

## · 综述 ·

## 经皮椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折的研究进展

冯博 郝定均 郭浩

**【摘要】** 本综述通过介绍老年骨质疏松性椎体压缩骨折 (OVCF) 的诊断、治疗以及经皮椎体后凸成形术 (PKP) 治疗 OVCF 的适应证和禁忌证, 分析了 PKP 治疗 OVCF 的原理和效果, 介绍了 PKP 需要的椎体成形材料。

**【关键词】** 椎体后凸成形术; 老年人; 骨质疏松症; 骨折, 压缩性

**Research progress of percutaneous kyphoplasty treatment on senile osteoporotic vertebral compression fractures** Feng Bo, Hao Dingjun, Guo Hao. Department of Spinal Surgery, Honghui Hospital, Xi'an Jiaotong University College of Medicine, Xi'an 710054, China

Corresponding author: Feng Bo, Email: 13471727@qq.com

**【Abstract】** This review described the diagnosis, treatment, indications and contraindications of percutaneous kyphoplasty (PKP) for senile osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF), and analysis of the principle and efficacy of PKP in treating OVCF were done, and corresponding vertebroplasty forming material was introduced.

**【Key words】** Kyphoplasty; Aged; Osteoporosis; Fractures, compression

随着社会人口老龄化现象日益加剧, 骨质疏松症 (osteoporosis, OP) 成为老年人的多发病, 由于老年人骨密度降低, 骨小梁结构异常, 轻微外力即可造成骨折。据报道骨密度每降低 1%, 脊柱骨折的风险就会增加 3%<sup>[1]</sup>。其中骨质疏松性椎体压缩骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 是最常见的并发症之一, 以胸腰段椎体压缩骨折居多, 常表现为腰背部疼痛、后凸畸形、活动明显受限, 严重影响老年人身心健康和生活质量<sup>[2-3]</sup>。据文献报道, 绝经后女性的 OVCF 发病率可能会达到 16%, 70 岁以上老年人群则高达 70%<sup>[4]</sup>。Ross 等<sup>[5]</sup>报道单椎体骨折后邻近椎体骨折发生率是未骨折 OP 患者的 5 倍, 而多节段骨折继发骨折的发生率则增加 12 倍。所以, 对于胸腰段 OVCF 的治疗已成为越来越多脊柱外科医师关注的焦点。

### 一、OVCF 的诊断

OVCF 的诊断标准为: (1) 腰背痛病史; (2) 腰部活动受限; (3) X 线与 CT 表现: 椎体楔形压缩 (包括上、下终板双凹塌陷), 椎体爆裂骨折 (以椎体前中柱崩裂, 椎体后壁骨折为特征); (4) MRI 检查: 提示椎体内信号改变; (5) 骨密度 T 值 < 2.5 SD。Rao 和 Singrakhiya<sup>[6]</sup>的

研究将 OVCF 分为 3 种类型: 楔形压缩骨折、双凹形压缩骨折、粉碎形压缩骨折, 其中楔形压缩骨折最为常见, 约占 OVCF 的 51%。

### 二、经皮椎体后凸成形术治疗 OVCF 的开展

经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 首先由美国 Garfin 等<sup>[7]</sup>于 1994 年提出设计理念, 后来逐渐以此产生出 PKP 及应用 Sky 膨胀式椎体成型器经皮椎体后凸成形术等治疗, 1998 年通过美国食品药品监督管理局认证应用于临床, 我国于 2000 年由解放军总医院率先开展 PKP 手术<sup>[8]</sup>。PKP 是在经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 基础之上发展而来, 通过向压缩椎体内部置入可扩张球囊, 球囊扩张后撑开塌陷终板, 复位压缩椎体, 挤压松质骨并在椎体内部形成一定空腔, 然后注入骨水泥, 从而能够防止骨水泥渗漏, 改善伤椎的承重能力, 较好地增加伤椎强度和稳定性, 恢复伤椎高度和矫正脊柱后凸畸形。Zarghooni 等<sup>[9]</sup>通过对临床医师问卷调查和患者病例随访发现, 80% 受访者认为 PKP 安全性较 PVP 更高, Edidin 等<sup>[10]</sup>2012 年的一项研究表明 PKP 更具有效价比。Goz 等<sup>[11]</sup>和 Chin 等<sup>[12]</sup>报道, 由于 PKP 术后效果较好、安全性更佳、恢复伤椎高度满意、并发症少, 已经成为大多数脊柱外科医师的首选<sup>[13-18]</sup>。

### 三、PKP 治疗 OVCF 的适应证及禁忌证

合理选择 PKP 适应证是影响手术效果的决定性因素。目前临床上 PKP 的适应证主要从以下几个方面选择<sup>[19]</sup>: (1)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2016.03.012

基金项目: 陕西省自然科学基金 (2010K15-02-02)

作者单位: 710000 西安交通大学医学院附属红会医院脊柱外科

通讯作者: 冯博, Email: 13471727@qq.com

骨质疏松所导致的单纯脊柱压缩骨折, 伤椎椎体后壁基本完整且不合并神经脊髓损伤; (2) 陈旧性椎体压缩骨折导致长期腰背疼痛及严重后凸畸形; (3) OVCF 继发邻近椎体的压缩骨折; (4) 椎体血管瘤、椎体淋巴瘤等椎体肿瘤。

PKP 的临床禁忌证主要有<sup>[20]</sup>: (1) 严重压缩的椎体骨折导致术中穿刺困难者; (2) 合并神经脊髓损伤出现功能障碍者; (3) 伤椎后壁骨折; (4) 患者凝血功能障碍以及心肺功能不全导致有麻醉风险和不能耐受手术者; (5) 对手术器械、造影剂或填充材料过敏者。

但是随着 PKP 技术的开展和研究的进步, 对于部分椎体严重压缩骨折和椎管轻度占位的 OVCF 患者也可根据病情选择 PKP 治疗。

#### 四、PKP 治疗 OVCF 的原理及效果

目前关于 PKP 的原理、效果等很多方面仍有争议。首先在缓解疼痛方面, PKP 治疗 OVCF 可迅速、明显缓解疼痛。但是 PKP 的止痛机制并未明确, 目前认为主要与以下因素有关<sup>[21]</sup>: (1) 骨水泥注入有效恢复了伤椎强度, 消除了骨折部位骨小梁间的微动, 增加了伤椎稳定性; (2) 骨水泥注入后短时间凝固, 提高伤椎支撑力, 同时也固定了椎体内微小骨折, 使其活动时不会再挤压、摩擦和刺激神经末梢; (3) 骨水泥聚合反应时产生的热效应破坏了伤椎感觉神经末梢, 消除了痛觉传导; (4) 骨水泥单体的细胞毒性可以使骨水泥周围组织坏死和神经敏感性降低。Rao 和 Singrakhia<sup>[6]</sup>认为骨水泥产生的化学毒性作用与缓解疼痛有一定关联。但是 Grafe 等<sup>[22]</sup>报道伤椎局部稳定性的重建才可能是疼痛缓解的主要原因。Dong 等<sup>[23]</sup>报道在术后缓解疼痛方面, PKP 和 PVP 的效果近似。虽然 PKP 在治疗 OVCF 方面能够迅速缓解疼痛, 防止恶性循环, 尽可能地恢复伤椎高度和矫正脊柱后凸畸形, 帮助患者早日下地活动, 提高患者生活质量, 但是明确 PKP 止痛机制还需进一步研究。

PKP 在临床操作中分为单侧和双侧入路, 到底选择单侧还是双侧入路一直是广大学者争议的焦点。据报道单侧与双侧在伤椎高度恢复、视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、并发症方面无明显统计学差异, 均可获得满意效果<sup>[24-29]</sup>。然而李涛等<sup>[30]</sup>认为 PKP 术中选择单侧还是双侧椎弓根入路穿刺应当根据具体情况再定。有学者认为应当在以下情况下选择单侧穿刺入路: (1) 压缩椎体一侧塌陷严重, 穿刺进针困难, 则采用对侧椎弓根穿刺进针; (2) 压缩椎体塌陷程度不严重, 椎体骨折呈一侧侧方塌陷, 采用塌陷侧椎弓根穿刺; (3) 病变椎体呈均匀性塌陷, 塌陷程度不低于原椎体高度一半, 可采用任意一侧椎弓根穿刺进针<sup>[31]</sup>。单侧穿刺出血少、可以缩短手术时间、降低 X 射线辐射风险、减少椎弓根穿刺带来的并发症, 节约住院费用。但是单侧穿刺容易造成椎体强度和刚度的改变, 不能较好维持压缩椎体生物力学平衡, 易导致压缩椎

体单侧承重过大, 对侧不稳而塌陷。王建等<sup>[32]</sup>提出治疗重度 OVCF 时单侧入路 PKP 是安全有效的。Liebschner 等<sup>[33]</sup>报道单侧注入容易造成骨水泥在椎体内不均匀分布, 影响伤椎稳定性, 远期会造成椎体再次压缩变形。所以应根据患者具体情况, 准确完善的术前评估, 合理选择单侧或者双侧穿刺入路。

随着 PKP 广泛开展, 应用于临床治疗的骨水泥在体内不能降解而长期存在, 由于填充材料及其刚度和强度的特性, 是否会造成邻近椎体生物力学改变以及骨折已引起临床医师的重视。Movrin 等<sup>[34]</sup>和 Bliemel 等<sup>[35]</sup>研究认为 PKP 或 PVP 术后邻近椎体骨折风险很低, 几乎和保守治疗的效果相似。邻近椎体骨折最主要的影响原因是患者骨质疏松的程度。Chen 等<sup>[36]</sup>提出骨水泥渗漏至椎间盘可能会导致后期邻近椎体骨折。闵继康等<sup>[37]</sup>报道认为再骨折与术后手术椎体和邻近椎体生物力学改变有关系。Ross 等<sup>[5]</sup>报道单椎体骨折后邻近椎体骨折发生率是未骨折 OP 患者的 5 倍, 多节段骨折继发骨折的发生率会增加 12 倍。Harrop 等<sup>[38]</sup>回顾性研究 PKP 术后 115 例患者 225 个椎体发现联合抗骨质疏松药物治疗可有效减少再骨折发生。所以, 如何确定合理精确个性化的骨水泥推注剂量, 形成压缩椎体刚度与强度之间的平衡, 以及减少邻近椎体骨折与退变还需要进一步研究。

如何预防骨水泥渗漏一直是临床医师在施行 PKP 中注意的焦点。Sietsma 等<sup>[39]</sup>的一项研究表明 PKP 骨水泥渗漏的发生率为 11%。有学者认为骨水泥分布形态较之骨水泥量对于治疗结果影响更大, Pradhan 等<sup>[40]</sup>认为 PKP 由于置入的球囊扩张后形成一定的空间, 使后期骨水泥推注时压力减小, 因此骨水泥在椎体内分布位置理想, 骨水泥渗漏发生率减低。而 Figueiredo<sup>[41]</sup>设计出一种侧方开口的空心套筒, 可以降低推注骨水泥时的渗漏发生率。王根林等<sup>[42]</sup>提出采用“温度梯度灌注技术”, 即分次调和骨水泥, 分次灌注可以减少骨水泥渗漏。预防 PKP 术中骨水泥渗漏应注意以下几个方面: (1) 术前选好合适病例, CT 检查椎体后壁完整性, 剔除椎体后壁破裂者; (2) 精准熟练的穿刺技术; (3) 恰当的骨水泥黏度, 骨水泥推注时机应在拉丝期, 应当防止过早浆状推注; (4) 术中 C 臂透视监测, 边透视边推注骨水泥; (5) 骨水泥推注压力不应过大, 适可而止, 骨水泥推注的量和治疗效果并不成正比关系。

关于 PKP 术中到底注射多大量的骨水泥更合适, 目前尚无统一意见。骨水泥推注量目前争议较大, 有研究表明骨水泥推注量, 胸椎一般不超过 3 ml, 腰椎一般不超过 3 ~ 5 ml<sup>[43]</sup>。Molloy 等<sup>[44]</sup>报道骨水泥推注量达到椎体体积的 16.2% 时可以恢复椎体强度, 达到椎体体积的 29.8% 时可以恢复椎体刚度。Belkoff 等<sup>[45]</sup>则从具体体积方面报道 2 ml 骨水泥足以恢复椎体强度, 而 4 ml 骨水泥就足以恢复椎体刚度。PKP 术前过伸体位复位很重要, 通过复位可以

减少伤椎椎体压缩高度差,从而较易形成“蛋壳样”改变或在伤椎中部形成空泡,便于后期骨水泥注入,降低骨水泥推注压力,达到 PKP 术中球囊扩张成形的效果。

PKP 的主要目的包括恢复压缩椎体高度及矫正脊柱后凸畸形。Lee 和 Chen<sup>[46]</sup>认为在行 PKP 术前利用体位进行复位,可提高椎体高度恢复率和后凸畸形矫正率。有临床报道证实了体位复位结合 PKP 具有较好的治疗效果,过伸体位复位能够牵拉压缩椎体前纵韧带使复位力量显著增加,为后期 PKP 手术创造了较好条件,最终能够恢复伤椎高度,矫正脊柱后凸畸形<sup>[47-48]</sup>。

#### 五、PKP 治疗 OVCF 中的椎体成形材料

新型骨水泥填充材料一直是研究热点。目前 PKP 中椎体成形材料主要有聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethylmethacrylate, PMMA)、陶制骨水泥 (ceramic bone cements)、磷酸钙 (calcium phosphate, CAP)、硫酸钙 (calcium sulfate, CAS), 其中临床上最常用的填充材料是 PMMA, 也是使用最早、最广、止痛效果最好, 经济实惠, 是评价最好的 PKP 填充材料。PMMA 是一种可注射的生物材料, 推注椎体后经过一段时间会产生发热聚合反应, 凝固后具有良好的生物力学强度和刚度, 但是 PMMA 凝固后硬度很大, 发生骨水泥渗漏后去除难度较大。且 PMMA 不具有骨传导和骨诱导作用, 其单体有细胞毒性, 无生物降解性, 后期不会被自身组织吸收。由于 PMMA 过高的弹性模量, 使得填充 PMMA 的椎体和邻近椎体力学强度不同, 应力集中会增加邻近椎体再骨折的风险。CAP 是一种新型、可生物降解、生物相容性较好的可注射填充材料, 而且不放热, 无细胞毒性。但是其刚度恢复相比 PMMA 较差, 降解速度难以控制, 遇到血液和体液后难以固化, 这些缺陷引起的远期效应有待进一步研究。CAS 具有良好的生物相容性、可生物降解、聚合反应时无高热释放、影像学显影效果好、单体无毒性、良好的骨传导性和骨诱导性等优势。但是其缺陷与 CAP 类似, 如吸收速度较快, 生物力学强度较差, 且两者均价格昂贵, 大量应用于临床仍需进一步观察。为了克服目前各种填充材料的缺陷, 人们将两种或更多不同的生物材料混合后, 制成复合型填充材料, 以此能获得更加理想的生物填充材料。但是目前这些材料还处在实验室研究阶段, 尚未应用于临床。相信随着科学技术的进步、手术方式的改进、手术器械的更新, 以后将会出现新型的可生物降解、具有骨诱导性和骨传导性、可显影、无毒、生物相容性好的复合可注射型填充材料并且全面应用于临床, OVCF 的治疗将会更加全面有效。

由于 PKP 这种微创手术方式创伤小、痛苦小、出血少、并发症少、操作简单、疗效较佳, 现已成为治疗 OVCF 的主要方法。但 OVCF 多为高龄患者, 常合并多种内科疾病, 术前准备及评估尤为重要, 应严格把握适应证和禁忌证, 根据每名患者不同的情况施行个性化治疗方案。同时 PKP

后期的康复锻炼和抗骨质疏松治疗至关重要。

#### 参 考 文 献

- 1 Cummings SR. How drugs decrease fracture risk: lessons from trials [J]. J Musculoskelet Neuronal Interact, 2002, 2(3): 198-200.
- 2 Glatz G. Osteoporotic vertebral compression fractures: prevention, diagnosis and treatment [J]. Dtsch Med Wochenschr, 2012, 137(42): 2138-2139.
- 3 Alexandru D, So W. Evaluation and management of vertebral compression fractures [J]. Perm J, 2012, 16(4): 46-51.
- 4 纪泉, 张良, 王强, 等. 椎体成形术与椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2013, 6(1): 28-33.
- 5 Ross PD, Genant HK, Davis JW, et al. Predicting vertebral fracture incidence from prevalent fractures and bone density among non-black, osteoporotic women [J]. Osteoporos Int, 1993, 3(3): 120-126.
- 6 Rao RD, Singrakha MD. Painful osteoporotic vertebral fracture. Pathogenesis, evaluation, and roles of vertebroplasty and kyphoplasty in its management [J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(10): 2010-2022.
- 7 Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1511-1515.
- 8 王岩. 骨质疏松性椎体压缩骨折的微创治疗 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(9): 995-998.
- 9 Zarghooni K, Siewe J, Kaulhausen T, et al. Complications of vertebroplasty and kyphoplasty in the treatment of vertebral fractures: results of a questionnaire study [J]. Acta Orthop Belg, 2012, 78(4): 512-518.
- 10 Edidin AA, Ong KL, Lau E, et al. Cost-effectiveness analysis of treatments for vertebral compression fractures [J]. Appl Health Econ Health Policy, 2012, 10(4): 273-284.
- 11 Goz V, Koehler SM, Egorova NN, et al. Kyphoplasty and vertebroplasty: trends in use in ambulatory and inpatient settings [J]. Spine J, 2011, 11(8): 737-744.
- 12 Chin DK, Kim YS, Cho YE, et al. Efficacy of postural reduction in osteoporotic vertebral compression fractures followed by percutaneous vertebroplasty [J]. Neurosurgery, 2006, 58(4): 695-700; discussion 695-700.
- 13 Xing D, Ma JX, Ma XL, et al. A meta-analysis of balloon kyphoplasty compared to percutaneous vertebroplasty for treating osteoporotic vertebral compression fractures [J]. J Clin Neurosci, 2013, 20(6): 795-803.
- 14 Wong CC, McGirt MJ. Vertebral compression fractures: a review of current management and multimodal therapy [J]. J Multidiscip Healthc, 2013, 6(4): 205-214.
- 15 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(3): 488-497.
- 16 Carrino JA, Chan R, Vaccaro AR. Vertebral augmentation: vertebroplasty and kypoplasty [J]. Semin Roentgenol, 2004, 39(1): 68-84.
- 17 Bouza C, López T, Magro A, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review [J]. Eur Spine J, 2006, 15(7): 1050-1067.
- 18 唐海, 鲁英, 王炳强, 等. 低压力应用单一球囊治疗多椎体骨质疏松

- 松性脊柱压缩骨折 [J]. 中华外科杂志, 2005, 43(24): 1568-1571.
- 19 邹德威, 马华松, 邵水霖, 等. 球囊扩张椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折 [J]. 中华骨科杂志, 2003, 23(5): 257-261.
- 20 邱贵兴. 老年骨质疏松性骨折的治疗策略 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2015, 1(1): 1-5.
- 21 贺宝荣, 郝定均, 杨小彬, 等. 经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性胸腰段骨折适应证的选择及并发症的评估 [J]. 脊柱外科杂志, 2012, 10(2): 67-71.
- 22 Grafe IA, Baier M, Noeldge G, et al. Calcium-phosphate and polymethylmethacrylate cement in long-term outcome after kyphoplasty of painful osteoporotic vertebral fractures [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(11): 1284-1290.
- 23 Dong R, Chen L, Tang T, et al. Pain reduction following vertebroplasty and kyphoplasty [J]. Int Orthop, 2013, 37(1): 83-87.
- 24 杨炎, 王根林, 杨惠林, 等. 单侧与双侧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(6): 480-484.
- 25 申勇, 刘法敬, 张英泽, 等. 单、双侧经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(3): 202-206.
- 26 Wang Z, Wang G, Yang H. Comparison of unilateral versus bilateral balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. J Clin Neurosci, 2012, 19(5): 723-726.
- 27 Steinmann J, Tingey CT, Cruz G, et al. Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(2): 201-205.
- 28 Higgins KB, Harten RD, Langrana NA, et al. Biomechanical effects of unipedicular vertebroplasty on intact vertebrae [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(14): 1540-1547; discussion 1548.
- 29 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(17): 1772-1776.
- 30 李涛, 朱裕成, 郑红兵, 等. 经皮椎体后凸成形术中单双侧经椎弓根穿刺路径的选择 [J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(24): 1863-1865.
- 31 袁宏, 赵喜滨, 孙治国. 球囊单侧扩张椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(12): 913-917.
- 32 王建, 张年春, 刘杰, 等. 单侧入路经皮椎体后凸成形术治疗重度骨质疏松性椎体压缩骨折 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2009, 1(1): 68-71.
- 33 Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1547-1554.
- 34 Movrin I, Vengust R, Komadina R. Adjacent vertebral fractures after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compression fracture: a comparison of balloon kyphoplasty and vertebroplasty [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2010, 130(9): 1157-1166.
- 35 Bliemel C, Oberkircher L, Buecking B, et al. Higher incidence of new vertebral fractures following percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty--fact or fiction? [J]. Acta Orthop Belg, 2012, 78(2): 220-229.
- 36 Chen WJ, Kao YH, Yang SC, et al. Impact of cement leakage into disks on the development of adjacent vertebral compression fractures [J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(1): 35-39.
- 37 闵继康, 袁永健, 王丹, 等. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术效果欠佳原因分析 [J]. 中医正骨, 2009, 21(11): 54-56.
- 38 Harrop JS, Prpa B, Reinhardt MK, et al. Primary and secondary osteoporosis' incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(19): 2120-2125.
- 39 Sietsma MS, Heerspink FO, Ploeg WT, et al. Kyphoplasty as treatment for osteoporotic vertebral compression fractures: relatively safe, but still no evidence of functional improvement; a review of the literature [J]. Ned Tijdschr Geneesk, 2008, 152(16): 944-950.
- 40 Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, et al. Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(4): 435-441.
- 41 Figueiredo N, Rotta R, Cavicchioli A, et al. Kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty using the traditional and the new side-opening cannula for osteoporotic vertebral fracture [J]. J Neurosurg Sci, 2011, 55(4): 365-370.
- 42 王根林, 杨惠林, 朱雪松, 等. 骨质疏松性椎体骨坏死的诊断及椎体后凸成形术治疗 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(3): 228-232.
- 43 Huet H, Cabal P, Gadan R, et al. Burst-fractures and cementoplasty [J]. J Neuroradiol, 2005, 32(1): 33-41; discussion 41.
- 44 Molloy S, Mathis JM, Belkoff SM. The effect of vertebral body percentage fill on mechanical behavior during percutaneous vertebroplasty [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(14): 1549-1554.
- 45 Belkoff SM, Mathis 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.
- 46 Lee ST, Chen JF. Closed reduction vertebroplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. Technical note [J]. J Neurosurg, 2004, 100(4 Suppl Spine): 392-396.
- 47 Vaccaro AR, Kim DH, Brodke DS, et al. Diagnosis and management of thoracolumbar spine fractures [J]. Instr Course Lect, 2004, 53: 359-373.
- 48 黄洪斌, 鲍丰, 季向荣, 等. 体位复位在椎体成形术前的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2008, 16(14): 1102-1103.

(收稿日期: 2015-10-02)

(本文编辑: 吕红芝)

冯博, 郝定均, 郭浩. 经皮椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折的研究进展 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2016, 2(3): 185-188.