

椎体成形术后相邻椎体再骨折

于凌佳 张华倩

中图分类号: R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2008)11-0823-04

摘要: 近年来椎体成形术后相邻椎体再骨折的发生已引起临床医生的广泛关注。椎体成形术后相邻椎体再发骨折的可能原因有力学和临床两方面因素,前者主要是指相邻椎体刚度和强度的改变而后者主要是指骨水泥的外渗及相邻椎体自身骨质疏松的严重程度。是否采取预防措施防止相邻椎体发生骨折目前尚无定论,成为今后的研究方向。主要包括预防性应用椎体成形术和寻找理想骨水泥替代物。笔者对上述观点作一综述。

关键词: 椎体成形术; 相邻椎体再发骨折; 骨质疏松

Refractures of adjacent vertebral bodies after percutaneous vertebroplasty YU Lingjia, ZHANG Huachou.

Department of Orthopedic Surgery, Beijing Hospital, Beijing 100730, China

Abstract: In recent years clinicians have paid more attention to refracture of the adjacent vertebral bodies after vertebroplasty. The possible causes of refracture after vertebroplasty include both mechanical and clinical factors, the former are the changes of strength and stiffness of the adjacent vertebral bodies and the latter are the extravasate of cement and the osteoporosis severity itself of the adjacent vertebral bodies. Whether preventive measures for refracture of adjacent vertebral bodies should be taken remains controversial. So future studies should be focused on both prophylactic stabilization of adjacent segments by kyphoplasty and searching for optimal bone cement substitute. The views of above-mentioned are reviewed in this article.

Key words: Vertebroplasty; Refracture of adjacent vertebral bodies; Osteoporosis

伴随着人口的老龄化,骨质疏松性骨折已呈高发态势,预计到 2050 年全球 65 岁以上人群患骨质疏松人数将从目前的 3.23 亿升至 15.55 亿人,男、女性患者比例为 1:4^[1],其中椎体压缩骨折(vertebral compression fractures, VCFs)约占所有骨质疏松性骨折的 45%。脊柱压缩骨折的传统的治疗方法包括:卧床休息、口服止痛药、戴支具固定等,但疗程长,疗效差,并加重骨量的丢失,还易导致肺炎、泌尿系感染、褥疮等并发症,增加了患者的痛苦。1987 年,法国人 Galibert^[2]首次报道了经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)治疗椎体血管瘤获得成功,该方法后被推广应用到疼痛性椎体压缩骨折的治疗上,取得了一定疗效。2000 年在 PVP 的基础上加以改进,经皮后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)问世,能有效恢复病损椎体高度,改善病变椎体的力学稳定性,临床应用证实其有迅

速、可靠、安全、有效的治疗效果,并发症相对较少^[3],但椎体成形术后相邻椎体再骨折问题陆续有报道^[4],已引起临床医生的广泛关注。对椎体成形术后相邻椎体再骨折发生的可能原因及预防对策成为今后的研究方向,笔者对上述问题加以综述。

1 相邻椎体再发骨折的风险增加分析

1.1 力学分析

研究椎体的力学效应不能局限于单一椎体,应该是多节段脊柱单位模型,包括与其相邻的椎体及它们之间的椎间盘,从而探讨椎体成形术对整个多节段模型的影响,以便研究术后相邻椎体的变化。Berlemann 等^[5]首次利用多节段模型来研究相邻椎体骨折。双节段椎体对照研究发现:注入骨水泥后降低了整个双椎体模型强度的 19%。未注入骨水泥组通常发生双椎体骨折,而注入骨水泥组的模型,骨折几乎全部发生在相邻椎体,这说明相邻的骨质疏松椎体的应力负荷难以分散。研究还发现与单椎体模型相反,双椎体模型强度与注入骨水泥的量成

负相关,大量的骨水泥填充造成椎体间巨大的刚度级差,容易导致相邻椎体发生骨折。毫无疑问,取出松质骨后单纯的中空皮质骨外壳导致应力传导的中断,失去正常的椎体承载功能,椎体强度的维持是松质骨和皮质骨外壳微结构力学功能特性的反应。在椎体的受力中,应力的承受应该主要是经终板向下传导,稀疏的骨小梁在应力的分散中有重要作用。椎体的“双凹征”是适应应力的结果,在椎体间形成“蛋壳样”效应,从而使终板及椎间盘起着分散应力的作用。但是椎体成形术后骨水泥的注入抑制骨折椎体终板中心凹陷,从而破坏了“蛋壳样”效应,使应力相对集中,压迫椎间盘并将应力传导到相邻的椎体终板及椎体上^[6]。Wilcox^[7]研究发现,注入骨水泥以后相邻椎体的终板中心凹陷增加,引起椎体骨小梁结构的破坏。Baroud 等^[4]利用有限元模型(finite element model)研究发现,骨水泥的注入改变相邻椎间盘的刚度和负荷,抑制骨折椎体终板的中心凹陷,终板的中心凹陷较术前减少了约 7%,椎间压力增加了约 19%,通过传导相邻椎体终板中心凹陷增加了约 17%。正因为相邻椎体负荷的增加使它变成整个节段最脆弱的部分,负荷持续增加直到新的骨折发生。可以看出,骨水泥的注入可以导致椎体的承载能力减弱,相邻椎间盘负荷增加,通过传导引起相邻椎体应力和张力的增加,骨水泥注入后还可以引起周围骨小梁的破坏,这些都是椎体成形术后相邻椎体再发骨折的力学原因。

1.2 临床分析

1.2.1 骨水泥的外渗引起椎体再发骨折 骨水泥的外渗是椎体成形术的主要并发症之一,Hulme 等^[8]的系统回顾指出:骨水泥的外渗率在椎体成形术和椎体后凸成形术中分别是 41%($n = 2\,283$ levels)和 9%($n = 1\,486$ levels)。同时还指出外渗的途径主要有脊柱旁外渗(48%)、椎间盘外渗(38%)、硬膜外外渗(11%)。其中骨水泥脊柱旁外渗和椎间盘外渗两种形式通常是无症状的,但骨水泥外渗至椎间盘能够增加邻近椎体新发生骨折的机会^[9]。Lin 等^[10]分析接受椎体成形术后的患者中,发现骨水泥渗漏到椎间盘内导致相邻椎体骨折的发生率明显较其他渗出部位者增多,38 名椎体压缩骨折的患者中有 14 名患者椎体成形术后再次发生相邻椎体压缩骨折,其中 10 名患者再发骨折与骨水泥的外渗有关,分析发现 58% 的再发骨折椎体的相邻椎间盘伴有骨水泥的外渗,而 12% 的再发椎体骨折不伴有相邻椎间盘骨水泥的外渗。有人提出减少骨水泥外渗的发生

方法:注入骨水泥时增加骨水泥的黏稠度,减少骨水泥的注入量,同时保证术后椎体的强度。骨水泥外渗至椎间盘中也可能提示患者存在严重的骨质疏松症或已经存在相邻终板骨折等其他导致椎体再骨折的因素^[9]。

1.2.2 再发骨折-骨质疏松 再发骨折的原因可能是椎体骨质疏松的一种自然进程,有研究表明:骨质疏松性椎体压缩骨折患者无论是否经过椎体成形术的治疗,再次发生椎体压缩骨折的概率大约是首次发生椎体压缩骨折概率的 4 倍^[11],也有分析发现:椎体新发骨折的相对风险与骨密度关系很密切,骨密度每提高 1% 椎体发生骨折的风险性就减小 3%^[12]。利用 FSU(functional spinal unit)T12-L2 有限元模型,并在 L1 模拟椎体成形术,来测量经治疗及相邻未经治疗的椎体的应力和张力,研究发现:相邻椎体的应力和张力改变很小。同时经治疗的椎体的应力和张力也小于皮质骨和松质骨受损的耐受限量。因此 Villarraga 等^[13]提出应用椎体成形术后相邻椎体发生骨折主要与原发病因即骨质疏松症关系密切,而与手术本身关系不明显。有不同的研究发现在原发或继发骨质疏松症伴有严重椎体压缩骨折患者中相邻椎体 BMD-T 值与椎体成形术后无论有无再发椎体压缩骨折患者的 BMD-T 值没有大的差别。提示椎体再发骨折未必与骨质疏松程度存在必然联系^[14]。另有研究发现:骨质疏松椎体压缩骨折包含骨内裂缝的椎体可能提示患者具有特别严重的骨质疏松,应用椎体成形术后发生相邻椎体压缩骨折的机会大大增加,相邻椎体再发骨折的机会大约是没有椎体内裂缝的两倍。在一般的骨质疏松人群中,骨的无机质减少和骨折严重程度的增加都是引起相邻椎体发生压缩骨折的伴发因素,而存在椎体内裂缝的患者同时存在以上的因素和其他能引起椎体内裂缝的因素,从而增加了相邻椎体再发骨折的风险。同时椎体裂缝病灶处注入骨水泥后形成高强度和硬度的骨水泥团,椎体应力均匀分布机制受到破坏,增加了相邻椎体再发骨折的风险。椎体成形术后和椎体后凸成形术后相邻椎体的再骨折风险比较,还有待于进一步研究^[15]。

2 未来的研究方向

2.1 应用椎体成形术预防再发骨折的价值

为了预防椎体成形术后相邻椎体再发骨折,有人提出预防性应用椎体成形术,即治疗椎体压缩骨折的同时,对相邻未发生压缩骨折的椎体应用椎体

成形术,或多个压缩骨折椎体中夹 1 个未发生骨折的椎体(俗称“三明治”型压缩骨折),对其应用椎体成形术。而这种预防性手段的必要性,及其对整个脊柱的影响还有待进一步研究^[16]。至今尚无确切的证据和报告显示预防性治疗的原则以及必要性。有支持的观点:48 个 3 节段椎体(T3-T5, T6-T8, T9-T11, T12-L2, and L3-L5)分成 3 组,人为将椎体压缩骨折后,分别对 1、2、3 个椎体进行骨水泥的注入并并行力学分析,研究不同数量节段的骨水泥注入是否能影响椎体的强度和刚度。研究发现多节段椎体和单个椎体的强度和硬度与骨密度(BMD)关系密切,而与注入骨水泥的椎体数量无关。在相同的椎体密度和相同的椎体容量的情况下椎体的强度和刚度在术前和术后没有明显的差别。分别对 1、2、3 个节段椎体内预防性注入骨水泥后椎体生物力学性质没有明显差别,说明应用椎体成形术治疗椎体压缩骨折时如果临近椎体存在骨折风险应一并注入骨水泥,可以预防再发骨折^[17]。也有研究表明:椎体骨折后,骨水泥的注入明显增加椎体的衰竭负荷,而椎体的刚度却得不到恢复,预防性注入骨水泥后虽然椎体的衰竭负荷也会少量增加,但椎体的刚度得到了保持,由此说明预防性应用椎体成形术的效果较好^[18]。

同时也有作者持反对的观点:随访 5 名两个骨折椎体中间夹 1 个未骨折椎体(“三明治”型椎体压缩骨折)的患者,对两个骨折椎体行椎体成形术,只有 2 名患者术后中间椎体发生压缩骨折^[14]。说明“三明治”型椎体压缩骨折并不一定能够引发中间椎体压缩骨折。Becker 等^[19]将 60 名单节段椎体压缩骨折患者随机分两组:单节段治疗组和邻近节段预防治疗组,行椎体成形术治疗。随访 1 年,再次发生椎体压缩骨折的概率没有明显差别(分别是 5/23 和 7/27)。研究结论表明单节段椎体压缩骨折对邻近未骨折椎体预防性应用椎体成形术是没有必要的,预防性应用椎体成形术不会降低椎体再次发生压缩骨折的机会。

2.2 填充材料特性

填充材料也是决定椎体成形术预后的重要因素之一,理想的骨水泥需要具有:灌注方便、黏滞度高不易外渗、不透过 X 线、热损伤小、良好的生物相容性等特点^[20]。目前应用于椎体成形术的填充材料主要包括:聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)复合骨水泥如:Cortoss 等和可生物降解的骨水泥如:磷酸钙骨水泥(calcium phosphate

cement, CPC)等。

聚甲基丙烯酸甲酯具有黏稠度低,容易灌注,并能快速提供所需的椎体强度和刚度等特点,但由于其黏滞性较低,发生渗漏的几率较高,有研究发现:骨水泥 PMMA 注入的量越大,外渗的风险也随之提高,从而影响了手术的效果^[21]。PMMA 聚合时产热可引起蛋白质变性,细胞坏死及周围神经损伤,有研究显示骨水泥聚合时的温度在椎体前部达 44 ~ 113℃,在椎体中心达 49 ~ 112℃,椎管内达 39 ~ 57℃,而骨水泥在上述 3 个部位温度超过 50℃的最长滞留时间分别达 5.5、8 min 和 2.5 min^[22]。

复合骨水泥,如 Cortoss 骨水泥,在欧美已经应用于临床上,它是由丙烯酸树脂复合玻璃陶瓷颗粒组成的生物活性物质。和 PMMA 相比 Cortoss 具有更好的生物相容性和更好的射线不透过性,聚合温度低,并有更高的强度和刚度,是很好的 PMMA 替代产品^[23-24]。但是同时也存在一些问题,研究发现:应用 Cortoss 后椎体的强度和刚度要高于注入 PMMA 的椎体,高刚度的椎体容易引起临近椎体发生骨折^[5]。

磷酸钙骨水泥具有任意塑形、自行固化、生物相容、逐步降解等特性,较 PMMA 有更好的生物相容性、黏滞度等特点。Lim 等^[25]研究认为 CPC 在体内成形过程中产热明显减少,并且具有良好的弥散能力,可以明显增强骨质疏松椎体的抗压强度。其本身的强度低于正常椎体,但高于骨质疏松椎体,在椎体成形术后可以减小因椎体的刚度变化而导致上下缘椎体骨折的几率^[26]。

总之,椎体成形术后发生相邻椎体再发骨折已经引起临床医生的广泛关注,其发生的可能因素为:相邻椎体的生物力学改变,如:相邻椎体应力集中,刚度、强度增加等。而骨水泥的外渗、相邻椎体自身骨质疏松程度等原因同样会导致椎体再发骨折。也有人提出:再次发生骨折的原因可能是骨水泥的发热凝固导致不可逆的骨及周围组织的损伤,骨水泥浸入血管中,损伤血管和骨组织等^[27]。确切的发生机制还有待于进一步研究。目前的研究还存在一些不足,对于椎体成形术后进行骨密度的随访研究的报道还很少,应进一步研究椎体成形术与骨密度、骨密度与椎体再发骨折的关系。而预防性应用椎体成形术的原则以及寻找理想的骨水泥替代物也成为今后的研究方向。

【参考文献】

[1] Dennison E, Mohamed MA, Cooper C. Epidemiology of osteoporosis.

- Rheum Dis Clin North Am 2006 33(4):617-629.
- [2] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. Neurochirurgie, 1987 33(2):166-168.
 - [3] Gaffin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fracture. Spine, 2001 26(14):1511-1515.
 - [4] Baroud G, Nemes J, Heini P, et al. Load shift of the intervertebral disc after a vertebroplasty: a finite-element study. Eur Spine J, 2003 12(4):421-426.
 - [5] Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation. J Bone Joint Surg, 2002 84(5):748-752.
 - [6] Polikeit A, Nolte LP, Ferguson SJ. The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis. Spine, 2003 28(10):911-916.
 - [7] Wilcox RK. The biomechanical effect of vertebroplasty on the adjacent vertebral body: a finite element study. Proc Inst Mech Eng, 2006 220(4):565-572.
 - [8] Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. Spine, 2006 31(17):1983-2001.
 - [9] Komemushi A, Tanigawa N, Kariya S, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fracture: multivariate study of predictors of new vertebral body fracture. Cardiovasc Intervent Radiol, 2006 29(4):580-585.
 - [10] Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, et al. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. American Journal of Neuroradiology, 2004 25(2):175-180.
 - [11] Heini PF, Orlor R. Vertebroplastik bei hochgradiger Osteoporose Technik und Erfahrung mit plurisegmentalen Injektionen. Orthopade, 2004 33(1):22-30.
 - [12] Cummings SR, Karpf DB, Harris F, et al. Improvement in spine bone density and reduction in risk of vertebral fractures during treatment with antiresorptive drugs. Am J Med, 2002 112(4):281-289.
 - [13] 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.
 - [14] Voormolen MH, Lohle PN, Juttman JR, et al. The risk of new osteoporotic vertebral compression fractures in the year after percutaneous vertebroplasty. J Vasc Interv Radiol, 2006 17(1):71-76.
 - [15] Trout AT, Kallmes DF, Lane JI, et al. Subsequent Vertebral Fractures after Vertebroplasty: Association with Intraosseous Clefts. American Journal of Neuroradiology, 2006 27(7):1586-1591.
 - [16] Chang CY, Teng MM, Wei CJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for patients with osteoporosis: a one-year follow-up. Acta Radiol, 2006 47(6):568-573.
 - [17] 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.
 - [18] Furtado N, Oakland RJ, Wilcox RK, et al. A biomechanical investigation of vertebroplasty in osteoporotic compression fractures and in prophylactic vertebral reinforcement. Spine, 2007 32(17):480-487.
 - [19] 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.
 - [20] Lewis G. Injectable bone cements for use in vertebroplasty and kyphoplasty: state-of-the-art review. J Biomed Mater Res, 2006 76(2):456-468.
 - [21] Ryu KS, Park CK, Kim MC, et al. Dose-dependent epidural leakage of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures. J Neurosurg, 2002 96(1 Suppl):56-61.
 - [22] Belkoff SM, Molloy S. Temperature measurement during polymerization of polymethylmethacrylate cement used for vertebroplasty. Spine, 2003 28(14):1555-1559.
 - [23] Deramond H, Wright NT, Belkoff SM. Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty. Bone, 1999 25(2 suppl):17S-21S.
 - [24] Belkoff SM, Mathis JM, Erbe EM, et al. Biomechanical evaluation of a new bone cement for use in vertebroplasty. Spine, 2000 25(9):1061-1064.
 - [25] Lim TH, Brebach GT, Renner SM, et al. Biomechanical evaluation of an injectable calcium phosphate cement for vertebroplasty. Spine, 2002 27(12):1297-1302.
 - [26] Tomita S, Kin A, Yazu M, et al. Biomechanical evaluation of kyphoplasty and vertebroplasty with calcium phosphate cement in a simulated osteoporotic compression fracture. J Orthop Sci, 2003 8:192-197.
 - [27] Baroud G, Samara M, Steffen T. Influence of mixing method on the cement temperature-mixing time history and doughing time of three acrylic cements for vertebroplasty. J Biomed Mater Res, 2004 68B(1):112-116.

(收稿日期:2008-06-30)