

## 腰椎骨折伤椎置钉中椎弓根螺钉可视化技术的应用

于海龙, 刘军, 陈语, 王洪伟, 王琪, 马骏雄, 任伟剑, 孟立志, 项良碧(解放军沈阳军区总医院骨科, 辽宁省沈阳市 110016)

### 文章亮点:

1 文章应用椎弓根螺钉可视化技术于置钉前测量制定最优化参数, 置钉过程中按照治疗计划进行螺钉置入, 显著提高了螺钉置入的准确性, 置钉后 CT 平扫螺钉完全位于椎弓根内的比例为 95.1%, 远远高于传统徒手内固定螺钉置入的准确性。

2 结果显示伤椎椎弓根钉道可视化技术能够有效指导治疗单一节段腰段骨折。该技术可使医生进行置钉前计划, 提高患者对病情知情同意的满意率, 缩短置钉时间, 提高置钉后螺钉位置满意度, 远期效果较好。

### 关键词:

植入物; 脊柱植入物; 腰椎骨折; 椎弓根钉; 骨折固定; 三维重建; 体层摄影, X 射线计算机

### 主题词:

腰椎; 骨折; 骨折固定术; 成像, 三维; 随访研究

### 基金资助:

全军医学科学技术研究“十二五”课题(CWS11J209); 辽宁省科技计划项目(2012225019)

### 摘要

背景: 三维可视化软件在临床治疗中的应用价值已经得到了普遍认可。医生可以应用术前可视化软件在复杂脊柱骨折模型上进行安全的演示以此获得经验, 同时可以根据患者个性化的三维模型制定出个性化的螺钉置入方案。

目的: 观察置钉前应用可视化技术指导椎弓根螺钉内固定治疗短节段腰椎骨折脱位的临床效果。

方法: 纳入 32 例腰椎椎体骨折脱位患者, 置钉前通过 Mimics 软件观察椎弓根完整性并测量置钉相关参数, 通过置钉前重建三维影像向患者讲解置钉方式及相关并发症, 共置入 182 枚椎弓根螺钉。评估患者知情同意满意度、手术时间、置钉后 CT 平扫螺钉的位置情况。测量置钉前、置钉后 2 周及置钉后 8 个月伤椎椎体前缘高度的比值和 Cobb's 角, 了解置钉后骨折复位情况以及随访期间有无内固定失败和复位丢失情况。

结果与结论: 患者知情同意非常满意者占 100%, 手术时间平均 185 min, 置钉后 CT 平扫 173 枚螺钉(95.1%) 完全位于椎弓根内, 经随访 7-22 个月, 患者骨折均达到临床骨性愈合。置钉后 2 周伤椎椎体前缘高度、Cobb's 角均较置钉前有显著改善( $P < 0.05$ ), 置钉后 8 个月伤椎椎体前缘高度和 Cobb's 角与置钉后 2 周差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。提示通过伤椎椎弓根钉道可视化技术能够有效指导治疗单一节段腰段骨折。这种方法可使医生进行术前计划, 提高患者的病情知情同意满意率, 缩短手术时间, 提高置钉后螺钉位置满意度。

于海龙, 刘军, 陈语, 王洪伟, 王琪, 马骏雄, 任伟剑, 孟立志, 项良碧. 腰椎骨折伤椎置钉中椎弓根螺钉可视化技术的应用[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(4):547-552.

## Application of pedicle screw visualization technique in screw placement of lumbar vertebrae fracture

Yu Hai-long, Liu Jun, Chen Yu, Wang Hong-wei, Wang Qi, Ma Jun-xiong, Ren Wei-jian, Meng Ling-zhi, Xiang Liang-bi (Department of Orthopedics, General Hospital of Shenyang Military Area Command of Chinese PLA, Shenyang 110016, Liaoning Province, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** Three-dimensional visualization technique has been widely used in clinical treatment.

Preoperative visualization technique allows safe demonstration on the complex spine fracture models, and also prepare screw placement scheme according to three-dimensional model of patients.

**OBJECTIVE:** To discuss the clinical result of treating short-segment lumbar vertebrae fracture with pedicle screw visualization.

**METHODS:** A total of 32 patients with lumbar vertebrae fracture were treated with 182 pedicle screws. Before the screw implantation, the structure of bilateral pedicle was observed using Mimics software and the implantation parameters were measured. The operation methods and related complications were told to the patients through the reconstructed three-dimensional images. The satisfaction of the patients, operation time, and the position of pedicle screws by postoperative CT scan were assessed. The percentages of anterior vertebral height and Cobb's angle were measured before operation, 2 weeks after operation and 8 months after operation.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The excellent satisfaction rate of the patients was 100%, the mean operation time was 185 minutes, and 173 pedicle screws (95.1%) were totally inserted within the pedicle. All patients were followed up for 7-22 months. The results showed that the fracture healed well. The percent of anterior vertebral

于海龙, 男, 1976 年生, 黑龙江省大庆市人, 汉族, 2009 年解放军军医进修学院毕业, 博士, 副主任医师, 主要从事脊柱外科方面的研究。

通讯作者: 项良碧, 主任医师, 解放军沈阳军区总医院骨科, 辽宁沈阳市 110016

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.

2014.04.010

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)04-00547-06

稿件接受: 2013-10-16

Yu Hai-long, M.D., Associate chief physician, Department of Orthopedics, General Hospital of Shenyang Military Area Command of Chinese PLA, Shenyang 110016, Liaoning Province, China

Corresponding author: Xiang Liang-bi, Chief physician, Department of Orthopedics, General Hospital of Shenyang Military Area Command of Chinese PLA, Shenyang 110016, Liaoning Province, China

Accepted: 2013-10-16

height and Cobb's angle at 2 weeks after operation were significantly decreased compared with them before operation ( $P < 0.05$ ). There were no significant difference about the percent of anterior vertebral height and Cobb's angle between 2 weeks and 8 months follow-up ( $P > 0.05$ ). Single-segment lumbar vertebrae fracture was well treated by the pedicle screw visualization technique. This method assists to make up preoperation plan, increase the rate of patients' satisfaction, shorten operation time, and increase the accuracy of pedicle screw insertion.

**Subject heading:** lumbar vertebra; fracture; fracture fixation; imaging, three-dimensional; follow-up

**Funding:** a grant from Military Medicine Science and Technology Research during the Twelfth Five-Year Plan Period, No. CWS11J209; Science and Technology Program of Liaoning Province, No. 2012225019

Yu HL, Liu J, Chen Y, Wang HW, Wang Q, Ma JX, Ren WJ, Meng LZ, Xiang LB. Application of pedical screw visualization technique in screw placement of lumbar vertebrae fracture. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(4):547-552.

## 0 引言 Introduction

外伤所致的腰椎骨折脱位是脊柱损伤中稳定性最差一种, 常伴前后纵韧带断裂、椎间盘破裂及合并附件骨折或棘上棘间韧带断裂<sup>[1]</sup>。在伤椎置钉治疗腰椎骨折已得大多数学者的认可<sup>[2-5]</sup>。但是, 椎弓根螺钉置入操作的学习曲线非常陡峭, 正因为这样, 很多方便术中准确置入椎弓根螺钉的方式如术中透视、术中立体三维导航辅助导航不断涌现<sup>[6-9]</sup>。但是术中椎弓根螺钉置入操作仍然需要医生非常丰富的手术经验以及置入前详细准确的计划, 文献报道经验丰富的医生螺钉穿破椎弓根的概率较低<sup>[10]</sup>。

目前普遍存在的辅助方式为术中C型臂透视引导螺钉置入, 但是置钉过程中需要反复透视, 需要医生具有较好的三维立体定位能力, 其他的方式如立体导航, 其价格昂贵, 不便于临床普遍应用, 因此应用术前可视化软件将患者脊柱进行三维重建, 在重建模型上准确进行术前计划, 判断伤椎是否适合进行螺钉置入非常重要。三维可视化软件在临床治疗中的应用价值已经得到了普遍认可<sup>[11-14]</sup>。医生可以应用术前可视化软件在复杂脊柱骨折模型上进行安全的演示以此获得经验, 同时可以根据患者个性化的三维模型制定出个性化的螺钉置入方案<sup>[15-17]</sup>。2007年5月至2009年1月课题组对单一节段腰椎骨折伤椎行CT三维重建, 观察伤椎椎弓根结构的完整性, 将伤椎椎弓根螺钉可视化并测量置钉参数, 共治疗32例患者取得良好效果。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**设计:** 数回顾性病例分析。

**时间及地点:** 于2007年5月至2009年1月在解放军沈阳军区总医院骨科完成。

**对象:** 2007年5月至2009年1月解放军沈阳军区总医院骨科收治单一节段腰椎骨折患者32例, Denis分类压缩型(I型)骨折9例, 爆裂型(II型)骨折23例, 男23例, 女9例; 年龄25-64岁, 平均(42.1±3.6)岁。高处坠落伤17例, 车祸伤9例, 重物高处跌落砸伤6例。L<sub>1</sub>骨折脱位12例, L<sub>2</sub>骨折脱位14例, L<sub>3</sub>骨折脱位6例。神经功能分级Frankel C级1例, D级7例, E级22例。所有病例共置入182枚椎弓根螺钉, 通过置钉前可视化技术发现其中10例患者有

一侧伤椎破坏严重, 术中只进行了单侧置钉固定。同时测量置钉参数包括, 短螺钉长度及置钉水平面和矢状面角度。

**纳入标准:** ①置钉前按照作者前期的方法行伤椎CT三维重建观察椎弓根的完整性<sup>[18]</sup>, 选择双侧椎弓根螺钉完整或一侧椎弓根完整者。②对治疗及试验方案知情同意, 且得到医院伦理委员会批准者。

**排除标准:** 双侧椎弓根骨折患者。

**材料:** 椎弓根螺钉为钛合金材质, 北京富乐科技开发有限公司生产, 生物相容性良好, 无致毒、致癌、致基因突变的特性。

**方法:** 采取全麻插管, 取俯卧位置于脊柱架上。以伤椎为中心, 作后正中切口, 切口长度约为伤椎及上下各一个椎体为宜, 依次切开皮肤, 皮下, 剥离两侧竖棘肌, 显露椎板。在C臂透视下定位伤椎。伤椎置钉参照术前测量的置钉参数进行置入椎弓根螺钉, 上、下椎体按常规置钉, 根据相邻椎正常矢状曲度预弯棒, 连接椎弓根较完整侧的螺钉, 对伤椎压缩和后凸实施点顶压和前方张开复位并固定, 纠正伤椎后突畸形及水平移位, 再根据情况对伤椎上下间隙适当撑开复位, 使骨折椎体恢复高度, 锁固钉棒连接。完成后透视证实伤椎高度和矢状曲度基本纠正, 将咬除的椎板碎骨或人工骨对椎板间或横突间进行植骨, 切口内放引流管, 逐层缝合皮肤。

**置钉后处理:** 置钉后常规负压引流48 h, 应用抗生素1-7 d, 平均2.1 d, 置钉后12 d拆线佩带胸腰段支架或腰围逐步进行功能锻炼。

**主要观察指标:** 通过置钉前重建三维影像向患者讲解置钉方式及相关并发症, 评估患者知情同意满意度, 满意度分为非常满意、满意、不满意3个标准。置钉后CT扫描评估螺钉的位置情况分为完全位于椎弓根内和穿破椎弓根两种。影像学评估以伤椎体为中心摄置钉前、置钉后2周、置钉后8个月X射线正侧位片, 观察椎体复位、植骨融合及是否发生椎弓根钉松动、断裂等情况。并将伤椎椎体前缘压缩比值与Cobb's角进行对比分析。

**统计学分析:** 统计学处理者为王洪伟医师, 采用SPSS 13.0软件进行统计学分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 $t$ 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 参与者数量分析** 按意向性分析, 纳入32例单一节段腰椎骨折患者, 均进行有效随访, 全部进入结果分析, 无脱落。

**2.2 椎弓根螺钉可视化技术对腰椎骨折伤椎置钉患者知情同意满意度的影响** 通过椎弓根螺钉可视化技术, 可以生动形象地向患者交代置钉方式、固定节段等相关的解剖学知识, 通过图像向患者讲述可能出现的风险, 比如术中由于脊柱严重畸形导致解剖结构复杂, 可能会出现螺钉位置误置导致神经损伤, 医生可以通过虚拟系统进行演示向患者讲述螺钉向椎管内置入损伤脊髓进而引起神经损伤, 这样的术前告知便于患者及家属的理解, 使其切实做到知情同意, 本组患者的知情同意评分为非常满意的患者占100%。

**2.3 椎弓根螺钉可视化技术对腰椎骨折伤椎置钉方式及内植物选择的影响** 通过椎弓根螺钉的可视化技术, 可以利用计算机辅助手术规划技术, 利用获得的医学影像数据在计算机上建立患体的三维数字模型, 进而制定最佳置钉方案。通过椎弓根螺钉的可视化技术, 可以在术前拟置钉椎体的椎弓根做详细评估, 尤其是对观察伤椎椎弓根的完整性上起着非常重要的作用, 通过此技术作者判断出10例患者的伤椎单侧完好, 但是另一侧破坏严重, 无法置钉, 这就为置钉方式选择提供了有力参考, 节省了置钉时间。本组应用椎弓根螺钉可视化技术术前测量制定最优化参数如置钉的水平面、矢状面角度、螺钉的长度, 术中按照术前计划进行螺钉置入, 如图1测量的长度为33 mm, 医师可选择35 mm×6.5 mm的短椎弓根螺钉置入伤椎, 根据测量的角度将合适的椎弓根螺钉置入伤椎内, 从而保证不会因椎弓根螺钉过长而影响骨折块的复位情况以及增加手术风险, 显著提高了螺钉置入的准确性, 本组中置钉后CT平扫螺钉完全位于椎弓根内的比例为95.1%。

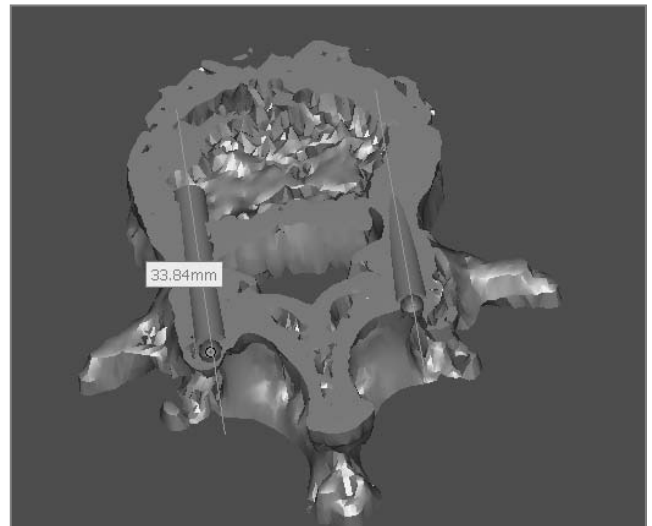


图1 通过可视化软件, 应用绿色圆柱体模拟预置的椎弓根短螺钉  
Figure 1 By using visualization technique, short pedicle screw was simulated by a green cylinder

图注: 置入伤椎后, 测量置入椎弓根螺钉的长度, 测量数据更为准确。

**2.4 椎弓根螺钉可视化技术对腰椎骨折伤椎置钉手术指标的影响** 通过椎弓根螺钉可视化技术, 置钉前对置钉方式及内固定物的选择, 显著节省了术中操作时间, 提高了椎弓根螺钉置入的准确性。本组患者的手术时间为100–300 min, 平均185 min; 置钉后CT平扫173枚螺钉(95.1%)完全位于椎弓根内; 术中失血165–1 950 mL, 平均850 mL。

**2.5 椎弓根螺钉可视化技术对腰椎骨折伤椎置钉效果的影响** 患者随访7–22个月, 所有患者骨折均达到临床骨性愈合。置钉后2周伤椎椎体前缘高度(96.6±3.4)%, 较置钉前的(55.9±5.8)%明显升高( $P < 0.05$ ); 置钉后2周Cobb's角(4.7±1.3)°, 较置钉前(26.4±3.2)°明显降低( $P < 0.05$ ); 置钉后8个月伤椎椎体前缘高度(95.1±2.2)%, Cobb's角(6.3±1.9)°, 与置钉后2周差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。

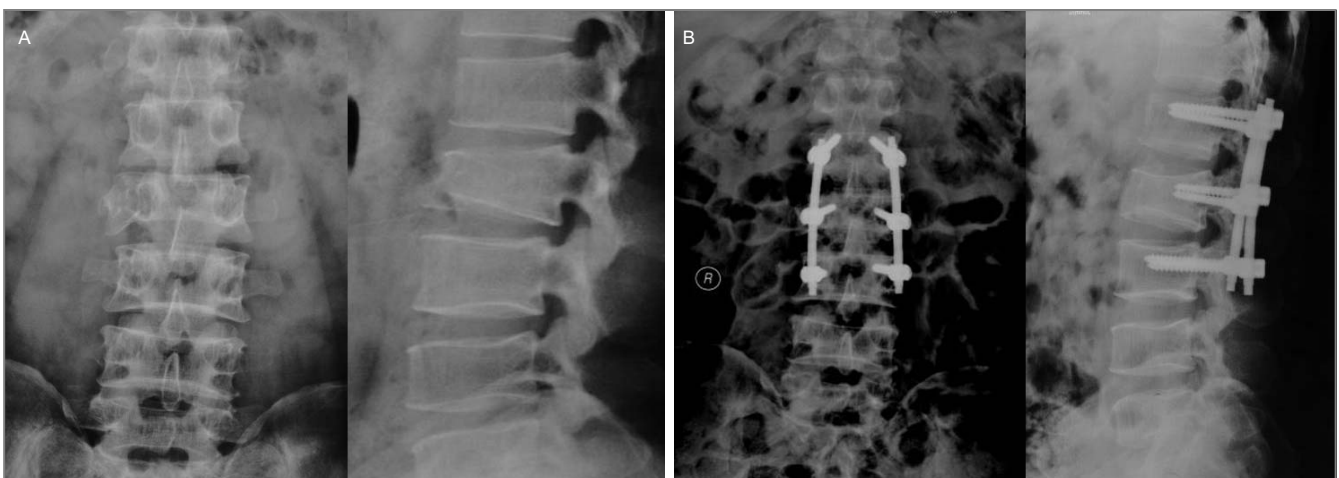


图2 男性38岁L<sub>2</sub>椎体压缩性骨折患者内固定前后X射线正侧位片

Figure 2 Anteroposterior and lateral X-ray film of a male 38-year-old patient with L<sub>2</sub> vertebral compression fracture before and after fixation  
图注: 图中A为内固定前, L<sub>2</sub>椎体压缩明显; B为内固定后12个月, L<sub>2</sub>椎体压缩性骨折行L<sub>1-3</sub>椎体椎弓根螺钉内固定, 经矫正后, 发现内固定后椎体高及Cobb's角较内固定前有明显改善。

可视化技术指导椎弓根螺钉内固定治疗短节段腰椎骨折脱位患者的一般资料及治疗结果:

| 病例 | 性别 | 年龄(岁) | 病因 | 脱位节段           | 手术时间(min) | 随访时间(月) | 随访结果 | 不良事件 |
|----|----|-------|----|----------------|-----------|---------|------|------|
| 1  | 男  | 35    | 坠落 | L <sub>1</sub> | 150       | 12      | 愈合   | 无    |
| 2  | 男  | 38    | 车祸 | L <sub>2</sub> | 180       | 12      | 愈合   | 无    |
| 3  | 女  | 42    | 车祸 | L <sub>2</sub> | 200       | 9       | 愈合   | 无    |
| 4  | 男  | 47    | 坠落 | L <sub>3</sub> | 190       | 12      | 愈合   | 无    |
| 5  | 男  | 34    | 坠落 | L <sub>1</sub> | 185       | 15      | 愈合   | 无    |
| 6  | 女  | 25    | 车祸 | L <sub>2</sub> | 300       | 9       | 愈合   | 无    |
| 7  | 女  | 45    | 砸伤 | L <sub>1</sub> | 100       | 12      | 愈合   | 无    |
| 8  | 男  | 46    | 车祸 | L <sub>3</sub> | 160       | 15      | 愈合   | 无    |
| 9  | 男  | 42    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 120       | 22      | 愈合   | 无    |
| 10 | 男  | 39    | 坠落 | L <sub>1</sub> | 190       | 18      | 愈合   | 无    |
| 11 | 男  | 35    | 砸伤 | L <sub>1</sub> | 180       | 12      | 愈合   | 无    |
| 12 | 男  | 37    | 车祸 | L <sub>3</sub> | 160       | 12      | 愈合   | 无    |
| 13 | 男  | 34    | 砸伤 | L <sub>2</sub> | 200       | 15      | 愈合   | 无    |
| 14 | 女  | 46    | 砸伤 | L <sub>2</sub> | 210       | 18      | 愈合   | 无    |
| 15 | 女  | 57    | 车祸 | L <sub>3</sub> | 150       | 21      | 愈合   | 无    |
| 16 | 男  | 64    | 坠落 | L <sub>1</sub> | 160       | 12      | 愈合   | 无    |
| 17 | 女  | 45    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 110       | 7       | 愈合   | 无    |
| 18 | 男  | 34    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 120       | 12      | 愈合   | 无    |
| 19 | 男  | 47    | 车祸 | L <sub>1</sub> | 170       | 15      | 愈合   | 无    |
| 20 | 男  | 45    | 坠落 | L <sub>3</sub> | 160       | 12      | 愈合   | 无    |
| 21 | 男  | 34    | 车祸 | L <sub>1</sub> | 180       | 16      | 愈合   | 无    |
| 22 | 女  | 50    | 坠落 | L <sub>1</sub> | 155       | 15      | 愈合   | 无    |
| 23 | 男  | 51    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 160       | 18      | 愈合   | 无    |
| 24 | 男  | 43    | 砸伤 | L <sub>2</sub> | 180       | 12      | 愈合   | 无    |
| 25 | 男  | 41    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 190       | 13      | 愈合   | 无    |
| 26 | 男  | 36    | 车祸 | L <sub>1</sub> | 185       | 11      | 愈合   | 无    |
| 27 | 女  | 45    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 100       | 12      | 愈合   | 无    |
| 28 | 女  | 44    | 坠落 | L <sub>1</sub> | 120       | 12      | 愈合   | 无    |
| 29 | 男  | 42    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 110       | 12      | 愈合   | 无    |
| 30 | 男  | 39    | 砸伤 | L <sub>1</sub> | 150       | 13      | 愈合   | 无    |
| 31 | 男  | 42    | 坠落 | L <sub>3</sub> | 130       | 15      | 愈合   | 无    |
| 32 | 男  | 27    | 坠落 | L <sub>2</sub> | 160       | 12      | 愈合   | 无    |

**2.6 典型病例** 男性患者, 38岁, 诊断为L<sub>2</sub>椎体压缩性骨折, 行腰椎后路切开复位椎弓根螺钉内固定植骨融合, 内固定后12个月随访, 骨折愈合良好(图2)。

**2.7 不良事件** 置钉过程中未发生血管、神经损伤及椎弓根钉置入位置错误, 无置钉后切口感染、深部感染、内固定松动、断裂等并发症。

### 3 讨论 Discussion

**3.1 椎弓根螺钉可视化技术的优势** 在高速发展的电子

信息科技时代, 脊柱外科领域的基础、临床研究迅猛发展, 脊柱外科临床技术和数字技术结合, 形成了系统的脊柱外科临床数字技术。椎弓根螺钉可视化技术使脊柱外科临床治疗过程完全建立在计算机辅助技术基础上, 使医生能够高效率、高精度、三维立体的了解疾病的分布、形态、结构, 椎弓根螺钉的位置情况, 从而科学判断手术指征, 制定最佳手术方案, 最大程度减少手术创伤, 避免神经损伤, 尽快恢复机体功能<sup>[19-22]</sup>。随着数字化虚拟技术的飞速发展, 椎弓根螺钉的可视化技术在临床领域正得到不断探

索和应用,使得病变部位的情况以三维可视化形式展示,同时由于计算机辅助设计技术的发展可以为脊柱手术设计、手术模拟、骨折的复位、内固定的选择等提供更为准确的依据<sup>[23-27]</sup>。

目前临床上患者及家属在术前签署手术同意书时,医生只是口头向患者交代手术方式、手术风险等问题,很多时候患者及家属并不是很清楚手术的具体过程,尤其对复杂的脊柱外科手术更是不清楚。通过椎弓根螺钉可视化技术可以生动形象地向患者交代置钉方式、固定节段等相关的解剖学知识及术中可能出现的风险,这样的术前告知便于患者及家属的理解,使其切实做到知情同意。本组患者通过椎弓根螺钉可视化技术,对治疗的知情同意评分为非常满意的患者占100%,以往采用口头告知患者的手术方式及相关并发症后患者及患者家属仍然会提出很多疑难问题,并且会花费医生较多的时间和精力,通过椎弓根螺钉可视化技术,可以显著减少医生口头告知的时间,通过立体形象的三维图像,患者及患者家属对治疗方式及相关并发症很快就会理解。

本文应用椎弓根螺钉的可视化技术,可以利用计算机辅助手术规划技术,利用获得的医学影像数据在计算机上建立患体的三维数字模型,对脊柱骨折模型及椎弓根螺钉进行任意方位的观察、测量、放大,置入从数据库中获得的各椎弓根螺钉,制定最佳置钉方案。作者以往的研究通过CT扫描后<sup>[4]</sup>,将CT扫描数据,以DICOM格式,在MIMICS软件中进行三维重建图像,构建一个虚拟椎弓根螺钉,将虚拟螺钉置入到伤椎的椎弓根内,实现椎弓根螺钉可视化,根据软件强大的测量功能,测量置钉的水平面和矢状面角度,同时测量模拟螺钉的长度,同时通过椎弓根螺钉的可视化技术,可以在术前拟置钉椎体的椎弓根做详细评估,尤其是对观察伤椎椎弓根的完整性上起着非常重要的作用,通过此技术判断出10例患者的伤椎单侧完好,但是另一侧破坏严重,无法置钉,这就为置钉方式选择提供了有力参考,节省了手术中通过螺钉轨迹探针探测螺钉通道是否穿破椎弓根的时间,明显提高了手术效率。

本文应用椎弓根螺钉可视化技术于置钉前测量制定最优参数,术中按照术前计划进行螺钉置入,显著提高了螺钉置入的准确性,本组置钉后CT平扫螺钉完全位于椎弓根内的比例为95.1%,远远高于传统徒手内固定螺钉置入的准确性。

**3.2 伤椎置钉手术指征及临床意义** 短节段椎弓根钉内固定是螺钉借助完整坚强的椎弓根来完成椎体的间接复位与固定,椎弓根的完整性是实施该技术的前提。CT三维重建可观察椎体骨折情况,但因椎弓根联接前方椎体及后方附件等骨性结构,椎体整体CT三维重建并不利于观察椎弓根骨质的完整性,选用伤椎单独进行三维重建,去除影响观察的其它骨性结构,可清楚观察伤椎的椎弓根的完整性。伤椎椎弓根必须完整,椎体未完全爆裂,且有一侧终板基

本完好,骨质密度良好是行伤椎置钉的手术指征。刘少喻等<sup>[28]</sup>认为根据AO分类,其适用于治疗A1.2, A2.2, A3.1, B1.1, B1.2, B2.2, B3.1型骨折。Defino等认为根据Mager1分类,其适用于治疗B型和C型骨折。

伤椎置短螺钉在生物力学上具有一定的优势, Dick等<sup>[29]</sup>报道在牛腰椎模型上,比较6枚椎弓根螺钉内固定和4枚螺钉内固定的生物力学差异,发现6枚螺钉可增加轴向承载力160%,抗屈能力48%,抗扭转能力38%。Shen等<sup>[30]</sup>认为在伤椎置钉时,起到前动力作用,并通过“三点固定”降低传统4钉固定的平行四边形效应,进而矫正后凸畸形,增加稳定性。Weinstein等<sup>[31]</sup>研究发现椎弓根螺钉固定强度60%在椎弓根内,螺钉达椎体松质后再增加15%–20%,至前方骨皮质但未穿透时又增加16%,穿梭前方骨皮质则增加20%–25%,因此短螺钉椎弓根螺钉仅固定在椎弓根内就可提供60%的固定强度,增加椎弓根螺钉固定整体强度,同时也避免增加椎体固定节段。

伤椎置钉短节固定在生物力学具有一定优势,同时也能有效减少长节段固定所致的邻近节段的退变。内固定后脊柱的生物力学变化主要集中在邻近节段运动的改变。有研究表明,坚强内固定后固定邻近节段的运动幅度代偿性增大,甚至运动模式也出现了相应变化,这种运动学改变提示了邻近节段的应力集中。相邻节段应力集中、活动代偿增大和稳定性丢失是坚强内固定所带来的最直接、最主要的导致退变加速的生物力学改变。Park等<sup>[32]</sup>指出机械应力在椎间盘退变发生中起关键作用。另外临近节段退变还与腰椎融合固定的节段长短及内固定物的强度有关。Yang等<sup>[33]</sup>通过对217例腰椎融合术后患者行大于2年的回顾性随访分析,发现临近椎间盘退变在单节段固定组发生率为11.6%(13/112),双节段固定组为14.5%(9/62),三节段固定组为16.3%(7/43),随着固定节段的增加,临近椎间盘退变的发生率也增加。

临床上大部分腰椎爆裂性骨折伤椎的前中柱呈爆裂性,而后柱却往往是完整的,且骨折椎的椎弓根大部分亦较完整,较少出现双侧的椎弓根骨折。这些影像学特点提示经伤椎椎弓根放置螺钉是可行的,且只要控制椎弓根钉仅固定椎弓根全长或稍深入椎体后缘,并不会影响椎体内骨折块的复位,也能有效避免伤椎高度丢失和邻近节段的退变。

**作者贡献:** 于海龙负责文章设计、资料统计与论文撰写;刘军、陈语负责临床手术;王洪伟负责数据统计;王琪负责术前测量置钉参数;马骏雄、任伟剑、孟令志负责临床资料收集与随访;项良碧负责对研究的整体规划与协调,进行论文撰写与修改。

**利益冲突:** 文章及内容不涉及相关利益冲突。

**伦理要求:**

**知情同意:** 参与试验的患者自愿参加,对试验过程完全知情同意,在充分了解治疗方案的前提下签署“知情同意书”;干预及

治疗方案获医院伦理委员会批准。

医生资质: 临床参研人员具有专业技术职称, 有从事脊柱外科工作的经验。

**学术术语:** 医学图像三维可视化-是可视化技术在医学领域的一个重要应用, 它运用计算机图形学和图像处理技术, 将从 CT 或 MRI 等获得的二维医学图像序列, 在三维空间上重建出立体的三维图像。

**作者声明:** 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

#### 4 参考文献 References

- [1] 贾水森,董胜利,张凯,等. 伤椎单侧椎弓根固定治疗胸腰椎骨折的临床探讨[J]. 中国矫形外科杂志,2008,16(20):1595-1596.
- [2] 陈国栋,张玉舰,沙俊峰,等. 伤椎斜交叉椎弓根固定联合传统内固定治疗胸腰椎骨折的实验研究[J]. 山东医药,2009,49(6):34-35.
- [3] 袁志峰,邵斌,曾景平. 经伤椎置钉治疗胸腰椎骨折的临床运用及疗效分析[J]. 脊椎外科杂志,2013,11(1): 32-35.
- [4] 郑永宏,郝定均,吴起宁,等. 伤椎固定在严重胸腰椎骨折中的应用[J]. 中国现代医药杂志,2009,11(9):37-39.
- [5] 俞阳,范海泉,陈铭. 经伤椎和跨伤椎椎弓根钉棒系统内固定治疗胸腰椎骨折[J]. 脊柱外科杂志,2012,10(4): 228-231.
- [6] Gonzalvo A, Fitt G, Liew S, et al. The learning curve of pedicle screw placement: how many screws are enough? Spine (Phila Pa 1976). 2009;34:E761-765.
- [7] Gang C, Haibo L, Fancai L, et al. Learning curve of thoracic pedicle screw placement using the free-hand technique in scoliosis: how many screws needed for an apprentice? Eur Spine J. 2012;21:1151-1156.
- [8] Samdani AF, Ranade A, Sciubba DM, et al. Accuracy of free-hand placement of thoracic pedicle screws in adolescent idiopathic scoliosis: how much of a difference does surgeon experience make? Eur Spine J. 2010;19:91-95.
- [9] Samdani AF, Ranade A, Saldanha V, et al. Learning curve for placement of thoracic pedicle screws in the deformed spine. Neurosurgery. 2010;66:290-294; discussion 294-295.
- [10] Samdani AF, Ranade A, Sciubba DM, et al. Accuracy of free-hand placement of thoracic pedicle screws in adolescent idiopathic scoliosis: how much of a difference does surgeon experience make? Eur Spine J. 2010;19:91-95.
- [11] Klein S, Whyne CM, Rush R, et al. CT-based patient-specific simulation software for pedicle screw insertion. J Spinal Disord Tech. 2009;22:502-506.
- [12] Eftekhari B, Ghodsi M, Ketabchi E, et al. Surgical simulation software for insertion of pedicle screws. Neurosurgery. 2002; 50:222-224.
- [13] Richards PJ, Kurta IC, Jasani V, et al. Assessment of CAOS as a training model in spinal surgery: a randomized study. Eur Spine J. 2007;16:239-244.
- [14] Podolsky DJ, Martin AR, Whyne CM, et al. Exploring the role of 3-dimensional simulation in surgical training: feedback from a pilot study. J Spinal Disord Tech. 2010;23:e70-74.
- [15] Aubin CE, Labelle H, Chevrefils C, et al. Preoperative planning simulator for spinal deformity surgeries. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33:2143-2152.
- [16] Majdouline Y, Aubin CE, Sangole A, et al. Computer simulation for the optimization of instrumentation strategies in adolescent idiopathic scoliosis. Med Biol Eng Comput. 2009; 47:1143-1154.
- [17] Aurouer N, Obeid I, Gille O, et al. Computerized preoperative planning for correction of sagittal deformity of the spine. Surg Radiol Anat. 2009;31:781-792.
- [18] 于海龙,项良碧,刘军,等. CT三维重建技术在手术治疗胸腰段椎体骨折中应用[J]. 中国矫形外科杂志,2010, 18(2):157-159.
- [19] 徐凯,陈春,黄山东,等. 腰椎椎弓根螺钉内固定术三维可视化设计[J]. 解放军医学杂志,2011,36(9):935-937.
- [20] Beck M, Mittlmeier T, Gierer P, et al. Benifil and accuracy of intraoperative 3D-imaging after pedicle screws placement: a prospective study in stabilizing thoracolumbar fractures. Eur Spine J. 2009;18(10):1469-1477.
- [21] Ershad M, Ahmadian A, Dadashi Serej N, et al. Minimization of target registration error for vertebra in image-guided spine surgery. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2013.
- [22] Shin BJ, James AR, Njoku IU, et al. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. J Neurosurg Spine. 2012;17(2):113-122.
- [23] 张宗宝. 术前CT测量胸腰椎椎弓根相关参数在螺钉内固定术中的应用[J]. 实用医学影像杂志,2011,12(2):97-100.
- [24] Verma R, Krishan S, Haendlmayer K, et al. Functional outcome of computer-assisted spinal pedicle screw placement: a systematic review and meta-analysis of 23 studies including 5,992 pedicle screws. Eur Spine J. 2010; 19(3):370-375.
- [25] 李响,李春志,唐光才,等. 多层螺旋CT腰椎三维成像在椎弓根螺钉置入术中的应用[J]. 中国医学影像学杂志,2011,19(8): 580-584.
- [26] 乔国勇,苗海敏,关凤英,等. 椎弓根三维形态的CT测量在实施个体化置钉中的作用研究[J]. 临床医学工程,2013,20(2):139-142.
- [27] 杨波,方世兵,尹飏,等. 三维重建腰椎椎弓根螺钉置入的精确性[J]. 中国组织工程研究,2013,17(13):2333-2338.
- [28] 刘少喻,龙厚清,李佛保,等. 单节段椎弓根螺钉骨折椎固定治疗新鲜创伤性胸腰椎骨折初步探讨[C]. 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组. 第七届全国脊柱外科学术会议论文集. 北京,2004: 94-95.
- [29] Dick JC, Jones MP, Zdeblick TA, et al. A biomechanical comparison evaluation the use of intermediate screws and cross-linkage in lumbar pedicle fixation. J Spinal Disord. 1994;5:402-407.
- [30] Shen WJ, Liu TJ, Shen YS. Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit. Spine. 2001;9: 1038-1045.
- [31] Weinstein JN, Rydevik BL, Rauschnig W. Anatomic and technical considerations of pedicle screw fixation. Clin Orthop Relat Res. 1992;284:34-46.
- [32] Park P, Garton HJ, Gala VC, et al. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. Spine (Phila Pa 1976). 2004;29(17):1938-1944.
- [33] Yang JY, Lee JK, Song HS. The impact of adjacent segment degeneration on the clinical outcome after lumbar spinal fusion. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33(5):503-507.