

·临床研究·

单侧多穿刺通道注射骨水泥法在骨质疏松椎体压缩骨折经皮椎体成形术中的应用

韦兹宇, 谭明生, 梁立

(卫生部中日友好医院脊柱外科, 北京 100029)

【摘要】 目的:探讨经皮椎体成形术中采用单侧多通道穿刺注射骨水泥法的临床价值。方法:自 2003 年 3 月至 2012 年 10 月,采用单侧经椎弓根穿刺行椎体成形术(PVP)治疗骨质疏松椎体压缩骨折 658 例(885 个椎体),对术中注射骨水泥 <0.3 ml 即出现骨水泥渗漏的 82 例(99 个椎体)采用单侧多穿刺通道灌注骨水泥,其中男 38 例(45 个椎体),女 44 例(54 个椎体);年龄 69~92 岁,平均 75.4 岁。记录手术时间,骨水泥注入量,并发症,术前及术后 1 h、1 个月、3 个月、6 个月随访时的疼痛视觉模拟评分(VAS)及术前、术后 1 个月、3 个月、6 个月 Oswestry 功能障碍指数(ODI)以综合评估手术疗效;术后拍摄正侧位 X 线片,观察骨水泥在椎体内的分布,计算其分布优良率。结果:99 个出现骨水泥渗漏的椎体均采用单侧多通道穿刺注射骨水泥法完成 PVP 操作。平均手术时间为 33 min,骨水泥分布优良率达 98.8%(98/99);术中无一例出现脊髓、神经根损伤及骨水泥血管内渗漏,无肺栓塞、气胸、穿刺部位出血伤口感染等并发症发生。VAS 评分由术前(8.40±0.73)分改善至术后 1 h 的(2.50±0.43)分,术后 1 个月的(2.00±0.33)分,术后 3 个月(1.80±0.28)分,术后 6 个月(2.10±0.17)分;ODI 由术前(40.94±2.72)分改善至术后 1 个月(9.64±2.60)分,术后 3 个月(8.52±2.30)分,术后 6 个月(7.77±2.15)分。术后各时间点 VAS 评分、ODI 与术前比较差异有统计学意义($P<0.01$)。结论:在经皮椎体成形术中发生骨水泥渗漏时,采用单侧多穿刺通道注射骨水泥法骨水泥分布满意、疼痛缓解率高、功能改善明显,无不良事件发生。

【关键词】 椎体成形术; 单侧入路; 多穿刺通道

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2013.12.010

Unilateral multiple channels approach in percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral fractures WEI Hong-yu, TAN Ming-sheng, and LIANG Li. Department of Spinal Surgery, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

ABSTRACT Objective: To explore the therapeutic efficacy of unilateral multiple channels approach in percutaneous vertebroplasty (PVP) for osteoporotic vertebral fractures. **Methods:** A retrospective review (from March 2003 to October 2012) was conducted on 685 consecutive patients, a total of 885 vertebrae were involved. Eighty-two cases (99 vertebrae) with bone cement leakage when less than 0.3 ml bone cement was injected to fill the fracture were given PVP procedure by unilateral multiple channels approach. 38 cases were male (45 vertebrae) and 44 cases were female (54 vertebrae). The average age was 75.4 years old (from 69 to 92). The operation time, amount of injected bone cement and complications were recorded. Rate of excellent and good outcomes was studied by measuring the cement distribution on the X-ray film. The visual analogue scale (VAS) score and Oswestry disability index (ODI) system were used to evaluate the pain relief and improvement of daily activity function respectively at preoperation and 1 hour, 1 month, 3 months and 6 months after operation. **Results:** All these ninety-nine vertebrae were treated in 82 cases with PVP of unilateral multiple channels approach. The average operation time was 33 minutes. The rate of excellent and good outcomes of cement distribution was 98.8%. The VAS score was (8.40±0.73) before surgery, and (2.50±0.43), (2.00±0.33), (1.80±0.28), (2.10±0.17) at 1 hour, 1 month, 3 months and 6 months respectively after operation. ODI was (40.94±2.72) before surgery, (9.64±2.60) at 1 month after surgery, (8.52±2.30) at 3 months after surgery and (7.77±2.15) at the final follow-up. The differences of the VAS and ODI between pre-operation and post-operation had statistical significance ($P<0.01$). No spine or nerve injuries occurred intraoperatively. **Conclusion:** The unilateral multiple channels approach in percutaneous vertebroplasty can obviously relieve the pain and effectively improve the functional activity, provide a satisfied cement distribution in vertebral body with cement leakage after a small amount infusion.

KEYWORDS Percutaneous vertebroplasty; Unilateral approach; Multiple channels

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(12): 1010-1014 www.zggszz.com

法^[1],在欧美国家已成为治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的主要方法,近年来在我国也广泛应用。双椎弓根入路是经皮椎体成形术中最常用的入路,其缺点是手术时间长、费用高、局麻操作时患者难以耐受。随着穿刺熟练程度的提高,单侧穿刺已开始被广泛应用^[2],但是传统单侧经椎弓根入路的安全性和骨水泥分布等诸多不足,使其应用受到了一定的限制。另外,无论是双侧,还是单侧入路,操作过程中骨水泥从骨折线渗漏的情况时有发生^[3]。2003 年 3 月至 2012 年 10 月,笔者对椎体成形术中发生骨水泥渗漏的骨质疏松性椎体压缩骨折 82 例(99 个椎体),采用单侧经椎弓根多通道穿刺注射骨水泥法进行治疗,疗效满意,报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本组 82 例(99 个椎体)在注射骨水泥<0.3 ml 时开始出现椎体前缘或椎间盘内渗漏,其中男 38 例(45 个椎体),女 44 例(54 个椎体),年龄 69~92 岁,平均 75.4 岁。骨折椎体分布部位:T₆ 3 个,T₇ 7 个,T₈ 9 个,T₉ 9 个,T₁₀ 10 个,T₁₁ 13 个,T₁₂ 15 个。L₁ 14 个,L₂ 11 个,L₃ 4 个,L₄ 4 个。腰椎正侧位、胸椎正侧位 X 线片均显示椎体明显楔形变,所有患者行 MRI 检查,伤椎 T1WI 低信号、抑脂相高信号,椎管均未受累。

1.2 手术方法 患者取俯卧位,心电监护,使用 C 形臂 X 线机正位透视确定伤椎双侧椎弓根的体表投影、横突末端体表投影,以记号笔标记,常规消毒铺巾,以 1%利多卡因逐层浸润,充分浸润小关节突周围(胸椎浸润横突及小关节,腰椎浸润小关节突及横突根部),以横突体表投影标记作为进针点,腰椎进针点于横突根部,上胸椎于横突中部,下胸椎于横突末端,在 C 形臂 X 线机正位透视下将穿刺套管针柔和旋转拧入,当针尖达椎弓根内侧壁时(椎弓根卵圆形影内侧边),C 形臂 X 线机侧位确定针尖已通过椎体后缘约 3 mm,继续拧入穿刺针达椎体中部,拔出穿刺针芯,置入导针抵达椎体前缘,X 线机正位显示导针末端超过中线,拔出穿刺针,沿导针置入钝性分离器及工作套管,旋转拧入达椎体中后 1/4 处,拔出导针及分离器,留下工作套管,以手钻旋转置入达椎体前中部,拔出手钻,调制骨水泥,在拉丝期以骨水泥填充推杆在透视下经工作套管将骨插入到椎体前中部,缓慢注入骨水泥,当推入骨水泥量≤0.3 ml 时如出现骨水泥椎体前方或椎间盘内渗漏,拔出骨水泥填充推杆,透视下将套管前端退出到侧位片上接近椎体后缘,摆动套管改变穿刺方向,再以手钻扩孔,改变椎体内穿刺通道,重新置入骨水泥填充推杆,缓慢注入骨水泥,根据需要反复调整套管角度,

以手钻在椎体内形成多个通道,注入骨水泥,以控制骨水泥在椎体内的分布,待骨水泥凝固后拔除推杆及套管,包扎切口,结束手术(见图 1-6)。术后处理:卧床半小时后即可下地活动。

1.3 观察项目与方法 术中电监测患者的生命体征,记录手术时间、骨水泥注入量。术后均常规拍摄正侧位 X 线片,观察骨水泥在椎体内的分布,计算其分布优良率^[4];根据 X 线片正位像骨水泥分布情况计算,70%~100%为优,50%~70%为良,50%以下为差。术后对患者进行随访,分别记录术前、术后 1 h、1 个月、3 个月、6 个月的视觉模拟评分(visual analog scale, VAS)^[5]和术前、术后 1 个月、3 个月、6 个月的 Oswestry 功能障碍指数(oswestry disability index, ODI)^[6],以评价患者疼痛和功能改善情况。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 17.0 进行统计学分析,计数资料采用例数(百分比)描述,计量资料采用均数±标准差描述,对 VAS 及 ODI 行单因素方差分析,术后各时间点与术前比较进行 SNK-*q* 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组 82 例患者均在推注骨水泥<0.3 ml 时开始出现水泥渗漏,其中间盘内渗漏 66 个椎体(66.7%),椎旁软组织渗漏 24 椎(24.2%),椎旁静脉渗漏 9 个椎体(9.1%)。术中无一例出现脊髓、神经根损伤及骨水泥血管内渗漏,改变穿刺通道后无新发水泥渗漏椎体,手术顺利完成。所有病例无肺栓塞、气胸、穿刺部位出血伤口感染等并发症发生,1 例患者(L₁ 椎体压缩骨折)注入骨水泥后出现椎体前方渗漏,退出套管时套管完全脱出骨道,重新安放套管,延迟操作时间,骨水泥分布<50%,但正位 X 线片上骨水泥分布超过中线。手术时间 20~45 min,平均 33 min,各椎体骨水泥注入量为 4.0~9.0 ml,平均 6.5 ml,椎体骨水泥分布优 74 个,良 24 个,差 1 个,优良率达 98.8%(98/99)。

所有患者术后 1 h、1 个月、3 个月及 6 个月随访时疼痛均得到明显缓解或消失,术后各随访时间点与术前比较差异均有统计学意义($P < 0.01$),见表 1。

3 讨论

经皮椎体成形(PVP)和经皮球囊扩张椎体后凸成形(PKP)因创伤小、手术时间短、疼痛改善明显,成为治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的常用方法,虽然理论上 PKP 在恢复椎体高度、矫正后凸畸形方面较 PVP 有优势,但 PVP 术中通过采取过伸体位、骨折部位垫枕同样可使骨折得到有效复位^[7]。研究显示^[8],PVP 和 PKP 在止痛与术后发生相邻椎体骨折的并发症方面并无明显差异。临床证实^[9],超过 90%

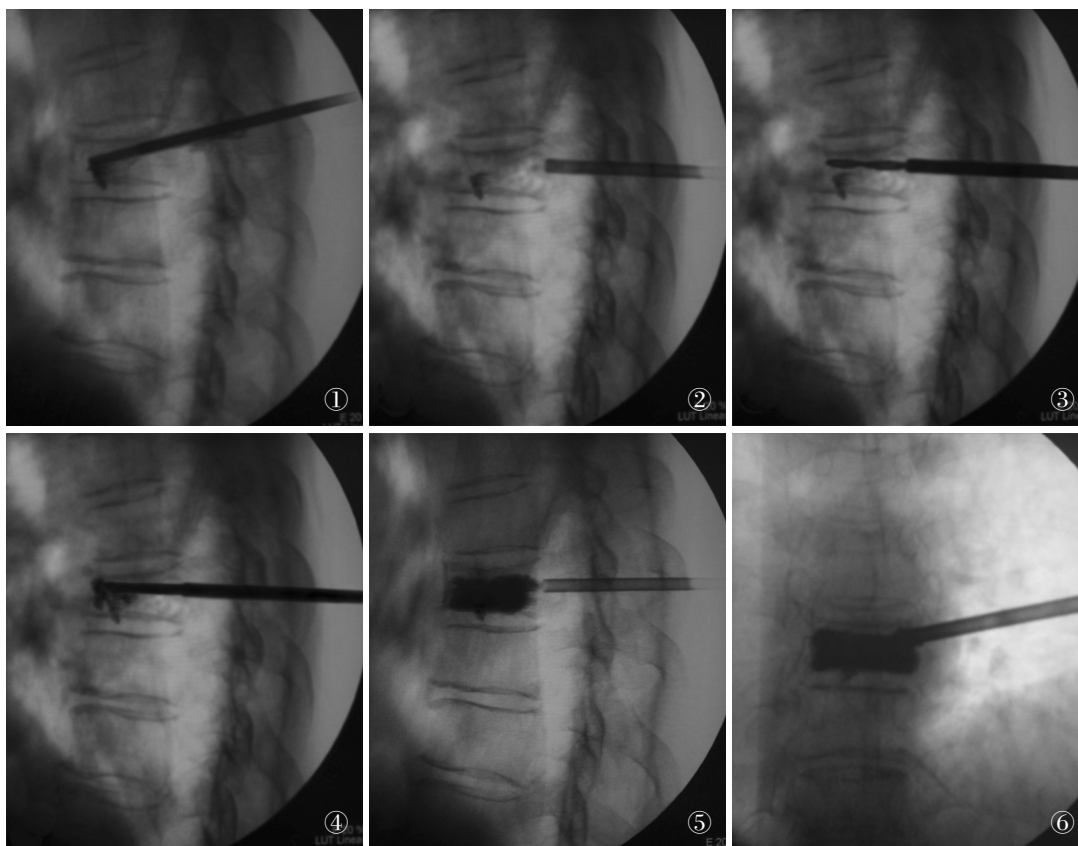


图 1 注入少量骨水泥时发生间盘内渗漏 图 2 拔出骨水泥填充推杆,将工作套管前端退出到接近椎体后缘,摆动套管尾端改变方向 图 3 以手钻扩孔,改变椎体内穿刺通道 图 4 再次插入骨水泥填充推杆,在新的通道内注入骨水泥 图 5 改变通道后灌注骨水泥弥散良好 图 6 改变通道后灌注骨水泥分布均匀,无新的渗漏发生

Fig.1 Bone cement leakage after a small amount injection Fig.2 Extract push-bar to the vertebral rear and change the direction of cannula Fig.3 Drill a new channel Fig.4 Inject bone cement in the new channel Fig.5 Bone cement well diffused Fig.6 Non leakage

表 1 骨质疏松椎体压缩骨折 82 例患者术前,术后 1 h、1 个月、3 个月、6 个月 VAS 评分、Oswestry 功能障碍指数 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Preoperative and postoperative VAS score and Oswestry Disability Index of 82 patients with osteoporotic vertebral fractures ($\bar{x}\pm s$)

| 项目 | 术前 | 术后 1 h | 术后 1 个月 | 术后 3 个月 | 术后 6 个月 |
|--------|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| VAS 评分 | 8.40±0.73 | 2.50±0.43 ^① | 2.00±0.33 ^② | 1.80±0.28 ^③ | 2.10±0.17 ^④ |
| ODI 总评 | 40.94±2.72 | 未测 | 9.64±2.60 ^⑤ | 8.52±2.30 ^⑥ | 7.77±2.15 ^⑦ |
| 疼痛程度 | 4.38±0.64 | 未测 | 0.97±0.82 | 0.89±0.64 | 0.78±0.67 |
| 日常活动能力 | 4.82±0.38 | 未测 | 1.06±0.91 | 0.93±0.74 | 0.84±0.72 |
| 提举重物 | 4.51±0.39 | 未测 | 1.16±0.78 | 1.03±0.86 | 0.93±0.61 |
| 坐 | 4.40±0.86 | 未测 | 0.78±0.58 | 0.64±0.42 | 0.59±0.48 |
| 站立 | 4.96±0.66 | 未测 | 1.01±0.71 | 0.92±0.67 | 0.89±0.69 |
| 行走 | 4.70±0.48 | 未测 | 1.03±0.66 | 0.87±0.62 | 0.79±0.50 |
| 睡眠 | 3.60±1.27 | 未测 | 0.82±0.65 | 0.75±0.53 | 0.63±0.41 |
| 社会活动 | 4.59±0.58 | 未测 | 1.34±0.93 | 1.22±0.96 | 1.13±0.91 |
| 旅行 | 4.98±0.20 | 未测 | 1.47±0.90 | 1.27±0.86 | 1.19±0.83 |

注:与术前比较:① $q=7.38, P<0.001$;② $q=8.01, P<0.001$;③ $q=8.25, P<0.001$;④ $q=7.88, P<0.001$;⑤ $q=20.87, P<0.001$;⑥ $q=21.61, P<0.001$;⑦ $q=22.11, P<0.001$

Note: Compared with preoperative data, ① $q=7.38, P<0.001$;② $q=8.01, P<0.001$;③ $q=8.25, P<0.001$;④ $q=7.88, P<0.001$;⑤ $q=20.87, P<0.001$;⑥ $q=21.61, P<0.001$;⑦ $q=22.11, P<0.001$

以上骨质疏松椎体压缩性骨折患者行 PVP 后疼痛部分或完全缓解,在病例选择方面,PKP 更适合新鲜椎体压缩性骨折,而对于半新鲜或相对陈旧性椎体

压缩骨折 PKP 复位效果不佳,一般而言,椎体压缩小于 50% 的新鲜骨折适合于 PKP,而 PVP 适合的椎体骨折压缩程度可以允许更大甚至超过 2/3 都可以

获得满意的临床疗效^[10]。从治疗成本上看,在我国行 PKP 成本是 PVP 的 2~3 倍^[11]。国外一项多中心研究也得出相同的结论^[12]。无论是从对后凸畸形矫正还是镇痛效果,PVP 与 PKP 效果相似,并且 PVP 治疗成本低于 PKP,这就意味着 PVP 的应用更为广泛。本研究患者均行 PVP 手术,住院当天手术治疗,新鲜压缩骨折患者常规使用过伸体位垫体位复位,术中术后 X 线片示伤椎高度均不同程度获得恢复,疼痛缓解满意,术后观察 1 d 出院,最大程度地缩减了治疗成本。

传统观点认为双侧入路 PVP 可使骨水泥得到很好地填充,但增加了创伤、手术时间和放射线暴露。研究证实^[13-14],单侧入路在不增加创伤的基础上也可获得比较满意的填充,也有学者^[15]认为单侧入路对疼痛的缓解效果更佳。

本组 82 例(99 个椎体)均采用单侧 PVP 手术,术后疼痛及功能均得到明显改善,骨水泥分布优良率也达 98.8%。笔者认为取得单侧入路骨水泥分布良好效果的关键是穿刺进针点的正确选择,不同于开放手术经椎弓根螺钉的进针点,单侧 PVP 的进针点比较靠外,在 X 线正位片上,上胸椎穿刺进针点在横突上缘中部,旁开椎弓根卵圆影外侧边约 10 mm,此进针点可通过椎弓根外侧、肋椎弓根复合体进入椎体,针尖往往能达到椎体中线甚至对侧而不突入椎管;下胸椎进针点在横突末端,由于下胸椎横突比较短,其末端为一骨突,术中穿刺针容易探及,腰椎进针点在上关节突外侧横突根部。传统经椎弓根螺钉开放置钉进钉点在上关节突外缘,即 X 线正位片椎弓根卵圆影的外侧边,如果以该点作为 PKP 或 PVP 的进针点穿刺针尖将无法达到椎体中线,一味强求穿刺达椎体中线而加大外展角度,穿刺针尖容易突破椎弓根内侧壁突入椎管,伤及脊髓、神经根。

经皮椎体成形术(PVP)对骨质疏松椎体压缩性骨折具有良好的临床疗效,但与其相关并发症的报道也逐渐增多^[16],其中骨水泥渗漏是严重并发症之一^[17],骨水泥渗漏与骨折椎体皮质及终板的完整性、术式的选择、术者操作熟练程度、骨水泥注入的把握时机有关,大多数的骨水泥渗漏不会引起临床症状,无须特殊处理,只有少数渗漏会引起临床症状。国内外文献在预防骨水泥渗漏方面有诸多报道,尽管如此,PVP 与 PKP 骨水泥渗漏发生率仍高达 19%~65%^[18]。关于注射极少量骨水泥即发生渗漏的原因,Peh 等^[19]认为可能与椎体破裂有关,并且此类椎体骨折可导致椎体成形术骨水泥渗漏发生率高达 79%。发生渗漏时应采取何种应对措施的相关报道

较少,大多数学者采取停止注射骨水泥终止手术、退针注射骨水泥、等待骨水泥固化后重新搅拌骨水泥分次注射^[20]。笔者体会,停止注射骨水泥终止手术显然因骨水泥填充不足、分布不佳难以达到镇痛效果,退针注射骨水泥法在裂隙较大的椎体,仍会加重渗漏,骨水泥分次注射法需多次调拌骨水泥而延长手术时间且加大了骨水泥损耗,提高了手术成本。尽管骨水泥注入量与疼痛缓解无相关性^[21],但生物力学表明骨折椎体刚度的恢复需要 4~6 ml 或 29.8%的椎体体积百分比的骨水泥量^[22],因此,足量骨水泥注入成为疼痛缓解、维持椎体高度的关键^[8]。理想状态下骨水泥在椎体内充分填充骨折端并弥散渗入骨小梁中起到锚固作用,注射量不足时,必然造成骨水泥不能充分弥散到骨小梁内,其镇痛及固定效果均不理想。理论上骨水泥注入量越大渗漏概率就越高,尤其是注射极少量骨水泥时即发生渗漏的病例,如继续注射,只会加重骨水泥渗漏,最终骨折椎体内无法获得足量骨水泥的有效分布。为解决骨水泥渗漏与注入量这一矛盾,本研究在注射小剂量骨水泥(<0.3 ml)即发生渗漏时,短时间内完成调整套管角度,改变椎体内穿刺通道,重新注入骨水泥,使足量骨水泥弥散至骨小梁内直至骨折端,骨水泥注入量达 4.0~9.0 ml,且无新发骨水泥渗漏。

单侧多通道穿刺注射骨水泥法由于穿刺点偏外,改变通道时,套管退出接近椎体后缘,其占据骨道距离较短,大部分位于软组织中及体外,而且伤椎骨质疏松明显,通过摆动套管尾端改变各方向角度易于实现,术中可根据透视情况多次调整套管方向改变骨道。本组 98 个椎体通过调整套管、改变椎体内穿刺通道、重新注入骨水泥后骨水泥分布良好,1 例患者(单椎体)由于退出套管时脱出,需重新穿刺,骨水泥过于黏稠,导致骨水泥弥散、分布不理想,笔者在此之后的操作中,将套管退到接近椎体后缘之前先插入导针,再无套管脱出发生。

本研究结果显示单侧多穿刺通道注射骨水泥法治疗骨质疏松椎体压缩性骨折可有效缓解疼痛、恢复活动功能,该法操作简便易于掌握,对术中骨水泥渗漏起到良好的补救作用,使骨水泥足量注入、均匀弥散、有效稳定椎体起到良好的镇痛效果。但本研究病例数较少,随访时间短,仍需进一步随机前瞻性对照研究证实。

参考文献

- [1] Alvarez L, Pérez-Higuera A, Granizo JJ, et al. Predictors of outcomes of percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral fractures[J]. Spine, 2005, 30(1): 87-92.
- [2] 刘爱华, 吴中学, 杨新健, 等. 单侧入路的椎体成形术治疗老年椎体压缩性骨折[J]. 中国现代医学杂志, 2006, 16(17): 2623-

- 2625.
- Liu AH, Wu ZX, Yang XJ, et al. Treatment of senior vertebral compressive fracture with vertebroplasty by trans-single-pedicular approach[J]. *Zhongguo Xian Dai Yi Xue Za Zhi*, 2006, 16(17): 2623-2625. Chinese.
- [3] 张功林, 葛宝丰. 经皮椎体成形术的并发症[J]. *中国骨伤*, 2013, 26(3): 257-260.
- Zhang GL, Ge BF. Percutaneous vertebroplasty complications[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2013, 26(3): 257-260. Chinese.
- [4] 何仕成, 滕皋军, 邓刚, 等. 椎体成形术治疗合并囊腔样变的骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. *介入放射学杂志*, 2005, 14(3): 256-260.
- He SC, Teng GJ, Deng G, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures with intraosseous cystic cavity phenomena[J]. *Jie Ru Fang She Xue Za Zhi*, 2005, 14(3): 256-260. Chinese.
- [5] Huskisson EC. Measurement of pain[J]. *Lancet*, 1974, 2(7889): 1127-1131.
- [6] Roland M, Fairbank J. The Roland-Mirrors disability questionnaire and the Oswestry questionnaire[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(24): 3115-3124.
- [7] Krauss M, Hirschfelder H, Tomandl B, et al. Kyphosis reduction and the rate of cement leaks after vertebroplasty of intravertebral clefts[J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(5): 1015-1021.
- [8] 杨丰建, 林伟龙, 朱炯, 等. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(1): 50-54.
- Yang FJ, Lin WL, Zhu J, et al. Percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2011, 21(1): 50-54. Chinese.
- [9] Hadjipavlou AG, Tzermiadianos MN, Katonis PG, et al. Percutaneous vertebroplasty and balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures and osteolytic tumours[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(12): 1595-1604.
- [10] De Negri P, Tirri T, Paternoster G, et al. Treatment of painful or traumatic vertebral compression fractures by percutaneous vertebral augmentation procedures: a nonrandomized comparison between vertebroplasty and kyphoplasty[J]. *Clin J Pain*, 2007, 23(5): 425-430.
- [11] 王兴武, 陆建猛, 俞武良, 等. 经皮椎体成形术与后凸成形术治疗急性骨质疏松性轻度压缩骨折的疗效及成本比较[J]. *临床骨科杂志*, 2012, 15(2): 125-128.
- Wang XW, Lu JM, Yu WL, et al. Comparison of clinical effect and costs between percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for the treatment of acute osteoporotic vertebral mild compression fractures[J]. *Lin Chuang Gu Ke Za Zhi*, 2012, 15(2): 125-128. Chinese.
- [12] Fritsell P, Ohlin A, Borgström F, et al. Cost-effectiveness of kyphoplasty versus standard medical treatment in patients with osteoporotic vertebral compression fracture: a Swedish multicenter randomized controlled trial with 2-year follow-up[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36(26): 2243-2251.
- [13] Chen LH, Lai PL, Chen WJ. Unipedicle percutaneous vertebroplasty for spinal intraosseous vacuum cleft[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, (435): 148-153.
- [14] Kasó G, Horváth Z, Szenohradszky K, et al. Comparison of CT characteristics of extravertebral cement leakages after vertebroplasty performed by different navigation and injection techniques[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2008, 150(7): 677-683.
- [15] Song BK, Eun JP, Oh YM. Clinical and radiological comparison of unipedicular versus bipedicular balloon kyphoplasty for the treatment of vertebral compression fractures[J]. *Osteoporos Int*, 2009, 20(10): 1717-1723.
- [16] 童培建, 黄忠名, 厉驹, 等. 经皮椎体后凸成形术并发骨水泥渗漏防治的探讨[J]. *中华外科杂志*, 2007, 45(20): 1432-1433.
- Tong PJ, Huang ZM, Li J, et al. The prevention and treatment of bone cement leakage after percutaneous kyphoplasty[J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2007, 45(20): 1432-1433. Chinese.
- [17] 倪文飞, 池永龙, 林焱, 等. 经皮椎体强化术并发骨水泥渗漏的类型及其临床意义[J]. *中华外科杂志*, 2006, 44(4): 231-234.
- Ni WF, Chi YL, Lin Y, et al. The classification and its clinical value for extravertebral cement leakage complicated by percutaneous vertebral augmentation[J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2006, 44(4): 231-234. Chinese.
- [18] Phillips FM. Minimally invasive treatments of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(Suppl): S45-S53.
- [19] Peh WC, Gelbart MS, Gilula LA, et al. Percutaneous vertebroplasty: treatment of painful vertebral compression fractures with intraosseous vacuum phenomena[J]. *Am J Roentgenol*, 2003, 180(5): 1411-1417.
- [20] 杨惠林, 王根林, 姜为民. 分次灌注骨水泥技术治疗 Kummell 病[J]. *脊柱外科杂志*, 2012, 10(1): 22-24.
- Yang HL, Wang GL, Jiang WM. Graded infusion of bone cement in balloon kyphoplasty for Kummell's disease[J]. *Ji Zhu Wai Ke Za Zhi*, 2012, 10(1): 22-24. Chinese.
- [21] Weisskopf M, Ohnsorge JA, Niethard FU, et al. Intravertebral pressure during vertebroplasty and balloon kyphoplasty: an in vitro study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(2): 178-182.
- [22] 陈亮, 杨惠林, 唐天骝. 后凸成形术治疗多椎体骨质疏松性压缩骨折的疗效分析[J]. *中华骨科杂志*, 2009, 29(4): 310-314.
- Chen L, Yang HL, Tang TS. Efficacy of balloon Kyphoplasty for the treatment of multi-vertebral osteoporotic compression fracture[J]. *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 2009, 29(4): 310-314. Chinese.

(收稿日期: 2013-09-27 本文编辑: 王宏)