

# 3D 打印导板辅助椎弓根螺钉置入治疗陈旧性 II 型齿状突骨折

董伟鑫, 储振涛, 胡勇, 赖欧杰, 袁振山  
(宁波市第六医院脊柱外科, 浙江 宁波 315040)

**【摘要】** 目的: 比较徒手置钉和应用 3D 打印导板辅助置钉在陈旧性 II 型齿状突骨折患者中的安全性和临床疗效, 并评价临床疗效。方法: 2018 年 11 月至 2022 年 12 月收治 38 例陈旧性 II 型齿状突骨折患者, 均表现为慢性颈痛, 根据寰枢椎椎弓根螺钉置入方式不同分为导板组和徒手组。导板组 17 例, 男 9 例, 女 8 例, 年龄(51.30±13.20)岁; 病程(22.18±7.59)个月。徒手组 21 例, 男 7 例, 女 14 例, 年龄(49.46±11.92)岁; 病程(19.52±9.17)个月。观察比较两组术中出血量、手术时间和术后引流量等指标。通过 CT 扫描评价术后寰枢椎置钉准确率。术前和术后 1 年, 采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)评价患者颈部疼痛, 采用日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分评价神经功能变化, 采用美国脊髓损伤学会(American Spinal Injury Association, ASIA)损伤量表评估脊髓损伤程度。结果: 所用患者获得随访, 时间(25.31±1.21)个月。导板组的手术时间(112.00±20.48) min 短于徒手组(124.29±15.24) min ( $P<0.05$ )。两组术中出血量、术后引流量、住院时间差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。术后 1 年导板组和徒手组 VAS [(2.88±0.86)分, (2.90±0.83)分]和 JOA 评分[(14.94±1.82)分, (14.62±2.19)分]较术前[VAS(4.71±0.92)分, (4.86±0.79)分; JOA(12.18±2.30)分, (11.95±2.31)分]均明显改善( $P<0.05$ ), 但是两组间比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两组 ASIA 评级在术后 1 年均未见明显改善( $P>0.05$ ), 两组间比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。导板组在寰枢椎椎弓根进行置钉的准确度明显优于徒手组( $P<0.05$ ), 但是两组在枢椎的置钉准确度方面差异无统计学意义( $P>0.05$ )。结论: 在后路椎弓根螺钉内固定治疗陈旧性 II 型齿状突骨折中, 3D 打印导板辅助技术能够显著缩短手术时间, 实现和徒手置钉相似的临床疗效, 并且能够显著提高寰枢椎椎弓根螺钉置入的准确性。

**【关键词】** 陈旧性齿状突骨折; 导板; 徒手; 准确性; 内固定

中图分类号: R683.2

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20230011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## 3D printing navigation template assisted pedicle screw placement for the treatment of type II old odontoid fractures

DONG Wei-xin, CHU Zhen-tao, HU Yong, LAI Ou-jie, YUAN Zhen-shan (Department of Spinal Surgery, Ningbo No. 6 Hospital, Ningbo 315040, Zhejiang, China)

**ABSTRACT** **Objective** To compare the safety and clinical efficacy of freehand and 3D printing navigation template assisted screw placement in patients with old odontoid fractures of type II. **Methods** Total of 38 patients with old odontoid fractures of type II were treated from November 2018 to December 2022, all of which presented as chronic neck pain. According to the different methods of screw insertion into the pedicle, the patients were divided into a navigation template group and a freehand group. In the navigation template group, there were 17 patients including 9 males and 8 females with an average age of (51.30±13.20) years old, disease duration was (22.18±7.59) months. In the freehand group, there 21 patients including 7 males and 14 females with an average age of (49.46±11.92) years old, disease duration was (19.52±9.17) months. The intraoperative blood loss, operation time, and postoperative drainage output were recorded and compared between two groups. The accuracy of screw placement was evaluated by CT scan. Before operation and 1 year after operation, cervical pain was assessed by visual analogue scale(VAS), neurological changes were evaluated by the Japanese Orthopaedic Association (JOA) score, and the degree of spinal cord injury was assessed by the American Spinal Injury Association (ASIA) injury scale. **Results** All patients were followed up for (25.31±1.21) months. The operation time of template group (112.00±20.48) min had significantly shorter than that of the freehand group (124.29±15.24) min ( $P<0.05$ ), while there were no significant differences between two groups in terms of intraoperative blood loss, postoperative drainage, and hospital stay ( $P>0.05$ ). At 1 year after operation, in template group and freehand group, the VAS [(2.88±0.86), (2.90±0.83)] and JOA [(14.94±1.82), (14.62±2.19)] improved with pre-operative [VAS (4.71±0.92), (4.86±0.79) and JOA (12.18±2.30), (11.95±2.31)] ( $P<0.05$ ), with no significant difference

通讯作者: 胡勇 E-mail: huyong610@163.com

Corresponding author: HU Yong E-mail: huyong610@163.com

between two groups ( $P>0.05$ ). No significant improvement was observed in ASIA grading in either group at 1 year after operation ( $P>0.05$ ), and there was no significant difference between two groups ( $P>0.05$ ). The template group had significantly better accuracy of screw placement in the pedicle of the axis than the freehand group ( $P<0.05$ ), while no significant difference was observed between two groups in the accuracy of screw placement in the pedicle of the atlas ( $P>0.05$ ). **Conclusion** In the treatment of type II old odontoid fractures with posterior pedicle screw fixation, 3D printing navigation template screw placement can significantly shorten the operation time, achieve similar clinical efficacy as free-hand screw placement, and significantly improve the accuracy of screw placement in the pedicle of the axis.

**KEYWORDS** Old odontoid fractures; Navigation template; Freehand; Accuracy; Internal fixation

II 型齿状突骨折是齿突基底部的骨折，多是由交通事故、高处坠落、摔倒等高能暴力事件造成，易引起寰枢椎不稳或脱位<sup>[1]</sup>。由于寰椎椎管储备有较大的缓冲空间，因此，在临床上，II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位，最初可只表现出轻微的颈部疼痛，或是无症状，从而延误患者就医治疗，逐渐迁延为陈旧性骨折，当脱位程度超过缓冲空间时，患者才会出现脊髓压迫症状，导致神经功能障碍<sup>[2]</sup>。对于伴有寰枢椎不稳的陈旧性 II 型齿状突骨折，常采用后路椎弓根螺钉固定融合术进行治疗，然而此类骨折解剖结构复杂，应用徒手置钉技术存在损伤周围神经血管的风险<sup>[3]</sup>。如何安全有效重建陈旧性 II 型齿状突骨折合并寰枢关节脱位的稳定性是脊柱外科的难点之一。本研究回顾性分析宁波市第六医院 2018 年 11 月至 2022 年 12 月行后路椎弓根螺钉内固定植骨融合术的 38 例陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者，比较 3D 打印导板辅助置钉和徒手置钉在该类型患者中应用的安全性及临床疗效。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准：病程>3 个月，术前影像学上证实为陈旧性 II 型齿状突骨折伴可复性寰枢关节脱位；术前影像确认寰枢椎无明显畸形；存在不同程度的颈部疼痛或四肢运动感觉功能障碍；应用 3D 打印导板辅助置钉或徒手置钉；具有 2 年以上的随访资料。

排除标准：寰枢椎严重畸形丧失骨结构，

不适合行椎弓根螺钉固定；上颈椎肿瘤、感染、风湿性关节炎或椎弓根宽度小于螺钉直径；严重心肺功能障碍，不能耐受手术；牵引后骨折脱位未恢复的。

### 1.2 一般资料

本研究纳入 38 例后路椎弓根螺钉内固定植骨融合术治疗的陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位病例，其中男 16 例，女 22 例，年龄 30~73 (49.89±12.38) 岁，病程 6~240 (20.71±8.50) 个月。根据置钉方式不同分为导板组 17 例和徒手组 21 例。致伤原因：坠落伤 19 例，交通伤 6 例，摔伤 13 例。两组患者的一般资料比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )，具有可比性，见表 1。所有患者知情同意，本研究得到我院医学伦理委员会批准 (编号：2022-12-23)。

### 1.3 手术方法

**1.3.1 术前处理** 38 例患者术前均行颅骨牵引，牵引重量 3~10 kg，定期行 X 线检查，及时调整牵引方向和重量，所有患者术前均实现复位。导板的设计和打印：对患者颈椎进行薄层 CT 扫描，扫描厚度为 1.0 mm，将获得数据以 Dicom 格式导入 Minics19.0 (Materialise 公司，比利时)，以骨骼 CT 值作为阈值获得寰枢椎蒙板，重建寰枢椎的三维模型。选择 MedCAD 模块规划寰枢椎椎弓根螺钉置入路径，确保不穿破椎弓根皮质。将重建的寰枢椎三维模型和模拟的椎弓根螺钉导入 3-Matic19.0 (Materialise 公司，比利时)。根据定位和解剖特征，提取寰枢椎后柱表面骨性形态，将其做 2.5 mm 反向拉伸处理，建立

表 1 两组陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative general data in patients with type II old odontoid fractures and atlantoaxial dislocation between two groups

组别	例数	性别/例		年龄( $\bar{x}\pm s$ )/岁	BMI( $\bar{x}\pm s$ )/( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )	病程( $\bar{x}\pm s$ )/月	受伤原因/例		
		男	女				坠落伤	交通伤	摔伤
导板组	17	9	8	51.30±13.20	24.17±3.34	22.18±7.59	7	4	6
徒手组	21	7	14	49.46±11.92	23.67±4.51	19.52±9.17	12	2	7
检验值		$\chi^2=1.482$		$t=0.490$	$t=0.388$	$t=0.956$	$\chi^2=1.657$		
P 值		0.324		0.627	0.701	0.346	0.437		

导板底座,同时导入钉道数据,将两者组合重建成导板,通过光固化成型技术(stereolithography apparatus,SLA)打印导板和寰枢椎实体模型。通过目标椎体模型验证导板和寰枢椎后部结构表面是否贴合,观察导航钉道是否准确。术前将导板和寰枢椎模型消毒备用。

**1.3.2 导板组手术方法** 患者全麻后取俯卧位,采用头颅牵引架固定头部,术中颅骨牵引 2~3 kg,调整头颈部位置,C 形臂 X 线机透视确定寰枢椎复位满意后,行后正中入路,充分剥离寰枢椎后方软组织,暴露寰椎后弓、枢椎棘突和椎板等骨性结构。将导板固定在寰椎或是枢椎后方,在骨面标记进钉点后,取出导板,术者手持磨钻磨除进钉点骨皮质,放回导航导板,使用电钻克氏针沿着导向孔方向钻孔(此处使用手钻亦可),逐渐加深钻入深度至预定位置,探针探查钉道四壁一底骨性结构,确认钉道无误后,置入长度、直径合适的椎弓根螺钉,术中使用 C 形臂 X 线机评估螺钉位置。选择长度合适的连接棒预弯后锁紧固定、打磨植骨床后取髂骨块予寰枢椎植骨。放置引流管,逐层缝合伤口。

**1.3.3 徒手组手术方法** 患者全麻后采用颅骨牵引复位寰枢椎脱位,选择后正中入路,充分剥离手术寰枢椎后柱骨性结构周围软组织,暴露骨性结构,按照谭明生等<sup>[4]</sup>和 RESNICK 等<sup>[5]</sup>置钉方法分别选取寰椎和枢椎椎弓根螺钉进钉点,完成钉道准备后,探针探测钉道周围骨性结构是否完整,攻丝并置入合适尺寸的椎弓根螺钉,并用 C 形臂 X 线机评估螺钉的位置,并适时进行调整。

**1.3.4 术后处理** 术后 1~2 d 拔除引流管,常规予以抗感染治疗 2 d、镇痛等对症治疗。拔管后嘱患者在颈托保护下适当下床活动,颈托固定 3 个月后再进行颈部功能锻炼。术后 1、2、3、6 和 12 个月来院复查,以了解内固定及植骨融合情况。

**1.4 观察项目与方法**

观察比较导板组和徒手组的手术时间、术中出血量、住院时间、术后引流量、术前和术后血红蛋白。

根据颈椎 CT 扫描结果,按 KAWAGUCHI 等<sup>[6]</sup>方法对椎弓根螺钉进行分级并评价置钉的准确性:0 级,未突破椎弓根骨皮质;1 级,突破骨皮质 ≤ 2 mm;2 级,突破骨皮质 > 2 mm;3 级,存在椎动脉、神经损伤。将 0 和 1 级认定为置钉成功。

**1.5 疗效评价方法**

所有病例于术前和术后 1 年采用视觉模拟评分(visual analogue scale,VAS)评估疼痛程度<sup>[7]</sup>;采用日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)评分<sup>[8]</sup>评估患者神经功能恢复情况,包括运动功能、感觉、膀胱功能;采用美国脊髓损伤学会(American Spinal Injury Association,ASIA)损伤量表<sup>[9]</sup>评估脊髓损伤程度。

**1.6 统计学处理**

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析,手术时间、术后引流量、VAS、JOA 评分等符合正态分布的定量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,两组间比较采用成组设计定量资料 *t* 检验,组内比较采用配对设计定量资料 *t* 检验。性别、受伤原因等定性资料比较采用 Fisher 确切概率法检验。等级资料置钉准确、ASIA 分级等组间及组内比较采用 Wilcoxon 符号秩和检验。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 一般随访情况**

导板组手术时间明显短于徒手组 (*P* < 0.05),两组术中出血量和住院时间差异无统计学意义 (*P* > 0.05),见表 2。所有患者顺利完成手术,两组术中均未发生严重的神经血管损伤。

**2.2 影像学结果**

导板组共置入 68 枚椎弓根螺钉,其中寰椎 0 级置钉 32 枚、1 级置钉 2 枚,枢椎 0 级置钉 33 枚、1 级置钉 1 枚。徒手组共置入 84 枚椎弓根螺钉,其中寰椎 0 级置钉 32 枚、1 级置钉 7 枚、2 级置钉 3 枚,枢椎 0 级置钉 40 枚、1 级置钉 2 枚。在寰椎导板组置钉的准确性明显优于徒手置钉 (*P* < 0.05),而在枢椎两种置钉技术差异无统计学意义 (*P* > 0.05),见表 3。

表 2 两组陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者围手术期资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.2 Comparison of perioperative data between two groups of patients with type II old odontoid fractures and atlantoaxial dislocation( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	手术时间/min	术中出血量/ml	住院时间/d	术后引流量/ml	血红蛋白/(g·L <sup>-1</sup> )	
						术前	术后 3 d
导板组	17	112.00±20.48	173.35±53.64	10.76±1.75	87.06±31.77	11.12±1.58	9.97±1.41
徒手组	21	124.29±15.24	198.08±63.85	12.38±3.09	90.95±28.71	11.48±1.48	10.14±1.42
<i>t</i> 值		-2.120	-1.284	-1.919	-0.396	-0.722	-0.373
<i>P</i> 值		0.041	0.207	0.063	0.694	0.475	0.712

表 3 两组陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者寰枢椎椎弓根螺钉置入准确性比较

Tab.3 Comparison of the accuracy of atlantoaxial pedicle screw placement between two groups of patients with type II old odontoid fractures and atlantoaxial dislocation

组别	例数	钉数	寰椎/枚				枢椎/枚			
			0 级	1 级	2 级	3 级	0 级	1 级	2 级	3 级
导板组	17	68	32	2	0	0	33	1	0	0
徒手组	21	84	32	7	3	0	40	2	0	0
Z 值			-2.161				-0.403			
P 值			0.031				0.786			

### 2.3 临床疗效结果

所有患者获得随访,时间(25.31±1.21)个月。末次随访时,所有患者实现骨融合,未发现椎弓根螺钉松动、移位、断裂或寰枢椎再失稳的现象。术后 1 年两组 ASIA 分级无论是与术前比较还是两组间比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 见表 4。术后 1 年 VAS 和 JOA 评分均较术前明显改善( $P<0.05$ ),但是两组间比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 见表 5 和表 6。典型病例影像图片见图 1。

## 3 讨论

### 3.1 陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢椎脱位的特点

II 型齿状突骨折是最常见的齿状突骨折类型,约占全部齿状突骨折的 54%~60%<sup>[10-11]</sup>。齿状突基底部主要有骨皮质构成,松质骨骨小梁数量不足导致缺乏足够的骨痂修复发起点,而且基底部骨折容易损伤营养血管,保守治疗后骨折不愈合的情况较为常见,占 21.7%~60%<sup>[12-15]</sup>。II 型齿状突骨折发生后,横韧带复合体所维持的寰枢椎稳定性容易遭到破坏,寰椎齿状突复合体逐渐向前移位,脊髓的腹侧和背侧会分别受到齿状突和寰椎后弓的慢性压迫,导致患者颈部疼痛、感觉丧失、括约肌功能障碍、呼吸抑制、瘫痪甚至死亡<sup>[2,16]</sup>。KIRANKUMAR 等<sup>[3]</sup>研究显示陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢椎脱位发生的可能性为 72.2%,这种类型的齿状突骨折在生物力学上

是不稳定的,非手术治疗会进一步增加神经系统受损的风险,最佳治疗措施是矫正脱位、重建寰枢椎稳定、脊髓减压。GREENBERG<sup>[17]</sup>基于颈椎动力位 X 片的复位情况,将寰枢椎脱位分为可复性和不可复性。不可复性寰枢椎脱位由于畸形愈合,需行经口前路松解联合后路钉棒固定融合,而可复性寰枢椎脱位主要为韧带损伤所致,可直接行后路复位固定<sup>[18-19]</sup>。本研究病例均为可复性寰枢椎脱位。

### 3.2 3D 打印导板辅助置钉在陈旧性 II 型齿状突骨的应用

本研究探讨了在陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位的患者中应用 3D 打印导板辅助置钉和徒手置钉的准确性和临床疗效。牢固有效的固定对于实现骨融合和持久稳定具有重要意义。目前,后路寰枢椎椎弓根螺钉固定技术因其优异的生物力学稳定性和术中可提拉复位的优势被广泛应用于治疗 II 型齿状突骨折伴寰枢椎脱位<sup>[20]</sup>。由于寰枢椎骨面小且平坦,邻近解剖结构复杂,椎弓根螺钉置入的准确性和安全性决定了治疗疗效<sup>[21]</sup>。徒手置钉技术主要依靠术前 CT 和三维重建图像、术中有限的解剖标志以及术者的临床经验来完成置钉,据 LEE 等<sup>[22]</sup>报道在寰枢椎徒手置入椎弓根螺钉的准确性可达 96.5%。但是陈旧性齿状突骨折周围可能会有瘢痕组织或是骨痂生成,而且寰枢椎平面的移位也会造成椎动脉走行异常<sup>[19]</sup>,导致上颈椎的解剖关系混乱,在此类骨折中进行置钉操作时需要准确地判断出各解剖结构,这对术者的置钉技术要求较高,稍有不慎就有可能损伤椎动脉或脊髓。郝定均等<sup>[23]</sup>使用徒手寰枢椎椎弓根螺钉置入技术对 48 例陈旧性齿状突骨折进行治疗,其中 3 例在置钉过程中损伤椎动脉,3 例造成寰椎后弓下壁破裂。利用逆向工程技术和快速成型技术打印与目标椎体解剖形态相匹配的 3D 导向模板,符合个性化和精准化原则,对于复杂病例来说,优势明显,有助于提高寰枢椎手术的成功率<sup>[24]</sup>。一项 Meta 分析显示在导板辅助下椎弓根螺钉置入的准确率为 97.3%,与徒手技术相比,导板辅助置钉技术

表 4 两组陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者手术前后 ASIA 分级比较

Tab.4 Comparison of ASIA grading between two groups of patients with type II old odontoid fractures and atlantoaxial dislocation

组别	例数	C 级				D 级				E 级			
		术前		术后 1 年		术前		术后 1 年		术前		术后 1 年	
		术前	术后 1 年	Z 值	P 值	术前	术后 1 年	Z 值	P 值	术前	术后 1 年	Z 值	P 值
导板组	17	2	1	0.366	0.545	15	14	0.234	0.628	0	2	2.125	0.145
徒手组	21	5	4	0.141	0.707	14	15	0.111	0.739	2	2	0.000	1.000
Z 值		0.907	1.425			2.418	0.620			1.709	0.050		
P 值		0.341	0.233			0.120	0.431			0.191	0.823		

单位:例

表 5 两组陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者手术前后 VAS 比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.5 Comparison of VAS before and after operation between two groups of patients with type II old odontoid fractures and atlantoaxial dislocation ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	单位:分			
		术前	术后 1 年	t 值	P 值
导板组	17	4.71±0.92	2.88±0.86	6.768	<0.001
徒手组	21	4.86±0.79	2.90±0.83	5.448	<0.001
t 值		-0.544	-0.081		
P 值		0.589	0.936		

可在术前规划好最佳的进钉点和进钉角度,术中依靠导向孔完成置钉,理论上可实现 100%的安全置钉<sup>[25]</sup>。此外,本研究所设计导板是针对寰椎和枢椎后方骨性结构的单节段式设计,即使体位改变或是其他椎体活动也不会影响导板辅助置钉的精确度。

### 3.3 3D 打印导板辅助置钉和徒手置钉准确性的比较及分析

本研究显示导板组在寰椎进行置钉时 32 枚螺钉完全位于椎弓根内,置钉成功率高于徒手组 ( $P<0.05$ ),但是仍有 2 枚螺钉穿破骨皮质,考虑原因如下:(1)术中软组织剥离不充分,导致导板与目标椎后方不能完全贴合,当然这种大面积剥除椎体后部软组织也会增加术中出血量,然而在本研究术中导板组平均出血量小于徒手组,这可能与导板组更短的手术时间相关。高置钉精度减少钻孔路径调整次数同样有助于减少术中出血<sup>[26]</sup>。(2)导板体积小,钻探钉道时,助手不易支撑固定,导板与骨性表面之间会出现微动,导致实际钉道与最优钉道存在偏差。(3)CT 扫描层厚、软件椎体重建过程中出现偏差,导致打印制备的导板与目标椎体存在微小差异。这与

NIU 等<sup>[27]</sup>研究结果相似。但是笔者发现,这两种置钉方式的准确性在枢椎上差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。笔者认为寰椎和枢椎解剖结构上的差异以及术者的手术经验会对置钉的精度造成影响。枢椎解剖结构特点使得椎弓根较大,而寰椎的形态结构特异,无椎体和传统意义上的椎弓根,是由前、后弓和侧块及横突构成<sup>[28-29]</sup>。对于手术经验较为丰富的医生来说,在置钉难度相对较小的枢椎上,使用导板辅助置钉并没有提高椎弓根螺钉置入的准确性,而在椎弓根普遍细小,置钉难度大的寰椎,导板辅助可帮助术者有效提高置钉的准确性,减少损伤脊髓、血管的可能性。比较患者术前术后 VAS 及 JOA 评分提示临床效果良好,表明导板辅助寰枢椎椎弓根螺钉植入是安全、有效的。

综上所述,3D 打印导板辅助下椎弓根螺钉固定治疗陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位疗效确切,可提高寰椎置钉的准确性,本研究局限性为单中心回顾性研究,样本量较小,以后尚需更多大样本、多中心的前瞻性研究进一步验证该结论。

#### 参考文献

- [1] 袁文,刘洋.寰枢椎脱位的分型及手术治疗现状[J].中国骨伤,2016,29(10):875-877.  
YUAN W,LIU Y. Clinical classification and treatment status of atlantoaxial dislocation[J]. China J Orthop Traumatol,2016,29(10):875-877. Chinese.
- [2] MEYER C,EYSEL P,STEIN G. Traumatic atlantoaxial and fracture-related dislocation[J]. Biomed Res Int,2019,2019:5297950.
- [3] KIRANKUMAR M V,BEHARI S,SALUNKE P,et al. Surgical management of remote,isolated type II odontoid fractures with atlantoaxial dislocation causing cervical compressive myelopathy[J]. Neurosurgery,2005,56(5):1004-1012.
- [4] 谭明生,张光铂,李子荣,等.寰椎测量及其经后弓侧块螺钉固定通道的研究[J].中国脊柱脊髓杂志,2002,12(1):5-8.

表 6 两组陈旧性 II 型齿状突骨折伴寰枢关节脱位患者手术前后 JOA 评分比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.6 Comparison of JOA scores before and after operation between two groups of patients with type II old odontoid fractures and atlantoaxial dislocation ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	运动功能				感觉			
		术前	术后 1 年	t 值	P 值	术前	术后 1 年	t 值	P 值
		导板组	17	5.59±1.28	6.71±0.85	-5.374	<0.001	4.35±0.79	5.35±0.70
徒手组	21	5.29±1.06	6.38±1.16	-4.600	<0.001	4.33±0.91	5.09±0.83	-5.587	<0.001
t 值		0.800	0.963			0.070	1.018		
P 值		0.429	0.342			0.945	0.316		
组别	例数	膀胱功能				总分			
		术前	术后 1 年	t 值	P 值	术前	术后 1 年	t 值	P 值
		导板组	17	2.24±0.66	2.76±0.43	-4.24	0.001	12.18±2.30	14.94±1.82
徒手组	21	2.29±0.64	2.76±0.44	-4.264	<0.001	11.95±2.31	14.62±2.19	-4.057	0.001
t 值		0.237	0.020			0.298	0.318		
P 值		0.814	0.984			0.768	0.752		

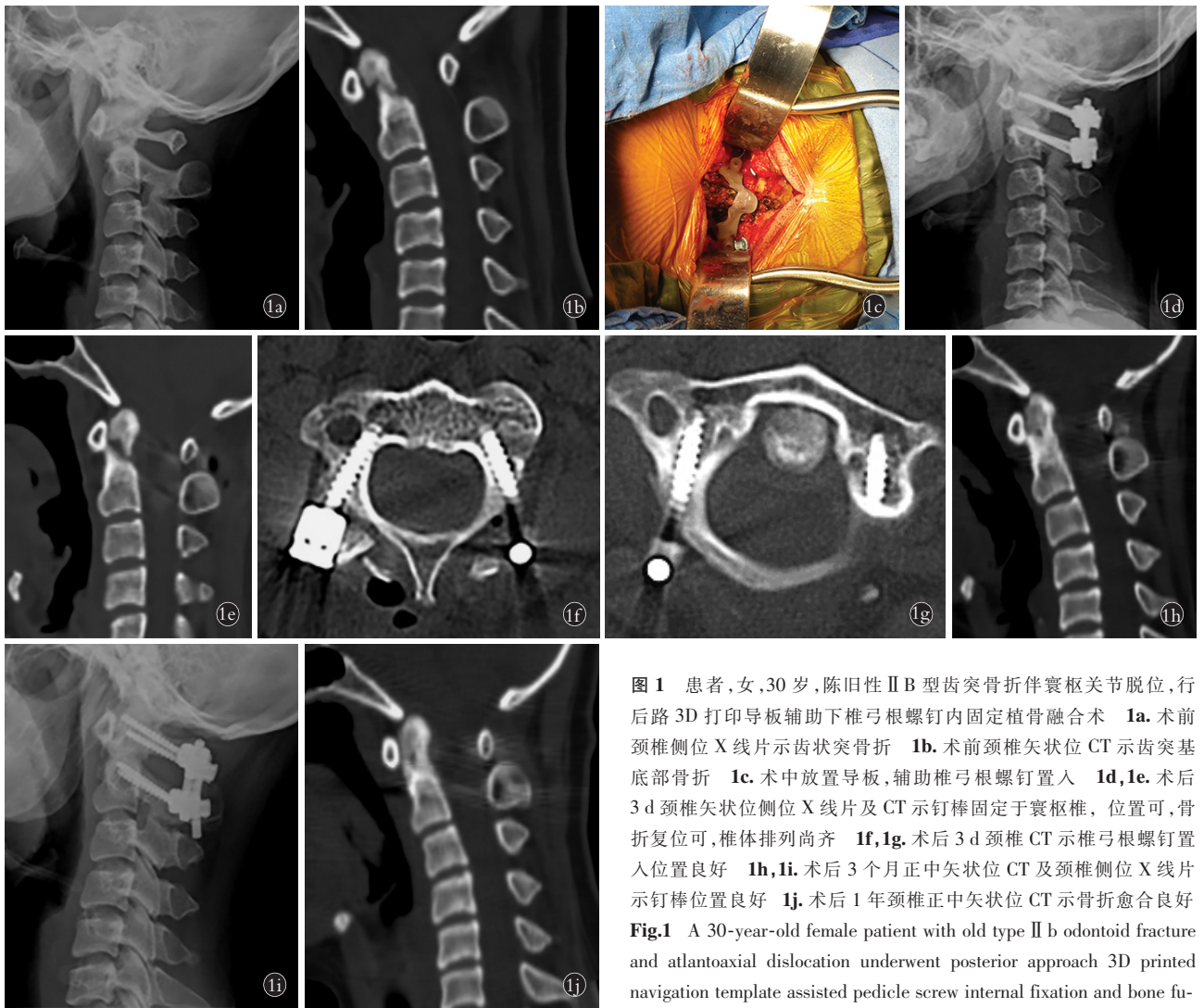


图 1 患者,女,30岁,陈旧性 II B 型齿突骨折伴寰枢关节脱位,行后路 3D 打印导航辅助下椎弓根螺钉内固定植骨融合术 1a. 术前颈椎侧位 X 线片示齿状突骨折 1b. 术前颈椎矢状位 CT 示齿突底部骨折 1c. 术中放置导航板,辅助椎弓根螺钉置入 1d, 1e. 术后 3 d 颈椎矢状位侧位 X 线片及 CT 示钉棒固定于寰枢椎,位置可,骨折复位可,椎体排列尚齐 1f, 1g. 术后 3 d 颈椎 CT 示椎弓根螺钉置入位置良好 1h, 1i. 术后 3 个月正中矢状位 CT 及颈椎侧位 X 线片示钉棒位置良好 1j. 术后 1 年颈椎正中矢状位 CT 示骨折愈合良好 Fig.1 A 30-year-old female patient with old type II b odontoid fracture and atlantoaxial dislocation underwent posterior approach 3D printed navigation template assisted pedicle screw internal fixation and bone fusion 1a. Preoperative lateral X-ray of cervical showed an odontoid process fracture 1b. Preoperative cervical sagittal CT confirmed a fracture at the base of the odontoid process 1c. A guide plate was used during operation to assist with pedicle screw insertion 1d, 1e. At 3 days after operation, the lateral X-ray and sagittal CT nail rods of the cervical spine were fixed in the atlantoaxial vertebra, with acceptable position, fracture reduction, and the vertebral body was still aligned 1f, 1g. At 3 days after operation, cervical CT showed good pedicle screw placement 1h, 1i. The cervical median sagittal CT and the lateral X-ray showed maintained screw and rod were in good position at 3 months after operation 1j. The cervical sagittal CT at 1 year after operation confirmed effective fracture healing

TAN M S, ZHANG G B, LI Z R, et al. Anatomic study of atlas and the pass using screw fixation via posterior arch and lateral mass[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2002, 12(1): 5-8. Chinese.

[5] RESNICK D K, LAPSIWALA S, TROST G R. Anatomic suitability of the C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> complex for pedicle screw fixation[J]. Spine, 2002, 27(14): 1494-1498.

[6] KAWAGUCHI Y, NAKANO M, YASUDA T, et al. Development of a new technique for pedicle screw and Magerl screw insertion using a 3-dimensional image guide[J]. Spine, 2012, 37(23): 1983-1988.

[7] HUSKISSON E C. Measurement of pain[J]. Lancet, 1974, 2(7889): 1127-1131.

[8] TETREAU L, KOPJAR B, NOURI A, et al. The modified Japanese Orthopaedic Association scale: establishing criteria for mild, moderate and severe impairment in patients with degenerative cervical myelopathy[J]. Eur Spine J, 2017, 26(1): 78-84.

[9] ROBERTS T T, LEONARD G R, CEPELA D J. Classifications in

brief: American spinal injury association (ASIA) impairment scale [J]. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475(5): 1499-1504.

[10] AQUILA F, TACCONI L, BALDO S. Type II fractures in older adults: can they be treated conservatively: a single-center experience and review of the literature[J]. World Neurosurg, 2018, 118: e938-e945.

[11] ANDERSON L D, D'ALONZO R T. Fractures of the odontoid process of the axis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1974, 56(8): 1663-1674.

[12] OSMAN A, ALAGELI N A, SHORT D J, et al. Conservative Management of Odontoid Peg Fractures, long term follow up[J]. J Clin Orthop Trauma, 2017, 8(2): 103-106.

[13] LEWIS E, LIEW S, DOWRICK A. Risk factors for non-union in the non-operative management of type II dens fractures[J]. ANZ J Surg, 2011, 81(9): 604-607.

[14] GEMBRUCH O, LEMONAS E, AHMADIPOUR Y, et al. Nonoper-

- ative management of C-2 dens fractures; single center experience and review of the literature[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2018, 169: 166-173.
- [15] AMLING M, HAHN M, WENING V J, et al. The microarchitecture of the axis as the predisposing factor for fracture of the base of the odontoid process. A histomorphometric analysis of twenty-two autopsy specimens[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1994, 76(12): 1840-1846.
- [16] 胡旭栋, 蒋伟宇, 陈云琳, 等. 游离齿状突并发寰枢关节脱位的治疗策略及疗效分析[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(4): 321-327.  
HU X D, JIANG W Y, CHEN Y L, et al. Treatment strategy and curative effect analysis of os odontoideum complicated with atlantoaxial joint dislocation[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2021, 34(4): 321-327. Chinese.
- [17] GREENBERG A D. Atlanto-axial dislocations[J]. *Brain*, 1968, 91(4): 655-684.
- [18] GUAN J, CHEN Z, WU H, 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.
- [19] DEEPAK A N, SALUNKE P, SAHOO S K, et al. Revisiting the differences between irreducible and reducible atlantoaxial dislocation in the era of direct posterior approach and C<sub>1-2</sub> joint manipulation[J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 26(3): 331-340.
- [20] HARMS J, MELCHER R P. Posterior C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> fusion with polyaxial screw and rod fixation[J]. *Spine*, 2001, 26(22): 2467-2471.
- [21] LI Y, LIN J, WANG Y, et al. Comparative study of 3D printed navigation template-assisted atlantoaxial pedicle screws versus free-hand screws for type II odontoid fractures[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(2): 498-506.
- [22] LEE B J, KIM M, JEONG S K, et al. Comparison of the accuracy of C1 pedicle screw fixation using fluoroscopy and free-hand techniques in patients with posterior arch thickness of less than 4 mm[J]. *Oper Neurosurg*, 2020, 19(4): 429-435.
- [23] 郝定均, 许正伟, 贺宝荣, 等. 寰枢椎椎弓根螺钉技术治疗陈旧性齿状突骨折并寰枢椎失稳[J]. *中华创伤杂志*, 2011, 27(2): 121-124.  
HAO D J, XU Z W, HE B R, et al. Atlantoaxial pedicle screw fixation for old odontoid fracture combined with atlantoaxial instability[J]. *Chin J Trauma*, 2011, 27(2): 121-124. Chinese.
- [24] PU X W, YIN M C, MA J M, et al. Design and application of a novel patient-specific three-dimensional printed drill navigational guiding in atlantoaxial pedicle screw placement[J]. *World Neurosurg*, 2018, 114: e1-e10.
- [25] AZIMI P, YAZDANIAN T, BENZEL E C, et al. 3D-printed navigation template in cervical spine fusion: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(2): 389-401.
- [26] GARG B, GUPTA M, SINGH M, et al. Outcome and safety analysis of 3D-printed patient-specific pedicle screw jigs for complex spinal deformities: a comparative study[J]. *Spine J*, 2019, 19(1): 56-64.
- [27] NIU G Q, CHENG J W, LIU L T, et al. Individualized 3D printed navigation template-assisted atlantoaxial pedicle screws vs. free-hand screws for the treatment of upper cervical fractures[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 932296.
- [28] LENZ M, HARLAND A, EGENOLF P, et al. Suggestion of a safe zone for C<sub>1</sub> pedicle screws depending on anatomical peculiarities[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(12): 3614-3619.
- [29] 胡勇, 何贤峰, 马维虎, 等. 枢椎后路 3 种螺钉固定技术生物力学测试的对比研究[J]. *中国骨伤*, 2009, 21(1): 17-20.  
HU Y, HE X F, MA W H, et al. Comparison study of biomechanical test among fixation techniques of three types screw of posterior approach for C<sub>2</sub>[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2009, 21(1): 17-20. Chinese.

(收稿日期: 2023-06-15 本文编辑: 王玉蔓)