

临床论著

先天性腰骶段脊柱畸形长节段固定术后
冠状面失平衡的原因分析

蒋彬, 王冰, 吕国华, 李磊, 李亚伟, 戴瑜亮, 徐洁涛

(中南大学湘雅二医院脊柱外科 410011 长沙市)

【摘要】目的:总结分析先天性腰骶段脊柱畸形行后路长节段固定术后冠状面失平衡原因及预防措施。**方法:**回顾性分析 2007 年 5 月~2017 年 5 月于我院行后路截骨联合长节段固定矫形术治疗的 23 例先天性腰骶段脊柱畸形患者的临床资料,其中男 6 例,女 17 例,平均年龄 13.2 ± 2.8 岁(10~18 岁),平均随访时间 38.2 ± 8.4 个月(24~96 个月)。收集患者畸形节段、畸形类型、融合节段、躯干倾斜及术前、术后 6 个月及末次随访时站立位全脊柱 X 线、Bending 位 X 线、双下肢负重位全长 X 线片及术前、末次随访时的简体中文版 SRS-22 评分,测量原发弯和继发弯 Cobb 角,脊柱柔韧度指数(flexibility of the structural curve, FSC),骶骨倾斜(sacral obliquity, SO),锁骨角(clavicle angle, CA),冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD)与双下肢全长等指标,根据患者矫形术后是否出现冠状面失平衡,将患者分为平衡组与失衡组。冠状面失平衡诊断标准:C7 铅垂线(C7 plumb line, C7PL)偏距骶骨中垂线(center sacral vertical line, CSVL) >2 cm。应用卡方检验、 t 检验,分析术后冠状面失平衡的可能原因并提出相应预防措施。**结果:**23 例患者平均融合节段数 7.4 ± 2.3 节(5~12 节)。术前平均原发弯 Cobb 角 $40.25^\circ\pm 10.6^\circ$,末次随访时为 $12.4^\circ\pm 5.2^\circ$,平均矫正率(69.1 ± 8.7)%。术前平均继发弯 Cobb 角 $35.5^\circ\pm 8.5^\circ$,末次随访时为 $13.1^\circ\pm 5.0^\circ$,平均矫正率(63.1 ± 7.9)%。术后冠状面失衡组 5 例,发生率为 21.7%。男 2 例,女 3 例。L5 半椎体 1 例,L5 半椎体合并 L4 蝴蝶椎 1 例,S1 半椎体 1 例,L5 横突肥大形成假关节 1 例,L5 楔形椎 1 例。失衡组中,2 例发生 S1 断钉,1 例行翻修手术治疗,1 例行支具治疗。两组比较,继发弯柔韧指数、术前躯干偏移、上固定椎位置、下固定椎位置、末次随访冠状面平衡距离(1.0 ± 0.8 cm vs 3.0 ± 0.7 cm)、术后 6 个月骶骨倾斜角($3.5^\circ\pm 3.2^\circ$ vs $15.2^\circ\pm 14.2^\circ$)、末次随访锁骨角(3.6 ± 3.6 cm vs 15.0 ± 13.3 cm)、SRS-22 评分末次随访自我形象维度(3.9 ± 0.6 vs 3.7 ± 0.7)、治疗满意度(4.5 ± 0.2 vs 2.6 ± 0.6)、心理健康(4.1 ± 0.4 vs 3.2 ± 0.5)及总评分(15.1 ± 2.8 vs 17.8 ± 2.2)有统计学差异($P<0.05$)。性别构成比(4/14 vs 2/3)、手术年龄(12.6 ± 3.8 vs 14.2 ± 2.6)、固定节段数(8.3 ± 3.7 vs 6.8 ± 1.9)、术前原发弯 Cobb 角($35.2^\circ\pm 17.1^\circ$ vs $37.6^\circ\pm 4.6^\circ$)、术后 6 个月原发弯 Cobb 角($12.6^\circ\pm 5.6^\circ$ vs $16.6^\circ\pm 5.9^\circ$)、末次随访原发弯 Cobb 角($12.0^\circ\pm 6.2^\circ$ vs $16.4^\circ\pm 5.9^\circ$)、术前继发弯 Cobb 角($37.3^\circ\pm 10.7^\circ$ vs $38.4^\circ\pm 5.4^\circ$)、术后继发弯 Cobb 角($15.5^\circ\pm 4.6^\circ$ vs $12.0^\circ\pm 7.5^\circ$)、末次随访继发弯 Cobb 角($14.1^\circ\pm 5.0^\circ$ vs $12.6^\circ\pm 7.5^\circ$)、术前冠状面平衡距离(2.1 ± 2.7 mm vs 2.9 ± 1.9 mm)、术后 6 个月冠状面平衡距离(0.9 ± 1.2 mm vs 1.7 ± 1.1 mm)、术前锁骨角($2.0^\circ\pm 0.9^\circ$ vs $1.2^\circ\pm 1.1^\circ$)、术后 6 个月锁骨角($1.5^\circ\pm 1.2^\circ$ vs $2.6^\circ\pm 2.4^\circ$)、术前骶骨倾斜角($1.1^\circ\pm 1.0^\circ$ vs $4.0^\circ\pm 2.5^\circ$)、SRS-22 量表术前功能/活动(4.1 ± 0.5 vs 3.9 ± 0.6)、疼痛(3.4 ± 0.4 vs 3.8 ± 0.4)、自我形象(3.4 ± 0.7 vs 3.2 ± 0.7)、心理健康维度(3.5 ± 0.3 vs 3.6 ± 0.7)、末次随访功能/活动维度(3.9 ± 0.5 vs 3.8 ± 0.5)、疼痛维度评分(3.9 ± 0.4 vs 3.7 ± 0.9)均无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**腰骶段畸形行长节段固定矫形术可获得良好的矫形效果,但存在一定的术后冠状面失平衡风险,其原因可能与截骨不彻底、矫形策略及固定椎选择不当有关。

【关键词】腰骶段畸形;先天性;长节段固定;冠状面失平衡

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.12.04

中图分类号:R682.3, R687.3 文献标识码 A 文章编号:1004-406X(2018)-12-1074-09

Risk factors analysis of coronal imbalance after posterior correction of congenital lumbosacral deformity with long segmental fixation/JIANG Bin, WANG Bing, LÜ Guohua, et al//Chinese Journal of

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81871748);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

Spine and Spinal Cord, 2018, 28(12): 1074–1082

【Abstract】 Objectives: To analyze the clinical feature, risk factors and preventions of coronal imbalance after posterior correction of congenital lumbosacral deformity with long segmental fixation. **Methods:** 23 patients with congenital lumbosacral deformity received osteotomy and long segmental pedicle screw fixation and correction via posterior approach alone between May 2007 to May 2017 in our hospital were analyzed. There were 6 males and 17 females with an average age 13.2 ± 2.8 years old, and the average follow-up was 38.2 ± 8.4 months. Deformity segments, type, fusion segments, the simplified Chinese version of SRS-22 questionnaire, imaging parameters of AP film of standing full spine X ray, bending X ray and lower extremity weight-bearing full-length X ray were collected. The main Cobb angle, cranial curve Cobb angle, bending Cobb angle, sacral obliquity, clavicle angle, coronal balance distance, double total length lower extremities were measured. All patients were categorized into coronal balance group and imbalance group according to the diagnosis criteria of coronal imbalance which was defined as the distance from C7PL to CSVL more than 2cm. **Results:** The average fusion segments were 7.4 ± 2.3 . The average pre-operative main curve Cobb angle was $40.25^\circ \pm 10.6^\circ$ and corrected to $12.4^\circ \pm 5.2^\circ$ at final follow-up. The correction rate was $(69.1 \pm 8.7)\%$. The average pre-operative compensatory cranial curve Cobb angle was $35.5^\circ \pm 8.5^\circ$ before surgery and corrected to $13.1^\circ \pm 5.0^\circ$ at final follow-up, the correction rate was $(63.1 \pm 7.9)\%$. 5 cases including 2 boys and 3 girls occurred postoperative coronal imbalance (21.7%) during follow-up. The pathological classification included L5 hemivertebra in 2 cases, S1 hemivertebra in 1 case, L5 wedge vertebra in 1 case and L5 hypertrophy transverse in 1 case, respectively. In imbalance group, 2 cases had pedicle screw breakages at S1, 1 of the 2 cases received revision operation, the other accepted brace therapy. There were significant differences between the two groups in cranial curve FSC, pre-operative trunk shift, UIV position, LIV position, final follow-up CBD ($1.0 \pm 0.8\text{cm}$ vs $3.0 \pm 0.7\text{cm}$), post-operative clavicle angle ($3.5^\circ \pm 3.2^\circ$ vs $15.2^\circ \pm 14.2^\circ$), final follow-up clavicle angle ($3.6^\circ \pm 3.6^\circ$ vs $15.0^\circ \pm 13.3^\circ$), and final follow-up self-image domain (3.9 ± 0.6 vs 3.7 ± 0.7), final follow-up treatment satisfaction domain (4.5 ± 0.2 vs 2.6 ± 0.6), final follow-up mental domain (4.1 ± 0.4 vs 3.2 ± 0.5), total score (15.1 ± 2.8 vs 17.8 ± 2.2) in SRS-22. There were no significance differences between two groups in gender ($4/14$ vs $2/3$), average age (12.6 ± 3.8 vs 14.2 ± 2.6), fusion segments (8.3 ± 3.7 vs 6.8 ± 1.9), pre-operative main Cobb angle ($35.2^\circ \pm 17.1^\circ$ vs $37.6^\circ \pm 4.6^\circ$), post-operative main Cobb angle ($12.6^\circ \pm 5.6^\circ$ vs $16.6^\circ \pm 5.9^\circ$), final follow-up Cobb angle ($12.0^\circ \pm 6.2^\circ$ vs $16.4^\circ \pm 5.9^\circ$), pre-operative cranial curve Cobb angle ($37.3^\circ \pm 10.7^\circ$ vs $38.4^\circ \pm 5.4^\circ$), post-operative cranial curve Cobb angle ($15.5^\circ \pm 4.6^\circ$ vs $12.0^\circ \pm 7.5^\circ$), final follow-up cranial curve Cobb angle ($14.1^\circ \pm 5.0^\circ$ vs $12.6^\circ \pm 7.5^\circ$), pre-operative CBD (2.1 ± 2.7 vs 2.9 ± 1.9), post-operative CBD (0.9 ± 1.2 vs 1.7 ± 1.1), pre-operative clavicle angle (2.0 ± 0.9 vs 1.2 ± 1.1), post-operative clavicle angle (1.5 ± 1.2 vs 2.6 ± 2.4), pre-operative sacral obliquity angle (1.1 ± 1.0 vs 4.0 ± 2.5), and pre-operative fusion domain (4.1 ± 0.5 vs 3.9 ± 0.6), pre-operative pain domain (3.4 ± 0.4 vs 3.8 ± 0.4), pre-operative self-image domain (3.4 ± 0.7 vs 3.2 ± 0.7), pre-operative mental (3.5 ± 0.3 vs 3.6 ± 0.7), final follow-up fusion domain (3.9 ± 0.5 vs 3.8 ± 0.5), final follow-up pain domain (3.9 ± 0.4 vs 3.7 ± 0.9) in SRS-22 between the two groups in univariable test ($P > 0.05$). **Conclusions:** Patients with congenital lumbosacral deformity receiving long segmental fixation has optimistic deformity correction. Coronal imbalance after surgery can negatively affect life quality. The risk factors could be incomplete osteotomy, improper orthopedic strategy and inappropriate segments selection.

【Key words】 Lumbosacral deformity; Congenital; Long segmental fixation; Coronal imbalance

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

先天性腰骶段脊柱畸形是指在 L4–骶椎之间因形成或分节障碍所引起的脊柱畸形,影像学上可表现为阻滞椎、楔形椎、单侧半椎体、蝴蝶椎或横突肥大致假关节等异常^[1,2]。此外,畸形上方的腰椎发生倾斜、旋转并逐渐形成继发弯,可延伸至

上胸椎^[3,4]。如继发弯发生结构性改变,无法代偿腰骶段的倾斜角度,则可能导致骨盆倾斜和冠状面失平衡。对早期诊断、未形成结构弯和躯干无明显偏移的小儿患者,一期后路半椎体切除联合短节段内固定植骨融合术,兼具防止进展并保留生

长潜能的优势^[5-7]。但对诊断延迟、结构性继发弯已形成的青少年患者,手术固定融合范围则需同时涵盖骶髂、致畸节段及近端结构弯在内的所有节段^[8,9]。既往研究^[10-13]报道,腰骶段半椎体切除短节段固定术后冠状面失平衡的发生率为 7.1%~50%。而长节段固定矫形导致腰段运动椎体数目减少、躯干自身调节能力下降、内固定失败概率增加^[14],同样存在腰骶段畸形矫正术后发生冠状位失平衡的风险。但是,目前国内外关于先天性腰骶段畸形矫正长节段固定术后冠状位失平衡的报道较少,本研究对 23 例先天性腰骶段脊柱畸形长节段固定患者的临床资料进行分析,以探讨其术后冠状面失平衡的原因并提出相应预防措施,为有效外科治疗伴有结构性代偿弯的先天性腰骶段脊柱畸形提供参考。✓

✓

1 资料与方法 ✓

1.1 一般资料 ✓

回顾性分析 2007 年 5 月~2017 年 5 月间于我院行后路长节段固定矫形术的先天性腰骶段脊柱畸形患者 23 例的临床资料及 SRS-22 评分。其中男 6 例,女 17 例;平均年龄 13.2 ± 2.8 岁(10~18 岁),平均随访时间 38.2 ± 8.4 个月(24~96 个月)。所有患者术前均行站立位全脊柱 X 线片、Bending 位 X 线片,双下肢全长负重位 X 线片。✓

病例纳入标准:(1)先天性腰骶段脊柱畸形;(2)年龄 10~18 岁;(3)至少合并下列情况之一,上方邻近腰椎 II 度以上旋转、继发结构性侧凸、后凸畸形或椎管狭窄;(4)后路椎弓根螺钉内固定(≥ 5 节段);(5)具备完整的临床资料及术前、术后 6 个月及 2 年以上随访时的站立位全脊柱正侧位 X 线片。排除标准:(1)双下肢不等长、髋关节周围挛缩所致躯干失平衡;(2)其他原因引起骨盆倾斜所致躯干失平衡;(3)合并其他部位脊柱畸形需长节段固定患者。✓

1.2 手术方法 ✓

1.2.1 截骨方式及固定原则 所有患者均采用一期后路截骨、长节段椎弓根螺钉内固定矫形植骨融合术。截骨方式根据责任节段病理类型选择截骨方式:(1)半椎体、假关节者彻底切除;(2)楔形椎者凸侧 IV 级截骨^[15](PSO 截骨及至少 1 个邻近椎间盘切除)。固定节段需包括致畸椎及结构性继发弯在内的所有椎体。上固定椎需结合端椎选择

原则及术前冠状面是否平衡及继发弯柔韧指数综合评估:(1)多数情况下,根据端椎选择原则,选择上端椎为最上固定椎;(2)伴术前冠状面失平衡、继发弯僵硬、置钉困难者,上固定椎可往上端椎近端延伸,不超过水平椎。下固定椎需结合畸形节段、冠状面平衡、骨盆倾斜等情况综合评估:(1)冠状面平衡、继发弯柔韧、骨盆平衡的 L4 或 L5 畸形椎,最下固定椎止于 S1;(2)重度畸形、伴冠状面失平衡明显、骨盆严重倾斜或 S1 置钉困难的 L4 或 L5 畸形椎或畸形位于 S1,行 S2 骶髂螺钉(S2-Alar-Iliac, S2AI)固定。✓

1.2.2 手术步骤 全身麻醉后取俯卧位,以畸形节段棘突顶点为中心,依术前制定固定节段范围行后路正中纵向切口,常规显露后方结构。C 型臂 X 线透视定位责任节段,根据术前计划。凹侧椎弓根螺钉连接临时棒作为临时固定,并于凹侧行三柱充分松解。腰骶畸形截骨后,腰骶水平化重建和继发结构弯矫形参照我们的前期研究^[13]。对较柔软的继发弯行平移矫形,对僵硬、角度较大的结构性继发弯根据具体情况行多节段 Ponte 截骨矫形。术中正侧位 C 型臂 X 线机透视判断置钉及矫形情况。探查脊髓、神经根有无受压,电生理监测运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)及体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)无异常后关闭伤口并置引流。✓

1.3 评价指标 ✓

收集患者性别、年龄等基本资料及术前、术后 6 个月、末次随访 SRS-22 简体中文版问卷评分及影像学资料,记录围手术期及随访期间并发症发生情况。影像学测量参数包括:原发和继发弯 Cobb 角,锁骨角(clavicle angle, CA),骶骨倾斜角(sacral obliquity, SO):骶骨冠状面参考线(sacral coronal reference line, SCRL)与水平参考线(HRL)之间夹角,其中 SCRL 为骶骨上终板的水平线。冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD)即 C7 铅垂线(C7 plumb line, C7PL)与骶骨中垂线(center sacral vertical line, CSVL)水平间距, $C7PL-CSVL > 2\text{cm}$ 即为冠状面失平衡^[16]。双下肢长度:双下肢全长负重位 X 线片,双侧股骨大转子至外踝下缘的连线长度。SRS-22 简体中文版量表问卷,分为 5 个维度,共 22 道问题:疼痛(第 1、2、8、11、17 题)、功能/活动(第 5、9、12、15、18 题)、自我形象(第 4、6、10、14、19 题)、精神健康

(3、7、13、16、20 题)及治疗满意度(第 21、22 题)。每道题 1~5 分;1 分最差,5 分最佳。各维度得分为对应的题目平均得分,SRS-22 总分为所有题目平均得分。✓

1.4 统计学方法✓

所有数据采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。计量资料以均数±标准差表示。对临床资料、SRS-22 评分、术后及末次随访时的冠状面参数进行单因素变量分析,二分类采用卡方检验,频数小于 5 采用 Fisher 精确检验,连续变量采用独立样本 *t* 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。✓

✓

2 结果 ✓

2.1 矫形基本情况及效果评估✓

23 例患者平均随访时间 38.2 ± 8.4 个月(24~96 个月),平均融合节段数 7.4 ± 2.3 节(5~12 节)。术前平均原发弯 Cobb 角 $40.25^\circ\pm 10.6^\circ$,末次随访时 Cobb 角 $12.4^\circ\pm 5.2^\circ$,平均矫正率 69.1%。术前平均继发弯 Cobb 角 $35.5^\circ\pm 8.5^\circ$,末次随访时 Cobb 角 $13.1^\circ\pm 5.0^\circ$,平均矫正率 $(63.1\pm 8.7)\%$ 。✓

术后共 5 例患者发生冠状面失衡(表 1),纳入失衡组,其余患者纳入平衡组。两组比较,术前、术后 6 个月、末次随访原发弯 Cobb 角及术前、术后 6 个月、末次随访继发弯 Cobb 角均未见明显差异($P>0.05$,表 2)。表明两组患者矫形效果相似,末次随访期间,矫形效果无明显丢失。✓

2.2 冠状面平衡✓

23 例患者,术前躯干向继发弯凸侧倾斜 16 例,凹侧倾斜 2 例,躯干平衡 5 例。术前平均冠状面失衡距离 2.2 ± 1.6 cm。两组术前及术后 6 个月冠状面平衡距离均无统计学差异($P>0.05$,表 2)。但末次随访时,失衡组冠状面平衡距离显著大于

平衡组,差异有统计学意义($P<0.05$,表 2)。且末次随访时失衡组冠状面平衡距离显著大于术后 6 个月冠状面平衡距离,表明失衡组在随访期间发生冠状面平衡丢失(图 1),平衡组随访期间冠状面平衡维持良好(图 2)。✓

2.3 腰骶部水平化程度✓

术前两组均存在腰骶部倾斜,但两组间无统计学差异($P>0.05$);术后 6 个月、末次随访时失衡组骶骨倾斜角均显著大于平衡组,差异有统计学意义($P<0.05$,表 2)。表明失衡组术后骶骨倾斜角有较大残留。末次随访期时,两组骶骨倾斜角均无明显丢失($P>0.05$,表 2)。✓

2.4 肩部平衡✓

两组术前、术后 6 个月锁骨角比较均无统计学差异($P>0.05$),但末次随访时两组间锁骨角比较有统计学差异($P<0.05$,表 2)。✓

2.5 SRS-22 简体中文版评分✓

两组 SRS-22 量表平均评分及术前、末次随访变化见表 3。平衡组末次随访疼痛、自我形象及心理健康维度评分较术前有明显改善($P<0.05$)。失衡组末次随访期间自我形象维度评分较术前明显改善($P<0.05$)。两组间比较,末次随访平衡组在心理健康、治疗满意度及总评分均优于失衡组,有统计学差异($P<0.05$)。✓

2.6 并发症✓

5 例患者术后发生冠状面失衡,发生率为 21.7%。男 2 例,女 3 例。术前冠状面平衡 1 例,躯干向继发弯凹侧倾斜 1 例、向凸侧倾斜 3 例。L5 半椎体 1 例,L5 半椎体合并 L4 蝴蝶椎 1 例,S1 半椎体 1 例,L5 横突肥大形成假关节 1 例,L5 楔形椎 1 例(表 1)。失衡组患者在随访时发现 S1 断钉 2 例(表 1)。平衡组所有患者无腰骶部内固定

表 1 5 例术后失代偿患者一般资料及影像学资料汇总表✓

Table 1 Clinical data of the patients with post-operative coronal imbalance

编号 Patients NO	性别 Gender	年龄(岁) Age(years)	畸形类型 Type	融合节段 Fusion segments	术前躯干倾斜 Trunk shift	并发症 Complications	治疗 Therapy
1	女 F	12	L5 半椎体 Hemivertebra	L2-S1	躯干平衡 Balance	S1 断钉 S1 breakage	翻修手术 Revision surgery
2	男 M	16	L5 半椎体 Hemivertebra	L1-S1	C7PL 位于继发弯凸侧 Convex side		翻修手术 Revision surgery
3	女 F	12	L5 楔形椎 Wedge vertebra	T12-S1	C7PL 位于继发弯凹侧 Concave side	S1 断钉 S1 breakage	支具治疗 Brace
4	女 F	12	S1 半椎体 Hemivertebra	T11-S2	C7PL 位于继发弯凸侧 Convex side		观察 Observation
5	男 M	14	L5 横突肥大 Hypertrophy transverses	L2-S2	C7PL 位于继发弯凸侧 Convex side		观察 Observation

表 2 冠状面平衡组与冠状面失衡组术前及术后影像学资料

Table 2 General data and radiographic data of the patients in imbalance group and balance group

	平衡组 (n=18) Balance group	失衡组 (n=5) Imbalance group	P 值 P value
性别/Gender			0.576
男/M	4	2	
女/F	14	3	
年龄/Age	12.6±3.8	14.2±2.6	0.282
固定节段 Fusion segmets	8.3±3.7	6.8±1.9	0.882
继发弯柔韧度/FSC			0.019
≥25%	4	2	
<25%	14	3	
术前躯干偏移/Trunk shift			0.048
凸侧/Convex side	13	3	
凹侧/Concave side	1	1	
平衡/Balance	4	1	
下端椎位置/LIV			0.048
S1	2	3	
S2	16	2	
原发弯 Cobb 角(°)/Main curve			
术前/Preoperative	35.2±17.1	37.6±4.6	0.482
术后 6 个月 6 months postoperative	12.6±5.6	16.6±5.9	0.179
末次随访 Final follow-up	12.0±6.2	16.4±5.9	0.170
继发弯 Cobb 角(°)/Cranial curve			
术前/Preoperative	37.3±10.7	38.4±5.4	0.823
术后 6 个月 6 months postoperative	15.5±4.6	12.0±7.5	0.203
末次随访 Final follow-up	14.1±5.0	12.6±7.5	0.606
冠状面平衡(cm)/CBD			
术前/Preoperative	2.1±2.7	2.9±1.9	0.756
术后 6 个月 6 months postoperative	0.9±1.2	1.7±1.1	0.168
末次随访 Final follow-up	1.0±0.8	3.0±0.7	0.000
锁骨角(°)/CA			
术前/Preoperative	2.0±0.9	1.2±1.1	0.111
术后 6 个月 6 months postoperative	1.5±1.2	2.6±2.4	0.358
末次随访 Final follow-up	1.1±1.0	4.0±2.5	0.001
骶骨倾斜角(°)/SO			
术前/Preoperative	17.0±4.9	20.6±19.0	0.185
术后 6 个月 6 months postoperative	3.5±3.2	15.2±14.2	0.002
末次随访 Final follow-up	3.6±3.6	15.0±13.3	0.003

失败、假关节形成等并发症。

3 讨论

手术治疗腰骶段脊柱畸形,需综合考虑年龄、畸形类型、畸形部位、侧凸 Cobb 角、继发弯柔韧度和脊柱生长潜力等因素。既往报道短节段固定矫形术治疗腰骶段半椎体畸形原发弯矫正率为 32.5%~59%^[4,6,11,17]。本研究结果显示,长节段固定术后原发弯矫正率为 65.8%,继发弯为 60.8%,提示长节段固定矫形融合术治疗腰骶段脊柱畸形可以获得良好的矫形效果。该术式主要适应于继发弯已呈结构性改变者,尤其是年龄较大、邻近腰椎发生明显旋转、继发弯 Cobb 角较大、节段较长或伴侧后凸者^[3,4,6,9]。矫形难度较短节段更大,且以牺牲腰椎代偿能力为代价,因此术后冠状面失衡的风险可能更高。本研究结果显示,长节段固定矫形术后冠状面失衡的发生率为 21.7%,且 SRS-22 评分结果显示,失衡组患者末次随访时患者自我形象、心理健康及治疗满意度维度及总评分均较平衡组有所下降。因此,腰骶段畸形行长节段固定矫形术后冠状面失衡的问题应当引起临床工作者重视。

本研究两组间术前骶骨倾斜角无明显差异,而失衡组患者术后骶骨倾斜角显著大于平衡组,提示术前先天性腰骶段畸形多伴有骶骨倾斜,且术后腰骶部倾斜角较大的患者术后发生冠状面失衡的风险更高。既往研究先天性脊柱侧凸骶骨倾斜的报道较少。Nakamura 等^[11]曾报道 1 例腰骶段半椎体畸形术后脊柱平衡矫正丢失患儿,认为其原因与初次手术未行植骨融合,残留半椎体再生生长有关。张延斌等^[18]对早发性先天性脊柱侧凸患儿骶骨倾斜的研究结果显示,19 例下腰段及腰骶段半椎体的早发性先天性脊柱侧凸患儿骶骨倾斜的发生率为 61.9%,骶骨倾斜的主要病因可能是先天性畸形本身,且骶骨倾斜可进一步引起近端融合椎上终板的明显倾斜,导致近端脊柱偏移而产生冠状面失衡。本组研究结果与既往研究结果类似,由于排除了双下肢不等长等致倾斜因素,笔者认为术前骶骨倾斜的主要原因来自腰骶段畸形本身,术中截骨不彻底导致的骶骨倾斜残留及凹侧松解不充分导致的矫形角度受限是术后腰骶水平重建效果不佳的主要原因。

既往多项研究表明,先天性腰骶段畸形患者

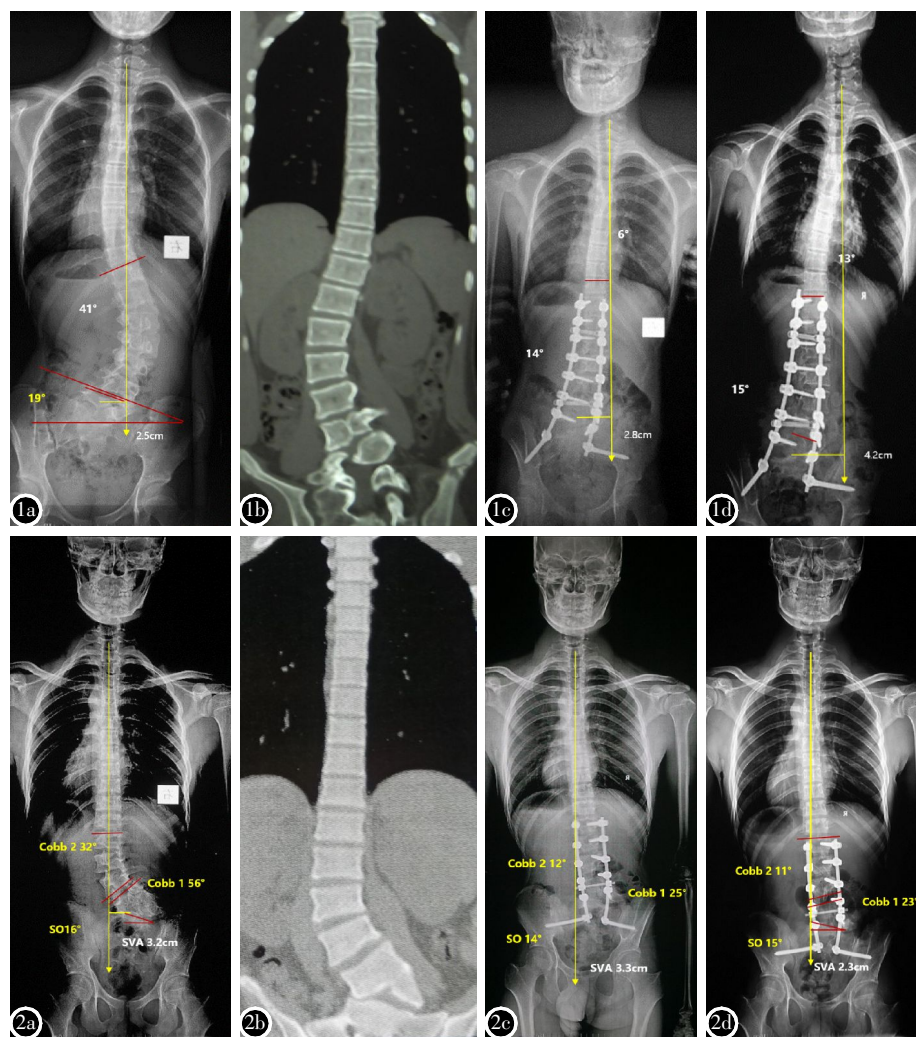


图 1 12 岁女性患者, L5 半椎体合并 L4 蝴蝶椎 **a** 直立后前位 X 线显示 L5 半椎体合并 L4 蝴蝶椎, 冠状面平衡距离 2.5cm; 原发性主弯 Cobb 角 41°, 继发弯 22°, 骨盆倾斜 19° **b** CT 显示 L5 半椎体合并 L4 蝴蝶椎 **c** 术后 6 个月直立后前位 X 线显示冠状面失平衡逐渐加重至 2.8cm; 主弯 Cobb 角纠正至 14°, 继发弯 Cobb 角减少至 6° **d** 术后 2 年直立后前位 X 线显示冠状面失平衡逐渐加重至 4.2cm; 主弯 Cobb 角维持于 15°, 继发弯 Cobb 角 Cobb 角增加至 13° **图 2** 16 岁男性患者, L5 半椎体畸形 **a** 直立后前位 X 线显示冠状面平衡距离 3.2cm, S1 半椎体原发性主弯 Cobb 角 56°, 继发弯 Cobb 角 32°, 骨盆倾斜角 16° **b** CT 显示 L5 半椎体 **c** 术后 6 个月直立后前位 X 线显示冠状面平衡距离 3.3cm, 主弯 Cobb 角 25°, 继发弯 Cobb 角 12°, 骨盆倾斜角 14° **d** 术后 2 年直立后前位 X 线显示冠状面平衡距离逐渐恢复至 2.3cm, 主弯 Cobb 角 23°, 继发弯 Cobb 角 11°, 骨盆倾斜角 15°

Figure 1 A 12-year-old female, L5 hemivertebra and L4 butterfly vertebra **a** AP film of standing full spine X ray showed L5 hemivertebra and L4 Butterfly vertebra with a 2.5cm coronal balance distance, 41° main lumbar curve, 22° compensatory cranial curve, 19° SO **b** Preoperative CT construction of L5 hemivertebra and L4 butterfly vertebra **c** 6 months after T11-S2 posterior correction surgery, coronal imbalance increased to 2.8cm, main lumbar curve and compensatory cranial curve decreased to 14° and 6°, respectively **d** 2 years after surgery, coronal imbalance increased to 4.2cm, main lumbar curve sustained to 15° and compensatory cranial curve increased to 13° **Figure 2** A 16-year-old male, with L5 hemivertebra **a** Preoperative standing full spine AP X ray showed L5 hemivertebra with coronal balance distance of 3.2cm, main lumbar curve 56°, compensatory cranial curve 32°, SO 16° **b** Preoperative CT construction showed a L5 hemivertebra **c** 6 months after posterior L5 hemivertebra resection and L1-S2 fusion surgery, coronal imbalance coronal balance distance sustained to 3.3cm. The main lumbar curve, compensatory cranial curve, SO were corrected to 25°, 12°, 3° and 14°, respectively **d** 2 years after surgery, coronal imbalance decreased to 2.3cm, the main lumbar curve, compensatory cranial curve, SO were corrected to 23°, 11°, 2° and 15°, respectively

表 3 冠状面平衡组与冠状面失衡组术前及术后 SRS-22 评分 $\swarrow$

Talbe 3 SRS-22 data of the patients in imbalance group and balance group

	平衡组 $\swarrow$ Balance group		失衡组 $\swarrow$ Imbalance group	
	术前 $\swarrow$ Preop- erative	末次随访 $\swarrow$ Final follow up	术前 $\swarrow$ Preop- erative	末次随访 $\swarrow$ Final follow up
功能/活动 $\swarrow$ Function	4.1 $\pm$ 0.5	3.9 $\pm$ 0.8	3.9 $\pm$ 0.6	3.8 $\pm$ 0.5
疼痛 $\swarrow$ Pain	3.4 $\pm$ 0.4	3.9 $\pm$ 0.4 ^②	3.8 $\pm$ 0.4	3.7 $\pm$ 0.9
自我形象 $\swarrow$ Self-image	3.4 $\pm$ 0.7	3.9 $\pm$ 0.6 ^②	3.2 $\pm$ 0.7	3.7 $\pm$ 0.7 ^②
心理健康 $\swarrow$ Mental	3.5 $\pm$ 0.3	4.1 $\pm$ 0.4 ^②	3.6 $\pm$ 0.7	3.2 $\pm$ 0.5 ^①
治疗满意度 $\swarrow$ Satisfactory	-	4.5 $\pm$ 0.2	-	2.6 $\pm$ 0.6 ^①
总分 $\swarrow$ Total score	-	17.8 $\pm$ 2.2	-	15.1 $\pm$ 2.8 ^①

注:①与平衡组比较 $P<0.05$;②与术前比较 $P<0.05$ $\swarrow$

Note: ①Compared with balance group, $P<0.05$; ②Compared with preoperative data, $P<0.05$

术前多伴有冠状面失衡。Slabaugh 等^[3]曾提出根据 C7PL 与 CSVL 的相对位置,将躯干偏移分为 C7PL 无偏、C7PL 向继发弯凸侧偏移及 C7PL 向凹侧偏移三类,并认为腰骶段半椎体畸形患者,躯干向继发弯凸侧偏移更多见,这种偏移提示继发弯已发生结构性改变,且会随患者生长发育不断加重。Bollini 等^[10]认为,即使腰骶段局部轻微倾斜即可造成躯干严重倾斜,并认为腰骶段半椎体畸形伴躯干向继发弯凸侧倾斜的部分患者即使经截骨矫形术后,仍难以恢复冠状面平衡。本组研究结果中,术前伴躯干向继发弯凸侧倾斜者 16 例,占 69.6%。5 例矫形术后失衡组患者中,术前躯干向继发弯凸侧偏移者比例更高,占 60%。笔者认为,与术前伴冠状面失衡的退变性侧凸矫形术后发生冠状面失衡的原因类似^[19],矫形策略不当可能是引起术后冠状面失衡的原因之一。躯干向继发弯凸侧倾斜提示继发弯僵硬,仅靠平移矫形通常无法获得满意的矫形效果,因此对该型患者继发弯凸侧进行 PSO 截骨压缩可达到矫形目的,但其理论上存在诱导躯干进一步向凸侧倾斜的趋势,加重躯干凸侧偏移,导致冠状面失衡加重或重建失败。此外,腰骶段附近韧带、肌群长期处于不对称应力,矫形术后难以短期适应并维持新的平衡,存在向术前躯干平衡状态变化的潜在趋势也可能是术后冠状面失衡的原因之一。 $\swarrow$

既往研究^[20-22]报道,退变性侧凸患者,远端固定至 S1 易发生假关节形成、S1 拔出等内固定失败并发症。而郭建伟等^[23]对后路半椎体切除短节段固定治疗先天性侧凸的并发症进行研究时认为,内固定并发症可能与椎弓根发育、手术技术等因素有关。然而对长节段固定治疗先天性腰骶段畸形相关内固定并发症的报道较少。本研究结果显示两组间下固定椎(lower instrumented vertebrae, LIV)位置有统计学差异,提示腰骶段畸形患者 LIV 止于 S1 者,发生冠状面失衡的风险更高。失衡组 3 例 LIV 位于 S1 的患者中,其中 2 例于冠状面失衡后发生 S1 断钉。笔者认为其原因与继发弯僵硬、冠状面失衡、仅行 S1 固定矫形力不足、且 S1 应力集中等因素有关,但由于病例较少,无法获得统计学循证依据。 $\swarrow$

腰骶段畸形行长节段固定矫形术后有较高的冠状面失衡发生率,且可诱发腰骶段内固定失败,影响远期疗效,如何预防和避免冠状面失衡亟待解决。固定节段、截骨角度或矫形策略任一环节处理不合理,均可致术后冠状面失衡。因此,针对以上可能病因,笔者认为主要的预防措施包含以下几点:(1)术前采用全脊柱站立位 X 线片及支点侧屈位 X 线对端椎、冠状面平衡状况及继发弯柔韧度精确评估^[24,25],有助于正确选择上下固定节段。并结合术前冠状面平衡状况及继发弯柔韧度纳入考量范畴。冠状面平衡、继发弯柔韧者,近端固定椎可根据端椎选择原则考虑选择上端椎(upper end vertebra, UEV),远端固定椎考虑止于 S1;冠状面失衡或继发弯僵硬者,上固定椎(upper instrumented vertebrae, UIV)建议考虑选择上端椎与水平椎之间,远端固定椎考虑止于 S2,笔者推荐使用组合 S1/S2 螺钉或髂骨固定技术^[26-28],减少因远端固定强度不足带来的术后冠状面失衡。此外,需考虑以下几点:①UIV 为正常椎体;②UIV 位于稳定区内(UIV 距离 CSVL $\pm$ 2cm 以内)且近端椎间隙应尽量水平、无旋转;③邻椎稳定且无旋转;④避免矢状面畸形顶椎区等原则^[29-31]。(2)对畸形椎进行全方位彻底截骨及松解。半椎体畸形需彻底切除其上下终板、凹侧椎间盘及半椎体前后方结构,以防止半椎体再生长或融合失败^[32]。楔形椎、假关节及骺骨发育不良者,则需参照腰骶原发弯设计截骨角度进行 Schwab IV 级截骨,范围包括椎弓根、畸形椎及增加至少一

个椎间盘完全切除。此外,辅以凹侧骨桥及关节突的彻底松解,以获得凹凸双侧良好的撑开与压缩空间,为腰骶水平重建提供基础^[23,33]。近年来,也有学者^[34]提出腰骶部代偿弯凸侧入路的椎间孔椎间融合术实现腰骶部水平化,可获得与 Schwab IV 级截骨类似腰骶水平化效果及更持久的远期冠状面平衡。(3)根据术前躯干倾斜类型选择正确的矫形策略。既往报道,采取限制性部分矫形结合躯干平移技术可获得即刻冠状面平衡,但随访期间仍易发生冠状面失代偿^[19]。笔者经验是根据术前躯干倾斜类型采用不同的撑开、压缩技术,其中躯干向继发弯凸侧倾斜失平衡患者,可采取“反向”凸侧撑开、凹侧压缩技术使冠状面恢复平衡;术前冠状面平衡患者,采取双侧均等撑开或压缩操作;躯干向继发弯凹侧倾斜失平衡患者,采取常规凹侧撑开、凸侧压缩技术,以有效避免术后冠状面失平衡^[13]。

本研究的缺陷在于回顾性研究的局限性降低了研究结论的临床证据等级,样本量偏小导致部分单变量因素无法进行统计学分析或独立危险因素分析,未来仍需要随机大样本的前瞻性研究探讨腰骶段畸形长节段固定矫形术后冠状面失平衡的原因,评估危险因素并采取相应措施以减少冠状面失平衡的发生。

综上,腰骶段畸形行长节段固定矫形术可获得良好的矫形效果,但存在术后冠状面失平衡风险,影响远期疗效。原因可能与截骨不彻底、矫形策略及固定椎选择不当有关。术前对冠状面平衡、脊柱柔韧度的详细评估有利于正确选择固定节段、制定矫形策略,手术截骨技巧的提高有利于实现腰骶水平,进而同时获得满意的矫形效果及远期冠状面平衡。

✍

4 参考文献

- Brailsford JF. Deformities of the lumbosacral region of the spine[J]. Br J Surg, 2010, 16(64): 562-627.
- McMaster MJ, Ohtsuka K. The natural history of congenital scoliosis: a study of two hundred and fifty-one patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1982, 64(8): 1128-1147.
- Slabaugh PB, Winter RB, Lonstein J E, et al. Lumbosacral hemivertebrae: a review of twenty-four patients, with excision in eight[J]. Spine, 1980, 5(3): 234-244.
- Leong JC, Day GA, Luk KD, et al. Nine-year mean follow-up of one-stage anteroposterior excision of hemivertebrae in the lumbosacral spine[J]. Spine, 1993, 18(14): 2069-2074.
- Ruf M, Harms J. Hemivertebrae resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results [J]. Spine, 2002, 27(10): 1116-1123.
- Bollini G, Docquier PL, Viehweger E, et al. Lumbar hemivertebrae resection[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(5): 1043-1052.
- Zhuang Q, Zhang J, Li S, et al. One-stage posterior-only lumbosacral hemivertebrae resection with short segmental fusion: a more than 2-year follow-up[J]. Eur Spine J, 2016, 25(5): 1567-1574.
- Lyu Q, Hu B, Zhou C, et al. The efficacy of posterior hemivertebra resection with lumbosacral fixation and fusion in the treatment of congenital scoliosis: a more than 2-year follow-up study[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2017, 164: 154-159.
- Suk SI, Chung ER, Lee SM, et al. Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity[J]. Spine, 2005, 30(23): E703-E710.
- Bollini G, Docquier PL, Viehweger E, et al. Lumbosacral hemivertebrae resection by combined approach: medium- and long-term follow-up[J]. Spine, 2006, 31(11): 1232-1239.
- Nakamura H, Matsuda H, Konishi S, et al. Single-stage excision of hemivertebrae via the posterior approach alone for congenital spine deformity: follow-up period longer than ten years[J]. Spine, 2002, 27(1): 110-115.
- 余可谊, 仇建国, 李书纲, 等. 半椎体切除术治疗先天性腰骶弯[J]. 协和医学杂志, 2011, 2(1): 51-55.
- 王孝宾, 王冰, 吕国华, 等. 儿童下腰椎和腰骶段半椎体畸形冠状面平衡状况与外科矫形选择[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(8): 699-704.
- Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(6): 682-688.
- Schwab F, Blondel B, Chay E, et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification [J]. Neurosurgery, 2014, 74(1): 112-120.
- 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.
- Mladenov K, Kunkel P, Stuecker R. Hemivertebra resection in children, results after single posterior approach and after combined anterior and posterior approach: a comparative study[J]. Eur Spine J, 2012, 21(3): 506-513.
- 张延斌, 仇建国, 邱贵兴, 等. 伴有骶骨倾斜的腰椎先天性脊柱侧凸患儿的手术治疗策略研究[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2018, 11(3): 192-196.
- Bao H, Yan P, Qiu Y, et al. Coronal imbalance in degenerative lumbar scoliosis: Prevalence and influence on surgical decision-making for spinal osteotomy[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(9): 1227-1233.

20. Emami A, Deviren V, Berven S, et al. Outcome and complications of long fusions to the sacrum in adult spine deformity: luque-galveston, combined iliac and sacral screws, and sacral fixation[J]. *Spine*, 2002, 27(7): 776-786.✓
21. Kasten MD, Rao LA, Brenda P. Long-term results of iliac wing fixation below extensive fusions in ambulatory adult patients with spinal disorders[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(7): 37-42.✓
22. Schwab F, Dubey A, Gamez L, et al. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population[J]. *Spine*, 2005, 30(9): 1082-1085.✓
23. 郭建伟, 仇建国, 王升儒, 等. 后路半椎体切除治疗先天性脊柱侧凸的并发症及预防策略[J]. *中华外科杂志*, 2014, 52(8): 566-570.✓
24. Hamzaoglu A, Talu U, Tezer M, et al. Assessment of curve flexibility in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 2005, 30(14): 1637-1642.✓
25. He C, Wong MS. Spinal flexibility assessment on the patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a literature review[J]. *Spine*, 2017, 43(4): E250-E258.✓
26. Seiichi O, Jitsuhiko S, Hiroaki K, et al. Sacral fracture after instrumented lumbosacral fusion: analysis of risk factors from spinopelvic parameters[J]. *Spine*, 2013, 38(4): E223-229.✓
27. Khashan M, Camisa W, Berven S, et al. Stand-alone anterior interbody fusion for substitution of iliac fixation in long spinal fixation constructs [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2018, 138(4): 479-486.✓
28. Hoernschemeyer DG, Pashuck TD, et al. Analysis of the S2 alar-iliac screw as compared to the traditional iliac screw: does it increase stability with sacroiliac fixation of the spine?[J]. *Spine J*, 2017, 17(6): 875-879.✓
29. Shufflebarger H, Suk SI, Mardjetko S. Debate: determining the upper instrumented vertebra in the management of adult degenerative scoliosis: stopping at T10 versus L1[J]. *Spine*, 2006, 31(31): 185-194.✓
30. Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. Selection of proximal fusion level for adult degenerative lumbar scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(2): 394-401.✓
31. Dickson DD, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Risk factors for and assessment of symptomatic pseudarthrosis after lumbar pedicle subtraction osteotomy in adult spinal deformity [J]. *Spine*, 2014, 39(15): 1190-1195.✓
32. Hedequist DJ, Hall JE, Emans JB. Hemivertebra excision in children via simultaneous anterior and posterior exposures[J]. *J Pediatr Orthop*, 2005, 25(1): 60-63.✓
33. 郭惊, 邱勇. 腰骶部半椎体畸形的临床评估与手术治疗进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(7): 656-658.✓
34. 刘臻, 赵志慧, 胡宗杉, 等. 术中腰骶部水平化改善退变性腰椎侧凸术后冠状面平衡[J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37(4): 193-200.✓

(收稿日期:2018-10-09 修回日期:2018-11-29)✓

(英文编审 郑国权/贾丹彤)✓

(本文编辑 彭向峰)