

· 经验交流 ·

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

桂先革, 茹选良, 蒋增辉, 宋柏杉
(浙江医院骨科, 浙江 杭州 310013)

【摘要】 目的:分析经皮球囊椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的围手术期并发症的发生情况。**方法:**收集 2009 年 6 月至 2011 年 12 月采用 PKP 方法治疗椎体压缩性骨折患者 63 例, 其中男 18 例, 女 45 例, 年龄 62~91 岁, 平均 75.3 岁。所有患者为外伤后腰背部严重疼痛, 行走受限, 但均无神经症状及体征。影像学检查(X 线和 MRI)证实为骨质疏松性椎体压缩性骨折。**合并症:**骨质疏松 63 例, 高血压 37 例, 冠心病 10 例, 贫血 29 例, 糖尿病 26 例, 慢阻肺 11 例, 胃炎及消化性溃疡 8 例。回顾总结分析其围手术期并发症发生情况。**结果:**在 63 例患者中, 手术前并发症 9 例(14.3%), 术中及术后并发症 17 例(26.9%)。其中手术前并发症包括:坠积性肺炎 1 例, 电解质紊乱 2 例, 尿路感染 2 例, 中度贫血 2 例, 电解质紊乱合并中度贫血 1 例, 坠积性肺炎合并神智淡漠、谵妄 1 例。术中及术后并发症中, 骨水泥相关并发症 9 例(14.3%), 其中 2 例患者出现骨水泥毒性反应, 7 例发生骨水泥渗漏(2 例出现相关临床症状); 非骨水泥相关并发症 3 例(4.76%), 穿刺局部血肿 1 例, 一过性神经损伤 1 例, 术后左侧肋间神经痛 1 例; 所有患者中, 共有 5 例患者(7.93%)术后出现一过性的痛觉过敏。所有并发症经积极处理后均未导致严重后果。**结论:**PKP 治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的围手术期并发症并不少见, 经积极处理一般无严重后果, 应重视围手术期并发症的预防和处理。

【关键词】 后凸成形术; 脊柱骨折; 手术后并发症

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.03.008

Analysis of perioperative complications of percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fracture
GUI Xian-ge, RU Xuan-liang, JIANG Zeng-hui, and SONG Bo-shan. Department of Orthopaedics, Zhejiang Hospital, Hangzhou 310013, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To analyze the perioperative complications of percutaneous kyphoplasty (PKP) for osteoporotic vertebral compression fracture. **Methods:** From June 2009 to December 2011, 63 patients with osteoporotic vertebral compression fracture underwent PKP, there were 18 males and 45 females with an average age of 75.3 years (ranged, 62 to 91). All patients with severe back pain and without neurological symptoms and signs, which were confirmed by X-ray and MRI. Among them, there were 63 cases with severe osteoporosis, 37 cases with hypertension, 10 with coronary artery disease, 29 with anemia, 26 with diabetes, 11 with chronic obstructive pulmonary diseases and 8 with gastritis and peptic ulcer. The common perioperative complications were retrospectively reviewed. **Results:** Preoperative complications occurred in 9 cases (14.3%), including hypostatic pneumonia (1 case), electrolyte disturbances (2 cases), urinary tract infection (2 cases), moderate anemia (2 cases), electrolyte disturbances combined with moderate anemia (1 case), hypostatic pneumonia combined with delirium (1 case). Intraoperative and postoperative complications occurred in 17 cases (26.9%), there were bone cement correlated complications in 9 cases (14.3%), in which 2 cases of toxic reaction of bone cement and 7 cases of leakage (2 cases had clinical symptoms); there were non-bone cement correlated complications in 3 cases (4.8%), in which 1 case of focal hematoma caused by paracentesis, 1 case of transient nerve injury, 1 case of left intercostal neuralgia; there were transient hyperpathia in 5 cases after operation. All complications result in no severe consequence after treatment. **Conclusion:** Perioperative complications of percutaneous kyphoplasty are not uncommon, however, these complications may not cause serious consequence after active treatment, so prevention and treatment are important for it.

KEYWORDS Percutaneous kyphoplasty; Spinal fractures; Postoperative complication

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(3):205-209 www.zggszz.com

随着社会的老齡化, 骨质疏松所致椎体骨折的

发病率逐年上升。此类骨折可导致患者的腰背部持续疼痛、脊柱后凸畸形及活动减少, 严重影响患者的呼吸、消化功能, 从而出现一系列内科并发症, 严重

影响患者的生活质量。传统的治疗方法主要包括卧床休息、药物镇痛、支具外固定等,但这会导致骨质进一步丢失,骨质疏松,形成恶性循环。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)及经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)是近年来治疗胸腰椎骨质疏松性压缩骨折(vertebral compression fracture,VCF)等疼痛性椎体病变的一项新型微创脊柱外科技术,尤其是经皮球囊扩张椎体后凸成形术被认为是理想的选择,但其手术并发症发生率报道不一^[1]。2009 年 6 月至 2011 年 12 月采用 PKP 方法治疗 63 例椎体压缩性骨折的患者,统计分析其围手术期并发症的发生情况,报告如下。

1 临床资料

本组男 18 例,女 45 例;年龄 62~91 岁,平均 75.3 岁。其中 44 例患者有外伤史,受伤距入院时间为 2 h~18 d,平均 8.7 d,症状均为外伤后腰背部严重疼痛,行走受限;19 例无明显外伤史,病程 2 周~3 个月,因顽固性腰痛就诊,影像学检查(X 线和 MRI)证实为骨质疏松性椎体压缩性骨折。合并症:骨质疏松 63 例,高血压 37 例,冠心病 10 例;其中冠状动脉搭桥术后 1 例,冠状动脉支架术后 2 例;各类症状性心律失常 9 例,其中安装人工心脏起搏器 3 例;贫血 29 例;糖尿病 26 例;慢阻肺 11 例;胃炎及消化性溃疡 8 例。本组患者均无双下肢神经症状及括约肌功能障碍。X 线表现为椎体压缩性骨折,MRI 显示骨折椎体 T1 加权像呈低信号,T2 加权像及抑脂像呈高信号。其中单椎体骨折 43 例,双椎体骨折 18 例,3 椎体骨折 2 例,共 85 个椎体。楔形变椎体:T₁₂ 32 个,T₁₁ 11 个,T₁₀ 7 个,T₈ 2 个,T₆ 2 个,T₄ 2 个,L₁ 18 个,L₂ 5 个,L₃ 4 个,L₄ 2 个。患者入院后均行血常规、肝肾功能、凝血功能及 D2 聚体、胸部 X 线片、腹部 B 超及心电图检查,合并心脏疾病患者行超声心动及肺通气功能检查排除心肺严重疾患而不能耐受手术者。

2 治疗方法

采用局部浸润麻醉 60 例,连续硬膜外麻醉 2 例,气管插管全麻 1 例。患者俯卧位,腹部垫空,在体表用油性笔标记椎弓根位置,术中用 C 形臂 X 线透视机透视定位穿刺点,证实无误后,采用经椎弓根路径钻入穿刺针至椎体后缘皮质前方 2~3 mm 处停止,抽出穿刺针内芯,置入克氏针导丝,拔出穿刺针套管,沿导丝置入工作套管。透视见位置良好后,拔出导丝,置入精细钻并在透视下缓缓钻入至椎体前缘皮质后方 2~3 mm 处停止,探针探测证实椎体前壁未破后置入球囊,通过球囊杆上的 2 个标记点确定球囊正确位置,侧位透视下球囊尖端的理想位置

是位于椎体的前 3/4 处,并且由后上向前下倾斜。用造影剂缓慢扩张球囊,透视下观察椎体复位情况,当球囊扩至终板或椎体复位满意,或囊内压力接近极限时,停止扩张,取出球囊,注入调制好的牙膏状的骨水泥,透视下观察骨水泥分布情况。若骨水泥填充良好或出现渗漏,立即停止注入,并记录骨水泥填充量。待骨水泥即将凝固时旋转并拔出套管,伤口覆盖无菌敷料,观察 10 min,生命体征平稳后结束手术。单侧穿刺 7 个椎体,余为双侧。单椎体注入骨水泥量为 2.1~7.5 ml,平均 4.7 ml。手术时间 40~112 min,平均 65 min。术后平卧 12~24 h,1 d 后可下地活动,3~5 d 出院。

3 结果

本组 9 例(14.3%)术前出现并发症,其中坠积性肺炎 1 例,电解质紊乱 2 例,尿路感染 2 例,中度贫血 2 例,电解质紊乱合并中度贫血 1 例,坠积性肺炎合并神智淡漠、谵妄 1 例。术中及术后并发症 17 例(26.9%),其中骨水泥相关并发症 9 例(14.3%)、非骨水泥相关并发症 3 例(4.8%),术后一过性的痛觉过敏 5 例(7.93%)。

9 例骨水泥相关并发症中,有 7 例出现骨水泥渗漏,其中 2 例患者出现临床症状,1 例为 L₁ 椎体左侧骨水泥渗漏,患者术后出现腹胀、恶心呕吐、腹痛症状,考虑为腹膜刺激症状,予胃肠减压、对症支持治疗 2~3 d 后好转;另 1 例为 L_{2,3} 椎间孔内渗漏,患侧大腿前方麻木感,经消肿、营养神经等治疗后好转;余 5 例均系注射时透视发现开始渗漏,因渗漏量少而未出现临床症状,术后至患者出院未诉不适。另有 2 例患者在注射骨水泥约 1.5 ml 时出现骨水泥毒性反应,表现为短暂胸闷、气短、血压下降,立即暂停手术,经加快输液、吸氧、静脉注射地塞米松 10 mg,观察数分钟后生命体征好转,继续行骨水泥注射完成手术。

3 例非骨水泥相关并发症中,穿刺局部血肿 1 例,嘱其术后平卧 24 h 后血肿吸收;一过性神经损伤 1 例,术后左侧肋间神经痛 1 例,术后均给予 20%甘露醇 125 ml 静滴,每日 2 次,甲强龙 40 mg 静滴,每日 1 次,上述 2 例患者在治疗 3 d 后症状均消失。

5 例术后一过性的痛觉过敏或疼痛缓解不明显的患者,均给予口服非甾体消炎镇痛药后,术后疼痛基本消失。

4 讨论

4.1 手术治疗的必要性及术前合并症的处理 老年患者由于骨质疏松和身体机能退化,动作不协调,极易导致骨质疏松性骨折,卧床保守治疗常常诱发严重的并发症甚至死亡。随着医疗技术和设备的不断

断改进,为老年体弱患者手术治疗提供了可能,高龄已不再是手术禁忌^[2]。但患者伤前疾病越多,并发症发生率也越高,尤其当患者合并有 2 种或 2 种以上疾病时更是如此。本组多数病例伤前也合并多种内科疾病,术前并发症发生率达 14.3%,说明本组围手术期并发症与之密切相关。对于合并冠心病患者,术前应药物控制心律失常,准确评估心功能对手术的风险。高龄患者心脏骤停、猝死是最为凶险的并发症。术前心功能评估对于心功能 I-II 级的患者风险小,Ⅲ级以上的患者风险大,虽仍可以在局麻下手术治疗,但需麻醉科等相关科室配合,术中严密监护,出现异常情况及时处理。对于高血压患者,术前药物控制收缩压在 130~150 mmHg,舒张压 70~90 mmHg。局麻手术患者术中由于疼痛刺激,血压常升高明显,术中应控制血压不低于 120/70 mmHg,否则容易引起冠状动脉和肾脏供血不足。贫血患者需及时申请同型红细胞及新鲜血浆支持治疗,以使术前血红蛋白>90 g/L。糖尿病患者中血糖控制好的可按照原来治疗方案,血糖控制不理想的用胰岛素控制到 8.0~9.0 mmol/L,不必控制到完全正常,也不可低于 5 mmol/L,防止低血糖反应。

骨质疏松性椎体压缩性骨折患者常常由于长期卧床而发生坠积性肺炎、神智淡漠、谵妄、褥疮、尿路感染及深静脉血栓形成等并发症。对术前即有肺部症状者应鼓励患者做深呼吸运动,主动咳嗽咳痰,严禁吸烟,尽量采取局麻浸润麻醉完成手术。对嗜睡、烦躁、神志不清的患者,应首先查明病因,请相关科室会诊,根据病因给予相应处理,并专人护理,定时翻身,以防褥疮。而对于部分患者骨折后因不习惯床上排尿或前列腺肥大需导尿者,尿路感染发生概率较高,注意会阴部清洁及早期拔除尿管是预防的关键。对于可疑发生深静脉血栓患者,术前应及时行多普勒超声检查,明确有无血栓形成,大小及部位,以便作出相应处理。早期手术,术后尽早下地活动是预防以上各种并发症的最积极方法。

4.2 PKP 术中主要并发症及原因分析 与 PKP 相关的术中并发症主要是与骨水泥相关的并发症,如骨水泥渗漏、骨水泥的毒性反应。据统计^[3],有 66% (PVP) 或 73% (PKP) 围手术期并发症与骨水泥的渗漏有关,骨水泥渗漏是 PKP 手术最为常见的并发症,文献报道总发生率约 8%,但多数不会产生严重后果。骨水泥黏滞性及注射剂量、椎体周壁破裂、灌注压力、骨折类型及压缩程度等是骨水泥渗漏的主要危险因素。Eck 等^[4]认为 PKP 术中球囊扩张产生的空腔及对骨质的压缩,减少了骨水泥渗漏的发生,另外骨折类型也会对渗漏产生影响。有研究指出,骨

水泥的渗漏率与注射剂量呈正相关^[5]。骨水泥黏滞性是导致骨水泥渗漏的关键因素,骨质疏松严重的患者注入相对高黏度的骨水泥渗漏率较低^[6]。骨水泥渗漏的部位主要在椎体周围、邻近椎间盘、椎管内、椎间孔、椎弓根、椎旁组织或脉络丛及肺部等,其中大部分患者是无临床症状的,骨水泥渗漏引起的临床症状在 PKP 的发生率约 2.2%,其中神经受损约 0.03%^[7]。徐荣明等^[8]认为尽管骨水泥椎间盘外渗通常是无症状的,但骨水泥外渗至椎间盘能够加速椎间盘蜕变,加重退变的程度,增加邻近椎体新发生骨折的机会。Bhatia 等^[9]在进行 PVP 时预先填充明胶海绵能降低骨水泥渗漏的发生率。

另有文献报道,PKP 手术时椎体骨水泥的注入量和患者的疼痛缓解程度无正相关,但和骨水泥的渗漏正相关^[10]。Molloy 等^[11]研究表明,椎体强化后硬度的增加与骨水泥的注入量相关性较小,骨水泥达一定量后椎体强度就不再增加,额外增加骨水泥注射量易产生渗漏。本组 7 例(11.1%)发生骨水泥渗漏,其中 2 例出现临床症状,骨水泥渗漏的发生率较文献报道略高,分析原因可能为以下几点:①穿刺技术不熟练、操作失误:本组骨水泥渗漏均发生在实施该技术的前半年内。②适应证选择不严格、欠准确:椎体陈旧性骨折由于骨小梁畸形愈合,球囊扩张困难,椎体内阻力增大,骨水泥注入时用力较大增加渗漏的风险。此外,如果椎体压缩>2/3,完整性差,尤其是后壁,椎体骨质过于疏松,骨水泥渗漏的风险会明显增加,对这类患者治疗时要谨慎。一次治疗多个椎体,由于穿刺部位多、时间长,老年患者耐受性差,后期不配合,极易影响手术的质量,出现骨水泥渗漏的风险会明显增加。③球囊椎体扩张过度:球囊扩张时一定要视椎体病变和术中复位情况选择不同压力,过于追求椎体满意的复位而扩张力量过大,易使已经损伤的椎体再次受损,导致骨水泥渗漏。④推注骨水泥的速度、力度和用量不当:有专家认为骨水泥在椎体内容易沿压力低的部位充填,充填情况一般与疗效无关。骨水泥强度远大于骨小梁,即使少量充填或半侧椎体强化也可获得较好的疗效^[12]。目前文献不支持“部分充填导致应力不平衡”的观点,所以不宜追求椎体内弥漫或均匀充填。多数学者认为达到中线即可,孙治国等^[13]研究认为,治疗高龄椎体压缩性骨折,注入骨水泥的量胸椎一般 3 ml 内,腰椎一般 4.5 ml 内是相对安全的。因此,术者不应盲目追求过量的骨水泥填充。并且,PMMA 骨水泥有单体毒性,过量使用会增加心血管意外的概率,因此,对于多发性椎体病变患者,一次手术最好不超过 3 个椎体,每次手术骨水泥的填充量不宜超过 20 ml^[14]。笔

者认为治疗骨质疏松椎体压缩性骨折不能强求椎体高度的恢复,尤其对于陈旧性椎体压缩性骨折,脊柱的生理负荷已适应脊柱后凸畸形后的改变,强行撑开椎体复位不仅加重临床症状,更容易引起骨水泥的渗漏。骨水泥注射量应适可而止,注射略多于球囊扩张体积的骨水泥既能充分填充球囊扩张所产生的空腔,又能使骨水泥与骨组织牢固结合。

骨水泥毒性反应常表现为在椎体内注入骨水泥后会出现血压降低、头晕、心悸、恶心等症状。临床表现为突发的血压下降、低氧血症、心律失常,甚至呼吸心跳骤停。本组中 2 例患者均为局麻下手术,1 例术中注射骨水泥后即出现头晕、心悸、大量虚汗;1 例出现双下肢肌力下降,皮肤感觉丧失,均立即暂停手术,观察生命体征,并给予相应紧急处理,患者病情平稳后完成手术。为了降低骨水泥毒性反应的发生率,笔者常规在注入骨水泥前静脉注射地塞米松 10 mg,提高机体应激能力,注射时密切观察患者血压和心电图变化,若出现血压进行性下降,则静脉注射麻黄素。

除此之外,在术中与操作相关的并发症还有诸如椎弓根破裂、邻近节段骨折、球囊破裂及穿刺的神经根和脊髓前角损伤等^[7]。

4.3 与 PKP 相关的术后并发症及原因分析 据文献报道:与 PKP 相关的术后并发症主要是术后痛觉过敏或疼痛缓解不明显、邻近椎体再骨折、一过性神经损伤、肋骨骨折、出血以及感染^[4]。不少患者在 PKP 术后会出现一过性痛觉过敏,其原因尚不完全明了,发生率为 4%~23.4%^[15]。可能是因为疼痛的椎体在注入骨水泥后椎体内的压力增加所致或与骨水泥注入椎体内聚合时导致局部炎症反应有关^[16],或与骨水泥灌注后,在体内聚合过程中产热导致周围软组织及神经的损伤有关。本组有 5 例患者(7.9%) 在术后出现一过性的痛觉过敏或疼痛缓解不明显,予口服非甾体消炎镇痛药后,术后疼痛基本消失。

PKP 术后邻近椎体再骨折的问题已经越来越受到关注,文献报道再骨折发生率达 3%~29%^[17],目前对于继发椎体骨折是骨质疏松的自然过程还是与手术有关有不同意见^[18]。Berlemann 等^[19]通过对尸体生物力学研究发现,对某一椎体进行骨水泥强化会降低所在脊柱运动单位的轴向压缩强度,可能增加了相邻椎体骨折的风险。Liebschner 等^[20]在研究中发现,如果椎体内填充的骨水泥量少于椎体体积的 15%,则不足以维持后凸成形后的椎体硬度和强度,反而容易出现邻近椎体再骨折。而 Villarraga 等^[21]用有限元技术发现 PKP 对邻近椎体压力和张力的改变是微小的,且发现治疗椎体节段的压力和张力比

皮质骨和松质骨所能耐受的极限小,因此,认为后继的骨折可能是骨的自然衰老过程而非外科手术干预结果。王萧枫等^[22]认为一般的研究均倾向于 PKP 可能会增加邻椎骨折的发生率,但这种现象的发生,不能排除与患者接受 PKP 后由于迅速缓解了疼痛,忽略对骨质疏松症治疗,术后过早投入劳动生活有关。而采用保守治疗的患者在进行了 2~3 个月的卧床休养与功能锻炼之后,多半对自身的健康状况较关注,减少活动的空间和时间,亦会使再发骨折率降低。本组患者术后均予口服抗骨质疏松药物连贯治疗,术后再骨折发生率为 9 例(14.3%)。

本组病例中 1 例患者术后出现一过性神经损伤,经对症处理后恢复。此例患者采取局部浸润麻醉,穿刺局部出血量少,在穿刺时未出现神经受损等症状。通过术中透视及术后复查胸、腰椎 X 线片均未见骨水泥渗漏,可排除骨水泥渗漏对脊髓和神经根损伤的可能性,术后讨论认为可能与骨水泥的毒性反应有关,但具体毒性发生原因和机制尚不明确,有待进一步研究。

对于术后感染,一般通过严格的无菌技术,合理控制手术时间及术前术后预防性抗生素的使用可有效预防。PKP 术后感染的发生率很低,但是一旦发生脊柱感染,后果非常严重。Walker 等^[23]和 Yu 等^[24]分别报道了 1 例 PVP 术后感染病例,这 2 例患者术前均有尿路感染病史,通过前后路手术清创和固定术获得治愈。Ivo 等^[25]报道 1 例 L₁ PKP 术后导致脊柱结核并出现椎旁脓肿的病例,患者最终因多器官功能衰竭死亡。在患者全身情况差、呼吸或泌尿等系统存在感染及使用免疫抑制药物等情况下手术,很容易发生脊柱感染。骨质疏松性椎体压缩性骨折患者都是老年人,基础疾病多,抵抗力低,若术前存在感染必须控制后方可进行手术治疗。

综上所述,PKP 围手术期并发症并不少,年龄、术前合并疾病对术中及术后并发症的发生有一定的相关性,但出现严重后果的并发症较少,并且经积极处理多能缓解,预后良好。所以可以肯定,PVP 和 PKP 手术治疗胸腰椎压缩性骨折已得到广泛认可,并且有着可观的应用前景,扮演着重要的角色^[26]。但本组病例数有限,尚未完善随访以观察术后远期并发症,相关问题仍需进一步在临床实践中验证。

参考文献

[1] Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety[J]. Spine, 2006, 31(23): 2747-2752.
[2] Masson M, Parker MJ, Fleischer S. Internal fixation versus arthroplasty for intracapsular proximal femoral fractures in adults[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2003, 2: 1708.

- [3] Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies[J]. *Spine*, 2006, 31(17): 1983–2001.
- [4] 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.
- [5] Baroud G, Crookshank M, Bohner M, et al. High-viscosity cement significantly enhances uniformity of cement filling in vertebroplasty: an experimental model and study on cement leakage[J]. *Spine*, 2006, 31(22): 2562–2568.
- [6] Loeffel M, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Vertebroplasty: experimental characterization of polymethylmethacrylate bone cement spreading as a function of viscosity, bone porosity, and flow rate[J]. *Spine*, 2008, 33(12): 1352–1359.
- [7] Lee MJ, Dumonski M, Cahill P, et al. Percutaneous treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of computations[J]. *Spine*, 2009, 34(11): 1228–1232.
- [8] 徐荣明, 廖旭昱. 合理使用椎体成形术与椎体后凸成形术[J]. *中国骨伤*, 2010, 23(10): 723–725.
Xu RM, Liao XY. Reasonable application of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2010, 23(10): 723–725. Chinese with abstract in English.
- [9] Bhatia C, Barzilay Y, Krishna M, et al. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty: effect of preinjection gelfoam embolization[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2006, 31(8): 915–919.
- [10] Phillips FM, Todd WF. An in vivo comparison of the potential for extra vertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2002, 27(19): 2173–2178.
- [11] 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.
- [12] Knavel EM, Rad AE, Thielen KIL, et al. Clinical outcomes with hemivertebral filling during percutaneous vertebroplasty[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(3): 496–499.
- [13] 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性骨折的相关问题探讨[J]. *中国骨伤*, 2010, 23(10): 734–738.
Sun ZG, Miao XG, Yuan H, et al. Assessment of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty for treatment of senile osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2010, 23(10): 734–738. Chinese with abstract in English.
- [14] Lieberman IH, Togawa D, Kayanja MM. Vertebroplasty and kyphoplasty: filler materials[J]. *Spine J*, 2005, 5: 305–316.
- [15] 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.
- [16] Watts NB, Harris ST, Genant HK. Treatment of painful osteoporotic vertebral fractures with percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty[J]. *Osteoporos Int*, 2001, 12(6): 429–437.
- [17] 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(5): 819–826.
- [18] Aebli N, Krebs J, Schwenk D, et al. Cardiovascular changes during multiple vertebroplasty with and without venthole: an experimental study in sheep[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2003, 28(14): 1504–1511.
- [19] Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty: a biomechanical investigation[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2002, 84(5): 748–752.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 王萧枫, 杨益宇, 于志华, 等. 后凸成形术和保守疗法对椎体骨质疏松性压缩性骨折疗效的对比研究[J]. *中国骨伤*, 2010, 23(10): 730–733.
Wang XF, Yang YY, Yu ZH, et al. Percutaneous kyphoplasty and conservative therapy for osteoporotic vertebral compression fractures: a clinical comparative study[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2010, 23(10): 730–733. Chinese with abstract in English.
- [23] Walker DH, Mummaneni P, Rodts GE. Infected vertebroplasty. Report of two cases and review of the literature[J]. *Neurosurg Focus*, 2004, 17(6): E6.
- [24] Yu SW, Chen WJ, Lin WC, et al. Serious pyogenic spondylitis following vertebroplasty—a case report[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2004, 29(10): E209–211.
- [25] Ivo R, Sobottke R, Seifert H, et al. Tuberculous spondylitis and paravertebral abscess formation after kyphoplasty[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(12): 559–563.
- [26] Fuentes S, Blondel B. Vertebroplasty and balloon kyphoplasty[J]. *Neurochirurgie*, 2010, 56(1): 8–13.

(收稿日期: 2012-09-24 本文编辑: 王宏)