

绝经后女性椎旁肌退化与经皮穿刺椎体成形后再骨折的相关性

杨策凯¹, 蔡卓延², 陈明¹, 刘昊¹, 翁纳³, 崔健超⁴, 张顺聪⁴, 姚珍松^{1, 2, 4}

https://doi.org/10.12307/2023.923

投稿日期: 2022-12-19

采用日期: 2023-02-10

修回日期: 2023-02-28

在线日期: 2023-03-18

中图分类号:

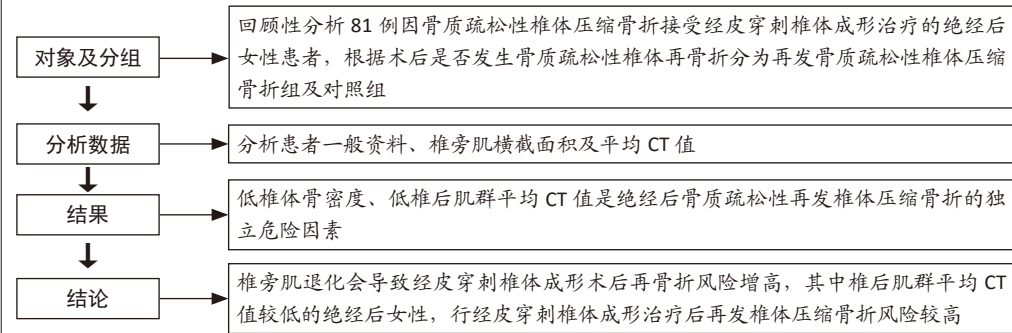
R459.9; R318; R445

文章编号:

2095-4344(2024)09-01414-06

文献标识码: A

文章快速阅读: 绝经后女性椎旁肌退化对经皮穿刺椎体成形后再骨折的影响



文题释义:

椎旁肌: 腰椎周围的肌肉称为椎旁肌, 主要分为前后两群, 其中前群主要包括腰大肌, 后群主要包括多裂肌和竖脊肌。腰大肌、多裂肌和竖脊肌不仅是维持腰椎稳定性的唯一动力结构, 还对维持躯干正常形态及脊柱正常曲度有重要意义。

经皮穿刺椎体成形: 是通过在X射线透视下经皮穿刺的方式向病变椎体内注入骨水泥(聚丙烯酸甲酯)或人工骨达到强化椎体的技术, 以达到加固病变椎体、防止塌陷和止痛的目的, 其操作简便、疗程短, 目前广泛应用于骨质疏松性椎体压缩骨折和椎体血管瘤的治疗。

摘要

背景: 目前关于绝经后女性椎旁肌退化程度对经皮穿刺椎体成形后骨质疏松性椎体再骨折的影响研究较少, 此次研究旨在揭示二者之间的联系。

目的: 探讨绝经后女性椎旁肌退化与经皮穿刺椎体成形后骨质疏松性椎体再骨折的关系。

方法: 回顾性分析2018年5月至2021年3月广州中医药大学第一附属医院收治的81例因骨质疏松性椎体压缩骨折住院接受经皮穿刺椎体成形治疗的绝经后女性患者的病历资料, 根据患者是否发生经皮穿刺椎体成形后骨质疏松性椎体再骨折分为2组, 再发骨质疏松性椎体压缩骨折组39例, 对照组42例。分析两组患者一般资料、椎体骨矿物密度、椎旁肌的横截面积及平均CT值(Hu)。

结果与结论: ①单因素分析提示, 两组患者的年龄及腰大肌平均CT值相比差异无显著性意义($P > 0.05$); 对照组的体质指数、椎体骨密度、椎旁肌横截面积及椎后肌群的平均CT值明显高于再发骨质疏松性椎体压缩骨折组, 差异有显著性意义($P < 0.05$); ②多因素logistic回归分析提示, 低椎体骨矿物密度($OR=0.004$, 95%CI: 0.000-0.555, $P < 0.05$)、低椎后肌群平均CT值($OR=0.940$, 95%CI: 0.894-0.988, $P < 0.05$)是绝经后骨质疏松性再发椎体压缩骨折的独立危险因素; ③提示椎旁肌退化会导致经皮穿刺椎体成形后再骨折风险增高, 其中椎后肌群平均CT值较低的绝经后女性, 行经皮穿刺椎体成形后再发生椎体压缩骨折的风险较高。

关键词: 骨质疏松性椎体压缩骨折; 再骨折; 椎旁肌; 骨矿物密度; 危险因素

缩略语: 骨质疏松性椎体压缩骨折: osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF; 经皮穿刺椎体成形术: percutaneous vertebroplasty, PVP; 再发骨质疏松性椎体压缩骨折: osteoporotic vertebral compression refracture, OVCRF

Relationship between degeneration of paraspinal muscle and refractures in postmenopausal women treated by percutaneous vertebroplasty

Yang Cekai¹, Cai Zhuoyan², Chen Ming¹, Liu Hao¹, Weng Rui³, Cui Jianchao⁴, Zhang Shuncong⁴, Yao Zhensong^{1, 2, 4}

¹Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China; ²Baiyun Hospital of First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China; ³Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China; ⁴Department of Spinal Orthopedics, First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China

Yang Cekai, Master candidate, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China

Corresponding author: Yao Zhensong, MD, Professor, Chief physician, Master's supervisor, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China; Baiyun Hospital of First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China; Department of Spinal Orthopedics, First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China

¹广州中医药大学, 广东省广州市 510405; ²广州中医药大学第一附属医院白云医院, 广东省广州市 510000; ³广州中医药大学第三附属医院, 广东省广州市 510000; ⁴广州中医药大学第一附属医院脊柱骨科, 广东省广州市 510405

第一作者: 杨策凯, 男, 1995年生, 广东省湛江市人, 广州中医药大学在读硕士, 主要从事脊柱外科研究。

通讯作者: 姚珍松, 博士, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 广州中医药大学, 广东省广州市 510405; 广州中医药大学第一附属医院白云医院, 广东省广州市 510000; 广州中医药大学第一附属医院脊柱骨科, 广东省广州市 510405

https://orcid.org/0000-0001-5305-6014 (杨策凯)

基金资助: 广东省中医药局科研项目(20201097), 项目负责人: 崔健超

引用本文: 杨策凯, 蔡卓延, 陈明, 刘昊, 翁纳, 崔健超, 张顺聪, 姚珍松. 绝经后女性椎旁肌退化与经皮穿刺椎体成形后再骨折的相关性[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(9):1414-1419.



Abstract

BACKGROUND: There are few studies on the effect of degeneration of paraspinal muscle on osteoporotic vertebral compression refractures treated by percutaneous vertebroplasty in postmenopausal women. This paper intends to reveal the relationship between them.

OBJECTIVE: To investigate the relationship between degeneration of paraspinal muscle and osteoporotic vertebral compression refractures in postmenopausal women treated by percutaneous vertebroplasty.

METHODS: The medical records of 81 postmenopausal female patients who were admitted to the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine from May 2018 to March 2021 for osteoporotic vertebral compression fracture and received percutaneous vertebroplasty were retrospectively analyzed. The patients were divided into an osteoporotic vertebral compression refracture group ($n=39$) and a control group ($n=42$) according to whether they had osteoporotic vertebral compression refracture after percutaneous vertebroplasty. General data, vertebral bone mineral density, paravertebral cross-sectional area and mean CT value (Hu) of the two groups were analyzed.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Univariate analysis showed that there was no significant difference in age and mean CT value of psoas major between the two groups ($P > 0.05$). The body mass index, vertebral bone mineral density, paravertebral cross-sectional area and the mean CT value of the posterior vertebral muscle group in the control group were significantly higher than those in the osteoporotic vertebral compression refracture group ($P < 0.05$). (2) Multivariate logistic regression analysis showed that low vertebral bone mineral density ($OR=0.004$, 95%CI: 0.000–0.555, $P < 0.05$) and low mean CT value of posterior vertebral muscle group ($OR=0.940$, 95%CI: 0.894–0.988, $P < 0.05$) were independent risk factors for postmenopausal osteoporotic vertebral compression refracture. (3) It is indicated that degeneration of paraspinal muscle will increase the risk of osteoporotic vertebral compression refractures in patients treated by percutaneous vertebroplasty, especially in postmenopausal women with a low mean CT value of low posterior vertebral muscle group.

Key words: osteoporotic vertebral compression fracture; refracture; paraspinal muscle; bone mineral density; risk factor

Funding: Guangdong Provincial Bureau of Traditional Chinese Medicine Research Project, No. 20201097 (to CJC)

How to cite this article: YANG CK, CAI ZY, CHEN M, LIU H, WENG R, CUI JC, ZHANG SC, YAO ZS. Relationship between degeneration of paraspinal muscle and refractures in postmenopausal women treated by percutaneous vertebroplasty. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2024;28(9):1414-1419

0 引言 Introduction

骨质疏松症是临床上常见的一种代谢性骨骼疾病，表现为骨微结构破坏、骨密度下降为特征，造成骨脆性增加^[1]。绝经后骨质疏松一般在女性绝经后5–10年出现，调查资料显示，国内65岁以上女性的骨质疏松症患病率达32%，明显高于欧美国家^[2]。绝经后骨质疏松的严重后果是发生骨质疏松性骨折，即在受到轻微创伤或日常活动中即可发生的骨折，不仅增加病残率和死亡率，亦会耗费巨大医疗资源，已成为国内面临的重要公共卫生问题^[3]。一项调查报告指出，2010年国内骨质疏松性骨折患者达233万，其中椎体骨折111万，总医疗支出高达649亿元^[4]。据此有学者预测，至2050年，国内骨质疏松性骨折患者将达599万，治疗费用将高达1745亿元^[4]。

对于骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)，目前主要的治疗手段是经皮穿刺椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)及经皮球囊扩张椎体后凸成形术，二者对于缓解OVCF导致的脊柱源性疼痛及矫正椎体高度丢失造成的脊柱畸形均有确切疗效^[5-7]。后者与前者在技术上的主要区别是经皮球囊扩张椎体后凸成形术在通过球囊扩张产生空腔后向内注入骨水泥，但球囊扩张器价格昂贵，患者经济负担较重，且手术时间和X射线暴露时间较长，故目前PVP术的应用较前者更为广泛。PVP术后椎体再骨折风险较大，具体原因尚未明确。一项荟萃分析显示，既往骨折史增加的骨折风险比骨密度降低所能解释的更显著^[8]，因此准确预测PVP术后骨质疏松性骨折再次发生的意义就显得尤为重要。椎旁肌作为维持脊柱平衡的重要结构，其萎缩会导致患者跌倒和骨折风险增高。近年来的研究提示椎旁肌变化与腰椎退行性疾病的发生关联密切^[9]，且证实了椎旁肌退化是致绝经后女性OVCF的重要危险因素，且与其严重程度密切相关^[10]。但国内外文献鲜有关于椎旁肌退化与再发骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression refracture, OVCRF)关系的研究，于是鉴于椎旁

肌退化对于OVCF的影响做出假设：绝经后女性椎旁肌退化与PVP术后OVCRF相关。因此，评估椎旁肌退化程度对再骨折的影响，对于预防OVCRF及其导致的相关并发症发生都具有重要的临床意义。

2016年的一项研究指出，椎旁肌退化程度可以通过其影像学表现评价，且CT、MRI是目前最为准确的评估方法^[11]。国内往往采用双能X射线吸收法评估椎旁肌肉质量，其评估肌肉退化程度局限较大，并且测量结果受患者水合状态的影响。MRI显示软组织更为清晰，并能直接显示肌肉的脂肪浸润、肌肉水肿、纤维浸润，但较高的花费、较低的评估效率限制了它的应用。CT能够提供肌肉横截面积、密度等信息，可重复性好，且SINELNIKOV等^[12]的研究发现MRI与CT在测量肌肉面积时相关性高，二者的测量值之间仅有1.7%–3.9%的偏差。其中椎旁肌肌肉横截面积是评价肌肉退化程度的常用指标，常通过手动描画肌肉边缘获得感兴趣区域测量横截面积。同时，CT值是测定人体局部组织或器官密度大小的一种计量单位，反映了各组织对X射线的吸收率，通常称亨氏单位(hounsfieldunit, Hu)。由于脂肪组织的CT值显著低于瘦肌肉组织^[13-14]，患者椎旁肌肉的平均CT值能间接反映被测肌肉组织的脂肪含量，在CT研究中通常等效为肌肉组织浸润率，后者也是评估肌肉退化程度的常用指标之一，目前已在评估脊柱退行性疾病和椎旁肌退化程度相关性的研究中广泛应用^[15-16]，这也是此次研究的出发点。

1 对象和方法 Subjects and methods

- 1.1 设计 回顾性病例分析，组间比较采用独立样本t检验。
- 1.2 时间及地点 试验于2018年5月至2021年3月在广州中医药大学第一附属医院二骨科完成。
- 1.3 对象 纳入2018年5月至2021年3月在广州中医药大学第一附属医院接受PVP术治疗的OVCF患者。患者治疗后随访1年，对研究方案均知情同意，研究方案获得广州中医药大学第一附属医院伦理委员会批准(批件号: JY[2021]193)。

纳入标准: ①年龄 > 55 岁的女性 OVCF 患者; ②已绝经; ③首次 PVP 术后有至少 12 个月的 CT 随访。

排除标准: ①肿瘤患者或既往有肿瘤病史; ②病理性骨折, 包括炎症、感染、肿瘤及医源性骨折; ③爆裂性骨折; ④ CT 随访小于 12 个月; ⑤首次骨折行 PVP 术后出现并发症 (如血肿、感染、发热等); ⑥既往椎旁肌受伤病史 (腰椎手术除外); ⑦正在使用类固醇或药物治疗严重的肝肾疾病。

在术后 1 年内患者出现其他腰椎骨新发骨折者将被分至 OVCRF 组, 其余未发生 OVCRF 的患者被视为对照组。

1.4 材料 PVP 术中使用的骨水泥材料介绍见表 1。

表 1 | 骨水泥材料介绍
Table 1 | Introduction of bone cement

项目	聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥
生产企业	Tecres S.P.A., 泰科瑞股份公司
批准号	国械注进 20173657165
组成成分	粉体组分: 聚甲基丙烯酸甲酯、硫酸钡、过氧化苯甲酰、甲基丙烯酸甲酯、N, N 二甲基对甲苯胺、对苯二酚
材料外型	粉末状的聚合体成分以无菌包装的形式供应, 即在一个内层聚乙烯套筒中装粉末状成分, 在其外再包一个聚乙烯小袋, 在小袋外加有非无菌保护性铝包装; 而经过无菌过滤的液单体成分以琥珀玻璃安瓿装; 混合后形成一种面团状物质
适应症	椎体主干间隙填充
生物相容性	与水溶液不相容
不良反应	心搏停止、心肌梗死、肺栓塞、暂时性血压下降、短暂时心律不齐、猝死、骨水泥向椎体外组织扩散

1.5 方法

1.5.1 PVP 术 手术均由姚珍松主任医师主刀完成。患者取俯卧位, 于 C 臂 X 射线机透视下进行体表定位, 常规消毒铺巾, 用 1% 利多卡因进行局部麻醉。麻醉成功后, 沿定位的双侧椎弓根穿刺点进针。C 臂 X 射线机透视下调整进针方向及深度, 穿刺针位于椎弓根内, 至椎体前部约 1/3 处骨折线区域内停止进针, 抽出穿刺针针芯, 在透视下将调好的骨水泥注入, 见骨水泥在骨折区充分填充, 椎体高度恢复满意后为止。

1.5.2 术后处理 术后佩戴腰围下地活动, 两三天后出院, 持续 1 年随访并遵医嘱服用活性维生素 D (罗盖全, 瑞士洛氏公司, 0.25 μg/次, 2 次/d) 及钙补充剂 (钙尔奇 D, 美国惠氏公司, 600 mg/次, 1 次/d) 1 年。患者在术后 1, 3, 6, 12 个月或在再疼痛时, 于广州中医药大学第一附属医院门诊随访并进行 CT 检查, 每当怀疑发生新的椎骨骨折时行 MRI 检查以明确病情。

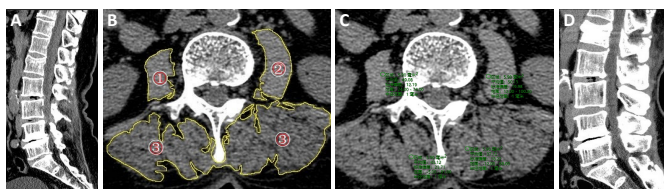
PVP 术后 OVCRF 诊断: 骨质疏松症通过术前双能 X 射线吸收法测得腰椎 (L₁-L₄) 骨矿物密度的 T 值诊断, T 值 < -2.5 即可诊断为骨质疏松症^[17]。椎体压缩骨折采用 Genant 目视半定量法评定, 即在标准胸腰椎 X 射线侧位平片或脊柱 CT 侧位影像上观察 L₁-L₅ 椎体形态和大小, 并根据椎体高度降低程度及椎体投影面积降低量判断是否骨折: ①正常, 椎体形态和大小正常; ②骨折, 椎体高度降低 > 20%, 椎体投影面积降低 > 10%^[17]。诊断由 3 名经过系统训练的骨科医师完成。OVCRF 指在首次接受 PVP 术后 1 年内, 在其他腰椎骨新发的椎体压缩骨折。

1.6 主要观察指标

一般信息: 基线资料包括年龄、体质量指数, 术前通过双能 X 射线吸收仪测量腰部的骨矿物密度。

影像学资料: 双侧腰大肌、双侧椎后肌群 (多裂肌 + 竖脊肌) 横截面积及平均 CT 值。

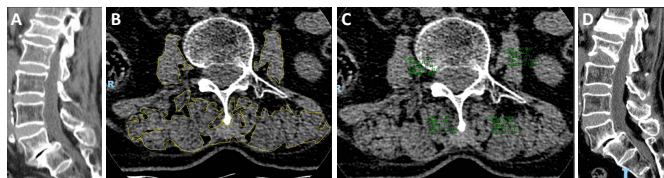
椎旁肌横截面积及 CT 值测量方法: 根据既往研究^[15-16], 在广州中医药大学第一附属医院 PACS 影像系统 (华海影像分析系统) 中获得患者腰椎 CT 或腹部 CT 的 L₃ 椎体层面横截面, 利用 Image J (ver 1.53c, National Institutes of Health) 手动圈出双侧腰大肌、双侧椎后肌群的边缘并测算其面积。同时在双侧腰大肌、双侧椎后肌群的肌腹, 避开脂肪沉积处, 分别手动圈出面积为 6 mm² 的感兴趣区域, 通过医学影像系统自动测算出其平均 CT 值。见图 1, 2。



图注: 图 A 为术前 CT, 提示 L₁ 骨折; 图 B 示测量 L₃ 层面椎旁肌横截面积: ①右侧腰大肌; ②左侧腰大肌; ③椎后肌群, 下同; 图 C 示测量 L₃ 层面双侧椎旁肌平均 CT 值, 图中文字处为感兴趣区域, 下同; 图 D 为术后 1 年复查 CT, 未见再骨折

图 1 | 对照组典型病例 (72 岁) 治疗前后影像学图片

Figure 1 | Imaging findings of a typical case of control group (72 years old) before and after treatment



图注: 图 A 为术前 CT, 提示 L₁ 骨折; B 示测量 L₃ 层面椎旁肌横截面积; C 示测量 L₃ 层面双侧椎旁肌平均 CT 值; D 为术后 1 年复查 CT, 见 L₂ 再骨折

图 2 | 再发骨质疏松性椎体压缩骨折组典型病例 (82 岁) 治疗前后影像学图片

Figure 2 | Imaging findings of a typical case of osteoporotic vertebral compression refracture group (82 years old) before and after treatment

1.7 统计学分析 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 检验符合正态分布连续变量的差异采用两独立样本 t 检验, 不符合者采用 Mann-Whitney U 检验。筛选出具有明显差异的自变量后, 以 OVCRF 的发生与否作为因变量进行多因素 logistic 回归分析, 结果用 OR 值、95%CI 及相应 P 值表示, P < 0.05 被认为差异有显著性意义。采用 SPSS 25.0 进行统计学处理。文章统计学方法已经广州中医药大学生物统计学专家审核。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 此次研究共纳入 81 例患者, 根据术后 1 年内有无发生再发椎体压缩骨折分为 OVCRF 组和对照组, 其中 OVCRF 组 39 例, 对照组 42 例, 均无脱落。

2.2 试验流程图 见图 3。

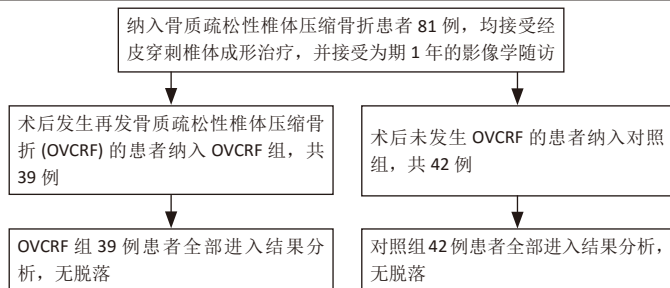


图 3 | 两组患者试验流程图

Figure 3 | Trial flow chart of the two groups

2.3 再发骨质疏松性椎体压缩骨折的单因素分析 两组患者均接受为期 1 年的影像学随访。在表 2 中，单因素分析提示两组患者的年龄及腰大肌平均 CT 值相比差异无显著性意义 ($P > 0.05$)；对照组的体质量指数、椎体骨密度、椎旁肌的横截面积及椎后肌群的平均 CT 值均高于 OVCRF 组，差异有显著性意义 ($P < 0.05$)。

表 2 | 再发骨质疏松性椎体压缩骨折的单因素分析 ($\bar{x} \pm s$)
Table 2 | Univariate analysis of osteoporotic vertebral compression refracture

因素	再发骨质疏松性椎体压缩骨折组 (n=39)	对照组 (n=42)	P 值
年龄 (岁)	76.68±6.75	73.17±9.81	0.10
体质量指数 (kg/m ²)	21.19±3.01	23.53±3.89	0.00
骨矿物密度 (g/cm ²)	0.45±0.12	0.56±0.13	0.00
椎后肌群横截面积 (mm ²)	2 983.41±696.50	3 370.96±762.16	0.02
腰大肌横截面积 (mm ²)	873.63±210.12	1 019.32±282.25	0.01
椎后肌群平均 CT 值 (Hu)	30.80±11.36	38.23±10.40	0.00
腰大肌平均 CT 值 (Hu)	44.81±8.73	47.91±6.67	0.08

2.4 多因素分析 根据表 3 中多元 logistic 回归分析的结果，低腰椎骨矿物密度、低椎后肌群平均 CT 值是绝经后女性骨质疏松性再发椎体压缩骨折的独立危险因素 ($P < 0.05$)。

表 3 | 再发骨质疏松性椎体压缩骨折 (OVCRF) 的多因素分析
Table 3 | Multivariate Logistic regression analyses of osteoporotic vertebral compression refractures

因素	B	SE	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
年龄	0.015	0.034	0.204	0.65	1.016	0.950-1.086
体质量指数	-0.041	0.095	0.181	0.67	0.960	0.797-1.157
骨矿物密度	-5.440	2.475	4.832	0.03	0.004	0.000-0.555
椎后肌群横截面积	0.000	0.000	0.594	0.44	1.000	0.999-1.001
腰大肌横截面积	-0.001	0.001	0.768	0.38	0.999	0.997-1.001
椎后肌群平均 CT 值	-0.062	0.026	5.820	0.02	0.940	0.894-0.988

表注：发生 OVCRF 赋值为 1，未发生 OVCRF 赋值为 0

3 讨论 Discussion

绝经后女性雌激素分泌减少、骨转化增加、骨量丢失加快，导致发生绝经后骨质疏松症^[18]，其机制尚未完全清楚，可能与调节骨代谢的相关激素及细胞因子有关^[19-20]，骨量的下降导致发生 OVCF 的风险增大。OVCF 是一个主要的公共卫生问题，而再骨折给患者和社会造成巨大的健康负担和经济影响。既往的研究认为，对骨质疏松患者而言，既往骨折史是再骨折的危险预测因素^[8]，因此对于首次发生骨质疏松骨

折的患者有必要确定再骨折风险因素，并采用有效的评估工具来预测再骨折风险。一项回顾性分析指出高龄、女性、骨密度 T 值低是引起原发性骨质疏松椎体压缩骨折的独立危险因素^[21]。同时，体质量指数是患者营养状况的反应，当体质量指数 $< 18 \text{ kg/m}^2$ 时肌少症发生率最高^[22]，而肌少症患者发生骨质疏松的风险为正常人 2 倍以上^[23]，因为骨质疏松症和肌少症有着一系列共同的病理生理基础，包括营养失衡、内分泌调节、遗传因素、慢性炎症等诸多方面^[24-25]，且肌少症患者骨骼肌萎缩，患者跌倒风险增大、骨折风险增加^[26]。在此次研究中，对照组体质量指数、骨矿物密度、椎旁肌横截面积及椎后肌群的平均 CT 值明显较 OVCRF 组高 ($P < 0.05$)，而多因素 logistic 回归分析表明低椎体骨矿物密度、低椎后肌群平均 CT 值是绝经后 OVCRF 的独立危险因素，提示椎旁肌退化会导致 PVP 术后再骨折风险增高，其中椎后肌群平均 CT 值较低的绝经后女性，行 PVP 术后再椎体压缩骨折风险较高。

目前世界卫生组织推荐的预测再骨折风险的工具具有骨折风险预测简易工具、国际骨质疏松基金会评估工具、Garvan nomogram 骨折风险评估工具、北京友谊医院骨质疏松自我评估工具 (BFH-OST)、Q Fracture 算法、亚洲人骨质疏松自我筛选工具等。但以上几种预测工具均未将椎旁肌的退化程度纳入危险预测因素。

椎旁肌在维持脊柱的动态平衡和运动中发挥着不可替代的作用。腰椎的稳定性来自于由肌肉、韧带、椎间盘、骨骼组成的复合运动系统，目前许多对腰椎稳定性的测试仅仅局限于对骨骼、椎间盘和韧带组成模型的研究，往往忽略了椎旁肌发挥的作用。WAGNER 等^[27]的生物力学实验发现，正常脊柱能承载约 1 500 N 的负荷，但仅去除椎旁肌后可承载负荷上限小于 100 N。腰椎椎旁肌包括前方的腰大肌和后方的椎后肌群 (多裂肌、竖脊肌)，是脊柱平衡系统中唯一的动力组分，其中腰大肌参与髋关节的屈曲及外旋，同时负责脊柱前屈、侧屈运动；多裂肌是脊柱背伸运动、维持脊柱腰段前凸的重要肌群^[28-29]。椎旁肌发生退化在功能上的直接表现是肌力下降，这会不可避免地导致前方椎体载荷增加，从而增大椎体发生骨折的风险。一项有限元研究显示，接受 PVP 术的椎体，其上位椎体下终板与下位椎体上终板的应力值在各种活动状态下都较术前明显增加，其可使术后椎板发生骨折的概率增加^[30]。另一方面，CHEN 等^[31]的研究指出，OVCF 患者脊柱旁肌肉萎缩，导致平衡能力受损及跌倒风险增大，进而导致再次骨折风险增加。HABIBI 等^[32]也报道胸腰椎区椎旁肌脂肪变性与新发骨质疏松性椎体压缩骨折密切相关。因此正确认识和评估椎旁肌退化，对于 OVCRF 的预防具有不可忽视的临床意义。

椎旁肌退化在影像学上表现为椎旁肌的萎缩及脂肪浸润^[33]。尽管 MRI 已被公认为评估肌肉质量，尤其是脂肪浸润的重要标准，但在临床实践中，其花费较 CT 为高，且直

接用其评估肌肉质量会花费更多的精力。最近的报告显示, CT 值对于评估肌肉质量是有效的^[34], 且腰大肌和竖脊肌 CT 值的衰减与脂肪浸润程度增加具有良好的一致性^[35]。此外, 不同椎旁肌测得的 CT 值具有良好的一致性和较低的变异性^[36]。在此次研究中, OVCRF 患者椎后肌群平均 CT 值明显较对照组低, 反映了 OVCRF 患者椎旁肌较重的肌肉变性程度, 这会导致肌肉力量下降, 影响患者身体协调性及活动度, 进而增加其跌倒风险而诱发再次骨折^[37]。肌肉 CT 值降低是肌肉变性在影像学上的表现, 它反映了肌细胞数量下降及脂肪浸润、肌纤维的减少。HICKS 等^[38] 在一项大样本对比研究中指出, 相比于肌肉的横截面积变化, 椎旁肌密度改变与患者运动能力的相关性更强。多元 logistic 回归分析显示, 低椎后肌群平均 CT 值是 OVCRF 的独立危险因素, 而腰大肌平均 CT 值的影响无明显统计学意义 ($P < 0.05$), 这可能是因为腰大肌和椎后肌群分别维持腰椎矢状面和冠状面的平衡, 在日常生活中, 矢状面活动较为频繁, 因此腰大肌退变速度较慢。高辉等^[39] 发现, 亚洲老年人的多裂肌及竖脊肌脂肪浸润率随年龄增长而提高, 但腰大肌脂肪浸润程度明显较小, 且与年龄无明显相关性, 这与此次研究结果相一致。在单因素分析中, OVCRF 患者椎旁肌横截面积较对照组明显缩小 ($P < 0.05$), 然而多元 logistic 分析提示椎旁肌横截面积并非 OVCRF 的独立危险因素, 这可能是因为患者椎旁肌质量下降, CT 不能很好地区分肌间浸润的脂肪及纯肌肉组织, 一部分萎缩的肌肉组织由脂肪组织代替, 导致测量的横截面积并非纯肌肉面积造成的。

肌肉和骨骼有着共同的力学和分子机制, 这决定了它们功能和结构之间的密切关系。根据 FROST 描述的“力学调控系统”理论, 骨骼受到来自肌肉的机械刺激如果超过一定的阈值, 骨转换的平衡就会从骨吸收转向有利于骨形成, 这是因为肌肉质量增加导致骨膜和胶原纤维的拉伸, 从而刺激骨骼生长^[40]。根据该理论, 椎旁肌退化的患者的肌肉质量和活动强度下降使得肌肉对骨骼的机械刺激强度下降, 也可以视作患者骨吸收增强从而诱发骨质疏松的因素之一。ABDALA 等^[41] 报道了 3 例来自同一家庭的腓骨肌萎缩伴严重胫骨微结构退化患者, 提示对骨的机械刺激减少抑制了成骨细胞的骨形成, 加速了破骨细胞的骨吸收, 导致失用性骨质疏松症, 这从个体水平验证了该理论。WANG 等^[42] 发现成骨细胞中的力敏感离子通道蛋白 Piezo1 是主要的 Mechanostat 分子, 能够在成骨谱系细胞中感应机械应力, 并通过 YAP- 胶原途径调节破骨细胞活性从而调节骨稳态, 从分子水平上“证实了力学调控系统”理论, 这也是椎旁肌退化导致 OVCRF 风险增大的可能机制之一。

研究的优势: 此次研究揭示了绝经后女性椎旁肌退变与 PVP 术后 OVCRF 的相关性, 为临床医生制定 PVP 术后治疗方案提供了理论依据。同时, 相对于 MRI 检查, 椎后肌群的平均 CT 值是较易获得的因素, 且价格较为低廉, 可减轻患者的经济负担。

研究存在的局限: 此次研究是一项回顾性、横断面研究, 因此无法证实各影响因素与 OVCRF 的因果关系。其次, 这项研究是单中心研究, 同一因素在不同医院、地区和国家的影响可能不同。因此, 为进一步验证绝经后女性的椎旁肌退化与 OVCRF 的相关性, 需要大样本、多中心的前瞻性研究, 为指导临床工作提供更高水平的证据。

致谢: 首先感谢广州中医药大学第一附属医院对此次研究的支持; 其次感谢参与到研究中的患者的信任与理解; 最后感谢各位作者的指导与帮助。

作者贡献: 姚珍松、杨策凯进行研究设计, 研究实施及数据收集为蔡卓延、杨策凯、陈明、刘昊, 研究评估为张顺聪、姚珍松、崔健超, 文章撰写为杨策凯, 姚珍松、翁沛负责审核

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 该文章撰写遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重, 文章经小同行外审专家双盲审稿, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

- [1] IOLASCON G, DE SIRE A, CURCI C, et al. Osteoporosis guidelines from a rehabilitation perspective: systematic analysis and quality appraisal using AGREE II. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2021;57(2):273-279.
- [2] 邱敏丽, 谢雅, 王晓红, 等. 骨质疏松症患者实践指南 [J]. *中华内科杂志*, 2020,59(12):953-959.
- [3] 朱洁云, 高敏, 宋秋韵, 等. 中国老年人骨质疏松症患病率的 Meta 分析 [J]. *中国全科医学*, 2022,25(3):346-353.
- [4] SI L, WINZENBERG TM, JIANG Q, et al. Projection of osteoporosis-related fractures and costs in China: 2010-2050. *Osteoporosis Int.* 2015, 26(7):1929-1937.
- [5] 董明, 杨华清, 李强, 等. 经椎体后凸成形术治疗胸腰段椎体骨折伴腰骶部疼痛 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020,28(8):755-757.
- [6] 冯子田, 董乐乐, 王丰, 等. 经椎体后凸成形术治疗老年性骨质疏松性椎体压缩性骨折的近期疗效观察 [J]. *包头医学院学报*, 2022, 38(12):48-51.
- [7] 杨楠, 王胜宝, 刘双福, 等. 机器人辅助经皮穿刺椎体成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效分析 [J]. *华西医学*, 2022, 37(10):1471-1475.
- [8] BALASUBRAMANIAN A, ZHANG J, CHEN L, et al. Risk of subsequent fracture after prior fracture among older women. *Osteoporosis Int.* 2019;30:79-92.
- [9] 雷小平, 李勇, 晁建虎, 等. 腰椎稳定性与腰背肌退变的相关性分析 [J]. *中国综合临床*, 2015,31(11):1029-1031.
- [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 Back Musculoskelet Rehabil.* 2022. doi: 10.3233/BMR-220059.
- [11] ERLANDSON MC, LORBERGS AL, MATHUR S, et al. Muscle analysis using pQCT, DXA and MRI. *Eur J Radiol.* 2016;85(8):1505-1511.

- [12] SINELNIKOV A, QU C, FETZER DT, et al. Measurement of skeletal muscle area: comparison of CT and MR imaging. *Eur J Radiol.* 2016;85(10):1716-1721.
- [13] GALLAGHER D, VISSER M, DE MEERSMAN RE, et al. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol.* 1997;83(1):229-239.
- [14] WONG AKO, BEATTIE KA, MIN KKH, et al. Peripheral quantitative computed tomography-derived muscle density and peripheral magnetic resonance imaging-derived muscle adiposity: precision and associations with fragility fractures in women. *J Musculoskeletal Neuronal Interact.* 2014;14(4):401-410.
- [15] NAMM JP, THAKRAR KH, WANG CE, et al. A Semi-Automated Assessment of Radiographic Sarcopenia Using Psoas Area and Density Predicts Outcomes after Pancreaticoduodenectomy for Malignancy. *J Am Coll Surg.* 2016;223(4):e24.
- [16] KALICHMAN L, HODGES P, LI L, et al. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study. *Eur Spine J.* 2010;19:1136-1144.
- [17] 中华医学会骨科学分会. 骨质疏松性骨折诊疗指南(2022年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2022,42(22):1473-1491.
- [18] 蒋燕飞. 女性绝经后发生骨质疏松症的危险因素及其预防措施分析[J]. *中国妇幼保健*, 2021,36(12):2857-2859.
- [19] STREICHER C, HEYNY A, ANDRUKHOVA O, et al. Estrogen regulates bone turnover by targeting RANKL expression in bone lining cells. *Sci Rep.* 2017;7(1):1-14.
- [20] ZHA L, HE L, LIANG Y, et al. TNF- α contributes to postmenopausal osteoporosis by synergistically promoting RANKL-induced osteoclast formation. *Biomed Pharmacother.* 2018;102:369-374.
- [21] WANG WF, LIN CW, XIE CN, et al. The association between sarcopenia and osteoporotic vertebral compression refractures. *Osteoporos Int.* 2019;30:2459-2467.
- [22] 杨乐, 张宝, 管石侠, 等. 体质指数对类风湿关节炎患者发生肌少症的影响[J]. *安徽医科大学学报*, 2020,55(2):296-300.
- [23] 缪克团, 许兵, 王萧枫, 等. 绝经后女性肌少症与骨质疏松症的相关性研究[J]. *中国医药导报*, 2020,17(32):104-107+111.
- [24] GOMARASCA M, BANFI G, LOMBARDI G. Myokines: The endocrine coupling of skeletal muscle and bone. *Adv Clin Chem.* 2020;94:155-218.
- [25] HE C, HE W, HOU J, et al. Bone and muscle crosstalk in aging. *Frontiers in Cell and Dev Biol.* 2020;8:585644.
- [26] AL-GINDAN YY, HANKEY CR, LESLIE W, et al. Predicting muscle mass from anthropometry using magnetic resonance imaging as reference: a systematic review. *Nutr Rev.* 2014;72(2):113-126.
- [27] WAGNER H, ANDERS CH, PUTA CH, et al. Musculoskeletal support of lumbar spine stability. *Pathophysiology.* 2005;12(4):257-265.
- [28] 李沐风, 朱宇航, 刘宇龙, 等. 腰大肌的解剖学及其与腰大肌综合征的相关研究进展[J]. *中国实验诊断学*, 2021,25(3):466-468.
- [29] 徐森明, 覃兴乐. 多裂肌退变与脊柱疾病的关系研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2022,37(5):709-713.
- [30] 赵云芳, 滕范文, 香淑媚. PVP术后对邻近节段椎体生物力学影响的有限元分析[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2015,36(20):2980-2981.
- [31] CHEN Q, LEI C, ZHAO T, et al. Relationship between sarcopenia/paravertebral muscles and the incidence of vertebral refractures following percutaneous kyphoplasty: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23(1):1-8.
- [32] 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. *Arch Osteoporos.* 2021;16:1-7.
- [33] 王伟, 李危石, 陈仲强. 椎旁肌评价方法及其与腰椎疾病相关性的研究进展[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020,34(11):1462-1467.
- [34] XIONG A. P44. Computed tomography Hounsfield units accurately estimate the severity of cervical paraspinal muscle fat infiltration. *Spine J.* 2020;20(9):S167.
- [35] GOODPASTER BH, KELLEY DE, THAETE FL, et al. Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *J Appl Physiol.* 2000;89(1):104-110.
- [36] ENGELKE K, MUSEYKO O, WANG L, et al. Quantitative analysis of skeletal muscle by computed tomography imaging—State of the art. *J Orthop Trans.* 2018;15:91-103.
- [37] 张树宝, 王善金, 徐浩伟, 等. 躯干肌功能与骨质疏松性椎体骨折的相关性研究进展[J]. *脊柱外科杂志*, 2021,19(2):126-129+144.
- [38] HICKS GE, SIMONSICK EM, HARRIS TB, et al. Cross-sectional associations between trunk muscle composition, back pain, and physical function in the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005;60(7):882-887.
- [39] 高辉, 张堃, 黎芳丽, 等. Revolution CT物质分离技术探索腰椎椎旁肌内肌与脂含量随年龄的变化规律[J]. *临床放射学杂志*, 2020,39(6):1153-1157.
- [40] FROST HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. The Anatomical record part A, discoveries in molecular, cellular, and evolutionary biology. 2003;275(2):1081-1101.
- [41] ABDALA R, LEVI L, LONGOBARDI V, et al. Severe bone microarchitecture deterioration in a family with hereditary neuropathy: evidence of the key role of the mechanostat. *Osteoporos Int.* 2020;31:2477-2480.
- [42] WANG L, YOU X, LOTINUN S, et al. Mechanical sensing protein PIEZO1 regulates bone homeostasis via osteoblast-osteoclast crosstalk. *Nat Commun.* 2020;11(1):282.

(责任编辑: GD, ZN, QY, LJY)