

· 技术创新 ·

## 儿童颅颈交界融合术自体肋骨结构性植骨<sup>△</sup>

邓琛府<sup>1,2</sup>, 马向阳<sup>1,2\*</sup>, 邹小宝<sup>2</sup>, 付索超<sup>2</sup>, 陈钧麟<sup>1,2</sup>, 马仁财<sup>2</sup>, 夏虹<sup>2</sup>

(1. 南方医科大学研究生院, 广东广州 510515; 2. 中国人民解放军南部战区总医院骨科, 广东广州 510010)

**摘要:** [目的] 介绍儿童颅颈交界区后路固定融合手术中自体肋骨结构性植骨的手术技术和初步临床效果。[方法] 对2例颅颈交界区疾患的儿童患者实施寰枢椎/枕颈后路植骨融合内固定+取肋骨术。行颈后路正中切口, 常规置入寰枢椎钉-棒/枕颈板-钉-棒系统内固定, 高速磨钻于寰椎后弓/枕骨后下缘及枢椎椎板上缘打磨植骨槽, 然后于后胸壁肩胛下角下沿肋骨方向斜切口, 取合适长度肋骨修整后, 卡入寰椎后弓/枕骨后下缘与枢椎椎板植骨槽之间进行结构性植骨。[结果] 2例患者手术过程顺利, 未出现血气胸。术后未出现肋骨取骨区并发症, 2例患者术后症状明显改善, 术后JOA和VAS评分均显著改善。术后3个月随访复查CT见植骨已融合, 肋骨取骨处已膜内成骨重建。[结论] 儿童颅颈交界区后路固定融合手术中, 自体肋骨结构性植骨是一种安全且有效的植骨方式。

**关键词:** 颅颈交界区, 后路固定融合术, 肋骨, 自体骨移植

**中图分类号:** R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 19-1788-04

**Autologous rib structural bone graft in instrumented fusion of craniocervical junction area in children // DENG Chen-fu<sup>1,2</sup>, MA Xiang-yang<sup>1,2</sup>, ZOU Xiao-bao<sup>2</sup>, FU Suo-chao<sup>2</sup>, CHEN Jun-lin<sup>1,2</sup>, MA Ren-cai<sup>2</sup>, XIA Hong<sup>2</sup>. 1. Postgraduate Institute, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. General Hospital, Southern Theater of PLA, Guangzhou 510000, China**

**Abstract:** [Objective] To introduce the surgical technique and preliminary clinical results of autologous rib structural bone grafting in instrumented fusion of craniocervical junction zone in children. [Methods] Two children received atlantoaxial, or occipitocervical instrumented fusion with rib autografts for congenital craniocervical junction disorders. A posterior cervical median incision was made, and the atlantoaxial pedicle screw-rod, or occipitocervical plate-screw-rod system was routinely placed for internal fixation. A high-speed burr was used to grind the bone graft groove at the posterior inferior edge of the atlantoaxial arch, or occipital and the superior edge of the cardinal vertebral plate. Then, an oblique incision was made along the direction of the ribs under the subscapular angle of the posterior chest wall to expose the rib, a rib segment was harvested and trimmed into columns in proper length, and placed on the bone bed on the craniocervical junction zone. [Results] The surgical procedure was successfully performed in both patients, without hemopneumothorax and postoperative complications in the rib donor site, and were followed up for 6 months and 12 months, respectively. Both patients got significantly symptom improvement postoperatively in terms of JOA and VAS scores. Solid atlantoaxial or craniocervical fusion was noted with bony rib healing in the donor site 3 months postoperatively. [Conclusion] The autologous rib structural bone grafting is a safe and effective instrumented fusion of the craniocervical junction area in children.

**Key words:** craniocervical junction area, posterior instrumented fusion, rib, bone autograft

儿童颅颈交界区疾患常由于先天发育不良、畸形、外伤或感染引起, 常导致上颈椎不稳<sup>[1]</sup>。由于上颈椎不稳定因素的存在可伴发寰枢椎脱位, 导致不同程度的脊髓受压, 出现神经功能障碍症状, 而此区域涉及延髓及高位颈脊髓, 严重时可危及生命<sup>[2]</sup>, 所以早期诊断和治疗对改善预后具有重要意义。

对于非手术治疗无效的儿童颅颈交界区疾患患

者, 手术治疗是有效方法, 常采用的手术方法包括后路寰枢椎固定融合术、后路枕颈融合术、前路经口游离齿突切除联合后路融合内固定术等<sup>[3-5]</sup>, 以达到满意复位及重建稳定性目的<sup>[2]</sup>。植骨是颅颈交界区后路固定融合术中的重要环节, 植骨不融合或延迟愈合可能导致内固定的松动甚至断裂, 最终导致手术失败, 需再次行翻修手术, 因此植骨融合是上颈椎获得最终

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.11

△基金项目:广州市科技计划项目(编号:201803010046)

作者简介:邓琛府, 硕士研究生, 研究方向:脊柱外科,(电话)19898071995,(电子信箱)826212286@qq.com

\*通信作者:马向阳,(电话)13640254321,(电子信箱)mxy1001@126.com

稳定性的决定性因素之一<sup>[6]</sup>。

成人及学龄后儿童颅颈交界区后路固定融合手术通常取自体髂骨松质骨粒植骨，但在低龄儿童（学龄前）的髂骨发育不完全，通常较薄、较软，不能满足植骨需求。然而，自体肋骨由于其具有良好的皮质表面和高含量的骨形态发生蛋白而成为植骨取骨的替代选择<sup>[7, 8]</sup>。而既往颅颈交界区后路固定融合术中的植骨方式常采用骨粒平铺植骨，采用结构性植骨的报道较少<sup>[8, 9]</sup>。本文介绍2例颅颈交界区疾患的儿童患者行后路融合内固定术，并取自体肋骨进行结构性植骨的手术技术与初步临床效果。

## 1 手术技术

### 1.1 术前准备

术前完善X线片、CT、MRI检查（图1a, 1b），采用日本骨科协会（Japanese Orthopaedic Association, JOA）评分评估患者神经功能状态，视觉模拟评分（visual analog scale, VAS）评价枕颈部疼痛程度，评估寰枢椎脱位情况，明确诊断，排除手术禁忌证。根据术前颅颈交界区CT三维重建规划置钉方式及植骨范围。

### 1.2 麻醉及体位

常规全麻后俯卧位，颅骨牵引3 kg。C形臂X线机术前定位，标记手术部位。

### 1.3 手术操作

沿C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>或C<sub>0</sub>~C<sub>2</sub>行后正中切口，双侧骨膜下剥离椎旁肌肉至侧块关节，充分暴露C<sub>1</sub>后弓、C<sub>2</sub>棘突与椎板，枕颈融合术显露至枕后隆凸。寰枢椎固定术，于C<sub>1</sub>置入椎弓根螺钉，若C<sub>1</sub>后弓过薄，采用侧块螺钉；C<sub>2</sub>置入椎弓根螺钉，若椎弓根细小或椎动脉高跨，采用椎板螺钉。枕颈固定术，于枕骨置入枕骨板、C<sub>2</sub>置入椎弓根螺钉，若椎弓根细小或椎动脉高跨，采用椎板螺钉。然后取合适长度预弯钛棒置入进行提拉复位，C形臂X线机透视确认复位情况。

用4 mm高速磨头磨除C<sub>1</sub>后弓或枕骨后下缘、C<sub>2</sub>椎板皮质骨，露出松质骨，制备植骨床。沿肩胛下角第7或8肋中段斜行切开皮肤约5 cm，依次切开皮下筋膜，钝性分离肌肉，切开骨膜充分暴露肋骨，并用骨膜剥离子沿骨膜下钝性分离肋间神经、血管及胸膜，用纱布充分保护，使用肋骨剪剪下合适长度肋骨备用（图1c），将取肋骨处断端用咬骨钳修理平整后逐层缝合取骨处切口。

生理盐水反复冲洗伤口，测量C<sub>1</sub>后弓或枕骨后

下缘至枢椎椎板间距离，将肋骨截取对应长度并从中间劈开露出松质骨面，将肋骨松质骨面向下接触上下打磨的植骨面，并卡在C<sub>1</sub>后弓或枕骨后下缘与枢椎椎板之间用作结构性支撑（图1d），依据植骨空间将另一半修剪后以同样方法植入，剩余肋骨咬碎后植于两侧。留置引流管，逐层缝合切口。

### 1.4 术后处理

术后24 h常规使用头孢唑啉钠预防感染，常规予以止痛、颈托固定等处理，术后第3 d视引流量（<30 ml）拔除引流管，佩戴颈托下地活动，观察患者症状改善情况。复查颈椎X线片、CT及MRI。术后佩戴颈托3个月，第3、6、12个月进行门诊随访。随访时摄颈椎正侧位X线片及CT，评估植骨融合情况。

## 2 临床资料

病例1，患儿，男，5岁，因发现颈部偏斜1年入院。查体见：头部偏向右侧，下颌偏向左侧，颈部旋转活动无明显受限，颈椎无压痛及叩击痛；四肢肌力V级，深反射活跃，双侧Spurling征、Eaten征、Hoffmann征（-），双下肢Babinski征（-）；JOA评分15分，VAS评分2分。CT显示齿状突上方见小结节状游离骨性密度影，齿状突与寰椎前弓间隙增宽，枢椎齿状突与寰椎左右间隙不等宽，C<sub>2</sub>~C<sub>5</sub>椎体分节不全（图1a, 1b）。诊断为寰枢椎脱位，游离齿状突，颈椎发育畸形。行寰枢椎后路固定融合+取肋骨植骨术（图1c, 1d），手术过程顺利，手术时间145 min，出血量30 ml，术后JOA评分17分，VAS评分1分。术后X线片显示内固定良好，CT显示寰枢椎复位良好，ADI为2 mm，脊髓受压明显改善。术后3个月随访X线及CT示寰枢椎间植骨已融合（图1e, 1f）。术后3 d胸部CT见左11肋缺损（图1g），但术后3个月肋骨取骨处已膜内成骨愈合（图1h）。

病例2，患儿，男，4岁，因发现颈部偏斜6个月入院。入院查体：头部向左侧歪斜，下颌偏向右侧，双眼不等高，双侧面部不对称，颈部向右侧弯曲有限，约20°，余方向活动可。双上肢感觉、肌力、反射未见明显异常，余查体无特殊。JOA评分14分，VAS评分3分。入院检查CT及MRI提示齿状突游离伴枢椎前脱位。行枕颈后路固定融合术+取肋骨植骨术，手术过程顺利，手术时间150 min，出血量100 ml，术中未出现血气胸、神经损伤等并发症，

术后症状明显改善，JOA 评分 17 分，VAS 评分 1 分。术后 X 线显示内固定良好，CT 显示寰枢椎复位

良好。术后 3 个月随访 X 线及 CT 示枕颈植骨已融合，肋骨取骨处已膜内成骨愈合。

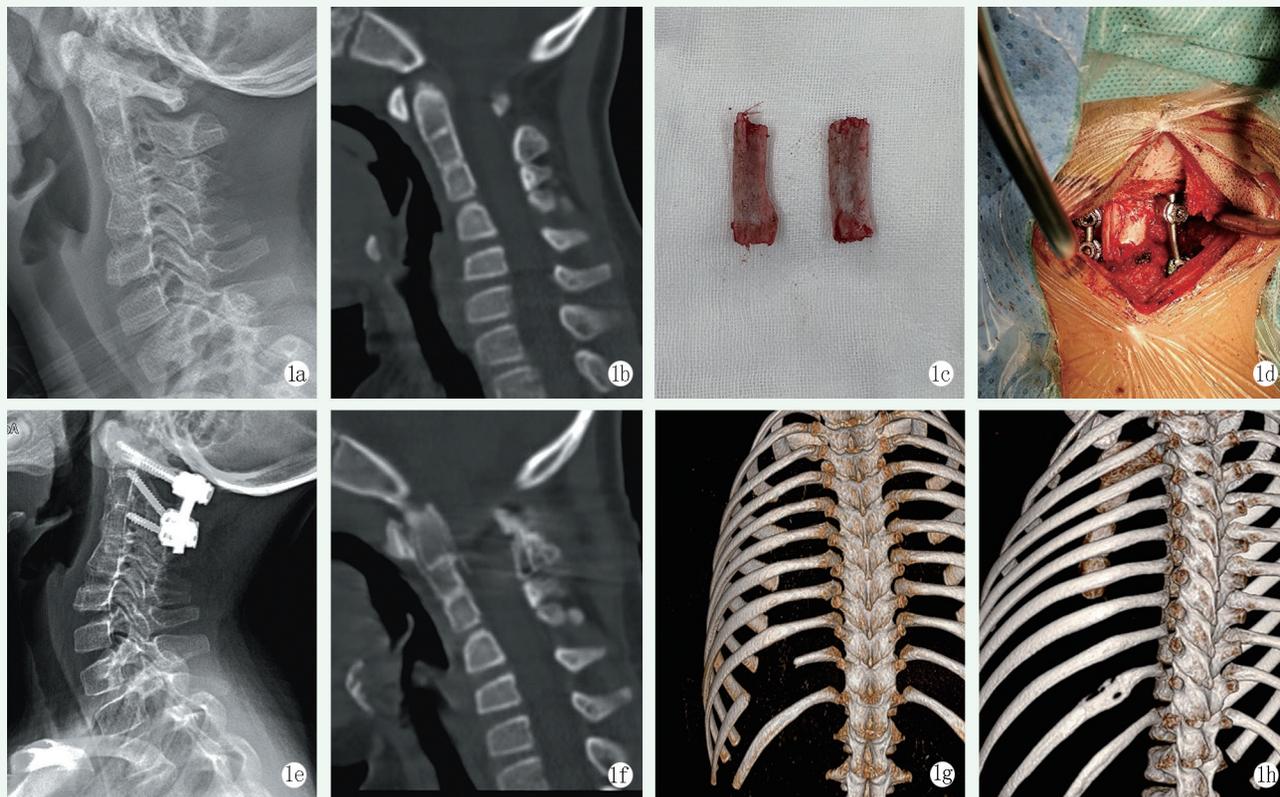


图 1 患儿，男，5 岁，寰枢椎脱位；游离齿状突；颈椎发育畸形（C<sub>2</sub>~C<sub>5</sub> 椎体分节不全），行寰枢椎后路复位减压植骨融合内固定+取肋骨植骨术。1a: 术前颈椎 X 线片示 C<sub>2</sub>-5 椎体及部分附件分节不全；1b: 术前颈椎 CT 示寰枢关节脱位，齿状突游离骨；1c: 术中取出合适长度肋骨用作结构性植骨物；1d: 术中将修整后的肋骨段植于寰椎后弓和枢椎椎板之间用作结构性支持；1e: 术后 6 个月复查 X 线片示寰枢椎后路钉棒固定，序列良好；1f: 术后 6 个月复查颈椎 CT 示植骨区骨性融合；1g: 术后 3 d 复查胸部 CT 三维重建显示取骨区肋骨缺损；1h: 术后 3 个月复查胸部 CT 三维重建示肋骨缺损处已愈合。

### 3 讨论

儿童颅颈交界区疾患的病因多种，因其特殊的解剖位置，常导致寰枢椎不稳及脱位，严重的寰枢椎脱位可能引起颈脊髓受压从而导致神经功能障碍。对于通过牵引、支具等非手术治疗无效的儿童寰枢椎脱位，常需要进行手术治疗<sup>[2]</sup>。除了不可复性寰枢椎脱位，只需进行骨性压迫的切除外，对于可复性及难复性寰枢椎脱位，则在复位寰枢椎的同时进行固定融合。目前，颅颈交界区后路固定技术因其优良的生物力学稳定性被广泛应用于临床，寰枢椎固定采用钉-棒固定，枕颈固定采用板-钉-棒固定<sup>[10, 15, 18]</sup>。颅颈交界区后路固定技术在儿童患者的应用也已成熟<sup>[10]</sup>。Heuer 等<sup>[12]</sup>认为 Goel-Harms 技术是一种相对安全有效的治疗寰枢椎不稳定儿童患者的方法，牢固的内固定是植骨融合的基础，寰枢椎脱位手术方式的选择根据患者具体情况各不相同<sup>[18]</sup>，但最终都是以

获得确切的植骨融合为目的<sup>[5, 7]</sup>。

在植骨方面，植骨材料及植骨方式是影响植骨融合率的最主要因素<sup>[16, 17]</sup>。Reintjes 等<sup>[17]</sup>研究提示，颅颈交界区后路固定融合术中，使用自体移植物融合率为 94%，使用同种异体移植物融合率为 80%。成人及学龄后儿童可取髂骨作为植骨材料，但低龄儿童由于髂骨发育不完全，植骨量不足，因此常采用同种异体骨植骨，相较于自体骨，由于缺发骨形成蛋白，易导致植骨不融合<sup>[8]</sup>，最终出现内固定松动而需行翻修手术，对患者造成更大的创伤。以往，颅颈交界区后路固定融合术中，植骨方式常采用自体髂骨松质骨粒或者同种异体骨粒铺于植骨面，但这种植骨方式缺少压应力<sup>[9]</sup>。有研究对比了自体髂骨块结构性植骨与粒状植骨的融合率，结构性植骨的短期融合率更高，这种植骨方式更具优势<sup>[16]</sup>。

低龄儿童的肋骨发育更成熟，已有研究采用自体肋骨作为植骨材料应于颅颈交界区后路手术中，且取得了较好的临床疗效<sup>[8]</sup>，但研究仍较少。本研究中，

作者在2例低龄儿童颅颈交界区后路固定融合手术中采用自体肋骨结构性植骨,取得了满意的骨性融合,且患儿在术后3个月时取肋骨处已成骨重建。作者认为肋骨结构性植骨具有以下优势:(1)自体肋骨含有丰富的骨形成蛋白,可促进骨融合;(2)骨膜下钝性剥离,可避免神经血管损伤;(3)较少出现取骨区并发症;(4)儿童肋骨良好的成骨特性,术后3~6个月取骨区肋骨可完全重建;(5)自体肋骨的皮质骨硬度较高,能提供可靠的结构性支撑。

术中要点:(1)获取肋骨时需钝性分离骨膜,避免肋间神经及血管损伤,截取肋骨后残余断端需要修理平整以防断端刺破胸膜造成血胸、气胸等并发症;(2)制备植骨床时于枕骨后下缘或寰椎后弓、枢椎椎板处用磨钻磨出凹槽,易将肋骨修整后牢固卡在其间,提供结构性支撑作用并产生压应力;(3)植骨时需将肋骨松质骨面接触打磨的植骨面,术中可将肋骨纵向劈开成两半,或者将接触植骨面的肋骨两端的一半皮质骨磨除,有利于植骨融合。

虽然该技术有诸多方面优势,但目前相关应用病例较少,临床效果尚需大量病例证实,技术细节亦需进一步优化。综上,作者认为自体肋骨结构性植骨是儿童颅颈交接区后路固定融合手术的一种安全且有效的植骨方式,有望成为提升低龄儿童植骨融合率的一种有效手段,值得进一步研究。

#### 参考文献

- [1] Zhang YH, Shao J, Chou D, et al. C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> pedicle screw fixation for atlantoaxial dislocation in pediatric patients younger than 5 years: a case series of 15 patients [J]. *World Neurosurg*, 2017, 108 : 498-505.
- [2] 王鹏波,王丙超,徐韬,等.儿童陈旧性寰枢椎脱位的诊断与治疗[J].*中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (6) : 562-565.
- [3] Huang DG, Hao DJ, He BR, et al. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques [J]. *Spine J*, 2015, 15 (10) : 2271-2281.
- [4] 张杨,宋瑞鹏,张敏,等.游离齿状突寰枢椎脱位两种后路融合术比较[J].*中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (16) : 1462-1467.
- [5] Moon E, Lee S, Chong S, et al. Atlantoaxial instability treated with free-hand C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> fusion in a child with Morquio syndrome [J]. *Childs Nerv Syst*, 2020, 36 (8) : 1785-1789.
- [6] Bosco A, Aleem I, La Marca F. Occipital condyle screws: indications and technique [J]. *J Spine Surg*, 2020, 6 (1) : 156-163.
- [7] Goel A, Vutha R, Shah A, et al. Atlantoaxial fixation for failed foramen magnum decompression in patients with Chiari formation [J]. *J Craniovertebr Junction Spine*, 2020, 11 (3) : 186-192.
- [8] Sawin PD, Traynelis VC, Menezes AH. A comparative analysis of fusion rates and donor-site morbidity for autogeneic rib and iliac crest bone grafts in posterior cervical fusions [J]. *J Neurosurg*, 1998, 88 (2) : 255-265.
- [9] Matsumura A, Namikawa T, Kato M, et al. Autogenic rib graft for atlantoaxial and occipitocervical fixation in pediatric patients [J]. *Asian Spine J*, 2019, 13 (5) : 713-720.
- [10] Zou X, Ouyang B, Yang H, et al. Surgical treatment for basilar invagination with irreducible atlantoaxial dislocation: transoral atlantoaxial reduction plate fixation vs occipitocervical fixation [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1) : 825.
- [11] Chen ZD, Wu J, Lu CW, et al. C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> Pedicle screw fixation for pediatric atlantoaxial dislocation: initial results and long-term follow-up [J]. *J Pediatr Orthop*, 2020, 40 (2) : 65-70.
- [12] Heuer GG, Hardesty DA, Bhowmick DA, et al. Treatment of pediatric atlantoaxial instability with traditional and modified Goel-Harms fusion constructs [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18 (6) : 884-892.
- [13] Zhang YH, Shao J, Chou D, et al. C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> pedicle screw fixation for atlantoaxial dislocation in pediatric patients younger than 5 years: a case series of 15 patients [J]. *World Neurosurg*, 2017, 108 : 498-505.
- [14] Patel R, Solanki AM, Acharya A. Surgical outcomes of posterior occipito-cervical decompression and fusion for basilar invagination: a prospective study [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 13 : 127-133.
- [15] Ito K, Imagama S, Ito Z, et al. Screw fixation for atlantoaxial dislocation related to Down syndrome in children younger than 5 years [J]. *J Pediatr Orthop B*, 2017, 26 : 86-90.
- [16] Zhang YH, Shen L, Shao J, et al. Structural allograft versus autograft for instrumented atlantoaxial fusions in pediatric patients: radiologic and clinical outcomes in series of 32 patients [J]. *World Neurosurg*, 2017, 105 : 549-556.
- [17] Reintjes SL, Amankwah EK, Rodriguez LF, et al. Allograft versus autograft for pediatric posterior cervical and occipito-cervical fusion: a systematic review of factors affecting fusion rates [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2016, 17 (2) : 187-202.
- [18] Yin QS, Wang JH. Current trends in management of atlantoaxial dislocation [J]. *Orthop Surg*, 2015, 7 (3) : 189-199.

(收稿:2022-09-14 修回:2023-02-22)

(同行评议专家:俞松,赵黎,藺志超,欧阳北平)

(本文编辑:郭秀婷)