

胸腰椎骨折的分类与治疗选择

谭明生

(中日友好医院骨科, 北京 100029)

关键词 胸腰椎骨折; 分类法; 临床方案

Classification and treatment of thoracolumbar fractures TAN Ming-sheng. Orthopaedics Department of Sino-Japanese Friendship Hospital, Beijing 100029, China

Key words Thoracolumbar fractures; Classification; Clinical protocols

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(1): 1-4 www.zggszz.com



胸腰椎骨折是临床工作中常见的损伤,其损伤病理机制复杂,不同类型的损伤要求不同的治疗原则与方法。同时,临床众多的治疗方法也各有其较强的适应证。随着医学基础、相关学科及工业技术的发展,脊柱外科领域的许多基本概念、诊断标准、治疗理念和治疗方法不断完善。特别是近 20 年来,脊柱外科诊断治疗水平的进步十

分令人鼓舞,如三维 CT、MRI 把人体视如透明体, C 形臂透视机、导航仪、内窥镜、各种脊柱手术工具和内置物的临床应用,使得胸腰椎骨折的外科治疗取得了令人满意的临床效果。然而,在如何准确判断胸腰椎骨折的类型及选择合理的治疗方法等问题上,还存在一些争论。针对这些问题,本文通过复习文献结合临床经验提出粗浅见解供同道参考。

1 胸腰椎骨折的分类

到目前为止,还没有一种胸腰椎骨折分类方法被世界性应用。1930 年, Böhler^[1]首先提出把胸腰椎骨折分为 5 型。随之, Nicholl^[2]、 Holdsworth^[3]、 Louis^[4]、 Denis^[5]、 Magerl 等^[6]、 McCormack 等^[7]以及 Gertzbein^[8]都相继提出了不同的分类系统。国内张光铂等^[9]、饶书诚^[10]、金大地等^[11]也作了类似的工作。其中, Denis 和 Magerl 分型(AO 分型)为大家所熟知,并被广泛使用。Denis 三柱概念的提出,将人们对脊柱的结构及其功能单位的认识进一步深化。其将胸腰椎骨折分为 4 大类: A 类, 压缩性骨折; B 类, 爆裂性骨折; C 类, 安全带骨折; D 类, 骨折脱位。其下还分 16 个亚型。Magerl 等继承 AO 学派长骨骨折的 3-3-3 制分类, 将胸腰椎骨折分为 3 类 9 组 27 型, 多达 55 种。主要包括: A 类, 椎体压缩类。A1, 挤压性骨折; A2, 劈裂骨折; A3, 爆裂骨折。B 类, 牵张性双柱骨折。B1, 韧带为主的后柱损伤; B2, 骨性为主的后柱损伤; B3, 由前经椎间盘的损伤。C 类, 旋转性双柱损伤。C1, A 类骨折伴旋转; C2, B 类骨折伴旋转; C3, 旋转-剪切损伤。这 2 种分类方法比较复杂, 都只有中等程度的可靠性和可重复性^[12]。

美国的脊柱创伤研究会(Spine Trauma Study Group, STSG), 最近提出了一种新的胸腰椎损伤的分型方法——胸腰椎损伤评分系统(Thoracolumbar Injury Severity Score, TLISS)^[13]。TLISS 评分系统主要依据 3 个方面: ①基于影像学资料了解骨折的受伤机制; ②椎体后方韧带复合结构的完整; ③患者的神经功能状态。各项分别评分, 相加后得到 TLISS 总评分, 用以制定治疗策略。之后, STSG 改进了 TLISS, 把带有主观色彩的受伤机制改为更为客观的骨折形态描述, 并称之为胸腰椎损伤分型及评分系统(Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score, TLICS)^[14]。具体标准是: ①骨折的形态表现。压缩性骨折 1 分, 爆裂性骨折 2 分, 旋转型骨折 3 分, 牵张性骨折 4 分。若有重复, 取最高分。②椎体后方韧带复合结构的完整性。完整者 0 分, 完全断裂者 3 分, 不完全断裂者 2 分。③患者的神经功能状态。无神经损害者 0 分, 完全性脊髓损伤者 2 分, 不完全损伤者或马尾综合征者 3 分。各项分值相加即为 TLICS 总评分, 该系统建议大于或等于 5 分者应考虑手术治疗, 小于或等于 3 分者考虑非手术治疗, 4 分者可选择手术或非手术治疗。

2 胸腰椎骨折的治疗选择

2.1 手术与非手术治疗的选择 有不少报道非手术治疗的出色疗效^[15], 这些数据说明大部分的患者可以通过非手术治疗得到有效康复^[16]。但非手术治疗和手术治疗孰优孰劣, 需要高质量的随机对照研究^[17]。

脊柱骨折后首先要明确 2 个问题: ①是否合并有椎管受压并伴有脊髓或神经损伤。若合并有脊髓损伤应判断脊髓损伤的程度, 是完全性损害还是非完全性。②是否存在不稳定。脊柱骨折的不稳定性的概念尚有歧义。目前较为通用的胸腰椎骨折不稳定性标准为任何双柱损伤的骨折均为不稳定性骨折。Vaccaro 等^[14]认为稳定性可分为 3 种: 即刻稳定性(由骨折形态判断), 长期稳定性(由椎体后方韧带复合结构的完整性判断), 神经稳定性(由神经功能状态判断)。

因此, 根据脊柱骨折分类判断脊柱稳定性及根据影像学明确脊髓有无受压及压迫部位、程度及范围是制定治疗方案的主要依据。一般讲, 椎管无压迫或轻度压迫, 而无神经损伤

的稳定性骨折或相对稳定性骨折,为非手术治疗的适应证。近年来大多数学者对脊柱不稳定骨折或伴有神经损伤者,主张及时手术治疗。也可以根据 TLICS 评分系统^[14]决定手术还是非手术治疗(如前述)。

2.2 手术入路及手术方法的选择 手术治疗的任务主要包括:①恢复椎体的高度、序列与曲度(复位、矫形)。②解除神经压迫(减压)。③重建脊柱稳定性(固定、融合)。为了达到上述 3 个目标,前路手术还是后路手术好?短节段还是长节段好?如何选择最佳的手术入路及手术方法是有关胸腰椎骨折治疗争论的焦点之一。

后路手术是治疗胸腰椎骨折的传统术式。后路短节段椎弓根螺钉已经广泛应用,但内固定失效及后凸畸形纠正丢失的问题一直没有很好解决。前路手术因为减压彻底,能有效矫正后凸畸形等优点^[18],越来越得到重视。前路与后路、短节段与长节段各有利弊,应综合考虑骨折部位、类型,神经系统损伤情况以及术者的技术和经验。许多学者正在探讨一种简单、实用、操作性强的选择手术术式的方法^[14,19,20]。

脊柱载荷评分系统(Load-Sharing Scoring System)较受关注。Parker 等^[19]依椎体粉碎程度、骨块进入椎管的范围以及后凸畸形程度等 3 方面进行打分评定,每项各 3 分,最低 3 分,最高 9 分。3~6 分可单独行后路手术,≥7 分行单独前路手术。Dai 等^[21]报道认为此评分系统的可靠程度较高。最近又有报道认为此评分系统有助于评估胸腰椎骨折的急性不稳定性,有助于胸腰椎骨折的治疗选择^[22]。但是此评分系统只是用于已经决定手术治疗的不稳定骨折,最初只是用于爆裂性骨折后路短节段固定失败的预测。两篇文章^[7,19]都报道此评分系统和临床疗效的预测有出色的一致性,但最近的 Scholl 等^[23]却没有找到任何此评分系统与后路短节段固定疗效的关系。

Vaccaro 等^[14]认为,影响胸腰椎骨折手术入路选择最重要的 2 个因素是 TLICS 三大因素中的椎体后方韧带复合结构的完整性及神经系统功能状态。其基本原则是:对有不完整神经功能损伤且影像学检查证实压迫来自椎管前方者,通常需要前路减压;对椎体后方韧带复合结构破坏者,通常需要后路手术;对两种损伤均存在者通常需要前后路联合。

虽然最新研究^[24,26]对该系统表示肯定。但需要强调的是:TLICS 分类法仍然处于验证阶段,在被世界性接纳之前,需要严格的前瞻性多中心研究加以佐证^[27,28]。

2.3 椎体增强术的选择 经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PV 或 PVP)和经皮球囊扩张椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)是目前常用的 2 种椎体增强术。越来越多的患者得益于该技术的广泛开展。

目前,主要用于各种原因引起的有症状的椎体压缩性骨折(vertebral compression fractures, VCFs),如骨质疏松、椎体骨髓瘤或淋巴瘤疼痛明显者;椎体转移瘤疼痛明显而化疗或放疗不能缓解者;椎体侵袭性血管瘤疼痛症状明显者。PVP 和 PKP 均能强化和固定椎体,恢复压缩椎体的强度和刚度,迅速缓解疼痛,为治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折提供了一个十分有效的新方法^[29,31]。特别是 PKP,不仅缓解疼痛,而且恢复椎体高度、纠正后凸畸形,骨水泥渗漏等并发症明显降低。但是需要指出的是,脊柱的各种疾患都能导致局部疼痛,

关键是术前必须确诊疼痛系由 VCFs 引起。

其绝对禁忌证包括急性感染如败血症、骨髓炎、关节盘炎和硬膜外脓肿;合并神经系统损伤的椎体爆裂性骨折;心、脑、肾功能严重障碍不能承受手术的高龄患者;椎体压缩性骨折合并小关节脱位或椎间盘脱出;高脂血症合并有栓塞;局部炎症、对造影剂或灌注剂过敏以及不具备急诊椎管减压条件者。相对禁忌证有椎体骨折线超过椎体后缘或椎体后缘骨质破坏不完整;椎体压缩>75%;有出、凝血功能障碍;体质虚弱,不能耐受手术;成骨性骨转移瘤;不能按要求俯卧 30~90 min;椎体骨碎片或肿瘤向后进入椎管。

近年来,学者们开始将这一技术应用于创伤性胸腰椎骨折的治疗中,取得了可喜的成果。创伤性胸腰椎骨折常采用后路椎弓根螺钉系统内固定,但术后内固定器械疲劳断裂,去除内固定后椎体塌陷、矫正度丢失、后凸畸形重现等,日益引起广大临床工作者的关注。这主要是后路经椎弓根螺钉系统复位内固定后,虽然在影像学上伤椎椎体高度恢复,但椎体内被挤压破坏的骨小梁系统未能同时得到复位,椎体内产生空隙,即“蛋壳样(eggshell)椎体”。Oner 等^[32]通过尸体、动物活体实验研究,并临床证明,结合后路椎弓根螺钉系统复位内固定,经椎弓根向伤椎椎体内注入磷酸钙骨水泥(calcium phosphate cement, CPC)的 vertebroplasty,可有效增强伤椎椎体前柱的稳定性。Burval 等^[33]证实通过使用 kyphoplasty 技术,可以加强椎弓根螺钉的抗拔出力。

目前,作为椎体成形术充填材料的骨水泥主要有两大类:不可降解的骨水泥和可降解的骨水泥。不可降解的骨水泥主要是聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)骨水泥,可生物降解的骨水泥主要是磷酸钙骨水泥(calcium phosphate cement, CPC)。比较一致的观点是:CPC 具有和 PMMA 骨水泥相同的机械性能,从力学角度出发,在 kyphoplasty 中,CPC 可作为 PMMA 骨水泥的替代物^[32,34]。

充填材料的灌注量仍然有争议。Barr 等^[35]建议胸椎使用 2~3 ml,腰椎使用 3~5 ml。还有建议在腰椎使用 4~9 ml^[36],或所有节段都用 2~10 ml^[37]。Belkoff 等^[38,39]则建议分别用 2、8 ml 来加强椎体的抗压缩力和刚度。Molloy 等^[40]报道平均填充 16.2% 和 29.8% 就能使椎体的抗压缩力和刚度达到正常水平。最近 Graham 等^[41]使用骨密度(bone mineral density, BMD)来评估椎体成形术后的力学强度和刚度,并确定填充量与 BMD 的关系。他们发现,填充 24%(平均 7 ml)能显著增强椎体的刚度但不能恢复到伤前水平,而抗压缩力可以超过正常值。

在关于是否需要对手椎相邻节段实施预防性治疗的问题上,看法还不统一。有人认为对可能有骨折危险的患椎相邻节段实施预防性治疗,以获得足够的力学强度,防止术后再骨折^[42],但也存在相反的观点^[43]。

参考文献

1 Böhler L. Die technik deknochenbruchbehandlung imgrieden und imkreigen[in German]. Verlag von Wilhelm Maudrich, 1930.
2 Nicholl I. Fractures of the dorsolumbar spine. J Bone Joint Surg Br, 1949,31:376-394.
3 Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the

- spine. *J Bone Joint Surg Am*, 1970, 52(8): 1534-1551.
- 4 Louis R. Instability theories [in French]. *Rev Chir Orthop*, 1977, 63: 423-425.
 - 5 Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine*, 1983, 8(8): 817-831.
 - 6 Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, et al. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*, 1994, 3: 184-201.
 - 7 McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine*, 1994, 19(15): 1741-1744.
 - 8 Gertzbein SD. Classification of thoracic and lumbar fractures. *Spine*, 1994, 19(5): 626-628.
 - 9 张光铂, 李子荣, 张雪哲. 胸腰椎损伤的综合分类与治疗. *中华外科杂志*, 1989, 27: 71-74.
 - 10 饶书诚. 胸腰椎损伤的主要类型. 见: 饶书诚. 脊柱外科手术学. 北京: 人民卫生出版社, 1993. 202-206.
 - 11 金大地, 杨守铭, 于娜沙, 等. 胸腰椎骨折分类及病理形态特点. *中华外科杂志*, 2000, 38(9): 811-814.
 - 12 Wood KB, Khanna G, Vaccaro AR, et al. Assessment of two thoracolumbar fracture classification systems as used by multiple surgeons. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(7): 1423-1429.
 - 13 Vaccaro AR, Zeiller SC, Hulbert RJ, et al. The thoracolumbar injury severity score; a proposed treatment algorithm. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(3): 209-215.
 - 14 Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine*, 2005, 30(20): 2325-2333.
 - 15 Wood K, Buttermann G, Mehdor A, et al. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am*, 2003, 85(5): 773-781.
 - 16 Agus H, Kayali C, Arslanas M. Nonoperative treatment of burst-type thoracolumbar vertebra fractures; clinical and radiological results of 29 patients. *Eur Spine J*, 2005, 14(6): 536-540.
 - 17 van der Roer N, de Lange ES, Bakker FC, et al. Management of traumatic thoracolumbar fractures; a systematic review of the literature. *Eur Spine J*, 2005, 14(6): 527-534.
 - 18 Sasso RC, Renkens K, Hanson D, et al. Unstable thoracolumbar burst fractures; anterior-only versus short-segment posterior fixation. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19: 242-248.
 - 19 Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, et al. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fracture; a consecutive 41.2-year series. *Spine*, 2000, 25(9): 1157-1170.
 - 20 翟晓军, 陈其昕, 陈维善, 等. 分型、脊柱载荷及不稳定程度评分的应用研究. *中国骨伤*, 2005, 18(5): 263-265.
 - 21 Dai LY, Jin WJ. Interobserver and intraobserver reliability in the load sharing classification of the assessment of thoracolumbar burst fractures. *Spine*, 2005, 30(3): 354-358.
 - 22 Wang XY, Dai LY, Xu HZ, et al. The load-sharing classification of thoracolumbar fractures; an in vitro biomechanical validation. *Spine*, 2007, 32(11): 1214-1219.
 - 23 Scholl BM, Theiss SM, Kirkpatrick JS. Short segment fixation of thoracolumbar burst fractures. *Orthopedics*, 2006, 29(8): 703-708.
 - 24 Vaccaro AR, Baron EM, Sanfilippo J, et al. Reliability of a novel classification system for thoracolumbar injuries; the thoracolumbar injury severity score. *Spine*, 2006, 31(11 Suppl): S62-S69.
 - 25 Whang PG, Vaccaro AR, Poelstra, KA, et al. The influence of fracture mechanism and morphology on the reliability and validity of two novel thoracolumbar injury classification systems. *Spine*, 2007, 32(7): 791-795.
 - 26 Patel AA, Vaccaro AR, Albert, TJ, et al. The adoption of a new classification system; time-dependent variation in interobserver reliability of the thoracolumbar injury severity score classification system. *Spine*, 2007, 32(3): E105-E110.
 - 27 Fassett DR, Politi R, Patel AA, et al. Classification systems for acute thoracolumbar trauma. *Current Opinion in Orthopaedics*, 2007, 18(3): 253-258.
 - 28 Bono CM, Vaccaro AR, Hurlbert RJ, et al. Validating a newly proposed classification system for thoracolumbar spine trauma; looking to the future of the thoracolumbar injury classification and severity score. *J Orthop Trauma*, 2006, 20: 567-572.
 - 29 DeNegri, Pasquale, Tirri, Tiziana, Paternoster, Gianluca, et al. Treatment of painful osteoporotic or traumatic vertebral compression fractures by percutaneous vertebral augmentation procedures; a nonrandomized comparison between vertebroplasty and kyphoplasty. *The Clinical Journal*, 2007, 23(5): 425-430.
 - 30 Garfin SR, Buckley RA, Ledlie J, et al. Balloon kyphoplasty for symptomatic vertebral body compression fractures results in rapid, significant, and sustained improvements in back pain, function, and quality of life for elderly patients. *Spine*, 2006, 31(19): 2213-2220.
 - 31 Alvarez L, Alcaraz M, Pérez-Higueras A, et al. Percutaneous vertebroplasty; functional improvement in patients with osteoporotic compression fractures. *Spine*, 2006, 31(10): 1113-1118.
 - 32 Oner FC, Verlaan JJ, Verbout AJ, et al. Cement augmentation techniques in traumatic thoracolumbar spine fractures. *Spine*, 2006, 31(11 Suppl): s89-s95.
 - 33 Burval DJ, McLain RF, Milks R, et al. Primary pedicle screw augmentation in osteoporotic lumbar vertebrae; biomechanical analysis of pedicle fixation strength. *Spine*, 2007, 32: 1077-1083.
 - 34 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*, 2007, 32: 1400-1405.
 - 35 Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine*, 2000, 25: 923-928.
 - 36 Murphy KJ, Lin DD. Vertebroplasty; a simple solution to a difficult problem. *J Clin Densitom*, 2001, 4(3): 189-197.
 - 37 Lane JM, Johnson CE, Khan SN, et al. Minimally invasive options for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Orthop Clin North Am*, 2002, 33(2): 431-438.
 - 38 Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, et al. An ex vivo biomechanical evaluation of a hydroxyapatite cement for use with vertebroplasty. *Spine*, 2001, 26(14): 1542-1546.
 - 39 Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, et al. The biomechanics of vertebroplasty; The effect of cement volume on mechanical behavior. *Spine*, 2001, 26: 1537-1541.
 - 40 Molloy S, Mathis JM, Belkoff SM. The effect of vertebral body per-

· 临床研究 ·

经皮椎体成形术 190 例疗效评价

赵刚, 史相钦, 郑怀亮, 崔宏勋, 周英杰
(洛阳正骨医院 河南省脊柱外科治疗中心, 河南 洛阳 471002)

【摘要】 目的:通过大宗病例的统计分析,探讨 X 线透视下经皮椎体成形术治疗椎体骨质疏松性压缩骨折、椎体血管瘤、椎体转移癌的临床疗效。**方法:**2002 年 8 月至 2005 年 8 月,采用 C 形臂 X 线机透视下俯卧位经皮椎弓根椎体穿刺 190 例(275 个椎体,男 80 例,女 110 例;年龄 53~91 岁,平均 66 岁),注射 PMMA。术前、术后 3 个月通过视觉模拟疼痛评分(VAS)、活动能力评分和止痛药使用评分的评定,比较改善情况。**结果:**190 例 275 个椎体均手术成功,VAS 术前平均(7.8±1.4)分,术后 3 个月平均(2.1±0.1)分,分数下降。活动能力评分:术后 3 个月平均(1.21±0.36)分,较术前平均(2.71±0.71)分明显改善。使用止痛药评分:术后 3 个月平均(0.89±0.43)分,较术前平均(2.12±0.56)分明显改善($P<0.05$)。**结论:**经皮椎体成形术为微创性手术,早期止痛效果好,术后下地时间早,避免了患者长期卧床引起的各种并发症,且手术操作简单、治疗费用低,是治疗椎体骨质疏松性压缩骨折、椎体血管瘤、椎体转移癌的有效方法。

【关键词】 骨质疏松; 骨折; 血管瘤; 转移癌; 椎体

Evaluation of percutaneous vertebroplasty of 190 cases ZHAO Gang, SHI Xiang-qin, ZHENG Huai-liang, CUI Hong-xun, ZHOU Ying-jie. Luoyang Traditional Chinese Orthopaedic and Traumatology Hospital of Henan, Luoyang 471002, Henan, China

ABSTRACT Objective:To evaluate the therapeutic effect of percutaneous vertebroplasty (PVP) guided by X-ray fluoroscopy in treating osteoporotic spinal compression fractures, hemangioma of vertebra and metastatic carcinoma of vertebra. **Methods:**One hundred and ninety patients with 275 diseased vertebra underwent PVP under the guidance of C-arm fluoroscopy (male 80, female 110, ranging in age from 53 to 91 years, with an average of 66 years). Bone marrow biopsy needle was inserted percutaneously via transpedicular way into the diseased vertebra. Polymethylmethacrylate (PMMA) was then injected into the diseased vertebra. Visual analogue scale (VAS), mobility and analgesic usage were evaluated pre-operation and 3 months after PVP. **Results:**PVP was successful in 190 cases(275 vertebrae).VAS was tested by *t* test at 3 months after PVP($P<0.05$). Simultaneously, scale of patient's mobility and scale of analgesic usage was tested by rank sum test at 3 months after PVP($P<0.05$). **Conclusion:**As the minimally invasive operation, PVP can alleviate pain in early time, avoid kinds of complications by shortening the patient's time in bed and have the characteristic of simply operative procedure and low expenses. It is an effective mini-invasive technique for osteoporotic spinal compression fractures, hemangioma of vertebra and metastatic carcinoma of vertebra.

Key words Osteoporosis; Fractures; Hemangioma; Metastatic carcinoma; Vertebral body

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(1):4-6 www.zggszz.com

骨质疏松、椎体转移癌、血管瘤等均可引起椎体塌陷,脊柱稳定性下降,疼痛和神经功能丧失。临床治疗一般分为保守

和手术两大类。保守治疗周期长、远期遗留畸形,疼痛可能缓解不佳,长期卧床又易出现坠积性肺炎、下肢深静脉血栓等并发症。开放手术容易出现内固定在椎体内的切割现象,导致螺钉松动、拔出。另外,老年及恶性肿瘤患者对全身麻醉和手术

通讯作者:赵刚 Tel:0379-63546027 E-mail:Lygzg@yahoo.com.cn

centage fill on mechanical behavior during percutaneous vertebroplasty. Spine, 2003, 28(14): 1549-1554.

41 Graham J, Ahn C, Hai N, et al. Effect of one density on vertebral strength and stiffness after percutaneous vertebroplasty. Spine, 2007, 32(18): E505-E511.

42 Kayanja MM, Schlenk R, Togawa D, et al. The biomechanics of 1, 2, and 3 levels of vertebral augmentation with polymethylmethacrylate in multilevel spinal segments. Spine, 2006, 31(7): 769-774.

43 Becker S, Garosio M, Meissner J, et al. Is there an indication for prophylactic balloon kyphoplasty? A pilot study. Clin Orthop Relat Res, 2007, 458: 83-89.

(收稿日期:2007-12-03 本文编辑:李为农)