

经皮椎体成形术治疗伴有椎体内裂隙样变的脊柱压缩骨折的疗效观察

端磊, 杨光川, 汤伟忠, 郑军

(上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院, 上海 200437)

【摘要】 目的: 探讨经皮椎体成形术(PVP)对存在椎体内裂隙样变的骨质疏松性脊柱压缩性骨折的疗效。方法: 对 2013 年 1 月至 2016 年 5 月间收治的 176 例脊柱压缩性骨折患者的临床资料进行回顾性分析, 所有患者进行单侧 PVP 手术治疗, 其中 37 例患者存在裂隙样变, 7 例符合排除标准被剔除, 最终观察对象为 30 例。30 例患者中男 14 例, 女 16 例, 年龄 60~93(77.73±9.33)岁; 骨密度 -2.3~-4.1(-3.16±0.48) SD。对患者术前及术后 1 d、3 个月、1 年的 VAS 和 ODI 评分进行分析, 并观察术前、术后 3 d、3 个月的椎体压缩百分比, 评价 PVP 对于椎体内存在裂隙样变的压缩骨折患者的疼痛、功能及椎体高度恢复及维持情况。结果: 所有患者手术顺利, 且获得 1 年以上随访。术后 1 d、3 个月、1 年的 VAS 评分分别为 2.93±0.83、2.07±0.58、1.57±0.68, 均较术前的 7.00±1.41 明显缓解($P<0.01$); 术后 1 d、3 个月、1 年的 ODI 评分分别为 36.2±4.1、22.9±6.7、18.8±5.9, 较术前的 40.5±3.9 有明显改善($P<0.01$)。患者术后 3 d、3 个月的椎体高度百分比分别为 (79.26±8.57)%、(77.68±8.96)%, 较术前的 (72.00±12.14)% 也有显著改善($P<0.05$)。结论: 对于存在椎体内裂隙样变的骨质疏松性压缩骨折患者, 经皮椎体成形术能有效恢复椎体高度, 并能明显改善患者的疼痛及功能状况。

【关键词】 经皮椎体成形术; 脊柱压缩性骨折; 椎体内裂隙样变

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.04.007

Observation of clinical effects of percutaneous vertebroplasty in the treatment of vertebral compression fractures complicated with intravertebral clefts DUAN Lei, YANG Guang-chuan, TANG Wei-zhong, and ZHENG Jun. Hospital of Integrated Traditional Chinese Medicine and Western Medicine Affiliated to University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China

ABSTRACT Objective: To explore the clinical effects of percutaneous vertebroplasty (PVP) in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures complicated with intravertebral clefts. **Methods:** The clinical data of 176 patients with osteoporotic vertebral compression fractures underwent treatment from January 2013 to May 2016 were retrospectively analyzed. All the patients were treated by unilateral PVP procedure, 37 patients with intravertebral clefts. Seven cases were excluded according to the standard and 30 patients were internalized in the study. There were 14 males and 16 females, aged from 60 to 93 years old with an average of (77.73±9.33) years. The mean bone mineral density was (-3.16±0.48) SD (ranged from -2.3 to -4.1 SD). The Oswestry Disability Index (ODI), visual analogue scale (VAS) were analyzed before operation and 1 day, 3 months, 1 year after operation. The compression ratio of injured vertebrae was measured by X-ray before operation and 3 days, 3 months after operation. **Results:** All the operations were successful and all the patients were followed up more than 1 year. Postoperative at 1 d, 3 months, 1 year, VAS scores were obviously released (2.93±0.83, 2.07±0.58, 1.57±0.68, respectively) than preoperative 7.00±1.41 ($P<0.01$); and ODI scores were obviously improved (36.2±4.1, 22.9±6.7, 18.8±5.9, respectively) than preoperative 40.5±3.9 ($P<0.01$). Postoperative at 3 days, 3 months, vertebral height percent of injured vertebrae were (79.26±8.57)%, (77.68±8.96)%, respectively, which had obviously improvement compared to preoperative (72.00±12.14)% ($P<0.05$). **Conclusion:** PVP is an effective and reliable method in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures complicated with intravertebral clefts. It can effectively restore the height of the vertebral body, obviously improve the patient's pain and functional status.

KEYWORDS Percutaneous vertebroplasty; Vertebral compression fractures; Intravertebral cleft

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(4): 328-332 www.zggszz.com

通讯作者: 郑军 E-mail: dudu8238@163.com

Corresponding author: ZHENG Jun E-mail: dudu8238@163.com

脊柱压缩性骨折属于常见且典型的骨质疏松性骨折, 约占老年人骨折的 8%, 仅次于髌部骨折 22% 与腕部骨折 20%^[1], 经皮椎体成形术(percutaneous

vertebroplasty, PVP)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)目前逐渐成为此类骨折的常用治疗方法。椎体内裂隙样改变是脊柱压缩性骨折常见的一种病理表现及影像学表现,表现为影像学可见的骨折椎体内空腔、囊腔样改变,其内常有液体或空气填充,裂隙样变表现在 MRI 上表现为椎体内 T1 低信号、T2 高信号的囊腔。对存在椎体内裂隙样改变的脊柱压缩骨折,常用卧床休息、特立帕肽及抗骨质疏松药物等非手术治疗或微创 PVP 或 PKP 以及椎弓根螺钉固定等方式进行手术治疗。笔者 2013 年 1 月至 2016 年 5 月间采用 PVP 治疗 176 例骨质疏松性骨折,对其中存在椎体内裂隙样变患者的临床资料进行回顾性分析,报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入标准

(1)有腰背痛且 X 线显示为椎体压缩性骨折;(2)MRI 明确为新鲜骨折的患者;(3)MRI 显示椎体内存在裂隙样改变(4);患者无明显神经损伤症状;(5)随访满 1 年患者。

1.2 排除标准

(1)未完成 X 线、MRI、骨密度检查患者;(2)病理性骨折患者;(3)椎管内骨块压迫产生神经症状的;(4)认知障碍或随访未满 1 年或死亡、失访患者。

1.3 一般资料

2013 年 1 月至 2016 年 5 月行单侧椎弓根入路椎体成形术治疗脊柱压缩性骨折 176 例,符合纳入标准的存在椎体内裂隙样变的患者 37 例,其中 7 例因存在神经压迫症状及认知功能障碍符合排除标准,最终研究观察对象为 30 例。其中男 14 例,女 16 例,年龄 60~93(77.73±9.33)岁;31 节骨折椎体(有 1 例患者 2 节椎体存在裂隙样变),属于轻度压缩(压缩 1/3 以内)22 例,中度压缩(压缩 1/3~2/3)9 例,无重度压缩(压缩超过 2/3)患者。骨折椎体分布:T₁₀ 骨折 1 例,T₁₁ 骨折 4 例,T₁₂ 骨折 10 例,L₁ 骨折 8 例,L₂ 骨折 1 例,L₃ 骨折 4 例,L₄ 骨折 2 例,L₅ 骨折 1 例(其中 1 例患者 2 节椎体存在裂隙样变)。30 例中主诉有明显摔伤或扭伤、搬重物等外伤史的 22 例,其他 8 例无明显外伤史;其中腰背痛症状 7 d 以内的 17 例,1~3 周的 9 例,3 周以上的 4 例,最长为 9 个月。30 例患者骨密度 T 值为 -2.3~-4.1(-3.16±0.48) SD。

1.4 治疗方法

1.4.1 术前处理 所有患者入院前或入院后完善 X 线、MRI、骨密度等基本影像学检查,确认为新鲜骨折及责任椎体,并确认符合骨质疏松诊断。

1.4.2 手术方法 患者俯卧位,前胸垫枕,轻度过

伸复位,必要时按压复位,体表透视定位病椎并于体表标记。患者均采用 1%利多卡因局部麻醉,采用山东冠龙公司提供的椎体穿刺针(11 G 或 13 G),在 C 形臂 X 线下沿单侧椎弓根穿刺进入椎体中前 1/3 的位置,经术中 X 线透视确认穿刺针位于椎体空腔位置且完全位于椎弓根途径内,患者无明显神经损伤症状,排除穿刺针损伤硬膜脑脊液漏可能性,抽净液体后等待灌注骨水泥。正侧位 X 线透视穿刺针确认位置后,调制丙烯酸甲酯骨水泥,置入螺旋加压注射器中,待骨水泥呈拉丝-牙膏状时注射,在 C 形臂 X 线间断透视下单侧注入骨水泥,直至基本填满椎体或出现明显骨水泥渗漏时停止注射,每个椎体注射骨水泥 3~7(4.7±0.7) ml。经 X 线透视确认,拔出导管,结束手术。

1.4.3 术后处理 术后当日绝对卧床,24 h 后允许佩戴腰围或其他支具下床,允许起床完成进食、大小便、淋浴等基本日常生活,避免弯腰及久坐,鼓励床上不负重腰背部肌肉锻炼。术后长期应用钙剂+活性 VitD3 抗骨质疏松,术后 3 个月能够耐受长时间坐立后加用阿仑膦酸钠片抗骨质疏松。

1.5 观察项目与方法

1.5.1 一般情况观察 记录术中骨水泥注射量及术中骨水泥渗漏情况,术后观察有无并发症及相关症状。

1.5.2 临床疗效观察 采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)对术前,术中,术后 1 d、3 个月、1 年不同阶段的疼痛进行评分;采用改良 Oswestry Disability Index(ODI)评分表评估患者功能障碍情况,剔除其中的性生活评分,其余 9 项按总分 45 分进行评价^[2],ODI 问卷调查表包括疼痛程度、自我照顾能力、提物、坐、站立、行走功能、睡眠情况和社会活动和郊游 9 个项目的评定,每项满分 5 分,分数越高功能受限越大。

1.5.3 影像学观察 术前,术后 3 d、3 个月通过 X 线侧位片分别测量骨折椎体前缘及后缘的高度,并计算椎体高度百分比(椎体高度)。椎体压缩百分比=(1-前缘高度/后缘高度)×100%。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 19.0 软件对各观察数据进行统计学分析,其中 VAS、ODI 评分及椎体压缩比例等定量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,手术前后各项目比较采用配对 *t* 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

30 例患者均手术成功并获得 1 年以上随访,共 31 节椎体平均骨水泥注入量(4.7±0.7) ml,没有出现

心率、血压下降等骨水泥反应及神经损伤症状,无椎体及椎间隙感染发生。

30 例患者中有 13 节椎体出现渗漏,其中椎旁静脉渗漏 3 例,椎旁软组织渗漏 6 例,椎间隙渗漏 4 例,所有有渗漏的患者无明显肺栓塞或神经症状。

因手术采取局部麻醉,椎体成形术患者术中注射骨水泥时均存在不同程度胀痛感,患者术后疼痛均获得明显减轻,大部分患者术后即刻疼痛感出现可感知的减轻;大部分患者主诉术后存在可忍受的下腰部两侧酸胀感,并随术后时间延长逐渐减轻。有 1 例患者术后 3 个月复查 X 线时发现椎体内骨水泥存在翻转移位,术后疼痛缓解后一段时间后再次出现腰痛。

2.2 临床疗效观察

30 例患者术前 VAS 平均评分为 7.00±1.41,术后 1 d、3 个月、1 年分别为 2.93±0.83、2.07±0.58、1.57±0.68,术后各时间点 VAS 评分均较术前有明显降低($P<0.05$)。术前 ODI 评分为 40.5±3.9,术后 1 d、3 个月、1 年分别为 36.2±4.1、22.9±6.7、18.8±5.9,术后各时间点 ODI 评分均较术前有明显降低($P<0.05$)。见表 1。

2.3 影像学观察

术前椎体高度百分比为(72.00±12.14)%,术后 3 d、

表 1 脊柱压缩性骨折 30 例患者手术前后 ODI 评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

Tab.1 Comparison of ODI scores of patients of osteoporotic vertebral compression fractures complicated with intravertebral clefts at different time points($\bar{x}\pm s$, score)

项目	术前	术后 1 d	术后 3 个月	术后 1 年
疼痛程度	4.5±0.4	2.9±0.9	2.7±0.4	2.4±1.3
生活自理	4.7±0.3	4.5±0.4	2.9±0.5	2.2±0.6
提物	4.6±0.2	4.5±0.3	2.8±0.4	1.8±0.4
行走	4.3±0.6	4.1±0.7	2.5±0.4	1.9±0.7
站立	4.3±0.4	4.1±0.6	2.1±0.7	2.1±0.5
坐位	4.5±0.4	3.8±0.4	2.1±0.5	1.9±0.6
睡眠影响	4.0±1.0	3.2±1.2	1.9±1.2	1.5±0.8
社会生活	4.7±0.3	4.5±0.5	2.9±0.3	2.3±0.3
旅行	4.9±0.2	4.6±0.2	3.0±0.2	2.7±0.9
总分	40.5±3.9	36.2±4.1*	22.9±6.7**	18.8±5.9***

注:与术前比较,* $t=4.190,P=0.000$; ** $t=12.358,P=0.000$; *** $t=16.532,P=0.000$

Note:Compared with postoperative data,* $t=4.190,P=0.000$; ** $t=12.358,P=0.000$; *** $t=16.532,P=0.000$

3 个月分别为(79.26±8.57)%、(77.68±8.96)%,椎体高度均较术前有提升($P<0.05$)。典型病例影像学资料见图 1-2。



图 1 女性患者,78 岁,L₄ 压缩性骨折 1a,1b,1c. 术前 MRI 检查矢状位可见骨折椎体内 T1 低信号(1a)、T2 高信号(1b)及 T2 脂肪抑制像高信号的空腔(1c) 1d,1e. 术后 3 d 正侧位 X 线片可见骨水泥完全填充椎体内的空腔

Fig.1 A 78-year-old female patient with compression fractures of L₄ 1a,1b,1c. Preoperative sagittal MRI showed the fractured vertebral body with hypointensity on T1WI (1a), hyperintensity on T2WI (1b) and high signal intensity in fat suppression images (1c) 1d,1e. AP and lateral X-rays showed the bone cement completely fill the cavity of vertebral body at 3 days after operation

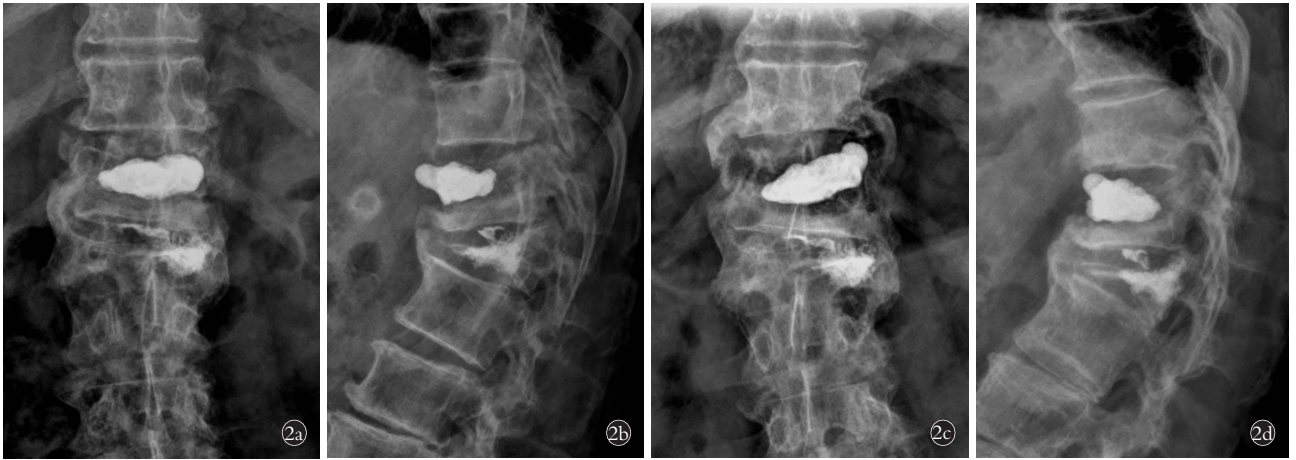


图 2 男性患者,84 岁,既往 L₁ 压缩性骨折曾行 PVP 手术,本次 T₁₂ 新鲜压缩性骨折并存在椎体内裂隙样变 2a,2b. 术后 3 d 正侧位 X 线片可见骨水泥基本完全填充椎体内空腔 2c,2d. 3 个月后正侧位 X 线片可见椎体内空腔增大,骨水泥团块发生明显翻转移位

Fig.2 A 84-year-old male patient with history of L₁ compression fracture undergone PVP, now was diagnosed as fresh compression fractures of T₁₂ complicated with intravertebral clefts 2a,2b. Postoperative AP and lateral X-rays showed the bone cement fully occupied the cavity in the vertebral body at 3 days 2c,2d. Three months later, AP and lateral X-rays showed the cavity of vertebral body was enlarged and the bone cement mass was obviously flipped over and shifted

3 讨论

3.1 椎体内裂隙样变形成机制

椎体内裂隙样变,即 X 线、CT 或 MRI 等影像学检查发现椎体内出现气体或液体填充的裂隙,有些文献描述为真空裂隙征(IVC),多认学者为是 Kümmell 病的特征性影像学表现。Kümmell 病由德国医生 Kümmell 首先报道^[3]。目前大部分学者认为 Kümmell 病是由于椎体内血管损伤缺血引起椎体缺血坏死,患者多为中老年人,主要特征为轻微外伤致脊椎疼痛,经几周至几个月无症状期后,无外伤史,同一部位再次出现疼痛,症状加重,并逐渐进展为脊柱后凸畸形,严重的骨质疏松为其重要高危因素之一。本组出现裂隙样变的患者中外伤史>3 周的患者只有 4 例,大部分为外伤 3 周内即在影像学观察到伴有裂隙样改变压缩性骨折,不完全符合 Kümmell 病外伤后进入无症状期持续数周再次出现疼痛及椎体塌陷的特点。通过与无 IVC 患者的年龄、性别、脊椎畸形程度及相邻椎体椎间盘退变程度进行比较,表明一直被认为是 Kümmell 病的特征性病征的 IVC 并不少见,IVC 常提示骨折的不愈合,尤其在老年胸腰交界处椎体骨折且有椎间盘退变者,出现 IVC 的机会较高。有不少学者^[4]认为骨折椎体内出现裂隙样改变并不一定是缺血坏死,脊柱压缩骨折后出现的裂隙样变可能是一种骨折愈合中终板下骨的暂时性吸收现象。目前也有不少学者^[5-6]认为早期出现的椎体内裂隙样变时骨质疏松骨折后椎体不稳导致的皮质骨、松质骨断裂而引起的。但各种观点均认为一旦

均提示骨折不稳定或难以愈合。

3.2 手术适应证

脊柱压缩性骨折一般认为是稳定性骨折,大部分压缩性骨折患者可采取卧床休息、后伸复位等保守治疗方法,大部分患者可获得较好的复位及愈合,但需要注意预防长期卧床的并发症。而产生椎体内裂隙样变的压缩骨折的患者,提示椎体内可能出现缺血坏死(Kümmell 病)或明显的不稳定即不愈合倾向^[7],常规的卧床休息、支具保护等保守治疗手段通常无效。虽然有报道显示采用卧床休息加特立帕肽(PTH 的重组片段)治疗有一定疗效^[8],采取保守治疗仍需长时间卧床,相应并发症多,愈合率仍相对较低,且药物费用不菲。手术治疗后,患者可早期下床活动,大大减少并发症。故目前临床上出现此类影像学表现的患者比一般骨质疏松压缩骨折的患者具有更强的手术适应证。

3.3 手术方式选择

对于严重骨质疏松性脊柱压缩性骨折而言,PVP 或 PKP 是目前公认的治疗骨质疏松性脊柱压缩性骨折的有效手术方法之一,虽然费用较高,但可以较快地缓解疼痛并大大缩短患者卧床时间,且治愈率较高,具有较高的成本-效果比^[9]。根据本研究观察的患者及其他报道,大部分存在椎体内裂隙样变的脊柱压缩性骨折患者,压缩程度属于轻度者居多,PKP 手术球囊撑开的技术对于椎体已经内存在空腔、水囊腔的轻度脊柱压缩性骨折效果削弱,且手术时间明显延长、医疗器材费用明显提高,而价格相对便宜,操作时间相对更短的 PVP 手术完全可以达

到良好的疗效。只有压缩程度相对较重的患者才更适合 PKP 手术。由于患者年龄一般较大身体状况较差, 后路减压椎体强化联合椎弓根螺钉固定术创伤较大, 费用较高, 且固定后易出现螺钉松动、固定失效, 除非有明显神经卡压或损害一般不作为首选^[10]。

3.4 渗漏及骨水泥的注射量

研究观察发现存在椎体内裂隙样变的压缩骨折患者在注射骨水泥时渗漏发生率与其他文献报道类似^[9,11]。根据观察骨折或出现相应症状超过 3 周的患者及椎体内空腔较大的患者, 注射渗漏的概率相对较低。说明裂隙样变与椎体血循环障碍可能有一定相关性。患者椎旁及椎间盘渗漏较对照组多, 因椎体内存在空腔, 要恢复椎体刚度及稳定性, 必须首先填满空腔再弥散至空腔周围的松质骨, 可以理解为裂隙样变的压缩骨折患者需要更多的骨水泥才能达到相同的效果。有研究表明^[12], 胸椎注入 2~3 ml 骨水泥, 腰椎注入 3~5 ml 骨水泥, 97% 的患者疼痛中度至完全缓解。骨质疏松椎体强度恢复需要骨水泥量为 2 ml, 但是恢复刚度需要 4~8 ml^[13], 强度恢复可以预防再骨折, 刚度恢复与疼痛缓解关系更密切, 与椎体高度是否恢复关系不大, 除非中重度压缩后凸畸形明显, 否则没有必要完全恢复病椎至原高度。存在椎体内裂隙样改变的骨折患者平均年龄一般更大, 骨质疏松程度更严重, 对于全身情况欠佳的老年患者特别是高龄老人, 通过简单的手术缓解疼痛, 能让患者早期起床生活自理, 其意义要远大于解剖复位带来的潜在功能提升和症状改善。

1 例患者术后出现骨水泥翻转移位, 说明骨水泥如未完全填满空腔或填满空腔后未弥散至周围松质骨, 团块状的骨水泥造成后期骨水泥-骨界面弹性模量差距太大, 骨水泥在椎体内造成二次损伤引起周围骨吸收或坏死, 进而导致骨水泥移位。有报道显示, 骨水泥弥散良好者疼痛缓解更明显, 椎体稳定性更好, 近期疗效更明显^[14], 骨水泥注射时弥散型及混合型填充要较团块型填充方式远期效果更好。所以对于存在明显裂隙空腔的患者, 建议增加骨水泥的注入量直至完全填充空腔并向空腔周围弥散或骨水泥出现渗漏, 应能减少术后骨水泥松动发生的机会, 并获得更好的远期症状改善。

本研究中仅对影像学存在椎体内裂隙样变的患者进行回顾性研究, 未对裂隙样变的原因进行深究, 且样本量较少, 但根据观察结果表明对影像学具有椎体内裂隙样变的患者, 采用相对简单的 PVP 手术, 均能有效重建骨折椎体稳定性, 改善疼痛症状。

参考文献

[1] 郝永强, 郝光亮, 戴戎戈. 上海地区骨质疏松性骨折的发病特点研究(附 59233 例分析)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2007, 13(3):

197-198.

HAO YQ, HAO GL, DAI KR. An epidemiological study on osteoporotic fracture in Shanghai[J]. Zhongguo Gu Zhi Shu Song Za Zhi, 2007, 13(3):197-200. Chinese.

- [2] Chow JH, Chan CC. Validation of the Chinese version of the Oswestry Disability Index[J]. Work, 2005, 25(4):307-314.
- [3] Kümmell H. Die rarefizierende ostitis der wirbelkörper[J]. Deutsche Med, 1895, 21:180-181.
- [4] Mirovsky Y, Anekstein Y, Shalmon E, et al. Vacuum clefts of the vertebral bodies[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2005, 26(7):1634-1640.
- [5] Lane JI, Maus TP, Wald JT, et al. Intravertebral clefts opacified during vertebroplasty: pathogenesis, technical implications, and prognostic significance[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2002, 23(10):1642-1246.
- [6] McKiernan F, Faciszewski T. Intravertebral clefts in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Arthritis Rheum, 2003, 48(5):1414-1419.
- [7] Yoon ST, Qureshi AA, Heller JG, et al. Kyphoplasty for salvage of a failed vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures: case report and surgical technique[J]. J Spinal Disord Tech, 2005, 18(Suppl):129-134.
- [8] Kim SW, Kim HS. A case of posterior element fracture in Kümmell's disease[J]. Osteoporos Int, 2012, 23(5):1641-1644.
- [9] 陈琛, 李大伟. 微创保守在老年骨质疏松性脊柱骨折的成本效果评估[J]. 中国骨伤, 2016, 29(7):614-618.
CHEN C, LI DW. The cost effectiveness analysis of minimally invasive surgery and conservative treatment in elderly osteoporotic spinal fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(7):614-618. Chinese with abstract in English.
- [10] 俞海明, 李毅中. 迟发性骨质疏松性椎体塌陷的手术方式选择[J]. 中国骨伤, 2016, 29(7):606-613.
YU HM, LI YZ. Surgical options for delayed osteoporotic vertebral collapse[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(7):606-613. Chinese with abstract in English.
- [11] 高万旭, 宓士军, 高景春. 单侧入路经皮椎体成形术治疗伴裂隙样变的骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国修复重建外科杂志, 2012, 26(11):1330-1331.
GAO WX, MI SJ, GAO JC. Percutaneous vertebroplasty to treat osteoporotic vertebral compression fractures combined with intravertebral clefts by unilateral approach[J]. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi, 2012, 26(11):1330-1331. Chinese.
- [12] Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(8):923-928.
- [13] Belkoff SM, Mathins JM, Jasper LE, et al. The biomechanics of vertebroplasty. The effect of cement volume on mechanical behavior[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2001, 26(14):1537-1541.
- [14] 赵永生, 李强. 骨水泥弥散类型对治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的影响[J]. 中国骨伤, 2016, 30(5):446-451.
ZHAO YS, LI Q. Effect of different bone cement dispersion types in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 30(5):446-451. Chinese with abstract in English.

(收稿日期:2017-07-19 本文编辑:王宏)