

临床论著

Lenke 5+型青少年特发性脊柱侧凸患者
后路选择性融合术后胸弯的转归

阿布都哈卡尔·克拉木, 李 劼, 胡宗杉, 许彦劼, 钱至恺, 朱泽章, 邱 勇, 刘 臻

(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 Lenke 5+型脊柱侧凸患者不同融合策略疗效及选择性融合术后胸弯自发矫正情况。**方法:**回顾性分析 2010 年 1 月~2018 年 12 月期间在我院接受手术治疗且随访 2 年以上 Lenke 5+型青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)患者资料,共 80 例,男 13 例,女 67 例。按照手术策略不同,将纳入患者分成非选择性融合(non-selective, NS)组($n=21$)和选择性融合(selective, S)组($n=59$);根据末次随访时胸弯进展是否 $>5^\circ$, S 组患者进一步分为进展(progressive group, P)组和非进展(non-progressive, NP)组。通过术前影像学参数对 S 组和 NS 组进行匹配,对匹配后 S 组和 NS 组, P 组和 NP 组术前、术后即刻及末次随访时临床疗效及影像学参数进行比较分析。包括胸弯柔韧度、胸腰弯/腰弯(thoracolumbar/lumbar curve, TL/L)、胸弯 Cobb 角(thoracic curve, T)、胸弯顶椎偏移(apical vertebrae translation of thoracic curve, AVT-T)、胸腰弯/腰弯顶椎偏移(apical vertebrae translation of thoracolumbar curve, AVT-TL)、双肩倾斜角(shoulder tilt, ST)、冠状面平衡(coronal balance, CB)、上端固定椎(uppermost instrumented vertebrae, UIV)或 UIV+1 倾斜角、T5~T12 胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)及腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)。术前和末次随访时脊柱侧凸研究协会问卷调查表(scoliosis research society-22, SRS-22)评分用于评估临床疗效。Spearman 相关性分析用于分析胸弯进展相关因素,二元逻辑回归用于探讨胸弯进展危险因素。**结果:**两组患者胸弯、胸腰/腰弯较术前均有明显改善, NS 组患者胸弯矫正较 S 组更明显($12.8^\circ\pm 5.6^\circ$ vs $20.6^\circ\pm 4.0^\circ$, $P<0.001$),而在随访过程中大部分患者胸弯、胸腰弯/腰弯均维持良好的矫正状态。末次随访时, S 组中 9 例患者胸弯进展 $>5^\circ$ (P 组);另 50 例患者胸弯进展 $\leq 5^\circ$ (NP 组)。P 组患者较 NP 组患者年龄小(14.0 ± 0.6 岁 vs 15.4 ± 1.1 岁, $P=0.004$), Risser 征低(2.3 ± 1.3 vs 3.9 ± 0.7 , $P<0.001$), UIV+1 倾斜角更大($22.7^\circ\pm 4.5^\circ$ vs $19.7^\circ\pm 3.5^\circ$, $P<0.05$)。逻辑回归分析显示 Risser 征 ≤ 2 ($P=0.003$)、术后 UIV+1 倾斜角($P=0.042$)及 UIV-上端椎(upper end vertebrae, UEV) <0 ($P=0.028$)是术后胸弯进展的主要危险因素。P 组和 NP 组患者 SRS-22 自我形象维度评分均提高,但两组间无明显统计学差异($P>0.05$)。**结论:**Lenke 5+型患者后路选择性融合后胸弯可获得满意的自发性矫正,且术后至少两年随访期间胸弯未发生进展。但对于年龄偏小、Risser 征低的 Lenke 5+型患者,选择性融合策略的应用应谨慎考虑。

【关键词】 Lenke 5 型;青少年特发性脊柱侧凸;自发性矫正;选择性融合;非选择性融合

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.01.02

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2022)-01-0010-10

Prognosis of thoracic curve in Lenke 5+ type adolescent idiopathic scoliosis after posterior selective fusion/Abdukahar Kiram, LI Jie, HU Zongshan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(1): 10-19

【Abstract】 Objectives: To compare the clinical and radiological outcomes after selective and non-selective fusion in Lenke 5+ AIS and to investigate the prognosis of thoracic curve in Lenke 5+ adolescent idiopathic scoliosis(AIS) patients after posterior selective fusion(PSF). **Methods:** Lenke 5+ AIS patients who received correction surgery in our hospital from January 2010 to December 2018 with a minimum of 2 years follow up were retrospectively reviewed. There were 80 cases, including 13 males and 67 females. According to the surgical strategy, patients were classified into non-selective fusion(NS) group($n=21$) and the selective fusion(S)

基金项目:南京市十三五青年人才第三人次(QRX17126);国家自然科学基金(82072518)

第一作者简介:男(1995-),博士,研究方向:脊柱侧凸

电话:(025)83106666 E-mail:1306318476@qq.com

通讯作者:刘臻 E-mail:drliuzhen@163.com

group ($n=59$). Then, the patients in S group were subdivided into two groups of progressive (P) group with thoracic curve progression $>5^\circ$ and non-progressive (NP) group with progression $\leq 5^\circ$ at the final follow-up. Comparison analysis was made in terms of radiological and clinical outcomes between well-matched patients in S group and NS group and between patients of P group and NP group. SRS-22(scoliosis research society-22) was used to evaluate clinical outcomes. Imaging parameters included chest bend flexibility, thoracolumbar/lumbar curve(TL/L), thoracic curve(T), apical vertebrae translation of thoracic curve(AVT-T), apical vertebrae translation of thoracolumbar curve(AVT-TL), shoulder tilt(ST), coronal balance(CB), uppermost instrumented vertebrae(UIV) or UIV+1 tilt angle, thoracic kyphosis(TK), lumbar lordosis(LL). Spearman correlation analysis was used to analyze the related factors of thoracic curvature progression, and binary Logistic regression was used to explore the risk factors of thoracic curvature progression. **Results:** Both groups demonstrated significant corrections in thoracolumbar curve and in thoracic curve comparing with the conditions before operation($P<0.05$). Comparing with S group, NS group demonstrated greater correction rate in thoracic curve ($12.8^\circ\pm 5.6^\circ$ vs $20.6^\circ\pm 4.0^\circ$, $P<0.001$), and the thoracic curve and thoracolumbar curve of most patients were found stable during follow-up. 9 patients(P group, 15.2%) in the S group demonstrated progression more than 5° in thoracic curve while 50 patients(NP group, 84.8%) maintained a well-corrected thoracic curvature at the final follow-up. Comparing with NP group, patients in P group were younger(14.0 ± 0.6 vs 15.4 ± 1.1 , $P=0.004$), with a lower Risser sign(2.3 ± 1.3 vs 3.9 ± 0.7 , $P<0.001$) and greater postoperative UIV+1 tilt(22.7 ± 4.5 vs 19.7 ± 3.5 , $P<0.05$). Logistic regression analysis showed Risser sign ≤ 2 ($P=0.003$) and UIV+1 tilt($P=0.042$) and UIV-UEV(upper end vertebrae) <0 ($P=0.028$) were independent risk factors of thoracic curve progression. Self-image scores were improved after selective surgery in both P group and NP group, but there was no significant difference ($P>0.05$). **Conclusions:** Satisfying correction could be achieved regardless of selective or non-selective strategy in Lenke 5+ type AIS. Spontaneous correction of thoracic curve could be achieved after selective surgery in Lenke 5+ type AIS and remained stable during minimum of 2 years' follow up. However, selective fusion should be carefully considered for patients with younger age and lower Risser sign.

[Key words] Lenke 5; Adolescent idiopathic scoliosis; Spontaneous correction; Selective fusion; Non-selective correction

[Author's address] Department of Spine Surgery, Nanjing Drum Tower Hospital, the Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

前路或后路选择性融合术被认为是 Lenke 5 型青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 患者标准的术式^[1]。既往文献报道选择性融合术 Lenke 5 型 AIS 患者胸弯可获得良好的自发性矫正。胸弯自发性矫正程度依赖于 AIS 患者胸弯柔韧性^[2]。最近 Kwan 等^[2]研究 Lenke 5 型和 Lenke 6 型患者胸弯柔韧性, 将术前卧位 Bending 位上 Cobb 角 $>15^\circ$ 的胸弯定义为“僵硬”型胸弯, 并将此亚型患者称之为 Lenke 5+型 AIS。研究发现, Lenke 5+型 AIS 胸弯与 Lenke 6 型 AIS 患者胸弯代偿能力相似, 因此该学者建议 Lenke 5+型 AIS 应行非选择性融合固定。然而, 此手术方案与 Lenke 5 型 AIS 患者经典的选择性融合治疗理念存在巨大差异。尽管非选择性融合可实现胸弯更好的矫正, 但融合节段的延长带来显而易见的缺点在于活动节段减少、手术时间延长、出血量增加和患者经济负担加重^[3]。因此了解

Lenke 5+型患者不同手术策略疗效及“僵硬”胸弯选择性融合术后是否能维持良好的矫正情况至关重要。

在选择性融合术中, 上端椎 (upper end vertebrae, UEV) 通常被选择为 Lenke 5 型 AIS 患者的上端固定椎 (uppermost instrumented vertebrae, UIV), 且被证实具有良好的临床疗效^[4]。然而, UIV 的选择尚未达成共识。Okada 等^[5]报道短节段固定, 即上端椎远端一个椎体 (upper end vertebrae-1, UEV-1) 作为 Lenke 5 型患者的 UIV, 可获得满意的疗效。Lenke 5+型 AIS 胸弯代偿能力有限, 选择性融合术中 UIV 选择仍存在较大争议。本研究目的在于: ①比较 Lenke 5+型 AIS 患者不同融合策略的临床疗效; ②探讨选择性融合术后 2 年随访期间胸弯自发性矫正情况及发生胸弯进展的危险因素。

1 资料与方法

1.1 研究对象入选条件

纳入标准:①Lenke 5+型 AIS 患者,即 bending 位 X 线片上胸弯 Cobb 角 $\geq 15^\circ$ 且 $\leq 25^\circ$;②后路融合手术;③至少 2 年随访;④手术时年龄 ≤ 18 岁。

排除标准:①脊柱骨折、脊柱肿瘤、脊柱感染等脊柱疾病;②先天性脊柱侧凸、神经肌源性脊柱侧凸等其他病因引起的脊柱侧凸;③术前、术后即刻及末次随访时影像学及临床资料不完整。

1.2 一般情况

获得本院伦理委员会批准后,我们回顾性收集了 2010 年 1 月~2018 年 12 月在我院接受后路融合术的 Lenke 5+型 AIS 患者相关资料。所有患者根据 Lenke 原则^[6],并结合本中心经验确定最终手术方案,对伴有显著的胸椎顶椎偏移、胸椎剃刀背畸形及冠状位失平衡的患者采用非选择性融合,而对胸椎偏移小、柔韧性强、剃刀背畸形不严重患者采取选择性融合。最终 80 例 Lenke 5+型 AIS 患者符合纳入标准,根据手术策略分为选择性融合组(S 组)和非选择性融合组(NS 组),其中 S 组 59 例,男 11 例,女 49 例,年龄 13~18 岁,平均 16.0 ± 1.4 岁;NS 组 21 例,男 2 例,女 19 例,年龄 11~18 岁,平均 14.5 ± 1.3 岁。所有患者随访时间均大于 2 年。根据两组胸弯 Cobb 角相差 $<2^\circ$ 且腰弯 Cobb 角相差 $<2^\circ$,进行 1:2 匹配分析。最终 NS 组 11 例患者与 S 组 22 例(男 4 例,女 18 例,年龄 14~18 岁,平均 15.2 ± 1.2 岁)满足匹配条件。

S 组患者根据术后胸弯进展情况,即末次随访时胸弯 Cobb 角较术后即刻相比是否 $>5^\circ$,进一步分为进展组(P 组)和非进展组(NP 组)。末次随访时共有 9 例患者发生进展,男 2 例,女 7 例,年龄 14~16 岁,平均 14.0 ± 0.6 岁;50 例患者维持良好的矫正,男 11 例,女 40 岁,年龄 14~18 岁,平均 15.4 ± 1.1 岁。

1.3 手术技术

全身麻醉、仰卧位后常规后正中切口入路。采用椎弓根螺钉-棒系统行后路融合。徒手置入椎弓根螺钉。为了松解和矫正旋转畸形,在胸腰弯顶椎水平 2~3 个邻近节段行 Smith-Peterson 截骨(Smith-Peterson osteotomy,SPO)。将 5.5m 钛合金棒折弯成适合于腰弯生理曲度的弯度。在透视下确定矫正效果后,使用自体骨及同种异体骨植骨

融合。置管引流,逐层关闭切口。手术过程均在体感诱发电位(somatosensory evoked potential,SEP)及运动诱发电位(motor evoked potential,MEP)的监测下进行。常规行术中唤醒试验。术中采用了 Expedium 内固定系统(DePuy spine,USA)。

1.4 影像学评估

所有入选患者术前、术后 2 周及末次随访时拍摄站立位脊柱正侧位片及术前卧位 Bending 片进行测量分析。用 Surgimap (2.3.2.1,Nemaris,美国)测量以下参数。(1)冠状面参数:①胸腰弯/腰弯(thoracolumbar/lumbar curve,TL/L),胸腰弯/腰弯上端椎上终板和下端椎下终板之间的夹角;②胸弯 Cobb 角(thoracic curve,T),胸腰弯/腰弯上端椎上终板和下端椎下终板之间的夹角;③胸弯顶椎偏移(apical vertebrae translation of thoracic curve,AVT-T),胸弯顶椎中点至 C7 铅垂线的垂直距离(mm);④胸腰弯/腰弯顶椎偏移(apical vertebrae translation of thoracolumbar curve,AVT-TL),胸腰弯/腰弯顶椎中点至骶骨中垂线的垂直距离(mm);⑤双肩倾斜角(shoulder tilt,ST),双肩肩峰连线与水平线构成的夹角,左肩高为正;⑥冠状面平衡(coronal balance,CB),是指 C7 铅垂线和骶骨中垂线间距(mm)。冠状面失平衡是指 $C7PL-CSVL>20mm$;⑦UIV 或 UIV+1 倾斜角(UIV tilt or UIV+1 tilt),固定椎体上终板和水平线形成夹角;⑧术前卧位 bending 片用于评估胸弯柔韧性。用以下公式获取术前胸弯、胸腰弯/腰弯柔韧度, y =术前站立位 bending 位 X 线片上角度 k /术前站立位 X 线片上角度 k ,其中 y 为胸弯、胸腰弯/腰弯柔韧度, k 为与之对应的 Cobb 角。(2)矢状面参数:①T5~T12 胸椎后凸角(thoracic kyphosis,TK),T5 上终板与 T12 上终板之间的夹角,后凸时记为正值;②腰椎前凸角(lumbar lordosis,LL),L1 上终板与 S1 上终板之间的夹角,前凸时记为正值;(3)胸弯进展(thoracic curve progression):是指末次随访胸弯 Cobb 角较术后 2 周时 $>5^\circ$ 。

以上参数均由一名不知分组情况的脊柱外科医生测量了两次,两次测量间隔 1 周以上。

1.5 临床评估

1.5.1 围术期及术后并发症评估 记录围术期及术后随访期间并发症发生情况,包括断棒、断钉、

近端交界性后凸 (proximal junctional kyphosis, PJK)、远端交界性后凸 (distal junctional kyphosis, DJK)、冠状面失衡、矢状面失衡、肩平衡丢失、感染等;记录患者在随访期间因置入物相关并发症接受翻修手术情况。

1.5.2 生活质量评估 所有患者术前和末次随访时均完成脊柱侧凸研究协会问卷调查表评分 (Scoliosis Research Society-22, SRS-22) 评价患者生活质量。SRS-22 量表内容涵盖外观、心理、活动、疼痛、满意度五个方面共 22 个问题,每个问题得分为 1~5 分,1 分为最差,5 分为最好。分值高低直接反映健康状况,得分高说明健康状况好。由于治疗满意度为患者对诊疗过程的综合评价,故该维度项目仅在末次随访时填写。

1.6 统计分析

统计学分析均基于 SPSS 26.0 (SPSS 公司,美国)统计学分析包。连续变量以平均值 $\pm$ 标准差表示。 χ^2 检验用于比较离散变量。应用 Mann-Whitney U 检验比较 S 组和 NS 组及 P 组和 NP 组患者影像学资料和临床资料。组内比较是通过配对 t 检验进行。Spearman 相关性分析用于分析胸弯进展相关因素,二元逻辑回归用于探讨胸弯进展危险因素。 $P<0.05$ 被认为是具有显著统计学差异。

2 结果

2.1 患者基本资料间比较

NS 组患者较 S 组相比年龄更小 ($P=0.004$),且具有较低的腰弯柔韧度 ($P=0.004$)。两组术前胸弯 Cobb 角、TL 弯度,胸弯柔韧度无明显差异 ($P>0.05$,表 1)。

为了减少不同患者本身可能造成的误差,NS 组和 S 组患者进行匹配分析。NS 组和 S 组在年龄、性别、胸弯、胸腰弯/腰弯及柔韧性方面均匹配良好 ($P>0.05$,表 2)。

P 组患者较 NP 组相比手术时年龄小 ($P=0.004$),Risser 征较低 ($P<0.001$),融合阶段更短 ($P=0.002$,表 3)。P 组和 NP 组患者术前及术后即刻胸弯、胸腰弯/腰弯矫正无统计学差异 ($P>0.05$),提示两组患者主弯术后矫正效果相似 (表 4)。

2.2 矫正疗效比较

NS 组患者胸弯从术前 $36.2^\circ\pm4.7^\circ$ 矫正至

$12.8^\circ\pm5.6^\circ$ ($P<0.001$),并在末次随访时维持良好的矫正 ($12.8^\circ\pm5.6^\circ$ vs $13.3^\circ\pm7.3^\circ$, $P>0.05$)。S 组胸弯由 $35.6^\circ\pm3.1^\circ$ 矫正至 $20.6^\circ\pm4.0^\circ$ ($P<0.001$),在末次随访时胸弯亦可维持较好的矫正 ($20.6^\circ\pm4.0^\circ$ vs $22.6^\circ\pm5.4^\circ$, $P>0.05$)。两组术后均获得良好的矫正,NS 组胸弯矫正效果更显著 ($P<0.001$,表 4)。

NS 组和 S 组胸腰弯/腰弯均可获得满意矫正。NS 组胸腰弯/腰弯从术前 $50.1^\circ\pm5.4^\circ$ 矫正至 $12.5^\circ\pm4.8^\circ$ ($P<0.001$)。末次随访时维持良好的矫正 ($12.5^\circ\pm4.8^\circ$ vs $12.5^\circ\pm4.6^\circ$, $P>0.05$)。S 组胸弯由 $35.6^\circ\pm3.1^\circ$ 矫正至 $48.2^\circ\pm5.6^\circ$ ($P<0.001$)。末次随访时,腰弯/胸腰弯维持获得良好的矫正 ($20.6^\circ\pm4.0^\circ$ vs $22.6^\circ\pm5.4^\circ$, $P>0.05$)。两组胸腰弯/腰弯矫正疗效无明显差异 ($P>0.05$)。两组患者 ST、CB、TK、LL 在术前、术后即刻、末次随访时无明显差异 ($P>0.05$,表 4)。

S 组中有 9 例患者 (15.3%) 发生胸弯进展。P 组患者胸弯、胸腰弯/腰弯分别从 $35.0^\circ\pm5.3^\circ$ 和

表 1 NS 组和 S 组患者基本信息及术前胸弯和胸腰弯 Cobb 角和腰弯柔韧度比较

Table 1 Basic demographic data of NS and S group and comparison of preoperative Cobb angle of thoracic and thoracolumbar, curve and its flexibility between the two groups

	NS组 (n=21) NS group	S组 (n=59) S group
年龄 (岁) Age	14.5 $\pm$ 1.3 ^①	16.0 $\pm$ 1.4
性别 (男/女) Sex (M/F)	2/19	11/48
随访时间 (m) Follow-up	42.2 $\pm$ 8.2	39.9 $\pm$ 9.4
融合节段 (个) Fusion level	11.3 $\pm$ 0.8	5.4 $\pm$ 0.6
Risser 征 Risser sign	3.5 $\pm$ 1.1	3.4 $\pm$ 1.2
术前胸弯 Cobb 角 ($^\circ$) Preoperative thoracic Cobb angle	35.2 $\pm$ 3.6	39.1 $\pm$ 5.6
术前胸弯柔韧度 (%) Flexibility of thoracic curve	50.9 $\pm$ 10.8	46.8 $\pm$ 6.6
胸腰弯 Cobb 角 ($^\circ$) Thoracolumbar Cobb angle	51.6 $\pm$ 6.1	49.1 $\pm$ 6.9
胸腰弯柔韧度 (%) Flexibility of thoracolumbar curve	59.6 $\pm$ 4.1 ^①	69.3 $\pm$ 11.2
TL/L:T (%)	150.1 $\pm$ 17.0	148.9 $\pm$ 14.3

注: NS, 非选择性融合组; S 组, 选择性融合组; TL/L, T 是胸腰弯/腰弯与胸弯对比; ①与 S 组比较 $P<0.05$

Note: NS group, nonselective group; S group, selective curve; TL/L:T, thoracolumbar/lumbar curve Cobb angle and thoracic curve Cobb angle ratio; ①Compared with group S, $P<0.05$

35.0°±2.7°矫正至 22.6°±3.2°和 20.2°±4.7°。两组术后即刻胸弯、胸腰弯/腰弯矫正效果无明显差别。在末次随访时 P 组患者胸弯从 22.6°±3.2°进展至 31.8°±2.7°($P<0.05$),而 NP 组(84.7%)保持良好的矫正(20.2°±4.7° vs 21.4°±4.5°, $P>0.05$)。两组胸腰弯/腰弯术后可获得良好的矫正,且在末次随访时维持良好的矫正(均 $P>0.05$)。两组患者 ST、CB、TK、LL 在术前、术后即刻、末次随访时无明显差异(均 $P>0.05$)(表 4)。

P 组和 NP 组患者 UIV 选择节段明显不同($P<0.001$)。P 组患者术 UIV+1 倾斜角较 NP 组大(22.7°±4.5° vs 19.7°±3.5°, $P=0.023$)。术后即刻 P 组残留较大的倾斜角(13.7°±3.1° vs 9.9°±3.0°, $P=0.001$)。末次随访时 P 组 UIV+1 倾斜角较 NP 组残留角仍较大(18.2°±3.9° vs 10.8°±3.0°, $P<0.001$),且较术后即刻明显变大(13.7°±3.1° vs 18.2°±3.9°, $P<0.05$,表 5)。

相关性分析提示年龄($R=-0.312$, $P=0.016$)及术前 UIV+1 倾斜角($R=0.294$, $P=0.023$)、术后 UIV+1 倾斜角($R=0.419$, $P=0.001$)与胸弯进展相

表 2 NS 组和 S 组配对患者术前一般资料及影像学参数

Table 2 Comparison of basic demographic data and radiological parameters of NS and S group

	NS组(n=11) NS group	S组(n=22) S group
年龄(岁) Age	14.7±1.7	15.2±1.2
性别(男/女) Sex(M/F)	2/9	4/18
随访时间(m) Follow-up	40.3±8.9	39.7±9.6
融合节段(个) Fusion level	11.1±0.6	5.3±0.5
Risser征 Risser sign	3.5±1.1	3.6±1.1
术前胸弯 Cobb 角(°) Preoperative thoracic Cobb angle	36.2±4.7	35.6±3.1
术前胸弯柔韧度(%) Flexibility of thoracic curve	48.6±12.5	48.7±5.4
胸腰弯 Cobb 角(°) Thoracolumbar Cobb angle	50.1±5.4	48.2±5.6
胸腰弯柔韧度(%) Flexibility of thoracolumbar curve	60.4±10.4	62.3±11.2
TL/L:T(%)	134.9±21.4	141.6±13.9

注: NS, 非选择性融合组; S 组, 选择性融合组; TL/L, T 是胸腰弯/腰弯与胸弯对比

Note: NS group, nonselective group; S group, selective curve; TL/L:T, thoracolumbar/lumbar curve Cobb angle and thoracic curve Cobb angle ratio

关。Risser≤2($OR=98.336$, $P=0.003$)、术后 UIV+1 倾斜角($OR=1.430$, $P=0.042$)及 UIV-UEV<0($OR=15.195$, $P=0.028$)为术后胸弯进展危险因素(表 6、7)。

2.3 临床疗效比较

在随访过程中, 3 例 P 组患者和 1 例 NP 组患者发生了冠状面失平衡。NP 组中 1 例患者发生 LIV 节段无症状螺钉错位, 未予翻修。P 组未见特殊并发症。两组患者均无矢状面失衡及翻修病例。

SRS-22 评分各个维度评分比较显示, NS 组和 S 组患者术后自我形象明显维度评分明显提高(3.5±0.7 vs 4.2±0.6, $P<0.05$ 和 3.6±0.8 vs 4.3±0.6, $P<0.05$),其余维度评分无明显差异,且此两组间自我形象维度分数无明显差异($P>0.05$)。P 组和 NP 组自我形象也有明显提升(3.6±0.5 vs 4.0±0.4, $P<0.05$ 和 3.5±0.6 vs 4.1±0.5, $P<0.05$),两组其余维度评分无明显差异($P>0.05$,表 8)。

表 3 P 组和 NP 组患者基本信息及术前胸弯和胸腰弯 Cobb 角和腰弯柔韧度

Table 3 Basic demographic data of P and NP groups and comparison of preoperative Cobb angle of thoracic and thoracolumbar, curve and its flexibility between the two groups

	P组(n=9) P group	NP(n=50) NP group
年龄(岁) Age	14.0±0.6	15.4±1.1 ^①
性别(男/女) Sex(M/F)	2/7	11/39
随访时间(m) Follow-up	39.0±7.2	39.6±10.1
侧弯节段(个) Curve segments	5.8±0.6	5.6±0.6
融合节段(个) Fusion level	5.2±0.4	5.7±0.6 ^①
Risser 征 Risser sign	2.3±1.3	3.9±0.7 ^①
术前胸弯 Cobb 角(°) Preoperative thoracic Cobb angle	35.0±5.3	35.0±2.7
术前胸弯柔韧度(%) Flexibility of thoracic curve	46.6±7.4	46.8±7.0
胸腰弯 Cobb 角(°) Thoracolumbar Cobb angle	52.3±5.9	52.0±5.9
胸腰弯柔韧度(%) Flexibility of thoracolumbar curve	53.4±4.1	53.6±4.8
TL/L:T(%)	150.1±17.0	148.9±14.3

注: P 组, 进展组; NP 组, 非进展组; TL/L, T 是胸腰弯/腰弯与胸弯对比; ①与 P 组比较 $P<0.05$

Note: P group, progression group; NP group, non-progression group; TL/L:T, thoracolumbar/lumbar curve Cobb angle and thoracic curve Cobb angle ratio; ①Compared with P group, $P<0.05$

表 4 P 组和 NP 及 NS 组和 S 组患者术后影像学参数比较

Table 4 Comparison of radiological parameters between P group and NP group, NS group and S group

	P组(n=9) P group	NP(n=50) NP group	NS组(n=11) NS group	S组(n=22) S group	P1	P2
胸弯(T 弯)Thoracic curve(°)						
术前 Preoperative	35.0±5.3	35.0±2.7	36.2±4.7	35.6±3.1	0.981	0.629
术后 2 周 2 weeks postoperative	22.6±3.2 ^①	20.2±4.7 ^①	12.8±5.6 ^①	20.6±4.0 ^①	0.235	<0.001
末次随访 Final follow up	31.8±2.7 ^①	21.4±4.5 ^①	13.3±7.3 ^①	22.6±5.4 ^①	<0.01	<0.001
胸腰弯角(TL 弯)Thoracolumbar curve(°)						
术前 Preoperative	55.6±5.6	54.5±5.7	50.1±5.4	48.2±5.6	0.543	0.319
术后 2 周 2 weeks postoperative	15.4±4.8 ^①	15.2±4.2 ^①	12.5±4.8 ^①	14.6±4.3 ^①	0.890	0.275
末次随访 Final follow up	17.0±4.6 ^①	16.8±4.3 ^①	12.5±4.6	16.7±4.3	0.908	0.147
双肩倾斜角 Shoulder tilt(°)						
术前 Preoperative	1.9±1.6	1.5±0.8	1.4±1.0	1.5±0.8	0.463	0.573
术后 2 周 2 weeks postoperative	1.4±1.6	1.9±1.2	2.3±1.3	2.0±1.1	0.230	0.230
末次随访 Final follow up	1.4±1.0	1.2±0.7 ^①	1.6±1.1	1.4±1.5	0.710	0.532
冠状面平衡 Coronal imbalance(mm)						
术前 Preoperative	26.5±10.6	19.3±11.7	19.7±12.7	17.4±11.99	0.739	0.527
术后 2 周 2 weeks postoperative	7.1±6.5 ^①	9.7±6.5 ^①	16.7±12.7	10.8±7.4	0.348	0.140
末次随访 Final follow up	18.1±13.7 ^①	6.6±5.1 ^①	7.4±3.7 ^①	9.8±5.1	0.009	0.170
胸椎后凸角						
术前 Preoperative	18.8±5.8	19.8±6.8	20.9±6.7	20.7±7.6	0.739	0.893
术后 2 周 2 weeks postoperative	22.1±5.7	22.4±5.8 ^①	25.5±5.7	23.8±5.4 ^①	0.923	0.169
末次随访 Final follow up	23.0±5.7 ^①	23.5±5.8 ^①	26.1±5.4	23.5±5.8 ^①	0.821	0.298
腰椎前凸角						
术前 Preoperative	47.8±12.7	47.1±6.2	47.8±12.7	47.7±6.2	0.829	0.108
术后 2 周 2 weeks postoperative	50.3±7.4 ^①	47.3±7.5	50.3±7.4 ^①	48.6±7.5	0.410	0.270
末次随访 Final follow up	52.8±11.2 ^①	49.4±6.8 ^①	52.8±11.2	50.7±5.9 ^①	0.301	0.251

注:P1 表示 P 组和 NP 组间统计检验水准;P2 表示 S 组和 NS 组间统计检验水准;①与术前比较 $P<0.05$

Note: P1 represents statistical significance level between P group and NP group; P2 represents statistical significance level between S group and NS group; ①Compared with preoperative, $P<0.05$

3 讨论

前路或后路选择性融合被认为是 Lenke 5 型 AIS 患者标准的手术方式^[6]。选择性融合胸腰椎/腰椎融合后,胸弯会自发性矫正并维持良好的矫正状态。然而,选择性融合后胸弯发生进展也并不多见。此前有学者曾报道行选择性融合后约 13.9%~48.9% 患者胸弯发生进展^[7,8]。理论上,Lenke 5 型 AIS 患者胸弯自发性矫正基于胸弯代偿能力。最近 Kwan 等^[2]通过卧位 Bending 位研究 Lenke 5 型和 Lenke 6 型 AIS 患者胸弯柔韧性,并根据卧位胸弯凸侧 Bending 位上胸弯 Cobb 角是否 $>15^\circ$,对 Lenke 5 型 AIS 进行亚分型。他们将僵硬胸弯(胸弯凸侧 Bending 位 Cobb 角 $>15^\circ$)的亚型定义为 Lenke 5+型 AIS。他们发现 Lenke 5+型 AIS 患者胸弯代偿能力与 Lenke 6 型相当,均表现为较低的胸弯代偿能力,因此建议对

表 5 P 组和 NP 组患者上端固定椎(UIV)选择节段、UIV 及 UIV+1 倾斜角

Table 5 UIV segment, UIV tilt and UIV+1 tilt of P group and NP group

	P组(n=9) P group	NP组(n=50) NP group
UIV 选择节段 UIV selection		
UEV	4	49
UEV-1	5	1
UIV 倾斜角(°)UIV tilt		
术前 Preoperative	21.6±3.5	23.2±3.2
术后 2 周 2 weeks postoperative	10.1±5.3 ^①	9.1±2.7 ^①
末次随访 Final follow up	12.8±5.9 ^①	9.9±3.0 ^①
UIV+1 倾斜角 UIV+1 tilt		
术前 Preoperative	22.7±4.5	19.7±3.5
术后 2 周 2 weeks postoperative	13.7±3.1 ^①	9.9±3.0 ^①
末次随访 Final follow up	18.2±3.9 ^①	10.8±3.0 ^①

注:①与术前比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with preoperative, $P<0.05$

Lenke 5+型 AIS 行非选择性融合术。此手术理念与经典的选择性融合或短节段固定胸腰椎/腰椎的手术策略是不同的。Newton 等^[9]报道有 27% 的 Lenke 5 型患者接受非选择性融合。虽然非选择性融合可获得更好的矫正效果,但是同时会牺牲活动节段、延长手术时间、加重患者负担。因此了解 Lenke 5+型 AIS 不同手术策略及采用经典的

表 6 Lenke 5+型 AIS 术后胸弯进展相关性分析

Table 6 Correlation analysis of thoracic curve progression of Lenke 5+ subtype AIS patients

	胸弯进展 Thoracic curve progression	
	r	P
年龄 Age	-0.312	0.016
胸弯 Thoracic curve		
术前 Preoperative	-0.066	0.615
术前 bending 像 Preoperative bending films	-0.057	0.666
术后即刻 Postoperative	0.031	0.814
腰弯 Thoracolumbar/lumbar curve		
术前 Preoperative	-0.023	0.862
术前 bending 像 Preoperative bending films	0.077	0.558
后即刻 Postoperative	-0.041	0.758
AVT-T		
术前 Preoperative	0.042	0.750
术后即刻 Postoperative	-0.061	0.646
AVT-TL		
术前 Preoperative	0.072	0.585
术后即刻 Postoperative	-0.024	-0.856
UIV 倾斜角 UIV tilt		
术前 Preoperative	-0.182	0.165
术后即刻 Postoperative	0.068	0.607
UIV+1 倾斜角 UIV+1 tilt		
术前 Preoperative	0.294	0.023
术后即刻 Postoperative	0.419	0.001
UIV 椎间盘开角 UIV intervertebral angle		
术前 Preoperative	-0.134	0.307
术后即刻 Postoperative	0.218	0.094

表 7 Lenke 5+型 AIS 术后胸弯进展危险因素分析

Table 7 Risk factors of thoracic curve progression of Lenke 5+ subtype AIS

	OR	P 值 P value	95% 可信区间 95% confidence
Risser ≤ 2	98.336	0.003	(4.692, 2060.962)
UIV-UEV < 0	15.195	0.028	(1.228, 172.602)
术后 UIV+1 倾斜角 Post-operative UIV+1 tilt	1.430	0.042	(1.014, 2.018)
常数 Constant	0.001	0.003	—

选择性融合术后胸弯自发性矫正能力至关重要。

本研究中我们匹配并比较分析了 Lenke 5+型 AIS 非选择性融合 (NS 组) 和选择性融合 (S 组) 手术的矫正疗效。我们发现 NS 组患者可获得更好的胸弯矫正,并在 2 年随访期间胸矫正维持良好。S 组患者矫正效果相对 NS 组较弱,S 组患者胸弯、胸腰弯/腰弯在术后具有较大的残留,但是与 NS 相比胸腰弯/腰弯矫正效果无明显差异,且大部分患者胸弯在随访过程中可获得满意的自发性矫正。NS 组患者术后即刻冠状面失衡常见,但是在随访过程中大部分患者逐渐恢复良好的冠状面平衡。两组患者生活质量也无明显差异,这提示选择性融合可作为 Lenke 5+型 AIS 患者手术方式之一。

本研究的另一目的在于探究后路选择性融合胸腰弯/腰弯后 Lenke 5+型 AIS 患者胸弯的变化状况。本研究中,NP 组中胸弯矫正率为 42.3%,这个比例在末次随访中维持在 39.4%。P 组患者胸弯自发性矫正率为 38.9%。尽管本研究中自发性矫正率较低,但是末次随访中仍有 9 例患者 (15.3%) 发生胸弯进展。在本研究中,末次随访时发生胸弯进展发生率较 Kwan 等报道比例稍高。王飞等^[10]研究中指出 45 例 Lenke 5 型患者选择性融合后有 22 例患者发生胸弯进展。他们的研究中胸弯进展发生率较本研究高,这可能是由于不同研究中对胸弯进展评估标准存在差异。本研究中,我们将末次随访时胸弯 Cobb 角比术后即刻时 >5° 视为胸弯进展。本研究中胸弯进展标准也可能会减弱 Cobb 角测量时存在的观察者间误差的作用。Sundes 等^[7]报道 45 例 Lenke 5 型患者前路选择性融合后,2 年随访时 6 例患者胸弯进展超过 40°,且其中 3 例患者接受翻修手术。本研究中无胸弯进展超过 40° 或翻修病例。张彦兵等^[11]研究发现高柔韧性和术后即刻矫正良好的胸弯在选择性融合术后可能会继续进展。这也提示僵硬胸弯在选择性融合术后可能更容易维持良好的矫正状态。本研究中,84.7% 的 Lenke 5+型 AIS 在后路选择性融合术后维持良好的矫正状态。这些均提示,Lenke 5+型 AIS 后路选择性融合后,胸弯可自发性矫正并维持满意的矫正状态。

选择性融合被大部分学者视为 Lenke 5 型 AIS 患者标准术式,但其 UIV 节段选择存在争议。上端椎 (upper end vertebrae, UEV) 作为 UIV 已被

表 8 P 组和 NP 及 NS 组和 S 组患者 SRS-22 不同模块得分情况
Table 8 Dimensions of SRS-22 scores of P group and NP group, NS group and S group

	P组 P group	NP NP group	S组 S group	NS组 NS group	P1	P2
自我形象 Self-image						
术前 Preoperative	3.6±0.5	3.5±0.6	3.5±0.7	3.6±0.8	0.944	0.936
末次随访 Final follow up	4.0±0.4	4.1±0.5	4.2±0.6	4.3±0.6	0.274	0.237
疼痛 Pain						
术前 Preoperative	4.1±0.4	4.0±0.4	4.1±0.3	3.9±0.8	0.335	0.149
末次随访 Final follow up	4.0±0.6	4.2±0.6	4.0±0.1	4.0±0.2	0.241	0.231
功能 Features						
术前 Preoperative	3.9±0.4	4.0±0.5	4.0±0.2	4.0±0.2	0.529	0.443
末次随访 Final follow up	4.1±0.4	4.1±0.5	4.1±0.3	4.0±0.5	0.873	0.459
精神健康 Mental state						
术前 Preoperative	4.0±0.6	4.0±0.5	4.0±0.2	4.1±0.4	0.971	0.276
末次随访 Final follow up	4.1±0.5	4.1±0.6	4.1±0.6	4.1±0.3	0.708	0.264
满意度 Satisfactory	4.5±0.6	4.6±0.5	4.2±0.6	4.3±0.5	0.396	0.132

注:P1 表示 P 组和 NP 组间统计检验水准;P2 表示 S 组和 NS 组间统计检验水准

Note: P1 represents the statistical significance level between P group and NP group; P2 represents the statistical test level between the S group and NS group

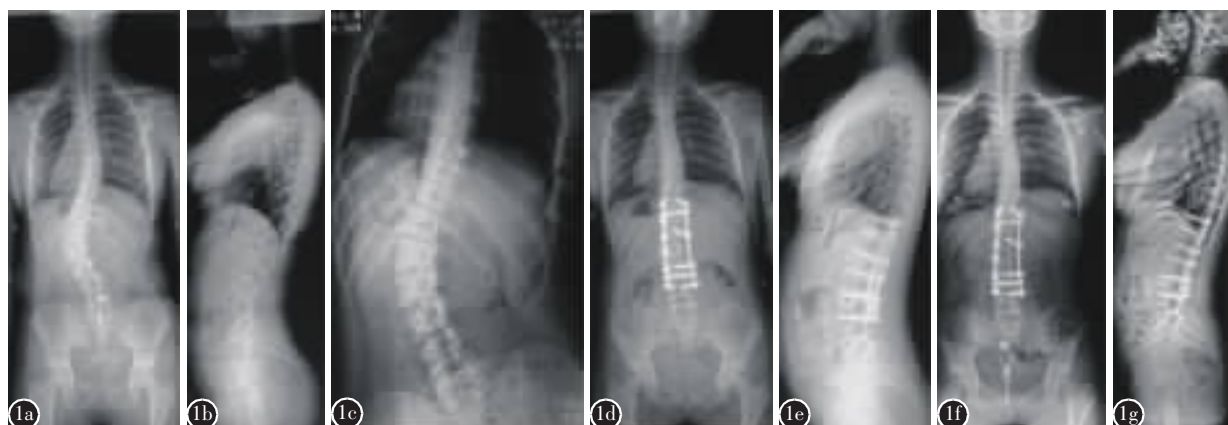


图 1 NP 组中 17 岁 Lenke 5+型女性 AIS 患者 a、b 术前全脊柱正侧位片,术前胸弯为 40°,Risser 征为 4,上端椎为 T11 c 术前卧位 bending 片,胸弯为 18° d、e 术后即刻全脊柱正侧位片,矫正术后胸弯 Cobb 角降为 20° f、g 术后 3 年随访时全脊柱正侧位片,胸弯 Cobb 角为 20°,维持良好的矫正状态

Figure 1 A 17-year-old female patient with Lenke5+ AIS a, b Preoperative anteroposterior and lateral X-ray plains, demonstrating preoperative thoracic curve Cobb angle of 40°, Risser sign of 4 and UIV at T11 c Preoperative supine bending film showed thoracic curve Cobb angle was 18° d, e Postoperative anteroposterior and lateral X-ray plains, Cobb angle of thoracic curve decreased to 20° f, g Anteroposterior and lateral X-ray plains at 3 years follow-up, thoracic curve maintained excellent correction with a Cobb angle of 20°

证实可获得良好的临床疗效。Okada 等^[5]则报道短节段固定,即上端椎远端一个椎体 (upper end vertebrae-1,UEV-1) 作为 UIV 可获得满意的疗效。Sudoku 等报道 UEV 和 UEV-1 作为 UIV 均可获得相同的躯干平衡和矢状面平衡。Ogura 等^[12]发现 5 年随访中短节段固定 (UEV-1 作为 UIV)可

获得良好的疗效。这提示短节段固定可作 Lenke 5 型 AIS 选择性融合术的替代术式。由于 Lenke 5+型 AIS 胸弯代偿能力差,因此 Kwan 等建议将第一个代偿椎作为 UIV,但此手术策略中包括了胸腰椎/腰椎和胸椎。我们发现当 UEV-1 为 UIV 时,Lenke 5+型 AIS 患者术后胸弯发生进展,而且



图 2 P 组中 14 岁 Lenke 5+ 型女性 AIS 患者 a、b 术前全脊柱正侧位片, 术前胸弯 Cobb 角为 30°, Risser 征为 2, 上端椎 UEV 为 T9 c 术前卧位 bending 片, 胸弯 Cobb 角为 22° d、e 术后即刻全脊柱正侧位 X 线片, 胸弯 Cobb 角为 26°, 上端固定椎 UIV 为 UEV-1, 即 T10 f、g 术后 4 年随访时全脊柱正侧位 X 线片, 胸弯 Cobb 角为 34°

Figure 2 A 14-year-old female patient with Lenke5+ AIS from P group a, b Preoperative anteroposterior and lateral X-ray plains, demonstrating preoperative thoracic curve Cobb angle of 30°, Risser sign of 2 and UIV at T9 c Preoperative supine bending film showed thoracic curve Cobb angle was 22° d, e Postoperative anteroposterior and lateral X-ray plains, Cobb angle of thoracic curve decreased to 26°, UEV-1 (T10 for this patient) selected as UIV f, g Anteroposterior and lateral X-ray plains at 4 years follow-up, thoracic curve progressed into 34°

逻辑回归分析提示 UIV-UEV 为发生胸弯进展的危险因素。此外, UEV-1 作为 UIV 时, 通常残留较大的 UIV+1 倾斜角。此前报道较大的 UIV+1 时 Lenke 5 型 AIS 选择性融合术后胸弯继续进展的危险因素。本研究中我们也发现术后 UIV+1 倾斜角为 Lenke 5+ 型 AIS 术后胸弯进展的危险因素。因此我们认为对于 Lenke 5+ 型患者将 UEV 作为 UIV 是更好的选择。

UIV 水平化是 Lenke 5 型 AIS 胸弯自发性矫正的重要理论基础。Kwan 等同样基于此理论研究 Lenke 5 型 AIS 胸弯代偿能力, 提出了 Lenke 5+ 亚型^[2]。但是临床实践中很难实现 UIV 水平化。在本研究中发现术后仍有残留较大的 UIV 倾斜角, 但是 P 组和 NP 组间无显著统计学差异。Sodo 等^[4]研究 UEV 组和 UEV-1 组患者 UIV 倾斜角发现两组 UIV 倾斜角均能恢复到相似大小。这与我们研究结果是一致的。总的来说, 我们认为在 Lenke 5+ 型 AIS 患者型选择性融合时 UEV-1 应被纳入固定阶段。刘臻等^[13]报道 UIV 倾斜角与 Lenke 5C 型 AIS 术后冠状面失衡呈显著负相关。在本研究中 92.3% 的患者在术后保持良好的冠状面平衡。这或许也进一步提示将 UEV 作为 Lenke 5+ 型 AIS 的 UIV 可获得良好的冠状面矫正和躯干平衡。

SRS-22 是评价术后疗效的重要工具^[14]。然而, 多数探究 Lenke 5 型患者胸弯进展的研究并未纳入 SRS-22 量表评估。Ogura 等^[12]报道前路选择性融合后 SRS-22 五个维度评分明显提升。在本研究中, 我们发现不管何种手术方式, 患者自我形象维度分数有明显增高。此外, 尽管 P 组患者胸弯具有进展, 然而 SRS-22 分数显示此进展对患者生活质量无明显影响。

本研究也存在以下不足。首先, 本研究是回顾性研究且样本量相对少。其次, 2 年随访或许不足以评估远期的胸弯进展, 因此今后的研究应评估 Lenke 5+ 型 AIS 胸弯在远期随访中的变化。此外, 椎体旋转是侧凸进展的危险因素之一, 由于 CT 辐射量较高, 因此无法评估患者椎体去旋转效果, 这可能需要在未来研究中进一步探讨^[15,16]。综上所述, Lenke 5+ 型患者选择性融合与非选择性融合时均可达到良好的矫正疗效。Lenke 5+ 型患者后路选择性融合后“僵硬”胸弯可获得满意的自发性矫正, 其中 84.4% 患者术后至少两年随访中胸弯未发生进展。为了预防 Lenke 5+ 型 AIS 选择性融合后胸弯进展, UIV 应选择 UEV 而非 UEV-1。但对于年龄偏小、Risser 征低的 Lenke 5+ 型患者, 选择性融合策略的应用应谨慎考虑。

4 参考文献

1. Hwang CJ, Lee CS, Kim H, et al. Spontaneous correction of coronal imbalance after selective thoracolumbar-lumbar fusion in patients with Lenke-5C adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Spine J*, 2018, 18(10): 1822-1828.
2. Kwan MK, Chiu CK, Chan TS, et al. Flexibility assessment of the unfused thoracic segments above the "potential upper instrumented vertebrae" using the supine side bending radiographs in Lenke 5 and 6 curves for adolescent idiopathic scoliosis patients[J]. *Spine J*, 2018, 18(1): 53-62.
3. Lark RK, Yaszay B, Bastrom TP, et al. Adding thoracic fusion levels in Lenke 5 curves: risks and benefits [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(2): 195-200.
4. Sudo H, Kaneda K, Shono Y, et al. Selection of the upper vertebra to be instrumented in the treatment of thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis by anterior correction and fusion surgery using dual-rod instrumentation: a minimum 12-year follow-up study[J]. *Spine J*, 2016, 16(3): 281-287.
5. Okada E, Watanabe K, Pang L, et al. Posterior correction and fusion surgery using pedicle-screw constructs for Lenke type 5C adolescent idiopathic scoliosis a preliminary report [J]. *Spine*, 2015, 40(1): 25-30.
6. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83(8): 1169-1181.
7. Sanders AE, Baumann R, Brown H, et al. Selective anterior fusion of thoracolumbar/lumbar curves in adolescents: when can the associated thoracic curve be left unfused [J]. *Spine*, 2003, 28(7): 706-713.
8. Zhang Y, Lin G, Wang S, et al. Higher flexibility and better immediate spontaneous correction may not gain better results for nonstructural thoracic curve in Lenke 5c ais patients: risk factors for its correction loss[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2016, 41(22): 1731-1739.
9. Newton PO, Faro FD, Lenke LG, et al. Factors involved in the decision to perform a selective versus nonselective fusion of Lenke 1B and 1C (King-Moe II) curves in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2003, 28(20): S217-S223.
10. Wang F, Xu XM, Wei XZ, et al. Spontaneous thoracic curve correction after selective posterior fusion of thoracolumbar/lumbar curves in Lenke 5c adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Medicine*, 2015, 94(29).
11. Zhang YB, Lin GF, Zhang JG, et al. Radiographic evaluation of posterior selective thoracolumbar or lumbar fusion for moderate Lenke 5C curves[J]. *Arch Orthop Traum Su*, 2017, 137(1): 1-8.
12. Ogura Y, Okada E, Suzuki S, et al. Midterm surgical outcomes of a short fusion strategy for adolescent idiopathic scoliosis with Lenke 5C curve[J]. *Spine J*, 2020, 20(3): 361-368.
13. Liu Z, Guo J, Xu L, et al. Role of the upper and lowest instrumented vertebrae in predicting the postoperative coronal balance in Lenke 5C patients after selective posterior fusion [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(11): 2392-2398.
14. Qiu GX, Qiu Y, Hai Y, 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*, 2011, 36(8): E545-E550.
15. Sommariva E, Stadiotti I, Carbucicchio C, et al. Oxidized LDL-dependent pathway as new pathogenic trigger in arrhythmogenic cardiomyopathy[J]. *EMBO Mol Med*, 2021, 13(9): e14365.
16. Hu Z, Zhao Z, Cheng JC-Y, et al. Comparison of clinical and radiologic outcome of three-dimensional correction in Lenke 5c curve: uniplanar versus polyaxial pedicle screws[J]. *World Neurosurg*, 2018, 114: e729-e734.

(收稿日期:2021-09-27 修回日期:2021-12-14)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 彭向峰)