

多裂肌萎缩和脂肪浸润是导致严重形变骨质疏松性椎体压缩骨折的危险因素

孙海波 李想 左维阳 张双江 陈萌萌 杨雍

【摘要】目的 通过MRI影像学参数,探讨多裂肌的退变与骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)的骨折形变严重程度的相关性。**方法** 2021年1月至2022年12月期间,共有156例OVCF患者纳入本研究,收集并分析临床和MRI影像学资料。根据德国骨创伤协会提出新的OF分型标准,我们将OF1型和OF2型定义为骨折轻微压缩组,将OF3-OF5型定义为骨折严重压缩组。采用单因素和多因素Logistic回归分析,探讨OVCF骨折形变严重程度的危险因素。**结果** 骨折轻微压缩组共纳入65例患者,骨折严重压缩组共纳入91例患者,两组患者的基线资料无统计学差异。单因素分析有统计学差异的指标为:两组多裂肌的相对横截面积(rCSA%)分别为 70.12 ± 7.99 和 67.45 ± 7.74 ($t=2.093$, $P<0.05$);两组多裂肌的相对有效功能面积(relative Effective Functional Area, rEFA%)分别为 42.03 ± 7.64 和 35.31 ± 8.16 ($t=5.202$, $P<0.05$);两组多裂肌的脂肪浸润程度(Degree of Fatty Infiltration, DFI%)分别为 52.26 ± 7.45 和 55.51 ± 7.28 , ($t=2.724$, $P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果提示,多裂肌的rEFA% [$P=0.000<0.05$, $OR=0.906$, 95% CI 为(0.863, 0.950)]和多裂肌的DFI% [$P<0.05$, $OR=1.055$, 95% CI (1.006, 1.107)]是导致严重形变的OVCF的独立影响因素。**结论** 多裂肌的肌纤维的萎缩和脂肪浸润,是肌肉退变和功能障碍的重要特征,也是导致严重形变的OVCF独立影响因素。规律的多裂肌运动方案,可以有效地减缓多裂肌的退变,从而降低发生严重形变的OVCF的可能性。

【关键词】 骨质疏松性椎体压缩骨折; 骨折形变; 多裂肌退变; 脂肪浸润

Multifidus atrophy and fat infiltration are risk factors for severe deformation of osteoporotic vertebral compression fracture Sun Haibo, Li Xiang, Zuo Weiyang, Zhang Shuangjiang, Chen Mengmeng, Yang Yong. Department of Orthopedics, Beijing Friendship Hospital Capital Medical University, Beijing 100050, China

Corresponding author: Yang Yong, Email: spineyang@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the association between the degeneration of the multifidus muscle and the severe deformation of osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) utilizing magnetic resonance imaging (MRI) parameters. **Methods** From January 2021 to December 2022, a total of 156 OVCF patients were selected and included in this study. Clinical and MRI imaging data were collected and analyzed. The German Orthopedic Trauma Association had proposed a new classification standard for OVCF, and we defined OF1 and OF2 as the slightly compressed group, and OF3-OF5 as the severely compressed group. Univariate and multivariate logistic regression analysis were employed to identify risk factors predictive of OVCF severity. **Results** The study divided participants into slightly compressed (65 patients) and severely compressed groups (91 patients), finding no significant differences in baseline characteristics between them. Statistically significant differences identified through univariate analysis included relative Cross-Sectional Area (rCSA%) of the multifidus muscle (70.12 ± 7.99 vs. 67.45 ± 7.74 , $t=2.093$, $P=0.038$); relative Effective Functional Area (rEFA%) of the multifidus muscles (42.03 ± 7.64 vs. 35.31 ± 8.16 , $t=5.202$, $P<0.001$); and Degree of Fatty Infiltration (DFI%) of the multifidus muscle (52.26 ± 7.45 vs. 55.51 ± 7.28 , $t=2.724$, $P=0.007$). Multivariate logistic regression analysis revealed that rEFA% ($P<0.001$, $OR=0.906$, 95% CI [0.863, 0.950]) and

DFI% ($P=0.029$, $OR=1.055$, 95% CI [1.006, 1.107]) of the multifidus muscle served as independent predictors for the severe deformation of OVCF. **Conclusions** Atrophy and fat infiltration of the multifidus muscle were important feature for degeneration and dysfunction, serving as independent influencing factors for the severity of OVCF. A regular multifidus muscle exercise regimen can effectively slow down the degeneration of multifidus muscles, thereby reducing the likelihood of severe OVCF.

【Key words】 Osteoporotic vertebral compression fracture; Fracture deformation; Degeneration of multifidus muscle; Fat infiltration

骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)既是骨质疏松症最常见的并发症,又是脆性骨折最常见的好发部位^[1,2]。主要表现为椎体骨皮质的断裂和椎体松质骨的压缩坍塌,会引起剧烈的腰背部疼痛和后凸畸形,后凸畸形导致身体重心前移,脊柱矢状面的力线失衡,增加再骨折的发生率,严重影响患者的生活质量,具有较高的致残率和致死率,OVCFs患者骨折后1年的死亡率高于普通人群,4年生存率仅为50%^[3]。

腰椎周围肌群主要包括前方的腰大肌,后方的浅层的竖脊肌和后方深层的多裂肌,这些肌群在维持脊柱的正常结构、力线和功能方面,起着不可或缺的作用。近期越来越多的研究表明,腰椎周围的肌群的退变与腰椎退变性疾病的进展存在密切关系^[4-6]。但是,腰椎周围的肌群的退变是否增加OVCF骨折形变的严重程度却鲜有报道,且尚无定论。因此,本次研究目的在于探讨腰椎周围肌群退变程度与OVCF严重等级的关系,对不同肌群进行亚组分析,并且应用德国骨科创伤协会提出新的OF分型标准,对骨折严重程度进行更加科学的评估。现将结果汇报如下:

资料与方法

一、研究人群

本研究是一项单中心回顾性队列研究,选取自2021年1月至2022年12月期间,所有因OVCF就诊于我院的患者为研究对象,采取连续纳入的方法收集患者的数据,流程图见图1。该研究获得了我院医学伦理委员会的批准,所有患者均自愿参与本研究,并签署知情同意书(批号:2021-P2-065-01)。

纳入标准:①由低暴力损伤引发的脊柱脆性骨折,即平地跌倒所引发的OVCF;②急性OVCF,即受伤时间 ≤ 3 周;③单节段的OVCF诊断明确,即术前脊柱MRI检查提示发生骨折的椎体在T1加权像

呈低信号,在T2加权像和抑脂像呈高信号;④患者VAS疼痛评分 ≥ 7 分;⑤患者的数据完整。

排除标准:①由高暴力所致的非脆性骨折,如车祸伤、高处坠落伤等;②存在脊柱手术史的患者,包括椎体成形术、脊柱内镜手术、脊柱内固定或融合手术等,排除非退变因素对腰部肌群的干扰。③病理性骨折,由结核、布病、肿瘤等导致;④患有精神类疾病,难以对手术的有效性和安全性做出确切评价。

二、分组依据

根据德国骨科创伤协会提出新的OF分型标准,即以OVCF骨折典型形态和生物力学稳定性的OF分型^[7]。该分型不仅能更好地鉴别OVCF的骨折形态,而且对治疗具有指导性意义,便于临床的使用和开展。具体如下:OF1:椎体无形变,仅MRI压脂像可见骨水肿;OF2:轻微变形,仅累及一侧终板且后壁受累 $< 1/5$;OF3:明显变形,仅累及一侧终板且后壁受累 $> 1/5$;OF4:椎体完整性丧失或椎体塌陷或钳夹骨折;OF5:旋转或分离骨折。OF1型和OF2型建议保守治疗;OF3型可根据患者自身情况,选择手术或保守治疗;OF4型和OF5型则建议手术治疗。根据OF分型的建议,我们将OF1型和OF2型定义为骨折轻微压缩组,将OF3-OF5型定义为骨折严重压缩组。

三、评价指标

(一)临床评价指标

详细记录两组患者的性别、年龄、是否合并高血压、糖尿病、腰椎平均骨密度T值和腰部视觉疼痛模拟评分(visual analog scales, VAS)。采用VAS评分进行骨折后的腰背部疼痛评分,该表分值为0~10分,0分为无痛、1~3分为轻度疼痛、4~6分为中度疼痛、7~10分为重度疼痛。

(二)影像学评价指标

腰椎骨密度(bone mineral density, BMD)通过双能X线吸收仪(dualenergy X ray, DXA)扫描评估骨密度,该扫描覆盖了股骨区域和腰椎(L₁~L₄),本

实验主要采用腰椎平均骨密度T值作为研究对象。骨折椎体的压缩等级,通过胸腰椎MRI平扫进行测量,并根据骨折椎体的压缩等级进行OF分型和分组。

腰部各个肌群(腰大肌、竖脊肌、多裂肌)的退变参数,提取L₄/L₅椎间盘(intervertebral disk, IVD)水平T2加权项的横断位图像,导入Image J(1.53版本)

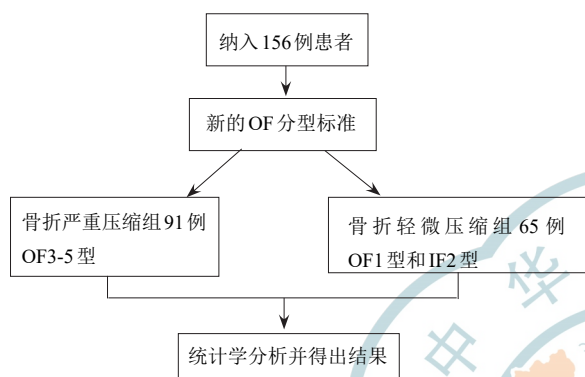


图1 实验流程图

进行后处理,得到椎旁各肌群的相对横截面积(relative Cross-Sectional Area, rCSA%)、相对有效功能面积(relative Effective Functional Area, rEFA%)和脂肪浸润程度(Degree of Fatty Infiltration, DFI%)。具

体步骤如下:①使用Image J软件手动勾画腰大肌、竖脊肌、多裂肌和IVD的绝对面积;②调整函数阈值,鉴别并选择上述肌群脂肪浸润的绝对面积;③计算椎旁各肌群的 $rCSA\% = (\text{腰大肌}/\text{竖脊肌}/\text{多裂肌的绝对面积}) \div \text{IVD的绝对面积} \times 100\%$ 、 $rEFA\% = (\text{腰大肌}/\text{竖脊肌}/\text{多裂肌的绝对面积}) - (\text{腰大肌}/\text{竖脊肌}/\text{多裂肌的脂肪浸润的绝对面积}) \div \text{IVD的绝对面积} \times 100\%$ 和 $DFI\% = (\text{腰大肌}/\text{竖脊肌}/\text{多裂肌的脂肪浸润的绝对面积}) \div \text{腰大肌}/\text{竖脊肌}/\text{多裂肌的绝对面积} \times 100\%$ 。具体的参数计算方法如图2~9所示。

四、统计学方法

本研究采用SPSS 25.0(IBM, USA)统计软件进行分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,计数资料采用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用卡方检验。两组存在统计学差异的相关因素,进行多因素二分类的Logistic回归分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

本研究共纳入156例患者,其中骨折轻微压缩组65例,骨折严重压缩组91例,两组患者的性别构

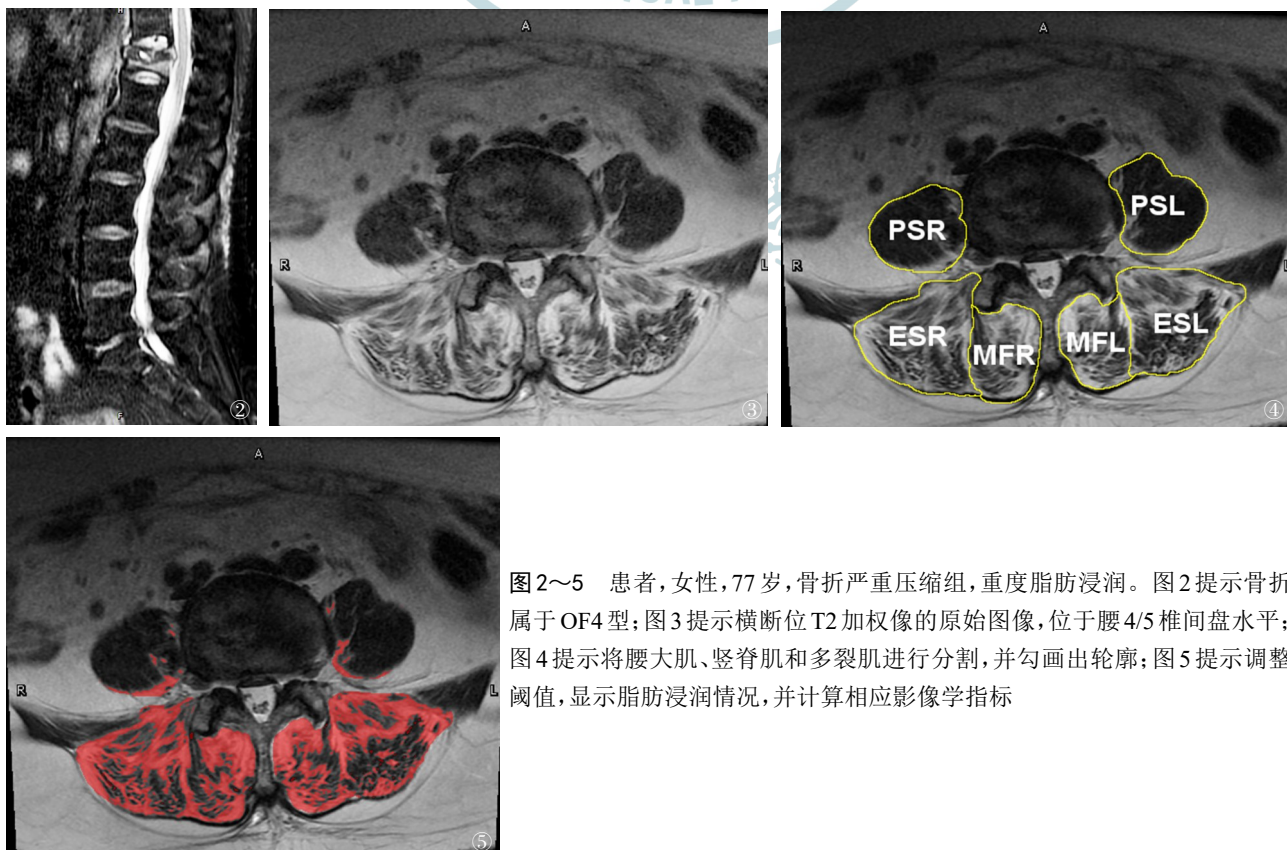


图2~5 患者,女性,77岁,骨折严重压缩组,重度脂肪浸润。图2提示骨折属于OF4型;图3提示横断位T2加权像的原始图像,位于腰4/5椎间盘水平;图4提示将腰大肌、竖脊肌和多裂肌进行分割,并勾画出轮廓;图5提示调整阈值,显示脂肪浸润情况,并计算相应影像学指标

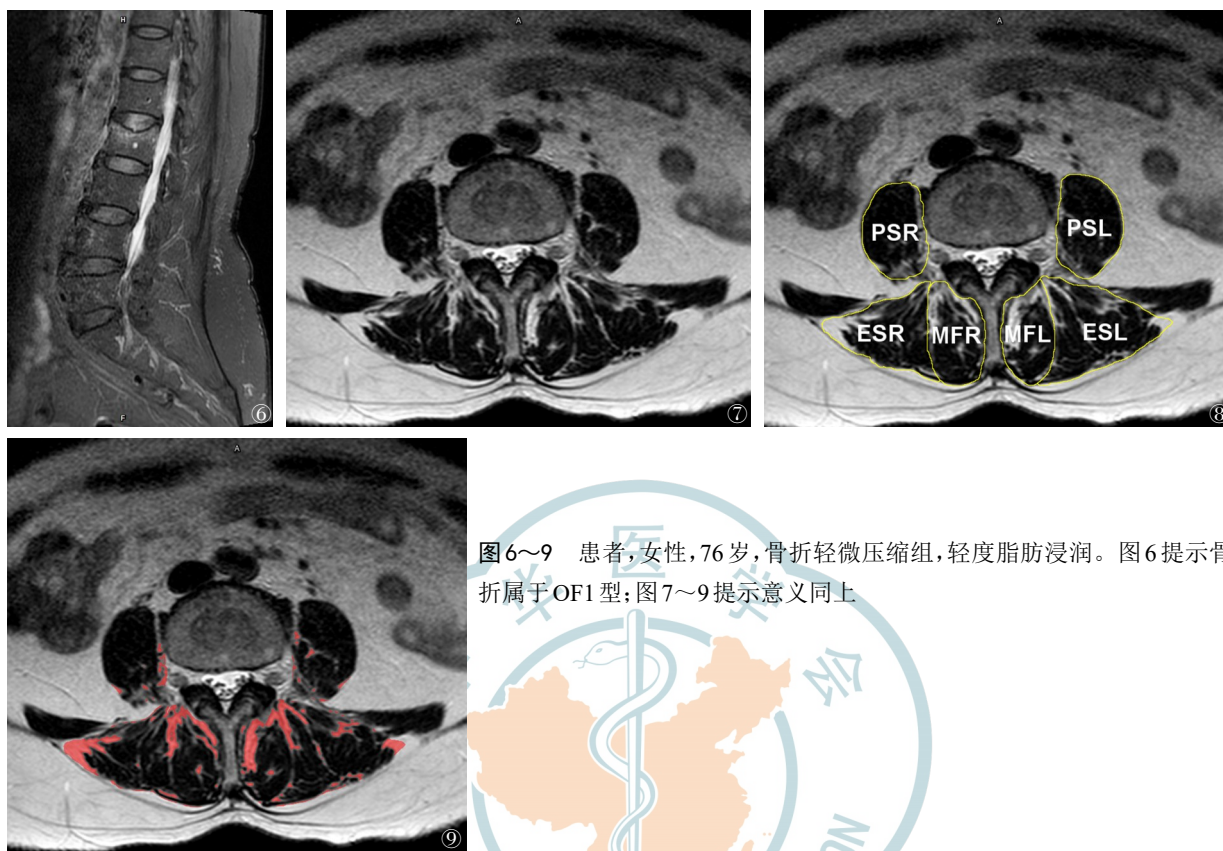


图6~9 患者,女性,76岁,骨折轻微压缩组,轻度脂肪浸润。图6提示骨折属于OF1型;图7~9提示意义同上

成比(男/女)分别为17/48、14/77,年龄分别为 (73.91 ± 7.89) 岁、 (75.12 ± 8.31) 岁,患有高血压人数分别为11、12人,患有糖尿病的人数分别为7、12人,BMD分别为: -2.83 ± 1.07 、 -2.84 ± 1.22 ,术前VAS评分分别为: (8.54 ± 1.11) 分、 (8.26 ± 1.08) 分,基线资料无统计学差异。

在腰椎MRI影像学指标的测量中,未发现统计学差异的指标如下:两组腰大肌的rCSA%分别为: 70.60 ± 11.90 、 71.11 ± 12.12 ,腰大肌的rEFA%分别为: 65.65 ± 11.87 、 66.23 ± 12.06 ,腰大肌的DFI%分别为: 23.68 ± 4.01 、 23.58 ± 3.75 ,竖脊肌的rCSA%分别为: 117.95 ± 18.31 、 116.30 ± 17.82 ,竖脊肌的rEFA%分别为: 84.60 ± 18.08 、 83.21 ± 18.37 ,竖脊肌的DFI%分别为: 47.25 ± 6.94 、 49.14 ± 7.18 。具有统计学差异的指标如下,两组多裂肌的rCSA%分别为 70.12 ± 7.99 和 67.45 ± 7.74 ($t=2.093$, $P<0.05$);两组多裂肌的rEFA%分别为 42.03 ± 7.64 和 35.31 ± 8.16 ($t=5.202$, $P<0.05$);两组多裂肌的DFI%分别为 52.26 ± 7.45 和 55.51 ± 7.28 ($t=2.724$, $P<0.05$),详见表1。

多因素logistic回归分析结果详见表2。多裂肌的rEFA% [$P<0.05$, $OR=0.906$, 95% CI 为 $(0.863, 0.950)$]和多裂肌的DFI% [$P<0.05$, $OR=1.055$, 95%

CI 为 $(1.006, 1.107)$]是发生严重形变OVCF的独立影响因素。

讨 论

一、本研究主要创新点

首先,采用OF分型方法对OVCF的骨折压缩等级进行更加精确的评估。目前涉及椎旁肌群退变与OVCF相关性的研究,多采用Genant半定量分级系统^[9]。该方法已被证明是一种有价值的OVCF诊断和预后工具,并得到广泛应用。但该方法亦有局限性,比如对范围较小的骨折敏感性差,对于椎体高度损失的评估主观性高,且未对神经损伤程度进行分级^[10]。因此,本研究采用德国骨创伤协会提出的OF分型方法,该方法以OVCF骨折的典型形态和生物力学稳定性为基础,可更加准确和科学的评估骨折压缩程度,使得实验结果更加准确。

其次,对MRI图像进行分析,提高测量的可靠性。正常椎旁肌群的结构和功能,对维持脊柱失位平衡和整体稳定性起着非常重要的作用。多裂肌和竖脊肌是均位于脊柱后方的肌群。竖脊肌包括髂肋肌、最长肌和棘肌,是一组沿着脊柱延伸的浅层肌

表1 两组骨质疏松性椎体压缩骨折患者资料的单因素分析

一般资料和观察指标	骨折轻微压缩组	骨折严重压缩组	t/χ^2 值	P 值
样本例数	65	91		
性别				
男	17(10.89%)	14(8.97%)	2.762	0.097
女	48(30.76%)	77(49.36%)		
年龄(岁)	73.91±7.89	75.12±8.31	0.918	0.360
高血压				
是	11(7.05%)	12(7.69%)	0.421	0.516
否	54(34.61%)	79(50.64%)		
糖尿病				
是	7(4.48%)	12(7.69%)	0.207	0.649
否	58(37.17%)	79(50.64%)		
腰椎骨密度	-2.83±1.07	-2.84±1.22	0.061	0.951
VAS 评分	8.54±1.11	8.26±1.08	1.540	0.126
腰大肌的 rCSA%	70.60±11.90	71.11±12.12	0.263	0.793
腰大肌的 rEFA%	65.65±11.87	66.23±12.06	0.234	0.815
腰大肌的 DFI%	23.68±4.01	23.58±3.75	0.169	0.866
竖脊肌的 rCSA%	117.95±18.31	116.30±17.82	0.566	0.572
竖脊肌的 rEFA%	84.60±18.08	83.21±18.37	0.468	0.640
竖脊肌的 DFI%	47.25±6.94	49.14±7.18	1.641	0.103
多裂肌的 rCSA%	70.12±7.99	67.45±7.74	2.093	0.038a
多裂肌的 rEFA%	42.03±7.64	35.31±8.16	5.202	0.000a
多裂肌的 DFI%	52.26±7.45	55.51±7.28	2.724	0.007a

注: rCS: 相对横截面积(relative Cross-Sectional Area); EFA: 相对有效功能面积(relative Effective Functional Area); DFI: 脂肪浸润程度(Degree of Fatty Infiltration); a: Independent Samples Test, $P < 0.05$; b: Chi-Square Tests, $P < 0.05$

表2 两组骨质疏松性椎体压缩骨折患者资料的多因素 logistic 回归分析

入选变量	回归系数	标准误	Wald 值	P 值	OR 值	95% CI
多裂肌的 rCSA%	-0.006	0.024	0.062	0.803	0.994	0.948, 1.043
多裂肌的 rEFA%	-0.099	0.024	16.496	0.000a	0.906	0.863, 0.950
多裂肌的 DFI%	0.054	0.025	4.790	0.029a	1.055	1.006, 1.107

注: rCS: 相对横截面积(relative Cross-Sectional Area); EFA: 相对有效功能面积(relative Effective Functional Area); DFI: 脂肪浸润程度(Degree of Fatty Infiltration); a: Multivariate logistic analysis, $a < 0.05$

肉,主要功能是参与腰背部的大幅度运动。多裂肌是脊柱后方深层的肌肉,是由一系列筋膜分隔开的小肌肉单元的总称,从骶骨向上延伸,紧贴在脊椎骨骼两旁,双侧呈对称分布。主要负责静息状态下脊柱的稳定和协助脊柱的细微动作,主要作用是姿势的维持和进行脊椎的旋转动作^[11]。因此,本研究主要对上述脊旁关键肌肉的 MRI 图像进行后处理和测量,可清晰辨别肌肉轮廓和脂肪浸润程度,提高测量的可靠性。

再次,选题新颖、评价指标客观。多裂肌在腰骶部逐渐增大,在维持腰椎的生理曲度,和预防慢性腰背痛起着关键作用^[12]。既往有研究表明多裂肌的退变与多种腰椎疾病相关,如:腰椎间盘突出^[13]、腰椎管狭窄^[14]、退变性脊柱侧弯^[15]、腰椎滑脱^[16]等。但关于 OVCF 的骨折压缩等级与多裂肌的退变相关性的研究,却鲜有报道且尚无定论。

目前评估椎旁肌的常用指标是肌肉的横截面积(Cross-Sectional Area, CSA)和脂肪浸润面积(Fat-

Infiltration Area, FIA), CSA 减小提示椎旁肌萎缩, FIA 增加提示脂肪浸润加重。但是, CSA 和 FIA 都是绝对数值, 会受到多种因素影响, 比如人种、体重指数、测量层面、作图方法等影响。所以本研究均采用相对指标进行分析, 结论更加可靠。

二、本研究的主要临床意义

先前研究表明, 单发 OVCF 和多发 OVCF 患者的椎旁肌肉数量及质量, 均较无椎体骨折的骨质疏松症患者下降, 但前两者比较无统计学差异, 表明椎旁肌退变可能是 OVCF 的潜在危险因素。

本研究进一步证实了为 OVCF 骨折压缩的严重等级与多裂肌退变的严重程度相关, 表现为 OVCF 的骨折形变严重程度与 rCSA% 和 rEFA% 呈负相关, 与 DFI% 呈正相关, 但与竖脊肌和腰大肌的相关影像学参数无关。因此, 准确评估多裂肌退变程度, 可以为严重形变的 OVCF 的预防和康复, 提供了有价值的理论依据。

椎旁肌群的退变主要包括肌纤维的萎缩和脂肪浸润。本研究结果提示多裂肌的 rCSA% 与严重形变的 OVCF 发生率呈负相关, 表明随着年龄的增长, 多裂肌的肌纤维也不断地萎缩, 直接后果使得多裂肌的肌力和肌张力的减弱, 导致脊柱前方负荷增加, 从而加重 OVCF 的风险^[17]。

椎旁肌群的脂肪浸润表示正常肌肉组织被脂肪组织所取代, 脂肪细胞的积累增加了促炎细胞因子的分泌, 增强肌蛋白的分解代谢, 减少肌原纤维的合成, 最终导致肌肉组织的退变和功能的下降, 是肌肉退变的重要机制^[18]。本研究结果亦表明严重形变的 OVCF 的发病率与多裂肌的 rEFA% 呈负相关, 与 DFI% 呈正相关。肌肉组织脂肪浸润越严重, 发挥正常功能的肌纤维的比例就越低, 导致静态肌张力下降, 脊柱稳定性受损, 导致严重形变的 OVCF 的发生。多因素 Logistic 回归分析的结果提示多裂肌的 rEFA% 和 DFI% 是发生严重形变的 OVCF 的独立影响因素, 说明在多裂肌退变的因素中, 脂肪浸润或许对肌肉功能的损伤更大, 且不受骨密度 T 值的影响^[19]。

幸运的是, 腰背肌训练可有效减轻多裂肌萎缩和脂肪浸润, 改善肌源性腰痛, 减少相关腰部疾患的发病率^[20], 有氧运动(如步行、慢跑和骑自行车)单独或结合阻力运动(如使用健身器材进行力量训练)可有效地降低脂肪浸润的程度^[21]。通过 12 周的阻力训练会使脂肪浸润得到好转, 改善肌肉功能, 特别是在老年人群中。因此, 在多裂肌出现高度脂肪浸润

的老年患者中, 实施规律有效的运动方案, 在预防严重 OCVF 方面是非常必要的。

本研究探讨了椎旁肌群与 OVCF 严重程度之间的相关性, 为严重形变的 OVCF 的预防和干预提供了理论依据。本研究也有一定的局限性。首先, 本研究是一项单中心、小样本的回顾性队列研究, 缺乏长期随访数据, 可能会导致一定的偏移。其次, 我们仅对 L_{4/5} 椎间盘水平的椎旁肌群进行了分析, 尽管这一方法已经被广泛采用, 但其是否可以代表整体椎旁肌群的功能, 还值得商讨。

综上所述, 多裂肌的肌纤维的萎缩和脂肪浸润, 是肌肉退变和功能障碍的重要特征, 也是导致严重形变的 OVCF 独立影响因素。规律的多裂肌运动方案, 可以有效地减缓多裂肌的退变, 从而降低发生严重形变的 OVCF 的可能性。

参 考 文 献

- 1 原发性骨质疏松症诊疗指南(2022) [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2022, 15(06): 573-611.
- 2 Compston JE, McClung MR, Leslie WD. Osteoporosis [J]. Lancet, 2019, 393(10169): 364-376.
- 3 祝腾蛟(综述), 田耘, 周方(审校). 骨质疏松性椎体压缩骨折微创治疗的现状和进展 [J]. 中国微创外科杂志, 2015 (12): 1121-1124, 1128.
- 4 郭旭朝, 张旭, 丁文元, 等. 退变性腰椎不稳椎旁肌退变的影像学研究 [J]. 中华外科杂志, 2014, 52(8): 571-575.
- 5 He JB, Wu TK, Ding C, et al. The fatty infiltration into cervical paraspinal muscle as a predictor of postoperative outcomes: A controlled study based on hybrid surgery [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2023, 14: 1128810.
- 6 Jeon I, Kim SW, Yu DW. Paraspinal muscle fatty degeneration as a predictor of progressive vertebral collapse in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Spine J, 2022, 22(2): 313-320.
- 7 Schnake KJ, Blattner TR, Hahn P, et al. Classification of osteoporotic thoracolumbar spine fractures: recommendations of the spine section of the German society for orthopaedics and trauma (DGOU) [J]. Global Spine J, 2018, 8(2 Suppl): 46S-49S.
- 8 Xu WY, Liu XW, 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.
- 9 Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, et al. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique [J]. Journal of Bone and Mineral Research, 1993, 8(9): 1137-1148.
- 10 Huang W, Cai XH, Li YR, et al. The association between paraspinal muscle degeneration and osteoporotic vertebral compression fracture severity in postmenopausal women [J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2023, 36(2): 323-329.
- 11 杨莹, 宋萌晨, 拾一方, 等. 椎旁肌退变在峡部裂性腰椎滑脱与退变性腰椎滑脱的比较 [J]. 中华实验外科杂志, 2023, 40(12): 2631-2634.

- 12 Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review [J]. *PM R*, 2010, 2(2): 142-146; quiz 1 p following 167.
- 13 Chen XL, Cui P, Li YJ, et al. Links among MRI features in paraspinal muscles, inflammatory processes, and related back pain in patients with lumbar disc herniation [J]. *JOR Spine*, 2024, 7(1): e1310.
- 14 丁一, 海涌, 杨晋才, 等. 经皮内窥镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术治疗单节段腰椎管狭窄症对多裂肌的影响 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019, 29(9): 822-827.
- 15 田振, 李劼, 刘昌伟, 等. 椎旁肌退变及术后 Roussouly 分型恢复对女性退变性脊柱侧凸患者术后力学并发症的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2024, 104(13): 1028-1035.
- 16 Li C, Wang LL, Wang Z, et al. Radiological changes of paraspinal muscles: a comparative study of patients with isthmic spondylolisthesis, patients with degenerative lumbar spondylolisthesis, and healthy subjects [J]. *J Pain Res*, 2022, 15: 3563-3573.
- 17 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.
- 18 Kirk B, Feehan J, Lombardi G, et al. Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines [J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2020, 18(4): 388-400.
- 19 Lee DG, Bae JH. Fatty infiltration of the multifidus muscle independently increases osteoporotic vertebral compression fracture risk [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 508.
- 20 Schönnagel L, Zhu JQ, Guven AE, et al. Understanding the interplay between paraspinal muscle atrophy and lumbar endplate degeneration: a 3-Year longitudinal study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2023, 48(23): 1627-1634.
- 21 Tuñón-Suárez M, Reyes-Ponce A, Godoy-Órdenes R, et al. Exercise training to decrease ectopic intermuscular adipose tissue in individuals with chronic diseases: a systematic review and Meta-Analysis [J]. *Phys Ther*, 2021, 101(10): pzab162.

(收稿日期: 2024-03-08)

(本文编辑: 吕红芝)

孙海波, 李想, 左维阳, 等. 多裂肌萎缩和脂肪浸润是导致严重形变骨质疏松性椎体压缩骨折的危险因素[J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2024, 10(3): 146-152.

