

“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架的生物学特性

常敏, 江波, 刘维统

Biological properties of “Lantern skeleton-shaped” memory alloy vertebroplasty frame

Chang Min, Jiang Bo, Liu Wei-tong

Department of Orthopedics, Kunming Chinese Medicine Hospital, Kunming 650011, Yunnan Province, China

Chang Min, Chief physician, Department of Orthopedics, Kunming Chinese Medicine Hospital, Kunming 650011, Yunnan Province, China
kmchm@sina.com

Received: 2010-04-01
Accepted: 2010-06-17

Abstract

OBJECTIVE: To introduce development concept and biological characteristics of the “lantern skeleton-shaped” memory alloy vertebroplasty frame to treat thoracolumbar vertebral compression fractures.

METHODS: A computer-based online search of Wanfang, VIP and CMB databases was performed for articles published between January 1999 and December 2009 related to osteoporotic thoracolumbar vertebral compression fracture in the elderly with key words “thoracolumbar vertebral compression fracture, biomaterial, kyphoplasty”. Insufficiency in the material and conditions in the osteoporotic thoracolumbar vertebral compression fracture in the elderly was analyzed, and an ideal novel material should be designed.

RESULTS: A total of 60 relevant literatures were collected, and 31 were included. Results show that ideal material should be non-toxic and can be minimally invasive implanted, with security, uniform expansion, sufficient expansion force and compression support force. According to the above conditions, “Lantern skeleton-shaped” memory alloy vertebroplasty frame was developed based on Chinese thoracolumbar sagittal diameter. Moreover, it is improved according to observation experimental effects. The small, medium and large (length 22 mm, 26 mm and 30 mm) “Duckbill-shaped” memory alloy vertebroplasty frame can be able to meet treatment requirements of the Chinese thoracolumbar compression fracture.

CONCLUSION: “Lantern Skeleton-shaped” memory alloy vertebroplasty frame has advantages such as minimal invasion implantation through pedicle, security, uniform expansion, with sufficient expansion force and compression support force. It can meet requirement of spinal biological properties because of early elastic fixation and later biological fixation through artificial bone and vertebral fusion. Moreover, it can avoid some percutaneous kyphoplasties complications such as bone cement leakage and has better clinical application development prospects.

Chang M, Jiang B, Liu WT. Biological properties of “Lantern skeleton-shaped” memory alloy vertebroplasty frame. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(35):6596-6600. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

目的: 介绍自行研制用于治疗胸腰椎压缩骨折的“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架的研制理念及其生物学特性。

方法: 由第一作者在万方数据库、中文科技期刊数据库、中国生物医学数据库中检索 1999-01/2009-12 有关生物材料应用于老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折的研究文章, 关键词为“胸腰椎压缩骨折, 生物材料, 椎体后凸成形术”。分析总结出目前治疗老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折材料存在的一些不足以及理想材料应具备的条件, 从而作者提出设计一种用于治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折较理想的新型材料的构想。

结果: 经检索共查到相关文献 60 余篇, 排除筛选后纳入 31 篇文献进行评价。结果提示, 治疗胸腰椎压缩骨折理想的材料应具备无毒、能微创置入、置入过程安全简捷、扩张均匀以及具有足够的复张力及抗压支撑力的条件; 参照以上条件, 作者根据国人胸腰椎矢状径大小, 自行研制出“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架, 并根据实验的应用效果加以改良, 其小、中、大号(长度分别为 22, 26, 30 mm)记忆合金椎体成形架已基本满足国人下胸椎与腰椎压缩骨折治疗要求。

结论: “灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架具备能够经椎弓根双向微创置入、安全、扩张均匀、具有足够的复张力及抗压支撑力的优点, 早期支架的弹性固定支撑以及后期植入支架内的人工骨粉与自身椎体相融合形成的生物学固定支撑更能满足椎体生物学性能要求, 同时可以避免椎体后凸成形术骨水泥渗漏等并发症, 具有较好的临床应用开发前景。

关键词: “灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架; 生物学特性; 胸腰椎压缩骨折; 骨质疏松; 椎体后凸成形术

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.35.034

昆明市中医医院骨科, 云南省昆明市 650011

常敏, 1963 年生, 云南省昆明市人, 汉族, 1984 年昆明医学院毕业, 主任医师, 主要从事关节及脊柱修复与重建研究。
kmchm@sina.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2010)35-06596-05

收稿日期: 2010-04-01
修回日期: 2010-06-17
(20100221005/G·A)

常敏, 江波, 刘维统. “灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架的生物学特性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(35):6596-6600. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

骨质疏松性骨折也称为脆性骨折, 美国每年有 150 万例骨质疏松性骨折, 其中椎体骨折 70 万^[1], 为髌部骨折的两三倍, 是脆性骨折中最常见者。对此类骨折的治疗, 传统的治疗方法以卧床休息为主, 配合药物、物理治疗等。然而, 长期卧床后可引起压疮、坠积性肺炎、泌尿道感染、骨质进一步疏松形成恶性循环、

肌肉失用性萎缩、机体抵抗力迅速减弱、心肺功能降低, 甚至死亡^[2]。Kado 等^[3]报道椎体压缩性骨折 5 年内病死率为 23%~34%。针对骨质疏松性胸腰椎压缩骨折后如何减少卧床时间、避免卧床并发症、减轻病痛、提高生活质量是临床上急待解决的难题, 而探索寻找一种治疗老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折的理想固定支撑材料成为研究的热点, 本文将介绍作者自行研制用于治疗胸腰椎压缩骨折的“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架的研制理念及其生

生物学特性。

1 资料和方法

1.1 纳入标准 ①与老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折修复相关的材料学研究。②生物材料在老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折治疗中的临床应用情况。

1.2 排除标准 重复研究、普通综述或 Meta 分析类文章。

1.3 资料提取策略 由第一作者采用电子检索的方式, 在万方数据库、中文科技期刊数据库、中国生物医学数据库中检索有关生物材料应用于老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折的研究文章, 检索时间范围: 1999-01/业率 2009-12, 关键词为“胸腰椎压缩骨折, 生物材料, 椎体后凸成形术”。

1.4 检索结果及评价 经检索共查到相关文献 60 余篇, 经阅读标题、摘要、全文后, 排除内容重复、普通综述、Meta 分析类文章后筛选纳入 31 篇文献进行评价, 文献的类型主要包括临床、动物实验和体内、体外、细胞学实验 27 篇, 综述、述评、讲座类文献 4 篇。

检索结果显示, 针对骨质疏松性胸腰椎压缩骨折后如何减少卧床时间、避免卧床并发症、减轻病痛和提高生活质量这一难题, 1994 年美国有学者设计了通过球囊扩张来纠正后凸畸形的技术, 称为球囊扩张椎体后凸成型术(percutaneous kyphoplasty, PKP), 于 1998 年获得 FDA 批准应用于临床, 并且 PKP 术取得了能显著恢复椎体高度、迅速止痛、可早期下床活动等疗效^[4-12]。但是, 随着病例数的增多, PKP 术也存在一些并发症, 比如 8.4%~31% 的灾难性骨水泥渗漏可能造成脊髓神经损伤以及骨水泥肺栓塞^[13-18]; PKP 骨水泥强化后改变脊柱生物力学性能导致的术后邻近椎体新发骨折^[19-23]; 球囊扩张是通过压力注射系统加压完成, 球囊在椎体中是向着阻力较小的方向扩张, 因而扩张的方向和程度不易控制, 产生的空腔形状也难以预测^[24]; 球囊易破、价格昂贵等。此外, 以色列研制 DISC-O-TECH 公司生产的 SKy 骨扩张器是近年来发展起来的一种新型骨扩张器, 其作用目的与球囊类似, 不同的是利用聚合物皱折叠加代替球囊膨胀, 其具有定向性较好从而克服了球囊膨胀过程中扩张方向不能控制的不足以及价格较低的优点^[25], 但是, 骨水泥渗漏也是 SKy 骨扩张器的一大并发症, 甚至有报道它比球囊扩张具有更高的渗漏风险^[26-28]。

2 结果

2.1 “灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架设计理念的提出 针对 PKP 及 SKy 骨扩张器技术中所存在的上述一系列问题, 作者在应用 PKP 技术的基础上, 结合骨质疏松性胸腰椎骨折的病理特点, 根据国人胸腰椎矢状径的大

小, 制作出不同规格的记忆合金椎体成形架, 选用合适的“灯笼骨架形”记忆合金支架微创置入被压缩的椎体中, 通过记忆合金的“恢复记忆”的功能, 收缩弹高, 直接膨胀恢复压缩椎体的高度, 并发挥弹性固定的作用, 以期达到复位骨折、矫正后凸畸形、缓解疼痛、允许病人早期下地活动、有效地改善生活质量、减少病死率的目的。作者设计研制的“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架于 2006-11 获国家专利证书, 其设计思路正是在 PKP 技术的基础上加以改良及发展。用该成形架治疗胸腰椎压缩骨折, 整个过程均为无发热过程, 避免了 PKP 术因骨水泥渗漏导致的脊髓神经椎旁血管椎间盘损伤或骨水泥性肺栓塞, 成形架早期弹性固定后期植入人工骨粉的生物学稳定可以避免骨水泥强化引起的邻近椎体新发骨折, 成形架的均匀扩张能更好地恢复椎体高度。

2.2 “灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架原创思想的建立过程 作者早期的记忆合金成形架的设计构想为一“U”型的记忆合金弓, 见图 1, 2。它由上下两片薄扁的记忆合金组成, 上下两片“嘴唇”在低温时可以压扁合拢, 随着温度的升高而张开, 形似“鸭嘴”, 故而早期成形架命名为“鸭嘴形”记忆合金。



图 1 “鸭嘴形”成形架在低温时压扁合拢



图 2 “鸭嘴形”成形架在升温后撑开

但是, 作者通过尸体椎骨应用研究发现, 早期研制的记忆合金椎体成形架存在经椎弓根置入椎体后在撑开的过程中很难控制旋转、容易翻转而形成左右撑开而非上下撑开、仅有两个面支撑而支撑力不足等问题。对此作者作出了相应改进: 以“打蛋器”为基形, 用多根弧条编织成一记忆合金弓网, 低温下像收伞一样可以将弧条弓网合拢, 加温后弧条像撑伞一样撑开, 见图 3, 4, 通过伞样撑开来复位及支撑椎体。

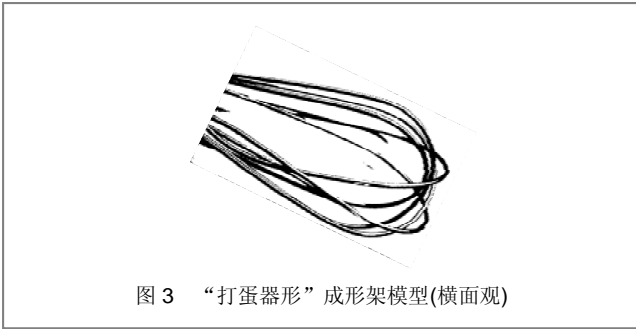


图3 “打蛋器形”成形架模型(横面观)

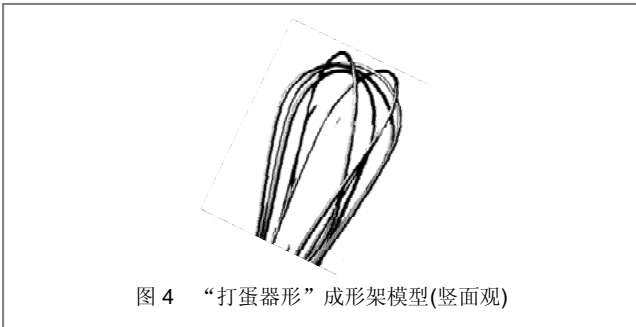


图4 “打蛋器形”成形架模型(竖面观)

然而, 研究中发现, 该成形架仍存在难以经椎弓根微创置入、扩张不均匀、支撑力不足、成形架其中一端为锐性端口, 置入支撑过程中难以保证不会对椎体椎弓根的切割、刺戳等问题。

基于以上原因, 作者奔赴西安与西脉记忆合金股份有限公司工程师交流后认为良好的记忆合金椎体成形架应该具备以下几个条件: 第一, 能够经椎弓根微创置入; 第二, 置入过程安全简捷; 第三, 扩张均匀; 第四, 具有足够的复张力及抗压支撑力。所以对记忆合金椎体成形架再次改良, 作者以灯笼骨架形状为基形, 制作出目前所使用“灯笼骨架形”的椎体成形架, 见图5~8, 它是用一块镍钛记忆合金板, 两端不切割, 把中间部分切割剩6个单条, 再将此板卷裹起来, 加工制成, 零度低温下6个单条可以通过塑形合并形成一个直条, 能满足经椎弓根微创置入的条件, 成形架经椎弓根骨道送入椎体后缘后可被推杆轻松推入椎体, 见图9, 10, 置入椎体过程简捷, 其球状的膨胀弹高保证了它对压缩椎体的均匀扩张复位, 其弹性固定特性能够缓冲吸收能量, 能承受更大的压力, 而且成形架两头圆钝, 在置入复位固定整个过程中不会切割或刺戳椎弓根及椎体壁。

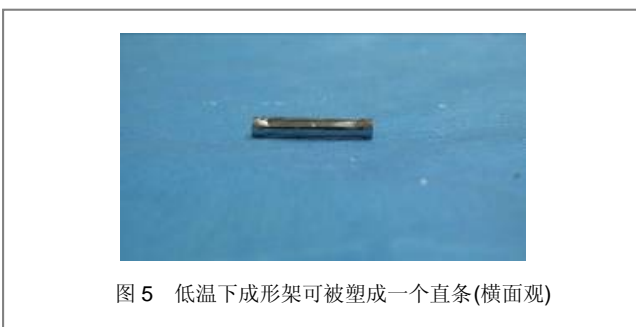


图5 低温下成形架可被塑成一个直条(横面观)

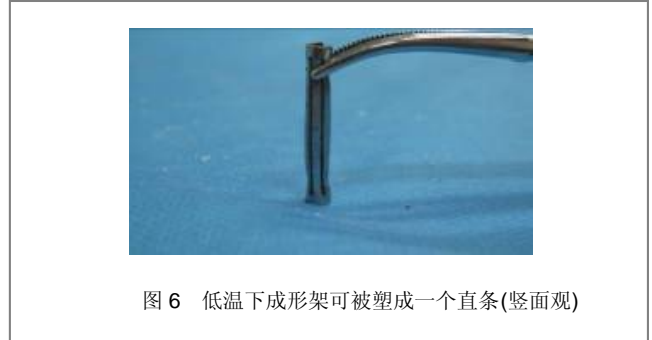


图6 低温下成形架可被塑成一个直条(竖面观)



图7 加温后成形架呈球面撑开复位(横面观)

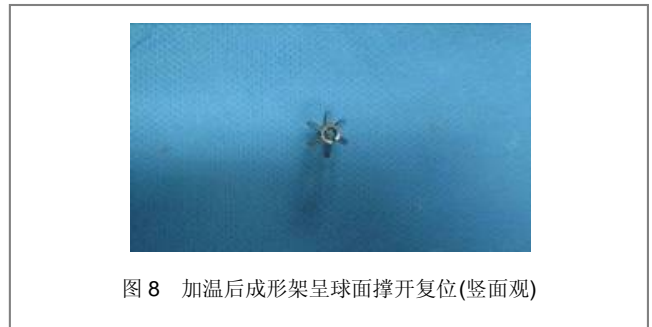


图8 加温后成形架呈球面撑开复位(竖面观)

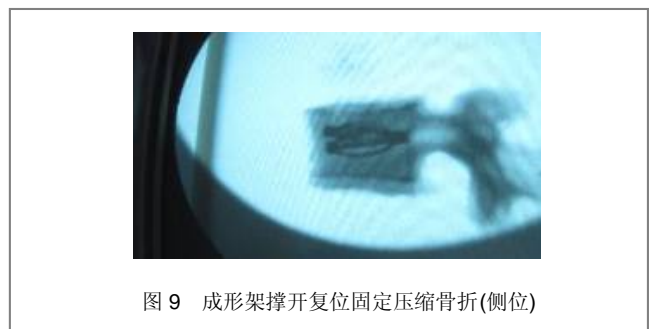


图9 成形架撑开复位固定压缩骨折(侧位)

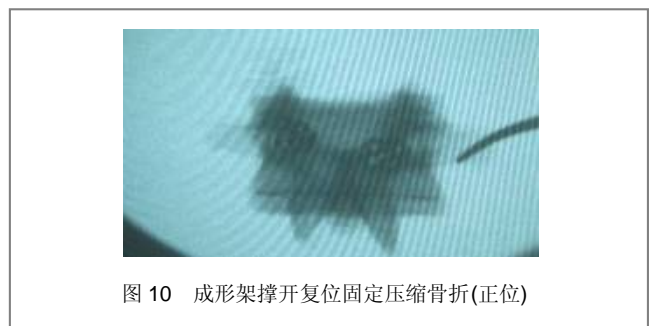


图10 成形架撑开复位固定压缩骨折(正位)

2.3 目前使用的3种型号“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架 结合李伟等^[29]测出的女性椎体矢状径数据, 作者对6具新鲜老年女性尸体标本进行测量, 得出6具成

年女性新鲜脊柱标本 T₁₂ 椎体平均矢径为 (30.09±2.19) mm, L₁ 椎体平均矢径为 (32.74±2.37) mm, 见表 1。依此作者制出了大、中、小号(长度分别为 22, 26, 30 mm)“灯笼骨架形”记忆合金椎体成形架, 见图 11, 12, 能基本满足国人下胸椎及腰椎压缩骨折手术需要。

表 1 椎体矢状径测量数据 (mm)

序号	T ₁₂	L ₁
1	31.35	33.76
2	28.86	31.45
3	30.12	32.74
4	30.16	32.63
5	29.16	31.75
6	30.25	32.89
$\bar{x}\pm s$	30.09±2.19	32.74±2.37



图 11 大中小号成形架



图 12 成形架的配套工具

3 讨论

3.1 记忆合金材料特性 NiTi 合金形状记忆效应是指 NiTi 合金对它的金相几何形状有“记忆”本领, 宏观而言, 将一定形状的合金低温塑形后再加热, 合金又回到它原来的形状, 形变同时产生巨大的回复力, 其“晶体切变”的特性决定了它具有超强的记忆效应和超弹性。实验研究表明, NiTi 合金具有强度高、比重低、耐疲劳、耐腐蚀、耐磨损、低磁性、无毒等优点^[30]。

3.2 骨质疏松性胸腰椎骨折的病理特性 青年时期椎体骨骨松质小梁呈纵横两种方向均匀分布, 这一结构能够十分有效地承受载荷。进入老年后其形态学方面的改变首先表现为横向骨小梁的减少, 而纵向骨小梁大多保

留。有学者报道 L₃ 骨松质的测量结果, 发现横向骨小梁的厚度与年龄呈负相关, 而纵向骨小梁厚度并未发生明显改变。这样的骨小梁结构就很容易发生微小损伤, 此时的骨重建处于吸收多于形成的状态, 随着这一病理过程的进展, 横向骨小梁进行性减少, 纵向骨小梁也逐渐由宽变窄, 与此同时, 椎体上下方的终板及构成外壁的骨皮质也相应变薄, 一旦受到外力就非常容易发生骨折^[31]。由此可见, 骨质疏松性胸腰椎骨折的病理特点主要为骨小梁的纵向压缩, 导致椎体高度丢失, 所以重建椎体高度成为了治疗胸腰椎骨质疏松性骨折所要解决的首要问题。

3.3 椎体成形架与球囊扩张器的比较优势 首先, 椎体后凸成形术是通过向骨折椎体插入可膨胀的球囊, 通过对球囊充气扩张进行压缩椎体复位并填充骨水泥, 以达到矫正后凸畸形的目的, 但球囊扩张过程中定向性欠佳; 作者设计开发出的椎体成形架置入工作套管经骨隧道插入塌陷的椎体, 通过记忆合金的记忆复原收缩作用撑高复位压缩塌陷的椎体, 从而复位骨折椎体, 在椎体内扩张出椭圆状空腔, 其定向性好, 克服了球囊膨胀过程中扩张方向不能控制的不足。

其次, PKP 球囊将压缩椎体撑高复位后留下的空腔需用快速固化的骨水泥填充以达到固定的作用, 骨水泥经椎弓根置入椎体过程中有不同程度的骨水泥渗漏率^[13-15], 骨水泥发热造成灾难性的脊髓、神经根以及椎旁血管的灼伤, 骨水泥肺栓塞; 而作者的椎体成形架在整个手术过程中并没有发热过程, 可以避免 PKP 术中骨水泥渗漏造成的一系列并发症。

3.4 椎体成形架安全性能探讨 在操作技术方面, 记忆合金成形架椎体成形术的技术核心是后路椎弓根技术, 只要掌握 PKP 的操作流程, 则不难完成记忆合金成形架椎体成形术。郑祖根测量国人 T₉~L₃ 椎弓根的最小横径 5~8 mm, 最小纵径 12~14 mm, 成形架低温塑形后平均横径和纵径均为 3.54 mm, 见图 13, 通过椎弓根置入成形架是很安全的。



图 13 低温塑形后成形架横纵径

在椎体成形架置入、膨胀复位及弹性固定方面, 整个置入、复位和固定过程均为无发热的过程, 不会因发热而造成脊髓神经根及椎旁血管的损伤, 作者按国人成人胸腰椎大小初步设计出的三种型号记忆合金椎体成

形架,能显著恢复椎体高度而不会突破终板进入椎间盘。记忆合金在体内的长期安全性已被公认^[30],它长期置于体内并不会产生毒副作用。所以记忆合金成形架椎体后凸成形术的安全性值得信赖。

3.5 椎体成形架抗压支撑力分析 记忆合金椎体成形架是用一块Ni-Ti记忆合金板,两端不切割,把中间部分切割剩6个单条,再将此板卷裹起来加工制成。低温下6个单条可以通过塑形合并在一起形成一个直条,平均横径为3.54 mm,升温后由于记忆合金的复原定型作用而收缩弹高,成形架平均横径为11.62 mm,见图14,平均膨胀高度为7.72 mm,利用记忆合金的直接膨胀复位和弹性固定作用治疗胸腰椎压缩骨折,其球状的多平面膨胀支撑能满足恢复椎体高度的支撑力要求。



图 14 加温后成形架横径

4 参考文献

- [1] Silverman SL. The clinical consequences of vertebral compression fracture. *Bone*. 1992;13(2):27-30.
- [2] 王洪复. 老年人骨质疏松的诊断与筛查[J]. *中华老年医学杂志*, 2006, 25(6):407-409.
- [3] Kado DM, Browner WS, Palermo I, et al. Vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. *Arch Intern Med*. 1999;159:1215.
- [4] Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, et al. Initial outcome and efficacy of “kyphoplasty” in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine*. 2001;26:1631-1638.
- [5] Lane JM, Hong R, Koob J, et al. Kyphoplasty enhances function and structural alignment in multiple myeloma. *Clin Orthop*. 2004; 426:49-53.
- [6] Mathis JM, Ortiz AO, Zoarski GH. Vertebroplasty versus kyphoplasty: a comparison and contrast. *Am J Neuroradiol*. 2004;25:840-845.
- [7] Rhyne A 3rd, Banit D, Laxer E, et al. Kyphoplasty: report of eighty-two thoracolumbar osteoporotic vertebral fractures. *J Orthop Trauma*. 2004;18:294-299.
- [8] Bouza C, Lopez T, Magro A, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J*. 2006;15(7):1050-1067.
- [9] 王弘, 陈学武, 徐宏光, 等. 椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松脊柱压缩骨折的早期疗效[J]. *皖南医学院学报*, 2008, 27(6):406-408.
- [10] 郑召民, 李佛保. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术——问题与对策[J]. *中华医学杂志*, 2006, 86(27):1878-1880.
- [11] Voggenreiter G, Lenz E, Obertacke U, et al. Effektivität von Vertebroplastie and Kyphoplastie in der Aufrichtung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen. *Akt Traumatol*. 2006; 36: 1-5.
- [12] Khanna AJ, Reinhardt MK, Togawa D, et al. Functional outcomes of kyphoplasty for the treatment of osteoporotic and osteolytic vertebral compression fractures. *Osteoporos Int*. 2006;17:817-826.
- [13] 赵刚, 史相钦, 郑怀亮, 等. 经皮椎体成形术190例疗效评价[J]. *中国骨伤*, 2008, 21(1):4-6.
- [14] 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 Bone Joint Surg Br*. 2005;87:1595-1604.
- [15] Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: filler materials. *Spine J*. 2005;5:305-316.
- [16] Becker S, Meissner J, Tuschel A. Cement leakage into the posterior spinal canal during balloon kyphoplasty: a case report. *J Orthopaed Surg*. 2007;15:222-225.
- [17] 何明基, 练辉, 申刚, 等. 经皮椎体成形术并发症分析及防治策略[J]. *中国介入放射学*, 2008, 2(1):67-69.
- [18] Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, et al. Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment. *Spine*. 2006; 31(4): 435-441.
- [19] Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Adjacent vertebral failure following vertebroplasty: a biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg (Br)*. 2002;84:748-752.
- [20] Grados F, Depriester C, Cayrolle G, et al. Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology*. 2000;39: 1410-1414.
- [21] Fribourg D, Tang C, Sra P, et al. Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine*. 2004;29:2270-2276.
- [22] Lavelle WF, Cheney R. Recurrent fracture after vertebral kyphoplasty. *Spine J*. 2006, 6(5):488-493.
- [23] Frankel BM, Monroe T, Wang C. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent-level fracture risk in PKP as compared with PVP. *Spine J*. 2007;7:575-582.
- [24] 朱贤康, 钟家云, 廖永发. 经皮球囊扩张椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折[J]. *微创医学*, 2008, 3(5):466-468.
- [25] 汤雪明, 刘锦波, 丁惠珍, 等. SKY骨扩张器椎体后凸成形术治疗骨质疏松性脊柱压缩骨折[J]. *第二军医大学学报*, 2007, 28(12):1361-1364.
- [26] 郑召民, 邢冠明, 董志勇, 等. 球囊骨扩张器与Sky骨扩张器在经皮椎体后凸成形术中应用的比较研究[J]. *中华外科杂志*, 2006, 44(24): 1667-1671.
- [27] Foo IS, Yeo W, Fook S, et al. Results, experience and technical points learnt with use of the SKY Bone Expander kyphoplasty system for osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective study of 40 patients with a minimum of 12 months of follow-up. *Eur Spine J*. 2007;16:1944-1950.
- [28] Rao RD, Singrakhia MD. Painful osteoporotic vertebral fracture. Pathogenesis, evaluation, and roles of vertebroplasty and kyphoplasty in its management. *J Bone Joint Surg Am*. 2003; 85-A(10):2010-2022.
- [29] 李伟, 张毅. 国人椎体的测量与分析[J]. *河南医学研究*, 1999, 8(2): 109.
- [30] 张春才, 苏佳灿, 禹宝庆, 等. 骨创伤与生物记忆材料——MO课题组论文选编[M]. 上海: 第二军医大学出版社, 2004:285.
- [31] 胥少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2004: 1076.