

PMMA 强化骨质疏松条件下椎弓根螺钉稳定性的研究进展

刘达¹ 张译² 潘显明^{1*}

(1. 成都军区总医院骨科, 成都 610083; 2. 成都军区总医院附属口腔医院, 成都 610083)

中图分类号: R681.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2013)05-0525-04

摘要: 随着我国人口老龄化的日益加剧, 如何有效的提高骨质疏松条件下椎弓根螺钉的稳定性、防止螺钉松动已经成为脊柱外科亟待解决的难题。目前凭借出色的机械强度, PMMA 已经被广泛的应用于强化骨质疏松条件下椎弓根螺钉的稳定性。然而在众多的研究中, PMMA 的注射剂量、注射方法及椎弓根螺钉的设计差异很大。本文就目前 PMMA 强化骨质疏松条件下椎弓根螺钉稳定性的研究进展做一综述。

关键词: 椎弓根螺钉; 骨质疏松; 稳定性; 聚甲基丙烯酸甲酯; 综述

Research progress of augmentation of pedicle screw stability with polymethylmethacrylate in patients with osteoporosis

LIU Da¹, ZHANG Yi², PAN Xianming¹

(1. Department of Orthopedics, General Hospital of Chengdu Military Region;

2. The Affiliated Stomatological Hospital, General Hospital of Chengdu Military Region, Chengdu 610083, China)

Corresponding author: PAN Xianming, E-mail: xianmingpan@yahoo.cn

Abstract: With the aging of the population aggravating in our country, how to effectively increase the stability of pedicle screw in patients with osteoporosis (OP) and to prevent loosening of the screw has become an urgent problem in spine surgery. Based on the effective mechanical strength, Polymethylmethacrylate (PMMA) has been widely used in the augmentation of pedicle screw stability in patients with OP. However, the injection methods of PMMA, injected volume of PMMA, and the design of pedicle screw in various researches are different. This paper reviews research progress of augmentation of pedicle screw stability with PMMA in patients with OP.

Key words: Pedicle screw; Osteoporosis; Stability; Polymethylmethacrylate; Review

椎弓根螺钉系统已经成为脊柱外科最常用的内固定技术, 被广泛的应用于临床并取得了良好的效果^[1]。随着我国人口老龄化的不断加剧, 越来越多的老龄患者因脊柱疾病需要进行内固定手术^[2]。然而, 螺钉的稳定性与骨密度 (bone mineral density, BMD) 呈正相关关系^[3], 当骨质条件下降或变差时, 螺钉的稳定性有不同程度的下降, 常常导致螺钉松动、退出、断裂, 严重影响治疗效果。因此, 如何有效的提高不同骨质条件下椎弓根螺钉的稳定性、防止螺钉的松动已经成为脊柱外科医生亟待解决的一大难题。针对这一难题, 越来越多的研究者将研究集中在钉道的强化处理方面, 即向钉道内填充各种强

化材料来提高螺钉的固定。聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethylmethacrylate, PMMA) 因机械强度高、固定牢靠、凝固迅速、操作方便等优点而成为目前临床上最常用的强化材料。

1 PMMA 强化脊柱螺钉的早期应用

Fan 等^[4]使用 PMMA (双侧钉道共 6.0-9.0 ml) 强化椎弓根螺钉对骨质疏松椎体不稳定性损伤模型进行固定, 发现 PMMA 强化椎弓根螺钉不仅能提供脊柱的即刻稳定性, 还能显著增加固定节段脊柱的抗疲劳能力, 使骨质疏松患者得到持久而坚强的脊柱内固定。吕晓东等^[5]通过术后长期随访发现, 向钉道内注射 PMMA (1.5-2.0 ml) 可以显著提高椎弓根螺钉在骨质疏松患者体内的稳定性, 有效的防止

*通讯作者: 潘显明, E-mail: xianmingpan@yahoo.cn

脊柱内置物的松动、脱出,具有较好的临床效果。章筛林等^[6]对 23 例骨质疏松患者用 PMMA 强化椎弓根钉内固定,平均每侧椎弓根注入 3.2 ml (2.5 ml ~ 3.5 ml),术后随访结果表明该方法对防止骨质疏松患者椎弓根螺钉松动及脱落有较好的临床效果,但术中应注意操作技巧,确保无骨水泥渗漏。Kiner 等^[7]通过对腰椎尸体标本进行螺钉翻修实验发现,PMMA 可显著提高翻修时螺钉的稳定性,可作为脊柱翻修术中的一种选择。

2 不同的注射方法

在上述的研究中,多采用传统的钉道强化方法,即在螺钉拧入前向钉道内直接注射强化材料,材料填充于钉道周围的骨小梁间隙中,提高了局部的密度,增加了螺钉与周围骨组织的粘附力,提高了螺钉的固定强度,形成了即刻的稳定性。该方法操作简单且效果明显。然而它也存在诸多的问题:(1)钉道的容量有限,注入强化材料的剂量有限,强化螺钉稳定性的效果存在一定的局限性;(2)更为重要的是,螺钉拧入的过程中,强化材料被挤压进入周围的骨质的流动及分布不受控制,容易发生渗漏、压迫神经等,尤其当椎弓根处皮质发生微小骨折而未被发现时,拧入螺钉时 PMMA 容易被挤压进入椎管,压迫脊髓及神经。

针对这一问题,目前有学者采用特殊的注射装置结合 PMMA 对周围的骨质进行强化。Frankel 等^[8]通过头端带侧孔的丝攻向骨质疏松的椎体(T5-L5)内注射 PMMA,平均剂量为 3.7 ml (2.0~8.0 ml)。研究发现,与空白组相比,高剂量组(≥ 5.5 ml)和低剂量组(≤ 2.8 ml)中螺钉的平均最大轴向拔除力(the maximum pullout strength, $F_{\max}$)分别提高了 119% 和 162%,而两组的 $F_{\max}$ 之间未见统计学差异。该方法可显著提高骨质疏松条件下螺钉的初始稳定性及翻修时的固定强度。他们建议使用小剂量的 PMMA 来减少 PMMA 的毒性作用、热损伤及渗漏风险。在随后的临床应用中^[9],他们发现有 39% 的患者发生了非椎管内的 PMMA 渗漏,但均无任何症状。他们认为,该方法可明显减少骨质疏松条件下螺钉松动的风险,且该方法是相对安全的,小心谨慎操作可减少并发症的发生。Chang 等^[10]对 41 例骨质疏松患者进行脊柱后路手术时,通过特制的注射装置将不同剂量的 PMMA (腰椎 3.0 ml,胸椎和骶 1 椎体 2.0~2.5 ml)注入到椎体前 1/3 处,然后拧入椎弓根螺钉;术后 12 例患者(84 枚螺钉)经

CT 检查后发现:PMMA 的渗漏率为 26.2% (22/84),所有渗漏均无神经压迫症状;他们认为该方法可显著提高脊柱的稳定性,是一种安全、可靠、可行的临床技术。Waits 等^[11]通过远端 1/3 带侧孔的螺钉向钉道内注射 PMMA (2.5 ml)后将螺钉取出,再置入普通椎弓根螺钉,研究发现:该方法可以显著强化螺钉的横向稳定性,且具有较低的旋出力矩,降低了取钉的难度。雷伟等^[12,13]根据岩 ± 锚固技术原理首次提出了钉道局部强化的理念,并设计出空心侧孔丝攻,在制备钉道的过程中通过该丝攻注射 PMMA (2.0 ml)对钉道实施局部强化处理。研究发现该方法可以提高螺钉纵向和横向稳定性,同时还能避免 PMMA 与螺钉的严密包裹,降低了 PMMA 在椎弓根处渗漏的风险。

3 不同设计的可注射螺钉

尽管通过空心侧孔丝攻等注射装置向钉道周围注射骨水泥等材料可以显著强化螺钉的固定强度,但在拧入和取出注射装置的过程中,必然会对钉道周围的骨质造成破坏,有人为降低螺钉稳定性的风险。因此,有学者针对骨质疏松椎体的特点,设计出可注射的椎弓根螺钉,在置入螺钉后将强化材料通过螺钉的中空和侧孔注入周围骨质中,以提高螺钉的稳定性。Fransen 等^[14]设计的带侧孔的螺钉(螺钉前端纵向排列 3 个侧孔,相邻侧孔之间间隔一个螺道),通过结合 PMMA (1.5 ml)均可明显提高骨质疏松条件下螺钉的稳定性。张亘媛等^[15]设计出定向灌注椎弓根螺钉,向其内注入甲基丙烯酸甲酯(3.0~5.0 ml)后可显著增加螺钉的稳定性,并能减少甲基丙烯酸甲酯向椎弓根外或椎管内的渗漏,适用于螺钉松动和拔出的翻修术。Blatter 等^[16]设计了空心侧孔螺钉(螺钉前 1/2 有 4 个纵向排列的侧孔),通过注射 PMMA (1.5 ml)来强化 T9-L4 椎弓根螺钉的固定,不仅显著提高了螺钉的稳定性,同时在旋出的过程中螺钉与周围的 PMMA 容易发生断裂而被取出,不会造成取钉过程中的骨质破坏。Chen 等^[17]自行设计了侧孔数量不同(2、4、6、8 孔)、分布不同的空心侧孔螺钉,通过注射 PMMA 强化螺钉的固定。实验表明:所有的空心侧孔螺钉经 PMMA 强化后的 $F_{\max}$ 较普通螺钉均有显著提高,且 8 孔螺钉的 $F_{\max}$ 最大。然而,使用相同剂量的 PMMA 进行强化时,2 孔螺钉的稳定性显著低于全钉道强化普通螺钉的稳定性。Moon 等^[18]通过自制的可注射椎弓根螺钉(粗 6.5 mm 长 40 mm 和粗 7.5 mm 长

45 mm 的螺钉分别有直径为 2.5 mm 和 3.0 mm 的中央空腔,螺钉的前端有 4 个侧孔,其中 2 个侧孔和另外 2 个相互垂直)联合 PMMA (平均 1.83 ± 0.11 ml, $1.7 \sim 2.0$ ml) 对 37 例伴有骨质疏松的退行性椎管狭窄患者进行脊柱内固定、融合术,其中仅有 2 例发生椎体前侧的 PMMA 渗漏 (5.4%)。术后随访发现,融合率为 91.9%,螺钉松动率为 2.7%。术后 2 年患者下腰痛和腿痛的 VAS 评分较术前明显降低。Bullmann 等^[19]通过带侧孔的螺钉向骨质疏松的胸腰椎标本中注射平均 1.2 ml 的 PMMA (0.8~2.0 ml),研究发现:强化螺钉的旋出力矩和 $F_{\max}$ 均显著高于非强化螺钉,且 PMMA 的剂量对螺钉旋出力矩和 $F_{\max}$ 均无显著性的作用;对于强化螺钉和非强化螺钉而言,BMD 和旋出力矩及 $F_{\max}$ 之间均无显著的相关性关系。Paré 等^[20]通过带侧孔的椎弓根螺钉(其远端有 6 个侧孔和 1 个钉尖处的开口)向胸椎(0.5 ml, 1.0 ml, 1.5 ml)和腰椎(1.5 ml, 2.0 ml, 2.5 ml)中注射不同剂量的 PMMA。除了胸椎中注射 0.5 ml PMMA 外,其余剂量均能显著提高螺钉的稳定性,胸椎中 1.0 ml 和 1.5 ml 剂量组中螺钉的稳定性分别提高了 186% 和 158%,腰椎中 1.5 ml, 2.0 ml 和 2.5 ml 剂量组中螺钉的稳定性分别提高了 264%, 221% 和 198%,提高幅度均大于文献报道的结果。而在胸椎或腰椎中,不同剂量组(除 0.5 ml 外)中螺钉的稳定性之间无统计学差异。所有椎体的 PMMA 渗漏率为 4.8% (3/63),低于文献报道的渗漏率范围(5.5%~40%)。在众多的可注射螺钉中,在结构设计上差异较大,注射 PMMA 的剂量无统一的标准。没有对螺钉自身机械强度的生物力学研究。

4 结合椎体成形术使用

对于严重的骨质疏松患者,单纯的螺钉内固定或钉道周围填充材料对提高螺钉稳定性的作用非常有限。因此,常常需要对椎体进行整体强化处理,主要包括椎体成形术(vertebroplasty, VP)和球囊扩张椎体后凸成形术(balloon kyphoplasty, BKP),前者已用于强化椎弓根螺钉固定,而后者主要用于伴有腰椎压缩骨折伴后凸畸形的骨质疏松患者。BKP 能够在恢复椎体高度、纠正后凸畸形的同时,显著提高螺钉的稳定性。此外,BKP 的 PMMA 渗漏和术中并发症明显少于 VP,所以更受临床医生的青睐。

Burval 等^[21]研究发现,PMMA 经椎弓根强化(2.5 ml)和经 BKP 强化(4.0 ml)均能提高螺钉在

骨质疏松椎体内的稳定性,但后者的强化效果要明显优于前者,且经 BKP 强化后螺钉的强度明显高于正常骨质中螺钉的稳定性,可到达临床应用的要求。Becker 等^[22]使用带有侧孔的空心螺钉(该螺钉具有中空结构,且在钉尖以近、螺纹全长的 20% 和 40% 处分别有 2 个贯穿的侧孔)和普通螺钉,并使用 VP 和 BKP 来强化腰椎椎弓根螺钉的稳定性,其中 PMMA 的剂量均为 2.0 ml;结果表明空心侧孔螺钉与实心螺钉经 VP 强化后的稳定性均显著强于未强化的实心螺钉,前两者之间无明显统计学差异;经 BKP 强化的实心螺钉与未强化的实心螺钉之间无统计学差异;空心侧孔螺钉经 VP 强化后 PMMA 的渗漏率为 20% (2/10),均为硬膜外静脉丛渗漏。Afzal 等^[23]采用 BKP 结合短节段椎弓根螺钉内固定治疗腰椎压缩骨折的骨质疏松患者,术后患者椎体前柱和中柱的高度分别恢复到正常的 82% 和 72%,后凸畸形明显改善,形成良好的骨性愈合,未出现任何并发症。

5 不足之处

综上所述我们发现,目前国内外关于提高螺钉稳定性的方法多采用联合可注射椎弓根螺钉和注射 PMMA 来提高螺钉的稳定性。研究者表明,与传统的 PMMA 强化普通螺钉的方法相比,该方法具有以下优点:(1)可注射椎弓根螺钉置入椎体后,可以通过透视确定位置良好后再注射 PMMA,有调整螺钉位置的机会,可以降低因螺钉位置不佳造成 PMMA 渗漏的风险,而传统方法中一旦拧入螺钉后发现位置不佳,很可能已经发生了 PMMA 渗漏;(2)经透视确定可注射螺钉位置良好后再注射 PMMA,可以降低传统方法中因螺钉位置不佳、术中二次置钉导致的螺钉稳定性下降的风险;(2)当通过可注射螺钉向周围骨质注射 PMMA 时,一旦发现有渗漏的情况可以立即停止注射,而传统方法中螺钉拧入时挤压 PMMA 向周围的骨质中渗透,即使发生 PMMA 渗漏也不可能停止螺钉的拧入。

然而上述研究却存在以下的不足:第一:可注射椎弓根螺钉的结构设计存在很大的差异,侧孔的位置、数量及方向各不相同,缺少对不同设计的螺钉自身机械强度的生物力学测试和比较研究;第二:大量研究中 PMMA 的注射剂量各不相同,强化螺钉稳定性的效果及渗漏的风险也存在很大的差异。第三:缺少对于螺钉稳定性及渗漏风险与螺钉结构设计及注射 PMMA 剂量的相关性研究。第四:对于不同骨

质条件的患者来说,采用何种设计的螺钉及注射多少剂量的 PMMA 是有效、安全的,目前国内外还没有可供参考的标准。

因此,有必要进行相关的研究,制定出一套针对不同的脊柱手术患者时选用最佳设计螺钉及最佳 PMMA 注射剂量的个性化方案,为临床上提高治疗效果、降低手术风险提供充分的理论依据。我们相信,随着研究的进一步深入及完善,针对不同患者的可注射椎弓根螺钉联合 PMMA 的个性化方案将会得到更好的临床推广,将会为更多的骨质疏松脊柱手术患者提供良好的临床疗效。

【 参 考 文 献 】

- [1] Fisher C, Singh S, Boyd M, et al. Clinical and radiographic outcomes of pedicle screw fixation for upper thoracic spine (T1-5) fractures: a retrospective cohort study of 27 cases. J Neurosurg Spine, 2009, 10(3): 207-213.
- [2] Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, et al. Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005-2025. J Bone Miner Res, 2007, 22(3): 465-475.
- [3] Reitman CA, Nguyen L, Fogel GR. Biomechanical evaluation of relationship of screw pullout strength, insertional torque, and bone mineral density in the cervical spine. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(4): 306-311.
- [4] Fan Shicai, Liu Chengen, Wang Hongbo, et al. Biomechanical characteristics of pedicle screw repaired with cement in the treatment of osteoporosis. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2006, 10(17): 59-61.
- [5] Yi Xiaodong, Lu Hailin, Chen Ming, et al. Clinical study of applying bone cement to pedicle screw fixation in osteoporotic patient. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2005, 15(2): 95-97.
- [6] Zhang Shailin, Shi Zhicai, Zhang Ye, et al. Pedicle screw fixation after vertebral augmentation with bone cement in osteoporotic patients. J Spinal Surg, 2008, 6(2): 95-98.
- [7] Kiner DW, Wybo CD, Sterba W, et al. Biomechanical analysis of different techniques in revision spinal instrumentation: larger diameter screws versus cement augmentation. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(24): 2618-2622.
- [8] Frankel BM, D'Agostino S, Wang C. A biomechanical cadaveric analysis of polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation. J Neurosurg Spine, 2007, 7(1): 47-53.
- [9] Frankel BM, Jones T, Wang C. Segmental polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation in patients with bone softening caused by osteoporosis and metastatic tumor involvement: a clinical evaluation. Neurosurgery, 2007, 61(3): 531-537; discussion 537-538.
- [10] Chang MC, Liu CL, Chen TH. Polymethylmethacrylate augmentation of pedicle screw for osteoporotic spinal surgery: a novel technique. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(10):

E317-E324.

- [11] Waits C, Burton D, McIff T. Cement augmentation of pedicle screw fixation using novel cannulated cement insertion device. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(14): E478-483.
- [12] Liu D, Wu ZX, Gao MX, et al. A New Method of Partial Screw Augmentation in Sheep Vertebrae in vitro: the Biomechanical and Interfacial Evaluation. J Spinal Disord Tech, 2011, 24(5): 318-324.
- [13] Liu Da, Lei Wei, Wu Zixiang, et al. Biomechanical study on strengthening pedicle screw fixation using a novel tap with bone cement in vitro. China Journal of Modern Medicine, 2010, 20(12): 1785-1788.
- [14] Fransen P. Increasing pedicle screw anchoring in the osteoporotic spine by cement injection through the implant. Technical note and report of three cases. J Neurosurg Spine, 2007, 7(3): 366-369.
- [15] Zhang Genai, Chen Jianting, Wang Lingxiu, et al. Biomechanics of oriented-injection pedicle screws. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2008, 12(22): 4225-4228.
- [16] Blatter TR, Glasmacher S, Riesner HJ, et al. Revision characteristics of cement-augmented, cannulated-fenestrated pedicle screws in the osteoporotic vertebral body: a biomechanical in vitro investigation. Technical note. J Neurosurg Spine, 2009, 11(1): 23-27.
- [17] Chen LH, Tai CL, Lai PL, et al. Pullout strength for cannulated pedicle screws with bone cement augmentation in severely osteoporotic bone: influences of radial hole and pilot hole tapping. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2009, 24(8): 613-618.
- [18] Moon BJ, Cho BY, Choi EY, et al. Polymethylmethacrylate-Augmented Screw Fixation for Stabilization of the Osteoporotic Spine: A Three-Year Follow-Up of 37 Patients. J Korean Neurosurg Soc, 2009, 46(4): 305-311.
- [19] Bullmann V, Schmoelz W, Richter M, et al. Revision of Cannulated and Perforated Cement-Augmented Pedicle Screws. A Biomechanical Study in Human Cadavers. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(19): E932-E939.
- [20] Paré PE, Chappuis JL, Rampersaud R, et al. Biomechanical Evaluation of a Novel Fenestrated Pedicle Screw Augmented with Bone Cement in Osteoporotic Spines. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(18): E1210-E1214.
- [21] Burval DJ, McLain RF, Milks R, et al. Primary pedicle screw augmentation in osteoporotic lumbar vertebrae: biomechanical analysis of pedicle fixation strength. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(10): 1077-1083.
- [22] Becker S, Chavanne A, Spitaler R, et al. Assessment of different screw augmentation techniques and screw designs in osteoporotic spines. Eur Spine J, 2008, 17(11): 1462-1469.
- [23] Afzal S, Akbar S, Dhar SA. Short segment pedicle screw instrumentation and augmentation vertebroplasty in lumbar burst fractures: an experience. Eur Spine J, 2008, 17(3): 336-341.

(收稿日期:2012-12-25)

PMMA强化骨质疏松条件下椎弓根螺钉稳定性的研究进展

作者：[刘达](#)，[张译](#)，[潘显明](#)，[LIU Da](#)，[ZHANG Yi](#)，[PAN Xianming](#)
作者单位：[刘达, 潘显明, LIU Da, PAN Xianming \(成都军区总医院骨科, 成都, 610083\)](#)，[张译, ZHANG Yi \(成都军区总医院附属口腔医院, 成都, 610083\)](#)
刊名：[中国骨质疏松杂志](#) 
英文刊名：[CHINESE JOURNAL OF OSTEOPOROSIS](#)
年，卷(期)：2013, 19 (5)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zggzsszz201305023.aspx