

青少年 L₅S₁ 发育性滑脱与峡部裂性滑脱的脊柱骨盆矢状面形态比较

李子恢¹, 陈曦², 孙旭², 王斌², 朱泽章², 钱邦平², 刘臻², 俞杨², 邱勇²

(1. 南京医科大学, 江苏 南京 210029; 2. 南京医科大学鼓楼临床医学院脊柱外科, 江苏 南京 210008)

【摘要】 目的: 比较青少年 L₅S₁ 发育不良性滑脱与峡部裂性滑脱的脊柱骨盆矢状面形态特点。方法: 对 2002 年 5 月至 2016 年 12 月收治的 24 例影像资料完整的青少年 L₅S₁ 滑脱患者的病例资料进行回顾性分析。男 8 例, 女 16 例, 年龄 10~18(13.4±2.0) 岁; 其中发育不良性滑脱(发育不良组)9 例, 峡部裂性滑脱(峡部裂组)15 例。在站立位脊柱侧位片上测量滑脱相关指标(滑移距离、滑脱率、滑脱角)和脊柱骨盆矢状面形态指标(矢状面偏移、胸椎后凸角、腰椎前凸角、L₅ 入射角、骨盆入射角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、骨盆矢状面厚度、腰骶角、骶骨平台角)。对两组影像学参数进行统计学分析。结果: 两组患者的滑脱距离、滑脱率和滑脱角差异无统计学意义。发育性滑脱组矢状面偏移、L₅ 入射角、骨盆倾斜角和骨盆矢状面厚度均明显高于峡部裂性滑脱组($P<0.05$)。发育性滑脱组的骶骨倾斜角、腰骶角和骶骨平台角则显著低于峡部裂性滑脱组($P<0.05$)。两组间胸椎后凸角和腰椎前凸角差异无统计学意义($P>0.05$)。结论: 与峡部裂性滑脱明显不同, 发育不良性滑脱表现为躯干前倾明显, 骨盆后倾。对于发育不良性滑脱, 需要严密观察, 出现矢状面失平衡时则应早期手术干预。

【关键词】 青少年; 腰椎滑脱症; 发育不良; 峡部裂; 外科手术; 影像学

中图分类号: R681.5

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.03.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparison of sagittal plane morphology of spine and pelvis in adolescents with L₅S₁ developmental spondylolisthesis and isthmic spondylolisthesis Li Zi-hui, CHEN Xi, SUN Xu, WANG Bin, ZHU Ze-zhang, QIAN Bang-ping, LIU Zhen, YU Yang, and QIU Yong*. *Department of Spinal Surgery, the Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, Jiangsu, China

ABSTRACT **Objective:** To compare the sagittal morphological features of the spine and pelvis between L₅S₁ dysplastic spondylolisthesis and isthmus spondylolisthesis in adolescent. **Methods:** Retrospective analysis of 24 cases of adolescent L₅S₁ spondylolisthesis with complete imaging data from May 2002 to December 2016. Those included 8 males and 16 females, aged from 10 to 18 years old with an average of (13.4±2.0) years. Among them, 9 cases were diagnosed as dysplastic spondylolisthesis (dysplasia group) and 15 cases isthmic spondylolisthesis (ischemic group). Radiographic parameters including slippage distance, slippage degree, slippage angle, sagittal vertical axis (SVA), thoracic kyphosis (TK), lumbar lordosis (LL), L₅ incidence (L₅I), pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), sacral slope (SS), sagittal pelvic thickness (SPT), lumbosacral angle (LSA), sacral table angle (STA) were measured on the spinal lateral X-ray of the standing position. Independent-samples *t*-test was used in the comparison of each variable between two groups. $P<0.05$ was considered statistically significant. **Results:** There were no significant differences in slippage distance, slippage rate, slippage angle between two groups. In dysplasia group, SVA, L₅I, PT, SPT were (37.0±48.4) mm, (57.0±14.8)°, (42.3±15.4)°, (56.1±21.2) mm, respectively, and (-11.0±22.2) mm, (31.7±19.3)°, (15.5±10.2)°, (31.4±19.1) mm in ischemic group; and the differences between the two groups were significant ($P<0.05$). In ischemic group, SS, LSA, STA were (44.1±12.6)°, (103.9±21.7)°, (92.7±9.9)°, respectively, and (25.9±20.2)°, (75.4±16.4)°, (75.4±9.7)° in dysplasia group; and the differences between the two groups were significant ($P<0.05$). There was no significant difference in TK, LL between two groups ($P>0.05$). **Conclusion:** Significant different from isthmic spondylolisthesis, adolescents with dysplastic spondylolisthesis present a different spino-pelvic sagittal alignment, characterized with trunk forward leaning and pelvic retroversion. In case of sagittal imbalance, early surgical intervention is required to restore a balanced spino-pelvic alignment.

KEYWORDS Adolescent; Spondylolisthesis; Dysplastic; Isthmic; Surgical procedures, operative; Imaging

通讯作者: 邱勇 E-mail: Scoliosis2002@sina.com

Corresponding author: QIU Yong E-mail: Scoliosis2002@sina.com

脊柱-骨盆矢状面形态是脊柱整体矢状面平衡评估的重要组成部分。近年来的研究表明, 在腰椎滑

脱的发病机制中,脊柱-骨盆矢状面形态可能起着重要的作用^[1-3]。与健康人群相比,成人腰椎滑脱症均表现出更大的骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)^[4-5]。峡部裂性和退变性滑脱是成人腰椎滑脱的常见类型,而青少年中则以发育不良性和峡部裂性最常见^[6],发病率 4.4%~6%^[7]。发育不良性腰椎滑脱多由于骶骨的先天性发育异常所致,因滑脱椎体直接作用在发育不良的骶骨上终板上,局部剪切应力增大,病变常迅速进展。峡部裂性腰椎滑脱多由于腰椎峡部断裂导致局部稳定性下降而出现椎体滑移。既往研究表明,青少年腰椎滑脱患者脊柱-骨盆矢状面形态不同于健康成人^[8]。由于青少年发育性腰椎滑脱与峡部裂性腰椎滑脱的发病机制不同,两者在脊柱骨盆矢状面形态上是否存在差异目前尚不清楚,国内尚缺少相关文献报道。本研究回顾性分析 2002 年 5 月至 2016 年 12 月接受腰椎滑脱手术的青少年 L₅S₁ 发育不良性滑脱与峡部裂性滑脱 24 例的影像学资料,旨在对这两种不同类型青少年腰椎滑脱的脊柱骨盆矢状面形态特点进行分析比较。

1 资料与方法

1.1 病例选择

1.1.1 纳入标准 (1)经影像学检查证实腰椎滑脱。(2)滑脱节段为 L₅S₁。(3)接受腰椎滑脱内固定治疗。(4)年龄 10~18 岁。

1.1.2 排除标准 (1)2 个及以上节段腰椎峡部裂和(或)滑脱。(2)合并有脊柱侧凸或后凸畸形。(3)合并有脊柱创伤、结核、肿瘤、代谢性骨病患者。(4)既往脊柱手术或支具治疗史者。

1.2 一般资料

本组 24 例患者入选,男 8 例,女 16 例;年龄 10~18 (13.4±2.0)岁。其中发育不良性滑脱(发育不良组)9 例,峡部裂性滑脱(峡部裂组)15 例。在术前站立位侧位 X 线片进行观察测量,滑脱程度评估采用 Meyerding^[9]分度标准: I 度,头端椎体在尾端椎体上水平向前或向后移位 ≤25%; II 度,椎体移位 26%~50%; III 度,椎体移位 51%~75%; IV 度,椎体移

位 ≥76%。发育不良组中 I 度 2 例, II 度 4 例, III 度 2 例, IV 度 1 例;男 3 例,女 6 例;平均年龄 (13.3±1.8) 岁。峡部裂组中 I 度滑脱 4 例, II 度 8 例, III 度 2 例, IV 度 1 例;男 5 例,女 10 例;平均年龄 (13.4±2.1) 岁。两组患者性别、年龄等一般资料差异无统计学意义 (P>0.05)。见表 1。

1.3 研究方法与评估参数

采用 Surgimap Spine 软件 (Nemaris, New York) 在站立位全脊柱侧位 X 线片上进行测量,由同一名脊柱外科医生完成,间隔 1 周测量 2 次,取平均值。滑脱相关指标包括滑移距离、滑脱率、滑脱角。参照文献^[10]制定的标准确定发育不良性滑脱患者 S₁ 上终板的中点,即沿骶骨前后缘做 2 条切线,这 2 条切线与骶骨上缘交点间的连线,即为 S₁ 上终板,该线段的中点即为 S₁ 上终板中点(图 1)。

脊柱-骨盆矢状面形态参数包括:(1)矢状面偏移(sagittal vertical axis, SVA):经 C₇ 椎体中心所作的铅垂线与 S₁ 上终板后上缘的水平距离,铅垂线位于 S₁ 上终板后上缘前方为正值,位于后方为负值。(2)胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK):T₅ 椎体上终板切线与 T₁₂ 椎体下终板切线之间的夹角,后凸记为正值,前凸记为负值。(3)腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL):T₁₂ 椎体下终板切线与 S₁ 上终板切线的夹角,前凸记为正值,后凸记为负值。(4)L₅ 入射角(L₅ incidence, L₅ I):L₅ 椎体上终板中点与双侧股骨头中心点的连线和 L₅ 上终板垂线的夹角。(5)骨盆入射角(pelvic incidence, PI):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。(6)骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT):S₁ 上终板中点与双侧股骨头中心所连直线与垂线形成的夹角。(7)骶骨倾斜角(sacral slope, SS):骶骨上终板切线与水平线之间的夹角。(8)骨盆矢状面厚度(sagittal pelvic thickness, SPT):为双侧股骨头中心连线中点与 S₁ 上终板中点间水平距离。(9)腰骶角(lumbosacral angle, LSA):L₅ 上终板切线与骶骨后缘切线的夹角。(10)骶骨平台角(sacral table angle, STA):S₁ 上终板切线与骶骨后

表 1 两组青少年 L₅S₁ 发育不良性滑脱与峡部裂性滑脱一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data in adolescent patients with dysplastic spondylolisthesis and isthmic spondylolisthesis between two groups

组别	例数	性别(例)		年龄 (x±s, 岁)	Meyerding 滑脱分度(例)			
		男	女		I 度	II 度	III 度	IV 度
发育不良组	9	3	6	13.3±1.8	2	4	2	1
峡部裂组	15	5	10	13.4±2.1	4	8	2	1
检验值		χ ² =0.000		t=0.212	χ ² =6.000			
P 值		1.000		0.832	0.067			

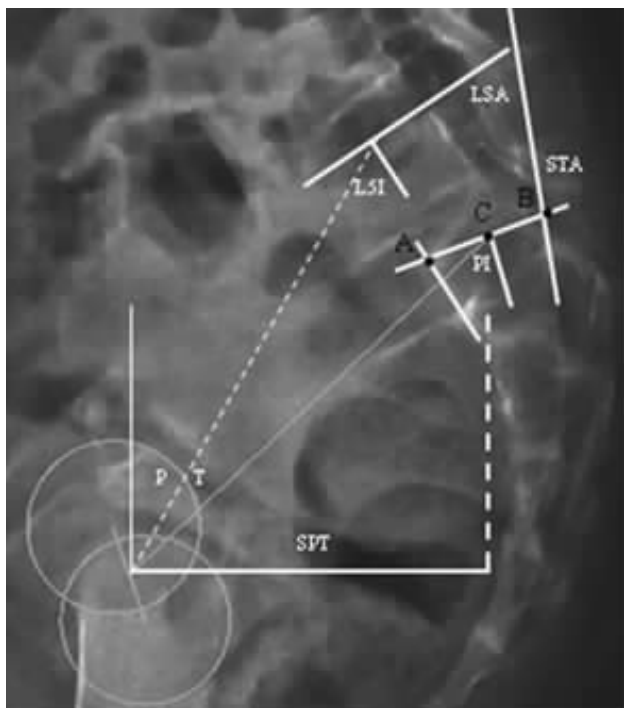


图 1 发育性滑脱组患者的影像学指标测量示意图 A,B 两点为骶骨前后缘切线与骶骨上缘交点,A,B 间的连线,即为 S₁ 上终板,C 点为 S₁ 上终板中点

Fig.1 The measurement of the radiographic parameters in adolescent patients with dysplastic spondylolisthesis A,B is the intersection point between tangent line of the front or back edges of the sacrum and the upper margin of the sacrum,the connection between point A and B is the upper end plate on S₁,and the C is the midpoint of the end plate on S₁

缘切线的夹角。

1.4 统计学处理

所有资料采用 SPSS 19.0 软件进行统计学处理。定量资料(年龄、滑移距离、滑脱率、滑脱角、LSA、STA、SVA、TK、LL、L5I、PI、PT、SS、SPT)以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验。定性资料(性别、Meyerding 分度)组间比较采用 Fisher 精确检验。设置检验水准为 0.05。

2 结果

滑脱相关指标比较如表 2 所示,两组滑脱距离、滑脱率和滑脱角差异无统计学意义。两组患者的脊柱-骨盆矢状面形态的比较见表 3。发育不良组 SVA、PT 显著大于峡部裂组,L₅I 和 SPT 也均显著高于峡部裂组,SS 则小于峡部裂组,呈现出明显的躯干前倾,骨盆后旋的姿态。发育不良组的 LSA 和 STA 均显著低于峡部裂组。两组患者的 PI、TK 和 LL 差异无统计学意义。见表 3。

3 讨论

3.1 矢状面平衡与正常生活密切相关

矢状面平衡评价的是脊柱与骨盆作为一个整体

表 2 发育不良性和峡部裂性腰椎滑脱组滑脱各测量参数比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of slippage parameters between dysplastic spondylolisthesis and isthmic spondylolisthesis ($\bar{x} \pm s$)

测量参数	发育不良组 (例数=9)	峡部裂组 (例数=15)	P 值
滑脱率(%)	38.9±28.3	31.4±23.6	0.515
滑脱距离(mm)	17.4±19.5	8.2±5.0	0.091
滑脱角(°)	6.6±15.0	2.7±16.6	0.557

表 3 发育不良性和峡部裂性腰椎滑脱组脊柱-骨盆矢状面形态比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of the spine-pelvic sagittal morphology in dysplastic and isthmic spondylolisthesis($\bar{x} \pm s$)

参数	发育不良组 (例数=9)	峡部裂组 (例数=15)	P 值
SVA(mm)	37.0±48.4	-11.0±22.2	0.019
TK(°)	15.1±7.9	20.4±12.2	0.211
LL(°)	48.8±21.8	60.3±15.1	0.188
L5I(°)	57.0±14.8	31.7±19.3	0.002
PI(°)	67.7±13.3	60.0±12.8	0.184
PT(°)	42.3±15.4	15.5±10.2	0.001
SS(°)	25.9±20.2	44.1±12.6	0.032
SPT(mm)	56.1±21.2	31.4±19.1	0.011
LSA(°)	75.4±16.4	103.9±21.7	0.002
STA(°)	75.4±9.7	92.7±9.9	0.001

在矢状面对位上的关系,主要由脊柱和骨盆的排列决定^[11-12]。大量文献报道脊柱矢状面的失衡,即使在冠状面畸形基本矫正后,仍然会导致疲劳、疼痛、功能丢失,严重影响患者的生存质量^[13-14]。Glassman 等^[15]和 Schwab 等^[13]的研究表明,脊柱畸形患者的生存质量与矢状面畸形密切相关,轻度的矢状面失衡即会引起生存质量的改变,因此维持矢状面的平衡形态显得尤为重要。既往已有文献报道了成人峡部裂性滑脱症与退变性滑脱症患者脊柱骨盆矢状面参数上存在异常^[16-18]。但是青少年发育不良性与峡部裂性腰椎滑脱之间的矢状面平衡比较尚未见报道。本研究中发育不良性滑脱组 SVA 明显高于峡部裂性滑脱组,意味着发育不良性滑脱患者更易出现矢状面失衡,失衡形态表现为为躯干前倾。SVA 是评估脊柱矢状位的整体平衡稳定、可靠的指标^[19],手术治疗的首要目标便是恢复矢状面的平衡^[20-22],而矢状面的正平衡程度与 Oswestry 功能障碍指数呈线性负相关^[23]。因此,矢状面失衡可严重影响生活质量。

3.2 骨盆参数的异常在腰椎滑脱发病中可能起着重要作用

Roussouly 等^[11]指出,较高的 PI 值,往往意味腰骶部具有较高的剪切力,因而腰椎容易发生滑脱。一组多中心研究报告了 214 例发育性 L₅S₁ 滑脱 PI、PT、SS,均显著高于正常人群对照组,并且滑脱越重则差异越明显^[24]。这一解释同样适用于青少年发育不良性与峡部裂性腰椎滑脱。本研究中两组患者 PI 均值分别为 (67.7±13.3)° 和 (60.0±12.8)°, 均显著高于汉族健康青少年的 PI 值 (42.3±8.5)°。这一结果与文献报道一致^[25]。本研究还发现,尽管发育不良组 PI 仅略大于峡部裂组,但差异无统计学意义 ($P>0.05$); PT、SS、L₅I 和 SPT 两组差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。这表明,发育不良性滑脱患者存在明显的骨盆后旋,骶骨更加垂直化 (SS 减小、PT 增大、SPT 增大),而峡部裂性滑脱患者则不然。这提示发育不良性滑脱和峡部裂性滑脱可能存在不同的矢状面代偿机制。峡部裂性滑脱通常具有较大的 PI,发生滑脱后可通过增加腰椎前凸和胸椎后凸来代偿,脊柱矢状面平衡大都可满意维持。这在成年人峡部裂性滑脱已被证实^[16]。发育不良性滑脱则由于腰骶部的发育异常,致使 L₅ 椎体下终板和 S₁ 上终板的生长板软骨生长出现异常,表现为 L₅ 椎体下缘的内凹和骶骨平台的穹窿样改变。同时由于滑脱椎的变形,使得发育不良性滑脱通常有较明显后凸的滑脱角。为了阻挡滑脱的 L₅ 椎体继续向前向下的滑移,骨盆向后旋,骶骨平台由原先倾斜的状态趋于水平,使得 SS 减小而 PT 增大,躯干前倾。因而对于发育不良性滑脱,应在出现矢状面失平衡时即应予以手术干预,否则可导致矢状面失平衡的进一步加重,甚至出现髌膝关节的屈曲畸形。

3.3 L₅I 评估滑脱严重程度的重要参考价值

Roussouly 等^[11]首次提出 L₅I 这一概念,认为腰骶滑脱时,L₅I 也会改变,并将其作为衡量腰骶滑脱患者术后恢复情况的一个参考指标。目前认为腰骶滑脱患者 L₅I 大于正常人群,通过手术矫正增大的 L₅I,有助于患者术后生活质量的改善^[26-27]。此外,L₅I 还与可能构成滑脱发生和发展的重要参数 PI 具有显著相关性。笔者认为当出现腰骶部滑脱时,不仅有 L₅ 椎体向前滑移,还伴有 L₅S₁ 椎间隙高度下降以及 L₅ 椎体向前下方倾斜和下沉,这在发育不良性滑脱组尤为明显。在本研究中,发育不良性滑脱组 L₅I 和 SPT 明显高于峡部裂组,而且腰骶角和骶骨平台角均小于峡部裂组。腰骶角用来评价腰骶关节形态,而骶骨平台角则用来评估 S₁ 椎体的空间形态。根据 Inoue 等^[28]的研究结果,腰骶角与峡部裂患者滑脱程

度密切相关,较小的腰骶角常预示滑脱更易进展。Wang 等^[29]认为在青少年腰椎滑脱患者中较小的腰骶角意味着更严重的滑脱。Oh 等^[30]认为腰骶角是青少年腰椎滑脱症的重要病因学因素。结合本研究结果和上述发现,发育不良组具有更加明显的 L₅ 椎体前倾和下沉趋势,剪切应力增加,而骶骨对 L₅ 椎体的向前向下滑移的阻挡减弱,因而 L₅ 椎体的滑移趋势增加显著,具有滑脱持续加重的风险。

综上所述,青少年发育不良性滑脱与峡部裂性滑脱由于具有不同的发病机制,因而矢状面代偿机制存在差异,二者表现出不同的脊柱骨盆矢状面形态特征。本研究的结果表明,与峡部裂性滑脱相比,青少年发育不良性腰椎滑脱表现出更大的 SVA、L₅I、PT 以及更小的 SS、LSA 和 STA,躯干更加前倾,骨盆后旋,骶骨更加垂直。对于这一类滑脱,应严密观察,如有明显的矢状面失平衡则应早期手术干预,以避免失平衡的进一步恶化以及髌膝关节的屈曲畸形。而对于青少年峡部裂性滑脱,由于矢状面失衡相对较轻,病情进展较为缓慢,在早期可行腰背肌锻炼或支具等保守治疗。同时,由于本研究病例资料相对较少,更深层次的研究仍有待于病例资料的进一步积累和分析总结。

参考文献

- [1] Roussouly P, Collogly S, Berthounaud E, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L₅S₁ isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(21): 2484-2490.
- [2] Barrey C, Jund J, Perrin G, et al. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis[J]. Neurosurgery, 2007, 61(5): 981-986.
- [3] Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P, et al. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification[J]. Eur Spine J, 2011, 20(Suppl 5): 641-646.
- [4] Hanson DS, Bfidwell KH, Rhee JM, et al. Correlation of pelvic incidence with low and high grade isthmic spondylolisthesis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(18): 2026-2029.
- [5] Funao H, Tsuji T, Hosogane N, et al. Comparative study of spinopelvic sagittal alignment between patients with and without degenerative spondylolisthesis[J]. Eur Spine J, 2012, 21(11): 2181-2187.
- [6] Tsirikos AI, Garfido EG. Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents[J]. J Bone Joint Surg Br, 2010, 92(6): 751-759.
- [7] 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 (Phila Pa 1976), 2009, 34(2): 199-205.
- [8] Marty C, Boisaubert B, Descamps H, et al. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients[J]. Eur Spine J, 2002, 11(2): 119-125.
- [9] Meyerding H. Spondylolisthesis: surgical treatment and results[J]. Surg Gyneol Obstet, 1932, 54: 371-377.

[10] Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud, et al. The importance of spino-pelvic balance in L₅/S₁ developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements[J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2005, 30(Suppl 6): 27-34.

[11] Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and mangement[J]. Eur Spine J, 2010, 19(1): 1824-1836.

[12] Le H, Leijssen P, Duarte M, et al. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique [J]. Eur Spine J, 2011, 20(suppl 5): 669-680.

[13] Schwab F, Lafage V, Boyce R, et al. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position[J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2006, 31(25): 959-967.

[14] Cheng I. Deformity of view: spinopelvic parameters in postfusion flat-back deformity patients[J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2009, 9(8): 672-673.

[15] Glassman S, Birdwell K, Dimar J, et al. The impact of positive Sagittal balance in adult spine deformity[J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2005, 30(18): 2024-2029.

[16] 刘勇, 刘臻, 朱锋, 等. 成人腰椎峡部裂性滑脱症与退变性滑脱症患者脊柱骨盆矢状面形态学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(4): 307-311.

LIU Y, LIU Z, ZHU F, et al. Study of sagittal spino-pelvic morphology in adult degenerative vs isthmic lumbar spondylolisthesis patients [J]. Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi, 2013, 23(4): 307-311. Chinese.

[17] 蒋伟宇, 徐荣明, 马维虎, 等. 复位在重度腰椎滑脱治疗中对脊柱骨盆参数的影响意义[J]. 中国骨伤, 2014, 27(9): 726-729.

JIANG WY, XU RM, MA WH, et al. Effect of reduction on spino-pelvic parameters in treating high-grade lumbar spondylolisthesis [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(9): 726-729. Chinese with abstract in English.

[18] 谢峰, 边俊, 王智伟, 等. 成人腰椎间盘突出症与腰椎管狭窄症患者脊柱骨盆矢状面差异[J]. 中国骨伤, 2018, 31(1): 43-46.

XIE F, BIAN J, WANG ZW, et al. Difference of spino-pelvic sagittal alignment between lumbar disc herniation and lumbar canal stenosis in adults[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(1): 43-46. Chinese with abstract in English.

[19] Kuntz C 4th, Levin LS, Ondra SL, et al. Neutral uptight sagittal spinal alignment from the occiput to the pelvis in asymptomatic adults: a review and resynthesis of the literature[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6(2): 104-112.

[20] Debarge R, Demey G, Roussouly P. Sagittal balance analysis after pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis[J]. Eur Spine J, 2011, 20(5): 619-625.

[21] 杜红根, 徐金元, 蒋忠, 等. 脊柱平衡疗法对青少年特发性脊柱侧凸患者肺功能及表面平均肌电比值的影响[J]. 中国骨伤, 2016, 29(4): 316-319.

DU HG, XU JY, JIANG Z, et al. Influences of spine balanced therapies of traditional Chinese medicine in adolescent idiopathic scoliosis in pulmonary function and average ratio of the surface electromyogram [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(4): 316-319. Chinese with abstract in English.

[22] 杜红根, 叶树良, 徐金元, 等. 表面肌电图在中医脊柱平衡法治疗青少年特发性脊柱侧凸症中的应用[J]. 中国骨伤, 2013, 26(11): 914-917.

DU HG, YE SL, XU JY, et al. Application of surface electromyography in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis with traditional spinal balanced therapy [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(11): 914-917. Chinese with abstract in English.

[23] Jerzy H, Jerzy W. The role of reduction in operative treatment of spondylolytic spondylolisthesis [J]. Neurochirurgia Polska, 2008, 42(4): 345-352.

[24] Rajnics P, Templier A, Skalli W, et al. The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis [J]. J Spinal Disord Tech, 2002, 15(1): 24-30.

[25] 王智伟, 刘臻, 王渭君, 等. 正常汉族青少年骨盆矢状面形态的影像学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(10): 919-924.

WANG ZW, LIU Z, WANG WJ, et al. Sagittal spino-pelvic morphology and balance in asymptomatic adolescents of Chinese Han nationality, a radiological study [J]. Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi, 2012, 22(10): 919-924. Chinese.

[26] Hresko MT, Labelle H, Roussouly P, et al. Classification of high-grade spondylolistheses based on pelvic version and spine balance: possible rationale for reduction [J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2007, 32(20): 2208-2213.

[27] 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.

[28] Inoue H, Ohmori K, Miyasaka K. Radiographic classification of L₅ isthmic spondylolisthesis as adolescent or adult vertebral slip [J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2002, 27(8): 831-838.

[29] Wang Z, Parent S, Mac-Thiong JM, et al. Influence of sacral morphology in developmental spondylolisthesis [J]. Spine(Phlia Pa 1976), 2008, 33(20): 2185-2191.

[30] Oh YM, Choi HY, Eun JP. The comparison of sagittal spinopelvic parameters between young adult patients with L₅ spondylolysis and age-matched control group [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2013, 54(3): 207-210.

(收稿日期: 2018-05-09 本文编辑: 王宏)