

· 专题 · 儿童骨科多中心临床研究 ·

一期后路半椎体切除短节段融合术治疗
先天性半椎体畸形的多中心研究

全文二维码

黄琦¹ 徐江龙¹ 宿玉玺² 叶卫华³ 唐欣⁴ 陈顺有⁵ 周治国⁶ 赵占波¹ 付桂兵¹
唐盛平¹¹ 深圳市儿童医院骨科, 深圳 518026; ² 重庆医科大学附属儿童医院骨科, 重庆 400015; ³ 湖南省儿童医院骨科, 长沙 410007; ⁴ 华中科技大学同济医学院附属协和医院小儿骨科, 武汉 430022; ⁵ 福州市第二总医院小儿骨科, 福州 350007; ⁶ 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院骨科, 武汉 430010

通信作者: 徐江龙, Email: xjl0604@126.com

【摘要】 目的 采用多中心研究方案, 评价一期后路半椎体切除、短节段融合术治疗先天性半椎体畸形的效果。 **方法** 本研究为回顾性研究, 参与单位包括深圳市儿童医院等 6 个医疗中心。2016 年 5 月至 2021 年 3 月 6 个医疗中心共采用手术治疗单个胸椎或腰椎半椎体畸形所致先天性脊柱侧凸患儿 35 例, 随访时间均在 2 年以上, 均采用后路一期半椎体切除、短节段固定融合术。收集所有患儿一般资料, 测量术前、术后及末次随访时冠状面主弯 Cobb 角、头侧代偿弯、尾侧代偿弯、冠状面平衡和矢状面节段性后凸角度以及并发症情况, 评价手术效果。 **结果** 35 例患儿中, 男 18 例, 女 17 例, 其中半椎体位于第 2 至第 10 胸椎者 10 例, 位于第 11 胸椎至第 2 腰椎者 17 例, 位于第 3 至第 5 腰椎者 8 例。平均固定融合 2.4 个脊柱节段, 手术年龄(4.5 ± 2.6) 岁, 随访时间(42.6 ± 17.6) 个月; 冠状面主弯 Cobb 角: 术前为(37.6 ± 9.0)°, 术后为(9.0 ± 6.4)°, 末次随访时为(13.3 ± 11.1)°。术后畸形矫正率为 76.1%, 末次随访时畸形矫正率为 64.6%。头、尾侧代偿弯自行矫正率分别为 44.4% 和 57.1%, 节段性后凸矫正率为 37.2%。术后及末次随访时的主弯、头侧代偿弯、尾侧代偿弯及节段性后凸角度与术前相比, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。并发症: 椎弓根切割 4 例(11.4%, 4/35), 畸形进展 3 例(8.6%, 3/35), 感染 1 例(2.9%, 1/35), 无一例神经系统并发症。 **结论** 后路一期半椎体切除、短节段融合术治疗单个胸椎或腰椎半椎体畸形所致先天性脊柱侧凸安全有效, 能直接去除致畸原因, 保留脊柱生长与活动功能, 但需重点关注和积极预防椎弓根切割、畸形进展等术后并发症。

【关键词】 脊柱侧凸, 先天性; 椎板切除术; 脊柱融合术; 治疗结果; 多中心研究**基金项目:** 广东省高水平医院建设专项经费(粤府办[2021]6 号); 深圳市“医疗卫生三名工程”项目资助(SZSM202011012)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202405076-004

Efficacy of one-stage posterior hemivertebrectomy and short segment fusion for congenital hemivertebra malformations: a multicenter clinical studyHuang Qi¹, Xu Jianglong¹, Su Yuxi², Ye Weihua³, Tang Xin⁴, Chen Shunyou⁵, Zhou Zhiguo⁶, Zhao Zhanbo¹, Fu Guibing¹, Tang Shengping¹¹ Department of Orthopedics, Municipal Children's Hospital, Shenzhen 518026, China; ² Department of Orthopedics, Children's Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400015, China; ³ Department of Orthopedics, Hunan Children's Hospital, Changsha 410007, China; ⁴ Department of Pediatric Orthopedics, Affiliated Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430022, China; ⁵ Department of Pediatric Orthopedics, Affiliated Second Municipal Hospital, Xiamen University, Fuzhou 350007, China; ⁶ Department of Orthopedics, Wuhan Children's Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430010, China

Corresponding author: Xu Jianglong, Email: xjl0604@126.com

【Abstract】 Objective To evaluate the efficacy of one-stage posterior hemivertebrectomy and short segment fusion for congenital hemivertebra deformity in children at multiple medical centers. **Methods** This retrospective study included 35 children with single-level thoracic or lumbar hemivertebra who undergoing one-stage posterior hemivertebrectomy and short segment fusion at six medical centers between May 2016 and March 2021. The follow-up period was at least 2 years. General profiles, measurements of coronal main curve Cobb angle, proximal compensatory curve, distal compensatory curve, coronal balance, sagittal segmental kyphosis angle and complications were recorded at preoperation, postoperation and final follow-up visits for evaluating surgical outcomes. **Results** There were 18 boys and 17 girls with hemivertebra in T2 – 10 ($n = 10$), T11 – L2 ($n = 17$) and L3 – 5 ($n = 8$). Average number of fused segments was 2.4. Operative age was (4.5 ± 2.6) year and follow-up period (42.6 ± 17.6) month. Preoperative coronal main curve Cobb angle was ($37.6^\circ \pm 9.0^\circ$), postoperative angle ($9.0^\circ \pm 6.4^\circ$) and final follow-up angle ($13.3^\circ \pm 11.1^\circ$). Correction rates at postoperation and final follow-up were 76.1% and 64.6%. Correction rates of proximal compensatory curve and distal compensatory curve were 44.4% and 57.1%. Correction rate of segmental kyphosis was 37.2%. Significant differences existed in postoperation and final follow-up coronal main curve Cobb angles, proximal compensatory curve, distal compensatory curve and sagittal segmental kyphosis angle as compared with preoperative values ($P < 0.05$). Complications included pedicle cutting (11.4%, 4/35), deformity progression (8.6%, 3/35) and infection (2.9%, 1/35). No neurological complication was reported. **Conclusions** One-stage posterior hemivertebrectomy and short segment fusion are both safe and effective for treating single-level thoracic or lumbar hemivertebra deformities in children. This surgical approach directly addresses the underlying cause of deformity and preserves spinal growth and function. Nevertheless, meticulous cares and proactive preventions of postoperative complications, such as pedicle cutting and deformity progression, are necessary.

【Key words】 Scoliosis; Congenital; Laminectomy; Spinal Fusion; Treatment Outcome; Multicenter Studies as Topic

Fund program: Guangdong Provincial High-level Hospital Construction Project (YFB2021 – 6); Sanming Project of Medicine in Shenzhen Municipality (SZSM202011012)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202405076-004

半椎体是先天性脊柱侧凸(congenital scoliosis, CS)最常见的一种类型,是因半椎体不对称生长而导致的脊柱畸形,常伴随脊柱生长发育而逐渐加重^[1]。对于畸形进展的半椎体患者,多数学者主张早期采取手术治疗,以避免畸形加重,增加治疗难度,影响矫形效果^[2]。一期后路半椎体切除、短节段固定融合手术可以直接去除致畸因素,是矫治半椎体所致脊柱侧凸的主要手术方式,目前已逐渐在各医疗中心开展^[3]。本文就一期后路半椎体切除、短节段融合手术治疗先天性半椎体畸形进行多中心研究,探讨其治疗效果及相关并发症。

资料与方法

一、临床资料

回顾性分析 6 个医疗中心(深圳市儿童医院、重庆医科大学附属儿童医院、湖南省儿童医院、华中科技大学同济医学院附属协和医院、福州市第二总医院、华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医

院)于 2016 年 5 月至 2021 年 3 月采取手术治疗的半椎体畸形患儿临床资料。病例纳入标准:①年龄 14 岁以下的单个胸椎或腰椎半椎体所致脊柱侧凸;②手术方式为一期后路半椎体切除、短节段(≤ 4 个脊椎)固定融合术;③随访时间不少于 2 年。排除标准:①合并双下肢不等长;②有脊柱手术史;③影像学资料不完整。本研究获得各个医疗中心伦理委员会审核批准:深儿医伦审 2024017 号,重庆医科大学附属儿童医院(2024 年)伦审第(50)号,湖南省儿童医院 HCHLL-2019-37,华中科技大学同济医学院附属协和医院[2019]伦审字(S1249 号),福州市第二总医院伦审 2024124,华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院伦审 2023R023-E01。患儿家属均知情并签署知情同意书。

二、手术过程

患儿全身麻醉完成后,俯卧于手术台上,腹部悬空,术中全程进行躯体感觉诱发电位和运动诱发电位监测。C 型臂定位半椎体位置,取背部正中手术切口,逐层切开骨膜下剥离软组织,充分显露半

椎体及邻近节段椎体棘突、椎板和关节突。双侧以定位针置于半椎体上下拟固定节段椎弓根内, C 型臂透视下准确定位, 置入椎弓根螺钉。使用咬骨钳或超声骨刀切除半椎体后方棘突、椎板、关节突及横突; 若为胸段半椎体, 还需切断与半椎体相连的肋骨头及近段肋骨, 同时注意避免损伤壁层胸膜。仔细分离并保护脊髓及神经根, 以双极电凝控制硬膜外出血, 以骨膜剥离器沿椎弓根剥离至半椎体外侧, 向内侧剥离显露脊髓, 用咬骨钳或超声骨刀沿半椎体椎弓根上下缘由外向内切除椎体, 用刮匙彻底清除相邻椎间盘和终板软骨, 并清理半椎体对侧椎间盘及软骨终板, 显露骨性终板。将椎弓根螺钉与预弯的钛棒相连, 于凸侧逐渐加压矫形以恢复冠状面序列, 闭合截骨间隙。于椎板去皮质后, 将剩余骨碎块植于融合节段后侧间隙, 必要时混合同种异体骨或人工骨加强植骨。患儿术后佩戴支具 3 ~ 6 个月, 分别于术后 3、6、12 个月及术后每年随访时拍摄站立位全脊柱 X 线片, 评估畸形矫正情况。

三、测量指标及方法

收集患儿性别、手术年龄、半椎体所在部位、手术固定节段数量、随访时间及术后并发症情况。影像学测量指标包括: 术前、术后 3 个月内及末次随访时主弯、头侧代偿弯、尾侧代偿弯、节段性后凸角度和冠状面平衡(即第 7 颈椎铅垂线偏离骶骨中垂线的水平距离)。所有数据由两名高年资脊柱外科主治医师共同测量, 取平均值用于统计学分析。

四、统计学处理

使用 SPSS 26.0 对数据进行统计分析。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 计数资料采用例数和百分比(%)表示; 术后及末次随访时各临床数据分别与术前采取配对 t 检验进行组间比较; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究 35 例患儿中, 深圳市儿童医院 9 例, 重

庆医科大学附属儿童医院 14 例, 湖南省儿童医院 5 例, 华中科技大学同济医学院附属协和医院 3 例, 福州市第二总医院 2 例, 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院 2 例; 男 18 例、女 17 例, 手术时年龄(4.5 ± 2.6) 岁(1.8 ~ 12.2 岁)。半椎体位于胸段(第 2 至第 10 胸椎) 10 例, 位于胸腰段(第 11 胸椎至第 2 腰椎) 17 例, 位于腰段(第 3 至第 5 腰椎) 8 例。完全分节型 24 例, 部分分节型 11 例。融合节段(2.4 ± 0.7) 个, 其中 27 例融合了 2 个节段, 3 例融合了 3 个节段, 5 例融合了 4 个节段。术后随访时间(42.6 ± 17.6) 个月(24 ~ 88 个月)。

术前冠状面侧弯 Cobb 角为(37.6 ± 9.0)°, 术后为(9.0 ± 6.4)°; 末次随访时 Cobb 角为(13.3 ± 11.1)°, 术后矫正率为 76.1%, 末次随访时矫正率为 64.6%; 头侧代偿弯术后矫正率 54.2%, 末次随访时矫正率 44.4%; 尾侧代偿弯术后矫正率 53.4%, 末次随访时矫正率 57.1%; 节段性后凸角度术后矫正率 40.0%, 末次随访时矫正率 37.2%; 术后及末次随访时主弯、头侧代偿弯、尾侧代偿弯及节段性后凸角度与术前相比, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。术后及末次随访时冠状面平衡与术前相比, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 见表 1。

并发症: 椎弓根切割 4 例(11.4%), 3 例行翻修手术, 1 例畸形较轻者予观察随访; 畸形进展 3 例(8.6%), 其中主弯加重 1 例, 代偿弯加重 1 例, 远端附加现象 1 例, 均佩戴支具得以控制; 感染 1 例(2.9%), 经抗感染、清创治疗后好转。无一例神经系统并发症。典型病例照片见图 1、图 2 和图 3。

讨 论

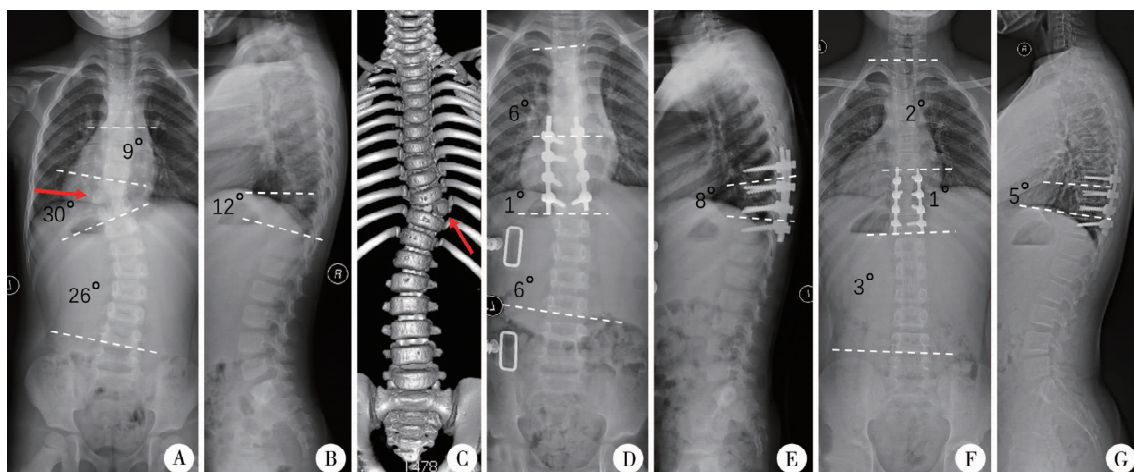
半椎体畸形是最常见的先天性脊柱侧凸, 根据 Winter 和 MacMaster 分型, 可分为完全分节型、部分分节型和未分节型, 其中完全分节型约占 65%^[4]。大多数半椎体畸形由于椎体两侧生长能力不对称, 导致脊柱畸形随着年龄增长而逐渐加重, 因此需要

表 1 半椎体畸形患儿冠状面及矢状面矫形效果($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Coronal and sagittal orthopedic outcomes in children of congenital hemivertebra deformity($\bar{x} \pm s$)

时间	主弯 Cobb 角(°)	头侧代偿弯(°)	尾侧代偿弯(°)	节段性后凸(°)	冠状面平衡(mm)
术前	37.6 ± 9.0	14.2 ± 7.3	16.1 ± 8.9	14.5 ± 11.1	8.6 ± 6.9
术后	9.0 ± 6.4	6.5 ± 4.5	7.5 ± 7.2	8.7 ± 8.3	7.2 ± 4.8
末次随访时	13.3 ± 11.1	7.9 ± 5.9	6.9 ± 6.6	9.1 ± 7.6	8.0 ± 7.0
t_1/t_2 值	15.307/10.072	5.158/3.802	4.090/4.494	2.297/1.845	0.894/0.332
P_1/P_2 值	$<0.001 / <0.001$	$<0.001 / <0.001$	$<0.001 / <0.001$	0.026/0.032	0.375/0.741

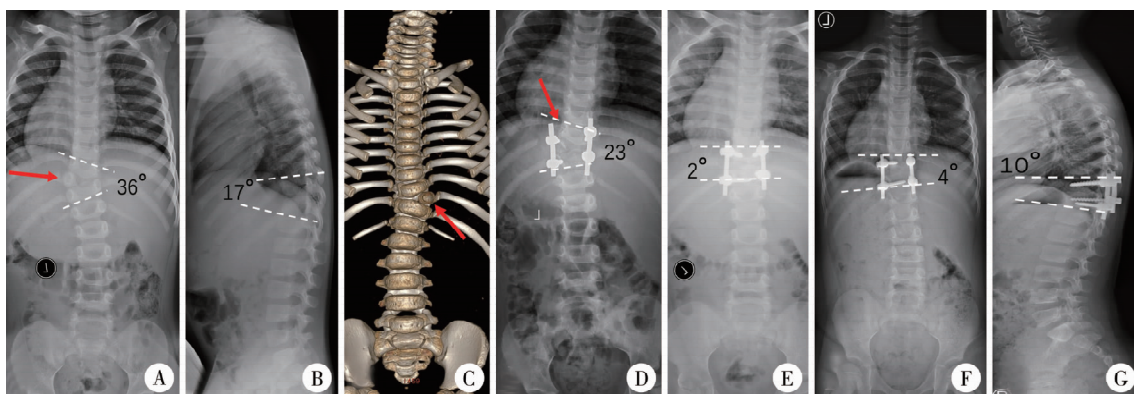
注 t_1/P_1 代表术后与术前相比结果; t_2/P_2 代表末次随访与术前相比结果



注 A、B:术前全脊柱正、侧位 X 线片,提示第 10 胸椎完全分节半椎体畸形(红色箭头所示),脊柱侧弯畸形明显; C、D:行后路一期半椎体切除短节段固定融合术后正、侧位 X 线片,手术矫形效果良好; E、F:术后 7 年末次随访时正、侧位 X 线片,显示矫形效果维持良好,无丢失

图 1 1 例 4 岁 7 个月男性半椎体畸形患儿手术前后影像学检查结果

Fig.1 Preoperative and postoperative images of a 55-month-old boy of congenital hemivertebra deformity

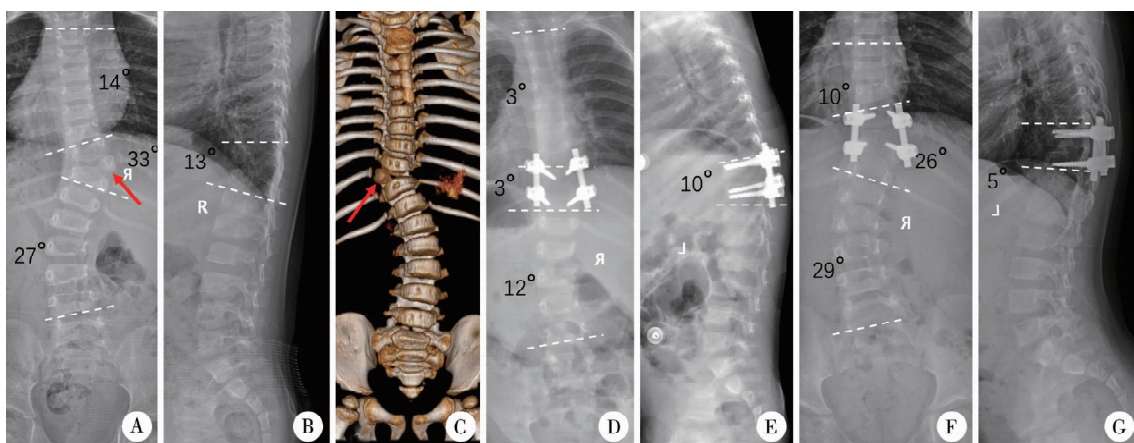


注 A、B:术前全脊柱正、侧位 X 线片; C:术前 CT,提示第 10 胸椎完全分节半椎体畸形(红色箭头所示),脊柱侧弯畸形明显; D:行一期后路半椎体切除短节段(2 个节段)固定融合术,术后 X 线片见第 9 胸椎左侧椎弓根切割(红色箭头所示); E:初次手术后 1 个月行翻修手术,翻修手术后 X 线检查见矫形效果良好; F、G:翻修手术后 2 年末次随访 X 线片显示矫形效果维持良好

图 2 1 例出现椎弓根切割的 3 岁 5 个月男性半椎体畸形患儿手术前后影像学检查结果

Fig.2 Preoperative and postoperative images of a 41-month-old boy of congenital hemivertebra deformity

with a postoperative onset of pedicle cutting



注 A、B:术前全脊柱正、侧位 X 线片; C:术前 CT,提示第 10 胸椎完全分节半椎体畸形(红色箭头所示),脊柱侧弯畸形明显; D、E:行一期后路半椎体切除短节段(2 个节段)固定融合术后正、侧位 X 线片,见手术矫形效果良好; F、G:术后 2 年末次随访时正、侧位 X 线片,显示矫形效果丢失,畸形进展

图 3 1 例出现畸形进展的 2 岁 4 个月男性半椎体畸形患儿手术前后影像学检查结果

Fig.3 Preoperative and postoperative images of a 28-month-old boy of congenital hemivertebra deformity with a postoperative onset of deformity progression

早期手术治疗。一期后路半椎体切除、短节段融合术已成为目前治疗半椎体畸形的最主要手术方式^[5]。国内外均有学者建议对主弯大于 25° 且伴有 6 个月内畸形进展超过 5°, 或经保守治疗无效的半椎体畸形进行手术治疗^[6-7]。本研究亦参照此手术适应证。

在低龄半椎体畸形患儿畸形尚未逐渐加重时, 早期进行治疗干预可有效控制局部畸形, 预防继发性结构性代偿弯, 避免因畸形进展而导致的长节段融合术^[8]。Ruf 等^[9] 率先提出可单纯经后路进行一期半椎体切除、短节段融合治疗。2003 年有文献报道了 28 例 1~6 岁半椎体患儿行后路一期半椎体切除的初步结果, 平均随访 3.5 年, 主弯 Cobb 角由术前平均 45.3°, 减小至术后平均 14.4°、末次随访时 12.6°, 矫正率 72%; 节段性后凸由术前平均 21.8°, 减小到术后平均 9.8°、末次随访时平均 8.0°, 矫正率 63%; 头、尾侧代偿弯术后自行矫正率分别达 78% 和 65%^[10]。2009 年, Ruf 等^[11] 报道了 41 例 1~6 岁半椎体畸形行后路一期半椎体切除、短节段融合术的长期随访结果, 其中 28 例未合并对侧分节不良, 主弯由术前平均 36.1° 减小至末次随访时平均 6.8°, 节段性后凸由术前平均 21.7° 减小至末次随访时平均 4.6°, 术后矫正率分别达 81% 和 79%, 头、尾侧代偿弯术后自行矫正率分别达 81% 和 84%; 13 例合并对侧分节不良, 主弯由 69.2° 减小到末次随访时 20.8°, 节段性后凸由术前 23.9° 减小到 7.3°, 术后矫正率分别达 70% 和 69%, 头、尾侧代偿弯术后自行矫正率也分别达 73% 和 67%。Chang 等^[7] 随访了 18 例 10 岁以下接受半椎体切除、短节段融合术的脊柱侧凸患者, 术后和末次随访主弯矫正率分别为 78% 和 62.5%, 头、尾侧代偿弯自行矫正率在末次随访时为 42.0% 和 62.0%。本研究 35 例患儿平均手术年龄 4.5 岁, 平均随访时间 42.7 个月, 主弯于术后和末次随访时矫正率分别为 76.1% 和 64.6%, 节段性后凸矫正率 37.2%, 头、尾侧代偿弯自行矫正率分别达 44.4% 和 57.1%, 获得了与文献报道类似的治疗效果, 可见一期后路半椎体切除、短节段融合术治疗半椎体畸形效果可靠, 能有效矫正半椎体导致的冠状面与矢状面畸形, 促进头、尾侧代偿弯的自发性改善。

理论上讲, 对于预测畸形进展的半椎体患者, 越早进行半椎体切除手术, 则需矫正的畸形程度越轻, 手术矫正效果越好。而另一方面, 半椎体切除后矫正效果的维持与固定强度密切相关, 椎弓根螺钉能有效进行三柱内固定, 但要求脊柱骨质具有足

够的把持力。相比于青少年, 婴幼儿软骨成分多、骨质松, 螺钉把持力减弱, 在切除半椎体后进行凸侧加压矫正、短节段固定时, 可能因螺钉承受应力较大而出现椎弓根切割。姚子明等^[6] 对 104 例半椎体患者行一期后路半椎体切除术, 发现内固定相关并发症常见, 尤以 1.6~3 岁组椎弓根切割发生率最高 (6/47, 12.8%), 3~6 岁组明显下降 (2/32, 6.3%)。本研究中患儿平均手术年龄 4.5 岁, 椎弓根切割发生率为 11.4%, 与文献报道类似, 说明实施一期后路半椎体切除、短节段融合手术时, 需充分关注此类并发症。

我们体会, 把握以下方面有助于减少椎弓根切割的发生。首先, 术前仔细评估置钉椎体及椎弓根的骨质状况, X 线片、CT 等影像资料可用于术前评估, 尤其是通过 CT 测量了解椎弓根及椎体形态, 有助于选择适宜直径和长度的椎弓根螺钉, 提高患者骨质与螺钉的匹配程度。其次, 术中椎弓根螺钉置入需准确, 可结合定位技术, 尽可能一次性置钉, 减少因反复改道损伤骨质、减低螺钉把持力; 术中须完整切除半椎体直至上、下椎体骨性终板, 以及尽量切除半椎体对侧椎间盘; 如对侧合并分节不良或并肋等畸形, 需对其进行充分松解; 当截骨后上下椎体间隙较大时, 可修剪所切除自体骨进行前柱支撑重建, 以尽可能减小凸侧加压时的螺钉应力^[12]。此外, 术后及时使用支具、石膏等外固定装置 3~6 个月, 期间注意休养制动, 避免剧烈活动, 对于减少椎弓根切割亦有裨益。

一期后路半椎体切除、短节段融合手术治疗先天性半椎体畸形以低龄患儿为主。患儿术后多具备较大的生长潜力, 在生长发育过程中可能出现畸形进展, 可表现为多种不同形式, 包括主弯或代偿弯加重、远端叠加现象、近端发生交界性后凸 (proximal junctional kyphosis, PJK) 甚至躯干失衡^[13-14]。有研究发现, 后路胸腰段半椎体切除、短节段融合术后冠状面失代偿的发生率为 10.1%, 术前远端固定椎偏距超过 15.1 mm、术后远端固定椎间盘开角超过 5.5° 是术后冠状面失代偿的两项独立危险因素^[13]。另有研究表明, 3~10 岁接受一期后路半椎体切除、短节段固定融合的半椎体患儿, 术后 PJK 的发生率为 11.6%, 术前节段性后凸大于 30°、术后脊柱矢状面轴 (sagittal vertical axis, SVA) 大于 20 mm 是发生 PJK 的独立危险因素^[15]。本研究中 35 例患儿随访发现畸形进展 3 例, 其中主弯加重 1 例, 代偿弯加重 1 例, 远端叠加现象 1 例。我们体会主弯加重的重

要原因之一是半椎体切除不彻底,使半椎体的生长潜能得以部分保留,术后残留半椎体生长可导致主弯逐渐加重。而代偿弯加重则与固定节段水平化程度不够相关,如术后近端或远端固定椎倾斜角或椎间盘开角过大,可能导致近端或远端代偿弯加重,甚至失代偿。此外,远端叠加现象或 PJK 等现象的发生,与术后脊柱冠状面和矢状面的整体平衡有关,提示在开展一期后路半椎体切除术矫正局部畸形的同时,需要兼顾脊柱的整体平衡,使半椎体切除后固定节段的生物力学中心在脊柱整体结构中处于相对平衡位置,以帮助维持手术效果。本多中心研究协助组将在后续研究中,进一步探讨畸形进展的危险因素。

本研究存在一定的局限性。首先是随访时间较短,大多数患儿术后尚处于儿童期,后期生长潜能的释放(尤其是青春期的快速生长),可能对半椎体切除手术效果造成影响。其次是评价指标以影像学参数为主,缺乏患儿外观、满意程度、生活质量评分等其他指标,影响了对手术效果的综合判断。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 黄琦、徐江龙负责文献检索,徐江龙、付桂兵、唐盛平负责论文设计,宿玉玺、叶卫华、唐欣、陈顺有、周治国、赵占波负责数据收集,徐江龙、宿玉玺、叶卫华、唐欣、陈顺有、周治国负责研究结果分析与讨论,黄琦、徐江龙、赵占波负责论文撰写;付桂兵、唐盛平负责全文知识性内容的审读与修正

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] Frank S, Piantoni L, Tello CA, et al. Hemivertebra resection in small children. A literature review [J]. Global Spine J, 2023, 13 (3): 897-909. DOI: 10.1177/21925682221130060.
- [3] 中华预防医学会脊柱疾病预防与控制委员会脊柱畸形学组. 半椎体所致早发先天性脊柱侧凸评估与治疗中国专家共识 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16 (5): 385-397. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2023.05.01.
Group of Spinal Deformity, Spinal Disease Prevention and Control Committee, Chinese Preventive Medical Association; Chinese Expert Consensus on Evaluations and Treatments of Early-onset Congenital Scoliosis Caused by Hemivertebrae [J]. Chin J Bone Joint Surg, 2023, 16 (5): 385-397. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2023.05.01.
- [4] McMaster MJ, David CV. Hemivertebra as a cause of scoliosis. A study of 104 patients [J]. J Bone Joint Surg Br, 1986, 68 (4): 588-595. DOI: 10.1302/0301-620x.68b4.3733836.
- [5] Barik S, Mishra D, Gupta T, et al. Surgical outcomes following hemivertebrectomy in congenital scoliosis: a systematic review and observational meta-analysis [J]. Eur Spine J, 2021, 30 (7): 1835-1847. DOI: 10.1007/s00586-021-06812-5.
- [6] 姚子明, 郭东, 张学军, 等. 10 岁以下儿童一期后路半椎体切除手术的手术时机选择研究 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2021, 14 (8): 664-668. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.08.02.
- [7] Yao Z M, Guo D, Zhang X J, et al. Selection of surgical timing for primary posterior route hemivertebra resection in children aged under 10 years [J]. Chin J Bone Joint Surg, 2021, 14 (8): 664-668. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.08.02.
- [8] Chang DG, Kim JH, Ha KY, et al. Posterior hemivertebra resection and short segment fusion with pedicle screw fixation for congenital scoliosis in children younger than 10 years: greater than 7-year follow-up [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2015, 40 (8): E484-491. DOI: 10.1097/brs.0000000000000809.
- [9] 郭建伟, 仇建国, 王升儒, 等. 后路半椎体切除术治疗不同年龄先天性脊柱侧凸疗效比较 [J]. 临床小儿外科杂志, 2015, 14 (3): 168-172. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2015.03.003.
- [10] Guo JW, Zhang JG, Wang SR, et al. Comparing efficacy of posterior hemivertebra resection between different age groups [J]. J Clin Ped Sur, 2015, 14 (3): 168-172. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2015.03.003.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Li S, Chen ZH, Qiu Y, et al. Coronal decompensation after posterior-only thoracolumbar hemivertebra resection and short fusion in young children with congenital scoliosis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43 (9): 654-660. DOI: 10.1097/brs.00000000000002383.
- [17] Shi BL, Li Y, Zhu ZZ, et al. Failed Primary Surgery in Congenital Scoliosis Caused by a Single Hemivertebra: Reasons and Revision Strategies [J]. Orthop Surg, 2022, 14 (2): 349-355. DOI: 10.1111/os.13198.
- [18] 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.

(收稿日期: 2024-05-29)

本文引用格式: 黄琦, 徐江龙, 宿玉玺, 等. 一期后路半椎体切除短节段融合术治疗先天性半椎体畸形的多中心研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23 (6): 521-526. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202405076-004.

Citing this article as: Huang Q, Xu JL, Su YX, et al. Efficacy of one-stage posterior hemivertebrectomy and short segment fusion for congenital hemivertebra malformations: a multicenter clinical study [J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23 (6): 521-526. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202405076-004.