doi:10.11659/jjssx.04E021003

·综 述·

腰椎退行性疾病中椎旁肌退变的影像学研究进展

张元成,敖 俊 (遵义医科大学附属医院脊柱外科,贵州 遵义 563003)

[摘 要] 腰椎退行性疾病是一种临床常见病及多发病,严重影响患者的生活质量。近年来大量的研究表明,腰椎退行性疾病的发生、发展与椎旁肌的退变密切相关。椎旁肌退变包括脂肪浸润及肌肉萎缩,目前常用超声、CT、MRI 等影像学技术对腰椎旁肌进行评估。本文就各种影像学技术研究椎旁肌退变的方法、优缺点及目前的进展进行总结,以期对其临床诊疗提供参考。

[关键词] 腰椎退行性疾病;椎旁肌;脂肪浸润;肌肉萎缩;影像学技术

[中图分类号] R681.5 [文献标识码] A [收稿日期] 2021-04-01

Imaging research progress of paraspinal muscle degeneration in lumbar degenerative disease

ZHANG Yuan-cheng, AO Jun (Department of Spine Surgery, Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: Lumbar degenerative disease is a common and frequently-occurring disease, which seriously affects the quality of life for patients. In recent years, a large number of studies have shown that the occurrence and the development of lumbar degenerative diseases are closely related to the degeneration of paraspinal muscles. Paraspinal muscles degeneration includes fatty infiltration and muscle atrophy. At present, ultrasound, CT, MRI and other imaging techniques are commonly used to evaluate lumbar paraspinal muscle. The methods, advantages and disadvantages, current progress of various imaging techniques in the study of paraspinal muscle degeneration were summarized in this paper, to provide reference for the clinical diagnosis and treatment of lumbar degenerative disease.

Keywords: lumbar degenerative disease; paraspinal muscle; fatty infiltration; muscle atrophy; imaging technique

腰椎退行性疾病是腰椎间盘、关节突关节或椎旁肌退变引发的以下腰痛为主要临床表现的一系列疾病,是脊柱外科的常见病及多发病。椎旁肌对于维持腰椎的生理曲度及动态稳定性具有重要意义[1],若椎旁肌出现退变,可加速腰椎结构的退变[2],使腰椎的生理曲度丢失,稳定性降低,从而导致一系列症状的发生。椎旁肌在解剖上分为前群和后群,前群主要包括腰大肌、腰小肌和腰方肌,后群主要为多裂肌、竖脊肌、半棘肌、回旋肌和横突间肌。椎旁肌的退变在形态学上包括肌肉质和量的改变,即脂肪浸润(肌肉被脂肪组织渗透代替)和肌肉萎缩(肌纤维变细或减少,肌肉体积缩小)。通过影像学图像分析测量椎旁肌脂肪浸润程度及椎旁肌横截面积,以此作为评估肌肉质和量的指标,探讨肌肉退变与腰椎退行性疾病的关系。本文将从 MRI、CT、超声及新型影像学技术研究椎旁肌退变的方法、优缺点及目前的进展进行综述,以期为临床诊疗提供参考。

[基金项目] 遵义市科技计划项目[遵市科合 HZ 字(2020)236 号]

[通信作者] 敖 俊,E-mail:ao00jun@163.com

1 MRI 在评价椎旁肌退变中的应用

MRI 具有良好的软组织分辨率,是目前研究椎旁肌最常使用的影像学方法。MRI 可靠性高,其测量肌肉横截面积及脂肪浸润程度在测量者间及测量者内均具有极好的可信度[3]。此外,有研究发现,通过对椎旁肌进行组织活检获得的肌间脂肪组织沉积与 MRI 获取的脂肪渗透具有良好的一致性[4]。目前的研究需要借助图像处理软件将肌肉边界进行分割,从而对目标肌肉的相关指标进行测定,美国国立卫生研究院网站的 Image J 是应用最多的软件。

1.1 MRI 对椎旁肌横截面积的测量

椎旁肌横截面积作为评估肌肉量的指标,对于分析腰椎退行性疾病相关因素与肌肉退变具有重要意义。在测量椎旁肌横截面积时,操作者需熟悉目标肌肉的解剖学及影像学表现,在图像中沿肌肉边界画出感兴趣区域(region of interest, ROI),虽然存在一定的主观性,但是 Mäki 等[5]证实这种方法在评估者内部具有较高的可重复性和可靠性。在测量平面的选择上,有研究选择单一节段的测量结果代表整体肌肉的水平[6];但是 Urrutia 等[7]认为单一节段的横截面积并不

能反映整体椎旁肌的退变情况,在病变程度较重时,即使单一节段的病变也可引起多节段椎旁肌的改变。因此,需要对多节段椎旁肌横截面积进行评估[8]。为了降低个体间差异,研究中多使用被测量者某一椎体横截面积作为基值,通过将同水平肌肉横截面积与椎体横截面积的比值作为矫正值进行分析[9]。

1.2 MRI 对椎旁肌脂肪浸润程度的评估

MRI T2 加权成像常用于脂肪浸润的定量研究,利用 Image J 的阈值,对 ROI 内脂肪组织进行着色,着色面积即为脂肪面积;或使用阈值分析 ROI 及皮下脂肪的像素灰度值,可以得到两种峰值强度不同的信号区域,两者交叉的范围即为 ROI 内脂肪面积[10]。脂肪面积与 ROI 总面积的比值即为脂肪浸润占比。

Sorensen 等[11]于 2006 年对椎旁肌脂肪浸润程度进行了分级,根据脂肪浸润占比大小将脂肪浸润程度分为 3 级:1 级,正常/轻度肌肉退变,脂肪浸润占比 0~20%;2 级,中度肌肉退变,脂肪浸润占比 20%~50%;3 级,重度肌肉退变,脂肪浸润占比大于 50%。该方法的提出弥补了脂肪浸润严重程度评估的空缺,为临床确定脂肪浸润程度提供了标准,被广大学者所接受。

2 CT 在评价椎旁肌退变中的应用

CT 作为传统的影像学检查方法,可通过处理其图像来获取肌肉密度(即 CT 值,单位:HU)、横截面积及脂肪浸润等数据,可重复性好,软组织分辨率高。早期的研究已经证明,通过 CT 可以评估肌肉量减少及脂肪沉积增加等肌肉退变征象[12]。

2.1 CT 测量椎旁肌横截面积

通过 CT 测定椎旁肌横截面积的方法与 MRI 基本一致,均需要绘制 ROI,可通过图像处理软件对腰椎旁肌横截面积进行测量,且 CT 还可以使用其独有的 CT 值参数中标准化阈值(-29~+150 HU)识别肌肉组织,以获得肌肉的横截面积[13]。

2.2 CT 测量椎旁肌肌肉密度

肌肉质量的改变与脂肪浸润程度密切相关[14],由于 CT 对脂肪内质子敏感,因此可通过 CT 评价肌纤维密度来反映肌肉质量的改变。肌肉密度用 CT 值表示,指 CT 图像中各组织与 X 射线衰减系数相当的对应值,不同的组织由于其衰减系数不一而具有不同的 CT 值,在肌肉组织中,脂肪沉积程度越高,其 CT 值越低。Goodpaster 等[15]通过肌肉活检发现,肌肉中脂质浓度每增加 1 g/100 mL,CT 值下降 1 HU。基于此原理,可通过椎旁肌 CT 值评估肌肉质量。

测量 CT 值时,ROI 的选择目前尚无统一标准。Hicks 等[16]在研究中选择测量整块肌肉的平均 CT 值;Kalichman 等[17]则通过测量肌肉中心无脂肪组织沉积的 CT 值代表正常肌肉的密度;还有研究通过测量肌肉中心及内、外侧边缘的 CT 值,取均值代表整块肌肉的密度[18]。由于测量时 ROI 选择不同,因此,难以将各个研究中正常和异常的肌肉密度参数进行对比,有待未来通过更多的研究制定出统一的测量准则。

3 超声在评价椎旁肌退变中的应用

超声成像是近年来研究肌肉形态特征和尺寸的常用方法之一,与其他成像方式相比,超声是一种无创伤、低风险、低成本、便携式的检查方法。

3.1 超声测量椎旁肌横截面积

超声主要是对椎旁肌后群进行测量,在成像后,通过屏幕上的光标沿肌肉边界标记或使用图像处理软件 Image J 等测量肌肉横截面积,为了保证可靠性,测量时需要精确标记肌肉边界的内边缘[19]。对于超声成像测量躯干肌肉尺寸可靠性的评估,多项研究结果显示,超声评价椎旁肌退变的可靠性从差到优不等,整体报告的可靠性在可接受的范围内,高质量的研究表明,其在操作者间往往具有较高的一致性[20-23]。

3.2 超声测量椎旁肌其他参数

超声还可以对肌肉的厚度、多普勒流速和僵硬度等进行多平面定量分析[24-26]。有研究证明,使用超声联合肌电图来研究椎旁肌时,多裂肌厚度与肌电图信号高度相关,但在 MRI 与肌电图联合检测时未发现肌肉厚度及横截面积与肌电图信号的相关性[23]。Espahbodi 等[25]利用多普勒成像研究了椎旁肌动脉血流发现,腰痛患者和正常人群的收缩期峰值血流速度(peak systolic blood flow velocity,PSV)均有类似成像,但腰痛患者的动脉血流 PSV 比值更高,表明腰痛患者的椎旁肌需要更多的血供,这可能与腰痛的病理或代偿机制有关。Masaki 等[26]通过超声横波成像捕捉肌肉组织内部的横波传播,计算速度获得剪切模量,从而获取肌肉的弹性图像和组织刚度,结果显示,腰痛与腰椎多节段椎旁肌僵硬有关。

超声作为一种评估椎旁肌退变的方法,虽然其在软组织分辨率及抗干扰方面存在不足,但其实时性是其他影像学手段无法取代的。当前的研究主要通过研究正常人与腰椎退行性疾病患者超声中某一参数的差异,分析椎旁肌退变与腰椎退行性疾病的关系。目前,

超声对椎旁肌的评估尚无统一的标准,在未来的工作中应侧重于椎旁肌的定量评估,建立统一的标准,为腰椎退行性疾病患者的诊断和治疗提供实时、客观的评估工具。

4 新型影像学技术在椎旁肌研究中的应用

近年来,随着对椎旁肌的深入研究,一些新型的影像学技术也被用于椎旁肌的研究中。Boissière 等[27]利用 MRI 三维重建技术计算椎旁肌体积,年龄与椎旁肌体积无明显相关性。这与传统 MRI 方法得出的结果不一致,MRI 三维重建技术虽然在评估椎旁肌体积方面更有优势,但其作为一种新技术,可信度有待进一步论证。Schlaeger 等[28]运用基于化学位移编码的水脂 MRI 检测椎旁肌成分发现,椎旁肌肉质子密度脂肪分数可作为评估背伸肌力量的预测因子($r=0.34$, $P=0.002$)。此外,还有学者将腰椎压痕值代替横截面积快速评估椎旁肌,发现腰椎压痕值与椎旁肌横截面积显著相关[29]。与传统的横截面积测量相比,这种方法更加简单、快捷,有可能作为评估椎旁肌退变的新指标。

5 椎旁肌影像学表现与腰椎退行性疾病的关系

多项研究通过横截面积和脂肪浸润评估椎旁肌退变情况发现,腰椎退行性变患者的多裂肌、最长肌、髂肋肌和腰大肌均存在不同程度的退变,其中多裂肌的退变在腰椎退行性疾病和接受腰椎手术的患者中更常见[30-32]。

目前,大量的研究表明,在腰椎退行性疾病患者中,椎间盘退变的 Pfirrmann 分级、关节突关节退变程度、疼痛程度、矢状位力线等与椎旁肌退变显著相关,患者的脂肪浸润越严重,椎旁肌横截面积越小,提示其 Pfirrmann 分级越高,关节突关节退变越严重,疼痛程度越高,矢状位力线也更趋近于病理状态[33-36]。

在慢性下腰痛患者中,其脂肪浸润与疼痛程度显著相关,说明脂肪浸润导致的炎症反应可能是引起疼痛的原因[37]。Thakar 等[38]对腰椎滑脱患者的多裂肌进行分析发现,腰椎滑脱患者的多裂肌表现出肌肉萎缩征象,提示多裂肌萎缩有可能是腰椎滑脱的重要原因。

6 椎旁肌退变的影像学表现与其功能的内在联系

腰椎退行性疾病患者往往存在不同程度的腰背部功能障碍,表明椎旁肌形态学退变可能与椎旁肌功能相关。有学者测量腰痛患者的多裂肌及竖脊肌横截面积并通过《Roland-Morris 功能障碍问卷》评估患者腰部活动的功能障碍情况发现,肌肉横截面积较大的患者功能障碍指数更低[39]。Le 等[40]通过改良的 Oswestry功能障碍指数评估下腰痛患者与腰痛相关的功能障碍情况发现,腰背部功能较好的患者 MRI 图像中椎旁肌的脂肪浸润程度更低。Lee 等[41]对 28 例患者进行等速肌力测试,并测量背伸肌 L_4/L_5 水平的横截面积发现,腰背伸肌横截面积是其力量的影响因素。既往的研究已经初步确定了椎旁肌形态学退变与其功能的内在关联,但未能阐明两者的关系,期待将来更多的研究进一步深入探索。

7 总结与展望

随着人们对腰椎旁肌退变的重视,目前有大量研究报道了传统影像学参数对腰椎退行性疾病患者中椎旁肌形态学退变的评估,逐步揭示了腰椎退行性疾病与肌肉退变的关系。但是不同的影像学方法目前尚缺乏统一的标准体系来评价椎旁肌退变程度,导致不同研究的结果无法比较分析。希望未来的研究中,建立统一的椎旁肌形态学退变评价体系,并基于患者腰部的功能障碍情况进行研究,更好地为腰椎退行性疾病患者的诊疗及预后提供指导意见。

[参考文献]

[1] Xia W,Fu H,Zhu Z,et al. Association between back muscle degeneration and spinal-pelvic parameters in patients with degenerative spinal kyphosis[J]. BMC Musculoskelet Disord,2019,20(1):454 - 464. doi:10.1186/s12891 - 019 - 2837 - 0.

[2] Riikka N, Marie-Michèle B, Michele CB. Substantial asymmetry in paraspinal muscle cross-sectional area in healthy adults questions its value as a marker of low back pain and pathology[J]. Spine (Phila Pa 1976),2011,36(25):2152 - 2157. doi:10.1097/BRS.0b013e318204b05a.

[3] Fortin M,Omidyeganeh M,Battié MC,et al. Evaluation of an automated thresholding algorithm for the quantification of paraspinal muscle composition from MRI images[J]. Biomed Eng Online,2017,16(1):61 - 73. doi:10.1186/s12938 - 017 - 0350 - y.

[4] Tamai K,Chen J,Stone M,et al. The evaluation of lumbar paraspinal muscle quantity and quality using the Goutallier classification and lumbar indentation value[J]. Eur Spine J,2018,27(5):1005 - 1012. doi:10.1007/s00586 - 018 - 5485 - 4.

[5] Mäki T,Oura P,Paananen M,et al. Longitudinal analysis of paraspinal muscle cross-sectional area during early adulthood-a 10-year follow-up MRI study[J]. Sci Rep,2019,9(1):19497. doi:10.1038/s41598 - 019 - 56186 - 4.

[6] Wan Q,Lin C,Li X,et al. MRI assessment of paraspinal muscles in patients with acute and chronic unilateral low back pain[J]. Br J

Radiol,2015,88(1053):20140546 - 20140553. doi:10.1259/bjr.20140546

[7] Urrutia J, Besa P, Lobos D, et al. Is a single-level measurement of paraspinal muscle fat infiltration and cross-sectional area representative of the entire lumbar spine? [J]. Skeletal Radiol,2018,47(7):939 - 945. doi:10.1007/s00256 - 018 - 2902 - z.

[8] Crawford RJ, Filli L, Elliott JM, et al. Age-and level-dependence of fatty infiltration in lumbar paravertebral muscles of healthy volunteers[J]. AJNR Am J Neuroradiol,2016,37(4):742 - 748. doi:10.3174/ajnr.A4596.

[9] Bok D, Kim J, Kim T. Comparison of MRI-defined back muscles volume between patients with ankylosing spondylitis and control patients with chronic back pain: age and spinopelvic alignment matched study[J]. Eur Spine J,2017,26(2):528 - 537. doi:10.1007/s00586 - 016 - 4889 - 2.

[10] Jun HS, Kim JH, Ahn JH, et al. The effect of lumbar spinal muscle on spinal sagittal alignment: evaluating muscle quantity and quality[J]. Neurosurgery, 2016, 79(6): 847 - 855. doi: 10.1227/NEU.0000000000001269.

[11] Sorensen SJ, Kjaer P, Jensen T, et al. Low-field magnetic resonance imaging of the lumbar spine: reliability of qualitative evaluation of disc and muscle parameters[J]. Acta Radiol,2006,47(9):947 - 953. doi:10.1080/02841850600965062.

[12] Laasonen E. Atrophy of sacrospinal muscle groups in patients with chronic, diffusely radiating lumbar back pain[J]. Neuroradiology, 1984,26(1):9 - 13. doi:10.1007/BF00328195.

[13] Derstine BA, Holcombe SA, Goulson RL, et al. Quantifying sarcopenia reference values using lumbar and thoracic muscle areas in a healthy population[J]. J Nutr Health Aging,2017,21(10):180 - 185. doi:10.1007/s12603 - 017 - 0983 - 3.

[14] Lee SH, Park SW, Kim YB, et al. The fatty degeneration of lumbar paraspinal muscles on computed tomography scan according to age and disc level[J]. Spine J,2017,17(1):81 - 87. doi:10.1016/j.spinee.2016.08.001.

[15] Goodpaster B, Kelley D, Thaete F, et al. Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content[J]. J Appl Physiol (1985),2000,89(1):104 - 110. doi:10.1152/jappl.2000.89.1.104.

[16] Hicks GE, Simonsick EM, Harris TB, et al. Cross-sectional associations between trunk muscle composition, back pain, and physical function in the health, aging and body composition study[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci,2005,60(7):882 - 887. doi:10.1093/gerona/60.7.882.

[17] Kalichman L, Hodges P, Li L, et al. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study[J]. Eur Spine J,2010,19(7):1136 - 1144. doi:10.1007/s00586 - 009 - 1257 - 5.

[18] Abbas J, Slon V, May H, et al. Paraspinal muscles density: a marker for degenerative lumbar spinal stenosis? [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016,17(1):422 - 430. doi:10.1186/s12891 - 016 - 1282 - 6.

[19] Stokes M, Rankin G, Newham DJ. Ultrasound imaging of lumbar multifidus muscle: normal reference ranges for measurements and practical guidance on the technique[J]. Man Ther,2005,10(2):116 - 126. doi:10.1016/j.math.2004.08.013.

[20] Ehsani F, Arab AM, Jaberzadeh S, et al. Ultrasound measurement of deep and superficial abdominal muscles thickness during standing postural tasks in participants with and without chronic low back pain[J]. Man Ther,2016,23:98 - 105. doi:10.1016/j.math.2016.01.003.

[21] McPherson SL, Watson T. Reproducibility of ultrasound measurement of transversus abdominis during loaded, functional tasks in asymptomatic young adults[J]. PM R,2012,4(6):402 - 412. doi:10.1016/j.pmrj.2012.02.014.

[22] Djordjevic O, Djordjevic A, Konstantinovic L. Interrater and intrarater reliability of transverse abdominal and lumbar multifidus muscle thickness in subjects with and without low back pain[J]. J Orthop Sports Phys Ther,2014,44(12):979 - 988. doi:10.2519/jospt.2014.5141.

[23] Koppenhaver SL, Hebert JJ, Fritz JM, et al. Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles[J]. Arch Phys Med Rehabil,2009,90(1):87 - 94. doi:10.1016/j.apmr.2008.06.022.

[24] Nabavi N, Bandpei MAM, Mosallanezhad Z, et al. The effect of 2 different exercise programs on pain intensity and muscle dimensions in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial[J]. J Manipulative Physiol Ther,2018,41(2):102 - 110. doi:10.1016/j.jmpt.2017.03.011.

[25] Espahbodi S, Doré CJ, Humphries KN, et al. Color Doppler ultrasonography of lumbar artery blood flow in patients with low back pain[J]. Spine(Phila Pa 1976),2013,38(4):e230 - e236. doi:10.1097/BRS.0b013e31827ecd6e.

[26] Masaki M, Aoyama T, Murakami T, et al. Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon),2017,49:128 - 133. doi:10.1016/j.clinbiomech.2017.09.008.

[27] Boissière L, Moal B, Gille O, et al. Lumbar spinal muscles and spinal canal study by MRI three-dimensional reconstruction in adult lumbar spinal stenosis[J]. Orthop Traumatol Surg Res,2017,103(2):279 - 283. doi:10.1016/j.otsr.2016.10.025.

[28] Schlaeger S, Inhuber S, Rohrmeier A, et al. Association of paraspinal muscle water-fat MRI-based measurements with isometric strength measurements[J]. Eur Radiol, 2019, 29(2):599 - 608. doi:10.1007/s00330 - 018 - 5631 - 8.

[29] Takayama K, Kita T, Nakamura H, et al. New predictive index for lumbar paraspinal muscle degeneration associated with aging[J]. Spine(Phila Pa 1976),2016,41(2):E84 - E90. doi:10.1097/BRS.0000000000001154.

[30] Teichtahl AJ, Urquhart DM, Wang Y, et al. Fat infiltration of paraspinal muscles is associated with low back pain, disability, and structural abnormalities in community-based adults[J]. Spine J,2015,15(7):1593 - 1601. doi:10.1016/j.spinee.2015.03.039.

[31] Kim W, Lee S, Lee D. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in unilateral sciatica caused by lumbar disc herniation[J]. J Korean Neurosurg Soc,2011,50(3):201 - 204. doi:10.3340/jkns.2011.50.3.201.

doi:10.11659/jjssx.05E020078

·畸形与变异·

桡动脉掌浅支异常粗大1例

江起庭,田纪伟,汪海滨,刘会军,方 威,苑海洋,陈德健 (南京江北医院骨科中心,江苏 南京 210048)

Abnormal coarseness of surperficial palmar branch of radial artery:one case report

JIANG Qi-ting,TIAN Ji-wei,WANG Hai-bin,LIU Hui-jun,FANG Wei,YUAN Hai-yang,CHEN De-jian (Orthopedic Center,Nanjing Jiangbei Hospital,Nanjing Jiangsu 210048,China)

[关键词] 遗传;变异;穿支皮瓣;桡动脉掌浅支
[中图分类号] R654.3 [文献标识码] B [收稿日期] 2020-05-17

随着对桡动脉掌浅支解剖学基础研究的进一步深入,桡动脉掌浅支腕横纹穿支皮瓣在临床的应用也逐渐增多。桡动脉掌浅支的解剖存在一定的变异,主要有高位掌浅弓变异、桡动脉掌浅支高位起始变异或桡动脉掌浅支起始点以近存在高位独立分支[1],但鲜有桡动脉掌浅支管径异常粗大的报道。笔者在临床手术中发现1例桡动脉掌浅支管径异常粗大的病例,既往未见管径超过3.0 mm的桡动脉掌浅支的报道。此变异的发现提示,若腕部桡动脉主干的离断或缺损无法修复时,可用异常粗大掌浅支代替主干或桥接,这对于避免医源性损伤有重要意义。

1 方法与结果

患者男性,45岁,2018年5月6日以"右示指中节完全离断"收治于我院骨科中心,行急诊清创再植手术,术后再植指顺利成活。出院后5个月余因再植指创面伴有渗出再次就诊,以"右示指再植术后继发掌侧面缺损"入院,专科查体情况:再植示指肤色红润、毛细血管反应阳性、远节指腹张力适中、皮温正常,中节掌侧面有1.5 cm×1.6 cm缺损区,屈肌腱缺损1.2 cm、指骨缺损1.1 cm,仅部分背侧骨皮质相连。于2018年11月8日在臂丛麻醉下拟行游离桡动脉掌

[32] Putzier M,Hartwig T,Hoff EK,et al. Minimally invasive TLIF leads to increased muscle sparing of the multifidus muscle but not the longissimus muscle compared with conventional PLIF-a prospective randomized clinical trial[J]. Spine J,2016,16(7):811-819. doi:10.1016/j.spinee.2015.07.460.

[33] Urrutia J,Besa P,Lobos D,et al. Lumbar paraspinal muscle fat infiltration is independently associated with sex,age,and intervertebral disc degeneration in symptomatic patients[J]. Skeletal Radiol,2018,47(7):955-961. doi:10.1007/s00256-018-2880-1.

[34] Sebro R,O'Brien L,Torriani M,et al. Assessment of trunk muscle density using CT and its association with degenerative disc and facet joint disease of the lumbar spine[J]. Skeletal Radiol,2016,45(9):1221-1226. doi:10.1007/s00256-016-2405-8.

[35] Özcan-Eksi EE,Eki MA,Turgut VU,et al. Reciprocal relationship between multifidus and psoas at L4-L5 level in women with low back pain[J]. Br J Neurosurg,2021,35(2):220-228. doi:10.1080/02688697.2020.1783434.

[36] Hiyama A,Katoh H,Sakai D,et al. The correlation analysis between sagittal alignment and cross-sectional area of paraspinal muscle in patients with lumbar spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis[J]. BMC Musculoskelet Disord,2019,20(1):352-361. doi:10.1186/s12891-019-2733-7.

[37] Ogon I,Takashima H,Morita T,et al. Is the lipid content of the psoas major correlated with chronic low back pain and spinopelvic alignment? A magnetic resonance spectroscopic study[J]. Asian Spine J,2020,14(4):430-437. doi:10.31616/asj.2020.0042.

[38] Thakar S,Sivaraju L,Aryan S,et al. Lumbar paraspinal muscle morphometry and its correlations with demographic and radiological factors in adult isthmic spondylolisthesis:a retrospective review of 120 surgically managed cases[J]. J Neurosurg Spine,2016,24(5):679-685. doi:10.3171/2015.9.SPINE15705.

[39] Tom A,Ranger,Flavia M,et al. Paraspinal muscle cross-sectional area predicts low back disability but not pain intensity[J]. Spine J,2019,19(5):862-868. doi:10.1016/j.spinee.2018.12.004.

[40] Le CE,Marcus R,Dempsey A,et al. Morphology versus function:the relationship between lumbar multifidus intramuscular adipose tissue and muscle function among patients with low back pain[J]. Arch Phys Med Rehabil,2014,95(10):1846-1852. doi:10.1016/j.apmr.2014.04.019.

[41] Lee H,Lim W,Park J,et al. The relationship between cross sectional area and strength of back muscles in patients with chronic low back pain[J]. Ann Rehabil Med,2012,36(2):173-181. doi:10.5535/arm.2012.36.2.173.

(编辑:龙小芬)