

经后路侧块螺钉悬臂梁技术治疗齿状突II型骨折临床效果分析

刘 君, 张红军, 邓美超, 崔宇轩, 李 波, 邵高海*

重庆医科大学附属永川医院骨科, 重庆

收稿日期: 2025年7月22日; 录用日期: 2025年8月16日; 发布日期: 2025年8月26日

摘 要

目的: 回顾分析经后路侧块螺钉结合悬臂梁技术提拉复位固定治疗II型齿状突骨折患者的临床效果。方法: 分析我院自2015年11月至2022年11月经后路侧块螺钉结合悬臂梁技术提拉复位固定治疗II型齿状突骨折32例患者临床资料。其中男23例, 女9例; 年龄24~65, 平均 43.6 ± 13.1 岁。车祸伤26例, 高坠伤6例。IIa型16例, IIb型9例, IIc型7例。所有病例均有不同程度的枕颈部疼痛及活动受限, VAS评分5~10分, 平均 7.5 ± 1.3 分。其中11例患者有不同程度脊髓神经损伤表现, 其中ASIA分级D级7例, C级4例; JOA评分9~13分, 平均 11.4 ± 1.2 分。所有患者均行经后路侧块螺钉结合钛缆悬梁支撑提拉复位固定并椎板间植骨术。结果: 所有患者均顺利完成手术, 术中均未发生血管、脊髓、神经损伤。所有病例均获得随访, 随访时间1~3年, 随访期间未发生内固定位置松动及寰椎后弓切割骨折。手术后一周、6个月及末次随访的VAS评分分别为 3.9 ± 1.0 、 1.3 ± 0.9 、 0.8 ± 0.7 分, 均较术前 7.5 ± 1.3 分明显改善($P < 0.001$)。11例合并脊髓神经损伤患者末次随访时均有所改善, 9例(82%)神经功能提升1级, 2例(18%)神经功能提升2级; 术后一周、6个月及末次随访的JOA评分分别为 13.7 ± 1.3 、 15.6 ± 1.1 、 16.2 ± 0.6 分, 均较术前明显改善($P < 0.001$)。末次随访寰枢椎复位位置良好, 螺钉、U形棒、钛缆无松动、断裂。术后6月齿状突骨折愈合17例, 骨折愈合率53.13%, 术后12月骨折愈合25例, 愈合率78.13%, 术后18月骨折愈合29例, 愈合率90.62%, 术后36月3例骨折未愈合, 未愈合率9.38%, 但所有患者后路植骨均获得良好融合。结论: 经后路侧块螺钉结合悬臂梁技术提拉复位固定治疗II型齿状突骨折伴寰枢椎不稳, 固定可靠, 骨折愈合率高, 植骨融合率高。临床应用具有操作简单、安全有效的优势。

关键词

齿状突, II型骨折, 侧块螺钉, 悬臂梁, 寰枢椎

Clinical Efficacy Analysis of Posterior Lateral Mass Screw Cantilever Technique in the Treatment of Type II Odontoid Fractures

*通讯作者。

文章引用: 刘君, 张红军, 邓美超, 崔宇轩, 李波, 邵高海. 经后路侧块螺钉悬臂梁技术治疗齿状突II型骨折临床效果分析[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 1741-1750. DOI: 10.12677/acm.2025.1582421

Jun Liu, Hongjun Zhang, Meichao Deng, Yuxuan Cui, Bo Li, Gaohai Shao*

Department of Orthopedics, Yongchuan Hospital Affiliated to Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Jul. 22nd, 2025; accepted: Aug. 16th, 2025; published: Aug. 26th, 2025

Abstract

Objective: To review and analyze the clinical efficacy of posterior lateral block screw combined with cantilever beam technique for traction, reduction, and fixation in the treatment of patients with II-type odontoid process fractures. **Method:** We analyzed the clinical data of 32 patients with Type II odontoid process fractures treated with posterior cervical lateral block screw combined with cantilever beam technique for traction, reduction, and fixation at our hospital from November 2015 to November 2022. Among them, 23 were male and 9 were female; Ages ranged from 24 to 65 years, with an average of 43.6 ± 13.1 years. There were 26 cases of traffic accident injuries and 6 cases of falls from height. Among these, 16 cases were Type IIa, 9 cases were Type IIb, and 7 cases were Type IIc. All cases presented with varying degrees of occipito-cervical pain and restricted mobility, with Visual Analogue Scale (VAS) scores ranging from 5 to 10 points, averaging 7.5 ± 1.3 points. Among them, 11 patients exhibited varying degrees of spinal cord nerve injury, including 7 cases graded as ASIA D and 4 cases graded as ASIA C; JOA scores ranged from 9 to 13 points, with an average of 11.4 ± 1.2 points. All patients underwent posterior lateral mass screw fixation combined with titanium cable suspension support traction reduction and fixation, along with interlaminar bone grafting. **Results:** All patients underwent surgery successfully, with no intraoperative vascular, spinal cord, or nerve injuries. All cases were followed up for 1~3 years, with no cases of internal fixation loosening or atlantoaxial posterior arch fracture during follow-up. The VAS scores at 1 week, 6 months, and the final follow-up were 3.9 ± 1.0 , 1.3 ± 0.9 , and 0.8 ± 0.7 points, respectively, all showing significant improvement compared to the preoperative score of 7.5 ± 1.3 points ($P < 0.001$). Among the 11 patients with concomitant spinal cord injury, all showed improvement at the final follow-up, with 9 (82%) experiencing a 1-grade improvement in neurological function and 2 (18%) experiencing a 2-grade improvement. The JOA scores at one week, six months, and the final follow-up were 13.7 ± 1.3 , 15.6 ± 1.1 , and 16.2 ± 0.6 points, respectively, all showing significant improvement compared to preoperative scores ($P < 0.001$). At the final follow-up, the atlantoaxial joint was well reduced, with no loosening or fracture of the screws, U-shaped rods, or titanium cables. At 6 months postoperatively, 17 cases of odontoid process fractures had healed, with a fracture healing rate of 53.13%; at 12 months postoperatively, 25 cases had healed, with a healing rate of 78.13%. At 18 months postoperatively, 29 cases had healed, with a healing rate of 90.62%. At 36 months postoperatively, 3 cases had not healed, with a non-healing rate of 9.38%, but all patients achieved good fusion with posterior bone grafting. **Conclusion:** The use of posterior lateral block screws combined with cantilever beam technology for traction, reduction, and fixation in the treatment of Type II odontoid process fractures with atlantoaxial instability results in reliable fixation, high fracture healing rates, and high bone graft fusion rates. This clinical application offers the advantages of simplicity, safety, and effectiveness.

Keywords

Odontoid Process, Type II Fracture, Lateral Block Screw, Cantilever Beam, Atlantoaxial Joint

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

齿状突是枢椎解剖结构中极其重要的组成部分，是关乎上颈椎关节功能的重要骨性联结结构，齿状突骨折占有颈椎骨折的 5%~35% [1]。由于其解剖的特殊性和复杂性给脊柱外科医生带来极大挑战，无论是齿状突螺钉还是后路椎弓根螺钉、枕颈融合固定，脊髓损伤、血管损伤、感染等严重并发症发生率都相当高。回顾分析我院 2015 年 11 月至 2022 年 11 月应用侧块螺钉结合钛缆悬梁臂技术固定 II 型齿状突骨折，获得了很好的骨折愈合率和极低的并发症发生。现总结分析如下。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料与方法

2015 年 11 月至 2022 年 11 月，共收集 32 例 II 型齿状突骨折患者，均为新鲜成人齿状突骨折。其中男性患者 23 例，女性 9 例，年龄 24~65，平均 43.6 ± 13.1 岁。车祸伤 26 例，高坠伤 6 例。所有病例均有不同程度的枕颈部疼痛及活动受限，VAS 评分 5~10 分，平均 7.5 ± 1.3 分。其中 11 例患者合并有不同程度的脊髓神经损伤表现，ASIA 分级 D 级 7 例，C 级 4 例，JOA 评分 9~13 分，平均 11.4 ± 1.2 分。入院后均行颈椎正侧位 X 线片及颈椎 CT 加二维、三维重建，评估齿状突骨折情况、相邻椎体情况，寰枕间隙等情况；MRI 了解骨折、脊髓损伤及寰椎横韧带损伤情况；骨密度检查了解骨质质量情况，评估侧块螺钉固定强度和钛缆切割寰椎情况等。

2.2. 纳入排除标准

纳入标准：II 型齿状突骨折，无手术禁忌症，患者愿意接受侧块螺钉结合钛缆悬梁臂技术固定齿状突骨折治疗方案。排除标准：I 型齿状突骨折，III 型齿状突骨折，陈旧性齿状突骨折，寰枢椎脱位，肿瘤、感染等病理型齿状突骨折，骨密度 T 值 ≤ -2.5 ，不愿意接受该治疗方式的。

2.3. 治疗方法

2.3.1. 术前准备

根据入院 CT 片测量齿状突骨折移位 ≥ 3 mm 患者行颅骨牵引，牵引重量 3~6 kg，床旁 X 线复查齿状突骨折复位情况，牵引 3~7 天。对骨折移位 < 3 mm 者，给予枕颌带维持牵引，牵引重量 2~3 kg，无骨折移位者，给予颈托固定。完善术前相关检查，平稳生命体征及患者骨密度、营养状态如白蛋白水平 ($\geq$ 正常值) 等。

2.3.2. 手术方法

所有患者均采取气管插管加静脉复合麻醉，麻醉满意后，患者取俯卧位，头颅固定于 Mayfield 头架上，常规消毒铺巾，颈后正中入路切口，枕骨隆突至 C4 棘突，显露颈 2、颈 3 椎板和侧块以及寰椎后弓。自寰椎后弓结节沿后弓向两侧剥离 1.5~2.0 cm，注意保护椎动脉。用神经剥离子轻柔剥离寰椎后弓上、下、腹侧软组织，为穿钛缆预置良好“隧道”，于寰椎双侧后弓穿单头钛缆，穿置钛缆时注意保护周围静脉丛。在颈 2、3 双侧侧块置 1.4~1.6 cm 螺钉。选取适宜长度的棒预弯成“U”型，将“U”型棒按 C2-3 生理弧度预弯并安置于侧块螺钉上拧紧。在 C 臂透视下使用专用工具收紧钛缆，寰枢椎复位良好，剪断剩余的钛缆。1500~2000 ml 生理盐水冲洗切口，使用高速磨钻将颈 2、3 椎板、寰椎后弓去皮质化，同种异体骨咬碎后进行后方植骨，彻底止血，清点器械、缝针、纱布无误后，然后于切口旁放置引流管两根，逐层缝合，外盖无菌辅料。

2.3.3. 术后处理

术后常规使用抗生素预防感染 3 d，根据患者脊髓神经损伤情况使用激素、消肿、脱水等药物治疗。

根据引流情况 24~48 小时拔出引流管。术后 3~5 天戴头颈胸支具适当下床活动，出院后继续使用头颈胸支具保护至术后 3 月。根据骨折愈合和植骨融合情况，术后 3 月、6 月、12 月、18 月、36 月复查 CT，并在相应时间节点进行 VAS 评分，JOA 评分。

2.3.4. 观察指标

近期观察指标：记录手术时间及术中出血量，观察手术切口愈合情况，有无脑脊液漏，切口感染，脊髓神经损伤等并发症；远期观察指标：侧块螺钉有无松动、退出，“U”型棒有无断裂，钛缆切割寰椎后弓是否引起后弓骨折；齿状突骨折愈合情况，后路椎板植骨融合情况，颈椎功能恢复等指标参数。

2.3.5. 术后复查

术后 3、6、12 个月随访 CT，如第 12 个月骨折未愈合和/或植骨未融合，则每 6 个月随访 1 次 CT 至骨折愈合或植骨融合。如在 18 个月随访，骨折和/或植骨均未愈合融合，每年随访 1 次，随访至 36 月；发现骨折线消失或植骨融合，则在愈合后 6 月随访 1 次 CT 终止随访。齿状突骨折愈合及植骨融合均以 CT 显示骨折断端骨折线消失和植骨颗粒融合成片状且与寰椎后弓、椎体椎板界限消失为标准。

3. 结果

所有患者均顺利完成手术，手术时间 90~170 min，平均 123.3 ± 17.8 min，术中出血 80~150 ml，平均 112.5 ± 16.1 ml，未出现脊髓、硬脊膜、神经根、椎动脉等损伤。术后切口均愈合良好，未出现脑积液漏及切口感染情况，均术后 10~12 天拆除缝线。所有病例均获得随访，随访时间 1~3 年，随访期间未发生内固定位置松动及寰椎后弓切割骨折，末次随访时完善颈椎功能障碍指数(NDI)调查问卷，颈椎功能受损指数范围为 4%~16%，提示颈椎功能轻度障碍。手术后一周、6 个月及末次随访的 VAS 评分分别为 3.9 ± 1.0 、 1.3 ± 0.9 、 0.8 ± 0.7 分，均较术前 7.5 ± 1.3 分明显改善($P < 0.001$)见表 1，11 例合并脊髓损伤患者末次随访时均有所改善，9 例(82%)神经功能提升 1 级，2 例(18%)神经功能提升 2 级；术后一周、6 个月及末次随访的 JOA 评分分别为 13.7 ± 1.3 、 15.6 ± 1.1 、 16.2 ± 0.6 分，均较术前明显改善($P < 0.001$)，见表 2。术后 6 月齿状突骨折愈合 17 例，骨折愈合率 53.13%，术后 12 月骨折愈合 25 例，愈合率 78.13%，术后 18 月骨折愈合 29 例，愈合率 90.62%，术后 36 月 3 例骨折未愈合，未愈合率 9.38%，骨折总愈合率达 90.62%，后路植骨融合 100% (典型病例图 1)。



Figure 1. Typical case: A 46-year-old female patient was admitted to the hospital with “neck pain accompanied by sensory and motor disorders in the limbs for more than 6 hours due to a fall.” ASIA classification: Grade D. Images (a), (b), and (c) show preoperative cervical spine X-rays and CT scans of the patient, indicating a type IIb fracture of the odontoid process of the atlas. Images (d), (e), and (f) show the patient one year postoperatively. X-ray images demonstrate satisfactory reduction of the atlantoaxial dislocation, with the cantilever beam internal fixation and cables in good position, showing no loosening, dislodgement, or fracture. CT scans indicate good healing of the odontoid process fracture and good fusion of the posterior atlantoaxial bone graft. The postoperative ASIA grade is E

图 1. 典型病例：患者女，46 岁，因“摔伤致颈痛伴四肢感觉、运动障碍 6+小时”入院。ASIA 分级 D 级。(a)，(b)，(c) 患者术前颈椎 X 线及 CT，提示枢椎齿状突 IIb 型骨折。(d)，(e)，(f) 患者术后 1 年，X 线示寰枢椎脱位复位满意，悬臂梁内固定及线缆位置良好，无松动、脱落及断裂，CT 提示齿状突骨折愈合良好，寰枢椎后方植骨融合良好。术后 ASIA 分级 E 级

Table 1. Changes in VAS scores
表 1. VAS 评分变化

术前	术后一周	术后 6 个月	末次随访
7.5 ± 1.3	3.9 ± 1.0	1.3 ± 0.9	0.8 ± 0.7
	P < 0.001	P < 0.001	P < 0.001

Table 2. Changes in JOA scores
表 2. JOA 评分变化

术前	术后一周	术后 6 个月	末次随访
11.4 ± 1.2	13.7 ± 1.3	15.6 ± 1.1	16.2 ± 0.6
	P < 0.001	P < 0.001	P < 0.001

4. 讨论

枢椎由椎体、齿状突、椎弓、横突等组成。齿状突发育初始实为寰椎椎体，在发育过程中与枢椎椎体融合成为枢椎体的重要解剖结构。枢椎的骨化发展包括了齿状突、椎体、两对横突弓四个骨化中心的作用，其中齿状突在 3~6 岁与椎体融合，次级骨化中心发育在齿状突的顶端处，并在 12 岁时与之融合。寰枢关节沿齿状突作垂直轴运动，并联合寰枕关节，完成头的俯仰、侧屈和旋转运动。齿状突是维持寰枢椎稳定及寰枢、寰枕功能的非常重要的骨性结构[2]。随着矿山建筑和交通事业的迅猛发展，齿状突骨折的发生率逐年攀升，约占成人脊柱骨折的 9%~19% [3]。

4.1. 齿状突骨折的损伤机制与分型

齿状突骨折损伤机制及分型与骨的质量及年龄密切相关，因此不同能量损伤会导致齿状突不同部位的骨折。DeBonis 等[4]对 147 例齿状突骨折患者受伤原因分析发现有 71.4%的齿状突骨折是由低能量冲击引起，且骨折移位距离 < 2 mm。Anderson 和 D’Alonzo 在 1974 年将齿状突骨折分为 3 型。I 型骨折，翼状韧带撕脱导致齿状突尖部骨折，对寰枢椎稳定性及神经功能影响小，愈合概率接近 100%；II 型骨折为齿状突腰部的骨折，占齿状骨骨折的 2/3。常伴有寰枢关节活动的不稳定，颈脊髓损伤风险明显增加，且容易发生骨折不愈合。此型骨折是脊柱外科医生关注的焦点；III 型骨折，枢椎体上部骨折，骨折线进入枢椎椎体，断面有丰富松质骨，通常愈合潜力较好且稳定，大多保守治疗即可。Grauer 等[5]在 Anderson 分型的基础上将 II 型齿状突骨折分为 3 个亚型：IIa 型，基底部横行骨折，移位 ≤ 1 mm；IIb 型，斜行骨折，或横行骨折移位 > 1 mm；IIc，骨折线呈前下向后上走行的斜行骨折。II 型骨折大多伴有齿状突周围韧带的损伤，因此 II 齿状突骨折多为较大的侧方或斜侧方能量损伤所致，本研究排除低能量损伤患者。

4.2. 诊断齿状突骨折

齿状突骨折患者都有颈部明确的外伤史，肢体乏力，皮肤感觉麻木及肌力减弱、精细动作能力减退、下肢行走困难甚至瘫痪、四肢腱反射亢进、病理征阳性、大小便功能异常等症状。尽管采用颈椎前后位、侧位及张口位的 X 线检查能够发现一些问题，但多数齿状突患者对 X 线不敏感和患者难以配合完成 X 线检查相应的动作，临床上首先 CT 明确诊断，也常常选择 MRI 检查明确韧带损伤和脊髓神经受压情况。因此 CT + MRI 能够准确完成齿状突骨折的诊断分型。

4.3. 齿状突骨折的治疗

I 型齿状突骨折和 III 型齿状突骨折因其骨折的愈合率高，寰枢椎关节、寰枕关节稳定性好，神经脊

髓损伤概率低,选择保守治疗已经达成共识;对合并严重的基础疾病、高龄或存在严重骨质疏松等无法耐受手术的齿状突骨折,同样选择保守治疗。保守治疗的方法包括颅骨牵引、头颈胸支具外固定、Halo-vest 支具外固定等。文献报道 II 型齿状突骨折发生不愈合的概率为 26%~76% [6],因此 II 型齿状突骨折,目前多主张手术治疗。

4.3.1. 前路齿状突螺钉固定

齿状突骨折前路螺钉内固定技术在 1981 年提出并应用于临床,随后又有学者提出齿状突骨折拉力螺钉内固定技术,以期骨折块能获得解剖复位以提高骨折的愈合率,保留寰枢椎部分的运动。技术要点是使螺钉垂直穿越骨折线,螺钉尾端沉入近皮质,尖端达到远端骨的远皮质来提高手术效果,该技术可以使骨折愈合率达到 88%~100% [7]。Lee 等[7]应用该技术对 63 例齿状突骨折固定治疗,尽管在术后 6 月、12 月 CT 检查显示骨折愈合率达到 87.3%,但单枚螺钉固定稳定性受到质疑。Acharya 等[8]应用 CT 评估 200 名齿状突正常解剖结构受试者中发现,约 59%的最小外横径 < 9 mm,证明对大多数人置入第二枚螺钉齿状突在解剖结构方面是不允许的。还有学者研究发现不同年龄其选择的置入角度方向也不同 [9],Sucu 等[10]对 42 例患者在无筋膜平面之间进行螺钉内固定,获得满意效果。但该技术操作难度要求极高。为减小创伤,增加置钉位置的准确性,减少脊髓损伤的风险,有术者通过 3D 打印,导航技术、脊柱内镜技术来完成齿状突螺钉的置入操作,也确实取得了很好的临床效果[11]-[14]。然而设备价格昂贵,学习曲线长等,难以在临床推广应用。此外,前路齿状突螺钉固定技术感染、脊髓损伤、吞咽困难和声带麻痹发生率高,尤其增加老年人呼吸困难的死亡风险[15]。

4.3.2. 齿状突骨折的后路固定

Gallie, Brooks 先后提出寰枢椎钢丝固定,但固定强度不够,术后需要采用外固定支具保护,此外,此方法融合率极低,损伤脊髓及静脉丛风险也特别高[16]。Magerl 通过枢椎关节面寰椎侧块螺钉与钢丝固定应用提高手术的治疗效果。该技术限制部分颈椎运动功能,对于肥胖、短颈、椎动脉异常的患者,操作难度风险明显增加。应用枕颈融合内固定术治疗齿状突骨折,头颈部活动度功能丧失,代价太大,实非不得已而选择。寰枢椎椎弓根螺钉或选择寰椎侧块加枢椎椎弓根螺钉固定技术治疗 II 型齿状突骨折都能满意的临床效果。但对椎动脉位置高跨、枢椎椎弓根发育不良等也不适合。且寰椎后弓解剖位置的复杂性增加手术置钉的难度。文献报道 X 线透视下行上颈椎螺钉置入,置钉准确率仅为 76.3%,有 25% 发生神经、脊髓、椎动脉损伤的症状[17]。即使在二维 C 型臂透视置钉,因图像在体内组织重叠,假阴性率较高,手术风险大。为减少手术置钉相关并发症,Zhan 等[18]应用机器人辅助与导航后路 C1 侧块和 C2 椎弓根螺钉的置入,结果显示机器人辅助置钉可以减少术中出血,术中透视次数,缩短手术时间,但设备贵,手术机器人并未普及,且相关费用较高,普通病人医保费用无法承受。

4.3.3. 后路侧块螺钉悬臂梁技术治疗齿状突 II 型骨折

四川华西医院骨科刘浩团队设计了经后路悬臂梁支撑固定提拉复位技术治疗齿状突骨折伴寰枢椎脱位在临床广泛应用,并获得了满意的临床效果。其设计理念是通过 C2、C3 侧块螺钉和一个 U 形棒制造出一个悬臂梁,通过寰椎后弓穿过钛缆,用钛缆专用收紧工具,逐步收紧钛缆,在此过程中提拉复位齿状突骨折或脱位。最大优势在于提供强大的提拉生物力学性能和良好的生物力学稳定性以及良好的提拉复位功能,固定节段延伸至 C3 不仅分散 C2 椎体螺钉的应力,还增加了提拉复位杠杆所需的支撑力量 [19]。

1) 侧块螺钉的力学稳定性

骨折的愈合和良好植骨融合是确保手术治疗远期效果的基石,要达此目的,稳定的力学环境是保障。生物力学研究显示[20],颈椎椎弓根螺钉的抗拔出强度是侧块螺钉的 2~4 倍,因此颈椎椎弓根螺钉具有

优良生物力学性能, 提供坚强固定。但这种超高强度的固定与骨的弹性模量高度不匹配, 容易发生椎弓根断裂, 因椎弓根断裂导致手术失败发生率高达 18.7% [21]。尽管侧块骨量较少, 抗拔出力相对较弱, 但其完全能满足固定所需的力学稳定环境。有研究表明, 后路悬梁臂固定系统稳定性在后伸上低于 Magerl 螺钉, 但强于双侧寰椎侧块枢椎椎弓根钉棒固定; 在前屈、左/右侧弯上强于 Magerl 螺钉和双侧寰椎侧块枢椎椎弓根钉棒固定; 在旋转方面与 Magerl 螺钉无显著差异, 证明该固定方式能够提供坚强的内固定来保障骨折的愈合 [22] [23]。本组 128 枚侧块螺钉固定 II 型齿状突骨折得到了相似结果。29 例齿状突骨折愈合, 骨愈合率 90% 以上, 后路植骨融合率 100%, 3 年随访期间无 1 例断钉断棒、螺钉松动退出发生, 证实侧块螺钉固定不仅能满足骨愈合、融合的力学环境, 还能够提供与侧块骨弹性模量适宜的力学固定强度。

2) 置钉的效益

尽管颈椎椎弓根螺钉能够提供强大固定强度, 但椎动脉在经过 C2 出现变异高跨畸形发生率高, 文献报道高达 14.5% 和 16.5% [24] [25]。给置钉带来极大困难和显著增加椎动脉损伤的风险。荟萃分析和回顾性研究显示, 颈椎椎弓根螺钉置入的不可接受率为 21%~40% [26]。而 C2 侧块螺钉是一种较安全的替代选择 [27] [28]。本研究也证实了这一点, 本组徒手共置入 128 枚螺钉, 116 枚螺钉完全在骨质内, 12 枚穿破骨皮质侵占横突孔均在 10% 左右, 未发生相应的临床症状, 均为可接受置钉。经验是选择三钉固定头颅, 肩背宽胶布固定, 最大限度减少因术中操作导致颈椎发生微动漂移, 引起置钉不准确。C 型臂透视一定要清晰显示侧块, 不能有伪影和重叠影。

3) 后路寰枢椎固定融合与固定非融合存在争议

后路寰枢椎固定后是否进行椎板及后弓的融合存在争议。马飞等 [29] 总结 5 年随访齿状突骨折患者的临床资料发现, 后路寰枢椎固定非融合术 33 例; 后路寰枢椎固定融合术 30 例, 两组患者均获得满意临床效果, 但非融合术后期拆除内固定装置, 寰枢椎旋转功能部分得到恢复。许科峰等 [30] 研究表明, 齿状突骨折经后路寰枢椎椎弓根钉棒复位内固定骨折愈合后拆除内固定装置, 可保留大部分颈椎活动度。但相应的, II 型齿状突骨折手术治疗不愈合率也高达 15%~30%。因此笔者认为齿状突骨折远期疗效的关键因素在于骨折的愈合, 骨折不愈合内固定装置无法拆除, 长时间留置体内断钉断棒、拔钉等发生率会很高, 拆除势必导致寰椎脱位, 最终导致再次手术, 增加患者手术风险和经济负担的同时也增加了医保负担。本组病例齿状突骨折不愈合占 9.38%, 随访 3 年没有内置物的松动、断裂, 得益于在 C2-3 椎板、C1 后弓去皮质植骨, 获得很好的后路融合, 进而保证远期临床效果。过多关注后路的非融合会增加患者家庭和社会负担的风险。

4) 病例的选择及术前评估

在应用该技术的随访过程中也发现其存在的不足, 因此术前病例的选择和评估对手术的顺利实施尤为重要。① 在提拉复位时有后弓骨折风险, 增加脊髓损伤风险。尤其高龄或合并骨质疏松患者发生率高, 且骨折复位不理想, 进而影响骨折愈合和颈椎运动功能。本研究排除骨质疏松患者和大于 65 岁的老年患者, 术前对每例患者做了骨质疏松的评价, 以保证后弓骨质质量, 术中 C 型臂动态监测, 收紧钛缆, 最大限度规避钛缆提拉切割后弓发生骨折的严重后果; ② 对寰椎后弓要求高, 不仅后弓要完整, 对后弓的前后径以及寰枕间隙也要做术前评估。对于短颈, 脖子粗大, 后弓前后径粗大和细长等患者, 要慎重选择, 这些因素对钛缆是否能顺利穿过后弓十分重要; ③ 寰椎后弓下穿过钛缆时有脊髓损伤、C2-3 间隙静脉损伤的风险。刘浩团队选择经 C2-3 间隙向穿越后弓钛缆获得满意临床效果。本组研究选择经寰枕间隙向 C2-3 间隙穿后弓钛缆, 也未发生脊髓、血管损伤。在穿钛缆时要特别保护好寰枢间静脉, 避免大出血, 如果损伤, 用凝胶海绵按压, 基本都能止住血。

5) 此术式的优、缺点及细节

笔者认为后路悬臂梁支撑缆线牵拉复位固定技术治疗 II 型齿状突骨折具有以下优点：① 侧块螺钉置入技术操作简单，学习曲线短；② 植入侧块螺钉对神经、脊髓损伤可能性大大降低。侧块螺钉置入方向外上置入，进入椎管的可能性极小；③ 降低了对椎动脉损伤的概率。螺钉置入在侧块内进行，损伤椎动脉机会极小；④ 寰椎后弓穿钛缆损伤椎动脉的风险远小于寰椎侧块螺钉置入，尤其存在椎动脉高跨是优势更加明显。笔者经验是使用带钩的神经剥离子分离寰椎后弓上下、腹侧软组织时，均在距离后弓结节两侧 1.5 cm 范围内进行，远离椎动脉；⑤ 收紧钛缆提拉复位功效能够达到前路松解复位的效果。提拉复位的关键点在于悬梁臂 U 形棒的弧度，术者应评估术前骨折移位的情况来预弯 U 形棒的弧度，我们经验是达到正常 C2-3 的生理弧度即可。在 C 型臂动态监测下收紧钛缆，以确保钛缆固定的可靠性和不会过度复位压迫脊髓；⑥ 创伤小，出血量少，本组病例平均出血量为 112.5 ± 16.1 ml；⑦ 手术时间缩短，本组手术病例平均手术时间 123.3 ± 17.8 min，较枕颈融合和寰枢椎椎弓根螺钉明显缩短；⑧ 能够提供稳定力学环境，保障骨折的愈合。本组骨折愈合率超过 90%，植骨融合率 100%；⑨ 保留寰枕关节的功能，提高患者生活质量和重返社会的信心。另外住院时间短，费用低。

在应用该技术的同时也发现一些缺陷：① 在提拉复位时有后弓骨折风险，本研究排除骨质疏松患者 and 大于 65 岁的老年患者，就是未规避钛缆提拉切割后弓发生骨折的严重后果，术前对每例患者做了骨质疏松的评价；② 对寰椎后弓要求高，不仅后弓要完整，对后弓的前后径以及寰枕间隙也要做术前评估，术前摆体位时，尽可能增加寰枕间隙，以利于钛缆的顺利穿过；③ 后弓下穿过钛缆时有脊髓、静脉损伤风险。

该技术的关键步骤是如何精准将钛缆安全穿过寰椎后弓。笔者经验是：① 术前摆放体位时，在 C 型臂透视下尽可能增加寰枕间隙，以利钛缆的顺利穿过；② 使用带钩的神经剥离子仔细分离寰椎后弓上、下、腹侧韧带软组织时，动作轻柔，在距离后弓结节两侧 1.5 cm 范围内进行，远离椎动脉；并形成“隧道”，钛缆金属头端也要预弯成“大鱼钩”状，从寰枕间隙向 C2-3 椎板间隙方向穿递，可显著降低脊髓损伤的风险，在穿钛缆时要特别保护好寰枢间静脉，避免大出血；③ U 形棒的预弯弧度达到正常 C2-3 的生理弧度或略大于生理弧度，能更好发挥悬梁臂的功效；④ 在 C 臂动态监测下收紧钛缆，双侧同时收紧，以“血管钳”晃动锁紧的“钛缆结”，肉眼下不产生微动，再收紧 1~2 扣即可。以确保钛缆不会对后弓发生明显截割和不要过度提拉复位压迫脊髓。

此外，本研究为单中心回顾性研究，样本选择存在一定的局限性，研究结果偏倚风险较高。

总之，鉴于齿状突特殊的解剖结构和解剖位置的复杂性，即使是临床经验丰富的脊柱外科医生也面临极大挑战。齿状突 II 型骨折治疗原则应该是简单、安全、精准、个体化、有效。术前除了评估患者影像学，还需要对患者身体营养状况评估，基础疾病的评估，骨质疏松的评估等，针对不同术式的优缺点，制订个体化手术方案，来提高患者的预后。

声 明

该病例报道已获得病人的知情同意。

参考文献

- [1] Eseonu, K., Oduoza, U., Fakouri, B. and Liantis, P. (2020) Fractures of the Odontoid Peg of the Cervical Spine. *Injury*, 51, 2429-2436. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.07.052>
- [2] 寇程新, 杨波, 刘会毅, 等. 齿状突骨折治疗的研究进展[J]. 中国当代医药, 2023, 30(12): 38-43.
- [3] 李嘉坤, 贾世青, 刘昌生, 等. 成人新鲜 II 型、浅 III 型齿状突骨折手术治疗效果分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(5): 412-417.

- [4] De Bonis, P., Iaccarino, C., Musio, A., Martucci, A., De Iure, F., Donati, R., *et al.* (2019) Functional Outcome of Elderly Patients Treated for Odontoid Fracture: A Multicenter Study. *Spine*, **44**, 951-958. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000002982>
- [5] Grauer, J.N., Shafi, B., Hilibrand, A.S., Harrop, J.S., Kwon, B.K., Beiner, J.M., *et al.* (2005) Proposal of a Modified, Treatment-Oriented Classification of Odontoid Fractures. *The Spine Journal*, **5**, 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.09.014>
- [6] Pal, D., Sell, P. and Grevitt, M. (2010) Type II Odontoid Fractures in the Elderly: An Evidence-Based Narrative Review of Management. *European Spine Journal*, **20**, 195-204. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1507-6>
- [7] Lee, T., Han, M., Lee, S., Moon, B.J. and Lee, J. (2020) Outcomes of Patients Undergoing Anterior Screw Fixation for Odontoid Fracture and Analysis of the Predictive Factors for Surgical Failure. *Neurospine*, **17**, 603-609. <https://doi.org/10.14245/ns.2040362.181>
- [8] Acharya, S., Kumar, M., Ghosh, J.D., Adsul, N., Chahal, R.S. and Kalra, K.L. (2021) Morphometric Parameters of the Odontoid Process of C2 Vertebrae, in Indian Population, a CT Evaluation. *Surgical Neurology International*, **12**, Article 494. https://doi.org/10.25259/sni_417_2021
- [9] Dou, H., Xie, C., Wang, X. and Huang, Q. (2021) Image Measurements of Os Odontoideum in Children. *Translational Pediatrics*, **10**, 388-393. <https://doi.org/10.21037/tp-20-416>
- [10] Sucu, H.K. (2022) A True Percutaneous Anterior Odontoid Screw Fixation: The Results of 42 Cases by a Single Surgeon. *World Neurosurgery*, **166**, e892-e904. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.07.125>
- [11] Autrusseau, P., Heidelberg, D., Stacoffe, N., Dalili, D., Cazzato, R.L., Koch, G., *et al.* (2021) Percutaneous Image-Guided Anterior Screw Fixation of the Odontoid Process. *CardioVascular and Interventional Radiology*, **44**, 647-653. <https://doi.org/10.1007/s00270-020-02734-9>
- [12] 梁亮科, 禰天航, 王鹏, 等. 三维打印、ISO-C3D 导航技术辅助空心加压螺钉内固定治疗枢椎齿状突基底骨折效果观察[J]. 山东医药, 2017, 57(32): 56-59.
- [13] Kedia, S., Sawarkar, D., Sharma, R., Mansoori, N., Lalwani, S., Gupta, D., *et al.* (2021) Endoscopic Anterior Odontoid Screw Fixation for the Odontoid Fracture: A Cadaveric Pilot Study. *Asian Journal of Neurosurgery*, **16**, 67-71. https://doi.org/10.4103/ajns.ajns_312_20
- [14] Xin, X., Li, G., Yue, C. and Liu, X. (2021) Multi-Holed Biplane Drill Guide-assisted Percutaneous Anterior Odontoid Screw Fixation. *ANZ Journal of Surgery*, **91**, 2788-2792. <https://doi.org/10.1111/ans.17318>
- [15] Fiani, B., Doan, T., Covarrubias, C., Shields, J., Sekhon, M. and Rose, A. (2021) Determination and Optimization of Ideal Patient Candidacy for Anterior Odontoid Screw Fixation. *Surgical Neurology International*, **12**, Article 170. https://doi.org/10.25259/sni_165_2021
- [16] 常恒瑞, 李祥宇, 赵若宇, 等. 后路寰枢椎固定技术的生物力学研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2022, 32(4): 369-373.
- [17] 赵建军. 3D 导航引导下颈椎后路寰枢椎钉棒系统治疗齿状突骨折的临床疗效分析[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2018.
- [18] Zhan, J., Xu, W., Lin, J., Luan, J., Hou, Y., Wang, Y., *et al.* (2022) Accuracy and Safety of Robot-assisted versus Fluoroscopy-Guided Posterior C1 Lateral Mass and C2 Pedicle Screw Internal Fixation for Atlantoaxial Dislocation: A Preliminary Study. *BioMed Research International*, **2022**, Article ID: 8508113. <https://doi.org/10.1155/2022/8508113>
- [19] 黄海锋, 刘浩, 李涛, 等. 寰枢椎后路悬臂梁支撑线缆牵拉复位固定的生物力学稳定性评价[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(30): 5558-5562.
- [20] Amhaz-Escanlar, S., Jorge-Mora, A., Jorge-Mora, T., Febrero-Bande, M. and Diez-Ulloa, M. (2018) Proposal for a New Trajectory for Subaxial Cervical Lateral Mass Screws. *European Spine Journal*, **27**, 2738-2744. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5670-5>
- [21] Ito, Z., Higashino, K., Kato, S., Kim, S.S., Wong, E., Yoshioka, K., *et al.* (2014) Pedicle Screws Can Be 4 Times Stronger than Lateral Mass Screws for Insertion in the Midcervical Spine: A Biomechanical Study on Strength of Fixation. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, **27**, 80-85. <https://doi.org/10.1097/bsd.0b013e31824e65f4>
- [22] Coric, D., Rossi, V.J., Peloza, J., Kim, P.K. and Adamson, T.E. (2020) Percutaneous, Navigated Minimally Invasive Posterior Cervical Pedicle Screw Fixation. *International Journal of Spine Surgery*, **14**, S14-S21. <https://doi.org/10.14444/7122>
- [23] 王扬, 李豪杰, 周树一, 等. 寰枢椎弓根螺钉联合经寰枢关节螺钉内固定稳定性的生物力学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2021, 31(12): 1129-1135.
- [24] Yeom, J.S., Buchowski, J.M., Kim, H., Chang, B., Lee, C. and Riew, K.D. (2013) Risk of Vertebral Artery Injury: Comparison between C1-C2 Transarticular and C2 Pedicle Screws. *The Spine Journal*, **13**, 775-785.

<https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.04.005>

- [25] Wajanavisit, W., Lertudomphonwanit, T., Fuangfa, P., Chanplakorn, P., Kraiwattanapong, C. and Jaovisidha, S. (2016) Prevalence of High-Riding Vertebral Artery and Morphometry of C2 Pedicles Using a Novel Computed Tomography Reconstruction Technique. *Asian Spine Journal*, **10**, 1141-1148. <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.6.1141>
- [26] 钱向辉. 术中计算机断层扫描和 C 臂透视辅助颈椎后路置钉的准确性[J]. 颈腰痛杂志, 2023, 44(3): 410-413.
- [27] Elliott, R.E., Tanweer, O., Boah, A., Smith, M.L. and Frempong-Boadu, A. (2012) Comparison of Safety and Stability of C-2 Pars and Pedicle Screws for Atlantoaxial Fusion: Meta-Analysis and Review of the Literature. *Journal of Neurosurgery: Spine*, **17**, 577-593. <https://doi.org/10.3171/2012.9.spine111021>
- [28] 王兴文, 陈赞, 吴浩, 等. 不适合枢椎椎弓根螺钉植入的颅颈交界区后路螺钉固定方法的选择[J]. 中华神经外科杂志, 2013, 29(9): 867-870.
- [29] 马飞, 凡元和, 徐世财, 等. 后路寰枢椎固定非融合术与固定融合术治疗新鲜齿状突骨折的远期疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2021, 31(10): 877-885.
- [30] 许科峰, 肖俊, 谭章勇, 等. 寰枢椎后路非融合固定技术治疗齿状突骨折[J]. 实用骨科杂志, 2022, 28(4): 339-342.