

· 临床研究 ·

经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体爆裂骨折*

孙育良^① 熊小明** 何本祥^① 宋偲茂 邓轩贇 万 趯 石华刚

(四川省骨科医院脊柱科, 成都 610041)

【摘要】 目的 探讨经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗无神经脊髓症状的骨质疏松性椎体爆裂骨折的临床疗效及安全性。 **方法** 回顾性分析我院 2013 年 1 月~2015 年 6 月采用双侧入路 PKP 治疗骨质疏松性椎体爆裂骨折 31 例资料,记录手术时间、透视次数、骨水泥用量、住院时间及骨水泥渗漏情况。术前、术后 1 天、末次随访采用疼痛视觉模拟评分(visual analog score, VAS)评估疼痛程度, Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)评估患者日常生活功能;术前、术后 1 天及末次随访在 X 线侧位片上测量伤椎高度和椎体后凸角,观察术后 1 天及末次随访椎体高度恢复率和后凸角矫正率。 **结果** 手术均顺利完成。术中骨水泥渗漏 10 例,均无相关神经或脊髓症状。术后随访 12~21 个月,(14.2±3.5)月。术后 1 天和末次随访的 VAS 评分[(2.5±0.8)分, (1.1±0.6)分]较术前[(6.8±0.9)分]明显降低($t=20.393, 30.178, P=0.000$),末次随访的 VAS 评分较术后 1 天降低($t=8.237, P=0.000$);术后 1 天和末次随访的 ODI (37.2%±4.4%, 17.6%±6.3%)较术前(72.9%±6.6%)明显降低($t=25.053, 33.575, P=0.000$),末次随访的 ODI 较术后 1 天降低($t=14.140, P=0.000$);术后 1 天和末次随访的伤椎高度[(18.8±1.5)mm, (18.5±1.6)mm]较术前[(15.6±1.5)mm]明显增高($t=7.158, 6.883, P=0.000$),但末次随访的伤椎高度较术后 1 天无明显变化($t=0.847, P=0.194$);术后 1 天和末次随访的椎体后凸角(7.1°±2.5°, 7.4°±2.8°)较术前(14.6°±2.6°)明显减小($t=9.160, 10.018, P=0.000$),但末次随访的椎体后凸角较术后 1 天无明显变化($t=0.800, P=0.936$);末次随访椎体高度恢复率(49.5%±2.7%)较术后 1 天(50.0%±2.6%)无明显变化($t=0.737, P=0.464$);末次随访后凸角矫正率(50.7%±6.5%)较术后 1 天(51.9%±5.3%)无明显差异($t=1.945, P=0.058$)。随访过程中未见伤椎及邻近椎体再骨折等并发症。 **结论** 运用 PKP 治疗无神经脊髓症状的老年骨质疏松性椎体爆裂骨折,疗效可靠,且相对安全。

【关键词】 经皮椎体后凸成形术; 骨质疏松; 椎体爆裂骨折

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2016)12-1103-05

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2016.12.011

Percutaneous Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Burst Fractures Sun Yuliang, Xiong Xiaoming*, He Benxiang, et al.

* Department of Spine Surgery, Sichuan Province Orthopedics Hospital, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Xiong Xiaoming, E-mail: 2841710476@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical efficacy and safety of percutaneous kyphoplasty (PKP) in the treatment of osteoporotic vertebral burst fractures without neurological symptoms. **Methods** A retrospective analysis of 31 patients with osteoporotic vertebral burst fractures from January 2013 to June 2015 in our hospital treated by using bilateral approach PKP. The operation time, X-ray times, bone cement dosage, hospital days and bone cement leakage were recorded. The visual analogue scale (VAS) at preoperative, postoperative 1 day, and the last follow-up was used to evaluate the degree of pain. The Oswestry disability index (ODI) was used to assess the patient's daily living functions. The measurement of vertebral height on lateral radiographs and vertebral kyphosis at preoperative, postoperative 1 day and the last follow-up was observed. The vertebral height restoration rate and the kyphosis correction rate at preoperative, postoperative 1 day and last follow-up were recorded. **Results** All the operations were successfully completed. There were 10 cases of bone cement leakage, without nerve or spinal cord symptoms. The patients were

* 基金项目:四川省科技厅支撑项目(编号:2015SZ0190);国家科技支撑项目(编号:2012BAK21B01-02))

** 通讯作者, E-mail:2841710476@qq.com

① (成都体育学院, 成都 610041)

followed up for 12–21 months, with an average of (14.2 ± 3.5) months. The VAS scores were significantly lower at postoperative 1 day and the last follow-up [(2.5 ± 0.8) points, (1.1 ± 0.6) points] than preoperative [(6.8 ± 0.9) points] ($t = 20.393$ and 30.178 , $P = 0.000$). The VAS scores were significantly lower at the last follow-up than that of postoperative 1 day ($t = 8.237$, $P = 0.000$). The ODI scores at postoperative 1 day and the last follow-up ($37.2\% \pm 4.4\%$, $17.6\% \pm 6.3\%$) were significantly decreased as compared with the preoperative ($72.9\% \pm 6.6\%$) ($t = 25.053$ and 33.575 , $P = 0.000$). The ODI scores at the last follow-up were lower than that of the postoperative 1 day ($t = 14.140$, $P = 0.000$). The injured vertebral height at postoperative 1 day and the last follow-up [(18.8 ± 1.5) mm, (18.5 ± 1.6) mm] was significantly increased as compared with preoperative [(15.6 ± 1.5) mm] ($t = 7.158$ and 6.883 , $P = 0.000$). But at the last follow-up, the height of the injured vertebra was not significantly changed as compared with that of postoperative 1 day ($t = 0.847$, $P = 0.194$). The vertebral kyphosis at postoperative 1 day and the last follow-up ($7.1^\circ \pm 2.5^\circ$, $7.4^\circ \pm 2.8^\circ$) was decreased significantly as compared with the preoperative ($14.6^\circ \pm 2.6^\circ$) ($t = 9.160$ and 10.018 , $P = 0.000$). But at the end of the follow-up the vertebral kyphosis had no obvious change as 1 day after surgery ($t = 0.800$, $P = 0.936$). The vertebral height restoration rate at the last of the follow-up ($49.5\% \pm 2.7\%$) had no significant change as compared to the 1 day after operation ($50.0\% \pm 2.6\%$) ($t = 0.737$, $P = 0.464$). The kyphosis correction rate at the last of the follow-up ($50.7\% \pm 6.5\%$) had no significant difference as compared to the 1 day after operation ($51.9\% \pm 5.3\%$) ($t = 1.945$, $P = 0.058$). No complications such as vertebral and adjacent vertebral fracture occurred during the follow-up. **Conclusion** PKP can be used in the treatment of osteoporotic vertebral burst fractures without neurological symptoms, which is reliable and relatively safe.

【Key Words】 Percutaneous lumbar vertebral body; Osteoporosis; Vertebral burst fracture

骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)是老年患者常见的骨折,经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)与经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)是治疗 OVCF 安全、有效的微创治疗技术,能够迅速缓解疼痛,使患者早期下床活动,恢复日常生活,是首选的治疗方式^[1–3]。在老年患者中无神经脊髓症状的骨质疏松性椎体爆裂骨折并不少见,保守治疗效果欠佳。因椎体爆裂性骨折,椎体后缘破裂,椎管占位,增加骨填充剂渗漏的风险,曾被视为 PKP 手术的禁忌证^[4–6],但并非绝对禁忌。近年来,国内外学者已开始探讨应用 PKP 治疗该类骨折,并取得了一定的疗效,但其临床疗效和术中的安全性仍待进一步研究。本研究回顾性分析我院 2013 年 1 月~2015 年 6 月 31 例 PKP 治疗无神经脊髓症状的老年骨质疏松性椎体爆裂骨折的临床资料,探讨其疗效和可行性。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 31 例,男 8 例,女 23 例。年龄 61~81 岁, (69.9 ± 6.4) 岁。摔伤 22 例,车祸伤 2 例,弯腰提重物致伤 3 例,扭伤 1 例,自发性损伤 3 例。均有明显腰背痛,5 例腰背部软组织损伤严重,7 例强迫卧位。查体伤椎棘突有明显的压痛及叩击痛,无下肢放射痛。术前常规行胸腰椎正侧位 X 线片、伤椎 CT、胸腰椎 MRI 检查,提示椎体爆裂骨折, T₉ 1 例, T₁₁ 3

例, T₁₂ 9 例, L₁ 11 例, L₂ 3 例, L₃ 4 例,椎体压缩程度 9%~28%,椎体后凸角 $8^\circ \sim 19^\circ$,其中 9 例合并椎管占位(5%~30%)。均行骨密度测定, T 值 $-3.7 \sim -2.5$ 。受伤后 5~15 天手术。

入选标准:①年龄 > 60 岁;②脊柱外伤史或自发性骨折;③双能 X 线骨密度测定,符合骨质疏松诊断标准^[7]骨密度 T 值 < -2.5 ;④X 线侧位片测量,伤椎前缘高度压缩率 $< 30\%$,椎体后凸角 $< 20^\circ$;⑤CT 检查,骨折类型为爆裂性骨折, AO 分型 A3,椎管占位 $< 30\%$,不伴有神经脊髓症状;⑥MRI 提示椎体新鲜骨折为椎体内水肿。

排除标准:①伴有严重的心肺疾病、肝肾疾病及凝血障碍等;②伴颅脑损伤,胸、腹损伤;③椎体转移性肿瘤及原发肿瘤等发生的病理性骨折。

1.2 方法

1.2.1 设备及器械 一次性椎体成形术器械包(山东冠龙医疗用品有限公司),包括带锁穿刺针、球囊、带表加压器、骨水泥注入器、实体椎体钻等;骨水泥为聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA,德国贺利氏医疗有限公司);数字减影设备(荷兰飞利浦公司)。

1.2.2 手术方法 全麻,俯卧位。麻醉完成后,行 C 形臂 X 线机透视术前定位伤椎,根据术前 CT 设计的穿刺路径^[8]定位画出双侧穿刺进针点,穿刺时正位一般采用左侧 9 点,右侧 3 点位置。消毒铺巾,在 C 形臂 X 线机引导下穿刺进针,针尖进入椎弓根后,将 C 形臂 X 线机调至侧位,针尖达到椎体后缘之前,正位 X 线显示针尖不应超过椎弓根影的内侧

缘。当针尖到达椎体前部 1/3 时,抽出穿刺针内芯,置入导针,沿导针置入扩张套管和工作通道,同一球囊双侧依次撑开,碘海醇撑开球囊。球囊撑开后腔内填入一张撕成小块的明胶海绵,将调制好的拉丝期骨水泥分段低压缓慢推注,边推注边透视,当骨水泥弥散到椎体后 1/3 时,减少每次推注的量,增加透视次数。一旦发生渗漏,立即停止注射。当骨水泥弥散满意,或后壁破裂患者达到椎体后 1/3 时,结束操作,取出穿刺针,无菌敷料覆盖。

1.2.3 术后处理 术后心电监护 2 小时,1~2 天后戴腰围下床活动。术后 1 天常规行胸腰椎正侧位及胸部正位 X 线片、伤椎 CT 检查,明确有无肺静脉栓塞、骨水泥渗漏,观察骨水泥弥散情况。继续规律、系统性抗骨质疏松治疗(骨化三醇软胶囊、抗骨质疏松胶囊、醋酸钙胶囊)。术后定期随访,行胸腰椎正侧位 X 线片、伤椎 CT 检查。

1.3 疗效评价

1.3.1 疼痛视觉模拟评分 (visual analog score, VAS)^[9] 术前、术后 1 天及末次随访,采用 VAS 评分对患者的疼痛程度进行评价,分值范围 0~10 分,0 分无痛,10 分剧痛。

1.3.2 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry Disability Index, ODI)^[10] 术前、术后 1 天及末次随访,采用 ODI 对患者日常生活功能进行评估,包括疼痛(疼痛程度、痛对睡眠的影响),单项功能(提物、坐、站立、行走)和个人综合功能(日常活动能力、性生活、社会活动和郊游)3 大领域的评定。每项 0~5 分,分数越高表示功能障碍程度越重。将 10 个条目的答案相应得分累加后,计算其占 10 条目最高分合计(50 分)的百分比,即为 Oswestry 功能障碍指数。

1.3.3 放射影像学评价 术前、术后 1 天及末次随访,在胸腰椎 X 线侧位片上测量伤椎前壁高度 H_0 ,伤椎上位椎体前壁高度 H_1 和下位椎体前壁高度 H_2 ,并计算术后 1 天和末次随访椎体高度恢复率,伤椎原始前壁高度 $H = (H_1 + H_2)/2$,椎体高度压缩率 $= (H - H_0)/H$,椎体高度恢复率 $= (\text{术前压缩率} - \text{术后压缩率})/\text{术前压缩率}$ ^[11]。术前、术后 1 天及末次随访在 X 线侧位片上测量椎体后凸角,并计算后凸角矫正率,伤椎上、下终板延长线的夹角即为椎体后凸角,后凸角矫正率 $= (\text{术前后凸角} - \text{术后后凸角})/\text{术前后凸角}$ ^[12]。

1.4 统计学处理

应用 SPSS17.0 统计学软件,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示。术前、术后 1 天及末次随访的 VAS 评分、

ODI、伤椎高度、椎体后凸角,以及术后 1 天、末次随访的伤椎高度恢复率、后凸角矫正率,采用配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术情况

31 例均顺利完成手术,穿刺点距棘突的距离 (3.8 ± 0.4) cm,穿刺点出血量 < 10 ml。穿刺时间 (6.4 ± 1.3) min,手术时间 (38.2 ± 9.7) min;胸椎注入骨水泥量 (4.4 ± 0.9) ml,腰椎注入骨水泥量 (4.7 ± 0.9) ml。术中骨水泥渗漏 10 例,其中渗漏至椎体旁 3 例,椎前 1 例,上终板 1 例,下终板 1 例,椎体上终板和椎旁 1 例,椎管渗漏 3 例(渗漏骨水泥沿后纵韧带分布),均无明显神经脊髓症状,术后 1 天行胸部 X 线正位片,未发现肺栓塞。术后 1~15 天出院,随访 12~21 个月, (14.2 ± 3.5) 月,未见伤椎及邻近椎体发生再骨折等并发症。典型病例见图 1。

2.2 疗效

术后 1 天 VAS 评分和 ODI 较术前明显降低,伤椎高度增加,椎体后凸角减小;末次随访的 VAS 评分、ODI 较术后 1 天进一步降低,而伤椎高度和椎体后凸角无明显丢失;末次随访的椎体高度恢复率和后凸角矫正率较术后 1 天无明显改变。见表 1。

3 讨论

骨质疏松性椎体爆裂骨折在 AO 分型属于 A3 型,伴有椎体后壁破裂,椎管占位。这类骨折目前主张经后路切开复位,椎管减压,短节段骨水泥钉棒固定。然而高龄患者常合并内科疾病,无法耐受长时间的手术,并且术后卧床时间较长,骨量进一步丢失,加重骨质疏松程度,增加肺部、泌尿系感染的几率。本组病例选择上严格要求,当后凸角度 $> 20^\circ$,椎管占位 $> 30\%$,椎体前缘高度丢失 $> 30\%$ 时,脊柱稳定性较差,应用 PKP 治疗,伤椎高度恢复有限,不能重建脊柱稳定性,建议后路短节段骨水泥钉固定治疗。适宜的病人选用 PKP 微创手术治疗,不仅可缩短手术时间、术后卧床时间、住院时间,而且疼痛缓解迅速明显。术后缓解疼痛的主要机制有:PMMA 强度介于松质骨和皮质骨之间,抗压强度大,骨水泥分布于伤椎骨裂缝中,稳定椎体;PMMA 聚合反应过程中释放大量的热量,其热效应破坏椎体内血管和神经,从而缓解疼痛。



图 1 男,77 岁,摔伤致腰部疼痛伴活动受限 1 周入院,术前腰椎侧位 X 线片和伤椎 CT 片(A、B)示 L₂ 椎体后壁破裂,椎管占位 10%,L₂ 椎体高度 16.5 mm,后凸角 10.8°,VAS 8 分,ODI 69%。术前诊断:L₂ 爆裂性骨折,骨质疏松症。入院后 3 天在全麻下 PKP 手术,手术时间 45 min,术中出血 5 ml,注入骨水泥 4.5 ml。术后 1 天腰椎侧位 X 线片和伤椎 CT(C、D)示骨水泥分布椎体前 1/2,无骨水泥渗漏,L₂ 椎体高度 18.4 mm,后凸角 5.2°,高度恢复率 51.5%,后凸矫正率 51.9%,VAS 4 分,ODI 38%。术后 4 天出院。术后 13 个月随访时腰椎侧位 X 线片和伤椎 CT(E、F),椎体未见明显塌陷和骨折,L₂ 椎体高度 18.2 mm,后凸角 5.6°,高度恢复率 45.9%,后凸矫正率 48.1%,VAS 1 分,ODI 19%

表 1 术前、术后 1 天、末次随访的观察指标比较($\bar{x} \pm s, n = 31$)

时间	VAS 评分(分)	ODI(%)	伤椎高度(mm)	椎体后凸角(°)	高度恢复率(%)	后凸角矫正率(%)
术前①	6.8±0.9	72.9±6.6	15.6±1.5	14.6±2.6		
术后 1 天②	2.5±0.8	37.2±4.4	18.8±1.5	7.1±2.5	50.0±2.6	51.9±5.3
末次随访③	1.1±0.6	17.6±6.3	18.5±1.6	7.4±2.8	49.5±2.7	50.7±6.5
t_{1-2}, P 值	20.393,0.000	25.053,0.000	7.158,0.000	9.160,0.000		
t_{1-3}, P 值	30.178,0.000	33.575,0.000	6.883,0.000	10.018,0.000		
t_{2-3}, P 值	8.237,0.000	14.140,0.000	0.847,0.194	0.800,0.936	0.737,0.464	1.945,0.058

PKP 治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折最常见的并发症是骨水泥渗漏^[13],其中最严重的是椎管内渗漏。骨质疏松性椎体爆裂性骨折后壁破裂,椎管内渗漏的几率更大,所以被视为 PKP 治疗的禁忌证^[4-6]。PKP 治疗骨质疏松性椎体爆裂性骨折,预防骨水泥的渗漏非常重要。选择合适的手术时机,可减少骨水泥渗漏。董双海等^[14]的研究表明,伤后 5~7 天以后,尤其 2 周以后,经过卧床及体位复位骨折椎体内出血已止,凝血系统功能开始启动,局部

血肿机化、纤维化,可以部分修复椎体的四壁,可减少骨水泥渗漏。穿刺过程中,调节穿刺方向,尽可能地保证靠近椎体前 1/3,椎体上下中部,偏上、偏下会增加椎间盘渗漏,椎间盘渗漏不仅加速椎间盘的退变^[15],也增高邻近椎体骨折的发生率^[16]。高黏度的骨水泥流动性较差,术中注入高黏度骨水泥可以减少渗漏^[4]。预防骨水泥渗漏最关键的是术中堵塞渗漏通道,可分段推注骨水泥^[17]:第一次推注少量骨水泥,封闭渗漏通道,待第一次推注的骨水泥干

结后,再推注第二次骨水泥,这样会大大减少骨水泥渗漏。我们认为,可以在推注骨水泥前用少量明胶海绵封堵加大的骨折缝隙,尤其是椎体前方,并且明胶海绵可以吸收骨水泥中的少量水分使骨水泥快速干结,减少骨水泥渗漏。操作时术中透视也非常重要,当骨水泥达到椎体后 1/3 时,可停止骨水泥推注^[17]。刚推注的骨水泥具有一定的流动性,防止椎管内渗漏,不要过于追求骨水泥达到椎体后缘。一般认为,骨水泥的推注量与疼痛缓解效果无直接关系^[18],相反,注入骨水泥越多,并发症的几率越高^[19]。王磊升等^[20]的临床研究显示,单侧穿刺与双侧穿刺在椎体体积改善及疼痛缓解方面无明显差异,但双侧穿刺可以减少推注时的压力,减低穿刺风险和骨水泥渗漏,骨水泥易填充均匀。本研究选用双侧穿刺。

综上所述,在熟练掌握 PKP 技术的基础上,应用 PKP 治疗老龄骨质疏松性椎体爆裂骨折,疼痛缓解明显,伤椎高度基本恢复,并发症相对较少,疗效安全可靠。但目前应用 PKP 治疗骨质疏松性椎体爆裂骨折的临床报道较少,证据尚不充分^[21,22]。本研究样本数相对较少,随访时间短,近期疗效可靠,远期疗效还有待于进一步长期随访研究。

参考文献

- 1 周毅,海涌,苏庆军,等.椎体后凸成形术治疗骨质疏松椎体压缩性骨折疗效分析.中国骨质疏松杂志,2012,18(5):429-433.
- 2 McConnell CT, Wippold FJ, Ray CE, et al. ACR appropriateness criteria management of vertebral compression fractures. J Am Coll Radiol,2014,11(8):757-763.
- 3 Bouza C, López-Cuadrado T, Almendro N, et al. Safety of balloon kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures in Europe: a meta-analysis of randomized controlled trials. Eur Spine J,2015,24(4):715-723.
- 4 Walter J, Hacıyakupoglu E, Waschke A, et al. Cement leakage as a possible complication of balloon kyphoplasty is there a difference between osteoporotic compression fractures (AO type A1) and incomplete burst fractures (AO type A3.1)? Acta Neurochir,2012,154(2):313-319.
- 5 Krappinger D, Kastenberger TJ, Schmid R. Augmented posterior Instrumentation for the treatment of osteoporotic vertebral body fractures. Operative Orthop Traumat,2012,24(1):4-12.
- 6 Robinson Y, Heyde CE, Forsth P, et al. Kyphoplasty in osteoporotic vertebral compression fractures: guidelines and technical considerations. J Orthop Surg Res,2011,6:43-50.

- 7 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.原发性骨质疏松症诊治指南(2011年).中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2011,4(1):2-17.
- 8 熊小明,宋德茂,万冠,等.CT影像数据指导单侧入路经椎体后凸成形术治疗椎体压缩性骨折.中国矫形外科杂志,2012,20(22):2035-2038.
- 9 谢晓明,肖建军,罗锡勇.关节镜手术为主综合治疗膝关节骨性关节炎临床分析.中国现代医生,2013,51(16):143-146.
- 10 刘臻,邱勇. Oswestry 功能障碍指数在腰痛患者中的国际化应用现状.中国脊柱脊髓杂志,2008,18(7):550-553.
- 11 顾宇彤,姜晓幸,董健,等.经伤椎微创椎弓根钉内固定术治疗胸腰椎爆裂性骨折.中国骨与关节外科,2014,7(5):408-411.
- 12 顾宇彤,梁朝革,张亮,等.微创椎弓根钉内固定联合磷酸钙骨水泥椎体成形术治疗胸腰椎爆裂性骨折.中国临床医学,2015,22(2):181-185.
- 13 Papanastassiou ID, Phillips FM, Van Meirhaeghe J, et al. Comparing effects of phoplasty vertebroplasty, and non-surgical management in a systematic review of randomized and non-randomized controlled studies. Eur Spine J,2012,21(9):1826-1843.
- 14 董海海,田纪伟,王雷,等.应用经皮椎体成形术及经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折.中华创伤杂志,2011,27(3):236-240.
- 15 陈亮,杨惠林,唐天骝,等.椎体后凸成形术骨水泥椎间隙内渗漏的随访分析.中华骨科杂志,2008,28(12):1015-1018.
- 16 Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, et al. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. Am J Neuroradiol,2004,25(2):175-180.
- 17 Yang H, Pan J, Sun Z, et al. Percutaneous augmented Instrumentation of unstable thoracolumbar burst fractures: our experience in preventing cement leakage. Eur Spine J,2012,21:1410-1412.
- 18 Gill GB, Kuper M, Chin PC, et al. Comparing pain reduction following kyphoplasty and vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. Pain Physician,2007,10(4):583-590.
- 19 吕振华,杨中华,崔青,等.小剂量骨水泥椎体成形术治疗骨质疏松椎体压缩性骨折.中国矫形外科杂志,2010,18(12):1043-1044.
- 20 王磊升,吕世桥,谭江威,等.单侧经皮椎体后凸成形术治疗有“真空裂隙征”的骨质疏松椎体骨折.中国微创外科杂志,2011,11(4):338-341.
- 21 Oh T, Scheer JK, Fakurnejad S, et al. Minimally invasive spinal surgery for the treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures. J Clin Neurosci,2015,22(1):42-47.
- 22 卢公标,李咸周,杜琳,等.经皮椎体后凸成形术治疗原发骨质疏松性胸腰段椎体爆裂骨折的临床疗效观察.中国微创外科杂志,2015,15(1):50-53.

(收稿日期:2016-08-12)

(修回日期:2016-09-10)

(责任编辑:王惠群)