

青少年 L5/S1 滑脱后路内固定复位术后即刻复位效果及其影响因素

李子恢^{1,2}, 陈曦³, 孙旭³, 王斌³, 朱泽章³, 钱邦平³, 刘臻³, 俞杨³, 邱勇³

(1 南京医科大学 210008 南京市; 2 盱眙县人民医院骨科 211700 淮安市;

3 南京医科大学鼓楼临床医学院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:研究青少年 L5/S1 滑脱后路椎弓根螺钉固定复位术后即刻复位疗效及影响因素。**方法:**回顾性分析 2002 年 5 月~2014 年 12 月间收治的 30 例青少年 L5/S1 滑脱患者的病例资料。男 13 例,女 17 例,年龄 10~20 岁,平均 14.5 岁;峡部裂性滑脱 21 例,发育不良性滑脱 9 例;根据 Meyerding 分度,Ⅰ度滑脱 16 例,Ⅱ度滑脱 7 例,Ⅲ度滑脱 4 例,Ⅳ度滑脱 3 例。均接受后路椎弓根螺钉内固定复位术治疗(24 例行单节段 L5~S1 融合,余 6 例行 L4~S1 融合),评价复位效果并分析复位率与术前影像学参数(腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、椎间隙相对高度、滑脱率、滑脱角及滑脱距离)的相关性。**结果:**本组患者术前平均腰椎前凸角 $52^\circ \pm 16^\circ$,平均骨盆入射角 $62^\circ \pm 13^\circ$,平均骨盆倾斜角 $24^\circ \pm 16^\circ$,平均骶骨倾斜角 $38^\circ \pm 15^\circ$,平均滑脱率 $(33.6 \pm 24.2)\%$,平均滑脱角 $13^\circ \pm 9^\circ$,平均滑脱距离 $9.1 \pm 6.6\text{mm}$,平均椎间隙相对高度 0.31 ± 0.1 。术后平均复位率 $(87.3 \pm 14.7)\%$ 。术后即刻复位率与术前骨盆入射角、骶骨倾斜角无明显相关性($P > 0.05$),与腰椎前凸角($r = 0.458, P < 0.05$)及术前椎间隙相对高度($r = 0.822, P < 0.01$)呈正相关,与骨盆倾斜角($r = -0.519, P < 0.01$)、滑脱率($r = -0.567, P < 0.01$)、滑脱角($r = -0.573, P < 0.01$)及滑脱距离($r = -0.502, P < 0.01$)负相关。**结论:**青少年 L5/S1 滑脱经后路内固定复位术后可达有效复位。复位效果受病因学、融合方式、术前滑脱率以及术前椎间隙相对高度等多种因素影响。术中撑开椎间隙有助于滑脱复位。

【关键词】青少年;腰椎滑脱症;峡部裂;发育不良;复位

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.05.03

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-05-0389-06

Posterior instrumentation and reduction for L5/S1 spondylolisthesis in adolescents: the immediate reduction outcome and its associated risk factors/LI Zihui, CHEN Xi, SUN Xu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(5): 389-394

【Abstract】Objectives: To identify the immediate reduction outcome and its associated risk factors of posterior instrumentation and reduction for adolescent patients with L5/S1 spondylolisthesis. **Methods:** In this study, adolescents with isthmic($n=21$) or dysplastic($n=9$) spondylolisthesis at L5/S1 were recruited in our hospital from May 2002 to December 2014. The average age was 14.5 years(range, 10-20 years). There were 13 males and 17 females. According to Meyerding grade, 16 cases in grade I, 7 in II, 4 in III and 3 in IV. All patients underwent posterior pedicle screw instrumentation(L5-S1 single segment fusion for 24 cases, L4-S1 double segment fusion for 6 cases). The relationship between reduction rate and preoperative radiographic parameters including lumbar spine lordosis Cobb's angle, pelvic incidence, pelvic tilt, sacral slope, disc height, slippage rate, slippage angle and slippage distance was evaluated. **Results:** Before surgery, the average lumbar lordosis(LL) was $52^\circ \pm 16^\circ$, the average pelvic incidence(PI) was $62^\circ \pm 13^\circ$, the average pelvic tilt(PT) was $24^\circ \pm 16^\circ$, the average sacral slope(SS) was $38^\circ \pm 15^\circ$, the average slippage percentage(SP) was $(33.6 \pm 24.2)\%$, the average slippage angle(SA) was $13^\circ \pm 9^\circ$, the average slippage distance(SD) was $9.1 \pm 6.6\text{mm}$, and the average intervertebral disc relative height was 0.31 ± 0.1 . After the posterior instrumentation and fusion surgery, the average reduction rate of L5 slippage was $(87.3 \pm 14.7)\%$. Among the preoperative radiographic parameters, immedi-

第一作者简介:男(1974-),副主任医师,医学博士在读,研究方向:脊柱外科

电话:(0517)88232708 E-mail:lzh749110@sina.com

通讯作者:孙旭 E-mail:drsunxu@163.com

ate reduction rate was found to be strongly correlated with the disc relative height and LL, while negatively correlated with PT, SP, SA and SD. **Conclusions:** Effective reduction of L5/S1 slippage in adolescents can be successfully achieved by posterior instrumentation and reduction. Various factors may impact on the immediate reduction rate including etiology, fusion method, slip severity, and disc relative height. During the surgery, managing the intervertebral disc help improve reduction rate of slippage.

【Key words】 Adolescent; Spondylolisthesis; Isthmic; Dysplastic; Reduction

【Author's address】 Department of Orthopedics, Xuyi County People's Hospital, 211700, Huaian, China

腰椎滑脱症在青少年人群中发病率约为 4.4%~6%^[1],以峡部裂性和发育不良性最常见。既往研究^[2-4]已证实成人腰椎滑脱的发生和进展与脊柱骨盆矢状面参数密切相关。Vialle 等^[5]发现青少年腰椎滑脱患者存在脊柱骨盆矢状面形态的异常。由于躯干前倾,重心前移,局部剪切力增加,滑脱程度进一步加重,神经根受牵拉出现神经症状,或下肢代偿性髋膝关节屈曲体态,常需手术治疗。后路经椎弓根螺钉固定结合椎间融合和/或后外侧融合已成为目前治疗腰椎滑脱的主流术式^[6]。尽管在滑脱复位程度是否有助于生活质量的改善仍存在争议^[7-10],然而有效复位毫无疑问有利于脊柱骨盆矢状面参数的恢复。既往研究^[11,12]表明,与原位固定融合相比,复位固定的优势主要包括:(1)重建腰骶部矢状面的正常序列,稳定脊柱;(2)减小局部剪切力,减少术后并发症的发生;(3)有利于恢复椎管容积,解除神经根牵拉,从而改善症状;(4)纠正畸形,改善外形;(5)增加植骨床面积,提高融合率。在成人患者中,术前腰椎前凸角和椎间隙相对高度显著影响术后滑脱复位率^[13]。但在青少年患者中尚缺少类似的研究。本研究针对青少年腰椎滑脱症患者,通过分析术前影像学指标与复位率之间关系,探讨青少年腰椎滑脱手术即刻复位疗效及其影响因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2002 年 5 月~2014 年 12 月在我院接受 L5/S1 滑脱手术青少年患者的病例资料。入选条件:年龄 10~20 岁;有术前站立位及术后 1 周内卧位 X 线片;仅接受单纯后路椎弓根螺钉内固定复位融合手术者。排除条件:多节段腰椎峡部裂或滑脱;合并有脊柱创伤、结核、肿瘤、代谢性骨病患者;既往脊柱手术史者。手术指征包括顽固性腰背痛;出现下肢神经功能障碍;矢状面失平衡或站立时代偿性髋膝关节屈曲体态等。共 30 例患者

入选,男 13 例,女 17 例;平均年龄 14.5 ± 3.5 岁,平均病程 18 个月,术前 MRI 显示 L5/S1 椎间盘均有不同程度退变,至入院时,滑脱均有不同程度进展,其中 14 例合并有椎管狭窄。根据 1932 年 Meyerding 分度标准^[14],I 度滑脱 16 例,II 度滑脱 7 例,III 度滑脱 4 例,IV 度滑脱 3 例,均为 L5/S1 滑脱。峡部裂性滑脱 21 例,其中 I 度滑脱 14 例,II 度滑脱 4 例,III 度滑脱 2 例,IV 度滑脱 1 例。发育性滑脱 9 例,其中 I 度滑脱 2 例,II 度滑脱 3 例,III 度滑脱 2 例,IV 度滑脱 2 例。所有患者均有不同程度腰背痛,11 例伴有下肢放射痛,9 例出现躯干前倾或直立时下肢髋膝关节屈曲畸形。

1.2 手术方法

内固定融合范围为:24 例行单节段 L5~S1 融合;余 6 例行 L4~S1 融合,其中 III 度滑脱 3 例,IV 度滑脱 3 例。4 例较早期的病例行后路椎弓根螺钉固定+后外侧融合,余 26 例均行椎体间融合。患者全身麻醉,俯卧位,常规显露滑脱椎体及下一椎节、小关节突及横突根部,准确置入椎弓根螺钉;伴椎管狭窄患者需行椎板切除、侧隐窝神经根减压;对滑脱椎体复位固定。椎体间融合术中,常规清理椎间隙,显露骨性终板,适度撑开椎间隙后,在前方植入适量自体骨粒,置入填塞有自体骨粒的合适大小的钛网或椎间融合器,并置棒适当抱紧加压固定。发育不良性滑脱患者需切除骶骨穹窿以获得相对平行的椎间隙。单纯行后外侧融合术中,充分清理后外侧软组织,并将横突根部骨质处理毛糙,准备植骨床,再于复位后植入自体骨粒以利于融合。复位技术包括近端提拉复位和增大弯棒前凸弧度,其中 7 例重度滑脱均在滑脱椎置入长尾复位螺钉,置棒时通过螺钉提拉滑脱椎体以求复位。

1.3 测量方法与评估参数

采用 Surgimap Spine 软件(Nemaris, New York)在术前站立位全脊柱侧位及术后卧位 X 线片上测量以下参数:(1)腰椎前凸角(lumbar

lordosis, LL)^[15]; L1、S1 椎体上终板切线的夹角; (2) 骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)^[16]: 骶骨终板中点与双侧股骨头中心所连直线与 S1 上终板垂线形成的夹角; (3) 骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT)^[16]: 骶骨终板中点与双侧股骨头中心所连直线与水平垂线形成的夹角; (4) 骶骨倾斜角 (sacral slope, SS)^[16]: 骶骨上终板切线与水平线之间的夹角; (5) 滑脱率 (slipping percentage, SP)^[17]: 滑移距离所占尾侧椎体上终板长度的百分比; (6) 滑脱角 (slip angle, SA)^[18]: 滑脱椎体下终板与尾侧椎体上终板的夹角, 向前成角为负值, 向后成角为正值; (7) 滑移距离 (slip distance, SD)^[17]: 滑脱椎体下终板后端距离尾侧椎体上终板后缘的垂直距离; (8) 椎间隙相对高度^[13]: (尾侧正常椎体前上角到滑脱椎体下缘的距离+滑脱椎体后下角到尾侧正常椎体上缘的距离)/(2×滑脱椎体前缘高度)。通过下述公式计算复位率: 复位率=(术前滑脱率-术后滑脱率)/术前滑脱率×100%。

1.4 统计学方法

由同一名脊柱外科医生对患者的上述参数间隔一周测量两次, 取平均值。应用 SPSS 19.0 软件, 分组比较峡部裂组与发育不良组、椎体间融合组与后外侧融合组、轻度滑脱组(滑脱<50%)与重

度滑脱组(滑脱>50%)之间复位率的差异, 再对复位率与术前测量的影像学因素关联性采用 Pearson 相关检验。P<0.05 为有统计学意义。

2 结果

所有患者术前 LL 为 $52^{\circ} \pm 16^{\circ}$ ($20^{\circ} \sim 78^{\circ}$), PI 为 $62^{\circ} \pm 13^{\circ}$ ($38^{\circ} \sim 88^{\circ}$), PT 为 $24^{\circ} \pm 16^{\circ}$ ($3^{\circ} \sim 64^{\circ}$), SS 为 $38^{\circ} \pm 15^{\circ}$ ($9^{\circ} \sim 61^{\circ}$), 滑脱率为 $(33.6 \pm 24.2)\%$ ($11\% \sim 96\%$), 滑脱角为 $13^{\circ} \pm 9^{\circ}$ ($-14^{\circ} \sim 39^{\circ}$), 滑脱距离为 $9.1 \pm 6.6\text{mm}$ ($4.7 \sim 33.4\text{mm}$), 椎间隙相对高度为 0.31 ± 0.1 ($0.16 \sim 0.52$)。

所有患者术后即刻复位率为 $(87.3 \pm 14.7)\%$ ($58\% \sim 100\%$) (图 1、2)。峡部裂性滑脱组复位率显著高于发育不良性滑脱组 [$(91.4 \pm 13.2)\%$ 比 $(77.7 \pm 14.3)\%$, $P=0.028$]。椎体间融合组复位率显著高于后外侧融合组 [$(86.9 \pm 13.9)\%$ 比 $(61 \pm 31.6)\%$, $P=0.018$]。轻度滑脱患者复位率显著高于重度滑脱组 [$(90.7 \pm 13.4)\%$ 比 $(74 \pm 12.8)\%$, $P=0.023$]。

术后滑脱复位率与术前 PI 和 SS 无明显相关性 ($r=-0.235/0.317$, $P>0.05$), 与 LL ($r=0.458$, $P<0.05$) 和术前椎间隙相对高度呈正相关 ($r=0.822$, $P<0.01$)。复位率与 PT ($r=-0.519$, $P<0.01$)、滑脱率 ($r=-0.567$, $P<0.01$)、滑脱角 ($r=-0.573$, $P<0.01$) 和

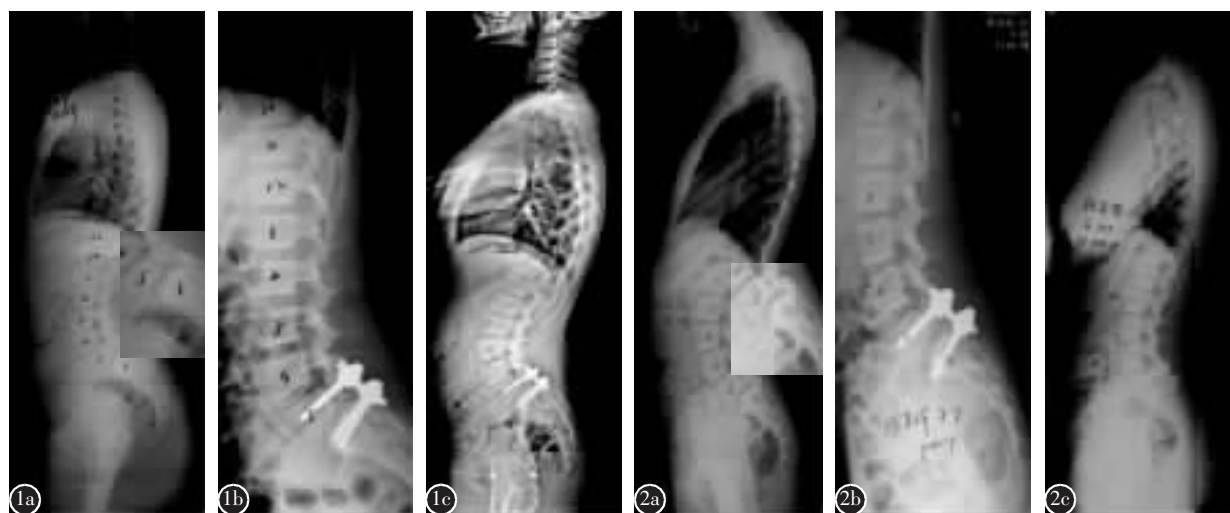


图 1 男性, 15 岁, L5 峡部裂性滑脱 a 术前侧位 X 线片示滑脱率 37% b 术后 X 线片示即刻复位率 100% c 术后两年随访 X 线片示无明显丢失 图 2 女性, 10 岁, L5 发育不良性滑脱 a 术前 X 线片示滑脱率 33% b 术后即刻 X 线片示复位率 100% c 术后 3 年随访 X 线片示复位无明显丢失

Figure 1 male, age 15, L5 isthmic spondylolisthesis a Preoperative slipping percentage was 37% b Postoperative immediate reduction rate was 100% c Postoperative follow-up no significant loss for two years **Figure 2** Female, age 10, L5 dysplastic spondylolisthesis a Preoperative slipping percentage was 33% b Postoperative immediate reduction rate was 100% c Postoperative follow-up no significant loss for three years

滑脱距离($r=-0.502, P<0.01$)负相关。

3 讨论

3.1 青少年腰椎滑脱复位疗效及意义

对于腰椎滑脱是否需要复位以及复位到何种程度,一直存在着争议。有学者^[19]认为对腰椎滑脱进行原位融合即可获得满意效果,而复位会导致并发症增多。但许多研究^[12,20,21]都主张尽量复位滑脱椎体。良好复位能恢复腰骶椎序列,增大复位后的椎体间接触面积,有利于椎体间的植骨融合;同时复位还可以纠正局部后凸畸形,改善姿势和外形,有利于恢复脊柱的正常生物力学。张忠民等^[22]认为复位有利于恢复脊柱的正常生物力学和外观的改善。Kim 等^[23]的研究表明脊柱-骨盆参数对腰椎滑脱患者的术后恢复程度具有预见意义,尤其是 PT 值和 LL 值的改善能达到更好的治疗效果,同时也说明原位融合只能使部分患者的脊柱-骨盆参数得到改善,故达不到好的临床疗效。Min 等^[24]对 15 例青少年发育性腰椎滑脱患者实行后路复位固定,认为复位有利于缓解症状,改善外观畸形,临床结果优于原位固定。临床研究^[25]也证实单纯采用原位融合治疗椎体滑脱,因融合部位位于脊柱的张力侧,即使融合很好,也仍然会发生椎体滑移和滑脱角的继续加重,假关节发生率较高,部分患者因局部椎管狭窄而再次手术。因此,与原位融合相比,复位固定有许多优势。复位对腰椎力学功能重建无疑是很有益的,术中滑脱椎体进行有效复位可以将剪切应力转变为压缩力、重建腰骶部的正常形态,有利于神经根的减压,缓解症状及改善体态。黄卫国等^[26]通过对 72 例成人腰椎滑脱症患者手术治疗的回顾性临床分析,认为腰椎滑脱症复位程度越完全越有利于患者症状解除和改善,复位融合明显优于原位融合,临床疗效差异显著。尽管由于技术手段的提高使椎体滑脱复位变得容易,几乎一致的认同是对滑脱椎体不应扩大手术强行追求完全复位,但在目前有良好的复位固定条件下应尽可能复位,这样既可恢复脊柱的正常力学性能,提高植骨融合的成功率,有利于神经根的彻底减压,也更符合患者的主观意愿。本组患者为青少年病例,经后路椎弓根螺钉内固定复位融合手术手术后平均复位率为 $(87.3\pm 14.7)\%$,复位效果良好。

3.2 青少年腰椎滑脱复位的影响因素

(1)病因学。发育不良性腰椎滑脱是由于脊柱骨发育缺陷产生局部结构不良引起,多见于小于 20 岁的青少年,特别是 7~10 岁,多数伴有穹顶形骶骨,有遗传因素。其后方结构不能承受维持直立姿势的生理力度,从而缺乏足够的力量阻止椎体前移。典型的发育不良性腰椎滑脱开始于骨骺的形成早期,即软骨形成期,此时骺板承受剪切能力较弱,易受到滑脱影响,造成局部畸形严重^[27]。X 线表现为:(1)滑脱椎向前下方移位,伴不同程度的轴向旋转;(2)腰骶关节小且趋于水平,峡部狭长而薄弱;(3)骶骨上终板穹窿样改变,相应腰椎下终板也有适应性改变;(4)滑脱腰椎楔形变,后径变小。这往往会造成滑脱进展,且随着时间的推移最终导致重度腰椎滑脱,椎体向前向下的滑移趋势明显,增加了手术复位难度。峡部裂性椎体滑脱,局部解剖结构变异不大,椎体呈前后水平滑移,腰骶部后凸较轻,手术复位相对容易。

(2)手术方式。对于部分峡部裂性腰椎滑脱患者,可选择节段内峡部裂骨折复位植骨术,这样不必牺牲一个腰椎运动单位,远期效果明显优于椎间融合。其适应证为:(1)年龄 <30 岁;(2)椎间盘没有明显退变,椎板发育完整;(3)轻度滑脱;(4)明确的腰痛而无神经根压迫症状。本组中所有患者均有不同程度腰背痛,11 例伴有下肢放射痛,9 例出现躯干前倾或直立时下肢髋膝关节屈曲畸形。并且术前均有不同程度椎间盘退变,平均病程 18 个月,病程中滑脱出现不同程度进展,因而不适宜采用直接修复术治疗。后路椎弓根螺钉内固定复位结合椎体间融合以及后外侧融合均广泛运用于治疗腰椎滑脱,但前者更为理想。该术式的优点:(1)椎间融合器对脊柱前中柱的支撑作用和椎弓根钉的张力带作用,符合 Dennis 三柱理论;(2)椎间融合器提供可靠的椎体间轴向载荷,分担了椎弓根钉的部分应力,避免了单独使用椎弓根系统造成的椎弓根钉松动、断裂、假关节形成;(3)两者的联合应用可最大限度恢复脊柱的力学结构,恢复椎间高度、椎间孔容量,从而对神经根管和椎管起到间接减压作用。基础研究^[28]表明,椎体间融合器结合后路椎弓根钉系统固定在腰椎运动的各个方向上都是最稳定的。刘少华等^[29]采用该术式治疗 51 例重度腰椎滑脱,复位效果满意,且随访复位率无明显丢失。本组患者术后复位效果良好,术后随访无明显丢失。

(3)滑脱程度。滑脱率、滑脱角和滑脱距离也是衡量腰椎滑脱患者腰骶部形态的重要指标,反映了腰椎滑脱的严重程度。腰椎滑脱不仅有骨性结构异常,也伴有软组织的改变,病变越重,越不利于滑脱复位。本研究中复位率与滑脱率($r=-0.567, P<0.01$)、滑脱角($r=-0.573, P<0.01$)、滑脱距离($r=-0.502, P<0.01$)负相关,说明滑脱程度越重,复位效果越不理想。滑脱角与复位率的负相关可能是源于滑脱角与滑脱程度间存在关联。越严重的滑脱,滑脱角越大。重度腰椎滑脱较轻度滑脱而言,病情更容易进展,早期手术也是获得良好复位效果的有效手段。

(4)腰骶部影像学参数。本研究发现在青少年腰椎滑脱中,复位率与术前椎间隙相对高度强相关($r=0.822, P=0.000<0.01$),提示术前椎间隙相对高度是影响青少年腰椎滑脱复位率的重要因素。术前椎间隙相对高度越大,复位效果越好。若术前椎间隙高度相对较窄,宜先行撑开以增大椎间隙相对高度进而有助于滑脱复位。既往研究表明椎间隙撑开对于良好复位具有重要作用,也有利于神经根减压。宋书友等^[6]认为椎间隙撑开后有助于完成椎间融合及良好复位。范顺武等^[30]对先行椎间隙撑开、后复位固定的手术方法进行了评估,证实了术前椎间隙高度减少较小者,复位效果更好,在撑开椎间隙的同时滑脱椎体即出现部分复位。对于大多数 I 度滑脱病例撑开足以完成复位,而对于 II 度以上滑脱,通过椎间隙撑开,可以较好地恢复椎间高度,恢复腰骶角,滑脱也可部分复位。因此,术中先行椎间隙松解往往可获得良好的复位效果,是治疗严重滑脱的有效方法之一。对于发育性腰椎滑脱,术中须切除骶骨穹窿,等同于增大了椎间隙相对高度,因此更适合采用椎间融合。

本研究的结果表明,除了术前椎间隙相对高度外,腰椎前凸角也与复位率正相关,即术前腰椎前凸角相对越大者,复位率相对越高,但与骶骨倾斜角无明显相关,这与王玉等^[13]对 42 例成人腰椎滑脱患者的研究结果一致。但是其研究并未纳入骨盆入射角、骨盆倾斜角,因而无法得知在其研究中成人腰椎滑脱患者 PI、PT 是否与复位率相关。LL 涵盖了 L1 到骶骨上缘的成角,包含了多个节段的椎间隙成角,其中滑脱节段的滑脱角也被包括在内。如前文所述,滑脱角与复位率负相关,而滑脱角越小则 LL 通常越大,此时复位率则较大,

故不难理解 LL 与复位率的正相关性。SS 反映的是骶骨上缘的位置,本研究中未发现 SS 与复位率的显著关联,可能与病例数较少有关。PT 是反映骨盆形态的重要指标。PT 越大,骨盆更加后倾,骶骨更加垂直。本研究结果表明青少年腰椎滑脱患者复位率与骨盆倾斜角($r=-0.519, P<0.01$)负相关,即 PT 越大,复位效果越差。我们认为这可能是因为 PT 与滑脱率间存在关联有关,重度滑脱的患者 PT 往往增大,而重度滑脱复位率差。Martiniani 等^[31]的研究表明,复位融合患者 PT 与 SS 明显改善,并认为 PT 的改善可以作为腰椎滑脱患者手术效果的预测指标。

总之,青少年 L5 滑脱经后路内固定复位术后可达满意复位。而术后即刻复位效果受多种因素影响,包括手术技巧、融合方式、滑脱严重程度和滑脱间盘高度。本研究的临床意义在于对青少年腰椎滑脱患者,术前椎间隙相对高度以及腰椎前凸角对良好的复位有着重要影响,可将其作为预测复位效果的影像学指标。若术前椎间隙相对高度较小,可通过撑开增大椎间隙相对高度,从而改善复位效果。手术方式宜首选后路椎弓根螺钉固定+椎间融合。尽管复位能有效减少剪切力,但刻意追求完全复位有可能增加神经损伤的风险。本研究侧重于说明滑脱复位的即刻效果,没有考虑体位对复位率测量的影响,这是本研究的不足之处。由于病例数较少,各组间滑脱的分类、程度、固定节段的长短是否存在差异难以进行比较,这也是本研究的缺陷之一。本研究中的分组比较旨在为临床提供一定的参考,需要在将来的研究中扩大病例数以探讨滑脱复位维持的长期效果。

4 参考文献

1. Kalichman L, Kim DH, Li L, et al. Spondylolysis and spondylolisthesis: prevalence and association with low back pain in the adult community-based population[J]. Spine, 2009, 34(2): 199-205.
2. Mac-Thiong JM, Berthodnaud E, Dimar JR, 2nd, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15): 1642-1647.
3. Zhu F, Bao H, Liu Z, et al. Analysis of L5 incidence in normal population use of L5 incidence as a guide in reconstruction of lumbosacral alignment[J]. Spine, 2014, 39(2): 140-146.
4. Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthodnaud E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents[J]. Eur

- Spine J, 2007, 16(2): 227-234.
5. Vialle R, Ilharreborde B, Dauzac C, et al. Is there a sagittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? A correlation study[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(10): 1641-1649.
 6. 宋友东, 李书纲, 任志楠, 等. 360°融合术治疗腰椎滑脱的疗效分析[J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(5): 540-545.
 7. Mehta VA, Amin A, Omeis I, et al. Implications of spinopelvic alignment for the spine surgeon[J]. *Neurosurgery*, 2012, 70(3): 707-721.
 8. Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, et al. Correlation of pelvic incidence with low -and high -grade isthmic spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2002, 27(18): 2026-2029.
 9. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine[J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(1): 80-87.
 10. Transfeldt EE, Mehrood AA. Evidence-based medicine analysis of isthmic spondylolisthesis treatment including reduction versus fusion in situ for high-grade slips[J]. *Spine*, 2007, 32(Suppl): 126-129.
 11. Ruf M, Koch H, Melcher RP, et al. Anatomic reduction and monosegmental fusion in high-grade developmental spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2006, 31(3): 269-274.
 12. Klineberg E, McHenry T, Bellabarba C, et al. Sacral insufficiency fractures caudal to instrumented posterior lumbosacral arthrodesis[J]. *Spine*, 2008, 33(16): 1806-1811.
 13. 王玉, 邱勇, 王斌, 等. 影响腰椎滑脱手术复位的影像学预测因素及其临床意义[J]. *中华外科杂志*, 2009, 47(4): 289-292.
 14. Meyerding H. Spondylolisthesis: surgical treatment and results [J]. *Surg Gynecol Obstet*, 1932, 54: 371-377.
 15. Wiltse LL, Winter RB. Terminology and measurement of spondylolisthesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65(6): 768-772.
 16. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence : a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves[J]. *Eur Spine J*, 1998, 7 (2): 99-103.
 17. Timon SJ, Gardner MJ, Wanich T, et al. Not all spondylolisthesis grading instruments are reliable [J]. *Clin Orthop Related Res*, 2005, 434: 157-162.
 18. Sehnake KJ, Schaeren S, Jeanneret B. Dynamic stabilization in addition to decompression for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2006, 31(4): 442-449.
 19. Poussa M, Remes V, Lamberg T, et al. Treatment of severe spondylolisthesis in adolescence with reduction of fusion in situ: long-term clinical, radiologic, and functional outcome [J]. *Spine*, 2006, 31(5): 583-590.
 20. Nolan Y, Michael AM, Ashkenazi E, et al. Instrumented slip reduction and fusion for painful unstable isthmic spondylolisthesis in adults[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21 (7): 477-483.
 21. Goyal N, David WW, Hyatt A, et al. Radiographic and clinical outcomes after instrumented reduction and transforaminal lumbar interbody fusion of mild and high-grade isthmic spondylolisthesis [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2009, 22(5): 321-327.
 22. 张忠民, 陈建庭, 金大地. 两种椎间融合材料在治疗重度腰椎滑脱中的疗效比较[J]. *中国骨与关节外科*, 2008, 1(1): 16-20.
 23. Kim MK, Lee SH, Kim ES, et al. The impact of sagittal balance on clinical results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: a pilot study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2011, 12: 69.
 24. 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): 785-791.
 25. Grzegorzewski A, Kumar SJ. In situ posterolateral spine arthrodesis for grades III, IV, and V spondylolisthesis in children and adolescents[J]. *J Pediatr Orthop*, 2000, 20(4): 506-511.
 26. 黄卫国, 海涌. 成人腰椎滑脱症复位程度对临床疗效的影响 [J]. *实用骨科杂志*, 2014, 20(4): 293-298.
 27. 孙翊夫, 陈仲强. 重度发育不良性腰椎滑脱的影像学特点及其临床意义[J]. *中华外科杂志*, 2010, 48(5): 358-362.
 28. Hitchon PW, God V, Rogge T, et al. Spinal stability with anterior or posterior ray threaded fusion cages [J]. *J Neurosurg*, 2000, 93(Suppl 1): 102-108.
 29. 刘少华, 张宏其, 陈斌, 等. 短节段椎弓根螺钉后路椎间植骨治疗重症峡部裂型腰椎滑脱症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18(3): 177-180.
 30. 范顺武, 方向前, 张宏军, 等. 椎间隙撑开在腰椎滑脱症复位和融合中的应用价值[J]. *中华骨科杂志*, 2006, 26(2): 105-109.
 31. Martiniani M, Lamartina C, Specchia N. "In situ" fusion or reduction in high-grade high dysplastic developmental spondylolisthesis (HDSS)[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(Suppl 1): 134-140.

(收稿日期: 2015-03-02 修回日期: 2015-05-07)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)