

退变性腰椎侧凸患者椎旁肌退变与术后近端交界性后凸的相关性研究

袁磊¹, 陈萧霖², 曾岩¹, 陈仲强¹, 齐强¹, 郭昭庆¹, 李危石¹, 孙垂国¹, 张心灵¹, 买硕¹

(1 北京大学第三医院骨科 100191 北京市; 2 重庆医科大学附属第二医院骨科 400010 重庆市)

【摘要】目的:探讨退变性腰椎侧凸(degenerative lumbar scoliosis, DLS)患者术前腰椎椎旁肌肉的退变程度与后路长节段固定融合术后近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)发生的关系。**方法:**本研究共纳入 52 例 DLS 患者, 根据末次随访是否发生 PJK 分为 PJK 组(10 例)及无 PJK(non-PJK)组(42 例)。影像学评估包括脊柱骨盆矢状位参数、腰椎椎旁肌肌量(肌肉与椎体/椎间盘横截面积比值)以及肌肉-脂肪指数(肌肉与皮下脂肪的平均信号强度之比)。利用 Logistic 回归分析 PJK 发生的危险因素。比较两组患者一般资料、术前及随访时腰痛 VAS 及健康相关生活质量评分(SRS-22)。**结果:**本组患者 PJK 发生率为 19.23%。患者手术年龄、性别、身体质量指数、患病时长、糖尿病、截骨及椎间融合、固定节段数、减压节段数、骨密度 T 值在 PJK 组及无 PJK 组均未见明显统计学差异。术前骨矿盐密度(bone mineral density, BMD)较低、术前胸腰段后凸角(TLK)较大、术中胸椎后凸角(TK)矫正过大、最上端固定椎(UIV)位于 T12-L1、术后即刻交界性后凸角(PJA)过大、术前骶骨倾斜角(SS)较小、术后 PJA 变化值较大、腰背伸肌群脂肪退变明显可能与腰椎退变性侧凸长节段固定术后发生 PJK 相关。通过 Logistic 回归分析发现, 术前 SS<25°(OR=12.902, P=0.046)、术后即刻 PJA 增大≥3.6°(OR=21.940, P=0.015)、腰背伸肌肌肉-脂肪指数≥27.65(OR=11.749, P=0.019)为发生 PJK 的独立危险因素。PJK 患者的随访腰痛 VAS 及 SRS-22 功能状态评分较 non-PJK 组差。**结论:**DLS 术后发生 PJK 患者, 术前腰椎椎旁肌肌量较低、脂肪退变明显。术前 SS<25°、术后即刻 PJA 增大≥3.6°、腰背伸肌肌肉-脂肪指数≥27.65 为发生 PJK 的独立危险因素。

【关键词】退变性腰椎侧凸; 椎旁肌退变; 近端交界性后凸

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.05.07

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-05-0425-09

The association between the degeneration of the paraspinal muscles in patients with degenerative lumbar scoliosis and the postoperative proximal junctional kyphosis (PJK)/YUAN Lei, CHEN Xiaolin, ZENG Yan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2018, 28(5): 425-433

【Abstract】Objectives: To investigate the relationship between the degeneration of preoperative lumbar paravertebral muscles and the incidence of proximal junctional kyphosis (PJK) in degenerative lumbar scoliosis (DLS) patients after posterior long instrumented spinal fusion. **Methods:** Fifty-two patients diagnosed with DLS were included. According to the occurrence of PJK at final follow-up, patients were divided into two groups: PJK group(10 cases) and non-PJK group(42 cases). Radiographic assessment included pelvic parameters, lumbar muscularity (the ratio between the cross-sectional area of the muscle and the intervertebral disk/vertebral body) and the muscle-fat index (the ratio between the mean signal intensity of the muscle and that of the subcutaneous fat within regions of interest). Logistic regression analysis was used to explore the risk factors of PJK. Preoperative and follow-up health related quality of life scores were compared between PJK group and non-PJK group. **Results:** The prevalence of PJK was 19.23%. Age at surgery, gender, BMI, duration of disease, diabetes mellitus, osteotomy, fused levels, fixation levels, decompression levels, UIV level, LIV level and

基金项目: 2016 年北京市自然科学基金资助项目(编号: 7162198)

第一作者简介: 男(1991-), 博士研究生, 研究方向: 脊柱外科

并列第一作者: 陈萧霖

电话: (010)82267011 E-mail: xyz_333@qq.com

通讯作者: 曾岩 E-mail: zeng-yan@medmail.com.cn

T-score were not significantly different between PJK and non-PJK group. Preoperative lower bone mineral density (BMD), preoperative smaller SS, larger preoperative TLK angle, larger TK correction and changes of proximal junctional angle (PJA) during operation, UIV at T12-L1, larger PJA immediately after surgery, and lower lumbar muscularity and higher fatty degeneration might lead to PJK after long instrumented spinal fusion for degenerative lumbar scoliosis. Patients with PJK had worse back pain VAS score and SRS-22 activity score. When included in a multivariate logistic regression model, preoperative $SS < 25^\circ$ ($OR = 12.902$, $P = 0.046$), immediate postoperative PJA increase $\geq 3.6^\circ$ ($OR = 21.940$, $P = 0.015$) and lean muscle-fat index of paraspinal extensor muscle > 27.65 ($OR = 11.749$, $P = 0.019$) were independent risk factors for PJK. **Conclusions:** DLS patients with PJK have lower lumbar muscularity and higher fatty degeneration before surgery than patients without PJK. Preoperative $SS < 25^\circ$, immediate postoperative PJA increase $\geq 3.6^\circ$ and lean muscle-fat index of paraspinal extensor muscle > 27.65 are independent risk factors for PJK.

【Key words】 Degenerative lumbar scoliosis; Degeneration of the paraspinal muscles; Proximal junctional kyphosis

【Author's address】 Orthopaedic Department, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

退变性腰椎侧凸 (degenerative lumbar scoliosis, DLS) 长节段融合术后发生近端交界性后凸 (proximal junctional kyphosis, PJK) 已成为脊柱矫形手术的巨大挑战^[1]。既往对 DLS 术后 PJK 发生的危险因素研究多集中于个体因素 (年龄、肥胖)、手术相关因素及术前矢状位参数等^[2-4], 而椎旁肌退变与术后 PJK 发生的关系仅有少量研究关注^[2-5], 目前尚无关于腰椎椎旁肌退变与 DLS 长节段固定融合术后 PJK 发生的关系报道。本研究旨在探究腰椎椎旁肌退变与 DLS 长节段固定融合术后 PJK 发生的关系。

1 资料与方法

本研究为单中心回顾性研究。回顾性分析 2009 年 4 月~2014 年 5 月在我院骨科腰椎组行后路选择性减压、长节段固定融合手术的 52 例 DLS 患者。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 45 岁; (2) 固定椎体数 ≥ 5 个, 且上端固定椎体 (upper instrumented vertebra, UIV) 位于胸腰段; (3) 采用第三代全椎弓根螺钉内固定系统; (4) 随访时间 ≥ 24 个月; (5) 临床资料和影像学资料完整。排除标准包括: 特发性脊柱侧凸、神经肌肉型脊柱侧凸、非结构性脊柱侧凸、脊柱肿瘤、脊柱结核、强直性脊柱炎、休门氏病、脊柱手术史、脊柱外伤史和髋关节手术史等。

1.1 一般资料及影像学测量

一般资料包括: 性别、年龄、身高、体重、体重指数 (body mass index, BMI)、病程、是否合并糖尿病、骨矿盐密度 (bone mineral density, BMD) 和骨密度 T 值。以双能 X 线吸收测量法 (DEXA) 测

量腰椎的 BMD 值为标准, 按世界卫生组织的定义, T 值小于或等于同性别青年人骨峰值 BMD 的 $-2.5S$ 诊断为骨质疏松; $-1.0S \leq T \leq 1.0S$ 诊断为正常; $-2.5 < T < -1.0S$ 诊断为骨量减少; $T \leq -2.5S$ 且伴有一处或多处骨质疏松性骨折, 诊断为严重骨质疏松。手术资料包括: 固定融合节段数、最上端固定椎 (upper instrumented vertebra, UIV) 位置、最下端固定椎 (lowest instrumented vertebra, LIV) 位置、截骨操作、椎间融合。用以下临床评分评价患者术前、随访时的健康相关生活质量 (health related quality of life, HRQOL): 腰痛、下肢痛视觉模拟量表评分 (visual analog scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)、JOA-29 腰腿痛评分系统 (Japanese orthopaedic association-29, JOA-29)、脊柱侧凸研究会-22 问卷 (scoliosis research society-22, SRS-22)。SRS-22 包括功能状况、疼痛、自我形象、心理状况和治疗满意度共 5 个维度, 其中治疗满意度仅在随访时评价。

所有患者在术前、术后即刻 (术后 2 周内) 和末次随访时拍摄标准站立位全脊柱正侧位 X 线片。所有测量均由有经验的两名脊柱外科医师在 PACS (picture archiving and communication system, 美国 GE 公司) 系统上测量, 结果取两次不同时间测量值的平均数。测量参数: (1) 胸椎后凸角 (TK), T5 椎体上终板与 T12 椎体下终板的夹角; (2) 胸腰段后凸角 (TLK), T10 椎体上终板与 L2 椎体下终板的夹角; (3) 腰椎前凸角 (LL), L1 椎体上终板与 S1 椎体上终板的夹角; (4) 骨盆入射角

(PI), 经 S1 上终板中点至两侧股骨头中心连线的中点作连线, 经 S1 上终板中点作上终板的垂线, 两线夹角为 PI; (5) 骨盆倾斜角 (PT), 经 S1 上终板中点至两侧股骨头中心连线的中点作连线, 该线与铅垂线的夹角为 PT; (6) 骶骨倾斜角 (SS), S1 上终板与水平线的夹角; (7) 矢状位平衡 (SVA), C7 铅垂线与骶骨后上角之间的垂直距离, C7 铅垂线在骶骨后上角前方 SVA 为正、在后方 SVA 为负; 定义 SVA 在 $-50 \sim 50 \text{ mm}$ 范围内为 SVA 平衡; (8) 交界区后凸角 (proximal junctional angle, PJA), 表示 UIV+2 上终板与 UIV 下终板的夹角; (9) PI-LL, 考虑到角度符号, $\text{PI-LL} = \text{PI} - (-\text{LL})$ 。定义 PJK 为 UIV 下终板与 UIV+2 上终板的夹角 (交界区后凸角) 在术后 $\geq 10^\circ$ 且较术前增加 $\geq 10^\circ$, 根据术前及随访的影像学测量按病人是否发生 PJK 将其分为 PJK 组及无 PJK (non-PJK) 组。

1.2 椎旁肌评估

所有入选患者术前均完善腰椎 MRI 检查。MRI 检查采用 Siemens Magnetom Trio Tim 3.0T、GE Signa HDxT 3.0T 或 Siemens Magnetom Sonata 1.5T 设备, 使用体表线圈, 分别行常规 T1WI、T2WI 扫描, 层厚 3.0mm, 层间距 3.3mm, 各序列扫描参数: T1WI TR 400~800ms, TE 10~30ms; T2WI TR 2500~4000ms, TE 50~120ms。扫描完成后, 图像以医学数字图像及通信标准 (digital imaging and communications in medicine, DICOM) 形式存储在医院图片存档及通信系统 (picture archiving and communication system, PACS)。

利用 PACS, 在腰椎 MRI 矢状位图像上选择位于 L1/2、L2/3、L3/4、L4/5、L5/S1 椎间盘中间的轴位 T2 加权像测量椎旁肌 (竖脊肌、多裂肌、腰大肌及腰方肌 quadratus lumborum, QL) 的横截面积 (cross-sectional area, CSA) (mm^2), 测量层面选择与上一椎体的下终板平行。利用 PACS 系统的自由绘制感兴趣区域 (region of interest, ROI) 工具沿着外边缘画出该区域的形态, 测出 CSA^[5]。沿着每侧纯肌肉边界画出 ROI, 测量功能横截面积 (functional cross-sectional area, FCSA) 或称之为无脂肪横截面积 (Fat-free cross-sectional area, FCSA), FCSA 不包含附近的脂肪、骨性结构及其他软组织, 在同一平面沿着肌肉外周长测出包含脂肪的肌肉 CSA 定义为总横截面积 (gross cross-

sectional area, GCSA)^[6]。由于很难界定 PS 及 QL 的 GCSA 外周边界, 我们参照 Xu 等^[9]的做法仅测量了 FCSA。为了消除患者体型大小的误差, 我们测量了患者同一轴位椎间盘的 CSA (如果患者椎间盘发生突出等形态学改变, 利用上一椎体中部的 CSA 代替), 使用肌肉-椎间盘/椎体的比值乘以 100% 来评估患者的椎旁肌相对面积 (relative CSA)^[9]。椎旁肌退变也受患者脂肪及结缔组织沉积的影响, 我们利用对应 ROI 的 MRI T2 加权像信号强度 (signal intensity, SI) 来评估患者的肌肉退变情况。ROI 内肌肉 SI 使用平均值 $\pm$ 标准差表示, 为了减少个体间及不同机器间脂肪组织 SI 差异, 脂肪改变程度使用每个平面肌肉脂肪指数 (muscle-fat index)^[7] 及脂肪浸润程度表示。肌肉脂肪指数是肌肉与对应皮下脂肪平均 SI 的比值乘以 100%, 脂肪浸润程度使用脂肪浸润率 (fatty infiltration rate, FIR) $= (\text{GCSA} - \text{FCSA}) / \text{GCSA} \times 100\%$ 表示^[8] (图 1、表 1)。由于多裂肌及竖脊肌联系密切, 协同在脊柱后方维持脊柱的稳定性, 将其合并看作椎旁伸肌 (paraspinal extensor muscle, PSE)。为了检测测量者间及测量者内部的可重复性及可信度, 两位测量者分别独立测量两次, 两次测量时间间隔至少 2 周。

1.3 数据分析

使用 Statistical Product and Service Solutions software (SPSS, 第 22 版, 美国 IBM 公司) 软件分析数据。连续变量表达为平均值 $\pm$ 标准差, 分类变量表达为频数和 (或) 百分比。对比两组组间或组内参数时, 对符合正态分布的计量资料进行独立或配对样本 t 检验, 对不符合正态分布的计量资料进行独立或配对样本 Mann-Whitney U 检验, 对计数资料采取 χ^2 检验或 Fisher 检验。比较计数资料采取 χ^2 检验或 Fisher 检验, 利用 ROC 曲线拐点法确定界值, 将有统计学意义的单变量转换为二分类变量。用 Logistic 回归模型进行多变量分析, 筛选方法 Backward Stepwise (Wald)。使用单因素方差分析及组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 评价测量者内部可重复性及测量者间可信度。根据 Fleiss 指南^[5], ICCs 低于 0.40 表示可信度差, 介于 0.40~0.75 表示可信度一般, 高于 0.75 表示可信度良好。设定 $P < 0.05$ 有统计学意义。

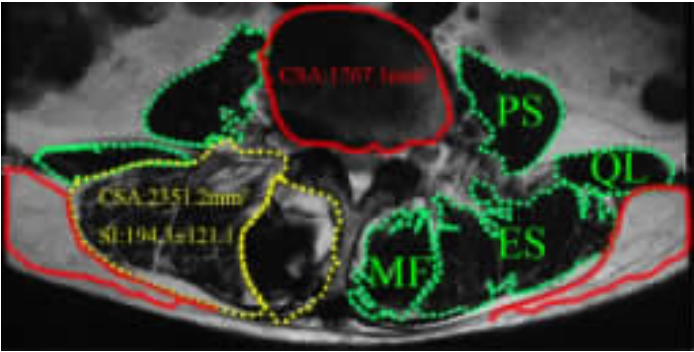


图 1 功能横截面积、总横截面积及 T2 信号强度的测量。绿色虚线示肌肉的功能横截面积(FCSA), 不包括邻近脂肪、骨结构及其他组织;黄色虚线表示包括脂肪的肌肉总面积(GCSA);红色实线为腰椎间盘(上)及皮下脂肪(下);PS:腰大肌,QL:腰方肌,ES:竖脊肌,MF:多裂肌

Figure 1 Measurement of FCSA, GCSA and T2 signal intensity. The green dotted line showed the measurement of muscle functional cross-sectional area and T2 signal intensity to avoid nearby fat,

bony structures, and other soft tissues. The region of interest included intramuscular fat outlined for gross cross-sectional area and T2 signal intensity is shown with the yellow dotted line. The red solid line showed the ROI of intervertebral disc (Top) and the subcutaneous fat (Bottom). PS: psoas; QL: quadratus lumborum; ES: erector spinae; MF: multifidus

表 1 本研究中的磁共振成像参数

Table 1	MRI parameters included in our study
	定义 Definition
横截面积 Cross-sectional area(CSA)	某一 ROI 的横截面积 The cross-sectional area of the region of interest
总横截面积 Gross cross-sectional area(GCSA)	肌肉总横截面积 The area of the total muscle including any areas of intramuscular fat
功能横截面积 Functional cross-sectional area (FCSA)	不含脂肪的纯肌肉面积 The area of lean muscle tissue excluding fatty infiltration
相对总横截面积 Relative GCSA(rGCSA)	GCSA/椎间盘或椎体 CSA×100% GCSA/CSA of intervertebral disc or vertebral body×100%
相对功能横截面积 Relative FCSA(rFCSA)	FCSA/椎间盘或椎体 CSA×100% FCSA/CSA of intervertebral disc or vertebral body×100%
总肌肉-脂肪指数 Total muscle-fat index(TMFI)	总肌肉 SI/皮下脂肪 SI×100% Mean signal intensity of total muscle-subcutaneous fat ratio×100%
肌肉-脂肪指数 Lean muscle-fat index(LMFI)	纯肌肉 SI/皮下脂肪 SI×100% Mean signal intensity of lean muscle-subcutaneous fat ratio×100%
脂肪浸润率 Fatty infiltration rate(FIR)	(GCSA-FCSA)/GCSA×100%

2 结果

本研究共纳入 52 例患者, 其中有 10 例患者出现 PJK, PJK 的发生率为 19.23%。手术年龄、性别、BMI、患病时间、糖尿病、截骨及椎间融合、固定节段数、减压节段数、T 值在 PJK 组及无 PJK 组均未见明显统计学差异 (表 2)。骨矿盐密度 (bone mineral density, BMD)降低 (BMD:0.77 vs

表 2 研究对象的基本资料

Table 2	Characteristics of two groups with or without the occurrence of PJK	
	PJK组 PJK group (n=10)	无 PJK 组 Non-PJK group (n=42)
手术年龄(岁) Age at surgery(y)	61.4±7.85	63.48±6.13
性别(男:女) Sex(Man:Female)	1:9	6:36
身体质量指数 Body Mass Index	28.20±3.52	26.11±3.76
患病时间(年) Duration of disease	13.82±10.12	12.89±11.65
糖尿病 Diabetes mellitus	2	6
截骨 Osteotomy	5	24
椎间融合 Fusion	7	26
固定节段数 Fixation levels	6.30±0.95	6.74±1.36
减压节段数 Decompression levels	4.4±1.17	4.09±1.0
骨密度 # (g/cm ²) BMD (g/cm ²)	0.77±0.084	0.91±0.18 ^①
骨密度 T 值 T-value	-2.39±1.00	-1.32±1.91

注:①与 PJK 组比较 $P<0.05$; #12 例未测术前骨密度 (PJK 组 4 例, 无 PJK 组 8 例)

Note: ①Compared with group PJK, $P<0.05$; #12 cases lack preoperative BMD (4 cases in PJK group and 8 cases in non-PJK group)

0.91, $P=0.037$), 腰椎椎旁肌横截面积减小 (FCSA: 209.75 vs 248.78, $P=0.025$) 及脂肪退变的增加 (LMFI: 27.59 vs 18.68, $P<0.01$; FIR: 51.39% vs. 31.10%, $P=0.001$) 与 DLS 术后 PJK 的发生具有显

表 3 两组肌肉相对横截面积

Table 3 Lumbar muscularity (CSA of muscle-vertebral body/intervertebral disc ratio $\times 100$) of the paraspinal muscles of two groups using MRI

	节段 level	PJK组(n=10) PJK group (n=10)	无 PJK 组(n=42) non-PJK group (n=42)
腰大肌相对功能横截面积 rFCSA of PS	L1/2	25.45 $\pm$ 10.58	22.47 $\pm$ 10.03
	L2/3	50.07 $\pm$ 17.25	43.97 $\pm$ 9.49
	L3/4	70.64 $\pm$ 24.95	63.96 $\pm$ 16.12
	L4/5	87.19 $\pm$ 27.94	90.88 $\pm$ 21.15
	L5/S1	120.96 $\pm$ 35.02	107.35 $\pm$ 31.1
腰方肌相对功能横截面积 rFCSA of QL	L1/2	15.20 $\pm$ 6.66	17.27 $\pm$ 5.81
	L2/3	25.60 $\pm$ 8.47	21.55 $\pm$ 8.25
	L3/4	36.67 $\pm$ 12.04	31.18 $\pm$ 11.8
	L4/5	27.81 $\pm$ 13.58	33.08 $\pm$ 17.32
	L5/S1	—	—
竖脊肌相对功能横截面积 rFCSA of ES	L1/2	136.12 $\pm$ 45.83	175.62 $\pm$ 44.4 ^①
	L2/3	121.76 $\pm$ 48.71	137.97 $\pm$ 36.06
	L3/4	98.61 $\pm$ 32.91	117.10 $\pm$ 30.11
	L4/5	79.47 $\pm$ 30.63	98.46 $\pm$ 31.31
	L5/S1	41.02 $\pm$ 23.97	57.55 $\pm$ 28.99 ^①
竖脊肌相对总横截面积 rGCFA of ES	L1/2	237.33 $\pm$ 38.95	228.01 $\pm$ 54.69
	L2/3	223.4 $\pm$ 56.97	186.41 $\pm$ 39.73
	L3/4	180.89 $\pm$ 45.83	160.03 $\pm$ 33.88
	L4/5	161.42 $\pm$ 45.11	142.55 $\pm$ 38.18
	L5/S1	127.82 $\pm$ 40.18	104.28 $\pm$ 43.56
多裂肌相对功能横截面积 rFCSA of MF	L1/2	13.95 $\pm$ 4.31	25.39 $\pm$ 9.77 ^①
	L2/3	16.93 $\pm$ 7.55	29.98 $\pm$ 11.31 ^①
	L3/4	24.32 $\pm$ 12.21	35.40 $\pm$ 12.13 ^①
	L4/5	37.50 $\pm$ 23.19	53.9 $\pm$ 20.29 ^①
	L5/S1	51.11 $\pm$ 31.04	63.17 $\pm$ 24.88
多裂肌相对总横截面积 rGCFA of MF	L1/2	35.81 $\pm$ 11.85	38.36 $\pm$ 13.47
	L2/3	39.11 $\pm$ 11.16	42.07 $\pm$ 13.38
	L3/4	53.66 $\pm$ 15.87	53.64 $\pm$ 13.36
	L4/5	81.72 $\pm$ 32.16	81.43 $\pm$ 22.55
	L5/S1	119.72 $\pm$ 40.24	105.78 $\pm$ 35.67
伸肌相对功能横截面积 rFCSA of PSE	L1/2	150.08 $\pm$ 48.35	201.01 $\pm$ 49.35 ^①
	L2/3	138.69 $\pm$ 53.93	167.95 $\pm$ 43.74
	L3/4	122.92 $\pm$ 42.53	152.5 $\pm$ 38.96 ^①
	L4/5	116.97 $\pm$ 49.37	152.36 $\pm$ 45.03 ^①
	L5/S1	92.13 $\pm$ 43.36	120.72 $\pm$ 39.42 ^①
伸肌相对总横截面积 rGCFA of PSE	L1/2	273.14 $\pm$ 42.77	266.38 $\pm$ 60.98
	L2/3	262.51 $\pm$ 64.58	228.47 $\pm$ 46.73
	L3/4	234.56 $\pm$ 54.25	213.66 $\pm$ 43.74
	L4/5	243.14 $\pm$ 67.94	223.98 $\pm$ 54.13
	L5/S1	247.54 $\pm$ 65.96	210.05 $\pm$ 64.89

注:①与 PJK 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with group PJK, $P<0.05$

著相关性。

在 MRI T2 加权像上测量 CSA 时,测量者间及测量者内部均显示出良好的一致性 (ICC 分别为 0.82、0.96),提示该测量方法具有良好可靠性。8 例患者缺少 L1/2 节段 MRI T2 加权轴位片(PJK 组 2 例,non-PJK 组 6 例),在 L2~S1 节段各有 2 例 non-PJK 患者缺少 MRI T2 加权轴位片。ES 的 CSA 从 L1/2 到 L5/S1 逐渐减小,而 MF 的 CSA 变化趋势相反。PJK 组和无 PJK 组患者的 PS 及 QL 的 CSA 在腰椎各节段层面均未见明显统计学差异,发生 PJK 患者 ES 的 rFSCA 及 rGSCA 均小于未发生 PJK 患者,但是仅 rFSCA 在 L1/2 及 L5/S1 有显著性差异。PJK 组患者 MF 的 rFSCA 在 L1/2、L2/3、L3/4、L4/5 均显著小于未发生 PJK 患者,而 MF 的 rGSCA 在两组间无明显统计学差异。发生 PJK 患者的 PSE 的 rFSCA 除在 L2/3 层面外均显著小于未发生 PJK 患者,而两组的椎旁伸肌 rGSCA 无明显统计学差异。由此可见,腰椎 PSE 的 rFSCA 的减小,MF 的 rFSCA 的减小与 PJK 的发生具有统计学相关(表 3)。

发生 PJK 患者的 ES、MF 及腰背伸肌群(PSE)的纯肌肉-脂肪指数(LMFI)及总肌肉-脂肪指数(TMFI)在所有层面均显著高于未发生 PJK 的患者,而两组患者 PS 及 QL 的 LMFI 在所有层面均无显著性差异。分析 FIR 结果发现,发生 PJK 患者腰部伸肌的脂肪浸润率高于 non-PJK 患者,并且二者具有显著性差异(表 4)。并且两组患者 FIR 均从 L1 往 S1 逐渐增加(表 5)。测量者间及测量者内部的可靠性均良好,ICC 分别为 0.860 及 0.965。

PJK 组患者术前胸腰段后凸角(TLK)明显高于无 PJK 组患者(17.64 $^{\circ}$ $\pm$ 8.69 $^{\circ}$ vs 7.24 $^{\circ}$ $\pm$ 15.36 $^{\circ}$, $P=0.045$),但两组患者术前胸椎后凸角(TK)、腰椎前凸角(LL)、骶骨倾斜角(SS)、骨盆倾斜角(PT)、骨盆入射角(PI)、矢状位平衡(SVA)、PI-LL、交界性后凸角(PJA)均无统计学差异。比较患者术后即刻影像学参数及两组术前和术后影像学参数变化量(变化量=术后即刻-术前),发现发生 PJK 患者术后即刻交界性后凸角(PJA)显著高于无 PJK 组患者(11.94 $^{\circ}$ $\pm$ 6.22 $^{\circ}$ vs 5.67 $^{\circ}$ $\pm$ 6.96 $^{\circ}$, $P=0.012$)。PJK 患者术后 TK 变化值、PJA 变化值均高于无 PJK 组患者,并且具有统计学差异,其余影像学参数未见明显差异(表 6)。除了近端固定

表 4 椎旁肌肌肉-脂肪指数

Table 4 Muscle-fat index (mean signal intensity of muscle-subcutaneous fat ratio $\times 100$) of the paraspinal muscles of two groups measured using MRI histogram

	节段 level	PJK组(n=10) PJK group (n=10)	无 PJK 组(n=42) non-PJK group (n=42)
腰大肌纯 肌肉-脂 肪指数 LMFI of PS	L1/2	13.84 $\pm$ 3.72	11.62 $\pm$ 3.48
	L2/3	10.74 $\pm$ 1.74	11.1 $\pm$ 3.24
	L3/4	10.69 $\pm$ 1.34	11.31 $\pm$ 3.57
	L4/5	11.95 $\pm$ 5.78	11.23 $\pm$ 3.00
	L5/S1	9.72 $\pm$ 1.65	9.96 $\pm$ 3.76
腰方肌纯 肌肉-脂 肪指数 LMFI of QL	L1/2	18.34 $\pm$ 4.21	15.74 $\pm$ 4.46
	L2/3	14.68 $\pm$ 3.84	15.67 $\pm$ 4.84
	L3/4	13.56 $\pm$ 1.66	16.05 $\pm$ 6.06
	L4/5	15.12 $\pm$ 4.30	17.83 $\pm$ 4.60
	L5/S1	—	—
竖脊肌纯 肌肉-脂 肪指数 LMFI of ES	L1/2	33.71 $\pm$ 7.09	21.12 $\pm$ 5.23 ^①
	L2/3	34.93 $\pm$ 9.75	21.68 $\pm$ 5.71 ^①
	L3/4	30.58 $\pm$ 8.02	21.95 $\pm$ 5.69 ^①
	L4/5	32.59 $\pm$ 6.59	24.55 $\pm$ 6.01 ^①
	L5/S1	39.33 $\pm$ 6.24	27.42 $\pm$ 7.11 ^①
竖脊肌总 肌肉-脂 肪指数 TMFI of ES	L1/2	44.68 $\pm$ 9.27	29.37 $\pm$ 7.29 ^①
	L2/3	49.6 $\pm$ 12.16	32.61 $\pm$ 9.03 ^①
	L3/4	47.9 $\pm$ 10.72	33.20 $\pm$ 9.7 ^①
	L4/5	53.15 $\pm$ 10.63	38.04 $\pm$ 10.96 ^①
	L5/S1	58.21 $\pm$ 7.14	44.42 $\pm$ 10.49 ^①
多裂肌纯 肌肉-脂 肪指数 LMFI of MF	L1/2	37.14 $\pm$ 8.74	22.50 $\pm$ 5.73 ^①
	L2/3	39.38 $\pm$ 11.87	24.27 $\pm$ 6.5 ^①
	L3/4	35.82 $\pm$ 14.04	24.38 $\pm$ 6.38 ^①
	L4/5	37.92 $\pm$ 13.59	27.27 $\pm$ 7.72 ^①
	L5/S1	42.75 $\pm$ 14.73	28.71 $\pm$ 9.57 ^①
多裂肌总 肌肉-脂 肪指数 TMFI of MF	L1/2	51.63 $\pm$ 16.13	33.40 $\pm$ 9.12 ^①
	L2/3	55.27 $\pm$ 18.33	37.24 $\pm$ 10.48 ^①
	L3/4	54.89 $\pm$ 14.95	38.83 $\pm$ 9.6 ^①
	L4/5	58.38 $\pm$ 13.59	44.88 $\pm$ 12.03 ^①
	L5/S1	61.51 $\pm$ 15.5	47.24 $\pm$ 13.59 ^①
伸肌纯肌 肉-脂肪 指数 LMFI of PSE	L1/2	34.03 $\pm$ 7.19	21.28 $\pm$ 5.13 ^①
	L2/3	35.34 $\pm$ 9.41	22.12 $\pm$ 5.69 ^①
	L3/4	31.31 $\pm$ 8.53	22.50 $\pm$ 5.69 ^①
	L4/5	33.79 $\pm$ 7.45	25.35 $\pm$ 6.01 ^①
	L5/S1	40.52 $\pm$ 9.94	28.01 $\pm$ 8.25 ^①
伸肌总肌 肉-脂肪 指数 TNFI of PSE	L1/2	45.78 $\pm$ 10.27	29.95 $\pm$ 7.39 ^①
	L2/3	50.75 $\pm$ 12.58	33.45 $\pm$ 9.04 ^①
	L3/4	49.53 $\pm$ 10.95	34.63 $\pm$ 9.35 ^①
	L4/5	54.76 $\pm$ 10.88	40.44 $\pm$ 10.71 ^①
	L5/S1	59.62 $\pm$ 10.32	45.58 $\pm$ 11.64 ^①

注:①与 PJK 组比较 $P<0.05$ Note:①Compared with PJK group, $P<0.05$

表 5 椎旁伸肌群脂肪浸润率

Table 5 Fatty infiltration rate of the paraspinal muscles of two groups

	PJK组(n=10) PJK group(n=10)	无 PJK 组(n=42) Non-PJK group(n=42)
L1/2	45.26 $\pm$ 13.79	24.40 $\pm$ 7.12 ^①
L2/3	47.86 $\pm$ 13.99	26.96 $\pm$ 7.98 ^①
L3/4	48.39 $\pm$ 9.48	29.00 $\pm$ 7.86 ^①
L4/5	53.33 $\pm$ 9.87	32.30 $\pm$ 8.89 ^①
L5/S1	64.29 $\pm$ 11.37	41.67 $\pm$ 10.93 ^①

注:①与 PJK 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with group PJK, $P<0.05$

锥位置以外,没有其他手术因素影响 PJK 发生的风险,本研究所有病例 UIV 均位于胸腰段, PJK 组 UIV 比对照组更多地停留在 T12 及 L1 ($P=0.038$), 而停留 T10 和 L2 处无一例发生 PJK (表 7)。

将本研究发现具有统计学意义及既往文献报道的 PJK 危险因素使用 Logistic 多元回归分析(连续变量转变为二分类变量,术前 BMD 因病例数不全除外),术前 TLK、TK 变化值、UIV 位于 T12-L1、术前 $SS<25^\circ$ 、术后即刻 $PJA\geq 4.9^\circ$ 和术后即刻 PJA 增大 $\geq 3.6^\circ$ 、伸肌纯肌肉-脂肪指数、伸肌相对功能横截面积等潜在危险因素纳入方程,结果发现术前 $SS<25^\circ$ 、术后即刻 PJA 增大 $\geq 3.6^\circ$ 、腰背伸肌纯肌肉-脂肪指数 ≥ 27.65 为发生 PJK 的独立危险因素,发生 PJK 的风险分别增加了 12.9 倍、21.9 倍和 11.7 倍。

比较患者术前健康相关生活质量评分发现,术后发生 PJK 患者组与未发生 PJK 组,两组患者的腰痛 VAS、下肢痛 VAS、ODI、JOA-29、SRS 疼痛、SRS 自我形象、SRS 心理状况、SRS 亚总分等差异无统计学意义。PJK 组术前 SRS 功能状况评分显著低于对照组 (1.62 $\pm$ 0.42 分 vs 2.03 $\pm$ 0.59 分, $P=0.040$)。因此,除 PJK 组存在更差的 SRS 功能状况评分以外,两组术前临床评分资料整齐、具有可比性。比较随访临床评分,两组的下肢痛 VAS、ODI、JOA-29、随访 SRS 疼痛评分、SRS 自我形象、SRS 心理状况、SRS 亚总分和 SRS 治疗满意度等评分差异无统计学意义。PJK 组随访腰痛 VAS 评分显著高于对照组 (3.80 $\pm$ 2.20 分 vs 2.20 $\pm$ 1.91 分, $P=0.04$)、随访 SRS 功能状况评分显著低于对照组 (2.79 $\pm$ 0.40 分 vs 3.17 $\pm$ 0.71 分, $P=$

表 6 PJK 组与无 PJK 组患者影像学参数的对比

Table 6 Comparison of radiographic parameters between PJK and non-PJK group

	PJK组 (n=10) PJK group	无 PJK 组 (n=42) Non-PJK group
术前 TK Preoperative TK	14.06±14.3	17.9±13.83
术后即刻 TK Early postoperative TK	18.4±4.25	20.15±9.44
TK变化值 ΔTK	15.33±7.99	1.74±8.6 ^①
术前 TLK Preoperative TLK	17.64±8.69	7.24±15.36 ^①
术后即刻 TLK Early postoperative TLK	12.64±7.78	8.24±6.92
TLK变化值 ΔTLK	-5.19±4.45	0.93±14.35
术前 LL Preoperative LL	-23.16±18.54	-27.62±16.25
术后即刻 LL Early postoperative LL	-35.62±10.33	-40.85±9.39
LL变化值 ΔLL	-12.46±13.14	-13.83±13.18
术前 SS Preoperative SS	19.02±6.65	25.45±10.04
术后即刻 SS Early postoperative SS	30.05±9.38	31.26±8.21
SS变化值 ΔSS	11.03±9.49	5.81±7.35
术前 PI Preoperative PI	46.57±7.89	50.43±11.27
术后即刻 PI Early postoperative PI	44.48±5.74	49.78±9.6
术前 PT Preoperative PT	27.55±9.35	24.98±11.32
术后即刻 PT Early postoperative PT	16.1±6.44	18.49±8.54
PT变化值 ΔPT	-11.45±9.49	-6.49±6.51
术前 SVA Preoperative SVA	42.71±54.02	48.72±55.1
术后即刻 SVA Early postoperative SVA	41.48±18.13	33.98±32.27
SVA变化值 ΔSVA	-0.51±61.66	14.24±60.3
术前 PI-LL Preoperative PI-LL	23.41±17.08	22.8±18.04
术后即刻 PI-LL Early postoperative PI-LL	10.53±8.47	8.9±10.98
术前 PJA Preoperative PJA	6.2±7.67	3.76±7.75
术后即刻 PJA Early postoperative PJA	11.94±6.22	5.67±6.96 ^①
PJA变化值 ΔPJA	5.74±3.42	1.9±5.72 ^①

注:①与 PJK 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with group PJK, $P<0.05$

0.031)。由此可见,随访时两组对比,PJK 组存在更差的腰痛 VAS、SRS 功能状况评分。比较组内术前和随访临床评分,两组随访时各项评分均较术前

表 7 PJK 组与无 PJK 组患者手术影响因素的对比

Table 7 Comparison of surgical variables between PJK and non-PJK group

	PJK组 (n=10) PJK group(n=10)	无 PJK 组 (n=42) Non-PJK group(n=42)
上端椎 Upper instrumented vertebrae		
T10	1(10.0%)	16(38.10%)
T12-L1	9(90.0%)	20(47.62%) ^①
L2	0(0%)	6(14.29%)
下端椎 Lower instrumented vertebrae		
L5	4(40.0%)	11(26.2%)
Sacrum	6(60.0%)	31(73.8%)

注:①与 PJK 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with group PJK, $P<0.05$

前显著改善,但无 PJK 组改善更加显著 ($P<0.001$),而两组间临床评分改善程度均无明显统计学差异。

3 讨论

PJK 发生率受疾病类型、手术方式、随访时间等多种因素的影响,文献报道多在 20%~41%^[3]。一项对 98 例 DLS 患者研究的结果发现,PJK 的发生率为 17.3%。本研究 52 例 DLS 患者,其中有 10 例患者出现 PJK,发生率为 19.23%,与既往文献报道 PJK 发生率接近。

既往研究将 PJK 的发生危险因素分为:个体危险因素,如高龄、肥胖等;手术危险因素,如近端软组织破坏、使用椎弓根螺钉固定等;影像学危险因素,如术前矢状面失衡等^[3,9]。本研究发现,DLS 行长节段固定患者术前骨密度低、术前 TLK 角度较高、术中 TK 矫正过大、UIV 位于 T12-L1、术前 SS<25°、术后即刻 PJA≥4.9°和术后即刻 PJA 增大≥3.6°、腰背部伸肌群脂肪退变及肌力降低是 PJK 发生的潜在危险因素,通过 Logistic 回归分析发现,术前 SS<25°(OR=12.902, $P=0.046$)、术后即刻 PJA 增大≥3.6°(OR=21.940, $P=0.015$)、腰背伸肌纯肌肉-脂肪指数≥27.65 (OR=11.749, $P=0.019$)为 DLS 术后发生 PJK 的独立危险因素。

本研究重点探讨了腰椎椎旁肌情况(包括肌肉横截面积、MRI 信号强度值及脂肪浸润率)与脊柱矫形术后 PJK 发生的关系。数据显示,术前椎旁伸肌肌量的下降及脂肪浸润的增加与腰椎退变性侧凸长节段固定术后 PJK 的发生具有统计学相关性。该项研究在一定意义上提示椎旁肌退

变可能是 PJK 发生的危险因素之一。而通过患者术前及随访评分发现,发生 PJK 患者腰痛 VAS 评分及 SRS 功能状态评分要低于未发生 PJK 患者,但是两组患者的术后症状评分改善率未见明显差异。

椎旁肌出现问题被认为是脊柱畸形的原因之一^[10,11]。然而,仅有少量文献评估脊柱畸形中椎旁肌的改变。Hyun 等^[12]发现退行性腰椎后凸患者(DLK)的 ES 及 MF 在 L4/5 及 L5/S1 水平肌量减少,DLK 患者 ES 及 MF 在腰椎各个层面 MRI 信号强度及脂肪浸润率均高于对照人群。脊柱术后棘突上和椎间的韧带、棘突、椎旁肌肉等的完整性的破坏可能会导致 PJK,一项研究报道^[2]DLS 患者术前 L5/S1 的 MF 平均 CSA 与术后近端交界角的变化(Δ PJA)有相关性,而 PS 的 CSA 与 Δ PJA 无相关性。但是该研究未考虑患者个体的因素,没有使用肌肉横截面积与椎体或腰间盘面积的比值代替肌肉原始面积值。近期另一研究发现,腰椎长节段固定术后发生 PJK 患者的术前胸腰段(T10~L2)的 ES 的 rFCSA 要显著小于未发生 PJK 组患者,而 PJK 组 MF 的 CSA 虽然小于对照组,但二者无显著性差异,而 PJK 组患者的胸腰椎 ES 及 MF 的肌肉 MRI 信号强度均明显高于未发生 PJK 组患者,但该项研究所纳入的 44 名患者包括腰椎退变性疾病如退变性后凸畸形、平背畸形、退变性侧凸及侧后凸畸形、术后再发后凸畸形。我们研究发现腰椎退变性侧弯患者长节段固定术后发生 PJK 患者术前 PS、QL、ES 总面积、MF 总面积及 PSE 的总面积与术后未发生 PJK 患者无明显差异,但是术后发生 PJK 患者 ES 的功能 CSA 在 L1/2 及 L5/S1 平面,MF 的功能 CSA 在 L1/2、L2/3、L3/4、L4/5 平面及 PSE 的功能 CSA 在除 L2~L3 外所有层面均显著性小于未发生 PJK 患者。这提示椎旁伸肌的整体变化对术后 PJK 的发生存在影响,ES 及 MF 整体的肌量减弱可能是术后发生 PJK 的危险因素。

椎旁肌退变不仅表现为肌量的减少,也表现为肌肉被肌间脂肪及纤维组织替代。横截面积的减少表明椎旁肌的萎缩,而脂肪浸润的增加反映肌肉的退变。纯肌肉组织的面积及比率被认为是更有效地反映真实的肌肉萎缩情况,脂肪在 MR 的 T2 加权像表现为高信号强度,肌肉 SI 值越高表明其脂肪浸润的增加^[13]。数据分析发现,PJK 组

与未发生 PJK 组患者 PS 及 QL 的纯肌肉的 SI 无明显差异。而 PJK 患者的 ES、MF、PSE 的纯肌肉及总肌肉对应的 SI 均高于未发生 PJK 患者,且 PSE 脂肪浸润率也显著高于 non-PJK 组患者。这与腰椎术后发生 PJK 患者的胸腰段的肌肉结果相似。分析结果提示,在行腰椎退变性侧弯手术时,术者应该评估患者椎旁肌的肌量及脂肪退变情况,如果腰椎椎旁肌退变严重,应当考虑延长上端固定节段。

与以前研究不同,我们不仅测量了 MF 及 ES 相关指标,并且测量了 PS、MF 及腰部伸肌群的相关指标。结果发现 PJK 患者腰背部伸肌(ES+MF)肌量下降,并且 PJK 患者的椎旁肌(ES、MF、ES+MF)的脂肪退变高于 non-PJK 组,该结果支持椎旁肌退变与脂肪浸润有关。另外,我们发现发生 PJK 患者术前腰椎 MF 及 PSE 较对照组肌量下降,这之前报道发生 PJK 患者在胸腰段以 ES 萎缩为主不同。Jun 等^[14]发现,椎旁肌(ES+MF)的脂肪退变对脊柱矢状位平衡的影响要大于椎旁肌肌量(CSA),并且发现脂肪退变的增加与腰椎前凸角(LL)的减小相关,而 LL 的减小反过来与胸椎后凸角(TK)的增加有关,进而导致矢状位垂直轴(SVA)的增加。后路手术对椎旁肌的破坏会进一步加重椎旁伸肌的退变,可能会进一步导致 PJK 的发生。

根据既往报道,发生 PJK 后患者的临床表现具有很大差异,有些仅为单纯的影像学改变,而另一些则具有明显的临床症状。很多研究报道 PJK 患者与 non-PJK 患者间 SRS 评分及临床症状无显著性差异^[1]。但也不同的结果报道,Kim 等^[15]发现 PJK 患者疼痛发生率高于无 PJK 组患者,SRS-22 疼痛评分改善值显著低于无 PJK 组,但是 SRS-22 其他评分及 ODI 评分在两组之间无明显差异。我们研究发现,虽然两组患者术后临床评分均较术前显著改善且两组改善率无明显差异,但是 PJK 患者随访时的腰痛 VAS 评分及 SRS-22 功能状态评分显著差于无 PJK 患者。

本研究尚有很多不足之处。第一,本研究所纳入研究对象数量较少,可能对实验结果有一定干扰。第二,PJK 的发生与多种危险因素相关,作为回顾性研究,手术对椎旁肌的破坏及患者的活动情况未进行评估,未来需要更多研究进一步准确评估患者术后椎旁肌的情况与 PJK 发生的关系。

第三,利用多点技术画对应肌肉的 ROI 存在一定困难。然而,可靠性分析中相对较高的统计意义和一致性可能减少这一误差。本研究提供了测量椎旁肌退变的可靠方法,并且阐述了腰椎退变性侧凸患者长节段固定术前对腰椎椎旁肌的评估的重要性。

综上所述,腰椎退变性侧凸长节段固定术后发生 PJK 的患者与未发生 PJK 患者相比,术前腰背伸肌肌量较低,脂肪退变较重。我们数据表明,术前腰椎 BMD 减小、术前 TLK 角度较大、术中 TK 矫正过大、UIV 位于 T12-L1、术后即刻 PJA 过大、术前 SS 较小、术后 PJA 变化值较大、腰背伸肌群脂肪退变可能会导致腰椎退变性侧凸长节段固定术后发生 PJK。通过多项 Logistics 回归分析发现术前 $SS < 25^\circ$ 、术后即刻 PJA 增大 $\geq 3.6^\circ$ 、腰背伸肌肌肉-脂肪指数 ≥ 27.65 为发生 PJK 的独立危险因素。

4 参考文献

1. Lee J, Park YS. Proximal junctional kyphosis: diagnosis, pathogenesis, and treatment[J]. Asian Spine J, 2016, 10(3): 593-600.
2. Yagi M, Hosogane N, Watanabe K, et al. The paravertebral muscle and psoas for the maintenance of global spinal alignment in patient with degenerative lumbar scoliosis[J]. Spine J, 2016, 16(4): 451-458.
3. 陈萧霖, 曾岩, 陈仲强, 等. 退变性腰椎侧凸后路长节段固定融合术后近端交界性后凸的危险因素分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(7): 612-621.
4. Wang H, Ma L, Yang D, et al. Incidence and risk factors for the progression of proximal junctional kyphosis in degenerative lumbar scoliosis following long instrumented posterior spinal fusion[J]. Medicine(Baltimore), 2016, 95(32): e4443.
5. 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.
6. Xu WB, Chen S, Fan SW, et al. Facet orientation and tropism: associations with asymmetric lumbar paraspinal and psoas muscle parameters in patients with chronic low back pain[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2016, 29(3): 581-586.
7. Yu B, Jiang K, Li X, et al. Correlation of the features of the lumbar multifidus muscle with facet joint osteoarthritis [J]. Orthopedics, 2017, 40(5): e793-e800.
8. Wang H, Wang T, Wang Q, et al. Incidence and risk factors of persistent low back pain following posterior decompression and instrumented fusion for lumbar disk herniation[J]. J Pain Res, 2017, 10: 1019-1025.
9. Kim HJ, Iyer S. Proximal junctional kyphosis[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2016, 24(5): 318-326.
10. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement[J]. J Spinal Disord, 1992, 5(4): 383-389, 397.
11. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis [J]. J Spinal Disord, 1992, 5(4): 390-397.
12. Hyun SJ, Bae CW, Lee SH, et al. Fatty Degeneration of the paraspinal muscle in patients with degenerative lumbar kyphosis: a new evaluation method of quantitative digital analysis using MRI and CT scan[J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(10): 441-447.
13. Kalichman L, Carmeli E, Been E. The association between imaging parameters of the paraspinal muscles, spinal degeneration, and low back pain[J]. Biomed Res Int, 2017, 2017: 2562957.
14. 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.
15. Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis results in inferior SRS pain subscores in adult deformity patients[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(11): 896-901.

(收稿日期:2018-01-14 修回日期:2018-04-12)

(英文编审 郑国权/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)