

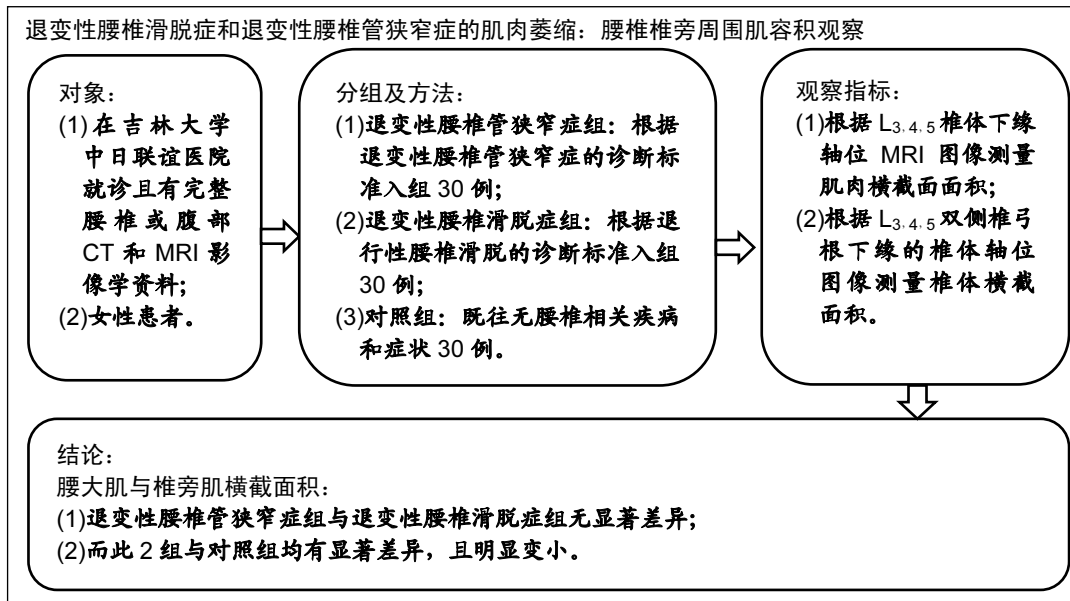
退变性腰椎滑脱症和腰椎管狭窄症与椎体周围肌容量的相关性： CT和MRI影像资料分析

戎飞龙¹, 尹若峰¹, 冯蒙蒙², 张伯寅¹, 刘艺¹, 赵宝林¹ (¹吉林大学中日联谊医院, 吉林省长春市 130033; ²大连医科大学附属北方战区总医院, 辽宁省沈阳市 110000)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.1294

ORCID: 0000-0002-4015-6726(戎飞龙)

文章快速阅读:



戎飞龙, 男, 1989 年生, 汉族, 吉林大学中日联谊医院在读硕士, 主要从事脊柱外科和小儿骨科相关疾病的研究。

通讯作者: 赵宝林, 教授, 吉林大学中日联谊医院, 吉林省长春市 130033

文献标识码: B
稿件接受: 2019-02-22



文题释义:

退变性腰椎滑脱症: 由于椎间盘退行性变、关节突关节紊乱、周围韧带松弛及椎间隙不稳等因素, 引起腰椎的椎体序列相对邻近的椎体产生移位, 而出现腰痛或腰腿痛等临床症状。

退变性腰椎管狭窄症: 因退变性导致的椎管、神经管以及椎间孔的狭窄, 引起的一系列腰腿痛及一系列神经系统症状出现。因为椎管的狭小, 出现以间歇性跛行为主要特征的腰腿痛。

摘要

背景: 既往的相关研究主要集中研究退变性腰椎滑脱症和下腰痛与椎旁肌容量之间的关系, 对于腰椎管狭窄症与椎旁肌的研究较少。

目的: 对比退变性腰椎滑脱症、椎管狭窄症患者和对照组之间椎旁肌、腰大肌横截面积的差异。

方法: 回顾分析在 2017 年 1 月至 2018 年 8 月同时行腹部或者腰椎 CT 和 MRI 扫描的 90 例女性患者的影像学资料, 根据疾病类型分为 3 组, 每组 30 例。A 组为 L_{4/5} 单一节段腰椎管狭窄症患者, B 组为 L_{4/5} 单一节段腰椎滑脱症患者, C 组(对照组)为既往无腰椎相关疾病和症状的人群。所有患者对诊疗方案均知情同意, 且得到医院伦理委员会批准。选取经过 L_{3.4.5} 椎体下缘的轴位 MRI 图像测量肌肉横截面积, 选取经过 L_{3.4.5} 双侧椎弓根下缘的椎体轴位图像测量椎体横截面积。使用 Image-PRO Plus 6.0 软件计算图像中目的肌肉和椎体的横截面积, 并进行组间对比。

结果与结论: ①3 组在年龄分布上差异无显著性意义($P=0.986$); ②腰大肌、椎旁肌横截面积: A 组与 B 组差异无显著性意义($P > 0.05$), 而 A、B 组均小于 C 组($P < 0.001$); ③椎体横截面积: 3 组之间差异无显著性意义($P > 0.05$); ④提示 L_{4/5} 单一节段退变性腰椎管狭窄症和退变性腰椎滑脱症患者, 在 L₃, L₄, L₅ 椎体下缘水平平均可以观察到腰大肌横截面积及椎旁肌横截面积较对照组减少, 且具有一致性, 但二者在肌肉减少的机制上可能不完全相同。

关键词:

腰大肌; 椎旁肌; 横截面积; 退变性腰椎滑脱; 退变性腰椎管狭窄; 腰椎 CT; 腰椎 MRI; 国家自然科学基金
中图分类号: R459.9

基金资助:

国家自然科学基金资助项目(81701225), 项目负责人: 张伯寅

Rong Feilong, Master candidate, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China

Corresponding author: Zhao Baolin, Professor, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China

Correlation between degenerative lumbar spondylolisthesis and spinal stenosis and muscle volume around the vertebral body: CT and MRI data analysis

Rong Feilong¹, Yin Ruofeng¹, Feng Mengmeng², Zhang Boyin¹, Liu Yi¹, Zhao Baolin¹ (¹China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China; ²General Hospital of Northern Theater Command Affiliated to Dalian Medical University, Shenyang 110000, Liaoning Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Previous studies have focused on the relationship between degenerative lumbar spondylolisthesis and low back pain and paraspinal muscle volume, and there are few studies on lumbar spinal stenosis and paraspinal muscle volume.

OBJECTIVE: To compare the differences in the cross-sectional areas of paravertebral muscles and psoas muscles between degenerative lumbar spondylolisthesis, degenerative lumbar spinal stenosis and control group.

METHODS: A retrospective analysis of the imaging data of 90 female patients undergoing abdominal or lumbar CT and MRI scans from January 2017 to August 2018 was performed. The patients were divided into group A, lumbar spinal stenosis at L_{4/5}, group B, lumbar spondylolisthesis at L_{4/5} and group C (control group), no lumbar disease or symptoms. All patients signed the informed consents and the study was approved by the ethics committee of the hospital. MRI images of the axial position through the lower edge of the L_{3, 4, 5} vertebrae were selected to measure the muscle cross-sectional area. The vertebral body axial image was measured through the lower edge of the L_{3, 4, 5} bilateral pedicles to measure the cross-sectional area of the vertebral body. The Image-PRO Plus 6.0 software was used to calculate the cross-sectional area of the target muscle and vertebral body in the image, and results were compared.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) There was no significant difference in the age distribution among groups ($P=0.986$). (2) There were no significant differences in the cross-sectional areas of psoas muscle and paraspinal muscle between groups A and B ($P > 0.05$), while the cross-sectional areas in the groups A and B were significantly less than those in the group C ($P < 0.001$). (3) There were no significant differences in vertebral cross-sectional areas among groups ($P > 0.05$). (4) In summary, in L_{4/5} single segment of degenerative lumbar spinal stenosis and degenerative lumbar spondylolisthesis patients, at L_{3, 4, 5} vertebral body lower level, the lower extremity cross-sectional areas and paraspinal muscle cross-sectional areas were decreased compared with the control group, with consistency, but the mechanisms of muscle reduction may not be exactly the same.

Key words: psoas muscle; paravertebral muscle; cross-sectional area; degenerative lumbar spondylolisthesis; degenerative lumbar spinal stenosis; lumbar CT; lumbar MRI; the National Natural Science Foundation of China

Funding: the National Natural Science Foundation of China, No. 81701225 (to ZBY)

0 引言 Introduction

腰椎的稳定性与多种原因有关, 腰部的核心肌群、腰椎的结构、椎间关节、关节囊韧带均有可能影响腰椎的稳定性。其中腰大肌及椎旁肌是构成其稳定性的重要组成部分^[1], 椎旁肌主要是指多裂肌和竖脊肌。椎旁肌和腰大肌作为脊柱动态稳定器的概念长期以来也被认可^[2-4], 腰大肌在腰椎的前倾和曲度维持上起主要作用^[5], 多裂肌主要参与腰椎的旋转运动^[6], 竖脊肌主要在腰椎的屈伸运动和力量维持方面起作用^[7]。在其他研究中也发现肌肉萎缩, 不仅仅是肌纤维量的减少, 也有肌纤维的改变^[8]。既往有学者研究发现, 腰大肌及椎旁肌横截面积越大, 所产生的张力越强, 对腰椎的稳定性也越有利^[9]。当腰大肌及椎旁肌力张力下降, 可能导致腰椎稳定性下降^[10-11], 腰椎稳定性下降又是继发退变性腰椎滑脱症的重要因素。朱康等^[12]的研究证实, 椎旁肌横截面积变化与退行性腰椎滑脱有密切相关性。从临床工作中发现, 多数腰椎滑脱症患者继发性有与腰椎管狭窄症相似的临床表现。而单纯的退变性腰椎管狭窄症是指因退变性因素导致组成椎管的骨性或纤维性组织异常, 引起椎管内的有效容量减小, 以致位于管道中的神经组织受压或刺激而产生功能障碍及一系列症状, 二者在临床表现上有较多的一致性。Ravindra等^[13]的一项荟萃分析结果认为全球约3.63%的人患有腰椎退行性变所致的疾病, 其中中低收入国家的患病人数总量是高收入国家的4倍。既往的相关研究主要集中研究退变性腰椎滑脱症和下腰痛与椎旁肌容量之间的关系, 对于腰椎管狭窄症的研究

较少。故文章旨在分析腰椎滑脱症患者、腰椎管狭窄症患者和对照组的腰大肌、椎旁肌在同一平面横截面积之间的关系, 并就可能的机制进行探讨。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析。

1.2 时间及地点 于2017年1月至2018年8月在吉林大学中日联谊医院脊柱外科及放射线科完成。

1.3 对象 该研究经伦理委员会审查, 并经委员会批准后。回顾分析在2017年1月至2018年8月在吉林大学中日联谊医院同时行腹部或者腰椎CT(Lightspeed VCT GE)和MRI(1.5T, siemens, Germany)扫描的女性患者的病历资料。

在已有的研究中发现CT或者MRI在腰大肌、椎旁肌的面积测算中, CT扫描和MRI测量肌肉横截面积的可靠性都是可以接受的^[14-15], 但是MRI在测量肌肉的面积上更有效, 误差更小^[16]。故选择CT图像计算椎体面积, MRI扫描图像计算肌肉横截面积。扫描时患者取仰卧位, 双膝下放置小枕头, 以使患者腰部及双下肢完全放松状态下。其中CT扫描时需有经过L_{3, 4, 5}椎弓根下缘的轴位图像, 腰椎MRI扫描时需有经过L_{3, 4, 5}椎体下缘的轴位图像。根据北美脊柱学会退行性腰椎滑脱(2014年修订)和退变性腰椎管狭窄症(2011年修订)的诊断和治疗方案^[17-18], 将患者分为3组, A组腰椎管狭窄症患者及B组腰椎滑脱症患者影像学资料均为在吉林大学中日联谊医院脊柱外科根据诊断标准明确

诊断为相关疾病的患者; C组对照组为在吉林大学中日联谊医院就诊且行腰椎或腹部CT和MRI, 但既往无腰椎相关疾病和症状的人群。各组入组人数均为30例。所有患者对诊疗方案均知情同意。

纳入标准: ①行腰椎或者腹部CT及MRI影像学检查明确诊断为仅L_{4/5}单一节段退变性腰椎滑脱症、椎管狭窄症, 并且出现相应临床症状超过半年的患者; ②对照组为既往无腰椎相关疾病和症状的人; ③具备完整影像学资料, 年龄在50-65岁; ④性别均为女性; ⑤均没有从事重体力劳动及腰肌的加强训练史。

排除标准: ①非退变性腰椎滑脱及腰椎管狭窄; ②非L_{4/5}节段为病变节段; ③非单一节段病变; ④无完整影像学资料; ⑤有其他脊柱相关疾病, 如脊柱畸形、脊椎肿瘤、脊椎骨折、创伤、手术等可能导致肌肉面积变化的疾病; ⑥存在其他影响数据测量的因素。

1.4 方法

1.4.1 影像资料获取 对已有扫描图像在Carestream PACS工作站(Carestream Health)上获取经过L_{3, 4, 5}双侧椎弓根下缘时的轴位图像。MRI检查结果中获取经过L_{3, 4, 5}椎体下缘的轴位图像测量肌肉横截面图像。

1.4.2 面积测量 将获取的图像由2人分别使用Image-PRO Plus 6.0 软件计算获取图像中椎体横截面积见**图1**, 腰大肌、椎旁肌横截面积见**图2**, 后取平均值作为标准值。根据已有文献报道, 患者的左右两侧的肌肉不对称性较高^[19], 故在计算面积时, 相同层面的肌肉面积比较时取双侧轴位横截面积之和。

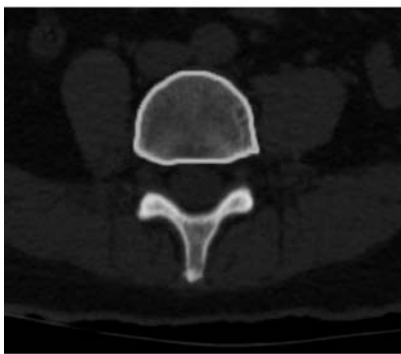
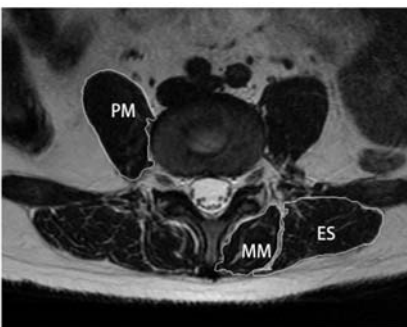


图1 椎体横截面积测量示意图
Figure 1 Schematic diagram of cross-sectional area measurement of vertebral bodies



图注: PM: 腰大肌; MM: 多裂肌; ES: 竖脊肌。

图2 肌肉横截面积测量示意图
Figure 2 Schematic diagram of muscle cross-sectional area measurement

1.5 主要观察指标 通过CT及MRI获取经过L_{3, 4, 5}椎体下缘的轴位MRI图像和经过双侧椎弓根下缘时的椎体轴位图像, 然后使用Image-PRO Plus 6.0软件计算图像中椎体和肌肉的横截面积。

1.6 统计学分析 使用SPSS 23.0(IBM SPSS Statistics)进行各组数据之间的差异性分析, 计数资料和计量资料分别以方差分析和t 检验计算。设定P值为0.05。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 纳入观察对象90例并分为3组, 获取全部研究所需资料后, 全部进入结果分析, 无脱落。

2.2 试验流程图 见**图3**。

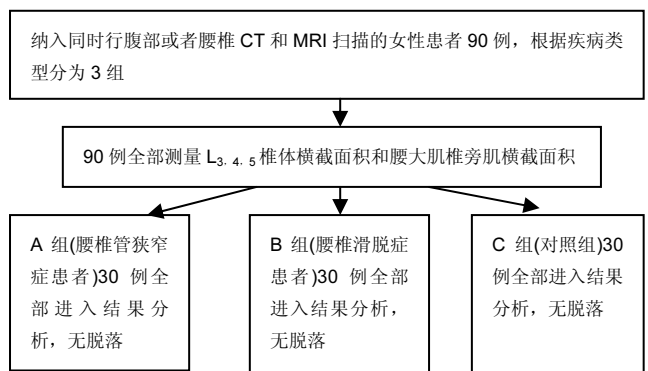


图3 各组患者分组流程图
Figure 3 Low chart of patient allocation

2.3 基线资料比较 3组之间的年龄及性别比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 见**表1**。

表1 各组基线资料比较 (n=30)
Table 1 Comparison of baseline data among groups

项目	A组	B组	C组	P值
女(n)	30	30	30	1.000
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	57.0 \pm 3.64	56.8 \pm 3.62	57.0 \pm 3.50	0.986

表注: A组为腰椎管狭窄症患者, B组为腰椎滑脱症患者, C组为既往无腰椎相关疾病和症状的人群。

2.4 各组椎体横截面积比较 3组在各椎体横截面积上差异均无显著性意义($P > 0.05$), 见**表2**。

表2 各组椎体横截面积比较 ($\bar{x} \pm s$, n=30, mm²)
Table 2 Comparison of cross-sectional areas of vertebral bodies among groups

项目	A组	B组	C组	F值	P值
L ₃ 椎体横截面积	1 177.8 \pm 66.0	1 187.1 \pm 54.5	1 181.0 \pm 58.4	0.193	0.824
L ₄ 椎体横截面积	1 214.3 \pm 67.0	1 218.6 \pm 57.0	1 219.4 \pm 58.2	0.096	0.908
L ₅ 椎体横截面积	1 323.3 \pm 64.5	1 341.9 \pm 64.9	1 137.8 \pm 63.9	1.227	0.298

表注: A组为腰椎管狭窄症患者, B组为腰椎滑脱症患者, C组为既往无腰椎相关疾病和症状的人群。

2.5 各组腰大肌及椎旁肌横截面积比较 腰大肌横截面积, A组与B组差异无显著性意义($P > 0.05$), 而A、B组均小于C组, 差异有显著性意义($P < 0.001$)。椎旁肌横截面积, A组与B组差异无显著性意义($P > 0.05$), 而A、B组均小于C组, 差异有显著性意义($P < 0.001$), 见表3。

表3 各组不同椎体腰大肌及椎旁肌横截面积比较 ($\bar{x} \pm s, n=30, \text{mm}^2$)
Table 3 Comparison of cross-sectional areas of psoas muscle and paraspinal muscle among groups

项目	A组	B组	C组
L ₃ 腰大肌横截面积	1 441.8±62.8 ^a	1 421.8±53.8 ^a	1 623.8±68.1
L ₄ 腰大肌横截面积	1 710.9±82.2 ^a	1 714.1±66.2 ^a	1 954.7±88.4
L ₅ 腰大肌横截面积	1 961.2±90.7 ^a	1 989.0±73.4 ^a	2 222.3±95.7
L ₃ 椎旁肌横截面积	3 082.2±182.2 ^a	3 043.6±186.0 ^a	3 419.5±169.0
L ₄ 椎旁肌横截面积	3 491.3±207.6 ^a	3 472.2±204.2 ^a	3 864.0±188.3
L ₅ 椎旁肌横截面积	4 082.6±241.8 ^a	4 045.6±236.8 ^a	4 520.3±220.5

表注: A组为腰椎管狭窄症患者, B组为腰椎滑脱症患者, C组为既往无腰椎相关疾病和症状的人群。与C组比较, ^a $P < 0.001$ 。

3 讨论 Discussion

随着人的机体老化, 肌肉会出现不同程度的萎缩现象, 影像学上的主要表现为腰肌横截面积的下降, 肌肉的减少导致肌肉的张力及强度的下降^[9], 不能够有效对抗机体负载, 进而导致腰椎的稳定性的改变, 发生退变性腰椎滑脱^[20]。退变性腰椎滑脱是指因退变因素引起腰椎的椎体序列相对邻近的椎体产生移位。发生腰椎滑脱后, 部分患者可以没有任何症状, 有时仅在影像学检查时发现, 也可能出现临床症状, 如腰腿疼痛、麻木、肌力下降, 严重时可出现尿便异常。此次研究中发现, 在退变性腰椎滑脱症的患者中腰大肌横截面积和椎旁肌横截面积与对照组的差异有显著性意义, 且较对照组的下降, 结果与既往相关研究的结果一致。

退变性的腰椎管狭窄症的临床表现特点以神经性间歇性跛行, 以及腰腿部的疼痛、无力及麻木为主, 在活动后出现或不出现明显加重。有学者研究发现, 下腰痛与腰部肌肉面积减少上有关性^[19, 21-24]。在Frank等^[25]的研究中, 发现患者在经历过疼痛症状一段时间后肌肉较对照组有明显减少。有研究认为, 疼痛时肌肉的减少可能是因为疼痛导致肌肉的使用减少, 从而产生失用性的萎缩^[15]。

在解剖学上多裂肌和竖脊肌由脊神经的背侧支配, 而腰大肌受到腰椎神经腹侧支的分支支配, 内侧椎旁肌从单根获得其神经支配, 而髂腹肌和背最长肌被认为受多个神经根支配。Wan等^[26]认为肌肉的萎缩与腰神经损伤后所导致的失神经萎缩有密切关系。在脊神经背根受到损害的6周后, 可以发现椎旁肌的萎缩表现^[27]。退变性腰椎管狭窄的患者, 多会伴有神经根出口部的狭窄, 导致神经根受压、损伤, 可以出现肌肉的失神经萎缩。此次研究中, 退变性腰椎管狭窄症的患者病史较长, 出现疼痛及神经损害表现持续时间较长, 退行性腰椎滑脱的临床特征通常与腰椎管

狭窄症有较高的相似性^[28], 这些可能是此次研究中发现退变性腰椎滑脱和退变性腰椎管狭窄患者各肌群面积上无明显差异的原因。

在既往的相关研究中, 多数可以观察到退变性腰椎滑脱症患者的腰大肌及椎旁肌横截面积减少, 这被认为是导致腰椎滑脱的主要因素^[4, 9, 12, 29]。但腰大肌及椎旁肌的减少不是导致腰椎滑脱症的唯一因素, 椎间盘的退变及椎体小关节角度的改变^[30-34], 滑膜的改变^[35], 可能都是腰椎滑脱的病因^[36]。在此次研究中, 发现在退变性腰椎管狭窄症患者中, 也可以观察到腰大肌椎旁肌横截面积的减少, 而在吉林大学中日联谊诊断明确且行手术治疗的退变性腰椎滑脱症患者同样出现与腰椎管狭窄症患者相似的疼痛症状, 以及神经受损害的表现, 这可能是导致退变性腰椎滑脱症患者腰大肌及椎旁肌横截面积减少的另一个原因。但并没有观察到腰大肌、椎旁肌横截面积的差异, 那么在是否存在一个肌肉减少的终点仍需要研究去探讨。

在既往研究退变性腰椎滑脱症与腰肌横截面积关系的多变量分析中发现, 通过规范的锻炼可以增加腰肌容量, 这对严重退变性腰椎滑脱症所致的腰椎功能障碍具有显著的保护作用^[37-38]。Wang等^[31]发现在退变的腰椎滑脱症患者中, 竖脊肌有代偿增加的现象。此次研究观察的结果是椎旁肌肌肉总量减少, 那么是否因为代偿机制并不能补偿导致肌肉减少的机制, 需要进一步研究。同样在退变性腰椎管狭窄症患者中, 是否可以同样通过规范锻炼增加腰肌的肌容量, 对因退变性腰椎管狭窄所导致的功能障碍有相同的保护作用也需探讨。在腰椎间盘突出患者中也发现了椎旁肌肉的减少^[27, 39], 所以腰大肌及椎旁肌横截面积的减小, 并不是退变性腰椎管狭窄和腰椎滑脱症患者所特有, 但是腰椎间盘突出症患者的肌肉减少量与此次试验是否有差异, 仍需要研究者进一步深入研究。

随着腰椎退变的发生, 在椎旁肌肉中也可以发现脂肪的浸润^[40]。Crawford等^[41]通过蒙特卡罗模拟实验研究认为, 椎旁肌的脂肪浸润似乎在18-60岁无腰痛等相关症状的成人中相对缓慢地发生。在研究腰痛与肌肉的脂肪浸润时, 发现在有腰痛症状的成人中有脂肪浸润现象, 并且女性较男性更明显^[42]。椎旁肌肉中脂肪的浸润量主要与疼痛有关^[43], 但是腰椎的稳定性有无明显联系, 尚无相关研究予以证实。在此次回顾性研究中, 测量肌肉面积及相关计算时, 没能够排除肌肉中的脂肪浸润量, 可能在肌容量的测量中存在一定误差。此外, 在退变性腰椎滑脱症与退变性腰椎管狭窄症的患者中, 肌萎缩程度可能存在一个终点。

结论: L_{4/5}单一节段的退变性腰椎管狭窄症和退变性腰椎滑脱症患者, 在L₃, L₄, L₅椎体下缘水平均可以观察到腰大肌横截面积及椎旁肌横截面积较对照组减少, 且有一致性, 但二者在肌肉减少的机制上可能不完全相同。退变性腰椎滑脱症患者可能是由于肌肉的减少成为导致腰椎滑

脱的一个原因, 而腰椎滑脱所产生的临床症状, 使之发生了去神经萎缩及失用性萎缩, 又进一步加剧了肌容量的减少; 而退变性腰椎管狭窄症患者中肌容量的减少主要是由于去神经萎缩和失用性萎缩, 但是肌萎缩可能存在一个终点。

致谢: 感谢吉林大学中日联谊医院脊柱外科各位老师为研究样本提供资料信息, 感谢放射线科为图像获取提供的便利。

作者贡献: 研究设计为第一、二、四作者; 试验实施为第一、三、五作者, 通讯作者负责文章审核。

经费支持: 该文章接受了“国家自然科学基金(81701225)”的基金资助。所有作者声明, 经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 该文章在获取影像学资料时使用了 GE 公司计算机断层扫描和西门子公司的磁共振成像系统。文章的全部作者声明, 没有接受这些公司的任何资助, 在课题研究和文章撰写过程, 不存在利益冲突。

机构伦理问题: 该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和吉林大学中日医院对研究的相关伦理要求。实施相关疾病诊疗和影像学资料采集的医疗机构符合相关的资质要求。

知情同意问题: 参与试验的患病个体均对诊疗过程完全知情同意, 充分了解相关检查风险及影像学采集集中存在的放射线辐射风险, 并签署知情同意书。

写作指南: 该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND 声明)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 文章统计学方法已经吉林大学中日联谊医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

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。

4 参考文献 References

- [1] Wagner H, Anders CH, Puta CH, et al. Musculoskeletal support of lumbar spine stability. *Pathophysiology*.2005;12(4):257-265.
- [2] Ward SR, Kim CW, Eng CM, et al. Architectural analysis and intraoperative measurements demonstrate the unique design of the multifidus muscle for lumbar spine stability. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(1): 176-185.
- [3] Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review. *PM R*. 2010;2(2):142-146.
- [4] Vives MJ. The paraspinal muscles and their role in the maintenance of global spinal alignment. Another wrinkle in an already complex problem. *Spine J*. 2016;16(4): 459-461.
- [5] Regev GJ, Kim CW, Tomiya A, et al. Psoas muscle architectural design, in vivo sarcomere length range, and passive tensile properties support its role as a lumbar spine stabilizer. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36(26): E1666-E1674.
- [6] Andersson EA, Grundström H, Thorstensson A. Diverging intramuscular activity patterns in back and abdominal muscles during trunk rotation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(6): E152-160.
- [7] Ng JK, Richardson CA, Jull GA. Electromyographic amplitude and frequency changes in the iliocostalis lumborum and multifidus muscles during a trunk holding test. *Phys Ther*. 1997;77(9): 954-961.
- [8] Mannion AF, Käser L, Weber E, et al. Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *Eur Spine J*. 2000;9(4): 273-281.
- [9] 韦以宗,田新宇,王慧敏,等. 腰大肌与腰椎运动力学关系动物实验研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2011, 29(1): 97-99.
- [10] Eguchi Y, Suzuki M, Yamanaka H, et al. Associations between sarcopenia and degenerative lumbar scoliosis in older women. *Scoliosis Spinal Disord*. 2017;12: 9.
- [11] Ranger TA, Cicuttini FM, Jensen TS, et al. Are the size and composition of the paraspinal muscles associated with low back pain? A systematic review. *Spine J*. 2017;17(11): 1729-1748.
- [12] 朱康,孙根文,乔培柳,等. 椎旁肌横截面积变化可导致退行性腰椎滑脱[J]. *中国组织工程研究*,2014,18(9):1392-1397.
- [13] Ravindra VM, Senglaub SS, Rattani A, et al. Degenerative lumbar spine disease: estimating global incidence and worldwide volume. *Global Spine J*. 2018;8(8): 784-794.
- [14] 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. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(13): E868-874.
- [15] Suh DW, Kim Y, Lee M, et al. Reliability of histographic analysis for paraspinal muscle degeneration in patients with unilateral back pain using magnetic resonance imaging. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2017; 30(3): 403-412.
- [16] Ranson CA, Burnett AF, Kerslake R, et al. An investigation into the use of MR imaging to determine the functional cross sectional area of lumbar paraspinal muscles. *Eur Spine J*. 2006;15(6): 764-773.
- [17] Society NAS. *Diagnosis and Treatment of Degenerative Lumbar Spondylolisthesis 2nd Edition*. North American Spine Society, 2014. 2nd Edition.
- [18] Society NAS. *Diagnosis and Treatment of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis*. North American Spine Society, 2011.
- [19] Barker KL, Shamley DR, Jackson D. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain: the relationship to pain and disability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(22): E515-519.
- [20] Landi A, Gregori F, Marotta N, et al. Hidden spondylolisthesis: unrecognized cause of low back pain? Prospective study about the use of dynamic projections in standing and recumbent position for the individuation of lumbar instability. *Neuroradiology*. 2015; 57(6): 583-588.
- [21] Arbanas J, Pavlovic I, Marijancic V, et al. MRI features of the psoas major muscle in patients with low back pain. *Eur Spine J*. 2013; 22(9): 1965-1971.
- [22] Modic MT, Ross JS. Lumbar degenerative disk disease. *Radiology*. 2007;245(1): 43-61.

- [23] Hides J, Gilmore C, Stanton W, et al. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther*. 2008;13(1): 43-49.
- [24] Dangaria TR, Naesh O. Changes in cross-sectional area of psoas major muscle in unilateral sciatica caused by disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(8): 928-931.
- [25] Franke J, Hesse T, Tournier C, et al. Morphological changes of the multifidus muscle in patients with symptomatic lumbar disc herniation. *J Neurosurg Spine*. 2009;11(6): 710-714.
- [26] Wan Q, Lin C, Li X, et al. MRI assessment of paraspinal muscles in patients with acute and chronic unilateral low back pain. *Br J Radiol*. 2015;88(1053): 20140546.
- [27] Yaltırık K, GÜdü BO, Işık Y, et al. Volumetric muscle measurements indicate significant muscle degeneration in single-level disc herniation patients. *World Neurosurg*. 2018; 116: e500-e504.
- [28] Matz PG, Meagher RJ, Lamer T, et al. Guideline summary review: An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2016;16(3): 439-448.
- [29] 闫广辉,李志赏,赵磊,等. 退行性腰椎滑脱症患者椎旁肌变化的影像学分析[J]. *中国临床研究*, 2017, 30(4): 509-511.
- [30] Jayakumar P, Nnadi C, Saifuddin A, et al. Dynamic degenerative lumbar spondylolisthesis: diagnosis with axial loaded magnetic resonance imaging. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(10): E298-301.
- [31] Wang G, Karki SB, Xu S, et al. Quantitative MRI and X-ray analysis of disc degeneration and paraspinal muscle changes in degenerative spondylolisthesis. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2015;28(2): 277-285.
- [32] 闫广辉,高春光,李华,等. 腰椎小关节三维角度与退行性腰椎滑脱症的相关性研究[J]. *实用放射学杂志*, 2015,31(5): 810-812.
- [33] Morimoto M, Higashino K, Manabe H, et al. Age-related changes in axial and sagittal orientation of the facet joints: Comparison with changes in degenerative spondylolisthesis. *J Orthop Sci*. 2019;24(1):50-56.
- [34] Liu X, Zhao X, Long Y, et al. Facet sagittal orientation: possible role in the pathology of degenerative lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43(14): 955-958.
- [35] Ramhmdani S, Ishida W, Perdomo-Pantoja A, et al. Synovial cyst as a marker for lumbar instability: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2019;122:e1059-e1068.
- [36] 乔培柳,塔依尔·阿不都哈德尔. 腰椎退行性疾病椎旁肌的渐进变化[J]. *中国组织工程研究*, 2014,18(44): 7205-7210.
- [37] Wagner SC, Sebastian AS, McKenzie JC, et al. Severe lumbar disability is associated with decreased psoas cross-sectional area in degenerative spondylolisthesis. *Global Spine J*. 2018; 8(7): 716-721.
- [38] Lescher S, Bender B, Eifler R, et al. Isometric non-machine-based prevention training program: effects on the cross-sectional area of the paravertebral muscles on magnetic resonance imaging. *Clin Neuroradiol*. 2011; 21(4): 217-222.
- [39] 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. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1): 167.
- [40] Crawford RJ, Elliott JM, Volken T. Change in fatty infiltration of lumbar multifidus, erector spinae, and psoas muscles in asymptomatic adults of Asian or Caucasian ethnicities. *Eur Spine J*. 2017;26(12): 3059-3067.
- [41] Crawford RJ, Volken T, Valentin S, et al. Rate of lumbar paravertebral muscle fat infiltration versus spinal degeneration in asymptomatic populations: an age-aggregated cross-sectional simulation study. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016; 11: 21.
- [42] Kjaer P, Bendix T, Sorensen JS, et al. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Med*. 2007; 5: 2.
- [43] 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. *Spine J*. 2015; 15(7): 1593-1601.