi ve elastografi değerliliğini azaltan durumlar (kalın gluteal cilt altı yağ dokusu, kalça eklemine protez ve/veya dejenerasyon bulunan hastalar)
2. Non diskojenik kaynaklı siyatik sinir etkilenmesi (tümör, kist, travma, sakroileit, piriformis sendromu, vasküler nedenler ve vertebral kemik patolojileri) olan hastalar
3. Postoperatif lomber disk hernisi hastaları
4. Diyabet hastaları
5. Diğer dejeneratif, inflamatuvar, infeksiyöz disk hastalıklarına sahip olan hastalar

3.7. Lomber disk hernisi ve foraminal stenoz tanısı

Bu çalışmada lomber disk hernisi tanısı ve foraminal düzey değerlendirilmesinde North American Spine Society, American Society of Spine Radiology ve American Society of Neuroradiology tarafından önerilen MRG'yi temel alan tanımlama kullanılmıştır (138). Bu tanımlamaya göre herniasyon; disk dokusunun, normal intervertebral disk aralığı sınırlarından lokalize veya fokal olarak dışarıya çıkmasıdır (Şekil 13).



Şekil 13. Disk hernisi sınıflandırması (soldaki resim) A: Protrude, B: Ekstrude, C: Sekestre disk hernisi.

Disk herniasyonu lokalizasyonları (sağdaki resim) SZ: Santral zon, SAZ: Subartiküler zon, FZ: Foraminal zon, EFZ: Ekstraforaminal zon (Dr. Ahmet ÖZTÜRK' ün izniyle)

Çalışmamızda, MRG inceleme için 1.5 tesla gücünde MRG cihazı kullanıldı (Philips MRI Systems®, Achieva Release 3.2 Level 2013-10-21, Philips Medical Systems, Hollanda). Rutin lomber MRG’ de kullanıldığımız protokol aşağıda belirtilmiştir:

- Aksiyel T2-ağırlıklı görüntüleme (T2AG) (repetition time [TR]/echo time [TE]: 2867 ms/100 ms, NEX: 2, slice thickness/gap: 4 mm/1 mm, field of view [FOV]: 150× 150 mm, acquisition matrix: 152 x104 mm); sagittal T2-ağırlıklı görüntüleme (T2AG) (TR/TE: 3862 ms/100 ms, NEX: 2, slice thickness/gap: 4 mm/1 mm, FOV 160 × 331 mm, acquisition matrix: 176 × 260 mm, sagittal T1- ağırlıklı görüntüleme (T1AG) (TR/TE: 554ms/7 ms, NEX: 2, slice thickness/gap: 4mm/1 mm, FOV 160 × 332 mm, acquisition matrix: 160 × 245 mm)

Lomber disk hernisine bağlı foraminal stenoz Wildermuth evrelemesi ile sınıflandırılmıştır. 1998 yılında Wildermuth ve ark’ı (82) tarafından oluşturulan bu evreleme 2013 yılında Park ve ark’ı (85) tarafından revize edilmiştir. Bu sınıflama aşağıda özetlenmiş olup çalışmamızda kullanılmıştır.

- Evre 0: normal foramen
- Evre 1: hafif foraminal stenoz
- Evre 2: orta dereceli foraminal stenoz
- Evre 3: şiddetli foraminal stenoz

3.8. Siyatik sinirin Ultrason elastografi ile değerlendirmesi

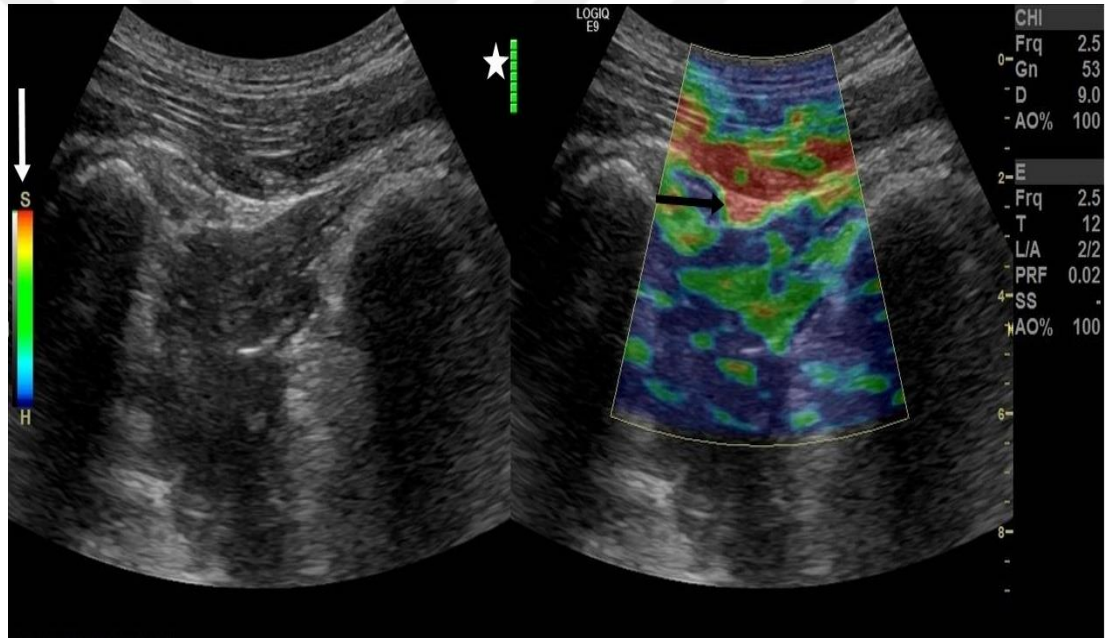
Ultrason elastografi incelemeleri gerçek zamanlı doku elastografi yazılımına sahip dijital sonografi cihazı ile 5-9 MHz multifrekans konveks prob kullanılarak bilateral gluteal bölgede hem aksiyel hem de longitudinal düzlemde yapıldı (LOGIQ E9, GE Healthcare, 2014, 9900 Innovation Drive, Wauwatosa, Wisconsin, 53226 ABD). Elastografi yöntemi olarak hem strain hemde shear wave elastografi kullanıldı.

Siyatik sinir elastografisi Chan ve ark'ı (139) tarafından belirtilen yöntem olan transgluteal bölgeden, lateral dekübit pozisyonda, diz ve kalça fleksiyondayken yapıldı. Ultrasonografi inceleme B-mod ve UE hakkında tecrübeli iki radyolog tarafından birlikte yapıldı (Şekil 14).



Şekil 14. Sağdaki resim: Gluteal düzeyde, hasta kalça-diz fleksiyonda iken lateral dekübit pozisyonunda siyatik sinirin US incelemesi Soldaki resim: B-mod görüntü karşılığı (GT: Great trochanter, IT: Ischial tuberosity, GM: Gluteus maximus, QF: Quadriceps femoris, SN: Sciatic nerve)

Strain elastografi incelemesi prob ile gluteal bölgeye hafif ve ritmik kompresyon uygulanarak gerçekleştirildi. Monitörde B-mod görüntüler üzerine süperpoze olan strain elastografi renk kodlaması elde edildi. Cihazdaki 1-7 aralığındaki kompresyon bar ölçeğine göre, ideal kompresyon uygulandığını gösteren (5-7 bar basınç) ekran görüntüleri şekil 15’ te gösterildiği gibi değerlendirmeye alındı. Strain elastografi incelemesi hem aksiyel hem longitudinal düzlemde video formatında analiz edilmek üzere dijital olarak cihaz hafızasına kaydedildi. Kırmızıdan maviye değişen renk kodlarının analizinde kırmızı en yumuşak dokuyu, yeşil orta sertlikteki dokuyu, mavi en sert dokuyu ifade etmekteydi (140).



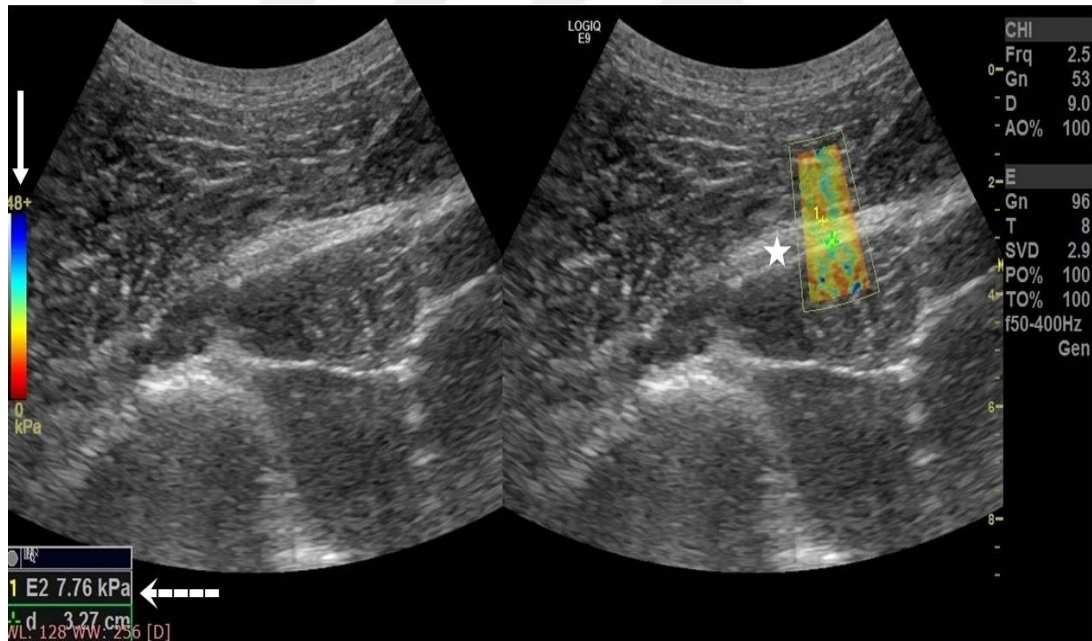
Şekil 15. Aksiyel düzlemde siyatik sinirin B-mod (sağdaki resim) ve süperpoze Strain elastografi incelemesi (soldaki resim). Strain elastografi renk skalasında (beyaz ok) kırmızı yumuşak, mavi sert dokuyu kodlamaktadır. Kompresyon barındaki (yıldız) 7 ölçeğin en az 5'inin dolu olması optimal kompresyon yapıldığını göstermektedir. Çalışmamıza dahil sağlıklı gönüllüde siyatik sinir (siyah ok) çevre dokuya görece yumuşak doku patterni ile uyumlu kırmızı renkte kodlanmaktadır.

Ek olarak, kalitatif özellikteki renk kodlamasının kantitatif özelliğini arttırabilmek için renk kodlamaları doku sertliği artacak şekilde tarafımızdan hasta verilerinin dağılımına göre sadece kırmızı, sarı-kırmızı, yeşil-sarı, sadece yeşil, mavi-yeşil ve sadece mavi olarak sınıflandırıldı (Tablo 4).

Tablo 4. Strain elastografide siyatik sinir renk kodlamasının hasta dağılımına göre sınıflandırılması

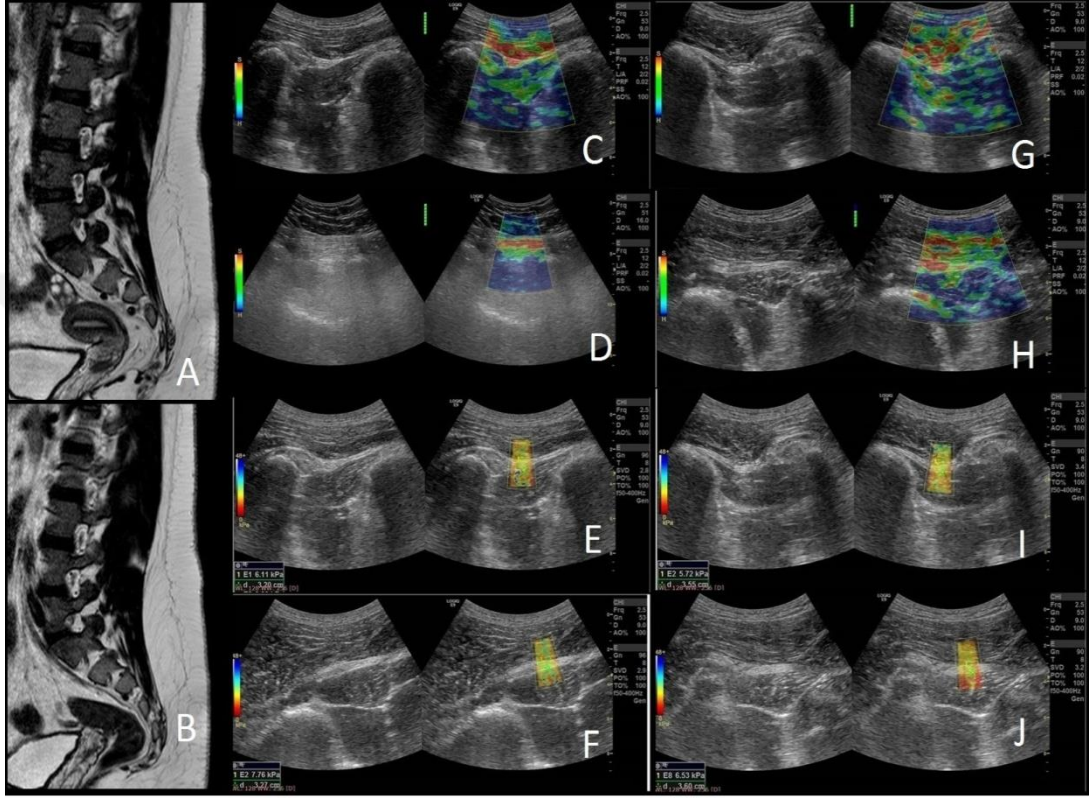
STRAIN ELASTOGRAFI PATTERNİ	SUBTİPLER	RENK KODU
	Tip 1 a	Mavi
	Tip 1 b	Mavi- Yeşil
	Tip 2 a	Yeşil
	Tip 2 b	Yeşil-Sarı
	Tip 3 a	Kırmızı-Sarı
	Tip 3 b	Kırmızı

Shear wave elastografi incelemesinde her hasta kompresyon uygulanmadan değerlendirildi. B-mod ve shear wave elastografi görüntüleri aynı ekranda eş zamanlı olarak görüntülendi. Shear wave elastografi incelemesi hem aksiyel hem longitudinal düzlemde video formatında analiz edilmek üzere dijital olarak cihaz hafızasına kaydedildi. Siyatik sinir sertliğinin kantitatif ölçümleri, çalışmayı yürüten iki radyologun ortak değerlendirmesi ile bilateral siyatik sinir için hem aksiyel hem longitudinal düzlemde şekil 16' da gösterildiği gibi 0-48 kPa aralığında renk skalasında, 2-4 mm aralıktaki bir dairesel ilgi alanı kullanılarak kilopaskal (kPa) cinsinden yapıldı. Ölçümler en az üç defa tekrarlandı ve istatistiksel analiz için ortalama değerleri alındı.



Şekil 16. Longitudinal düzlemde siyatik sinirin (yıldız) B-mod (sağdaki resim) ve süperpoze Shear wave elastografi incelemesi (soldaki resim). 0-48 kPa aralığındaki shear wave elastisite skalasında (beyaz ok) doku renk kodu kırmızıdan maviye ilerledikçe, artan doku sertliğinin kantitatif olarak karşılığı olan kilopaskal değeri artmaktadır. Çalışmamıza dahil sağlıklı gönüllüde (soldaki resim) shear wave elastografi inceleme penceresinde siyatik sinirden ölçülen alanın elastisite değeri 7.76 kPa ölçülmüştür (kesikli ok).

3.8.1 Siyatik sinirin US elastografi değerlendirmesinin olgu örnekleri

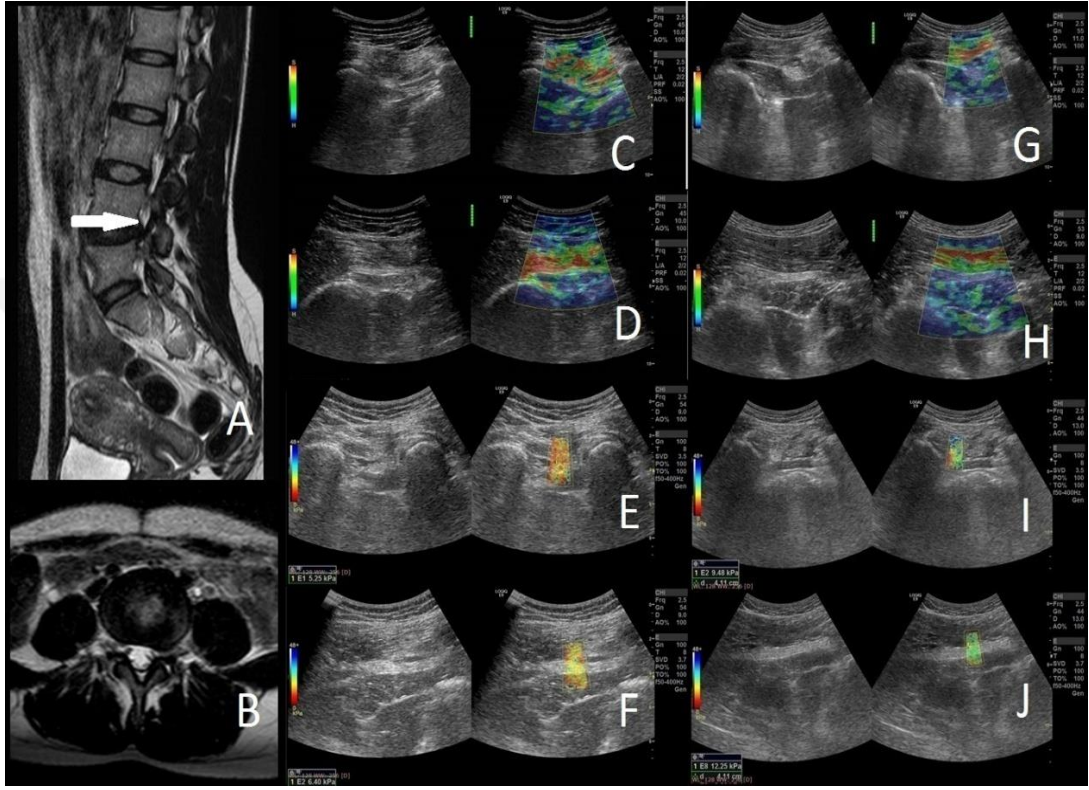


Şekil 17. Sağlıklı gönüllüde siyatik sinirin UE incelemesi

22 yaşında, sağlıklı kadın gönüllünün sagittal düzlemdeki T2A MRG incelemesinde sağ (A) ve sol (B) nöral foramenler doğal görünümündedir.

Sağ siyatik sinir, strain elastografi incelemesinde aksiyel (C) ve longitudinal (D) düzlemde tip 3b patterni göstermektedir. Shear wave elastisite değeri aksiyel düzlemde (E) 6.11 kpa, longitudinal düzlemde (F) 7.76 kpa ölçülmektedir.

Sol siyatik sinir, strain elastografi incelemesinde aksiyel (G) ve longitudinal (H) düzlemde tip 3a patterni göstermektedir. Shear wave elastisite değeri aksiyel düzlemde (I) 5.72 kpa, longitudinal düzlemde (J) 6.53 kpa ölçülmektedir.

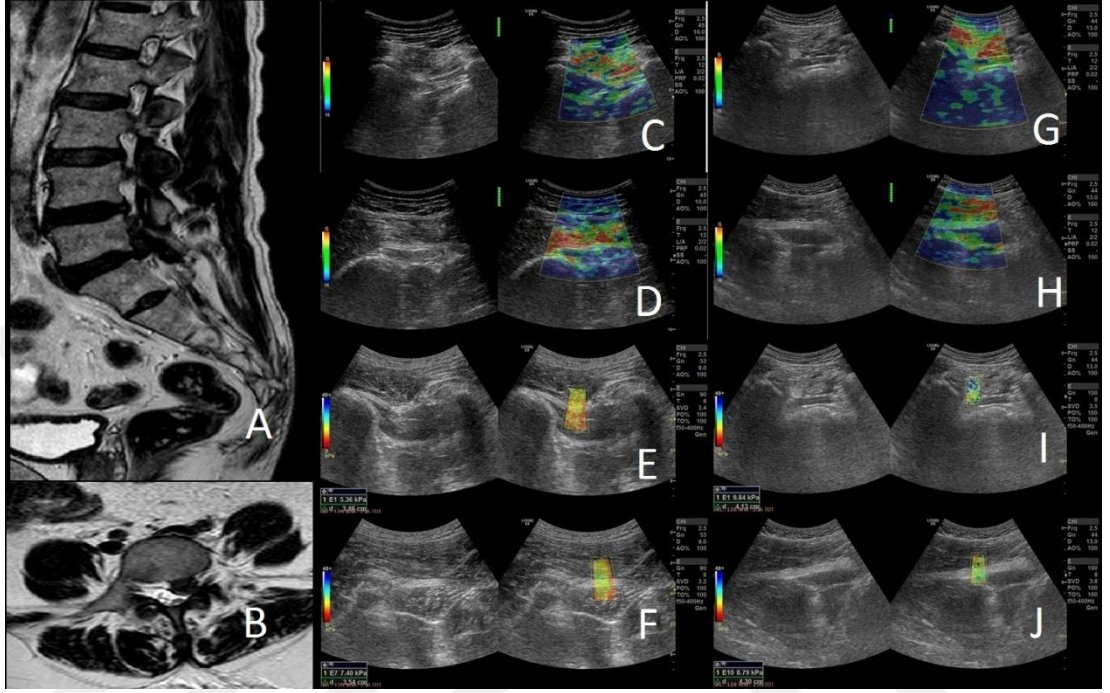


Şekil 18. Foraminal stenozu olan hastada siyatik sinirin UE değerlendirilmesi

36 yaşında, altı aydır siyatalji şikayeti olan kadın hastanın sagittal T2A MRG incelemesinde sol L4 nöral foramende wildermuth evre 2 daralmaya neden olan foraminal disk protruzyonu (B) mevcut.

Sağ siyatik sinir, strain elastografi incelemesinde aksiyel (C) ve longitudinal (D) düzlemde tip 3b patterni göstermektedir. Shear wave elastisite değeri aksiyel düzlemde (E) 5.25 kpa, longitudinal düzlemde (F) 6.40 kpa ölçülmektedir.

Sol siyatik sinir, strain elastografi incelemesinde aksiyel (G) ve longitudinal (H) düzlemde tip 1a patterni göstermektedir. Shear wave elastisite değeri aksiyel düzlemde (I) 9.48 kpa, longitudinal düzlemde (J) 12.25 kpa ölçülmektedir.



Şekil 19. Foraminal stenozu olan diğer bir hastada siyatik sinirin UE değerlendirilmesi

43 yaşında, üç aydır siyatik şikayeti olan erkek hastanın sagittal T2A MRG incelemesinde sol L5 nöral foramende wildermuth evre 3 daralmaya neden olan subartikuler-foraminal ekstrüde disk hernisi (B) mevcut.

Sağ siyatik sinir, strain elastografi incelemesinde aksiyel (C) ve longitudinal (D) düzlemde tip 3b patterni göstermektedir. Shear wave elastisite değeri aksiyel düzlemde (E) 5.36 kpa, longitudinal düzlemde (F) 7.40 kpa ölçülmektedir.

Sol siyatik sinir, strain elastografi incelemesinde aksiyel (G) ve longitudinal (H) düzlemde tip 2a patterni göstermektedir. Shear wave elastisite değeri aksiyel düzlemde (I) 9.84 kpa, longitudinal düzlemde (J) 8.79 kpa ölçülmektedir.

3.9. İstatiksel analiz

İstatistiksel analizler SPSS (SPSS version 20.0, IBM® , ABD) paket yazılımı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler sayı, yüzde, ortalama ve standart sapma olarak özetlendi. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu, görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogorov –Smirnov, Shapiro-Wilk testleri) kullanılarak incelendi.

Normal dağılım gösterme durumuna göre belirlenen sayısal değişkenler (yaş) iki grup arasında Bağımsız Gruplarda T testi kullanılarak karşılaştırıldı. Normal dağılım göstermeyen sayısal değişkenlere sahip (sağ siyatik ve sol siyatik sinir çap) iki grup Mann Whitney U testi, üç ve daha fazla grup Kruskal Wallis Testi kullanılarak karşılaştırıldı.

Niteliksel değişkenler, gruplar arasında Ki-kare testi kullanılarak karşılaştırıldı. Değişkenler arasındaki ilişkilerin tespitinde spearman korelasyon analizi kullanıldı.

Shearwave elastografide saptanan değerlerin tanısal önemini analiz etmek için Receiver operating characteristic (ROC) eğri analizleri kullanıldı. ROC eğrileri ile hasta ve kontrolleri ayıran eşik değeri belirlendi. Belirlenen eşik değerin pozitif ve negatif prediktif değerleri hesaplandı. Hem aksiyel hem de longitudinal düzlemde elde edilen elastisite sonuçları ROC analiziyle ayrı ayrı değerlendirildi.

P değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar olarak değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya lomber disk hernisi tanılı 40 hasta ve 40 sağlıklı gönüllü dahil edildi. Hastaların ortalama yaşı 43.1 ± 12.7 yıl (median 44.5 yıl, 21-64 yıl aralığında), kontrol grubunun yaş ortalaması 42.9 ± 10.7 'ydi (median 41.5 yıl, 26-61 yıl aralığında). Hastaların %50'si (n=20) kadın, %50'si (n=20) erkekti. Kontrol grubunun %55'i (n=22) erkek, %45'i (n=18) kadındı. Hasta ve kontrol grubu cinsiyet dağılımı (p=0.654) ve yaş açısından (p=0.955) benzerdi (Tablo 5).

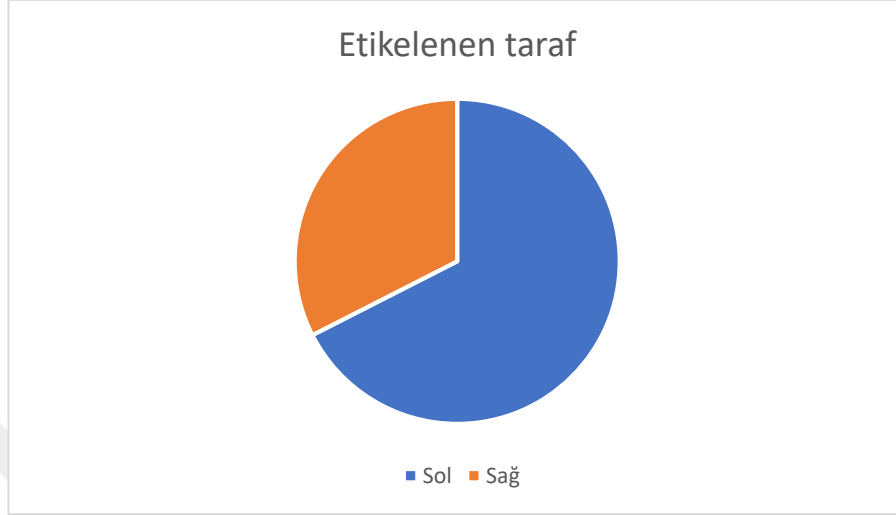
Tablo 5. Hasta ve kontrollerin sosyo-demografik özellikleri

		Hasta (n=40)	Kontrol (n=40)	P değeri
		Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	
Yaş*		43.1 ± 12.7	42.9 ± 10.7	0.955
		Yüzde (n)	Yüzde (n)	
Cinsiyet**	Erkek	50 (20)	55 (22)	0.654
	Kadın	50 (20)	45 (18)	

*Bağımsız gruplarda t testi

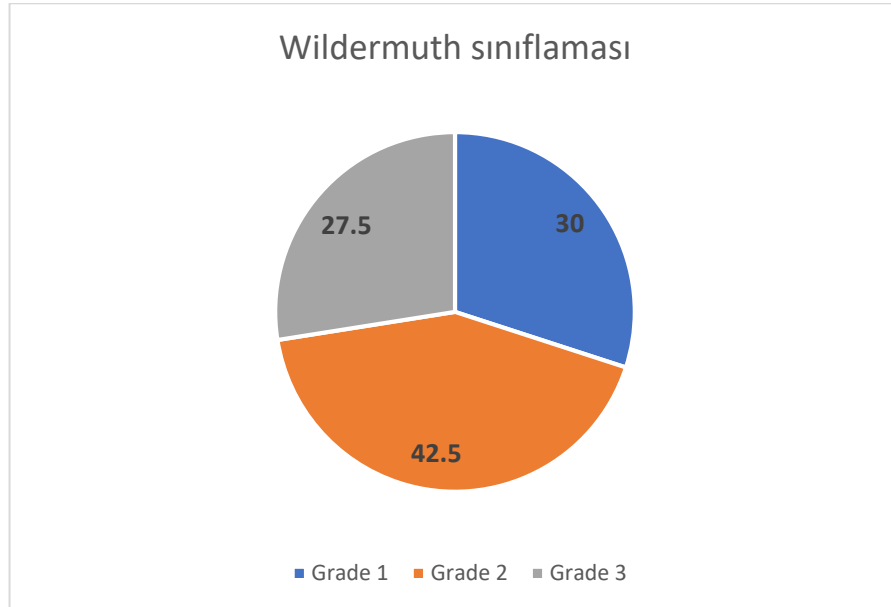
**Ki-kare testi

Hastaların %67.5'inde (n=27) sol siyatik sinir etkilenirken, %32.5'inde (n=13) sağ siyatik sinir etkilenmişti (Şekil 20).



Şekil 20. Hastaların etkilenen siyatik sinir tarafları

Wildermuth evrelemesine göre hastaların %30'u evre 1, %42.5'i evre 2, %27.5'i evre 3'tü (Şekil 21).



Şekil 21. Hastaların Wildermuth sınıflamasına göre dağılımı

Hastaların ortalama sol siyatik sinir çapı 5.9 ± 0.9 mm, sağ siyatik sinir çapı 5.8 ± 0.8 mm'di. Kontrol grubunda bu değerler sırasıyla 5.8 ± 0.4 mm ve 5.9 ± 0.4 mm'di. Hasta ile kontrol grubu, sağ siyatik sinir çapı ($p=0.494$) ve sol siyatik sinir çapları ($p=0.714$) açısından benzerdi. Hastaların etkilenen taraf siyatik sinir çapı 5.8 ± 0.8 mm, sağlam taraf siyatik sinir çapı 6.0 ± 0.9 mm'di. Hastaların etkilenen taraf siyatik sinir çapı ile sağlam taraf siyatik sinir çapı birbirine benzerdi ($p=0.261$). Elde edilen bulgular Tablo 6'da özetlendi.

Tablo 6. Hasta ve kontrollerin siyatik sinir çapları ve karşılaştırılması

	Hasta			Kontrol			p
	Ort $\pm$ SS	Median	Min-max	Ort $\pm$ SS	Median	Min-max	
Sağ siyatik sinir çapı (mm)	5.8 ± 0.8	6.0	4.6-8.1	5.9 ± 0.4	5.9	5.2-7.7	0.494
Sol siyatik sinir çapı (mm)	5.9 ± 0.9	5.7	4.4-8.0	5.8 ± 0.4	5.8	5.1-7.3	0.714

Hastaların strain elastografi ise elastisite tiplendirmesi sonucunda, etkilenen tarafta siyatik sinir hastaların %32.5'i sadece mavi, %47.5'i mavi-yeşil, %10'u sadece yeşil, %5'i yeşil-sarı, %2.5'i sarı-kırmızı, %2.5'i sadece kırmızı kodlanmaktaydı. Normal tarafta siyatik sinir, hastaların %10'unda mavi-yeşil, %20'sinde sadece yeşil, %50'sinde yeşil-sarı, %15'inde sarı-kırmızı, %5'inde sadece kırmızı kodlanmaktaydı. Kontrol grubunda sağ siyatik sinir, hastaların %7.5'inde mavi-yeşil, %10'unda yeşil, %62.5'inde yeşil-sarı, %2.5'inde sarı-kırmızı, %17.5'inde sadece kırmızı boyanmaktaydı. Sol siyatik sinir hastaların %12.5'inde yeşil, %70'inde yeşil-sarı, %17.5'inde sadece kırmızı kodlanmaktaydı. Sol siyatik sinir hastaların %12.5'inde sadece yeşil, %70'inde yeşil-sarı, %17.5'inde sadece kırmızı kodlanmaktaydı (Tablo 7).

Tablo 7. Hasta ve kontrollerin strain elastografi sonuçlarının dağılımı

Strain elastografi renk kodu	Hasta		Kontrol	
	Etkilenen taraf	Normal taraf	Sağ siyatik sinir	Sol siyatik sinir
	<i>N (%)</i>	<i>N (%)</i>	<i>N (%)</i>	<i>N (%)</i>
Sadece mavi	13 (32.5)	0	0	0
Mavi-yeşil	19 (47.5)	4 (10)	3 (7.5)	0
Sadece yeşil	4 (10)	8 (20)	4 (10)	5 (12.5)
Yeşil-sarı	2 (5)	20 (50)	25 (62.5)	28 (70)
Sarı-kırmızı	1 (2.5)	6 (15)	1 (2.5)	0
Sadece kırmızı	1 (2.5)	2 (5)	7 (17.5)	7 (17.5)

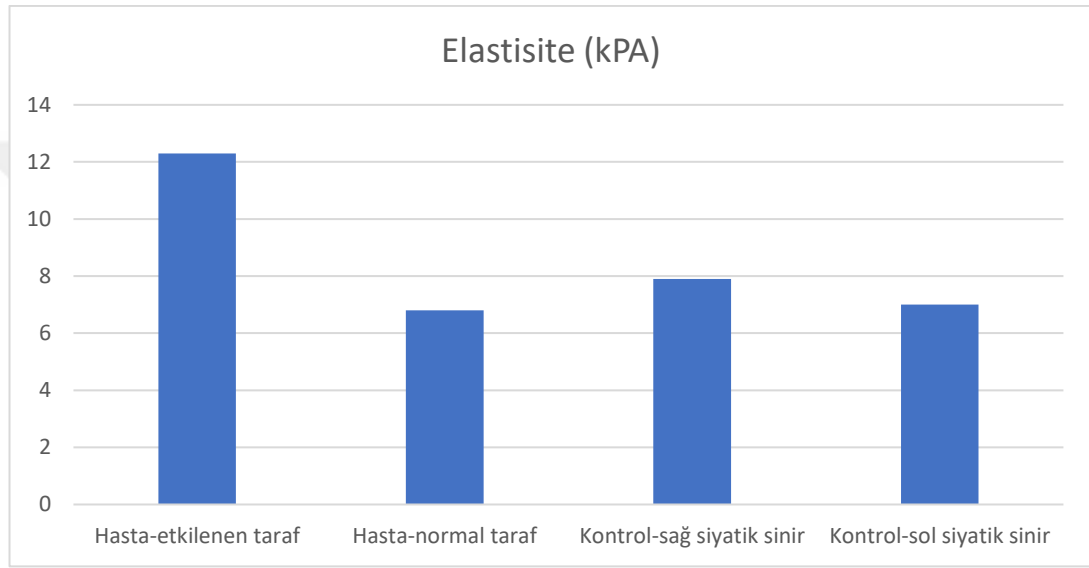
Hastaların shear wave elastografi ile değerlendirilen siyatik sinir elastisitesi (aksiyel kesit) etkilenen tarafta 12.3 ± 3.7 kPA, normal tarafta 6.8 ± 2.1 kPA'ydı. Etkilenen tarafın doku sertliği, normal tarafa kıyasla belirgin derecede yüksekti ($p<0.001$). Hastaların etkilenen tarafın longitudinal kesitte değerlendiren doku elastisitesi 14.3 ± 3.8 kPA, normal tarafta ise 8.3 ± 2.3 kPA'ydı. Etkilenen tarafın doku sertliği, normal tarafa kıyasla belirgin derecede yüksekti ($p<0.001$). Kontrol grubunda sağ siyatik sinir elastisitesi (aksiyel) 7.9 ± 2.2 kPA, sol siyatik sinirin 7.0 ± 1.8 kPA'dı. Kontrol grubunda, sağ ve sol siyatik sinirin aksiyel kesitte değerlendirilen elastisiteleri benzerdi ($p=0.090$). Kontrol grubunda sağ siyatik sinir elastisitesi (longitudinal) 9.9 ± 2.5 kPA, sol siyatik sinirin 8.5 ± 1.8 kPA'dı. Kontrol grubunda, longitudinal kesitte değerlendirilen sağ siyatik sinirin doku sertliği sol siyatik sinirden daha fazlaydı ($p=0.011$). Elde edilen bulgular Tablo 8'de özetlenmiştir.

Tablo 8. Hasta ve kontrollerin siyatik sinir elastisitesi ve karşılaştırılması

HASTA GRUBU	Ort ± SS	Median	Min-max	p
Etkilenen taraf siyatik sinir elastisitesi (aksiyel)	12.3 ± 3.7	11.6	6.8-19.9	<0.001*
Normal taraf siyatik sinir elastisitesi (aksiyel)	6.8 ± 2.1	6.1	4.1-11.3	
Etkilenen taraf siyatik sinir elastisitesi (longitudinal)	14.3 ± 3.8	13.6	6.2-22.8	<0.001*
Normal taraf siyatik sinir elastisitesi (longitudinal)	8.3 ± 2.3	7.8	4.3-12.8	
KONTROL GRUBU				
Sağ siyatik sinir elastisitesi (aksiyel)	7.9 ± 2.2	7.8	4.3-14.5	0.090
Sol taraf siyatik sinir elastisitesi (aksiyel)	7.0 ± 1.8	7.1	4.3-12.3	
Sağ siyatik sinir elastisitesi (longitudinal)	9.9 ± 2.5	9.7	6.3-16.2	0.011
Sol taraf siyatik sinir elastisitesi (longitudinal)	8.5 ± 1.8	8.3	5.2-13.5	

Sayısal değerler kPA cinsinden ifade edilmiştir(tablodaki * işareti olan değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olanlardır).

Hastaların etkilenen tarafın aksiyel kesitte değeriendirilen siyatik sinir doku sertliği, normal taraf siyatik sinir ($p<0001$), kontrol grubunun sağ siyatik sinir ($p<0001$) ve sol siyatik sinir ($p<0001$) doku sertliğinden daha fazlaydı (Şekil 22).



Şekil 22. Hastalar ve kontrollerin siyatik sinir elastisitelei

Hastaların etkilenen tarafın longitudinal kesitte değerlendirilen siyatik sinir doku sertliği kontrol grubunun sağ siyatik sinir ($p<0001$) ve sol siyatik sinir ($p<0001$) doku sertliğinden daha fazlaydı. Hastaların aksiyel kesitlerinde değerlendirilen elastisiteleri longitudinal kesitlerde değerlendirilen elastisiteleriyle koreleydi ($p<0.001$). Kontrol grubunda da benzer şekilde aksiyel kesitlerden ölçülen elastisiteler, longitudinal kesitlerden değerlendirilen ölçümlerle koreleydi (Tablo 9).

Tablo 9. Aksiyel ve longitudinal düzlemde değerlendirilen elastisitelerin korelasyonu

Grup 1	Grup 2	Korelasyon katsayısı	p
Hasta-aksiyel-etkilenen taraf	Hasta-longitudinal-etkilenen taraf	0.953	<0.001*
Kontrol-aksiyel-sağ	Kontrol-longitudinal sağ	0.955	<0.001*
Kontrol-aksiyel-sol	Kontrol-longitudinal-sol	0.911	<0.001*

(Tablodaki * işareti olan değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olanlardır).

Wildermuth evre 1 olan hastaların etkilenen taraf siyatik sinir çapı 5.3 ± 0.6 mm, evre 2 hastaların 5.9 ± 0.9 mm, evre 3 hastaların 6.0 ± 0.9 mm'di. Hastaların wildermuth evresine göre etkilenen taraf siyatik sinir çapı değişim göstermiyordu ($p=0.082$).

Wildermuth evre 1 olan hastaların etkilene taraf siyatik sinir elastisitesi (aksiyel) 10.8 ± 3.2 kPA, evre 2 hastaların 13.1 ± 3.8 kPA, evre 3 hastaların 12.6 ± 3.7 kPA'dı. Hastaların wildermuth evresine göre etkilenen taraf siyatik sinir elastisitesi (aksiyel) farklılık göstermiyordu ($p=0.208$). Wildermuth evre 1 olan hastaların etkilenen taraf siyatik sinir elastisitesi (longitudinal) 12.7 ± 3.5 kPA, evre 2 hastaların 15.1 ± 3.8 kPA, evre 3 hastaların 14.7 ± 4.2 kPA'dı. Hastaların wildermuth evresine göre etkilenen taraf siyatik sinir elastisitesi (aksiyel) farklılık göstermiyordu ($p=0.225$). Elde edilen bulgular Tablo 10'da özetlendi.

Tablo 10. Wildermuth evresine göre siyatik sinir çapı ve elastisitesinin dağılımı

Wildermuth	Evre 1	Evre 2	Evre 3	p
Siyatik sinir				
çapı (mm)	5.3 ± 0.6	5.9 ± 0.9	6.0 ± 0.9	0.082
Elastisite				
(aksiyel) (kPA)	10.8 ± 3.2	13.1 ± 3.8	12.6 ± 3.7	0.208
Elastisite				
(longitudinal) (kPA)	12.7 ± 3.5	15.1 ± 3.8	14.7 ± 4.2	0.225

Hastaların yaşı ile siyatik sinir çapı değerlendirildiğinde, yaş ile etkilenen taraf ($p=0.474$) ve normal taraf ($p=0.936$) siyatik sinir çapları arasında korelasyon izlenmedi. Bununla birlikte, hastaların yaşı ile etkilenen taraf (longitudinal) doku sertliği arasında negatif yönde bir korelasyon vardı ($p=0.014$). Hastaların yaşı ile aksiyel kesitlerde değerlendirilen doku sertliği arasındaki ilişki anlamlılığa ulaşamadı ($p=0.056$). Normal siyatik sinir aksiyel ($p=0.542$) ve longitudinal elastisitesiyle ($p=0.179$) yaş arasında korelasyon izlenmedi (Tablo 11).

Tablo 11. Hastaların yaşı ile siyatik sinir çapı ve elastisitesi arasındaki ilişki

	Yaş
Korelasyon katsayısı	-0.116
p	0.474
Korelasyon katsayısı	-0.013
p	0.936
Korelasyon katsayısı	-0.305
p	0.056
Korelasyon katsayısı	-0.385
p	0.014
Korelasyon katsayısı	0.099
p	0.542
Korelasyon katsayısı	0.217
p	0.179

Kadınların etkilenen taraf ortalama siyatik sinir çapı 5.5 ± 0.7 mm, erkeklerin 6.0 ± 0.9 mm'di. Siyatik sinir çapı cinsiyetler arasında farklılık göstermiyordu ($p=0.108$). Kadınların etkilenen taraf aksiyel elastisitesi 11.9 ± 3.6 kPA, erkeklerin 12.6 ± 3.7 kPA'ydı. Aksiyel ölçülen elastisite cinsiyetler arasında farklılık göstermiyordu ($p=0.547$). Kadınların etkilenen taraf longitudinal elastisitesi 13.8 ± 3.7 kPA, erkeklerin 14.7 ± 4.0 kPA'ydı. Longitudinal ölçülen elastisite cinsiyetler arasında farklılık göstermiyordu ($p=0.698$). Elde edilen bulgular Tablo 12'de özetlendi.

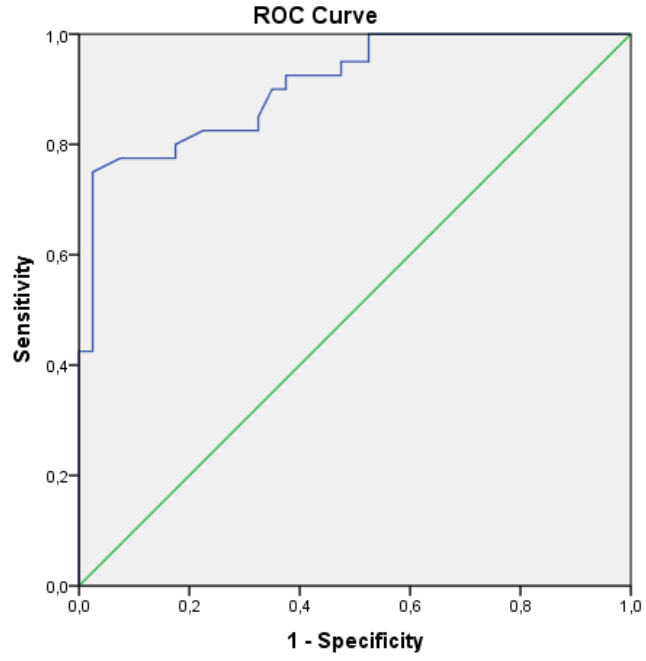
Tablo 12. Cinsiyetler arasında siyatik sinir çapı ve elastisitenin dağılımı

	Kadın	Erkek	p
	Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Etkilenen taraf siyatik sinir çapı (mm)	5.5 ± 0.7	6.0 ± 0.9	0.108
Etkilenen taraf aksiyel elastisitesi (kPA)	11.9 ± 3.6	12.6 ± 3.7	0.547
Etkilenen taraf longitudinal elastisitesi (kPA)	13.8 ± 3.7	14.7 ± 4.0	0.698

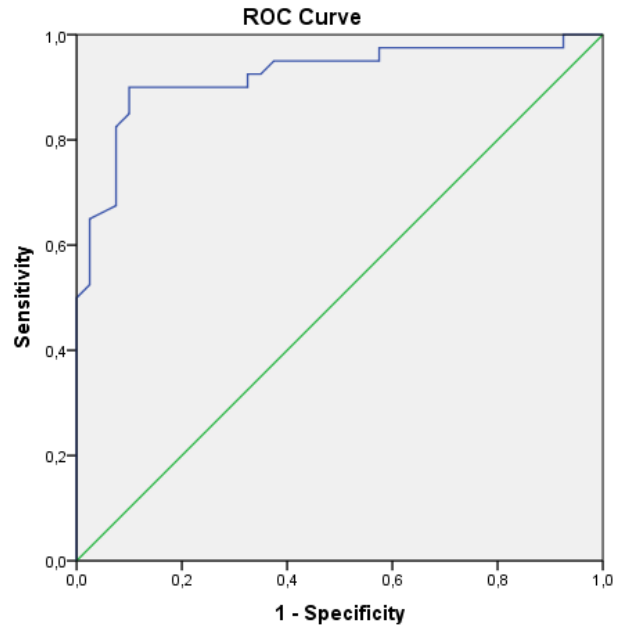
ROC analizleriyle ile shearwave elastografi ile saptanan doku sertliklerinin tanısal değeri incelendi. Aksiyel shearwave sonuçları içerisinde 9.5 kPa eşik değerinin %75 sensitivite ve %98 spesifite ile hastaları kontrollerden ayırdığı görüldü. Bu değer için eğri altında kalan alan (AUC) 0.909 bulundu (%95 güven aralığı 0.847-0.971). 9.5 kPa eşik değeri için pozitif prediktif değer %96, negatif prediktif değer %79 bulundu (Tablo 12, Şekil 23). Longitudinal shearwave sonuçları içerisinde 10.5 kPa eşik değerinin %90 sensitivite ve %90 spesifite ile hastaları kontrollerden ayırdığı görüldü. Bu değer için eğri altında kalan alan (AUC) 0.922 bulundu (%95 güven aralığı 0.859-0.985). 10.5 kPa eşik değeri için pozitif prediktif değer %89, negatif prediktif değer %87 bulundu (Tablo 13, Şekil 24).

Tablo 13. Aksiyel ve longitudinal eşik değerler ve tanısal değeri

Eşik değeri	Sensitivite	Spesifite	Pozitif Prediktif Değer	Negatif Prediktif Değer
	%	%	%	%
Aksiyel/9.5 kPa	75	98	96	79
Longitudinal/10.5kPa	90	90	89	87



Şekil 23. Aksiyel shearwave elastografi sonuçlarının ROC analizi



Şekil 24. Longitudinal shearwave elastografi sonuçlarının ROC analizi

5. TARTIŞMA

Kas-iskelet sisteminde elastografinin kullanımı daha yakın bir zamanda olmuştur. Kas-iskelet sistemindeki hastalıkların dokudaki biyomekanik özellikleri değiştireceği temel alınmış (11), aşil tendonu (12), kas dokusu (142), lateral epikondilit (141) ve polimiyaljiya romatika (143) gibi normal doku veya hastalıklarda elastografi kullanım alanı bulmuştur. Periferik sinir sisteminde elastografi kullanımı hakkındaki veriler ise oldukça sınırlıdır. Çalışmamızda literatürde olmayan lomber disk hernisine bağlı foraminal stenoz varlığında siyatik sinirin özellikleri elastografi ile değerlendirilmiştir.

Çalışmamızın ilk dikkat çeken bulgusu foraminal stenoz varlığında siyatik sinir doku sertliğinin hastaların hem diğer taraftaki siyatik sinirine ($p<0001$) hem de kontrollerin her iki taraf siyatik sinirine ($p<0001$) kıyasla artış göstermesiydi.

Buna ek olarak, lomber disk hernisi olan hastaların siyatik sinir strain elastografi incelemesinde sıklıkla mavi (%32.5) ve mavi-yeşil (%47.5) kodlanma görülmüştür. Bulgularımız hızlı uygulanabilir, düşük maliyetli ve invazif olmayan bir yöntem olan elastografinin özellikle foraminal stenozun eşlik ettiği lomber disk hernisi hastalarının hızlı tanısında kullanılabileceğine işaret etmektedir. Siyatik sinirin elastografi ile değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Literatür bilgilerimize göre siyatik sinirin elastografi ile değerlendirildiği iki çalışma mevcuttur (16,17). Santos ve ark'ı ilk defa siyatik sinirin elastografi ile değerlendirilebileceğini göstermiş, sağlıklı bireylerde siyatik sinirin strain elastografi kodlamasının sıklıkla mavi renkte izlendiğini bildirmiştir (16). 2016 yılında Andrade ve ark'ı (17) tarafından hareket sırasında sinirlerin mekanik strese maruz kalmasından yola çıkılarak yapılan çalışmada shear wave elastografi ile 90 sağlıklı gönüllüde ayak bileği hareketleri ile siyatik sinir elastisitesinde değişim olup olmadığı değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda siyatik sinir sertliğinin elastografi ile invaziv olmayan yöntemlerle değerlendirilebileceği, siyatik sinir sertliğinin aynı zamanda alt ekstremitte hareketlerinden etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. Andrade ve ark'ının çalışması sonrasında periferik nöropatilerde elastografinin kullanılabileceği düşünülmüştür.

Çalışmamızda da bu doğrultuda, kendisini oluşturan köklerinin vertebral foramende tuzaklandığı siyatik sinirin mekanik özelliklerinin etkilendiği düşünülmüş, strain ve shear wave elastografi ile bu hipotezimiz doğrulanmıştır. Diğer taraftan siyatik sinirin değerlendirilmesinde elastografinin kullanımı hakkındaki verilerin oldukça sınırlı olması sonuçlarımızın karşılaştırılmasını engellemektedir. Yapılacak olan kontrollü çalışmalarla sonuçlarımız doğrulanabilir.

Elastografinin periferik sinirler üzerinde uygulanması median sinirin incelenmesiyle başlamıştır (13,135,144). Median sinir sıklıkla karpal tünelin girişinde tuzaklanmaktadır. Karpal tünel içerisinde median sinir B-mod ultrasonografi ile görülebilmekte, sinirin kesit alanının ölçülmesi ile median sinirin tuzaklanması hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (145). Ancak konvansiyonel ultrasonografi karpal tünel sendromu tanısında tek başına yeterli değildir.

2013 yılında Orman ve ark'ı (13) tarafından yapılan çalışmada karpal tünel sendromu olan 41 kadın hastanın 74 median siniri ilk defa strain elastografi ile değerlendirilmiştir. Elastogram ile elde edilen renkler "Elasto-Q" yazılımı ile kantitatif hale getirilmiştir. Ortalama doku straini hastalarda kontrollere kıyasla daha düşük bulunmuştur (0.0094 vs 0.145, $p<0.05$). Sensitivitesi en yüksek değer 0.0635, spesifitesi en yüksek değerin 0.19 olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, elektrofizyolojinin haricinde elastografinin karpal tünel sendromu tanısında kullanılabileceği düşünülmüştür. Ancak strain elastografinin karpal tünel sendromu tanısında tek başına elektrofizyolojik incelemeler kadar hassas olmadığı görülmüştür.

2014 yılında Kantarcı ve ark'ı (144) tarafından yapılan çalışmada karpal tünel sendromu tanısı olan 37 hastanın 60 median siniri konvansiyonel ultrasonografi ile (median sinir kesit alanı) shear wave elastografi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda karpal tünel sendromu olan hastalarda median sinir sertliği kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur (66.7 kPa vs 32.0 kPa, $p<0.001$). Ek olarak, hastalık şiddeti fazla veya çok fazla olan grubun median sinir sertliği hastalık şiddeti hafif veya orta olanlardan daha yüksek bulunmuştur (101.4 kPa vs 55.1 kPa, $p<0.001$). 40.4 kPa eşik değeri ise karpal tünel sendromu tanısında en iyi sensitivite, spesitivite, pozitif prediftir, negatif prediktif ve doğruluk oranına sahip olduğu

görülmüştür (%93.3, %88.9, %93.3, %88.9, 91,7). Bu bulgular karpal tünel sendromu tanısında elastografinin tanı ve evrelendirme amacıyla güvenle kullanılabileceğine işaret etmektedir. Çalışmamızda benzer şekilde, radikslerinin vertebral foramende tuzaklandığı siyatik sinir shear wave elastografi ile değerlendirilmiş, aksiyel ölçümlerde 9.5kPa (%75 sensitivite, %98 spesifite, %96 pozitif prediktif değer, %79 negatif prediktif değer), longitudinal ölçümlerde 10.5 kPa (%90 sensitivite, %90 spesifite, %89 pozitif prediktif değer, %87 negatif prediktif değer) eşik değerlerinin hastaları kontrollerden başarıyla ayırdığı görülmüştür. Ancak median sinir tuzaklanmasında olduğu gibi foraminal stenoz şiddetiyle doku sertliği arasında lineer bir korelasyon izlenmemiştir. Bunun muhtemel nedenlerinin, median sinir tuzaklanması ile siyatik sinir köklerinin foraminal stenozu arasında hem etyolojik hem de patofizyolojik farklılıkların olması, çalışmamıza dahil edilen hastaların NSAİD veya fizik tedavi gibi cerrahi dışı yöntemlerle tedavi görmesi ve foraminal stenoz evresi yüksek olan hastaların semptom şiddetinin yüksek olması nedeniyle daha erken tanı alması olabileceğini düşünmekteyiz. Wildermuth sınıflamasının karakteristik morfolojik sinir basısı bulgularını içermeyen, epidural yağ obliterasyonunu değerlendiren semikantitatif bir sınıflama olduğu belirtilmiştir (84). Attias ve ark'ı bu sınıflamanın gözlemciler arası güvenilirliğinin sınırlı olduğunu, kadavra ve MR görüntülerinden elde edilen foraminal ölçümlerin farklılık gösterdiğini bildirmiştir (81). Bu nedenle çalışmamızda Wildermuth evresiyle değerlendirilen foraminal stenoz şiddetiyle shear wave elastografinin kantitatif sonuçları arasında lineer bir korelasyon izlenmediği ve foraminal stenoz evresi ile sinirin doku sertliği arasındaki ilişkinin gizli kalmasına neden olmuş olabileceğini düşünmekteyiz. Halihazırda çalışmamızda primer olarak foraminal stenoz derecesine odaklanılmamıştır.

2015 yılında Ghajarzadeh ve ark'ı (135) tarafından yapılan çalışmada, klinik ve elektrofizyolojik olarak karpal tünel sendromu olduğu doğrulanan 31 hastanın 60 median siniri UE ile değerlendirilmiştir. Hastalara kör bırakılan deneyimli bir radyolog tarafından UE değerlendirme (hem gri skala, hem de elastoscan, 5–13-MHz, MYLAB 70 XVG, Esaote Co. Genoa, İtalya) yapılmıştır. Vaka ve kontrol grubu arasında strain elastografi ile elde edilen mavi ve kırmızı indekslerin farklı olduğu, B-mod ultrason ile ölçülen median sinir kesit alanının karpal tünel şiddeti ile

değişim gösterdiği bildirilmiştir. Ek olarak, hastaları kontrollerden ayıran en iyi eşik değerinin mavi indeks için (mavi piksel/total piksel) 0.1486 olduğu bulunmuştur (%80 sensitivite, %70 spesifite). Kırmızı indeks için (kırmızı piksel/total piksel) en iyi eşik değer ise 0.1896 (%70 sensitivite, %55 spesifite) bulunmuştur. Çalışmada, median sinirin sonoelastografi ile kantitatif olarak değerlendirmesinin karpal tünel sendromu tanısından altın standart kabul edilen (146) elektrofizyolojik bulgulara benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Elastografi ile değerlendirilen diğer sinirler içerisinde optik sinir (15,137) ve tibial sinir (14) yer almaktadır. İlk defa Batur ve ark'ı (15) tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada optik sinir elastografi ile değerlendirilmiştir. Vakaların çoğunun idiyopatik optik nörit olduğu hastaların, ARFI yöntemiyle değerlendirilen optik sinir sertliğinin kontrollere kıyasla arttığı bildirilmiştir ($p<0.001$). Optik nörit tanısında elastografinin güvenli ve kolay ulaşılabilir bir yöntem olduğu, sinir dokusu hakkında önemli mekanik bilgiler sağladığı görülmüştür.

Optik siniri elastografi ile değerlendiren diğer çalışma İnal ve ark'ı (137) tarafından yakın bir zamanda yapılmıştır. Bu çalışmada 27 Behçet hastasının optik siniri strain ve shear wave elastografi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen Strain elastografi sonuçları Tan ve ark'ı (147) tarafından belirtilen sınıflandırma kullanılarak üçe ayrılmıştır: Tip 1; mavi (en sert), tip 2; mavi yeşil, tip 3; yeşil (en yumuşak). Çalışmanın sonucunda hasta ve kontrol grubu arasında elastisite paternleri arasında anlamlı bir farklılık izlenmiştir. Shear wave elastografi ile elde edilen 16.5 kPa eşik değerinin hastaların optik sinirini kontrollerden en iyi sensitivite ve spesifitede ayırdığı gösterilmiştir.

Dikici ve ark'ı (14) tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada diyabetik periferik nöropati hastalarının tibial siniri shear wave elastografi ile değerlendirilerek elastografinin nöropati tanısındaki etkinliği incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda diyabetik nöropatili hastaların tibial sinir doku sertliği hem kontrollere ($p<0.001$) hem de nöropatisi olmayan diyabetik hastalara ($p<0.001$) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda 51 kPa eşik değerinin hastaları kontrollerden ayıran en iyi sensitivite (%90) ve spesifitedeki (%85) değer olduğu gösterilmiştir. Çalışmada nöropati varlığının invaziv olmayan elastografik yöntemlerle başarıyla

gösterilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmalar ışığında, periferik sinir sistemi ve patolojilerinin UE ile değerlendirilebileceği söylenebilir.

Çalışmamızda daha önce yeterli düzeyde incelenmemiş olan siyatik sinir değerlendirilmiş ve toplumda sıklığı %2-3'e ulaşan (1) lomber disk hernisine bağlı etkileniminin tanısında UE yöntemlerin başarıyla kullanılabileceği gösterilmiştir.

Çalışmamızda elastografik yöntemlerden shear wave ve strain elastografi birlikte kullanılarak siyatik sinir hem kantitatif hem de kalitatif olarak değerlendirilmiştir. Shear wave elastografinin strain elastografiye kıyasla bazı avantajları vardır. Tekrarlanabilir ve kantitatif özellikte bulgular elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda shear wave yönteminde tercih edilen fiziksel denklemler strain yönteminden farklıdır. Young modülü (sertlik) hakkında daha direkt ve kantitatif değerlendirme sağlamakta, değerlendirilen dokunun istenilen bölgesinin lokal olarak değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır. Shear wave yöntemi aynı zamanda probun operatör tarafından uygulanan kompresyonuna bağımlı değildir (144). Bu nedenle çalışmamızda shear wave yöntemi de tercih edilerek siyatik sinir hakkında daha objektif sonuçlara ulaşılmıştır.

Günümüzde yüksek çözünürlüklü cihazlar sayesinde ultrasonografi, sinir tuzak sendromları, nöropatiler ve sinir tümörlerinin tanısından değerli bir yöntemdir (148,149,150). Diğer periferik sinirlerde olduğu gibi siyatik sinir de sonografik olarak çeşitli lokalizasyonlardan görüntülenebilmektedir.

İlk yapılan anatomi-sonografi korelasyon çalışmalarında siyatik sinir distal lokalizasyonlardan (uyluk ortası veya daha altı) incelenebilmiştir (149,151). Klinik çalışmalar ise sıklıkla sinir blokajını konu almıştır. Bu amaçla sinirin daha proksimalden görüntülenmesi gerekmektedir. Chan ve ark'ı (139) tarafından yapılan çalışmada çeşitli lokalizasyonlardan sonografi eşliğinde yapılan siyatik sinir blokajı değerlendirilmiştir. Bu çalışmada siyatik sinir ultrasonografi ile daha proksimal bölgeler olan gluteal, infragluteal ve proksimal uyluk bölgesinden başarıyla görüntülenmiş, sinirin görüntü özellikleri bildirilmiş ve çapı ölçülebilmıştır. Taha (152) tarafından 2012 yılında yapılan çalışmada ise parasakral siyatik sinir blokajı amacıyla siyatik sinir hastaların %96'sında parasakral bölgeden başarıyla

görüntülenebilmiş ve bloke edilmiştir. Çalışmamızda siyatik sinir benzer şekilde daha proksimal bir bölge olan gluteal düzeyden kalça ve diz fleksiyon pozisyonunda değerlendirilmiştir.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları vardır. Birincisi, nisbeten yeni bir teknik olan UE hakkındaki literatür verileri sınırlıdır. Bu nedenle siyatik sinirin değerlendirilmesinde hangi UE yönteminin tercih edilmesi ve siyatik sinirin hangi lokalizasyondan görüntülenmesi hakkında uzlaşma henüz sağlanamamıştır. Ancak elastografinin sinir dokusu üzerindeki etkinliğini değerlendiren çalışmaların çoğunda strain ve shear wave tekniklerinin tercih edilmesi, çalışmamızda da bu tekniklerin seçilmesine yol göstermiştir. Aynı zamanda operatör bağımlı olan strain tekniğiyle birlikte daha objektif bulgular alınmasını sağlayan shear wave yönteminin birlikte kullanmanın sonuçlarımızın doğruluğunu arttırdığını düşünüyoruz.

İkincisi, çalışmamızda siyatik sinirin daha proksimal kısmı olan gluteal düzeyden değerlendirme yapılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda siyatik sinirin değerlendirilmesinde proksimal-orta uyluk, sakral bölge, gluteal ve infragluteal bölge tercih edilmiştir. Çalışmamızda siyatik sinir gluteal bölgeden görüntülenmesi, bu bölgenin anatomik referans noktalarının olması sebebiyle klinik pratiğimiz içerisinde daha sık tercih edilmesi nedeniyledir. Üçüncüsü, çalışmamıza dahil edilen lomber disk hernili hastalar 3 ay-1 yıl takip süresi olan hastalardır. Bu nedenle bulgularımız kronik lomber disk hernili hastaları yansıtmamaktadır. Bu seçim kriteri, foraminal stenoz derecesi ile sinirin elastisitesi arasında farklılık olmamasına yol açmış olabilir. İleride yapılacak olan prospektif çalışmalarla, foraminal stenozu olan hastaların zaman içerisindeki stenoz dereceleriyle doku sertliği arasındaki ilişki değerlendirilerek bu konu daha kapsamlı bir şekilde aydınlatılabilir.

6. SONUÇ

Mevcut literatürde, lomber disk hernisine bağlı foraminal stenozu olan hastaların siyatik sinirinde gelişebilecek olan değişiklikleri Ultrason elastografi ile irdeleyen bir araştırma tarafımızca saptanmamış olup, elde ettiğimiz verilerle hasta grubunda darlık olan tarafta siyatik sinir doku sertliğinin hem hastanın etkilenmemiş tarafı hem de kontrollere kıyasla daha arttığını saptamış bulunmaktayız. Gluteal bölgeden yapılan UE incelemede, aksiyel kesitlerde 9.5 kPa değerinin %75 sensitivite, %98 spesifite ile, longitudinal kesitlerde 10.5 kPa değerinin %90 sensitivite, %90 spesifite ile lomber disk hernili hastaları kontrol grubundan ayırt ettiği görülmüştür.

Bulgularımız çerçevesinde, lomber disk hernisi olan hastalarda sinir kökü basısına bağlı siyatik sinir etkilenmesinin tanısında ve tedaviye yanıtının takibinde ucuz, kolay ulaşılabilir ve invaziv olmayan bir yöntem olan UE' nin güvenle ve başarıyla kullanılabileceği sonucuna varmaktayız. Ancak, elastografik yöntemlerle sinir dokularının incelenmesi hakkındaki bilgiler kısıtlı olduğu için çalışmamızın sonuçlarının yapılacak olan randomize kontrollü çalışmalarla doğrulanması ve desteklenmesi elastografi yöntemlerinin sinir dokusu ile ilişkili patolojilerdeki kullanım alanlarını daha kapsamlı hale getireceği inacındayız.

7. KAYNAKLAR

- 1. Vialle LR, Vialle EN, Suárez Henao JE, et al. Lumbar disc herniation. Revista Brasileira de Ortopedia. 2010;45(1):17-22.**
- 2. Cranshaw C, Kean DM. The use of unclear MR in diagnoses of lateral canal extra percent. J Bone Joint Surg Am. 1984;66B:711–714.**
- 3. Katznelson R, Djaiani GN, Minkovich L, et al. Prevalence of claustrophobia and magnetic resonance imaging after coronary artery bypass graft surgery. Neuropsychiatric Disease and Treatment. 2008;4(2):487-493.**
- 4. Barr RG, Destounis S, Lackey LB, et al. Evaluation of breast lesions using sonographic elasticity imaging: A multicenter trial. J Ultrasound Med. 2012;31(2):281–287.**
- 5. Gennisson JL, Deffieux T, Fink M, et al. Ultrasound elastography: principles and techniques. Diagn Interv Imaging. 2013;94(5):487-495.**
- 6. Itoh A, Ueno E, Tohno E, et al. Breast Disease: Clinical Application of US Elastography for Diagnosis 1. Radiology 2006, 239, 341–350.**
- 7. Friedrich-Rust M, Ong M-F, Martens S, et al. Performance of transient elastography for the staging of liver fibrosis: a meta-analysis. Gastroenterology 2008, 134, 960–974.**
- 8. Bojunga J, Herrmann E, Meyer G, et al. Real-time elastography for the differentiation of benign and malignant thyroid nodules: a meta-analysis. Thyroid 2010 Oct, 20, 1145–1150.**
- 9. Janssen J, Dietrich CF, Will U, et al. Endosonographic elastography in the diagnosis of mediastinal lymph nodes. Endoscopy 2007, 39, 952–957.**
- 10. Pozzi E, Mantica G, Gastaldi C, et al. The role of the elastography in the diagnosis of prostate cancer: a retrospective study on 460 patients. Arch Ital Urol Androl 2012 Sep, 84, 151–154.**
- 11. Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. The British Journal of Radiology. 2012;85(1019):1435-1445.**
- 12. Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Real-time ultrasound elastography of the normal Achilles tendon: reproducibility and pattern description. Clin Radiol 2009;64:1196–1202.**
- 13. Orman G, Ozben S, Huseyinoglu N, et al. Ultrasound elastographic evaluation in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: initial findings. Ultrasound Med Biol. 2013;39(7):1184-1189.**

14. Dikici AS, Ustabasioglu FE, Delil S, et al. Evaluation of the Tibial Nerve with Shear-Wave Elastography: A Potential Sonographic Method for the Diagnosis of Diabetic Peripheral Neuropathy. *Radiology*. 2017;282(2):494-501.
15. Batur M, Batur A, Cilingir V, et al. Ultrasonic Elastography Evaluation in Optic Neuritis. *Semin Ophthalmol*. 2016;1-5.
16. Santos R, Armada P. Sciatic Nerve Hardness Measurement by Using Ultrasound Elastography. *Ultrasound in Medicine and Biology*.39(5):S57.
17. Andrade RJ, Nordez A, Hug F, et al. Non-invasive assessment of sciatic nerve stiffness during human ankle motion using ultrasound shear wave elastography. *J Biomech*. 2016;49(3):326-331.
18. Higuchi K, Sato T. Anatomical study of lumbar spine innervation. *Folia Morphol (Warsz)*. 2002;61(2):71-79.
19. Vollmer DG, Banister WM. Thoracolumbar spinal anatomy. *Neurosurg Clin N Am*. 1997;8(4):443-453.
20. Moore, K.L. and Dalley, A.F. 2006. *Clinically Oriented Anatomy*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.
21. Cailliet, R. 1988. *Low Back Pain Syndrome*. Fourth Edition. Philadelphia: FA Davis Company.
22. Rawls A., Fisher R. Chapter 2. Development and Functional Anatomy of the Spine. Kusumi, S.L. Dunwoodie (eds.), *The Genetics and Development of Scoliosis*.
23. Hollinshead, W. H. (1965). Anatomy of the Spine: Points of Interest to Orthopaedic Surgeons. *J Bone Joint Surg Am*, 47, 209-215.
24. Gray, H. *Anatomy of the Human Body*. [Online Ed.]. Bartleby.com, 2000.
25. Snell RS. *Clinical anatomy for medical students*. 4th ed. Boston: Little, Brown and Company; 1992.p.941-954.
26. Rob J. M. Groen, MD, Don F. du Toit, et al. Anatomical and Pathological Considerations in Percutaneous Vertebroplasty *SPINE* 29(13): 1465–1471.
27. Nathoo N, Caris EC, Wiener JA, et al. History of the vertebral venous plexus and the significant contributions of Breschet and Batson. *Neurosurgery*. 2011;69(5):1007-1014; discussion 14.
28. Ege R.: *Vertebra-Omurga*, Ed. R. Ege. Türk Hava Kurumu Basımevi, Ankara, 1992.
29. Di Benedetto, P., Pinto, G., Arcioni, R., et al. (2005). Anatomy and imaging of lumbar plexus. *Minerva Anestesiol*, 71(9), 549-554.

30. Matejcík V. Anatomical variations of lumbosacral plexus. *Surg Radiol Anat.* 2010 Apr. 32(4):409-414.
31. Gray H. The sacral and coccygeal nerves. *Anatomy of the human body.* Philadelphia, Pa: Lea & Febiger; 1918.
32. Tomaszewski KA, Graves MJ, Henry BM, et al. Surgical anatomy of the sciatic nerve: A meta-analysis. *J Orthop Res.* 2016;34(10):1820-1827.
33. Mixter WJ, Barr JS. Rupture of intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Engl J Med.* 1934;211:210–214.
34. Garrido E. Lumbar disc herniation in the pediatric patient. *Neurosurg Clin N Am.* 1993;4(1):149–152.
35. Mayer HM, Mellerowicz H, Dihlmann SW. Endoscopic discectomy in pediatric and juvenile lumbar disc herniations. *J Pediatr Orthop B.* 1996;5(1):39–43.
36. Obukhov SK, Hankenson L, Manka M, et al. Multilevel lumbar disc herniation in 12-year old twins. *Childs Nerv Syst.* 1996;12(3):169–171.
37. Bortoletto A, Prata SD, Bonfim dos Santos G. Hérnia discal em crianças e adolescentes: relato de cinco casos. *Rev Bras Ortop.* 1998;33(10):811–814.
38. Urban JP, Roberts S. Development and degeneration of the intervertebral discs. *Mol Med Today.* 1995;1(7):329–335.
39. Battie MC, Videman T, Gibbons LE, et al. Volvo Award in Clinical Sciences. Determinants of lumbar disc degeneration. A study relating lifetime exposures and magnetic resonance findings in identical twins. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995.
40. Annunen S, Paassilta P, Lohiniva J, et al. An allele of COL9A2 associated with intervertebral disc disease. *Science.* 1999;285(5426):409–412.
41. Doege KJ, Coulter SN, Meek LM, et al. A human-specific polymorphism in the coding region of the aggrecan gene. Variable number of tandem repeats produce a range of core protein sizes in the general population. *J Biol Chem.* 1997;272(21):13974–14013.
42. Kawaguchi Y, Osada R, Kanamori M, et al. Association between an aggrecan gene polymorphism and lumbar disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;24(23):2456–2460.
43. Hadjipavlou AG, Tzermiadianos MN, Bogduk N, et al. The pathophysiology of disc degeneration: a critical review. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90:1261–1270.
44. Peng B-G. Pathophysiology, diagnosis, and treatment of discogenic low back pain. *World Journal of Orthopedics.* 2013;4(2):42-52.

45. Choi YS. Pathophysiology of degenerative disc disease. *Asian Spine J.* 2009;3:39–44.
46. Peng B. Issues concerning the biological repair of intervertebral disc degeneration. *Nat Clin Pract Rheumatol.* 2008;4:226–227.
47. Vroomen PCAJ, Krom MCTFM de, Knottnerus JA. Diagnostic value of history and physical examination in patients suspected of sciatica due to disc herniation: a systematic review. *J Neurol* 1999;246:899-906.
48. Deville WLJM, Windt DAWM, van der Dzaferagic A, et al. The test of Lasegue: systematic review of the accuracy in diagnosing herniated discs. *Spine* 2000;25:1140-1147.
49. Koes BW, van Tulder MW, Peul WC. Diagnosis and treatment of sciatica. *BMJ : British Medical Journal.* 2007;334(7607):1313-1317.
50. Gregory DS, Seto CK, Wortley GC, et al. Acute lumbar disk pain: navigating evaluation and treatment choices. *Am Fam Physician.* 2008;78(7):835-842.
51. Jarvik JG, Deyo RA. Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. *Ann Intern Med.* 2002;137(7):586–597.
52. Schipper J, Kardaun JW, Braakman R, et al. Lumbar disk herniation: diagnosis with CT or myelography. *Radiology.* 1987;165(1):227–231.
53. Milette PC. Classification, diagnostic imaging, and imaging characterization of a lumbar herniated disk. *Radiol Clin North Am.* 2000;38(6):1267-1292.
54. Fries JW, Abodeely DA, Vijungco JG, et al. Computed tomography of herniated and extruded nucleus pulposus. *J Comput Assist Tomogr* 6:874-887, 1982.
55. Kornberg M, Rehtine GR, Dupuy TE. Computed tomography in the diagnosis of a herniated disk at the L5-S1 level. *Spine* 9:433-436, 1984.
56. Milette PC, Raymond J, Fontaine S. Comparison of high-resolution computed tomography with discography in the evaluation of lumbar disc herniations. *Spine* 15:525-533, 1990.
57. Forristall RM, Marsh HO, Pay NT. Magnetic resonance imaging and contrast CT of the lumbar spine: Comparison of diagnostic methods and correlation with surgical findings. *Spine* 13:1049-1054, 1988.
58. Jackson RP, Cain JE Jr, Jacobs RR, et al. The neuroradiographic diagnosis of lumbar herniated nucleus pulposus: II. A comparison of computed tomography (CT), myelography, CT-myelography, and magnetic resonance imaging. *Spine* 14:1362-1367, 1989.

59. Thornbury JR, Fryback DG, Turski PA, et al. Disk-caused nerve compression in patients with acute low back pain: Diagnosis with MR, CT myelography, and plain CT. *Radiology* 186:731-738, 1993.
60. Albeck MJ, Hilden J, Kjaer L, et al. A controlled comparison of myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in clinically suspected lumbar disc herniation. *Spine* 20:443-448, 1995.
61. Bischoff RJ, Rodriguez RP, Gupta K, et al. A comparison of computed tomography-myelography, magnetic resonance imaging, and myelography in the diagnosis of herniated nucleus pulposus and spinal stenosis. *J Spinal Disord* 6:289-295, 1993.
62. Birney TJ, White JJ Jr, Berens D, et al. Comparison of MRI and discography in the diagnosis of lumbar degenerative disc disease. *J Spinal Disord* 5:417-423, 1992.
63. Masaryk TJ, Ross JS, Modic MT, et al. High-resolution MR imaging of sequestered lumbar intervertebral disks. *AJR Am J Roentgenol* 150:1155-1162, 1988.
64. Modic MT, Ross JS, Obuchowski NA, et al. Contrast-enhanced MR imaging in acute lumbar radiculopathy: A pilot study of the natural history. *Radiology* 195:429-435, 1995.
65. Ross JS, Modic MT, Masaryk TJ. Tears of the annulus fibrosus: Assessment with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 154:159-162, 1990.
66. Yamashita K, Hiroshima K, Kurata A. Gadolinium-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging of a sequestered lumbar intervertebral disc and its correlation with pathologic findings. *Spine* 19:479-482, 1994.
67. Milette PC, Fontaine S, Lepanto L, et al. Differentiating lumbar disc protrusions, disk bulges, and discs with normal contour but abnormal signal intensity: Magnetic resonance imaging with discographic correlations. *Spine* 24:44-53, 1999.
68. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, et al. Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology* 166:193-199, 1988.
69. Brennan TA, Leape LL, Laird NM, et al. Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study I. *N Engl J Med*. 1991;324:370-376.
70. Thomas EJ, Studdert DM, Newhouse JP, et al. Costs of medical injuries in Utah and Colorado. *Inquiry*. 1999;36:255-264.

71. Li Y, Fredrickson V, Resnick DK. How Should We Grade Lumbar Disc Herniation and Nerve Root Compression? A Systematic Review. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015;473(6):1896-1902.
72. Arana E, Kovacs FM, Royuela A, et al. Influence of nomenclature in the interpretation of lumbar disk contour on MR imaging. a comparison of the agreement using the combined task force and the nordic nomenclatures. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2011;32:1143–1148.
73. Imaad-ur-Rehman, Hamid RS, Akhtar W, et al. Observer variation in MRI evaluation of patients with suspected lumbar disc herniation and nerve root compression: comparison of neuroradiologist and neurosurgeon's interpretations. *J Pak Med Assoc*. 2012;62:826–829.
74. van Rijn JC, Klemetso N, Reitsma JB, et al. Observer variation in MRI evaluation of patients suspected of lumbar disk herniation. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;184:299–303.
75. Pfirrmann CW, Dora C, Schmid MR, et al. MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation: reliability study with surgical correlation. *Radiology*. 2004;230:583–588.
76. Brant-Zawadzki MN, Jensen MC, Obuchowski N, et al. Interobserver and intraobserver variability in interpretation of lumbar disc abnormalities. A comparison of two nomenclatures. *Spine*. 1995;20:1257–1263; discussion 1264.
77. Mysliwiec LW, Cholewicki J, Winkelpack MD, et al. MSU classification for herniated lumbar discs on MRI: toward developing objective criteria for surgical selection. *Eur Spine J*. 2010;19:1087–1093.
78. Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, et al. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *N Engl J Med*. 1994;331:69–73.
79. Lurie JD, Tosteson AN, Tosteson TD, et al. Reliability of magnetic resonance imaging readings for lumbar disc herniation in the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) *Spine*. 2008;33:991–998.
80. Lee S, Lee JW, Yeom JS, et al. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194(4):1095-1098.
81. Attias N, Hayman A, Hipp JA, et al. Assessment of MRI in the diagnosis of lumbar spine foraminal stenosis: a surgeon's perspective. *J Spinal Discord Tech* 2006;19:249 –256.
82. Wildermuth S, Zanetti M, Duewell S, et al. Lumbar spine: quantitative and qualitative assessment of positional (upright flexion and extension) MR imaging and myelography. *Radiology* 1998; 207:391–398.

83. Kunogi J, Hasue M. Diagnosis and operative treatment of intraforaminal and extraforaminal nerve root compression. *Spine* 1991; 16:1312–1320.
84. Park HJ, Kim SS, Lee SY, et al. Clinical correlation of a new MR imaging method for assessing lumbar foraminal stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012;33(5):818-822.
85. Park H-J, Kim SS, Lee S-Y, et al. A practical MRI grading system for cervical foraminal stenosis based on oblique sagittal images. *The British Journal of Radiology*. 2013;86(1025):20120515.
86. Boss N. Disc herniation and radiculopathy. In: Boss N, Aebi M, editors. *Spinal disorders: fundamentals of diagnosis and treatment*. Springer-Verlag Heidelberg; Berlin: 2008.
87. Kuijpers T, van Middelkoop M, Rubinstein SM, et al. A systematic review on the effectiveness of pharmacological interventions for chronic non-specific low-back pain. *Eur Spine J*. 2011;20:40–50.
88. Carragee EJ. Clinical practice. Persistent low back pain. *N Engl J Med*. 2005;352:1891–1898.
89. Petersen T, Larsen K, Jacobsen S. One-year follow-up comparison of the effectiveness of McKenzie treatment and strengthening training for patients with chronic low back pain: outcome and prognostic factors. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007;32:2948–2956.
90. Benyamin RM, Manchikanti L, Parr AT, et al. The effectiveness of lumbar interlaminar epidural injections in managing chronic low back and lower extremity pain. *Pain Physician*. 2012;15:E363–E404.
91. Autio RA, Karppinen J, Kurunlahti M, et al. Effect of periradicular methylprednisolone on spontaneous resorption of intervertebral disc herniations. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004;29(15):1601–1607.
92. Riew KD, Park JB, Cho YS, et al. Nerve root blocks in the treatment of lumbar radicular pain. A minimum five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(8):1722–1725.
93. Wang JC, Lin E, Brodke DS, et al. Epidural injections for the treatment of symptomatic lumbar herniated discs. *J Spinal Disord Tech*. 2002;15(4):26972.
94. Vialle E, Vialle LR, Carvalho LF, et al. Bloqueio radicular lombar via transforaminal no manejo da hérnia discal lombar, Grupo de Cirurgia da Coluna, Hospital Universitário Cajuru, PUC-PR. In: *XII Anais do Congresso Brasileiro da Coluna, Foz do Iguaçu, PR, 2007*.
95. Van den Hout WB, Peul WC, Koes BW, et al. Leiden-The Hague Spine Intervention Prognostic Study Group Prolonged conservative care versus early surgery in patients with sciatica from lumbar disc herniation: cost utility

analysis along side a randomised controlled trial. *BMJ*. 2008;336(7657):1351–1354.

96. Peul WC, Van den Hout WB, Brand R, et al. Leiden-The Hague Spine Intervention Prognostic Study Group Prolonged conservative care versus early surgery in patients with sciatica caused by lumbar disc herniation. two years results of a randomized controlled trial. *BMJ*. 2008;336(7657):1355–1358.

97. Watters WC 3rd, McGirt MJ. An evidence-based review of the literature on the consequences of conservative versus aggressive discectomy for the treatment of primary disc herniation with radiculopathy. *Spine J*. 2009;9(3):240–257.

98. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33(9):931–939.

99. Weber H, Holme I, Amlie E. The natural course of acute sciatica with nerve root symptoms in a double blind placebo-controlled trial of evaluating the effect of piroxicam (NSAID). *Spine* 1993;18:1433-1438.

100. Vroomen PCAJ, Krom MCTFM de, Slofstra PD, et al. Conservative treatment of sciatica: a systematic review. *J Spinal Dis* 2000;13:463-469.

101. Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. *Ultrasound in medicine & biology*. 2015;41:1126–1147.

102. Tang A, Cloutier G, Szeverenyi NM, et al. Ultrasound Elastography and MR Elastography for Assessing Liver Fibrosis: Part 1, Principles and Techniques. *American journal of roentgenology*. 2015;205:22–32.

103. Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, et al. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics*. 2017;7(5):1303-1329.

104. Aguilo MA, Aquino W, Brigham JC, et al. An inverse problem approach for elasticity imaging through vibroacoustics. *IEEE Trans Med Imaging* 2010, 29, 1012–1021.

105. Sandrin L, Fourquet B, Hasquenoph JM, et al. Transient elastography: a new noninvasive method for assessment of hepatic fibrosis. *Ultrasound Med Biol* 2003, 29, 1705–1713.

106. Zaleska-Dorobisz U, Kaczorowski K, Pawlus A, et al. Ultrasound elastography - review of techniques and its clinical applications. *Adv Clin Exp Med*. 2014;23(4):645-655.

107. Lerner RM, Parker KJ, Holen J, et al. Sono-elasticity: Medical elasticity images derived from ultrasound signals in mechanically vibrated targets. In *Acoustical imaging*. Springer US 1989, 317–327.
108. Das D, Gupta M, Kaur H, et al. Elastography: the next step. *J Oral Sci*. 2011 Jun, 53, 137–141.
109. Xu W, Shi J, Zeng X, et al. EUS elastography for the differentiation of benign and malignant lymph nodes: a meta-analysis. *Gastrointest Endosc* 2011, 74, 1001–1009.
110. Ophir J, Alam SK, Garra BS, et al. Elastography: Imaging the elastic properties of soft tissue with ultrasound. *J Med Ultrasonics* 2002, 29 (Winter), 155–171.
111. Parker KJ, Taylor LS, Gracewski S, et al. A unified view of imaging the elastic properties of tissue. *The Journal of the Acoustical Society of America* 2005, 117, 2705.
112. Bamber J. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med* 2013 Apr, 34, 169–184.
113. Schaar JA, de Korte CL, Mastik F, et al. Characterizing vulnerable plaque features with intravascular elastography. *Circulation* 2003, 108, 2636–2641.
114. Itoh A, Ueno E, Tohno E, et al. Clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006, 239, 341–350.
115. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q* 2007;23:255–268.
116. Garra BS. Elastography: current status, future prospects, and making it work for you. *Ultrasound Q* 2011;27:177–186.
117. Li Y, Snedeker JG. Elastography: modality-specific approaches, clinical applications, and research horizons. *Skeletal Radiol* 2011;40:389–397.
118. Klauser AS, Faschingbauer R, Jaschke WR. Is sonoelastography of value in assessing tendons? *Semin Musculoskelet Radiol* 2010;14:323–333 .
119. Dighe M, Bae U, Richardson ML, Dubinsky TJ, et al. Differential diagnosis of thyroid nodules with US elastography using carotid artery pulsation. *Radiology* 2008;248:662–669.
120. Ophir J, Cespedes I, Ponnekanti H, et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging* 1991;13:111–134.

121. Thomas A, Kümmel S, Gemeinhardt O, et al. Real-time sonoelastography of the cervix: tissue elasticity of the normal and abnormal cervix. *Acad Radiol* 2007;14:193–200.
122. Goertz RS, Zopf Y, Jugl V, et al. Measurement of liver elasticity with acoustic radiation force impulse (ARFI) technology: an alternative noninvasive method for staging liver fibrosis in viral hepatitis. *Ultraschall Med* 2010;31:151–155.
123. Tozaki M, Isobe S, Fukuma E. Preliminary study of ultrasonographic tissue quantification of the breast using the acoustic radiation force impulse (ARFI) technology. *Eur J Radiol* 2011;80:e182–187.
124. Friedrich-Rust M, Romenski O, Meyer G, et al. Acoustic Radiation Force Impulse-Imaging for the evaluation of the thyroid gland: a limited patient feasibility study. *Ultrasonics* 2012;52:69–74.
125. Bercoff J, Tanter M, Fink M. Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity mapping. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2004;51:396–409.
126. Garra BS, Cespedes EI, Ophir J, et al. Elastography of breast lesions: initial clinical results. *Radiology* 1997, 202, 79–86.
127. Hui H Zhi, Bing B Ou, Bao-Ming BM Luo, et al. Comparison of Ultrasound Elastography, Mammography, and Sonography in the Diagnosis of Solid Breast Lesions. *J Ultrasound Med* 2007, 26, 807–815.
128. Ferraioli G, Tinelli C, Dal Bello B, et al. Accuracy of real-time shear wave elastography for assessing liver fibrosis in chronic hepatitis C: A pilot study. *Hepatology* 2012, 56, 2125–2133.
129. Cobbold JFL, Morin S, Taylor-Robinson SD. Transient elastography for the assessment of chronic liver disease: Ready for the clinic? *World J Gastroenterol* 2007, 13.36, 4791.
130. Chen S, Sanchez W, Callstrom MR, et al. Assessment of liver viscoelasticity by using shear waves induced by ultrasound radiation force. *Radiology* 2013, 266, 964–970.
131. Bhatia KS, Tong CS, Cho CC, et al. Shear wave elastography of thyroid nodules in routine clinical practice: preliminary observations and utility for detecting malignancy. *Eur Radiol* 2012 Nov, 22, 2397–2406.
132. Sebag F, Vaillant-Lombard J, Berbis J, et al. Shear wave elastography: a new ultrasound imaging mode for the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. *J Clin Endocrinol Metab* 2010 Dec, 95, 5281–5288.

133. Lyshchik A, Higashi T, Asato R, et al. Cervical lymph node metastases: diagnosis at sonoelastography – Initial experience. *Radiology* 2007, 243, 258–267.
134. Tsutsumi M, Miyagawa T, Matsumura T, et al. The impact of real-time tissue elasticity imaging (elastography) on the detection of prostate cancer: clinicopathological analysis. *Int J Clin Oncol* 2007 Aug, 12, 250–255.
135. Ghajarzadeh M, Dadgostar M, Sarraf P, et al. Application of ultrasound elastography for determining carpal tunnel syndrome severity. *Jpn J Radiol.* 2015;33(5):273-278.
136. Greening J, Dilley A. Posture-induced changes in peripheral nerve stiffness measured by ultrasound shear-wave elastography. *Muscle Nerve.* 2017;55(2):213-222.
137. Inal M, Tan S, Demirkan S, et al. Evaluation of Optic Nerve with Strain and Shear Wave Elastography in Patients with Behcet's Disease and Healthy Subjects. *Ultrasound Med Biol.* 2017;43(7):1348-1354.
138. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, et al. Lumbar disc nomenclature: version 2.0. Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology. *Spine J.* 2014;14(11):2525-2545.
139. Chan Vincent WS, Nova MDH, Abbas MDS, et al. Ultrasound Examination and Localization of the Sciatic Nerve A Volunteer Study. *Anesthesiology.* 2006;104(2):309-314.
140. Çıracı S, Tan S, Özcan AŞ, et al. Contribution of real-time elastography in diagnosis of polycystic ovary syndrome. *Diagnostic and Interventional Radiology.* 2015;21(2):118-122.
141. De Zordo T, Lill SR, Fink C, et al. Real-time sonoelastography of lateral epicondylitis: comparison of findings between patients and healthy volunteers. *AJR Am J Roentgenol* 2009;193:180–185.
142. Arij Y, Katsumata A, Hiraiwa Y, et al. Use of sonographic elastography of the masseter muscles for optimizing massage pressure: a preliminary study. *J Oral Rehabil* 2009;36:627–635.
143. Silvestri E, Garlaschi G, Bartolini B, et al. Sonoelastography can help in the localization of soft tissue damage in polymyalgia rheumatica (PMR). *Clin Exp Rheumatol* 2007;25:796.
144. Kantarci F, Ustabasioglu FE, Delil S, et al. Median nerve stiffness measurement by shear wave elastography: a potential sonographic method in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Eur Radiol.* 2014;24(2):434-440.

145. Kang S, Kwon HK, Kim KH, et al. Ultrasonography of Median Nerve and Electrophysiologic Severity in Carpal Tunnel Syndrome. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2012;36(1):72-79.
146. Zyluk A, Kosovets L. An assessment of the sympathetic function within the hand in patients with carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Eur*. 2010;35(5):402–408.
147. Tan S, Kudas S, Ozcan AS, et al. Real-time sonoelastography of the Achilles tendon: Pattern description in healthy subjects and patients with surgically repaired complete ruptures. *Skeletal Radiol* 2012;41: 1067–1072.
148. Delfaut EM, Demondion X, Bieganski A, et al. Imaging of foot and ankle nerve entrapment syndromes: From well-demonstrated to unfamiliar sites. *Radiographics* 2003; 23:613–623.
149. Heinemeyer O, Reimers CD. Ultrasound of radial, ulnar, median, and sciatic nerves in healthy subjects and patients with hereditary motor and sensory neuropathies. *Ultrasound Med Biol* 1999; 25:481–485.
150. Benyahya E, Etaouil N, Janani S, et al. Sciatica as the first manifestation of a leiomyosarcoma of the buttock. *Rev Rhum Engl Ed* 1997; 64:135–137.
151. Peer S, Kovacs P, Harpf C, et al. High-resolution sonography of lower extremity peripheral nerves: Anatomic correlation and spectrum of disease. *J Ultrasound Med* 2002; 21:315–322.
152. Taha AM. A simple and successful sonographic technique to identify the sciatic nerve in the parasacral area. *Can J Anaesth*. 2012;59(3):263-267.

8. EKLER

8.1. Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Lomber disk hernisi hastalarında siatik sinirin elastografik olarak değerlendirilmesi,
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
	AÇIK ADRESİ:	Yenişehir Mahallesi Tahsin Duru Caddesi No:14 YAHŞİHAN/KIRIKKALE
	TELEFON	0 318 333 50 10/5733
	FAKS	0 318 224 07 86
	E-POSTA	ketik@kku.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ

KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Yrd.Doç.Dr.Veyssel BURULDAY			
KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Radyoloji			
KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi			
VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI	-			
DESTEKLEYİCİ	Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi			
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	-			
DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi			
ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐		
	FAZ 2	☐		
	FAZ 3	☐		
	FAZ 4	☐		
	Gözlemsel ilaç çalışması	☐		
	Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐		
	İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları	☐		
	İlaç dışı klinik araştırma	☒		
Diğer ise belirtiniz				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☒	ULUSLARARASI ☐

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Lomber disk hernisi hastalarında siatik sinirin elastografik olarak değerlendirilmesi,
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Eylül 2015	02	Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Eylül 2015	02	Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU	Eylül 2015	02	Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı			Açıklama
	SIGORTA	☐		
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☒		
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐		
	İLAN	☐		
	YILLIK BİLDİRİM	☐		
	SONUÇ RAPORU	☐		
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐		
	DİĞER:	☐		
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:03/02	Tarih: 24.01.2017		
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ	Göğüs Hastalıkları	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Figen ÇOŞKUN	Acil Tıp	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof.Dr. Hakan BOYUNAĞA	Tıbbi Biyokimya	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	
Prof.Dr. Ebru ERDEMİR	Periodontoloji	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	
Prof.Dr. M. Faik ÖZVEREN	Beyin ve Sinir Cerrahisi	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Prof.Dr. Meral SAYGUN	Halk Sağlığı	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	
Prof.Dr.Gülten KARACA	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E ☐ H ☐	
Doç.Dr. Aslı Fahriye CEYLAN IŞIK	Tıbbi Farmakoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	

Etik Kurul Başkanının

Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ

İmza:

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Lomber disk hernisi hastalarında siatik sinirin elastografik olarak değerlendirilmesi,
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

Doç. Dr. Gökçe ŞİMŞEK	KBB	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Yrd.Doç. Dr. Faruk Metin ÇOMU	Fizyoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç. Dr. Faruk PEHLİVANLI	Genel Cerrahi	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☒	H ☒	
Uzm. Dr. Erdal ÜNLÜ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Kırıkkale Yüksek İhtisas Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Ecz. Burhan BİRİCİ	Serbest Eczacı	Kırıkkale- Merkez	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Av. Halil MUTLU	Hukuk	Kırıkkale-Merkez	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Yakup DOĞAN	Fakülte Sekreteri	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ
İmza:



Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

***Hasta grubuna ait veriler (Cinsiyet, yaş, bilateral siatik sinir çapı, strain ve shear wave değerleri)**

86

***Sağlıklı gönüllülere ait veriler (Cinsiyet, yaş, bilateral siatik sinir çapı, strain ve shear wave değerleri)**

kontrol N	Ad	Soyad	Cinsiyet	Yaş	İatık sinir çapı	İatık sinir strain	İk sinir shear aks. k	Sinir shear long	İatık sinir çapı	İatık sinir strain	İatık sinir çapı	İatık sinir shear long.		
41	SARAYCI	ÖZCAN	1	40	5,3 mm	Kırmızı	6	6 kpa	7,3 kpa	5,4 mm	Kırmızı	6	5,7 kpa	6,8 kpa
42	NEZİROĞLU	ÖZCAN	1	39	5,4 mm	Kırmızı	6	8,3 kpa	7,5 kpa	5,8 mm	Kırmızı-Sarı	5	8,6 kpa	10,4 kpa
43	İSMAİL	ÖZCAN	1	39	6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,2 kpa	5,8 kpa	5,7 mm	Kırmızı	6	5,2 kpa	6,4 kpa
44	YILMAZ	ÖZCAN	1	38	5,7 mm	Yeşil-Kırmızı	4	7,1 kpa	8,2 kpa	5,7 mm	Kırmızı	6	9,4 kpa	11,2 kpa
45	BAĞCI	ÖZCAN	1	56	5,5 mm	Kırmızı	6	7,1 kpa	8,3 kpa	6,1 mm	Kırmızı	6	9,6 kpa	11,2 kpa
46	MEHMET	ÖZCAN	2	26	6,1 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,7 kpa	7,4 kpa	6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,5 kpa	7,3 kpa
47	ÖZCAN	ÖZCAN	2	33	6,2 mm	Yeşil-Sarı	4	4,3 kpa	6,1 kpa	5,7 mm	Kırmızı	6	5,8 kpa	7,1 kpa
48	ÖZCAN	ÖZCAN	1	31	6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,7 kpa	7,2 kpa	6,3 mm	Yeşil-Kırmızı	4	7,3 kpa	7,8 kpa
49	ÖZCAN	ÖZCAN	2	26	6,5 mm	Yeşil	3	5,4 kpa	7,3 kpa	6,7 mm	Yeşil-Kırmızı	4	4,9 kpa	5,4 kpa
50	MEHMET	ÖZCAN	2	52	6,5 mm	Yeşil-Kırmızı	4	5,3 kpa	6,3 kpa	6,2 mm	Yeşil	3	4,3 kpa	5 kpa
51	ÖZCAN	ÖZCAN	2	53	5,6 mm	Kırmızı-Yeşil	4	4,5 kpa	6,2 kpa	5,3 mm	Kırmızı-Yeşil	4	7,5 kpa	7,9 kpa
52	ÖZCAN	ÖZCAN	2	48	6,5 mm	Yeşil-Kırmızı	4	4,3 kpa	6,1 kpa	6,5 mm	Kırmızı-Yeşil	4	4,3 kpa	6 kpa
53	ÖZCAN	ÖZCAN	2	39	5,6 mm	Kırmızı-Yeşil	4	6,2 kpa	7,3 kpa	5,9 mm	Kırmızı-Yeşil	4	6,9 kpa	8,4 kpa
54	ÖZCAN	ÖZCAN	2	53	5,7 mm	Yeşil	3	8,3 kpa	10,1 kpa	5,6 mm	Yeşil-Mavi	2	8,5 kpa	10,2 kpa
55	ÖZCAN	ÖZCAN	1	40	5,3 mm	Yeşil-Kırmızı	4	5,9 kpa	6,12 kpa	5,5 mm	Kırmızı-Yeşil	4	7 kpa	6 kpa
56	MEHMET	ÖZCAN	1	42	5,9 mm	Kırmızı-Yeşil	4	4,8 kpa	4,6 kpa	6,2 mm	Kırmızı-Yeşil	4	5,1 kpa	6,4 kpa
57	ÖZCAN	ÖZCAN	1	31	5,8 mm	Yeşil	3	12,3 kpa	10,5 kpa	5,9 mm	Yeşil	3	13 kpa	15,6 kpa
58	ÖZCAN	ÖZCAN	1	44	5,8 mm	Yeşil-Kırmızı	4	8,7 kpa	12,3 kpa	6,2 mm	Mavi-Yeşil	2	10,5 kpa	13,2 kpa
59	ÖZCAN	ÖZCAN	1	37	5,2 mm	Yeşil-Kırmızı	4	7,5 kpa	7,1 kpa	5,6 mm	Yeşil	3	7,8 kpa	8,2 kpa
60	ÖZCAN	ÖZCAN	1	49	5,9 mm	Yeşil	3	5,3 kpa	6,3 kpa	6,4 mm	Yeşil-Mavi	2	6,4 kpa	7 kpa
61	ÖZCAN	ÖZCAN	1	29	5,8 mm	Yeşil-Kırmızı	4	4,8 kpa	6,6 kpa	6,1 mm	Yeşil-Kırmızı	4	5,4 kpa	5,8 kpa
62	ÖZCAN	ÖZCAN	1	41	6 mm	Yeşil	3	5,9 kpa	7,3 kpa	5,9 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,3 kpa	6,8 kpa
63	ÖZCAN	ÖZCAN	2	28	5,3 mm	Kırmızı	6	8 kpa	9,4 kpa	5,5 mm	Kırmızı	6	8,7 kpa	10,3 kpa
64	ÖZCAN	ÖZCAN	1	33	6,3 mm	Kırmızı	6	7,5 kpa	8,2 kpa	5,9 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,3 kpa	9,8 kpa
65	ÖZCAN	ÖZCAN	2	42	5,1 mm	Yeşil-Kırmızı	4	8,7 kpa	10,4 kpa	5,2 mm	Yeşil	3	10,5 kpa	10,3 kpa
66	ÖZCAN	ÖZCAN	1	57	5,7 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,3 kpa	9,9 kpa	5,4 mm	Yeşil-Sarı	4	9,9 kpa	9,1 kpa
67	ÖZCAN	ÖZCAN	2	35	5,9 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,15 kpa	11,2 kpa	6,1 mm	Yeşil-Sarı	4	8,7 kpa	10,2 kpa
68	ÖZCAN	ÖZCAN	1	38	5,6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,2 kpa	10,3 kpa	6,2 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,6 kpa	10,4 kpa
69	ÖZCAN	ÖZCAN	2	45	7,3 mm	Yeşil-Kırmızı	4	8,9 kpa	9,4 kpa	7,7 mm	Yeşil-Kırmızı	4	10,1 kpa	10,95 kpa
70	ÖZCAN	ÖZCAN	1	54	6,5 mm	Yeşil-Kırmızı	4	5,2 kpa	5,8 kpa	6,3 mm	Yeşil-Kırmızı	4	5,3 kpa	7,1 kpa
71	ÖZCAN	ÖZCAN	2	54	5,5 mm	Kırmızı-Yeşil	4	8,6 kpa	8,9 kpa	5,7 mm	Kırmızı-Yeşil	4	8,3 kpa	8,8 kpa
72	ÖZCAN	ÖZCAN	2	56	6,1 mm	Yeşil-Kırmızı	4	7,6 kpa	8,3 kpa	5,8 mm	Yeşil-Sarı	4	7,8 kpa	8,5 kpa
73	ÖZCAN	ÖZCAN	1	49	6,6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	8,1 kpa	8,8 kpa	6,3 mm	Yeşil-Kırmızı	4	8,3 kpa	8,9 kpa
74	ÖZCAN	ÖZCAN	2	26	5,3 mm	Kırmızı-Yeşil	4	8,9 kpa	10,2 kpa	5,2 mm	Yeşil-Kırmızı	4	10,7 kpa	12,3 kpa
75	ÖZCAN	ÖZCAN	2	56	5,8 mm	Yeşil-Kırmızı	4	4,4 kpa	4,95 kpa	6,1 mm	Yeşil-Kırmızı	4	3,8 kpa	5 kpa
76	MEHMET	ÖZCAN	2	61	5,6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	5,6 kpa	5,94 kpa	5,9 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,9 kpa	8,4 kpa
77	ÖZCAN	ÖZCAN	1	28	5,4 mm	Yeşil-Kırmızı	4	6,1 kpa	7,25 kpa	5,6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	7,3 kpa	9,25 kpa
78	ÖZCAN	ÖZCAN	1	56	5,6 mm	Kırmızı	6	8,4 kpa	9,83 kpa	5,8 mm	Kırmızı	6	8,7 kpa	10,6 kpa
79	ÖZCAN	ÖZCAN	1	53	6,1 mm	Kırmızı	6	7,5 kpa	8,2 kpa	5,9 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,84 kpa	11,23 kpa
80	ÖZCAN	ÖZCAN	1	61	5,6 mm	Yeşil-Kırmızı	4	9,3 kpa	10,45 kpa	5,7 mm	Yeşil-Kırmızı	4	10,85 kpa	12,1 kpa

NOT: Hasta ve sağlık gönüllü grubunun ad ve soyadları hasta mahremiyeti açısından bulanıklaştırılmıştır.