

## 综述

## 经皮椎体成形术的研究进展

任 虎, 申 勇, 杨大龙

(河北医科大学第三医院脊柱外科 050051 河北省石家庄市)

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2009.05.17

中图分类号:R683.2,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2009)-05-0392-03

1984年法国医生 Galibert 和 Deramond 等首次实施了经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP),即在X线监视下经皮将聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate,PMMA)注入C2椎体治疗血管瘤引起的椎体破坏,缓解了患者的疼痛。Ducplesnel首次应用该方法治疗骨质疏松引起的椎体压缩性骨折,并取得了良好的临床治疗效果。目前国内外已广泛应用于骨质疏松性椎体压缩性骨折、椎体血管瘤、椎体转移瘤和骨髓瘤等的治疗,均取得了良好的临床效果。笔者就近年来椎体成形术中的一些热点问题做一综述。

## 1 椎体成形术所用填充材料

20世纪90年代初,PMMA就被用来注入椎体治疗骨质疏松性压缩性骨折或者肿瘤浸润引发的疼痛。临床上使用PMMA治疗骨质疏松性压缩骨折所引起的疼痛成功率很高,同时能为椎体提供足够的稳定性。但是,PMMA存在以下缺点:①生物相容性较低,不能降解和骨替代<sup>[1]</sup>。②PMMA聚合时产生的高温可能导致神经根与周围组织的热损伤<sup>[2]</sup>。③未聚合单体具有心、肺毒性<sup>[3]</sup>。④有的患者出现炎症反应和短暂的疼痛加剧<sup>[4]</sup>。王东来等<sup>[5]</sup>还报道了1例因肺癌多发性骨转移导致椎体压缩骨折的患者在行椎体成形术时造成脊髓梗死的病例。由此可见PVP的一些术中和术后并发症都与PMMA有关。因此,学者们正在积极研究一些新的骨水泥材料来替代PMMA,包括磷酸钙骨水泥(calcium phosphate cement,CPC)、硫酸钙骨水泥(calcium sulfate cement,CSC)、锶羟基磷灰石生物活性骨水泥(strontium-containing bioactive bone cement,SrHAC)及其他一些新型材料。其中磷酸钙骨水泥(CPC)是目前研究最多、并被认为是最有发展前途的一种可生物降解的骨水泥材料。CPC由固相和液相两部分组成,使用时将两者混合成糊状,利用其固化前的流动性即可充填任何形状的骨缺损。它的毒性小,固化时间较长,有较充分的调制和注入时间,固化时放热少,对周围组织基本无灼伤,并且还具有引导成骨爬行替代作用,与周围组织相容性好,不仅可恢复受损椎体的高度和生物力学强度,而且不引起明显的炎症

反应<sup>[6]</sup>。一项经过3年随访的研究<sup>[7]</sup>表明,CPC与PMMA在缓解患者疼痛和维持椎体稳定性上没有显著性差异,但CPC有良好的生物学相容性,并且能逐渐被新生骨组织替代,可替代PMMA用于椎体成形术中。但CPC注射时显影欠佳,不利于术中及时监测,注射后达到最大抗压强度的时间较长,更容易发生骨水泥渗漏。硫酸钙骨水泥(CSC)是一种新型骨填充材料,动物实验表明<sup>[8]</sup>,CSC可在缺损处快速硬化,局部形成微酸性生物环境,吸引破骨细胞吸收CaSO<sub>4</sub>,成骨细胞则吸附在CaSO<sub>4</sub>晶体上,利于血管和成骨细胞的长入。CSC在13周左右就能完全生物降解,同时会有新生骨组织长入。张绍东等<sup>[9]</sup>的研究表明,采用CSC作为椎体成形术的填充材料,能很好地恢复椎体的强度和刚度,认为CSC可作为椎体成形术中填充材料的选择之一。另一种可供选择的椎体填充材料——锶羟基磷灰石生物活性骨水泥(SrHAC)具有固化时间适中、易于推注、较低的聚合温度、较少的毒副作用、较好的力学强度以及生物活性等优点<sup>[10]</sup>。同时由于它含有金属成分锶,在不加造影剂的情况下即有良好的显影效果,可以很好地做到术中监测,减少渗漏的发生,在临床应用中取得了良好的效果<sup>[11]</sup>。

除以上几种材料外,一些复合型骨水泥及添加各种负载材料的骨水泥也在进一步研究中,但是目前任何一种材料都不能满足作为理想填充物的所有要求,临床上大部分椎体成形术所用填充材料仍为PMMA。需要进一步的研究探索。

## 2 填充材料的注射剂量

关于骨水泥的注射剂量问题也是一个长期争论的问题。多种文献显示,只需要少量骨水泥就可以将压缩椎体的刚度恢复到损伤前水平,再继续增加剂量会显著提高刚度,但会对相邻椎体产生影响。Tomita等<sup>[12]</sup>分别在胸椎和腰椎椎体注射相同剂量的骨水泥,结果显示两组椎体强度都能恢复,但只有胸椎的刚度能恢复,原因可能是胸椎椎体体积较小,提示骨水泥对椎体刚度的作用与注射剂量有一定关系。Belkoff等<sup>[13]</sup>在12具尸体上制造了144个椎体压缩骨折模型,结果显示注射2ml骨水泥就可以恢复椎体强度,而恢复椎体刚度在腰椎需要6ml,在胸腰段则需要8ml,实验中有8个椎体出现骨水泥外泄,并且均出现在注射6ml或更多的病例中,但泄漏剂量均在1ml以下。

第一作者简介:男(1983-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科  
电话:(0311)88602016 E-mail:renhu2009@163.com  
通讯作者:申勇 E-mail:shenyongspine@yahoo.com.cn

Kaufmann 等<sup>[14]</sup>通过对 158 例 PVP 患者的回顾性分析发现,术中骨水泥的注射剂量与治疗效果并无明显的相关性,相反,注射的骨水泥剂量越多引起的并发症就越多。在经皮椎体后凸成形(PKP)术中,如果骨水泥的注射剂量超过了球囊膨胀形成的空腔所能容纳的最大剂量,椎体内的压力会骤然增加,增大骨水泥的渗漏几率<sup>[15]</sup>。因此在行 PKP 时,骨水泥注射剂量应与术中球囊扩张程度相适应。

### 3 骨水泥注入的途径

椎体成形术中椎体强化时可经单侧或双侧椎弓根途径注射骨水泥,两种注射方式对强化椎体的效果尚存在争议。有学者<sup>[16-18]</sup>比较了经单侧或双侧椎弓根注射骨水泥对椎体强化效果的影响,经过生物力学测试表明两者均能增加椎体的强度和刚度,得到相似的生物力学效果,但经双侧椎弓根注射能更好地恢复椎体的强度,而两者在恢复椎体刚度和高度方面则无明显差异,经单侧椎弓根注射并不会造成未注射一侧椎体塌陷或变形。但是 Liebschner 等<sup>[19]</sup>通过建立三维有限元模型观察,发现虽然经单侧或双侧椎弓根注射均能恢复椎体强度和刚度,但经单侧椎弓根注射会造成骨水泥在椎体内分布不均匀,引起椎体单侧承重而导致脊柱不稳定,在恒定载荷下容易向灌注对侧侧向屈曲,从而造成椎体压缩变形。在临床上,为了达到骨水泥在椎体内的对称分布,许多学者选择经双侧椎弓根注射,但经双侧椎弓根注射增加了组织创伤、椎弓根骨折和神经损伤等并发症的发生几率,经单侧椎弓根入路既能减少手术操作时间,减少患者及医护人员受辐射的时间,并能减少患者术中创伤,这一点对于高龄患者及同时有多个椎体需要治疗的患者而言尤为重要<sup>[20]</sup>。因此,有学者<sup>[21]</sup>建议当出现以下情况时选择单侧椎弓根穿刺:(1)病变椎体塌陷程度不重,骨折局限在一侧椎体,采用病变侧穿刺;(2)病变椎体一侧塌陷严重,从塌陷侧进针困难,则采用对侧进针;(3)病变椎体呈均匀性塌陷,塌陷程度不低于原椎体高度的 1/2,可采用任何一侧穿刺进针。但当椎体塌陷程度大于原椎体高度的 1/2 时则不宜采用单侧穿刺。此外,当骨水泥在椎体内弥散不满意时 also 需行双侧椎弓根穿刺注射以达到理想效果。因此,在考虑经单侧还是双侧椎弓根注射时,应根据病变椎体的不同情况,选择合适的注射方式。

### 4 经皮椎体成形术的技术

经皮椎体成形术用于治疗骨质疏松性椎体压缩骨折、椎体转移瘤、椎体骨髓瘤和血管瘤等,可以迅速产生镇痛作用。但是这种手术方式不能有效恢复椎体的压缩高度、矫正继发性脊柱后凸畸形,同时骨水泥需在较大的压力下向椎体内注射,骨水泥发生椎体外渗漏的可能性较大<sup>[22]</sup>。为了改善这种情况,Lieberman 等<sup>[23]</sup>经皮通过专用通道在塌陷的椎体内置入可扩张球囊,通过扩张球囊来抬升终板,并向椎体内注入骨水泥来强化椎体,从而使病椎原有的高度大部分得以恢复,稳定了压缩椎体,即经皮椎体

后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)。Zhou 等<sup>[24]</sup>通过比较分别行 PVP 和 PKP 手术的两组患者,发现两种术式在患者术后疼痛缓解率、手术时间及术中出血量方面没有显著性差异,但是 PKP 比 PVP 能更好地恢复椎体高度。Voggenreiter 等<sup>[25]</sup>采用经球囊扩张椎体成形术治疗 87 例患者共 145 个压缩椎体,术后通过 CT 观察脊柱生理弯曲角度的恢复及通过 VAS 评分来判断患者术后疼痛的缓解率,发现球囊扩张椎体成形术能够很好地恢复脊柱正常的生理曲度,并能很好地缓解患者的疼痛。Gaitanis 等<sup>[26]</sup>在胸椎标本上进行生物力学测定,结果显示在生理性前负荷作用下球囊扩张能明显纠正椎体畸形,并使轴向负荷力线后移,达到椎体前的排列,减少由椎体轴向负荷力线前移在邻近椎体上的额外屈曲力矩,从而减低邻近椎体的再骨折风险。Eck 等<sup>[27]</sup>综合了 168 篇关于 PVP 和 PKP 手术疗效的文献,发现两者都可以很好地缓解患者的疼痛症状,但是 PKP 能有效降低骨水泥渗漏率及减少新的压缩骨折发生。Villarraga 等<sup>[28]</sup>的研究表明 PKP 对邻近椎体的压力和张力是微小的,而且发现治疗椎体水平的压力和张力比皮质骨和松质骨能耐受的极限要小,认为后继的骨折与手术无关。尽管 PKP 有诸多优点,然而其术中所用的扩张球囊价格昂贵。PVP、PKP 对于新鲜椎体压缩性骨折效果都较好,但对于陈旧性椎体压缩骨折,由于缺乏成形所需要的间隙存在,常可引起骨水泥的渗漏,容易引起严重的并发症。

针对 PKP 和 PVP 存在的不足,以色列 Disc-O-Tech 公司开发出了膨胀式椎体成形器(Sky 成形器),能经皮置入椎体内,无需过多地破坏椎体结构,当其处于椎体内的适当位置后,加压扩张椎体,当压缩椎体的高度得到恢复后,取出 Sky 成形器,在已形成的椎体空腔内注入骨水泥来强化椎体,以保持椎体高度。Zheng 等<sup>[29]</sup>应用 Sky 成形器治疗 25 例患者共 30 个压缩骨折椎体,发现能很好地缓解患者疼痛症状,改善脊柱运动功能,并能恢复压缩椎体高度,唯一不足的是仍然不可避免地导致骨水泥的渗漏。为了克服容易引起骨水泥渗漏的问题,台湾 A-Spine 公司在 kyphoplasty 系统的基础上研制出 Vessel-X 骨材料填充器经皮椎体成形术系统(Vesselplasty)。构成 Vessel-X 骨材料填充器的致密高分子网层结构能包裹绝大部分的骨水泥,并允许适量的骨水泥渗漏到网层外与周围骨组织锚合,而且术中 Vessel-X 骨材料填充器无需撤出,既能较好地控制骨水泥在椎体内的分布,又避免了骨水泥渗漏的可能,从而提高了手术的安全性。尸体标本研究<sup>[30]</sup>和初步的临床应用<sup>[31]</sup>均显示了以上优点,但是确切的临床应用可行性和安全性尚需进一步的研究。

综上所述,经皮椎体成形术治疗椎体压缩骨折是一项安全、有效、实用价值较高的技术,但仍然存在一些不足,需要进一步的研究来改进,以更好地发挥其使用价值。

### 5 参考文献

1. Togawa D, Bauer TW, Lieberman IH, et al. Histologic evaluation

- of human vertebral bodies after vertebral augmentation with polymethylmethacrylate[J].Spine, 2003, 28(14):1521-1527.
2. Belkoff SM, Molloy S. Temperature measurement during polymerization of polymethylmethacrylate cement used for vertebroplasty[J].Spine, 2003, 28(14):1555-1559.
3. Krebs J, Aebli N, Goss BG, et al. Cardiovascular changes after pulmonary cement embolism: an experimental study in sheep [J].AJNR Am J Neuroradiol, 2007, 28(6):1046-1050.
4. Walker DH, Mummaneni P, Rodts GE Jr, et al. Infected vertebroplasty: report of two cases and review of the literature[J].Neurosurg Focus, 2004, 17(6):E6.
5. 王东来, 冯建刚. 经皮椎体成形术并发脊髓梗死 1 例报告[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(5):372-376.
6. Turner TM, Urban RM, Singh K, et al. Vertebroplasty comparing injectable calcium phosphate cement compared with polymethylmethacrylate in a unique canine vertebral body large defect model[J].Spine J, 2008, 8(3):482-487.
7. Grafe IA, Baier M, Noldge G, et al. Calcium-phosphate and polymethylmethacrylate cement in long-term outcome after kyphoplasty of painful osteoporotic vertebral fractures[J].Spine, 2008, 33(11):1284-1290.
8. Mirzayan R, Panossian V, Avedian R, et al. The use of calcium sulfate in the treatment of benign bone lesions: a preliminary report[J].J Bone Joint Surg Am, 2001, 83(3):355-358.
9. 张绍东, 姜星杰, 吴小涛, 等. 三种骨水泥应用于椎体成形术的生物力学比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(3):205-209.
10. 苏汝堃, 郑召民, 李佛保, 等. 两种填充物在经皮椎体成形术中应用的临床比较 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2006, 21(4):250-252.
11. Cheung KM, Lu WW, Luk KD, et al. Vertebroplasty by use of a strontium-containing bioactive bone cement[J].Spine, 2005, 30(17 Suppl):S84-S91.
12. Tomita S, Molloy S, Jasper LE, et al. Biomechanical comparison of kyphoplasty with different bone cements[J].Spine, 2004, 29(11):1203-1207.
13. Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, et al. The biomechanics of vertebroplasty: the effect of cement volume on mechanical behavior[J].Spine, 2001, 26(14):1537-1541.
14. Kaufmann TJ, Trout AT, Kallmes DF, et al. The effects of cement volume on clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty[J].AJNR Am J Neuroradiol, 2006, 27(9):1933-1937.
15. Weisskopf M, Ohnsorge JA, Niethard FU, et al. Intravertebral pressure during vertebroplasty and balloon kyphoplasty: an in vitro study[J].Spine, 2008, 33(2):178-182.
16. Higgins KB, Harten RD, Langrana NA, et al. Biomechanical effects of unipedicular vertebroplasty on intact vertebrae [J].Spine, 2003, 28(14):1540-1547.
17. Tohmeh AG, Mathis JM, Fenton DC, et al. Biomechanical efficacy of unipedicular versus bipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fractures [J].Spine, 1999, 24(17):1772-1776.
18. Steinmann J, Tingey CT, Cruz G, et al. Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty [J].Spine, 2005, 30(2):201-205.
19. Liebschner MA, Rosenberg WS, Keareny TM, et al. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty[J].Spine, 2001, 26(14):1547-1554.
20. 康南, 海涌, 鲁世保, 等. 单侧椎弓根穿刺椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(5):365-367.
21. 袁宏, 赵喜滨, 孙治国. 球囊单侧扩张椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(12):913-917.
22. Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P, et al. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety [J].Spine, 2006, 31(23):2747-2755.
23. Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, et al. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures [J].Spine, 2001, 26(14):1631-1638.
24. Zhou JL, Liu SQ, Ming JH, et al. Comparison of therapeutic effect between percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty on vertebral compression fracture [J].Chin J Traumatol, 2008, 11(1):42-44.
25. Voggenreiter G, Brocker K, Röhl B, et al. Results of balloon kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures[J].Der Unfallchirurg, 2008, 111(6):403-413.
26. Gaitanis IN, Garandang G, Phillips FM, et al. Restoring geometric and loading alignment of the thoracic spine with a vertebral compression fracture: effects of balloon (bone tamp) inflation and spinal extension[J].Spine J, 2005, 5(1):45-54.
27. 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.
28. Villarraga ML, Bellezza AJ, Hanigan TP, et al. The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies[J].J Spine Disord Tech, 2005, 18(1):84-91.
29. Zheng ZM, Kuang GM, Dong ZY, et al. Preliminary clinical outcomes of percutaneous kyphoplasty with Sky-bone expander[J].Chin Med J (Engl), 2007, 120(9):761-766.
30. Zheng Z, Luk KD, Kuang G, et al. Vertebral augmentation with a novel Vessel-X bone void filling container system and bioactive bone cement[J].Spine, 2007, 32(19):2076-2082.
31. 郑召民, 卞冠明, 董智勇, 等. 新型 Vessel-X 骨材料填充器经皮椎体成形术 (Vesselplasty)——球囊扩张椎体后凸成形术的替代选择[J]. 中国微创外科杂志, 2007, 7(2):143-145.

(收稿日期: 2009-01-14 修回日期: 2009-03-03)

(本文编辑 卢庆霞)