

## 对经皮椎体强化术的再认识

金 鹏, 孙 钢

**【摘要】** 多年来,以椎体成形术和椎体后凸成形术为代表的椎体强化术(PVA)已成功用于治疗骨质疏松性和肿瘤性椎体骨折。2009 年发表于 New England Journal of Medicine 的两篇文章对椎体成形术治疗椎体压缩骨折的疗效提出质疑。然而随后大量的反驳文献陆续发表。PVA 仍被广泛应用于临床。文章的目的是在临床参数(疼痛,残疾,生活质量,新发骨折)及影像学表现等方面,比较非手术治疗和 PVA 的治疗效果,讨论“非手术治疗失败”的定义和 PVA 骨水泥渗漏等不良反应。根据临床证据,探讨治疗骨质疏松性和肿瘤性椎体骨折最佳方案。

**【关键词】** 椎体骨折;系统评价;椎体强化术

中图分类号:R681.53 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-06-0463-06

**Re-understanding of percutaneous vertebral augmentation** JIN Peng, SUN Gang, Department of Medical Imaging, General Hospital of Jinan Military Area Command, Jinan, Shandong Province 250031, China

Corresponding author: SUN Gang, E-mail: cjr.sungang@vip.163.com

**【Abstract】** For many years, percutaneous vertebral augmentation (PVA), represented by vertebroplasty (VP) and kyphoplasty (KP), have been successfully employed in clinical treatment of osteoporotic and neoplastic vertebral fractures. In 2009, two open randomized controlled trials published in the New England Journal of Medicine questioned the value of vertebroplasty in treating vertebral compression fractures. Then, a large number of academic papers have been published to refute the above views. So far, PVA has still been used in clinical practice. This paper aims to make a comparison of therapeutic effectiveness between nonsurgical management and PVA in the aspects of clinical parameters (pain, disability, quality of life and new fractures) as well as imaging findings, and to discuss the definition of “nonsurgical treatment failure” and the adverse reactions such as cement leakage. The evidence-based optimal therapeutic schemes for osteoporotic and neoplastic vertebral fractures are also discussed. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 463-468)

**【Key words】** vertebral fracture; system evaluation; vertebral augmentation technique

骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)为骨质疏松症最常见的并发症之一,是导致老年人生活质量降低和死亡的重要原因。疼痛性 OVCF 的传统一线治疗是非手术治疗,包括卧床休息、支具及镇痛药物。然而,许多 OVCF 患者的非手术治疗效果并不理想,传统开放手术对于此类患者创伤大,或因患者本身具有禁忌证而无法接受传统开放手术。目前,以椎体成形术(VP)和椎体后凸成形术(KP)为代表的经皮椎体强化术(PVA)已成为治疗疼痛性 OVCF 的主要方法。近年来,随着多学科团队对骨质疏松症基

础与临床研究的不断深入,PVA 在疼痛性 OVCF 治疗领域取得了长足进步,本文就 PVA 的指南更新和适应证的再认识作一专述。

### 1 非手术治疗

传统认为疼痛性 OVCF 的非手术治疗是安全的保守治疗方法,但现在大量的临床证据表明,此种保守治疗并不代表安全性或无风险性<sup>[1-3]</sup>。一项关于年龄>70 岁的 498 例住院治疗患者的前瞻性研究表明,在排除其他变量包括年龄、性别、疾病严重程度、合并症等因素,低活动性(定义为卧床或完全依赖轮椅活动)或中间活动性(定义为完全依赖辅助步行 1~2 次)可导致出院后的不良结果,包括日常活动能力下降、整体体质衰退、病死率明显增高<sup>[4]</sup>。

长期非手术治疗导致低活动性和卧床制动相关的不良预后,可被视为医源性并发症。

在卧床制动期间,几乎所有的器官系统均可受到不良影响,老年患者尤为突出。骨密度下降速率接近 2%/周,以制动后前 12 周最明显,且骨质疏松患者基本无法恢复丢失的骨量<sup>[5]</sup>。肌力以 1%~3%/d 或 10%~15%/周的速度下降<sup>[1]</sup>,在制动后前 3~5 周,近一半的正常肌力丢失。废用性萎缩的丢失速率大于恢复速率,导致患者的疲劳耐受能力及活动欲望下降,进而形成活动能力下降的恶性循环。韧带与关节附近的肌肉,特别是脊柱旁的肌肉可发生挛缩。2 周的卧床制动可使 70% 以上的 >70 岁患者发生压疮<sup>[2]</sup>,可并发感染,并导致败血症、骨髓炎、贫血、低蛋白血症。卧床制动对循环系统的不良影响有心率下降、舒张期缩短、冠脉血流量降低,心输出量及左室功能下降、脑灌注量下降。卧床制动后的前 3 周内,老年患者可发生体位性低血压。根据卧床制动时间,常需 20~70 d 恢复至制动前心功能水平。卧床制动患者的深静脉血栓形成(DVT)患病率为 61%,近端 DVT 患病率为 29%。肺栓塞见于 2%~12% 患者,病死率为 0.5%~10%<sup>[5]</sup>。卧床制动可导致呼吸肌力下降,肺功能降低 25%~50%<sup>[1]</sup>。肺纤毛清除功能降低,有效咳嗽减少,易发生肺不张与肺炎。卧床制动还可使患者出现食欲不振,便秘、肠梗阻,可并发糖耐量降低,发生易被忽视的类似不稳定型糖尿病症状。另外,患者可发生尿路结石、尿失禁、泌尿系感染,甚至出现明显的抑郁、焦虑及失眠等。

联合应用镇痛药物常增加卧床制动对患者的危害。镇痛药物包括非甾体类抗炎药和阿片类药物的不良反应有消化道出血、溃疡<sup>[6-7]</sup>。阿片类药物还可导致便秘(41%),恶心(32%),嗜睡(29%)和成瘾<sup>[8]</sup>。另外,麻醉镇痛药应用增加了社会与医疗成本。

## 2 PVA

诸多研究表明 PVA 治疗疼痛性 OVCF 可迅速缓解疼痛,稳定椎体骨折,改善脊柱畸形,从而使患者能早期活动,打破常规非手术治疗导致的恶性循环,改善患者生活质量<sup>[9-10]</sup>。目前,有关 PVA 前瞻性随机对照试验的研究已有 7 篇报道,共包括 842 例患者<sup>[11-17]</sup>。其中发表于 2009 年 *New England Journal of Medicine* 的两篇文章认为 PVA 治疗疼痛性 OVCF 并不比安慰剂有效。然而,许多学者对其病例入组、手术具体操作、假手术处理方式的合理性

提出质疑。其他 4 篇报道均证实 PVA 可有效治疗疼痛性 OVCF。VP 术后可使 89%~93% 的患者疼痛明显减轻,其中 ≤40% 的患者疼痛完全消失<sup>[18-19]</sup>,56%~95% 的患者改善了日常活动能力<sup>[20-22]</sup>。有关术后 1 年内的疼痛缓解、生活质量、活动度指标,VP 均优于非手术治疗<sup>[23-24]</sup>。VP 与 KP 对于非手术失败的疼痛性 OVCF 治疗均具有显著临床效果,二者相关并发症的发生率和类型大致相同,欧美相关学会认为 VP 与 KP 具有相同的获益性,是适当的、可以互换的术式<sup>(25,26)</sup>。

## 3 非手术治疗失败的定义

“非手术治疗失败(failure of nonoperative medical therapy)”目前尚无明确定义,以前曾被定义为“镇痛药仅有微小(无)疼痛缓解作用或镇痛药虽可获得充分疼痛缓解,但产生不可耐受的不良反应(消化道出血、过度嗜睡、便秘)”<sup>[6-8]</sup>。但此定义并未指出明确的药物治疗时间(日/周)。PVA 术前的药物治疗时间概念并非源于医学文献。首次发表的相关文献,似乎是 2004 年 FDA 发布的“临床试验注意事项:脊椎强化装置治疗脊柱衰竭骨折”<sup>(27)</sup>。该文件指出,试验应包括“在足够的骨折预计愈合期间,一般为 8 周或更长,应用现有的各种保守治疗失败的患者”。该文件已于 2007 年 5 月 31 日到期,从未更新。在其引用的 19 项文献,包括美国放射学实践指南中,均无 8 周或其他明确的药物治疗时间。

界定椎体压缩骨折(VCF)非手术治疗失败应整合患者的疼痛程度,功能状态,对镇痛药的反应,包括所用药物的不良反应。疼痛是主观的和个性化的,视觉模拟评分法(VAS)测量疼痛程度并不十分完善。然而,对于阻碍运动与物理治疗的疼痛程度进行衡量,VAS 是评价“重度”疼痛和“显著”阻碍运动的一个简单而可靠的方法。运动状态的及时恢复,或恢复至以前的最佳运动状态,具有重要临床意义。即使没有其他病理条件,长时间卧床制动达 48 h 以上,也可显著损害患者的整体状况。发生 VCF 之前患者的不活动状态,具有相同的显著降低整体功能的影响。在此原则的指导下,美国与加拿大相关学会提出了“非手术治疗失败”的定义<sup>[25]</sup>: ①VCF 导致的疼痛阻碍患者活动能力,经 24 h 的镇痛治疗后,疼痛程度持续阻碍患者活动;或 ② VCF 导致的疼痛使患者不能耐受物理疗法,经 24 h 的镇痛治疗后,疼痛持续在同一程度;或 ③ 缓解 VCF 导致疼痛的镇痛药物剂量产生无法耐受的不良反应,如

过度嗜睡、精神错乱或便秘等。临床资料表明长时间的非手术治疗疼痛性 OVCF 疗效甚微,早期干预治疗具有较好的临床效果,并可降低医疗与社会成本。

#### 4 PVA 并发症

在 7 篇 PVA 前瞻性随机对照试验研究的报道中<sup>[11-17]</sup>,手术相关不良事件发生率为 1.5%,较以前报告 1.1%~1.3% 的发生率无显著差异。并发症主要为哮喘发作、无症状性骨水泥肺栓塞、血肿、尿路感染、脊髓损伤、骨髓炎、需要减压的硬膜外骨水泥渗漏。无脑卒中、永久性脊髓损伤、心肌梗死或死亡的报道。仅有 1 例发生严重不良事件,即骨髓炎。此例发生于 Buchbinder 试验中<sup>[14]</sup>,该患者对多种药物过敏,未给予预防性抗生素。但大多数医师不会试图对一个不能给予适当抗生素治疗的患者实施 PVA。INVEST 和 Buchbinder 试验研究未探讨骨水泥渗漏<sup>[13-14]</sup>。Rousing 等<sup>[11-12]</sup>仅描述了无症状性骨水泥渗漏。Farrokhi 等<sup>[16]</sup>报道在 100 个椎体的治疗中,术后 X 线平片发现骨水泥渗漏于硬膜外(1 例),椎间盘(5 例),椎旁间隙(8 例)。骨水泥总渗漏率为 8%~14%,大多为无症状性骨水泥渗漏,仅 1 例硬膜外渗漏患者发生短暂性下肢运动和感觉功能障碍,减压手术后症状消失<sup>[16]</sup>。FREE 试验报告 X 线平片发现骨水泥渗漏率为 27%,均为无症状性<sup>[17]</sup>。VERTOS II 试验报告 CT 发现骨水泥渗漏率为 72%,均为无症状性,无椎管内渗漏<sup>[15,27]</sup>。此 3 项研究的结果验证了先前的报道,骨水泥渗漏是常见的,CT 是更灵敏的发现方法,症状性骨水泥渗漏罕见。总之,PVA 术后症状性并发症是非常罕见的,但在治疗恶性疾病中可能相对常见,应用药物短期治疗可使大多数症状迅速缓解。但应认识到 PVA 有可能发生严重并发症,如死亡、麻痹、感染、症状性肺栓塞等。

#### 5 PVA 后新发椎体骨折

PVA 对脊柱新发椎体骨折的影响一直有所争议。多项大型试验已证实骨质疏松症患者新发椎体骨折的高发生率。Lindsay 等<sup>[28]</sup>分析了 4 项大型观察性试验的数据,结果表明 2 725 例绝经后妇女的首次骨折后,1 年内新发椎体骨折发生率为 19.2%。Harris 等<sup>[29]</sup>对至少曾有 1 个椎体骨折的 2 458 例绝经后妇女,进行了 1 项应用利塞膦酸钠和安慰剂的随机对照临床试验,结果表明安慰剂组的 1 年和 3 年内的新发椎体骨折发生率分别为 6.4%和 16.3%。

Reginster 等<sup>[30]</sup>于 2000 年对至少曾有 2 个椎体骨折的 21 226 例骨质疏松女性,应用利塞膦酸钠和安慰剂进行了随机对照临床试验,结果表明安慰剂组的 1 年和 2 年新发椎体骨折的发生率分别为 13%和 29%。Kanis 等<sup>[31]</sup>于 2005 年应用利塞膦酸钠和安慰剂对至少曾有 1 个椎体骨折的 1 802 例患有骨质疏松症女性,进行了 1 项随机对照临床试验研究,结果表明安慰剂组的 3 年新发椎体骨折发生率为 22.3%。在 6 篇 PVA 前瞻性随机对照试验研究报道中,INVEST 试验并无有关新发椎体骨折的数据<sup>[13]</sup>。FREE 试验显示 PVA 术后 1 年的新发椎体骨折发生率为 33%,对照组为 25%,两组差异无显著统计学意义<sup>[17]</sup>。Buchbinder 等试验显示 PVA 术后 6 个月新发椎体骨折发生率为 7.9%,对照组为 10%,两组差异显著<sup>[11-12]</sup>。Rousing 试验显示 PVA 术后 1 年的新发椎体骨折发生率为 12%,对照组为 16.7%,差异无统计学意义。VERTOS II 试验显示 PVA 术后 3 年的新发椎体骨折发生率为 16.5%,对照组为 24.7%,差异无统计学意义<sup>[15]</sup>。Farrokhi 等<sup>[16]</sup>试验显示 PVA 术后 3 年的新发椎体骨折发生率为 2.5%,对照组为 14.3%,差异有显著统计学意义( $P<0.01$ )。

另外,多项非随机性研究报道也证实 PVA 术后和单纯药物治疗患者的新发椎体骨折发生率相似。Mudano 等<sup>[32]</sup>报道,PVA 术后 1 年内新发椎体骨折发生率为 18.8%(48 例)、药物治疗组为 6.7%(164 例)。AL-Ali 等<sup>[33]</sup>报道,PVA 术后 1 年内新发椎体骨折发生率为 18%(375 例)。Hierholzer 等<sup>[34]</sup>报道,VP 术后 8 个月内新发椎体骨折发生率为 16.4%(316 例)。Frankel 等<sup>[35]</sup>报道,KP 术后 3 个月内新发椎体骨折发生率为 17.6%(17 例),而 VP 术后 3 个月内无新发椎体骨折(19 例)。Eck 等<sup>[36]</sup>的荟萃分析显示 VP 术后新发椎体骨折发生率为 17.9%,KP 为 14.1%,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。但其未描述术后间隔时间。Chang 等<sup>[37]</sup>报道 60 例 159 个椎体骨折 PVA 术后的新发椎体骨折发生率为 48%。Kasperk 等<sup>[38]</sup>报道 KP 术后 3 年的新发椎体骨折发生率为 41.2%(14/34);药物治疗为 71.4%(10/14),差异有统计学意义( $P<0.05$ )。Sun 等<sup>[39]</sup>认为新发椎体骨折与骨质疏松及胸腰段结合部的生物力学有关。总之,多项系列研究,包括 5 项前瞻性随机对照试验的结果证实,PVA 新发椎体骨折的发生率近似自然病程的发生率。PVA 对术后新发椎体骨折发生的影响微乎其微。VP 与 KP 之间的术后新发椎体骨折发生率存在矛盾和不确定的数据。

有关骨水泥注射椎体的再发骨折也有报道,其发生机制可能与骨水泥填充量不足、骨质疏松疾病及生物力学特性有关。此类患者可重复椎体强化术治疗<sup>[40-43]</sup>。

### 6 PVA 前后的脊柱影像学检查

关于 PVA 术前的影像学检查方法和术后继续影像学检查的必要性存有争议。尽管 X 线与术前体格检查可以对部分患者做出术前评估,但大部分患者需要进行 MRI 及骨扫描检查,以确定急性或亚急性骨折的拟治疗椎体。MRI、CT 及 CT 脊髓造影有助于发现并排除其他病理状况,如椎间盘突出,椎管狭窄及未知肿瘤等。与 X 线相比, MRI 与核素骨扫描对于微小椎体骨折的检测更为灵敏。值得指出的是,有研究报道部分患者术前 MRI 虽未显示骨髓水肿,但 PVA 仍有明显镇痛效果<sup>[44]</sup>。对于 PVA 术后镇痛效果欠佳或疼痛短时间内复发的患者,应进行附加或重复的影像学检查,以确定治疗失败的原因。

### 7 PVA 在脊柱肿瘤性病变中的应用

目前,由于 PVA 具有的镇痛和结构加固作用,已被广泛应用于治疗脊柱原发性和继发性椎体肿瘤<sup>[45-47]</sup>。大量的临床研究报告证实了 PVA 治疗脊柱肿瘤性疾病的安全性和有效性。Berenson 等<sup>[48]</sup>报道前瞻性随机对照试验研究,根据恶性肿瘤(原发性骨肿瘤和浆细胞瘤)确诊、1~3 个椎体疼痛性病理压缩骨折、疼痛数字评分(pain numeric rating scale, NRS)>大于 4 分、Roland-Morris 残疾问卷评分(RDQ)>10 分入选标准,将 117 例患者随机分入 KP 组和非手术组,其中 KP 组 65 例,非手术组 52 例。37 例(71%)1 个月后交叉到 KP 组。治疗后 1、3、6 和 12 个月临床随访评估,随访至少 1 个月。评估主要结果为 1 个月的 RDQ 评分变化,次要结果为 1、3、6 和 12 个月的 Karnofsky 功能状态、SF-36 评分、NRS 评分,74 例随访至 12 个月。KP 组的 1 个月 RDQ 评分、6 个月 RDQ 和 SF-36 评分均明显改善,但随访 12 个月的各项指标, KP 组与非手术组差异无统计学意义。KP 组 1 个月的 NRS 评分改善显著。在随访前期的各个时间节点上, KP 组的疗效优于非手术组,但随着时间的推移,两组间的疗效差异消失,可能为非手术组患者的长时间存活例数较少所致。KP 组有 2 例出现并发症,1 例术中发生心肌梗死,1 例术后 1 d 发生相邻椎体新发骨折。有关

肿瘤性椎体压缩性骨折的其他大量研究也证实, PVA 是一种安全、有效的治疗,可迅速缓解疼痛,提高患者生活质量。

### 8 PVA 联合脊柱内固定装置

骨质疏松患者的预防性椎体强化通常被认为相对禁忌<sup>[49-50]</sup>,但对于严重骨质疏松症和恶性肿瘤的患者,有学者认为 PVA 联合脊柱内固定装置是可行的,利于椎弓根螺钉或其他装置的成功置入<sup>[51-52]</sup>。允许骨水泥注入的空心椎弓根螺钉已经研发<sup>[53]</sup>。

总之,对于符合指征的难治性疼痛性骨质疏松性、肿瘤性椎体压缩骨折非手术方案, PVA 是一个业已证明的、适当的治疗手段。

#### [参考文献]

- [1] Dittmer DK, Teasell R. Complications of immobilization and bed rest. Part 1: musculoskeletal and cardiovascular complications[J]. Can Fam Physician, 1993, 39: 1428-1432.
- [2] Teasell R, Dittmer DK. Complications of immobilization and bed rest. Part 2: other complications[J]. Can Fam Physician, 1993, 39: 1440-1442.
- [3] Cherasse A, Muller G, Ometti P, et al. Tolerability of opioids in patients with acute pain due to nonmalignant musculoskeletal disease. A hospital-based observational study[J]. Joint Bone Spine, 2004, 71: 572-576.
- [4] Brown CJ, Friedkin RJ, Inouye SK. Prevalence and outcomes of low mobility in hospitalized older patients[J]. J Am Geriatr Soc, 2004, 52: 1263-1270.
- [5] Babayev M, Lachmann E, Nagler W. The controversy surrounding sacral insufficiency fractures: to ambulate or not to ambulate?[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2000, 79: 404-409.
- [6] Silverstein FE, Graham DY, Senior JR, et al. Misoprostol reduces serious gastrointestinal complications in patients with rheumatoid arthritis receiving nonsteroidal anti-inflammatory drugs. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. Ann Intern Med, 1995, 123: 241-249.
- [7] Stalnikowicz R, Rachmilewitz D. NSAID-induced gastroduodenal damage: is prevention needed? A review and meta-analysis[J]. J Clin Gastroenterol, 1993, 17: 238-243.
- [8] Kalso E, Edwards JE, Moore RA, et al. Opioids in chronic non-cancer pain: systematic review of efficacy and safety[J]. Pain, 2004, 112: 372-380.
- [9] Santiago FR, Abela AP, Alvarez LG, et al. Pain and functional outcome after vertebroplasty and kyphoplasty. A comparative study[J]. Eur J Radiol, 2010, 75: e108-e113.
- [10] Sun G, Jin P, Li M, et al. Height restoration and wedge angle correction effects of percutaneous vertebroplasty: association with intraosseous clefts[J]. Eur Radiol, 2011, 21: 2597-2603.

- [11] Rousing R, Hansen KL, Andersen MO, et al. Twelve-months follow-up in forty-nine patients with acute/semiacute osteoporotic vertebral fractures treated conservatively or with percutaneous vertebroplasty: a clinical randomized study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35: 478-482.
- [12] Rousing R, Andersen MO, Jespersen SM, et al. Percutaneous vertebroplasty compared to conservative treatment in patients with painful acute or subacute osteoporotic vertebral fractures: three-months follow-up in a clinical randomized study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34: 1349-1354.
- [13] Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, et al. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361: 569-579.
- [14] Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, et al. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361: 557-568.
- [15] Klazen CA, Lohle PN, De Vries J, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial[J]. *Lancet*, 2010, 376: 1085-1092.
- [16] Farrokhi MR, Alibai E, Maghami Z. Randomized controlled trial of percutaneous vertebroplasty versus optimal medical management for the relief of pain and disability in acute osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14: 561-569.
- [17] Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2009, 373: 1016-1024.
- [18] Blattert TR, Jestaedt L, Weckbach A. Suitability of a calcium phosphate cement in osteoporotic vertebral body fracture augmentation: a controlled, randomized, clinical trial of balloon kyphoplasty comparing calcium phosphate versus polymethylmethacrylate[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34: 108-114.
- [19] Muto M, Perrotta V, Guarnieri G, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: friends or foes?[J]. *Radiol Med*, 2008, 113: 1171-1184.
- [20] Fenoglio L, Cena P, Migliore E, et al. Vertebroplasty in the treatment of osteoporosis vertebral fractures: report on 52 cases[J]. *J Endocrinol Invest*, 2008, 31: 795-798.
- [21] Gray LA, Rad AE, Gaughen JR, et al. Efficacy of percutaneous vertebroplasty for multiple synchronous and metachronous vertebral compression fractures[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30: 318-322.
- [22] Masala S, Mammucari M, Angelopoulos G, et al. Percutaneous vertebroplasty in the management of vertebral osteoporotic fractures. Short-term, mid-term and long-term follow-up of 285 patients[J]. *Skeletal Radiol*, 2009, 38: 863-869.
- [23] Voormolen MH, Mali WP, Lohle PN, et al. Percutaneous vertebroplasty compared with optimal pain medication treatment: short-term clinical outcome of patients with subacute or chronic painful osteoporotic vertebral compression fractures. The VERTOS study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28: 555-560.
- [24] Comstock BA, Sitlani CM, Jarvik JG, et al. Investigational vertebroplasty safety and efficacy trial (INVEST): patient-reported outcomes through 1 year[J]. *Radiology*, 2013, 269: 224-231.
- [25] Barr JD, Jensen ME, Hirsch JA, et al. Position statement on percutaneous vertebral augmentation: a consensus statement developed by the Society of Interventional Radiology (SIR), American Association of Neurological Surgeons (AANS) and the Congress of Neurological Surgeons (CNS), American College of Radiology (ACR), American Society of Neuroradiology (ASNR), American Society of Spine Radiology (ASSR), Canadian Interventional Radiology Association (CIRA), and the Society of NeuroInterventional Surgery (SNIS)[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2014, 25: 171-181.
- [26] McConnell CT, Wippold FJ, Ray CE, et al. ACR appropriateness criteria management of vertebral compression fractures[J]. *J Am Coll Radiol*, 2014, 11: 757-763.
- [27] Klazen CA, Verhaar HJ, Lampmann LE, et al. VERTOS II: percutaneous vertebroplasty versus conservative therapy in patients with painful osteoporotic vertebral compression fractures: rationale, objectives and design of a multicenter randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2007, 8: 33.
- [28] Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture[J]. *JAMA*, 2001, 285: 320-323.
- [29] Harris ST, Watts NB, Genant HK, et al. Effects of risedronate treatment on vertebral and nonvertebral fractures in women with postmenopausal osteoporosis: a randomized controlled trial. Vertebral Efficacy with Risedronate Therapy (VERT) study group[J]. *JAMA*, 1999, 282: 1344-1352.
- [30] Reginster J, Minne HW, Sorensen OH, et al. Randomized trial of the effects of risedronate on vertebral fractures in women with established postmenopausal osteoporosis. Vertebral Efficacy with Risedronate Therapy (VERT) study group[J]. *Osteoporos Int*, 2000, 11: 83-91.
- [31] Kanis JA, Barton IP, Johnell O. Risedronate decreases fracture risk in patients selected solely on the basis of prior vertebral fracture[J]. *Osteoporos Int*, 2005, 16: 475-482.
- [32] Mudano AS, Bian J, Cope JU, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty are associated with an increased risk of secondary vertebral compression fractures: a population-based cohort study[J]. *Osteoporos Int*, 2009, 20: 819-826.
- [33] Al-Ali F, Barrow T, Luke K. Vertebroplasty: what is important and what is not[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30: 1835-1839.
- [34] Hierholzer J, Fuchs H, Westphalen K, et al. Incidence of symptomatic vertebral fractures in patients after percutaneous vertebroplasty[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2008, 31: 1178-1183.
- [35] Frankel BM, Monroe T, Wang C. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent-level fracture risk in kyphoplasty as compared with vertebroplasty[J]. *Spine J*, 2007, 7: 575-582.
- [36] Eck JC, Nachtigall D, Humphreys SC, et al. Comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature[J]. *Spine J*, 2008, 8: 488-497.
- [37] Chang CY, Teng MM, Wei CJ, et al. Percutaneous vertebroplasty

- for patients with osteoporosis: a one-year follow-up[J]. Acta Radiol, 2006, 47: 568-573.
- [38] Kasperk C, Grafe IA, Schmitt S, et al. Three-year outcomes after kyphoplasty in patients with osteoporosis with painful vertebral fractures[J]. J Vasc Interv Radiol, 2010, 21: 701-709.
- [39] Sun G, Tang H, Li M, et al. Analysis of risk factors of subsequent fractures after vertebroplasty[J]. Eur Spine J, 2014, 23: 1339-1345.
- [40] Chen LH, Hsieh MK, Liao JC, et al. Repeated percutaneous vertebroplasty for refracture of cemented vertebrae[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2011, 131: 927-933.
- [41] Lin CC, Chen IH, Yen PS, et al. Repeat percutaneous vertebroplasty at cemented vertebra with fluid sign and recurrent pain[J]. Interv Neuroradiol, 2008, 14: 85-90.
- [42] He SC, Teng GJ, Deng G, et al. Repeat vertebroplasty for unrelieved pain at previously treated vertebral levels with osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33: 640-647.
- [43] Li L, Lu Y, Li M, et al. Repeat percutaneous vertebroplasty for recurrent pain arising from previously treated vertebrae in patients with osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Clin Spine Surg, 2016 [Epub ahead of print]
- [44] Voormolen M, Van Rooij WJ, Sluzewski M, et al. Pain response in the first trimester after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures with or without bone marrow edema[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2006, 27: 1579-1585.
- [45] 中华医学会放射学分会介入学组. 经皮椎体成形术操作技术专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48: 6-9.
- [46] 王宏伟, 何仕诚, 滕皋军, 等. 经皮椎体成形术治疗椎体转移性肿瘤的疗效分析[J]. 介入放射学杂志, 2010, 19: 784-787.
- [47] Liu XW, Jin P, Wang LJ, et al. Vertebroplasty in the treatment of symptomatic vertebral haemangiomas without neurological deficit[J]. Eur Radiol, 2013, 23: 2575-2581.
- [48] Berenson J, Plugmacher R, Jarzem P, et al. Balloon kyphoplasty versus non-surgical fracture management for treatment of painful vertebral body compression fractures in patients with cancer: a multi-centre, randomized controlled trial[J]. Lancet Oncol, 2011, 12: 225-235.
- [49] Jay B, Ahn SH. Vertebroplasty[J]. Semin Intervent Radiol, 2013, 30: 297-306.
- [50] Denaro V, Longo UG, Maffulli N, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty[J]. Clin Cases Miner Bone Metab, 2009, 6: 125-130.
- [51] Puri AS, Erdem E. Salvage percutaneous vertebral augmentation in failed spinal interbody fusions associated with multiple myeloma[J]. Spine J, 2010, 10: e5-e10.
- [52] Yamana K, Tanaka M, Sugimoto Y, et al. Clinical application of a pedicle nail system with polymethylmethacrylate for osteoporotic vertebral fracture[J]. Eur Spine J, 2010, 19: 1643-1650.
- [53] Frankel BM, Jones T, Wang C. Segmental polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation in patients with bone softening caused by osteoporosis and metastatic tumor involvement: a clinical evaluation[J]. Neurosurgery, 2007, 61: 531-537.

(收稿日期: 2015-12-16)

(本文编辑: 俞瑞纲)