

# Sinir Kökü Kompresyonu Olan Lomber Diskopatili Hastalarda Paravertebral Kasların Yağ Dejenerasyonlarının MRG ile Değerlendirilmesi

## MRI Evaluation of Fatty Degeneration of Paravertebral Muscles in the Patients with Lumbar Disc Herniation with Nerve Root Compression

Ahmet Boyacı<sup>1</sup>, Ahmet Tutoğlu<sup>1</sup>, Nurefşan Boyacı<sup>2</sup>, Dilek Şen Dokumacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD, Şanlıurfa, Türkiye

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji AD, Şanlıurfa, Türkiye

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmada lomber diskopatiye bağlı sinir kökü basısı olan kronik bel ağrılı hastalarla diskopati olmaksızın kronik bel ağrısı gelişen hastaların magnetik rezonans görüntüleme (MRG) ile paravertebral kas özelliklerinin karşılaştırılması amaçlandı.

**Yöntemler:** Hastalar diskopati olan (grup 1) ve olmayan (grup 2) kronik bel ağrısı olarak iki gruba ayrıldı. Hastaların sağ ve sol multifidus (MF), paraspinal, quadratus lumborum (QL), psoas (PS) kaslarının kesit alanları ve yağ dejenerasyonları L4 inferior end plate düzeyinde aksiyal MRG kesitlerinde değerlendirildi.

**Bulgular:** Sağ ve sol MF, paraspinal, PS ve sol QL kas kesit alanlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0.05$ ). Bununla birlikte sağ QL kası kesit alanı diskopati grubunda anlamlı olarak daha küçüktü ( $p<0.01$ ). Gruplar arası karşılaştırmada grup 1'de sağ ve sol MF, paraspinal, QL yağlanma dereceleri grup 2'ye göre anlamlı olarak fazla bulundu ( $p=0.04$ ,  $p=0.04$ ,  $p=0.02$ ,  $p=0.02$ ,  $p=0.03$ ,  $p=0.03$ , sırasıyla).

**Sonuçlar:** Sinir kökü basısı olan veya olmayan kronik bel ağrılı hastalarda paravertebral kas kesit alanları benzerdir. Bununla birlikte lomber diskopatili hastalarda görülen yağlı dejenerasyonun sinir kökü kompresyonu gibi denervasyon bulgularına yol açan durumlarla ilişkisi olduğu düşünülebilir.

**Anahtar sözcükler:** Magnetik rezonans görüntüleme, kronik bel ağrısı, paravertebral kas, sinir kökü kompresyonu.

### ABSTRACT

**Objective:** In this study, it was aimed to compare paravertebral muscle features of the patients with chronic low back pain with nerve root compression due to lumbar discopathy and the patients with chronic low back pain without discopathy via magnetic resonance imaging (MRI).

**Methods:** Patients were divided into two groups as discopathy (group 1) and low back pain without discopathy (group 2). Cross-sectional area and fatty degeneration of the patients' right and left multifidus (MF), paraspinal, quadratus lumborum (QL), psoas (PS) muscles were evaluated at the level of L4 inferior end plate on axial MRI images.

**Results:** Right and left MF, paraspinal, PS and left QL muscle cross-sectional area did not differ significantly between the groups ( $p>0.05$ ). However cross-sectional area of right QL muscle was significantly smaller in discopathy group ( $p<0.01$ ). In comparison between groups, right and left MF, paraspinal, QL fatty degeneration degrees were found significantly increased in group 1 compared with group 2 ( $p=0.04$ ,  $p=0.04$ ,  $p=0.02$ ,  $p=0.02$ ,  $p=0.03$ ,  $p=0.03$ , respectively).

Yazışma Adresi  
Corresponding Author

Ahmet Boyacı

Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD,  
Şanlıurfa, Türkiye

E-posta: drboyaci@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 06.01.2014  
Kabul Tarihi/Accepted: 01.04.2014

**Conclusion:** The cross-sectional areas of the paravertebral muscles are similar in the patients with chronic low back pain with or without nerve root compression. However, fatty degeneration seen in patients with lumbar discopathy can be considered to be associated with conditions leading to denervation findings as nerve root compression.

**Keywords:** Magnetic resonance imaging, chronic low back pain, paravertebral muscle, nerve root compression

## Giriş

Bel ağrısı endüstriyel toplumlarda işgücü ve verimlilik kaybına neden olan önemli bir sağlık sorunudur. İnsanların %70-80'inde yaşamları boyunca en azından bir kez bel ağrısı görülür (1). Lomber omurganın stabilizasyonunda paravertebral kaslar çok önemlidir. Subakut ve kronik bel ağrısının oluşmasında ve devamında paravertebral kasların disfonksiyonunun sorumlu olduğunu düşündüren kanıtlar mevcuttur (2).

Kronik bel ağrılı hastalarda multifidus kasında atrofi gösterilmiştir (3). Ayrıca paravertebral kaslarda atrofi ve yağlı dejenerasyonu içeren yapısal değişiklikler yayınlanmıştır (4-7). Yağ depozit miktarındaki artış ve kas kitlesinin azalması makroskobik olarak kas dejenerasyonu bulgularındandır (8). Kas atrofisinin, kullanmama veya denervasyona bağlı olduğu düşünülmektedir. Paraspinal kasların kullanılmamasına bağlı olarak lokalize bir bulgudan ziyade yaygın bir bulgu beklenir (9). Buna karşılık disk herniasyonlarında ve sinir kökü kompresyonlarında görülen paraspinal denervasyon ve reinnervasyonda ise lokalize değişiklikler gözlenir (10). Denervasyon iskelet kasında kontraktıl kitlenin kaybıyla birlikte hızlı bir atrofiye veya kas fibrillerinin progresif dejenerasyonuna, kas içi yağlanmada artışa (11) ve kas lifi değişikliğine yol açar (10). Bu değişiklikler diskopatili hastalarda klinik bulguları açıklayabilir.

Son yıllarda magnetik rezonans görüntüleme (MRG), paravertebral kasların yağ içeriklerini ve kesit alanlarını değerlendirebilmesi ve iyonize radyasyon içermemesi nedeniyle yararlı bir araç haline gelmiştir (12). Kronik bel ağrılı hastaların retrospektif değerlendirildiği bir çalışmada, multifidus (MF) kası atrofisi ile radikülopati semptomları, sinir kökü kompresyonu, herniye nükleus pulposus ve dejenerediskarasında bir korelasyon olmadığı gösterilmiştir (3). Bununla birlikte denervasyonun, iskelet kasında atrofi, dejenerasyon ve kas içi yağlanmada artışa yol açtığı bilinmektedir. Bu nedenle bu çalışmada lomber diskopatiye bağlı sinir kökü basısı olan kronik bel ağrılı hastalarla diskopati olmaksızın kronik bel ağrısı gelişen hastaların MRG ile değerlendirilen paravertebral kas özelliklerini karşılaştırmak amaçlanmıştır.

## Gereç ve Yöntem

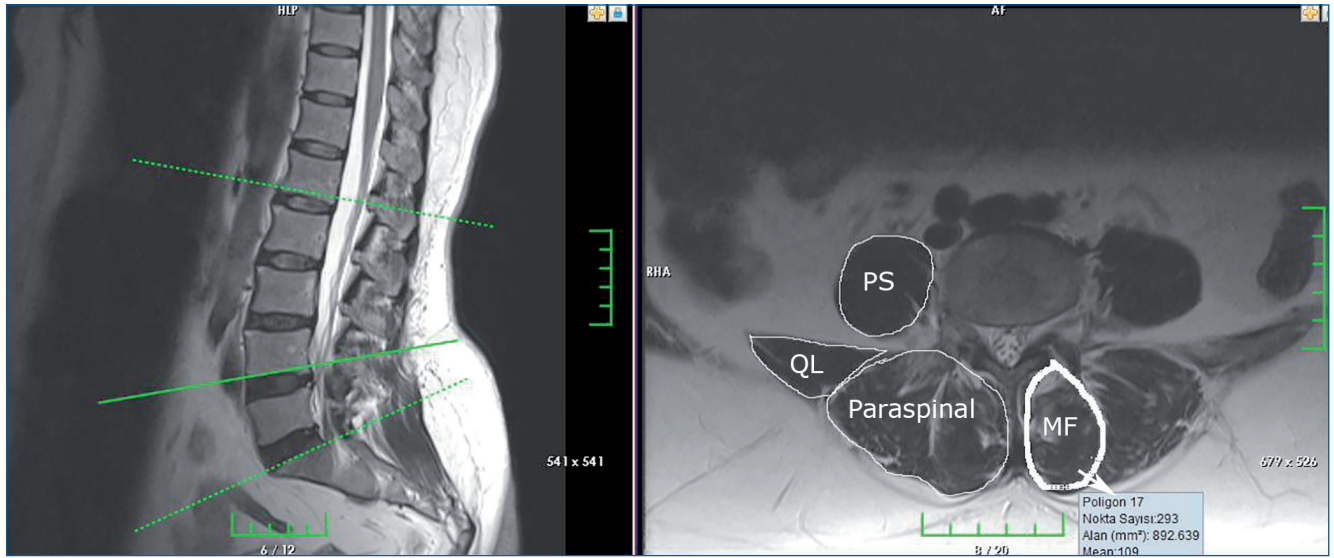
Çalışmaya Nisan 2013- Kasım 2013 tarihleri arasında lomber diskopati ve /veya bel ağrısı nedeniyle Fiziksel tıp

ve Rehabilitasyon polikliniğine başvuran hastalar alındı. Araştırma öncesi Yerel Etik Kurul Başkanlığı onayı alındı. En azından bir yıldır bel ağrısı şikayeti olan ve son altı ayda en azından bir kez bel ağrısı atağı geçiren hastalar çalışmaya dahil edildi. Kronik bel ağrılı hastaların lomber MRG tetkikleri retrospektif olarak değerlendirilerek diskopati grubu (grup 1) ve kontrol grubu (grup 2) olarak iki gruba ayrıldı. Lomber cerrahi öyküsü olan, radyografisinde spinal anormalliği olan (spondilolistezis, spondilolizis, 10°'den fazla lomber skolyoz), spinal malignensi ve enfeksiyonu olan, inflamatuvar romatizmal eklem hastalığı olan, sinir kökü basısı yapmayan disk protrüzyonları olan, bir düzeyden fazla diskopatisi olan, son üç ayda lomber kaslara yönelik egzersiz tedavisi alan hastalar çalışmadan çıkarıldı. Diskopati grubuna L 4-5 düzeyinde sinir köküne bası yapan diskopatisi olan hastalar alındı. Kontrol grubuna diskopatisi olmayan mekanik bel ağrısı olan hastalar alındı (Tablo 1).

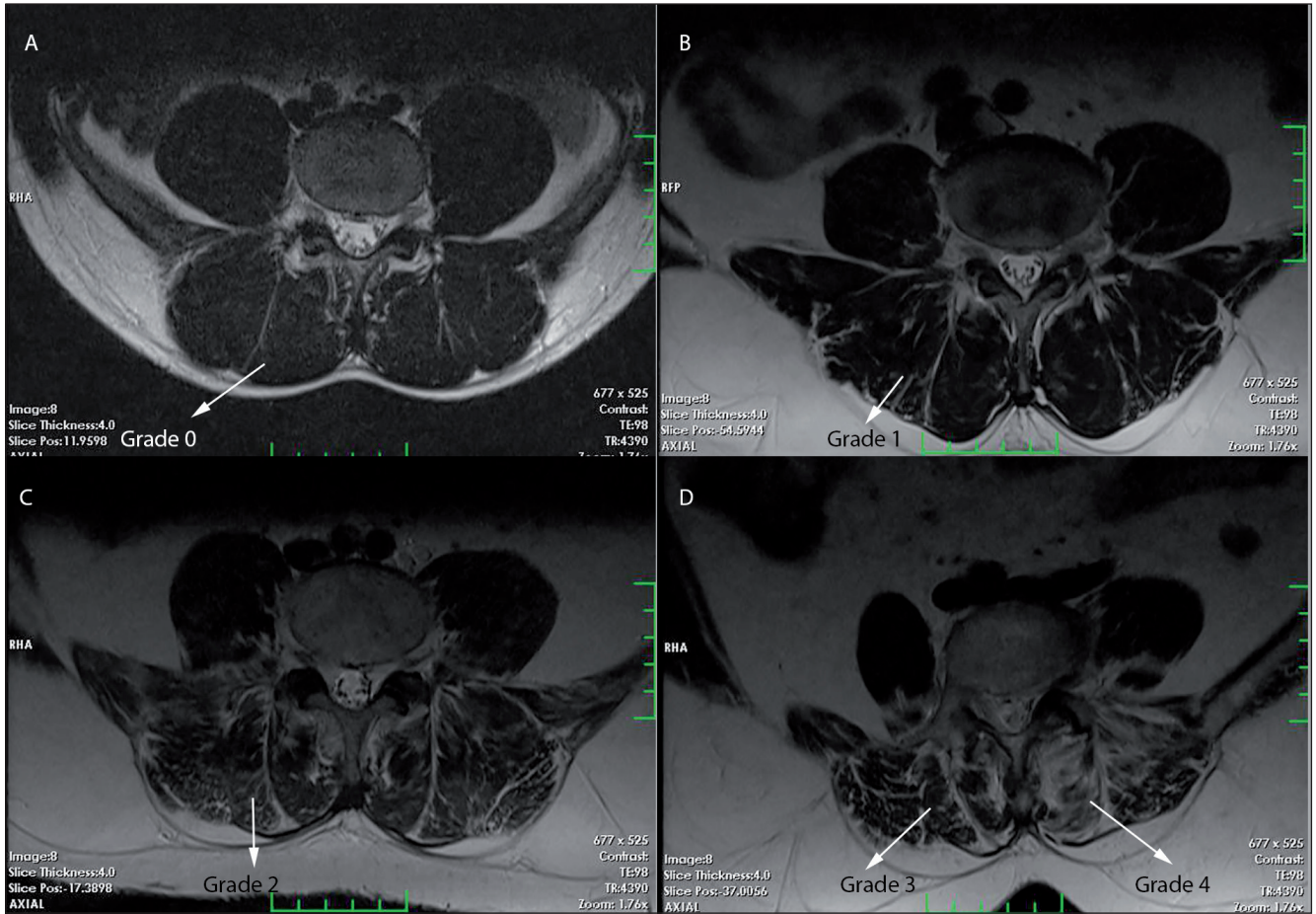
Tüm incelemeler 1.5 Tesla Magnetom Symphoni A Tim System MR cihazında (Siemens, Enlargen, Germany ) vücut sargısı kullanılarak lomber vertebraya yönelik rutin protokol ile yapıldı. Turbo spin-eko T1 ve T2 Ağırlıklı (A) sagittal ve disk aralıklarına paralel turbo spin-eko T2 A aksiyal kesitler alındı. Rehber görüntüden karın çevresi için abdomen anteroposterior (AP) ve transvers çapı ölçüldü. Paraspinal kaslardaki ayırım en iyi L4-L5 düzeyinde yapıldığı için L4 inferior end plate düzeyindeki T2A aksiyal kesitlerden değerlendirmeler yapıldı. Bu düzeyde paravertebral kasların (MF, paraspinal, quadratus lumborum (QL), psoas (PS) kasları) kesitsel alanları ölçüldü (Şekil 1). Ayrıca bu kaslardaki yağ içeriği varlığı supraspinatus kası için kullanılan evreleme sistemine göre değerlendirildi (13, 14). Buna göre; 0: intramuskuler yağ yok, 1: kas içinde çizgisel yağlanmalar var, 2: kas içinde yağ belirgin olarak var ancak miktarı kas dokusundan az, 3: kas ile aynı miktarda yağ dokusu var; 4: kas dokusundan daha fazla yağ içeriği var (Şekil 2). Ayrıca disk, vertebra korpusu ve faset eklemler değerlendirildi. Ölçümler ve değerlendirmeler aynı radyolog tarafından yapıldı.

**Tablo 1. Kontrol grubuna alınan hastaların kronik bel ağrısı nedenleri.**

	n (%)
Lomber disk dejenerasyonu ve/veya lomber spondiloz	16 (57.14)
Faset eklem dejenerasyonu ve osteoartriti	8 (42.86)



**Şekil 1.** L4 inferior end plate düzeyindeki T2a aksiyal kesitlerden paravertebral kasların kesitsel alanlarının ölçümü.  
MF: Multifidus, PS: Psoas, QL: Quadratus lumborum



**Şekil 2.** Paraspinal kaslardaki yağ içeriği varlığına göre yağlanma dereceleri.

Tablo 2. Hastaların demografik verileri ve paravertebral kas kesit alanları.

	Grup 1	Grup 2	p
Yaş	48.4±13.0	43.8±11.9	0.16
Cinsiyet (K/E)	20/12	16/12	0.67
Abdomen AP çapı (mm)	241.8±41.4	223.8±41.2	0.09
Abdomen transvers çapı (mm)	355.0±43.2	337.0±45.07	0.12
Sağ MF kası kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	773.9±202.3	735.5±183.4	0.44
Sol MF kası kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	795.6±213.4	725.7±160.4	0.13
Sağ paraspinal kas kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	2105.2±466.7	2254.07±424.4	0.20
Sol paraspinal kas kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	2202±489.08	2231.8±463.5	0.81
Sağ QL kası kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	417.7±203.2	537.8±177.4	<b>0.01</b>
Sol QL kası kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	448.03±192.9	527.2±203.5	0.12
Sağ PS kası kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	1179.2±424.8	1234.7±409.5	0.61
Sol PS kası kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	1169.4±392.2	1246.6±442.9	0.47

AP: Anteroposterior, MF: Multifidus, PS: Psoas, QL: Quadratus lumborum

## İstatistiksel Analiz

Elde edilen tüm parametreler SPSS 18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programına kaydedildi. Sonuçlar ortalama±SD olarak ifade edildi. Hastalara ait ölçülebilir değişkenlerin normal dağılıma uyup uymadığı One-Sample Kolmogorov-Smirnov testi ile saptandı. Ölçülebilir parametrik verilerin analizinde Student t testi (bağımsız örneklem t testi) kullanıldı. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testi kullanıldı. Sinir kökü basısının tek taraflı veya bilateral olması ile paravertebral kas kesit alanı ve yağ dejenerasyonları arasında ilişki Spearman korelasyon analizi ile değerlendirildi. İstatistiksel analizlerde p<0.05 olan farklar anlamlı kabul edildi.

## Bulgular

Grup 1'de 32 hasta değerlendirildi. Grup 2'de 28 hasta değerlendirildi. Grup 1'in yaş ortalaması 48.4 ± 13.0, grup 2'nin yaş ortalaması 43.8±11.9 yıl idi ve istatistiksel olarak gruplar arası anlamlı fark yoktu (p=0.163). Abdomen AP çap ve transvers çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p=0.09, p=0.12, sırasıyla). Grup 1'de 7 hastada sol parasantral protrüzyon, 6 hastada sağ parasantral protrüzyon, 19 hastada geniş tabanlı disk protrüzyonu vardı. Gruplar arası karşılaştırmada Grup 1'de sağ ve sol MF, paraspinal, QL yağlanma dereceleri Grup 2'ye göre anlamlı olarak fazla bulundu (p=0.04, p=0.04, p=0.02, p=0.02, p=0.03, p=0.03, sırasıyla). Grupların demografik verileri, paravertebral kas kesit alanı ve yağ dejenerasyonları Tablo 2 ve 3'de verilmiştir. Sinir kökü kompresyonunun bilateral veya tek taraflı olması ile paravertebral kas kesit alanı ve yağ dejenerasyonları arasında korelasyon yoktu (p>0.05, tablo 4).

Tablo 3. Hastaların paravertebral kas yağlanma dereceleri.

	Yağlanma derecesi (n)	Grup 1	Grup 2	p
Sağ MF kası	Grade 1	13	20	<b>0.04</b>
	Grade 2	12	6	
	Grade 3	7	2	
Sol MF kası	Grade 1	13	20	<b>0.04</b>
	Grade 2	12	6	
	Grade 3	7	2	
Sağ paraspinal kas	Grade 1	11	19	<b>0.02</b>
	Grade 2	13	7	
	Grade 3	8	2	
Sol paraspinal kas	Grade 1	11	19	<b>0.02</b>
	Grade 2	13	7	
	Grade 3	8	2	
Sağ QL kası	Grade 0	9	17	<b>0.03</b>
	Grade 1	17	9	
	Grade 2	6	2	
Sol QL kası	Grade 0	9	17	<b>0.03</b>
	Grade 1	17	9	
	Grade 2	6	2	
Sağ PS kası	Grade 0	14	16	0.30
	Grade 1	18	12	
Sol PS kası	Grade 0	13	16	0.20
	Grade 1	19	12	

MF: Multifidus, PS: Psoas, QL: Quadratus lumborum

**Tablo 4. Diskopati grubunda hastaların sinir kökü kompresyonunun bilateral veya tek taraflı olması (tipi) ile paravertebral kas kesit alanı ve yağ dejenerasyonları arasındaki ilişki.**

	Sinir kökü kompresyonu tipi	
	r	p
Sağ MFkası kesit alanı	0.272	0.132
Sol MFkası kesit alanı	0.314	0.081
Sağ paraspinal kas kesit alanı	0.314	0.081
Sol paraspinal kas kesit alanı	0.269	0.137
Sağ QL kası kesit alanı	-0.176	0.334
Sol QL kası kesit alanı	-0.234	0.197
Sağ PS kası kesit alanı	-0.093	0.613
Sol PS kası kesit alanı	0.031	0.866
Sağ MFkası yağlanma derecesi	0.272	0.494
Sol MFkası yağlanma derecesi	0.126	0.494
Sağ paraspinal yağlanma derecesi	0.143	0.433
Sol paraspinal kas yağlanma derecesi	0.143	0.433
Sağ QL kası yağlanma derecesi	0.084	0.649
Sol QL kası yağlanma derecesi	0.171	0.349
Sağ PS kası yağlanma derecesi	0.168	0.357
Sol PS kası yağlanma derecesi	0.223	0.221

**MF:** Multifidus, **PS:** Psoas, **QL:** Quadratus lumborum.

## Tartışma

Çalışmamızda, lomber diskopatisi olan ve olmayan kronik bel ağrılı hastaların lomber paravertebral kaslarını değerlendirmek için MRG kullanıldı. Bu çalışmada kronik diskopatiye bağlı sinir kökü kompresyonu olan hastalarda diskopatisi olmayan hastalara göre daha yüksek derecede yağ dejenerasyonu olduğu ilk kez gösterildi. Ayrıca MF, paraspinal, PS ve sol QL kesit alanlarında her iki hasta grubu arasında fark olmadığı gösterildi.

Histopatolojik bir çalışmada, sinir kökü hasarı olmayan kronik bel ağrılı hastaların paravertebral kaslarında selektif tip 2 lif atrofi geliştiği bununla birlikte paravertebral kaslarda fibrozis gelişmediği gösterilmiştir (15). Çalışmamızda sinir kökü hasarı olan kronik bel ağrılı hastalarda, sinir kökü kompresyonu olmayan hastalara göre anlamlı yağ dejenerasyonu bulundu. Bu nedenle sinir kökü kompresyonu olmayan kronik bel ağrılı hastaların paravertebral kaslarında anlamlı fibrozis gelişmediği düşünülebilir. Bununla birlikte yağ dejenerasyonunun fibrozisle ilişkisini değerlendirecek histopatolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kronik bel ağrısının paravertebral kaslarda atrofi (8) ve yapısal değişikliklere yol açtığı gösterilmiştir (16). Bu değişikliklerin kas boyutunda azalma ve yağ içeriğinde artışla karakterize olduğu belirtilmiştir (17). Sinir kökü kompresyonu veya lezyonu sonucu paravertebral kaslarda oluşan değişiklikleri inceleyen çalışmalarda ise (18, 19) genel kanı denervasyonun tip 2 kas liflerinde atrofiye yol açtığı yönündedir. Fakat denervasyondan sonra tip 1 ve tip 2 kas lifi boyutunda değişiklik olduğunu gösteren yayınlar da mevcuttur (10, 20). Bu veriler bel ağrısının yapısal ve dinamik faktörleri içeren multifaktöriyel sebepleri olduğunu desteklemektedir. Mekanik bel ağrısının tedavisinde rutin ağrı tedavilerinin yanı sıra, omurga biyomekanik yapısının geliştirilmesinin de etkili olacağı düşünülebilir.

Çalışmamızda diskopati grubunda MF, paraspinal ve QL kaslarındaki yağ dejenerasyonunun kontrol grubuna göre anlamlı olarak fazla olduğu görüldü. T2 ağırlıklı MRG'de artmış sinyal intensitesi şeklinde görülen yağ dejenerasyonunun, yetişkinlerde lomber ağrıyla güçlü bir ilişkisi gösterilmiştir (13). Bu ilişki kas içi yağlanmanın kasın kontraktilesinde azalmaya neden olarak segmental instabiliteye yol açması ve buna bağlı olarak ağrının kronikleşmesine neden olması ile açıklanabilir.

Kronik bel ağrısında paravertebral kasların kullanılmamasına bağlı olarak bel ekstansör ve fleksör kaslarında atrofi gösterilmiştir (21). Kronik bel ağrısında oluşan atrofının farklı kas gruplarında değişik derecelerde olduğu bunun nedenin de ilişkili kasların segmental reflekslerinin inhibisyonuna bağlı olabileceği düşünülmüştür (8). Çalışmamızda diskopati grubunda sağ QL kası kesit alanı anlamlı olarak küçük bulundu. Ayrıca diskopati grubunda kas atrofi bulgularından biri olan yağ dejenerasyonu anlamlı olarak fazla bulundu. Bu grupta paravertebral kaslarda yağ dejenerasyonunun fazla olmasının ve sağ QL kası kesit alanının küçük olmasının nedeni bu grupta kullanmama atrofisine ilave olarak denervasyon atrofisinin de gelişmiş olması olabilir. Bununla birlikte her iki hasta grubunda MF, paraspinal, PS ve sol QL kas kesit alanlarında fark olmamasının nedeni ise hasta sayısının istatistiksel olarak yeterli olmaması olabilir.

Çalışmamızda sinir kökü basısının tek taraflı veya bilateral olmasının kas kesit alanı ve yağ dejenerasyonu ile ilişkisinin olmadığı gösterildi. Bu bulgu tek taraflı sinir kökü kompresyonunun sadece o taraftaki paravertebral kasları etkilemediği, her iki taraf paravertebral kasları da etkilediğini düşündürülebilir.

Çalışmamızın major kısıtlılığı sağlıklı kontrol grubunun olmamasıdır. Orta yaşlı sağlıklı bireylerde yağ infiltrasyonunun %9 oranında olduğu gösterilmiştir (21).

Bu nedenle kronik bel ağrılı hastalarda yağ infiltrasyonuna neden olan fizyolojik ve patolojik süreçlerin rolünü araştıran ve kronik bel ağrısında medikal tedavi ve egzersiz tedavilerinin kas yapısındaki değişikliklere etkisi ve bu değişikliklerin klinik durumla ilişkisinin değerlendirileceği çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak sinir kökü basısı olan kronik bel ağrılı hastalarda paravertebral kaslarda yağlı dejenerasyon gelişir. Sinir kökü basısı olan veya olmayan kronik bel ağrılı hastalarda paravertebral kas kesit alanları benzerdir.

## Kaynaklar

1. Rubin DI. Epidemiology and risk factors for spine pain. *Neurol Clin.* 2007;25:353-71.
2. Danneels LA, Cools AM, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, Bourgois J, et al. The effects of three different training modalities on the cross-sectional area of the paravertebral muscles. *Scand J Med Sci Sports.* 2001;11:335-41.
3. Kader DF, Wardlaw D, Smith FW. Correlation between the MRI changes in the lumbar multifidus muscles and leg pain. *Clin Radiol.* 2000;55:145-9.
4. Kamaz M, Kiresi D, Oguz H, Emlik D, Levendoglu F. CT measurement of trunk muscle areas in patients with chronic low back pain. *Diagn Interv Radiol.* 2007;13:144-8.
5. Hodges PW. The role of the motor system in spinal pain: implications for rehabilitation of the athlete following lower back pain. *J Sci Med Sport.* 2000;3:243-53.
6. Cooper RG, St Clair Forbes W, Jayson MI. Radiographic demonstration of paraspinal muscle wasting in patients with chronic low back pain. *Br J Rheumatol.* 1992;31:389-94.
7. Hultman G, Nordin M, Saraste H, Ohlson H. Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of MM erector spinae in men with and without low back pain. *J Spinal Disord.* 1993;6:114-23.
8. Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De Cuyper HJ. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *Eur Spine J.* 2000;9:266-72.
9. Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994;19:165-72.
10. Yoshihara K, Shirai Y, Nakayama Y, Uesaka S. Histochemical changes in the multifidus muscle in patients with lumbar intervertebral disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26:622-6.
11. Dolor JP, Cambon B, Vigneron P, Reyne Y, Nougues J, Casteilla L, et al. Expression of specific white adipose tissue genes in denervation-induced skeletal muscle fatty degeneration. *FEBS Lett.* 1998;439:89-92.
12. Muche B, Bollow M, Francois RJ, Sieper J, Hamm B, Braun J. Anatomic structures involved in early- and late-stage sacroiliitis in spondylarthritis: a detailed analysis by contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum.* 2003;48:1374-84.
13. Mengiardi B, Schmid MR, Boos N, Pfirrmann CW, Brunner F, Elfering A, et al. Fat content of lumbar paraspinal muscles in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with MR spectroscopy. *Radiology.* 2006;240:786-92.
14. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;304:78-83.
15. Cooper RG, Freemont AJ, Fitzmaurice R, Alani SM, Jayson MI. Paraspinal muscle fibrosis: a specific pathological component in ankylosing spondylitis. *Ann Rheum Dis.* 1991;50:755-9.
16. Hubley-Kozey CL, Vezina MJ. Muscle activation during exercises to improve trunk stability in men with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:1100-8.
17. Lescher S, Bender B, Eifler R, Haas F, Gruber K, Felber S. Isometric non-machine-based prevention training program: effects on the cross-sectional area of the paravertebral muscles on magnetic resonance imaging. *Clin Neuroradiol.* 2011;21:217-22.
18. Bakou S, Cherel Y, Gabinaud B, Guigand L, Wyers M. Type-specific changes in fibre size and satellite cell activation following muscle denervation in two strains of turkey (Meleagris gallopavo). *J Anat.* 1996;188:677-91.
19. Bishop DL, Milton RL. The effects of denervation location on fiber type mix in self-reinnervated mouse soleus muscles. *Exp Neurol.* 1997;147:151-8.
20. Niederle B, Mayr R. Course of denervation atrophy in type I and type II fibres of rat extensor digitorum longus muscle. *Anat Embryol (Berl).* 1978;153:9-21.
21. Parkkola R, Rytokoski U, Kormanen M. Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18:830-6.