

论 著

绝经后女性急性骨质疏松性骨折与腰部椎旁肌肉CT定量的相关性*

李雨蒙 朱文玲 谢智雯
陈新蕾 赵倩 李绍东
张秀莉*徐州医科大学附属医院影像科
(江苏 徐州 221000)

【摘要】目的 采用CT定量测量绝经后女性腰部椎旁肌肉脂肪浸润程度并探讨其与急性骨质疏松性椎体骨折(OVF)发生的相关性。方法 回顾性分析绝经后女性中85例急性OVF及同期94例无OVF的骨质疏松患者(对照组)的临床资料及CT定量测量资料。采用组内相关性检验(ICC检验)分别评估2名影像医师对椎旁肌相关参数测量的一致性,采用 χ^2 检验、t检验及Logistic回归分析急性OVF与椎旁肌的相关性,采用受试者工作特征(ROC)曲线分析各独立影响因素预测绝经后女性急性骨质疏松性压缩性骨折的效能。结果 (1)2名影像医师对椎旁肌定量测量数据(ICC均>0.875)具有较高一致性。(2)两组患者的年龄、L1椎体最大矢状径、横截面积(CSA_{L1/2})、相对横截面积(rCSA_{T12/L1}、L1/2、L4/5、L5/S1)、脂肪浸润程度(FI_{T12/L1}、L1/2、L4/5、L5/S1)差异有统计学意义(P均<0.05)。(3)二元多因素Logistic回归分析结果显示rCSA_{L1/2}、FI_{T12/L1}是OVF的独立影响因素(P均<0.05)。(4)rCSA_{L1/2}、FI_{T12/L1}受试者工作特征曲线(ROC)的曲线下面积(AUC)分别为0.823、0.852。结论 rCSA_{L1/2}是OVF的独立保护因素,FI_{T12/L1}是OVF的独立危险因素。

【关键词】骨质疏松性椎体骨折;椎旁肌;脂肪浸润

【中图分类号】R543.1+4

【文献标识码】A

【基金项目】国家自然科学基金面上项目
(82271980)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.01.046

Correlation between CT Measurement Parameters of Lumbar Paravertebral Muscles in Postmenopausal Acute Osteoporotic Spinal Compression Fractures*

LI Yu-meng, ZHU Wen-ling, XIE Zhi-wen, CHEN Xin-lei, ZHAO Qian, LI Shao-dong, ZHANG Xiu-li*.
Department of Radiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To measure the parameters of lumbar paravertebral muscle degeneration in postmenopausal women acute osteoporotic spinal compression fractures and to explore their correlation with osteoporotic vertebral fractures. **Methods** The clinical baseline data and CT quantitative measurement data of postmenopausal 84 patients with OVF and 86 patients without OVF (control group) were analyzed retrospectively. Intraclass correlation coefficient (ICC) was used to evaluate the consistency of the parameters of lumbar paravertebral muscle by two radiologists. χ^2 test, independent sample t test, and Logistic regression analysis were used to analyze the relationship between acute OVF and lumbar paravertebral muscle. The receiver operating characteristic(ROC) curve was used to analyze the independent influencing factors and predict the efficacy of postmenopausal women acute osteoporotic spinal compression fractures. **Results** (1)Two radiologists had high consistency in the measurement of CT quantitative measurement data (ICC > 0.875).(2)There were significant differences between age, the largest coronary and sagittal diameter of L1 vertebral body, CSA_{L1/2}, rCSA_{T12/L1}, L1/2, L4/5, L5/S1, FI_{T12/L1}, L1/2, L4/5, L5/S1 (P<0.05).(3)Binary multivariate logistic regression analysis showed rCSA_{L1/2}, FI_{T12/L1} were independent influencing factors of OVF.(4)The area under the curve of rCSA_{L1/2} and FI_{T12/L1} were 0.823、0.852. **Conclusion** rCSA_{L1/2} is an independent protective factor for OVF, while FI_{T12/L1} are independent risk factors for OVF.

Keywords: Osteoporotic Vertebral Fractures; Lumbar Paravertebral Muscle; Fat Infiltration

随着全球人口老龄化程度的加剧,骨质疏松症发病率逐年上升,对越来越多的人构成威胁^[1],尤其是绝经后女性,由于雌激素对骨小梁的影响,且骨质流失主要发生在脊柱处,脊柱骨质疏松性骨折绝经后女性较男性更为常见^[2]。腰椎骨折是最常见的骨质疏松性骨折,因此常被用作骨质疏松症预防和治疗的研究对象^[3]。双能X射线吸收法测量的骨密度(bone mineral density, BMD)可以预测骨折风险,但缺乏特异性和敏感性^[4]。非骨骼因素也会影响骨折风险,椎旁肌是维持脊柱稳定性的重要组织结构,研究表明椎旁肌肉量减少、脂肪浸润程度增加与多种腰椎疾病的发生密切相关^[5-8],椎旁肌肉的横截面积(cross-section area, CSA)和脂肪浸润百分比(fat infiltration percentage, FI)与脊柱稳定性相关^[9]。Zhi-Jun Hu等^[10]已证实利用CT扫描方式和统一计算方法进行椎旁肌肉评估研究是可靠的。已有不少文献利用CT探究椎旁肌的变化与腰痛及脊柱退行性改变的相关性。而目前,有关于使用CT扫描评估椎旁肌退变与骨质疏松性骨折关系的相关文献较少,故本文重点运用CT检查技术定量评估椎旁肌的相关参数,研究其与急性OVF的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2021年2月至2022年6月于徐州医科大学附属医院就诊,临床医师依据患者临床症状、骨密度测量结果及影像学检查确诊绝经后女性急性OVF患者。

纳入标准: 选取因临床需求入我院行CT及MRI腰椎平扫检查的绝经后女性患者且各项临床资料完备, MRI T₂加权图像上压缩椎体呈高信号,表明为新鲜压缩性骨折。**排除标准:** 全身恶性肿瘤、病理性椎体骨折、严重外伤所致椎体骨折、脊柱感染性病变、腰椎术后、患有全身系统性疾病或长期服用糖皮质激素等药物患者。并收集同期入院检查的无骨折的骨质疏松患者94例作为对照组。最终共收集179例,所有纳入者经骨密度测量,均诊断为骨质疏松症患者(T评分≤-2.5),OVF组T评分范围-2.5~-4.3,中位数-2.75,对照组T评分范围-2.5~-4.1,中位数-2.65,两组年龄70~80岁,平均(73.51±4.27)岁,体重指数(BMI)14.57~34.05kg/m²,平均(23.50±3.51)kg/m²。

将受试者CT图像导入GE AW server 3.2后处理工作站,利用工作站软件在CT椎体平扫横截面上分别测量、计算双侧T12/L1、L1/2、L4/5、L5/S1椎间盘水平椎旁肌的最大冠矢状径、横截面积(CSA),相对CSA(relative cross-section area, rCSA)和脂肪浸润程度(FI),椎旁肌的最大冠矢状径取两侧平均值,CSA, rCSA和FI取其之和。本研究采用邓红平等^[11]所述方法测量椎旁肌的最大冠矢状径(图1)。CSA: 沿着双侧的椎旁肌的边缘勾画出ROI(尽量避免超过椎旁肌的外缘),软件自动得出双侧椎旁肌横截面积并相加(图2)。rCSA: CSA除以邻近椎体上下缘面积均值。FI: 勾画出感兴趣区后,利用软件设定CT值阈值测量脂肪面积,脂肪组织阈值设置为-190~-30Hu,得到椎旁肌脂肪面积, FI=椎旁肌脂肪面积/CSA×100%。以上数值均由两名影像医师进行独立测量计算,最终

【第一作者】李雨蒙,女,硕士研究生在读,主要研究方向:骨肌系统相关疾病的影像诊断。E-mail: 1156826606@qq.com

【通讯作者】张秀莉,女,副主任医师,主要研究方向:骨肌系统相关疾病的影像诊断。E-mail: 2455478571@qq.com

以两者测量结果的平均值作为最终值。
1.2 统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行统计分析，计量资料符合正态分布的资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用t检验；计数资料组间比较采用 χ^2 检验；两名测量者结果间信度分析采用组内相关系数(ICC)，ICC>0.75表示信度良好；Logistic回归分析OVF的独立影响因素；使用MedCalc软件绘制受试者工作特征(ROC)曲线，分析各个独立影响因素预测OVF的诊断效能。结果以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者临床资料及CT定量测量对比 本研究共纳入OVF组患者85例，对照组94例，OVF组FI_{T12/L1}、L1/2、L4/5、L5/S1显著高于对照组，而OVF组患者L1椎体最大冠状径、CSA_{L1/2}、rCSA_{T12/L1}、L1/2、L4/5、L5/S1均低于对照组，且组间差异均有统计学意义(P<0.05)(表1)。

表1 两组纳入者基线资料及CT定量测量分析指标

指标	OVF组(n=85)	对照组(n=94)	统计值	P值
年龄(岁)	73.71±4.32	73.27±5.32	2.52	0.01
BMI(kg/m ²)	23.10±3.24	23.81±3.71	-1.36	0.177
最大冠状径(cm)				
L1	7.54±0.75	7.82±0.76	-2.520	0.013
L5	5.117±0.71	5.10±0.70	0.546	0.586
最大矢状径(cm)				
L1	2.53±0.71	3.03±0.60	-4.656	<0.01
L5	3.34±0.72	3.34±0.53	0.477	0.634
CSA(cm ²)				
T12/L1	28.83±7.71	31.10±8.52	-1.867	0.064
L1/2	34.09±8.26	37.13±9.92	-2.220	0.028
L4/5	33.93±8.10	35.41±9.24	-1.132	0.259
L5/S1	22.56±5.53	22.68±6.06	-0.139	0.889
rCSA				
T12/L1	2.38±0.64	3.08±0.56	-7.919	<0.01
L1/2	2.82±0.73	3.68±0.62	-8.496	<0.01
L4/5	2.45±0.70	2.95±0.66	-4.984	<0.01
L5/S1	1.62±0.44	1.90±0.46	-4.269	<0.01
FI(%)				
T12/L1	17.81±11.77	7.41±4.41	7.667	<0.01
L1/2	17.93±11.05	8.08±5.35	7.460	<0.01
L4/5	35.77±12.88	24.92±8.57	6.511	<0.01
L5/S1	39.49±13.52	27.63±10.35	6.523	<0.01

2.2 两名影像医师测量结果一致性比较 本研究结果显示两名影像医师测量的CT定量测量指标间的信度良好，ICC均>0.875(表2)。
2.3 年龄及CT定量指标多因素Logistic回归分析 将以上统计学分析有意义结果纳入二元多因素Logistic回归分析，结果显示rCSA_{L1/2}、FI_{T12/L1}是OVF的独立影响因素(P均<0.05)，其中rCSA_{L1/2}是OVF的独立保护因素(OR=7.779，95%CI：1.277~47.402)，FI_{T12/L1}是OVF的独立危险因素(OR=0.841，95%CI：0.714~0.990)(P均<0.05)(表3)。

2.4 L1椎体下缘rCSA 及L1椎体上缘FI预测效能分析 ROC曲线(图3)结果显示，rCSA_{L1/2}及FI_{T12/L1}曲线下面积分别为0.823、0.852(P均<0.05)(表4)，表明rCSA_{L1/2}是OVF的独立保护因素，FI_{T12/L1}是OVF的独立危险因素。

表2 两名CT定量测量者所测结果重复性检验

指标	测量者1	测量者2	ICC(95% CI)
最大冠状径(cm)			
L1	7.64±0.78	7.73±0.81	0.924(0.898~0.944)
L5	5.07±0.80	5.20±0.82	0.948(0.931~0.961)
最大矢状径(cm)			
L1	2.85±0.83	2.79±0.90	0.875(0.832~0.907)
L5	3.40±0.64	3.35±0.65	0.927(0.902~0.946)
CSA(cm ²)			
T12/L1	29.93±8.12	30.02±8.52	0.971(0.961~0.979)
L1/2	35.91±9.31	35.47±9.45	0.976(0.968~0.982)
L4/5	34.74±8.88	34.53±8.82	0.978(0.971~0.984)
L5/S1	22.97±6.02	22.43±6.09	0.954(0.938~0.966)
rCSA			
T12/L1	2.74±0.67	2.75±0.74	0.964(0.952~0.973)
L1/2	3.29±0.79	3.26±0.84	0.969(0.959~0.977)
L4/5	2.72±0.72	2.71±0.73	0.976(0.967~0.982)
L5/S1	1.78±0.46	1.75±0.50	0.946(0.928~0.960)
FI(%)			
T12/L1	12.35±9.56	12.72±10.72	0.989(0.985~0.992)
L1/2	12.91±9.86	13.17±10.48	0.993(0.991~0.995)
L4/5	30.49±12.53	30.70±13.07	0.983(0.978~0.988)
L5/S1	33.21±13.49	34.45±14.63	0.956(0.941~0.937)

表3 年龄及不同定量测量指标回归分析

指标	二元多因素Logistic回归分析		
	OR	95%CI	P值
年龄(岁)	1.107	1.033~1.185	0.354
L1椎体最大冠状径	1.047	0.958~1.144	0.714
L1椎体最大矢状径	1.114	0.989~1.255	0.075
CSA _{L1/2}	0.906	0.818~1.003	0.058
rCSA _{T12/L1}	0.834	0.117~5.974	0.857
rCSA _{L1/2}	7.779	1.277~47.402	0.026
rCSA _{L4/5}	1.638	0.391~6.857	0.499
rCSA _{L5/S1}	2.003	0.207~19.360	0.548
FI _{T12/L1}	0.841	0.714~0.990	0.037
FI _{L1/2}	0.975	0.834~1.139	0.749
FI _{L4/5}	0.953	0.875~1.038	0.267
FI _{L5/S1}	0.976	0.912~1.043	0.471

表4 rCSA L1/2 及FI T12/L1预测效能分析

指标	AUC	敏感度(%)	特异度(%)	95%CI	P值
rCSA _{L1/2}	0.823	88.30	70.59	0.759~0.876	P<0.01
FI _{T12/L1}	0.852	69.15	85.88	0.791~0.901	P<0.01

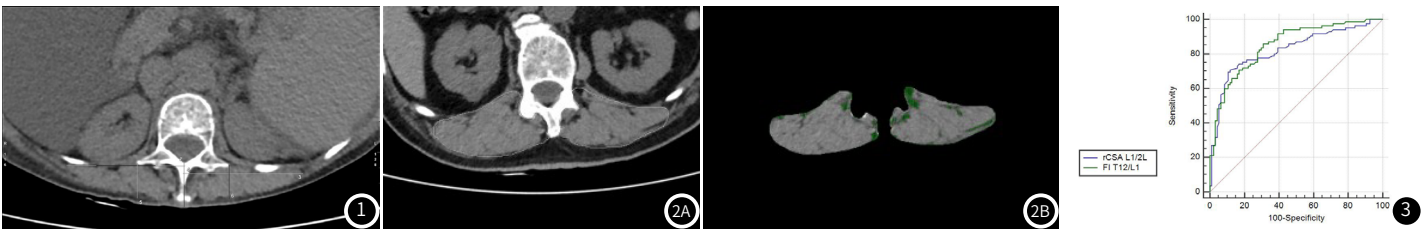


图1 椎旁肌最大冠状径: 椎旁肌最外侧到中线垂直距离(线3、4), 椎旁肌最大矢状径: 腰椎上从横突最外缘交界点作垂直于上述最大冠状径线达椎旁肌后侧缘的距离(线5、6)。
图2 2A图测量选取相应层面, 手动勾画出该层面椎旁肌轮廓; 2B图绿色区域代表所选定层面椎旁肌脂肪成分(CT值-190 ~ -30Hu)。
图3 rCSA L1/2及FI T12/L1定量数据ROC曲线图

3 讨论

椎旁肌对于维持脊柱稳定性有着重要作用, 骨质疏松症患者腰椎椎旁肌肉变性是OVF发生的重要因素, 一是椎旁肌对椎体具有支撑力作用, 二是肌肉是内分泌器官, 当退变时介导炎症等通过作用于成骨或破骨细胞影响骨代谢。目前主要采用影像学检查来判断椎旁肌变性程度, CT与MRI都能测量相关参数并进行评估。以前的研究大都使用MRI T₂信号强度评估椎旁肌肉^[12], 但MRI检查时间较长, 且检查费用对病人来说是较大经济负担, 因此CT在肌肉研究上更具有临床意义, 适用患者范围更广。本研究提供了一种较简洁的方式测量椎旁肌肉的相关参数, 通过对相关数据的分析, 证明了椎旁肌脂肪浸润程度与急性腰椎骨质疏松性骨折之间具有潜在关系, 为利用CT预测腰椎骨质疏松性骨折提供了可能。本研究中, 两名影像医师对椎旁肌CT定量测量的结果一致性较高(ICC均>0.875), 说明利用CT扫描进行椎旁肌肉评估研究是可靠的。

先前有研究指出, 椎旁肌的脂肪浸润程度与腰椎下部区域持续疼痛有关, 而L1椎体上缘多裂肌和竖脊肌的FI以及腰大肌的退变可能是新旧OVF发生的原因^[13]。故本研究主要探讨了T12/L1、L1/2、L4/5、L5/S1椎间盘水平的椎旁肌退变程度, 即胸腰椎水平及下腰椎水平, 结果显示椎旁肌相对横截面积、椎旁肌脂肪浸润程度对OVF影响仅在L1椎体上下缘有统计学意义。Andrew等人^[14]选取L3-4椎间盘水平椎旁肌, 证实椎旁肌脂肪浸润与下腰痛及脊柱残疾有关, 特别是多裂肌的脂肪浸润, 这说明椎旁肌脂肪浸润与OVF有相关性, 但并不一定每个椎体水平都适用, 本研究中L5椎体上下缘水平无统计学意义, 这除了与肌肉解剖位置相关外, 可能还与椎旁肌肉的功能不同有关, 即腰骶部的软组织结构较复杂, 肌肉容易过度收缩发生反复痉挛, 继而发生肌肉缺血。同时有研究指出, 影响L5神经根的病变会损害L5水平对椎旁肌的神经支配^[15]。简而言之, L5水平的病理学可能比其他腰椎水平的病理学在功能上更重要, 未来有待于重点研究L5椎旁肌的相关特性。

此次研究结果显示椎旁肌最大冠矢状径及横截面积与OVF没有相关性。既往有研究指出, 腰椎OVF患者椎旁肌肉的横截面积和肌肉含量均明显下降^[16], 这可能与本次研究样本量较少且仅测量部分腰椎水平椎旁肌肉有关。从理论上判断, 椎旁肌变性程度越重患者发生OVF的可能性越大。因此, 进一步的研究需要增加样本量并增加多个椎体的测量定量数据, 并且延长随访时间来观察OVF患者椎旁肌的变化, 从而获得更加可靠的证据支持。在本研究中, 还涉及到了椎旁肌相对横截面积的测量, 它是OVF的独立保护因素, 本研究中椎旁肌横截面积与OVF无明显相关性, 而相对椎体横截面积降低个体间体型差异引起的偏倚, 在L1/2椎间盘水平显示出与OVF较强的相关性, 这与先前研究结果一致^[14,17-18]。

Hasibullah等人^[13]证实OVF患者胸腰部新发骨折和持续性腰痛的发生与PVM的FI%显著相关。在本研究过程中发现, 椎旁肌脂肪浸润严重的患者往往住院时间有所延长, 这代表了椎旁肌的脂肪浸润可能与OVF预后有关, 这需要进一步研究。

本研究存在以下不足: (1)无法对BMD T评分进行直接比较, 但与对照组相比, OVF组的BMD略低, 这可能导致更大的骨折风险。(2)本研究样本量较小, 可能会导致统计学结果存在一定程度的偏倚。(3)本例为横断面研究, 不能评估相应研究指标与OVF发生的因果关系, 椎旁肌退变可能只反映了患者整体肌细胞减少状态的一部分, 这可能会增加受伤的风险, 有待于未来更大样本量

的纵向研究来进一步探讨。

总之, 本研究指出较严重的椎旁肌退变程度与急性压缩性骨折相关, 是绝经后妇女骨质疏松性压缩性骨折的潜在促成因素。影像医师可在之后根据老年女性患者CT平扫相应资料对该患者发生OVF的可能性进行预判, 并且我们推荐选取L1椎体水平椎旁肌为观测指标。对于绝经后女性骨质疏松患者, 正规的抗骨质疏松治疗同时辅以积极的腰背肌功能锻炼对于预防OVF会有更好的效果, 降低OVF的发生率。

参考文献

- [1] Zhang S, Wang S, Wang Q, et al. Image classification of osteoporotic vertebral fracture with endplate-disc complex Injury[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1):197.
- [2] Celi M, Rao C, Scialdoni A, et al. Bone mineral density evaluation in osteoporosis: why yes and why not[J]. Aging Clin Exp Res, 2013, 25 Suppl 1:S47-49.
- [3] 杨淳, 张维升. 磁共振成像定量扫描技术在骨肌系统的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(11):183-185.
- [4] 包洁, 邹达, 李危石. 椎体CT值评估腰椎退变患者骨密度的研究进展[J]. 中国脊柱杂志, 2020, 30(8):745-750.
- [5] 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.
- [6] Hyun SJ, Kim YJ, Rhim SC. Patients with proximal junctional kyphosis after stopping at thoracolumbar junction have lower muscularity, fatty degeneration at the thoracolumbar area[J]. Spine J, 2016, 16(9):1095-1101.
- [7] Zotti MGT, Boas FV, Clifton T, et al. Does pre-operative magnetic resonance imaging of the lumbar multifidus muscle predict clinical outcomes following lumbar spinal decompression for symptomatic spinal stenosis? [J]. Eur Spine J, 2017, 26(10):2589-2597.
- [8] Sun D, Liu P, Cheng J, et al. Correlation between intervertebral disc degeneration, paraspinal muscle atrophy, and lumbar facet joints degeneration in patients with lumbar disc herniation[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18(1):167.
- [9] Choi MK, Kim SB, Park CK, et al. Cross-sectional area of the lumbar spine trunk muscle and posterior lumbar interbody fusion rate: a retrospective study[J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(6):E798-E803.
- [10] Hu ZJ, He J, Zhao FD, et al. An assessment of the intra- and inter-reliability of the lumbar paraspinal muscle parameters using CT scan and magnetic resonance imaging[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(13):E868-874.
- [11] 邓红平, 陈其昕, 张春, 等. 椎旁肌横截面测量在评价手术创伤的临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2013, 31(4):472-476.
- [12] 顾军, 孙小明, 陈海军, 等. SPECT-CT、MRI诊断骨质疏松性椎体压缩性骨折疼痛责任椎体的准确性比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(1):169-171.
- [13] Habibi H, Takahashi S, Hoshino M, et al. Impact of paravertebral muscle in thoracolumbar and lower lumbar regions on outcomes following osteoporotic vertebral fracture: a multicenter cohort study[J]. Arch Osteoporos, 2021, 16(1):2.
- [14] 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.
- [15] Zotti MGT, Boas FV, Clifton T, et al. Does pre-operative magnetic resonance imaging of the lumbar multifidus muscle predict clinical outcomes following lumbar spinal decompression for symptomatic spinal stenosis? [J]. European Spine Journal, 2017, 26(10):2589-2597.
- [16] 刘斌, 刘向阳, 王国平, 等. 腰椎骨质疏松性骨折患者椎旁肌肉MRI指标测量及临床意义[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(04):578-583.
- [17] Katsu M, Ohba T, Ebata S, et al. Comparative study of the paraspinal muscles after OVF between the insufficient union and sufficient union using MRI[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19(1):143.
- [18] Huang CWC, Tseng JJ, Yang SW, et al. Lumbar muscle volume in postmenopausal women with osteoporotic compression fractures: quantitative measurement using MRI[J]. Eur Radiol, 2019, 29(9):4999-5006.

(收稿日期: 2023-02-04)

(校对编辑: 韩敏求)