

· 个案报告 ·

## 3D 打印辅助下组合置钉治疗颅底凹陷并椎动脉高跨 1 例报告

张震岳, 姚有岩, 林海朋

(山东省文登整骨医院, 山东威海 264400)

关键词: 颅底凹陷, 3D 打印, 椎动脉高跨, 组合置钉

中图分类号: R687 文献标志码: C 文章编号: 1005-8478 (2024) 16-1528-03

A case report of 3D print-assisted combined screw placement for basilar invagination with high vertebral artery span // ZHANG Zhen-yue, YAO You-yan, LIN Hai-peng. Shandong Wendeng Orthopaedic Hospital, Weihai 264400, China

Key words: basilar invagination, 3D printing, vertebral artery high span, combined screw placement

颅底凹陷症是一种复杂的颅底交界处骨性结构发育畸形, 多表现为齿状突向上压迫脑干、延髓, 可引发颈部疼痛, 四肢乏力、麻木等一系列神经症状<sup>[1]</sup>。目前, 后路枕颈减压融合内固定术是治疗凹陷症常用手术方式之一<sup>[2]</sup>。然而寰枢椎处局部解剖结构复杂, 邻近延髓及椎动脉等重要组织结构, 并常伴椎动脉高跨、椎弓根纤细等各类结构变异, 使手术难度与风险随之增加<sup>[3]</sup>。

3D 打印技术在计算机辅助下, 可将患者个体化平面影像数据快速于体外重建, 使得复杂的组织结构能够更直观地呈现出来, 有利于术者术前评估以及手术方案的制订, 从而提高复杂部位手术效果<sup>[4]</sup>。本文报道, 术前重建 3D 模型指导下后路组合置钉枕颈复位减压治疗 1 例颅底凹陷症合并椎动脉高跨、枢椎椎弓根发育畸形患者。

### 1 病例资料

患者, 女, 67 岁, 于入院前 1 年, 无明显诱因出现颈部不适, 右上肢及双足足趾、足底麻木, 行走时有踩棉感, 入院治疗。专科情况: 右侧椎间孔挤压试验 (+), 双侧臂丛神经牵拉试验 (-)。双上肢、双侧足趾及足底皮肤感觉减退, 余四肢肌力及皮肤感觉未见明显异常。本院 CT 扫描示 (图 1a): C<sub>2/3</sub>、C<sub>3/4</sub>、C<sub>4/5</sub> 椎间盘突出, 颈椎退行性变, 颈椎失稳, 考虑颅底凹陷。

术前将 CT 薄层扫描数据用 Mimics 软件重建出

包含颅底、上颈椎在内的三维图像, 将三维图像导入 3D 打印机, 并采用选择性激光烧结工艺, 按照真实大小 1:1 制作取得 3D 打印模型 (图 1b), 该种工艺允许在没有支撑结构的情况下打印复杂几何形状, 并且可以实现较高的精度和表面质量。通过 3D 模型可清晰看到, 环枕融合、C<sub>2/3</sub> 融椎畸形、椎动脉高跨, 右侧椎弓根较细等枢椎异常发育情况, 故决定采取组合置钉的手术方式。

术中以枕骨-C<sub>2</sub> 为中心后正中纵行切口, 显露枕骨粗隆 C<sub>2</sub> 双侧椎板及突间关节, 探查见与术前 3D 模型反映情况一致, 于 C<sub>2/3</sub> 左侧块置入 3.5 mm×1.6 mm 螺钉, 于 C<sub>2</sub> 右侧椎弓根置入 3.5×2.0 螺钉, 置入预弯枕骨钢板, 3 枚枕骨螺钉撑开复位固定 (图 1c)。术中透视见钢板螺钉位置较好, 取左侧髂后上脊半板及部分松质骨, 覆盖于枕骨大孔及寰椎后缘开窗处 (图 1d), 缝线固定, 止血海绵覆盖, 丝线固定。

术后患者恢复良好, 右上肢麻木情况改善, 影像复查见内固定装置在位可靠 (图 1e)。术后 4 个月, 患者双下肢麻木情况较术前缓解明显, 复查三维 CT 见内固定装置无明显变化。

### 2 讨论

治疗颅底凹陷的后路手术方式众多, Hsu 等<sup>[5]</sup>报道了后路撑开加压复位技术, 在枕颈螺钉之间进行撑开, 使齿状突向下移位, 从而达到纵向复位的效果; 然后在枕骨区域进行加压, 使齿突前移, 矫正水

平方向的脱位。Jian 等<sup>[6]</sup>报道了采用直接后路撑开复位内固定技术，该术式无需打开侧块关节囊，可减少静脉丛出血；保留了 C<sub>2</sub> 神经根，减少了神经相关并发症。Wang 等<sup>[7]</sup>则认为齿状突周围的韧带和骨赘的牵拉和阻挡，单靠内固定装置上的加压难以达到理想效果，还有可能加重枕颈交界区的后凸畸形。

Chandra 等<sup>[8]</sup>利用后路撑开加压伸展复位技术治疗颅底凹陷合并寰枢椎脱位患者，其中 68.6% 患者达到骨性融合，但对于侧块关节面倾斜较大者，其复位效果较差。置入坚强有力的内固定装置是保证手术效果的前提，然而枕颈交界处复杂多变的结构，使得置钉过程尤为困难。

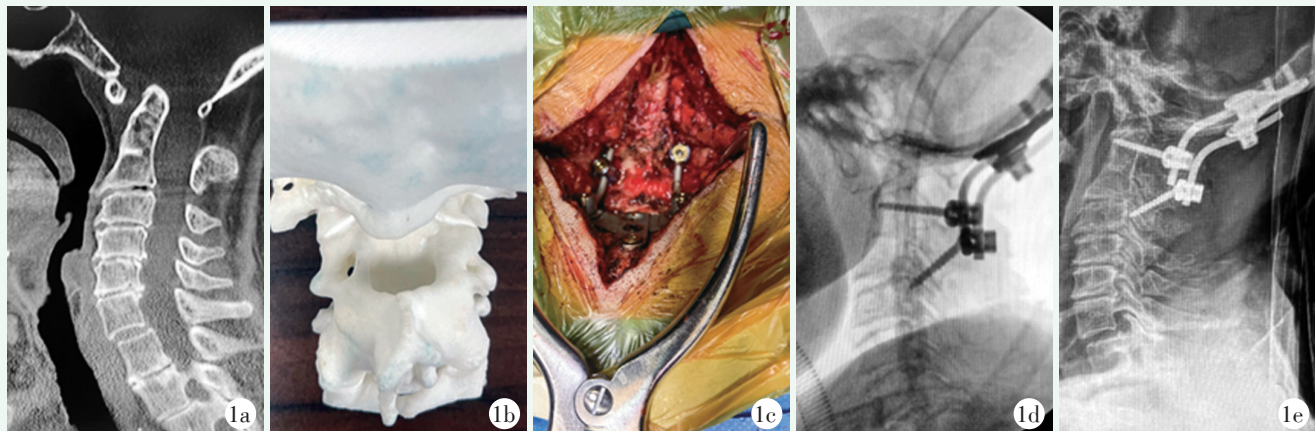


图 1. 患者女性，67 岁。1a: 颈椎 CT 扫描提示颅底凹陷；1b: 导出三维 CT 平扫数据后，1 : 1 制备枕颈 3D 打印模型；1c: 术中完成组合置钉颈枕固定和植骨，未损及高跨的椎动脉及颈神经；1d: 术中透视见颈椎力线好，内固定物位置良好；1e: 术后 X 线片显示内固定位置良好。

Figure 1. A 67-year-old female. 1a: Cervical CT before operation indicated basilar invagination; 1b: After exporting 3D CT plain scan data, an 1 : 1 3D printing model of occipital and upper cervical spine was made; 1c: Intraoperative cervical occipital fixation and bone grafting were completed without damage to the high-span vertebral artery and cervical nerve; 1d: Intraoperative fluoroscopy showed good cervical alignment, with implants in good position; 1e: Postoperative radiographs showed good implant position.

当椎动脉穿过 C<sub>2</sub>，在枢椎上关节突平面行走时，可过于向内、向后或更向上方行走，这一现象被称为椎动脉高跨<sup>[9]</sup>，此时的 C<sub>2</sub> 横突孔向内上方偏移，使得枢椎峡部变窄。纤细的枢椎椎弓根和变异走向的椎动脉，使寰枢椎固定时损伤椎动脉的风险增加，这限制了椎弓根螺钉的置入。

王建军等<sup>[3]</sup>根据椎动脉入口与椎管外壁距离以及椎动脉球部与上关节面距离将其枢椎椎动脉孔分为四型：I 型，松散低拐型；II 型，紧密高拐型；III 型，紧密低拐型；IV 型，松散高拐型。其中 II 型的枢椎椎动脉孔，过分向内偏移，且椎动脉高拐，椎动脉球部更接近上关节，使得椎弓根螺钉更加纤细，置钉安全“三角区”没有足够空间可以容纳螺钉，被视为置钉禁忌。

当 C<sub>2</sub> 椎弓根不足以容纳椎弓根螺钉时，如何选择替代置钉方案，相关报道较少。本例患者通过建立术前 3D 模型，观察到椎动脉高跨，C<sub>2</sub> 左侧椎弓根纤细，术前规划置钉路径，于 C<sub>2</sub> 右侧置入椎弓根螺钉，于左侧 C<sub>2/3</sub> 侧块置入螺钉，取得了较为满意的内

固定效果。但此种内固定方式还需进行长期随访，以观察远期效果。3D 打印技术可通过医学成像，快速成型，可精细化、个体化重建术区复杂的解剖结构，使得术者更直观、准确地做出术前规划，同时个体化的 3D 模型在疾病诊断分型、术前医患沟通、临床教学等方面，均有其独到的价值。

#### 参考文献

- [1] Smith J, Shaffrey CI, Abel MF, et al. Basilar invagination [J]. Neurosurgery, 2010, 66 (suppl 3) : 39-47. DOI: 10.1227/01.NEU.0000365770.10690.6F.
  - [2] Jian G, Zan C, Hao W, et al. Effectiveness of posterior reduction and fixation in atlantoaxial dislocation: a retrospective cohort study of 135 patients with a treatment algorithm proposal [J]. Eur Spine J, 2019, 28 (5) : 1053-1063. DOI: 10.1007/s00586-018-05869-z.
  - [3] 王建华, 尹庆水, 夏虹, 等. 枢椎椎动脉孔分型对枢椎椎弓根螺钉的临床意义 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17 (8) : 593-595. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2007.08.011.
- Wang JH, Yin QS, Xia H, et al. The role of the axis pedicle classification system on the pedicle screws placement [J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2007, 17 (8) : 593-595. DOI: 10.396

- 9/j.issn.1004-406X.2007.08.011.
- [4] Gao FY, Wang Q, Liu CX, et al. Individualized 3D printed model-assisted posterior screw fixation for the treatment of craniovertebral junction abnormality: a retrospective study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 27 (1): 29-34. DOI: 10.3171/2016.11.SPINE16713.
- [5] Hsu W, Zaidi HA, Suk I, et al. A new technique for intraoperative reduction of cepitocervical instability [J]. *Neurosurgery*, 2010, 66 (Suppl 6): 319-323. DOI: 10.1227/01.NEU.0000369925.81522.60.
- [6] Jian FZ, Chen Z, Wrede KH, et al. Direct posterior reduction and fixation for the treatment of basilar invagination with atlantoaxial dislocation [J]. *Neurosurgery*, 2010, 66 (4): 678-687. DOI: 10.1227/01.NEU.0000367632.45384.5A.
- [7] Wang C, Wang SL. Direct posterior reduction and fixation [J]. *Neurosurgery*, 2011, 68 (2): E601-604. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3181f3586a.
- [8] Chandra PS, Kumar A, Chauhan A, et al. Distraction, compression, and extension reduction of basilar invagination and atlantoaxial dislocation: a novel pilot technique [J]. *Neurosurgery*, 2013, 72 (6): 1040-1053. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31828bf342.
- [9] Masashi N, Mutsumi M, Yasushi I, et al. Atlantoaxial transarticular screw fixation for a high-riding vertebral artery [J]. *Spine*, 2003, 28 (7): 666-670. DOI: 10.1097/01.BRS.0000051919.14927.57.

(收稿:2024-02-07 修回:2024-04-23)  
(同行评议专家:王明亮,管华鹏)  
(本文编辑:郭秀婷)

## 读者·作者·编者

### 如何检索引用《中国矫形外科杂志》及文献格式

点击本刊网址进入《中国矫形外科杂志》官网(<http://jxwk.ijournal.cn>), 点击上方菜单栏:期刊浏览, 显示本期刊内检索窗口, 输入您要查找的自由词, 点击回车, 网页即显示相关内容, 点击排列方式, 您可按“相关性、发现时间...”排列篇名。点击篇名, 弹出摘要页面进行阅读。如果需要引用, 点击右上角“”符号, 在弹出的提示框里将内容复制粘贴:“Cu1+C”复制, “Ctrl+V”在您的文中粘贴。

文献格式需严格按本刊格式要求进行修改, 作者仅引用前 3 位, 超过 3 位时, 加“等.”或“et al.”。英文作者仅用姓(last name), 只有首字母大写, 而名(first name, middle name)则用其第一个字母大写缩写。文章题目仅首字母大写。期刊名用 Pubmed 标准缩写。

由于本刊正在申请加入 Scopus 数据库, 按数据库要求统一在文献后标注数字对象标识码(Digital Object Identifier, DOI), 中文参考文献补充原文的英译文献条目, 示例如下:

[1] Fehlings MG, Tetreault L, Nater A, et al. The aging of the global population: the changing epidemiology of disease and spinal disorders [J]. *Neurosurgery*, 2015, 77 (Suppl 4): S1-S5. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000953.

[2] 南运东, 徐长科. 经内镜椎间孔入路减压治疗腰椎管狭窄症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (19): 1811-1812. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.19.19.

Nan YD, Xu CK. Percutaneous transforaminal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (19): 1811-1812. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.19.19.

参考文献格式详细规范请参照参考文献格式国家标准 (GB-T7714-2005)。