

## 临床论著

三维导航在脊柱畸形或翻修手术患者  
椎弓根螺钉置入中的应用

俞 兴, 徐 林, 毕连涌, 李鹏洋

(北京中医药大学东直门医院骨科中心 100700 北京市)

【摘要】 目的: 探讨三维影像脊柱导航指导脊柱畸形或脊柱翻修手术患者椎弓根螺钉置入的准确性。方法: 2003 年 9 月~2007 年 12 月, 收治脊柱存在先天畸形或脊柱后柱结构缺损需进行椎弓根螺钉系统内固定的患者 58 例, 其中先天性脊柱侧凸并脊髓畸形 31 例、全椎板或半椎板切除术后脊柱不稳 27 例, 在减压解除神经压迫同时在三维影像脊柱导航引导下椎弓根螺钉固定矫形, 采用三维影像系统评估螺钉位置的准确性, 螺钉完全位于椎弓根内为置钉位置准确; 记录螺钉平均置入时间、手术时间、出血量和近期并发症。结果: 58 例患者共置入 426 枚螺钉, 螺钉位置准确率为 96%, 螺钉平均置入时间  $3.90 \pm 0.87$  min/枚, 手术时间  $147 \pm 65$  min, 出血量  $312 \pm 185$  ml, 未出现螺钉置入相关的并发症。结论: 术中应用三维影像导航对脊柱畸形或脊柱翻修手术患者行椎弓根螺钉置入快速、精确和安全, 为高风险的脊柱脊髓畸形及脊柱翻修手术的精确性、安全性提供了保证。

【关键词】 脊柱导航; 三维影像; 椎弓根螺钉; 脊柱畸形; 翻修

中图分类号: R687.3, R319 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2008)-07-0522-04

Application of spinal navigation with the intra-operative 3D-imaging modality in pedicle screw fixation for congenital spinal deformity or spinal revision/YU Xing, XU Lin, BI Lianyong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2008, 18(7): 522~525

【Abstract】 Objective: To evaluate the efficacy and safety of spinal navigation with the intra-operative 3D-imaging modality in pedicle screw fixation for congenital spinal deformity or spinal revision. Method: From September 2003 to December 2007, 58 patients including congenital deformity of spine and spinal cord (31 cases) and spinal instability after laminectomy or semi-laminectomy (27 cases) were instrumented with pedicle screw system by spinal navigation with the intra-operative 3D-imaging system. The position of pedicle screw was assessed by intra-operative 3D-imaging system. The position of the pedicle screws, mean time of pedicle screw implantation, operating time, blood loss and post-operative complication were recorded. Result: The accurate rate of pedicle screw position was 96% in these cases. The mean time of pedicle screw implantation, operating time and blood loss were  $3.90 \pm 0.87$  minutes,  $147 \pm 65$  minutes and  $312 \pm 185$  ml respectively. There was no implant-related complication occurred during the operation. Conclusion: With spinal navigation combined with the intra-operative 3D-imaging modality, implantation of the pedicle screw in patients with congenital spinal deformity or spinal instability after laminectomy or semi-laminectomy becomes more rapid, accurate and safe. It ensures the accuracy and safety of the high risk surgery for the deformity of spine and spinal cord, and spinal revision.

【Key words】 Spinal navigation; 3D-imaging; Pedicle screw; Spinal deformity; Revision

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Dongzhimen Hospital, Beijing, 100700, China

自 Roy-Camille 首先应用椎弓根螺钉内固定系统以来, 椎弓根螺钉内固定术已广泛应用于治疗脊柱畸形、肿瘤、炎症、创伤和退行性疾病, 由于

椎弓根毗邻脊髓、神经根、大血管和内脏等重要结构, 一旦螺钉置入发生偏差可导致严重后果。如何提高椎弓根螺钉置入的精确性和安全性一直是广大脊柱外科医生研究的焦点。脊柱脊髓畸形矫正及椎板切除术后脊柱不稳需翻修的患者, 由于解剖结构的变异或缺如使椎弓根螺钉内固定面临更

第一作者简介: 男 (1972-), 医学博士, 副主任医师, 研究方向: 脊柱外科、生物骨科材料、脑性瘫痪、骨科导航与微创手术  
电话: (010) 84015571 E-mail: yuxing34@sina.com

大的难度和风险,术中借助传统 X 线透视定位或引导不但增加医生和患者的 X 线暴露量,而且准确性也很难保证。脊柱导航技术可以明显提高椎弓根螺钉置入的精确性和安全性<sup>[1,2]</sup>,尤其是近年出现的术中三维影像导航技术更具有优越性。我们从 2003 年 9 月开始在脊柱椎弓根螺钉置入过程中应用术中三维影像导航系统,现已常规用于各类脊柱椎弓根螺钉置入术,至 2007 年 12 月共完成术中三维影像导航手术千余例,其中 58 例为脊柱脊髓畸形矫正和椎板切除术后脊柱不稳的翻修术患者,现将结果报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

2003 年 9 月~2007 年 12 月,对 58 例脊柱脊髓畸形、椎板切除术后脊柱不稳患者行椎弓根螺钉内固定,其中脊柱脊髓畸形患者 31 例,男 20 例,女 11 例,年龄 14~55 岁,平均 28.6 岁,畸形包括半椎体、蝶形椎所致先天性脊柱侧凸和(或)后凸、椎体或椎板分节不全、椎弓根发育不良、二分

脊髓、脊髓拴系等(图 1~5);胸腰段 12 例,腰骶段 19 例,共置入椎弓根螺钉 262 枚。椎板切除术后脊柱不稳患者 27 例,男 15 例,女 12 例;年龄 34~85 岁,平均 67.4 岁;全椎板切除 19 例,半椎板切除或开窗 8 例;单节段 6 例,双或多节段 21 例;胸腰段 5 例,腰段或腰骶段 22 例,共置入椎弓根螺钉 164 枚。所有病例术中均在三维影像脊柱导航系统引导下进行椎弓根螺钉置入。内固定系统包括 Tenor、TSRH、TSRH-3D、M8 等。

### 1.2 手术过程

手术床和体位垫均能透 X 线,导航红外相机置于手术台头端,工作站置于术者对面,术前三维影像系统与脊柱导航系统连接,并调至工作状态。按传统后正中入路显露脊柱后路结构,将导航参考基固定于需行椎弓根螺钉固定节段的相邻头端一椎体棘突根部(若此棘突缺如可再向头端上移 1 个椎体固定,固定必须确切),术中应用三维影像系统采集手术区域脊柱三维资料(自动等中心旋转 190°,采集 256 帧二维影像图片,重建三维图像,共 2min,三维影像系统软件升级后缩短

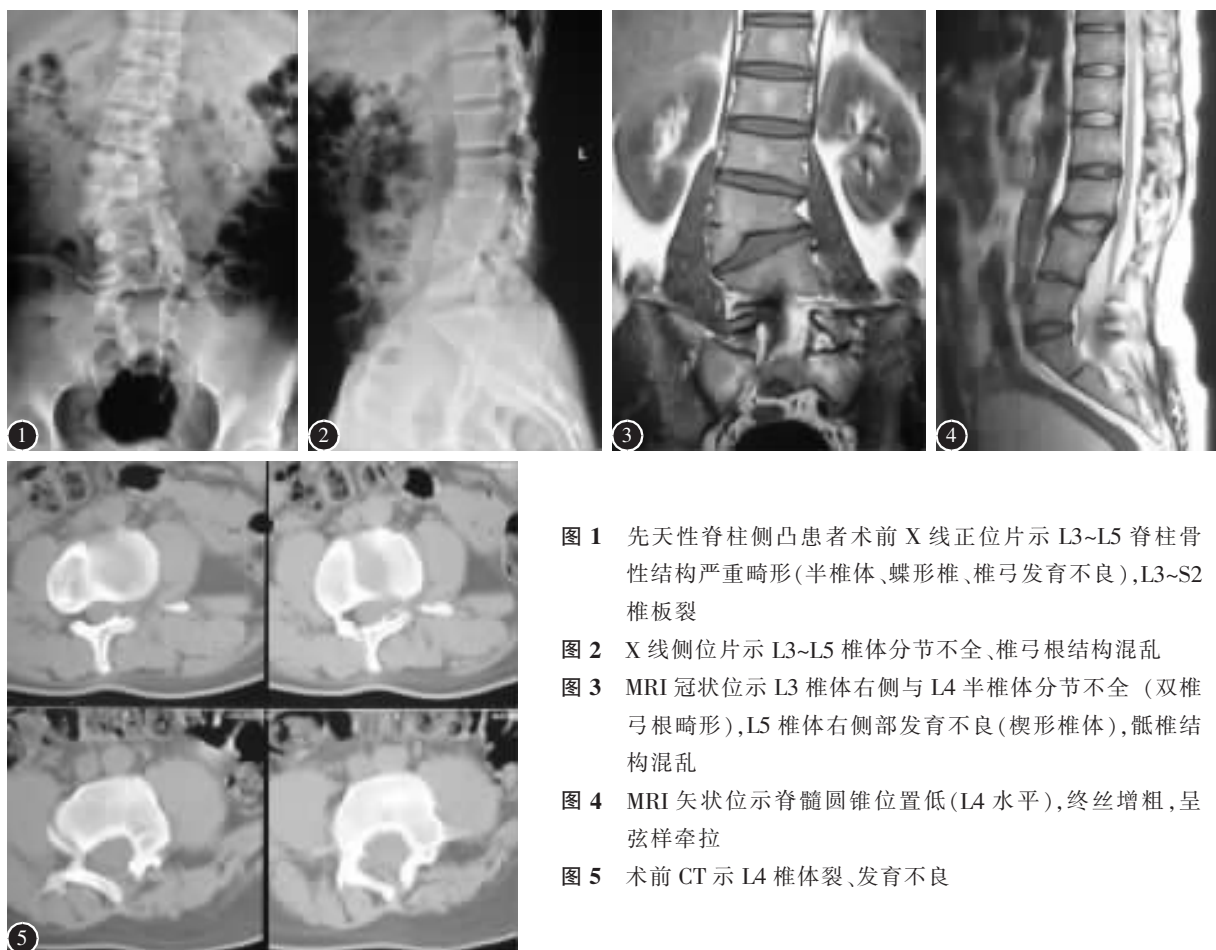


图 1 先天性脊柱侧凸患者术前 X 线正位片示 L3~L5 脊柱骨性结构严重畸形(半椎体、蝶形椎、椎弓发育不良),L3~S2 椎板裂

图 2 X 线侧位片示 L3~L5 椎体分节不全、椎弓根结构混乱

图 3 MRI 冠状位示 L3 椎体右侧与 L4 半椎体分节不全(双椎弓根畸形),L5 椎体右侧部发育不良(楔形椎体),骶椎结构混乱

图 4 MRI 矢状位示脊髓圆锥位置低(L4 水平),终丝增粗,呈弦样牵拉

图 5 术前 CT 示 L4 椎体裂、发育不良

至 1min), 采集完毕后, 将影像资料传输至脊柱导航系统工作站(1min)。根据导航监测仪实时动态显示确定最理想椎弓根螺钉预定轨迹(图 6, 后插页 II), 将椎弓根开路器置于预定轨迹螺钉进针点, 按照监测仪上显示的轨迹依次置入椎弓根探针和攻丝, 根据图像显示, 选择合适粗细、长度的椎弓根螺钉, 沿开放好的椎弓根通道拧入(图 7、8, 后插页 II)。

记录每枚螺钉置入的时间(分钟)(每枚螺钉置入的时间=螺钉置入总时间/螺钉数), 螺钉置入总时间从三维影像系统采集资料起至三维影像系统评估螺钉位置满意止。记录手术总出血量和时间。观察术后近期并发症。

### 1.3 椎弓根螺钉准确性评价

置入所有螺钉后, 即刻采用术中三维影像系统进行扫描, 根据螺钉与椎弓根皮质之间关系分为 4 级: I 级, 螺钉完全位于椎弓根内; II 级, 螺钉突破椎弓根皮质 <2mm; III 级, 螺钉突破椎弓根皮质 2~4mm; IV 级, 螺钉突破椎弓根皮质 >4mm。I 级称为位置准确; II 级不作调整(因螺纹嵌于椎弓根皮质, 固定强度仍可靠), 根据螺钉偏离椎弓根的位置分为内偏、外偏、头偏、尾偏和前偏。III 级、IV 级或螺钉穿过椎体前缘 >2.0mm 时取出重置。准确率=I 级螺钉数/置钉总数×100%

## 2 结果

58 例患者共置入 426 枚椎弓根螺钉, 术中三维影像系统扫描评估椎弓根螺钉准确性, I 级 409 枚, 准确率为 96%; II 级 17 枚, 其中头偏 7 枚, 外偏 6 枚, 尾偏 2 枚, 内偏 2 枚, 前偏 1 枚; III 级 0 枚; IV 级 0 枚。平均每枚椎弓根螺钉置入时间  $3.90 \pm 0.87$  min, 手术时间  $147 \pm 65$  min, 出血量  $312 \pm 185$  ml。未发现螺钉置入相关的并发症。术后复查 X 线片示置入椎弓根螺钉位置准确(图 9)。

## 3 讨论

椎弓根螺钉内固定技术因其坚强的三柱固定、良好的生物力学特性, 已广为各国学者所接受。经过半个多世纪的改进和发展, 现已广泛用于各类脊柱疾病的治疗中。基于椎弓根解剖特性(毗邻脊髓、神经根、脏器及大血管), 正确置入椎弓根螺钉极其重要, 目前广泛采用的方法是根据解剖定位(如 Roy-Camille 法、Weinstein 法等)、术中在



图 9 术后 X 线正位片(a)和侧位片(b)示 L3~S1 置入的 6 枚椎弓根螺钉位置准确

C 型臂 X 线透视监测下进行。即使这样, 与椎弓根螺钉置入相关的并发症仍不断出现<sup>[3]</sup>。先天性脊柱脊髓畸形矫正术及椎板切除术后脊柱不稳的翻修术中进行椎弓根螺钉固定面临的难度和风险成倍增加, 医生只能通过反复透视来确保螺钉置入的准确性。影像脊柱导航技术的出现, 为这些复杂病例的椎弓根螺钉快速精确置入提供了可能。简而言之, 脊柱导航系统可通过将患者术前或术中影像数据和术中患者的解剖结构匹配, 并将手术器械的位置在导航显示屏上以虚拟探针的形式实时显示, 使医生对手术器械与患者解剖结构的位置关系一目了然, 从而提高了脊柱手术的安全性。Laine 等<sup>[4]</sup>在 100 例 T9~S1 椎弓根螺钉固定的患者中随机比较了脊柱导航和传统方法置钉的准确性, 导航组椎弓根螺钉穿破率为 4.1%, 而传统技术组穿破率为 15.9%。徐林等<sup>[5]</sup>分析比较术中三维影像导航技术和传统技术在腰椎椎弓根螺钉中的应用发现, 导航组椎弓根螺钉穿破率为 3.1%, 穿破均小于 2mm, 不需要重新调整; 而传统技术穿破率为 14.4%, 其中 6.5% 螺钉穿破大于 2mm, 需要重新调整。在本研究中 426 枚椎弓根螺钉中 409 枚位置准确, 准确率为 96%, 说明在解剖结构变异或缺如的复杂病例中, 术中三维导航技术仍具有很高的准确率。

目前脊柱导航主要有术前 CT 影像导航、C 型臂透视影像导航和术中三维影像导航三种形式<sup>[6]</sup>。术前 CT 影像导航需要术前详细的 CT 扫描资料, 对影像资料质量和层厚要求严格, 此外由于



术前检查时体位与术中不同,避免因体位、麻醉呼吸或手术操作变化造成影像资料虚拟的解剖结构和实际解剖结构之间的误差,术中必须进行匹配过程(对点匹配和表面匹配),这不但要求患者具有完整的脊柱结构,而且要求外科医生必须熟悉计划模块的使用、能准确确定 CT 和术野中解剖标记,匹配过程费时较长,匹配失败率较高;其优点包括:(1)术前进行一次性的图像扫描,术中根据该图像资料即可在多个三维角度观测到手术器械的路径,而无需 C 型臂或 G 型臂 X 线机的重复定位,减少了患者和医生的 X 线辐射;(2)可提供多种手术途径路线,利于术者选择最佳路线;(3)可从三维图像资料上测量钉道长度、角度及螺钉直径,提高椎弓根螺钉置入的精确性和安全性;(4)三维重建图像质量高,尤其是胸椎或颈胸椎等骨性结构较多影响图像三维重建效果的部位,图像质量明显优于术中三维导航。C 型臂 X 线透视影像导航系统又被称为“虚拟 X 射线扫描系统”,是在术前 CT 影像导航技术基础上的一大发展,术中透视过程中自动注册,避免了耗时的匹配过程,而且手术医师对术中透视过程非常熟悉、学习曲线短,操作简便;其缺点是缺少断层图像,参照二位图像进行三维操作,会存在一些误差,对于椎弓根的影像解剖标志显示不清的颈椎、上胸椎及脊柱重度屈曲旋转畸形的患者应用受限。术中三维影像导航技术是在术中 X 线透视影像导航技术基础上又一发展<sup>[7]</sup>,集中了前两种导航的优点,只需术中一次三维扫描,不存在体位误差、不需匹配过程,对脊柱后路结构完整性无要求,脊柱畸形越复杂、解剖结构越不明确,越能体现术中三维影像导航系统的优越性。本研究结果正说明了这一点。缺点是设备昂贵,广泛普及有困难。有人报道导航存在漂移<sup>[8]</sup>,我们在使用导航初期螺钉位置不准确也时有发生,在使用熟练后发现导航漂移大部分是人为的,可以避免。我们的体会是:(1)术中注意导航棘突参考基是否松动,随时拧紧松动的螺母,若参考基与固定的棘突发生位移,则需固定确切后重新扫描传输影像资料;(2)避免安装在椎弓根开路器、探针和攻丝上的动态参考基发生

松动,若松动随时拧紧,松动情况下导航监测仪实时动态显示椎弓根螺钉轨迹将发生漂移,造成误导;(3)操作轻柔,按监测仪上显示的轨迹进行操作时,操作局部脊柱维持扫描时的位置形态。

术中三维影像脊柱导航在脊柱脊髓畸形矫正及椎板切除术后脊柱不稳翻修等手术的椎弓根螺钉置入中,可明显提高椎弓根螺钉置入的精确性,减少螺钉置入相关并发症,缩短手术时间,较传统 X 线透视法有明显的优越性。当然,导航技术(即使是最先进的术中三维影像导航)只是一种辅助手段,术者在使用导航时不能盲目依赖导航,必需在掌握脊柱解剖、生物力学等基础知识及积累相当传统手术经验基础上,才能发挥导航的辅助引导优势,减少术中 X 线暴露量,提高脊柱手术的安全性。

#### 4 参考文献

1. Langston T, Holly LT, Foley KT. Intraoperative spinal navigation [J]. Spine, 2003, 28(Suppl 1): 26-35.
2. 徐林, 俞兴, 郑大滨, 等. 脊柱导航系统的临床应用现状和前景 [J]. 中国矫形外科杂志, 2003, 11(24): 1661-1663.
3. Fisher CG, Sahajpal V, Keynan O, et al. Accuracy and safety of pedicle screw fixation in thoracic spine trauma [J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(6): 520-526.
4. Laine T, Lund T, Ylikoski J, et al. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: randomized controlled clinical study in 100 consecutive patients [J]. Eur spine J, 2002, 9(1): 78-88.
5. 徐林, 俞兴, 郑大滨, 等. 脊柱导航-术中三维影像系统在椎弓根螺钉固定术中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2004, 12(23-24): 1895-1897.
6. 俞兴, 徐林. 三种脊柱影像导航技术特点分析 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(Suppl): 58-59.
7. Acosta FL Jr, Thompson TL, Campbell S, et al. Use of intraoperative isocentric C-arm 3D fluoroscopy for sextant percutaneous pedicle screw placement: case report and review of the literature [J]. Spine J, 2005, 5(3): 339-343.
8. 刘延青, 刘岩, 张克, 等. 导航辅助椎弓根螺钉置入的误差分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15(12): 736-739.

(收稿日期: 2008-02-18 修回日期: 2008-04-25)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 卢庆霞)