

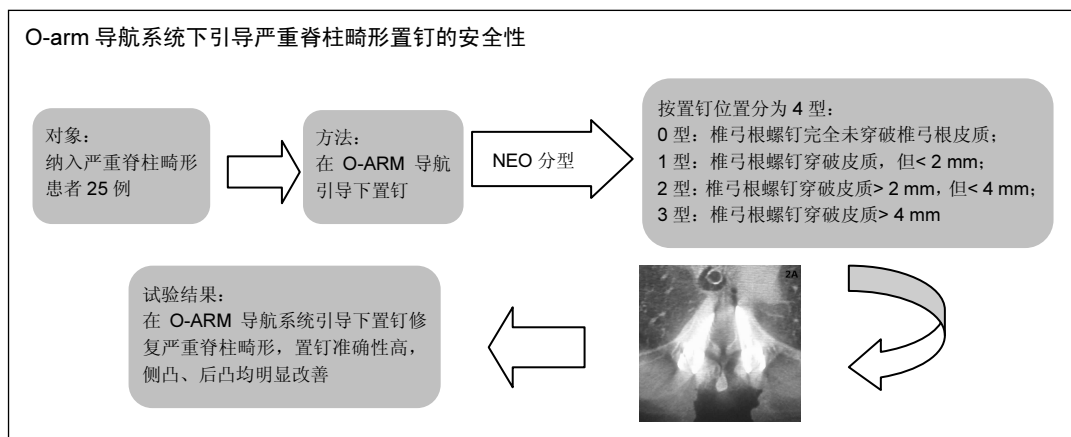
O-arm三维计算机导航系统引导下置钉修复严重脊柱畸形的安全性

王涛, 王辉, 宋艳丽, 杨大龙, 魏海醜, 刘丰雨, 丁文元(河北医科大学第三医院脊柱外科, 河北省石家庄市 050051)

引用本文: 王涛, 王辉, 宋艳丽, 杨大龙, 魏海醜, 刘丰雨, 丁文元. O-arm 三维计算机导航系统引导下置钉修复严重脊柱畸形的安全性[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(26):3849-3855.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.26.008 ORCID: 0000-0001-5445-1091(王涛)

文章快速阅读:



王涛, 男, 1989 年生, 河北省人, 在读硕士, 主要从事脊柱外科方面的研究。

王涛, 王辉, 宋艳丽为共同第一作者。

通讯作者: 丁文元, 博士生导师, 主任医师, 副院长, 河北医科大学第三医院脊柱外科, 河北省石家庄市 050051

中图分类号: R318

文献标识码: A

文章编号: 2095-4344

(2016)26-03849-07

稿件接受: 2016-04-06

文题释义:

O-ARM 导航系统: 该导航成像系统的出现使得三维技术能够更好地应用于脊柱矫形术中, 与传统的二维 C 型臂、三维 C 型臂和诊断 CT 相比, O-arm 导航的特点和优势更加明显, 能够提供每个手术部位的三维信息, 并对手术过程实施全程跟踪, 是肉眼和任何透视技术无法比拟的。

椎弓根螺钉置钉位置 NEO 分型: 根据置入椎弓根螺钉与椎弓根皮质的位置关系, 将置钉位置分为 4 型, 0 型: 椎弓根螺钉完全未穿破椎弓根皮质; 1 型: 椎弓根螺钉穿破皮质, 但 < 2 mm; 2 型: 椎弓根螺钉穿破皮质 > 2 mm, 但 < 4 mm; 3 型: 椎弓根螺钉穿破皮质 > 4 mm。

摘要

背景: O-arm 导航综合了 CT 的图像质量, 又有 C 型臂的灵活移动性。脊柱严重畸形手术难度大, 神经损伤并发症高, 是脊柱外科具有挑战性的手术。O-arm 在脊柱畸形矫形中的作用显得尤为重要。

目的: 探讨 O-arm 导航系统引导下严重脊柱畸形的置钉效果及安全性。

方法: 回顾性分析 25 例 O-arm 导航下修复严重脊柱畸形患者的临床资料, 观察并统计患者置钉情况、手术时间、术中出血量、脊柱侧凸、后凸改善情况, 以评估置钉安全性。

结果与结论: ① 25 例患者共置入椎弓根螺钉 326 枚, 根据 NEO 分型, 0 级即没有穿破椎弓根皮质有 280 枚(92%); 1 级即穿破椎弓根皮质, 但 < 2 mm 有 44 枚(8%); 2 级即穿破椎弓根皮质 > 2 mm, 但 < 4 mm 有 0 枚(0%); 3 级即穿破椎弓根皮质 > 4 mm 有 0 枚(0%)。② 手术时间(272.3±17.3) min, 术中出血量(1 710.0±229.1) mL; ③ 治疗前侧凸 Cobb 角为(70.5±6.0)°, 治疗后侧凸 Cobb 角为(22.8±4.8)°; 治疗前后凸 Cobb 角为(72.0±5.2)°, 治疗后后凸 Cobb 角为(28.1±5.7)°, 差异均有显著性意义(P < 0.05); ④ 结果显示, 在 O-arm 导航系统下修复严重脊柱畸形的置钉准确性高, 降低了患者术中神经损伤的风险, 侧凸、后凸畸形均得到了有效改善。

关键词:

骨科植入物; 脊柱植入物; O-arm 导航系统; 严重脊柱畸形; 椎弓根螺钉; Cobb 角; 脊柱侧凸; 脊柱后凸

主题词:

脊柱侧凸; 脊柱后凸; 骨钉; 组织工程

基金资助:

2015 年度河北省医学科学研究重点课题计划(20150279)

Wang Tao, Studying for master's degree, Department of Spine Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China

Wang Tao, Wang Hui and Song Yan-li contributed equally to this paper.

Corresponding author: Ding Wen-yuan, Doctoral supervisor, Chief physician, Department of Spine Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China

Safety of screw placement for severe spinal deformity with the use of O-arm three-dimensional computer-assisted navigation system

Wang Tao, Wang Hui, Song Yan-li, Yang Da-long, Wei Hai-kun, Liu Feng-yu, Ding Wen-yuan (Department of Spine Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China)

Abstract

BACKGROUND: O-arm navigation integrates CT image quality and the flexible mobility of the C-arm. Surgery for severe spinal deformity is very difficult, with high incidence of nerve injury, so it is a challenging surgery for spinal surgery. The role of O-arm in the correction of spinal deformity is particularly important.

OBJECTIVE: To explore the effect and safety of pedicle screw placement in severe spinal deformity under the guidance of O-arm navigation system.

METHODS: Clinical data of 25 patients with severe spinal deformity with the aid of O-arm navigation were retrospectively analyzed. We observed pedicle screw insertion, operation time, intraoperative blood loss, correction of scoliosis and correction of kyphosis, and assessed the safety of screw insertion.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Totally 326 pedicle screws were implanted in 25 patients. According to NEO classification, 280 pedicle screws (92%) belonged to grade 0 (no perforation of pedicle cortex). Grade 1: perforation of pedicle cortex, < 2 mm, including 44 screws (8%); grade 2: perforation of pedicle cortex, > 2 mm, < 4 mm, including 0 screw (0%); grade 3: perforation of pedicle cortex, > 4 mm, including 0 screw (0%). (2) Operation time was (272.3±17.3) minutes. Intraoperative blood loss was (1 710.0±229.1) mL. (3) Cobb angle of scoliosis was changed from (70.5±6.0)° preoperatively to (22.8±4.8)° postoperatively. Cobb angle of kyphosis was changed from (72.0±5.2)° preoperatively to (28.1±5.7)° postoperatively. Significant differences were detected ($P < 0.05$). (4) These findings verify that with the guide of the O-arm navigation system, the accuracy of screw insertion is high. The risk of intraoperative nerve injury was reduced. The scoliosis and kyphosis deformity were improved effectively.

Subject headings: Scoliosis; Kyphosis; Bone Nails; Tissue Engineering

Funding: the Key Project of Medical Science Research in Hebei Province in 2015, No. 20150279

Cite this article: Wang T, Wang H, Song YL, Yang DL, Wei HK, Liu FY, Ding WY. Safety of screw placement for severe spinal deformity with the use of O-arm three-dimensional computer-assisted navigation system. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2016;20(26):3849-3855.

0 引言 Introduction

相比退变性脊柱疾病, 脊柱畸形的椎弓根解剖结构更为复杂, 与硬脊膜、神经根毗邻处狭窄变异^[1-4], 致使术中置钉困难, 神经根、脊髓损伤的风险较高, 手术难度大^[4-7]。在脊柱畸形多发节段的胸椎, 直接与胸腔的心、肺等重要组织器官相邻, 椎弓根螺钉置入手术风险更高、难度更大。近些年, 影像技术的提高, 也为脊柱矫形带来了很大的帮助。二维成像技术图像清晰度较差, 已无法满足复杂解剖的诊断; 三维成像技术(如CT、MRI)的出现, 使得脊柱矫形外科手术的术前评估更加完善^[7-8]。

近年来, O-arm导航成像系统的出现, 使得三维技术应用能够更好地应用于脊柱矫形术中。与传统的二维C型臂、三维C型臂和诊断CT相比, O-arm导航的特点和优势更加明显, O-arm导航能够提供每个手术部位的三维信息, 并对手术过程实施全程跟踪, 是肉眼和任何透视技术无法比拟的。计算机辅助技术是通过利用三维

影像信息引导, 帮助医生确定重要解剖的结构。O-arm导航系统提供可视的患者解剖(相当于“地图信息”)结构与手术器械之间的位置关系。在特定手术区域内, 及时找到重要的解剖结构, 被称为手术中的“GPS”。O-arm导航综合了CT的图像质量, 又有C型臂的灵活移动性^[8-13]。脊柱严重畸形手术难度大, 神经损伤及并发症高, 是脊柱外科具有挑战性的手术。O-arm为脊柱畸形矫形提供了实时的置钉导向性, 增加了安全性, 提高了矫形效果。

目前, 国内外有关O-arm导航手术修复严重脊柱畸形的报道相对较少, 文章就河北医科大学第三医院O-arm三维导航下修复严重脊柱畸形患者的置钉效果及安全性进行总结分析。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析。

1.2 时间及地点 于2013年12月至2015年12月在河

北医科大学第三医院脊柱外科完成。

1.3 材料 6.0 cm×35 mm椎弓根螺钉(上海强生, 批号: ARNFOG, APBMR, ARDC9M, 型号: 179710635); 6.0 cm×40 mm椎弓根螺钉(上海强生, 批号: ARDBL7, AAPTDNL, ARDBL6, 型号: 179710640); 6.0 cm×45 mm椎弓根螺钉(上海强生, 批号: ARFC2D, ARFC2C, ARFFBJ, ARDBL6, ARFD62, 型号: 179710645); 6.0 cm×50 mm椎弓根螺钉(上海强生, 批号: ATHCFR; ARFC8K; ARLC99, 型号: 179710650), 材质为钛合金, 具有较好的耐腐蚀性及较高的强度, 具有较好的组织相容性, 在人体不会被腐蚀且不会产生毒副反应, 比如致癌性、致畸等, 较高的强度使置入椎体内的螺钉不容易疲劳断裂。

河北医科大学第三医院2013年12月引进的美敦力O-arm导航系统硬件的主机是专业图像工作站, 具有高速的运算能力、图形处理能力强、可靠性高, 被认为是目前国内最好的图像处理系统; 双目红外线摄像机能为医生同时提供完备的无线定位系统, 导航系统还为各种手术应用提供了除支撑臂、定位框架、适配器、标记物和附件以外的专用的系列手术工具, 这些手术工具都是根据各种手术的特点专门设计的, 具有很高的精确度; 美敦力公司的Stealth Station Sys导航软件系统涉及到大量的数据处理、图像重建, 它能够实现的大量功能与后台强大而复杂的软件支持密切相关, 系统软件的复杂程度还在于它的兼容性和简便性, 为了用户更加简单易懂的操作界面, 使医生易于掌握, 手术当中得心应手, 软件在现行的导航系统上不但能提供完整的系统功能, 而且为今后的升级预置了足够的上升空间, 强大的三维重建功能使医生能毫不费力地获得目标结构的三维重建影像并按手术需要对三维影像进行操作处理。

1.4 对象 2013年12月至2015年12月河北医科大学第三医院采用O-arm导航引导下手术治疗严重脊柱畸形患者25例, 其中男5例, 女20例; 年龄12-24岁, 平均(15.7±3.2)岁, 患者术前均有明显剃刀背、脊柱侧凸、后凸、侧后凸等畸形症状, 术前均常规检查脊柱全长正侧位、Bending位, 侧凸Cobb角平均70.5°(60°-82°), 后凸Cobb角平均72.0°(65°-89°), 患者一般临床资料见表1。临床表现为腰背痛, 活动受限, 无椎体滑脱; 均行CT扫描和MRI检查, 均未见椎管狭窄、椎间盘突出; 有3例出现二分脊髓; 2例脊髓栓系, CT证实为膜性。以上患者均在O-arm导航引导下行脊柱畸形矫形, 并获

得长期随访。

表1 患者一般资料

Table 1 General data of patients

参数	数值
男/女(n)	5/20
年龄(岁)	15.7±3.2(12-24)
置钉数量(个)	13.0±2.3(10-16)

纳入标准: ①严重脊柱畸形(侧凸、后凸、侧后凸)患者。②术前全脊柱正侧位、Bending位、椎体CT平扫、MRI资料完整患者。③严重脊柱侧弯患者, 主弯Cobb角> 60°。④术中应用O-arm导航。

排除标准: ①退变性脊柱侧弯。②影像学资料不完整。③脊柱侧弯不严重, 主弯Cobb角≤ 60°。

1.5 方法 所有患者均无明显的手术禁忌证, 患者采用气管插管全麻, 采用俯卧位, 常规消毒铺巾行后正中切口, 根据术前确定的融合范围显露后方结构、剥离椎旁肌显露棘突、椎板、关节突, 开启导航系统后常规向导航系统输入患者资料并选择O-arm导航模式, 将参考架固定于临近的上位一至二个椎体棘突, 以不妨碍手术操作为标准, 将参考环和参考架的反射球置于双目红外线摄像机的接收范围内、选择配准方式为点匹配法, 在脊柱模板上调整上、下键选择导航的节段, 使用无线引导棒点触关节突的影像与已注册的影像上相应的椎弓根解剖点重叠定位, 选择椎弓根螺钉进钉点及进钉方向和深度, 实时观察引导棒在正侧位及轴位的位置, 以防穿破椎弓根皮质, 确认无误后, 以无线引导棒置入椎弓根开路, 置入椎弓根螺钉, 上棒矫形, 固定, 盐水冲洗伤口, 缝合。术后给予1-3 d抗炎治疗, 卧床2周后佩戴支具下床。

1.6 主要观察指标 记录手术时间、术中出血量。全部25例患者修复术后常规拍摄脊柱全长正侧位X射线片, 测量侧凸、后凸Cobb角, 术后复查椎体CT, 分析椎弓根螺钉置钉情况。

根据NEO分型^[12], 置钉位置分为4型, 0型: 椎弓根螺钉完全未穿破椎弓根皮质; 1型: 椎弓根螺钉穿破皮质, 但< 2 mm; 2型: 椎弓根螺钉穿破皮质> 2 mm, 但< 4 mm; 3型: 椎弓根螺钉穿破皮质> 4 mm。将置钉情况与其他文献进行对比。

1.7 统计学分析 采用SPSS 21.0软件进行统计分析。测量数据均采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 计量资料用 t 检验, 计数资料用卡方检验。以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

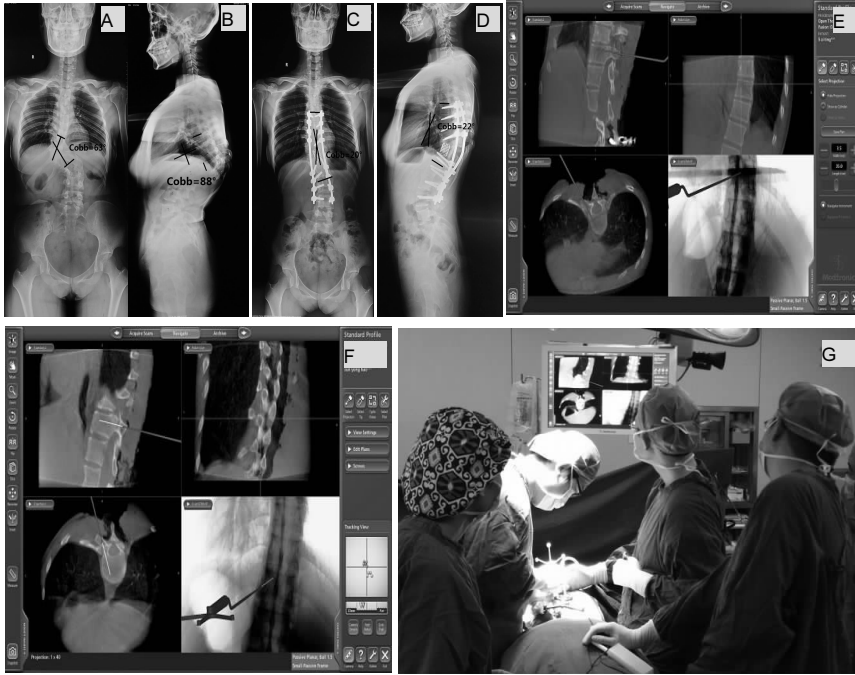


图 1 O-arm 导航下脊柱畸形矫正的手术及影像学图片

Figure 1 Correction of spinal deformity under O-arm navigation and images

图注: 图 A 为术前脊柱全长正位片; B 为术前脊柱全长侧位片; C 为术后脊柱全长正位片; D 为术后脊柱全长侧位片; E, F 为术中 O-arm 导航下定位, 使用无线引导棒点触关节突的影像与已注册的影像上相应的椎弓根解剖点重叠定位, 实时观察引导棒在正侧位及轴位的位置, 选择椎弓根螺钉进钉点及进钉方向和深度, 以防突破椎弓根皮质, 确认无误后, 以无线引导棒置入椎弓根开路, 置入椎弓根螺钉; G 为 O-arm 导航下置入椎弓根场景。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 共25例O-arm 导航下治疗严重脊柱畸形的患者入选试验, 全部进入结果分析, 无脱落。

2.2 O-arm导航下脊柱侧凸、后凸矫正情况 25例患者治疗前主弯侧凸为(70.5±6.0)°(60°-82°), 治疗后主弯侧凸为(22.8±4.8)°(19°-30°), 差异有显著性意义(P < 0.05); 治疗前后凸为(72.0±5.2)°(65°-89°), 治疗后后凸为(28.1±5.7)°(20°-40°), 差异有显著性意义(P < 0.05), 见表2及图1。

表 2 患者影像学资料及手术相关资料

Table 2 Imaging data and operative information of patients

参数	数值
治疗前主弯 Cobb 角(°)	70.5±6.0(60-82)
治疗后主弯 Cobb 角(°)	22.8±4.8(10-29) ^a
治疗前后凸 Cobb 角(°)	72.0±5.2(65-89)
治疗后后凸 Cobb 角(°)	28.1±5.7(20-40) ^a
手术时间(min)	272.3±17.3(240-400)
术中出血(mL)	1 710.0±229.1(1 200-2 100)

表注: 与治疗前相应指标比较, ^aP < 0.05。

2.3 O-arm导航下置钉情况 共置入326枚椎弓根螺钉, 其中T₃ 8枚, T₄ 12枚, T₅ 20枚, T₆ 22枚, T₇ 28枚, T₈ 30枚, T₉ 30枚, T₁₀ 32枚, T₁₁ 30枚, T₁₂ 28枚, L₁ 20枚, L₂ 22枚, L₃ 20枚, L₄ 16枚, L₅ 8枚; 根据NEO 分级, 0级即没有穿破椎弓根皮质有280枚(92%), 1级即穿破椎弓根皮质, 但< 2 mm有44枚(8%), 2级即穿破椎弓根皮质> 2 mm, 但< 4 mm有0枚(0%), 3级即穿破

椎弓根皮质> 4 mm有0枚(0%), 见表3及图2。25例患者矫形术后随访6-18个月。

表 3 椎弓根螺钉置入情况 [n(%)]
Table 3 Pedicle screw placement

研究		O 型臂导航	“徒手”	CT 导航
Jin 等 ^[19]	1 级	57(62%)	74(61%)	
	2 级	16(17%)	7(6%)	
	3 级	10(11%)	30(25%)	
	4 级	9(10%)	10(8%)	
Kotani 等 ^[20]	1 级	351(84%)		188(85%)
	2 级	52(13%)		23(10%)
	3 级	13(3%)		11(5%)
	4 级	0(0%)		0(0%)
此文	1 级	301(92%) ^a		
	2 级	25(8%)		
	3 级	0(0%)		
	4 级	0(0%)		

表注: 与 Jin^[19]、Kotani 等^[20]比较, ^aP < 0.05。

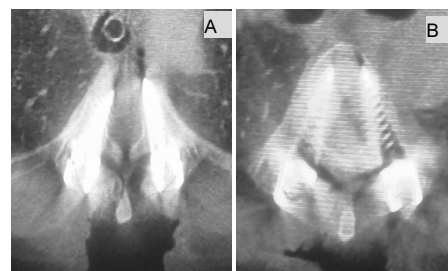


图 2 椎弓根螺钉置钉情况影像学图片

Figure 2 Images of pedicle screw placement

图注: 图 A 示 NEO 分型 0 级, 未穿破椎弓根; B 为 NEO 分型 1 级, 穿破椎弓根但< 2 mm。

2.4 手术相关情况 所有患者均安全完成置钉手术, 未发生术中、术后并发症。手术时间为240–300 min, 平均(272.3±17.3) min; 术中出血为1 200–2 100 mL, 平均(1 710.0±229.1) mL, 见表2。

2.5 不良事件 治疗及随访过程中均未发生不良事件。

3 讨论 Discussion

严重脊柱畸形患者凸侧和凹侧胸椎弓根变异、椎体旋转等因素, 造成椎弓根螺钉置入困难致使手术风险高。张永刚等^[13]对脊柱畸形患者的解剖结构进行了系统研究, 发现胸椎椎弓根比腰椎椎弓根小, 并且胸椎相对于腰椎进针点更加靠近腹侧, 椎弓根螺钉置入时更容易穿透椎弓根外侧壁, 因此胸椎椎弓根穿破的潜在风险更大。脊柱畸形患者的脊髓和硬膜囊移向凹侧, 并且凹侧椎弓根较小、结构僵硬、解剖变异, 神经根和椎弓根内壁直接接触, 神经损伤的风险更高, 而凸侧椎弓根内侧壁距离脊髓空间更大^[14]。另外, 胸椎直接与胸腔的心、肺等重要组织器官相邻, 长期的畸形, 导致胸椎相对于心、肺等重要器官的解剖结构变异, 致使椎弓根螺钉置入手术风险更高、难度更大^[15-17]。

刘亚军等^[18]报道了术中即时三维导航辅助微创经关节突关节螺钉寰枢椎内固定的临床研究。研究认为 O-arm 导航系统下辅助微创经关节突关节螺钉寰枢椎出血量减少, 螺钉置入精确性提高。术中即时三维导航技术可以在脊柱外科术中即时三维图像引导下进行螺钉置入等操作, 螺钉入点判断直观准确, 在高难度的脊柱手术中, 已经显示出提高螺钉置入精确性的巨大优势。术中即时三维导航技术与微创技术相结合弥补了传统微创手术骨性结构显露不良的缺陷, 真正提高了螺钉置入的精确性和手术安全性, 实现了真正意义上的微创。孙涛等^[11]对 O-arm 导航引导下经皮椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症进行报道, 认为使用 O-arm 导航成像系统进行术中定位, 成像质量更高、定位更加精确, 减少了手术时间、透视次数和医生的透视剂量, 特别是对于椎弓根钉的置入、人工间盘的置换方面有相当重要的应用价值, 对于患有多间隙突出、椎管狭窄、腰椎滑脱、侧隐窝狭窄等椎间孔镜手术的禁忌证, 自身情况难以耐受全麻的患者, O-arm 导航引导下微创手术治疗无疑是个很好的选择。

目前国内外对 O-arm 导航下手术治疗严重脊柱畸形的临床报道较少, 本文对 25 位严重脊柱畸形患者临床资料进行研究, 共置入 326 枚椎弓根螺钉, 其中, T₃ 8 枚; T₄ 12 枚; T₅ 20 枚; T₆ 22 枚; T₇ 28 枚; T₈ 30 枚; T₉ 30 枚; T₁₀ 32 枚; T₁₁ 30 枚; T₁₂ 28 枚; L₁ 20

枚; L₂ 22 枚; L₃ 20 枚; L₄ 16 枚; L₄ 8 枚; 根据 NEO 分级, 0 级即椎弓根螺钉没有穿破椎弓根皮质有 280 枚 (92%), 1 级即椎弓根螺钉穿破椎弓根皮质 < 2 mm 有 44 枚 (8%), 2 级即椎弓根螺钉穿破椎弓根皮质 > 2 mm, 但 < 4 mm 有 0 枚 (0%), 3 级即椎弓根螺钉穿破椎弓根皮质 > 4 mm (0%)。回顾相关文献, Jin 等^[19]对 O-arm 导航与“徒手”置钉进行对比研究, “徒手”置钉共 121 枚, NEO 分级, 0 级为 74 枚 (61%), 1 级为 7 枚 (6%), 2 级为 30 枚 (25%), 3 级为 10 枚 (8%), 本文与 Jin “徒手”置钉进行对比研究, 经分析本研究 O-arm 导航下置入椎弓根螺钉准确性明显优于 Mengran Jin 报道的“徒手”置钉 ($P < 0.001$)。Kotani 等^[20]对 O-arm 导航组与术前 CT 评估组进行对比研究, 术前 CT 下共置入椎弓根 222 枚, NEO 分级, 0 级有 188 枚 (84.7%), 1 级有 23 枚 (10.4%), 2 级有 11 枚 (5%), 3 级有 0 枚 (0%), 本研究与 Kotani 等 CT 导航下置钉进行对比研究, 发现 O-arm 导航下置入椎弓根螺钉准确性明显优于术前 CT 置钉 ($P < 0.001$)。脊柱外科手术在应用 O-arm 导航之前, 术者常根据经验、术前 CT 评估椎弓根的解剖结构, 但术中因为患者体位的改变, 可导致椎弓根解剖形态与术前 CT 有较大差异, 显著增加了穿破椎弓根内壁的风险, 尤其是凹侧, 椎弓根变异性较明显, 椎体旋转, 神经根偏移凹侧, 椎弓根置入更为困难, 神经损伤风险相对更高。O-arm 导航的出现, 为推动脊柱矫形的发展起了巨大的作用。相比“徒手”置钉和术前 CT 置钉, O-arm 导航下手术治疗严重脊柱畸形, 术中可更全面、更准确的实时观察患者椎弓根解剖形态, 术中无线探针定位, 能帮助术者快速准确的判断椎弓根螺钉置入的理想位置, 降低了由于椎弓根解剖变异造成的穿破椎弓根内壁, 进而造成神经根、脊髓损伤的风险。O-arm 导航下手术治疗严重脊柱畸形, 置钉准确, 明显降低了神经损伤风险, 术中、术后并发症较少。术前主弯侧凸 Cobb 角为 (70.5±6.0)° (60°–82°), 术后主弯侧凸 Cobb 角为 (22.8±4.8)° (10°–29°); 术前后凸 Cobb 角 (72.0±5.2)° (65°–89°), 术后后凸 Cobb 角 (28.1±5.7)° (20°–40°)。矫形效果与以往文献相比, 差异无显著性意义^[19-20]。手术时间为 272.3±17.3 (240–400) min, 术中出血为 1 710.0±229.1 (1 200–2 100) mL, 与以往文献相比, 差异无显著性意义^[19-20]。研究发现, O-arm 导航引导下手术治疗严重脊柱畸形, 术中能形象而具体的观察到椎弓根的解剖, 有效降低了由于椎弓根解剖变异而致的置钉难度大以及神经根、脊髓损伤的风险, 明显提高了手术安全性, 有效减少术中出血量,

缩短手术时间,减少术中术后并发症的发生。

O-arm 导航优点包括以下几点: ①O-arm 导航运用 CT 数据通过患者手术位置来获得实时更新数据,术中通过计算机系统生成脊柱三维图像,弱化了术前 CT 评估的重要性^[15-17]。O-arm 的使用,可使术者不只依靠术前 CT 评估患者解剖形态,降低了由于患者体位变换而致解剖形态结构的细微变化所致的手术难度^[16, 18-24]。②术者在置钉过程中应用 O-arm 图像系统对手术节段进行扫描与重建高精度三维图像,并可实时观察钉道在冠状面、矢状面及横断面上的位置^[24-27],以及时发现并修正不当操作,从而减少手术并发症的发生,也避免患者因术后不适甚至发生并发症而重返手术室。③O-arm 的图像质量与 CT 相当,方便术者更好的观察患者的解剖形态^[28-32]。④术者无需术中反复拍摄正侧位 X 射线片验证定位针位置,并确保钉道处于最佳位置,减少了手术医师辐射暴露量,手术人员的放射安全性显著提高,相关资料报道,放射组平均 X 射线拍摄次数为 6(5-8)次^[33]。⑤O-arm 移动方便快捷,节省手术时间。

尽管在 O-arm 导航系统下修复严重脊柱畸形在置钉情况及手术安全性方面均优于“徒手”置钉和术前 CT 评估,但是 O-arm 导航也存在以下不足: ①设备昂贵,使用费用高,显著增加了患者的经济负担; ②O-arm 导航系统自身费用贵,维修费用,基层医院尚不能普及使用; ③由于术中患者体位的变化,可能导致与真实解剖结构的误差,误导术者,增大手术风险,甚至导致手术失败; ④术者必须熟悉导航系统所有功能及操作,否则必会显著延长手术时间,影响其临床应用与发展。

文章的不足之处在于: ①未设立病例对照组,仅与以往文献进行对比研究; ②样本量小,影响统计结果; ③仅对本院患者进行研究,应进行多中心研究; ④文章为回顾性研究,应行前瞻性研究,更有说服力。

综上所述, O-arm 导航下置钉比“徒手”置钉、CT 导航下置钉更准确,能有效降低神经损伤风险。O-arm 导航下修复严重脊柱侧弯畸形效果良好,手术时间短,出血量少。

作者贡献: 第一作者王涛、王辉与宋艳丽完成课题相关论文查阅、科研方法设计、资料收集及整理、实验室及影像学检查、实验结果研究及分析、论文撰写、后期修改。通讯作者丁文元负责课题相关背景知识介绍、科研方法及技术指导、实验室及影像学检查技术指导、论文指导及修改。王辉负责脊柱侧凸置钉分级、侧凸、后凸术前和术后

Cobb 角测量技术指导。杨大龙负责病例收集、分析及论文指导。魏海醜、刘丰雨负责病例收集及整理。

利益冲突: 所有作者共同认可文章内容不涉及相关利益冲突。

伦理问题: 试验方案经河北医科大学第三医院医院伦理委员会批准,批准号: w2015-001-1, 试验方案已经患者/家属知情同意。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审,符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不良行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

4 参考文献 References

- [1] Lenke LG, Kuklo TR, Ondra S, et al. Ratio-nale behind the current state-of-the-art treatment of scoliosis (in the pedicle screw era). Spine (Phila Pa 1976). 2008;33: 1051-1054.
- [2] Halm H, Niemeyer T, Link T, et al. Segmental pedicle screw instrumentation in idiopathic thoraco-lumbar and lumbar scoliosis. Eur Spine J. 2000;9:191-197.
- [3] Hamill CL, Lenke LG, Bridwell KH, et al. The use of pedicle screw fixation to improve correction in the lumbar spine of patients with idiopathic scoliosis. Is it warranted? Spine (Phila Pa 1976). 1996;21:1241-1249.
- [4] Lonstein JE, Denis F, Perra JH, et al. Complications associated with pedicle screws. J Bone Joint Surg Am. 1999;81:1519-1528.
- [5] Minor ME, Morrissey NJ, Peress R, et al. Endovascular treatment of an iatrogenic thoracic aortic injury after spinal instrumentation: case report. J Vasc Surg. 2004;39:893-896.
- [6] Papin P, Arlet V, Marchesi D, et al. Unusual presentation of spinal cord compression related to misplaced pedicle screws in thoracic scoliosis. Eur Spine J. 1999;8:156-159.
- [7] West JL 3rd, Ogilvie JW, Bradford DS. Complications of the variable screw plate pedicle screw fixation. Spine (Phila Pa 1976). 1991;16:576-579.
- [8] Sembrano JN, Santos ER, Polly DW Jr. New generation intraoperative three-dimensional imaging (O-arm) in 100 spine surgeries: does it change the surgical procedure. J Clin Neurosci. 2014;21(2):225-231.

- [9] Vrtovec T, Pernus F, Likar B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. *Eur Spine J.* 2009;18(5): 593-607.
- [10] 宋维通,李忠,李旭明,等.全脊柱DR与CR成像质量的对比分析[J].实用放射学杂志,2008,24(7):973-975.
- [11] 孙涛,卢光,陶蔚.O型臂引导下经皮椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症[J].现代生物医学进展,2015,15(20):3926-3929.
- [12] Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, et al. The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:2800-2805.
- [13] 张永刚,王岩,刘郑生,等.数字化三维重建技术定量评估青少年特发性脊柱侧弯胸椎椎弓根的形态变化[J].中国临床康复,2015,9(22):13-15.
- [14] Hicks JM, Singla A, Shen FH, et al. Complications of pedicle screw fixation in scoliosis surgery: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:E465-470.
- [15] Kotani Y, Abumi K, Ito M, et al. Accuracy analysis of pedicle screw placement in posterior scoliosis surgery: comparison between conventional fluoroscopic and computer-assisted technique. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32:1543-1550.
- [16] Takahashi J, Hirabayashi H, Hashidate H, et al. Accuracy of multilevel registration in image-guided pedicle screw insertion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:347-352.
- [17] Sakai Y, Matsuyama Y, Nakamura H, et al. Segmental pedicle screwing for idiopathic scoliosis using computer-assisted surgery. *J Spinal Disord Tech.* 2008; 21:181-186.
- [18] 刘亚军,田伟,刘波,等.术中即时三维导航辅助微创经关节突关节螺钉寰枢椎内固定的临床研究[J].山东医药,2010, 50(28):42-43.
- [19] Jin M, Liu Z, Liu X, et al. Does intraoperative navigation improve the accuracy of pedicle screw placement in the apical region of dystrophic scoliosis secondary to neurofibromatosis type I: comparison between O-arm navigation and free-hand technique. *Eur Spine J.* 2015. [Epub ahead of print]
- [20] Kotani T, Akazawa T, Sakuma T, et al. Accuracy of Pedicle Screw Placement in Scoliosis Surgery: A Comparison between Conventional Computed Tomography-Based and O-Arm-Based Navigation Techniques. *Asian Spine J.* 2014;8(3):331-338.
- [21] Theologis AA, Burch S. Safety and Efficacy of Reconstruction of Complex Cervical Spine Pathology Using Pedicle Screws Inserted with Stealth Navigation and 3D Image-Guided (O-Arm) Technology. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015;40(18):1397-1406.
- [22] Su AW, Luo TD, McIntosh AL, et al. Switching to a Pediatric Dose O-Arm Protocol in Spine Surgery Significantly Reduced Patient Radiation Exposure. *J Pediatr Orthop.* 2015. [Epub ahead of print]
- [23] Grelat M, Zairi F, Quidet M. Assessment of the surgeon radiation exposure during a minimally invasive TLIF: Comparison between fluoroscopy and O-arm system. *Neurochirurgie.* 2015;61(4):255-259.
- [24] Epstein NE. Commentary: Utility of the O-Arm in spinal surgery. *Surg Neurol Int.* 2014;5(Suppl 15):S517-519.
- [25] Qureshi S, Lu Y, McAnany S, et al. Three-dimensional Intraoperative Imaging Modalities in Orthopaedic Surgery: A Narrative Review. *J Am Acad Orthop Surg.* 2014;22(12):800-809.
- [26] Rivkin MA, Yocom SS. Thoracolumbar instrumentation with CT-guided navigation (O-arm) in 270 consecutive patients: accuracy rates and lessons learned. *Neurosurg Focus.* 2014;36(3):E7.
- [27] Hsu AR, Lee S. Evaluation of tarsal navicular stress fracture fixation using intraoperative O-arm computed tomography. *Foot Ankle Spec.* 2014;7(6):515-521.
- [28] Kim TT, Drazin D, Shweikeh F, et al. Clinical and radiographic outcomes of minimally invasive percutaneous pedicle screw placement with intraoperative CT (O-arm) image guidance navigation. *Neurosurg Focus.* 2014;36(3):E1.
- [29] Hur JW, Kim JS, Cho DY, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery under O-arm navigation system guidance for the treatment of thoracic disk herniations: surgical techniques and early clinical results. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg.* 2014;75(6):415-421.
- [30] Hellström PA, Katisko J, Finnilä P, et al. Sacral nerve stimulation lead implantation using the O-arm. *BMC Urol.* 2013;13:48.
- [31] Attia W, Orif T, Almusrea K, et al. Role of the O-arm and Computer-assisted Navigation of Safe Screw Fixation in Children with Traumatic Rotatory Atlantoaxial Subluxation. *Asian Spine J.* 2012;6(4):266-273.
- [32] Karahalios DG, Mansour NH, Girardot EA, et al. Overcoming challenges associated with upright imaging of the cervicothoracic junction: a case report involving a novel repurposing of the O-arm. *Int J Med Robot.* 2013;9(2):148-151.
- [33] Castro J, Rodino Padín J, Pinzón Millán A, et al. Posterior lumbar fusion using the O-arm surgical imaging system: initial experience. *Neurocirugia (Astur).* 2013;24(1):1-8.