

· 临床研究 ·

胸腰段椎弓根置钉的术中三维实时导航[△]

刘彬, 姜泽威, 李佳佳, 张廷伟, 杨永军, 周纪平, 杨凯, 吴瑞, 谭远超

(山东省文登整骨医院, 山东威海 264400)

摘要: [目的] 评估术中三维实时导航系统辅助植钉技术的影像结果。[方法] 2016年3月—2019年3月, 62例患者接受胸腰椎椎弓根钉固定术, 术中随机选择一侧采用三维实时导航置钉, 另一侧采用徒手置钉。采用 Rampersaud 的标准对影像椎弓根钉置入的准确性进行评估比较。[结果] 62例患者共置钉204枚。胸椎62枚, 置钉准确率导航辅助侧为93.55% (29/31), 徒手侧为77.42% (24/31), 两侧差异有统计学意义 ($P<0.05$)。腰椎142枚, 置钉准确率导航辅助侧为97.18% (69/71), 徒手侧为80.28% (57/71), 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。[结论] 胸腰椎弓根置入采用三维实时导航系统辅助技术, 显著提高了置钉的精确性。

关键词: 术中导航, 胸腰椎, 椎弓根螺钉置入, 准确性

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 20-1914-04

Intraoperative three-dimensional real-time navigation for thoracolumbar pedicle screw placement // LIU Bin, JIANG Ze-wei, LI Jia-jia, ZHANG Ting-wei, YANG Yong-jun, ZHOU Ji-pin, YANG Kai, WU Rui, TAN Yuan-chao. Shandong Wendeng Orthopaedic Hospital, Weihai 264400, China

Abstract: [Objective] To evaluate the imaging outcomes of intraoperative three-dimensional real-time navigation assisted pedicle screw placement. [Methods] From March 2016 to March 2019, 62 patients underwent thoracolumbar pedicle screw fixation. During the operation, one side was randomly selected to use three-dimensional real-time navigation screw placement, while the contralateral side had screw placed by conventional freehand technique. The accuracy of pedicle screw placement on images was evaluated and compared between the two sides. [Results] A total of 204 screws were placed in 62 patients. Of the 62 screws in thoracic vertebrae, the screw placement accuracy rate was 93.55% (29/31) on the navigation assisted side, while 77.42% (24/31) on the freehand side, which was statistically significant ($P<0.05$). Of the 142 screws in lumbar vertebrae, the accuracy of screw placement was 97.18% (69/71) on the navigation assisted side, whereas 80.28% (57/71) on the freehand side, with a statistically significant difference between the two sides ($P<0.05$). [Conclusion] The intraoperative three-dimensional real-time navigation does considerably improve the accuracy of pedicle screw placement.

Key words: intraoperative navigation, thoracolumbar spine, pedicle screw placement, accuracy

椎弓根螺钉内固定技术, 在脊柱外科中运用较为普及, 可以提供可靠的三维稳定性。精准地置入椎弓根螺钉, 可以有效避免对周围血管、神经的损伤, 增加螺钉的把持力。但是临床工作中经常遇到一些变异的较细的椎弓根, 常规的置钉方法很容易引起置钉位置不佳, 导致固定强度下降, 甚至损伤神经、血管^[1]。有学者研究表明因胸腰段椎弓根置钉失败引起相关并发症发生率为4.2%~7.8%^[2, 3]。参考以往对胸腰段椎弓根横径测量的研究^[4, 5], 胸腰段椎弓根横径95%置信区间范围为5.08~6.55 mm, 本研究将椎弓根横径<5.5 mm视为较细椎弓根。运用术中三维实时导

航系统辅助置钉, 可提高椎弓根螺钉置入的精确率, 降低手术风险, 减少手术时间^[6]。本院自2014年引进术中导航系统, 对于一些术前CT平扫发现椎弓根较细的患者, 在术中应用Iso-C透视导航仪辅助下置入椎弓根螺钉。本文旨在分析术中三维实时导航系统应用于胸腰段较细椎弓根置钉的可行性和精确性。

1 临床资料

1.1 一般资料

2016年3月—2019年3月, 共62例患者纳入本

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.20.21

△基金项目: 第七批全国老中医药专家传承项目(编号: 国中医药人教函[2022]76号)

作者简介: 刘彬, 副主任医师, 脊柱外科方向, (电话)18669337908, (电子信箱)wdzglb@163.com

*通信作者: 周纪平, (电子信箱)wdzglb@163.com

研究。其中，男22例，女40例；年龄19~65岁；胸椎骨折18例，腰椎骨折35，脊柱畸形9例。随机对一侧椎弓根利用导航辅助（导航辅助侧）置钉，另一侧利用传统方式徒手（徒手侧）置钉。本研究获本单位伦理委员会审议通过，患者均知情并签署同意书。

1.2 手术方法

导航辅助侧：术前行CT横切面测量椎弓根横径（图1a），术中使用德国西门子的Iso-C术中三维导航系统，由手术床、位置传感器、示踪器及手术操作引导器构成（图1b, 1c）。采用气管插管全麻，患者

取俯卧位，髋部及胸部下垫体位垫，腹部悬空以减小腹腔压力。取以伤椎为中心后路正中切口，依次切开皮肤、筋膜，显露棘突及双侧突间关节，专用导航夹固定于最上置钉椎体的上一椎体棘突，保证导航夹与棘突位置固定不变，铺无菌巾，将导航仪以患者脊柱为中心，连续旋转术中图像采集，采集后的图像传输至导航系统进行分析，导航自动进行图像配准，对导航自带穿刺锥与导航系统之间进行配准，利用配准后的穿刺锥在实时三维图像引导下建立钉道，置入椎弓根螺钉（图1d~1f）。

徒手侧：采用传统方式徒手置入合适的螺钉。

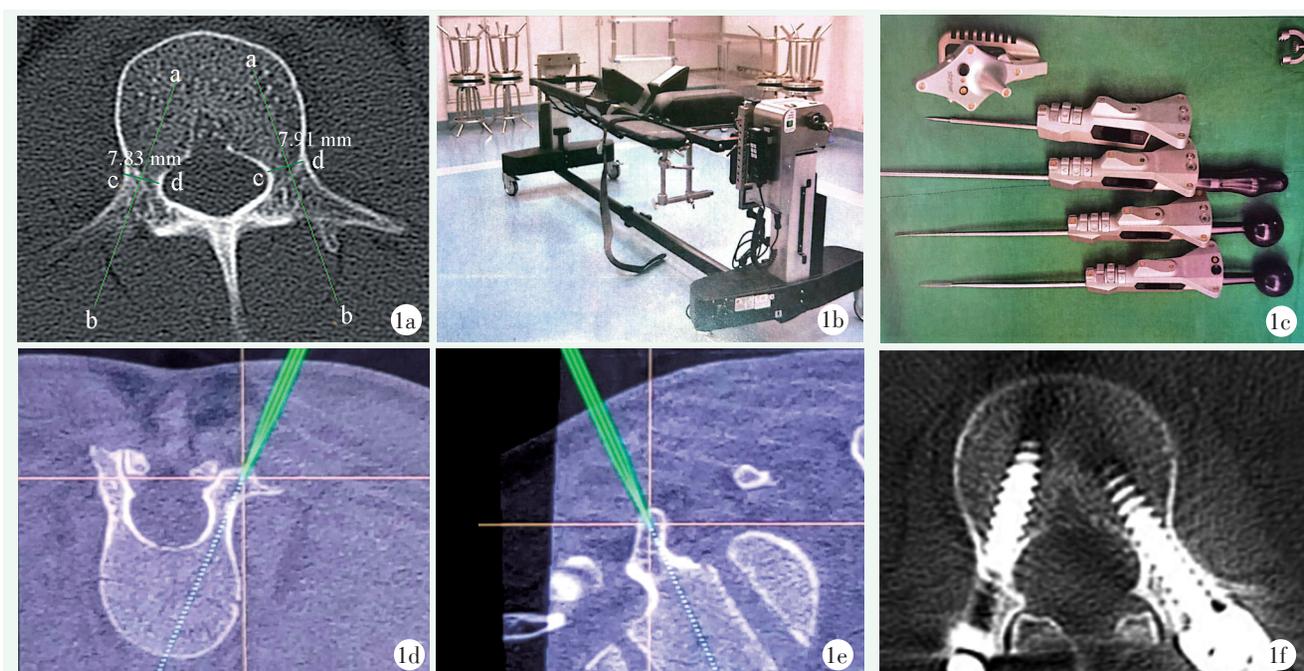


图1 胸腰段较细椎弓根置钉的术中三维实时导航 1a: 术前行CT横切面测量椎弓根横径 1b: 导航手术床 1c: 导航注册器 1d, 1e: 术中导航影像所见 1f: 术后CT横切面见双侧椎弓根置钉位置良好

1.3 评估指标

对所有置钉椎体术前行CT+MPR重建对内固定钉进行椎弓根层面扫描，按Rampersaud的标准^[7]评估椎弓根置钉准确性：A类：螺钉位置好，完全位于椎弓根皮质内；B类：螺钉穿破椎弓根内壁<2mm；C类：螺钉穿破椎弓根内壁2~4mm；D类：螺钉穿破内壁>4mm。其中A类和B类视为椎弓根位置准确，优良率=(A类+B类)螺钉数/总螺钉数。

1.4 统计学方法

采用SPSS 19.0软件进行统计分析。两组螺钉置入精确性采用秩和检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2.1 临床结果

62例患者术中共经较细椎弓根置入螺钉204枚，胸椎62枚，包括T₁₀ 4枚，T₁₁ 12枚和T₁₂ 46枚；腰椎142枚，包括L₁ 82枚，L₂ 50枚和L₃ 10枚。术中未出现血管、神经损伤并发症。术后随访10~18个月，随访过程中均无翻修手术。

2.2 影像评估

术后影像显示，在胸椎段，导航辅助侧中A类26枚，B类3枚，C类1枚，D类1枚，优良率93.55% (29/31)，徒手侧中A类19枚，B类5枚，C类4枚，D类3枚，优良率77.42% (24/31)，导航辅助侧螺钉的准确率明显优于徒手侧，差异有统计学意义 ($P=0.006$)。在腰椎段，导航辅助侧中A类61枚，B类7枚，C类2枚，D类1枚，优良率97.18%

2 结果

(69/71), 徒手侧中 A 类 47 枚, B 类 6 枚, C 类 9 枚, D 类 6 枚, 优良率 80.28% (57/71), 导航辅助侧螺钉的准确率明显优于徒手侧, 差异有统计学意义 ($P=0.024$)。在导航辅助侧中胸椎和腰椎螺钉的准确率差异无统计学意义 ($P=0.913$)。

3 讨论

椎弓根钉棒系统能有效固定脊柱的三柱稳定性, 成为脊柱外科主要的手术方式选择。在解剖学研究和临床应用中发现, 螺钉穿透椎弓根皮质的概率较高^[8], 尤其在一些横径较细的椎弓根, 螺钉穿透内外侧皮质的发生率更高^[9, 10], 导致螺钉固定强度下降, 潜在的神经、血管损伤的风险增大。精确地置入螺钉, 能有效降低置钉失败并发症的发生。

理论上, 对于各种需要后路固定的患者, 只要椎弓根结构完整, 均应行经椎弓根内固定, 但临床中经常遇到椎弓根细小的患者, 出于安全考虑, 经常会选择椎体钉或半椎弓根钉内固定, 大大降低了螺钉的把持力^[11], 且血管、神经损伤的风险增加。精准的螺钉置入, 能有效减少置钉失败带来的并发症。作为脊柱外科医生应理解较细椎弓根的概念, 术前常规行椎体 CT 平扫, 仔细阅片, 警惕较细的椎弓根置钉失败带来的并发症。

较细椎弓根有效置钉通道较小, 对进钉点和进钉方向要求很高, 术中三维实时导航系统辅助置钉作为一种置钉引导系统, 可以为手术者提供准确的置钉方向。相关文献报道, 利用导航系统在胸腰段置钉优良率达到 97%~99%^[12]。本研究脊柱机器人在较细椎弓根中的应用, 在胸椎螺钉中, 优良率 93.3%; 在腰椎螺钉中, 优良率 95.8%。利用导航辅助置钉的优良率明显高于徒手侧。其中有 2 枚螺钉穿透椎弓根内外壁超过 4 mm, 但没有出现神经、血管相关并发症, 均未行二次手术。术中三维实时导航系统应用于脊柱外科, 极大提高了较细椎弓根螺钉置入的精确性, 降低了手术风险。

术中三维实时导航系统在较细椎弓根置钉中的运用, 目前报道较少, 仍在持续改进中, 作者总结该技术有以下优点: (1) 可以获得术中的三维图像, 按照图像的指引进行置钉, 操作变得简单而且直观, 可提高置钉的准确率。辅助侧中最细椎弓根横径仅 4 mm, 通常所用螺钉横径为 5~6 mm, 传统 X 线引导置钉方式穿出内侧椎弓根皮质的风险较高。通过术中三维实时导航系统引导下置钉, 避免穿透内侧皮质,

使螺钉最大限度地椎弓根内; (2) 弥补了传统 CT 导航引导置钉不精确的缺陷, 传统的术前仰卧位 CT 图像, 因为患者术中体位的改变, 导致置钉的精确度下降^[13]。尤其在脊柱不稳定的患者中尤为明显; (3) 可以避免螺钉位置不佳导致再次手术, 保障脊柱内固定手术的安全性, 术中导航可以对置入螺钉即刻进行扫描评价, 发现对脊髓和神经干扰的螺钉随时重置, 预防二次手术; (4) 术中 Iso-C 透视导航仪能减少术者射线暴露时间^[14]。但导航系统也存在以下缺点: (1) 价格较高, 基层医院难以普及; (2) 如果术中系统故障则需暂停使用; (3) 术中对置钉椎体扫描 2 次, 增加了患者辐射剂量。

因此, 使用术中三维实时导航系统应注意以下几点: (1) 术者应熟悉导航的原理和操作流程, 了解误差出现的原因并备好对策, 通过系统学习, 减少操作误差; (2) 导航夹应固定牢靠, 避免导航过程中移位, 一旦移位应重新扫描^[15]; (3) 患者胸廓呼吸运动对术中导航扫描影像产生影响, 导致影像不清, 需配合麻醉医生调整减慢呼吸频率, 降低干扰; (4) 不能完全依靠导航置钉, 一旦怀疑其准确性, 应谨慎操作, 必要时重新扫描配准。

综上所述, 术中三维实时导航系统是比较理想的辅助脊柱外科置钉技术, 对于较细椎弓根的螺钉置入有很大帮助, 特别是对年轻医生, 能有效提高操作准确性、保障安全, 降低损害, 该技术属于新兴技术, 需要大量临床样本进行研究、探讨、改进。

参考文献

- [1] Yu CH, Chen PQ, Ma SC, et al. Segmental correction of adolescent idiopathic scoliosis by all-screw fixation method in adolescents and young adults, minimum 5 years follow-up with SF-36 questionnaire [J]. *Scoliosis*, 2012, 7: 5.
- [2] 宁广智, 吴强, 张蒂, 等. 胸腰段脊柱骨折手术治疗的研究进展 [J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33 (1): 43-46.
- [3] Gautschi OP, Schatlo B, Schaller K, et al. Clinically relevant complications related to pedicle screw placement in thoracolumbar surgery and their management: a literature review of 35, 630 pedicle screws [J]. *Neurosurg Focus*, 2011, 31 (4): 8.
- [4] 何伟, 钱宇, 杨万雷, 等. 胸腰段窄小椎弓根的应用解剖学研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37 (1): 36-43.
- [5] Hou S, Hu R, Shi Y. Pedicle morphology of the lower thoracic and lumbar spine in a Chinese population [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1993, 18 (13): 1850-1855.
- [6] 邹华章, 马晓春, 唐程, 等. 复合型可注射磷酸钙骨水泥在胫骨平台塌陷骨折中的生物力学研究 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2013, 27 (7): 855-859.

- [7] Rampersaud YR, Pik JH, Salonen D, et al. Clinical accuracy of fluoroscopic computer-assisted pedicle screw fixation: a CT analysis [J]. *Spine*, 2005, 30 (7) : 183-190.
- [8] Richter PH, Gebhard F, Kraus M. Importance of intraoperative navigation in spinal surgery [J]. *Chirurg*, 2014, 85 (10) : 929-942.
- [9] Wang J, Wei J, Wang M. The distinct prediction standards for radiological assessments associated with soft tissue injuries in the acute tibial plateau fracture [J]. *Europ J Orthop Surg Traumatol*, 2015, 25 (5) : 913-920.
- [10] 张英泽, 李宝俊, 张奇, 等. 胸腰椎骨折椎弓根内固定术后失败原因探讨 [J]. *中华骨科杂志*, 2009, 29 (1) : 7-11.
- [11] 翁习生, 邱贵兴, 赵卫东, 等. 椎弓根螺钉不同翻修方法的生物力学研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2003, 23 (10) : 622-626.
- [12] 田伟, 韩骁, 等. 导航辅助微创手术与传统开放手术治疗胸腰段脊柱骨折的对照研究 [J]. *中华外科杂志*, 2011, 49 (12) : 1061-1066.
- [13] 孙振兴, 孙亚兴. O型臂联合实时导航技术在脊柱内固定术中的应用 [J]. *中华神经外科杂志*, 2017, 33 (2) : 113-118.
- [14] Hubbe U, Sircar R, Scheiwe C, et al. Surgeon, staff, and patient radiation exposure in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: impact of 3D fluoroscopy-based navigation partially replacing conventional fluoroscopy: study protocol for a randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2015, 16: 142.
- [15] 张洪磊, 周东生, 王大伟, 等. 导航辅助置入颈椎椎弓根螺钉的误差分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17 (4) : 260-264.
- (收稿:2021-07-21 修回:2022-08-25)
(同行评议专家: 马海军 伍伟飞)
(本文编辑: 郭秀婷)

(上接 1913 页)

- [7] Carlucci MT, Braz JR, Nascimento P Jr, et al. Intraoperative cardiac arrest and mortality in trauma patients. A 14-year survey from a Brazilian tertiary teaching hospital [J]. *PLoS One*, 2014, 9 (2) : e90125.
- [8] 杜刚强, 王志刚, 杨淑野, 等. 骨牵引器与牵引床辅助闭合复位内固定治疗股骨转子间骨折的疗效比较 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34 (4) : 469-474.
- [9] 李玉石. 老年麻醉手术患者发生低体温现象的危险因素分析 [J]. *医学理论与实践*, 2020, 33 (2) : 246-248.
- [10] Ercan C, Songür M, Kalem M, et al. Traction table versus manual traction in the intramedullary nailing of unstable intertrochanteric fractures: a prospective randomized trial [J]. *Injury*, 2016, 47 (7) : 1547-1554.
- [11] Tan L, Qi B, Yu B, et al. Incidence and risk factors for venous thromboembolism following surgical treatment of fractures below the hip: a meta-analysis [J]. *Int Wound J*, 2016, 13 (6) : 1359-1371.
- [12] Jaffer AK, Barsoum WK, Krebs V, et al. Duration of anesthesia and venous thromboembolism after hip and knee arthroplasty [J]. *Mayo Clin Proc*, 2005, 80 (6) : 732-738.
- [13] 孔芳芳, 裴静波, 潘建锋. 牵引床复位内固定手术中的体位管理 [J]. *中医正骨*, 2010, 22 (5) : 67-68.
- (收稿:2021-10-01 修回:2022-04-14)
(同行评议专家: 葛文平)
(本文编辑: 闫承杰)