

# 不同植骨材料重建伤椎修复胸腰椎爆裂骨折：验证植骨愈合

史晓林, 刘清阁, 张昊, 田跃, 杨永明, 袁伟东(保定市第二医院骨科, 河北省保定市 071000)

## 文章亮点:

1 经椎弓根椎体内植骨是预防胸腰椎爆裂骨折术后椎体高度再丢失的一种方法, 但目前学术界对此方法的疗效尚存在争议。随着临床使用和随访总结增加, 逐渐认识到椎体及椎间隙高度丢失在术后矫正度丢失中的作用, 椎体内植骨重建椎体前中柱结构及恢复椎体形态被重新认识。

2 试验对比分析自体骨、自体骨联合同种异体骨、同种异体骨 3 种不同植骨材料在经伤椎单侧椎弓根植骨治疗的胸腰椎爆裂骨折中的效果, 发现 3 种植骨材料经单侧椎弓根重建椎体形态治疗胸腰椎爆裂骨折, 能够减少椎体高度、Cobb 角丢失和骨缺损面积, 自体骨联合同种异体骨在骨愈合及减少骨缺损方面与自体骨疗效相似, 均优于同种异体骨。

## 关键词:

生物材料; 骨生物材料; 骨缺损; 重建椎体; 自体骨; 同种异体骨移植; 胸腰椎爆裂骨折; 影像学; 对比研究

## 主题词:

生物相容性材料; 骨折; 骨移植

## 摘要

**背景:** 椎体内植骨重建椎体前中柱结构及恢复椎体形态被重新认识, 选择合适的植骨材料可以促进骨愈合, 有利于重新建立长期脊柱的稳定性。

**目的:** 探讨 3 种不同植骨材料经单侧椎弓根植入重建椎体治疗胸腰椎爆裂骨折的疗效差异。

**方法:** 纳入胸腰椎爆裂骨折患者 102 例, 按随机数字表法分 3 组治疗, 分别采用后路经单侧椎弓根植入自体骨、自体骨联合同种异体骨与同种异体骨。植骨前后采用 X 射线观察椎体前缘高度百分比及 Cobb 角, CT 观察伤椎椎体内植骨愈合, 选择终末随访 CT 用 Mimics 软件计算伤椎骨缺损面积。

**结果与结论:** 102 例患者均获得 24-36 个月随访。3 组植骨后不同时间点椎体前缘高度百分比、Cobb 角均较植骨前恢复( $P < 0.05$ ); 植骨后不同时间点 3 组间椎体前缘高度百分比比较差异无显著性意义; 同种异体骨组植骨后 9, 12, 24 个月的 Cobb 角高于自体骨组、自体骨联合同种异体骨组( $P < 0.05$ )。同种异体骨组植骨不同时间点骨愈合率低于自体骨组、自体骨联合同种异体骨组( $P < 0.05$ ), 骨缺损面积高于自体骨组、自体骨联合同种异体骨组( $P < 0.05$ )。表明 3 种植骨材料经单侧椎弓根重建椎体形态治疗胸腰椎爆裂骨折, 能够减少椎体高度、Cobb 角丢失和骨缺损面积, 自体骨联合同种异体骨在骨愈合及减少骨缺损方面与自体骨疗效相似, 均优于同种异体骨。

史晓林, 刘清阁, 张昊, 田跃, 杨永明, 袁伟东. 不同植骨材料重建伤椎修复胸腰椎爆裂骨折: 验证植骨愈合 [J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(39):6233-6239.

## Rebuilding injured vertebrae by different kinds of bone graft materials to treat thoracolumbar burst fractures: an imaging verification of bone healing

Shi Xiao-lin, Liu Qing-ge, Zhang Hao, Tian Yue, Yang Yong-ming, Yuan Wei-dong (Department of Orthopaedics, the Second Hospital of Baoding, Baoding 071000, Hebei Province, China)

## Abstract

**BACKGROUND:** Intravertebral bone graft to rebuild anterior and middle column structure and to recover vertebral morphology has been re-understood, and a suitable bone graft material can promote bone healing and be conducive to rebuild the long-term stability of the spine.

**OBJECTIVE:** To discuss the differences in clinical efficacy of three kinds of bone graft materials through unilateral pedicle to treat thoracolumbar burst fractures.

**METHODS:** Totally 102 thoracolumbar burst fracture patients were randomized into three groups: autologous bone, autologous bone combined with allogeneic bone and allogeneic bone were implanted via the unilateral pedicle, respectively, in the three groups. We measured the percentage of height of the anterior edge of vertebral body and Cobb angle by X-Ray before and after bone grafting, and used CT to observe bone graft healing, and used Mimics to measure the defect area of vertebral body at the last follow-up.

**RESULTS AND CONCLUSION:** All the 102 patients were followed-up for 24-36 months. The percentage of height of the anterior edge of vertebral body and Cobb angle of three groups were restored after bone grafting ( $P < 0.05$ ), but there was no difference in the percentage of height of the anterior edge of vertebral body of three groups at different time point after bone grafting. The Cobb angle in the allogeneic bone group was bigger than

史晓林, 男, 1972 年生, 河北省保定市人, 汉族, 副主任医师, 主要从事脊柱外科及创伤骨科的研究。

通讯作者: 田跃, 教授, 硕士生导师, 保定市第二医院骨科, 河北省保定市 071000

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

2014.39.001

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)39-06233-07

稿件接受: 2014-08-20

Shi Xiao-lin, Associate chief physician, Department of Orthopaedics, the Second Hospital of Baoding, Baoding 071000, Hebei Province, China

Corresponding author: Tian Yue, Professor, Master's supervisor, Department of Orthopaedics, the Second Hospital of Baoding, Baoding 071000, Hebei Province, China

Accepted: 2014-08-20

that in the autologous bone group and autologous bone combined with allogeneic bone group at 9, 12 and 24 months after bone grafting ( $P < 0.05$ ). The fracture healing rate of the allogeneic bone group at different time points was lower than that of the autologous bone group and autologous bone combined with allogeneic bone group ( $P < 0.05$ ), and the area of bone defect was bigger than that in the autologous bone group and autologous bone combined with allogeneic bone group ( $P < 0.05$ ). These findings indicate that these three bone graft materials can rebuild the vertebral body via the unilateral pedicle to treat thoracolumbar burst fracture, reduce the loss of vertebral height and Cobb angle, and decrease defect area of the vertebral body. The clinical efficacy of autologous bone combined with allogeneic bone to heal bone graft and reduce bone defect is similar to autologous bone, both of which are better than allogeneic bone alone.

**Subject headings:** biocompatible materials; fractures; bone transplantation

Shi XL, Liu QG, Zhang H, Tian Y, Yang YM, Yuan WD. Rebuilding injured vertebrae by different kinds of bone graft materials to treat thoracolumbar burst fractures: an imaging verification of bone healing. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(39):6233-6239.

## 0 引言 Introduction

经椎弓根椎体内植骨是预防胸腰椎爆裂骨折术后椎体高度再丢失的一种方法,但目前学术界对此方法的疗效尚存在争议<sup>[1]</sup>。随着临床使用和随访总结的增加,逐渐认识到椎体及椎间隙高度丢失在术后矫正度丢失中的作用,椎体内植骨重建椎体前中柱结构及恢复椎体形态被重新认识<sup>[2]</sup>。选择合适的植骨材料以促进骨愈合,有利于重新建立长期脊柱的稳定性<sup>[3-4]</sup>。

临床上的植骨材料主要有自体骨、同种异体骨、异体骨、加入活性因子的复合骨和人工骨材料等<sup>[5-8]</sup>。目前应用最多的是自体骨和同种异体骨,理想的植入材料仍为自体骨,它具有良好的骨诱导生长因子、骨支架及成骨细胞,无免疫排斥反应,但供骨区骨量有限,而且延长了手术时间,有增加供骨区并发症的风险。同种异体骨已有120余年的应用历史<sup>[9]</sup>,在临床骨移植中成了自体骨之后常用可行的植骨材料。同种异体骨移植与其他同种异体组织移植一样具有抗原性<sup>[10]</sup>,研究表明宿主对异体骨抗原所引发的免疫反应,受主要组织相容性复合物编码的人类白细胞抗原所决定<sup>[11]</sup>。现代骨组织库的同种异体骨,经射线辐照及冷冻干燥后破坏了细胞表面抗原,具有的骨结构及生物特性与自体骨相似,与宿主骨有较强的愈合能力,来源丰富,使用便利,可长期保持,植入体内后通过全方位再血管化、新骨形成、与宿主骨连接而实现生物学骨掺入过程,并可复合自身血小板等<sup>[12-14]</sup>。运用科学方法制备的同种异体骨可将宿主免疫反应和疾病传染性概率降到最小,植入体内后基本不发生免疫排斥反应<sup>[15]</sup>。同种异体骨可与自体骨混合使用,或间接与骨形态发生蛋白复合,也可单独使用,骨量充足,节省了手术时间,减少了出血量。

研究纳入保定市第二医院骨科2000年1月至2012年6月期间采用经椎单侧椎弓根植骨治疗的胸腰椎爆裂骨折患者102例,分别应用自体骨、自体骨联合同种异体骨、同种异体骨3种不同植骨材料,观察并比较其术后不同时间点的椎体高度、矫正度、植骨愈合及骨吸收结果。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

设计:回顾性病例分析。

**时间及地点:**于2000年1月至2012年6月在保定市第二医院骨科完成。

**对象:**选择2000年1月至2012年6月在保定市第二医院骨科就诊的胸腰椎爆裂骨折患者。

**胸腰椎爆裂骨折诊断标准:**所有患者有明确外伤史,临床症状及体征符合胸腰椎爆裂骨折,经X射线、CT、MRI检查2项或2项以上确诊为胸腰椎爆裂骨折。

**纳入标准:**①新鲜单节段胸腰椎骨折(伤后3周内)者。②按Denis分型为累及上终板的爆裂骨折,McCormack载荷分享评分为4-7分者。③至少单侧椎弓根完整或椎弓根骨折移位不明显者。④无保守治疗指征者。⑤随访至少24个月者。

**排除标准:**①多节段胸腰椎骨折或伤后超过3周的陈旧性骨折者。②有严重骨质疏松或病理性骨折者。③按Denis分型除累及上终板以外其他部位爆裂骨折,McCormack载荷分享评分为<4分或>7分者。④双侧椎弓根骨折移位明显者。⑤患有其他严重疾病及严重脏器合并伤者。

共102例患者符合选择标准,本试验获医院伦理委员会批准,患者均签署手术知情同意书。将患者按随机数字表法分成自体骨组( $n=32$ )、自体骨联合同种异体骨组( $n=36$ )、同种异体骨组( $n=34$ )。

**一般资料:**①自体骨组:男22例,女10例;年龄19-61岁,平均36.6岁。致伤原因:高空坠落伤18例,交通事故伤10例,重物砸压伤4例。载荷分享评分为4-7分,平均5.9分。骨折累及椎体: T<sub>11</sub> 3例, T<sub>12</sub> 10例, L<sub>1</sub> 13例, L<sub>2</sub> 6例。其中18例合并脊髓神经损伤。伤后手术时间: 6 h-14 d, 平均(4.6±2.4) d。②自体骨联合同种异体骨组: 男24例,女12例;年龄21-63岁,平均35.4岁。致伤原因:高空坠落伤19例,交通事故伤11例,重物砸压伤6例。载荷分享评分为4-7分,平均5.8分。骨折累及椎体: T<sub>11</sub> 4例, T<sub>12</sub> 9例, L<sub>1</sub> 14例, L<sub>2</sub> 9例。其中19例合并脊髓神经损伤。伤后手术时间: 8 h-15 d, 平均(5.4±3.6) d。③同种异体骨组: 男23例,女11例;年龄20-58岁,平均34.2岁。致伤原因:高空坠落伤20例,交通事故伤9例,重物砸压伤5例。载荷分享评分为4-7分,平均6.1分。骨折累及椎体: T<sub>11</sub> 3例, T<sub>12</sub> 11例, L<sub>1</sub> 12例, L<sub>2</sub> 8例。其中18例合并脊髓神经损伤。

伤后手术时间: 6 h-16 d, 平均(4.1±2.8) d。3组患者一般资料比较差异无显著性意义( $P > 0.05$ ), 具有可比性。

**材料:** 自体骨取自患者髂骨或局部减压(椎板、棘突、小关节突); 同种异体骨由山西奥瑞生物材料有限公司制成的冷冻干燥骨粒, 经过测试无细胞毒性、血液及组织相容性问题。

#### 方法:

**植骨方式:** 所有患者采用全身麻醉后俯卧位, 后正中显露伤椎及邻近椎体双侧关节突。邻近正常椎体双侧椎弓根置入单轴向螺钉, 骨折较轻或无骨折一侧椎弓根置入单轴向螺钉。对有神经损伤行椎板减压, 术中探查椎管有骨块占位行椎管环形减压; 对有神经根损伤行神经根通道扩大减压。将连接棒预弯并安装固定伤椎置钉侧椎弓根螺钉。在置钉椎体对侧经椎弓根钻孔作为植骨通道, 经过植骨通道用带角度刮匙、髓核钳将凹陷的终板进行复位, 其内分别植入不同植骨材料(植入骨量均为4-8 g), 然后安装好植骨侧连接杆和横连。透视后内固定及植骨位置无异常, 逐层缝合切口。

**术后处理:** 术后常规头孢二代预防感染24-48 h。根据切口内引流量, 术后48-72 h拔除引流管, 进行腰背肌锻炼, 术后卧床6-8周后佩戴胸腰部支具保护下地活动, 维持佩戴胸腰部支具6个月至1年。

**主要观察指标:** 植骨前、植骨后1周、3个月、6个月、9个月、12个月、24个月定期复查X射线、CT。①测量对比Cobb角及伤椎椎体前缘高度百分比进行评价<sup>[16]</sup>。②CT影像观察骨愈合情况, 将伤椎骨愈合分3类: 骨愈合, 伤椎内骨小梁与整个植骨区域连续贯穿且排列有序, 植骨区域表现无骨吸收; 部分骨愈合, 伤椎内骨小梁与部分植骨区域连续贯穿且排列有序, 部分植骨区域为骨吸收的低密度区; 骨不愈合, 伤椎与植骨区域间无骨小梁通过, 植骨区域为骨吸收的低密度区。③伤椎骨缺损面积: 选择末次随访CT, 以伤椎为中心的CT薄扫取得DICOM文件, 应用Mimics软件(Materialise公司, 比利时)的Edit mask工具对骨组织进行编辑, 将伤椎及骨缺损单独分离出来, 利用三维计算功能计算出伤椎椎体面积及骨缺损面积, 骨缺损面积占椎体面积百分比。

**统计学分析:** 数据输入SPSS 13.0统计学软件进行分析, 所有计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 影像学资料测量结果进行配对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** 按意向性处理分析, 纳入的102例胸腰椎爆裂骨折患者全部进入结果分析。

**2.2 随访情况** 102例患者均获得24-36个月随访, 平均随访27.1个月。

**2.3 手术操作并发症** 所有患者伤椎均完成单侧置钉、植骨, 未因伤椎单侧置钉、植骨操作引起脊髓神经损伤或加

重, 手术部位无感染。

**2.4 影像学结果比较** 3组植骨后各时间点伤椎椎体前缘高度百分比及Cobb角与植骨前比较均明显恢复( $P < 0.05$ )。植骨9个月以后, 3组椎体前缘高度及Cobb角比植骨后6个月内均有所增加, 但3组间植骨后各时间点椎体前缘高度百分比差异无显著性意义( $P > 0.05$ ); 同种异体骨组植骨9个月后Cobb角较植骨后1周增加明显( $P < 0.05$ ), 但自体骨组、自体骨联合同种异体骨组各时间点Cobb角比较差异无显著性意义( $P > 0.05$ ), 见**表1**。自体骨组、自体骨联合同种异体骨组植骨后各时间点的骨愈合率比较差异无显著性意义( $P > 0.05$ ), 同种异体骨组和自体骨组、自体骨联合同种异体骨组间各时间点的骨愈合率比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ ), 见**表2**。

**2.5 终末随访CT椎体内骨缺损情况** 同种异体骨组的骨缺损面积(8.1±4.2)%与自体骨组(3.1±2.2)%、自体骨联合同种异体骨组(4.2±3.7)%比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。

**2.6 不良反应** 自体骨组和自体骨混合同种异体骨组切口均I期愈合, 无排斥反应等并发症; 同种异体骨组有3例患者出现伤口红肿渗液, 行细菌培养无细菌生长, 经局部换药处理后愈合; 无使用同种异体骨出现感染肝炎或艾滋病者。

#### 2.7 典型病例

**病例1:** 55岁男性患者, 因高空坠落伤致L<sub>1</sub>爆裂骨折并不完全性脊髓损伤, 骨折累及L<sub>1</sub>椎体, Denis B型骨折, 术前载荷评分7分。患者入院后7 d全身病情稳定, 在全麻麻醉下行腰后路T<sub>12</sub>-L<sub>2</sub>椎弓根内固定椎管减压、伤椎单侧置钉、对侧经椎弓根椎体内植入自体骨, 术后随访24个月, 术后复查影像学提示椎体骨折复位满意, 脊髓损伤恢复, 终末随访CT显示椎体内植骨区域骨愈合(**图1**)。

**病例2:** 43岁女性患者, 因交通事故伤致T<sub>12</sub>爆裂骨折并不完全性脊髓损伤, 骨折累及T<sub>12</sub>椎体, Denis B型骨折, 术前载荷评分6分。患者入院后3 d全身病情稳定, 在全麻麻醉下行腰后路T<sub>11</sub>-L<sub>1</sub>椎弓根内固定椎管减压、伤椎单侧置钉、对侧经椎弓根椎体内植入自体骨混合同种异体骨, 术后随访28个月, 术后复查影像学提示椎体骨折复位满意, 脊髓损伤恢复, 终末随访CT显示椎体内植骨区域部分骨愈合(**图2**)。

**病例3:** 49岁男性患者, 因重物砸伤致T<sub>12</sub>爆裂骨折, 骨折累及T<sub>12</sub>椎体, Denis B型骨折, 术前载荷评分4分。患者入院后4 d全身病情稳定, 在全麻麻醉下行腰后路T<sub>11</sub>-L<sub>1</sub>椎弓根内固定伤椎单侧置钉、对侧经椎弓根椎体内植入同种异体骨, 术后随访25个月, 术后复查影像学提示椎体骨折复位满意, 终末随访CT显示椎体内植骨区域不愈合(**图3**)。

## 3 讨论 Discussion

后路跨伤椎或伤椎置钉椎弓根螺钉系统治疗胸腰椎骨折, 虽然伤椎外形得到恢复, 但原有的骨架结构并不能获得重建, 骨折愈合后伤椎椎体内出现骨缺损。Daniaux<sup>[17]</sup>最早采用后路椎弓根复位固定经椎弓根行骨折椎体内植入

表 1 各组患者植骨前后不同时间的伤椎椎体高度、Cobb 角情况

Table 1 The height of the injured vertebral body and Cobb angle at different time before and after bone grafting in different groups ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	椎体前缘高度(%)					
	植骨前	植骨 1 周内	植骨 3 个月	植骨 6 个月	植骨 9 个月	植骨 12 个月
自体骨组	62.3±2.1	94.1±3.2 <sup>a</sup>	93.6±3.1 <sup>a</sup>	93.4±3.6 <sup>a</sup>	93.3±4.6 <sup>a</sup>	92.6±3.9 <sup>a</sup>
自体骨联合同种异体骨组	63.6±2.8	93.6±1.6 <sup>a</sup>	93.2±2.8 <sup>a</sup>	93.0±2.1 <sup>a</sup>	92.8±3.6 <sup>a</sup>	92.2±3.7 <sup>a</sup>
同种异体骨组	63.0±3.1	94.4±3.4 <sup>a</sup>	93.9±3.1 <sup>a</sup>	93.2±3.0 <sup>a</sup>	92.4±3.3 <sup>a</sup>	91.9±3.9 <sup>a</sup>

组别	Cobb 角(°)					
	植骨前	植骨 1 周内	植骨 3 个月	植骨 6 个月	植骨 9 个月	植骨 12 个月
自体骨组	16.8±3.1	3.5±3.1 <sup>a</sup>	3.9±3.4 <sup>a</sup>	4.3±4.5 <sup>a</sup>	4.5±3.5 <sup>ab</sup>	4.8±4.2 <sup>ab</sup>
自体骨联合同种异体骨组	17.1±3.7	3.1±2.3 <sup>a</sup>	3.9±3.6 <sup>a</sup>	4.0±3.1 <sup>a</sup>	4.3±3.4 <sup>ab</sup>	4.6±4.6 <sup>ab</sup>
同种异体骨组	16.9±3.4	3.8±4.5 <sup>a</sup>	4.3±4.3 <sup>a</sup>	4.8±3.5 <sup>a</sup>	6.1±3.9 <sup>a</sup>	6.3±5.4 <sup>a</sup>

表注: 与植骨前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ; 与同种异体骨比较, <sup>b</sup> $P < 0.05$ .

表 2 各组植骨后不同时间骨愈合率的比较

Table 2 The fracture healing rate at different time after bone grafting (n/%)

组别	n	植骨 1 周	植骨 3 个月	植骨 6 个月	植骨 9 个月	植骨 12 个月	植骨 24 个月
自体骨组	32	0	5/16	8/25	22/69	28/88	31/97
自体骨联合同种异体骨组	36	0	5/14	8/22	19/53	30/83	34/94
同种异体骨组	34	0	0 <sup>a</sup>	4/12 <sup>a</sup>	13/38 <sup>a</sup>	22/65 <sup>a</sup>	31/91 <sup>a</sup>

表注: 与其他两组比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ .



图 1 自体骨移植治疗 L<sub>1</sub> 爆裂骨折患者前后的影像学图片

Figure 1 The images of L<sub>1</sub> burst fracture before and after treated by autologous bone graft

图注: 图中 A、B 为术前 X 射线侧位、CT 片, 显示 L<sub>1</sub> 椎体爆裂骨折, 椎体前缘压缩, 上终板骨折, 椎管内骨块占位, 压迫脊髓; C 为术前 MRI 图片, 显示 L<sub>1</sub> 骨折, 后方韧带复合体完全损伤; D 为内固定后 1 周复查 X 射线侧位片, 显示骨折复位好, 脊柱生理弧度恢复; E、F 为内固定后 3 个月复查 X 射线侧位、CT 片, X 射线侧位片显示椎体高度及 Cobb 角维持良好, CT 显示椎体内植骨无骨吸收; G、H 为内固定后 24 个月复查 X 射线侧位、CT 片, X 射线侧位片显示椎体高度及 Cobb 角无明显丢失, CT 显示椎体内植骨区域骨愈合, 无骨缺损。

自体骨治疗胸腰椎骨折, 目前该方法在临床被推广。经伤椎椎弓根通道行椎体内植骨, 能即刻恢复伤椎的高度与外形, 修复椎体内骨缺损, 重建伤椎椎体强度, 预防椎体再塌陷, 从而减少内固定失败及后凸矫正丢失<sup>[16-18-19]</sup>。

目前较多应用同种异体骨和自体骨经伤椎植骨重建椎体。自体骨主要取材方便、无排斥、成骨能力强, 被视为骨移植金标准, 但存在增加二次创伤, 取骨区并发症及骨量有限等缺点<sup>[20-21]</sup>。同种异体骨是目前骨科常用骨植入材

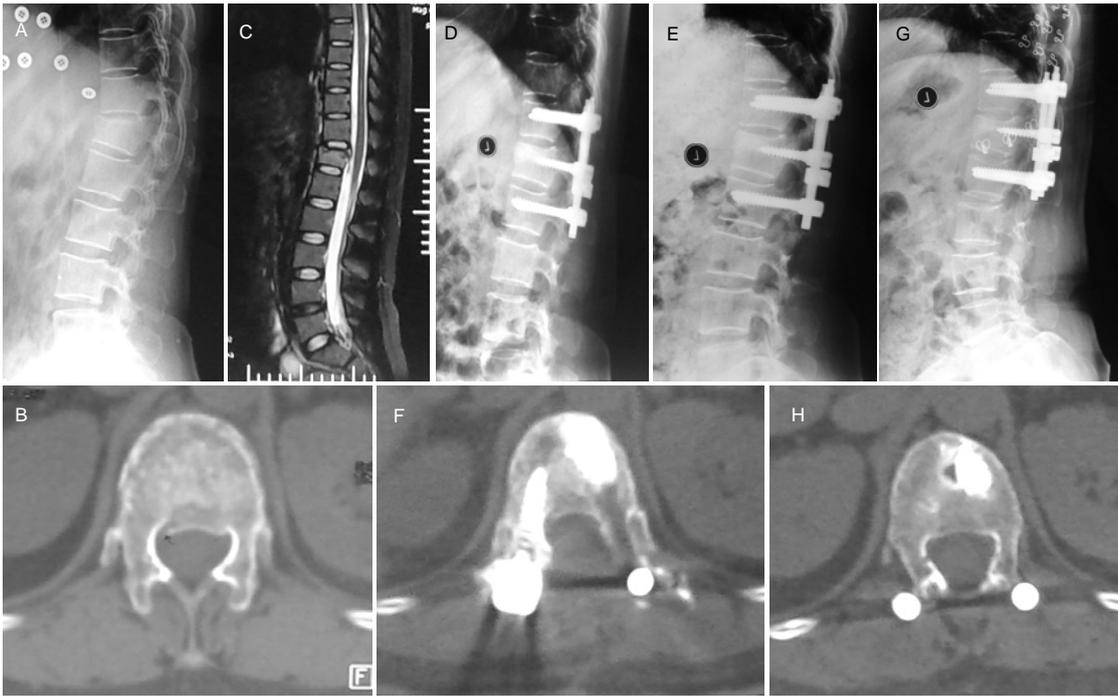


图2 自体骨联合同种异体骨移植治疗 T<sub>12</sub>爆裂骨折患者前后的影像学图片

Figure 2 The images of T<sub>12</sub> burst fracture before and after treated by autologous bone combined with allogeneic bone

图注: 图中 A、B 为术前 X 射线侧位、CT 片, 显示 T<sub>12</sub> 椎体爆裂骨折, 椎体前缘压缩, 上终板骨折, 椎管内骨块占位, 压迫脊髓; C 为术前 MRI 图片, 显示 T<sub>12</sub> 骨折, 后方韧带复合体不完全损伤; D 为内固定后 1 周复查 X 射线侧位片, 显示骨折复位好, 脊柱生理曲度恢复; E、F 为内固定后 3 个月复查 X 射线侧位、CT 片, X 射线侧位片显示椎体高度及 Cobb 角维持良好, C 片 T 显示椎体内植骨无吸收; G、H 为内固定后 28 个月复查 X 射线侧位、CT 片, X 射线侧位片显示椎体高度及 Cobb 角无明显丢失, CT 显示椎体内植骨区域部分骨愈合、骨缺损。

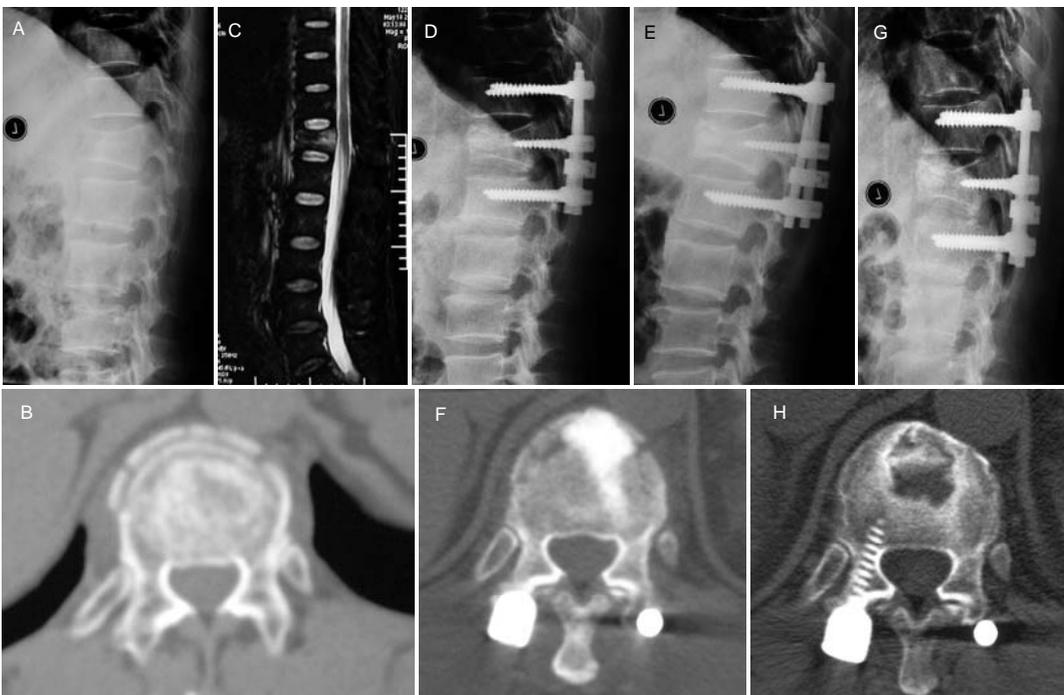


图3 同种异体骨移植治疗 T<sub>12</sub>爆裂骨折患者前后的影像学图片

Figure 3 The images of T<sub>12</sub> burst fracture before and after treated by allogeneic bone

图注: 图中 A、B 为术前 X 射线侧位、CT 片, 显示 T<sub>12</sub> 椎体爆裂骨折, 椎体前缘压缩, 上终板骨折; C 为术前 MRI 图片, 显示 T<sub>12</sub> 骨折, 后方韧带复合体不完全损伤; D 为内固定后 1 周复查 X 射线侧位片, 显示骨折复位好, 脊柱生理曲度恢复; E、F 为内固定后 3 个月复查 X 射线侧位、CT 片, X 射线侧位片显示椎体高度及 Cobb 角维持良好, CT 片显示椎体内植骨无吸收; G、H 为内固定后 25 个月复查 X 射线侧位、CT 片, X 射线侧位片显示椎体高度及 Cobb 角无明显丢失, CT 显示椎体内植骨区域骨不愈合、骨缺损。

料, 无需额外手术取骨, 供量大, 可提供支架作用支持椎体骨折复位, 具有一定的骨诱导活性作用<sup>[22-24]</sup>, 但与宿主的组织相容性抗原存在差异, 骨诱导活性相对较弱, 可出现排斥、交叉感染、骨愈合慢及骨吸收风险。经椎弓根椎体内植骨不需要增加切口, 剥离组织少, 创伤小, 术后并发症少。手术切口在原切口进行, 经过伤椎一侧植骨, 可以使用去除棘突、椎板时取下的碎骨, 部分患者不需减压或单侧有限减压患者骨量不足, 可用同种异体骨或自体骨与同种异体骨混合植骨, 可减少局部自体骨骨量不足, 避免取骨后局部出现的并发症, 保留部分自体骨成骨作用, 促进植骨部位愈合<sup>[25]</sup>。

本研究均采用伤椎单侧椎弓根椎体内植入不同植骨材料为观察点, 对102例胸腰椎骨折患者随机分组, 分别采用自体骨、自体骨联合同种异体骨、同种异体骨为植骨材料, 比较3种不同植骨材料间在不同时间点伤椎椎体高度、后凸畸形矫正及骨愈合、骨吸收程度的差异。3组在术后不同时间点椎体前缘高度百分比比较术前均有明显改善, 同时在术后不同时间点组间椎体前缘高度百分比无明显变化, 说明椎体内植入不同植骨材料都可对椎体骨折区域复位, 增加椎体高度, 使伤椎恢复接近于正常形态, 术后均很好维持椎体高度。3组在术后不同时间点Cobb角与术前比较均获得有效改善, 同时组间在随访植骨术后3, 6个月时, Cobb角变化不大, 说明椎体内植骨可有效矫正脊柱后凸畸形, 能够增强脊柱屈曲压缩刚度, 脊柱初始稳定性获得重建<sup>[26]</sup>; 但自体骨组、自体骨联合同种异体骨组在随访植骨后9, 12, 24个月时, 发现Cobb角稍微增加; 同种异体骨组在随访9, 12, 24个月时, 发现Cobb角增大明显, 这说明矫正度丢失主要与无法修复损伤椎间盘导致椎间隙高度丢失, 同时与骨质融合延迟、内固定应力遮挡有关<sup>[27-28]</sup>。自体骨组、自体骨联合同种异体骨组骨愈合在各时间点均相似, 但同种异体骨组与自体骨组、自体骨联合同种异体骨组间各时间点骨愈合差异明显。说明经化学、冻干处理后的同种异体骨缺少骨诱导活性细胞, 但能为骨的爬行替代起支架作用, 所以同种异体骨比自体骨、自体骨与同种异体骨混合在骨愈合和重塑的时间要长, 术中使用坚强内固定和术后支具外固定时间越长, 更有利骨愈合。本研究中3组间一般资料比较差异无显著性意义, 但3组末次随访CT发现都出现不同程度骨缺损, 自体骨组、自体骨联合同种异体骨组骨缺损面积分别约为3.1%, 4.2%, 同种异体骨组骨缺损面积约为8.1%, 主要集中在椎体前缘中央部分及上终板薄弱区附近<sup>[29]</sup>。自体骨组、自体骨联合同种异体骨组与同种异体骨组间骨缺损面积存在差异, 说明椎体内植入不同骨材料均可有效减少骨缺损面积, 但不能完全避免骨缺损。

通过本研究分析骨缺损原因: ①选用髂骨或局部减压获得自体骨为植骨材料, 骨量不能够保证, 骨材料准备中无法彻底清除骨质上的软组织, 在骨愈合过程中存在软组

织吸收<sup>[30]</sup>; 同种异体骨移植后也能引起免疫反应, 伴有骨吸收的无菌性炎症和原因不明的骨吸收<sup>[31]</sup>, 不同植骨材料的骨愈合时间点不同, 骨缺损面积也不同。②胸腰椎爆裂为累及上终板的B型骨折, 在撑开复位过程中不能有效将挤入骨折内终板及髓核复位, 作为有免疫性“隔离抗原”的髓核组织暴露在椎体内, 抗原完全暴露, 具有自身免疫反应的倾向<sup>[32]</sup>。骨免疫学研究也发现免疫细胞能够产生大量炎症因子促进骨的破坏<sup>[33]</sup>。同时伤椎在撑开复位不能有效恢复椎体内压缩的骨小梁, 在血管化过程中死骨被吸收<sup>[34]</sup>, 导致伤椎椎体内骨缺损形成。③单侧椎弓根途径植入不同植骨材料修复椎体内骨缺损, 植骨通道的深度可以调整, 但植骨通道角度受到椎弓根结构特点影响, 导致植骨量不足, 植骨分布不均匀, 无法保证植骨范围而有效消除伤椎内骨缺损。④术后保持植骨处局部稳定性有利于骨愈合, 实验及临床经验表明, 宿主骨-移植骨界面固定牢固并保持稳定, 就可获得快速骨愈合<sup>[35-37]</sup>。植骨愈合是一个渐进过程, 术后不佩戴支具或不恰当地活动, 导致应力集中在内固定, 骨折部位微动, 导致植骨吸收而形成骨缺损。

因此, 经单侧椎弓根植入3种不同骨材料重建椎体治疗胸腰椎爆裂骨折, 能够有效减少椎体高度、Cobb角丢失和骨缺损面积, 但不能完全避免, 应根据患者选择个性化植入骨材料, 了解植入骨材料的不同骨愈合时间点, 术后辅助支具保护, 减少伤椎椎体内骨缺损形成, 可避免内固定失效及术后矫正度丢失。本研究通过影像学还发现骨缺损面积大小与上终板损伤程度存在关联, 因获得的病例数少, 需大样本、多中心、长期随访进一步研究证实是否存在关系。

**作者贡献:** 史晓林进行试验设计, 实施为史晓林和田跃, 评估为史晓林、杨永明及袁伟东, 资料收集为史晓林、刘清阁及张昊, 史晓林成文, 田跃审校, 史晓林对文章负责。

**利益冲突:** 文章及内容不相关利益冲突。

**伦理要求:** 试验获得保定市第二医院伦理委员会批准。临床试验参加研究的人员均具有专业技术职称, 经过相关培训。

**学术术语:** 同种异体骨-经射线辐照及冷冻干燥后破坏了细胞表面抗原, 具有的骨结构及生物特性与自体骨相似, 与宿主骨有较强的愈合能力, 来源丰富, 使用便利, 可长期保持, 植入体内后通过全方位再血管化、新骨形成、与宿主骨连接而实现生物学骨掺入过程, 并可复合自身血小板等。

**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] Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, et al. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure? Spine (Phila Pa 1976). 2001;26(2):213-217.

- [2] 李利, 史亚民, 候树勋, 等. 经椎弓根椎体内植骨与后外侧植骨治疗胸腰椎爆裂骨折的影像学研究[J]. 中华外科杂志, 2011, 49(2): 140-144.
- [3] 赵栋, 邱贵兴, 仇建国. 腰椎融合技术及其临床研究进展[J]. 中华骨科杂志, 2007, 27(4): 298-300.
- [4] Cragg A, Carla A, Castaneda F, et al. New percutaneous access method for minimally invasive anterior lumbosacral surgery. *J Spinal Disord Tech.* 2004; 17(1): 21-28.
- [5] Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24(Suppl): 218-236.
- [6] Khojasteh A, Behnia H, Shayesteh YS, et al. Localized bone augmentation with cortical bone blocks tented over different particulate bone substitutes: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27(6): 1481-1493.
- [7] Bose S, Roy M, Bandyopadhyay A. Recent advances in bone tissue engineering scaffolds. *Trends Biotechnol.* 2012; 30(10): 546-554.
- [8] Zimmermann G, Moghaddam A. Allograft bone matrix versus synthetic bone graft substitutes. *Injury.* 2011; 42(2): 16-21.
- [9] Rush SM. Bone graft substitutes: osteobiologics. *Clin Podiatr Med Surg.* 2005; 22(4): 619-630, viii.
- [10] Friedlaender GE. Immune responses to osteochondral allografts. Current knowledge and future direction. *Clin Orthop Relat Res.* 1983; 174(4): 58-68.
- [11] Muscolo DL, Caletti E, Schajowecz F, et al. Tissue-typing in human massive allografts of frozen bone. *J Bone Joint Surg Am.* 1987; 69(4): 583-595.
- [12] Guo S, Feng W, Jia Y. Lyophilized small-segment allogeneic bone in repairing bone defect due to benign bone tumor and tumor-like lesions after resection and curettage. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2007; 21(8): 789-792.
- [13] Buecker PJ, Gebhardt MC. Are fibula strut allografts a reliable alternative for periarticular reconstruction after curettage for bone tumors?. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; 461(8): 170-174
- [14] Smrke D, Gubina B, Domanovic D, et al. Allogeneic platelet gel with autologous cancellous bone graft for the treatment of a large bone defect. *Eur Surg Res.* 2007; 39(3): 170-174.
- [15] 施建党, 王自立, 王沛, 等. 同种异体骨与自体骨在颈椎结核植骨融合中的应用比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2011, 25(11): 1290-1293.
- [16] 史晓林, 杨永明, 张昊, 等. 经伤椎椎弓根植骨结合椎弓根螺钉治疗胸腰椎骨折远期疗效[J]. 国际骨科学杂志, 2011, 32(4): 265-266.
- [17] Daniaux H. Transpedicular repositioning and spongiosis in fracture of the vertebral bodies of the lower thoracic and lumbar spine. *Unfallchirurg.* 1986; 89(5): 197-213.
- [18] 周飞, 魏丽红. 同种异体骨结合自体骨经伤椎椎弓根椎体内植骨治疗胸腰椎骨折的临床研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 29(1): 12-14.
- [19] 张少华, 牛海涛, 张斌, 等. 经椎弓根椎体内植入自体骨、同种异体骨、重组蛋白异体骨骨碎块等材料治疗胸腰段爆裂骨折56例[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(19): 3677-3680.
- [20] Ito Z, Matsuyama Y, Sakai Y, et al. Bone union rate with autologous iliac bone versus local bone graft in posterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010; 35(21): E1101-1105.
- [21] Myeroff C, Archdeacon M. Autogenous bone graft: donor sites and techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93(23): 2227-2236.
- [22] 袁振超, 陈远明, 陈锋, 等. 腰椎滑脱症椎间植骨融合中3种植骨材料的远期效果对比[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2013, 17(16): 3033-3040.
- [23] Tomford WW. Bone allografts: past, present and future. *Cell Tissue Bank.* 2000; 1(2): 105-109.
- [24] 山富彦. 不同植骨材料联合钉棒系统在胸腰椎结核植骨融合术的应用和比较[J]. 实用医学杂志, 2012, 28(14): 2416-2418.
- [25] 丁悦, 秦础强, 黄东生, 等. 原位自体骨与同种异体骨混合移植在腰椎后外侧融合术中的应用[J]. 中国修复重建外科杂志, 2009, 23(5): 524-526.
- [26] 敖俊, 辛志军, 陈方, 等. 两种植骨法对胸腰椎爆裂骨折复位后骨缺损空腔残存率及压缩刚度的影响[J]. 中国修复重建外科杂志, 2013, 27(8): 974-979.
- [27] 曾忠友, 张建乔, 金才益, 等. 经伤椎置钉椎弓根螺钉系统固定治疗胸腰椎骨折2年以上随访结果[J]. 中国骨伤, 2012, 25(2): 128-132.
- [28] 赵镒汶, 徐晓峰, 曹兴兵, 等. 26例胸腰段压缩骨折后路短节段内固定术后矫正丢失的观察与分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(8): 828-831.
- [29] 印飞, 张绍东, 吴小涛, 等. 短节段椎弓根螺钉复位固定伤椎内植骨治疗Denis B型胸腰椎骨折的影像学观察[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(4): 341-346.
- [30] 贺聚良, 詹新立, 肖增明. 不同植骨材料及方法对腰椎滑脱融合的影响[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(16): 3153-3156.
- [31] 左健, 康健敏, 潘乐. 同种异体骨移植用于骨缺损修复的应用现状[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(18): 3395-3398.
- [32] Takshashi H, Suguro T, Okazima Y, et al. Inflammatory cytokines in the herniated disc of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996; 21(2): 218-224.
- [33] Lorenzo J, Choi Y, Horowitz M, et al. Osteoimmunology: Interactions of the Immune and Skeletal Systems. *Academic Press.* 2010: 1-5.
- [34] 刘建泉, 于远洋, 孔祥录, 等. 经椎弓根椎体内植骨治疗胸腰椎骨折的影像学观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 3(1): 45-48.
- [35] Stevenson S, Li XQ, Davy DT, et al. Critical biological determinants of incorporation of non-vascularized cortical bone grafts: quantification of a complex process and structure. *J Bone Joint Surg Am.* 1997; 79(1): 1-16.
- [36] Vander Griend RA. The effect of internal fixation on the healing of large allografts. *J Bone Joint Surg Am.* 1994; 76(5): 657-663.
- [37] Lin KY, Bartlett SP, Yaremchuk MJ, et al. The effect of rigid fixation on the survival of onlay bone grafts: an experimental study. *Plast Reconstr Surg.* 1990; 86(3): 449-456.