

· 文献综述 ·

骨质疏松性椎体压缩骨折微创治疗的现状和进展*

祝腾蛟 综述 田 耘** 周 方 审校

(北京大学第三医院骨科, 北京 100191)

【内容提要】 经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)凭借其快速的止痛效果和良好的功能恢复,现在已被越来越多地运用于骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)的治疗中。本文综述目前新发展起来的微创手术 PVP、PKP 出现的一些问题及进展,希望为 OVCF 的治疗提供参考。

【关键词】 骨质疏松性椎体压缩骨折; 经皮椎体成形术; 经皮椎体后凸成形术

中图分类号:R683.2

文献标识:A

文章编号:1009-6604(2015)12-1121-05

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2015.12.019

Current Status and Future Trends of Minimally Invasive Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures Zhu

Tengjiao, Tian Yun, Zhou Fang. Department of Orthopedics, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding Author: Tian Yun, E-mail: tianyunbj@sina.com

【Summary】 With the increasing global aging population, osteoporosis vertebral compression fracture (OVCF) is getting more attention as a big challenge for orthopedic surgeons. Current therapeutic options include conservative treatment, traditional open reduction and internal fixation, percutaneous vertebroplasty (PVP), and percutaneous kyphoplasty (PKP). Due to excellent clinical results on pain relief and function improvement, PVP and PKP, as minimally invasive surgical techniques, now increasingly become more popular for painful OVCF. The review focused on a brief introduction of the current status of the two procedures and a discussion of the future trends of the two techniques.

【Key Words】 Osteoporotic vertebral compression fracture; Percutaneous vertebroplasty; Percutaneous kyphoplasty

随着人口老龄化的加剧,全世界约有 2 亿骨质疏松患者^[1],而骨质疏松骨折最常见的发生部位是脊柱^[2],每年因为骨质疏松发生的椎体压缩骨折约有 140 万例^[3]。骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporosis vertebral compression fracture, OVCF)不仅会给病人带来急性的后背疼痛,与之而来的因为椎体压缩引起的脊柱畸形,会造成很多功能障碍,诸如肺功能下降,胸腹腔容量减小,活动能力受限,严重者无法维持正常的体位,甚至可能引起抑郁,大大影响 OVCF 患者的生活质量^[4]。目前针对 OVCF 的治疗选择主要有保守治疗、传统的切开复位内固定术、经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)等。其中 PVP、PKP 作为新发展起来的微创手术,凭借其良好的止痛效果及快速恢复患者活动功能的特点,现在正被越来越多地运用到

临床中^[5-9]。本文综述目前 PVP、PKP 遇到的一些问题及进展。

1 麻醉方式的选择

目前 PVP、PKP 手术的麻醉方式主要有全身麻醉和局部麻醉两种,国外文献报道大多数 PKP 采用全身麻醉^[10]。因为 PKP 需要更长的手术时间,手术过程中的操作所伴随的疼痛,尤其是球囊扩张时引起的疼痛,常常是局部麻醉患者难以忍受的。全身麻醉的优点是患者不会有疼痛不适感,主观满意度相对较高,而且全麻术中比较容易管理生命体征,如在手术中遇到骨水泥栓塞或过敏,因为事先的气管插管和静脉开放,可以及时发现和抢救。但是大多数 OVCF 患者是老年人,有许多伴随疾病,全身麻醉风险较大,用风险更小的局部麻醉方式更安全。在局麻下患者

* 基金项目:国家自然科学基金(81470101)

** 通讯作者, E-mail: tianyunbj@sina.com

可以自述不适,如在手术中因为器械损伤或者骨水泥渗漏而出现神经损伤症状时可以及时发现,而且局麻手术可以省去全身麻醉相关的诱导和苏醒时间,术后恢复快,不存在因为气管插管而带来的呼吸道并发症。但是在局麻下患者仍有部分疼痛,如果术中疼痛严重可能需要中止手术或更改麻醉或手术方式。对于一些患者,局麻下手术带来的紧张和焦虑会引起很大的血压变化,降低术中依从性,增加手术风险。有报道局麻下 PKP 给予小剂量静脉镇静可以取得很好的疗效^[11,12]。对于一些需要实施 PKP 的高危人群,也可以用一些特殊的麻醉方式, Hannallah 等^[13]报道在小剂量脊髓麻醉下实施 PKP 并取得成功。

因此,关于 PKP 中麻醉方式的选择需要考虑到以下方面:患者年龄和对疼痛的耐受程度,以及因伴随疾病而带来的麻醉风险,手术节段的数量和手术本身风险的大小等。麻醉方式的最终选择需要患者、麻醉医生和手术医生共同决策。无法长时间耐受俯卧位体位,或手术节段较多手术时间较长的患者,全身麻醉更为合适。

2 骨水泥种类的选择

聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate, PMMA) 作为 20 世纪 80 年代就被外科大夫熟悉的材料率先应用于 PVP 中。因为它的不透射线性,在手术过程中可以追踪填充材料的运动,从而指导手术操作,并可预防骨水泥的渗漏。生物力学实验也证实 PMMA 具备足够的强度支撑静态和动态的压力,使得椎体在注入 PMMA 后可以维持椎体形态。此外,PMMA 准备方便,黏度低,有适当流动性,便于操作,聚合快,可以迅速恢复椎体结构,达到快速止痛的效果,从而允许患者快速恢复活动,改善生活质量。PMMA 凭借其直接的止痛效果和良好的机械强度,可以稳定骨折端,从而被常规用于 PVP、PKP 中。当然,PMMA 的价格低廉也是考虑因素之一。但是,PMMA 也有以下不足^[14]:①黏度低。PMMA 最常见的并发症之一就是骨水泥渗漏,常见的渗漏部位包括椎管内渗漏、神经孔渗漏、椎间盘渗漏、脊柱旁软组织渗漏、椎旁静脉渗漏和穿刺针道渗漏等。文献报道的骨水泥渗漏率差异很大,从早期 PVP 报道的高达 67%^[15],到如今的 PKP 可以控制在 10% 左右^[16]。虽然大部分渗漏不会发生不良临床反应,但也有发生严重后果的可能,如骨水泥渗漏到椎管内压迫脊髓,或者渗漏到血液中有发生肺栓塞的可能。②放热反应。PMMA 的放热反应可能引起周围组织热烧伤。Yu 等^[17]的研究表明,这样的反应温度在椎体前缘、椎体中心和椎管内分别能达到 39 ~ 112

℃、49 ~ 112 ℃ 和 39 ~ 57 ℃,而超过 50 ℃ 的时间分别能持续 5、8 和 25 min。因为存在骨水泥渗漏问题,一些神经结构的热损伤已经成为用 PMMA 的椎体成形术的一个潜在不良反应。③生物活性不足,没有骨诱导作用,不能被降解。组织学证实,PMMA 是通过纤维组织层环绕植入物这种方式达到愈合的^[18]。而纤维组织包绕植入物会潜在抑制骨质和 PMMA 多聚体界面之间的骨融合,使得 PMMA 与新生骨之间无法融合成为一个整体。④生物力学方面,注入 PMMA 后原有椎体的强度发生改变,松质骨的弹性模量是 168 MPa,而 PMMA 是 2700 MPa,因为 PMMA 的强度大于正常骨组织,尤其对骨质疏松患者的骨质,PMMA 的强度是其 8 ~ 40 倍^[19]。这样不仅会引发原有椎体未被 PMMA 填充部分的骨质发生骨折,也增加了邻近椎体骨折的可能。生物力学的有限元法研究表明,注入 PMMA 不仅增加治疗椎体的强度,而且增加邻近椎体的压力。因此,随着 PMMA 的填充,邻近椎体有发生再骨折的可能^[20]。⑤毒性反应,PMMA 释放的毒性单体和 PMMA 碎片会抑制细胞生长和 DNA 合成。⑥此外,还有过敏问题,局部抗炎能力下降,诱导肿瘤发生等其他反应。

为了寻找 PMMA 合适的替代材料,新近发展起来一种可吸收骨水泥——磷酸钙骨水泥 (calcium phosphate cement, CPC)。CPC 不仅拥有良好的不透射线性,在强度上已经被生物力学实验证实是可行的,而且因为它的强度介于正常椎体和骨质疏松椎体之间,这样可以减少手术后因为治疗椎体强度发生改变而引起的邻近椎体再骨折的风险。CPC 同时具有可吸收、骨诱导作用。CPC 的吸收现象不仅已经被一些组织学研究描述过,而且 Libicher 等^[21]运用高精度 3D-CT 对 12 例 23 个椎体 (14 个 CPC, 9 个 PMMA) 测量得到:在 PKP 术后 12 个月时,CPC 体积平均减少 0.08 ml,吸收比率 2%。Libicher 等^[22]也报道 CPC 的骨诱导吸收作用在初步的临床和实验室研究中得到证实。当然,这些结果还需要大样本的实验室和临床研究进一步确证。CPC 是在正常体温下结晶硬化,它硬化后的多孔结构允许骨在其内生长,同时避免热损伤。但是这些单纯的理论优势不足以让 CPC 取代 PMMA。Grafe 等^[18]通过对随访 3 年的 20 例 CPC 和 20 例 PMMA 患者进行临床回顾性对照研究,证实在 VAS 评分,欧洲骨质疏松症研究 (European Vertebral Osteoporosis Study, EVOS) 评分或任何时间段的椎体高度恢复方面均无统计学差异。当然,CPC 也有本身的不足需要改进:①高黏度。CPC 的黏度相对较高,在操作上有一定困难。②被冲刷问题 (washout)。CPC 的亲水特性以及较

低的密度,使得 CPC 在注入过程中更容易被血冲刷掉,导致注射失败。③关于应用 CPC 的最大担忧主要是由于 CPC 过早过快吸收使得椎体形态结构的恢复失败,会影响椎体的稳定性,甚至造成治疗椎体再骨折。有注射 CPC 治疗后 1 个月椎体在无外伤情况下发生再骨折的报道^[23]。此外,Ryu 等^[24]观察到,因为 CPC 的吸收,治疗椎体术后高度恢复虽然比较理想,但在之后的随访中会发生椎体高度再次丢失。Heo 等^[25]通过 PVP 术后随访 2 年以上观察到,CPC 在注射进入椎体后的形态变化是多样而且不可预测的,有再吸收、沉积、诱导骨生成、CPC 骨水泥骨折以及异位骨化可能,所以是否用 CPC 作为 PVP 的填充材料需要重新考虑。

所以我们需要一种理想的填充材料——有足够的机械强度来支持和维持结构的恢复,良好的不透射线性和可注射性方便操作,合适的生物相容性和生物活性能诱导骨再生尽可能恢复骨折前的生理状态。

3 并发症

PVP、PKP 相关的围手术期及术后并发症主要有骨水泥渗漏、骨水泥栓塞、肺栓塞、血肿、脊髓受压、神经根损伤、感染、邻近和非邻近椎体再骨折等^[26~28]。

骨水泥渗漏是 PVP 和 PKP 的主要并发症之一,目前文献报道的骨水泥渗漏率差异很大,因为骨水泥渗漏率在一定程度上受测量方式的影响。彭志刚、高伟等^[29,30]报道对 PKP 术后患者运用 CT 较普通的 X 线片能发现更高的骨水泥渗漏率。就目前资料来看,使用低黏度的骨水泥和注入水泥时压力过高是造成骨水泥渗漏的重要影响因素,因此,降低骨水泥渗漏有赖于新型骨水泥的发明,以及更为新型有效的手术手段能够使压缩椎体获得足够的椎体高度恢复,为骨水泥的填充创造合适的空腔以减小注入时的压力。大多数骨水泥渗漏不会引起临床症状,但一部分骨水泥渗漏会造成相应的神经症状。Hulme 等^[26]的研究表明,PVP 和 PKP 手术的神经并发症发生率分别为 0.6% 和 0.03%,也有一部分骨水泥因为渗漏到血管中,造成严重的肺栓塞并发症,但发生率很低,一般在 0.6% (PVP) ~ 0.01% (PKP) 之间。

邻近椎体及非邻近椎体再骨折是 PVP、PKP 术后的主要并发症之一,但是关于新发椎体再骨折原因的解释很多,是骨质疏松的自然疾病进展结果,还是因为骨水泥填充使得伤椎强度变化,抑或是因为骨折后脊柱后凸畸形引起的脊柱生物力学改变所致,目前仍然存在很大争议^[31,32]。

4 骨折复位不足

PVP、PKP 良好的止痛效果以及快速的功能恢复已经被广泛证实,但是对于 OVCF 的复位不足一直是临床治疗的焦点之一。PVP 治疗 OVCF 中骨折的复位主要依赖术中体位复位^[33],而 PKP 理论上通过球囊扩张可以达到适当的骨折复位效果,相关的 meta 分析也证实了 PKP 在骨折畸形的纠正中较 PVP 有优势^[34,35],但是希望通过单纯的 PKP 来达到良好的脊柱序列的复位是不切实际的^[36]。而脊柱畸形的程度和患者的年龄、腰背部疼痛程度一样,对患者功能恢复情况是独立的影响因素^[4]。功能受损主要体现在肺功能下降、胸腹腔容量受限、活动能力下降、发生抑郁以及维持正常体态困难^[4]。而且 PVP、PKP 术后未纠正的脊柱畸形可能引起邻近椎体再骨折,目前文献报道的再骨折发生率差异较大,Movrin 等^[37]通过对照研究观察到,PVP 的再骨折发生率波动于 8% ~ 52%,而 PKP 的再骨折发生率波动于 3% ~ 29%。Civelek 等^[38]对 171 例 PKP 患者的回顾性分析显示,椎体适当填充以及纠正脊柱后凸畸形、恢复良好的脊柱序列是避免邻近椎体再骨折发生的重要因素,单纯的 PKP 不影响再骨折的发生率。通过前瞻非随机对照试验,Movrin^[39]观察到因为脊柱后凸畸形引起的生物力学的改变是造成邻近椎体再骨折的影响因素。而且 PKP 术后再骨折不仅发生在邻近椎体,非邻近椎体同样有再骨折发生^[40~43]。如果没有纠正由于椎体骨折带来的脊柱畸形,脊柱的压力传导路线会前移,使得椎体前缘承受更大的压力,从而增加邻近骨质疏松的椎体发生再骨折的几率。邻近和非邻近椎体再骨折的发生会使腰背部疼痛的情况进一步恶化,同时使脊柱畸形进一步加重,从而大大影响 PVP、PKP 术后患者的生活质量。同时,为了对抗脊柱畸形前弯的力量,椎旁的肌肉和韧带需要产生一个后伸的力量维持脊柱平衡,椎旁肌肉的长期劳累负荷也是 PVP、PKP 术后骨折畸形纠正不满意病人长期慢性腰背痛的原因。所以,在对 OVCF 患者的治疗中,对脊柱畸形的纠正与腰背疼痛的减轻一样重要。这将是未来运用 PVP、PKP 治疗 OVCF 的焦点之一。

微创治疗 OVCF 的前景在于选择安全有效的麻醉方式,发明新型更为合适的填充材料,以及新型的手术技术来克服 PVP、PKP 复位不足的问题,希望能够提供快速而持久的止痛效果,同时能达到良好的骨折畸形的纠正,从而提高患者生活质量。

参考文献

- 1 Iqbal MM. Osteoporosis: epidemiology, diagnosis, and treatment.

- South Med J, 2000, 93(1): 2-18.
- 2 Melton LJ, Kan SH, Frye MA, et al. Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol*, 1989, 129(5): 1000-1011.
- 3 Johnell O, Kanis JA. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*, 2006, 17(12): 1726-1733.
- 4 Yuan HA, Brown CW, Phillips FM. Osteoporotic spinal deformity: a biomechanical rationale for the clinical consequences and treatment of vertebral body compression fractures. *J Spinal Disord Tech*, 2004, 17(3): 236-242.
- 5 Chen AT, Cohen DB, Skolasky RL. Impact of nonoperative treatment, vertebroplasty, and kyphoplasty on survival and morbidity after vertebral compression fracture in the medicare population. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(19): 1729-1736.
- 6 Klezl Z, Bhangoo N, Phillips J, et al. Social implications of balloon kyphoplasty: prospective study from a single UK centre. *Eur Spine J*, 2012, 21(9): 1880-1886.
- 7 Svedbom A, Alvares L, Cooper C, et al. Balloon kyphoplasty compared to vertebroplasty and nonsurgical management in patients hospitalised with acute osteoporotic vertebral compression fracture: a UK cost-effectiveness analysis. *Osteoporos Int*, 2013, 24(1): 355-367.
- 8 胡明鉴, 马红兵, 刘雅, 等. 中上胸椎骨质疏松性椎体压缩骨折的椎体成形术治疗. *中国微创外科杂志*, 2011, 11(11): 1008-1011.
- 9 孙治国, 缪晓刚, 袁宏, 等. 椎体成形术与后凸成形术治疗老年陈旧性骨质疏松椎体压缩骨折的相关问题探讨. *中国骨伤*, 2010, 23(10): 734-738.
- 10 Berlemann U, Franz T, Orler R, et al. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures: a prospective non-randomized study. *Eur Spine J*, 2004, 13(6): 496-501.
- 11 Cagli S, Isik HS, Zileli M. Vertebroplasty and kyphoplasty under local anesthesia: review of 91 patients. *Turk Neurosurg*, 2010, 20(4): 464-469.
- 12 Mohr M, Pillich D, Kirsch M, et al. Percutaneous balloon kyphoplasty with the patient under intravenous analgesia and sedation: a feasibility study. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32(4): 649-653.
- 13 Hannallah M, Gibby E, Watson V. Fluoroscopy-guided, small-dose spinal anesthesia for kyphoplasty: a collaborative effort between the anesthesiologist and interventional radiologist. *Anesth Analg*, 2008, 106(4): 1329-1330.
- 14 Yang H, Zou J. Filling materials used in kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fracture: a literature review. *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol*, 2011, 39(2): 87-91.
- 15 Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology*, 1996, 200(2): 525-530.
- 16 桂先革, 茹选良, 蒋增辉, 等. 经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折围手术期并发症分析. *中国骨伤*, 2013, 26(3): 205-209.
- 17 Yu R, Nissen NN, Dhall D, et al. Nesidioblastosis and hyperplasia of alpha cells, microglucagonoma, and nonfunctioning islet cell tumor of the pancreas: review of the literature. *Pancreas*, 2008, 36(4): 428-431.
- 18 Grafe IA, Baier M, Noldge G, et al. Calcium-phosphate and polymethylmethacrylate cement in long-term outcome after kyphoplasty of painful osteoporotic vertebral fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(11): 1284-1290.
- 19 Masala S, Nano G, Marcia S, et al. Osteoporotic vertebral compression fracture augmentation by injectable partly resorbable ceramic bone substitute (Cerament 1 SPINESUPPORT): a prospective nonrandomized study. *Neuroradiology*, 2012, 54(11): 1245-1251.
- 20 Rotter R, Pflugmacher R, Kandziora F, et al. Biomechanical in vitro testing of human osteoporotic lumbar vertebrae following prophylactic kyphoplasty with different candidate materials. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32(13): 1400-1405.
- 21 Libicher M, Vetter M, Wolf I, et al. CT volumetry of intravertebral cement after kyphoplasty. Comparison of polymethylmethacrylate and calcium phosphate in a 12-month follow-up. *Eur Radiol*, 2005, 15(8): 1544-1549.
- 22 Libicher M, Hillmeier J, Liegibel U, et al. Osseous integration of calcium phosphate in osteoporotic vertebral fractures after kyphoplasty: initial results from a clinical and experimental pilot study. *Osteoporos Int*, 2006, 17(8): 1208-1215.
- 23 Piazzolla A, De Giorgi G, Solarino G. Vertebral body recollapse without trauma after kyphoplasty with calcium phosphate cement. *Musculoskelet Surg*, 2011, 95(2): 141-145.
- 24 Ryu KS, Shim JH, Heo HY, et al. Therapeutic efficacy of injectable calcium phosphate cement in osteoporotic vertebral compression fractures: prospective nonrandomized controlled study at 6-month follow-up. *World Neurosurg*, 2010, 73(4): 408-411.
- 25 Heo HD, Cho YJ, Sheen SH, et al. Morphological changes of injected calcium phosphate cement in osteoporotic compressed vertebral bodies. *Osteoporos Int*, 2009, 20(12): 2063-2070.
- 26 Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(17): 1983-2001.
- 27 王宪伟. 椎体成形术并发症及防治进展. *医学综述*, 2011, 17(6): 869-871.
- 28 黄刚, 陈海云, 刘卓勋, 等. 经皮椎体成形术与经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性. *南方医科大学学报*, 2010, 30(12): 2729-2732.
- 29 彭志刚, 崔建岭, 孙英彩, 等. 经皮椎体后凸成形术骨水泥渗漏的 CT 评价. *临床放射学杂志*, 2012, 31(2): 269-272.
- 30 高伟, 吴前芝, 刘浩, 等. MSCT 多平面重组技术在观察 PKP 术后骨水泥渗漏中的应用价值. *中国医疗设备*, 2014, 29(9): 152-154.
- 31 Ananthakrishnan D, Berven S, Deviren V, et al. The effect on anterior column loading due to different vertebral augmentation techniques. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2005, 20(1): 25-31.
- 32 Villarraga ML, Bellezza AJ, Harrigan TP, et al. The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(1): 84-91.
- 33 Chin DK, Kim YS, Cho YE, et al. Efficacy of postural reduction in osteoporotic vertebral compression fractures followed by percutaneous vertebroplasty. *Neurosurgery*, 2006, 58(4): 695-700.
- 34 Ma XL, Xing D, Ma JX, et al. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty in treating osteoporotic vertebral compression fracture: grading the evidence through a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*, 2012, 21(9): 1844-1859.
- 35 朱佳俊, 屠冠军. 椎体后凸成形术与椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的 Meta 分析. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(10): 848-852.

(上接第 1124 页)

- 36 Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, et al. Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(4): 435 – 441.
- 37 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. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2010, 130(9): 1157 – 1166.
- 38 Civelek E, Cansever T, Yilmaz C, et al. The retrospective analysis of the effect of balloon kyphoplasty to the adjacent-segment fracture in 171 patients. *J Spinal Disord Tech*, 2014, 27(2): 98 – 104.
- 39 Movrin I. Adjacent level fracture after osteoporotic vertebral compression fracture: a nonrandomized prospective study comparing balloon kyphoplasty with conservative therapy. *Wien Klin Wochenschr*, 2012, 124(9 – 10): 304 – 311.
- 40 Kim KH, Kuh SU, Chin DK, et al. Kyphoplasty versus vertebroplasty: restoration of vertebral body height and correction of

kyphotic deformity with special attention to the shape of the fractured vertebrae. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(6): 338 – 344.

- 41 Li X, Yang H, Tang T, et al. Comparison of kyphoplasty and vertebroplasty for treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures: twelve-month follow-up in a prospective nonrandomized comparative study. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(3): 142 – 149.
- 42 Omid-Kashani F, Samini F, Hasankhani EG, et al. Does percutaneous kyphoplasty have better functional outcome than vertebroplasty in single level osteoporotic compression fractures? A comparative prospective study. *J Osteoporos*, 2013, 2013: 690329.
- 43 Bae H, Shen M, Maurer P, et al. Clinical experience using Cortoss for treating vertebral compression fractures with vertebroplasty and kyphoplasty: twenty four-month follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(20): E1030 – 1036.

(收稿日期: 2015 – 09 – 16)

(修回日期: 2015 – 11 – 18)

(责任编辑: 王惠群)