

· 临床研究 ·

后路半椎体切除短节段固定儿童先天性脊柱畸形[△]

张福勇, 王晓东, 甄允方, 方建峰, 祝振华, 俞文涛, 刘文栋

(苏州大学附属儿童医院骨科, 江苏苏州 215000)

摘要: [目的] 探讨后路半椎体切除短节段固定治疗儿童先天性脊柱畸形的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2016 年 12 月—2020 年 6 月采用后路半椎体切除短节段固定治疗的 21 例先天性半椎体畸形患儿的临床资料, 评估临床及影像资料。[结果] 所有患者均顺利完成手术, 术中无神经血管损伤等严重并发症。手术时间平均 (199.3±10.7) min; 术中出血量平均 (491.4±74.1) ml。手术固定融合节段平均 (2.8±0.2) 节。影像方面, 与术前相比, 术后即刻及末次随访时, 冠状面 Cobb 角 [(37.7±2.2)°, (10.7±2.0)°, (10.1±2.0)°, $P<0.001$]、局部侧凸 Cobb 角 [(32.8±2.0)°, (7.2±1.8)°, (6.1±1.6)°, $P<0.001$]、顶椎偏移 [(22.4±2.8) mm, (11.3±1.5) mm, (7.2±0.9) mm, $P<0.001$]、头侧代偿 [(15.9±1.9)°, (6.2±1.1)°, (4.7±0.8)°, $P=0.002$]、尾侧代偿 [(18.6±1.8)°, (7.8±1.3)°, (5.7±1.1)°, $P<0.001$]、局部后凸角 [(19.0±3.0)°, (7.9±1.4)°, (7.3±1.4)°, $P<0.001$] 均显著减小。[结论] 单一后路超声骨刀切除半椎体, 短节段固定儿童先天性脊柱侧凸畸形, 手术时间短, 术中出血少, 矫形满意, 临床效果好。

关键词: 先天性畸形, 脊柱侧凸, 半椎体切除, 脊柱融合

中图分类号: R682.3

文献标志码: A

文章编号: 1005-8478 (2024) 07-0650-04

Posterior hemivertebrae resection and short-segment instrumented fusion for congenital spinal malformation in children // ZHANG Fu-yong, WANG Xiao-dong, ZHEN Yun-fang, FANG Jian-feng, ZHU Zhen-hua, YU Wen-tao, LIU Wen-dong. Department of Orthopaedics, Children's Hospital, Soochow University, Suzhou 215000, China

Abstract: [Objective] To investigate the clinical effect of posterior hemivertebrae resection and short segment instrumented fusion for congenital spinal malformations in children. [Methods] A retrospective study was conducted on 21 children who received posterior hemivertebra resection and short segment instrumented fusion for congenital hemivertebra malformation from December 2016 to June 2020. The clinical and imaging data were evaluated. [Results] All the patients had operation performed successfully with no serious complications such as neurovascular injury, while with operation time of (199.3±10.7) min, intraoperative blood loss of (491.4±74.1) ml and fusion segments of (2.8±0.2). Regarding imaging, compared with those preoperatively, the coronal Cobb angle [(37.7±2.2)°, (10.7±2.0)°, (10.1±2.0)°, $P<0.001$], local scoliotic Cobb angle [(32.8±2.0)°, (7.2±1.8)°, (6.1±1.6)°, $P<0.001$], top vertebrae migration [(22.4±2.8) mm, (11.3±1.5) mm, (7.2±0.9) mm, $P<0.001$], cephalad contralateral compensatory [(15.9±1.9)°, (6.2±1.1)°, (4.7±0.8)°, $P=0.002$], caudal compensatory [(18.6±1.8)°, (7.8±1.3)°, (5.7±1.1)°, $P<0.001$], and local kyphotic angle [(19.0±3.0)°, (7.9±1.4)°, (7.3±1.4)°, $P<0.001$] significantly reduced immediately post-operatively and at the latest follow-up. [Conclusion] Single posterior hemivertebra resection and short-segment instrumented fusion for congenital scoliosis deformity in children have advantages of short operation time, less intraoperative bleeding, satisfactory correction, do achieve good clinical consequences.

Key words: congenital deformity, scoliosis, hemivertebrae resection, spinal fusion

半椎体畸形是先天性脊椎侧凸中最常见的一种类型, 占先天性脊柱侧凸总数的 46%~61%。先天性脊柱侧凸结构畸形具有多样性, 大致可分为形成不良、分节不良以及混合型。半椎体畸形是一种形成不良的类型, 且多数是完全分节的半椎体, 存在不对称的生长势态, 脊柱畸形在快速生长期明显加剧, 引起双肩不等高、躯干倾斜及脊柱后凸等畸形^[1]。对于完全分

节的半椎体, 一般建议采用手术切除。随着后路手术的日益成熟, 前路半椎体手术逐渐被淘汰^[2]。现回顾性分析本院行单后路半椎体切除短节段椎弓根螺钉固定矫正融合术病例的临床资料, 对其临床疗效进行探讨。

1 临床资料

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.07.14

△基金项目: 苏州市科技管理资助项目(编号:SYS2020155)

作者简介: 张福勇, 副主任医师, 研究方向: 儿童骨科(儿童脊柱畸形), (电话)13914008575, (电子信箱)zhangfuyong1982@163.com

1.1 一般资料

回顾性分析 2016 年 12 月—2020 年 6 月苏州大学附属儿童医院骨科收治的 21 例先天性半椎体畸形患儿的临床资料，术前行 CT 及 MRI 检查，均为完全分节型半椎体畸形。排除脊髓栓系和纵裂等畸形患儿。男 12 例，女 9 例。年龄 3 岁 2 个月~13 岁 8 个月，平均 (8.9 ± 1.2) 岁。其中单枚半椎体畸形 18 例，多枚半椎体畸形 3 例。胸椎半椎体 5 例，胸腰半椎体 4 例，腰椎半椎体 11 例，腰骶半椎体 1 例。本研究获医院伦理委员会审批备案，所有患者均知情同意。

1.2 手术方法

术前准备：术前常规对患儿进行站立位检查，摄脊柱全长后前位及侧位 X 线片，观察其上下代偿弯和柔韧度；术前 CT 观察有无其他结构畸形如椎板错配等；术前进行全脊柱 MRI 检查。

患儿取俯卧位，腹部悬空，可在腹部两侧放置毛巾协助支撑，在软垫上铺置暖风毯，术前调高手术间内温度，消毒铺巾后打开暖风毯，降低手术间内温度。准备好超声骨刀，连接自体血回输机。后侧正中切口以半椎体为中心，长度视需融合节段水平，骨膜下剥离，显露椎板表面，如有椎板缺如显露时需谨慎，透视确定半椎体及融合节段，置椎弓根螺钉，可保留棘上韧带，切断后向近端翻起，矫形结束后予以缝合。凸侧侧方可显露范围大些，以便侧后方切除半椎体，设计去除棘突及椎板骨质，咬除凹侧关节突关节，如为大龄患儿或 Cobb 角较大患儿，需先切除凹侧椎间盘。胸段半椎体需显露相关节肋骨近端，切除肋骨头端及肋椎关节，咬除横突及椎弓根后部，骨膜下显露半椎体，切除半椎体，尖刀切开半椎体上下方的椎间盘，去除上下方的椎间盘，取长度适宜的棒闭合凸侧，凹侧可适当撑开，满足融合区上下缘水平化，如椎间隙有空隙行椎间植骨融合，缺损空间较大可放置 Cage，对术野进行冲洗，放置闭式引流，在手术过程中进行神经电生理监测。

术后拔除引流管后，应用 CT 对固定融合节段进行检查，明确椎弓根螺钉位置和半椎体切除情况，常规佩戴保护支具 3~6 个月，定期检查站立位脊柱的全长后前位及侧位片，测量术前、术后和末次随访时的 Cobb 角、顶椎偏移及后凸角等。

1.3 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、切口长度、术中出血量与手术固定节段数量。行影像学检查，记录主弯 Cobb 角、局部侧凸 Cobb 角、顶椎偏移、代

偿侧凸角（头、尾侧）及局部后凸角。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件分析本研究数据。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内两时间点比较采用配对 *T* 检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

所有患者均顺利完成手术，术中无神经血管损伤等严重并发症。手术时间 125~360 min，平均 (199.3 ± 10.7) min；术中出血量 120~1 600 ml，平均 (491.4 ± 74.1) ml。手术固定融合节段 2~5 节椎体，平均 (2.8 ± 0.2) 节。2 例青少年下腰椎半椎体术中放置人工假体，1 例青少年下腰椎半椎体行 BDBO (Bone-Disc-Bone Osteotomy) 手术。

2.2 影像评估

21 例患者影像评估结果见表 1，与术前相比，术后即刻及末次随访时，冠状面 Cobb 角、局部侧凸 Cobb 角、顶椎偏移、头侧代偿、尾侧代偿、局部后凸角均显著减小 ($P < 0.05$)。1 例患者术后椎弓根螺钉切割，术后畸形进展，行支具矫正治疗后侧弯稳定，未再行脊柱矫治手术治疗。典型病例见图 1。

3 讨论

半椎体畸形是先天性脊柱侧凸中最常见的类型，它是由椎体成形不良导致的。由于半椎体凸侧上下均有终板而凹侧只有一处终板，存在生长不平衡，造成脊柱侧后凸畸形^[3]。如果脊柱侧后凸有进行性加重，需及时处理，去除原发弯因素后，近端及远端的代偿弯大部分会自发矫正，否则近端及远端形成的代偿弯，随着年龄的增长，代偿弯转为结构弯，增加手术难度及融合范围，儿童脊柱活动椎体的数量减少，影响了脊柱的活动度。半椎体畸形的外科治疗主要取决于半椎体的类型、数量、位置和年龄^[4]。

既往的手术有原位椎板融合、骹阻滞技术、前路联合手术、蛋壳技术等^[5]。原位椎板融合手术并不能控制前部的椎体骹板生长，会产生三维曲轴现象，随着内固定的使用及截骨技术的成熟，现可作为术中

操作的一部分。骺阻滞技术因难以控制矫正力,存在矫正过度及矫正不足等情况,目前已较少使用。前后路联合手术创伤大,术中需变换体位,存在椎间移位损伤脊髓等风险,目前单纯后路技术已成熟,前后路联合手术技术较少使用。蛋壳技术是经过椎弓根通道,掏除半椎体内骨质,后经上下的椎弓根螺钉加压,矫正脊柱侧凸,患儿半椎体上下的骺板不平衡、生长因素未去除,存在容易复发、并发症多等风险,现已不用该技术^[6]。单纯后路手术无需变换体位,降低了脊髓移位及损伤风险,避免前路手术对消化道及胸腔脏器的干扰,减小了手术创伤。随着手术技术的日益成熟,骨膜下显露切除半椎体,以及超声骨刀的使用,现出血控制较为理想。椎弓根螺钉固定了脊柱

前、中、后柱,畸形矫正的程度较为理想。本研究半椎体畸形的单后路手术矫正率为 73.2%,与文献报道的前后路联合手术矫正率(53.4%~77%)相似。

表 1. 21 例患者影像资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较Table 1. Comparison of imaging data of the 21 patients ($\bar{x} \pm s$)

指标	术前	术后即刻	末次随访	P 值
冠状面 Cobb 角 (°)	37.7±2.2	10.7±2.0	10.1±2.0	<0.001
局部侧凸 Cobb 角 (°)	32.8±2.0	7.2±1.8	6.1±1.6	<0.001
顶椎偏移 (mm)	22.4±2.8	11.3±1.5	7.2±0.9	<0.001
头侧代偿 (°)	15.9±1.9	6.2±1.1	4.7±0.8	0.002
尾侧代偿 (°)	18.6±1.8	7.8±1.3	5.7±1.1	<0.001
局部后凸角 (°)	19.0±3.0	7.9±1.4	7.3±1.4	<0.001

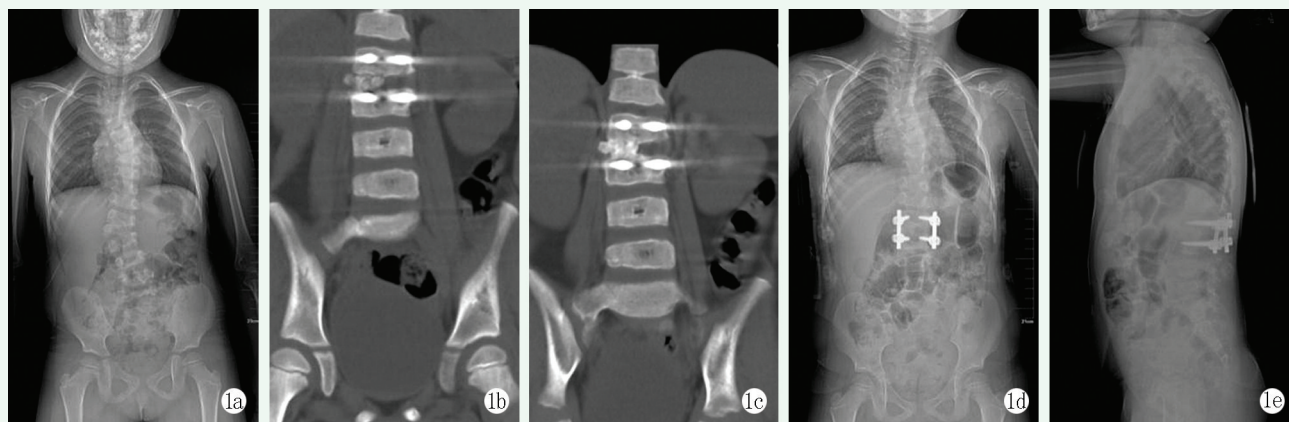


图 1. 患儿女性, 5 岁。1a: 术前站立位脊柱正位 X 线片示脊柱腰弯侧凸 Cobb 角为 36°, 后凸 Cobb 角为 9°; 1b: 术后 1 周 CT 检查见内固定在位, 矫形满意, 椎间可见植骨; 1c: 术后 3 个月 CT 见椎间植骨与上下椎体融合; 1d, 1e: 术后半年站立位脊柱正侧位 X 线片示脊柱腰弯侧凸 Cobb 角为 6°, 后凸 Cobb 角为 1°。

Figure 1. A 5-year-old female. 1a: Preoperative orthostatic radiographs of the spine showed the Cobb angle of lumbar scoliotic curvature of 36° and that of local kyphotic angle of 9°; 1b: CT examination 1 week after surgery showed that internal fixation was in place with satisfactory correction, and intervertebral bone grafting was visible; 1c: CT 3 months after surgery showed the intervertebral fusion; 1d, 1e: Standing radiographs 6 months after surgery showed that lumbar scoliotic curvature of 6°, and local kyphotic angle of 1°.

椎弓根是脊柱中最坚硬的部分,且长度大,椎弓根螺钉的使用,短节段固定即可达到较好的矫正效果,并能够将矫正力很好地传导至中柱及前柱,随访过程中能够维持良好的矫正率。既往的钢丝、钩等达不到此效果,对于腰椎的半椎体畸形尤其重要,以便保存较多的活动节段^[7]。对于年龄较小或角度大的半椎体患者,可使用第三棒椎板钩加强矫正效果,降低椎弓根螺钉切割风险^[8]。切除半椎体后,去除了两侧椎体生长不平衡的致畸因素,抱紧凸侧,适当撑开凹侧,融合节段上下缘的水平化,可改善近端及远端的代偿弯。本研究单后路手术对头侧代偿弯的矫正率为 70.4%,尾侧代偿弯的矫正率为 69.4%,半椎体切除后的短节段矫正和融合取

得较好的疗效。术中切除的半椎体骨质,可以回植椎间隙,增加椎间融合的概率^[9]。

Ruf 等后路一期切除半椎体治疗 1~6 岁儿童半椎体畸形,随访 7 年乃至患儿已成年,置入的椎弓根螺钉不影响椎弓根、椎管及椎体的发育,因为椎管的发育先于椎体,椎管的发育婴幼儿时期就已达到成人水平,无神经损伤的病例^[10]。目前国内对于 2.5 岁内的半椎体予以观察,因为 3 岁以内婴幼儿的椎弓根螺钉安全性尚有争议^[11, 12]。对于 3~5 岁的患儿,如体重正常,或腰背侧有足够的软组织覆盖,可单后路入路手术切除半椎体,选用低切迹椎弓根螺钉进行固定、矫形和植骨融合^[13, 14]。

先天性脊柱侧凸类型中以半椎体最为常见,多

发现于儿童期。非嵌合半椎体完全分节，生长潜力正常，生长不平衡，若不及时治疗，通常会导致严重的脊柱侧后凸畸形^[15]。年龄小的患儿原发畸形比较轻，继发性弯曲畸形不明显，脊柱柔韧性好，容易矫正。对于完全分节的半椎体，早期手术可矫正冠状面及矢状面畸形，行短节段椎弓根螺钉固定矫形，随访疗效满意。在骨骼发育成熟之前治疗，能够有效防止继发性脊柱改变，缩短需固定节段，活动的节段更多的保存下来，减少对脊柱生长和活动的影 响。单后路半椎体切除加短节段固定矫正融合手术，可实现前后路联合手术的效果，是一种安全、有效、成熟的半椎体治疗方法。

参考文献

- [1] 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.0000000000002383.
- [2] 许伟华, 杨述华, 杜靖远. 后路半椎体切除短节段融合治疗先天性脊柱侧弯 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17 (1) : 17-19. Xu WH, Yang SH, Du JY. Hemivertebra resection only via posterior approach and short-segment transpedicular instrumentation for congenital scoliosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2009, 17 (1) : 17-19.
- [3] Chang DG, Suk SI, Kim JH, et al. Surgical outcomes by age at the time of surgery in the treatment of congenital scoliosis in children under age 10 years [J]. *Spine J*, 2015, 15 (8) : 1783-1795. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.04.009.
- [4] 曹江, 杨小红, 吕欣, 等. 不同年龄后路半椎体切除的临床比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (10) : 865-870. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.10.01. Cao J, Yang XH, Lv X, et al. Comparison of clinical outcomes of posterior hemivertebrotomy in different ages [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (10) : 865-870. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.10.01.
- [5] Mackel CE, Jada A, Samdani AF, et al. A comprehensive review of the diagnosis and management of congenital scoliosis [J]. *Childs Nerv Syst*, 2018, 34 (11) : 2155-2171. DOI: 10.1007/s00381-018-3915-6.
- [6] Chen Z, Qiu Y, Zhu Z, et al. Posterior-only hemivertebra resection for congenital cervicothoracic scoliosis: correcting neck tilt and balancing the shoulders [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (6) : 394-401. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002325.
- [7] Chang DG, Kim JH, Ha KY, et al. Posterior hemivertebra resection and short segment fusion with pedicle screw fixation for congenital scoliosis in children under age 10 years: greater than 7-year follow up [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40 (8) : 484-491. DOI: 10.1097/brs.0000000000000809.
- [8] Guo D, Yao Z, Qi X, et al. Short fixation with a 3-ROD technique for posterior hemivertebra resection in children younger than 5 years old [J]. *Pediatr Investig*, 2020, 4 (2) : 104-108. DOI: 10.1002/ped4.12206.
- [9] 郭东, 高荣轩, 姚子明, 等. 儿童腰骶部半椎体一期后路切除短节段固定治疗效果分析 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19 (7) : 596-602. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.07.007. Guo D, Gao RX, Yao ZM, et al. One-stage posterior-only lumbosacral hemivertebra resection with short-segment internal fixation and fusion in children [J]. *Journal of Clinical Pediatric Surgery*, 2020, 19 (7) : 596-602. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.07.007.
- [10] Ruf M, Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation: early correction in children aged 1 to 6 years [J]. *Spine*, 2003, 28: 2132-2138. DOI: 10.1097/01.BRS.00000084627.57308.4A.
- [11] 王升儒, 林莞锋, 杨阳, 等. 后路一期半椎体切除治疗先天性脊柱侧凸的疗效及并发症研究 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13 (12) : 976-981. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.12.02. Wang SR, Lin GF, Yang Y, et al. Efficacy and complications of posterior hemivertebra resection for congenital scoliosis [J]. *Chinese Journal Bone and Joint Surgery*, 2020, 13 (12) : 976-981. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.12.02.
- [12] 刘少华, 张宏其, 郭超峰, 等. 后路半椎体切除短节段内固定治疗小儿半椎体脊柱畸形 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (19) : 1746-1750. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.19.04. Liu SH, Zhang HQ, Guo CF, et al. Resection of hemivertebrae combined with short segment fixation via posterior approach for congenital kyphoscoliosis in children [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2017, 25 (19) : 1746-1750. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.19.04.
- [13] Wang Y, Liu Z, Du C, et al. The radiological outcomes of one-stage poster-only hemivertebra resection and short segmental fusion for lumbosacral hemivertebra: a minimum of 5 years of follow-up [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1) : 426. DOI: 10.1186/s13018-019-1482-5.
- [14] Wang YS, Kawakami N, Tsuji T, et al. Proximal junctional kyphosis following posterior hemivertebra resection and short fusion in children younger than 10 years [J]. *J Spinal Surg*, 2017, 30 (4) : E370-E376. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000245.
- [15] 邱勇. 先天性颈胸段半椎体畸形: 需要早期手术的特例 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019, 29 (7) : 582-583. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.07.01. Qiu Y. Congenital cervicothoracic hemivertebra: early surgery is indicated in this unique spinal deformity [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2019, 29 (7) : 582-583. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.07.01.

(收稿:2022-11-03 修回:2023-10-08)

(同行评议专家: 赵黎, 蔡峰, 姚子明)

(本文编辑: 郭秀婷)