DOI:10.16016/j.2097-0927.202203240

退行性腰椎侧凸与多裂肌退变的关联性研究

喻学科[1],陈 灿[1],李 凯[1],陈春华[1],胡晨波[1],戴 威[1],陈品珍[2],赵 骏[2],罗 飞[1] 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院:骨科[1],放射科[2]

[**摘要**] **目的** 通过磁共振(magnetic resonance imaging,MRI)对退行性腰椎侧凸(degenerative lumbar scoliosis,DLS)患者腰部多裂肌进行评估,分析其不同腰椎节段凸凹侧多裂肌退变特点及其与脊柱畸形程度的相关性。**方法** 采用横断面研究设计方案,2019年3月至2021年6月于陆军军医大学第一附属医院公开招募45例退行性腰椎侧凸受试者(DLS组)和42例健康受试者(对照组)为研究对象。应用Image J软件测量计算两组人群磁共振T2WI上从L1~L2到L5~S1 5个节段椎间盘中央层面椎旁两侧多裂肌横截面积(cross-sectional area,CSA)、功能横截面积(functional cross-sectional area,FCSA)和脂肪浸润率(fat infiltration ratio,FIR),通过脊柱全长X线片测量DLS组腰椎冠状位侧凸Cobb角。分析DLS组腰椎各节段多裂肌退变特点及其与腰椎侧凸Cobb角的相关性。**结果** DLS组L4~L5、L5~S1节段凸、凹侧多裂肌FCSA均小于对照组相同节段左右侧多裂肌FCSA均值,差异有统计学意义($P<0.05$)。DLS组L1~S1节段凸、凹侧多裂肌FIR均大于对照组相同节段左右两侧多裂肌平均FIR,差异有统计学意义($P<0.05$)。DLS组L3~L4、L4~L5、L5~S1节段凹侧多裂肌FCSA小于凸侧,差异有统计学意义($P<0.05$)。DLS组Cobb角与L4~L5、L5~S1节段凸凹侧多裂肌FCSA差异指数(FCSA difference index,FDI)呈正相关($r=0.310$、0.559,$P<0.05$)。**结论** DLS患者下腰椎(L4~L5及L5~S1)节段对应的多裂肌退变程度与侧凸畸形的程度呈正相关,且凹侧重于凸侧,提示多裂肌退变不是DLS的始动因素,可能是其代偿因素。

[**关键词**] 退行性腰椎侧凸;多裂肌;功能横截面积;脂肪浸润率
[**中图法分类号**] R322.74;R445.2;R681.53 [**文献标志码**] A

Correlation between degenerative lumbar scoliosis and multifidus muscle degeneration

YU Xueke[1], CHEN Can[1], LI Kai[1], CHEN Chunhua[1], HU Chenbo[1], DAI Wei[1], CHEN Pinzhen[2], ZHAO Jun[2], LUO Fei[1] [1]Department of Orthopaedics, [2]Department of Radiology, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the lumbar multifidus muscle in patients with degenerative lumbar scoliosis (DLS) by magnetic resonance imaging (MRI), and to analyze the degeneration features of lumbar multifidus muscle in the convex and concave sides of different lumbar segments and the correlation with severity of spinal deformity. **Methods** A cross-sectional trial was performed on 45 DLS subjects (DLS group) and 42 healthy individual (control group) who were recruited among the public by our hospital from March 2019 to June 2021. Image J software was employed to measure and calculate the cross-sectional area (CSA), functional cross-sectional area (FCSA) and fat infiltration rate (FIR) of the multifidus muscles beside the central planes of the intervertebral discs of 5 lumbar segments, L1-L2 and L5-S1, on T2WI images. The Cobb angle of lumbar coronal scoliosis in DLS group was measured by full-length spinal X-ray

[**基金项目**] 军队后勤科研重大项目(AWS17J004)
[**通信作者**] 罗 飞,E-mail:13883846917@163.com

2097-0927/Copyright © 2022, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循CC BY许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

series. The degeneration features of multifidus muscle in each segment of lumbar vertebrae in DLS group and their correlation with Cobb angle of lumbar scoliosis were analyzed. **Results** The FCSA of the convex and concave multifidus muscles at L4-L5 and L5-S1 levels were significantly smaller in the DLS group than the control group ($P<0.05$). The FIR of the convex and concave multifidus muscles at L1-S1 levels were obviously higher in the DLS group than the control group ($P<0.05$). The DLS group had statistically smaller FCSA in the concave side than the convex multifidus muscles at L3-L4, L4-L5 and L5-S1 levels ($P<0.05$). In the DLS group, the Cobb angle was positively correlated with FCSA difference index of L4-L5 and L5-S1 levels ($r=0.310$, 0.559, $P<0.05$). **Conclusion** In DLS patients, degeneration of multifidus muscle corresponding to the lower lumbar levels (L4-L5 and L5-S1) is positively correlated with the severity of scoliosis, and the condition is more serious in the concave side than the convex side. It is suggested that the degeneration of multidus muscle is not an initiating factor of DLS, but may be a compensatory factor.

[**Key words**] degenerative lumbar scoliosis; multifidus muscle; functional cross sectional area; fat infiltration rate

Supported by the Major Project of Logistic Scientific Research of PLA (AWS17J004). Corresponding author: LUO Fei, E-mail: 13883846917@163.com

退行性腰椎侧凸(degenerative lumbar scoliosis, DLS)是指患者既往无脊柱侧凸病史,骨骼成熟后伴随脊柱退变而出现腰椎侧凸畸形,冠状位 Cobb 角>10°[1],主要表现为疼痛、残疾和功能障碍等。随着人们预期寿命的延长,DLS 困扰着相当一部分老年人且患病率正在增加,对其生活质量造成严重影响[2]。既往的研究认为脊柱畸形与椎体、椎间盘和小关节不对称退变有关[3],但其发病机制尚未充分阐明。

椎旁肌在腰椎水平由三部分组成,从内到外依次为多裂肌、最长肌和髂肋腰肌[4],它们对维持脊柱的动态平衡和躯干运动起着至关重要的作用[5]。与其他椎旁肌相比,多裂肌距离脊柱中轴最近、附着面积大且肌纤维短[6],这种形态特征使多裂肌在相对狭窄的空间内能够施加很大的力量,控制脊柱后部的稳定性[7];椎体发生相对运动时,承载躯干 2/3 以上的受力[8],因此在退行性腰椎侧凸畸形等研究领域备受关注。SHAFAQ 等[9]研究认为退行性腰椎侧凸患者凹侧的多裂肌退变更明显;KIM 等[10]研究表明退行性脊柱侧凸患者顶椎节段多裂肌的不对称退变主要表现为凸侧多裂肌肥大。其研究结果表明 DLS 患者凸凹侧多裂肌发生不对称退变,但对于 DLS 患者不同腰椎节段凸凹侧多裂肌不对称退变特点并未阐述。本研究拟通过 MRI 对退行性腰椎侧凸患者腰部多裂肌进行评估,分析其不同腰椎节段凸凹侧退变特点及其与脊柱畸形程度的相关性,为 DLS 患者评估和治疗提供新的思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2019 年 3 月至 2021 年 6 月于陆军军医大学第一附属医院公开招募的 45 例 DLS 受试者(DLS 组),以及 42 例脊柱形态正常的同龄健康受试者(对照组)作为研究对象。纳入标准:①年龄≥45 岁;②自愿参加本研究的受试者。排除标准:①先天性脊柱畸形;②早发型或青少年脊柱畸形;③强直性脊柱炎;④脊柱肿瘤;⑤脊柱结核;⑥脊柱感染;⑦脊柱手术史;⑧1 年内发生过脊柱骨折;⑨严重骨盆、髋关节、膝盖或下肢病变;⑩体内任何地方有金属植入物而无法接受核磁共振检查的患者;⑪其他严重的全身疾病影响活动者。经站立位脊柱全长正位 X 片评估,诊断为退行性腰椎侧凸(腰椎 Cobb 角>10°)者分入 DLS 组,脊柱形态正常者分入对照组,不确定者剔除。本研究采用横断面研究设计方案,由陆军军医大学第一附属医院伦理委员会批准(KY201853),并通过中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR1800019459)。对所有受试者进行了规范的知情告知,研究活动遵守“赫尔辛基宣言”原则。

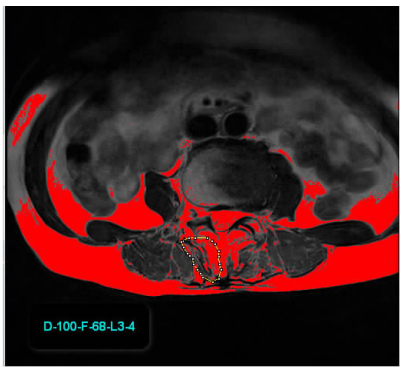
1.2 影像学检查

所有患者使用相同的设备进行 X 线和 MRI 检查。MRI 系统是 3.0T 成像系统(西门子医疗集团)。采集腰椎矢状面的 T1 和 T2 加权图像。使用相同的序列获得从 L1~L2 到 L5~S1 的椎间盘水平的横向图像。层厚为 3 mm,视野为 240 mm×240 mm,每层为 512×384 矩阵。T1WI 的重复时间和回波时间分别为 644、9.5 ms,T2WI 的重复时间和回波时间分别为 4 290、93 ms。

1.3 影像学评估

X 线评估:DLS 组中的每个患者,在标准脊柱全长正位 X 线片中测量和记录腰椎侧凸 Cobb 角。Cobb 角测量由两位脊柱外科主治医师在影像归档和通信系统(picture archiving and communication system, PACS)中测量,选取患者脊柱全长正位 X 片线上,以腰椎侧弯

上、下端椎的终板分别划平行线,若终板无法看清可选择对应两侧椎弓根中点连线作平行线,其夹角为 Cobb 角度数。MRI 评估:利用磁共振 T2 序列轴位片,取 L1~S1 椎间盘平扫(3 层)中间层作为研究对象。通过手动追踪肌肉边界[11],并使用 Image J 软件(v2.1.4.7;美国国立卫生研究院)测量多裂肌横截面积(cross-sectional area, CSA)。采用 Image J 阈值技术测量多裂肌脂肪浸润率(fat infiltration ratio, FIR)[12],具体操作流程如下:image/type/8bit/adjust/threshold/auto/analyze/measure。在这种技术中,磁共振图像中的脂肪组织的明亮像素被编程的伪彩色工具染成红色,由软件自动计算出的所追踪肌肉边界内红色区域的百分比为 FIR(图 1)。多裂肌功能横截面积(无脂肪浸润的纯肌肉组织面积,functional cross-sectional area,FCSA)计算公式如下:FCSA=CSA×(1-FIR)。为了比较凹侧和凸侧的 FCSA 差异程度,FCSA 差异指数(FCSA difference index,FDI)作为评价指标:FDI=[1-(FCSA 凹侧/FCSA 凸侧)]×100%。每张图像由两位医师分别测量,并取平均值进行统计分析。



黄色划线区域内为受试者右侧多裂肌,灰色部分为肌肉区,红色部分为脂肪浸润区

图 1 Image J 阈值技术测量多裂肌脂肪浸润率
(L3~L4 椎间盘水平横截面)

1.4 统计学分析

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验,组内比较采用配对样本 t 检验,不满足正态性检验条件的数据采用非参数检验;χ^2 检验计算性别构成比差异性;Spearman 分析 DLS 组各腰椎节段多裂肌凸凹侧 FIR 差值、FDI 与 Cobb 角相关性。以双侧检验 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人群特征

纳入 DLS 组 45 例,男性 6 例,女性 39 例;年龄(64.7±7.7)岁;对照组 42 例,男性 8 例,女性 34 例,年龄(61.8±5.8)岁。两组人群年龄、男女比、身高、体质量、BMI 见表 1。DLS 患者顶椎位于 L1 椎体 2 例(4.4%),L1~L2 椎间盘 1 例(2.2%),L2 椎体 13 例(28.9%),L2~L3 椎间盘 5 例(11.1%),L3 椎体 18 例(40.0%),L3~L4 椎间盘 3 例(6.7%),L4 椎体 2 例(4.4%),L4~L5 椎间盘 1 例(2.2%);主弯为右侧 17 例(27.8%),主弯为左侧 28 例(62.2%)。

2.2 两组人群多裂肌影像参数比较

DLS 组和对照组 L1~S1 节段多裂肌 FCSA 呈逐渐增大趋势。DLS 组 L4~L5、L5~S1 节段凸侧多裂肌 FCSA 小于对照组对应节段左右侧多裂肌 FCSA 均值,差异有统计学意义($P<0.05$)。DLS 组 L3~L4、L4~L5、L5~S1 节段凹侧多裂肌 FCSA 小于对照组对应节段左右侧多裂肌 FCSA 均值,差异有统计学意义($P<0.05$)。见图 2。DLS 组 L1~S1 节段凸、凹侧多裂肌 FIR 均大于对照组对应节段左右两侧多裂肌平均 FIR,差异有统计学意义($P<0.05$)。见图 2。

2.3 DLS 组凸凹侧多裂肌影像参数比较

DLS 组凸凹侧及对照组左右侧多裂肌 FCSA 和 FIR 见表 2。DLS 组 L1~L2、L2~L3 节段凸凹侧多裂肌 FCSA 差异无统计学意义,L3~L4、L4~L5、L5~S1 节段凹侧多裂肌 FCSA 小于凸侧,差异有统计学意义($P<0.05$)。DLS 组各腰椎水平多裂肌 FDI 分别为:L1~L2(-13.57±27.10)%、L2~L3(-7.22±22.07)%、L3~L4(6.34±21.41)%、L4~L5(5.91±17.90)%、L5~S1(9.72±13.53)%,对照组各腰椎节段左右侧多裂肌 FCSA 差异无统计学意义。

DLS 组 L1~L2、L2~L3、L3~L4 节段凸侧多裂肌 FIR 小于凹侧,差异有统计学意义($P<0.05$);L4~L5、L5~S1 节段凸凹侧多裂肌 FIR 差异无统计学意义,对照组各腰椎节段左右侧多裂肌 FIR 差异无统计学意义。见图 2、3。

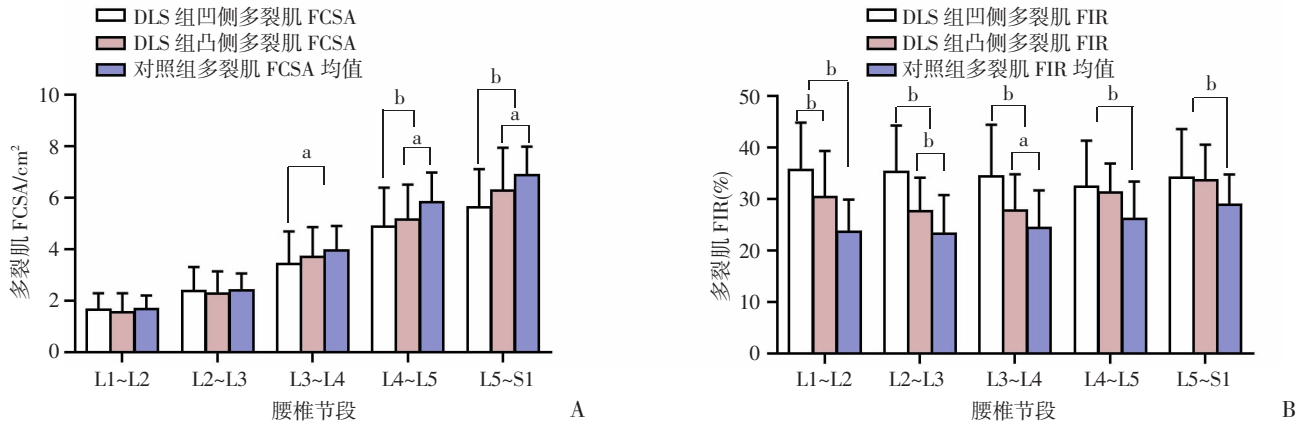
表 1 两组患者一般资料比较($\bar{x}\pm s$,例)

组别	n	年龄/岁	男性/女性	身高/cm	体质量/kg	体质指数/kg·m^2	Cobb 角/°
DLS 组	45	64.7±7.7	6/39	151.7±7.0	56.9±7.6	24.7±2.6	23.3±1.7
对照组	42	61.8±5.8	8/34	154.8±7.6	58.2±7.4	24.3±2.6	-

表 2 两组被试者多裂肌 FCSA/FIR 比较 ($\bar{x}\pm s$)

测量指标	DLS 组		对照组	
	凸侧($n=45$)	凹侧($n=45$)	右侧($n=42$)	左侧($n=42$)
FCSA/cm^2				
L1~L2	1.54±0.75	1.66±0.63	1.70±0.57	1.62±0.53
L2~L3	2.27±0.87	2.38±0.92	2.43±0.68	2.39±0.66
L3~L4	3.69±1.17	3.43±1.25[a]	4.01±1.09	3.88±0.86
L4~L5	5.16±1.35	4.86±1.53[b]	5.81±1.28	5.82±1.13
L5~S1	6.26±1.67	5.61±1.49[b]	6.90±1.23	6.86±1.15
FIR(%)				
L1~L2	30.35±8.95	35.65±9.16[b]	24.34±7.40	22.77±6.36
L2~L3	27.54±6.57	35.24±9.01[b]	22.88±8.15	23.60±7.3
L3~L4	27.68±7.08	34.34±10.07[b]	24.55±7.05	24.06±8.40
L4~L5	31.24±5.62	32.37±8.93	26.45±7.63	25.59±7.71
L5~S1	33.63±6.89	34.07±9.50	29.24±5.74	28.53±7.39

a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与凸侧比较



a: $P<0.05$; b: $P<0.01$

图 2 L1~L2 至 L5~S1 节段 DLS 组与对照组多裂肌 FSCA(A)与 FIR(B)比较

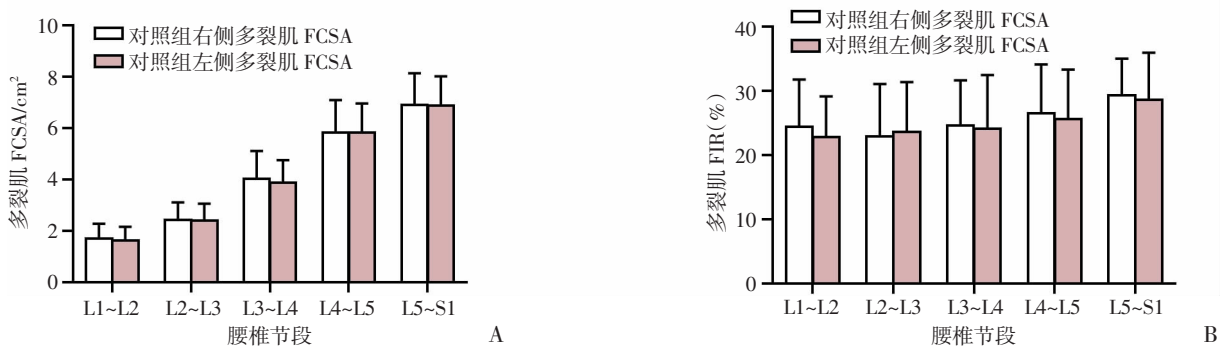


图 3 L1~L2 至 L5~S1 节段对照组左右侧多裂肌 FSCA(A)与 FIR(B)比较

2.4 DLS 组多裂肌不对称退变与 Cobb 角相关性分析

DLS 组 Cobb 角与 L4~L5、L5~S1 节段凸凹侧多裂肌 FDI 呈正相关($r=0.310$、0.559,$P<0.05$),Cobb 角与 L1~L2、L2~L3、L3~L4 节段凸凹侧多裂肌 FDI 及 L1~S1 节段凸凹侧 FIR 差值无明显相关性。见图 4。

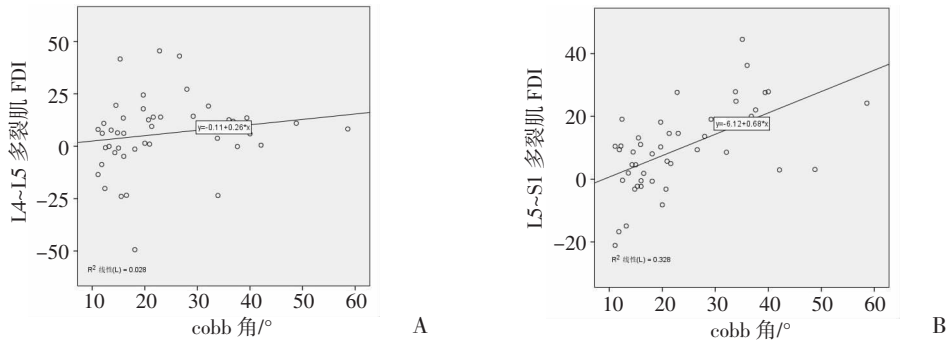


图 4 L4~L5(A)、L5~S1(B)节段 DLS 组多裂肌 FDI 与 Cobb 角相关性分析

3 讨论

AEBI 等[3]研究指出椎间盘和/或关节突关节的不对称退变导致脊柱的不对称负荷会造成脊柱畸形的进展,两者之间形成恶性循环。但此分型未考虑椎旁神经肌肉系统的作用,而脊柱的稳定是由骨骼、肌肉和神经 3 个系统共同维持[13],椎旁肌在腰椎的稳定性和功能性运动中起着至关重要的作用[14]。多裂肌位于腰椎椎旁肌最内侧,维持脊柱生物力学稳定[4],对病理变化非常敏感[15]。对椎旁肌功能障碍的腰痛患者康复治疗中,多裂肌通常被认为是需要研究的核心肌肉[16]。因此我们选择多裂肌作为研究对象。

肌肉横截面积减小和/或脂肪浸润程度增加是肌肉退变的两个关键影像学表现[15,17]。MRI 可以清楚地显示肌肉质量和肌内脂肪,并能清晰识别脂肪和肌肉之间的信号强度差异,已在椎旁肌研究中被广泛使用[11-12, 18]。最近的研究表明,使用单节段肌肉截面积测量来评估椎旁肌不足以代表腰椎区域椎旁肌的整体情况[19]。由于肌肉成分发生变化时横截面积不一定改变,因而 FCSA 是反映肌肉退变程度和功能更好的指标[17]。因此本研究应用 Image J 软件测量计算从 L1~L2 到 L5~S1 5 个腰椎节段 MRI T2WI 上两侧多裂肌 FCSA 和 FIR 来评估肌肉退变情况,并对比分析各节段之间退变程度的差异。研究结果显示,DLS 组 L4~L5、L5~S1 节段凸凹侧多裂肌 FCSA 与对照组相比显著减小、FIR 显著升高,表明 DLS 患者下腰段较上腰段的多裂肌发生更显著退变。HYUN 等[20]的研究也得出类似结论:即退行性腰椎后凸患者的 L4 和 L5 腰椎水平的多裂肌截面积小于的健康志愿者,而 L1、L2 和 L3 水平两组多裂肌截面积差异无统计学意义。CRAWFORD 等[21]研究也发现椎旁肌的退变可能起始于尾端,并从头端向尾端逐渐加重。多裂肌在下腰椎节段横截面积变得更大[22],起自于 L3 及更尾端的多裂肌肌纤维止于髂嵴、骶髂关节和骶骨,是腰骶过渡区域背侧仅有的肌肉[4, 23],这些因素导致在脊柱的活动中下腰段多裂肌承担到更大的负荷,并因此更易发生退变。

本研究结果显示 DLS 患者 L3~L4、L4~L5、L5~S1 节段凹侧多裂肌 FCSA 小于凸侧,表明凸凹侧多裂肌发生不对称退变,凹侧退变程度大于凸侧。这与本团队既往发表的 DLS 患者顶椎水平椎旁肌不对称退变的研究结果一致[24]。脊柱在冠状面的弯曲导致凸侧和凹侧弧长的不对称,受“弓弦效应”的影响,凸侧的肌肉被拉伸、变长、变细,而凹侧的则变短而结实,因此凹侧的多裂肌截面积应该大于凸侧。但本研究的结果却截然相反,凸侧下腰段多裂肌的 FCSA 明显大于凹侧,很可能是由于肌肉需要承受躯干重心向脊柱凹侧的偏移导致的高负荷,继而使之发生代偿性增生;而脊柱凹侧则由于负荷减少,相应表现出现废用性的萎缩。脊柱的稳定性是依靠脊柱本身和与之相关联的肌肉系统来维持的[13],当某一系统出现功能障碍时,另一系统则会出现代偿进行弥补。凸侧多裂肌 FCSA 的增加可能是为了补偿和维持冠状平衡而导致的肥大,凹侧多裂肌则因失用而萎缩,不同的生物力学环境导致凸凹侧 FCSA 差异。该结论可用于解释 DLS 的局部软组织代偿机制,印证了 DLS 病因的始动因素是椎间盘和椎间关节,而腰背肌是重要的平衡和代偿因素。

本研究结果显示 DLS 组 Cobb 角与 L4~L5、L5~S1 节段凸凹侧多裂肌 FDI 呈正相关,表明凸凹侧多裂肌不对称退变程度随畸形程度增加而增加。椎旁肌作为人体躯干姿势反射的效应器官,与脊柱侧凸的发生、发展可能存在密切关系。CHEUNG 等[25-26]报告特发性脊柱侧凸患者顶椎区域及下终椎区域凹凸侧椎旁肌的肌电图存在差异,侧凸进展越快,差异越明显。CHAN 等[27]研究表明特发性脊柱侧凸患者凹侧多裂肌异常高信号与侧弯程度有关。YAGI 等[28]研究发现 DLS

患者双侧腰大肌 CSA、多裂肌 CSA 不对称程度与脊柱骨盆参数及侧凸 Cobb 角存在相关性。对于接受保守治疗的 DLS 患者,合理的康复训练能够增加椎旁肌 CSA,以拮抗侧凸进展和缓解症状[29-30]。因此,研究多裂肌的不对称性退变及评估方法对退变性腰椎侧凸的病理机制、全面评估和治疗决策具有重要的临床应用前景。

综上所述,本研究结果表明退行性腰椎侧凸患者下腰椎(L4~L5 及 L5~S1)节段对应的多裂肌退变程度与侧凸畸形的程度呈正相关,且凹侧重于凸侧,提示多裂肌参与退行性腰椎侧凸畸形的代偿机制。研究结果为进一步探索退行性腰椎侧凸的病理机制、评估技术、治疗决策及预后分析等临床应用奠定基础。

本研究存在一定的局限性:首先本研究的人群仅包括来自单一中心的受试者,样本量相对较小,需要进一步扩大样本含量。其次本研究主要通过影像学评估 DLS 患者多裂肌退变情况,缺乏病理学等直接证据证实多裂肌退变程度,同时对于竖脊肌、腰大肌等其他椎旁肌是否存在相似的退变情况,尚待进一步研究。再次退行性脊柱畸形是一种复杂的三维畸形,包括冠状位、矢状位和轴位畸形,本研究只分析冠状面 Cobb 角与凸凹侧多裂肌不对称退变相关性,未来的研究需要进一步探索矢状位和轴位畸形与不对称退变的相关程度。

参考文献:

[1] WONG E, ALTAF F, OH L J, *et al*. Adult degenerative lumbar scoliosis[J]. Orthopedics, 2017, 40(6): e930-e939. DOI:10.3928/01477447-20170606-02.

[2] DIEBO B G, SHAH N V, BOACHIE-ADJEI O, *et al*. Adult spinal deformity[J]. Lancet, 2019, 394(10193): 160-172. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)31125-0.

[3] AEBI M. The adult scoliosis[J]. Eur Spine J, 2005, 14(10): 925-948. DOI: 10.1007/s00586-005-1053-9.

[4] HANSEN L, DE ZEE M, RASMUSSEN J, *et al*. Anatomy and biomechanics of the back muscles in the lumbar spine with reference to biomechanical modeling[J]. Spine, 2006, 31(17): 1888-1899. DOI: 10.1097/01.brs.0000229232.66090.58.

[5] BANNO T, ARIMA H, HASEGAWA T, *et al*. The effect of paravertebral muscle on the maintenance of upright posture in patients with adult spinal deformity[J]. Spine Deform, 2019, 7(1): 125-131. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.06.008.

[6] FORTIN M, MACEDO L G. Multifidus and paraspinal muscle group cross-sectional areas of patients with low back pain and control patients: a systematic review with a focus on blinding[J]. Phys Ther, 2013, 93(7): 873-888. DOI: 10.2522/ptj.20120457.

[7] MCGILL S M, GRENIER S, KAVCIC N, *et al*. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2003, 13(4): 353-359. DOI: 10.1016/s1050-6411(03)00043-9.

[8] WILKE H J, WOLF S, CLAES L E, *et al*. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical *in vitro* study[J]. Spine, 1995, 20(2): 192-198. DOI: 10.1097/00007632-199501150-00011.

[9] SHAFAQ N, SUZUKI A, MATSUMURA A, *et al*. Asymmetric degeneration of paravertebral muscles in patients with degenerative lumbar scoliosis[J]. Spine, 2012, 37(16): 1398-1406. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31824c767e.

[10] KIM H, LEE C K, YEOM J S, *et al*. Asymmetry of the cross-sectional area of paravertebral and psoas muscle in patients with degenerative scoliosis[J]. Eur Spine J, 2013, 22(6): 1332-1338. DOI: 10.1007/s00586-013-2740-6.

[11] CRAWFORD R J, CORNWALL J, ABBOTT R, *et al*. Manually defining regions of interest when quantifying paravertebral muscles fatty infiltration from axial magnetic resonance imaging: a proposed method for the lumbar spine with anatomical cross-reference[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18(1): 25. DOI: 10.1186/s12891-016-1378-z.

[12] XIE D X, ZHANG J N, DING W Y, *et al*. Abnormal change of paravertebral muscle in adult degenerative scoliosis and its association with bony structural parameters[J]. Eur Spine J, 2019, 28(7): 1626-1637. DOI: 10.1007/s00586-019-05958-7.

[13] PANJABI M M. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement[J]. J Spinal Disord, 1992, 5(4): 383-389; discussion397. DOI: 10.1097/00002517-199212000-00001.

[14] KANG C H, SHIN M J, KIM S M, *et al*. MRI of paraspinal muscles in lumbar degenerative kyphosis patients and control patients with chronic low back pain[J]. Clin Radiol, 2007, 62(5): 479-486. DOI: 10.1016/j.crad.2006.12.002.

[15] BARKER K L, SHAMLEY D R, JACKSON D. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain: the relationship to pain and disability[J]. Spine, 2004, 29(22): E515-E519. DOI: 10.1097/01.brs.0000144405.11661.eb.

[16] DECKERS K, DE SMEDT K, MITCHELL B, *et al*. New therapy for refractory chronic mechanical low back pain-restorative neurostimulation to activate the lumbar multifidus: one year results of a prospective multicenter clinical trial[J]. Neuromodulation, 2018, 21(1): 48-55. DOI: 10.1111/ner.12741.

[17] RANSON C A, BURNETT A F, KERSLAKE R, *et al*. An

investigation into the use of MR imaging to determine the functional cross sectional area of lumbar paraspinal muscles [J]. Eur Spine J, 2006, 15(6): 764-773. DOI: 10.1007/s00586-005-0909-3.

[18] FORTIN M, LAZÁRY À, VARGA P P, *et al*. Paraspinal muscle asymmetry and fat infiltration in patients with symptomatic disc herniation[J]. Eur Spine J, 2016, 25(5): 1452-1459. DOI: 10.1007/s00586-016-4503-7.

[19] 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.

[20] HYUN S J, BAE C W, LEE S H, *et al*. Fatty degeneration of the paraspinal muscle in patients with degenerative lumbar kyphosis: a new evaluation method of quantitative digital analysis using MRI and CT scan[J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(10): 441-447. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182aa28b0.

[21] CRAWFORD R J, FILLI L, ELLIOTT J M, *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.

[22] HIDES J A, RICHARDSON C A, JULL G A. Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities[J]. Spine, 1995, 20(1): 54-58. DOI: 10.1097/00007632-199501000-00010.

[23] LONNEMANN M E, PARIS S V, GORNIAK G C. A morphological comparison of the human lumbar multifidus by chemical dissection[J]. J Man Manip Ther, 2008, 16(4): E84-E92. DOI: 10.1179/jmt.2008.16.4.84E.

[24] TANG Y, YANG S, CHEN C, *et al*. Assessment of the association between paraspinal muscle degeneration and quality of life in patients with degenerative lumbar scoliosis [J]. Exp Ther Med, 2020, 20(1): 505-511. DOI: 10.3892/etm.2020.8682.

[25] CHEUNG J, HALBERTSMA J P K, VELDHUIZEN A G, *et al*. A preliminary study on electromyographic analysis of the paraspinal musculature in idiopathic scoliosis[J]. Eur Spine J, 2005, 14(2): 130-137. DOI: 10.1007/s00586-004-0780-7.

[26] CHEUNG J, VELDHUIZEN A G, HALBERTSMA J P K, *et al*. The relation between electromyography and growth velocity of the spine in the evaluation of curve progression in idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2004, 29(9): 1011-1016. DOI: 10.1097/00007632-200405010-00012.

[27] CHAN Y L, CHENG J C, GUO X, *et al*. MRI evaluation of multifidus muscles in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Pediatr Radiol, 1999, 29(5): 360-363. DOI: 10.1007/s002470050607.

[28] YAGI M, HOSOGANE N, WATANABE K, *et al*. The paravertebral muscle and psoas for the maintenance of global spinal alignment in patient with degenerative lumbar scoliosis [J]. Spine J, 2016, 16(4): 451-458. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.001.

[29] LESCHER S, BENDER B, EIFLER R, *et al*. Isometric non-machine-based prevention training program: effects on the cross-sectional area of the paravertebral muscles on magnetic resonance imaging[J]. Clin Neuroradiol, 2011, 21(4): 217-222. DOI: 10.1007/s00062-011-0104-3.

[30] DANNEELS L A, VANDERSTRAETEN G G, CAMBIER D C, *et al*. Effects of three different training modalities on the cross sectional area of the lumbar multifidus muscle in patients with chronic low back pain[J]. Br J Sports Med, 2001, 35(3): 186-191. DOI: 10.1136/bjsm.35.3.186.

(**收稿**:2022-03-28;**修回**:2022-05-30)

(编辑 张 维)