

临床论著

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陈萧霖^{1,2}, 曾 岩¹, 陈仲强¹, 于 森¹, 袁 磊¹, 齐 强¹, 郭昭庆¹, 李危石¹, 孙垂国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)后路长节段固定融合术后发生近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)的危险因素。**方法:**回顾性分析 2009 年 4 月~2014 年 5 月于我院行长节段(≥ 5 个椎体)固定融合手术、年龄 ≥ 45 岁、随访时间 ≥ 2 年的 DLS 患者共 60 例。将随访时出现 PJK 的患者纳入 PJK 组,其余患者纳入对照组。用单变量分析比较两组患者个体资料、手术资料和影像学参数间的差异,找出潜在的危险因素,然后用 Logistic 回归分析确定独立危险因素。个体资料包括性别、年龄、体重指数(BMI)、骨密度(BMD)和 T-值。手术资料包括固定融合椎体数、最上端固定椎(UIV)位置、最下端固定椎(UIV)位置、截骨操作和椎间融合。影像学参数包括侧凸 Cobb 角、胸椎后凸角(TK)、胸腰段后凸角(TLK)、腰椎前凸角(LL)、骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、总矢状位序列(GSA)、矢状位平衡(SVA)和交界区后凸角(PJA₁为 UIV+1 上终板与 UIV 下终板的夹角;PJA₂为 UIV+2 上终板与 UIV 下终板的夹角)等。**结果:**研究共纳入 DLS 患者 60 例,年龄 63.2 ± 6.4 岁(45~74 岁),术前 Cobb 角 $28.51^\circ \pm 10.94^\circ$ ($10.7^\circ \sim 55.1^\circ$),手术平均固定融合节段 6.7 ± 1.3 个(5~9 个)。随访 40.3 ± 11.1 个月(24~59 个月),末次随访时 11 例患者发生 PJK(PJK 组),49 例患者未发生 PJK(对照组),PJK 发生率为 18.3%。与对照组相比,PJK 组有更多的 BMD $<0.850\text{g/cm}^2$ 例数(100.0% vs 36.1%, $P=0.005$);更多的 UIV 位于 T11~L1 例数(100.0% vs 69.4%, $P=0.030$);更多的术前 PJA₁ $>9^\circ$ 例数(45.5% vs 10.2%, $P=0.013$)、术前 TLK $\geq 15^\circ$ 例数(63.6% vs 22.4%, $P=0.012$)、术前 SS $<25^\circ$ 例数(90.9% vs 46.9%, $P=0.016$)、术后即刻 PJA₂ $\geq 5^\circ$ 例数(100.0% vs 46.9%, $P=0.001$)和术后即刻 PJA₂ 增长 $\geq 3^\circ$ 例数(90.9% vs 46.9%, $P=0.016$)。Logistic 回归分析示术前 PJA₁ $>9^\circ$ (OR=19.432, $P=0.017$)、术前 SS $<25^\circ$ (OR=23.131, $P=0.022$) 和术后即刻 PJA₂ 增长 $\geq 3^\circ$ (OR=22.382, $P=0.025$) 为发生 PJK 的独立危险因素。**结论:**术前 PJA₁ $>9^\circ$ 、术前 SS $<25^\circ$ 和术后即刻 PJA₂ 增大 $\geq 3^\circ$ 是发生 PJK 的独立危险因素,BMD $<0.850\text{g/cm}^2$ 、UIV 位于 T11~L1、术前 TLK $\geq 15^\circ$ 和术后即刻 PJA₂ $\geq 5^\circ$ 是发生 PJK 的潜在危险因素。

【关键词】近端交界性后凸;危险因素;发生率;退变性腰椎侧凸

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2017.07.06

中图分类号:R682.3,R619 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2017)-07-0612-10

Risk factors analysis of proximal junctional kyphosis following posterior long instrumented spinal fusion for degenerative lumbar scoliosis/CHEN Xiaolin, ZENG Yan, CHEN Zhongqiang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(7): 612-621

【Abstract】Objectives: To investigate the risk factors of proximal junctional kyphosis(PJK) following posterior long instrumented spinal fusion in degenerative lumbar scoliosis(DLS) patients. **Methods:** This retrospective review included 60 DLS patients who underwent one stage posterior long instrumented spinal fusion in our spinal center from April 2009 to May 2014. The inclusion criteria included: (1) age not less than 45 years; (2) at least five fusion vertebrae; (3) at least 2-year follow-up. All patients followed up 40.3 $\pm$ 11.1 months(24-59 months). According to the occurrence of PJK at final follow-up, patients were divided into two groups: PJK group and control group. The differences of patient data, surgical data and radiographic parameters between the two groups were analyzed by univariate analysis and the potential risk factors were identified.

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(1990-),住院医师,博士研究生,研究方向:脊柱外科

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

通讯作者:陈仲强 E-mail:puh3_czq@bjmu.edu.cn

Logistic regression analysis was used to find the independent risk factors. Patient data included preoperative data of sex, age, body mass index(BMI), bone mineral density(BMD) and T-score. Surgical data included the number of instrumented and fused vertebrae, upper instrumented vertebra (UIV) level, lowest instrumented vertebra(LIV) level, osteotomy and interbody fusion. Radiographic parameters included scoliosis Cobb angle, thoracic kyphosis (TK), thoracolumbar kyphosis(TLK), lumbar lordosis(LL), pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT), sacral slope(SS), global sagittal alignment(GSA), sagittal vertical axis(SVA) and proximal junctional angle(PJA₁, the angle between the end plate of UIV+1 and the end plate of the UIV; PJA₂, the angle between the end plate of UIV+2 and the end plate of the UIV). **Results:** The 60 DLS patients(45–74, 63.2±6.4 years) showed an average preoperative Cobb angle of 28.51°±10.94°(10.7°–55.1°), the mean number of instrumented levels was 6.7±1.3(5–9). PJK was developed in 11 of 60 patients(18.3%) until final follow-up, who were enrolled as the PJK group, and 49 patients without PJK at final follow-up were enrolled as the control group. There were statistically significant differences between the two groups in number of cases with BMD<0.850g/cm²(100.0% in the PJK group and 36.1% in the control group, $P=0.005$), number of UIV at T11–L1 patients(100.0% in the PJK group and 69.4% in the control group, $P=0.030$), number of preoperative PJA₁>9° patients(45.5% in the PJK group and 10.2% in the control group, $P=0.013$), number of preoperative TLK≥15° patients(63.6% in the PJK group and 22.4% in the control group, $P=0.012$), number of preoperative SS<25° patients(90.9% in the PJK group and 46.9% in the control group, $P=0.016$), number of immediate postoperative PJA₂≥5° patients (100.0% in the PJK group and 46.9% in the control group, $P=0.001$) and number of immediate postoperative PJA₂ increase ≥3° patients(90.9% in the PJK group and 46.9% in the control group, $P=0.016$). When included in a multivariate logistic regression model, preoperative PJA₁>9° (OR=19.432, $P=0.017$), preoperative SS<25° (OR=23.131, $P=0.022$) and immediate postoperative PJA₂ increase ≥3° (OR=22.382, $P=0.025$) were independent risk factors for PJK. **Conclusions:** Preoperative PJA₁>9°, preoperative SS<25° and immediate postoperative PJA₂ increase ≥3° are identified as independent risk factors for PJK. BMD<0.850g/cm², UIV at T11–L1, preoperative TLK≥15° and immediate postoperative PJA₂≥5° are potential risk factors for PJK.

[Key words] Proximal junctional kyphosis; Risk factor; Incidence; Degenerative lumbar scoliosis

[Author's address] Orthopaedic Department, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

退变性腰椎侧凸 (degenerative lumbar scoliosis, DLS) 正逐渐成为影响老年人生活质量的社会性问题,行长节段融合手术的 DLS 患者数量在不断增长^[1–4]。近端交界性后凸 (proximal junctional kyphosis, PJK) 是长节段固定融合术后的一种常见并发症,降低了患者的 SRS 外观评分^[5]、SRS 疼痛评分改善程度^[6]、增长了 ODI 指数^[7],少数患者还伴有神经功能损害等严重症状。通常将 PJK 危险因素分为三类:一是个体危险因素,如年龄>55 岁^[8,9]、肥胖^[10,11];二是手术危险因素,如近端软组织破坏^[12]、使用椎弓根螺钉固定^[11,13]、胸廓成形术^[14]、融合至骶骨^[15,16];三是影像学危险因素,如术前矢状面失衡^[17,18]。而既往对 PJK 的研究多针对青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS)、成人特发性脊柱侧凸 (adult idiopathic scoliosis, ADIS) 和成人脊柱畸形 (adult spinal deformity, ASD) 等疾病, S 常被纳入 ASD、成人腰椎侧凸范畴一并研究,单独针对 DLS 术后

PJK 危险因素探讨的研究报道较少,在 ASD 等患者的研究中得出的结论可能并不能完全适用于 DLS 患者。因此,本研究旨在探讨 DLS 患者行长节段融合术后发生 PJK 的危险因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2009 年 4 月~2014 年 5 月在我院行后路选择性减压、长节段固定融合手术的 60 例 DLS 患者,其中男 10 例,女 50 例,年龄 63.2±6.4 岁 (45~74 岁),Cobb 角 28.51°±10.94° (10.7°~55.1°),手术平均固定融合椎体数 6.7±1.3 个 (5~9 个)。所有患者满足以下纳入标准:(1) 年龄≥45 岁;(2) 固定椎体数≥5 个;(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) 病历资料完整。由高年资脊柱外科医师制订计划和施行手术。融合范围至少包含整个侧凸区域以及椎管狭窄节段,UIV 应尽量选择稳定、水平、中

立的椎体, LIV 至少达到 L5, 若存在 L5 倾斜或 L5/S1 不稳定、退变、狭窄, 则融合至 S1; 术中注意严格保护 UIV 附近的软组织结构, 充分减压, 对椎间隙松解后矫形程度仍不满意者可于侧凸顶椎区域加做 Ponte 截骨(34 例)或 PSO 截骨(1 例), 最终达到满意的侧凸矫正和腰椎前凸重建。排除标准: 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、休门氏病患者, 有脊柱手术史、脊柱外伤史和髋关节手术史等。

1.2 临床资料与影像学测量

个体资料包括性别、年龄、体重指数(body mass index, BMI)、骨密度(bone mineral density, BMD)和 T-值。手术资料包括固定融合椎体数、最上端固定椎(upper instrumented vertebra, UIV)位置、最下端固定椎(lowest instrumented vertebra, LIV)位置、截骨操作和椎间融合。

所有患者术前、术后即刻(术后 2 周内)和末次随访时拍摄标准站立全脊柱正侧位 X 线片, 术后即刻若无全脊柱 X 线片可用站立胸腰椎正侧位 X 线片替代(16 例)。由经验丰富的一名医师使用 PACS 系统(美国 GE 公司)进行影像学测量, 两次结果取平均值。测量参数: (1)侧凸 Cobb 角, 侧凸上端椎上终板与下端椎下终板的夹角; (2)胸椎后凸角(TK), T5 椎体上终板与 T12 椎体下终板的夹角; (3)胸腰段后凸角(TLK), T10 椎体上终板与 L2 椎体下终板的夹角; (4)腰椎前凸角(LL), L1 椎体上终板与 S1 椎体上终板的夹角; (5)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; (6)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; (7)骶骨倾斜角(SS), S1 上终板与水平线的夹角; (8)总矢状位序列(global sagittal alignment, GSA), $GSA=TK+PI+LL$; (9)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 $-50\text{mm}\sim 50\text{mm}$ 范围内为 SVA 平衡; (10)交界区后凸角(proximal junctional angle, PJA), 用 PJA_1 表示 UIV+1 上终板与 UIV 下终板的夹角; 用 PJA_2 表示 UIV+2 上终板与 UIV 下终板的夹角; (11)PI-LL, 考虑到角度符号, $PI-LL=PI-(-$

LL); 定义 PI-LL 在 $-9.0^\circ\sim 9.0^\circ$ 范围内为 PI-LL 匹配; (12)LL-TK: 考虑到角度符号, $LL-TK=(-LL)-TK$ 。涉及角度符号判定时: 后凸为正, 前凸为负。

定义 PJK 为 PJA_2 在术后 $\geq 10^\circ$ 且较术前增加 $\geq 10^\circ$ ^[19], 根据术前及随访的影像学测量分为 PJK 组(出现 PJK)和对照组(未出现 PJK)。比较两组患者的个体资料、手术资料和影像学参数。

1.3 统计学方法

使用 SPSS 20.0 软件录入和分析数据。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。比较组间/组内计量资料时, 资料符合正态分布进行独立/配对样本 t 检验、不符合正态分布进行独立/配对样本 Mann-Whitney U 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)。 $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

本组末次随访时 PJK 发生率为 18.3%。PJK 组患者 11 例(图 1), 随访时间 40.3 ± 11.1 个月(24~59 个月), 对照组患者 49 例(图 2), 随访时间 40.7 ± 15.7 个月(24~81 个月), 两组随访时间无统计学差异($P=0.681$)。两组个体资料的比较见表 1。PJK 组 BMD 及 $BMD<0.850\text{g}/\text{cm}^2$ 例数分别大于和多于对照组($P=0.048$ 和 $P=0.005$), 其余资料的差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组手术资料的比较见表 2。PJK 组 UIV 位于 T11-L1 例数多于对照组($P=0.030$), 其余资料的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

两组术前影像学参数的比较见表 3。PJK 组术前 $TLK\geq 15^\circ$ 例数多于对照组($P=0.012$)、术前 $SS<25^\circ$ 例数多于对照组术前 $SS<25^\circ$ 例数($P=0.016$)、术前 $PJA_1>9^\circ$ 例数多于对照组($P=0.013$), 其余参数的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

两组术后即刻影像学参数的比较见表 4。PJK 组术后即刻 PJA_2 角大于对照组($P=0.015$)、术后即刻 $PJA_2\geq 5^\circ$ 例数多于对照组($P=0.001$), 其余参数的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

两组术前和术后影像学参数变化量(变化量=术后即刻-术前)的比较见表 5, PJK 组 ΔPJA_2 大于对照组($P=0.015$)、 $\Delta PJA_2\geq 3^\circ$ 例数显著多于

对照组($P=0.016$),其余参数的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

将 $P<0.05$ 的二分类变量引入 Logistic 回归方程,除去 1 项病例数不全(术前 BMD $<0.850\text{g/cm}^2$),共 6 项潜在危险因素(UIV 位于 T11-L1、术前 TLK $\geq 15^\circ$ 、术前 SS $< 25^\circ$ 、术前 PJA₁ $>$

9° 、术后即刻 PJA₂ $\geq 5^\circ$ 和术后即刻 PJA₂ 增大 $\geq 3^\circ$)引入方程,最终结果见表 6。术前 PJA₁ $> 9^\circ$ 、术前 SS $< 25^\circ$ 和术后即刻 PJA₂ 增大 $\geq 3^\circ$ 为发生 PJK 的独立危险因素,分别增加了 19 倍、23 倍和 22 倍发生 PJK 的风险。

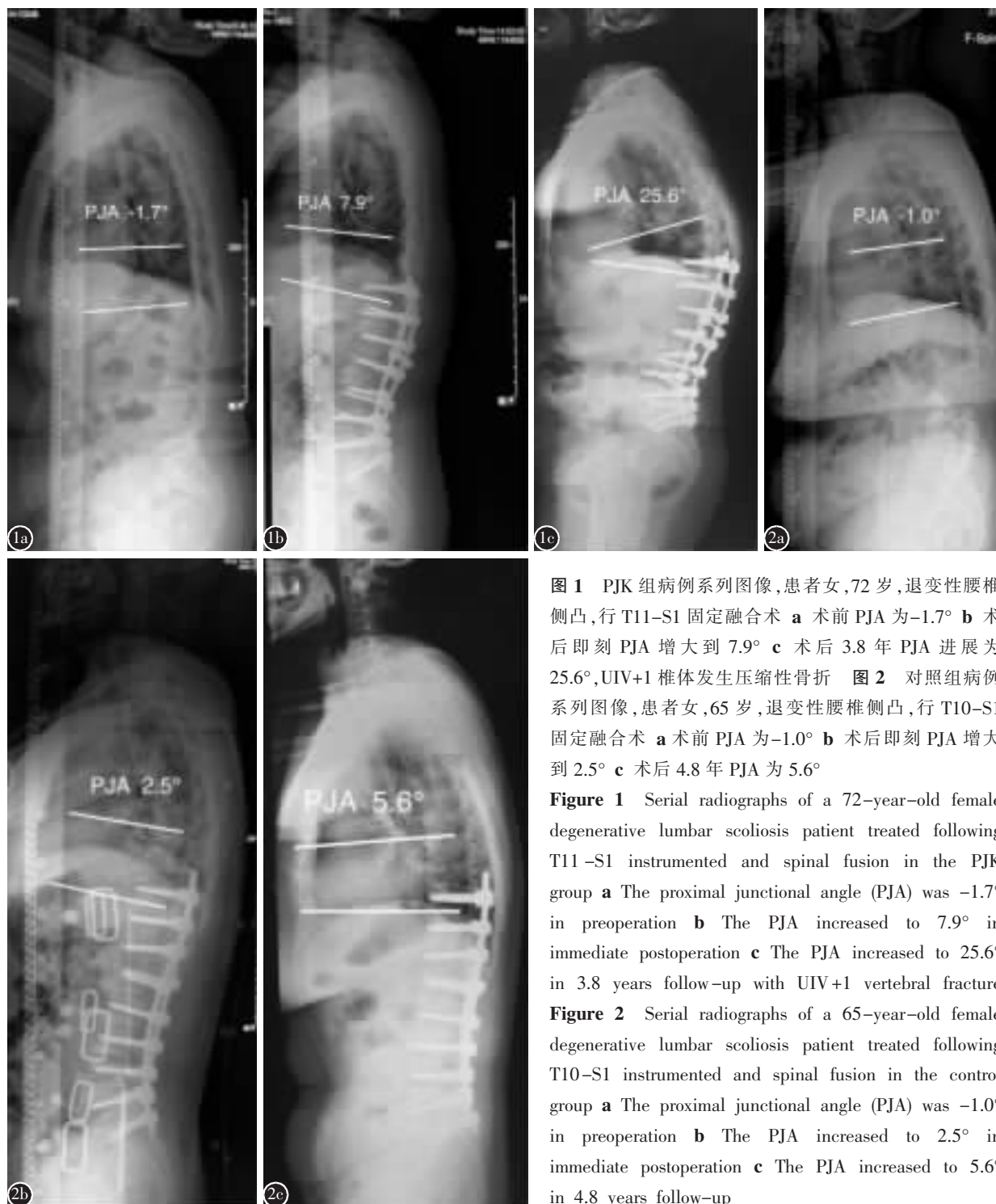


图 1 PJK 组病例系列图像,患者女,72 岁,退变性腰椎侧凸,行 T11-S1 固定融合术 **a** 术前 PJA 为 -1.7° **b** 术后即刻 PJA 增大到 7.9° **c** 术后 3.8 年 PJA 进展为 25.6° ,UIV+1 椎体发生压缩性骨折 **图 2** 对照组病例系列图像,患者女,65 岁,退变性腰椎侧凸,行 T10-S1 固定融合术 **a** 术前 PJA 为 -1.0° **b** 术后即刻 PJA 增大到 2.5° **c** 术后 4.8 年 PJA 为 5.6°

Figure 1 Serial radiographs of a 72-year-old female degenerative lumbar scoliosis patient treated following T11-S1 instrumented and spinal fusion in the PJK group **a** The proximal junctional angle (PJA) was -1.7° in preoperation **b** The PJA increased to 7.9° in immediate postoperation **c** The PJA increased to 25.6° in 3.8 years follow-up with UIV+1 vertebral fracture **Figure 2** Serial radiographs of a 65-year-old female degenerative lumbar scoliosis patient treated following T10-S1 instrumented and spinal fusion in the control group **a** The proximal junctional angle (PJA) was -1.0° in preoperation **b** The PJA increased to 2.5° in immediate postoperation **c** The PJA increased to 5.6° in 4.8 years follow-up

表 1 两组个体资料的比较

Table 1 Comparison of patient data between the two groups

	PJK组 (n=11) PJK Group	对照组 (n=49) Control group
性别(女:男) Sex(Female:Male)	10:1	40:9
年龄(岁) Age(year)	62.3±8.1	63.4±6.0
年龄≥60岁(例/%) Age≥60 years(n/%)	8(72.7%)	37(75.5%)
体重指数(kg/m ²) BMI(kg/m ²)	28.2±3.3	26.4±3.7
体重指数≥28.0kg/m ² (例/%) BMI≥28.0kg/m ² (n/%)	6(54.5%)	15(30.6%)
骨密度*(g/cm ²) BMD(g/cm ²)	0.774±0.084	0.903±0.186 ^①
骨密度<0.850g/cm ² (例/%) BMD<0.850g/cm ² (n/%)	6(100.0%)	13(36.1%) ^②
T-值 T-value	-2.390±1.005	-1.376±1.915

注:*18例未测术前骨密度(PJK组5例,对照组13例);与PJK组比较^①P<0.05;^②P<0.01

Note: *18 cases of unmeasured preoperative BMD (5 cases in PJK group and 13 cases in the control group); Compared with PJK group, ^①P<0.05; ^②P<0.01

表 2 两组手术资料的比较

Table 2 Comparison of operation data between the two groups

	PJK组 (n=11) PJK Group	对照组 (n=49) Control group
固定融合椎体数 Vertebrae instrumented and fused	6.5±1.0	6.8±1.3
UIV位于 T11-L1 UIV at T11-L1	11(100%)	34(69.4%) ^①
LIV位于 S1 LIV at S1	7(63.6%)	37(75.5%)
截骨操作 Osteotomy	6(54.5%)	29(59.2%)
椎间融合 Interbody fusion	8(72.7%)	31(63.3%)

注:①与PJK组比较P<0.05

Note: ①Compared with PJK group, P<0.05

3 讨论

3.1 PJK 发生率

Lowe 等^[20]对休门氏病脊柱后凸畸形患者术后随访研究中首次描述了 PJK,此后,PJK 常见于 AIS、ADIS、ASD 术后的临床研究报道中。PJK 发生率受疾病类型、手术方式、随访时间等因素的影响,文献报道多在 20%~41%之间^[5,6,13,15,19,21~25],最高可达 61.7%^[26]。一项仅针对 DLS 患者的研究^[35]显示,术后 PJK 发生率为 17.3%。本研究平均随访时间为 40 个月,PJK 发生率为 18.3%,与文献报

表 3 两组术前影像学参数的比较

Table 3 Comparison of preoperative radiographic parameters between the two groups

	PJK组 (n=11) PJK Group	对照组 (n=49) Control group
Cobb(°)	29.0±13.7	28.4±10.4
TK(°)	14.2±13.6	18.6±13.7
TLK(°)	15.9±10.1	7.0±14.6
TLK≥15°(n/%)	7(63.6%)	11(22.4%) ^①
LL-TK(°)	8.8±14.3	10.2±14.9
LL(°)	-22.9±17.6	-28.8±16.9
LL≥-30°(n/%)	8(72.7%)	24(49.0%)
SS(°)	19.5±6.5	25.5±10.3
SS<25°(n/%)	10(90.9%)	23(46.9%) ^①
PI(°)	47.2±7.8	49.8±10.9
PI-LL(°)	24.3±16.4	21.0±19.3
PI-LL 不匹配(例/%) PI-LL mismatch(n/%)	9(81.8%)	37(75.5%)
GSA(°)	38.4±11.9	39.6±16.6
GSA>45°(n/%)	5(45.5%)	16(32.7%)
PT(°)	27.7±8.9	24.3±12.1
SVA(mm)	45.7±52.2	45.7±52.0
SVA失衡(例/%) SVA imbalance(n/%)	4(36.4%)	18(36.7%)
PJA ₁ (°)	6.5±5.9	3.0±5.8
PJA ₁ >9°(n/%)	5(45.5%)	5(10.2%) ^①
PJA ₂ (°)	5.5±7.7	3.7±7.4
PJA ₂ >9°(n/%)	4(36.4%)	10(20.4%)

注:①与PJK组比较P<0.05

Note: ①Compared with PJK group, P<0.05

表 4 两组术后即刻影像学参数的比较

Table 4 Comparison of diate immediate postoperative radiographic parameters between the two groups

	PJK组 (n=11) PJK Group	对照组 (n=49) Control group
TLK(°)	12.7±7.3	8.5±6.9
LL(°)	-35.6±9.8	-40.6±9.1
SS(°)	29.6±9.0	30.4±8.2
PI-LL(°)	11.1±8.3	8.6±10.3
PT(°)	17.0±6.9	18.8±8.4
PJA ₂ (°)	11.6±6.0	6.0±6.7 ^①
PJA ₂ ≥5°(n/%)	11(100.0%)	23(46.9%) ^②

注:与PJK组比较^①P<0.05;^②P<0.01

Note: Compared with PJK group, ^①P<0.05; ^②P<0.01

道基本一致。

3.2 个体危险因素

Yagi 等^[16]对 ADIS 患者的研究发现 PJK 组术前 BMD 显著低于对照组(0.692±0.182 vs 0.799±

表 5 两组术前和术后影像学参数变化量的比较

Table 5 Comparison of the change of radiographic parameters before and after operation between the

	two groups	
	PJK组(n=11) PJK Group	对照组(n=49) Control group
$\Delta\text{TLK} (^{\circ})$	-3.2 ± 7.5	1.1 ± 13.6
$\Delta\text{LL} (^{\circ})$	-12.6 ± 12.5	-12.3 ± 14.4
$\Delta\text{SS} (^{\circ})$	10.1 ± 9.4	4.9 ± 7.8
$\Delta\text{PI-LL} (^{\circ})$	-13.1 ± 12.8	-12.4 ± 13.2
$\Delta\text{PT} (^{\circ})$	-10.7 ± 9.3	-5.5 ± 7.7
$\Delta\text{PJA}_2 (^{\circ})$	6.1 ± 3.4	2.3 ± 5.6^{①}
$\Delta\text{PJA}_2 \geq 3^{\circ} (n/\%)$	10(90.9%)	23(46.9%) ^①

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

0.183, $P=0.044$), 对此类患者, Yagi 等认为 UIV 应适度往头侧延伸。Hyun 等^[27]在 ASD 中的研究结论也显示骨质疏松是发生 PJK 的一项危险因素。本研究的结果也支持低 BMD ($\text{BMD}<0.850\text{g/cm}^2$) 是发生 PJK 的一项潜在危险因素。

骨质疏松症主要发生在 50 岁以上人群, 女性多见, 该人群与 DLS 人群重叠度较高。在青少年、儿童矫形术后 PJK 病例中 PJA 的增大通常来自椎间盘的改变, 而在成人矫形术后, PJA 的增大不仅有椎间盘改变的参与, 还可能有 UIV 及其上方椎体的压缩性骨折、旋转半脱位等变化的参与, 后者也与低 BMD 有关上^[28-30]。Hart 等^[31]提出用骨水泥强化近端交界区椎体可以在一定程度上避免邻

表 6 PJK 独立危险因素的 Logistic 回归分析模型

Table 6 Logistic regression analysis model for the independent risk factors associated with PJK

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for Exp(B)	
							Lower	Upper
术前 $\text{PJA}_1 > 9^{\circ}$ Preoperative $\text{PJA}_1 > 9^{\circ}$	2.967	1.243	5.967	1	0.017 ^①	19.432	1.700	222.111
术前 $\text{SS} < 25^{\circ}$ Preoperative $\text{SS} < 25^{\circ}$	3.141	1.369	5.267	1	0.022 ^①	23.131	1.582	338.247
术后 PJA_2 增长 $\geq 3^{\circ}$ Postoperative PJA_2 increased $\geq 3^{\circ}$	3.108	1.382	5.059	1	0.025 ^①	22.382	1.491	335.915
Constant	-6.828	2.093	10.646	1	0.001	0.001		

注:① $P<0.05$ Note: ① $P<0.05$

近椎体骨折和内固定失败、起到预防 PJK 的作用。但有学者指出该方法存在干扰椎间盘血供^[32]、增加邻近椎体骨折风险^[33]等缺点; Kayanja 等^[34]进行生物力学分析发现脊柱的刚度与骨水泥强化节段数量无关、与椎体本身的骨密度有关。因此, 笔者认为预防 DLS 患者术后 PJK 的一个重要方法是对低 BMD 或骨质疏松的患者行抗骨质疏松治疗, 抗骨质疏松治疗应从术前到术后不间断; 而对于严重骨质疏松症患者应考虑先改善骨密度再行手术, 或者考虑更改为创伤较小的术式。

Helgeson 等^[11]发现高 BMI 可能是发生 PJK 的一项危险因素。Wang 等^[35]在 DLS 的研究中发现 $\text{BMI} \geq 25\text{kg/m}^2$ 是发生 PJK 的一项独立危险因素, 分析认为较大的 BMI 增加了椎体和椎间盘的载重负荷、引起小关节和后方韧带复合体承受异常负荷、同时肥胖患者腰背肌力量较弱, 这些因素均有利于 PJK 的发生发展, 因此, Wang 等提出 DLS 患者术前应控制体重、将 BMI 降到正常范围, 同

时加强腰背肌肉的锻炼。 $\text{BMI} \geq 28\text{kg/m}^2$ 是中国成人诊断肥胖的界限, 本研究中两组肥胖例数的差异均不显著。Kim 等^[6]在 ASD 的研究中发现在 >60 岁患者中 PJK 发生率显著升高。另一项^[5]关于 ASD 的研究则认为 >55 岁是发生 PJK 的一项危险因素, 推测可能与随着年龄增长逐渐发生椎间盘和小关节退变、椎旁肌退化、骨量丢失等因素有关。但本研究并未发现年龄是一项危险因素。

3.3 手术危险因素

关于 UIV 停留位置和融合节段长短对 PJK 的影响仍有争议。Bridwell 等^[8]发现 PJK 组融合节段数量显著小于对照组 (8 vs 11, $P=0.001$)、UIV 位于下胸椎的数量显著大于对照组 (80.0% vs 33.9%, $P<0.001$), 融合节段过短、UIV 位于下胸椎都是发生 PJK 的危险因素。Kim 等^[36]的研究却显示 UIV 位于上胸椎 (T1-T3) 是发生 PJK 的一项危险因素, 相对于 T4-T12 而言, 其增加了 2.3 倍发生 PJK 的风险。考虑到固定到上胸椎会带来更大

的创伤、延长手术时间、增加围手术期并发症等缺点,本研究所有病例 UIV 均位于胸腰段,除了要包含整个侧凸节段以外,UIV 的选择更倾向于选择稳定、中立、水平的椎体^[28]。在本研究中,PJK 组与对照组固定融合椎体数量并无显著性差异,但 PJK 组 UIV 比对照组更多地停留在 T11-L1 (100.0% vs 69.4%, $P=0.030$),而停留 T10 和 L2 处无一例发生 PJK。胸腰段(T10-L2)是胸椎后凸移行为腰椎前凸的过渡区域,T10-L2 的 4 个椎间盘提供了一定的活动度,正常 TLK 在 $-10^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 范围内。UIV 停留在 T11、T12 和 L1 分别保留了 1 个、2 个和 3 个椎间盘,这些留存椎间盘不仅要承担术前 4 个椎间盘的活动度,下方的长节段固定同时还增加了交界处椎间盘的局部应力,可能因此更容易发生 PJK;UIV 停留在 L2 保留了胸腰段 4 个椎间盘,可能因此发生更少的 PJK;UIV 停留在 T10 跨越了胸腰段 4 个椎间盘,Kwon 等^[37]认为 T10 及以上椎体由于胸廓的保护可视为一个稳定结构,而 T11 和 T12 的浮肋结构相对不稳定,固定到 T10 可能因此发生更少的 PJK。Wang 等^[35]对 DLS 的研究结果与本研究相似,PJK 组 UIV 比对照组更多地停留在 T11-L1 (72.2% vs 37.0%, $P=0.007$),回归分析发生 UIV 位于 T11-L1 是发生 PJK 的一项独立危险因素。

手术危险因素还应考量 LIV 停留位置、截骨操作和椎间融合等因素。Yagi 等^[15]报道 LIV 位于骶骨的 PJK 发生率大于 LIV 位于骶骨上方椎体的 2 倍(30.5% vs 15.3%, $P=0.015$)。Bridwell 等^[8]也发现 PJK 组固定到骶骨-骨盆的比例显著高于对照组(80.0% vs 52.3%)。Liu 等^[38]对 14 项研究(共 2215 例患者)行 Meta 分析的结果显示融合到 S1 是脊柱融合术后发生 PJK 的一项危险因素。在 Maruo 等^[25]的研究中,PJK 组行 SPO 截骨例数、PSO/VCR 截骨例数与对照组的差异不显著,PJK 组行 ALIF、XLIF 或 TLIF 例数与对照组的差异亦不显著。在 Kim 等^[15]的研究中也未发现截骨与 PJK 之间存在显著相关性。在本研究中,PJK 组与对照组在固定到 S1 的例数、截骨操作例数、椎间融合例数间的差异均无统计学意义。但要注意,60 例患者中仅 1 例行 PSO 截骨,该例发生了 PJK。LIV 停留位置、截骨操作、椎间融合是否影响 DLS 长节段术后 PJK 的发生、发展尚需进一步研究探究。

3.4 影像学危险因素

已报道的 PJK 影像学危险因素也分为三类:术前参数(如:TK $>30^{\circ}$ 、SVA $>95\text{mm}$),手术前后参数变化量(如:LL 矫正 $>30^{\circ}$ 、术后 TK 减小 $>10^{\circ}$)和术后参数(如:PJA $>5^{\circ}$)。

Maruo 等^[25]发现术前 TK $>30^{\circ}$ 是发生 PJK 的一项独立危险因素($OR=3.193$, $P<0.001$),较大的胸椎后凸可能会造成术后 UIV 近端应力集中,因而容易出现 PJA 增长。Liu 等^[38]在 Meta 分析中得出术前 TK $>40^{\circ}$ 是发生 PJK 的一项危险因素。而本研究中 PJK 组术前 TK 略小于对照组且两组 TK 均较小。Inoue 等^[39]针对融合至骶骨的 ASD 患者进行随访,发现术前矢状面严重失衡(SVA $>95\text{mm}$)是发生 PJK 的主要危险因素。本研究中 PJK 组 SVA 与对照组 SVA 并无显著差异、PJK 组 SVA 失衡例数与对照组 SVA 失衡例数并无显著差异。

本研究发现术前 TLK $\geq 15^{\circ}$ 是发生 PJK 的一项潜在危险因素,术前 PJA $_1>9^{\circ}$ 是发生 PJK 的一项独立危险因素($OR=19$, $P=0.017$)。正常 TLK 范围是 $-10^{\circ}\sim 10^{\circ}$,TLK $\geq 15^{\circ}$ 即存在异常的胸腰段后凸,本研究 UIV 均位于胸腰段,将 UIV 止于异常后凸的胸腰段,显著增加了发生 PJK 的风险。PJA $_1$ 为 UIV 下终板与 UIV+1 上终板之间的夹角,术前 PJA $_1>9^{\circ}$ 意味着交界区两个椎体间存在异常的局部后凸角(正常成人相邻两椎体间后凸角不超过 5°),为 PJK 的发生发展提供了有利基础。因此,对 DLS 制订手术方案时应警惕 TLK $\geq 15^{\circ}$ 和 PJA $_1>9^{\circ}$,避免将 UIV 止于胸腰段局部后凸的顶点,这类情况下建议将 UIV 向头端适当延伸。

Mendoza-Lattes 等^[24]的研究报道骨盆后倾增长了发生 PJK 的风险。许多研究已证实 DLS 患者会以骨盆后倾来代偿 LL 减小和 SVA 向前失衡,SS 会随着骨盆后倾程度的增大而减小。多因素 Logistic 分析($OR=23$, $P=0.022$)发现 SS $<25^{\circ}$ 是发生 PJK 的一项独立危险因素,它增加了 23 倍发生 PJK 的风险,这意味着 DLS 患者的骨盆后倾程度越重(SS 越小),越容易发生 PJK,对此类患者应在术后随访中予以重视。

PI 与脊柱矢状位序列密切相关^[40,41]。Maruo 等在 90 例 ASD 的研究中发现是 PJK 组比对照组有更大的 PI ($59.7\pm 14.5^{\circ}$ vs $53.7\pm 11.5^{\circ}$, $P=0.033$),PI $>55^{\circ}$ (67.6% vs 45.2%, $P=0.037$)是发生 PJK 的

独立危险因素;并且,PJK 组更大的 PI 意味着需要更大的 LL ($30.0\pm 17.2^\circ$ vs $19.2\pm 14.4^\circ$, $P=0.002$)纠正来达到 PI-LL 匹配^[25]。Maruo 等^[25]发现手术纠正 LL $>30^\circ$ 是发生 PJK 的独立危险因素 (OR=3.193, $P<0.001$)。Hyun 等^[27]的研究显示,即使 PJK 组和对照组 PI 大小 (59.1° vs 58.7° , $P=0.124$) 无显著性差异,但是过度矫正 LL $>40^\circ$ 和 SVA $>8\text{cm}$ 仍然是发生 PJK 的危险因素;这与邱勇等^[42]的临床经验吻合,较大的 LL 矫正容易导致术后 PI 与 LL 不匹配,出现脊柱负平衡,内固定近端在脊柱平衡代偿机制的作用下出现后凸增加。Kim 等^[9]的研究还发现过度矫正 LL 和 SVA 是发生需要翻修的 PJK 的危险因素,SVA 矫正 $>8\text{cm}$ 显著提高了翻修风险。但是在本研究中,两组有着相同水平的 PI、LL 矫正值和矫正 LL $>30^\circ$ 例数,上述危险因素并未体现。不少研究发现正常国人 PI 值普遍小于欧美人群^[43,44],因此术中对 LL 的矫正程度也相对较小,可能是未得出过度矫正是发生 PJK 危险因素的一个原因;另外,SVA 的变化量因资料不全未纳入分析。总之,术前为 DLS 患者制订合理重建计划,获得理想的矢状面重建及矢状面脊柱骨盆参数的匹配显得特别重要。

Annis 等^[17]回顾分析了 135 例长节段手术的 ASD 患者,发现术后即刻 PJA $>5^\circ$ 是发生 PJK 的独立危险因素。在 Yan 等^[45]的研究中,PJK 组和对照组术前 PJA 无显著性差异 (6.08 ± 3.68 vs 6.60 ± 4.31 , $P=0.744$),但术后即刻 PJK 组 PJA 显著大于对照组 PJA (13.42 ± 6.65 vs 7.27 ± 4.28 , $P=0.007$)。相似的是,本研究中术前 PJK 组 PJA 与对照组 PJA 无显著性差异,但两组在术后即刻 PJA 和术后即刻 PJA 增大程度上却存在显著差异,术后即刻 PJA $\geq 5^\circ$ 和术后即刻 PJA 增大 $\geq 3^\circ$ 都证实是发生 PJK 的危险因素。Yagi 等^[46]指出术中破坏关节囊、损伤棘上韧带和棘间韧带等因素导致了术后早期后凸的发生,后方软组织和韧带结构的破坏被认为是导致 PJK 发生和发展的重要因素之一。Kahn 等^[47]也认为后路矫形手术破坏了脊柱后方的肌肉、韧带等软组织,从而导致小关节容易发生脱位和椎间隙的张开,最终将导致交界性后凸。Rhee 等^[48]则认为脊柱后路融合术后发生 PJK 可能和后方张力带破坏、矫形过程近端加压对交界区的影响有关。Cahill 等^[29]采用有限元分析发现,破坏 UIV 近端的棘间韧带和棘上韧带复合体

后,近端椎间盘髓核内压力显著增加,提示保留近端的棘间韧带和棘上韧带复合体可能有助于减少 PJK 的发生。Cammarata 等^[30]建立了 6 例 ASD 患者的脊柱模型研究 PJK 的生物力学,结果显示双侧关节突切除、后方韧带切除及近端弯棒角度的增加均显著增加术后 PJA 与近端屈曲应力,提倡手术时保护关节突关节、后方韧带复合体等结构来预防 PJK。因此,PJK 组术后 PJA 的增长可能与软组织破坏、小关节切除等因素有关,术中应严格保护近端肌肉、小关节、后方韧带复合体等软组织结构来预防 PJK。

综上所述,至少 2 年以上的随访结果显示,DLS 长节段固定融合术后近端交界性后凸的发生率为 18.3%。术前 PJA₁ $>9^\circ$ 、术前 SS $<25^\circ$ 和术后 PJA₂增大 $\geq 3^\circ$ 是发生 PJK 的独立危险因素,分别增加了 19 倍、23 倍和 22 倍的发生 PJK 的风险;BMD $<0.850\text{g}/\text{cm}^2$ 、UIV 位于 T11-L1、术前 TLK $\geq 15^\circ$ 和术后 PJA₂ $\geq 5^\circ$ 是发生 PJK 的潜在危险因素。对存在危险因素的患者应制订合理的手术计划和随访计划。

4 参考文献

1. 赵耀,漆龙涛,李淳德,等. 骨盆腰椎匹配值与成人退变性脊柱侧凸畸形术后疗效的相关性研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(8): 701-708.
2. Wang G, Cui X, Jiang Z, et al. Evaluation and surgical management of adult degenerative scoliosis associated with lumbar stenosis[J]. Medicine(Baltimore), 2016, 95(15): e3394.
3. Kleinstueck FS, Fekete TF, Jeszenszky D, et al. Adult degenerative scoliosis: comparison of patient-rated outcome after three different surgical treatments[J]. Eur Spine J, 2016, 25(8): 2649-2656.
4. Chen PG, Daubs MD, Berven S, et al. Surgery for degenerative lumbar scoliosis: the development of appropriateness criteria[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(10): 910-918.
5. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity after segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum five-year follow-up[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2008, 33(20): 2179-2184.
6. 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.
7. Zhao Y, Li CD, Liu XY, et al. [Analysis of sagittal parameters about senior thoracolumbar proximal junctional kyphosis after lumbar long segment fusion][J]. Beijing Da Xue Xue Bao, 2013, 45(5): 732-737.

8. Bridwell KH, Lenke LG, Cho SK, et al. Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: evaluation of 20 degrees as a critical angle[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72(6): 899–906.
9. Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Patients with proximal junctional kyphosis requiring revision surgery have higher postoperative lumbar lordosis and larger sagittal balance corrections[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(9): E576–580.
10. O’leary PT, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Risk factors and outcomes for catastrophic failures at the top of long pedicle screw constructs: a matched cohort analysis performed at a single center[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(20): 2134–2139.
11. Helgeson MD, Shah SA, Newton PO, et al. Evaluation of proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following pedicle screw, hook, or hybrid instrumentation[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(2): 177–181.
12. Yagi M, Rahm M, Gaines R, et al. Characterization and surgical outcomes of proximal junctional failure in surgically treated patients with adult spinal deformity[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(10): E607–614.
13. Hassanzadeh H, Gupta S, Jain A, et al. Type of anchor at the proximal fusion level has a significant effect on the incidence of proximal junctional kyphosis and outcome in adults after long posterior spinal fusion[J]. *Spine Deformity*, 2013, 1(4): 299–305.
14. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(24): 2731–2738.
15. Yagi M, Akilah KB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors and classification of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2011, 36(1): E60–68.
16. Yagi M, King AB, Boachieadjei O. Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. Minimum 5 years of follow-up[J]. *Spine*, 2012, 37(37): 1479–1489.
17. Annis P, Lawrence BD, Spiker WR, et al. Predictive factors for acute proximal junctional failure after adult deformity surgery with upper instrumented vertebrae in the thoracolumbar spine[J]. *Evid Based Spine Care J*, 2014, 5(2): 160–162.
18. Smith MW, Annis P, Lawrence BD, et al. Acute proximal junctional failure in patients with preoperative sagittal imbalance[J]. *Spine J*, 2015, 15(10): 2142–2148.
19. Glatte RC, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(14): 1643–1649.
20. Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel–Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann’s disease: a review of 32 patients [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1994, 19(15): 1680–1685.
21. Hyun SJ, Rhim SC. Clinical outcomes and complications after pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance patients: a long-term follow-up data[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2010, 47(2): 95–101.
22. Kim HJ, Lenke LG, Shaffrey CI, et al. Proximal junctional kyphosis as a distinct form of adjacent segment pathology after spinal deformity surgery: a systematic review[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(22 Suppl): S144–164.
23. Denis F, Sun EC, Winter RB. Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum five-year follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(20): E729–734.
24. Mendoza-Lattes S, Ries Z, Gao Y, et al. Proximal junctional kyphosis in adult reconstructive spine surgery results from incomplete restoration of the lumbar lordosis relative to the magnitude of the thoracic kyphosis[J]. *Iowa Orthop J*, 2011, 31: 199–206.
25. Maruo K, Ha Y, Inoue S, et al. Predictive factors for proximal junctional kyphosis in long fusions to the sacrum in adult spinal deformity[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2013, 38(23): E1469–476.
26. Lee JH, Kim JU, Jang JS, et al. Analysis of the incidence and risk factors for the progression of proximal junctional kyphosis following surgical treatment for lumbar degenerative kyphosis: minimum 2-year follow-up [J]. *Br J Neurosurg*, 2014, 28(2): 252–258.
27. 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.
28. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Is the T9, T11, or L1 the more reliable proximal level after adult lumbar or lumbosacral instrumented fusion to L5 or S1[J]? *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(24): 2653–2661.
29. Cahill PJ, Wang W, Asghar J, et al. The use of a transition rod may prevent proximal junctional kyphosis in the thoracic spine after scoliosis surgery: a finite element analysis [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(12): E687–695.
30. Cammarata M, Aubin CE, Wang X, et al. Biomechanical risk factors for proximal junctional kyphosis: a detailed numerical analysis of surgical instrumentation variables [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(8): E500–507.
31. Hart RA, Prendergast MA, Roberts WG, et al. Proximal junctional acute collapse cranial to multi-level lumbar fusion: a cost analysis of prophylactic vertebral augmentation [J]. *Spine J*, 2008, 8(6): 875–881.

32. Verlaan JJ, Oner FC, Slootweg PJ, et al. Histologic changes after vertebroplasty[J]. J Bone Joint Surg Am, 2004, 86-A(6): 1230-1238.
33. Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Proximal junctional vertebral fracture in adults after spinal deformity surgery using pedicle screw constructs: analysis of morphological features[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2010, 35(2): 138-145.
34. Kayanja MM, Schlenk R, Togawa D, et al. The biomechanics of 1, 2, and 3 levels of vertebral augmentation with polymethylmethacrylate in multilevel spinal segments [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(7): 769-774.
35. 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.
36. Kim HJ, Yagi M, Nyugen J, et al. Combined anterior-posterior surgery is the most important risk factor for developing proximal junctional kyphosis in idiopathic scoliosis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2012, 470: 1633-1639.
37. Kwon BK, Elgafy H, Keynan O, et al. Progressive junctional kyphosis at the caudal end of lumbar instrumented fusion: etiology, predictors, and treatment[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(17): 1943-1951.
38. Liu FY, Wang T, Yang SD, et al. Incidence and risk factors for proximal junctional kyphosis: a meta-analysis [J]. Eur Spine J, 2016, 25(8): 2376-2383.
39. Inoue S, Khashan M, Fujimori T, et al. Analysis of mechanical failure associated with reoperation in spinal fusion to the sacrum in adult spinal deformity[J]. J Orthop Sci, 2015, 20(4): 609-616.
40. 赵耀, 李淳德, 刘宪义, 等. 老年脊柱术后胸腰段近端交界性后凸的矢状位参数分析[J]. 北京大学学报医学版, 2013, 45(5): 732-737.
41. 李危石, 孙卓然, 陈仲强, 等. 正常脊柱-骨盆矢状位参数的影像学研究[J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(5): 447-453.
42. 邱勇. 重视成人脊柱畸形术后的近端交界性后凸[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 677-679.
43. 马清伟, 李危石, 孙卓然, 等. 中老年人群脊柱-骨盆矢状位参数及其序列拟合关系[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(2): 146-150.
44. 胡俊, 钱邦平, 邱勇, 等. 60 岁以上脊柱畸形患者脊柱-骨盆矢状面参数与生活质量的相关性分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(8): 682-688.
45. Yan P, Bao H, Qiu Y, et al. Mismatch between proximal rod contouring and proximal Junctional angle: a predisposed risk factor for proximal junctional kyphosis in degenerative scoliosis[C]. Spine(Phila Pa 1976), 2016.
46. Yagi M, King AB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. Minimum 5 years of follow-up[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2012, 37(17): 1479-1489.
47. Kahn E, Brown J, Swank S. Postoperative thoracic kyphosis following Luque instrumentation[J]. Orthop Trans, 1987, 11: 88.
48. Rhee J M, Bridwell K H, Won D S, et al. Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis: the effect of anterior versus posterior instrumentation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2002, 27(21): 2350-2356.

(收稿日期: 2017-05-03 修回日期: 2017-07-17)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)