

·综述 General review·

经皮椎体成形术治疗脊椎转移性肿瘤的研究进展

肖全平, 吴春根, 顾一峰, 程永德

【摘要】 经皮椎体成形术(PVP)是治疗脊椎难治性疼痛的有效方法,包括骨质疏松性压缩性骨折,椎体转移性肿瘤、椎体血管瘤等所致的难治性疼痛。PVP 能明显的减轻疼痛,加固病变椎体并改善患者生活质量。目前,经皮椎体成形术已成为临床上治疗脊椎转移瘤的主要方法。本文就 PVP 治疗椎体转移性肿瘤的临床应用背景、手术方法、研究进展及并发症作一综述。

【关键词】 经皮椎体成形术; 脊椎转移瘤; 研究进展

中图分类号:R736.2 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2013)-10-0872-05

Percutaneous vertebroplasty for the treatment of spinal metastases: recent progress in research

XIAO Quan-ping, WU Chun-gen, GU Yi-feng, CHENG Yong-de. Department of Radiology, the Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

Corresponding author: WU Chun-gen, E-mail: chungeng.wu@gmail.com

【Abstract】 Percutaneous vertebroplasty is an effective procedure for the treatment of spinal intractable pain, which can be caused by osteoporosis compression fracture, spinal metastasis, vertebral hemangioma, etc. Percutaneous vertebroplasty can significantly relieve the pain and reinforce the diseased vertebrae, thus the life quality of patient can be effectively improved. At present, in clinical practice percutaneous vertebroplasty has already become the main method for the treatment of spinal metastases. This article aims to make a comprehensive review about the clinical application, procedure manipulation, research progress and the complications of percutaneous vertebroplasty in treating spinal metastases.(J Intervent Radiol, 2013, 22: 872-876)

【Key words】 percutaneous vertebroplasty; spinal metastasis; research progress

随着肿瘤患者早期发现及生存期延长,脊椎转移瘤(spinal metastasis, SM)的发生率明显增加。经皮椎体成形术(PVP)是一种微创方法。近年,PVP 被用来治疗椎体转移瘤引起的难治性疼痛,临床疗效获得肯定。在一项肿瘤患者的调查中,PVP 治疗后,约 84%患者癌性疼痛得到明显或完全缓解,而主要并发症骨水泥的渗漏可控,仅为 8%~73%^[1]。本文就目前 PVP 治疗 SM 的现状 & 最新进展作一综述。

1 概述

尸检显示超过 1/3 的癌症患者出现 SM^[2]。依次好发于胸椎(68%~70%)、腰椎(16%~22%)和颈椎(8%~15%)^[3]。原发肿瘤中,乳腺癌占 16%~

37%,前列腺癌占 9%~15%,肺癌占 12%~15%,肾癌占 3%~6%,甲状腺癌占 4%^[4]。转移瘤所致椎体压缩性骨折主要是肿瘤溶骨及破骨活动引起,导致患者剧烈疼痛、神经损伤、生活质量下降、经济负担加重、甚至导致死亡。传统治疗方法包括药物治疗、化疗、激素治疗、外科手术。非甾体抗炎药及阿片类药物被用来止痛,但需较长时间卧床,易导致肺炎、深静脉血栓形成、感染等一系列并发症。外照射放疗(EBRT)可有效止痛但至少需要 2 周起效,长时间照射易损伤邻近脊髓。外科治疗仅能用于少数患者,主要用于椎管减压和稳定椎体,据估计,脊椎转移瘤患者外科手术的比率不到 10%^[5]。立体放射治疗(SBRT)——一种选择性放疗技术,可有效避开邻近脊髓,能使 84%患者疼痛缓解^[6],但相对起效慢、无法维持脊柱稳定及防止椎体进一步塌陷。Boehling 等^[7]指出 SBRT 导致椎体潜在骨折危险因素,包括年龄大于 55 岁,先前存在骨折及目前有疼

痛症状。激素治疗仅可使激素依赖性肿瘤获益如乳腺癌和前列腺癌。

PVP 首次被 Gilbert 等^[8]用来治疗有症状颈椎血管瘤。1989 年 Lapras^[9]首次报道采用 PVP 治疗椎体转移瘤。PVP 作为一种微创治疗方法,能够明显缓解疼痛,加强脊椎稳定性,有效弥补上述治疗方法的不足,有着较广泛的临床应用价值。2010 美国放射学会(ACR)椎体骨折治疗指南指出,PVP 适应于保守治疗无效的难治性疼痛,椎体后缘皮质完整且不伴有神经功能缺失患者。对于合并有凝血功能障碍、活动性骨髓炎、骨水泥过敏、椎管明显狭窄、神经根和脊髓病的 SM 患者不宜行 PVP。成骨性 SM 是 PVP 治疗相对禁忌证。

2 PVP 治疗 SM 研究状况

2.1 PVP 手术操作要点

术前进行 X 线、CT 及 MRI 检查,确定病变部位、数目、病变椎体塌陷的程度、骨破坏程度、椎体后壁完整性、椎弓根有无破坏及脊髓有无受压等。胸腰椎病变一般取俯卧位,颈椎病变采用仰卧位,头顶后仰,充分暴露颈部。常规消毒铺巾,局部麻醉穿刺通道,准确定位,在双平板 DSA 下或带有透视功能 CT 监视下进行。有的学者采用 CT 透视和可移动 C 臂结合的方法,可准确定位穿刺针,观察骨水泥是否外漏进椎旁静脉。CT 引导下穿刺病变椎体也是常有的一种方法,其缺点是不能实时监控骨水泥注射及分布情况。常用骨水泥为聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA),依据病变程度不同,用量一般为 3 ~ 6 ml。PVP 术前是否行静脉造影,意见不一,欧洲心血管及介入放射学会指南中对于脊椎富血管的肿瘤,建议术前行脊髓造影,以避免发生骨水泥椎旁静脉渗漏。

2.2 PVP 治疗 SM 现状

颈部 SM PVP 手术入路有别于传统经椎弓根入路方式。尤其 C1 椎体 SM 目前仅限于少数病例报道,可能与 C1 转移瘤发病率比较少,仅占 SM 不到 1% 有关^[10]。Cormier 等^[11]报道经口咽部入路治疗 2 例 C1 椎体侧块溶骨性破坏,分别是胰腺癌骨转移和侵袭性血管瘤所致。其中血管瘤借助了球囊保护技术,防止骨水泥漏入椎动脉,术后病情稳定,一般建议经口咽部入路术前预防性应用抗生素。而 Cianfoni 等^[12]报道 1 例经后外侧路径治疗 C1 椎体转移瘤,采用 CT、CT 透视(CTF)及 CTA 相结合的方法,借助 CTA 以避免伤及椎动脉,术中骨水泥沿椎

动脉 V3 段渗漏,但无临床症状,术后 CTA 显示椎动脉无受压,VAS 评分从术前 8 分下降到术后 3 分,术后 1 个月随访 VAS 评分 1 分。PVP 技术之前,C1 溶骨性破坏最主要的治疗方法是外科颈枕融合术,极易出血、感染、损伤周围脏器等,术后颈部旋转功能受限。PVP 治疗 C1 椎体 SM 与开放性手术比较,具有微创、疼痛快速缓解及并发症少的优点。Anselmetti 等^[13]经口咽部入路治疗 25 例 C2 椎体恶性溶骨性破坏,VAS 评分中位数由术前 8 分下降到术后 0 分,术后 15 d,疼痛完全缓解的患者达到 80%。何煜等^[14]报道 36 例颈椎转移瘤 PVP 治疗,入路采用 3 种途径,其中 C1 采用侧方入路,C2、C3 采用经椎间盘入路,C4 ~ C7 采用前外侧入路,随访 3 个月,36 例患者平均 VAS 评分由术前 7.5 分降到术后 3 个月 1.4 分。术后 3 个月有效率达到 96.7%。由此可见,PVP 治疗颈椎 SM 有效、安全,是一种可供选择的治疗方法。

胸腰椎 SM PVP 术常规采用经椎弓根入路向病变椎体内注入骨水泥。目前,有些学者对传统 PVP 治疗方法做了改进和创新。Schmidt 等^[15]提出一种治疗的新方法,经皮椎体后凸成形术(kyphoplasty)联合内放射疗法(intra-operative radiotherapy)来治疗椎体转移瘤,即 Kypho-IORT,采取 Kypho-IORT 方法治疗了 17 例 SM 患者,手术成功率达到 88%,术后疼痛完全缓解率达到 88.3%,且与单纯 kyphoplasty 或放疗相比,治疗时间及住院时间均缩短。Drees 等^[16]提出射频椎体后突成形术(RF-kyphoplasty),其原理就是通过射频波将 PMMA 骨水泥在体内转化成超高黏度的半固体状态,这种状态可维持 35 min,骨水泥性质在这段时间保持不变,他们用这一技术治疗 33 例患者 48 节病变椎体,术后第 2 天 VAS 评分 2.8,比 Hulme 等^[17]报道的单独 kyphoplasty 治疗后平均 VAS 评分从 7.15 减到 3.4 略低;手术操作时间 31.7 min,比 kyphoplasty 平均操作时间 53.7 min 减少将近一半^[18]。用 RF-kyphoplasty 控制骨水泥应用是被相信有低的骨水泥渗漏,然而本组研究骨水泥渗漏达到 27.1%,并没有比报道的 kyphoplasty 术后骨水泥渗漏达到 8.6% ~ 57.9%^[19],可能原因是样本量太小或所选病例并不适合有关。Kaneko 等^[20]正在进行一项实验研究,利用蒙特卡罗(Monte Carlo)放射运输模型来评估³²P 放射性骨水泥在瘤体中分布,研究用放射性骨水泥来治疗 SM。

椎体支架成形术(VBS)是 PVP 治疗椎体压缩

性骨折的新方法,仅在国外有报道。其借鉴了血管支架成形术原理,利用支架扩张压缩椎体,向其内注入 PMMA,恢复椎体高度。VBS 在恢复椎体高度方面优于 PKP。Heini 等^[21]指出椎体支架适用于椎体压缩 35%以上及脊椎后突角度超过 15°压缩性骨折;椎体后缘累及小于 25%且不伴有神经症状爆裂性骨折也可用 VBS。Robert 等^[22]用 4 个新鲜尸体完整椎体研究比较 PKP 和 VBS,发现 PKP 后椎体高度损失约 58%,而 VBS 损失约 21%;最大载荷方面和椎体硬度方面两者间并无明显区别;Matějka 等^[23]用 VBS 治疗 22 例患者,穿刺成功率达到 100%,29 节病变椎体,椎体前、中、后高度分别提高了 17.34%、38.56%、5.5%,椎体后凸畸形角度平均纠正 4.58°。有文献报道 PKP 治疗中约 34%患者脊椎高度及后突角度没有得到可观的恢复^[24]。目前 VBS 实验研究多于临床治疗,但 VBS 相对 PKP 在恢复椎体高度、纠正脊椎后凸畸形方面的优势已得到证明,应用前景被看好。PVP 治疗 SM 进展还表现在骨水泥注射技术改进。1 例胃癌 T12、L1 椎体转移患者,椎体前壁破坏缺损侵犯脊髓圆锥,伴有剧烈疼痛,鞍区麻木、感觉减退。采用经皮椎体后突成形术,先向骨皮质缺损区注射少量水泥,变硬后封堵缺损区,然后再向病变椎体注射骨水泥,整个过程没有发生骨水泥渗漏。术后脊髓受压消失,患者症状减轻。

骶骨由于解剖结构较特殊,报道病例较胸腰椎少。对于骶翼病变常采取直接穿刺病灶方法,而对于骶骨中心病变,需要经骶髂关节或骶翼到达病变处。Firat 等^[25]用一种新的穿刺方法即经椎弓根的方法穿刺 S1 椎体病变治疗骶椎病理性骨折,VAS 评分由术前 8 分降到术后 1 分。此种穿刺方法不用通过骶孔区,可以避免损伤神经。Zhang 等^[26]报道了 2 例仅在 C 臂 CT 引导下完成 S1 椎体转移瘤,穿刺均成功,术后随访 3 个月患者临床效果稳定,疼痛几乎完全消失。但是仅在 C 臂 CT 引导下行骶椎成形术在显示骶孔方面有困难。穿刺技术是经骶骨成形术关键步骤,CT 透视和可移动 C 臂 CT 结合的方法也许是目前最佳的选择。

2.3 与其他微创治疗方法联合应用

PVP 与其他微创方法联合治疗 SM 是目前研究的另一亮点。Hirsch 等^[27]指出对于 SM 患者,采用 PVP 结合放射治疗方法,可使疼痛症状得到长久缓解。Qian 等^[28]指出先给予 PVP 治疗再行 EBRT 可使疼痛不断缓解,维持脊柱稳定及防止椎体进一步

塌陷。Tokunaga 等^[29]对 1 例左侧输尿管癌 L5 椎体转移导致病理性骨折采用 PVP 联合射频治疗,骨水泥经椎弓根入路注入椎体内,射频温度和消融时间分别为 75 ~ 95℃和 12 ~ 30 min,术后 VAS 评分从 10 下降到 5.4。Lane 等^[30]采用 PVP 联合射频治疗 53 例 SM 患者,手术成功率 100%,术前平均 VAS 得分从 7.2 降到 3.4,作者先建议射频治疗,再行 PVP,有利于控制水泥发生外漏,更适用于椎体后部病灶。Schaefer 等^[31]报道了 1 例 29 岁女性胫骨转移瘤并病理性骨折,术前患者不能行走,射频消融联合 PVP 治疗后,患者卧床休息 1 d 后,就可以无疼痛独立行走,术后 3 个月复查 CT 骨水泥在病灶内充填无变化。6 个月后患者死于广泛全身转移。射频消融联合 PVP 治疗溶骨性转移性病变,方法可行、临床疗效较单一治疗方法显著,能够缓解疼痛及重建病变骨骼,加强其稳定性,明显改善生活质量。王卫国等^[32]对 226 例 SM 患者分成射频消融联合骨水泥(105 例)及单纯骨水泥(121 例)术后疗效进行分析,发现两组均具有良好止痛效果,但联合组骨水泥渗漏率明显低于单纯 PVP 组。

谢小西等^[33]在 CT 引导下进行了 ¹²⁵I 粒子植入与 PVP 联合治疗 15 例 SM,疼痛完全缓解 5 例,部分缓解 8 例,无效 2 例,疼痛缓解率为 86.7%。结果显示在疼痛缓解维持时间和长期预防椎体塌陷骨折方面效果都比单纯 PVP 治疗有优势,对附件及椎旁转移性肿块治疗方面优势更加明显。

2.4 疗效评价

PVP 止痛主要原理是增加脊椎稳定性、有限杀灭肿瘤及毁损感觉神经。PVP 术后患者疼痛症状 24 h 内可以明显减轻。Gangi 等^[34]指出 PVP 术后,60% ~ 80%肿瘤患者疼痛症状缓解,91%患者可减少止痛药应用。Guo 等^[35]报道 15 例 C1 ~ C3 SM 病例,采用 CT 引导下双侧入路经颈动脉鞘及椎动脉间隙向病变椎体注射 PMMA 治疗 SM,术后 VAS 得分从术前 7.7 ± 2.9 减少到术后 24 h 1.4 ± 1.5 ;术后随访 24 个月,VAS 得分为 0。术后 24 个月 VAS 得分与术前比较有显著统计学意义($P < 0.05$)。Masala 等^[36]用 PVP 治疗 62 例颈椎转移瘤患者,术前和术后 24 h 平均 VAS 分别为 7.9 ± 1.7 和 1.5 ± 0.2 ;术后即可评分,40%患者疼痛完全缓解,55%患者停用止痛药,39%患者使用止痛药中位数由每天 2 片减少到 0 片。术后 3 个月平均 VAS 得分 1.7 ± 1.2 。36 例患者中仅有 2 例患者发生软组织内无症状骨水泥渗漏。何煜等^[14]报道了经 PVP 治疗 36 例(57 节)颈

椎溶骨性转移瘤患者,穿刺成功率达到 100%,随访至少 3 个月,临床有效率达到 96.7%。Matějka 等^[23]用 VBS 治疗 22 例患者 29 节病变椎体,平均 VAS 术前 8.14,术后 1 周为 3.06,6 周为 1.63,12 周为 1.54。术后患者精神佳,平均住院 1~2 d。Trumm 等^[37]回顾性分析了乳腺癌转移 86 节病变椎体经 PVP 治疗,平均 VAS 评分从术前 24 h 6.4 减低到随访 9 个月的平均 3.4,差异有显著统计学意义,未出现主要并发症(如神经根病、肺栓塞)。

2.5 并发症及其相应处理

骨水泥渗漏仍是主要并发症,骨髓泥在瘤体内分布不确定性,骨水泥渗漏在转移性病变中发生率(5%~10%)高于骨质疏松性骨折(1%~3%)和血管瘤(2%~5%)^[38-39]。骨水泥渗漏可分为血管性渗漏和非血管性渗漏,血管性渗漏可能发生在硬膜外静脉丛、椎旁静脉丛、孔静脉丛及腔静脉。血管性栓塞发生率低,但危险性大,肺栓塞较常见。Barraga 等^[40]在 117 例 SM 患者 304 节椎体 PV 治疗中,发生 2 例肺栓塞,其中 1 例乳腺癌患者肺栓塞的症状不明显,临床随访;1 例继发于肺腺癌,出现明显肺栓塞症状并发呼吸衰竭,PV 术后 8 d 死亡。Mozaffar 等^[41]报道 1 例 PMMA 阻塞下肢动脉,患者 66 岁,2 个月前摔伤引起背部疼痛,最近 3 d 疼痛加剧,CT 诊断 T4、L5 及 L1、L2 病理性骨折,遂行 PVP 治疗,术后 12 h,双下肢出现缺血性症状,痛温觉消失。彩超证实胫前及胫后动脉无血流通过。PVP 术后 18 h 行外科栓子切除术加导管取栓术,腘动脉内发现约 60 cm 长骨水泥栓子,导管无法进入太多,骨水泥无法取尽。取栓术后 2 d 死亡,可能死于高血钾、酸中毒或缺血引起的内毒素和各种炎性介质的释放,这是首次报道骨水泥下肢动脉栓塞。Barraga 等^[40]分析了 117 例 SM 患者 304 节椎体,2 例(1.7%)出现穿刺部位血肿,4 例(3.4%)放射性根痛,其中 2 例发生同侧孔静脉丛骨水泥渗漏。指出肺栓塞发生与静脉内水泥渗漏有关,而放射性根痛与孔静脉丛渗漏相关性不明确。不过也有作者报道放射性根痛发生与椎间孔骨水泥渗漏有关^[39,42]。非血管性渗漏部位有椎旁软组织、穿刺通道、椎间盘及椎管。非血管性骨水泥渗漏一般无明显症状,临床无需特殊处理。

尽管 PMMA 相关的肺栓塞处理方式有临床随访、口服抗凝药,介入导管取栓术甚至手术切除栓子。然而对于这种有生命危险 PMMA 相关的肺栓塞目前还没有最佳的治疗方法。

PVP 作为一种姑息性治疗方法,具有创伤小、

并发症少、疗效快的优点,能迅速缓解疼痛、加固椎体、维持其稳定性、改善患者的生活质量,是可供临床选择的一种有效治疗 SM 方法。PVP 与各种微创治疗方式联合、PVP 新型器械的研发和手术方式改进,使得 PVP 有着更广泛的应用前景。

[参考文献]

- [1] Bhatt AD, Schuler JC, Boakye M, et al. Current and emerging concepts in non-invasive and minimally invasive management of spine metastasis[J]. *Cancer Treat Rev*, 2013, 39: 142 - 152.
- [2] Ortiz Gomez JA. The incidence of vertebral body metastasis[J]. *Int Orthop*, 1995, 19: 309 - 311.
- [3] Brihaye J, Ectors P, Lemort M, et al. The management of spinal epidural metastases [J]. *Adv Tech Stand Neurosurg*, 1988, 16: 121 - 176.
- [4] Constans JP, de Divitiis E, Donzelli R, et al. Spinal metastases with neurological manifestations. Review of 600 cases [J]. *J Neurosurg*, 1983, 59: 111 - 118.
- [5] Simmons ED, Zheng Y. Vertebral tumors: surgical versus nonsurgical treatment [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2006, 443: 233 - 247.
- [6] Sahgal A, Ma L, Gibbs I, et al. Spinal cord tolerance for stereotactic body radiotherapy[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 77: 548 - 553.
- [7] Boehling NS, Grosshans DR, Allen PK, et al. Vertebral compression fracture risk after stereotactic body radiotherapy for spinal metastases[J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16: 379 - 386.
- [8] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty[J]. *Neurochirurgie*, 1987, 33: 166 - 168.
- [9] Lapras C, Mottolese C, Deruty R, et al. Percutaneous injection of methyl - metacrylate in osteoporosis and severe vertebral osteolysis (Galibert's technic)[J]. *Ann Chir*, 1989, 43: 371 - 376.
- [10] Moulding HD, Bilsky MH. Metastases to the craniovertebral junction[J]. *Neurosurgery*, 2010, 66: 113 - 118.
- [11] Cormier FE, Pascal-Mousellard H, Mardent JB, et al. Transoral approach for percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteolytic tumor lesions of the lateral mass of the Atlas: feasibility and initial experience in 2 patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38: 193 - 197.
- [12] Cianfoni A, Distefano D, Chin SH, et al. Percutaneous cement augmentation of a lytic lesion of C1 via posterolateral approach under CT guidance[J]. *Spine J*, 2012, 12: 500 - 506.
- [13] Anselmetti GC, Manca A, Montemurro F, et al. Vertebroplasty using transoral approach in painful malignant involvement of the second cervical vertebra (C2): a single-institution series of 25 patients[J]. *Pain Physician*, 2012, 15: 35 - 42.
- [14] 何煜, 吴春根, 李明华, 等. 经皮椎体成形术治疗颈椎转移瘤[J]. *介入放射学杂志*, 2012, 21: 220 - 224.

- [15] Schmidt R, Wenz F, Reis T, et al. Kyphoplasty and intra-operative radiotherapy, combination of kyphoplasty and intra-operative radiation for spinal metastases; technical feasibility of a novel approach[J]. *Int Orthop*, 2012, 36: 1255 - 1260.
- [16] Drees P, Kafchitsas K, Mattyasovszky S, et al. Radiofrequency kyphoplasty - an innovative method of treating osteoporotic vertebral body compression fractures [J]. *J Miner Stoff Wechs*, 2011, 18: 13 - 7.
- [17] Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systemic review of 69 clinical studies [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31: 1983 - 2001.
- [18] Schofer MD, Illian CH, Illina JB, et al. Balloon kyphoplasty for recent vertebral fractures in the elderly [J]. *Orthopäde*, 2008, 37: 462 - 469.
- [19] Berlemann U, Franz T, Orlor R, et al. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures; a prospective non-randomized study[J]. *Eur Spine J*, 2004, 13: 496 - 501.
- [20] Kaneko TS, Sehgal V, Skinner HB, et al. Radioactive bone cement for the treatment of spinal metastases: a dosimetric analysis of simulated clinical scenarios [J]. *Phys Med Biol*, 2012, 57: 4387 - 4401.
- [21] Heini PF, Teuscher R. Vertebral body stenting/stentoplasty[J]. *Swiss Medical Wkly*, 2012, 142: W13658.
- [22] Robert R, Martin H, Fuerderer S, et al. Vertebral body stenting: a new method for vertebral augmentation versus kyphoplasty[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19: 916 - 923.
- [23] Matějka J, Zeman J, Belatka J, et al. Vertebral body augmentation using a vertebral body stent [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2011, 78: 442 - 446.
- [24] Tohmeh AG, Mathis JM, Fenton DC, et al. Biomechanical efficacy of unipedicular versus bipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1999, 24: 1772 - 1776.
- [25] Firat AK, Gümüş B, Kaya E, et al. Interpedicular approach in percutaneous sacroplasty for treatment of sacral vertebral body pathologic fractures [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2011, 34 (Suppl 2): S282 - S287.
- [26] Zhang J, Wu CG, Gu YF, et al. Percutaneous sacroplasty for sacral metastatic tumors under fluoroscopic guidance only [J]. *Korean J Radiol*, 2008, 9: 572 - 576.
- [27] Hirsch AE, Jha RM, Yoo AJ, et al. The use of vertebral augmentation and external beam radiation therapy in the multimodal management of malignant vertebral compression fractures[J]. *Pain Physician*, 2011, 14: 447 - 458.
- [28] Qian Z, Sun Z, Yang H, et al. Kyphoplasty for the treatment of malignant vertebral compression fractures caused by metastases [J]. *J Clin Neurosci*, 2011, 18: 763 - 767.
- [29] Tokunaga K, Sugiu K, Miyoshi Y, et al. Percutaneous vertebroplasty combined with radiofrequency ablation for a patient with a spinal metastatic tumor: case report [J]. *No Shinkei Geka*, 2005, 33: 811 - 815.
- [30] Lane MD, Le HB, Lee S, et al. Combination radiofrequency ablation and cementoplasty for palliative treatment of painful neoplastic bone metastasis: experience with 53 treated lesions in 36 patients[J]. *Skeletal Radiol*, 2011, 40: 25 - 32.
- [31] Schaefer O, Lohrmann C, Herling M, et al. Combined radiofrequency thermal ablation and percutaneous cementoplasty treatment of a pathologic fracture [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2002, 13: 1047 - 1050.
- [32] 王卫国, 谢其根, 吴春根, 等. 射频消融联合椎体成形术治疗脊柱转移瘤 105 例 [J]. *介入放射学杂志*, 2012, 21: 747 - 751.
- [33] 谢小西, 吕银祥, 张胜初, 等. CT 引导下 ¹²⁵I 粒子植入联合经皮椎体成形术治疗椎体转移性肿瘤 [J]. *放射学实践*, 2012, 27: 902 - 906.
- [34] Gangi A, Sabharwal T, Irani FG, et al. Quality assurance guidelines for percutaneous vertebroplasty [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2006, 29: 173 - 178.
- [35] Guo WH, Meng MB, You X, et al. CT-guided percutaneous vertebroplasty of the upper cervical spine via a translateral approach[J]. *Pain Physician*, 2012, 15: 733 - 741.
- [36] Masala S, Anselmetti GG, Muto M, et al. Percutaneous vertebroplasty relieves pain in metastatic cervical fractures[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469: 715 - 722.
- [37] Trumm CG, Jakobs TF, Zech CJ, et al. CT fluoroscopy-guided percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteolytic breast Cancer metastases: results in 62 sessions with 86 vertebrae treated[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2008, 19: 1596 - 1606.
- [38] Deramond H, Depriester C, Galibert P, et al. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results [J]. *Radiol Clin North Am*, 1998, 36: 533 - 546.
- [39] Chiras J, Deramond H. Complications of vertebroplasty [M]// Saillant G, Laville C, eds. Failures and complications of spine surgery: rescue surgery. Paris, France: Sauramps Medical, 1995, 149 - 153.
- [40] Barraga HM, Vallee JN, Lo D, et al. Percutaneous vertebroplasty for spinal metastases: complications[J]. *Radiology*, 2006, 238: 354 - 362.
- [41] Mozaffar M, Radpay MR, Zirakzadeh H, et al. Intra-arterial injection of acrylic cement as a complication of percutaneous vertebroplasty[J]. *J Vasc Surg*, 2012, 56: 1107 - 1109.
- [42] Deramond H, Depriester C, Galibert P, et al. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results [J]. *Radiol Clin North Am*, 1998, 36: 533 - 546.

(收稿日期:2013-05-11)

(本文编辑:俞瑞纲)