

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.03.011

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240123.0915.002\(2024-01-23\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240123.0915.002(2024-01-23))

不同勾画方法及参数定量评估 DLS 患者椎旁肌退行性改变的 MRI 特点*

邓亚利^{1,2}, 赵骏¹, 黎川¹, 罗飞³, 陈伟¹, 何敏^{1△}

(陆军军医大学第一附属医院:1.放射科;2.7T 磁共振转化医学中心;3.骨科,重庆 400038)

[摘要] **目的** 使用两种不同的椎旁肌勾画方法及多参数定量评估退行性腰椎侧凸(DLS)患者多裂肌、竖脊肌、腰大肌退行性改变的 MRI 特点。**方法** 收集 2019 年 8 月至 2022 年 3 月于该院确诊为 DLS 的患者 33 例作为试验组,同期招募健康志愿者 35 例作为对照组,行腰椎常规序列和多回波 Dixon-vibe 序列 MRI 检查。在第 4 腰椎至第 5 腰椎椎间盘(L_{4/5})中心层面的水脂相图中分别对多裂肌、竖脊肌的总肌肉横截面积(TCSA)、纯肌肉横截面积(PCSA)进行勾画测量。采用组内相关系数评估两种勾画方法的一致性,分析两组受试者椎旁肌各参数差异,受试者工作特征(ROC)曲线比较椎旁肌有差异参数的曲线下面积(AUC)。**结果** TCSA、PCSA 在 DLS 患者多裂肌和竖脊肌中一致性较好(ICC>0.75, P<0.05)。试验组多裂肌和竖脊肌的总肌肉脂肪浸润(TMFI)、纯肌肉脂肪浸润(PMFI)均明显大于对照组(P<0.05),但腰大肌 TMFI 差异不明显(P>0.05);试验组多裂肌相对 PCSA(RPCSA)、相对 TCSA(RTCSA)、相对功能面积(RFCSA)均明显小于对照组(P<0.05),但在竖脊肌和腰大肌中仅 RTCSA 差异明显(P<0.05);两组多裂肌 PMFI 不对称性(AR_{PMFI})、TCSA 不对称性(AR_{TCSA}),竖脊肌 TMFI 不对称性(AR_{TMFI})、PCSA 不对称性(AR_{PCSA}),腰大肌 AR_{TCSA} 比较差异有统计学意义(P<0.05)。多裂肌 TMFI、竖脊肌 AR_{PCSA}、腰大肌 RTCSA 在 3 种肌肉各参数的 AUC 较大(0.761 9、0.710 8、0.712 6)。**结论** 多回波 Dixon-vibe 序列对 DLS 患者多裂肌和竖脊肌的两种勾画方法具有较好的一致性。在 L_{4/5} 层面多裂肌的退行性改变表现最突出,肌肉内外受脂肪浸润严重,相对的功能面积减小;竖脊肌表现为纯肌肉面积的不对称程度明显增大;腰大肌相对的横截面积表现出明显减小。

[关键词] 退行性腰椎侧凸;椎旁肌;勾画方法;脂肪浸润;横截面积;不对称程度

[中图分类号] R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)03-0375-06

MRI features of paraspinal muscle degeneration in DLS patients quantitatively evaluated by different delineation methods and parameters*

DENG Yali^{1,2}, ZHAO Jun¹, LI Chuan¹, LUO Fei³, CHEN Wei¹, HE Min^{1△}

(1. Department of Radiology; 2. 7T Magnetic Resonance Translational Medicine Center; 3. Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China)

[Abstract] **Objective** To quantitatively evaluate the MRI features of multifidus, erector spinae and psoas muscle degeneration in patients with degenerative lumbar scoliosis (DLS) using two different paraspinal muscle delineation methods. **Methods** A total of 33 patients diagnosed with DLS in the hospital from August 2019 to March 2022 were collected as the experimental group, and 35 healthy volunteers were recruited as the control group during the same period. Routine lumbar spine sequence and multi-echo Dixon-vibe sequence MRI were performed. The total muscle cross-sectional area (TCSA) and pure muscle cross-sectional area (PCSA) of the multifidus muscle and erector spinae muscles were measured in the water-fat phase diagram at the 4/5 center level of the lumbar intervertebral disc (L_{4/5}). The intra-group correlation coefficient was used to evaluate the consistency of the two different delineation methods. The differences of paraspinal muscle parameters between the two groups were analyzed. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to compare the area under the curve (AUC) of the paraspinal muscle with different parameters. **Results** TCSA and PCSA had good consistency in multifidus and erector spinae in DLS patients (ICC>0.75, P<0.05). The total muscle fat infiltration (TMFI) and pure muscle fat infiltration (PMFI) of multifidus and erector spinae in the

experimental group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$), but there was no significant difference in TMFI of psoas major ($P > 0.05$). The relative PCSA (RPCSA), relative TCSA (RTC-SA) and relative functional area (RFCSA) of multifidus muscle in the experimental group were significantly lower than those in the control group ($P < 0.05$), but only RTCSA parameters were significantly different in erector spinae and psoas major ($P < 0.05$). There were significant differences in PMFI asymmetry (AR_{PMFI}), TCSA asymmetry (AR_{TCSA}), erector spinae TMFI asymmetry (AR_{TMFI}), PCSA asymmetry (AR_{PCSA}), and psoas major AR_{TCSA} between the two groups ($P < 0.05$). The AUC of multifidus muscle TMFI, erector spinae muscle AR_{PCSA} and psoas major muscle RTCSA were larger in the three muscles (0.761 9, 0.710 8, 0.712 6).

Conclusion The multi-echo Dixon-vibe sequence has good consistency with the two delineation methods of multifidus and erector spinae in DLS patients. At the $L_{4/5}$ level, the degenerative changes of the multifidus muscle were the most prominent, the fat infiltration inside and outside the muscle was serious, and the functional area was reduced. The erector spinae showed a significant increase in the asymmetry of the pure muscle area, while the relative cross-sectional area of the psoas major showed a significant decrease.

[Key words] degenerative lumbar scoliosis; paraspinal muscle; delineation method; fat infiltration; cross-sectional area; degree of asymmetry

退行性腰椎侧凸 (degenerative lumbar scoliosis, DLS) 是成年人在骨骼发育成熟后伴随脊柱的退行性改变而首次形成的一种脊柱畸形, 好发于老年人群, 患病率为 7.5%~68.0%^[1]。DLS 患者常伴有腰痛、跛行等临床症状, 影响患者生活质量。椎旁肌作为人体躯干姿势肌, 参与维持脊柱的稳定和运动^[2], 其退变情况和 DLS 患者生活质量密切相关^[3]。

椎旁肌主要包括多裂肌、竖脊肌、腰大肌, 其退变以形态和成分的两种改变为主, 表现为横截面积 (cross-sectional areas, CSA) 萎缩和脂肪浸润 (fatty infiltration, FI) 增加^[4-5], 在 DLS 患者中同时会出现左右侧椎旁肌不对称性改变。准确定量肌肉脂肪化程度有机会诊断和分级各类疾病情况^[6-7], 而椎旁肌 FI 的过程实际包含肌肉内部的浸润和外部边界处脂肪的积累^[8], 因此不同感兴趣区 (region of interest, ROI) 的勾画方法可能会产生不同的结果, 以往较少进行区分。作者在团队成员前期工作的基础上, 利用多回波 Dixon-vibe 序列的高时间分辨率、解剖可视化、水脂分离准确性高等特点^[9], 在图像上执行两种不同的勾画方法, 获得多种定量参数, 以期从方法学角度出发定量评估 DLS 患者椎旁肌退行性改变的 MRI 特点。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2019 年 8 月至 2022 年 3 月于本院确诊为退行性脊柱畸形的患者 59 例。纳入标准: (1) 年龄 > 50 岁, 腰段侧凸, 冠状位 X 线片测量 Cobb 角 $> 10^\circ$; (2) 首次确诊, 未进行任何物理康复治疗; (3) 无 MRI 检查禁忌证。排除标准: (1) 有脊柱方面肿瘤、放化疗史, 强直性脊柱炎, 脊柱结核、感染, 类风湿骨关节疾病等; (2) 有腰部手术史、腰椎骨折、峡部裂、腰椎滑

脱、骨盆骨折等; (3) 有糖尿病、骨质疏松等全身性疾病。最终排除后凸、胸段侧凸患者 26 例, 入组 DLS 患者 33 例为试验组, 同期招募健康志愿者 35 例为对照组。两组受试者性别、年龄等人口统计学资料比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性, 见表 1。本研究获得本院伦理委员会批准 (KY2020235), 受检者均签署知情同意书。

表 1 两组人口统计学资料比较

项目	试验组 (n=33)	对照组 (n=35)	t/ χ^2	P
男/女(n/n)	3/30	9/26	3.23	0.07
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	63.70 \pm 6.60	61.50 \pm 6.80	1.34	0.18
身高($\bar{x} \pm s$, m)	1.55 \pm 0.07	1.55 \pm 0.07	0.05	0.96
体重($\bar{x} \pm s$, kg)	60.39 \pm 9.74	58.12 \pm 6.51	1.13	0.26
体重指数($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	25.11 \pm 3.98	24.18 \pm 2.45	-1.03	0.31

1.2 方法

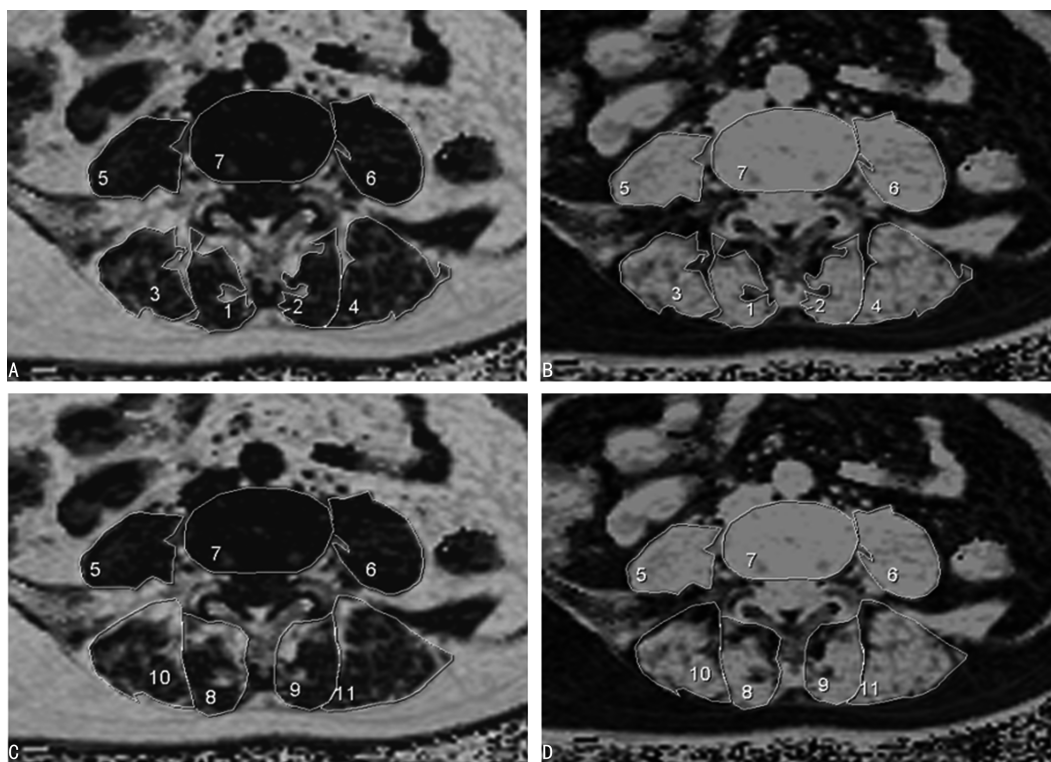
1.2.1 MRI 扫描方案及参数

采用 3.0T 超导核磁共振仪 (德国西门子公司, 型号: Trio) 和 6 通道体表线圈完成腰椎常规序列和多回波 Dixon-vibe 序列 MRI 检查。扫描序列参数如下。(1) 矢状位 FSE T2WI、T1WI 序列: 重复时间 = 3 820 ms、644 ms, 回波时间 = 86 ms、9.5 ms, 层厚 = 3 mm、3 mm, 矩阵 = 384 \times 288、384 \times 288, 视野 = 400 mm \times 400 mm、400 mm \times 400 mm; (2) 第 3 腰椎至第 1 骶椎 3 个椎间盘横轴位 FSE T2WI 序列、第 4 腰椎至第 5 腰椎椎间盘 ($L_{4/5}$) 横轴位 Dixon-vibe 序列: 重复时间 = 3 100 ms、9.05 ms, 回波时间 = 94 ms、1.23/2.48/3.73/4.98/6.23/7.48 ms, 层厚 = 3 mm、3 mm, 矩阵 = 384 \times 288、256 \times 256, 视野 = 210 mm \times 210 mm、420 mm \times 328 mm, 扫描时间 = 90 s、45 s。

1.2.2 勾画方法

在腰椎冠、矢状定位图中以 L_{4/5} 中心层面为 Dixon-vibe 序列扫描中心,扫描基线分别平行上下终板,序列扫描重建后图像自动上传至后处理工作站,选择 L_{4/5} 中心层面 Dixon-vibe 序列对应的脂相图,使用工具栏画笔勾画层面内椎间盘、椎旁肌(多裂肌、竖脊肌、腰大肌)ROI,复制并粘贴至同层面水相图中,获得该层面内椎间盘和左右侧椎旁肌的横截面积大小、水

信号值(SI_{water})、脂信号值(SI_{fat})。两名医师对多裂肌和竖脊肌采用不同的勾画方法:(1)不包含已退变的脂性成分筋膜,仅包含呈现低信号的纯肌肉面积,定义为纯肌肉横截面积(pure CSA,PCSA);(2)包含周边已退变为脂性成分的高信号筋膜在内,定义为总肌肉横截面积(total CSA,TCSA),见图 1。分析两种勾画方法的一致性。



A,C:脂相图;B,D:水相图;1,2:双侧多裂肌的 PCSA 勾画方法;3,4:双侧竖脊肌的 PCSA 勾画方法;5,6:双侧腰大肌勾画方法;7:椎间盘勾画方法;8,9:双侧多裂肌的 TCSA 勾画方法;10,11:双侧竖脊肌的 TCSA 勾画方法。

图 1 多回波 Dixon-vibe 序列椎旁肌不同勾画方法

1.2.3 观察指标

比较两组受试者以下指标。 $FI = SI_{fat} / (SI_{fat} + SI_{water})$,两种勾画方法分别获得总肌肉脂肪浸润(total muscle fatty infiltration, TMFI)、纯肌肉脂肪浸润(pure muscle fatty infiltration, PMFI);相对横截面积(relative CSA, RCSA) = CSA/同层面椎间盘面积,包括相对 TCSA(RTCSA)、相对 PCSA(RPCSA);左右侧椎旁肌 CSA 和 FI 的不对称程度(AR) = (大侧值 - 小侧值)/大侧值,包括 TCSA 和 TMFI 不对称性(AR_{TCSA} 和 AR_{TMFI}),PCSA 和 PMFI 不对称性(AR_{PCSA} 和 AR_{PMFI});椎旁肌相对功能面积(relative function CSA, RFCSA) = (1 - PMFI) × RPCSA。

1.3 统计学处理

采用 SPSS25.0 软件进行统计学分析。计数资料以例数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验;符合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;不符合正态分布的计量资料以 *M*(IQR)

表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 秩和检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC)。组内相关系数评估不同勾画方法的一致性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一致性分析

对 DLS 患者 L_{4/5} 层面多裂肌和竖脊肌的 PCSA、TCSA 进行勾画测量,ICC 均 > 0.75 ,一致性较好,见表 2。

2.2 椎旁肌各参数比较

试验组多裂肌和竖脊肌 TMFI、PMFI 均明显大于对照组 ($P < 0.05$),但腰大肌 TMFI 差异不明显 ($P > 0.05$)。试验组多裂肌 RPCSA、RTCSA、RFCSA 均明显小于对照组 ($P < 0.05$),但在竖脊肌和腰大肌中仅 RTCSA 差异明显 ($P < 0.05$)。在不对称性参数方面,两组多裂肌 AR_{PMFI}、AR_{TCSA},竖脊肌 AR_{TMFI}、AR_{PCSA},腰大肌 AR_{TCSA} 比较差异有统计学意

义($P < 0.05$),见表 3。

表 2 多裂肌和竖脊肌不同勾画方法的一致性分析

项目	CSA		FI		P
	ICC	95%CI	ICC	95%CI	
TCSA					
左侧多裂肌	0.952	0.883~0.981	0.995	0.987~0.998	<0.001
右侧多裂肌	0.764	0.325~0.913	0.995	0.987~0.998	<0.001
左侧竖脊肌	0.992	0.979~0.997	0.996	0.990~0.998	<0.001
右侧竖脊肌	0.969	0.914~0.988	0.992	0.980~0.997	<0.001
PCSA					
左侧多裂肌	0.943	0.865~0.977	0.878	0.719~0.950	<0.001
右侧多裂肌	0.890	0.743~0.955	0.989	0.973~0.996	<0.001
左侧竖脊肌	0.991	0.979~0.997	0.994	0.985~0.998	<0.001
右侧竖脊肌	0.959	0.864~0.985	0.985	0.959~0.994	<0.001

表 3 两组椎旁肌各参数比较

项目	试验组 (n=33)	对照组 (n=35)	t/Z	P
多裂肌				
TMFI($\bar{x} \pm s$)	0.33±0.09	0.24±0.09	3.980	0.001
PMFI[M(IQR)]	0.23(0.12)	0.16(0.11)	-3.184	0.001
RPCSA($\bar{x} \pm s$)	0.29±0.07	0.32±0.05	-2.220	0.030
RTCSA($\bar{x} \pm s$)	0.40±0.11	0.45±0.08	-2.390	0.020
RFCSA($\bar{x} \pm s$)	0.22±0.05	0.26±0.06	-0.470	0.001
AR _{TMFI} [M(IQR)]	14.46(16.28)	14.76(19.79)	-0.870	0.387
AR _{PMFI} [M(IQR)]	14.87(14.68)	7.69(16.16)	-2.104	0.035
AR _{TCSA} [M(IQR)]	13.77(13.08)	7.21(9.78)	-2.460	0.014
AR _{PCSA} [M(IQR)]	9.09(11.85)	8.70(6.47)	-0.040	0.966
竖脊肌				
TMFI($\bar{x} \pm s$)	0.29±0.10	0.23±0.08	2.650	0.010
PMFI($\bar{x} \pm s$)	0.24±0.08	0.19±0.07	2.240	0.029
RPCSA($\bar{x} \pm s$)	0.58±0.18	0.58±0.13	-0.178	0.859
RTCSA($\bar{x} \pm s$)	0.60±0.14	0.67±0.14	-2.170	0.034
RFCSA($\bar{x} \pm s$)	0.45±0.14	0.47±0.11	-0.850	0.400
AR _{TMFI} [M(IQR)]	22.84(17.10)	15.60(14.21)	-2.141	0.032
AR _{PMFI} [M(IQR)]	21.09(22.86)	14.27(18.55)	-1.331	0.183
AR _{TCSA} [M(IQR)]	9.88(15.26)	7.28(6.41)	-1.110	0.267
AR _{PCSA} [M(IQR)]	14.56(12.34)	6.93(8.45)	-2.990	0.003
腰大肌				
TMFI[M(IQR)]	0.15(0.06)	0.14(0.06)	-0.640	0.519
RTCSA[M(IQR)]	0.49(0.16)	0.55(0.17)	-3.010	0.003
AR _{TMFI} [M(IQR)]	18.33(17.91)	16.83(24.83)	-0.670	0.504
AR _{TCSA} [M(IQR)]	12.01(13.77)	7.23(7.97)	-2.520	0.012

2.3 各参数 ROC 曲线分析

多裂肌 TMFI、PMFI、RFCSA,竖脊肌 AR_{PCSA},腰大肌 RTCSA 诊断 DLS 患者椎旁肌退行性改变的

AUC 分别为 0.761 9、0.724 7、0.741 1、0.710 8、0.712 6,见图 2。

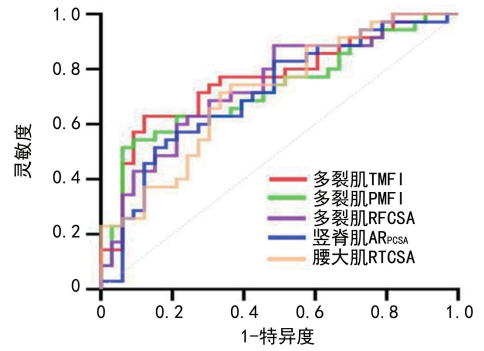


图 2 ROC 曲线分析

3 讨论

随着老龄化程度加剧,人们对生活质量的日益关注,退行性腰椎侧弯成为一个相当大的卫生保健问题^[10]。椎旁肌作为维持腰椎稳定与运动的效应器^[3],其退变情况与各种腰椎疾病和术后并发症相关^[11-12]。不同程度的椎旁肌退变可导致双侧腰椎力失衡,加重腰椎侧凸的进展^[13]。准确定量椎旁肌退变情况可以给 DLS 的临床诊疗提供重要的参考指标,而不同的勾画方法和定量参数选择是准确反映椎旁肌退变程度的先决条件。

FI 被认为是椎旁肌成分变化的重要指标,FI 增加会导致肌肉力量和耐力的丧失^[14],往往伴随发生 CSA 的萎缩^[15]。在本研究中,通过 TCSA 和 PCSA 两种勾画方法获得的 FI 和 CSA 结果的一致性均较好,说明多回波 Dixon-vibe 序列 MRI 图中执行的两种勾画方法在 DLS 患者中具有很好的应用可行性。多回波 Dixon-vibe 序列 MRI 对脂肪成分定量分析的准确性已得到验证,被认为可以获得与波普序列一致的结果^[16],但本研究结果显示总肌肉和纯肌肉不同的 ROI 获得的 FI 不同。有报道显示,肌肉退变形成的脂性成分分布于椎旁肌周边、内部及肌细胞中^[17],而在 DLS 患者中多裂肌和竖脊肌的退变十分突出^[18],大量肌纤维成分被脂肪所替代,在肌肉周边和内部形成堆积。因此在评估肌肉的 FI 总体情况时,应包含已形成的脂肪成分在内^[1],而在评估肌肉剩余功能情况时,剔除肌细胞中已退变的脂性成分再乘以纯肌肉面积获得的定量指标将会更加准确^[1]。

本研究结果显示,在试验组中多裂肌、竖脊肌两种勾画方法的 TMFI、PMFI 明显大于对照组,腰大肌 TMFI 的差异不明显,同时多裂肌的 TMFI、PMFI 表现出更明显的差异。说明在退行性改变进程中,多裂肌、竖脊肌、腰大肌所承担的负荷比例依次减小,这一结果与各椎旁肌和腰椎的亲密度相对应^[18]。另有报道显示,多裂肌承担脊柱相对运动过程中 2/3 以上刚度^[19],而大的负荷压力势必会加重多裂肌的退变。

在本研究结果中,多裂肌 CSA 相关参数也明显小于对照组,尤其是 RFCSA 参数表现出更明显的差异,与喻学科等^[20]研究结果相一致。说明严重的退变存在于多裂肌内部和外周,同时多裂肌各参数 ROC 曲线分析中,也进一步说明 RFCSA 值可能是多裂肌功能状态的代表性参数,它的 AUC 值仅低于 TMFI,而 TMFI 可能是最能揭示多裂肌退行性改变程度的参数。

在竖脊肌中,尽管肌肉内部和外周均表现出明显的 FI 现状,但面积相关的参数与对照组的差异却不明显,引人注意的是竖脊肌 AR_{PCSA} 明显大于对照组 ($P=0.003$),这一退行性改变特点与多裂肌的情况不同,原因可能和肌肉肌纤维的分布特点相关。多裂肌肌纤维呈节段性分布^[21],受腰神经后支的内侧支独立支配,失神经支配后造成退变;而竖脊肌肌纤维呈多节段整体性分布^[22],可通过代偿作用纠正来自躯干不对称的承受力。有研究显示,脊柱侧弯患者在脊柱两侧承受了不对称的压力负荷,这是不对称的椎旁肌萎缩和 FI 的原因^[3]。因此,生物力学变化可能是导致椎旁肌不对称变化主要原因之一。

腰大肌作为两侧对称分布的腰椎前肌群,在维持腰椎冠状面稳定方面起着重要作用^[14],在本研究中腰大肌 CSA 表现出明显的不对称性,与不对称的生物力学变化相关^[23]。与多裂肌、竖脊肌不同,腰大肌受 FI 很小,与对照组差异也不明显,但 RCSA 比对照组患者明显减小,这与 FORTIN 等^[23]的报道结果相似。分析原因可能是受拉伸的肌肉并未出现超负荷或病理性改变,侧弯导致一侧腰大肌被动拉长出现 CSA 缩小,另一侧处于相对松弛,弓玄效应产生了在 CSA 上的改变^[24]。由此可见,腰大肌主要因为生物力学改变而发生 RCSA 缩小和左右不对称改变,但并未发生由 FI 引起形态萎缩导致的功能下降,因此并未在测量方法上进行区分,相对面积大小即是它最敏感的特征性参数代表。

本研究也存在一定的局限性:(1)样本量相对较小,仅来自一个中心,受限于多数 DLS 患者老年化,往往已经伴随其他慢性基础疾病,导致入组难度增加;(2)对 DLS 患者的侧弯严重程度没有进行区分;(3)只评估了 L_{4/5} 层面,没有对所有层面进行总体评估,因为 L_{4/5} 层面在以往研究中被认为是椎旁肌退行性改变的代表性层面^[17]。将在进一步的研究中避免这些缺点。

综上所述,多回波 Dixon-vibe 序列对 DLS 患者多裂肌和竖脊肌执行的两种勾画方法具有较好的一致性。DLS 患者 L_{4/5} 层面椎旁肌退变的主要表现特点:多裂肌肌肉内、外部脂性成分增加,相对功能面积减小;竖脊肌纯肌肉面积的不对称程度增大;腰大肌

相对的横截面积减小。

参考文献

- [1] YUAN L, ZENG Y, CHEN Z, et al. Degenerative lumbar scoliosis patients with proximal junctional kyphosis have lower muscularity, fatty degeneration at the lumbar area [J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(5):1133-1143.
- [2] XIE D, ZHANG J, DING W, 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] MENGIARDI B, SCHMID M R, BOOS N, et al. Fat content of lumbar paraspinal muscles in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with MR spectroscopy [J]. *Radiology*, 2006, 240(3):786-792.
- [7] GOKALP G, YILDIRIM N, YAZICI Z, et al. Using chemical-shift MR imaging to quantify fatty degeneration within supraspinatus muscle due to supraspinatus tendon injuries [J]. *Skeletal Radiol*, 2010, 39(12):1211-1217.
- [8] GIBBONS M C, SINGH A, ANAKWENZE O, et al. Histological evidence of muscle degeneration in advanced human rotator cuff disease [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(3):190-199.
- [9] 何敏, 陈品珍, 陈灿, 等. 多回波化学位移编码水

脂成像技术定量评估退行性脊柱侧凸患者多裂肌退行性变的初步研究[J]. 重庆医科大学学报, 2021, 46(12): 1501-1506.

- [10] DIEBO B, SHAH N, BOACHIE-ADJEI O, et al. Adult spinal deformity [J]. *Lancet*, 2019, 394(10193): 160-172.
- [11] LENG J, HAN G, ZENG Y, et al. The effect of paraspinal muscle degeneration on distal pedicle screw loosening following corrective surgery for degenerative lumbar scoliosis [J]. *Spine*, 2020, 45(9): 590-598.
- [12] SIMON M J K, HALM H F H, QUANTE M. Perioperative complications after surgical treatment in degenerative adult de novo scoliosis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19(1): 10.
- [13] RUSTENBURG C M E, KINGMA I, HOLEWIJN R M, et al. Biomechanical properties in motion of lumbar spines with degenerative scoliosis [J]. *J Biomech*, 2020, 102: 109495.
- [14] KALICHMAN L, CARMELI E, BEEN E. The association between imaging parameters of the paraspinal muscles, spinal degeneration, and low back pain [J]. *Biomed Res Int*, 2017, 2017: 2562957.
- [15] REZA M M, SUBRAMANIAM N, SIM C M, et al. Irisin is a pro-myogenic factor that induces skeletal muscle hypertrophy and rescues denervation-induced atrophy [J]. *Nat Commun*, 2017, 8(1): 1104.
- [16] FISCHER M A, NANZ D, SHIMAKAWA A, et al. Quantification of muscle fat in patients with low back pain: comparison of multi-echo MR imaging with single-voxel MR spectroscopy [J]. *Radiology*, 2013, 266(2): 555-563.
- [17] GOUBERT D, OOSTERWIJCK J V, MEEUS M, et al. Structural changes of lumbar muscles in non-specific low back pain: a systematic review [J]. *Pain Physician*, 2016, 19(7): E985-E1000.
- [18] 杨森, 武文杰, 鲁燕芬, 等. MRI 成像 Dixon-VIBE 序列定量评估退变性腰椎侧凸患者椎旁肌退变程度的可行性 [J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2020, 34(1): 72-76.
- [19] OGON I, TAKEBAYASHI T, TAKASHIMA H, et al. Magnetic resonance spectroscopic analysis of multifidus muscles lipid content and association with spinopelvic malalignment in chronic low back pain [J]. *Br J Radiol*, 2017, 90(1073): 20160753.
- [20] 喻学科, 陈灿, 李凯, 等. 退行性腰椎侧凸与多裂肌退变的关联性研究 [J]. *陆军军医大学学报*, 2022, 44(20): 2075-2081.
- [21] LEE E T, LEE S A, SOH Y, et al. Association of lumbar paraspinal muscle morphometry with degenerative spondylolisthesis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(8): 4037.
- [22] LEE H J, LIM W H, PARK J W, 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.
- [23] FORTIN M, LAZÁRY À, VARGA P P, et al. Association between paraspinal muscle morphology, clinical symptoms and functional status in patients with lumbar spinal stenosis [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(10): 2543-2551.
- [24] 丁浚哲, 鲁世保, 孔超, 等. 退变性腰椎侧凸椎旁肌群不对称退变临床意义 [J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39(18): 1133-1141.

(收稿日期: 2023-02-18 修回日期: 2023-09-22)

(编辑: 唐 璞)

(上接第 374 页)

化干预理念在食管癌肠内营养支持中的应用 [J]. *中华临床营养杂志*, 2017, 25(3): 171-175.

- [21] 刘月. 集束化干预在急性胰腺炎肠内营养患者中的应用效果观察 [J]. *首都医科大学学报*, 2020, 41(3): 488-491.

- [22] 谷晨曦, 朱慧君, 雷俊灵, 等. 基于集束化理念的肠内营养支持在先天性心脏病患儿中的应用研究 [J]. *临床研究*, 2023, 31(5): 175-178.

(收稿日期: 2023-08-18 修回日期: 2023-12-22)

(编辑: 唐 璞)