

# 大块自体骨原位椎间植骨融合技术在儿童半椎体切除术中的应用研究



全文二维码

郭东<sup>1</sup> 罗焱中<sup>1</sup> 侯昊<sup>1</sup> 姚子明<sup>1</sup> 刘昊楠<sup>1</sup> 芮岩<sup>2</sup> 张学军<sup>1</sup><sup>1</sup> 国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院骨科, 北京 100045; <sup>2</sup> 国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院手术室, 北京 100045

通信作者: 张学军, Email: zhang-x-j04@163.com

**【摘要】 目的** 探讨大块自体骨原位椎间植骨融合技术在儿童半椎体切除术中的应用及效果。

**方法** 回顾性分析首都医科大学附属北京儿童医院骨科 2018 年 1 月至 2020 年 1 月收治的 70 例因先天性半椎体畸形接受单节段半椎体切除术的患儿临床资料, 按照手术方式分为对照组与观察组, 对照组 35 例, 采取传统后路半椎体切除植骨融合内固定术; 观察组 35 例, 采取后路半椎体切除、前方结构重建(大块自体骨原位椎间植骨)联合后方植骨融合固定术。收集两组患儿临床资料、手术及手术后随访情况。根据术前、术后及随访时站立位全脊柱正侧位 X 线片, 测量相关矢状位和冠状位影像学参数, 评估畸形矫正情况及治疗效果; 通过随访过程中拍摄的脊柱 CT 片评估椎间及后方植骨融合情况。

**结果** 两组一般资料(性别、身高、年龄、体重、半椎体分布)差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 手术时间、术中出血量、住院日差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 术前冠状面参数(主弯 Cobb 角、近段代偿弯、远端代偿弯、冠状面平衡、骶骨倾斜角、骨盆倾斜角)及矢状面参数(节段性后凸角、胸椎后凸角、胸腰段后凸角、矢状面平衡、腰椎前凸角)差异亦无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组术后 1 个月及末次随访时矢状面和冠状面参数较术前均有明显改善( $P > 0.05$ ), 但组间对比发现, 末次随访时观察组主弯 Cobb 角和节段性后凸角的丢失较对照组明显要少, 分别为  $(0.6 \pm 1.7)^\circ$  比  $(2.7 \pm 2.9)^\circ$ 、 $(0.6 \pm 2.2)^\circ$  比  $(3.2 \pm 3.9)^\circ$ , 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ); 术后 12 个月复查 CT 显示, 观察组 1 级椎间融合率较对照组更高(68.6% 比 28.6%), 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 两组均无一例发生手术相关并发症。

**结论** 大块自体骨原位椎间植骨融合技术可通过前方骨块的支撑与重建, 获得满意的椎间融合, 矫正效果良好, 尤其对于腰椎前凸角度的重建有优势。由于前方椎间的支撑与融合, 从长期来看, 更利于术后侧后凸角度的维持, 可避免畸形角度的过多丢失。

**【关键词】** 脊柱侧凸; 半椎体切除术; 大块自体骨; 原位植骨融合; 前方重建; 椎间融合; 儿童

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202309009-009

## Autologous bone graft in situ as anterior reconstruction after posterior hemivertebra resection for congenital kyphoscoliosis

Guo Dong<sup>1</sup>, Luo Yanzhong<sup>1</sup>, Hou Hao<sup>1</sup>, Yao Ziming<sup>1</sup>, Liu Haonan<sup>1</sup>, Rui Yan<sup>2</sup>, Zhang Xuejun<sup>1</sup><sup>1</sup> Department of Orthopedics, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China; <sup>2</sup> Operating room, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China

Corresponding author: Zhang Xuejun, Email: zhang-x-j04@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the application of intervertebral autologous bone graft in situ in hemivertebral resection surgery in children. **Methods** A retrospective study was conducted for 70 children undergoing single-level hemivertebral resection due to congenital scoliosis. According to different surgical approaches, they were divided into control group and observation group ( $n = 35$  each). The control group underwent traditional posterior hemivertebral resection, bone grafting, fusion and internal fixation. The observation group underwent posterior hemivertebral resection, anterior structural reconstruction (massive autologous bone graft in situ for intervertebral fusion) and posterior bone grafting. Clinical data, surgical findings and postoperative follow-ups were recorded. Based upon radiographs of whole spine at the time of pre-operation, post-operation and follow-ups, the rele-

vant sagittal and coronal imaging parameters were measured. Postoperative spinal computed tomography (CT) images were acquired during follow-ups for evaluating the outcomes of bone graft fusion. **Results** No inter-group statistical difference existed in gender, height, age, weight, hemivertebral distribution, operative duration, intraoperative blood loss or length of hospitalization stay ( $P > 0.05$ ). Preoperative coronal parameters (major curve Cobb's angle, proximal compensatory curve & distal compensatory curve) or sagittal plane parameters (segmental kyphosis angle, thoracic kyphosis angle, thoracolumbar kyphosis angle, sagittal plane balance & lumbar lordosis angle) showed no significant difference ( $P > 0.05$ ). At the last follow-up, loss of major curve Cobb's angle and segmental kyphosis angle were significantly smaller in observation group than those in control group, which had significant differences ( $P < 0.05$ ); CT scan revealed that the rate of intervertebral fusion (level 1) was higher in observation group with a statistical difference ( $P < 0.05$ ); no obvious operation-related complications occurred in neither groups. **Conclusion** In situ intervertebral bone grafting of massive autogenous bone may achieve excellent correction and satisfactory intervertebral fusion through anterior support and reconstruction, which has significant advantages for the correction of lumbar lordosis. At the same time, due to anterior intervertebral support and fusion, it is more beneficial to maintain postoperative kyphosis angle and avoid excessive angle loss.

**[Key words]** Scoliosis; Hemivertebra Resection; Anterior Structural Reconstruction; Autologous Massive Bone; Bone Graft In Situ; Congenital Kyphoscoliosis; Child

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202309009-009

半椎体 (hemivertebra, HV) 是先天性脊柱侧后凸畸形的最常见病因, 通常认为是由于胚胎时期椎体发育障碍所致<sup>[1]</sup>。由于半椎体的致畸因素持续存在, 支具或早期石膏固定等保守治疗措施效果有限<sup>[2]</sup>。目前 HV 切除术被认为是治疗先天性脊柱侧后凸畸形最有效的方法<sup>[3-4]</sup>。但 HV 术后内固定失败, 包括椎弓根螺钉松动断裂、椎弓根骨折、螺钉切割或拔出、断棒等情况并不少见, 文献报道相关并发症的总体发生率为 3.6%~17.9%<sup>[5-8]</sup>。儿童由于椎体软骨成分所占比例大, 对手术技术要求相对较高; 此外, 半椎体切除后前方重建的缺失也是导致内固定失败的关键因素之一。因此, 我们通过改进术中 HV 切除技术, 利用半椎体切除后的大块自体骨完成前方支撑和椎间植骨融合, 取得了良好的效果。本文通过回顾性分析, 探讨大块自体骨原位椎间植骨融合技术在儿童半椎体切除术中的应用及初步临床效果。

## 资料与方法

### 一、临床资料

选取 2018 年 1 月至 2020 年 1 月首都医科大学附属北京儿童医院收治的 70 例先天性脊柱侧后凸半椎体畸形患儿作为研究对象。病例纳入标准: ①年龄 < 18 岁; ②诊断为先天性脊柱侧后凸半椎体畸形; ③主要手术方式为后路半椎体切除植骨融合内固定术或后路半椎体切除、自体骨移植、前方结构重建植骨融合内固定术; ④手术前后资料完整;

⑤随访时间至少 2 年。排除标准: ①既往曾行脊柱矫形手术; ②颈段或颈胸段半椎体。

按照上述纳入标准, 共 70 例患儿纳入研究。按照手术方式不同将患儿分为两组, 其中 35 例采取传统后路半椎体切除植骨融合内固定术, 为对照组; 35 例采取后路半椎体切除、前方结构重建 (大块自体骨原位椎间植骨) 联合后方植骨融合固定术, 为观察组。两组患儿年龄、性别、身高、体重、身体质量指数 (body mass index, BMI)、半椎体分布位置及类型等差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 1。两组遵循手术指征相同, 术式选择由术者根据习惯及偏好决定。本研究经首都医科大学附属北京儿童医院伦理委员会审核通过 ([2023]-E-137-R), 患儿家属均知情同意并签署知情同意书。

### 二、手术方法

两组患儿均行单节段后路 HV 切除、椎弓根螺钉内固定术。对照组采取传统后路半椎体切除植骨融合内固定术, 观察组采取后路半椎体切除、前方结构重建 (大块自体骨原位椎间植骨) 联合后方植骨融合固定术。观察组术中经椎弓根行 HV 大块切除, 测量椎间隙高度, 当椎间隙高度大于 0.5 cm 时, 将切下的大块 HV 自体骨修剪塑形后原位回植于椎间隙, 实现前方支撑和椎间植骨融合。再将剩余骨粒用于后方椎板间植骨。对照组在 HV 切除后仅行后方椎板间植骨融合。

观察组手术流程: 患儿全身麻醉后, 俯卧于手术台上, 常规连接术中神经电生理监测设备。于脊柱后正中切口入路, 沿中线切开, 骨膜下剥离肌肉

表 1 两组半椎体畸形患儿一般资料对比

Table 1 Comparison of general profiles of two groups

分组	性别(例)		年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	身高 ( $\bar{x} \pm s$ , cm)	体重 ( $\bar{x} \pm s$ , kg)	BMI ( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	半椎体分布(例)	
	男	女					胸椎	腰椎
试验组	15	20	4.9 ± 2.3	106.9 ± 13.9	23.9 ± 7.2	17.3 ± 2.4	6	29
对照组	13	22	5.1 ± 2.1	105.6 ± 13.9	25.0 ± 6.2	18.1 ± 2.6	8	27
$\chi^2/t$ 值	$\chi^2 = 0.238$		$t = -0.375$	$t = 0.409$	$t = -0.617$	$t = -0.669$	$\chi^2 = 0.357$	
P 值	0.626		0.709	0.684	0.540	0.506	0.550	

注 BMI: 身体质量指数

软组织,充分暴露半椎体和相邻拟固定节段,同样充分暴露胸椎节段凸侧肋骨头,置入椎弓根螺钉(图 1A),使用咬骨钳和超声骨刀切除后方附件结构(包括棘突、横突、椎板、上下关节突关节)。若半椎体位于胸椎节段,则凸侧肋骨头同样需要切断。沿半椎体椎弓根上下缘,用超声骨刀向半椎体椎体前缘方向截骨(图 1B、图 1E)。经此方法可将半椎体近乎完整切除,随后将切除的大块半椎体自间隙撬出(图 1C)。残留的终板软骨和椎间盘组织用刮匙或咬骨钳仔细清理。截骨操作应尽可能仔细,保护好神经根和硬膜。半椎体对侧的软组织同样也需清理切除;逐步加压椎弓根螺钉,直至头尾端双侧螺钉平行,以矫正和恢复冠状面序列(图 1D、图 1F)。测量截骨间隙高度和深度,结合测量结果将大块自体骨修剪塑形至合适大小和高度,经后外侧入路回植入截骨间隙。将剩余骨碎块(来源于切除的后方附件)去皮质化后植入后方椎板间隙,完成后方植骨融合。患儿术后常规佩戴支具至少 1 个月,术后 3~5 d 在支具保护下适当地活动。

### 三、评价指标

#### (一) 手术及住院指标

包括手术时间、术中出血量、住院日等。

#### (二) 全脊柱 X 线测量指标

包括患儿术前、术后 1 个月及末次随访时影像学参数。

#### 1. 主弯 Cobb 角: 沿上端椎的上终板和下端椎

的下终板各画一条直线,两线夹角或其垂直线的夹角即主弯 Cobb 角。

2. 近端或远端代偿弯角度: 由半椎体畸形导致的近端或远端脊柱形成的继发性侧弯角度(Cobb 角)。

3. 冠状面平衡: 即第 7 颈椎铅垂线(C7 plumb line, C7PL)与骶骨中垂线(center sacral vertical line, CSVL)的垂直距离(C7PL-CSVL)。C7PL 为经第 7 颈椎椎体中点垂直向下的直线; CSVL 为经第 1 骶椎上缘中点垂直于水平地面方向向上的直线。

4. 冠状面骶骨倾斜角(coronal sacral slanting, CSS): 冠状面骶 1 终板与水平线的夹角。

5. 冠状面骨盆倾斜角: 骨盆双侧髂脊顶点连线与水平线的夹角。

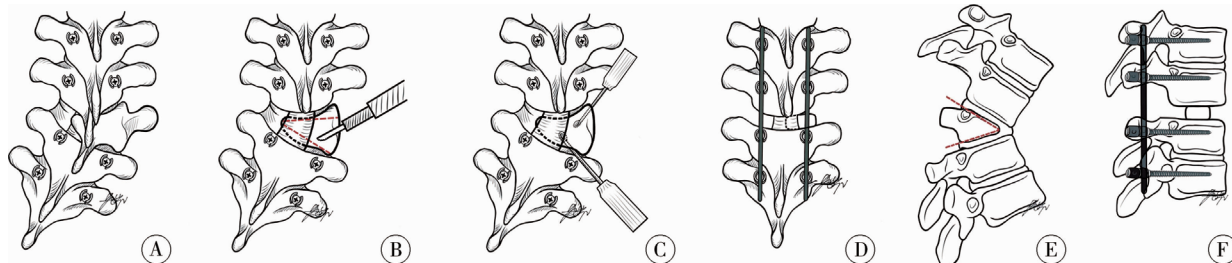
6. 节段性后凸角: 半椎体相邻上下节段使用 Cobb 法测量后凸角度。

7. 胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK): 第 5 胸椎椎体上终板和第 12 胸椎椎体下终板所形成的角度(Cobb 角)。

8. 胸腰段后凸角(thoracolumbar kyphosis, TLK): 第 10 胸椎椎体上终板和第 2 腰椎椎体下终板所形成的角度(Cobb 角)。

9. 矢状面平衡: 沿第 7 颈椎中点作一与水平面垂直的直线,该直线与第 1 骶椎后上角垂线的相对距离。

#### 10. 腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL): 矢状面



注 A: 后路椎弓根螺钉置入; B、E: 使用超声骨刀经后路沿半椎体椎弓根的上下边缘,向椎体前缘方向进行截骨; C: 将切除的大块半椎体自间隙撬出; D、F: 以凸侧加压的方式矫正恢复冠状面及矢状面序列,并行椎间大块原位植骨

图 1 半椎体大块切除原位椎间植骨融合技术流程示意图

Fig. 1 Surgical procedures for autologous bone grafting in situ of HV resection

第 1 腰椎椎体上终板和第 1 骶椎上终板所形成的角度 (Cobb 角)。

### (三) 全脊柱 CT 检查

术后 12 个月复查全脊柱 CT, 评估患儿脊柱椎间融合情况。采用以下标准对椎间融合进行评价: 1 级为完全融合, 骨小梁清晰可见, 且骨小梁与上下终板连接, 有明显骨重塑征象 (100%); 2 级为坚强融合, 融合区域超过骨桥和骨小梁的 75%; 3 级可能没有坚强融合, 终板有局限骨桥; 4 级为未融合, 有连续或完全的裂隙, 裂隙边缘硬化, 骨桥不连续。1 级和 2 级融合为融合满意, 3 级和 4 级融合为融合不满意。

### (四) 安全性指标

记录围手术期及随访期间出现的各种并发症情况, 如螺钉切割、内固定失效、硬膜损伤、胸腔积液、气胸、神经损伤、血管损伤、新发或神经损害加重、感染 (切口及深部感染)、血肿 (表浅和深部血肿) 等。

### 四、统计学处理

采用 SPSS 26.0 进行统计学分析。计量资料使用 Shapiro-Wilk 法进行正态性检验。对服从正态分布的计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示。采用独立样本  $t$  检验对各参数进行比较,  $P < 0.05$  为差异有统计学

意义。

## 结 果

两组患儿手术时间、住院日及术中出血量差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 术中神经电生理监测无信号异常, 见表 2。

两组患儿术前冠状面指标如主弯 Cobb 角、近端代偿弯角度、远端代偿弯角度、冠状面平衡、骶骨倾斜角、骨盆倾斜角差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 矢状面指标如节段性后凸角、胸椎后凸角、胸腰段后凸角、矢状面平衡、腰椎前凸角、骶骨倾斜角差异亦无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 3。

两组术后冠状面指标均较术前明显改善, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 两组之间术后 1 个月及末次随访时各项数据差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 4。

组间比较发现, 末次随访时两组除主弯 Cobb 角外, 各项冠状面指标差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后 1 个月时观察组和对照组主弯 Cobb 角矫正率分别为 84.1% 和 84.0%, 近端代偿弯自发矫正率分别为 63.1% 和 60.1%, 远端代偿弯自发矫正率分别为 76.8% 和 69.5%, 差异均无统计学意义

表 2 两组半椎体畸形患儿手术及住院指标对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of surgical and hospitalization parameters between two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

分组	手术时间 (min)	住院日 (d)	术中失血量 (mL)
观察组 ( $n = 35$ )	172.0 $\pm$ 42.2	14.2 $\pm$ 0.7	304.8 $\pm$ 163.0
对照组 ( $n = 35$ )	165.9 $\pm$ 54.5	14.0 $\pm$ 1.1	280.1 $\pm$ 151.3
$t$ 值	0.601	0.936	0.655
$P$ 值	0.550	0.352	0.515

表 3 两组半椎体畸形患儿术前冠状面和矢状面指标对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of preoperative coronal and sagittal plane parameters between two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

分组	冠状面指标					
	主弯 Cobb 角(°)	近端代偿弯(°)	远端代偿弯(°)	冠状面平衡(mm)	骶骨倾斜角(°)	骨盆倾斜角(°)
观察组( <i>n</i> = 35)	31.6 ± 8.2	14.9 ± 7.7	16.8 ± 5.7	13.2 ± 8.5	4.3 ± 2.9	3.2 ± 2.5
对照组( <i>n</i> = 35)	33.0 ± 8.9	14.8 ± 7.1	19.0 ± 7.1	12.6 ± 6.9	4.8 ± 3.0	2.9 ± 1.6
<i>t</i> 值	-0.681	0.056	-1.432	0.300	-0.698	0.793
<i>P</i> 值	0.498	0.956	0.157	0.765	0.488	0.431

分组	矢状面指标				
	节段性后凸角(°)	胸椎后凸角(°)	胸腰段后凸角(°)	矢状面平衡(mm)	腰椎前凸(°)
观察组( <i>n</i> = 35)	10.4 ± 14.9	19.9 ± 9.6	7.9 ± 4.7	11.1 ± 5.7	37.0 ± 15.9
对照组( <i>n</i> = 35)	12.4 ± 12.6	22.0 ± 9.4	9.0 ± 5.6	10.6 ± 5.8	38.9 ± 21.0
<i>t</i> 值	-0.648	-0.812	-0.812	0.292	-0.449
<i>P</i> 值	0.521	0.383	0.419	0.771	0.655



表 4 两组半椎体畸形患儿手术前后冠状面指标对比( $\bar{x} \pm s$ )Table 4 Comparison of perioperative coronal plane parameters between two groups( $\bar{x} \pm s$ )

时间点	观察组					
	主弯 Cobb 角(°)	近端代偿弯(°)	远端代偿弯(°)	冠状面平衡(mm)	骶骨倾斜角(°)	骨盆倾斜角(°)
术前	31.6 ± 8.6	14.9 ± 7.1	16.8 ± 5.9	13.2 ± 8.6	4.3 ± 3.0	3.3 ± 2.5
术后 1 个月	5.0 ± 3.2	5.5 ± 4.6	3.9 ± 2.5	7.8 ± 5.5	2.8 ± 1.0	1.6 ± 0.9
末次随访	5.6 ± 3.6	5.8 ± 4.5	4.1 ± 2.7	5.7 ± 3.4	3.2 ± 1.1	1.8 ± 0.8
$P_1$ 值	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	0.005	<0.001
$P_2$ 值	0.560	0.811	0.855	0.030	0.170	0.316

时间点	对照组					
	主弯 Cobb 角(°)	近端代偿弯(°)	远端代偿弯(°)	冠状面平衡(mm)	骶骨倾斜角(°)	骨盆倾斜角(°)
术前	32.9 ± 8.9	14.8 ± 7.1	19.0 ± 7.1	12.6 ± 6.8	4.7 ± 3.0	2.9 ± 1.6
术后 1 个月	5.3 ± 2.7 <sup>a</sup>	5.9 ± 3.6 <sup>a</sup>	5.8 ± 3.7 <sup>a</sup>	8.9 ± 5.7 <sup>a</sup>	2.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.7 <sup>a</sup>
末次随访	8.0 ± 4.2 <sup>b</sup>	6.5 ± 3.6 <sup>a</sup>	6.7 ± 4.9 <sup>a</sup>	5.8 ± 3.2 <sup>a</sup>	2.5 ± 1.1 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.8 <sup>a</sup>
$P_1$ 值	<0.001	<0.001	<0.001	0.028	<0.001	<0.001
$P_2$ 值	0.274	0.556	0.390	0.013	0.251	0.303

注  $P_1$  值:术后 1 个月与术前相比;  $P_2$  值:末次随访与术后 1 个月相比; <sup>a</sup>:两组相比差异无统计学意义; <sup>b</sup>:两组相比差异有统计学意义

( $P > 0.05$ )。末次随访时,观察组和对照组主弯 Cobb 角矫正率分别为 82.2% 和 75.6%,近端代偿弯自发矫正率分别为 61.0% 和 56.1%,远端代偿弯自发矫正率分别为 75.6% 和 64.7%。虽然末次随访时两组患儿矫正率均有丢失,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。值得注意的是,观察组和对照组末次随访时主弯 Cobb 角丢失分别为  $0.6^\circ \pm 1.7^\circ$  和  $2.7^\circ \pm 2.9^\circ$ ,对照组明显高于观察组( $t = 5.779, P < 0.001$ )。

两组患儿术后矢状面指标较术前均明显改善,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );胸椎后凸角与术前相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。组内比较显

示:与术后 1 个月相比,末次随访时,两组患儿矢状面指标有所降低,但两组上述指标在两次随访时间点上的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 5。

组间比较发现,术后 1 个月时除腰椎曲度外,两组各项矢状面指标差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),末次随访时两组患儿除节段性后凸角度外,各项矢状面指标差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。术后 1 个月时,观察组和对照组节段性后凸角矫正率分别为 71.1% 和 74.2%,差异无统计学意义( $t = 0.415, P = 0.680$ )。末次随访时,观察组和对照组节段性后凸角矫正率分别为 65.4% 和 58.4%,差异无统计学意义( $t = 0.937, P = 0.367$ )。观察组和对

表 5 两组半椎体畸形患儿手术前后矢状面指标对比

Table 5 Comparison of perioperative sagittal plane parameters between two groups

时间点	观察组				
	节段性后凸角(°)	胸椎后凸角(°)	胸腰段后凸角(°)	矢状面平衡(mm)	腰椎前凸(°)
术前	10.4 ± 14.9	19.9 ± 9.6	7.9 ± 4.7	11.1 ± 5.7	37.0 ± 15.9
术后 1 个月	3.0 ± 3.2	22.6 ± 12.1	4.3 ± 3.7	6.9 ± 5.4	45.1 ± 12.0
末次随访	3.6 ± 4.1	26.7 ± 16.1	5.6 ± 3.1	4.3 ± 2.2	48.3 ± 17.7
$P_1$ 值	<0.001	0.442	0.035	<0.001	<0.001
$P_2$ 值	0.233	0.195	0.301	0.149	0.190

时间点	对照组				
	节段性后凸角(°)	胸椎后凸角(°)	胸腰段后凸角(°)	矢状面平衡(mm)	腰椎前凸(°)
术前	12.4 ± 12.6	22.0 ± 9.4	9.0 ± 5.6	10.6 ± 5.8	38.9 ± 21.0
术后 1 个月	3.2 ± 3.7 <sup>a</sup>	25.8 ± 14.4 <sup>a</sup>	5.3 ± 4.2 <sup>a</sup>	7.4 ± 5.6 <sup>a</sup>	-42.1 ± 21.2 <sup>b</sup>
末次随访	6.4 ± 4.4 <sup>b</sup>	28.6 ± 13.5 <sup>a</sup>	7.1 ± 4.5 <sup>a</sup>	4.2 ± 3.6 <sup>a</sup>	-47.9 ± 19.2 <sup>a</sup>
$P_1$ 值	<0.001	0.433	0.011	<0.001	0.005
$P_2$ 值	0.056	0.217	0.161	0.090	0.069

注  $P_1$  值:术后 1 个月与术前相比;  $P_2$  值:末次随访与术后 1 个月相比; <sup>a</sup>:两组相比差异无统计学意义; <sup>b</sup>:两组相比差异有统计学意义

照组末次随访时节段性后凸角度丢失分别为( $0.6 \pm 2.2$ )°和( $3.2 \pm 3.9$ )°,对照组明显高于观察组,差异有统计学意义( $t = 5.839, P < 0.001$ )。

全脊柱 CT 评估融合情况术后 12 个月复查脊柱 CT, 观察组达到椎间融合满意标准(1 级或 2 级融合)的患儿比例为 97.1% (33/35), 对照组为 80.0% (28/35), 两组达到椎间融合满意标准的患儿比例差异无明显统计学意义( $\chi^2 = 3.188, P = 0.074$ )。观察组和对照组达到 1 级椎间融合标准的患儿比例分别为 68.6% (24/35) 和 28.6% (10/35), 观察组明显高于对照组, 差异有统计学意义( $\chi^2 = 11.209, P < 0.001$ )。对照组患儿椎间融合效果略差, 但后方椎板均达到骨性融合。典型病例见图 2。

患儿均顺利完成手术, 围手术期及随访期间无一例发生螺钉切割、内固定失效、硬膜损伤、气胸、神经损伤、血管损伤、感染(切口及深部感染)、血肿(表浅和深部血肿)等并发症, 无一例发生近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)和远端附加现象(adding-on)。观察组和对照组分别有 1 例和 2 例术后代偿弯自发矫正不满意, 均于术后长期佩戴矫形支具, 侧后凸控制可。

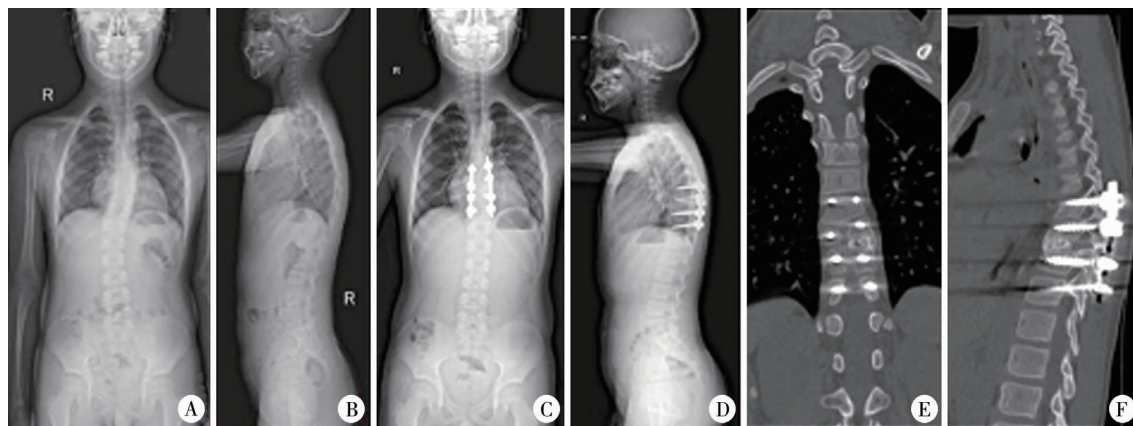
## 讨 论

通常脊柱手术后内固定相关并发症是骨科医师最关注的问题。既往研究表明, 传统后路 HV 切除术后内固定失败的发生率并不低, 总体发生率为 3.6%~17.9%<sup>[5-8]</sup>。包括椎弓根螺钉松动断裂、椎弓根骨折、螺钉切割或拔出、断棒等。Wang 等<sup>[9]</sup>认为传统 HV 切除术后内固定相关并发症与前方支撑

不足或前中柱融合不良相关。因此, 我们尝试改进 HV 切除技术, 将切除的大块半椎体骨作为自体骨进行原位植骨融合。研究结果表明, 本组患儿在脊柱畸形矫正和前中柱椎间融合方面效果良好。

由于接受 HV 切除术的患儿年龄普遍较小, 具有椎体骨质密度低、椎弓根直径小、椎弓根螺钉把持力相对较弱等特点<sup>[1]</sup>。若 HV 切除后截骨间隙得不到支撑, 患儿术后站立时椎弓根螺钉将相应承受更大的应力。Ruf 等<sup>[8]</sup>报道了后路 HV 切除术后 3 例发生椎弓根骨折(3/41, 7.3%), 认为导致椎弓根骨折的原因是由于凸侧椎弓根螺钉承受了过大的应力负荷, 遂行翻修手术延长融合段以分散螺钉异常应力。此外, 其他内固定相关并发症, 如螺钉松动、椎弓根螺钉断裂、螺钉拔出、断棒等, 都与螺钉和棒的异常应力负荷有关。通过前方大块骨的支撑重建, 可以有效分散椎弓根螺钉的应力负荷, 从而减少内固定相关并发症的发生。同样, HV 切除经过加压矫形后, 间隙往往无法完全闭合, 特别是在胸腰段和腰段区域。强行闭合截骨间隙会增加椎弓根螺钉的应力负荷, 导致内固定失败的风险增加。因此, 前方支撑可以有效减少内固定并发症。

对于严重节段性后凸畸形, 前柱的支撑有利于重建前凸或矫正后凸畸形<sup>[9]</sup>。之前的研究发现, 在针对儿童脊柱后凸的新型分型系统中 III 型和 V 型先天性后凸畸形在矫形手术中有必要行前路支撑<sup>[10]</sup>。儿童椎弓根的骨质无法承受较大的剪切力, 导致严重节段性后凸矫正效果较差。既往研究表明, 节段性后凸矫正率为 51.8%~70.1%, 效果并不理想<sup>[4,8,11-14]</sup>。有学者提出, HV 切除术后残留更大节段性后凸角度, 是发生 PJK 的独立危险因素<sup>[15-16]</sup>。



注 A, B: 术前正侧位全脊柱 X 线片提示第 9 胸椎节段半椎体畸形; C, D: 术后 1 个月全脊柱正侧位 X 线片见侧凸矫正效果良好; E, F: 术后 12 个月复查全脊柱 CT, 冠状位及矢状位均显示椎间植骨融合效果满意

图 2 1 例 9 岁男性先天性脊柱侧凸患儿行后半椎体切除矫形内固定植骨融合术前后影像资料

Fig.2 HV resection and pedicle screw fixation for a 9-year-old boy with congenital scoliosis

因此,为预防术后 PJK 的发生,在矫形过程中应尽可能恢复异常的矢状位序列。使用大块自体骨进行前方重建时,可一定程度上作为前方支点,有助于提高后凸矫正的效果。这样维持后凸矫正的应力更加分散,有利于矫正效果的维持,防止后凸矫正于术后损失。在本研究中,两组患儿术后 1 个月冠状面和矢状面各项指标较术前均明显改善,末次随访时,矢状位及冠状位影像参数角度均有丢失。观察组和对照组末次随访时主弯 Cobb 角丢失分别为 $(0.6 \pm 1.4)^\circ$ 和 $(2.7 \pm 2.9)^\circ$ ,对照组明显高于观察组( $t = 5.779, P < 0.001$ ),可能与以下因素有关:①后路半椎体切除联合自体骨移植前路结构重建能够提高畸形矫正的稳定性,减少螺钉应力,避免或减少内固定移位;②前后路联合植骨能够增加植骨融合范围,提高了融合概率,促进早期融合,有助于维持畸形的矫正。与此类似,对于矢状位上节段性后凸角,对照组丢失也明显高于观察组( $t = 5.839, P < 0.001$ )。

前中柱融合对矫正脊柱畸形起着至关重要的作用。Shi 等<sup>[17]</sup>报道了 3 例 HV 切除术后因截骨间隙闭合不全而导致后方假关节形成的病例。通常截骨矫形后截骨间隙应尽可能闭合。但由于半椎体相邻节段的上下终板存在切迹,骨面闭合接触后往往在此形成支点,骨接触面积有限,因此椎间融合效率不高。HV 大块自体骨块不仅填充了截骨间隙,而且增加了植骨床的接触面积,因此,从理论上前中柱融合率相应增加。但遗憾的是,很少有研究关注 HV 切除术后椎间融合的情况。本研究中,术后随访 CT 证实前方融合率满意,尤其对于 1 级椎间融合,大块自体骨技术具有明显优势。

为了提高矫正效果并降低内固定相关并发症的发生率,有学者在 HV 切除后通过椎间植入支撑材料进行前路重建。Chen 等<sup>[16]</sup>使用椎间融合器对 7 名儿童进行前方重建支撑,提出椎间融合器适用于加压矫形后残留截骨间隙大于 5 mm 的情况。2017 年, Wang 等<sup>[9]</sup>对 18 例接受 HV 切除术的患儿,使用钛网进行截骨间隙填充支撑,矫正效果良好。在他们的研究中,无一例内固定失败及相关并发症发生。与椎间融合器或钛网相比,大块自体骨可以避免额外的内植物使用及额外的手术器械成本,同时可以减少排斥效应。此外,大块骨具有更大的植骨床接触面积,理论上更利于植骨融合。除此之外,还可以对大块骨进行任意形状和大小的修剪与塑形,从而更好地匹配填充截骨间隙。在我们

的研究中,尽管观察组额外增加了大块自体骨修剪和原位植骨的操作步骤,但因步骤相对简单,与对照组相比,总体手术时间和术中出血量并未发现明显差异。因此,大块自体骨植骨融合技术更适合 HV 切除术后前方重建,值得在 HV 切除手术中推广应用。

综上,大块自体骨原位椎间植骨融合技术可以通过前方骨块支撑和重建,获得满意的椎间融合和满意的矫正效果,尤其对于腰椎前凸角度的重建,优势明显。同时由于前方椎间支撑和融合,从长期来看,更有利于术后矫形效果的维持,避免矫形角度的过多丢失。然而,我们研究的病例数量仍然较少,随访时间尚短,后期将继续扩大样本队列,并计划开展多中心前瞻性研究,以更好地比较大块自体骨原位植骨融合技术在 HV 切除术中前方重建融合的效果。此外,患儿末次随访时间并未达到骨骼系统发育成熟,后续将继续进行密切随访,特别是青春期中枢生长发育高峰期的随访。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 郭东、罗焱中、张学军负责论文设计;郭东、罗焱中、侯昊负责数据收集与分析;郭东、罗焱中负责论文结果撰写;郭东、罗焱中、刘昊楠、姚子明负责论文讨论分析;芮岩负责插图绘制;张学军负责对论文知识性内容进行审阅

## 参 考 文 献

- [1] Bao BX, Yan H, Tang JG. A review of the hemivertebrae and hemivertebra resection[J]. Br J Neurosurg, 2022, 36(5): 546-554. DOI:10.1080/02688697.2020.1859088.
- [2] Winter RB, Moe JH, Lonstein JE. Posterior spinal arthrodesis for congenital scoliosis. An analysis of the cases of two hundred and ninety patients, five to nineteen years old[J]. J Bone Joint Surg Am, 1984, 66(8): 1188-1197.
- [3] Ruf M, Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation: early correction in children aged 1 to 6 years[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(18): 2132-2138. DOI:10.1097/01.BRS.0000084627.57308.4A.
- [4] Ruf M, Harms J. Hemivertebra resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(10): 1116-1123. DOI:10.1097/00007632-200205150-00020.
- [5] Basu S, Tikoo A, Malik FH, et al. Single and multiple level one stage posterior hemivertebrectomy and short segment fixation: experience with 22 cases and comparison of single vs. multilevel procedures with minimum 2-year follow-up[J]. Asian Spine J, 2016, 10(3): 422-429. DOI:10.4184/asj.2016.10.3.422.
- [6] Guo J, Zhang J, Wang S, et al. Surgical outcomes and complications of posterior hemivertebra resection in children younger than 5 years old[J]. J Orthop Surg Res, 2016, 11(1): 48. DOI:10.1186/s13018-016-0381-2.
- [7] Wang SR, Zhang JG, Qiu GX, et al. Posterior hemivertebra resection with bisegmental fusion for congenital scoliosis: more than 3



- year outcomes and analysis of unanticipated surgeries [J]. Eur Spine J, 2013, 22 (2): 387-393. DOI: 10. 1007/s00586-012-2577-4.
- [8] Ruf M, Jensen R, Letko L, et al. Hemivertebra resection and osteotomies in congenital spine deformity [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34 (17): 1791-1799. DOI: 10. 1097/BRS. 0b013e3181ab6290.
- [9] Wang S, Zhang J, Qiu G, et al. Posterior-only hemivertebra resection with anterior structural reconstruction with titanium mesh cage and short segmental fusion for the treatment of congenital scoliotyphosis: the indications and preliminary results [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2017, 42 (22): 1687-1692. DOI: 10. 1097/BRS. 0000000000002197.
- [10] Yao Z, Guo D, Zhang X, et al. Proposal for a treatment-oriented classification system for congenital kyphosis in children [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2022, 47 (15): 1071-1076. DOI: 10. 1097/BRS. 0000000000004304.
- [11] Zhang J, Shengru W, Qiu G, et al. The efficacy and complications of posterior hemivertebra resection [J]. Eur Spine J, 2011, 20 (10): 1692-1702. DOI: 10. 1007/s00586-011-1710-0.
- [12] Aydogan M, Ozturk C, Tezer M, et al. Posterior vertebrectomy in kyphosis, scoliosis and kyphoscoliosis due to hemivertebra [J]. J Pediatr Orthop B, 2008, 17 (1): 33-37. DOI: 10. 1097/01. bpb. 0000218031. 75557. 0.
- [13] Crostelli M, Mazza O, Mariani M. Posterior approach lumbar and thoracolumbar hemivertebra resection in congenital scoliosis in children under 10 years of age: results with 3 years mean follow up [J]. Eur Spine J, 2014, 23 (1): 209-215. DOI: 10. 1007/s00586-013-2933-z.
- [14] Basu S, Tikoo A, Malik FH, et al. Single and Multiple Level One Stage Posterior Hemivertebrectomy and Short Segment Fixation: Experience with 22 Cases and Comparison of Single vs. Multilevel Procedures with Minimum 2-Year Follow-Up [J]. Asian Spine J, 2016, 10 (3): 422-429. DOI: 10. 4184/asj. 2016. 10. 3. 422.
- [15] Wang Y, Kawakami N, Tsuji T, et al. Proximal junctional kyphosis following posterior hemivertebra resection and short fusion in children younger than 10 years [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30 (4): E370-E376. DOI: 10. 1097/BSD. 0000000000000245.
- [16] Chen X, Xu L, Qiu Y, et al. Incidence, risk factors, and evolution of proximal junctional kyphosis after posterior hemivertebra resection and short fusion in young children with congenital scoliosis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43 (17): 1193-1200. DOI: 10. 1097/BRS. 0000000000002593.
- [17] Shi ZC, Li Q, Cai B, et al. Causes of the failure and the revision methods for congenital scoliosis due to hemivertebra [J]. Congenit Anom (Kyoto), 2015, 55 (3): 150-154. DOI: 10. 1111/cga. 12107.
- (收稿日期: 2023-09-05)

**本文引用格式:** 郭东, 罗焱中, 侯昊, 等. 大块自体骨原位椎间植骨融合技术在儿童半椎体切除术中的应用研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2023, 22 (10): 948-955. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202309009-009.

**Citing this article as:** Guo D, Luo YZ, Hou H, et al. Autologous bone graft in situ as anterior reconstruction after posterior hemivertebra resection for congenital kyphoscoliosis [J]. J Clin Ped Sur, 2023, 22 (10): 948-955. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202309009-009.

## · 编读往来 ·

## 论著文章中英文摘要的书写要求

摘要(文摘)是科技论文的重要组成部分。根据 GB6447-86 的定义,摘要是以提供文献内容梗概为目的,不加评论和解释,简明扼要地记述文献重要内容的短文。摘要应具自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。它的详简程度取决于文献的内容。通常中文摘要以不超过 500 字为宜,英文摘要应与中文摘要在内容及数据上保持一致。摘要应以第三人称的语气书写。英文摘要要求语法正确,用词准确。

摘要的内容应包括四个要素,即目的、方法、结果、结论。①目的:指研究的前提和起缘,即为什么要作此项研究。②方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。③结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新、切实可行的成果。④结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。有的可指出实用价值和推广价值,如有特殊的、例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。

此外,中、英文摘要下均应写出关键词(key words)3~8 个。关键词应是精选的能代表文章主要内容的词,采用便于读者选读、检索和编制的二次文献的规范化主题词。应尽可能根据《医学索引》(Index Medicus)中的医学主题词表(MeSH)中的词条标注。

中文摘要书写格式:

[摘要]目的……。方法……。结果……。结论……。

[关键词](3~8 个)。

英文摘要具体书写格式:

[Abstract] Objective……。 Methods……。 Results……。 Conclusions……。

[Key Words](3~8 个)