

退变性腰椎侧凸长节段融合术后 远端交界性问题分析

袁磊, 张心灵, 曾岩, 陈仲强, 刘寅昊, 李危石, 齐强, 郭昭庆, 孙垂国

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的:探讨退变性腰椎侧凸(degenerative lumbar scoliosis, DLS)长节段固定融合术后远端交界性问题(distal junctional problem, DJP)的发生率、危险因素及对患者生活质量的影响。**方法:**2009 年 4 月~2017 年 10 月在我院确诊为 DLS、年龄 ≥ 40 岁、行长节段(≥ 4 个节段)固定融合手术、随访时间 ≥ 1 年的患者 132 例,将随访时出现 DJP 的 13 例患者纳入 DJP 组,未出现任何机械性并发症的 41 例患者纳入对照组。对个体因素[手术时的年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、骨密度(bone mineral density, BMD)和 T 值、合并糖尿病和高血压情况、美国麻醉医师学会(ASA)分级等因素]、手术因素[固定融合节段数、远端固定椎(lowest instrumented vertebra, LIV)位置、截骨操作和椎间融合情况]以及术前和术后影像学参数[侧凸 Cobb 角、顶椎的旋转程度(Nash-Moe)、顶椎偏移距离(apical vertebral translation, AVT)、冠状位平衡(coronal vertical axis, CVA)、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、胸腰段后凸角(thoracolumbar kyphosis, TLK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、矢状位平衡(sagittal vertical axis, SVA)、T1 骨盆角(T1 pelvic angle, TPA)、躯干整体倾斜角(global tilt, GT)等]进行单变量和多变量分析。比较两组术前和随访时的腰痛视觉模拟(visual analog scale, VAS)评分、下肢痛 VAS 评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)-29 评分、脊柱研究学会(Scoliosis Research Society-22, SRS-22)评分和健康状况调查简表(short form 36 health survey questionnaire, SF-36)评分。**结果:**本组患者 DJP 的发生率为 9.8%(13/132),其中 6 例(46.2%)患者进行了翻修手术。DJP 组患者骨密度 T 值显著低于对照组, DJP 患者骨量减少及骨质疏松的比例显著高于对照组($P < 0.05$),其他个体因素无显著性差异。两组手术因素均无显著性差异。与对照组相比, DJP 组患者术前 TLK 较大、PT 较小、SVA > 70 mm 的比例较高(53.85% vs 19.51%, $P = 0.040$);术后即刻 TLK、SVA 显著大于对照组,矢状位失衡患者比例显著高于对照组(46.15% vs 14.63%, $P = 0.046$),其他影像学参数无显著性差异。Logistic 回归分析提示骨质疏松($OR = 8.90$, 95% $CI = 1.95 \sim 40.51$, $P = 0.005$)、术后即刻矢状位失衡($OR = 5.82$, 95% $CI = 1.15 \sim 29.42$, $P = 0.033$)发生 DJP 的风险分别增加了 7.9 倍、4.8 倍。两组患者术前各项健康相关生活质量评分均无统计学差异;对照组患者术后各项健康相关生活质量评分较术前均有显著提高($P < 0.05$),而 DJP 组患者 ODI、JOA 评分、SF-36 精神健康较术前无明显提高($P > 0.05$);与对照组比较, DJP 组随访时腰痛 VAS 评分、ODI、JOA 评分、SRS 疼痛、SRS 功能状况、SRS 亚总分、SRS 治疗满意度、SF-36 生理健康评分、SF-36 精神健康评分更差。**结论:**DLS 长节段固定融合术后 9.8% 的患者发生了远端交界性问题,严重影响患者术后生活质量改善;骨质疏松和术后即刻矢状位失衡是发生 DJP 的独立危险因素。

【关键词】退变性腰椎侧凸;长节段融合手术;远端交界性问题;机械并发症

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.06.05

中图分类号:R682.3, R687.3, R619 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2019)-06-0505-09

Distal junctional problem after posterior long instrumented spinal fusion in degenerative lumbar scoliosis/YUAN Lei, ZHANG Xinling, ZENG Yan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(6): 505-513

【Abstract】Objectives: To evaluate the incidence, risk factor, and clinical influence of distal junctional problem(DJP) after long instrumented spinal fusion in degenerative lumbar scoliosis(DLS). **Methods:** From April

第一作者简介:男(1991-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(010)82267372 E-mail:yuanleipku@163.com

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

2009 to October 2017, a total of 132 DLS patients who underwent one stage posterior long instrumented spinal fusion in our spinal center was reviewed. The inclusion criteria included: ①age ≥ 40 years; ②fusion level ≥ 4 levels; ③follow-up time ≥ 1 years. Patients with DJP during follow-up were included in the DJP group(13 cases), and patients without mechanical complications were included in the control group(41 cases). To investigate risk factors for DJP, three kinds of factors were statistically analyzed: ①patient-related risk factors including age, sex, body mass index(BMI), bone mineral density(BMD), T-score and so on; ②surgery-related risk factors including the number of instrumented levels, lowest instrumented vertebra(LIV), osteotomy and interbody fusion; ③pre- and postoperative radiographic parameters including Cobb angle, vertebral axial rotation(Nash-Moe), apical vertebral translation(AVT), coronal vertical axis(CVA), thoracic kyphosis(TK), thoracolumbar kyphosis(TLK), lumbar lordosis(LL), pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT), sacral slope(SS), sagittal vertical axis(SVA), T1 pelvic angle(TPA), global tilt(GT) and so on. Preoperative and follow-up visual analog scale(VAS) for low back pain and leg pain, Oswestry disability index(ODI), Japanese Orthopaedic Association-29 (JOA-29) scores, Scoliosis Research Society-22 (SRS-22) scores and short form 36 health survey questionnaire(SF-36) scores were compared between the DJP group and the control group. **Results:** DJP was developed in 13 of the 132 patients(9.8%). The T-score in the DJP group was significantly lower than that in the control group, and the proportion of patients with osteopenia and osteoporosis in DJP patients was significantly higher than that in the control group. DJP patients had a higher preoperative TLK, a lower preoperative PT and a higher proportion of patients with preoperative SVA >70 mm. Comparing with the control group, the DJP group had a higher postoperative TLK, a higher postoperative SVA and a higher proportion of sagittal imbalance(46.15% vs 14.63%, $P=0.046$). Multiple logistic regression analysis indicated that osteoporosis (OR=8.90, 95% CI=1.95-40.51, $P=0.005$) and immediately postoperative sagittal imbalance(OR=5.82, 95% CI=1.15-29.42, $P=0.033$) were independent risk factors of DJP. In the control group, all baseline quality of life score values had improved significantly at follow-up($P<0.05$), while no significant improvement of ODI score, JOA score or SF-36 mental component summary scale (MCS) score was observed in the DJP group. The following scores were worse at final follow-up in the DJP group: VAS score for lumbar pain, ODI, JOA, SRS-22 pain, SRS-22 function, SRS subtotal score, SRS satisfaction, SF-36 physical component summary scale(PCS), SF-36 MCS score. **Conclusions:** Distal junctional problem occurred in 9.8% of DLS patients after long instrumented spinal fusion, and seriously affected the improvement of patients' quality of life. Osteoporosis and immediately postoperative sagittal imbalance were independent risk factors of DJP.

【Key words】 Degenerative lumbar scoliosis; Long instrumented spinal fusion; Distal junctional problem; Mechanical complications

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

退变性腰椎侧凸 (degenerative lumbar scoliosis, DLS) 的手术治疗目的是彻底神经减压、适度纠正畸形、稳定脊柱、恢复腰椎正常序列及重塑脊柱平衡。后路长节段减压矫形固定融合为常用的手术方法^[1], 而固定远/近端交界性失败是术后重要并发症之一, 也是 DLS 术后翻修的重要原因。与近端交界性后凸/失败相比, 远端交界性后凸/失败(distal junction kyphosis/failure, DJK/DJF)较为少见, 文献报道较少, 其发生机制尚不完全清楚。虽然 DJK/DJF 的发生率低, 但临床症状重, 手术翻修率高。本研究旨在探究 DLS 长节段固定融合术后远端交界性问题 (distal junctional problem, DJP) 的发生率、危险因素及对患者生活质量的影

响。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为单中心回顾性研究。经本院伦理委员会批准。收集 2009 年 4 月~2017 年 10 月在我院骨科行后路选择性减压、长节段固定融合手术的 DLS 患者。病例纳入标准:(1)年龄 ≥ 40 岁;(2)固定椎体数 ≥ 4 个节段;(3)随访时间 ≥ 12 个月;(4)临床资料和影像学资料完整。排除特发性脊柱侧凸、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、休门氏病以及有脊柱手术史和/或脊柱外伤史者。共收集满足

纳入与排除标准的患者 132 例,将末次随访时无机械性并发症(如螺钉松动、近端/远端交界性后凸畸形、DJK/DJF、断棒等)的 41 例患者纳入对照组,发生 DJK/DJF 的 13 例患者纳入 DJP 组。

1.2 临床与影像学评估方法

1.2.1 一般资料 包括患者性别、年龄、身高、体重、体重指数(body mass index, BMI)、是否合并高血压及糖尿病病史、美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、股骨颈骨矿物质密度(bone mineral density, BMD)和 T 值。

1.2.2 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、是否截骨、截骨分级(按照 Schwab 等^[2]提出的 6 级截骨分类法)、是否椎间融合。远端固定节段由手术医师决定,对于 L5/S1 存在明显椎间盘退变、椎管狭窄、脊椎滑脱、腰骶倾斜等病理改变的患者行腰骶关节融合固定至 S1^[3]。

1.2.3 影像学参数 所有患者在术前、术后即刻(术后 2 周内)和末次随访时拍摄的标准站立位全脊柱正侧位 X 线片上测量。所有测量均由同一名有经验的脊柱外科医师在 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。影像学参数包括:术前和术后即刻的侧凸 Cobb 角;顶椎偏移(apical vertebral translation, AVT);顶椎侧凸旋转度(采用 Nash-Moe 法^[4]);最大侧方滑移距离;冠状位平衡(coronal vertical axis, CVA),CVA 在 -30mm~30mm 范围内为 CVA 平衡,否则为 CVA 失衡;胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK);胸腰段后凸角(thoracolumbar kyphosis, TLK);腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL);L4 骶骨前凸角(L4-S1 lordosis);骨盆入射角(pelvic incidence, PI);骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT);骶骨倾斜角(sacral slope, SS);矢状位平衡(sagittal vertical axis, SVA);PI-LL;T1 骨盆角(TPA);躯干整体倾斜(GT)。术前和随访时的远端交界性后凸角(DJA),LIV 下终板与 LIV-1 的下终板的夹角;远端椎间隙夹角(DA),LIV 下终板与 LIV-1 上终板的夹角,前凸记为正,后凸为-,中立为 0。根据 SRS-Schwab 分类^[5],PI-LL<10°记为 0,10°~20°记为+,>20°记为++;SVA<4cm 记为

0,SVA 4~9.5cm 记为+,SVA>9.5cm 记为++;PT<20°记为 0,PT 20°~30°记为+,PT>30°记为++。

DJP 判断标准:发生 DJK 或 DJF 定义为 DJP。DJK 判定标准为 DJA 在术后随访时 $\geq 10^\circ$ 且较术前增加 $\geq 10^\circ$ ^[6,7],或者远端固定椎的下一个椎间隙夹角从术前的前凸变为术后的中位或者后凸(LIV 位于 L5 或以上)^[8,9];DJF 包括:(1)LIV 的远端椎间盘急性楔形变(前凸变为后凸);(2)远端固定椎骨折,多数病例累及上终板;(3)远端固定椎远端椎体的骨质疏松性骨折;(4)因远端固定椎的内置物失败而具有严重临床症状需要再次手术;(5)固定椎远端椎管狭窄或者节段性不稳定^[10]。根据术前及随访时的影像学分为 DJP 组(出现 DJK 或 DJF)和对照组(未出现机械性并发症)。

1.2.4 生活质量评估 采用腰痛、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)、日本骨科协会-29(Japanese Orthopaedic Association, JOA-29)腰腿痛评分系统,脊柱侧凸研究会-22 问卷(scoliosis research society-22, SRS-22)和健康状况调查简表(Short Form 36 Health Survey Questionnaire, SF-36)评价患者术前、随访时的健康相关生活质量(health related quality of life, HRQOL)。SF-36 生理健康(physical component summary scale, PCS)和心理健康(mental component summary scale, MCS)的计算基于常模数据进行算分,因目前尚缺大陆人群的数据,本研究按照香港版计算^[11]。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 第 20 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。单变量分析有统计学意义且 OR>1 为危险因素(或者从方向判断)。将单变量分析所得二分类危险因素引入 Logistic 回归分析,筛选变量方法为 Forward: Likelihood Ratio。P<0.05 为有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的基本资料及 DJP 个体危险因素

纳入的 132 例患者中, 术后 13 例发生 DJK/DJF, DJP 发生率为 9.8%(13/132)。其中 2 例发生 DJK, 2 例发生远端固定椎骨折, 5 例患者固定椎远端椎管狭窄或者节段性不稳定, 4 例因远端固定椎的内置物失败而具有严重临床症状。54 例患者 LIV 位于 L5 及以上, 9 例发生 DJP, 其中发生 DJK 2 例, 发生 DJF 7 例, DJK 的发生率为 3.7%, DJF 的发生率为 13.0%。6 例患者进行了翻修手术, 1 例患者固定节段融合良好行取钉手术, 其余 5 例均在远端延长固定至髂骨(图 1、2)。

两组的基本资料见表 1。两组患者的年龄、性别、BMI、合并糖尿病/高血压及 ASA 分级均无显著性差异; DJP 组患者 BMD 低于对照组, 但无统计学差异($P=0.051$), DJP 患者骨密度 T 值显著性低于对照组($P=0.019$)。DJP 组患者骨质正常、骨量减少、骨质疏松的比例分别为 0、30.77%、69.23%, 而对照组患者骨质正常、骨量减少、骨质疏松的比例分别为 34.15%、43.90%、21.95%, 两组患者骨质情况分布存在明显差异, DJP 患者的骨量减少及骨质疏松的比例显著性高于对照组。骨



图 1 患者女, 64 岁, 术前合并骨质疏松 **a、b** 术前全脊柱正侧位 X 线片示 TLK 21°, SVA 96.24mm **c、d** 行 T11~L5 固定融合术后全脊柱正侧位 X 线片示 TLK 2°, SVA 33.66mm **e** 术后 13 个月 CT 示 DJK **f** 行翻修手术固定融合至髂骨 **图 2** 患者男, 67 岁, 术前合并骨质疏松 **a、b** 术前全脊柱正侧位 X 线片示 TLK 11.5°, SVA 207.42mm **c、d** 行 L1~L5 固定融合术后 X 线片示 TLK 5.3°, SVA 248.17mm **e** 术后 7 个月 CT 示 L5 压缩性骨折 **f** 行翻修手术固定融合至髂骨

Figure 1 A female, 64 years old, with osteoporosis. **a, b** Full-length posteroanterior(PA) and lateral X-rays showed TLK 21° and SVA 96.24mm preoperation **c, d** Reduced to TLK 2° and SVA 33.66mm immediately after surgery **e** CT scan showed DJK 13 months after the index surgery **f** X-rays showed fusion with fixation to the iliac bone in revision surgery **Figure 2** A male, 67 years old with osteoporosis **a, b** Full-length PA and lateral X-rays showed TLK 11.5° and SVA 207.42mm preoperation **c, d** Reduced to TLK 5.3° and SVA 248.17mm immediately after surgery **e** CT scan showed DJF at L5 due to vertebral body fracture 7 months after the index surgery **f** X-rays showed fusion with fixation to the iliac bone in revision surgery

量减少及骨质疏松是 DJP 发生的个体危险因素。

2.2 手术相关危险因素

两组患者手术资料见表 2。两组的 UIV 分布、LIV 位置分布、固定融合节段数、截骨操作例数、椎间融合例数均无统计学差异($P>0.05$)。

2.3 影像学危险因素

两组术前影像学参数见表 3。两组患者侧凸方向、术前 Cobb 角度、AVT、顶椎偏移角度、最大

表 1 两组患者的基本资料比较

Table 1 Comparison of characteristics between two groups

	DJP组(n=13) DJP group	对照组(n=41) Control group
年龄(岁) Age at surgery	61.8±7.2	63.0±6.4
性别(女/男,例) Gender(Femal/Male)	12/7	35/6
随访时间*(月) Follow-up period	24[17.5, 30.81]	28[28.07, 42.71]
身体质量指数 BMI(kg/m ²)	25.66±2.37	25.56±3.36
骨矿物质密度 BMD(g/cm ²)	0.63±0.12	0.72±0.15
T值 T value	-2.05±0.80 ^①	-1.28±1.41
合并高血压(例) Hypertension	7(53.85%)	19(46.34%)
合并糖尿病(例) Diabetes mellitus	2(15.38%)	8(19.51%)
ASA分级(Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ/Ⅳ,例) ASA classification	3/10/0	5/34/2/0

注:a 不符合正态分布,表示为中位数[95%置信区间];^①与对照组比较 $P<0.05$

Note: a Median[95% confidence interval]; ^①Compared with control group, $P<0.05$

表 2 两组患者手术资料的比较

Table 2 comparison of operation data between the two groups

	对照组(n=41) Control group	DJP组(n=13) DJP group
UIV位于 T10 及以上(例) UIV at T10 and above	11(26.83%)	5(38.46%)
LIV固定至骶骨(例) LIV at sacrum	19(46.34%)	5(38.46%)
固定融合节段数(个) instrumented and fused levels	5.83±1.36	6.46±2.37
椎间融合(例) Interbody fusion	28(68.29%)	12(92.31%)
截骨级别(例) Osteotomy classification		
无 None	6(14.63%)	0(0%)
1级 Grade 1	13(31.71%)	7(53.85%)
2级 Grade 2	16(39.02%)	4(30.77%)
3级 Grade 3	6(14.63%)	2(15.38%)

表 3 两组患者术前影像学参数比较

Table 3 Comparison of preoperative radiographic parameters between the two groups

	DJP组(n=13) DJP group	对照组(n=41) Control group
Cobb角 Cobb angle(°)	29.62±16.62	28.37±9.27
顶椎偏移距离(mm) AVT	21.17±12.75	27.46±14.38
顶椎旋转程度(Nash-Moe), Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ/Ⅳ(例) Apical vertebra rotation	2/8/3/0	8/19/12/2
最大侧方滑移距离(mm) Maximal lateralolisthesis	7.26±2.36	8.18±3.93
冠状位平衡(mm) ^a CVA	12.85[2.76, 35.59]	13.05[11.23, 25.96]
冠状位失衡(例) Coronal imbalance	1(7.69%)	6(14.63%)
胸椎后凸角(°) TK	20.00±15.58	19.14±14.53
胸腰段后凸角(°) TLKa	16.20[12.03, 20.83] ^①	9.50[3.15, 15.81]
胸腰段后凸角>10°(例) TLK>10°	11(84.62%) ^①	20(48.78%)
腰椎前凸角(°) LL	34.36±19.51	29.35±18.03
骶骨倾斜角(°) SS	31.51±11.74	25.64±11.38
骨盆倾斜角(°) PT	22.25±8.49 ^①	27.73±8.86
骨盆倾斜角分类 (0/+/-/++,例) PT classification	6:6:1	7:19:15
骨盆入射角(°) PI	53.69±14.77	53.36±11.96
骨盆入射角-腰椎前凸角(°) PI-LL	19.33±16.70	24.01±15.23
PI-LL 分类 (0/+/-/++,例) PI-LL classification	4:5:4	7:13:21
PI-LL 不匹配(例) PI-LL mismatch	9	35
L4-S1 前凸角(°) L4-S1 lordosis	33.02±11.18	29.89±14.62
矢状位平衡(mm) SVA	70.35±55.37	49.93±40.89
SVA分类(例) SVA classification	5/4/4	21/5/5
SVA失衡(例) SVA imbalance	7(53.85%)	15(36.59%)
SVA大于 70mm(例) SVA>70mm	7(53.85%) ^①	8(19.51%)
T1 骨盆角(°) TPA	22.86±10.80	24.75±9.75
躯干整体倾斜(°) GT	28.90±12.77	31.58±11.82

注:a 不符合正态分布,表示为中位数[95%置信区间];^①与对照组比较 $P<0.05$

Note: a Median [95% confidence interval]; ^①Compared with control group, $P<0.05$

侧方滑移距离、CVA、冠状位失衡、TK、LL、SS、PT 分类、PI、PI-LL、PI-LL 分类、PI-LL 不匹配、L4-S1 前凸角、SVA、SVA 分类、SVA 失衡、TPA、GT 等参数均无显著性差异 ($P>0.05$)。DJP 组患者术前 TLK 显著大于对照组 ($P<0.05$)，DJP 组 TLK $>10^\circ$ 患者比例显著高于对照组 ($P<0.05$)，PT 显著小于对照组 ($P<0.05$)，SVA $>70\text{mm}$ 的比例显著高于对照组 ($P<0.05$)。术前 TLK $>10^\circ$ 、PT 较小、SVA $>70\text{mm}$ 是 DJP 发生的危险因素。

两组术后影像学参数见表 4。两组患者术后即刻 Cobb 角、AVT、CVA、冠状位失衡、TK、LL、SS、PT、PT 分类、PI-LL、PI-LL 分类、PI-LL 匹配、L4S1 前凸角、TPA、GT 等参数均无统计学差异 ($P>0.05$)。DJP 组患者术后 TLK、TLK $>0^\circ$ 患者比例、SVA 和矢状位失衡患者比例显著高于对照组 ($P<0.05$)。在术后影像学参数中，较大的 TLK、SVA 是 DJP 的危险因素。比较术前和术后影像学参数变化量，两组的 ΔCobb 角、 ΔCVA 、 ΔTLK 、 ΔLL 、 ΔSVA 等参数均无统计学差异 ($P>0.05$)。

2.4 危险因素的 Logistic 回归分析

将上述单变量分析结果中 $P<0.05$ 的二分类危险因素引入 Logistic 回归分析，筛选变量的方法为 Forward: Likelihood Ratio 法，最终分析结果见表 5。骨质疏松、术后即刻矢状位失衡是 DJP 的独立危险因素，相对于骨质正常/骨量减少、术后即刻矢状位无失衡而言，骨质疏松、术后即刻矢状位失衡的患者发生 DJP 的风险分别增加了 7.90 倍、4.82 倍。

2.5 术前和随访时的 HRQOL

见表 6。两组患者的术前 HRQOL 均无统计学差异 ($P>0.05$)，具有可比性。末次随访时两组患

表 4 两组患者术后即刻影像学参数比较

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

	DJP组(n=13) DJP group	对照组(n=41) Control group
Cobb角($^\circ$) Cobb angle	10.51 $\pm$ 9.33	10.68 $\pm$ 6.66
顶椎偏移距离(mm) AVT	10.73 $\pm$ 11.04	14.70 $\pm$ 7.88
冠状位平衡(mm) CVA	16.47 $\pm$ 12.34	22.86 $\pm$ 19.46
冠状位失衡(例) Coronal imbalance	4	11
胸椎后凸角($^\circ$) TK	23.65 $\pm$ 13.34	22.51 $\pm$ 9.82
胸腰椎后凸角($^\circ$) TLK	10.38 $\pm$ 7.52 ^①	4.57 $\pm$ 10.55
胸腰椎后凸角 $>0^\circ$ TLK $>0^\circ$	13(100%) ^①	27(65.85%)
腰椎前凸角($^\circ$) LL	42.16 $\pm$ 11.05	41.25 $\pm$ 10.63
骶骨倾斜角($^\circ$) SS	32.62 $\pm$ 10.12	31.43 $\pm$ 8.40
骨盆倾斜角($^\circ$) PT	21.60 $\pm$ 8.93	21.85 $\pm$ 8.99
骨盆倾斜角分类 PT classification(0/+ /++)	6/4/3	19/15/7
骨盆入射角-腰椎前凸角 PI-LL($^\circ$)	12.11 $\pm$ 13.41	12.03 $\pm$ 11.63
PI-LL 分类(0/+ /++) (例) PI-LL classification	6/4/3	20/12/9
PI-LL 匹配(例) PI-LL match	6	18
L4-S1 前凸角($^\circ$) L4-S1 lordosis	28.12 $\pm$ 10.86	32.17 $\pm$ 11.18
矢状位平衡(mm) SVA	61.22 $\pm$ 63.98 ^①	32.79 $\pm$ 26.91
矢状位失衡(例) SVA imbalance	6(46.15%) ^①	6(14.63%)
T1 骨盆角($^\circ$) TPA	16.84 $\pm$ 9.55	16.69 $\pm$ 8.85
躯干整体倾斜($^\circ$) GT	21.24 $\pm$ 11.24	21.21 $\pm$ 10.83

注：①与对照组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with control group, $P<0.05$

表 5 DJP 危险因素的 Logistic 回归分析结果

Table 5 Logistic regression analysis model for the independent risk factors associated with DJP

	系数 B B	标准差 S.E.	Wald 检验 Wald	自由度 df	显著性 Sig.	比值比 Exp(B)	比值比 95%置信区间 95% C.I. for Exp(B)	
							最小值 Lower	最大值 Upper
骨质疏松 Osteoporosis	2.186	0.773	7.988	1	0.005	8.897	1.954	40.506
术前 TLK $>10^\circ$ Pre-op TLK $>10^\circ$	1.927	1.125	2.935	1	0.087	6.868	0.758	62.255
术前 PT Pre-op PT	-0.130	0.073	3.121	1	0.077	0.878	0.761	1.014
术前 SVA Pre-op SVA	0.013	0.013	1.126	1	0.289	1.013	0.989	1.039
术后 TLK Post-op TKL	0.040	0.056	0.511	1	0.475	1.041	0.932	1.162
术后矢状位失衡 Post-op SVA imbalance	1.762	0.826	4.545	1	0.033	5.824	1.153	29.421
常量 Content	-2.636	0.665	15.719	1	<0.001	0.072	—	—

表 6 两组患者术前和随访时的健康相关质量评分比较

Table 6 comparison of preoperative and final follow-up health related quality of life scores between the two groups

	术前 Preoperative		末次随访 Final follow-up	
	DJP组(n=13) DJP group	对照组(n=41) Control group1	DJP组(n=13) DJP group	对照组(n=41) Control group1
腰痛 VAS(分) VAS back pain	6.77±1.30	6.51±1.69	5.08±1.98 ^{①②}	2.22±1.67 ^②
下肢痛 VAS(分) VAS leg pain	3.31±2.69	1.88±1.65	3.31±2.69 ^②	1.88±1.65 ^②
Oswestry功能障碍指数 ODI	57.28±14.01	56.01±15.71	45.33±19.28 ^①	17.19±13.34 ^②
日本骨科协会腰痛评分(分) JOA-29	11.46±3.43	11.88±4.22	15.23±6.07 ^①	23.46±4.14 ^②
SRS-22 疼痛(分) SRS-22 pain	2.37±0.65	2.42±0.84	3.29±1.01 ^{①②}	4.30±0.58 ^②
SRS-22 功能状况(分) SRS-22 function	2.23±0.45	2.33±0.59	2.95±0.68 ^{①②}	3.83±0.62 ^②
SRS-22 自我形象(分) SRS-22 self-image	2.20±0.60	2.19±0.56	3.62±0.89 ^②	4.16±0.55 ^②
SRS-22 心理状况(分) SRS-22 mental health	2.55±0.65	2.47±0.56	4.02±0.37 ^②	4.19±0.51 ^②
SRS亚总分(分) SRS subtotal score	2.22±0.40	2.35±0.49	3.61±0.46 ^{①②}	4.12±0.47 ^②
SRS治疗满意度(分) SRS satisfaction	—	—	3.92±0.61 ^①	4.45±0.63
SF-36 生理健康(分) SF-36 PCS	16.50±5.33	18.48±6.89	32.30±15.53 ^{①②}	47.92±10.44 ^②
SF-36 心理健康(分) SF-36 MCS	34.92±10.16	33.92±11.02	38.22±14.30 ^①	57.43±4.55 ^②

注:①与同时时间点对照组比较 $P<0.05$;②与同组术前比较 $P<0.05$ Note: Compared with control group at the same time, $P<0.05$; ②Compared with preoperation of the same group, $P<0.05$

者的下肢痛 VAS、SRS 自我形象、SRS 心理状况评分无统计学差异($P>0.05$); DJP 组的腰痛 VAS 评分、ODI 显著高于对照组, JOA-29、SRS 疼痛、SRS 功能状况、SRS 亚总分、SRS 治疗满意度、SF-36 PCS、SF-36 MCS 评分显著性低于对照组。

3 讨论

3.1 DJP 的发生率

既往关于 DJK 和 DJF 的报道较少, 关于 DJK 的研究主要集中在青少年特发性侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)畸形和休门氏病中, 其他报道较少且多为个案。不同疾病和诊断标准可能会造成 DJK/DJF 的发生率不同, 对于 AIS 和休门氏病而言, 固定节段通常不会像腰椎退行性疾病一样达到 L5 或者骶骨, 研究多使用随访时远端交界角大于 10° 并较术前增加 10° 作为 DJK 的诊断标准^[6,7]。由于 DLS 患者长节段融合下端椎多选为 L5 或 S1, 对于固定到 S1 的患者无法评估 DJK 的发生, 而对于固定到 L5 的患者因无法测量远端交界角而不能使用上述诊断标准。故本研究将

远端固定椎的下一个椎间隙夹角从术前的前凸变为术后的中位或者后凸也诊断为 DJK^[8,9]。而对于 DJF, 我们采用了 Arlet 及 Aebi^[10]建立的 DJF 分类。本研究发现 DLS 长节段固定融合术后总体 DJP 发生率为 9.8%, 固定到 L5 及以上的 DJK 发生率为 3.7%, DJF 的发生率为 13.0%。

3.2 DJP 的个体危险因素

本研究发现 DJP 组患者的骨量减少/骨质疏松患者比例显著性高于对照组, 多因素分析发现骨质疏松是 DJP 的独立危险因素。这与前人报道结果相似^[12,13]。Tan 等^[12]报道了 2 例因 L5 压缩性骨折导致 DJF 的患者, 其骨密度 T 值分别为 -2.3 和 -1.6, 其认为骨质疏松导致骨脆性增加是 L5 压缩性骨折的重要原因。Kwon 等^[13]回顾分析了 13 例因为腰椎融合术后 DJK 进行性加重而翻修的患者, 在这些患者中, 多数(85%)都有骨量减少或骨质疏松。骨量减少或骨质疏松可能会造成椎间融合器的下沉及骨-螺钉界面的失败, 进一步导致 DJK/DJF, 甚至造成矢状面失衡。

既往文献报道年龄和体重是 DJK 的危险因

素。Miller 等^[14]发现 AIS 术后发生 DJK 患者的体重显著大于对照组。Ghasemi 等^[15]报道休门氏病术后发生 DJK 患者的年龄显著低于对照组,而 Ameri 等^[7]报道的 130 例 AIS 患者,得出相反的结论,术后 DJK 组平均手术年龄为 17 岁,非 DJK 组为 15.4 岁。本研究未发现两组患者年龄和体重存在显著性差异,可能和 DLS 发病年龄及我们的纳入标准有关。

3.3 DJP 的手术危险因素

DJK/DJF 的手术危险因素较多,远端固定椎选择不当是 DJK/DJF 发生的原因之一。在 AIS 和休门氏病患者中,目前的研究发现远端固定椎选择在矢状面稳定椎以远可以减少 DJK/DJF 的发生^[8,9,16,17]。对于 DLS 患者远端融合水平的选择尚存在争议,如正常的 L5/S1 节段是否应融合、LIV 的选择是否需要参考近端的融合范围、融合至 S1 时是否需常规固定至髂骨等。L5/S1 节段的活动度占腰椎总活动范围的 15%^[18],LIV 止于 L5 可以保留 L5/S1 运动节段,并且具有手术创伤小和减少术后假关节发生的优势,其缺点是术后 L5/S1 节段退变和不稳定发生率增大,还可导致局部后凸、滑移或矢状位失衡,进而需要行翻修手术。目前公认的做法是对于 L5/S1 存在明显椎间盘退变、椎管狭窄、滑脱、腰骶倾斜等病理改变的患者,应积极考虑融合至髂骨甚至髂骨。Cho 等^[3]建议对于术前矢状位失衡及腰椎前凸减小的 DLS 患者行长节段固定融合时,即使 L5/S1 椎间盘仅存在轻微的退变,也应行 L5/S1 融合。Yasuda 等^[19]探讨了不同下端固定椎(L5/S1/髂骨)对退变性后凸畸形患者长节段固定融合矫形术后腰骶部交界处并发症的发生率,发现当 LIV 位于 L5 或 S1 时,腰骶部并发症发生率较高,而当固定至髂骨时并发症发生率很低。Tan 等^[12]认为 LIV 位于 L5 是导致 DJF 的危险因素,因为相对于上腰椎椎体而言,L5 椎弓根较短、含有更多的松质骨,融合终止于 L5 有椎节骨折或者螺钉拔出的风险,是 DJK/DJF 发生的原因之一。Witiw 等^[20]报道了 116 例 ASD 患者,发现术后 6 例患者出现了 DJF,这些患者 LIV 均位于 L4/5,并且进行了翻修手术。本研究发现,13 例 DJP 患者中有 9 例 LIV 在 L5,翻修的 6 例患者中有 4 例 LIV 在 L5,虽然不存在统计学差异,但也提示 DLS 患者固定至 L5 术后发生 DJP 的可能性较大。

3.4 DJP 的影像学危险因素

本研究结果提示术前 TLK $>10^{\circ}$ 、PT 较小、SVA $>70\text{mm}$ 和术后较大的 TLK、SVA 可能是 DJP 的危险因素。多因素回归分析发现术后即刻矢状位失衡是 DJP 的独立危险因素。术后机械失败在很大程度上是由于矢状位序列恢复不佳,手术矫正过度或矫正不足也会引起 DJP^[21]。Miller 等^[14]发现术前 TLK (T10-L2) 更大 (8.4° vs. -2.2° , $P<0.01$)、术后 TLK 增加是 DJK 的危险因素。Lowe 等^[22]也发现 DJK 患者的术后 TLK 及 TLK 的变化值均大于未发生 DJK 患者。国内学者也有相同的结论^[17]。TLK 过大可能会导致矢状位失衡,从而导致融合节段远端的应力集中,进一步导致螺钉松动和 DJP。

SVA 评估脊柱矢状位平衡是临床健康状态最重要和可靠的影像学预测指标,SVA 阳性失平衡的患者在 SRS-22 疼痛、功能和自我形象亚评分方面的自我评估较差^[23]。脊柱矢状面平衡的丧失导致患者以颈椎前凸、头部后倾、骨盆后仰、髋关节伸展、膝关节屈曲、踝关节背屈等方式进行补偿,以尽量保持直立姿势^[24]。SVA 失衡后,由于躯体的代偿及长节段固定融合的“杠杆作用”,会造成远端交界区的应力增加,进一步导致远端内固定的失败和 DJF。然而,在自然条件下,SVA 随着年龄的增加而增大,对于老年患者 SVA 的正常范围仍存在争议。众所周知,许多老年人的躯干矢状位前倾增加,但是活动能力维持良好。因此,李危石等^[25]提出对于老年 DLS 患者而言,将 SVA $>80\text{mm}$ 作为矢状位失衡的评价标准可能更加准确。而在本研究中,术前 SVA $>70\text{mm}$,术后即刻 SVA 失衡 (SVA $>50\text{mm}$) 可以导致 DJP 的风险增加。提示 SVA 失衡是影响术后远期效果的重要因素,而其判断标准的确定仍需要进一步研究。

3.5 DJP 的预后

与 PJK/PJF 相比,腰椎融合术后 DJK/DJF 发生率低,但往往伴有更严重的临床症状,翻修手术的比例也比较高。徐亮等^[7]发现发生 DJK 患者的 SRS-22 疼痛评分较未发生 DJK 的患者差,二者具有显著性差异。本研究发现 DJP 组随访时存在更差的腰痛 VAS、ODI、JOA、SRS 疼痛、SRS 功能状况、SRS 亚总分、SRS 治疗满意度、SF-36 PCS 和 MCS 评分。本组 13 例发生 DJP 的患者中有 6 例进行了翻修手术。总体而言,发生 DJK/DJF 时

临床症状重,对患者生活质量影响大,翻修率高。

综上所述,本研究结果显示,DLS 长节段固定融合术后至少 1 年随访的 DJP 发生率为 9.8%,发生 DJP 的患者中 46%需要翻修手术。骨质疏松、术后即刻矢状位失衡是 DJP 的独立危险因素。发生 DJP 严重影响患者术后生活质量的改善。

4 参考文献

- Wong E, Altat F, Oh LJ, et al. Adult degenerative lumbar scoliosis[J]. Orthopedics, 2017, 40(6): e930-e939.
- Schwab F, Blondel B, Chay E, et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification [J]. Neurosurgery, 2015, 76(Suppl 1): S33-41; discussion S41.
- Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. Arthrodesis to L5 versus S1 in long instrumentation and fusion for degenerative lumbar scoliosis[J]. Eur Spine J, 2009, 18(4): 531-537.
- Nash CL Jr, Moe JH. A study of vertebral rotation[J]. J Bone Joint Surg Am, 1969, 51(2): 223-229.
- Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2012, 37(12): 1077-1082.
- 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, 2009, 34(20): E729-E734.
- Ameri E, Behtash H, Mobini B, et al. The prevalence of distal junctional kyphosis following posterior instrumentation and arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis[J]. Acta Med Iran, 2011, 49(6): 357-363.
- Cho KJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: the sagittal stable vertebra concept [J]. Spine, 2009, 34(8): 765-770.
- Kim HJ, Nemani V, Boachie-Adjei O, et al. Distal fusion level selection in scheuermann's kyphosis: a comparison of lordotic disc segment versus the sagittal stable vertebrae [J]. Global Spine J, 2017, 7(3): 254-259.
- Arlet V, Aebi M. Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: present understanding and future perspectives[J]. Eur Spine J, 2013, 22(Suppl 2): S276-S295.
- Lam CL, Tse EY, Gandek B, et al. The SF-36 summary scales were valid, reliable, and equivalent in a Chinese population[J]. J Clin Epidemiol, 2005, 58(8): 815-822.
- Tan JH, Tan KA, Hey HWD, et al. Distal junctional failure secondary to L5 vertebral fracture: a report of two rare cases [J]. J Spine Surg(Hong Kong), 2017, 3(1): 87-91.
- 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.
- Miller DJ, Jameel O, Matsumoto H, et al. Factors affecting distal end & global decompensation in coronal/sagittal planes 2 years after fusion[J]. Stud Health Technol Inform, 2010, 158: 141-146.
- Ghasemi A, Stubig T, A Nasto L, et al. Distal junctional kyphosis in patients with Scheuermann's disease: a retrospective radiographic analysis[J]. Eur Spine J, 2017, 26(3): 913-920.
- Yang J, Andras LM, Broom AM, et al. Preventing distal junctional kyphosis by applying the stable sagittal vertebra concept to selective thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine Deformity, 2018, 6(1): 38-42.
- 徐亮, 孙旭, 史本龙, 等. 远端固定椎-矢状面稳定椎位置关系对特发性胸椎侧凸矫形术后远端交界性后凸发生率的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(6): 524-531.
- Hey HWD, Lau ET, Tan KA, et al. Lumbar spine alignment in six common postures: an rom analysis with implications for deformity correction[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2017, 42(19): 1447-1455.
- Yasuda T, Hasegawa T, Yamato Y, et al. Lumbosacral junctional failures after long spinal fusion for adult spinal deformity-which vertebra is the preferred distal instrumented vertebra[J]. Spine Deform, 2016, 4(5): 378-384.
- Witiw CD, Fessler RG, Nguyen S, et al. Re-operation after long-segment fusions for adult spinal deformity: the impact of extending the construct below the lumbar spine [J]. Neurosurgery, 2018, 82(2): 211-219.
- Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, et al. Global Alignment and Proportion(GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery [J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(19): 1661-1672.
- Lowe TG, Lenke L, Betz R, et al. Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention[J]. Spine, 2006, 31(3): 299-302.
- Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(6): 682-688.
- Kim YC, Lenke LG, Lee SJ, et al. The cranial sagittal vertical axis(CrSVA) is a better radiographic measure to predict clinical outcomes in adult spinal deformity surgery than the C7 SVA: a monocentric study[J]. Eur Spine J, 2017, 26(8): 2167-2175.
- 李危石, 费哈, 陈仲强, 等. 退变性腰椎侧凸患者腰椎前凸矫正程度与疗效的关系[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(10): 912-918.

(收稿日期:2019-02-26 末次修回日期:2019-05-27)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)