

短节段加伤椎固定结合硫酸钙填充 治疗胸腰椎爆裂骨折

殷 军, 李爱民, 王 宁, 赵东升, 张丙磊, 赵玉麟

(青岛市骨伤科医院骨科 266021)

【摘要】目的:探讨短节段加伤椎固定结合硫酸钙填充治疗胸腰椎爆裂骨折的临床效果。**方法:**2005 年 1 月~2008 年 10 月,对 91 例胸腰椎爆裂骨折患者分别采用短节段加伤椎固定结合硫酸钙椎体成形(A 组,32 例)、短节段加伤椎固定(B 组,29 例)和短节段固定结合硫酸钙椎体成形(C 组,30 例)治疗。所有患者术后至少随访 13 个月。对三组患者的临床资料(包括术前、术后及末次随访的 Cobb 角、伤椎前缘高度比值和 VAS 疼痛评分等)进行比较分析。**结果:**三组病例在年龄、性别、损伤节段和术前神经功能方面无显著性差异($P>0.05$)。随访中有神经功能损害的患者 Frankel 分级都有 1~2 级的神经功能恢复。B 组手术时间和术中出血量($83.5\pm 15.6\text{min}$, $226.4\pm 28.5\text{ml}$)比 A 组($93.5\pm 13.4\text{min}$, $243.4\pm 30.4\text{ml}$)、C 组($90.4\pm 13.3\text{min}$, $237.4\pm 25.5\text{ml}$)少($P<0.05$)。术前三组椎体前缘高度比值($48.6\%\pm 8.1\%$, $47.3\%\pm 8.6\%$, $47.9\%\pm 7.7\%$)、Cobb 角($28.6^\circ\pm 4.2^\circ$, $28.8^\circ\pm 5.7^\circ$, $29.8^\circ\pm 4.5^\circ$)比较无显著性差异($P>0.05$);术后 A 组($96.2\%\pm 3.2\%$, $5.2^\circ\pm 1.2^\circ$)、B 组($96.8\%\pm 3.5\%$, $5.3^\circ\pm 1.1^\circ$)优于 C 组($94.8\%\pm 4.3\%$, $6.3^\circ\pm 1.8^\circ$)($P<0.05$);末次随访时 A 组($96.1\%\pm 2.6\%$, $5.7^\circ\pm 2.6^\circ$)优于 B 组($93.7\%\pm 3.7\%$, $6.8^\circ\pm 3.1^\circ$)和 C 组($94.2\%\pm 3.3\%$, $29.8^\circ\pm 4.5^\circ$)($P<0.05$)。三组丢失的椎体前缘高度、Cobb 角比较 A 组($2.1\%\pm 0.1\%$, $1.2^\circ\pm 0.8^\circ$)、C 组($2.3\%\pm 0.1\%$, $1.4^\circ\pm 0.5^\circ$)小于 B 组($5.1\%\pm 0.2\%$, $3.7^\circ\pm 1.6^\circ$)($P<0.05$)。末次随访时 VAS 评分三组之间无显著性差异($P>0.05$)。B 组 1 例螺钉断裂, C 组有 1 例内固定松动移位, A 组无内固定失败病例。**结论:**短节段加伤椎固定结合硫酸钙椎体成形治疗胸腰椎爆裂骨折能够有效恢复并维持伤椎的高度, 提供了伤椎前中柱支撑和固定, 疗效较好。

【关键词】 胸腰椎爆裂骨折;硫酸钙;椎体成形术;短节段加伤椎固定

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.07.08

中图分类号: R687.3, R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-07-0561-05

The treatment of thoracolumbar burst fracture by using vertebroplasty combined with the fixation of injured vertebra/YIN Jun, LI Aimin, WANG Ning, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(7): 561~565

【Abstract】 Objective: To explore the clinical treatment results for thoracolumbar burst fracture by using vertebroplasty with calcium sulfate cement combined with the fixation of injured vertebra. **Method:** From January 2005 to December 2008, 91 patients with thoracolumbar burst fracture were divided into three groups: group A, 32 patients underwent three-level fixation including fractured vertebra using vertebroplasty with injectable calcium sulfate; group B, 29 patients were fixed three-level vertebra including injured vertebra; group C, 30 cases underwent short-segment fixation combined with injectable calcium sulfate vertebroplasty. The least follow-up time was 13 months. Radiographic parameters and clinical outcomes were compared among 3 groups. **Result:** The 3 groups were similar in age, sex, fracture levels and preoperative neurologic status distribution. All patients with neurologic deficits were improved at the final follow-up. Operation time and blood loss in group B ($83.5\pm 15.6\text{min}$, $226.4\pm 28.5\text{ml}$) were less than group A ($93.5\pm 13.4\text{min}$, $243.4\pm 30.4\text{ml}$) and group C ($90.4\pm 13.3\text{min}$, $237.4\pm 25.5\text{ml}$) ($P<0.05$). The ratio of anterior vertebral height ($48.6\%\pm 8.1\%$, $47.3\%\pm 8.6\%$, $47.9\%\pm 7.7\%$) and the Cobb angle ($28.6^\circ\pm 4.2^\circ$, $28.8^\circ\pm 5.7^\circ$, $29.8^\circ\pm 4.5^\circ$) had no statistical significance preoperatively ($P>0.05$), but which in group A ($96.2\%\pm 3.2\%$, $5.2^\circ\pm 1.2^\circ$) and group B ($96.8\%\pm 3.5\%$, $5.3^\circ\pm 1.1^\circ$) were better than group

第一作者简介: 男(1975-), 主治医师, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0532)83612630 E-mail: yj19750801@sina.com

通讯作者: 王宁 E-mail: wangning175@163.com

C ($94.8\% \pm 4.3\%$, $6.3^\circ \pm 1.8^\circ$) postoperatively. At the last follow-up, the ratio of anterior vertebral height and the Cobb angle in group A ($97.1\% \pm 2.6\%$, $5.7^\circ \pm 2.6^\circ$) were better than group B ($93.7\% \pm 3.7\%$, $6.8^\circ \pm 3.1^\circ$) and group C ($94.2\% \pm 3.3\%$, $29.8^\circ \pm 4.5^\circ$) ($P < 0.05$). The loss of ratio of anterior vertebral height and Cobb angle in the group A ($2.1\% \pm 0.1\%$, $1.2^\circ \pm 0.8^\circ$) and group C ($2.3\% \pm 0.1\%$, $1.4^\circ \pm 0.5^\circ$) were less than group B ($5.1\% \pm 0.2\%$, $3.7^\circ \pm 1.6^\circ$) at the follow-up, and the difference was statistical significance ($P < 0.05$). The VAS score had no statistical significance among the 3 groups at the final follow-up ($P > 0.05$). There was 1 case of broken screws in group B and 1 case of implant failure in group C, while there was no implant failure in group A.

Conclusion: The surgery of fixation of fractured vertebra with calcium sulfate cement vertebroplasty is a safe and effective method for the treatment of thoracolumbar burst fracture. It can restore the vertebral mechanical strength, achieve and maintain kyphosis correction, decrease the instrument failure rate and loss of vertebral height.

【Key words】 Thoracolumbar burst fracture; Calcium sulfate cement; Vertebroplasty; Fixation of fractured vertebra

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Qingdao Hospital of Orthopaedics, Qingdao, 266021, China

后路椎弓根螺钉系统复位固定治疗胸腰椎骨折是临床治疗胸腰椎骨折的经典方法, 但内固定松动、断裂、后凸角增加、椎体高度丢失及遗留慢性腰背疼痛等并发症也较多。2005 年 1 月~2008 年 12 月, 我院共收治 91 例胸腰椎爆裂骨折患者, 分别采用短节段加伤椎固定结合硫酸钙椎体成形、短节段加伤椎固定和短节段固定结合硫酸钙椎体成形治疗, 回顾分析不同手术方法治疗的临床效果, 报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

病例纳入标准: ①新鲜的胸腰椎爆裂骨折; ②Denis 分型 B 型: 爆裂骨折; ③神经症状, Frankel 分级 C~E 级; ④脊柱载荷评分 (Load-Sharing Scoring System)^[1] 4~6 分。病例排除标准: ①陈旧性骨折; ②病理性骨折; ③椎体后壁遭到严重破坏, 椎管内有游离骨片; ④神经功能受损严重, Frankel 分级 A 或 B 级; ⑤脊柱载荷评分 < 4 分或 > 7 分。

2005 年 1 月~2008 年 12 月, 我院收治的符合上述标准的胸腰椎爆裂骨折患者共 91 例。分别采用: 短节段加伤椎固定结合硫酸钙椎体成形术 (A 组)、短节段加伤椎固定术 (B 组) 或短节段固定结合硫酸钙椎体成形术 (C 组) 治疗胸腰椎爆裂骨折。

A 组: 32 例, 男 22 例, 女 10 例; 年龄 21~65 岁, 平均 36.8 岁。Frankel 分级: C 级 1 例, D 级 16 例, E 级 15 例。骨折部位: T11 3 例, T12 14 例, L1 10 例, L2 5 例; 随访 13~27 个月, 平均 15.6 个

月。

B 组: 29 例, 男 18 例, 女 11 例, 年龄 19~70 岁, 平均 38.3 岁。Frankel 分级: C 级 1 例, D 级 16 例, E 级 12 例。骨折部位: T11 2 例, T12 14 例, L1 8 例, L2 5 例; 随访 12~28 个月, 平均 14.7 个月。

C 组: 30 例, 男 18 例, 女 12 例, 年龄 19~73 岁, 平均 37.5 岁。Frankel 分级: C 级 2 例, D 级 13 例, E 级 15 例。骨折部位: T11 4 例, T12 16 例, L1 7 例, L2 3 例。C 组术后随访 12~29 个月, 平均 16.1 个月。

所有患者受伤至手术时间 1~7d, 平均 3.7d。

1.2 手术方法

1.2.1 手术器械及材料 椎弓根螺钉 (常州康辉医疗器械公司生产 SF-F 脊柱内固定系统), 硫酸钙人工骨 (注射型医用硫酸钙 MIIGX3 WRIGHT 公司生产), C 型臂 X 线机。

1.2.2 手术操作 A 组 (短节段加伤椎固定结合硫酸钙椎体成形): 患者采用全身麻醉, 俯卧位于可调式脊柱支架上。采用 C 型臂 X 线机定位伤椎, 标记。常规皮肤消毒, 铺无菌巾, 贴保护膜。以伤椎为中心做后正中直切口, 电刀切至腰背筋膜下行潜行分离, 在双侧多裂肌外缘暴露伤椎及上下椎的小关节突 (需椎板开窗减压者行后正中入路)。置入合适的椎弓根钉。伤椎拧入的钉长大约 30~35mm, 在伤椎矫形中起支点作用。伤椎及相邻椎共置入 6 钉 (若伤椎有一侧椎弓根不完整则共置入 5 钉)。首先行体位背伸复位, 其次行器械撑开, 沿已塑形好生理弧度的纵向钛棒进行复位。X 线透视观察伤椎复位情况及伤椎出现密度不规则

区域,也就是“空壳”现象。拧下伤椎一侧螺钉,置入注射软管达伤椎椎体前中 1/3,缓慢注入硫酸钙人工骨进行椎体成形术,每个椎体注入硫酸钙约 2~5ml,平均 3.2ml。当硫酸钙接近椎体后壁时,停止灌注。更换直径较粗的伤椎椎弓根螺钉,再装上钛棒。待 15~20min 硫酸钙凝固后,冲洗手术切口,取自体髂骨横突间植骨。留置闭式引流管,逐层缝合,手术结束。

B 组(短节段加伤椎固定):置钉复位方法与 A 组相同,取自体髂骨横突间植骨,但是不应用硫酸钙进行椎体成形。

C 组(短节段固定结合硫酸钙椎体成形):在伤椎上下节段常规置入 4 枚椎弓根螺钉后,体位复位联合器械撑开恢复椎体前缘高度。然后在伤椎椎弓根钻孔,注入硫酸钙进行椎体成形,并自体髂骨横突间植骨。

1.2.3 术后处理 术后应用抗生素 5~7d,使用脱水剂和地塞米松 3d,有神经症状的患者口服神经营养药。卧床 1 周,手术切口疼痛消退后戴支具坐起或下床行走,3 个月内避免做腰部弯曲和旋转活动。

1.3 观察指标

观察各组病例的手术时间、出血量、疼痛评分采用疼痛视觉模拟评分(visual analog scale, VAS)比较。并根据术前、术后及末次随访时的 X 线片来计算:(1)伤椎前缘高度比值(伤椎前缘高度与相邻正常椎体高度之和的 1/2 的比值);(2)丢失伤椎前缘高度比值;(3)Cobb 角(伤椎相邻上椎的上缘垂线与伤椎相邻下椎下缘垂线的夹角);(4)丢失 Cobb 角。

1.4 统计学处理

所得数据用均数±标准差表示,应用 SPSS 13.0 统计学软件进行数据处理,比较先采用重复测量方差分析,组内两两比较采用 LSD-*t* 检验,以 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

三组病例在年龄、性别、损伤节段、术前神经功能、随访时间、Cobb 角及椎体前缘高度方面无显著性差异($P>0.05$,表 1)。B 组手术时间及失血量比 A、C 组少,且有统计学差异($P<0.05$)。所有患者伤口均 I 期愈合,末次随访时神经功能 Frankel 分级均恢复 1~2 个级别。术后 A、B 组

Cobb 角、椎体前缘高度优于 C 组($P<0.05$);末次随访时 A 组优于 B、C 组($P<0.05$),B、C 组间比较无显著差异($P>0.05$);末次随访时丢失 Cobb 角、椎体前缘高度 A、C 组小于 B 组($P<0.05$),A、C 组无显著性差异($P>0.05$)。末次随访时三组患者 VAS 评分见表 1,三组间比较无显著性差异($P>0.05$,表 1)。

A 组患者 X 线片检查骨折全部愈合,未见内固定物松动移位(图 1~3);B 组中有 1 例骨折未愈合,并发生断棒,发生率 3.4%。C 组有 1 例内固定物松动移位,发生率 3.3%。

表 1 三组患者各指标测量结果 ($\bar{x}\pm s$)

	A组(n=32)	B组(n=29)	C组(n=30)
手术时间(min)	93.5±13.4 ^{①②}	83.5±15.6 ^③	90.4±13.3
出血量(ml)	243.4±30.4 ^{①②}	226.4±28.5 ^③	237.4±25.5
Cobb角(°)			
术前	28.6±4.2	28.8±5.7	29.8±4.5
术后	5.2±1.2 ^{④⑤}	5.3±1.1 ^③	6.3±1.8
末次随访	5.7±2.6 ^{①⑤}	6.8±3.1 ^f	6.4±2.7
丢失角度	1.2±0.8 ^{①②}	3.7±1.6 ^③	1.4±0.5
椎体前缘高度比值(%)			
术前	48.6±8.1	47.3±8.6	47.9±7.7
术后	96.2±3.2 ^{④⑤}	96.8±3.5 ^③	94.8±4.3
末次随访	97.1±2.6 ^{①⑤}	93.7±3.7 ^f	94.2±3.3
丢失高度比值	2.1±0.1 ^{①②}	5.1±0.2 ^③	2.3±0.1
VAS评分(分)			
术前	8.2±0.3	8.4±0.1	8.1±0.2
末次随访时	2.3±0.1	2.4±0.1	2.4±0.2

注:①与 B 组比较 $P<0.05$;②与 C 组比较 $P>0.05$;③与 C 组比较 $P<0.05$;④与 B 组比较 $P>0.05$;⑤与 C 组比较 $P<0.05$;⑥与 C 组比较 $P>0.05$

3 讨论

3.1 伤椎固定的临床意义

胸腰椎爆裂骨折后路治疗方法是通过撑开伤椎相连接的复合韧带,间接使伤椎恢复高度,矫正后凸畸形。目前常用的后路术式通常为短节段四钉复位固定技术,然后通过纵向撑开使压缩的椎体恢复高度,或使脱位的椎体复位,但是靠纵向撑开来恢复压缩椎体高度的前提条件是骨折椎与上下相邻椎相连的前、后纵韧带和纤维环大部分完整,否则纵向撑开时不能对骨折椎体产生纵向的提拉力,骨折椎体就无法恢复高度和形态,还易出现撑开过度或脱位加重,使内固定物承载应力增



图1 女性,61岁,L1爆裂骨折,Frankel分级E级,术前X线侧位片(a)示L1爆裂骨折、CT(b)示椎管内占位及MRI(c)示前中柱破坏 图2 短节段加伤椎固定结合硫酸钙填充术后X线正侧位片(a、b)示椎体前缘高度、Cobb角恢复,CT(c)示椎体内硫酸钙填充,椎管内无明显渗漏 图3 术后12个月X线正侧位片(a、b)示椎体高度维持良好;CT(c)示硫酸钙与椎体骨质界限模糊

大导致松动或断裂。

伤椎置钉是为了在骨折椎上建立一个支点,在伤椎与其上方椎体之间纵行撑开,通过韧带的牵拉可使压缩的骨折椎体恢复高度。研究表明在伤椎和其上下相邻的椎体上均置入椎弓根螺钉,伤椎螺钉向腹侧适当加压可克服骨折产生的后凸应力^[2],充分纠正压缩和脱位,使突入椎管内的大部分骨块复位而不受后纵韧带完整性的影响^[3],有利于术后保持固定部位的生理曲度并避免对正常椎间盘的牵拉^[4-5]。本研究显示术后 Cobb 角、椎体前缘高度比值 A、B 组优于 C 组。生物力学研究表明,短节段加伤椎固定的 6 钉固定复合体比 4 钉固定方式显著增加了脊柱的强度、刚度及稳定性,能更好地分散内固定的承载应力,减少内固定的松动或断裂^[6]。

3.2 椎体成形的必要性

当采用后路脊柱内固定系统进行伤椎矫形时,可间接恢复伤椎高度。然而挤压破坏的骨小梁不能随之复原,这样就导致伤椎的“空壳”样改变。而在今后椎体的愈合中,“空壳”中充填的是血肿机化纤维组织,椎体力学强度下降,严重影响了椎体的稳定性,给骨融合及稳定带来了较大困难^[7]。

而当脊柱发生爆裂骨折后,载荷的力学分布移至后柱,经稳定区域进行传导,椎弓根钉棒系统的内固定作为伤椎的主要支撑。如果伤椎“空壳”内为无支撑力的纤维组织填充,必然导致内固定承受过大过久的应力,易造成内固定失败,纠正的高度及角度就会丢失,生理弧度出现改变,使伤椎的后部结构疲劳化^[8]。所以有必要进行伤椎“空壳”的填充而增加伤椎的连续性以降低内固定的负荷。经椎弓根向病椎椎体内注入人工骨即椎体成形术,理论上重建了椎体前中柱,恢复了脊柱正常的载荷传导,减少内固定的应力,体现脊柱内固定载荷分享原则,可有效地预防内固定失败和迟发性畸形的出现^[9]。A、C 组在随访时 Cobb 角、椎体前缘高度比值的丢失均小于 B 组,说明硫酸钙椎体成形后,椎体高度、Cobb 角维持较好。

3.3 伤椎“空壳”填充材料的选择

近几年文献报道了很多种用于伤椎成形的填充材料:自体骨颗粒、同种异体骨、聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥(PMMA)、磷酸钙人工合成骨等。自体骨和异体骨这两种材料不能充分填充空腔,机械强度弱,易发生疲劳骨折^[10]。PMMA 不能降解,为永久异物,存在毒性、产热及在爆裂骨折病例中有

较高比例的渗漏、神经热灼伤等并发症^[11]。加之其强度远远高于椎体骨质,易导致邻椎继发骨折^[12]。磷酸钙人工合成骨早期稳定性差^[13],相容及吸收同化作用不确切^[14]。本组选择的硫酸钙人工骨(注射型医用硫酸钙 MIIGX3)生物相容性较好,能早期凝固填充伤椎空壳充当新骨形成支架。伤椎内填充硫酸钙人工骨能够恢复椎体部分刚度^[15],硫酸钙人工骨在人体内被吸收的速度和新骨生长的速度基本平行^[16]。本组病例证明注射型硫酸钙人工合成骨经椎弓根注入伤椎空壳及骨小梁间,伤椎的椎体稳定良好,术后患者均在伤口创伤反应稍减后(1 周左右)佩戴腰背支架下床进行锻炼,减少了长期卧床带来的并发症;但是高钙血症和肾功能不全者则是相对禁忌证。

3.4 注意事项

选择短节段加伤椎固定结合硫酸钙填充治疗胸腰椎骨折,首先患者应有后路手术的指征,McCormack 脊柱载荷评分 (Load-Sharing Scoring System) 4~6 分;其次是骨折椎椎弓根至少一侧完整。

骨折椎螺钉进钉点应稍偏上,置钉时适当向下终板倾斜;连接固定棒后,尾侧螺钉与骨折椎螺钉首先原位固定,再提拉头侧螺钉,结合过伸体位,使头侧螺钉与固定棒连接固定;骨折椎与尾侧椎之间不撑开,骨折椎与头侧椎之间适当撑开;然后拧下一侧伤椎螺钉,进行椎体成形术。最后更换直径较粗的伤椎椎弓根螺钉防止松动。

经椎弓根注入伤椎空壳的硫酸钙人工骨应偏椎体的前 1/3~2/3 部,注射时要缓慢,边推边退注射软管,以免椎体后壁渗漏而造成相应椎管的狭窄加重。在严重爆裂骨折患者,可在 C 型臂 X 线机透视监视下操作,或者经有限开窗进行注射并全程观察。

本研究结果表明,短节段加伤椎固定结合硫酸钙椎体成形治疗胸腰椎爆裂骨折,可达到良好的骨折复位,并能重建椎体前中柱,恢复了脊柱正常的载荷传导,减少了内固定的应力,进而可预防防止内固定失败和迟发性畸形的出现。

4 参考文献

1. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load-sharing classification of spine fractures[J]. Spine, 1994, 19(15):1741-1744.
2. 袁强,田伟,张贵林,等.骨折椎垂直应力螺钉在胸腰椎骨折中的应用[J].中华骨科杂志,2006,4(4):217-222.
3. Guven O, Kocaoglu B, Bezer M, et al. The use of screw at the fracture level in the treatment of thoracolumbar burst fractures [J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(6):417-421.
4. 李晶,吕国华,王冰,等.胸腰椎骨折脱位短节段加伤椎固定的可行性研究[J].中华骨科杂志,2005,25(5):293-296.
5. 张丙磊,余枫,赵东升,等.经骨折椎椎弓根螺钉固定在胸腰椎骨折中的应用[J].中华创伤杂志,2009,25(12):1078-1081.
6. Dick JC, Jones MP, Zdeblick TA, et al. A biomechanical comparison evaluating the use of intermediate screws and cross-linkage in lumbar pedicle fixation[J]. J Spinal Disord, 1994, 7(5):402-407.
7. Leferink VJ, Zimmerman KW, Veldhuis EF, et al. Thoracolumbar spinal fractures; radiological results of transpedicular fixation combined with transpedicular cancellous bone graft and posterior fusion in 183 patients[J]. Eur Spine J, 2001, 10(6):517-523.
8. Knop C, Fabian HF, Bastian L, et al. Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting[J]. Spine, 2001, 26(1):88-89.
9. Verlaan JJ, Dhert WJ, Verbout AJ, et al. Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation: a novel technique to treat thoracic and lumbar burst fractures [J]. Spine, 2005, 30(3):E73-E79.
10. Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, et al. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure[J]? Spine, 2001, 26(2):213-217.
11. Rao RD, Singrakha MD. Painful osteoporotic vertebral fracture. Pathogenesis, evaluation, and roles of vertebroplasty and kyphoplasty in its management[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(10):2010-2022.
12. Boucher M, Bhandari M, Kwok D, et al. Health-related quality of life after short segment instrumentation of lumbar burst fractures [J]. J Spinal Disord, 2001, 14(5):417-426.
13. 赵东升,殷军,张强,等.经皮椎体成形术自固化磷酸钙人工骨充填治疗骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折[J].中华创伤骨科杂志,2006,8(1):20-23.
14. Blattner TR, Delling G, Weckbach A. Evaluation of an injectable calcium phosphate cement as an autograft substitute for transpedicular lumbar interbody fusion: a controlled, prospective study in the sheep model[J]. Spine, 2003, 12(2):216-223.
15. Yi XD, Wang Y, Lu HL, et al. Augmentation of pedicle screw fixation strength using an injectable calcium sulfate cement: an in vivo study[J]. Spine, 2008, 33(23):2503-2509.
16. Perry A, Mahar A, Massie J, et al. Biomechanical evaluation of kyphoplasty with calcium sulfate cement in a cadaveric osteoporotic vertebral compression fracture model[J]. Spine, 2005, 5(5):489-493.

(收稿日期:2010-10-11 修回日期:2011-03-20)

(英文编审 邹海波/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)