

ÖZGÜN ARAŞTIRMA

Sagittal Denge ile Multifidus Kas Dejenerasyonu Arası İlişki

Zafer SOYDAN¹, Emru BAYRAMOĞLU²

¹ Nişantaşı Üniversitesi Tıp Fakültesi, Bhtclinic İstanbul Tema Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul.

² Bursa Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Bursa.

ÖZET

Bu çalışmada alt bel ağrılı hastalarda multifidus yağ dejenerasyonu (MFYD) ile spinopelvik parametreler arasındaki ilişki araştırıldı. Çalışmaya toplam 244 hasta (172 kadın ve 72 erkek) dahil edildi. Gruptaki ortalama yaş 46.9±12.2 idi. Spinopelvik parametreler ayakta lateral lumbal grafisi kullanılarak ölçüldü. L4-5 ve L5-S1 seviyelerinde MFYD aksiyel T2W MRG kesitleri kullanılarak derecelendirildi. Hastalar dejenerasyon derecesine göre üç gruba ayrıldı ve gruplar arasında spinopelvik parametreler yönünden istatistiksel anlamlı fark olup olmadığı incelendi. MFYD ile yaş ve cinsiyet arasında anlamlı pozitif korelasyon vardı (p<0.001). Pelvik İnsidans (PI), Pelvik Tilt (PT) ve Sakral Tabla Açısı (STA) ile MFYD arasında ilişki saptanmadı. Lomber Lordoz (LL), Sakral Slop (SS) ve MFYD arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf negatif korelasyon bulundu (p<0.001). MFYD ile dinamik sagittal spinopelvik parametreler olan SS ve LL arasında zayıf bir negatif korelasyon gözlenmesine rağmen, MFYD ile kompensatuar parametre PT arasında herhangi bir korelasyon gözlenmemiştir. Ek olarak, MFYD ile sabit spinopelvik parametreler olan PI ve STA arasında korelasyon bulunmadı.

Anahtar Kelimeler: Sagittal Denge. Spinopelvik Parametreler. Multifidus Kas Dejenerasyonu. Korelasyon Analizleri.

Association of Sagittal Balance and Multifidus Fatty Degeneration

ABSTRACT

We investigated the relationship between multifidus fatty degeneration (MFFI) and spinopelvic parameters in patients with low back pain (LBP). The study included a total of 244 patients (172 females and 72 males). Spinopelvic parameters were measured using lateral standing x-rays, and L4-5 and L5-S1 levels of multifidus muscle fatty degeneration were graded using axial T2W MRI slices. Patients were divided into three groups based on degeneration grade, and the statistical significance of differences in spinopelvic parameters between the groups was examined. The mean age in the group was 46.9±12.2 years. There was a significant positive correlation between MFFI and age and gender (p<0.001). Pelvic Incidence (PI), Pelvic Tilt (PT), and Sacral Table Angle (STA) were not associated with MFFI. A statistically significant weak negative correlation was found between Lumbar Lordosis (LL), Sacral Slope (SS), and MFFI (p<0.001). Although a weak negative correlation was observed between MFFI and the dynamic sagittal spinopelvic parameters SS and LL, no correlation was observed between MFFI and the compensatory parameter PT. Additionally, there is no correlation between the MFFI and the fixed spinopelvic parameters PI and STA.

Keywords: Spinopelvic parameters. Multifidus fatty degeneration. Correlation analyses.

Paraspinal kaslar normal lomber omurga fonksiyonunun sürdürülmesi için çok önemli yapılarıdır. Temel paraspinal kas, en medialde bulunan Multifidus kasıdır¹. Alt bel Ağrısı özellikle multifidus olmak üzere paraspinal kasların yağlı dejenerasyonu ile ilişkilendirilmiştir². MFYD ile çeşitli spinal bozukluklar arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Altinkaya ve ark. lumbal disk herniasyonu (LDH) ile

multifidus asimetrisi arasında ilişki olduğunu bildirmişlerdir³. MFYD kadınlarda daha fazla görülmektedir. Prevalansı ve şiddeti yaşla artış gösterir, LDH prevalansın artışına katkıda bulunur⁴. Lumbal disk dejenerasyonu da MFYD ile ilişkilendirilmiştir⁵. Ek olarak, skolyoz, azalmış LL ve spinal stenozun da MFYD ile ilişkili olduğu gösterilmiştir^{6,7}. Katsu ve arkadaşları, multifidus ve erektör kaslarının pelvik dizilimin korunmasında önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır⁸. Spinopelvik parametreler ile yukarıda bahsedilen yetişkin dejeneratif omurga hastalıkları arasındaki ilişkileri araştırılan birçok çalışma vardır⁹⁻¹². Bu çalışmanın amacı, MFYD ile spinopelvik parametreler arasındaki olası korelatif ilişkileri ortaya çıkarmaktır.

Geliş Tarihi: 17.Mayıs.2023

Kabul Tarihi: 01.Ağustos.2023

Dr. Zafer SOYDAN
Bhtclinic İstanbul Tema Hastanesi,
Atakent Mah 4. Cd. No 36
Küçükçekmece-İstanbul
Tel: 0505 565 72 24
E-posta: zsoydan@gmail.com

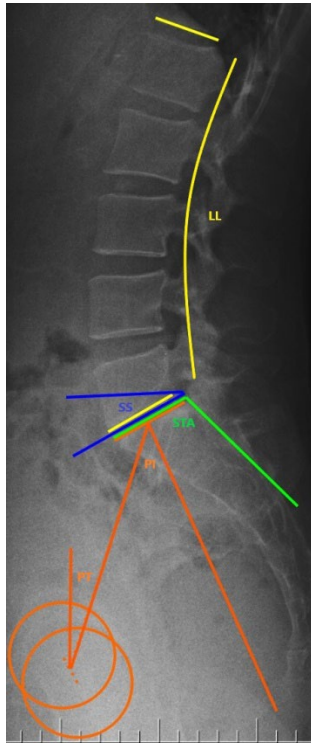
Yazarların ORCID Bilgileri:

Zafer SOYDAN: 0000-0001-6387-8628
Emru BAYRAMOĞLU: 0000-0001-8936-7594

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma Ağustos 2020 ile Ağustos 2021 tarihleri arasında tek merkezli olarak yürütülmüş olan bir

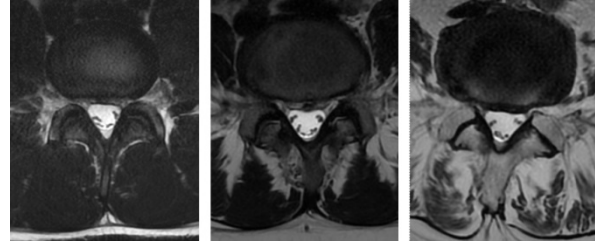
retrospektif veri analizi çalışmasıdır. Yerel etik kurul izni alınmıştır (09-06-2020/06-464). Çalışmaya katılan hastalardan bilgilendirilmiş onam alınmıştır. 302 hastanın kayıtları ve radyolojik verileri geriye dönük olarak incelenmiştir. Semptomatik bel ağrısı olan ve ayaktan tedavi gören 18 yaş üstü hastalar incelendi. Yukarıda T12 vertebra, aşağıda ise her iki femur başı görülecek şekilde ayakta çekilen lateral lumbar grafiler ve lumbar MRG tetkiki yapılmış olan hastalar çalışma kapsamına alındı. Kayıtları ve görüntüleri incelenerek, pelvik, spinal veya alt ekstremitte cerrahisi geçirdiği görülen hastalar; kalça veya diz artroplastisi yapılmış olan hastalar ya da ekstremitte uzunluk eşitsizliği olan hastalar olmak üzere toplam 58 hasta dışlandı ve çalışmaya 244 hasta dahil edildi. Spinopelvik parametreler lumbar yan grafiler üstünde ölçüldü. Bu grafilerle yapılan ölçümlerin, standart omurga uzunluk grafileriyle yapılan ölçümlere benzer sonuçlar verdiği daha önce bildirilmişti¹³. İki ortopedist eş zamanlı olarak ve ortak karar ile ölçümleri gerçekleştirdi. Ölçümler için Surgimap® Software (Nemaris Inc., New York, NY, USA) yazılımı kullanıldı (Şekil 1).



Şekil 1.

Lomber lordoz (LL), T12 vertebra'nın alt uç plağı ile S1 vertebra'nın üst uç plağının oluşturduğu açıdır. PI, sakral plağın orta noktasına dik olan çizgi ile bu noktadan bikoksofemoral çizgiye çizilen çizgi arasındaki açıdır. PT, dikey düzlem ile sakral plağın merkezini ve bikoksofemoral eksenini birleştiren çizginin oluşturduğu açıdır. Sakral uç plak ile yatay eksenin oluşturduğu açı SS ile gösterilir. STA, sakral son plak ile S1 vertebra gövdesinin arka yüzü arasındaki açıdır.

Çalışmaya dahil edilen hastaların GE, Signa, 1.5-T cihazında çekilen Aksiyel T2W MRG kesitleri anonimize edildi. En doğru sonuçlara ulaşabilmek için, Multifidus kasının en geniş çapa ulaştığı L4-5 ve L5-S1 düzeyindeki kesitler kullanılarak multifidus kası yağlı dejenerasyon evrelemesi yapıldı. Parkkola ve ark ve Kader ve ark. çalışmalarına dayanılarak yapılan evrelemede yağlı değişiklikler şu kriterlere göre üç evreye ayrıldı. Evre 0, yağlı dejenerasyon 10% den az; evre 1, yağlı değişiklikler 10%-50% arasında; evre 2, yağ infiltrasyonu >50% (1,14) (Şekil 2). Hastalar evreleme sonuçlarına uygun olarak 3 gruba ayrıldı. Gruplar arasında spinopelvik parametreler yönünden fark olup olmadığı istatistiksel olarak araştırıldı.



Şekil 2.

Multifidus Yağlı Dejenerasyon, soldan sağa doğru sırasıyla, Evre 0-1-2.

İstatistik

SPSS yazılımı kullanıldı (ver. 18.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Normal dağılım gösteren nicel değişkenlerin iki grubunun karşılaştırılmasında Student t testi kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren nicel değişkenlerin ikiden fazla grup arasında karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi, ikili karşılaştırmalarda ise Games-Howell testi ve Bonferroni düzeltmeli ikili değerlendirmeler kullanılmıştır. İki grup arasında normal dağılım göstermeyen nicel değişkenleri karşılaştırmak için Kruskal-Wallis ve Dunn-Bonferroni testleri kullanılmıştır. Spearman korelasyon analizi kullanılarak nicel değişkenler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Kalitatif verilerin karşılaştırılması için Fisher Freeman Halton testi kullanılmıştır. Kabul edilebilir istatistiksel anlamlılık $p < 0.05$ idi.

Bulgular

Çalışma grubunda 172 kadın ve 72 erkek olmak üzere toplam 244 hasta vardı. Ortalama yaş $46,9 \pm 12,2$ idi. MFYD ile yaş ve kadın cinsiyet arasında belirgin pozitif korelasyon bulundu ($p < 0.001$). MFYD ve statik spinopelvik parametreler olan PI ve STA arasında ilişki gözlenmedi. Dinamik parametreler olan LL ve SS ile MFYD arasında ise hem L4-5 ve hem L5-S1 düzeylerinde zayıf negatif korelasyon izlendi ($p < 0.001$; L4-5 seviyesi için $r = 0.281$ ve 0.217 , L5-S1

Sagittal Denge ve Multifidus Kası

seviyesi için $r=0.265$ ve 0.181). Buna karşın, kompanseuar bir spinopelvik parametre olan PT ile MFYD arasında korelasyon görülmedi. Post hoc testleri kullanılarak MFYD evresine göre gruplar arası farklar karşılaştırıldığında yaş, LL ve SS açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Demografik bilgiler ve karşılaştırmalı sonuçlar Tablo I'de verilmiştir. Spinopelvik parametrelerin MFYD üzerindeki etkilerinin seviye bazlı analiz sonuçları Tablo II'de verilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Paraspinal kaslar lomber omurganın yapısal bütünlüğü ve işlevi için çok önemlidir¹⁵. MFYD ile çeşitli spinal patolojiler ve demografik faktörler arasındaki ilişki kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Paraspinal kas atrofisinin disk dejenerasyonu, disk herniasyonu ve dejeneratif lomber stenoz gibi yetişkin spinal deformiteleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir^{10,11,16,17}.

Tablo I. Spinopelvik parametrelerin gruplar arası karşılaştırması.

	Total n=244	Gruplar			p	Post Hoc		
		Evre 0 n=41	Evre 1 n=136	Evre 2 n=67		0-1	1-2	0-2
Cinsiyet (k/e)	172/72	28/28	69/24	75/20	^a 0.001**			
Yaş (yıl)	46,9±12,2	22,2±8,1	49±12,4	58±15,3	^b 0.001**	0.001	0.001	0.001
PI(°) Ort±Ss	49,21±9,13	49,80±8,74	48,9±9,27	49,15±8,98	^c 0.31	0,29	0,36	0,48
PT(°) Ort±Ss	13,23±7,01	13,85±6,93	13,15±7,13	13,35±7,21	^c 0.55	0,58	0,45	0,56
SS(°) Ort±Ss	33,0±7,08	33,12±7,10	31,20±7,14	29,1±6,93	^c 0.001	0,81	0,89	0,94
STA(°) Ort±Ss	102,0±5,92	102,06±5,85	101,9±5,90	102,1±5,85	^c 0,65	0,67	0,58	0,75
LL(°) Ort±Ss	50,15±12,25	47,14±8,8	44,56±5,96	41,17±9,6	^c 0,001*	^d 0,00**1	^d 0,00**1	^d 0,00**1

^a Fisher Freeman Halton Test, ^b Kruskal Wallis Test&post hoc Dunn Bonferroni, ^c Student-t Test * $p<0,05$ ^d One Way Anova Test&Bonferroni test ** $p<0,01$

Tablo II. MFYD ile spinopelvik parametrelerin seviye bazlı istatistiksel analiz sonuçları

		MFFI	
		L4-L5	L5-S1
PI	r	0.133	0.138
	p	0,379	0,268
PT	r	0.187	0.171
	p	0,588	0,436
SS	r	-0.217	-0.138
	p	0.001	0.001
STA	r	0.186	0.167
	p	0,767	0,555
LL	r	-0,281	-0,265
	p	0.001	0.001

r: Spearman Correlation Coefficient * $p<0,05$

Ağrı nedeniyle azalan multifidus aktivitesinin atrofisinin ana nedeni olduğunu rapor edilmiştir¹⁵. Yağ infiltrasyonunun şiddetli ağrı veya kısıtlılık ve lomber omurganın yapısal anormallikleri ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu gösterilmiştir¹⁸. Yaş ve cinsiyetin MFYD üzerindeki korelatif ilişkileri de açıklığa kavuşturulmuştur^{4,19}.

Çok sayıda çalışmada, spinopelvik parametreler ile IVDD ve LDH arasındaki ilişkiler de ortaya konulmuştur. PI ve STA morfolojik spinopelvik parametreler olarak kabul edilir ve büyüme sırasında sabit kalırlar. PI, sagittal spinopelvik dizilimin önemli bir bileşenidir²⁰. Optimum spinopelvik uyum arayışında, LL, SS ve PT gibi diğer parametreler telafi edici değişkenler olarak hizmet eder. PT, postüral olarak değişen ve kalça eksenini rotasyonu ile artan veya azalan dinamik bir parametredir. PT, telafi edici bir mekanizma olarak PT artış gösterir. Global dizilimi korumak hem çaba hem de enerji gerektirir²¹.

Ancak bu spinopelvik parametrelerin MFYD üzerindeki etkileri net değildir. Miura ve arkadaşları, yetişkin spinal deformitesi olan hastaları içeren çalışmalarında, LL ile MFYD arasında bir korelasyon bulamamışlardır²². Bizim çalışmamızda bu iki durum

arasında zayıf bir korelasyon vardı, ancak çalışma grupları farklıydı. Wei Wang ve arkadaşları lomber spinal stenozlu hastalarla yaptıkları çalışmada MFYD ile LL arasında anlamlı bir pozitif korelasyon olduğunu bildirirken, PT ile MFYD arasında bir korelasyon olmadığını bildirmişlerdir¹². Zhang ve arkadaşları, yaşa göre ayarlama yapıldıktan sonra bile PI ve PT ile yağlı dejenerasyon arasında anlamlı bir korelasyon olduğunu, SS ile yağlı dejenerasyon arasında ise korelasyon olmadığını bildirmiştir⁹. Buna karşın, Menezes Reis ve arkadaşları FD ile PI, PT ve LL arasında bir ilişki olmadığını bildirmiştir²³. Başka bir çalışmada, MFYD nin azalmış LL ile anlamlı bir korelasyona, PT ile pozitif bir korelasyona ve SS ile zayıf bir negatif korelasyona sahip olduğu gösterilmiştir. PI ile MFYD arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır²⁴. Literatürle uyumlu olarak, çalışmamız yaş ve cinsiyet ile MFYD arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Statik spinopelvik parametreler olan PI ve STA ile MFYD arasında korelasyon bulunmamıştır. Dinamik spinopelvik parametrelerden SS ve LL MFYD ile zayıf negatif korelasyon gösterirken, PT ile MFYD ilişkili bulunmamıştır. Disk dejenerasyonu ve lomber disk herniasyonu gibi instabiliteler ile MFYD arasında korelatif ilişki olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir^{3,11,16,17}. Sonuçlarımıza göre, spinopelvik parametreler ile MFYD arasındaki korelasyon statik parametrelerden ziyade dinamik parametrelere dayanmaktadır. Bu çalışmanın bazı kısıtlamaları vardır. İlk olarak, bu çalışma tek merkezli retrospektif bir çalışmaydı ve bu da seçim yanlılığına yol açmış olabilir. Ayrıca, örneklem büyüklüğü nispeten küçüktür. Mevcut retrospektif çalışmaya dayanarak paraspinal kaslardaki azalmanın pelvik dizilimdeki anormalliklerin nedeni veya sonucu olduğu sonucuna varamayız. MFYD'nin bazı parametrelerle mütevazı korelasyonlara sahip olduğu görülmesine rağmen, bu çalışma nedensel bir ilişki kuramamıştır. Bu nedenle, paraspinal kas dejenerasyonunun pelvik dizilim bozukluğunun ve/veya bel rahatsızlığının nedeni mi yoksa sonucu mu olduğunu belirlemek için çok merkezli prospektif bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın sonuçlarının bu amaç için temel bir çalışma olarak kullanılabilirliğine inanıyoruz.

Dinamik parametreler olan SS ve LL aracılığıyla, MFYD ile sagittal spinopelvik parametreler arasında zayıf bir negatif korelasyon vardır. Ayrıca, MFYD ile dinamik telafi edici parametre PT arasında herhangi bir korelasyon tespit edilmemiştir. MFYD ile statik parametreler olan PI ve STA arasında korelasyon yoktur.

Etik Kurul Onay Bilgisi:

Onaylayan Kurul: Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Fen Sosyal Ve Girişimsel Olmayan Sağlık Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu
Onay Tarihi: 09-06-2020
Karar No: 06-464

Araştırmacı Katkı Beyanı:

Fikir ve tasarım: Z.S., E.B.; Veri toplama ve işleme: Z.S., E.B.; Analiz ve verilerin yorumlanması: Z.S., E.B.; Makalenin önemli bölümlerinin yazılması: Z.S., E.B.

Destek ve Teşekkür Beyanı:

Bu makalede yer alan çalışmalar için herhangi bir destek veya fon kullanılmamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı:

Makale yazarlarının çıkar çatışması beyanı yoktur.

Kaynaklar

1. 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.
2. Fortin M, Lazary A, Varga PP, McCall I, Battie MC. Paraspinal muscle asymmetry and fat infiltration in patients with symptomatic disc herniation. *Eur Spine J.* 2016;25:1452-1459.
3. Altinkaya N, Cekinmez M. Lumbar multifidus muscle changes in unilateral lumbar disc herniation using magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 2016;45(1):73-77.
4. Ekin, E. E., Kurtul Yıldız, H., & Mutlu, H. (2016). Age and sex-based distribution of lumbar multifidus muscle atrophy and coexistence of disc hernia: an MRI study of 2028 patients. *Diagnostic and interventional radiology (Ankara, Turkey)*, 22(3), 273-276.
5. Özcan-Ekşi EE, Ekşi MŞ, Akçal MA. Severe Lumbar Intervertebral Disc Degeneration Is Associated with Modic Changes and Fatty Infiltration in the Paraspinal Muscles at all Lumbar Levels, Except for L1-L2: A Cross-Sectional Analysis of 50 Symptomatic Women and 50 Age-Matched Symptomatic Men. *World Neurosurg.* 2019;122:e1069-e1077.
6. Wang X, Liu H, Wang W, et al. Comparison of multifidus degeneration between scoliosis and lumbar disc herniation. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23(1):891. Published 2022 Sep 30.
7. Liu Y, Liu Y, Hai Y, Li G, Liu T, Wang Y. Lumbar lordosis reduction and disc bulge may correlate with multifidus muscle fatty infiltration in patients with single-segment degenerative lumbar spinal stenosis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2020;189:105629.
8. Katsu M, Ohba T, Ebata S, Oba H, Koyama K, Haro H. Potential Role of Paraspinal Musculature in the Maintenance of Spinopelvic Alignment in Patients With Adult Spinal Deformities. *Clin Spine Surg.* 2020;33(2):E76-E80.
9. Zhang Y, Mandelli F, Mündermann A, et al. Association between fatty infiltration of paraspinal muscle, sagittal spinopelvic alignment and stenosis grade in patients with degenerative lumbar spinal stenosis. *N Am Spine Soc J.* 2021;5:100054. Published 2021 Feb 23.
10. Sun D, Liu P, Cheng J, Ma Z, Liu J, Qin T. Correlation between intervertebral disc degeneration, paraspinal muscle atrophy, and lumbar facet joints degeneration in patients with lumbar disc herniation. *BMC Musculoskelet Disord* (2017) 18(1):167.
11. Colakoglu B, Alis D. Evaluation of lumbar multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation: are complex quantitative MRI measurements needed?. *J Int Med Res.* 2019;47(8):3590-3600.
12. Wang W, Sun Z, Li W, Chen Z. Relationships between Paraspinal Muscle and Spinopelvic Sagittal Balance in Patients with Lumbar Spinal Stenosis. *Orthop Surg.* 2022;14(6):1093-1099.
13. Chung N-S, Jeon C-H, Lee H-D, Won S-H. Measurement of spinopelvic parameters on standing lateral lumbar radiographs: validity and reliability. *Clin Spine Surg* 2017;30:E119-23.

Sagittal Denge ve Multifidus Kası

14. Parkkola R, Rytokoski U, Kormano M. Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine* 1993; 18:830–836.
15. Hodges PW, Danneels L. Changes in structure and function of the back muscles in low back pain: different time points, observations, and mechanisms. *J Orthop Sports Phys Ther* (2019) 49(6):464–76.
16. Faur C, Patrascu JM, Haragus H, Anglitoiu B. Correlation between multifidus fatty atrophy and lumbar disc degeneration in low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):414. Published 2019 Sep 5.
17. Yaltrık K, GÜdü BO, Işık Y, Altunok Ç, Tıpi U, Atalay B. Volumetric Muscle Measurements Indicate Significant Muscle Degeneration in Single-Level Disc Herniation Patients. *World Neurosurg*. 2018;116:e500-e504.
18. Özcan-Ekşi EE, Ekşi MŞ, Turgut VU, Canbolat Ç, Pamir MN. Reciprocal relationship between multifidus and psoas at L4-L5 level in women with low back pain. *Br J Neurosurg* (2021) 35(2):220–8.
19. Takayama K, Kita T, Nakamura H, et al. New Predictive Index for Lumbar Paraspinal Muscle Degeneration Associated With Aging. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(2):E84-E90.
20. Boulay C, Bollini G, Legaye J, et al. Pelvic incidence: a predictive factor for three-dimensional acetabular orientation—a preliminary study. *Anat Res Int* 2014;2014:594650.
21. Klineberg E, Schwab F, Smith JS, Gupta MC, Lafage V, Bess S. Sagittal spinal pelvic alignment. *Neurosurg Clin N Am*. 2013; 24(2):15
22. Miura, K., Kadone, H., Asada, T., Koda, M., Funayama, T., Takahashi, H., Noguchi, H., Mataka, K., Shibao, Y., Sato, K., Eto, F., Kono, M., Suzuki, K., & Yamazaki, M. (2021). The fatty degeneration of the lumbar erector spinae muscles affects dynamic spinal compensation ability during gait in adult spinal deformity. *Scientific reports*, 11(1), 18088.
23. Menezes-Reis, R., Bonugli, G. P., Salmon, C. E. G., Mazoroski, D., Herrero, C. F. P. D. S., & Nogueira-Barbosa, M. H. (2018). Relationship of spinal alignment with muscular volume and fat infiltration of lumbar trunk muscles. *PLoS one*, 13(7), e0200198.
24. Jun HS, Kim JH, Ahn JH, et al. The Effect of Lumbar Spinal Muscle on Spinal Sagittal Alignment: Evaluating Muscle Quantity and Quality. *Neurosurgery*. 2016;79(6):847-855.

