

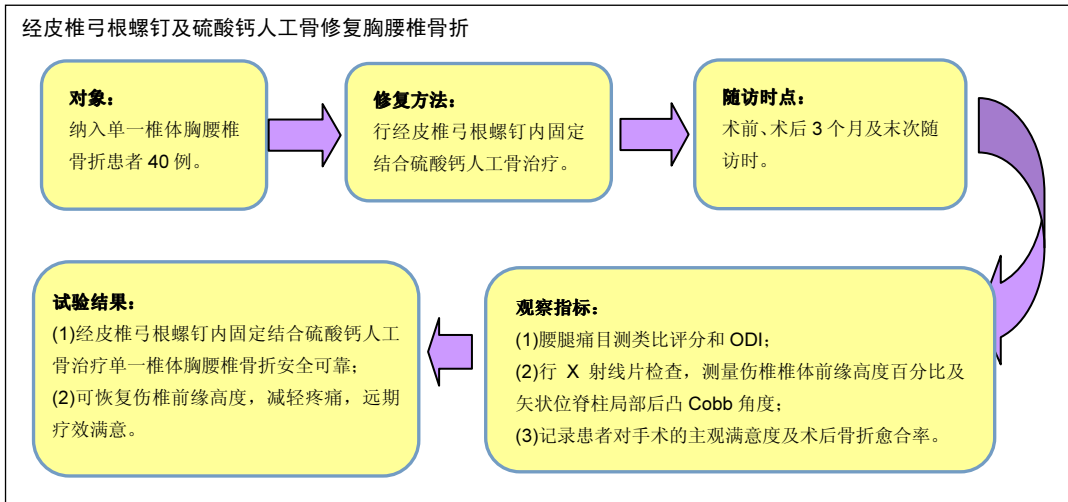
经皮椎弓根螺钉置入内固定结合硫酸钙人工骨治疗 单一椎体胸腰椎骨折：3个月随访

占方彪, 程 军, 冯世龙, 谢鲤钟, 李 波, 张 友, 陈 林(重庆三峡中心医院骨科, 重庆市 404000)

引用本文: 占方彪, 程军, 冯世龙, 谢鲤钟, 李波, 张友, 陈林. 经皮椎弓根螺钉置入内固定结合硫酸钙人工骨治疗单一椎体胸腰椎骨折: 3个月随访[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(23):3664-3669.

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.23.010 ORCID: 0000-0001-5124-1531(占方彪)

文章快速阅读:



占方彪, 男, 1984 年生, 湖北省孝感市人, 汉族, 2011 年北京大学医学部毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事脊柱外科方面的研究。

通讯作者: 程军, 副主任医师, 重庆三峡中心医院骨科, 重庆市 404000

中图分类号:R318
文献标识码:A
文章编号:2095-4344
(2017)23-03664-06
稿件接受: 2017-04-18

文题释义:

经皮椎弓根螺钉: 其在长度、螺钉直径方面与传统椎弓根螺钉并无区别, 螺钉为空心钉, 便于术中导丝穿入透视定位。硫酸钙在机体中易于吸收、降解, 而且其固化速度快, 聚合时的温度低, 即使发生渗漏也不会因放热而损伤周围组织。

硫酸钙人工骨: 硫酸钙作为一种骨科填充物具有无毒、可吸收的特点, 椎体压缩骨折经手术复位后其空腔需骨组织填充, 以利于新生骨组织生长。

摘要

背景: 近年来国内外学者将经皮椎弓根螺钉内固定用于修复胸腰椎骨折, 取得了良好的临床疗效。可注射硫酸钙的生物兼容性好, 在机体中易于吸收降解, 而且其固化速度快。

目的: 探讨经皮椎弓根螺钉内固定结合可硫酸钙骨水泥治疗单一椎体胸腰椎骨折的临床效果。

方法: 回顾性分析获得完整随访资料的 40 例单一椎体胸腰椎骨折不伴有神经损伤患者, 所有骨折椎体压缩 >30%, 伤椎至少有一侧椎弓根完整。均采用经皮椎弓根螺钉置入内固定结合硫酸钙人工骨治疗。详细记录术前、术后 3 个月及术后末次随访时患者腰腿痛目测类比分和 ODI; 并进行 X 射线片检查, 测量伤椎椎体前缘高度百分比及矢状位脊柱局部后凸 Cobb 角度; 另外记录患者对手术的主观满意度(分为优、良、中、差 4 级)及术后骨折愈合率。

结果与结论: ①术后 3 个月、末次随访患者 ODI 分别为 16.3%, 4.4%; ②与术前相比, 术后 3 个月随访时, 本组患者的伤椎局部后凸 Cobb 角及疼痛目测类比分均减小, 伤椎前缘高度百分比增加, 差异有显著性意义($P < 0.01$); ③末次随访患者骨折愈合率为 95%, 2 例患者末次随访时骨折未愈合, 患者对手术主观满意度的优良率为 95%; ④与术后 3 个月比较, 末次随访患者胸腰椎局部矢状位 Cobb 角、伤椎前缘高度均有丢失, 但差异无显著性意义($P > 0.05$), 与术前相比均显著改善($P < 0.01$); ⑤结果表明, 在严格掌握手术适应证的前提下, 经皮椎弓根螺钉内固定结合硫酸钙治疗单一椎体胸腰椎骨折安全可靠, 可恢复伤椎前缘高度, 减轻疼痛, 远期疗效满意, 注入硫酸钙可获得较高的骨折愈合率。

关键词:

骨科植入物; 脊柱植入物; 胸腰椎骨折; 椎弓根钉; 硫酸钙; 经皮; 微创

主题词:

胸椎; 腰椎; 硫酸钙; 骨钉; 骨折愈合; 组织工程

Zhan Fang-biao, Master, Attending physician, Department of Orthopedics, Chongqing Three Gorges Central Hospital, Chongqing 404000, China

Corresponding author: Cheng Jun, Associate chief physician, Department of Orthopedics, Chongqing Three Gorges Central Hospital, Chongqing 404000, China

Percutaneous pedicle screw fixation combined with calcium sulfate cement for single-level thoracolumbar fracture: a 3-month follow-up

Zhan Fang-biao, Cheng Jun, Feng Shi-long, Xie Li-zhong, Li Bo, Zhang You, Chen Lin (Department of Orthopedics, Chongqing Three Gorges Central Hospital, Chongqing 404000, China)

Abstract

BACKGROUND: Percutaneous pedicle screw fixation has been applied in the treatment of thoracolumbar fracture, and has achieved satisfactory clinical efficacy. Injectable calcium sulfate holds good biocompatibility, degradability and fast curing.

OBJECTIVE: To explore the clinical efficacy of percutaneous pedicle screw fixation combined with calcium sulfate cement for single-level thoracolumbar fracture.

METHODS: Clinical data of 40 patients with single-level thoracolumbar fracture without nerve injury were analyzed retrospectively. All fractured vertebrae were compressed more than 30% and at least one pedicle was complete. All patients were treated with percutaneous pedicle screw fixation combined with calcium sulfate cement. The Visual Analog Scale and Oswestry Disability Index scores were recorded at baseline, 3 months postoperatively and last follow-up; the height of the fractured vertebra body and sagittal Cobb angle were measured on X-ray; the patient's satisfaction and healing rate were recorded.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The Oswestry Disability Index at 3 months postoperatively and last follow-up was 16.3% and 4.4%, respectively. Compared with baseline, the Cobb angle and Visual Analog Scale scores were significantly reduced, and height of the fractured vertebra body was significantly increased after surgery ($P < 0.01$). (3) The healing rate at last follow-up was 95%, nonunion was not found, and the patients' satisfaction reached 95%. (4) The loss of vertebral height and Cobb angle was found at last follow-up compared with 3 months postoperatively, but had no significant difference ($P > 0.05$). (5) These results indicate that percutaneous pedicle screw fixation combined with calcium sulfate cement is safe and reliable for single-level thoracolumbar fracture, which not only restores the vertebral height and relieves pain, but also has satisfactory long-term curative efficacy and high healing rate.

Subject headings: Thoracic Vertebrae; Lumbar Vertebrae; Bone Nails; Fracture Healing; Tissue Engineering

Cite this article: Zhan FB, Cheng J, Feng SL, Xie LZ, Li B, Zhang Y, Chen L. Percutaneous pedicle screw fixation combined with calcium sulfate cement for single-level thoracolumbar fracture: a 3-month follow-up. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2017;21(23):3664-3669.

0 引言 Introduction

胸腰段椎体骨折是脊柱骨折中的最常见类型, 传统治疗方法多以后路椎弓根螺钉内固定作为主要的治疗方案^[1-3]。最近的研究显示经皮螺钉后路内固定相对于后路开放手术内固定是一种可行的手术方式^[4-6]。使用微创技术降低了术中出血量和术后疼痛, 同时获得了在影像学结果上和传统手术相似的畸形矫正结果^[7]。在较大的脊柱外科手术中, 出血量大于2 000 mL可能是术后感染因素之一^[8-9], 微创技术的使用可以使脊柱外科手术出血量明显减少^[10]。

手术后腰背肌功能取决于术中使用的牵拉系统牵拉肌肉的时间^[11-12]。定量测定肌肉组织损伤的程度就是肌酸激酶水平^[13]。Lehmann等^[14]在羊模型中证实经皮螺钉置入后体内肌酸激酶明显少于开放置钉。由于传统的后正中入路对椎旁肌的广泛剥离与牵拉, 椎旁肌缺血和失神经支配, 导致术后腰背肌萎缩, 并产生顽固性的腰痛。近年来国内外学者将经皮椎弓根螺钉内固定用于修复胸腰椎骨折, 取得了良好的临床疗效^[15-16]。可注射硫酸钙的生物兼容性好, 在机体中易于吸收、降解, 而且其固化速度快。在此背景下, 选择2013年2月至2015年8月重庆三峡中心医院骨科收治的40例单一椎体胸腰椎骨折不伴有神经损伤的患者, 采用体位复位微创经皮椎弓根螺钉内固定结合伤椎内可注射硫酸钙人工骨植入治疗, 疗效较为满意。

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2月至2015年8月在重庆三峡中心医院骨科完成。

1.3 材料 文中所使用的经皮椎弓根螺钉内固定系统由北京市富乐科技开发有限公司提供, 商品名为Usmart, 名称: 长臂万向单芯椎弓根钉, 型号规格: FJD5 (6.0-6.5)×45 加长臂, 产品批号: 16063。属于脊柱微创固定系统, 该系统内植物由螺钉、预弯钛棒和螺塞组成, 通过系统辅助工具, 小切口微创置入体内, 起到对椎体压缩性骨折撑开复位及固定的作用, 提高螺钉强度和拧入速度, 其材质为钛合金, 其具有较好的耐腐蚀性及较高的强度, 该内固定系统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作用, 比如致癌性、致畸等, 较高的强度使植入椎体内的螺钉不容易疲劳断裂。

硫酸钙由美国WRIGHT公司提供, 为高纯度 α -晶体结构硫酸钙, 生物兼容性好, 在机体中易于吸收、降解, 而且其固化速度快, 聚合时的温度约为30 °C, 即使发生渗漏也不会因放热而损伤周围组织。

1.4 对象 纳入40例单一椎体胸腰椎骨折不伴有神经损伤的患者, 其中男28例, 女12例; 年龄25-51岁, 平均39.2岁; 交通事故伤24例, 坠落伤11例, 压砸5例; T₁₂骨折6例, L₁骨折17例, L₂骨折13例, L₃骨折4例; 按AO分型, A2型13例, A3型27例; 受伤至手术时间3-8 d, 平均4.8 d。

胸腰椎损伤分型和严重评分(Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score, TLICS)4-7分^[17], 平均5.4分。所有患者均在术前完成腰椎正侧位X射线片、MRI和CT扫描。术前根据MRI和CT初步确定胸腰椎骨折类型、伤椎椎弓根完整性及TLICS评分。术后患者出院前拍摄腰椎正侧位X射线片, 腰椎CT了解术后硫酸钙植入情况及术后螺钉位置。术后3个月随访及术后末次随访时拍摄腰椎正侧位X射线片及腰椎CT。

纳入标准: ①患者伤椎压缩程度X射线片显示大于30%, 伤椎至少有一侧椎弓根完整; ②TLICS评分4分及以上; ③患者有明确的暴力外伤史, MRI显示为新鲜骨折; ④患者积极配合手术治疗, 依从性高并能够获得满意的临床随访和影像学资料; ⑤患者对治疗及试验方案知情同意, 且得到医院伦理委员会批准。

排除标准: ①严重骨质疏松症的患者; ②不能耐受胸腰椎骨折经皮螺钉内固定结合硫酸钙植入手术者; ③失访患者。

1.5 手术方法 全身麻醉后, 患者取俯卧位, 双侧胸部及髂前垫枕, 腹部悬空, 腰背部术区常规消毒铺巾。C臂透视定位伤椎及其相邻椎椎弓根影, 于伤椎及其上下相邻椎椎弓根投影处旁开1.5 cm分别行小切口切开皮肤、皮下组织、腰背筋膜, 探查双侧进针点并穿入定位针。在C臂透视指导下, 调整定位针直至满意, 更换工作通道后, 攻丝, 作伤椎相邻的上下椎体椎弓根螺钉(北京富乐)固定。将合适长度的预弯连接棒安置于双侧椎弓根钉, 撑开复位伤椎椎体, 旋紧螺钉, C臂机透视见伤椎椎体高度复位满意。于伤椎椎弓根完整一侧经椎弓根安置人工替代骨植入通道, 在C形臂X射线机透视引导下, 经后路固定切口向骨折椎体空隙中置入穿刺套管, 缓慢注入搅拌成糊状的硫酸钙人工替代骨3.5-4.5 mL(WRIGHT公司), 平均4.0 mL, C臂明确硫酸钙植入弥散满意。若伤椎对侧椎弓根完整可同样方法置入1枚经皮螺钉。冲洗止血后, 无需安置切口引流管。逐层缝合切口, 无菌敷料包扎。

1.6 主要观察指标

1.6.1 腰腿痛目测类比评分和Oswestry功能障碍指数(oswestry disability index, ODI) 详细记录术前及术后3个月、术后末次随访时腰腿痛目测类比评分和ODI^[18-20]。目测类比评分评估标准: 1-3分轻度疼痛(不影响睡眠), 4-6分中度疼痛(轻度影响睡眠), 7-10分重度疼痛(疼痛导致不能睡眠或从睡眠中痛醒)。ODI问卷表由10个问题组成, 包括疼痛的强度、生活自理、提物、步行、坐位、站立、干扰睡眠、性生活、社会生活、旅游等10个方面的情况, 每个问题的最高得分为5分, 记分方法是: 实际得分/50(最高可能得分)×100%, 得分越高表明功能障碍越严重。

1.6.2 患者对手术的主观满意度 分为4级(优、良、中、差)。

1.6.3 骨折愈合情况 详细记录患者术后骨折愈合率。

1.6.4 影像学指标 术前、术后3个月及终末随访时进行X

射线片检查, 分别测量伤椎椎体前缘高度百分比及矢状位脊柱局部后凸Cobb角度。伤椎前缘高度百分比=伤椎前缘高度/伤椎上下相邻椎体前缘平均高度×100%。

1.7 统计学分析 采用SPSS 17.0统计学软件分析处理, 所有的统计检验均采用双侧检验, 计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 2组间比较采用 t 检验; 计数资料组间比较使用卡方检验, 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 按意向性处理, 纳入患者共40例, 随访过程中无脱落, 均进入结果分析。试验流程图见图1。

2.2 围手术期指标观察结果 本组40例患者均获得随访, 随访时间14-24个月。手术时间115-150 min, 平均133 min; 术中出血量50-85 mL, 平均63 mL; 住院时间9-17 d, 平均12.8 d; 术后2-4 d(平均3.2 d)可在胸腰骶支具保护下离床活动。术后腰椎CT扫描发现3枚椎弓根螺钉误入椎管, 但无脊髓或马尾神经损伤等并发症; 无切口感染, 切口积血, 内固定断裂、松动、硫酸钙渗入椎管等术后并发症; 术后遗留腰背部轻度疼痛2例。ODI术后3个月、术后末次随访分别为16.3%, 4.4%。

2.3 临床指标观察结果 与术前相比, 术后3个月随访时, 本组患者的伤椎局部后凸Cobb角及疼痛目测类比评分均减小, 伤椎前缘高度百分比增加, 差异有显著性意义($P < 0.01$); 末次随访患者骨折愈合率为95%, 2例患者末次随访时骨折未愈合, 患者对手术主观满意度的优良率为95%。与术后3个月比较, 末次随访患者胸腰椎局部矢状位Cobb角、伤椎前缘高度均有丢失, 但差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表1。

2.4 典型病例分析 男性患者, 45岁, 因交通事故伤6 h入院。L₂椎体爆裂骨折A3.1型, 影像学资料见L₂椎体前缘明显压缩, 椎管内可见骨折块占位。采用经皮椎弓根螺钉置入内固定结合硫酸钙人工骨治疗, 术后患者椎体高度基本恢复。影像学资料见图2-5。

2.5 不良事件 本组40例患者中有3例术后腰椎CT扫描发现螺钉误入椎管, 但术后围手术期、术后3个月及术后末次随访均未发现明显神经症状。所有患者术后均无切口感染, 切口积血等并发症。术后2例患者遗留腰背部轻度疼痛, 2例患者末次随访时骨折未愈合。所有患者随访期间未出现螺钉松动、断裂。

2.6 可能影响结果的因素 本研究40例患者手术并非由同一手术医生完成, 因此术中出血量、手术时间及椎弓根螺钉置入准确率可能有人为偏倚。本组研究量少, 为回顾性研究, 患者对手术满意率可能受其他非手术因素的影响(如随访时患者心理状态、患者对医生、护士以及治疗的满意度等)。

3 讨论 Discussion

3.1 胸腰椎骨折经皮螺钉内固定的优势 后路短节段椎

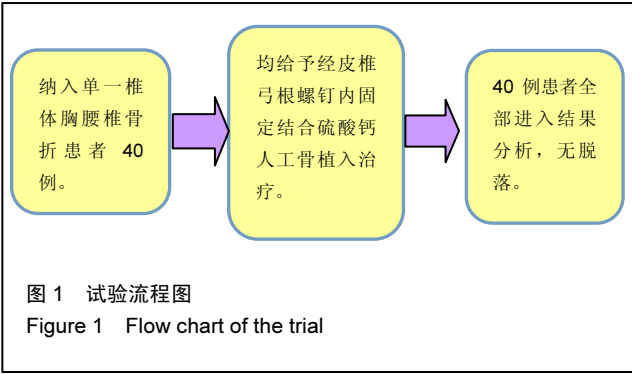


表 1 患者术前、术后 3 个月及末次随访时的临床指标比较 (x±s, n=40)

Table 1 Comparison the clinical indexes at baseline, 3 months postoperatively and last follow-up

时间	伤椎局部后凸 Cobb 角(°)	疼痛目测类比分	伤椎前缘高度百分比(%)
术前	21.10±3.46	6.90±1.25	45.85±7.89
术后 3 个月	12.00±3.16 ^a	2.55±1.05 ^a	86.40±2.85 ^a
末次随访	13.75±2.17 ^a	-	85.80±3.14 ^a

表注: 与术前相比, ^aP<0.01。

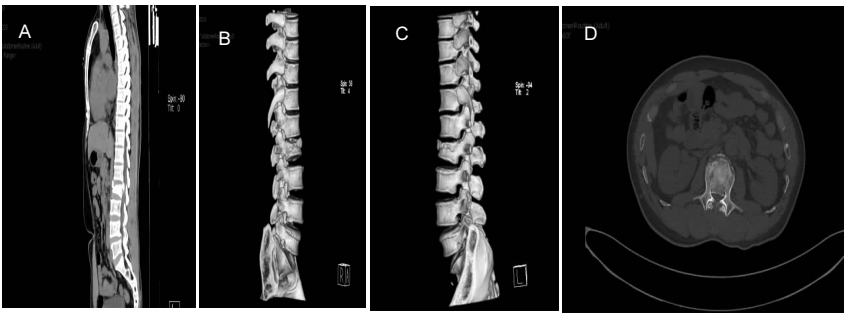


图 2 男性 45 岁 L₂ 骨折患者术前腰椎 CT 及重建

Figure 2 CT images of a 45-year-old male patient with L₂ fracture before surgery
图注: 图 A-C 示 L₂ 椎体前缘明显压缩, D 为 CT 横断面, 可见椎管骨折块占位。

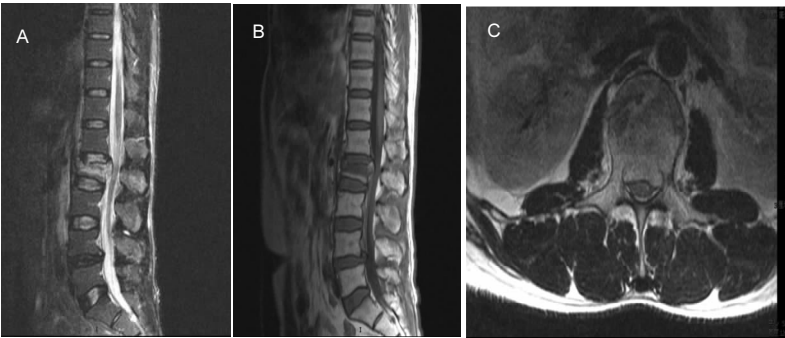
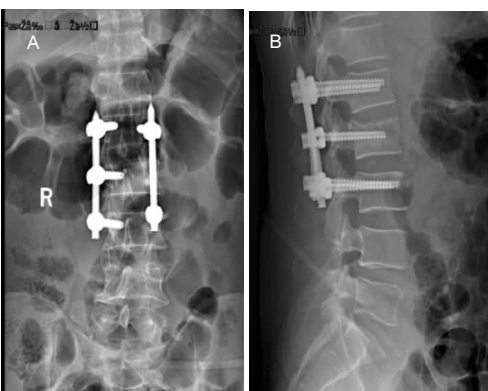


图 3 男性 45 岁 L₂ 骨折患者术前腰椎 MRI
Figure 3 MRI images of a 45-year-old male patient with L₂ fracture before surgery

图注: 图 A, B 示 L₂ 椎体前缘明显压缩, 腰椎后方韧带复合体未见损伤; C 为 MRI 横断面, 可见椎管骨折块占位。



图注: 图 A, B 为术后腰椎正侧位 X 射线片, 显示 L₂ 椎体前缘高度基本恢复。

图 4 男性 45 岁 L₂ 骨折患者术后腰椎正侧位 X 射线片
Figure 4 X-ray images of a 45-year-old male patient with L₂ fracture after surgery

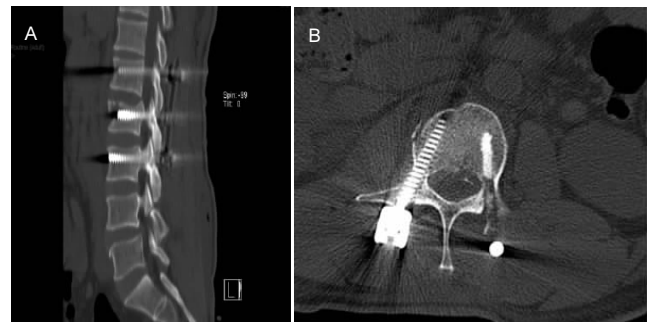


图 5 男性 45 岁 L₂ 骨折患者术后腰椎 CT 片
Figure 5 CT images of a 45-year-old male patient with L₂ fracture after surgery

图注: 图 A, B 为术后腰椎 CT 片, 显示 L₂ 椎体前缘高度基本恢复, 螺钉及硫酸钙未进入椎管, 位置满意。

弓根螺钉内固定术是治疗胸腰椎骨折的传统手术方式, 可使骨折复位、椎体高度恢复, 缓解脊髓压迫状况, 而且能最大限度地保留脊柱运动节段^[21-22]。而传统的后路手术需要广泛剥离和长时间牵拉脊柱两旁的肌肉、肌筋膜和韧带, 容易引起肌肉缺血坏死和纤维化, 导致术后出现长期腰背

部僵硬与疼痛, 降低手术疗效^[12]。传统开放性手术在治疗胸腰椎不稳定和退变性侧弯方面已被脊柱外科医生广泛接受, 但同时伴有更高的手术感染率、更多的出血量、更多的椎旁肌肉损伤以及椎旁肌去神经化以及更长的手术时间和住院时间^[23-25]。因此, 如何最大限度的减轻手术所致的

副损伤一直是广大临床脊柱外科医生努力的方向。与传统的后路开放手术相比, 经皮椎弓根螺钉内固定不仅可以获得相似的伤椎椎体高度和矢状面Cobb角纠正, 而且可以避免传统开放手术对椎旁肌的剥离损伤, 具有手术切口更短、术中出血更少、术后疼痛更轻、术后功能恢复更快等优点^[26-27]。Tinelli等^[28]认为经皮椎弓根螺钉治疗脊柱骨折手术时间更短, 并且有几乎98%的植钉准确率。Proietti等^[29]对63例单节段胸腰椎骨折行经皮螺钉内固定术的患者回顾性研究认为: 经皮螺钉内固定治疗A3型胸腰椎骨折是安全可靠的手术方式。本组40例病例术后伤椎高度较术前明显增加, 术后矢状面伤椎局部后凸 Cobb角较术前明显较小。平均出血63 mL, 住院时间平均 12.8 d; 术后2-4 d(平均3.2 d)可在胸腰骶支具保护下离床活动。术后3个月随访目测类比分较术前明显较小。ODI术后3个月、术后末次随访分别为16.3%, 4.4%。

生物力学试验验证在胸腰椎爆裂性骨折模型上, 采用跨伤椎4枚多轴椎弓根螺钉内固定的稳定性显著性增加, 但是与跨伤椎4枚单轴椎弓根螺钉内固定相比, 在前屈、后伸运动方向上的固定强度较弱^[30]。生物力学研究证实结合伤椎椎弓根螺钉可以显著增加生物力学稳定性, 与跨伤椎4枚多轴椎弓根螺钉内固定相比, 结合伤椎椎弓根螺钉的6枚多轴椎弓根螺钉内固定在前屈、后伸、左右侧屈和左右旋转各个方向上的固定强度明显提高^[31]。本组病例选择微创经皮椎弓根螺钉内固定手术治疗, 均采用结合伤椎椎弓根螺钉的五至六枚多轴椎弓根螺钉内固定。经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折不需要进行后外侧植骨融合, 所以本组病例在末次随访骨折愈合后取出内固定, 这样不仅可以避免内固定松动断裂, 而且可以保留相应的运动节段。

3.2 可注射硫酸钙伤椎植骨的特点 可注射硫酸钙为高纯度 α -晶体结构硫酸钙, 其生物兼容性好, 在机体中易于吸收、降解, 而且其固化速度快, 聚合时的温度约为30 °C, 即使发生渗漏也不会因放热而损伤周围组织^[21]。目前用于椎体成形术的填充材料包括聚甲基丙烯酸甲酯、磷酸钙骨水泥(calcium phosphate cement)以及可注射硫酸钙(calcium sulfate cement)等。聚甲基丙烯酸甲酯具有的诱导性、生物兼容性差, 而且其单体具有毒性, 产生的热量易损伤机体正常组织^[23], 磷酸钙骨水泥具有较好的生物兼容性和诱导性, 但降解缓慢, 会长期存在于机体中, 造成不可预测的损害^[32]。可注射硫酸钙现在被广泛用于骨折椎体前柱的强化^[33-34], 然而, 可注射硫酸钙在椎体内吸收的速度快于椎体内新生骨形成的速度, 这就导致了伤椎骨缺损内不成熟骨组织的形成^[35-36]。Bu等^[37]认为接受短节段后路内固定联合硫酸钙骨水泥椎体成形术治疗胸腰椎压缩性骨折的患者伤椎高度和后凸角度均有丢失, 并且可能出现骨折不愈合、内固定失效、骨水泥渗漏以及椎间盘真空现象等并发症。分析其原因可能与短节段固定有关(均为4枚螺钉)。本组患者末次随访伤椎高度及后凸角度和术后3个

月相比均有丢失, 但较术前相比伤椎高度明显增加, 后凸角度明显减小。并且患者末次随访骨折愈合率为95%, 患者对手术主观满意度的优良率为95%。

综上所述, 本组患者的治疗结果提示, 在严格掌握手术适应证的前提下, 经皮椎弓根螺钉结合硫酸钙人工骨修复单一椎体胸腰椎骨折安全可靠, 可恢复伤椎前缘高度, 减轻疼痛, 远期疗效满意, 注入硫酸钙可获得较高的骨折愈合率。

致谢: 感谢协助完成实验的同事。

作者贡献: 程军进行试验设计, 谢澍钟、李波、陈林进行试验实施, 冯世龙、张友进行试验评估, 占方彪进行资料收集并成文, 冯世龙进行审核。

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: 临床试验研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和医院对人体研究的相关伦理要求。文章的撰写与编辑修改后文章遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。参与试验的患病个体及其家属为自愿参加, 在充分了解本治疗方案的前提下签署“知情同意书”。

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端行为承担责任。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。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 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。根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享3.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] Hu R, Mustard CA, Burs C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. Spine(Phila Pa 1976). 1996;21:492-499.
- [2] 杨民, 徐祝军, 丁国正, 等. 后路椎弓根螺钉内固定治疗相邻两节段胸腰椎骨折[J]. 中华创伤杂志, 2012, 28(6):500-504.
- [3] 钟远鸣, 付拴虎, 李智斐, 等. 单双侧椎弓根螺钉内固定并后路腰椎体间融合修复腰椎退行性疾病的系统评价[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(9):1353-1360.
- [4] Fuentes S, Blondel B, Metellus P, et al. Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoracolumbar burst fractures. Eur Spine J. 2010;19:1281-1287.
- [5] Rahamimov N, Mulla H, Shani A, et al. Percutaneous augmented instrumentation of unstable thoracolumbar burst fractures. Eur Spine J. 2012;21:850-854.
- [6] Wild MH, Glee M, Plieschnegger C, et al. Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. Arch Orthop Trauma Surg. 2007;127:335-343.

- [7] Ni WF, Huang YX, Chi YL, et al. Percutaneous pedicle screw fixation for neurologic intact thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech.* 2010;23:530-537.
- [8] Samama CM, Langeron O, Rosencher N, et al. Aprotinin versus placebo in major orthopedic surgery: a randomized, doubleblinded, dose-ranging study. *Anesth Analg.* 2002;95: 287-293.
- [9] Koutsoumbelis S, Hughes AP, Girardi FP, et al. Risk factors for postoperative infection following posterior lumbar instrumented arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93: 1627-1633.
- [10] Schoenfeld AJ, Ochoa LM, Bader JO, et al. Risk factors for immediate postoperative complications and mortality following spine surgery: a study of 3475 patients from the National surgical quality improvement program. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:1577-1582.
- [11] Gejo R, Matsui H, Kawaguchi Y, et al. Serial changes in trunk muscle performance after posterior lumbar surgery. *Spine.* 1999;24: 1023-1028.
- [12] Kim DY, Lee SH, Chung SK, et al. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine.* 2005;30:123-129.
- [13] Kumbhare D, Parkinson W, Dunlop B. Validity of serum creatine kinase as a measure of muscle injury produced by lumbar surgery. *J Spinal Disord Tech.* 2008;21(1):49-54.
- [14] Lehmann W, Ushmaev A, Ruecker A, et al. Comparison of open versus percutaneous pedicle screw insertion in a sheep model. *Eur Spine J.* 2008;17:857-863.
- [15] Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus.* 2001; 10(4):1-8.
- [16] Lee JK, Jang JW, Kim TW, et al. Percutaneous short-segment pedicle screw placement without fusion in the treatment of thoracolumbar burst fractures: is it effective? Comparative study with open short-segment pedicle screw fixation with posterolateral fusion. *Acta Neurochir.* 2013;155(12): 2305-2312.
- [17] Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine.* 2005;30(20): 2325-2333.
- [18] Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet.* 1974; 2(7889): 1127-1131.
- [19] Fairbank JC. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy.* 1980;66(8):271-273.
- [20] Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry disability index. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000; 25(22):2940-2952; discussion 2952.
- [21] 高生, 李慧章, 席平昌, 等. 硫酸钙椎体成形术联合椎弓根钉内固定治疗创伤性胸腰椎骨折的前瞻性研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2012, 27(7): 586-588.
- [22] Vaccaro AR, Lehman RA, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005; 30(20):2325-2333.
- [23] Siebenga J, Leferink VJM, Segers MJM, et al. Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus nonsurgical treatment. *Spine.* 2006;31:2881-2890.
- [24] Weber BR, Grod D, Dvorak J, et al. Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effect on the multifidus muscle. *Spine.* 1997;22:1765-1772.
- [25] Kim DY, Lee SH, Chung SK, et al. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine.* 2004;30:123-129.
- [26] Lee JK, Jang JW, Kim TW, et al. Percutaneous short-segment pedicle screw placement without fusion in the treatment of thoracolumbar burst fractures: is it effective? Comparative study with open short-segment pedicle screw fixation with posterolateral fusion. *Acta Neurochir.* 2013;155(12): 2305-2312.
- [27] 李长青, 罗刚, 周跃, 等. 新型微创经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折[J]. *中华创伤杂志*, 2009, 25(6): 522-525.
- [28] Tinelli M, Matschke S, Adams M, et al. Suda. Correct positioning of pedicle screws with a percutaneous minimal invasive system in spine trauma. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100:389-393.
- [29] Proietti L, Scaramuzza L, Schirò GR, et al. Tamburrelli Posterior percutaneous reduction and fixation of thoraco-lumbar burst fractures. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100:455-460.
- [30] 王洪伟, 周跃, 李长青, 等. 经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折的生物力学及临床研究[J]. *中华骨科杂志*, 2011, 31(9): 932-937.
- [31] 王洪伟, 周跃, 李长青, 等. 经伤椎与跨伤椎方向钉置钉固定脊柱骨折的生物力学对比研究[J]. *中华创伤杂志*, 2010, 26(12): 1105-1108.
- [32] Tezeren G, Kuru I. Posterior fixation of thoracolumbar burst fracture: short-segment pedicle fixation versus long segment instrumentation. *J spinal Disord Tech.* 2005;18(6):485-488.
- [33] Liao JC, Fan KF, Keorochana G, et al. Transpedicular grafting after short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar burst fracture: calcium sulfate cement versus autogenous iliac bone graft. *Spine.* 2010;35(15):1482-1488.
- [34] Liao JC, Fan KF, Chen WJ, et al. Posterior instrumentation with transpedicular calcium sulphate graft for thoracolumbar burst fracture. *Int Orthop.* 2009;33(6):1669-1675.
- [35] Walsh WR, Morberg P, Yu Y, et al. Response of a calcium sulfate bone graft substitute in a confined cancellous defect. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;406(1):228-236.
- [36] Hu GF, Xiao LW, Fu H, et al. Study on injectable and degradable cement of calcium sulphate and calcium phosphate for bone repair. *J Mater Sci Mater Med.* 2010; 21(2):627-634.
- [37] Bu BX, Wang MJ, Liu WF, et al. Short-segment posterior instrumentation combined with calcium sulfate cement vertebroplasty for thoracolumbar compression fractures: Radiographic outcomes including nonunion and other complications. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101: 227-233.