

· 临床研究 ·

O形臂导航辅助、C形臂辅助与常规徒手置入胸腰椎椎弓根螺钉准确性的定量比较

张 超, 阮狄克, 何 劼, 文天用, 吕 游

解放军总医院第六医学中心骨科, 北京 100048

【摘要】目的 比较O形臂导航辅助、C形臂辅助与常规徒手置入胸腰椎椎弓根螺钉的准确性。**方法** 回顾性分析2015年2月—2018年12月应用椎弓根螺钉系统辅助融合治疗的129例胸腰椎置钉患者术后CT资料, 其中胸腰段以下脊柱骨折41例, 退行性疾病88例。常规开放手术直视下徒手置钉(徒手组)42例, C形臂辅助下经皮置钉(C形臂组)46例, 开放手术O形臂导航辅助下置钉(O形臂组)41例。从螺钉长度、横断面进钉角度、矢状位进钉角度、椎弓根内侧壁、椎弓根上下壁、椎弓根外侧壁6个方面, 采用10分制定量评估椎弓根螺钉置钉准确性, 记录得分情况进行组间比较。**结果** 共置钉712枚。徒手组置钉准确性评分为 7.79 ± 0.93 , 满分比例为7.7%(16/208); C形臂组评分为 9.13 ± 0.59 , 满分比例为51.0%(101/198); O形臂组评分为 9.27 ± 0.65 , 满分比例为62.1%(190/306)。C形臂组和O形臂组置钉准确性评分差异无统计学意义($P > 0.05$), 但均高于徒手组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** C形臂辅助经皮置钉和O形臂导航辅助置钉的准确性优于传统徒手置钉, C形臂辅助经皮置钉与O形臂导航辅助置钉准确性相当。

【关键词】 胸椎; 腰椎; 骨钉; 计算机辅助设计; 成像, 三维

【中图分类号】 R 681.5 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-2957(2020)02-0073-04

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-2957.2020.02.001

Quantitative comparison of accuracy between O-arm navigation assisted, C-arm assisted and free-hand thoracolumbar pedicle screw placements

ZHANG Chao, RUAN Di-ke, HE Qing, WEN Tian-yong, LÜ You

Department of Orthopaedics, Sixth Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100048, China

【Abstract】Objective To compare the accuracy of O-arm navigation assisted, O-arm navigation assisted and conventional free-hand pedicle screw placements. **Methods** A total of 129 patients underwent thoracolumbar pedicle screw placement by free-hand ($n=42$), O-arm navigation assisted ($n=41$) or C-arm assisted ($n=46$) technique for degenerative diseases (88 cases) or spinal fracture (41 cases) from February 2015 to December 2017 were enrolled in the study. The accuracy of inserted pedicle screws was assessed postoperatively by using of high-resolution spiral computed tomography imaging. Screw placement was scored on 6 graded parameters: screw length; axial and sagittal trajectory; medial, sagittal and lateral breaches. Ten possible points were given for each pedicle screw. Data collected for comparison of accuracy between 3 groups were statistically analyzed. **Results** A total of 712 screws were placed for all the patients. The pedicle screw accuracy score in the free hand group was 7.79 ± 0.93 and 7.7%(16/208) of implanted screws received full scores(10 score), which were 9.13 ± 0.59 and 51.0%(101/198) in the C-arm group, and 9.27 ± 0.65 and 62.1%(190/306) in the O-arm group. There was no significant difference between the C-arm and O-arm group in the accuracy score, but both of them were higher than that of the free-hand group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** An optimal screw position can be achieved with a greater accuracy through both O-arm navigation and C-arm assisted technique than free-hand placement, and the accuracy scores of the O-arm group and the C-arm group are similar.

【Key Words】 Thoracic vertebrae; Lumbar vertebrae; Bone nails; Computer-aided design; Imaging, three-dimensional
J Spinal Surg, 2020, 18(2): 73-76

经椎弓根螺钉内固定是脊柱外科的重要基本技术,在辅助脊柱融合、获得脊柱即刻稳定、矫正脊柱畸形等方面发挥着关键作用。尽管椎弓根螺钉置入的进针点、置入方向都经过了充分的解剖学研究,但是准确置入椎弓根螺钉、避免不必要的早期内固定失败依然是脊柱外科医师面临的挑战^[1-3]。随着微创脊柱外科技术的进步和导航设备的推广应用,在影像指导下置入椎弓根螺钉改变了传统置钉方式。有研究^[46]发现,新技术有助于提高置钉的准确性。本研究采用定量评估方法^[1],对O形臂导航辅助置钉、C形臂辅助经皮置钉与常规徒手置钉技术置入胸腰椎椎弓根螺钉的准确性进行比较。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择2015年2月—2018年12月本院同一手术组应用椎弓根螺钉系统辅助融合治疗的胸腰段以下脊柱骨折及退行性疾病患者129例,排除特发性脊柱畸形及脊柱发育性异常。其中常规开放手术直视下徒手置钉(徒手组)42例,C形臂辅助经皮置钉(C形臂组)46例,开放手术O形臂导航辅助置钉(O形臂组)41例。徒手置钉及O形臂导航辅助置钉均为开放手术,根据患者意愿选择是否使用导航。C形臂辅助置钉为经皮脊柱内固定或通道下微创融合手术。129例患者中男63例、女66例,年龄(56.9 ± 13.1)岁。胸腰段以下脊柱骨折41例;脊柱退行性疾病88例,包括腰椎椎管狭窄症32例,腰椎滑脱/不稳21例,相邻节段退行性变5例,成人退行性侧凸合并椎管狭窄/不稳9例,椎间盘源性腰痛3例,腰椎椎间盘突出症18例。

1.2 置钉方法

1.2.1 常规徒手置钉

取脊柱后正中入路,常规切开,显露置钉节段椎板、棘突及关节突。胸椎置钉取横突中上1/3交界水平线与上关节突外缘垂线的交点为进钉点;腰椎置钉以椎板外侧缘与副突相交人字棘顶点为进钉点,副突发育缺如者则以横突中点水平线与上关节突外缘垂线的交点为进钉点。矢状位与椎板保持垂直、冠状位以胸腰段 $15^\circ \sim 20^\circ$ 、下腰段 $20^\circ \sim 25^\circ$ 外倾角进钉,置入定位钉后进行C形臂X线机透视,并参考透视影像调整进钉头倾及外倾角度。确认进钉骨道后依次攻丝与拧入螺钉。

1.2.2 C形臂辅助经皮置钉

术前标记隔栅定位,以椎弓根投影水平中线与

外侧缘为穿刺点,在C形臂X线机正侧位透视下以胸腰段 $15^\circ \sim 20^\circ$ 、下腰段 $20^\circ \sim 25^\circ$ 外倾角穿刺进针。反复透视引导进针角度,确保穿刺针尖侧位于椎体后缘时,正位像不超过椎弓根投影内侧缘。拔出穿刺针芯,替换引导克氏针,依次埋头、攻丝及拧入空心螺钉。

1.2.3 O形臂导航辅助置钉

取脊柱后正中入路,常规切开,显露置钉节段椎板、棘突及关节突,棘突固定参考架,O形臂X线机扫描定位,获取图像并存入计算机导航设备,标记注册开口器、进针器及探针,在三维导航引导下寻找最佳进针点及进针方向,依次穿刺、攻丝及拧入螺钉。

1.3 置钉准确性的定量评估

术后对所有患者进行薄层CT扫描,取置钉平面横断面及矢状面扫描影像进行评估。以定量评估方法对椎弓根螺钉置钉准确性从6个方面(图1)进行10分制定量评估^[1]。①螺钉长度:在椎体矢状径(75 ± 5)%内为1分,超出为0分;②横断面进钉角度:与椎弓根外倾角夹角 $\leq 5^\circ$ 为2分, $>5^\circ$ 且 $\leq 10^\circ$ 为1分, $>10^\circ$ 为0分;③矢状面进钉角度:与终板夹角 $\leq 5^\circ$ 为2分, $>5^\circ$ 且 $\leq 10^\circ$ 为1分, $>10^\circ$ 为0分;④椎弓根内侧壁:螺钉未切出为2分,仅螺纹切出为1分,螺钉体部切出为0分;⑤椎弓根上下壁:螺钉未切出为2分,仅螺纹切出为1分,螺钉体部切出为0分;⑥椎弓根外侧壁:螺钉未切出为1分,螺纹切出为0分。根据术后CT扫描结果,对所有置入螺钉逐枚进行定量评估并记录得分。

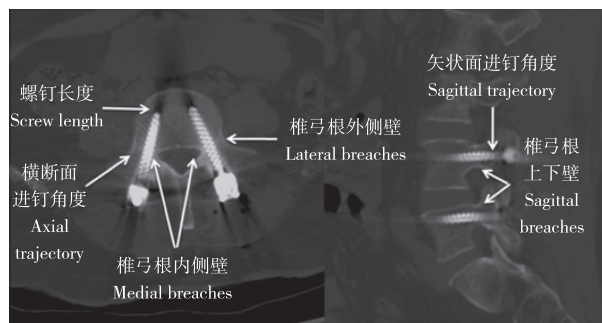


图1 椎弓根螺钉置钉准确性评估的6个参数

Fig. 1 Six parameters of screw accuracy scoring system

1.4 统计学处理

采用SPSS 18.0软件对数据进行统计学分析,计数资料以例数和百分数表示,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。对3组螺钉评分的均值通过多样本均数比较的方差分析进行比较;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学

意义。

2 结 果

3组患者术中共置钉712枚。由表1可见,徒手组手术节段为(1.54 ± 0.7)个,共置钉208枚,置钉准确性评分为(7.79 ± 0.93)分,满分比例为7.7%(16/208);C形臂组手术节段为(1.4 ± 0.6)个,共

置钉198枚,准确性评分为(9.13 ± 0.59)分,满分比例为51.0%(101/198);O形臂组手术节段为(2.7 ± 1.6)个,共置钉306枚,准确性评分为(9.27 ± 0.65)分,满分比例为62.1%(190/306)。C形臂组和O形臂组置钉准确性评分差异无统计学意义($P > 0.05$,表1),但均高于徒手置钉组,差异有统计学意义($P < 0.05$,表1)。

表1 3种置钉方式手术情况及置钉准确性评分

Tab. 1 Operation status and accuracy of pedicle screw placement in 3 groups

分组 Group	n	性别 Gender		年龄 / 岁 Age/year	损伤类型 Injury type		手术节段 Operative segment	置钉总数 Placed screws	置钉准确性 评分 Accuracy score
		男 Male	女 Female		骨折 Fracture	退行性变 Degeneration			
徒手 Free-hand	42	23	19	58.5 ± 11.5	6	36	1.54 ± 0.7	208	7.79 ± 0.93
C形臂 C-arm	46	21	25	55.4 ± 12.4	20	26	1.4 ± 0.6	198	9.13 ± 0.59*
O形臂 O-arm	41	19	22	56.7 ± 15.1	15	26	2.7 ± 1.6	306	9.27 ± 0.65*

注: *与徒手组相比, $P < 0.05$ 。

Note: * $P < 0.05$, compared with free-hand group.

全部129例患者中,无置钉失误须再手术翻修病例。徒手组2例患者因螺钉突破椎弓根内侧皮质出现神经刺激症状,经对症治疗后缓解。C形臂组和O形臂组未见明显不良反应。

3 讨 论

椎弓根螺钉系统的使用大幅提升了脊柱融合率,显著增强了畸形矫正能力,是脊柱外科的一大革命性进步^[2]。坚固的内固定系统有赖于椎弓根螺钉的准确置入,错误置钉不但使后路钉棒系统坚固固定和矫正能力失去力学基础,还可带来诸多并发症,如根性疼痛、感觉丢失及肌力下降甚至瘫痪等,既往文献报道常规徒手置钉的准确率为69%~94%^[3]。徒手置钉的个体差异性、主观经验依赖性和较高的并发症发生率也是促使基于影像辅助的置钉技术不断得以研发的巨大动力。临床常用的椎弓根螺钉置钉方法有Roy Camille法、Magerl法和“人字棘”定位法等,随着脊柱外科向精准和微创方向发展,椎弓根螺钉置入方法也越来越多样化,可以在C形臂^[4]、计算机导航^[5]甚至机器人^[6]辅助下有限切开或经皮完成。

准确性是椎弓根螺钉置入的基本要求,但目前还没有评价椎弓根螺钉置钉准确性的金标准,尽管

缺乏足够的证据,绝大部分研究都以是否突破皮质2~4 mm作为衡量置钉准确性的指征和分级依据^[7-9]。判断标准和检验方法的多样化也使比较学研究变得极为困难。Sclafani等^[1]制定的评分系统优势在于能够快速进行定量分析,不仅对不同置钉技术可以进行统计学比较分析,而且能够分析新的影像辅助技术下置钉的学习曲线。此外,除了考虑螺钉对椎弓根皮质的切割和破坏外,该评分系统还将置钉角度、深度和方向纳入评价。实际上,为了获得经椎弓根钉棒系统强大的固定和矫正力量,“完美”的椎弓根螺钉应该在横断面和矢状面均平行于椎弓根并维持合理的进钉深度,以获得最大把持力及最大限度降低螺钉切割失稳的概率。

新的影像和计算机辅助系统不断开发应用于临床,理论上在影像学指导下置钉,其准确性应该显著优于徒手置钉,但临床报道的结果不尽相同。Fichtner等^[10]对2 232例患者13 703枚胸腰椎椎弓根螺钉的大样本随访结果显示,相比徒手操作,3D导航技术显著降低了因椎弓根螺钉置入位置不良引起的翻修手术。但Wong^[11]和Urbanski等^[12]的研究结果均认为,脊柱侧凸术中应用导航技术增加了术中射线暴露,但与传统徒手技术相比,并没有提高置钉的准确性。其原因可能与手术者本身的技术经

验、对置钉方法分析的差异及对新影像指导设备的学习曲线有关。本研究纳入129例患者,应用全面的定量分析方法比较了O形臂导航辅助置钉、C形臂辅助经皮置钉与常规徒手置钉3种方式置入胸腰椎椎弓根螺钉的准确性,结果表明,相比徒手置钉,O形臂导航辅助置钉、C形臂辅助经皮置钉准确性显著提高,更趋近于“完美”的椎弓根螺钉置入。O形臂导航辅助置钉、C形臂辅助经皮置钉准确性相当,但考虑到O形臂导航操作必需的定位和扫描时间,C形臂辅助经皮置钉效率更高,可能是最佳的椎弓根螺钉置钉方式。

本研究为回顾性研究,样本量较小,且未进行长期随访。今后仍须开展大样本的前瞻性随机对照研究,并通过长期随访进一步探讨O形臂导航辅助置钉、C形臂辅助经皮置钉的准确性和效率。

参考文献

- [1] Sclafani JA, Regev GJ, Webb J, *et al.* Use of a quantitative pedicle screw accuracy system to assess new technology: initial studies on O-arm navigation and its effect on the learning curve of percutaneous pedicle screw insertion[J]. SAS J, 2011, 5(3): 57-62.
- [2] Albert TJ, Jones AM, Balderston RA. Spinal Instrumentation[M]//Rothman RH, Simeone FA. The spine. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier, 1992: 1777-1796.
- [3] Gelalis ID, Paschos NK, Pakos EE, *et al.* Accuracy of pedicle screw placement: a systematic review of prospective *in vivo* studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques[J]. Eur Spine J, 2012, 21(2): 247-255.
- [4] 陈昱霖, 王文军. 3D打印个体化导板在脊柱置钉中的应用进展[J]. 脊柱外科杂志, 2016, 14(6): 376-378.
- [5] 朱荔, 白玉树, 李明. 脊柱外科手术导航的应用现状 & 研究进展[J]. 脊柱外科杂志, 2014, 12(2): 123-125.
- [6] Wang H, Zhou Y, Liu J, *et al.* Robot assisted navigated drilling for percutaneous pedicle screw placement: a preliminary animal study[J]. Indian J Orthop, 2015, 49(4): 452-457.
- [7] Ravi B, Zahrai A, Rampersaud R. Clinical accuracy of computer-assisted two-dimensional fluoroscopy for the percutaneous placement of lumbosacral pedicle screws[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(1): 84-91.
- [8] Parker SL, McGirt MJ, Farber SH, *et al.* Accuracy of free-hand pedicle screws in the thoracic and lumbar spine: analysis of 6816 consecutive screws[J]. Neurosurgery, 2011, 68(1): 170-178.
- [9] Idler C, Rolfe KW, Gorek JE. Accuracy of percutaneous lumbar pedicle screw placement using the oblique or “owl’s-eye” view and novel guidance technology[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(4): 509-515.
- [10] Fichtner J, Hofmann N, Rienmüller A, *et al.* Revision rate of misplaced pedicle screws of the thoracolumbar spine-comparison of three-dimensional fluoroscopy navigation with freehand placement: a systematic analysis and review of the literature[J]. World Neurosurg, 2018, 109: e24-e32.
- [11] Wong HK. CORR insights®: increased radiation but no benefits in pedicle screw accuracy with navigation versus a freehand technique in scoliosis surgery[J]. Clin Orthop Relat Res, 2018, 476(5): 1028-1230.
- [12] Urbanski W, Jurasz W, Wolanczyk M, *et al.* Increased radiation but no benefits in pedicle screw accuracy with navigation versus a freehand technique in scoliosis surgery[J]. Clin Orthop Relat Res, 2018, 476(5): 1020-1027.

(收稿日期: 2019-07-03)

(本文编辑: 于倩)