

· 技术创新 ·

3D 打印导板辅助后路寰枢椎螺钉固定治疗齿状突骨折

李佳佳¹, 姜泽威¹, 吴瑞¹, 刘彬¹, 姚树强¹, 张廷伟¹, 杨凯¹, 杨永军¹, 周纪平^{1*}, 谭明生²

(1. 山东省文登整骨医院, 山东文登 264400; 2. 中日友好医院, 北京 100000)

摘要: [目的] 介绍 3D 打印导板辅助后路寰枢椎螺钉固定治疗齿状突骨折的手术技术与初步临床效果。[方法] 2017 年 1 月—2019 年 12 月收治的 31 例 II 型齿状突骨折患者均行后路寰枢椎置钉内固定治疗。术前行薄层 CT 扫描, 将数据导入 Mimics 软件中重建三维模型, 使用 STL 格式导入 Geomagic Studio 软件中, 对三维参考平面进行定位, 设计相应椎弓根钉的导板, 3D 打印机打印出导板实物。术前行颅骨牵引 7~10 d, 定期摄床旁 DR 直至骨折复位。行后正中切口显露 C₁ 和 C₂, 放置 3D 打印导板, 分别于寰椎椎弓根、枢椎椎弓根各置入合适椎弓根螺钉, 安装连接棒固定。[结果] 31 例患者均顺利完成手术, 无严重并发症。共置入椎弓根螺钉 124 枚, 手术时间 (102.90±4.21) min, 术中出血量 (123.23±11.91) ml。术后 CT 显示 124 枚椎弓根钉均为 Neo 评级 0 级。[结论] 3D 打印导板技术可显著提升齿状突骨折后路寰枢椎螺钉固定置钉精准度。

关键词: 齿状突骨折, 3D 导板, 颈后路手术, 椎弓螺钉

中图分类号: R683.2 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 14-1311-04

3D printed guider assisted posterior atlantoaxial screw fixation for odontoid fractures // LI Jia-jia¹, JIANG Ze-wei¹, WU Rui¹, LIU Bin¹, YAO Shu-qiang¹, ZHANG Ting-wei¹, YANG Kai¹, YANG Yong-jun¹, ZHOU Ji-ping¹, TAN Ming-sheng². 1. Shandong Wendeng Orthopaedic Hospital, Wendeng 264400, China; 2. China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100000, China

Abstract: [Objective] To introduce the surgical technique and preliminary clinical results of 3D printed guider assisted posterior atlantoaxial screw fixation for the treatment of odontoid fractures. [Methods] A total of 31 patients underwent posterior atlantoaxial screw fixation for type II odontoid fractures from January 2017 to December 2019. After preoperative thin-slice CT scanning, the data was imported into Mimics software to reconstruct the 3D model, and then transferred into Geomagic Studio software by using the STL format to locate the 3D reference plane, design the guiders for the screw, finally print the actual guider by 3D printer. Skull traction was applied continuously for 7-10 days before surgery, and bedside radiographs were taken regularly until the fracture was reduced. In the real surgical procedure, a midline incision was made to reveal C₁ and C₂. As the 3D printed guider were placed properly, suitable screws were inserted bilaterally into the atlas and axial pedicles respectively, and then connecting rods was installed to fix them. [Results] All the 31 patients were successfully operated on without serious complications. A total of 124 screws were inserted with operation time of (102.90±4.21) min, and the intraoperative blood loss of (123.23±11.91) ml. The postoperative CT showed that all 124 pedicle screws were placed correctly as Neo grade 0. [Conclusion] This 3D printed guider does significantly improve the accuracy of posterior atlantoaxial screw placement for odontoid fractures.

Key words: odontoid fracture, 3D printed guider, posterior cervical surgery, pedicle screw

齿状突是寰枢椎的骨性中轴, 承担了大部分颈椎旋转功能。枢椎齿状突骨折占成人颈椎损伤的 10%~15%^[1], 严重的会导致脊髓受压、影响呼吸^[2]。Anderson II 型骨折发生在齿突尖腰部, 容易导致骨折移位及不愈合, 最高可达 85%^[3], 多以手术治疗。前路手术能恢复寰枢关节的稳定性、保留寰枢关节的屈伸及旋转功能, 且创伤小、效果好, 患者生活质量高^[4]; 但术中操作时可能导致齿状突残端被推向远心

端而造成骨折面不连, 无法获得远期骨性愈合、可能影响呼吸、吞咽功能等^[5]。对于齿状突发育不全、齿状突枕骨融合、寰椎枕化的齿状突骨折患者来说, 前路手术不适宜。而寰枢椎椎弓根螺钉力学强度大, 术中可提拉复位, 且寰枢椎融合后能保持寰枢椎整体力学稳定性, 目前仍是治疗 Anderson II 型骨折的主流术式, 近来短期固定非融合手术治疗 Anderson II 型骨折也屡见报道^[6]。不管融合还是非融合, 首先需要

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.14.13

作者简介: 李佳佳, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 脊柱脊髓, (电话)15684522890, (电子信箱)15684522890@163.com

* 通信作者: 周纪平, (电话)15953885985, (电子信箱)abcdzjp@163.com

后路置钉固定，由于寰枢椎特殊的解剖位置，特别需要一种辅助指导置钉技术，3D打印导板技术问世以来，研究热度不减，本科利用3D打印导板技术对2017年1月—2019年12月收治的31例Ⅱ型齿状突骨折患者进行后路寰枢椎置钉内固定治疗，效果不错，报道如下。

1 手术技术

1.1 术前准备

患者术前行颈椎椎体DR、CT及MPR重建、MRI检查，明确Anderson-D'Alonso分型Ⅱ型骨折诊断（图1a，1b），排除其他节段颈椎骨折、交叉韧带断裂、强直性脊柱炎、脊柱肿瘤等，完善相关术前检查，排除手术禁忌证。

术前行薄层CT扫描，将数据导入Mimics软件中重建三维模型，使用STL格式将模型导入Geomagic Studio软件中，定位三维参考平面，设计相应椎弓

根钉的进钉点及钉道位置。在Geomagic Studio软件中，提取预计置钉椎的关节突、椎板、棘突等结构，建立反向模板。并依据C₁和C₂三维模型设计椎弓根进钉导板（图1c），数据以STL格式进行保存，最后使用3D打印机打印出导板实物。

1.2 颅骨牵引

术前先行牵引7~10 d，牵引重量2~5 kg，定期床旁拍摄DR直至骨折复位。

1.3 手术操作

患者全身麻醉，气管插管，俯卧位，头颈中立位，用Mayfield头架固定头颈，将手术床保持头高脚底20°。取枕颈部后路正中纵行切口约10 cm，依次切开皮肤、皮下组织，切开项韧带，由中线分开枕下小肌群，显露寰椎后弓，显露寰枢椎双侧椎板及突间关节，放置3D打印导板（图1d），分别于寰椎椎弓根、枢椎椎弓根各置入合适椎弓根螺钉，透视见骨折复位与椎弓根螺钉位置满意（图1e，1f），安装双侧棒，紧固钉棒系统，完成固定。

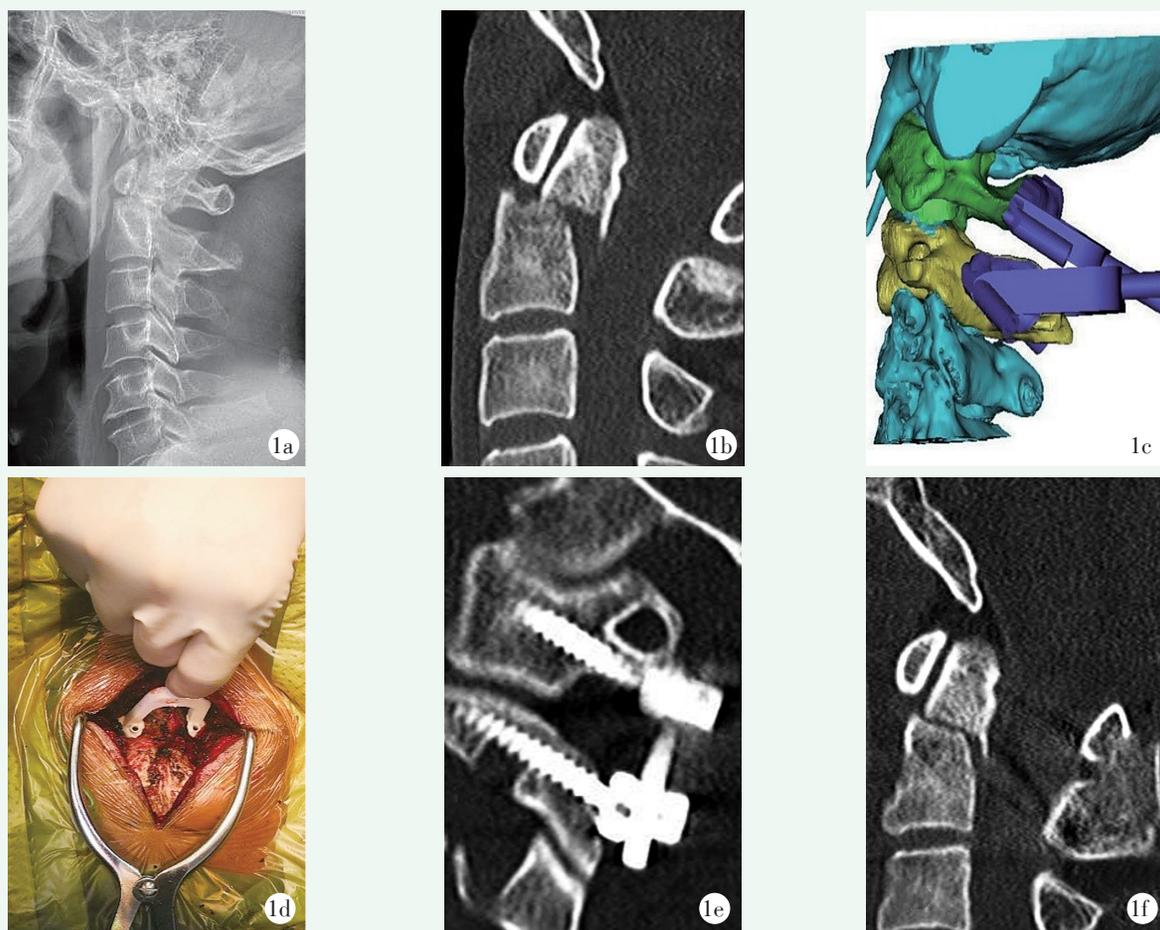


图1 3D打印导板辅助后路寰枢椎螺钉固定治疗齿状突骨折 1a, 1b: 术前侧位X线片和矢状位CT显示枢椎齿状突Ⅱ型骨折，骨折显著移位，侵犯椎管 1c: 依据C₁和C₂三维数字模型设计椎弓根进钉导板 1d: 术中显露寰枢椎双侧椎板及突间关节，放置3D打印导板，置入椎弓根钉 1e, 1f: 术后矢状面CT示椎弓根钉位置良好，齿状突复位满意

如根据术前影像与临床判断单纯固定后远期稳定性差,则加行植骨融合,于寰椎后弓及枢椎椎板处制造粗糙面,自左侧枢后上棘处取出大量松质骨及部分半椎板皮质骨,植入粗糙面处。冲洗切口、止血,放置引流管1条,依次缝合各层。

1.4 术后处理

术后常规预防性应用抗生素1d,术后2d拔除引流管,术后3d拍X线片与CT复查。

2 临床资料

2.1 一般资料

本组共31例,其中男23例,女8例,年龄23~74岁,平均(52.32±3.69)岁。车祸撞伤23例,摔伤7例,其他伤1例;受伤至本科就诊时间1h~10d。本研究获得本院伦理委员会批准,所有患者签署知情同意书。

2.2 初步结果

31例患者均顺利完成手术,共置入椎弓根螺钉124枚,术中无血管、神经损伤等严重并发症。手术时间60~160min,平均(102.90±4.21)min。术中出血量50~350ml,平均(123.23±11.91)ml。所有患者术后疼痛症状缓解,切口均一期愈合。随术后时间推移,31例患者颈椎与神经功能逐渐恢复,无神经症状加重者。

按照Neo评级标准^[7],术后复查CT显示124枚椎弓根螺钉均未突破骨皮质,均为0级螺钉位置。

3 讨论

本研究探讨利用3D打印导板这一技术辅助置入寰枢椎椎弓根螺钉的准确性,结果表明利用3D打印导板技术,辅助置钉更精确,手术时间短,出血量少。

近年来3D打印及导板技术发展迅猛,3D模型可以帮助高年资医师对低年资医师的培训,也有助于医师直观地向患者解释病情,有利于医患间的沟通,并且可优化手术路线,减少X线暴露^[14-17]。彭仲华^[18]报道3D打印技术辅助空心加压螺钉治疗Anderson II A型齿状突骨折,能减少手术时间、术中出血量、透视次数和置钉次数,骨愈合快,螺钉松动断裂少。张树芳等^[19]运用3D打印技术治疗II C型齿状突骨折,能有效提高手术置钉的安全性和准确性。钟鸣亮等^[20]运用3D打印定位导板技术辅助前路螺

钉内固定治疗齿状突骨折,有操作简单方便、置钉准确、创伤小、出血量少、骨折融合率高等优势。

运用3D打印导板时也发现了几个问题:(1)导板模型在制作过程中有几个环节可能影响其精确性,主要包括椎体三维模型重建时可能产生的误差(主要是由于CT扫描所采用的层厚、螺距,所选用的骨组织灰阶值,CT连续断层图像数据DICOM格式向STL格式的转化等因素的影响所造成)及快速成型机本身的成型精度所产生的误差;(2)术中导板消毒后可能的变形;(3)对于椎体“人”字嵴部位骨面较平坦的患者,导板模型固定稳定性较差,辅助置入螺钉时需用手握紧导航模块,防止导航模块松动;(4)导板模型在术中应用时,一方面要将相应椎体椎板、横突后部及棘突根部背侧的软组织剥离干净,同时又要尽可能地避免破坏椎体后部的骨性解剖结构,才能使导板紧密贴合于相应的骨性解剖结构。另外本研究为回顾性单样本研究,样本量少,需要进一步收集数据,减少实验偏倚。将来有条件可以设置前瞻性多中心对照实验,进一步说明其优势。

参考文献

- [1] Joaquim AF, Patel AA. Surgical treatment of type II odontoid fractures: anterior odontoid screw fixation or posterior cervical instrumented fusion [J]. *Neurosurg Focus*, 2015, 38 (4): E11.
- [2] 宋继鹏,王延雷,李文浩,等.短期非融合固定治疗枢椎齿状突II型骨折后的颈椎活动度[J].*中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (10): 882-886.
- [3] Smith HE, Kerr M, Fehlings MG, et al. Trends in epidemiology and management of type II odontoid fractures: 20-year experience at a model system spine injury tertiary referral center [J]. *J Spinal Disorders Tech*, 2010, 23 (8): 501-505.
- [4] 李志超,王靳,石玉琴.颈前路单枚空心螺钉在齿状突II型骨折治疗中的应用29例[J].*中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28 (2): 77-79.
- [5] 马向阳,尹庆水,夏虹,等.新鲜II型齿状突骨折的术式选择及治疗效果[J].*中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21 (7): 550-553.
- [6] 孙中仪,林浩,郑勇,等.后路椎弓根螺钉非融合内固定术治疗新鲜II型齿状突骨折[J].*中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (24): 2214-2218.
- [7] Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, et al. The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae [J]. *Spine*, 2005, 30 (24): 2800-2805.
- [8] Harms J, Melcher RP. Posterior C₁-C₂ fusion with polyaxial screw and rod fixation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26 (22): 2467-2471.
- [9] Ni B, Guo Q, Lu X, et al. Posterior reduction and temporary fixation for odontoid fracture: a salvage maneuver to anterior screw fixation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40 (3): 168-174.

(下转 1317 页)

- py (ESWT) ameliorates healing of tibial fracture non-union unresponsive to conventional therapy [J]. *Injury*, 2016, 47 (7): 1506-1513.
- [7] 陈灿, 马家富, 陈秋萍. 小切口股骨近端防旋髓内钉内固定术治疗股骨粗隆间骨折的临床效果 [J]. *广西医学*, 2019, 41 (3): 388-390.
- [8] 王本祯, 冯志伟, 宋军旗, 等. 阻挡钉结合生根技术新型胫骨髓内钉治疗胫骨远端骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (20): 1913-1915.
- [9] Swanson EA, Garrard EC, O'Connor DP, et al. Results of a systematic approach to exchange nailing for the treatment of aseptic tibial nonunions [J]. *J Orthop Trauma*, 2015, 29 (1): 28-35.
- [10] 柯铁, 林昊, 蔡鸿儒, 等. 阻挡钉治疗股骨交锁髓内钉术后肥大性骨不连 [J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33 (4): 344-348.
- [11] Krettek C, Stephan C, Schandelmaier P, et al. The use of Poller screws as blocking screws in stabilising tibial fractures treated with small diameter intramedullary nails [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1999, 81 (6): 963-968.
- [12] Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, et al. The mechanical effect of blocking screws ("Poller screws") in stabilizing tibia fractures with short proximal or distal fragments after insertion of small-diameter intramedullary nails [J]. *J Orthop Trauma*, 1999, 13 (8): 550-553.
- [13] 李杰, 王谦, 路遥, 等. 髓内钉附加小钢板或阻挡钉治疗胫骨近段骨折比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (10): 870-875.
- [14] Stedtfeld HW, Mittlmeier T, Landgraf P, et al. The logic and clinical applications of blocking screws [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2004, 86-A (Suppl 2): 17-25.
- [15] 姚双权, 张浩, 马霖, 等. 双平面阻挡钉技术在胫骨干骨折交锁髓内钉治疗中的应用 [J]. *中国微创外科杂志*, 2019, 19 (5): 458-461.
- (收稿:2021-03-01 修回:2021-06-22)
(同行评议专家:罗亚平)
(本文编辑:闫承杰)

(上接 1313 页)

- [10] 许楠健, 陈云琳, 王小舟, 等. I 期后路寰枢椎椎弓根螺钉复位固定非融合治疗青少年 Grauer II B 型齿状骨折 [J]. *中国骨伤*, 2019, 32 (3): 254-259.
- [11] 高文飞, 王卫东, 侯宁, 等. 后路枕骨椎临时固定非融合治疗 II C 型新鲜齿状骨折 [J]. *临床骨科杂志*, 2018, 21 (1): 1-3, 7.
- [12] 莫挺挺, 张文斌, 李宏杰, 等. 后路寰枢椎钉棒固定融合与非融合治疗 II 型齿状骨折的疗效比较 [J]. *临床骨科杂志*, 2017, 20 (3): 272-275.
- [13] 马向阳, 杨进城, 邹小宝, 等. 陈旧性 II 型齿状骨折的术式选择及治疗效果 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27 (1): 37-42.
- [14] 李玖泽. 3D 打印技术的发展及其软件实现 [J]. *数字通信世界*, 2017 (12): 117.
- [15] 鲍立杰, 张志平, 吴培斌. 3D 打印技术在骨科的研究及应用进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (4): 325-327.
- [16] 张常贵, 杨柳, 段小军. 3D 打印技术在关节外科的临床应用进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (16): 1497-1501.
- [17] 刘琨, 赵汝岗, 张强. 3D 打印技术在骨科的应用研究进展 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2015, 17 (1): 63-66.
- [18] 彭仲华, 梁亮科. 3D 打印技术辅助空心加压螺钉治疗 Anderson II A 型齿状骨折 [J]. *分子影像学杂志*, 2017, 40 (4): 388-392.
- [19] 张树芳, 陈荣春, 郭朝阳, 等. 基于 3D 打印技术辅助寰枢椎椎弓根螺钉治疗 II C 型齿状骨折 [J]. *中国组织工程研究*, 2017, 21 (31): 4951-4956.
- [20] 钟鸣亮, 陈荣春, 陈云生, 等. 3D 打印定位导板在齿状骨折螺钉内固定中的应用研究 [J]. *微创医学*, 2018, 13 (5): 583-585.
- (收稿:2020-12-10 修回:2022-03-28)
(本文编辑:郭秀婷)