

O 形臂实时导航在颈椎椎弓根螺钉固定术中的应用

张超, 刘玥, 吕游, 文天用, 李超, 何劼, 阮狄克
(解放军总医院第六医学中心骨科, 北京 100048)

【摘要】 目的:探讨在 O 形臂导航下提高颈椎椎弓根螺钉置钉准确性的技术要点。方法:对 2015 年 12 月至 2020 年 1 月接受 O 形臂导航下颈椎椎弓根钉内固定术治疗的 21 例患者进行回顾性分析,其中男 15 例,女 6 例,年龄 29~76 (45.3±11.5) 岁。术后 CT 扫描以 Gertzbein & Robbins 分级评估颈椎椎弓根螺钉置钉的准确性。结果:21 例患者共置入 132 枚椎弓根螺钉,其中 116 枚置于 C₃-C₆ 节段,16 枚置于环枢椎。术后 CT 扫描根据 Gertzbein & Robbins 分级,11.36% (15/132) 打破椎弓根,其中 73.33% (11/15) 为 B 级,26.67% (4/15) 为 C 级,无 D-E 级破壁。所有患者术后随访无内固定所致相关并发症。结论:在合理选择适应证的前提下,O 形臂导航下能够提高颈椎椎弓根螺钉置钉准确性和可靠性,使得手术医师更有信心进行复杂困难的颈椎内固定操作。但是考虑到颈椎弓根周围重要而复杂的邻近解剖结构,以及可能导致的灾难性后果,不仅应该熟练掌握导航技术要点,积累足够操作经验,同时警惕影像漂移,不应完全依赖导航。

【关键词】 颈椎; 椎弓根螺钉固定; 术中导航

中图分类号:R687

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.05.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



O-arm real-time guidance in cervical pedicle screw fixation

ZHANG Chao, LIU Yue, LYU You, WEN Tian-yong, LI Chao, HE Qing, RUAN Di-ke (Department of Orthopaedics, the Sixth Medical Center, PLA General Hospital, Beijing 100048, China)

ABSTRACT **Objective** To explore the technical aspects of the accuracy of cervical pedicle screw placement with O-arm guidance. **Methods** The clinical data of 21 patients who underwent cervical pedicle screw fixation by O-arm real-time guidance from December 2015 to January 2020 were analyzed retrospectively. There were 15 males and 6 females, aged from 29 to 76 years old with an average of (45.3±11.5) years. The postoperative CT scan was utilized to evaluate the placement of the pedicle screw and classified according to the Gertzbein and Robbins classification. **Results** A total of 132 pedicle screws were implanted in 21 patients, 116 at C₃-C₆ and 16 at C₁ and C₂. According to Gertzbein & Robbins classification, the overall breach rates were found to be 11.36% (15/132) with 73.33% (11 screws) Grade B, 26.67% (4 screws) Grade C, and no Grade D or E screw breaches. There were no pedicle screw placement related complications at final follow-up. **Conclusion** The application of O-arm real-time guidance technology can make cervical pedicle screw placement reliable. High accuracy and better intraoperative control can increase surgeon's confidence in using cervical pedicle instrumentation. Considering the high-risk nature of anatomical area around cervical pedicle and the possibility of catastrophic complications, the spine surgeon should have sufficient surgical skills, experience, ensures stringent verification of the system, and never relies solely on the navigation system.

KEYWORDS Cervical spine; Trans-pedicle screw fixation; Intraoperative navigation

颈椎经椎弓根螺钉内固定较侧块螺钉具有更优异的生物力学性能,在三维矫正畸形和维持颈椎各向稳定性方面具有明显优势^[1]。但由于颈椎椎弓根直径较小,毗邻脊髓及椎动脉等重要且复杂结构,螺钉必须经过三维空间上惟一一个正确骨性通道,徒手置入椎弓根螺钉的具有很大的风险性,因此严重限制了该技术的临床应用。术中 3D 扫描结合计算

机辅助手术导航系统(computer assisted surgery navigation system, CASNS) 的出现为颈椎置钉难题提供了安全解决之道^[2]。我科 2015 年引入 O 形臂 CT 导航系统(Medtronic, 美国),在 O 形臂导航下应用于指导置入颈椎椎弓根螺钉治疗复杂颈椎伤病,现报告如下。

1 临床资料

1.1 病例选择

纳入标准:因颈椎伤病需行后路减压、复位、内固定手术;患者心肺功能可以耐受手术;初次颈椎后

通讯作者:张超 E-mail:zhangchaongh@163.com

Corresponding author:ZHANG Chao E-mail:zhangchaongh@163.com

路手术。排除标准:合并复杂系统性疾病而无法耐受手术者;颈椎椎弓根发育明显异常,不足以置钉。

1.2 一般资料

2015 年 10 月至 2020 年 1 月解放军总医院第六医学中心骨科采用 O 形臂 CT 导航系统引导下颈椎椎弓根螺钉固定系统治疗颈椎伤病 21 例,其中男 15 例,女 6 例,年龄 29~76(45.3±11.5)岁。术前诊断创伤性颈椎骨折脱位 8 例(C_{3,4} 1 例,C_{4,5} 2 例,C_{5,6} 3 例,C_{6,7} 2 例),颈椎管狭窄 3 例,强直性脊柱炎合并应力骨折 2 例(C₆,C₇ 各 1 例),环枢椎脱位 4 例,颈椎后纵韧带骨化症合并无骨折脱位脊髓损伤 4 例。术前均进行颈椎 CT 三维重建扫描,明确目标节段颈椎弓根高度和宽度足够容纳螺钉以及椎动脉有无解剖变异。

2 治疗方法

全身麻醉后俯卧于导航专用 JACSON 手术床,配套颈椎后路手术专用头架固定头部。做后正中切口,沿棘突椎板剥离,充分显露固定椎上关节突关节面下缘线和侧块外侧缘,在固定范围中间位颈椎棘突固定参考架,摆置 O 形臂拍摄正侧位 2D 影像,确认扫描范围能够包含置钉节段。随后进行三维 CT 扫描(图 1,美敦力 O-arm 术中影像系统),并将图像数据传输至导航系统工作站(美敦力 Stealth Station S7 手术导航系统),将无线导航参考架及导航引导操作器械分别进行注册及验证。导航提供冠状位、矢状位及横轴位三维导航实时图像(图 2),在导航指引下寻找并调整理想的进针点、置钉轨道,选择合适的螺钉直径和长度,徒手攻丝后置入螺钉(图 3)。

3 结果

3.1 手术数据采集及置钉准确性评估

收集患者治疗相关数据,包括置钉数目及区域、平均置钉时间、术中出血量、术后住院时间。术后所有患者复查颈椎 X 线片及 CT,扫描并重建置钉椎弓根。根据 GERTZBEIN 等^[3]制定的方法(Gertzbein &

Robbins 分级)对颈椎椎弓根螺钉进行分级:A 级,螺钉未穿出椎弓根;B 级,螺钉穿破椎弓根皮质 ≤ 2 mm;C 级,螺钉穿破椎弓根皮质 2~4 mm;D 级,螺钉穿破椎弓根皮质 4~6 mm;E 级,螺钉穿破椎弓根皮质 >6 mm。

3.2 临床结果

21 例患者术后均获随访,时间 8~25 (15.2±4.6)个月,无内固定所致相关并发症,术中未出现椎动脉及神经损伤,术后均未出现切口感染、脑脊液漏等并发症。每枚颈椎椎弓根螺钉的置钉时间 12~32 (18.5±4.3) min,手术出血量 50~300 (190±86) ml,术后住院时间 11~22 (16.5±3.7) d。

21 例共置入 132 枚椎弓根螺钉,其中 116 枚置于 C₃-C₆ 节段,16 枚置于环枢椎。术后 CT 扫描根据 Gertzbein & Robbins 分级,15 枚 (15/132) 打破椎弓根,其中 11 枚 (11/15) 为 B 级,4 枚 (4/15) 为 C 级,无 D-E 级破壁。

4 讨论

4.1 颈椎弓根螺钉徒手或器械辅助置钉技术

对颈椎椎弓根螺钉的置入技术,目前临床常用的徒手置钉方法有寻找骨性标志置钉(如 ABUMI 等^[4]方法、EBRAHEIM 等^[5]方法、JEANNERET 等^[6]方法);椎板间开窗椎弓根探查直视下置钉,以及松质骨道疏通探查置钉(如 KARAIKOVIC 等^[7]方法、谭明生等^[8]方法)。一般来说,方法越多,说明可靠性越差,缺乏公认简单、直接、有效的操纵技术。徒手置入颈椎弓根螺钉的困难点在于:(1)个体之间颈椎的解剖学差异显著高于胸腰椎,选择进针点和角度具有很大的个体差异性。(2)要求术者具备良好的手感,能体会开路椎缓慢均匀向前运动进入松质骨通道,具有很强的主观性。(3)颈椎弓根狭小,一次置钉失败术中翻修极为困难。各种方法报道有相当高的螺钉穿透率^[9],外侧穿透可能引起椎动脉损伤,内侧穿透可能伤及脊髓。因此,徒手操作不具备像胸腰椎弓

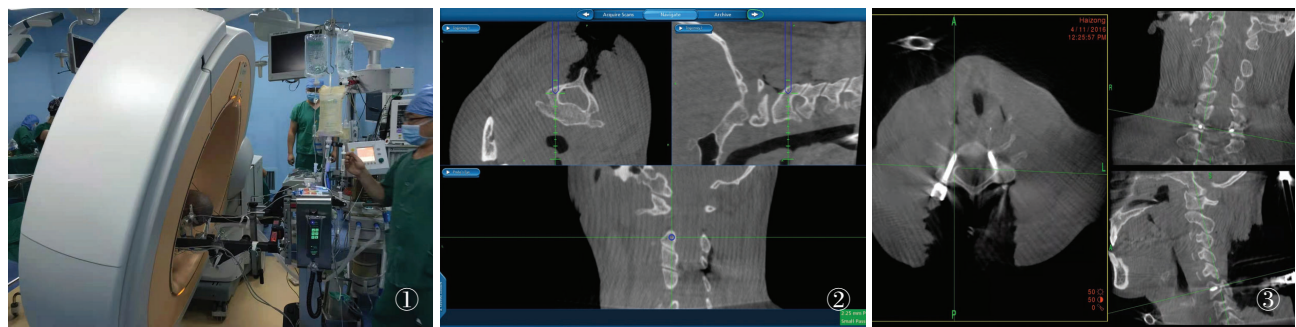


图 1 术中 O 形臂扫描 图 2 术中导航系统指示颈椎弓根螺钉进针点及进针角度 图 3 置钉后 O 形臂三维扫描椎弓根螺钉置钉情况
Fig.1 Intraoperative O-arm scanning Fig.2 Intraoperative real-time navigation photograph showed optimal entrance point and trajectory for cervical pedicle screw placement Fig.3 Postprocedure O-arm scanning showed 3-dimensional screw placement

根螺钉广泛使用的可行性。由于徒手操作可靠性差,随后出现通过特制工具、器械装置,或应用工业仪器、设备等辅助定位导向置钉方法,如使用三维定位器、手持式颈椎椎弓根置钉瞄准器及电传导装置等。有些方法在一定程度上提高了置钉准确率和安全性,降低了手术风险,但依然存在操作繁琐不便、可靠性不足的问题。

4.2 影像学辅助置钉方法

计算机 CT 导航系统是最早进行临床应用,真正具有影像导航意义的设备。RICHTER 等^[10]报道计算机 CT 导航系统置钉皮质穿破率为 3%,优于传统徒手操作 8.6%的穿破率。该技术存在的问题不足的是患者 CT 资料只能术前获取,如术中体位变化,则虚拟三维图像不能真实反映三维关系,有误导术者的可能。另外,术中故障率高、实时性差,匹配过程繁琐导致手术时间长,影响了其在临床广泛应用。O 形臂术中 CT 导航技术的兴起有效解决了这些困难,能够实时获取的二维、三维图像,理论上不受患者体位变化影响,成像质量高,清晰显示骨骼的解剖结构,并进行术中导引等。使得术者能够近乎“直视下”完成操作,且在操作完毕后无须再次透视验证,减少了术者和患者的放射暴露。然而作为一种新型的影像导航大型设备,O 形臂术中 CT 导航系统在高危部位的应用依然需要积累经验,不可忽视仍然存在的学习曲线和应用“陷阱”。

4.3 O 形臂导航置入颈椎椎弓根螺钉的主要问题

由于导航是虚拟实时影像跟踪技术,术中影像漂移是导航手术的最大问题。与胸腰椎相比,颈椎活动度最大,经头架固定于导航床的稳定性最差。操作节段极容易在外力作用下发生明显的位移,造成导航系统影像与真实位置产生较大误差,即形成影像漂移。理论上参考架标记的导航可以实时反映位移改变并指导术者进行调整。实际操作中导航反应不仅有延迟,同时远离导航参考架的节段,影像漂移更为明显,增加了置钉失败的风险。因此,应采取措施尽可能避免因操作外力导致的影像漂移。首先,导航参考架要尽可能接近操作椎体,尤其是椎弓根直径较细,置钉最困难的节段。其次,在进针点以磨钻磨除皮质骨,避免过度用力穿刺;进针时应缓慢持续用力,避免暴力扭转椎体附件结构,并且时常暂停进针,观察实时导航图像,确定是否偏离椎弓根进针方向。此外,因导航与手术设备不稳定也可能产生系统性影像漂移。因此,在颈椎采用导航技术应始终保持对影像漂移的警惕,如对进针点及方向有所怀疑,应

选取明显骨性标志进行核对,必要时需重新进行注册甚至再次扫描。本组病例中 1 例术中发现进针点过于偏内,换用 C 形臂确认发生影像漂移,重新进行扫描和注册后恢复正常。

O 形臂实时导航引导下置入颈椎椎弓根螺钉具有显著优势:首先,通过扫描和注册,实时提现操作器械的具体位置,实时提现三维方向,指导选择进针点及进针方向,保证手术安全。其次,单次扫描即可完成置钉操作,方便操作节省时间,显著减少术者与患者双方的射线暴露。而且图形延伸功能可测量进钉长度及选择螺钉的直径。但由于颈椎椎弓根解剖上的特殊性,不仅需要严格掌握经椎弓根螺钉固定的适应征,也要充分掌握导航设备在颈椎应用的技术要点。

参考文献

- [1] DUFF J, HUSSAIN M M, KLOCKE N, et al. Does pedicle screw fixation of the subaxial cervical spine provide adequate stabilization in a multilevel vertebral body fracture model? An in vitro biomechanical study[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2018, 53: 72-78.
- [2] KARKENNY A J, MENDELIS J R, GELLER D S, et al. The role of intraoperative navigation in orthopaedic surgery[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2019, 27(19): e849-e858.
- [3] GERTZBEIN S D, ROBBINS S E. Accuracy of pedicular screw placement in vivo[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1990, 15(1): 11-14.
- [4] ABUMI K, KANEDA K. Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(16): 1853-1863.
- [5] EBRAHEIM N A, XU R, KNIGHT T, et al. Morphometric evaluation of lower cervical pedicle and its projection[J]. Spine, 1997, 22(1): 1-6.
- [6] JEANNERET B, GEBHARD J S, MAGERL F. Transpedicular screw fixation of articular mass fracture-separation: results of an anatomical study and operative technique[J]. J Spinal Disord, 1994, 7(3): 222-229.
- [7] KARAIKOVIC E E, YINGSAKMONGKOL W, GAINES R W Jr. Accuracy of cervical pedicle screw placement using the funnel technique[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(22): 2456-2462.
- [8] 谭明生, 张光铂, 移平, 等. 管道疏通法行颈椎弓根螺钉置入的研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2002, 12(6): 405-410.
- [8] TAN M S, ZHANG G B, YI P, et al. Placement of cervical spine pedicle screw with dredging pipe method[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2002, 12(6): 405-410. Chinese.
- [9] MAHESH B, UPENDRA B, MAHAN R S. The medial cortical pedicle screw: a new technique for cervical pedicle screw placement with partial drilling of medial cortex[J]. Spine J, 2014, 14(2): 371-380.
- [10] RICHTER M, CAKIR B, SCHMIDT R. Cervical pedicle screws: conventional versus computer-assisted placement of cannulated screws[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(20): 2280-2287.

(收稿日期: 2022-02-20 本文编辑: 王宏)