

临床论著

胸段先天性脊柱侧凸后路长节段矫形术后
远端附加现象的危险因素分析

蒋彬, 王冰, 吕国华, 徐洁涛, 李亚伟, 王孝宾, 李磊

(中南大学湘雅二医院脊柱外科 410011 长沙市)

【摘要】目的:研究胸段先天性脊柱侧凸(CS)患者行后路长节段矫形术后远端附加现象的发生率,分析其危险因素。**方法:**回顾性分析 2006 年 4 月~2016 年 4 月我院收治的 78 例胸段 CS 后路长节段椎弓根螺钉系统矫形手术治疗的患者,其中男 35 例,女 43 例;年龄 10~18 岁,平均 12.6 ± 3.0 岁。随访 24~96 个月,平均 42.4 ± 27.3 个月。收集术前 MRI 资料及术前、术后及末次随访时站立位脊柱全长正位 X 线片,收集患者性别、年龄、Risser 征、体重指数(BMI)、骨移植材料、融合节段,根据患者是否出现远端附加现象(末次随访时术后站立位脊柱全长正位 X 线片满足以下之一者:术后最下固定椎偏离骶骨中垂线 10mm 以上;最下固定椎以下第一个椎间隙成角增加 5° 以上;最下固定椎下第一个椎体偏离骶骨中垂线 5mm 以上),将患者分为远端附加现象组与非远端附加现象组。分别测量两组患者手术前后主弯 Cobb 角、主弯矫正幅度、头侧代偿弯 Cobb 角、尾侧代偿弯、冠状面平衡距离、冠状面平衡矫正距离、肩高度、顶椎偏距、远端固定椎位置、远端固定椎椎间隙成角、术后主弯/尾侧代偿弯比、椎间盘 Pfirrmann 分级等可能对远端附加现象发生有影响的因素。应用卡方检验、Fisher 精确检验、 t 检验、Mann-Whitney U 检验及多因素 Logistic 回归分析,分析远端附加现象的危险因素;应用 ROC 曲线分析发生远端附加现象相关危险因素的最佳截断点。**结果:**共 7 例发生冠状面远端附加现象,发生率为 8.97%。两组比较,术前冠状面平衡距离($-0.3\pm 1.6\text{mm}$ vs $2.3\pm 2.7\text{mm}$)、LIV 是否触及稳定椎(59/12 vs 0/7)、术后主弯 Cobb 角($19.0^\circ\pm 7.8^\circ$ vs $28.7^\circ\pm 9.5^\circ$)、术后头侧代偿弯 Cobb 角($5.9^\circ\pm 3.6^\circ$ vs $9.1^\circ\pm 7.4^\circ$)、冠状面平衡矫正距离($-0.9\pm 1.6\text{mm}$ vs $3.4\pm 1.7\text{mm}$)、术后 LIV 椎间隙成角($1.4^\circ\pm 1.7^\circ$ vs $3.5^\circ\pm 3.1^\circ$)有统计学差异($P<0.05$),而性别比(32/29 vs 3/4)、年龄(12.5 ± 2.8 岁 vs 13.2 ± 5.2 岁)、Risser 征比(18/53 vs 2/5)、体重指数($17.8\pm 3.8\text{kg/m}^2$ vs $18.5\pm 5.1\text{kg/m}^2$)、融合节段数(7.9 ± 3.4 个 vs 8.3 ± 3.0 个)、自体骨移植/人工骨移植(40/31 vs 4/3)、术前主弯 Cobb 角($47.4^\circ\pm 14.0^\circ$ vs $55.1^\circ\pm 12.0^\circ$)、术前头侧代偿弯 Cobb 角($16.5^\circ\pm 12.6^\circ$ vs $24.5^\circ\pm 13.7^\circ$)、术前尾侧代偿弯 Cobb 角($19.1^\circ\pm 12.3^\circ$ vs $26.1^\circ\pm 14.3^\circ$)、术前肩高度($0.4\pm 1.4\text{mm}$ vs $0.0\pm 1.4\text{mm}$)、术前顶椎偏距($1.7\pm 2.7\text{mm}$ vs $2.0\pm 2.7\text{mm}$)、术前 Pfirrmann 分级(64/7 vs 4/3)及术后尾侧代偿弯 Cobb 角($5.9^\circ\pm 5.0^\circ$ vs $8.4^\circ\pm 6.3^\circ$)、术后冠状面平衡距离($0.7\pm 0.9\text{mm}$ vs $-1.1\pm 1.2\text{mm}$)、术后肩高度($0.2\pm 2.3\text{mm}$ vs $0.7\pm 0.9\text{mm}$)、术后顶椎偏距($1.0\pm 1.2\text{mm}$ vs $2.2\pm 1.8\text{mm}$)、术后主弯/尾侧代偿弯比($5.8^\circ\pm 6.7^\circ$ vs $6.8^\circ\pm 12.2^\circ$)、主弯矫正幅度($28.4^\circ\pm 17.0^\circ$ vs $34.5^\circ\pm 15.1^\circ$)无统计学差异($P>0.05$);多因素 Logistic 回归分析显示,远端附加现象的独立危险因素是术后远端固定椎椎间隙成角过度(LIV disc angle)(OR=1.72, $P=0.003$),远端固定椎未触及稳定椎(OR=2.31, $P=0.007$),术后冠状面平衡矫正距离过度(pre-post CBD)(OR=1.21, $P=0.014$)。ROC 曲线显示,术后 LIV 椎间隙成角最佳截断点为 8.05° (敏感性 71.4%,特异性 81.7%,ROC 曲线下面积为 0.821, 95%CI: 0.669~0.972, $P=0.005$),冠状面平衡矫正距离最佳截断点为 3.45cm(敏感性 85.7%,特异性 88.7%,ROC 曲线下面积为 0.915, 95%CI: 0.808~0.999, $P<0.001$)。**结论:**LIV 未触及稳定椎、术后 LIV 椎间隙成角过大和术后冠状面平衡矫正距离过度是胸段先天性脊柱侧凸行后路长节段矫形术后远端附加现象的独立危险因素。

【关键词】先天性脊柱侧凸;远端冠状面失代偿;远端附加现象;长节段;独立危险因素

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.08.03

中图分类号: R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-08-0682-08

基金项目:国家自然科学基金青年项目(81601868)

第一作者简介:男(1982-),博士研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话: (0731)85295125 E-mail: jiangbinspine@csu.edu.cn

通讯作者:王冰 E-mail: bingwang20021972@aliyun.com

Risk factors of distal adding-on phenomenon after posterior correction of congenital thoracic deformity with long fusion/JIANG Bin, WANG Bing, LÜ Guohua, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2018, 28(8): 682-689

【Abstract】 Objectives: To investigate the incidence and risk factors of postoperative distal adding-on phenomenon after posterior correction of congenital thoracic deformity with long fusion. **Methods:** 78 patients were analyzed who underwent posterior pedicle screw correction with longfusion for congenital thoracic deformity from April 2006 to April 2016 in our hospital. There were 35 males and 43 females with a mean age of 12.6 ± 2.9 years. The average follow-up was 42.4 ± 27.3 months. All patients were categorized into adding-on group and non-adding-on group according to definition of postoperative adding-on phenomenon. Factors which might cause adding-on phenomenon occurrence were collected: age, gender, Risser sign, body mass index, bone graft, segments, pre- and post-main thoracic Cobb, cranial curve, caudal curve, coronal balance distance, pre-post coronal balance distance, radiographic shoulder height (RSH), apical vertebra translation (AVT). Chi-square test, Fisher exact test, t-test, Mann Whitney U test and multi-factor logistic regression analysis were used to investigate the correlation of possible risk factors and adding-on phenomenon; ROC curve analysis was used to determine the cut-off score between factors and adding-on. **Results:** Among the 78 patients, 7 cases (8.97%) presented with distal adding-on phenomenon. There were significant differences of pre-operative coronal balance distance ($-0.3 \pm 1.6\text{mm}$ vs $2.3 \pm 2.7\text{mm}$), LIV location (59/12 vs 0/7), post-operative main thoracic Cobb ($19.0^\circ \pm 7.8^\circ$ vs $28.7^\circ \pm 9.5^\circ$), post-operative Cobb angle of caudal curve ($5.9^\circ \pm 3.6^\circ$ vs $9.1^\circ \pm 7.4^\circ$), pre-post coronal balance distance ($-0.9 \pm 1.6\text{mm}$ vs $3.4 \pm 1.7\text{mm}$), LIV disc angle ($1.4^\circ \pm 1.7^\circ$ vs $3.5^\circ \pm 3.1^\circ$) between the two groups in univariable test ($P < 0.05$). There were no significant differences between two groups in gender (32/29 vs 3/4), age (12.5 ± 2.8 years vs 13.2 ± 5.2 years), Risser sign (18/53 vs 2/5), BMI ($17.8 \pm 3.8\text{kg/m}^2$ vs $18.5 \pm 5.1\text{kg/m}^2$), segments (7.9 ± 3.4 vs 8.3 ± 3.0), bone graft (40/31 vs 4/3), pre-operative main thoracic Cobb ($47.4^\circ \pm 14.0^\circ$ vs $55.1^\circ \pm 12.0^\circ$), pre-operative cranial curve Cobb ($16.5^\circ \pm 12.6^\circ$ vs $24.5^\circ \pm 13.7^\circ$), pre-operative caudal curve Cobb ($19.1^\circ \pm 12.3^\circ$ vs $26.1^\circ \pm 14.3^\circ$), pre-operative RSH ($0.4^\circ \pm 1.4^\circ$ vs $0.0^\circ \pm 1.4^\circ$), pre-operative AVT ($1.7^\circ \pm 2.7^\circ$ vs $2.0^\circ \pm 2.7^\circ$), Pfirmann classification (64/7 vs 4/3), post-operative Cobb angle of caudal curve ($5.9^\circ \pm 5.0^\circ$ vs $8.4^\circ \pm 6.3^\circ$), post-operative coronal balance distance ($0.7 \pm 0.9\text{mm}$ vs $-1.1 \pm 1.2\text{mm}$), post-operative RSH ($0.2^\circ \pm 2.3^\circ$ vs $0.7^\circ \pm 0.9^\circ$), post-operative AVT ($1.0^\circ \pm 1.2^\circ$ vs $2.2^\circ \pm 1.8^\circ$), post-operative ratio of major curve/caudal curve ($5.8^\circ \pm 6.7^\circ$ vs $6.8^\circ \pm 12.2^\circ$) and major curve correction ($28.4^\circ \pm 17.0^\circ$ vs $34.5^\circ \pm 15.1^\circ$, $P > 0.05$). In multivariate logistic regression analysis between each two groups, postoperative LIV disc angle (OR=1.72, $P=0.003$), LIV cephalad to the SV (OR=2.31, $P=0.007$), pre-post CBD (OR=1.21, $P=0.014$) were identified as independent factors positively correlated with distal Adding-on phenomenon. The ROC curve revealed that the optimal cut-off point of LIV disc angle was 8.05° , the area under the ROC curve was 0.821, and the optimal cut-off point of pre-post CBD was 3.45cm, the area under the ROC curve was 0.915. **Conclusions:** Larger LIV disc angle, larger pre-post CBD, LIV cephalad to the SV are independent factors for postoperative adding-on in patients with congenital thoracic scoliosis undergoing posterior correction with long fusion.

【Key words】 Congenital Scoliosis; Distal coronal decompensation; Adding-on phenomenon; Long segment; Risk factors

【Author's address】 Department of spine Surgery, the Second Xiangya Hospital of Central South University, Changsha, 410011, China

先天性脊柱侧凸 (congenital scoliosis, CS) 是常见的脊柱畸形, Robert 等^[1]的研究表明, 75% 的 CS 呈进行性发展, 严重者可导致胸廓旋转畸形、躯干倾斜、躯干缩短以及由于胸廓容积下降引起活动耐力下降、气促、心悸等功能障碍。目前多数学者认为, 早期手术干预可以延缓甚至阻止畸形的持续进展, 恢复脊柱平衡, 有效预防畸形进展导

致的多器官功能障碍。脊柱内固定系统进入椎弓根螺钉时代以来, 脊柱侧凸的矫形效果得到明显改善, 但矫形术后会出现冠状面失代偿表现, 如冠状面失衡、肩部失衡、曲轴现象和远端代偿弯加重等^[2-6]。其中远端附加现象尤为引人关注^[7,8]。远端附加现象指的是脊柱侧凸融合术后, 主弯向下延长, 最下固定椎 (lower instrumented vertebra,

LIV) 下方有更多椎体进入主弯, LIV 以下第一个椎体偏离骶骨中垂线(center sacral vertical line, CSVL)10mm 以上, 第一个椎间隙成角增加 5° 以上或 LIV 下第一个椎体偏离 CSVL 5mm 以上的现象。其发生机制尚不明确, 主要理论有肩平衡代偿学说和骨骼发育学说。也有学者认为, 与短节段固定融合术后远端椎体参与代偿冠状面平衡、远端椎体下方椎间盘受力不均有关^[9-15]。本研究通过回顾性分析行后路长节段矫形固定的胸段 CS 患者的临床资料, 探讨术后远端附加现象的发生率并分析其危险因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2006 年 4 月~2016 年 4 月在我院行后路长节段椎弓根螺钉内固定矫形术的胸段 CS 患者的临床资料。纳入标准:(1) 年龄 10~18 岁;(2) 胸段长结构弯或多发半椎体/蝴蝶椎;(3) 后路椎弓根螺钉内固定;(4) 融合节段数 ≥ 5 个;(5) 具备完整的临床资料及术前、术后及 2 年以上随访的站立位脊柱全长正位 X 线、术前 MRI 影像学资料。排除标准:(1) 既往有脊柱手术史;(2) 内固定失败;(3) 其他手术相关并发症。共有 78 例患者纳入本研究, 男 35 例, 女 43 例; 年龄 10~18 岁, 平均 12.6 ± 3.0 岁。均采用后路椎弓根螺钉系统固定矫形, 平均随访 42.4 ± 27.3 个月。

1.2 诊断标准

远端附加现象定义参照文献^[8,16], 末次随访时术后站立位脊柱全长正位 X 线片满足以下之一者即为远端附加现象:(1) 术后 LIV 偏离 CSVL 10mm 以上;(2) LIV 以下第一个椎间隙成角增加 5° 以上;(3) LIV 以下第一个椎体偏离 CSVL 5mm 以上。将患者分为术后远端附加现象组与非远端附加现象组, 比较两组的临床资料和影像学特点。

1.3 测量参数与方法

(1) 冠状面参数。侧凸 Cobb 角: 胸椎侧凸曲线上端椎上缘与下端椎下缘所成的角。C7 铅垂线(C7 plumb line, C7PL): C7 椎体中点垂直向下的直线。CSVL: S1 上缘的中点垂直于水平地面方向向上的直线。冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD): 即 C7PL-CSVL 的水平间距, C7PL 位于 CSVL 右侧为正值, 左侧为负值, C7PL-CSVL $> 2\text{cm}$ 即为冠状面失衡。影像学肩高

度(radiographic shoulder height, RSH) 左右两侧肩锁关节垂线与肩部软组织影交点水平线的垂直距离。左肩高时定义为正值, 右肩高为负值。术后远端固定椎椎间隙成角(lower instrumented vertebra disc angle, LIV disc angle): 冠状面远端固定椎(LIV)下终板与其下位一个椎体(LIV+1)上终板所形成的 Cobb 角。顶椎偏距(apical vertebra translation, AVT): 胸弯顶椎(或椎间盘)的中点到 C7PL 的水平距离, 顶椎偏向 C7PL 的左侧为负值, 右侧为正值。锁骨角(clavicle angle, CA): 两侧锁骨最高点的连线与水平线之间的夹角。左肩高定义为正值, 右肩高定义为负值。骨盆倾斜角(pelvic obliquity, PO): 两侧髂嵴最高点的连线与水平线之间的夹角。

(2) 术前 LIV 节段椎间盘通过 MRI 的 T2 加权像进行 Pfirrmann 分级^[11]: I 级, 椎间盘结构均匀, 高亮白色, 高信号, 椎间盘高度正常; II 级, 椎间盘结构不均匀伴或不伴灰色水平带, 高亮白色, 高信号, 椎间盘高度正常, 髓核与纤维环边界清晰; III 级, 椎间盘结构不均匀, 呈灰色中等信号, 椎间盘高度正常或轻度降低, 髓核与纤维环边界不清; IV 级, 椎间盘结构不均匀, 灰/黑色, 呈中等或低信号, 椎间盘高度正常或中度降低, 髓核与纤维环边界消失; V 级, 椎间盘结构不均匀, 黑色, 呈低信号, 髓核与纤维环边界消失, 椎间隙塌陷。 $\leq$ II 级提示髓核无明显变性, $\geq$ III 级提示髓核明显变性。

1.4 统计学分析

数据分析采用统计学软件 SPSS 22.0。将两组的相关参数进行单因素变量分析, 其中二分类变量采用卡方检验, 如频数小于 5 则采用 Fisher 精确检验, 连续变量采用独立样本 t 检验; LIV 节段椎间盘 Pfirrmann 分级采用 Mann-Whitney U 检验。然后将有统计学意义($P < 0.05$)的变量进一步代入 Logistic 回归模型, 以分析引起术后冠状面远端附加现象的独立危险因素。应用 ROC 曲线筛选致远端附加现象的最佳截断点, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 远端附加现象的发生率

78 例患者术前平均胸弯 Cobb 角 $57.7^{\circ} \pm 13.3^{\circ}$, 术后平均 $19.2^{\circ} \pm 7.9^{\circ}$, 矫正率 66.8%。所有

患者中术后发生远端附加现象者 7 例 (图 1), 发生率为 8.97%。术后平均 LIV 椎间隙成角 $10.4^{\circ} \pm 7.2^{\circ}$ 。其中 CBD、RSH 均值偏小与测量值正负方向有关。所有患者围手术期无神经功能损害, 随访期间无内固定失败并发症。

2.2 远端附加现象危险因素分析

末次随访时远端附加现象组与非附加现象组的性别比、年龄、BMI、Risser 征、骨移植材料、融合节段数、均无统计学差异 ($P>0.05$, 表 1)。单变量分析结果两组间存在统计学差异的参数有: LIV 未触及稳定椎、术后主弯 Cobb 角、术后头侧代偿弯、术前 CBD、术后冠状面平衡矫正距离、术后 LIV 椎间隙成角 ($P<0.05$), 其余影像学参数无统计学差异 ($P>0.05$, 表 2)。将单因素分析有意义的变量分别带入 Logistic 回归模型, 术后远端附加现象的独立危险因素是术后 LIV 椎间隙成角 ($OR=1.72, P=0.003$)、术后冠状面平衡矫正距离 (pre-post CBD) ($OR=1.21, P=0.014$)、LIV 未触及

稳定椎 ($OR=2.31, P=0.007$) (表 3)。

2.3 ROC 曲线分析

LIV 椎间盘成角最佳截断点为 8.05° , 敏感性 71.4%, 特异性 81.7%, 约登指数为 53.1%, ROC 曲线下面积 (area under ROC curve, AUC) 为 0.821 (95%CI: 0.669~0.972, $P=0.005$); 冠状面平衡矫正距离最佳截断点为 3.45, 敏感性 85.7%, 特异性 88.7%, 敏感度+特异度-1 为 74.4%, AUC 为 0.915 (95%CI: 0.808~0.999, $P<0.001$, 图 2)。

3 讨论

远端附加现象是脊柱畸形矫正术后远端未融合节段发生的冠状面失代偿, 由 Suk 等^[17]首次报道, 并逐渐被脊柱外科医生所重视。本研究对象为胸段 CS 患者, 因未及时治疗形成长节段结构弯、存在多个不连续半椎体或椎体分节不全等原因行后路长节段矫形固定术。由半椎体所致畸形则行半椎体切除, 角状侧凸 $>70^{\circ}$ 或因分节不全所致僵



图 1 患者女, 10 岁, 胸段 CS a 术前站立后前位 X 线片显示胸弯 Cobb 角 71.3° , 头侧代偿弯 Cobb 角 24.2° , 尾侧代偿弯 Cobb 角 22.2° , 冠状面平衡距离 3.6cm, 顶椎偏距 4.4cm, 肩高度 1.36cm, 锁骨角 3.5° b 术后 3 个月站立后前位 X 线片, 胸弯 Cobb 角 24.2° , 头侧代偿弯 Cobb 角 1.4° , 尾侧代偿弯 Cobb 角 2.8° , 冠状面平衡距离 -1.96cm, 顶椎偏距 2.2cm, 肩高度 0.8cm, 锁骨角 0.7° , 最下固定椎椎间隙成角 1.3° c 术后 9 个月, 站立后前位 X 线片显示胸弯 Cobb 角 23.6° , 头侧代偿弯 0.9° , 尾侧代偿弯 28.4° , 冠状面平衡距离 0.9cm, 顶椎偏距 1.9cm, 肩高度 0.4cm, 锁骨角 0.3° , 最下固定椎椎间隙成角 14.3°

Figure 1 A 10-year-old female with congenital thoracic deformity a Pre-operative anteroposterior X-ray showed that the main thoracic curve was 71.3° , Cranial curve 24.2° , Caudal curve 22.2° , C7PL-CSVL(CBD) 3.6cm, AVT 4.4cm, RSH 1.36cm, CA 3.5° b At 3 months follow up after T2-T12 posterior correction surgery, X-ray showed that the main thoracic curve was 24.2° , Cranial curve 1.4° , Caudal curve 2.8° , C7PL-CSVL(CBD) -1.96cm, AVT 2.2cm, RSH 0.8cm, CA 0.7° , LIV disc angle 1.3° c At 9 months follow up X-ray showed that the main thoracic curve was 23.9° , Cranial curve 1.4° , Caudal curve 28.4° , C7PL-CSVL(CBD) 0.9cm, AVT 1.9cm, RSH 0.4cm, CA 0.3° , LIV disc angle 14.3°

硬型侧凸畸形困难者则行顶椎 PSO 截骨,僵硬型侧凸伴长节段结构弯者则行顶椎 PSO 截骨联合多节段 Ponte 截骨。本研究排除了因轻度畸形行原位融合术、骨骺阻滞术及长结构弯形成前行半椎体切除并短节段固定或行生长棒技术的患儿。通过一致的病例纳入标准及单一的矫形技术,评价胸段 CS 行后路长节段矫形术后发生远端附加现象的发生率及危险因素。本研究术后发生远端附加现象发生率为 8.97%,略低于既往特发性脊柱侧凸(idiopathic scoliosis,IS)的发生率。通过建立回归模型分析,发现术后 LIV 椎间隙成角过度、术后冠状面平衡距离矫正过度、LIV 未触及 SV 是胸段 CS 行后路长节段矫形术后远端附加现象的独立危险因素。

术后 LIV 椎间隙成角过度提示 LIV 椎间隙不稳定。ROC 曲线分析显示,LIV 椎间隙成角最佳截断点为 8.05°。既往文献对脊柱侧凸存在椎间盘楔形变已有报道^[18,19],且认为椎间盘楔形变是由椎体的左右侧生长不平衡所致^[20]。术前 LIV 节段椎间盘退变 Pfirrmann 分级结果初步证实脊柱侧

表 1 非远端附加现象组和远端附加现象组患者基本资料

Table 1 Characteristics in non-adding on and adding on patients			
	非远端附加现象组 Non-adding on	远端附加现象组 Adding on	P 值 P value
例数(百分比) Cases	71(91.03%)	7(8.97%)	
性别(男/女) Gender	32/39	3/4	1.000
年龄(岁) Age	12.5±2.8	13.2±5.2	0.565
Risser 征 Risser sign			0.381
≤ II	18	2	
≥ III	53	5	
体重指数(kg/m ²) Body mass index	17.8±3.8	18.5±5.1	0.653
平均随访时间(月) Follow-up	41.9±32.2	47.6±25.2	0.651
融合节段数 Segments	7.9±3.4	8.3±3.0	0.748
骨移植材料 Bone graft			1.000
自体骨移植 Autogenous bone graft	40	4	
人工骨移植 Artificial bone graft	31	3	

表 2 非远端附加现象组和远端附加现象组患者术前及术后影像学资料

Table 2 Preoperative and postoperative radiographic data in non-adding on and adding on patients			
	非远端附加现象组 Non-adding on	远端附加现象组 Adding on	P 值 P value
主弯 Cobb 角(°) Main thoracic Cobb			
术前 Preoperative	47.4±14.0	55.1±12.0	0.165
术后 Postoperative	19.0±7.8	28.7±9.5	0.034
末次随访 Final follow up	19.4±8.8	23.1±9.5	0.295
头侧代偿弯(°) Cranial curve			
术前 Preoperative	16.5±12.6	24.5±13.7	0.114
术后 Postoperative	5.9±3.6	9.1±7.4	0.049
末次随访 Final follow up	3.2±8.5	5.8±9.8	0.448
尾侧代偿弯(°) Caudal curve			
术前 Preoperative	19.1±12.3	26.1±14.3	0.157
术后 Postoperative	5.9±5.0	8.4±6.3	0.227
末次随访 Final follow up	5.5±5.8	10.3±9.4	0.052
冠状面平衡距离(mm) Coronal balance distance			
术前 Preoperative	-0.3±1.6	2.3±2.7	0.044
术后 Postoperative	0.7±0.9	-1.1±1.2	0.839
冠状面平衡矫正 Pre-post CBD	-0.9±1.6	3.4±1.7	0.007
末次随访 Final follow up	0.6±1.3	-0.1±0.7	0.074
肩高度(mm) Radiographic shoulder height			
术前 Preoperative	0.4±1.4	0.0±1.4	0.493
术后 Postoperative	0.2±2.3	0.7±0.9	0.585
末次随访 Final follow up	-0.1±2.2	0.4±1.0	0.556
顶椎偏距(mm) Apical vertebra translation			
术前 Preoperative	1.7±2.7	2.0±2.7	0.762
术后 Postoperative	1.0±1.2	2.2±1.8	0.146
末次随访 Final follow up	0.5±1.5	0.9±2.5	0.487
Pfirrmann 分级 Pfirrmann classification			
≤ II	64	4	
≥ III	7	3	
下端固定椎 LIV location			
LIV 高于 SV LIV cephalad to the SV	12	7	0.041
LIV 位于或低于 SV LIV at or caudal to the SV	59	0	
LIV 椎间隙 Cobb 成角(°) LIV disc angle			
术后 Postoperative	1.4±1.7	3.5±3.1	0.008
末次随访 Final follow up	1.5±2.1	6.5±1.1	<0.001
主弯矫正幅度 Major curve correction			
术前主胸弯/尾侧代偿弯 Major curve/caudal curve	28.4±17.0	34.5±15.1	0.339
术后主胸弯/尾侧代偿弯 Major curve/caudal curve	5.8±6.7	6.8±12.2	0.741

凸的椎间盘存在退变,且远端附加现象组 Pfirrmann 分级较非远端附加组有统计学差异,提示远端附加现象组 LIV 节段术前椎间盘退变程度更高是术后 LIV 远端交界区椎间隙不稳定的潜在因素之一。除此以外,术中对固定远端椎体后方棘突及韧带复合体的破坏进一步影响 LIV 远端交界区后方结构稳定性。

本研究还发现术中冠状面平衡矫正距离过大是远端附加现象的危险因素。ROC 曲线分析显示冠状面平衡矫正距离大于 3.45cm,发生远端附加现象的风险显著增加。冠状面平衡矫正距离过度致使 C7PL 从 CSVL 凸侧移向凹侧,由于 C7PL 存在向 CSVL 靠近的潜在趋势,而上胸椎及受胸廓限制代偿能力受限,在 LIV 椎间隙不稳定的情况下,应力下移最终导致固定远端交界区发生远端附加现象。因此笔者认为,远端附加现象可能是对术后冠状面正失衡矫正过度的一种代偿机制。

表 3 多因素分析预测术后冠状面失代偿因素

Table 3 Multivariate predictor analysis of the postoperative Adding-on phenomenon

	OR 值 OR	P 值 P value	95% 可信区间 95% CI
术后下端固定椎椎间隙成角 Post-op LIV disc angle	1.72	0.003	(1.21~2.45)
术后冠状面平衡矫正距离 Pre-post CBD	1.21	0.014	(1.17~2.67)
下端固定椎高于稳定椎 LIV location	2.31	0.007	(1.34~3.97)

值得注意的是,Zang 等^[21]对重度僵硬型侧凸进行随访研究时,发现主胸弯矫正过度是远端附加现象的危险因素,作者认为主胸弯矫正过度可致术后即刻冠状面失衡,而远端附加现象则是对矫形术后冠状面失衡的代偿。本研究显示术后冠状面平衡矫正距离存在统计学差异,但主弯矫正幅度及并无统计学差异,提示胸段 CS 矫形术后远端附加现象与冠状面平衡距离矫正过度有关,而非主胸弯矫正过度。其原因可能在于本组病例为 CS,畸形复杂、侧凸僵硬、角度锐利,通常采用平移矫形技术,对冠状面平衡矫形效果较 IS 采用 3D 矫形技术更明显^[22],因此 CS 患者矫形过程中,需更加注意避免冠状面平衡矫正过度。

远端固定椎的选择是另一个值得重视的问题。Matsumoto 等^[23]一项多中心研究发现,Lenke 1A 型 AIS 患者发生远端附加现象的独立危险因素是 LIV 未融合至最后触及椎(从骶骨向头端最后一个接触 CSVL 的椎体)。而 Qin^[24]、Yang^[25]、Xu 等^[26]研究后发现,行选择性胸弯融合或胸腰段融合的 AIS 患者,LIV 均选择最后实质性触及椎(last substantially touching vertebra,LSTV),发生远端附加现象的风险最低。本研究显示亚 UN 段附加象组共 7 例患者,LIV 均未触及 SV,其中 5 例 LIV 位于胸腰交界区,2 例 LIV 位于胸腰交界区以下。笔者认为,LIV 需满足以下条件:(1)椎体下终板及下方相邻椎间盘于冠状面呈水平位,以减少剪切应力;(2)远端未融合节段无明显椎间盘退变;(3)椎体无旋转;(4)后方韧带复合体尽量保

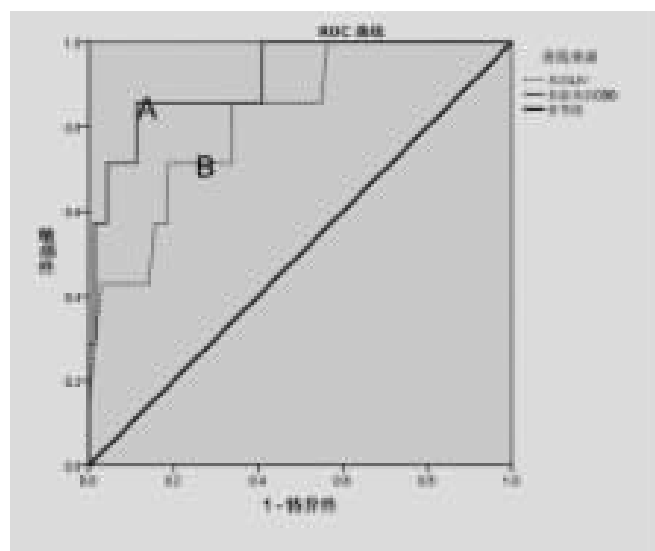


图 2 术后 LIV 椎间隙成角、术后冠状面平衡矫正距离与远端附加现象的 ROC。A:冠状面平衡矫正距离与远端附加现象的最佳截断点为 3.45,AUC 为 0.915,95% CI:0.808~0.999, $P<0.001$ 。B:LIV 椎间隙成角的最佳截断点为 8.05,AUC=0.821, $P=0.005$ 。冠状面平衡矫正距离超过 3.45cm 及 LIV 椎间隙成角超过 8.05°,术后远端附加现象发生的危险性越大

Figure 2 Receiver operating characteristic (ROC) curves of adding-on and postoperative LIV disc angle, adding-on and pre-post CBD. Line A: The optimal cut-off point of pre-post CBD was 3.45cm, the area under the ROC curve was 0.915, $P<0.001$; Line B: The ROC curve revealed that the optimal cut-off point of LIV disc angle was 8.05°, the area under the ROC curve was 0.821, $P=0.005$. Pre-post CBD greater than

3.45cm and LIV disc angle greater than 8.05° were risk factors for post-operative adding-on phenomenon

持完整;(5)避免选择稳定性较差、应力集中的胸腰交界区。对于胸弯型先天性侧凸并形成节段结构弯的患者,需同时兼顾保留生长潜力及实现良好的脊柱矫形与躯干平衡,减少融合节段虽然可以保留生长潜力和腰椎的活动性,但也因此增加了远端附加现象的风险,笔者建议下端固定椎选择骶椎、并跨过胸腰交界区能有效降低远端附加现象的风险。

既往有关远端附加现象的报道多见于 IS,因侧凸类型、手术方式等差异,发生率 8%~51%^[27,28]。远端附加现象逐渐加重可引起严重影像学及临床效果,因此学者们尝试通过分析危险因素来预测矫形术后远端附加现象的发生。既往的研究报道,术后肩部失衡^[6,9,29]、年龄小、Risser 征较低^[11~13]是 IS 术后远端附加现象的独立危险因素。本研究未得出与 IS 类似结论,考虑原因:(1)本组矫形术后肩部失衡发生率低;(2)本组病例排除了部分年龄小、骨骼成熟度低、尚未形成长结构弯的幼儿及儿童患者,影响年龄、Risser 征分布曲线;(3)CS 直接去除致畸因素可使畸形得到有效矫正。而 IS 矫形术并未去除形成侧凸的致畸因素,因此 IS 可能随年龄增长于固定远端逐渐形成新的侧凸^[11,17];(4)不排除本组病例样本量偏小等原因。

总之,胸段 CS 术后远端现象的其危险因素较为复杂。术后 LIV 椎间隙成角过度、术后冠状面平衡矫正距离过度、LIV 未触及稳定椎是胸段先天性脊柱侧凸行后路长节段矫形术后远端附加现象的独立危险因素,远端附加现象可能是术后冠状面平衡矫正过度的代偿机制。然而,回顾性研究的局限性及样本量降低了本研究结论的临床证据等级。先天性脊柱侧凸因畸形类型、病变节段不同,手术方案不同,术后发生远端附加现象的形成机制也各不相同,未来需要更多的大样本前瞻性研究探讨各类先天性脊柱侧凸矫形术后远端附加现象的原因,仔细评估危险因素并采取相应措施,以减少远端附加现象的发生。

4 参考文献

- Robert B, John H, Eilers, et al. Congenital scoliosis a study of 234 patients treated and untreated: Part I: Natural history [J]. J Bone Joint Surg, 1968, 50(1): 1-15.
- 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.
- Lee CS, Hwang CJ, Lim EJ, et al. A retrospective study to reveal factors associated with postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis with double thoracic curve[J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 25(6): 744-752.
- Yagi M, Takemitsu M, Machida M. Chest cage angle difference and rotation of main thoracic curve are independent risk factors of postoperative shoulder imbalance in surgically treated patients with adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2013, 38(19): E1209-1215.
- Yagi M, Takemitsu M, Machida M. Clavicle chest cage angle difference (CCAD): a novel predictor of postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2013, 38(12): 705-712.
- Cao K, Watanabe K, Hosogane N, et al. Association of postoperative shoulder balance with adding-on in Lenke Type II adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2014, 39 (12): E705-712.
- Wang Y, Hansen ES, Høy K, et al. Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: risk factor identification and treatment strategy comparison [J]. Spine, 2011, 36 (14): 1113-1122.
- Wang Y, Bünger CE, Zhang Y, et al. Distal adding-on in Lenke 1A scoliosis: how to more effectively determine the onset of distal adding-on[J]. Spine, 2013, 38(6): 490-495.
- Matsumoto M, Watanabe K, Kawakami N, et al. Postoperative shoulder imbalance in Lenke Type 1A adolescent idiopathic scoliosis and related factors [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2014, 15: 366. doi: 10.1186/1471-2474-15-366.
- Lee CS, Hwang CJ, Lim EJ, et al. A retrospective study to reveal factors associated with postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis with double thoracic curve[J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 25(6): 744-752.
- Upasani VV, Hedequist DJ, Hresko MT, et al. Spinal deformity progression after posterior segmental instrumentation and fusion for idiopathic scoliosis[J]. J Child Orthop, 2015, 9(1): 29-37.
- Murphy JS, Upasani VV, Yaszay B, et al. Predictors of distal Adding-on in thoracic major curves with AR lumbar modifiers[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2017, 42(4): E211-E218.
- Bai J, Chen K, Wei Q, et al. Selecting the LSTV as the lower instrumented vertebra in the treatment of Lenke Types 1A and 2A adolescent idiopathic scoliosis: a minimal 3-year follow-up[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2018, 43(7): E390-E398.
- Shigematsu H, Cheung JP, Bruzzone M, et al. Preventing fusion mass shift avoids postoperative distal curve Adding-on in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475(5): 1448-1460.
- Lakhal W, Loret JE, de Bodman C, et al. The progression of

- lumbar curves in adolescent Lenke 1 scoliosis and the distal adding-on phenomenon[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2014, 100(4 Suppl): S249-254.
16. Wang Y, Bunger CE, Zhang Y, et al. Distal Adding on in Lenke 1A scoliosis: what causes it? How can it be prevented?[J]. Spine Deform, 2014, 2(4): 301-307.
 17. 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.
 18. Majcher P, Fatyga M, Krupski W, et al. The radiological imaging of the vertebral body and intervertebral discs wedging in idiopathic, right-side, thoracic scoliosis as a prognostic factor of the angular progression of spine curve[J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2003, 5(5): 659-665.
 19. 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(Phila Pa 1976), 2005, 30(4): 418-426.
 20. Millner PA, Dickson RA. Idiopathic scoliosis: biomechanics and biology[J]. Eur Spine J, 1996, 5(6): 362-373.
 21. Zang L, Hai Y, Yuan S, et al. Distal adding-on and risk factors in severe and rigid scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2017, 42(3): 160-168.
 22. Muschik M, Schlenzka D, Robinson PN, et al. Dorsal instrumentation for idiopathic adolescent thoracic scoliosis: rod rotation versus translation[J]. Eur Spine J, 1999, 8(2): 93-99.
 23. Matsumoto M, Watanabe K, Hosogane N, et al. Postoperative distal adding-on and related factors in Lenke type 1A curve [J]. Spine, 2013, 38(9): 737-744.
 24. Qin X, Sun W, Xu L, et al. Selecting the last "substantially" touching vertebra as lowest instrumented vertebra in Lenke Type 1A curve: radiographic outcomes with a minimum of 2-year follow-up[J]. Spine, 2015, 41(12): E742-750.
 25. Yang C, Li Y, Yang M, et al. Adding-on phenomenon after surgery in Lenke Type 1, 2 adolescent idiopathic scoliosis: is it predictable?[J]. Spine, 2015, 41(8): 698-704.
 26. Xu W, Chen C, Li Y, et al. Distal adding-on phenomenon in adolescent idiopathic scoliosis patients with thoracolumbar vertebra fusion: a case-control study[J]. Medicine(Baltimore), 2017, 96(38): e8099.
 27. 李明, 赵颖川, 朱晓东, 等. 后路全椎弓根螺钉系统治疗青少年特发性脊柱侧凸疗效分析[J]. 中华外科杂志, 2010, 48(6): 410-414.
 28. Wang Y, Hansen ES, Hoy K, et al. Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: risk factor identification and treatment strategy comparison[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(14): 1113-1122.
 29. Lee CS, Hwang CJ, Lim EJ, et al. A retrospective study to reveal factors associated with postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis with double thoracic curve[J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 25(6): 744-752.

(收稿日期:2018-05-28 修回日期:2018-07-12)

(英文编审 庄乾宇/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)

消息

第二届浙东骨科高峰论坛第一轮通知

为促进骨科领域的学术交流,搭建良好的学术交流平台,由中华创伤杂志、中华显微外科杂志、宁波市医学会、宁波市第六医院主办,国家卫计委能力建设和继续教育中心骨外科学专业委员会指导举办的“第二届浙东骨科高峰论坛”将于2018年11月30日~12月2日在美丽的东海之滨宁波举行。

本次论坛的主题为“专业、创新、融合”,将聚焦近年来骨科领域的最新进展、科技创新、学科协作、医学人文等话题,设六个专业分论坛,全面探讨手显微外科、脊柱外科、关节外科、创伤骨科、足踝外科、骨质疏松、麻醉与镇痛等方面的新技术、新进展。本次论坛邀请了国内外骨科领域学术巨擘和资深人士出席大会并做专题演讲,为国内外骨科同道提供一个交流、分享、感悟、提升的平台。

同期举办七个继教项目:断肢再植与周围神经损伤新技术学习班 2018-04-06-023(国)、穿支皮瓣与显微外科新技术的应用进展 2018-04-06-020(国)、关节镜技术在腕部疾病治疗中的应用 2018-04-07-641(国)、脊柱外科新技术与微创学习班 2018-04-07-751(国)、骨质疏松症规范化诊疗进展与适宜技术推广 2018-04-07-018、骨盆髌臼骨折内固定新技术新进展 2018-04-07-017、可视化技术在基层医院麻醉科的应用与进展 2018-04-11-008。注册参会者授予国家级Ⅰ类学分10分或省级Ⅰ类学分5分,宁波市参会者另授予市级Ⅱ类学分3分。

会议时间:2018年11月30日~12月2日;会议地点:宁波市泛太平洋大酒店(宁波市民安东路99号)。报到时间:2018年11月29日14:00-19:00、30日7:00-11:30;报到地点:宁波市泛太平洋大酒店一楼大堂。

联系人:谢辉、魏素华;电话:(0574)87996165;E-mail:1312035799@qq.com。

请扫描二维码关注实时会议信息。

诚挚邀请您参加本次会议,希望可以与您携手,共同见证这一学术盛会!

