

临床论著

重度发育不良性 L5 滑脱患者腰骶后凸
矫正与生活质量的相关性分析

赵长清, 张 凯, 马振江, 程晓非, 孙晓江, 田海军, 吴爱悯, 赵 杰

(上海交通大学医学院附属第九人民医院骨科 上海市骨科内植物重点实验室 200011 上海市)

【摘要】目的:分析重度发育不良性 L5 滑脱患者腰骶部后凸畸形矫正程度对患者术后生活质量的影响。**方法:**回顾分析 2009 年 6 月~2018 年 1 月收治的 31 例重度发育不良性 L5 滑脱并接受单纯后路减压复位椎间融合手术治疗的资料。男 6 例,女 25 例,年龄 10~31 岁(16.7±4.7 岁)。单节段固定 11 例,两节段固定 20 例。均获得 2 年以上随访(24~76 个月)。通过术前后改良腰骶角(modified lumbosacral angle, mLSA)和腰骶后凸矫正指数(kyphosis correction index, KCI)评估腰骶部后凸畸形矫正程度,应用简体中文版 SRS-22 量表的功能活动、疼痛、自我形象和心理健康等四个维度评估患者生活质量,分析术前和术后末次随访时 mLSA、KCI 与生活质量评分之间的相关性。**结果:**末次随访时所有病例滑脱程度、腰骶后凸畸形较术前均有不同程度矫正,滑脱率由术前(67.8±11.7)%降低到术后末次随访的(24.8±7.9)%,mLSA 由术前的后凸 18.3°±4.9°矫正为末次随访时的前凸 9.8°±8.1°,KCI 为 0.64±0.17。末次随访时患者 SRS-22 量表各维度评分较术前明显改善($P<0.05$)。末次随访时 SRS-22 量表四个维度与总体评分与术前 mLSA 无显著相关性($P>0.05$),自我形象评分与末次随访时的 mLSA 相关性较好($r=0.684, P=0.000$),与 KCI 中等相关($r=0.481, P=0.006$),其余维度评分与末次随访时的 mLSA 和 KCI 无显著相关性($P>0.05$)。**结论:**复位矫正后凸畸形能够改善重度发育不良性 L5 滑脱患者生活质量,尤其是患者的自我形象评分,手术时除关注滑脱复位率,还应重视腰骶部后凸畸形的矫正。

【关键词】腰椎滑脱;重度发育不良;腰骶后凸畸形;矫正;生活质量

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2020.08.06

中图分类号:R682.1, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-08-0704-06

Correlation analysis between correction of lumbosacral kyphosis deformity and quality of life of patients with high-grade L5 dysplastic spondylolisthesis/ZHAO Changqing, ZHANG Kai, MA Zhenjiang, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(8): 704-709

【Abstract】Objectives: To analyze the effect of correction of lumbosacral kyphosis deformity on the quality of life of patients with high-grade L5/S1 dysplastic spondylolisthesis. **Methods:** To retrospectively analyze the data of 31 patients diagnosed with high-grade L5 dysplastic spondylolisthesis and treated with reduction and fusion by a single posterior approach from June 2009 to January 2018. The modified lumbosacral angle (mLSA) and kyphosis correction index (KCI) were used to evaluate the degree of lumbosacral kyphotic deformity. The quality of life was evaluated by SRS-22 questionnaire in simplified Chinese. Subscales measuring pain, self-image, mental health, function and the total score were calculated before and after surgery. Correlation between the SRS-22 score and the degree of lumbosacral kyphotic deformity was analyzed by Pearson's coefficients. **Results:** At the last follow-up, the slip percentage and lumbosacral kyphosis of all patients in this group were corrected at different degrees. Pre- and post-operative slippage rates were respectively (67.8±11.7)% and (24.8±7.9)%. The mLSA was corrected from kyphotic 18.3°±4.9° before surgery to lordotic 9.8°±8.1° at the final follow-up, and the KCI was 0.64±0.17. The four dimensions of the SRS-22 scale and the total score at the final follow-up were higher than those before surgery. The final follow-up mLSA correlated with better self-image($r=0.684$) and the lumbosacral KCI was moderately correlated with self-image score($r=$

基金项目:上海交通大学医学院附属第九人民医院临床研究型 MDT 项目(编号:201701010)

第一作者简介:男(1974-),副主任医师,研究方向:脊柱疾病基础与临床

电话:(021)23271699 E-mail:cqzhao@yeah.net

通讯作者:赵杰 E-mail:prof_zhao@189.cn

0.481). **Conclusions:** Reduction and correction of lumbosacral kyphosis can improve the health-related quality of life of patients with severe dysplastic lumbar spondylolisthesis, especially the self-image score. In addition to the slippage degree during surgery, attention should also be paid to the correction of rotational deformities.

【Key words】 Spondylolisthesis; High-grade dysplastic; Lumbosacral kyphosis; Correction; Quality of life

【Author's address】 Department of Orthopedics, the Ninth People's Hospital Affiliated to Medical College of Shanghai Jiaotong University, 200011, China

重度腰椎滑脱是指一个椎体相对邻近一个椎体滑移超过 50% (Meyerding 分级Ⅲ度及以上), 常见于 L5 和 S1 椎体之间, 虽然临床发病率不高, 但治疗较为困难, 目前仍存在许多亟待解决的问题。重度发育不良性腰椎滑脱存在躯干短缩、腰骶部褶皱、平背等外观畸形, 发展至出现严重腰腿痛时往往需要手术治疗^[1,2]。目前对重度腰椎滑脱手术治疗的主要争议在于是否需行滑脱节段的复位、复位程度及固定范围的确定。由于存在腰骶部畸形, 相对于水平滑移而言, 滑移椎体旋转导致的后凸畸形成为腰骶部畸形的主要部分。有研究者认为原位融合术后患者可获得良好的功能改善和疼痛缓解, 而复位会增加神经损害的风险^[3,4]。近年来随着对脊柱骨盆矢状面平衡理解的加深, 有研究者尝试对重度发育不良性 L5 滑脱患者进行不同程度复位, 其结果较原位融合可以进一步提高患者术后生活质量, 尤其是患者的自我形象评价^[4-6]。本研究采用简体中文版 SRS-22 量表评估我院 10 年间手术治疗的重度发育不良性 L5 滑脱患者腰骶部后凸畸形矫正程度与术后生活质量的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾分析 2009 年 6 月~2018 年 1 月收治的重度发育不良性 L5 滑脱并接受手术治疗的患者的资料。病例纳入标准: ①单节段 L5 重度滑脱(滑脱百分比 $\geq 50\%$, Meyerding 分度 $\geq$ Ⅲ度); ② Pavar 评分^[5] 9~12 分; ③年龄 10~39 岁^[7], 手术方式为单纯后路减压椎间融合内固定术; ④随访时间 2 年及以上, 术前术后临床及影像资料完整。排除标准: ①成年期新发的重度峡部裂性 L5 滑脱; ②重度发育不良性 L5 滑脱再手术。筛查我院临床数据库该时期内重度 L5 滑脱病例共 69 例, 排除其中成年期新发的重度峡部裂性 L5 滑脱 36 例, 重度发育不良性 L5 滑脱再手术 2 例, 本研究共纳入 31 例患者, 男 6 例, 女 25 例, 年龄 10~31

岁 (16.7 ± 4.7 岁), 单节段固定 11 例, 两节段固定 20 例。

1.2 影像学测量

所有影像学评估和测量由两名脊柱外科医生分别使用影像学软件 (GE Healthcare Centricity® RIS CE) 进行, 长度测量精度为 0.1mm, 角度测量精度为 0.1°。滑脱率为椎体滑移距离/椎体下缘长度。在术前脊柱侧位 X 线片上, 根据 Hubert 方法^[2] 划定 S1 上终板, 如 S1 穹隆样高度大于 S1 上终板长度的 10%, 则认为 S1 上终板穹隆样改变。腰骶部后凸畸形矫正程度通过术前、术后改良腰骶角 (mLSA)^[8,9] 计算腰骶部后凸畸形矫正指数 (kyphosis correction index, KCI) 进行评估。mLSA 测量方法为在腰椎侧位片上测量 L5 上终板和 S2 上终板的夹角。KCI 计算方法, 基于既往对无滑脱人群的测量研究 mLSA 平均值为 25°^[8], 则理想后凸畸形矫正值为 (25°-术前 mLSA), 实际后凸矫正值为 (术后 mLSA-术前 mLSA), $KCI = \text{实际后凸矫正值} / \text{理想后凸矫正值}$ 。

1.3 生活质量评估

采用简体中文版 SRS-22 量表^[10] 对患者生活质量进行评估。此量表包含 22 个项目从 5 个维度 (功能活动、疼痛、自我形象、心理健康及对治疗的满意度) 进行评估, 为术前术后比较, 本研究选择前四个维度。问卷结果由两名脊柱外科医师独立进行统计, 对统计结果有异议的问卷重新核实。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件包建立数据库进行数据管理分析, 计量资料以平均数 $\pm$ 标准差表示, 计量资料组间比较采用独立样本 *t* 检验, 计数资料组间比较使用卡方检验。采用 Pearson 相关系数 (*r*) 分析后凸畸形矫正程度与 SRS-22 量表功能活动、疼痛、自我形象和心理健康评分的相关性, *r* 值 0.8~1.0 为极强相关, 0.6~0.8 为较强相关, 0.4~0.6 为中等程度相关, 0.2~0.4 为弱相关, 0.0~0.2 为极弱相关或无相关^[11]。检验水准 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 影像学指标

随访 28.8 ± 9.9 个月 (24~76 个月)。末次随访时滑脱程度和腰骶后凸畸形均有不同程度的矫正 (图 1、2)。滑脱率由术前 (67.8 ± 11.7)% 降低到末次随访的 (24.8 ± 7.9)%。术前 mLSA 后凸 $18.3^\circ \pm 4.9^\circ$, 末次随访时 mLSA 前凸 $9.8^\circ \pm 8.1^\circ$ 。KCI 为 0.64 ± 0.18 。

2.2 生活质量与滑脱率和腰骶部后凸畸形的相关性

所有患者术前和末次随访时 SRS-22 量表功能活动、疼痛、自我形象和心理健康四个维度的评分见表 1。末次随访时功能活动、疼痛、自我形象和心理健康及总评分均有不同程度的提高, 疼痛评分改善显著。其中 12 例患者自我形象评分为满意/非常满意 (≥ 4 分), 其术后 mLSA 均大于 10° , 且 KCI 大于 0.6。

末次随访时 SRS-22 量表自我形象评分与末

次随访时的滑脱率改变相关性较弱 ($r=0.373, P=0.039$), 功能活动、疼痛、心理健康与末次随访时滑脱率改变相关性很弱 (r 分别为 $-0.058, -0.161, -0.081, P>0.05$)。

末次随访时 SRS-22 量表四个维度和总体评分与 mLSA 和 KCI 的相关性分析结果见表 3。末次随访时 SRS-22 量表各维评分与术前 mLSA 无显著相关性。末次随访时 SRS-22 量表自我形象评分与末次随访时 mLSA 相关性较好 ($r=0.684, P=0.000$), 与末次随访时 KCI 中等相关 ($r=0.481, P=0.006$); 功能活动、疼痛、心理健康与末次随访时的 mLSA 和 KCI 相关性均较弱 ($P>0.05$)。

3 讨论

对于重度发育不良性腰椎滑脱外科治疗的争论点之一为是否复位。由于对脊柱矢状面平衡的认识不足、内植物的相对缺乏、术中神经监护的未普及而担心医源性神经损害以及复位面临的技术

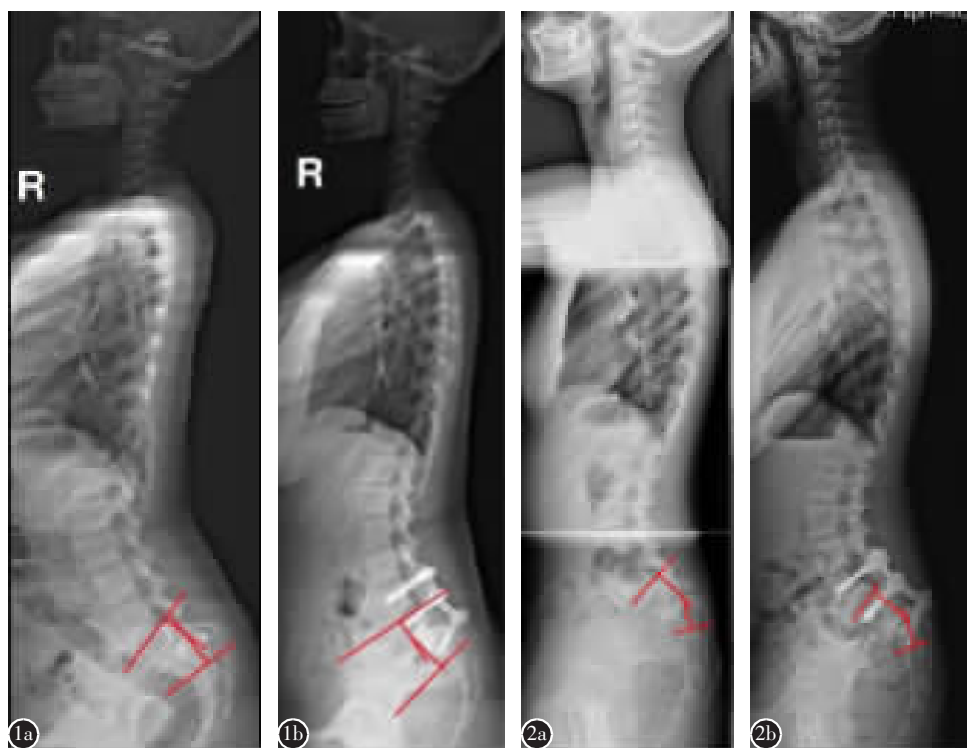


图 1 患者女, 12 岁 a 术前改良腰骶角(mLSA)后凸 24.6° b 术后 36 个月随访时 mLSA 前凸 13.4° , 腰骶部后凸矫正指数(KCI) 为 0.77, 末次随访时 SRS-22 量表自我形象评分 4.4 分 图 2 患者女, 15 岁 a 术前 mLSA 后凸 30.5° b 术后 26 个月随访时 mLSA 后凸 21.6° , KCI 为 0.16, 末次随访时 SRS-22 量表自我形象评分 3.2 分

Figure 1 Female, 12yr a The mLSA was kyphotic 24.6° before surgery b 36 months postoperatively, the mLSA was lordotic 13.4° and the KCI was 0.77. The self-image score was 4.4 at final follow-up **Figure 2** Female 15y a The mLSA was kyphotic 30.5° before surgery b 26 months postoperatively, the mLSA was 21.6° and the KCI was 0.16. The self-image score was 3.2 at final follow-up

表 1 重度发育不良性 L5 滑脱患者术前术后 SRS-22 量表评分**Table 1** Quality of life(SRS-22) pre- and postoperatively in patients with L5 high-grade spondylolisthesis

	术前评分 Pre-operative scores	末次随访评分 Final follow-up scores	评分改善 QoL
功能活动 Function	3.61±0.40	4.0±0.48 ^①	0.63±0.32
疼痛 Pain	2.83±0.40	4.06±0.44 ^①	1.17±0.39
自我形象 Self-image	2.97±0.24	3.70±0.47 ^①	1.14±0.61
心理健康 Mental health	3.81±0.42	4.11±0.49 ^①	0.59±0.41
总体评分 Total score	3.30±0.26	3.97±0.33 ^①	0.89±0.23

注:①与术前比较 $P<0.05$; 评分改善=术后评分-术前评分Note: compared with pre-operative score, $P<0.05$; QoL=final follow-up scores-pre-operative scores**表 2 重度发育不良性 L5 滑脱患者术后 SRS-22 评分与改良腰骶角和后凸矫正指数的相关性 (r 值)****Table 2** Correlation between the SRS-22 score and the degree of lumbosacral kyphotic deformity in patients with L5 high-grade spondylolisthesis

	术前改良 腰骶角 Pre-op mLSA	末次随访改 良腰骶角 Final follow-up mLSA	后凸矫正指数 Kyphosis correction index, KCI
功能活动 Function	0.292	0.055	0.100
疼痛 Pain	0.037	0.159	-0.085
自我形象 Self-image	0.346	0.684 ^①	0.481 ^①
心理健康 Mental health	0.264	0.115	0.131
总体评分 Total score	0.236	0.138	0.112

注:① $P<0.05$ Note: ① $P<0.05$

挑战等原因^[1,12], 原位融合可以获得很好的临床疗效, 生活质量评分得以提高, 尽管曾有研究表明原位融合术后少数患者出现假关节形成、滑脱进展、迟发性严重矢状面失衡相关疼痛且翻修手术异常困难^[1,3,4,13], 但许多术者仍然选择原位融合作为外科治疗重度发育不良性 L5 滑脱的主要术式。Joelson 等^[13]采用原位融合技术治疗重度腰椎滑脱患者平均 30 年的随访结果显示, 患者的功能恢复和疼痛缓解良好, 仅少数病例出现了无代偿的矢状面失衡, 因此作者认为重度发育不良性 L5 滑

脱并不需要进行复位。但同一作者 2019 年对同一组患者采用 SRS-22 量表再次评价术后生活质量时, 却发现原位融合和正常对照人群的长期结果相比较, 原位融合者自我形象的评价较为负面^[4], 不过此研究结果并不能得出复位融合就能够获得较好的自我形象评价这一推论。

随着对脊柱-骨盆矢状面平衡理解的深入、术中神经电生理监测的普及和脊柱内植物种类的丰富, 近年来陆续有近于完全复位融合治疗重度发育不良性 L5 滑脱的报道^[14,15]。与原位融合相比, 完全或部分复位能够使腰骶交界处的剪切力降低, 并为融合提供更好的生物力学环境。我们之前的研究也曾提出了非滑脱儿童及青少年群体的 mLSA 均值, 并推荐作为外科治疗重度发育不良性 L5 滑脱的复位理想值^[8,9]。然而, 部分复位或完全复位除了带来影像学上的改观之外, 是否能够真正提高患者的术后生活质量, 则需要大量的长期临床观察结果予以验证。

Harroud 等^[16]的研究发现腰椎轻度滑脱患者 SRS-22 量表总分和自我形象评分均高于重度滑脱患者, 这提示若能通过部分复位把重度腰椎滑脱变为轻度滑脱, 则有可能改善患者的生活质量。Bourassa-Moreau 等^[17]研究了手术和非手术治疗对于重度腰椎滑脱患者生活质量的影响, 结果显示手术组术前 SRS-22 得分更低, 术后总分和自我形象评价得分均明显改善, 近似于保守治疗组(滑脱角较低), 且术前评分更低的患者获益更多, 但此研究并未提及是原位融合、部分复位融合拟或完全复位融合。Mac-Thiong 等^[18]对重度腰椎滑脱患者手术治疗的研究则显示股骨近端角术前异常但术后变为正常的患者, SRS-30 量表各维度均有改善; 股骨近端角术前正常者, 把重度滑脱部分纠正为轻度滑脱的患者较原位融合的患者能得到更多的自我形象评价改善。还有一些研究^[19,20]采用不同版本 SRS 量表评价不同治疗方法对重度腰椎滑脱患者术后生活质量的影响, 量表不同, 得出的维度改善种类亦不同, 总的来说尝试不同程度复位的融合较原位融合可进一步提高生活质量。但上述研究在提及复位程度时, 均为平移复位, 而重度发育不良性 L5 滑脱造成的腰骶部畸形除了 L5 椎体前移之外, L5 椎体旋转导致的腰骶部严重后凸畸形对于脊柱-骨盆矢状面平衡的影响更大^[21-23]。

总体而言,腰椎滑脱者较未滑脱者生活质量较差,重度滑脱行原位融合患者长期随访自我形象评价较为负面,对滑脱进行复位可改善骨盆平衡状态和患者生活质量。鉴于既往有学者^[9]对重度腰椎滑脱部分复位后最终的滑移百分比与术后生活质量进行过关联研究,同时借鉴评价脊柱手术临床效果常用的 JOA 评分改善率,笔者提出 KCI 这一指标来评价重度发育不良性 L5 滑脱患者腰骶部后凸畸形的复位程度,并与术后生活质量改善情况进行相关分析。因为重度发育不良性 L5 滑脱的始动发育缺陷为 L5 关节突峡部骨化不良和 L5-S1 关节突结构短小,导致在生长发育过程中不能抵抗腰骶部的剪切应力,使得 L5 椎体相对于 S1 有向前下移位趋势,主要表现为 L5 椎体围绕 S1 的穹顶向腹侧旋转伴沉陷导致腰骶部严重后凸畸形。Tanguay 等^[24]也认为重度发育不良性 L5 滑脱的腰骶部畸形以后凸更为重要。我们之前的研究也指出重度发育不良性 L5 滑脱的复位主要通过骨盆前旋来纠正腰骶部后凸畸形^[9]。另外需要注意的是,SRS 量表原本用于评价脊柱侧凸的治疗效果,仅 SRS-22 量表进行过用于评价重度腰椎滑脱患者生活质量的效度检验^[25]。本研究采用 SRS-22 简体中文版评价我院 10 年间重度发育不良性 L5 滑脱患者的术后生活质量。

本研究中所有病例均采用单纯后路减压复位椎间融合固定术进行治疗,部分患者术前通过骨盆牵引、摆放轻度髋屈曲体位、术中向腹侧按压骨盆、折叠手术床形成髋伸直体位以及选择性使用长尾提拉钉等措施尽量提高复位程度。本研究发现末次随访时与术前相比较 mLSA 有较大幅度的改善,由术前后凸 $18.3^{\circ} \pm 4.9^{\circ}$ 恢复到前凸 $9.8^{\circ} \pm 8.1^{\circ}$,滑脱率由术前 $(67.8 \pm 11.7)\%$ 降低到术后末次随访的 $(24.8 \pm 7.9)\%$ 。术后滑脱率改变与末次随访时 SRS-22 量表自我形象评分有较弱相关性。腰骶部旋转后凸畸形的矫正程度和术后生活质量有相关性,术后末次随访 SRS-22 量表评分较术前改善,其中疼痛评分改善较为明显 ($P < 0.05$),末次随访时 SRS-22 量表中自我形象评分与末次随访时 mLSA 相关性较好,而 KCI 与自我形象评分中等相关。分析可能的原因是随着腰骶部后凸畸形得到纠正,整个躯体其他部位的代偿机制也随之改变,使得整个脊柱的曲度更接近于其生理弯曲。通过进一步分析 SRS-22 量表对治疗满意度

评估的两个指标 21、22,本组病例中自我形象评分为满意/非常满意 (≥ 4 分) 的患者 $mLSA > 10^{\circ}$,且 $KCI > 0.6$,因此可以将这两个指标作为腰骶部后凸畸形矫正的理想指标。

与本研究结果不尽相同的是,Mac-Thiong 等的研究显示重度腰椎滑脱术后生活质量的改善仅与平移复位有关,而与腰骶角的纠正无关^[26]。但该研究并未根据 Pawar 标准判断是否所有病例均为重度发育不良性滑脱,可能包含了峡部裂性重度腰椎滑脱患者。通过对比 Mac-Thiong 等研究中的病例数据,发现本研究所包含病例的腰骶部后凸畸形更重、手术纠正程度也更大。这可部分解释两个研究结果为何不同。即使不考虑腰骶部后凸畸形矫正程度对术后生活质量的影响,纠正腰骶角也有降低局部应力、促进植骨融合的益处^[26]。与原位融合相比,完全或部分复位能够使腰骶交界处的剪切力降低,并为融合提供更好的生物力学环境^[1,26,27]。因此,无论从改善生活质量或是从恢复脊柱-骨盆矢状力线平衡从而改善局部生物力学环境的角度来看,均倾向于尽量复位、矫正重度发育不良性 L5 滑脱患者的腰骶部后凸畸形。另外,复位程度越高,越能够降低腰骶交界处的剪切力,从而有可能减少固定节段。而对手术复位的顾虑主要是医源性神经损伤的发生,文献报道总发生率为 10%,但永久性神经损害极少,通过术中彻底神经根周围减压、全程神经电生理监测等措施可显著降低神经损害的发生率^[1,12]。

本研究有以下不足之处:首先,病例相对较少,且文献报道的对生活质量有影响的相关参数如股骨近端角^[18]、L5 投射角(L5 incidence, L5I)^[28]等未纳入分析;其次,部分或完全复位融合相较于原位融合对邻近节段的影响等问题需长期观察;最后,本研究为回顾性研究,尚需多中心、长期随访来进一步分析患者术后生活质量及腰骶部后凸畸形矫正程度的相关性。

综上所述,复位矫正后凸畸形能够改善重度发育不良性 L5 滑脱症患者生活质量,尤其是患者的自我形象评分。在症状性重度发育不良性 L5 滑脱的外科治疗中除了关注滑脱复位率,还应重视腰骶部后凸畸形的矫正。

4 参考文献

1. Hoel RJ, Brenner RM, Polly DW Jr. The challenge of creat-

- ing lordosis in high-grade dysplastic spondylolisthesis [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2018, 29(3): 375-387.
2. 周艺, 郭昭庆, 陈仲强, 等. 发育不良性腰椎滑脱的研究进展 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2014, 24(8): 760-765.
3. Joelson A, Danielson BI, Hedlund R, et al. Sagittal balance and health-related quality of life three decades after in situ arthrodesis for high-grade isthmic spondylolisthesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2018, 100(16): 1357-1365.
4. Joelson A, Diarbakerli E, Gerdhem P, et al. Self-image and health-related quality of life three decades after fusion in situ for high-grade isthmic spondylolisthesis[J]. *Spine Deform*, 2019, 7(2): 293-297.
5. Pawar A, Labelle H, Mac-Thiong JM. The evaluation of lumbosacral dysplasia in young patients with lumbosacral spondylolisthesis: comparison with controls and relationship with the severity of slip[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(11): 2122-2127.
6. Alzakri A, Labelle H, Hresko MT, et al. Restoration of normal pelvic balance from surgical reduction in high-grade spondylolisthesis[J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(9): 2087-2094.
7. Coccia PF, Pappo AS, Beaupin L, et al. Adolescent and young adult oncology, version 2. 2018, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology [J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2018, 16(1): 66-97.
8. Ma Z, Zhao C, Zhang K, et al. Modified lumbosacral angle and modified pelvic incidence as new parameters for management of pediatric high-grade spondylolisthesis [J]. *Clin Spine Surg*, 2018, 31(2): E133-E139.
9. 马振江, 赵长清, 田建平, 等. 改良腰骶角评估骨盆前倾复位技术在儿童重度 L5 滑脱治疗中的应用 [J]. *脊柱外科杂志*, 2016, 14(1): 21-25.
10. Qiu G, Qiu Y, Zhu Z, et al. Re-evaluation of reliability and validity of simplified Chinese version of SRS-22 patient questionnaire: a multicenter study of 333 cases [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36(8): E545-E550.
11. 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的相关性分析 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(8): 682-688.
12. Kasliwal MK, Smith JS, Kanter A, et al. Management of high-grade spondylolisthesis[J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2013, 24(2): 275-291.
13. Joelson A, Hedlund R, Frennered K. Normal health-related quality of life and ability to work twenty-nine years after in situ arthrodesis for high-grade isthmic spondylolisthesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96(12): e100.
14. Min K, Liebscher T, Rothenfluh D. Sacral dome resection and single-stage posterior reduction in the treatment of high-grade high dysplastic spondylolisthesis in adolescents and young adults[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(Suppl 6): S785-S791.
15. Mizuno K, Mikami Y, Nagae M, et al. Instrumented reduction and monosegmental fusion for Meyerding grade IV developmental spondylolisthesis: a report of 3 cases [J]. *Medicine(Baltimore)*, 2014, 93(29): e244.
16. Harroud A, Labelle H, Joncas J, et al. Global sagittal alignment and health-related quality of life in lumbosacral spondylolisthesis[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(4): 849-856.
17. Bourassa-Moreau É, Mac-Thiong JM, Joncas J, et al. Quality of life of patients with high-grade spondylolisthesis: minimum 2-year follow-up after surgical and nonsurgical treatments[J]. *Spine J*, 2013, 13(7): 770-774.
18. Mac-Thiong JM, Parent S, Joncas J, et al. The importance of proximal femoral angle on sagittal balance and quality of life in children and adolescents with high-grade lumbosacral spondylolisthesis[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(8): 2038-2043.
19. Nahle IS, Labelle H, Parent S, et al. The impact of surgical reduction of high-grade lumbosacral spondylolisthesis on proximal femoral angle and quality of life[J]. *Spine J*, 2019, 19(4): 670-676.
20. Lundine KM, Lewis SJ, Al-Aubaidi Z, et al. Patient outcomes in the operative and nonoperative management of high-grade spondylolisthesis in children[J]. *J Pediatr Orthop*, 2014, 34(5): 483-489.
21. Vialle R, Schmit P, Dauzac C, et al. Radiological assessment of lumbosacral dystrophic changes in high-grade spondylolisthesis[J]. *Skeletal Radiol*, 2005, 34(9): 528-535.
22. Petraco DM, Spivak JM, Cappadona JG, et al. An anatomic evaluation of L5 nerve stretch in spondylolisthesis reduction [J]. *Spine*, 1996, 21(10): 1133-1138; discussion 1139.
23. Labelle H, Roussouly P, Chopin D, et al. Spino-pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis[J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(9): 1170-1176.
24. Tanguay F, Labelle H, Wang Z, et al. Clinical significance of lumbosacral kyphosis in adolescent spondylolisthesis [J]. *Spine*, 2012, 37(4): 304-308.
25. Gutman G, Joncas J, Mac-Thiong JM, et al. Measurement properties of the scoliosis research society outcomes questionnaire in adolescent patients with spondylolisthesis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(17): 1316-1321.
26. Mac-Thiong JM, Hresko MT, Alzakri A, et al. Criteria for surgical reduction in high-grade lumbosacral spondylolisthesis based on quality of life measures[J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(9): 2060-2069.
27. Wang W, Aubin CE, Cahill P, et al. Biomechanics of high-grade spondylolisthesis with and without reduction [J]. *Med Biol Eng Comput*, 2016, 54(4): 619-628.
28. Sebaaly A, El Rachkidi R, Grobost P, et al. L5 incidence: an important parameter for spinopelvic balance evaluation in high-grade spondylolisthesis[J]. *Spine J*, 2018, 18(8): 1417-1423.

(收稿日期:2020-06-06 末次修回日期:2020-08-13)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 卢庆霞)