

临床论著

导航辅助腰椎椎弓根螺钉置入的误差分析

刘延青, 刘 岩, 张 克, 姜思权

(北京大学第三医院骨科 100083 北京市)

【摘要】目的:探讨导航辅助腰椎椎弓根螺钉置入的准确性和误差产生的原因。**方法:**16 例腰椎疾病的患者,在导航辅助下置入 76 枚椎弓根螺钉,手术后行 X 线和 CT 检查,在矢状位测量螺钉与椎弓根上缘的相对位置、与椎体上缘的角度;横断位测量螺钉与椎弓根内壁的相对位置、与椎体中线的角度。并与手术导航图像的对应数值进行统计学比较。**结果:**有 2 枚螺钉偏头侧出椎弓根,术中纠正,1 枚螺钉造成椎弓根外壁缺损而被取出,2 枚螺钉偏外侧出椎弓根。其余螺钉手术后 CT 与手术中导航图像显示的位置角度比较没有显著性差异。导航可能产生两种偏差,一种是因为椎体之间的距离缩短,常见于腰椎骨折和腰椎不稳定的患者,手术过程中腰椎前凸加大,螺钉出椎弓根上缘或下缘;另一种是扩椎弓根时图像晃动,或者开路锥在椎弓根内调整位置时产生的虚假图像误导手术者判断错误。**结论:**在使用导航过程中要采取措施避免腰椎的前凸加大,根据静止的图像做出判断,以减小误差。

【关键词】 手术导航;椎弓根螺钉;腰椎

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2005)-12-0736-04

Analysis of error of computer-assisted pedicle screw installation in the lumbar spine/LIU Yanqing, LIU Yan, ZHANG Ke, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2005, 15(12): 736-739

【Abstract】 Objective: To discuss the accuracy of computer-assisted pedicle screw installation in the lumbar spine and the reason of screw malposition. **Method:** 16 patients who underwent lumbar pedicle screw fixation owing to fracture, spondylolisthesis, and spinal stenosis. 76 screws were installed. Screw position and direction were measured on the sagittal and transection image of intraoperative navigation and post-operative CT. The result was analyzed statistically. **Result:** 2 screws perforated the pedicle upper wall, and were corrected intraoperatively. One destroyed the lateral wall of pedicle and was taken off. 2 deviated lateral pedicular wall. There was no difference statistically on the screw position and direction between navigation and CT image. Two kinds of error may occur during navigation operation. One result from the displacement among the vertebrae. It often occurred in lumbar fracture or instability, in these cases, lumbar lordosis may increase during operation, dislocations between the acquisition of navigation and operation lead to misguidance. Screw might perforate the pedicle upper or lower wall. The other result from the image shaking or direction changing of the awl during preparation of the screw hole, operator made wrong decision according to the shaking image. **Conclusion:** Some methods should be taken to avoid the increase of lumbar lordosis during navigation; decision should be made according to the still image to avoid bias.

【Key words】 Navigation operation; Pedicle screw; Lumbar spine

【Author's address】 Department of Orthopaedics, the 3rd Hospital of Beijing University, Beijing, 100083, China

腰椎椎弓根螺钉固定是脊柱外科最常用的内固定技术,传统的方法是根据上关节突和横突、人字嵴的位置判断入钉点,根据 X 线和 CT 片确定入钉角度,术中用 C 型臂 X 线机透视调整。据统计,传统方法有 20% 的螺钉穿破椎弓根壁^[1]。导航

辅助手术可以提高螺钉置入的准确性,术中不用暴露识别解剖结构,降低了手术的难度^[2]。但是导航需要学习和熟悉的过程,使用不当会产生偏差。我们对 16 例腰椎疾病患者在导航辅助下置入 76 枚椎弓根螺钉,分析如下。

第一作者简介:男(1971-),主治医师,医学博士,研究方向:脊柱外科,关节外科
电话:(010)62017691-2554 E-mail:liuyanq@yahoo.com

1 资料与方法

2004 年 7 月至 2005 年 7 月期间,随机选择

我院收治的腰椎疾病患者 16 例,男 10 例,女 6 例,平均年龄 46.4 岁。病因包括腰椎骨折 6 例,腰椎管狭窄 7 例,腰椎滑椎 3 例。全身麻醉,腰椎后路手术,暴露椎板棘突,C 型臂 X 线机透视确定手术节段,在手术节段上或下方棘突固定参考架,西门子 ISOC 3D CT 扫描完成 3 个椎体的图像,图像传到 Medtronic Stealth station 导航系统,根据椎弓根矢状和横断面导航图像用尖锥确定进钉点,换椎弓根开路锥按参考图像扩开椎弓根,为避免图像晃动,可以用锤子打入开路锥。C 型臂 X 线机透视检验位置无误后,拧入螺钉。手术后行 CT

验证椎弓根螺钉的位置。

螺钉的位置用其在椎弓根内的相对位置表示,方向用螺钉与椎体参照线的角度表示。在手术中的导航图像和术后 CT 图像上测量,矢状面螺钉相对位置是螺钉中线到椎弓根上缘的距离与椎弓根宽度的比,方向是螺钉和椎体上缘的角度,两线相交在椎体腹侧(前方)为正角,背侧(后方)为负角;横断面方向是螺钉中线到椎弓根内缘的距离与椎弓根宽度的比,方向是螺钉与椎体中轴线的角度(图 1、2)。导航图像的数据与手术后 CT 的数据比较采用配对 t 检验。

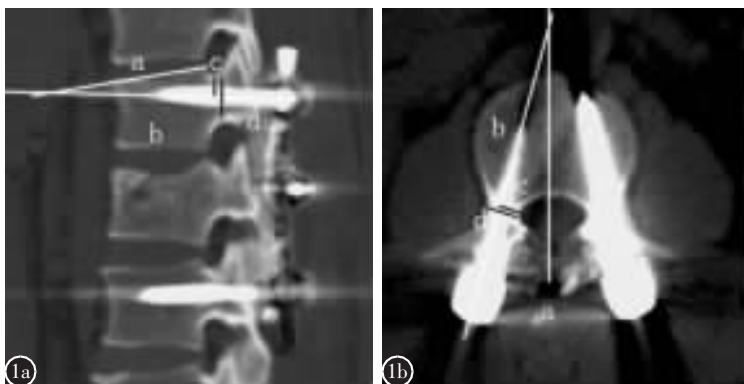


图 1 手术后 CT 图像的测量

- a** 矢状位图像: 螺钉在椎弓根相对位置= c/d ; 方向= a 与 b 夹角
b 横断位图像: 螺钉在椎弓根相对位置= c/d ; 方向= a 与 b 夹角

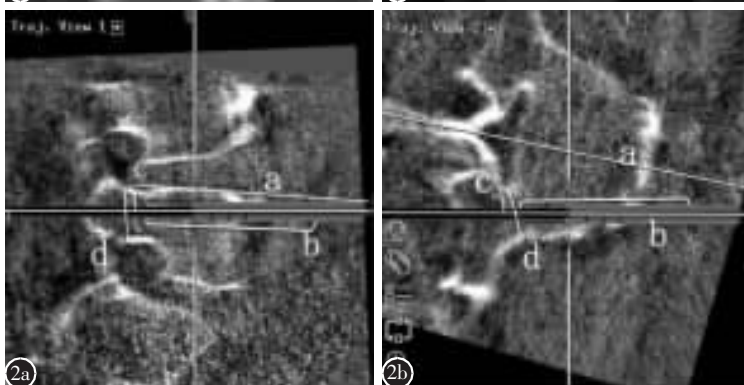


图 2 术中导航图像的测量

- a** 矢状位螺钉在椎弓根内位置= c/d ; 方向= a 与 b 的夹角
b 横断位螺钉在椎弓根内位置= c/d ; 方向= a 与 b 的夹角

2 结果

手术节段为 T12~S1,共置入螺钉 76 枚。手术中 C 型臂 X 线机透视发现 2 枚螺钉出椎弓根上壁,1 例为 L1 骨折 T12 左侧螺钉,1 例为 L4/5 滑脱 L4 左侧螺钉,术中调整;1 枚螺钉(腰椎管狭窄病例 L3 右侧)造成椎弓根外壁破坏,术中取出;手术后 CT 检查显示 2 枚螺钉(1 例腰椎管狭窄病例 L4 右侧,1 例 L1 骨折病例 T12 右侧)破出椎弓根外壁。由此得到的导航辅助椎弓根螺钉置入的失误率为 6.5%(5/76)。

76 枚螺钉中,6 枚没有保留手术中的导航图像,S1 椎弓根解剖形态与腰椎不同有 8 枚没有测

量,共有 62 枚螺钉测量比较了横断面位置、角度和矢状面角度;8 枚术后没有矢状位 CT 没有测量矢状面位置,有 54 枚螺钉测量比较了矢状面位置。结果显示导航图像与 CT 图像数据相符(表 1)。手术后患者的神经症状没有加重,术后 3 个月随访时螺钉位置没有变化。

表 1 导航图像数据与手术后 CT 数据比较 ($\bar{x} \pm s$)

	螺钉数	导航	CT	P 值
矢状面位置	54	0.48±0.02	0.50±0.02	>0.05
横断面位置	62	0.49±0.02	0.49±0.03	>0.05
矢状面角度(°)	62	2.59±26.9	2.35±36.3	>0.05
横断面角度(°)	62	12.4±18.2	11.8±20.0	>0.05

3 讨论

3.1 导航辅助下椎弓根螺钉置入的准确性

计算机导航辅助下腰椎椎弓根螺钉固定术已有 10 年的历史。1995 年 Amiot 等^[3]发表文章讨论了其可行性。根据文献报道手术导航辅助腰椎螺钉置入的准确率可以达到 99%^[2,4],而在胸椎, Ebmeier 统计 365 枚螺钉中有 11.5%穿破椎弓根壁^[5]。可见导航可以提高准确性,但是不能完全避免误差的发生。

以前的研究观测了螺钉是否破出椎弓根,我们进一步检验椎弓根内螺钉位置的偏差,测量导航图像和手术后 CT 图像显示的螺钉位置是否符合。我们选择矢状和横断面图像比较。结果显示导航和 CT 测得的螺钉在椎弓根内的位置接近椎弓根中央,角度测量两组平均值接近,统计分析两组没有显著性差异,表明导航图像辅助定位及指示方向准确。

3.2 导航辅助椎弓根螺钉置入产生误差的原因

本组病例中出现两种误差,一种是螺钉破出外侧壁,另一种是螺钉破出上壁。我们认为两种误差的产生不是偶然的,有一定的规律,它不是导航

的系统误差。3D 导航的原理是把患者椎体的形态通过术中 CT 重建,通常可以一次重建 3 个椎体,在这 3 个椎体的头端或尾端棘突固定参考架,导航以参考架做为基点坐标,如果 3 个椎体和参考架共同移位,不影响导航图像。如果 3 个椎体相对于参考架有移位,导航图像与实际图像就有差距,1mm 的移位使导航产生 1mm 的误差,移位太大导航置入的螺钉就会破出椎弓根。

我们认为本组 2 枚螺钉破出上壁就是由于发生了椎体间的相对距离缩短。L1 骨折的患者在手术开始时进行了 CT 扫描,然后先在 L2 椎弓根准备钉道,用锤子敲击椎弓根开路锥,因有骨折不稳定和腹部悬空的因素,发生了上腰椎前凸加大,相应的椎体后方结构之间的距离变短。参考架位于 L3 棘突, T12 的椎弓根入口相对于 L3 棘突(参考架)实际距离近了,而根据 CT 扫描的导航图像显示的 T12 椎弓根入口较真实的位置偏头端(远),这样导航图像显示位于椎弓根内的螺钉就实际位于椎弓根头侧(图 3),重新置入后的螺钉在导航图像中位于椎弓根下缘,而实际位于椎弓根内偏上缘(图 4)。这种偏差发生在 T12 的双侧, T12 另

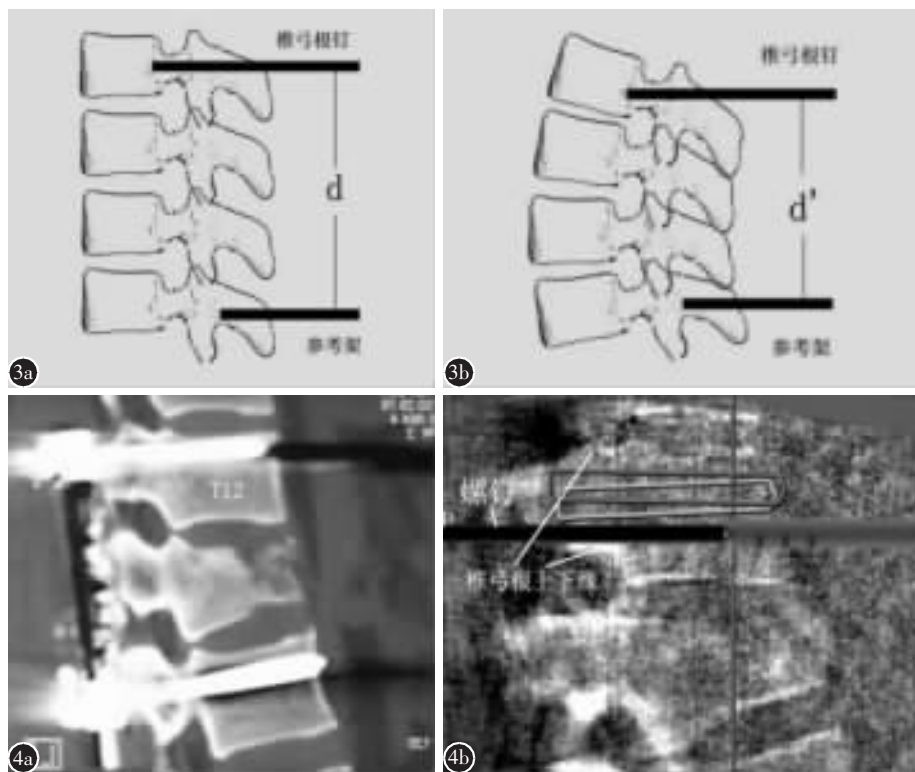


图 3 误差产生示意图 a 手术开始后根据 CT 扫描得到的导航图像, d 表示椎弓根到参考架的距离; b 手术中腰椎前凸, 实际 d' 缩短, 而导航仍然认为距离为 d , 置入螺钉会偏头侧 图 4 L1 骨折患者由于腰椎前凸加大, 椎体间的距离缩短, 导致误差, 手术中 T12 螺钉出椎弓根上缘, 纠正后重新准备钉道的图像 a 术后 CT 示 T12 螺钉位于椎弓根内偏上缘; b 术中导航图像此螺钉位于椎弓根下缘, 显示导航与真实图像的误差

一侧螺钉导航图像也有误差,但是仍在椎弓根内。第 2 例是腰椎滑脱患者,由于滑脱椎不稳定也发生了上述偏差。Arand 等^[6]回顾导航下置入的 102 枚胸腰椎椎弓根螺钉和 14 枚骶髂关节螺钉后认为,CT 图像三维导航对于脊柱骨折和骶髂关节不稳定的患者是不可靠的。为避免误差 Winkler 等^[7]在椎体棘突增加金属标志物,导航手术时检查导航图像中标志物的位置与实际标志物的位置是否相符,可以预先发现导航误差。

3 枚螺钉破出椎弓根外壁的原因有两点:其一是图像的晃动,当用椎弓根开路锥扩钉道时,由于带动患者身体上下移动,参考架位置移动,椎体和器械在图像中晃动,一个图像可能是开路锥在椎弓根内,而另一个图像开路锥又可能在椎弓根外。没有经验的术者往往会相信开路锥在椎弓根内的图像而产生错误。其二是试图在椎弓根内调整开路锥,而开路锥进入椎弓根内方向已经固定,试图调整方向时导航图像上显示开路锥方向有变化,开路锥实际带动椎体移动仍沿原方向前进,此时松开手可以显示真实的开路锥方向。用锤子打入椎弓根开路锥可以减少图像晃动,但是可能使钝头的开路锥破出椎弓根壁。在传统的手术中,术者会根据开路锥前进阻力判断走向,建议还是用手感觉开路锥的位置,可多一层保障。

3.3 避免误差产生的措施

保证导航准确的前提是保证参考架与椎体之间没有移位。因此,要确保参考架固定在棘突的骨性部分,手术中避免碰参考架。在胸腰段,建议参考架放在尾端棘突,避免胸椎受患者呼吸影响致图像不稳定。另外,要考虑到椎体之间的位移,尤其是骨折或滑脱的患者,胸枕和骶枕要薄,避免腹部悬空,以免加大腰椎前凸。晃动的导航图像不可靠,只根据矢状位或横断位之一判断也是不可靠的,要保证两个位置的图像开路锥都在椎弓根内,尽量位于椎弓根中央。避免图像晃动可以使用钻,或者用导航确定入点后根据手感扩开椎弓根,完成后再参考导航图像。

有人认为导航在常规腰椎椎弓根置入手术中没有太大意义,且延长了手术时间^[8]。导航的优势在于上胸椎、颈椎和微创椎弓根钉置入手术。另外,导航绝对不是自动机器。Arand^[9]指出手术者要通过一段学习曲线才能掌握导航技术。因此,术者要对导航的原理要有一定的了解,明白产生误差的原因,在手术中结合个人的经验,让导航成为好的辅助手段。

4 参考文献

1. Laine T, Lund T, Ylikoski M, et al. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomized controlled clinical study in 100 consecutive patients [J]. Eur Spine J, 2000, 9(3): 235-240.
2. Kalfas IH, Kormos DW, Murphy MA, et al. Application of frameless stereotaxy to pedicle screw fixation of the spine [J]. J Neurosurg, 1995, 20(4): 497-500.
3. Amoit LP, Labell H, DeGuise JA. Computer-assisted pedicle screw fixation: a feasibility study [J]. Spine, 1995, 20(10): 1208-1212.
4. 田伟. 使用计算机导航技术辅助脊柱骨折和不稳定的固定手术 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(11): 1218-1219.
5. Ebmeier K, Giest K, Kalff R. Intraoperative computerized tomography for improved accuracy of spinal navigation in pedicle screw placement of the thoracic spine [J]. Acta Neurochir, 2003, 85(Suppl): 105-113.
6. Arand M, Kinzl L, Gbehard F. Sources of error and risks in CT based navigation [J]. Orthopade, 2002, 31(4): 378-384.
7. Winkler D, Vitzthum HE, Seifert V. Spinal markers: a new method for increasing accuracy in spinal navigation [J]. Comput Aided Surg, 1999, 4(2): 101-104.
8. Laine T, Lund T, Ylikosik M. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomised controlled clinical study in 100 consecutive patients [J]. Eur Spine J, 2000, 9(3): 235-240.
9. Arand M, Hartwig E, Hehold D. Precision analysis of navigation-assisted implanted thoracic and lumbar pedicled screws: a prospective clinical study [J]. Unfallchirurg, 2001, 104(11): 1076-1081.

(收稿日期: 2005-06-21 修回日期: 2005-09-05)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 卢庆霞)