

DOI:10.3969/j.issn.1000-9760.2025.05.006

## 椎旁肌 CT 形态学改变与腰椎间盘突出症的关系

刘艳杰<sup>1,2</sup> 高缙<sup>1,2</sup> 赵鲁平<sup>1,2</sup> 孔维惠<sup>1,2</sup> 迟啸宇<sup>3</sup> 陈月芹<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 济宁医学院附属医院影像科, 济宁 272000; <sup>2</sup> 济宁市心脑血管重点实验室;

<sup>3</sup> 济宁医学院附属医院(临床医学院), 济宁 272000)

**摘要 目的** 探讨椎旁肌形态学改变与腰椎间盘突出症(LDH)的关系,为 LDH 的预防和治疗提供依据。  
**方法** 选取 LDH 患者 118 例作为观察组。以同期无 LDH 者 80 例作为对照组。两组性别、年龄、BMI 均无显著性差异( $P>0.05$ )。使用 QCT 后处理软件测量骨密度(vBMD)、皮下脂肪面积及内脏脂肪面积。Slice-O-Matic 软件分别测量所有受试者 L4/5、L5/S1 水平双侧椎旁肌[腰大肌(PS)、多裂肌(MF)、竖脊肌(ES)]、纯肌肉横截面积(cross-sectional area, CSA)、纯脂肪 CSA、同水平椎间盘 CSA,计算椎旁肌脂肪浸润程度。**结果** 观察组 PSrCSA [0.99(0.78, 1.22)]、MFrCSA (0.72±0.19)、ESrCSA [0.87(0.68, 1.05)] 和 PSrFCSA (1.02±0.33)、MFrFCSA (0.64±0.17)、ESrFCSA (0.79±0.25) 均低于对照组 [1.12(0.93, 1.41)、0.85±0.20、0.97(0.84, 1.20)、1.17±0.37、0.79±0.20、0.93±0.30,  $P<0.05$ ]。观察组骨量异常者 [69(58.47%)] 多于对照组 [35(43.75%),  $P<0.05$ ]。观察组 MFFCSA (12.79±2.76) 小于对照组 (14.01±2.89,  $P<0.05$ ), 而 MFFI [12.02(5.48, 14.72)] 大于对照组 [4.96(2.23, 10.89),  $P<0.05$ ]。二元 logistic 回归分析结果显示 MFFCSA ( $OR=1.210, 95\%CI: 1.015\sim 1.441$ )、MFrFCSA ( $OR=0.007, 95\%CI: 0.001\sim 0.086$ )、MFFI ( $OR=1.137, 95\%CI: 1.062\sim 1.216$ ) 是预测 LDH 的独立影响因素。MFFCSA、MFrFCSA、MFFI 预测 LDH 的 AUC 分别为 0.636、0.710、0.727; MFFCSA、MFrFCSA 联合 MFFI 的 AUC 为 0.756(95%CI: 0.686-0.826)。**结论** LDH 患者椎旁肌形态有不同程度退变,其中 MFFCSA、MFrFCSA 和 MFFI 可以作为预测 LDH 发生的独立影响因素,该模型具有较好的诊断效能。

**关键词** 腰椎间盘突出症;椎旁肌;QCT;脂肪浸润;横截面积

中图分类号:R445.3 文献标识码:A 文章编号:1000-9760(2025)10-411-06

### The relationship between morphological changes of paraspinal muscles based on CT and lumbar disc herniation

LIU Yanjie<sup>1,2</sup>, GAO Ti<sup>1,2</sup>, ZHAO Luping<sup>1,2</sup>, KONG Weihui<sup>1,2</sup>, CHI Xiaoyu<sup>3</sup>, CHEN Yueqin<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> Department of Medical Imaging, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 272000, China;

<sup>2</sup> Jining Key Laboratory of Cardio-Cerebrovascular Imaging,

<sup>3</sup> Affiliated Hospital of Jining Medical University(Clinical Medicine College), Jining 272000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the relationship between morphological changes of paraspinal muscle and lumbar disc herniation (LDH). To provide the evidence for the prevention and treatment of LDH. **Methods** 118 patients with LDH were selected as the observation group. 80 patients without LDH were selected as the control group. No significant differences were found in the gender, age and BMI between the two groups ( $P>0.05$ ). Volumetric bone mineral density (vBMD), subcutaneous fat area and visceral fat area were measured using QCT post-processing software. Slice-O-Matic software was employed to measure the cross-sectional areas (CSAs) of bilateral paravertebral muscles [psoas major (PS), multifidus (MF), and erector spinae (ES)], pure muscle CSA, pure fat CSA, and intervertebral disc CSA at the L4/5 and L5/S1 levels in all subjects. The degree of fat infiltration in the paravertebral muscles was

[基金项目]2022 年济宁市重点研发计划项目(2022YXNS030)

[通信作者]陈月芹, E-mail:chenyueqin010@163.com

calculated. **Results** PSrCSA [0.99(0.78, 1.22)], MFrCSA (0.72±0.19), ESrCSA [0.87(0.68, 1.05)], and PSrFCSA (1.02±0.33), MFrFCSA (0.64±0.17), ESrFCSA (0.79±0.25) were lower in the observation group than the control group [1.12(0.93, 1.41), 0.85±0.20, 0.97(0.84, 1.20), 1.17±0.37, 0.79±0.20, 0.93±0.30,  $P < 0.05$ ]. There were more bone abnormalities in the observation group [69(58.47%)] than in the control group [35(43.75%),  $P < 0.05$ ]. MFFCSA (12.79±2.76) was significantly smaller in the observation group than in the control group (14.01±2.89,  $P < 0.05$ ), whereas MFFI [12.02(5.48, 14.72)] was significantly larger than in the control group [4.96(2.23, 10.89),  $P < 0.05$ ]. Logistic regression analysis showed that MFFCSA ( $OR = 1.210, 95\% CI: 1.015 \sim 1.441$ ), MFrFCSA ( $OR = 0.007, 95\% CI: 0.001 \sim 0.086$ ) and MFFI ( $OR = 1.137, 95\% CI: 1.062 \sim 1.216$ ) were independent factors for predicting LDH ( $P < 0.05$ ). The areas under the curve of MFFCSA, MFrFCSA and MFFI for predicting LDH were 0.636, 0.710 and 0.727, respectively; The AUC of the MFFCSA, MFrFCSA in combination with MFFI was 0.756 (95% CI: 0.686 ~ 0.826). **Conclusion** There are different degrees of paraspinal muscle degeneration in LDH patients. Among them, MFFCSA, MFrFCSA and MFFI are independent influencing factors for predicting LDH, and this model has a good diagnostic efficacy.

**Keywords:** Lumbar disc herniation; Paraspinal muscle; Quantitative computed tomography; Fat infiltration; Cross-sectional area

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是临床常见病、多发病,好发于 L4/5、L5/S1 节段<sup>[1]</sup>。近年来,随着人口老龄化和生活方式的改变,LDH 发病率呈上升和年轻化的趋势<sup>[2]</sup>。患者的生活质量明显下降,并给社会造成了严重的经济负担。随着对 LDH 研究的不断进展,关于椎旁肌的研究成为热点。既往研究<sup>[1,3]</sup>表明,椎间盘退变与椎旁肌形态学改变有关,而锻炼椎旁肌可以减轻 LDH 的症状,因此,椎旁肌形态学改变与 LDH 之间是相互影响、相互作用的关系。临床可使用多种成像方法定量评估椎旁肌形态学改变。MRI 因扫描时间长、价格昂贵、部分患者幽闭恐惧等原因,临床普及困难;而 CT 扫描时间短、价格低廉,临床应用广泛。且以往的研究多集中在椎旁肌总横截面积(total cross sectional area, TCSA)、脂肪浸润程度(fat infiltration, FI)等指标上。本研究加入体质量指数(body mass index, BMI)、内脏脂肪和皮下脂肪、骨密度值、功能性横截面积(functional cross-sectional area, FCSA)、相对横截面积(relative cross-sectional area, rCSA)等参数,以减小个体因素对测量结果的影响,进一步探讨椎旁肌形态学改变与 LDH 之间的相关性。从而为临床预防 LDH 的发生、积极有效治疗、减少术后复发提供技术支持。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

收集 2024 年 6 月至 2025 年 6 月就诊于济宁医学院附属医院脊柱外科,经临床病史、体格检查

及影像学评估确诊为 LDH 患者 118 例作为观察组。年龄 17~84 岁,其中男 48 例、女 70 例。纳入标准:1)CT 检查提示 LDH,且以 L4/5 和/或 L5/S1 为著。2)体格检查提示神经受压的表现,如腰骶部及下肢放射性疼痛,症状持续 3 个月以上。3)所有患者均有定量 CT(QCT)检查结果。4)近期未接受药物、中医康复等治疗。排除标准:1)CT 检查无 LDH 患者;2)并发中枢神经系统疾病、肢体偏瘫、运动功能障碍等疾病;3)并发腰椎先天性发育不良、脊柱侧弯、滑脱、骨折或肿瘤等可能影响椎旁肌形态的疾病;4)由外伤或剧烈运动病史引起的 LDH。收集同期在我院就诊、影像检查无 LDH 患者 80 例作为对照组。年龄 22~85 岁,其中男 29 例,女 51 例。本研究已通过单位伦理委员会审批(2023-07-C008)。两组性别、年龄、BMI 均无统计学差异( $P > 0.05$ )。见表 1。

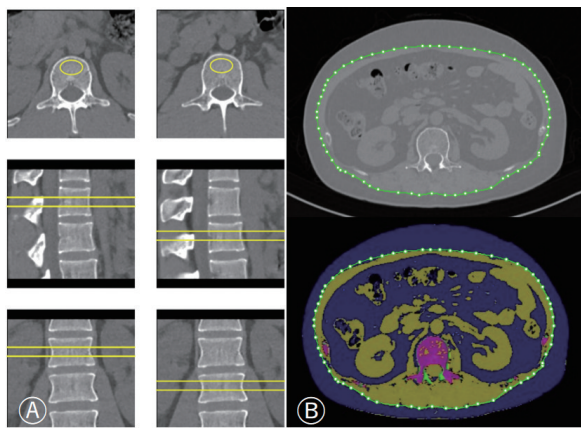
表 1 两组临床基本资料比较

临床基本资料	观察组 (n=118)	对照组 (n=80)	$t/Z/\chi^2$	$P$
年龄/岁	58.23±11.67	58.40±13.93	0.089	0.929
性别(n/%)			0.393	0.531
男	48/40.68	29/36.25		
女	70/59.32	51/63.75		
BMI [(kg/m <sup>2</sup> , $P_{50}$ ( $P_{25}, P_{75}$ ))]	24.84(22.66, 27.34)	24.74(22.98, 28.95)	-1.092	0.275

### 1.2 方法

采用德国西门子 SOMATOM Force 双源 CT

机,选择 QCT 腰椎扫描协议获取腰椎相关数据,扫描范围自 T12 椎体上缘至骶椎平面。扫描条件如下:管电压 120 kV,管电流 145 mAs,层厚、层间距 0.625 mm。获得的 CT 扫描数据经 QCT 校准体模进行数据的校准,然后上传至 QCT 后处理工作站(QCT PRO 6.1, Mindways 公司,美国)进行骨密度和体质成分的测定:1)在 L1-L2 椎体中央偏前位置设置最大程度感兴趣区(region of interest, ROI),分别测量 L1-L2 椎体 vBMD 值(图 1A),取其平均值。将 vBMD 值  $\leq 120 \text{ mg/cm}^3$  定义为骨量异常, vBMD 值  $> 120 \text{ mg/cm}^3$  定义为骨量正常。2)选取 L2 椎体中部层面按步骤测量体质成分:皮下脂肪面积及内脏脂肪面积(图 1B)。以上测量结果有 2 名高年资放射科医师分别独立完成,取均值为最终测量结果。



注:A,骨密度值;B,腹部脂肪面积。

图 1 QCT 定量指标测量示意图

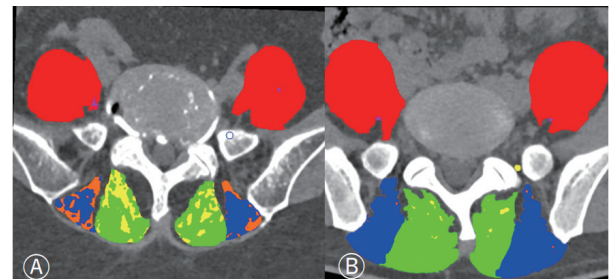
### 1.3 椎旁肌形态学测量

2 名高年资放射科医师分别在 PACS 系统调阅图像,并进行多平面重建(multiplanar reconstruction, MPR)后处理。将重建后的 L4/5、L5/S1 椎间盘层面神经根出口处水平的 DICOM 图像转存,并使用 Slice-O-Matic 软件<sup>[4]</sup>打开。由该文件分别测量 L4/5、L5/S1 水平两侧椎旁肌[腰大肌(psoas, PS)、竖脊肌(erector spinae, ES)、多裂肌(multifidus muscle, MF)]纯肌肉横截面积(功能性横截面积, FCSA)、纯脂肪横截面积(CSA)(图 2A-B),取均值代表下腰部椎旁肌的整体骨骼肌质量水平。再利用 PACS 系统测量同层面 L4/5、L5/S1 椎间盘 CSA。椎旁肌 CSA 包括<sup>[5-6]</sup>:FCSA、纯脂肪 CSA、TCSA(FCSA+纯脂肪 CSA)、rCSA(TCSA/同层面椎

间盘 CSA)、相对功能性横截面积(relative function cross-sectional area, rFCSA = FCSA/同层面椎间盘 CSA)。通过 rCSA 以减小体型对肌肉参数<sup>[7]</sup>的影响。计算椎旁肌 FI(FI=椎旁肌纯脂肪 CSA/TCSA)。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行分析。计量资料若符合正态分布、方差齐,以  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;若不符合正态分布,以  $P_{50}$  ( $P_{25}, P_{75}$ ) 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。定性资料用频数(%)表示,组间比较采用四格表  $\chi^2$  检验。采用 logistic 回归分析(步进)筛选预测腰椎间盘突出症的独立影响因素,绘制 ROC,根据约登指数最大值计算 AUC。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。



注:A,观察组,女,68岁,腰痛伴右下肢疼痛、麻木1年;B,对照组,男,50岁,腰痛伴双下肢麻木半年余。Slice-O-Matic 软件测量各椎旁肌(PS、MF、ES)纯肌肉横截面积(FCSA)和纯脂肪横截面积示意图(红色:PSFCSA;绿色:MFFCSA;蓝色:ESFCSA;紫色:PS内纯脂肪面积;黄色:MF内纯脂肪面积;橙色:ES内纯脂肪面积)。

图 2 两组 CT 影像检查示意图

## 2 结果

### 2.1 一致性检验

两位医师对椎旁肌(PS、MF、ES)的 FCSA、纯脂肪面积、L4/5 及 L5/S1 椎间盘横截面积的测量的一致性良好,证明了测量的可靠性。ICC 均  $> 0.9$ 。见表 2。

### 2.2 两组椎旁肌特性与 QCT 指标

**2.2.1 两组椎旁肌特性** 观察组各椎旁肌(PS、MF、ES)的 rCSA、rFCSA 均小于对照组,两组间比较差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );而 TCSA 两组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。观察组 MFFCSA 小于对照组,而 MFFI 大于对照组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 2 椎旁肌 FCSA、纯脂肪面积和腰椎间盘 CSA 测量的观察者内可重复性

	ICC	95%CI
纯肌肉横截面积 (FCSA)		
PS	0.986	0.982~0.990
MF	0.964	0.950~0.974
ES	0.976	0.970~0.980
纯脂肪面积		
PS	0.992	0.989~0.994
MF	0.995	0.994~0.997
ES	0.990	0.986~0.992
L4-5 椎间盘面积	0.980	0.974~0.985
L5-S1 椎间盘面积	0.978	0.971~0.984

注:ICC,组内相关系数;PS,腰大肌;MF,多裂肌;ES,竖脊肌;FCSA,功能性横截面积。

2.2.2 两组 QCT 指标 观察组骨量异常者较对照组更多,差异有统计学意义( $P=0.042$ )。而两组皮下脂肪面积和内脏脂肪面积比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 2.3 二元 logistic 回归分析及 ROC 曲线

PSrFCSA、MFrFCSA、ESrFCSA、MFFI、MFFC-SA、vBMD 值等被纳入到二元 logistic 回归分析模型中,最终证实 MFFC-SA、MFrFCSA、MFFI 是预测 LDH 发生的独立影响因素( $P<0.05$ )。见表 4。MFFC-SA、MFrFCSA、MFFI 预测 LDH 的 ROC 曲线(图 3)下面积分别为 0.636、0.710、0.727;MFFC-SA、MFrFCSA 联合 MFFI 的 AUC 为 0.756(95%CI: 0.686-0.826)。表明该模型具有良好的诊断效能。

表 3 两组椎旁肌特性及 QCT 指标的比较

椎旁肌特性	观察组( $n=118$ )	对照组( $n=80$ )	t/Z	P
PS				
FCSA [ $\text{cm}^2, P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	18.87(15.48, 24.62)	19.90(16.16, 24.81)	-0.633	0.527
TCSA [ $\text{cm}^2, P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	19.46(15.72, 24.73)	20.12(16.55, 25.12)	-0.733	0.464
rCSA [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	0.99(0.78, 1.22)	1.12(0.93, 1.41)	-2.992	0.003
rFCSA ( $\bar{x}\pm s$ )	1.02±0.33	1.17±0.37	3.068	0.002
FI [ $\%, P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	0.86(0.51, 1.33)	1.07(0.81, 1.49)	-1.946	0.052
MF				
FCSA ( $\text{cm}^2, \bar{x}\pm s$ )	12.79±2.76	14.01±2.89	2.997	0.003
TCSA ( $\text{cm}^2, \bar{x}\pm s$ )	14.38±2.92	14.96±2.76	1.406	0.161
rCSA ( $\bar{x}\pm s$ )	0.72±0.19	0.85±0.20	4.621	<0.001
rFCSA ( $\bar{x}\pm s$ )	0.64±0.17	0.79±0.20	5.520	<0.001
FI [ $\%, P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	12.02(5.48, 14.72)	4.96(2.23, 10.89)	-5.419	<0.001
ES				
FCSA [ $\text{cm}^2, P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	15.15(12.57, 18.59)	15.53(13.02, 19.77)	-0.976	0.329
TCSA ( $\text{cm}^2, \bar{x}\pm s$ )	17.50±4.65	18.04±4.69	0.792	0.429
rCSA [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	0.87(0.68, 1.05)	0.97(0.84, 1.20)	-3.361	0.001
rFCSA ( $\bar{x}\pm s$ )	0.79±0.25	0.93±0.30	3.655	0.001
FI [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	8.95(6.56, 14.01)	7.48(3.71, 14.09)	-1.863	0.063
vBMD (n/%)				
骨量正常 ( $>120 \text{ mg}/\text{cm}^3$ )	49/41.53	45/56.25		
骨量异常 ( $\leq 120 \text{ mg}/\text{cm}^3$ )	69/58.47	35/43.75		
皮下脂肪面积 [ $\text{cm}^2, P_{50}(P_{25}, P_{75})$ ]	126.8(87.48, 183.9)	140.7(96.2, 208.4)	-1.607	0.108
内脏脂肪面积 ( $\text{cm}^2, \bar{x}\pm s$ )	167.12±61.94	178.78±86.31	1.106	0.270

注:PS,腰大肌;MF,多裂肌;ES,竖脊肌;FCSA,功能性横截面积;rFCSA,相对功能性横截面积;TCSA,总横截面积;rCSA 相对横截面积;FI,脂肪浸润程度;vBMD,体积骨密度。

表 4 影响腰椎间盘突出二元 logistic 回归分析

常量及变量	B 值	OR 值	95%CI	P
MFFC-SA	0.190	1.210	1.015~1.441	0.033
MFrFCSA	-4.985	0.007	0.001~0.086	<0.001
MFFI	0.128	1.137	1.062~1.216	<0.001
常量	0.274	1.315	-	0.795

注:MFFC-SA,多裂肌功能性横截面积;MFrFCSA,多裂肌相对功能性横截面积;MFFI,多裂肌脂肪浸润程度。

## 3 讨论

腰痛是 LDH 最常见的症状之一<sup>[8]</sup>。长期慢性腰痛导致患者活动受限、残疾、失业,严重影响患者的身心健康。临床投入大量的医疗资源用于缓解疼痛症状,但根治率较低。因此,寻找 LDH 的相关病因,降低 LDH 的发生率和术后复发率,成为社会

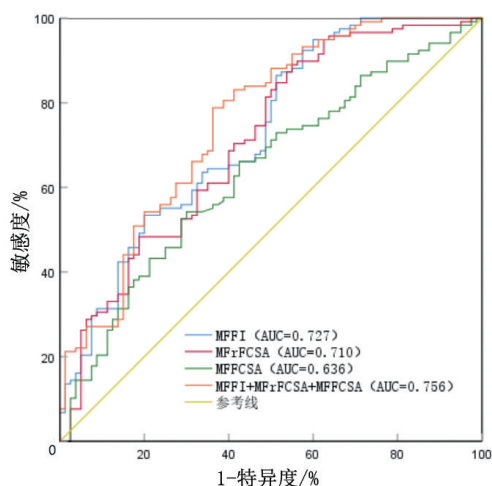


图 3 MFFCSA、MFrFCSA、MFFI、MFFCSA+MFrFCSA+MFFI 预测 LDH 的 ROC 曲线

关注的焦点。既往研究显示 LDH 是多种因素共同作用的结果,包括年龄、肥胖、不良生活习惯等,而长期腰痛患者的椎旁肌形态会出现不同程度的改变,如椎旁肌萎缩、脂肪浸润、肌力下降等<sup>[9-10]</sup>。上述椎旁肌形态学改变可能与 LDH 的发生和进展密切相关<sup>[11]</sup>。

与以往研究<sup>[12-13]</sup>不同,本研究选取椎旁肌 TCSA、FCSA、rCSA、rFCSA、FI 作为定量指标,创新性纳入 rCSA、rFCSA 作为定量参数,排除了个体差异对于测量结果的影响,提高了测量的准确性。结果显示观察组各椎旁肌(PS、MF、ES)的 rCSA、rFCSA 均小于对照组,提示本研究纳入的 rCSA、rFCSA 定量参数对于诊断 LDH 有一定的价值,与文献报道一致<sup>[14]</sup>。而各椎旁肌(PS、MF、ES)TCSA 两组间比较差异无显著性,笔者认为椎旁肌的正常肌纤维被脂肪组织代替(FCSA 减小、纯脂肪 CSA 增加),虽肌力明显下降,但 TCSA 较对照组变化不明显。另外,观察组 MFFCSA 较对照组明显减小,而 MFFI 较对照组明显增加。本研究结果证实,LDH 患者 MF 的形态学改变较 PS 和 ES 更为敏感,特别是脂肪浸润,与 LDH 的发生、发展密切相关,与文献报道相符<sup>[15-16]</sup>。MF 形态学改变显著的原因可能与其解剖和作用密切相关:1)研究发现<sup>[17-18]</sup>,MF 由单一脊髓神经支配,当神经受压时,MF 去神经支配反应更敏感,导致 MF 萎缩,从而 MFFCSA、MFrFCSA 明显降低。而 ES 和 PM 由多段脊髓神经支配,去神经支配反应的敏感性较 MF 低,因此肌肉萎缩的程度不如 MF 明显。2)MF 脂肪浸润的发

生。肌细胞内脂质,MF 的肌纤维以 I 型纤维居多,I 型纤维肌细胞内脂质随着年龄的增长而增加;而且细胞内脂质的增加可导致 II 型纤维向的 I 型纤维过渡<sup>[19]</sup>。肌间脂肪组织是一种异位的脂肪库,具有免疫原性,对邻近肌肉的代谢和胰岛素敏感性产生影响,从而促进肌肉脂肪化<sup>[20]</sup>。MF 紧贴骨骼、位置最深、缺乏反复运动,因此运动量少使 MF 更易发生脂肪浸润<sup>[21]</sup>。而 PS 则相反,既往研究<sup>[22]</sup>认为无论腰椎是否存在退行性病变,PS 总是处于运动活跃状态,肌肉脂肪浸润因大量运动得以减缓。因此,MF 更易发生脂肪浸润,MFFI 明显增加。Li 等<sup>[13]</sup>研究证实,LDH 患者的椎体 vBMD 随着椎旁肌脂肪浸润的增加而降低,随着椎旁肌 CSA 的降低而降低。本研究基于 QCT 测得椎体 vBMD 值,结果显示 LDH 组中骨量异常者较对照组更多,两组间比较差异有统计学意义。本研究结果与 Li 等<sup>[13]</sup>一致,再次证实 LDH 患者椎旁肌形态学改变是导致椎体骨密度减低的原因之一。本研究还增加了 L2 水平的皮下脂肪面积和内脏脂肪面积,结果显示两组比较无明显差异。早期学者研究表明,皮下脂肪面积和内脏脂肪面积与 BMI 呈正相关<sup>[23]</sup>,本研究观察组与对照组的 BMI 差异无显著性。因此,皮下脂肪面积和内脏脂肪面积两组间比较亦无显著性差异。在以后的研究中,增大样本量、增加 BMI 分组,进一步探讨腹部脂肪面积与 LDH 之间的相关性。

本研究基于二元 logistic 回归分析筛选出 MFFCSA、MFrFCSA、MFFI 为预测 LDH 发生的独立影响因素。为保证预测的准确性,笔者使用 ROC 曲线进行评估。MFFCSA、MFrFCSA、MFFI 预测 LDH 的 AUC 分别为 0.636、0.710、0.727;MFFCSA、MFrFCSA 联合 MFFI 的 AUC 为 0.756。该结果表明,MFFCSA、MFrFCSA、MFFI 可以可靠的应用于临床工作中,对预测 LDH 具有较好的诊断效能。

总之,本研究纳入椎旁肌的 rCSA、rFCSA 作为定量指标,排除了个体差异对结果的影响,结果显示 MFFCSA、MFrFCSA 和 MFFI 对预测 LDH 的发生具有较好的诊断效能。本研究为临床医生制定减少 LDH 发生的预防措施和为不同的患者制定个体化的治疗方案提供了技术支持,值得临床推广应用。

利益冲突:所有作者均申明不存在利益冲突。

## 参考文献:

- [1] Faur C, Patrascu JM, Haragus H, et al. Correlation between multifidus fatty atrophy and lumbar disc degeneration in low back pain[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20(1): 414. DOI: 10.1186/s12891-019-2786-7.
- [2] 韦湛海, 张书娴, 沈子聪, 等. 经皮内镜治疗多节段腰椎间盘突出症现状[J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(24): 2246-2249, 2254. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.24.08.
- [3] Stanuszek A, Jędrzejek A, Gancarczyk-Urlik E, et al. Preoperative paraspinal and psoas major muscle atrophy and paraspinal muscle fatty degeneration as factors influencing the results of surgical treatment of lumbar disc disease[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142(7): 1375-1384. DOI: 10.1007/s00402-021-03754-x.
- [4] Steele S, Lin F, Le TL, et al. Segmentation and linear measurement for body composition analysis using Slice-O-Matic and horos[J]. *J Vis Exp*, 2021(169): e61674. DOI: 10.3791/61674.
- [5] Jeon I, Kim SW, Yu D. Paraspinal muscle fatty degeneration as a predictor of progressive vertebral collapse in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Spine J*, 2022, 22(2): 313-320. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.07.020.
- [6] Xu W, Liu X, Wu L, et al. Fatty infiltration of multifidus muscles: an easily overlooked risk factor for the severity of osteoporotic vertebral fractures[J]. *Orthop Surg*, 2024, 16(3): 585-593. DOI: 10.1111/os.13990.
- [7] Han G, Zou D, Liu Z, et al. Fat infiltration of paraspinal muscles as an independent risk for bone nonunion after posterior lumbar interbody fusion[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 232. DOI: 10.1186/s12891-022-05178-z.
- [8] Ali R, Le Maitre CL, Richardson SM, et al. Connective tissue growth factor expression in human intervertebral disc: implications for angiogenesis in intervertebral disc degeneration[J]. *Bio-tech Histochem*, 2008, 83(5): 239-245. DOI: 10.1080/10520290802539186.
- [9] 胡兴律, 杨光, 王向阳, 等. 基于表面肌电图评估理筋手法治疗慢性非特异性下腰痛患者肌肉功能恢复情况的价值[J]. *临床医学研究与实践*, 2021, 6(25): 135-137. DOI: 10.19347/j.cnki.2096-1413.202125042.
- [10] Stevens S, Agten A, Timmermans A, et al. Unilateral changes of the multifidus in persons with lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Spine J*, 2020, 20(10): 1573-1585. DOI: 10.1016/j.spinee.2020.04.007.
- [11] Shahidi B, Parra CL, Berry DB, et al. Contribution of lumbar spine pathology and age to paraspinal muscle size and fatty infiltration[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(8): 616-623. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001848.
- [12] 张敏, 姜宏宁, 元唯安, 等. 腰椎间盘突出症与多裂肌退变相关性的定量影像学研究[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2019, 17(1): 13-15, 20.
- [13] Li Z, Chen J, Yang J, et al. Relationship between paraspinal muscle properties and bone mineral density based on QCT in patients with lumbar disc herniation[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2024, 25(1): 360. DOI: 10.1186/s12891-024-07484-0.
- [14] 王崇祥, 朱玉珍, 王辉, 等. 功能性相对椎旁肌横截面积对腰椎间盘突出症的诊断价值及与椎间盘退变的关系[J]. *保健医学研究与实践*, 2024, 21(3): 75-81.
- [15] Tian G, Wang Y, Xia J, et al. Correlation of multifidus degeneration with sex, age and side of herniation in patients with lumbar disc herniation[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 652. DOI: 10.1186/s12891-023-06783-2.
- [16] Zhao X, Liang H, Hua Z, et al. The morphological characteristics of paraspinal muscles in young patients with unilateral neurological symptoms of lumbar disc herniation[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 994. DOI: 10.1186/s12891-022-05968-5.
- [17] Gillon A, Nielsen K, Steel C, et al. Exercise attenuates age-associated changes in motoneuron number, nucleocytoplasmic transport proteins and neuromuscular health[J]. *Geroscience*, 2018, 40(2): 177-192. DOI: 10.1007/s11357-018-0020-4.
- [18] Mahan MA, Sanders LE, Guan J, et al. Anatomy of psoas muscle innervation: Cadaveric study[J]. *Clin Anat*, 2017, 30(4): 479-486. DOI: 10.1002/ca.22879.
- [19] Gueugneau M, Coudy-Gandilhon C, Theron L, et al. Skeletal muscle lipid content and oxidative activity in relation to muscle fiber type in aging and metabolic syndrome[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2015, 70(5): 566-576. DOI: 10.1093/gerona/glu086.
- [20] Goodpaster BH, Bergman BC, Brennan AM, et al. Intermuscular adipose tissue in metabolic disease[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2023, 19(5): 285-298. DOI: 10.1038/s41574-022-00784-2.
- [21] Pagano AF, Brioché T, Arc-Chagnaud C, et al. Short-term disuse promotes fatty acid infiltration into skeletal muscle[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2018, 9(2): 335-347. DOI: 10.1002/jcsm.12259.
- [22] Arbanas J, Pavlovic I, Marijancic V, et al. MRI features of the psoas major muscle in patients with low back pain[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(9): 1965-1971. DOI: 10.1007/s00586-013-2749-x.
- [23] Cruz RJ Jr, Dew MA, Myaskovsky L, et al. Objective radiologic assessment of body composition in patients with end-stage liver disease: going beyond the BMI[J]. *Transplantation*, 2013, 95(4): 617-622. DOI: 10.1097/TP.0b013e31827a0f27.

(收稿日期 2025-03-20)

(本文编辑: 甘慧敏)