

表1 两组采血效果比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

组别	例数	采血完成时间(s)	一针采血成功率	血标本合格率	新生儿哭闹时间(s)
传统组	337	360 ± 180	297(88.1)	324(96.1)	240 ± 48
改进组	281	180 ± 30	270(96.1)	278(98.9)	65 ± 30
χ^2	-	18.06	12.81	4.73	55.23
P	-	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01

3 讨论

传统组在采血时经常遇到针刺足跟后由于出血量少标本往往不符合要求,甚至需要反复挤压足跟或再扎第二针、第三针才能满足标本的需要血量,不仅增加了婴儿的痛苦,而且易引起皮肤损伤和局部淤血、肿胀^[4]。不仅延长了采血时间,而且加重了护士的心理压力,引发家长不满情绪。改进后的新筛采血法是采用握手式手背静脉穿刺法^[5]采血,让婴儿吸吮和穿刺同步进行,可以明显减少新生儿疼痛的生理和行为反应。汪万华^[6]研究发现,采用非营养性吸吮缓解新生儿静脉穿刺所致的疼痛时,新生儿哭闹和肢体活动减少,情绪较平稳,表明其有明显的镇痛效果。将吸吮干预整合到静脉穿刺的操作流程中以减轻、控制乃至消除疼痛。对手背静脉不充盈者采用改进后足跟定位斜刺法采血是在婴儿沐浴后穿刺,保证了采血部位有充足的血供,另头肩部

垫高,足跟下垂,可使足部静脉压增高有利于取血,提高了一针采血成功率。实验结果证明,改进后的两种互补采血方法明显优于传统的采血方法。

参考文献

- 1 苗芙蓉. 新生儿疾病筛查采血技巧的探讨[J]. 中国医学创新, 2010,7(19):115-116.
- 2 熊金凤. 提高新生儿疾病筛查采血成功率的方法[J]. 临床误诊误治, 2010,23(10):997.
- 3 张彩芳. 提高新生儿疾病筛查采血成功率的探讨[J]. 中国民族民间医药, 2011,20(14):59.
- 4 汤文决, 宁彩珍, 吴丽蓉, 等. 非营养性吸吮对静脉穿刺新生儿疼痛的影响[J]. 护士进修杂志, 2009,24(13):1188-1189.
- 5 赵琼芬, 刘永华, 刘俊英, 等. 新生儿疾病筛查采血技巧的探讨[J]. 中外健康文摘, 2011,8(16):449-450.
- 6 汪万华. 非营养性吸吮缓解新生儿静脉穿刺时疼痛的效果观察[J]. 临床护理杂志, 2012,11(3):74-75.

[收稿日期 2012-09-17][本文编辑 宋卓孙 蓝斯琪]

新进展综述

经皮球囊扩张椎体后凸成形手术治疗椎体压缩性骨折的研究进展

梁辉, 李荣祝, 韦建勋, 韦敏克, 丘德赞(综述), 李荣祝(审校)

作者单位: 530021 南宁, 广西壮族自治区人民医院骨科

作者简介: 梁辉(1987-), 男, 在读研究生, 研究方向: 脊柱内固定。E-mail: changshalianghui@yahoo.com.cn

通讯作者: 李荣祝(1954-), 男, 研究生学历, 主任医师, 国务院特殊津贴专家, 硕士生导师, 研究方向: 脊柱微创及创伤骨科疾病的诊治。E-mail: Lrz89089@126.com

【摘要】 目前经皮球囊扩张椎体后凸成形术(PKP)已成为治疗椎体压缩性骨折的主要微创手术方法, 其不仅具有手术时间短、操作方法简单、止痛效果明显等优点, 而且能纠正患者的后凸畸形。但与经皮椎体成形术(PVP)一样, PKP也存在骨水泥渗漏、椎体再骨折及术后静脉栓塞等并发症。随着技术的发展, 在此基础上应用的PKP结合体位复位技术、蛋壳技术、Sky技术及Vessel-X骨材料填充器经皮椎体成形术等新技术很大程度上改善了球囊技术存在的骨水泥渗漏等缺陷。该文就PKP适应证、操作方法、并发症及预防及目前一些新技术作一综述。

【关键词】 经皮球囊扩张椎体后凸成形术; 椎体压缩性骨折; 骨质疏松; 疗效; 并发症

[中图分类号] R 68 [文献标识码] A [文章编号] 1674-3806(2013)05-0482-05
doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2013.05.32

Research progress of percutaneous Kypho-plasty in the treatment of vertebral compression fractures LIANG

Hui, LI Rong-zhu, WEI Jian-xun, et al. Department of Orthopedics, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China

[Abstract] The application of percutaneous Kypho-plasty (PKP) is the main skill in the treatment of vertebral compression fractures. This method not only has advantages of few operation time, simple operation, significant analgesic effect and so on, but also can correct patients' kyphosis. However, like vertebroplasty (PVP), there are also complications of bone cement leakage, vertebral fracture again and vein thrombosis. With the development of technology, and based on this some new developed technologies, such as the PKP combination postural reset, eggshell technology, Sky and Vessel-X bone material filling percutaneous vertebroplasty surgery and so on, have greatly improved some defects which existed in balloon technology, including cement leakage and so on. In this paper, the progress in clinical application of this technology, including indications, operation method, complication and its prevention, some new technologies and so on are reviewed.

[Key words] Percutaneous Kypho-plasty; Vertebral compression fractures; Osteoporosis; Efficacy; Complications

骨质疏松性椎体压缩骨折 (OVCF) 是骨质疏松的最主要并发症之一, 因为随着年龄的增长, 钙量的丢失造成骨量减少、强度降低、脆性增加, 在外力或自身不注意情况下极易发生骨骼损伤造成骨折, 造成患者腰背部疼痛, 生活自理困难, 严重影响老年人晚年生活质量, 是目前临床上需要解决的一种重要疾病。经皮球囊扩张椎体后凸成形术 (PKP) 是在经皮椎体成形术 (PVP) 的基础上演变发展而来的, 是指在影像监视下经皮穿刺压缩的椎体, 建立工作通道, 将一个特制的球囊送入椎体中心, 膨胀球囊以撑起压缩的骨折, 再注入骨水泥以达到恢复椎体的高度, 减轻伤椎处疼痛, 从而达到治疗的目的, 是目前在 OVCF 治疗中应用最广泛的一项微创技术。

1 PKP 的发展历史

骨质疏松症是目前常见疾病, 常见于绝经后的妇女和老年人群, 由此导致的椎体压缩性骨折一直困扰着老年人的生活质量。对于其治疗, 传统的治疗方法并发症多、效果不理想, 随着医学影像学及材料技术的发展, Galibert 等^[1]于 1987 年首先报道了应用 PVP 治疗椎体侵袭性血管瘤, 并取得了良好的疗效。随后该技术被扩大应用至椎体压缩性骨折治疗中, 但其仅能缓解骨折后疼痛, 却无法纠正畸形及恢复椎体高度。Garfin 等^[2]于 1994 年利用一可扩张的球囊来恢复椎体高度, 并在尸体脊柱上取得了成功, 这一技术被称为 PKP, 并于 1998 年通过批准应用于临床。

2 PKP 与 PVP 的关系

PKP 是在 PVP 基础上的改良, 两者的原理相

似, 都是在 X 线透视下通过椎弓根建立的通道, 向伤椎注入骨水泥。不同的是, PKP 借助球囊, 将椎体膨胀并恢复一定高度后撤出球囊, 向椎体内注入骨水泥。就目前的临床研究结果来看两者对术后疼痛的缓解都十分显著; 但相对于 PVP 而言, 其手术并发症较少, 并且可以在一定程度上矫正后凸畸形, 恢复椎体的高度。但其治疗成本较高, 有的省份并未将材料纳入医保报销范围内, 贫困的地区广泛开展存在困难。

3 PKP 的适应证及禁忌证

3.1 适应证 PKP 主要是针对因椎体骨折而导致的疼痛, 其通过骨水泥稳定椎体而达到止痛且纠正后凸畸形的目的。对于其适应证, 临床上主要采用邹德威等^[3]提出的: (1) 无神经系统合并损伤的中老年骨质疏松所致脊柱胸腰段单纯新鲜压缩骨折; (2) 陈旧脊柱压缩骨折 (半年以上) 严重后凸畸形并伴骨折所致顽固性腰背痛; (3) 继发于骨质疏松压缩骨折的上下相邻椎体的多节段压缩骨折; (4) 椎体淋巴瘤、血管瘤、骨髓瘤等椎体肿瘤。简而言之, 椎体骨折时间较短, 宜优先选择 PKP, 骨折时间较长者宜优先选择 PVP。

3.2 禁忌证 相对禁忌证包括严重的椎体压缩骨折导致经皮穿刺困难、椎体后壁骨折、凝血功能异常、心肺功能不耐受手术和麻醉、椎体压缩性骨折导致椎管狭窄或神经受压。随着对该技术的认识, 其手术适应证也在不断地变化, 如: 严重的椎体压缩骨折、部分椎体后壁骨折等也可采取 PKP 手术。韩为等^[4]对于无脊髓、神经、压迫或损害症状、CT 显示后

壁骨块进入椎管小于 1/4 面积的后壁骨折的椎体爆裂性骨折,使用 PKP,近期疗效明显;对于椎管轻度占位的椎体骨折可根据患者的病情适当选用 PKP。

4 PKP 的操作方法和要求

4.1 手术方法 PKP 的方法主要按以下步骤完成(1)固定标记:患者取俯卧过伸体位,在 C 型臂 X 线机透视下,正侧位确定伤椎根位置,并作标记;(2)进针:常规消毒铺巾,在标记点切开 0.5 cm 左右小口,用穿刺针在 C 型臂 X 线机监视下,通过伤椎椎弓根从后外侧进入伤椎椎体前中部;(3)通道建立:移除穿刺针针芯,让穿刺针外管留在体内,从穿刺针外管中置入引导丝,并移除穿刺针外管,在引导丝引导下,插入扩张套管,取出扩张套管内芯和引导丝,套管外鞘留在体内,作为工作通道;(4)通道扩张:用专用钻头通过套管外鞘,对椎体的骨性通道进行扩大;(5)扩张复位:把抽取真空的球囊导管通过外鞘插入椎体内部,移除球囊导丝,并打开三通阀门开始扩张,每次增加 0.5 ml,并且不时地停下来检查球囊内压力是否降低,压力维持在 15 大气压以下即能达到满意复位;(6)注入骨水泥:将已预先装满骨水泥的专用推杆通过工作通道抵至椎体内空腔前缘,骨水泥的量一般比扩张球囊造影剂多 0.5~1 ml,此过程在 C 型臂下完成,填充完毕后常规缝合皮肤。

4.2 手术要求 PKP 作为一种微创手术,要达到预期的手术效果,须做到以下几点:第一,确定责任椎^[5],即需手术治疗的椎体。术前需常规行 X 线、CT、MRI 检查,并查体患者是否伴有神经症状,评价疼痛程度,行 X 线检查初步判断骨折的范围和程度,骨质疏松性压缩骨折在 X 片上主要表现为椎体高度丢失、终板单凹或双凹变、椎体楔形变;通过 MRI 检查可明确判断是否存在脊髓压迫,确认病变骨折是否新鲜;而 CT 检查可了解椎体皮质是否完整,观察椎弓根形状及方向;目前临床上普遍认为在核磁片上有信号改变的椎体,无论其是否形态改变都应该治疗,陈旧性骨折一般不考虑手术。第二,把握手术的时机。目前对于椎体压缩性骨折的手术的时间尚无统一的定论,目前大部分学者认为骨折术后 4~6 周^[6];而临床医师主张结合患者的疼痛程度, MRI 显示骨折的新鲜程度来把握手术时机。不过据临床上观察早期微创手术治疗对患者可能更好,可提高患者生活质量,减少各种并发症的发生。不过,临床效果和骨折时间并无统计学相关性^[7]。最后,要掌握球囊扩张终止的指征^[8]:(1)椎体高度恢复至正常;(2)球囊将突破椎体界限;(3)球囊压

力达 250 Psi;(4)已达球囊最大容积。

5 PKP 的常见并发症及预防

5.1 骨水泥渗漏 虽然 PKP 较 PVP 相比减少了骨水泥渗漏的发生,但 PKP 的主要并发症仍然是骨水泥渗漏。Hulme 等^[9] 统计发现,在全部的 PVP 或 PKP 临床并发症中有 66% 都与骨水泥的渗漏有关。骨水泥总体渗漏率 PVP 为 41%,而 PKP 仅为 9%。究其原因,客观上主要是球囊通过在椎体内膨胀使骨折裂缝闭合并压缩骨质腔壁以防止骨水泥渗漏,但在取出球囊时空腔有可能会回缩,减少了可注射空间,所以注射标准量时有少量渗出;主观原因上主要是术中检查不完善,未行 CT 以明确椎体后壁的情况以及术者缺乏经验。对于少量骨水泥渗漏引起的并发症多不产生严重后果,不影响疗效,大多无需处理,一旦出现骨水泥渗漏到椎管,必须马上停止注射骨水泥,并行 CT 等相关检查以确定渗漏的情况。对于预防骨水泥渗漏,目前临床上主要从手术方式的改良、骨水泥填充量及操作技巧的正确掌握入手。现阶段在 PKP 的基础上出现了经皮 Sky-骨扩张器椎体成形术, Vessel-X 骨材料填充器 PVP,经椎弓根内固定联合椎体成形术,经皮脊柱外固定器联合椎体成形术,这些术式的改变均能让椎体高度在一定程度上恢复并在椎体内形成负压蛋壳空腔后向其内低压注入骨水泥以减少骨水泥的渗漏;术中使用骨水泥时尽量避免造成黏度过高难于注射、注射过缓使骨水泥在注射套管内凝固、注射量过多至弥散已充分反而渗漏的情况发生。也有部分学者认为静脉造影可以预先提示一些可能存在的骨水泥渗漏通道,特别是一些非常危险的渗漏入椎管或椎间孔的通道,术中避免通过其管道来达到预防的作用。笔者认为,术前正确判断椎体压缩情况及术中正确的操作才是预防骨水泥渗漏的关键,但新技术、新材料的应用也是一种助行剂。

5.2 椎体再骨折 PKP 术后继发性椎体骨折是目前临床上常见的一种并发症,关于椎体成形术后椎体再骨折是脊柱生物力学改变造成的还是骨质疏松的自然过程,目前争议较大。Villarraga 等^[10] 研究发现 PKP 对邻近椎体的压力及张力的改变是微小的,并且认为治疗椎体节段的压力和张力比皮质骨和松质骨所耐受的极限小,因此他们认为继发的骨折可能是骨的自然衰老的过程而并非手术干预的结果。Polikeit 等^[11] 对骨质疏松脊柱功能单位的三维有限元模型研究发现,即使注射少量骨水泥,都可使邻近椎体应力和应变分布发生显著改变;椎体强化增加

了邻近椎间盘压力和邻近椎体终板的形变,使终板和附近的松质骨发生骨折。Tanigawa 等^[12]研究认为骨水泥注射量大容易导致邻近节段再骨折;同时也有研究表明进行骨水泥注射的椎体越多,发生继发性骨折的数目就越多;主张控制手术治疗的节段。Ahn 等^[13]则认为邻近节段骨折与其他节段再骨折的原因不同,邻近节段骨折除与骨水泥渗漏至椎间盘有关外还与患者的体重及骨密度有关,而其他节段骨折主要是由于手术导致局部活动方式改变,导致其他节段活动增多而引起骨折。不管争议如何,术后常规应用抗骨折疏松药治疗是临床上公认的,因为手术只是治疗骨质疏松压缩性骨折的一种方式,治疗的根本是改善骨质疏松,防止其椎体压缩性骨折。对于 PKP 术后椎体继发性骨折是否与手术有关尚无统一意见,有待临床长期的研究观察。

5.3 术后静脉栓塞 PKP 术后肺及深静脉栓塞也是临床上常见的一种并发症,临床表现为患者术后出现胸痛及呼吸困难。PKP 中,骨水泥渗入椎旁静脉是很常见的;目前大部分学者如 Kao 等^[14]认为骨水泥聚合不全、量大及穿刺针刺入椎体静脉是其主要原因。因为椎旁静脉系统无瓣膜组织,当骨水泥较稀时,在较大压力注射至椎体时,流动性大,骨水泥很容易流入椎旁静脉,再随血循环流入肺部引起肺栓塞。急性肺栓塞极其危险,如果处理不及时很容易引起呼吸衰竭死亡。临床上 PKP 术后肺栓塞死亡的病例报道尚少,但其危险性需时刻注意。预防的关键是术中操作,必须在术野清晰的 C 型臂中,边透视边注射,低压力缓慢注射骨水泥到椎体,术后常规拍摄 X 片,必要时行 CT 扫描,仔细观察患者术后的病情变化,及时处理危险情况。

5.4 其他并发症 除上述所列举的几种主要并发症外,PKP 术后其他并发症主要有:穿刺部分的并发症、发热、脊髓梗死、感染等。PKP 是一种微创手术,手术切口很小,一般很少发生术后感染;因穿刺引起的局部切口疼痛、肿胀,多无需处理;少数患者术后发热,可能是手术创伤导致的吸收热及骨水泥局部热刺激引起神经功能紊乱引起,予以抗过敏、抗生素预防感染等对症处理即可。对于有基础疾病的患者,积极处理原有基础病,有利于手术的安全及减少术后的并发症。

6 填充材料的使用

6.1 无论是 PKP 还是 PVP,都是通过注射骨水泥到椎体,使细微骨折得到固定,从而恢复椎体的高度及止痛。术中注射达到最佳的治疗效果的骨水泥

量、骨水泥注射时机、注射的速度的把握都是影响手术效果的关键影响因素。由于人体的差异性、每个椎体压缩程度的不一样,无法量化的确定骨水泥量的精确数。目前临床上大部分经验为单个椎体注入 3~7 ml 左右;生物力学研究^[15]表明注入 2 ml 骨水泥即可恢复椎体强度。对于多个椎体的压缩骨折,Heini 等^[16]认为一次手术骨水泥使用量不应超过 25 ml,术后疗效与注入量不成正比,反而会增加骨水泥渗漏的风险。手术中骨水泥要匀速、缓慢地推注,压力控制要均衡;遇到较大阻力或有突破感时需停止操作,透视确定。

6.2 目前最常用的 PVP 充填材料主要有聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、磷酸钙骨水泥(CPC),以及 I 粒子等。其中以 PMMA 应用最为广泛,也最为临床所认可及熟悉。研究表明 PMMA 具有很强的抗压缩能力且凝固时间特别短,这些特性很适合在椎体成形术中增强椎体的机械性能,使患者术后早期下床行功能锻炼。但是,PMMA 骨水泥存在着应用时有发热反应,易造成周围组织的损伤;凝滞性差,易渗漏到椎旁;无法降解,长期对体会造成伤害等缺点,其应用前景并不乐观。CPC 主要含 2 种不同的磷酸盐,具有骨传导、凝固温度低、生物坚韧性强等优点,可被新生骨取代,使椎体恢复生物力学强度,后期可由机械固定转为生物固定^[17]。Hitchon 等^[18]发现,CPC 生物力学强度比不上 PMMA,术后可以让椎体的强度得到恢复,但刚度的恢复稍差,脆性大,早期力学性能差。Wilke 等^[19]在体外生物力学研究中发现,随着机械负荷的增加 CPC 会出现疲劳裂纹,但相同负荷下 PMMA 无此现象。因此就目前研究结果来看,CPC 替代 PMMA 骨水泥是一个漫长的过程,仍需更多的临床研究实验证实。

7 单双侧注射问题

目前对于单侧撑开,还是双侧同时撑开椎体意见还不统一。有的学者认为单侧撑开可能导致椎体双侧受力不平衡,容易撑裂终板,不仅容易使骨水泥渗漏,而且还可导致椎体内部受力不平衡而诱发骨折。而 Kim 等^[20]则认为对于压缩不重的患者单侧注入即可充分地填充整个椎体达到治疗的效果,只有在透视中观察分布不满意时才采取双侧操作。对于两者的术后疗效,多数学者认为无影响;但对于椎体严重压缩骨折的 PKP 手术大多主张双侧撑开,因为单侧操作时须将导针刺入椎体中部,而椎体中部一般压缩最重且静脉丰富,增加了骨水泥渗漏的发生机会。

8 展望

总之,PKP作为一种微创手术,疗效确切、创伤小、操作简单,相对于PVP其并发症较少,在治疗椎体压缩性骨折上发挥积极的作用。其一方面矫正了椎体的后凸畸形从而提高脊柱稳定性,另一方面缓解或消除骨折引起的疼痛,提高患者的生活质量。同样PKP手术也存在着骨水泥渗漏、椎体再骨折等并发症,有的甚至导致患者生命危险。所以,临床医师要把握手术的适应证,术中仔细严格操作,迅速处理手术并发症。椎体压缩性骨折大部分为骨质疏松或转移性肿瘤引起,积极处理骨质疏松和肿瘤才是根本,同时为达到更好的治疗效果,术后康复锻炼对预防再次骨折及患者功能恢复也很重要。虽然PKP手术技术已很成熟,但仍有必要对其作进一步的研究,笔者认为需要从改进手术方式、改进手术工具、探索理想的成形材料三方面积极探索,尤其是开发新型的具有生物活性好,可降解性,生物相容性好,有良好的渗透能力,可显影,无毒、无致畸副作用,且可负载生物材料等特性的骨水泥材料具有重要意义。对于那些目前临床上争议较大的单侧或双侧注射、椎体再骨折的原因,仍需大量的生物力学研究及大量的循证来证明。相信随着科学的进步,医疗工作者的继续探索,PKP应用领域将不断扩大,手术并发症随之减少,更好地造福人类。

参考文献

- Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty [J]. Neurochirurgie, 1987, 33(2): 166 - 168.
- 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.
- 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脊柱压缩骨折[J]. 中华骨科杂志, 2003, 23(5): 257 - 261.
- 韩为, 张华山, 吴小春, 等. 后凸成形术在脊柱爆裂性骨折中的应用[J]. 实用骨科杂志, 2010, 16(1): 23 - 24.
- Mueller CW, Berlemann U. Kyphoplasty: chances and limits [J]. Neurol India, 2005, 53(4): 451 - 457.
- Truumees E, Hilibrand A, Vaccaro AR. Percutaneous vertebral augmentation [J]. Spine J, 2004, 4(2): 218 - 229.
- Kaufmann TJ, Jensen ME, Schweickert PA, et al. Age of fracture and

clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2001, 22(10): 1860 - 1863.

- Rhyné A 3rd, Banit D, Laxer E, et al. Kyphoplasty: report of eighty-two thoracolumbar osteoporotic vertebral fractures [J]. Orthop Trauma, 2004, 18(5): 294 - 299.
- Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(17): 1983 - 2001.
- Villarraga ML, Bellezza AJ, Harrigan TP, et al. The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies [J]. J Spinal Disord Tech, 2005, 18(1): 84 - 91.
- Polikeit A, Nolte LP, Ferguson SJ. The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(10): 991 - 996.
- Tanigawa N, Komemushi A, Kariya S, et al. Relationship between cement distribution pattern and new compression fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. AJR Am J Roentgenol, 2007, 189(6): W348 - W352.
- Ahn Y, Lee JH, Lee HY, et al. Predictive factors for subsequent vertebral fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. Neurosurg Spine, 2008, 9(2): 129 - 136.
- Kao FC, Tu YK, Lai PL, et al. Inferior vena cava syndrome following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(10): E329 - E333.
- Belkoff SM, Mithis JM, Jasper LE, et al. The mechanics of vertebroplasty. The effect of cement volume on mechanical behavior [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1537 - 1541.
- Heini PF, Orler R. Vertebroplasty in severe osteoporosis. Technique and experience with multi-segment injection [J]. Orthopade, 2004, 33(1): 22 - 30.
- 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 [J]. Eur Radiol, 2005, 15(8): 1544 - 1549.
- Hitchon PW, Goel V, Drake J, et al. Comparison of the biomechanics of hydroxyapatite and polymethylmethacrylate vertebroplasty in a cadaveric spinal compression fracture model [J]. J Neurosurg, 2001, 95(2 Suppl): 215 - 220.
- Wilke HJ, Mehnert U, Claes LE, et al. Biomechanical evaluation of vertebroplasty and kyphoplasty with polymethyl methacrylate or calcium phosphate cement under cyclic loading [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(25): 2934 - 2941.
- Kim AK, Jensen ME, Dion JE, et al. Unilateral transpedicular percutaneous vertebroplasty: initial experience [J]. Radiology, 2002, 222(3): 737 - 741.

[收稿日期 2013-01-15] [本文编辑 谭毅 黄晓红]