

Lenke 5C 型脊柱侧凸后路选择性矫形术下端融合椎影像学改变对冠状面平衡的影响

刘 臻, 郭 惊, 朱泽章, 王 斌, 俞 杨, 钱邦平, 朱 锋, 孙 旭, 邱 勇

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:探讨下端融合椎(lowest instrumented vertebra, LIV)相关影像学指标对 Lenke 5C 型特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)患者术后冠状面平衡的影响。**方法:**本研究包括 30 例行后路选择性融合的 Lenke 5C 型 AIS 患者,所有患者于术前、术后即刻及末次随访时拍摄站立前后位像及术前仰卧位拍摄左右 Bending 像。对术前、术后和末次随访时的冠状面平衡与 LIV 相关影像学指标(LIV 偏移、LIV 旋转、LIV 倾斜度、LIV 尾侧椎间盘开角)进行分析。**结果:**所有患者平均随访 33 个月(24~50 个月),其中 LIV 为 L3 者 20 例, L4 者 10 例。30 例 Lenke 5C 型 AIS 患者术前冠状面胸腰弯/腰弯 Cobb 角平均为 $49.8^{\circ} \pm 5.1^{\circ}$, 术前冠状面胸弯 Cobb 角平均为 $25.6^{\circ} \pm 7.1^{\circ}$ 。相关性检验发现以下 3 个指标与术后即刻冠状面平衡(coronal trunk balance, CTB)有显著相关性:(1)术前 CTB($r=0.69, r^2=0.48, P<0.01$);(2)术前 LIV 倾斜度($r=0.63, r^2=0.40, P<0.01$);(3)术后即刻 LIV 倾斜度($r=0.60, r^2=0.36, P<0.01$)。在末次随访时,不管是术前还是术后的 LIV 相关影像学指标均与末次随访时 CTB 无显著相关($P>0.05$)。**结论:**对行后路选择性融合术的 Lenke 5C 型 AIS 患者而言,术前冠状面平衡与否及术前 LIV 倾斜度大小对预测术后即刻冠状面平衡有重要的作用。术前 LIV 倾斜大于 25° 的患者容易发生术后即刻冠状面失平衡。然而, LIV 倾斜度对 Lenke 5C 型 AIS 患者术后冠状面平衡无显著影响。

【关键词】 青少年特发性脊柱侧凸; Lenke 5C 型; 冠状面平衡; 下端椎

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.12.02

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-12-1063-05

The effect of radiographic parameters associated with the lowest instrumented vertebrae on postoperative coronal trunk balance in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis/LIU Zhen, GUO Jing, ZHU Zezhang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(12): 1063-1067

【Abstract】Objectives: To investigate the long-term effect of radiographic parameters associated with the lowest instrumented vertebrae(LIV) on postoperative coronal trunk balance in adolescent idiopathic scoliosis(AIS) patients with type Lenke 5 curve. **Methods:** In this retrospective study, totally 30 AIS patients with type Lenke 5 curve who received posterior selective fusion were included. Pre- and postoperative standing upright posteroanterior and lateral radiographs as well as preoperative supine left and right side-bending radiographs were used for radiographic assessment. Bivariate correlation tests were carried on to analyze the correlation of each radiographic parameter related to the LIV and the coronal trunk balance immediately after surgery and at final follow-up. **Results:** The average follow-up time was 33 months(range 24-50 months). The LIV was L3($n=20$) or L4($n=10$). The average preoperative Cobb angle of the TL/L curve and thoracic curve was $49.8^{\circ} \pm 5.1^{\circ}$ and $25.6^{\circ} \pm 7.1^{\circ}$, respectively. Correlation analysis showed that the following radiographic parameters were significantly associated with the immediate postoperative coronal trunk balance(CTB): preoperative coronal trunk balance($r=0.69, r^2=0.48, P<0.01$), preoperative LIV tilt($r=0.63, r^2=0.40, P<0.01$), and postoperative LIV tilt($r=0.60, r^2=0.36, P<0.01$). However, at final follow-up, neither preoperative nor postoperative parameters were associated with the final coronal trunk balance($P>0.05$). **Conclusions:** In AIS patients with type Lenke 5 curve, preoperative coronal trunk balance and preoperative LIV tilt are very important parameters in predicting the

基金项目:国家自然科学基金(编号:81171767)

第一作者简介:男(1981-),主治医师,医学博士,研究方向:脊柱畸形

电话:(025)68182022 E-mail:drliuzhen@163.com

immediate postoperative coronal trunk balance. Preoperative LIV tilt $\geq 25^\circ$ is associated with a high risk of developing immediate postoperative coronal imbalance. During the follow-up, no radiographic parameters at either preoperation or postoperation have statistical correlation with the final coronal trunk balance.

【Key words】 Idiopathic scoliosis; Type Lenke 5 curve; Coronal trunk balance; Lowest instrumented vertebrae

【Author's address】 Department of Spine Surgery, Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

Lenke 5C 型青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 的手术矫形依手术入路不同可分为前路和后路手术。近年来,随着椎弓根螺钉的广泛应用,国内外学者发现对于 Lenke 5C 型 AIS 患者而言,采用后路手术可以获得更好的矫正率,且融合范围与前路手术相似^[1]。但关于 Lenke 5C 型 AIS 患者下端融合椎 (lowest instrumented vertebra, LIV) 的选择一直是研究热点^[2-5]。最近的研究^[3]发现在 Lenke 5C 型 AIS 患者中,下端融合椎倾斜度 (LIV tilt) 与术后即刻冠状面平衡密切相关,但未研究它对术后远期冠状面平衡的影响。在临床中我们注意到部分 Lenke 5C 型 AIS 患者远期随访时可出现术后早期冠状面失平衡自发性纠正,提示术后即刻影像学指标并不能直接反映该类型 AIS 患者术后远期冠状面平衡。为了进一步探讨下端融合椎相关影像学指标对 Lenke 5C 患者冠状面平衡的远期影响,笔者对在我院接受后路选择性融合术的 Lenke 5 型 AIS 患者的术前和术后随访资料进行回顾性分析。

1 资料与方法

1.1 研究对象及入选条件

本组病例资料为 2006 年 1 月~2008 年 1 月间在我院接受手术治疗的 AIS 患者,并且满足以下条件:(1)根据 Lenke 分型系统^[6]诊断为 5C 型(按 PUMC 分类方法^[7]包括 Ib、Ic、IIc1 和 II d1 型,即以胸腰/腰椎侧凸为主弯,无胸椎结构性弯);(2)既往无脊柱手术史;(3)行一期选择性后路腰弯矫形全椎弓根螺钉固定融合术;(4)有至少 2 年以上完整随访资料。共有 30 例 Lenke 5C 型 AIS 患者入选,均为女性;年龄 12~18 岁,平均 14.1 岁。根据 Lenke 分型系统,20 例患者胸椎矢状面形态修正型为“N”型,10 例为“-”型。

1.2 手术策略及方式

采用全身麻醉、俯卧位,常规后正中入路。运用徒手椎弓根螺钉置入技术,保留远、近端交界区

棘上韧带和棘间韧带的完整性并进行节段性去旋转操作。经 C 型臂 X 线机透视示内固定位置和侧凸矫形满意后,拧紧螺帽,使用自体原位骨和髂松质骨、以及同种异体骨行植骨融合,放置引流后逐层关闭切口。内固定器械包括:CDH 19 例(美敦力,美国),TSRH 8 例(美敦力,美国),Expedium (强生,美国)3 例。

1.3 影像学评估

所有患者于术前、术后即刻及末次随访时拍摄站立位全脊柱正侧位像及术前仰卧位拍摄左右 Bending 像。本组患者采用骶骨中垂线至 C7 铅垂线的垂直距离 (C7PL-CSVL) 评估冠状面平衡 (coronal trunk balance, CTB),若 CTB ≥ 20 mm 则为冠状面上躯干失代偿^[8]。矢状面形态成角指标包括胸椎后凸 (thoracic kyphosis, TK, T5-T12) 及腰椎前凸 (lumbar lordosis, LL, L1-S1)。

LIV 相关测量指标(图 1)包括:(1)LIV 偏移:定义为 LIV 中点至骶骨中垂线的垂直距离;(2)LIV 旋转:根据 Nash-Moe^[9]法测量;(3)LIV 倾斜度:定义为 LIV 下终板和水平线之间的夹角;(4)LIV 尾侧椎间盘开角:定义为 LIV 下终板和 LIV 远端邻近椎体上终板之间的夹角。LIV 倾斜和尾侧椎间盘开角向术前侧凸的凸侧开角定义为“-”值,向凹侧开角定义为“+”值。

1.4 统计学分析

所有数据以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示,资料统计分析采用 SPSS 16.0 软件 (SPSS, 美国),采用方差分析对 Lenke 5C 型患者术前及术后即时、末次随访时的影像学指标进行两两比较,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组 30 例 Lenke 5C 患者中,下端融合椎 (lowest instrumented vertebra, LIV) 为 L3 者 20 例, L4 者 10 例;其中 LIV 与下端椎 (lower end vertebra, LEV) 为同一椎体 (LIV=LEV) 者 19 例, LIV 位于 LEV 近端一个椎体 (LIV=LEV-1) 者 7

例, LIV 位于 LEV 远端一个椎体($LIV=LEV+1$)者 4 例。本研究所有患者均采用选择性腰弯融合的标准^[6,10], 若术前左右 Bending 像 LEV 下方椎间盘无楔形变, 则 LEV 选择为 LIV 或 LIV-1, 若术前 Bending 像 LEV 下方椎间盘仍存在楔形变, 则 LEV 选择为 LIV 或 LIV+1。

所有患者平均随访 33 个月(24~50 个月)。手术前后有关影像学测量指标见表 1。除了腰椎前凸之外, 所有的影像学测量指标术前术后均存在显著差异($P<0.05$), 并且在末次随访时无明显变化($P>0.05$); 腰椎前凸术前术后无变化, 但在末次随访时显著增大($P<0.05$, 表 1)。

末次随访时, 所有患者均获得骨性融合, 无手术和内固定相关并发症发生。术前骶骨中垂线至 C7 铅垂线的垂直距离(C7PL-CSVL)平均为 $17.2\pm 11.2\text{mm}$, 术后即刻及末次随访时 C7PL-CSVL 距离分别为 $7.0\pm 7.5\text{mm}$ 及 $6.7\pm 6.8\text{mm}$ 。相关性检验发现以下 3 个指标与术后即刻冠状面平衡(coronal trunk balance, CTB)有显著相关性: (1) 术前 CTB($r=0.69, r^2=0.48, P<0.01$); (2) 术前 LIV 倾斜度($r=0.63, r^2=0.40, P<0.01$); (3) 术后即刻 LIV 倾斜度($r=0.60, r^2=0.36, P<0.01$)。其他指标与术后即刻 CTB 均无明显相关性($P>0.05$)。然而, 在末次随访时, 不管是术前还是术后的 LIV 相关影像学指标均与 CTB 无显著相关($P>0.05$)。

本研究结果显示术后即刻共有 3 例患者发生冠状面失代偿($CTB\geq 20\text{mm}$), 这 3 例患者术前均存在冠状面失代偿, 并且术前 LIV 倾斜均大于 25° ; 术后即刻, 这 3 例患者的 LIV 倾斜均大于 6° 。但末次随访时, 这 3 例患者均获得满意的冠状面平衡重建($CTB<10\text{mm}$)(图 2)。

3 讨论

冠状面平衡是最常用于评价脊柱侧凸冠状面矫形效果的指标之一^[10-13]。然而, 目前国内外文献中极少有学者专门报道 Lenke 5C 患者行后路选择性融合术后的冠状面平衡^[3]。最近, 李明等^[3]发现在 Lenke 5C 患者中术前及术后即刻 LIV 倾斜度对术后即刻的冠状面平衡有重要的预测作用。然而, 该研究对此类型 AIS 患者术后远期的冠状面平衡并未作深入地分析与研究。临床上, 我们发现在长期的随访过程中, 许多术后即刻出现冠状面失平衡的 Lenke5 型患者其冠状面失平衡状态可发生逐步地自发性代偿重建。因此, LIV 倾斜对 Lenke 5C 患者行后路选择性融合术后远期冠状面平衡是否有预测作用仍不明确。本文的研究目的在于进一步探讨 LIV 相关影像学指标对 Lenke5 型 AIS 患者术后冠状面平衡的远期影响。

本研究首次全面分析了 Lenke 5C 患者术后(包括即刻和远期随访)冠状面平衡与 LIV 之间

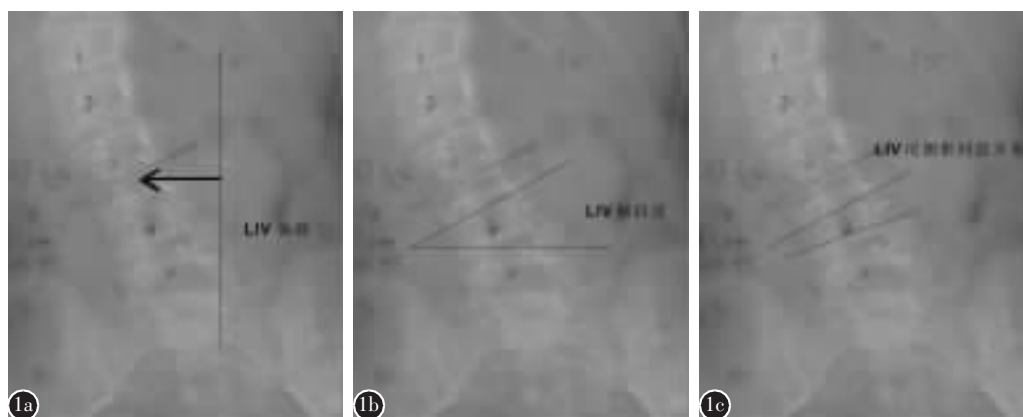


图 1 LIV 相关测量指标 a LIV 偏移: LIV 中点至骶骨中垂线的垂直距离 b LIV 倾斜度: LIV 下终板和水平线之间的夹角 c LIV 尾侧椎间盘开角: LIV 下终板和 LIV 远端邻近椎体上终板之间的夹角。LIV 倾斜和尾侧椎间盘开角向术前侧凸的凸侧开角定义为“-”值, 向凹侧开角定义为“+”值。

Figure 1 The radiographic parameters relevant to the LIV were measured as follows. **a** LIV translation: distance from the geometric center of the LIV to the CSVL. **b** LIV tilt: the inclination in degrees of the inferior endplate to the horizontal for the LIV. **c** LIV disc angle: the angle between the inferior endplate of the LIV relative to the superior endplate of the adjacent lower vertebra. The LIV tilt and disc angle were defined as "+" when opening to the preoperative concave side and as "-" when opening to the preoperative convex side.

表 1 术前、即刻术后及末次随访时影像学测量指标

Table 1 The preoperative, immediate postoperative and the last follow-up imaging measurement

n	术前 Preoperation	即刻术后 Immediate postoperation	末次随访 Final follow-up
胸腰弯/腰弯 Cobb 角(TL/L Cobb angle)(°)	49.8±5.1 ^①	11.2±3.9	14.6±3.8
胸弯 Cobb 角(Thoracic Cobb angle)(°)	25.6±7.1 ^①	10.2±8.1	13.1±8.1
冠状面平衡(Coronal balance)(mm)	17.2±11.2 ^①	7.0±7.5	6.7±6.8
LIV 偏移(LIV translation)(mm)	19.3±4.0 ^①	11.0±3.6	11.2±3.8
LIV 倾斜(LIV tilt)(°)	22.4±3.3 ^①	2.3±2.5	2.7±2.8
LIV 尾侧椎间盘开角(LIV disc angle)(°)	3.3±3.5 ^①	-5.9±2.5	-5.3±2.8
胸椎后凸(Thoracic kyphosis)	12.3±7.4 ^①	20.5±7.5	23.5±6.9
腰椎前凸(Lumbar lordosis)	-48.9±6.5	-48.0±6.7	-54.8±7.0 ^②

注：①与术后及末次随访相比 $P<0.05$ ；②与术前及术后相比 $P<0.05$

①Compared with postoperation and final follow-up, $P<0.05$; ②Compared with preoperation and postoperation, $P<0.05$

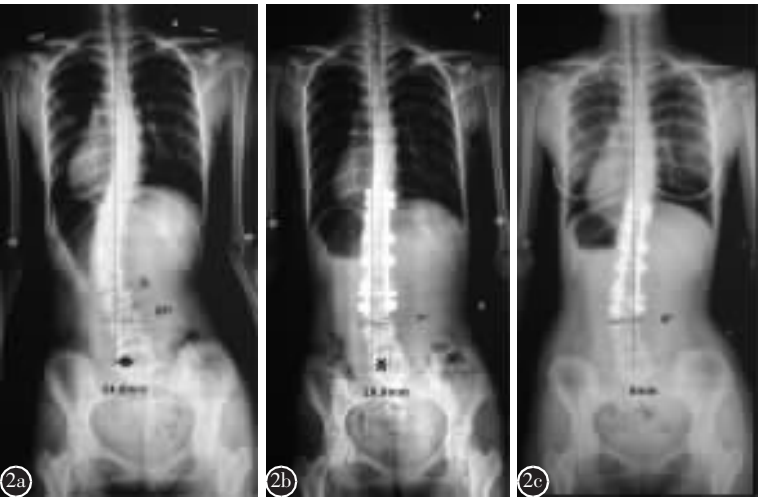


图 2 患者,女,16 岁,Lenke 5CN 型,下端融合椎为 L3(该患者有骶椎腰化) a 术前冠状面 Cobb 角 42°, 术前 LIV 倾斜度 25°, 术前冠状面平衡 24.6mm b 术后即刻冠状面 Cobb 角 9°, 术后即刻冠状面平衡 20.9mm,术后即刻 LIV 倾斜 7° c 随访 4 年 7 个月, 末次随访时冠状面 Cobb 角 12°,末次随访时冠状面平衡 0mm,末次随访时 LIV 倾斜 6°

Figure 2 a Preoperative radiographs of a 16-year-old girl with Lenke 5CN AIS showed a major TL/L curve of 42°. Preoperative C7PL-C7SVL distance was 24.6mm. Preoperative LIV(L3) tilt was 25°.

b Immediate postoperative radiographs of the same patient showed that postoperative C7PL-C7SVL distance was 20.9mm, with a postoperative LIV tilt of 7°. The TL/L curve was corrected to 9°. c As shown in the final radiographs(55 months after surgery), the final C7PL-C7SVL distance decreased to 0 mm, and the final LIV tilt was 6°. The TL/L curve mildly increased to 12°.

相关性。我们发现 Lenke 5C 患者术后即刻冠状面平衡与其术前冠状面平衡 ($r=0.69, r^2=0.48, P<0.01$) 及术前 LIV 倾斜($r=0.63, r^2=0.40, P<0.01$) 之间存在相关性;此外,术后即刻 LIV 倾斜度也与术后即刻冠状面平衡之间显著相关 ($r=0.60, r^2=0.36, P<0.01$)。这一结果提示术前 LIV 倾斜较严重的 Lenke 5C 患者行后路选择性融合术后即刻发生冠状面失平衡的可能性较高。此外,我们还进一步对 3 例发生术后即刻冠状面失平衡患者的影像学指标作了分析。结果发现这 3 例患者的术前 CTB 均大于 20mm, 且术前 LIV 倾斜度均大于 25°;此外,这 3 例患者的术后即刻 LIV 倾斜度均大于 6°。根据以上结果,我们认为对接受后路选

择性融合术的 Lenke 5C 患者而言, 如果其术前 LIV 倾斜大于 25°, 并且其术后即刻 LIV 倾斜不能矫正到 6°以下, 该患者即刻术后发生冠状面失平衡的可能性将大大增高。此部分研究结果与之前李明等 3 研究的结果较一致, 术前 LIV 倾斜的临界值同为 25°;然而, 即刻术后 LIV 倾斜的临界值本研究略微小于之前的研究, 本研究为 6°, 之前的研究为 8°³。两个研究结果之间的差异可能是由于对冠状面失平衡的定义不同而导致的。在之前的研究^[3]中, 冠状面失平衡定义为 C7PL-C7SVL 距离大于 15mm;而在本研究中, 冠状面失平衡定义为 C7PL-C7SVL 距离大于 20mm。

本研究首次探讨了 Lenke 5C 型 AIS 患者末

次随访时最终冠状面平衡的影像学指标,我们发现,无论是术前还是术后,没有任何 LIV 相关影像学指标与术后远期冠状面平衡之间存在显著相关性。这一结果提示 Lenke 5C 患者行后路选择性融合术后远期冠状面平衡并不一定依赖于其术前或术后的 LIV 倾斜程度,更为重要的是其在随访过程中随着胸弯的自发性矫形可获得一定程度的自发性纠正,从而获得冠状面平衡的重建。对上述 3 例发生术后即刻冠状面失平衡的 Lenke 5C 型 AIS 患者进一步研究后发现,该 3 例患者在末次随访时(24~30 个月)均获得较好的冠状面平衡重建(CTB<10mm),无一例发生冠状面失代偿。因此,我们认为 Lenke 5C 型 AIS 患者行后路选择性融合术后即刻的冠状面失平衡并不是末次随访时远期冠状面失平衡的危险因素,大部分此类型 AIS 患者在远期随访时可获得较好的冠状面平衡。

本研究的缺陷在于病例数较少,术后即刻发生冠状面失平衡的患者只有 3 例,因此并没有按照 LIV 位置进行分组分析。然而,本研究的优势在于是单中心研究,病例一致性高,并且首次全面分析了术后(包括即刻与远期)冠状面平衡与 LIV 相关指标之间的相关性。

综上所述,对行后路选择性融合术的 Lenke 5C 型 AIS 患者而言,术前冠状面平衡与否及术前 LIV 倾斜度大小对预测术后即刻冠状面平衡有重要的作用。发生术后即刻冠状面失平衡的风险因素包括:术前 C7PL-CSVL 距离大于 20mm;术前 LIV 倾斜大于 25°以及术后即刻 LIV 倾斜大于 6°。因此我们建议在确定 Lenke 5C 患者后路选择性融合 LIV 时应将其倾斜程度作为重要考虑因素之一。当拟选择的 LIV 倾斜大于 25°时,应考虑将其向下延伸一个节段,固定在倾斜不严重的椎体上。而在术后随访过程中,术后即刻冠状面失平衡可逐步获得自发性重建,术前及术后即刻 LIV 倾斜度对 Lenke 5C 患者末次随访时最终冠状面平衡的预测作用并不明显。

4 参考文献

1. Geck MJ, Rinella A, Hawthorne D, et al. Comparison of surgical treatment in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis: anterior dual rod versus posterior pedicle fixation surgery: a comparison of two practices [J]. Spine, 2009, 34(18): 1942-

1951.

2. Zhao Y, Wang Z, Zhu X, et al. Prediction of postoperative trunk imbalance after posterior spinal fusion with pedicle screw fixation for adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Pediatr Orthop B, 2011, 20(4): 199-208.
3. Li J, Hwang SW, Shi Z, et al. Analysis of radiographic parameters relevant to the lowest instrumented vertebrae and postoperative coronal balance in Lenke 5C patients [J]. Spine, 2011, 36(20): 1673-1678.
4. Lenke LG, Betz RR, Clements D, et al. Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: does classification correlate with treatment [J]? Spine, 2002, 27(6): 604-611.
5. Shufflebarger HL, Geck MJ, Clark CE. The posterior approach for lumbar and thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: posterior shortening and pedicle screws[J]. Spine, 2004, 29(3): 269-276; discussion 276.
6. Lenke LG, Edwards CC 2nd, Bridwell KH. The Lenke classification of adolescent idiopathic scoliosis: how it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine [J]. Spine, 2003, 28(20): S199-207.
7. Qiu G, Zhang J, Wang Y, et al. A new operative classification of idiopathic scoliosis: a peking union medical college method[J]. Spine, 2005, 30(12): 1419-1426.
8. Richards BS, Scaduto A, Vanderhave K, et al. Assessment of trunk balance in thoracic scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(14): 1621-1626.
9. Nash CL Jr, Moe JH. A study of vertebral rotation[J]. J Bone Joint Surg Am, 1969, 51(2): 223-229.
10. Satake K, Lenke LG, Kim YJ, et al. Analysis of the lowest instrumented vertebra following anterior spinal fusion of thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis: can we predict postoperative disc wedging[J]? Spine, 2005, 30(4): 418-426.
11. Puno RM, An KC, Puno RL, et al. Treatment recommendations for idiopathic scoliosis: an assessment of the Lenke classification[J]. Spine, 2003, 28(18): 2102-2114; discussion 14-15.
12. Suk SI, Lee SM, Chung ER, et al. Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2003, 28(5): 484-491.
13. Behensky H, Cole AA, Freeman BJ, et al. Fixed lumbar apical vertebral rotation predicts spinal decompensation in Lenke type 3C adolescent idiopathic scoliosis after selective posterior thoracic correction and fusion [J]. Eur Spine J, 2007, 16(10): 1570-1578.

(收稿日期:2013-01-14 修回日期:2013-07-02)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)