

骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体强化术后 椎体高度再丢失的研究进展

The advancement of vertebral body height loss after percutaneous vertebral augmentation in osteoporotic vertebral compression fracture

边树愿¹, 郭涛²

(1 贵阳中医学院 550002 贵阳市; 2 贵州省人民医院骨科 550002 贵阳市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.07.15

中图分类号: R683.2, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-07-0663-04

经皮椎体强化术包括经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP), 两者通过微创手术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF), 可有效缓解疼痛、恢复压缩椎体高度和脊柱稳定性。但近年来观察到 PVP 和 PKP 术后恢复的椎体高度存在再丢失现象(没有创伤的情况下), 术后椎体高度的再丢失可导致椎体恢复到术前状态, 并可加重疼痛和脊柱后凸畸形^[1], 甚至需要翻修手术^[2-3]。因此, 正确地认识术后椎体高度再丢失非常重要, 笔者就近年研究进展综述如下。

1 命名

目前学者对术后椎体高度丢失尚没有统一的描述。Lin 等^[4]将 PVP 术后椎体前缘高度丢失称为再骨折(refracture); Heo 等^[5]和 Yu 等^[6]将 PVP 术后椎体高度丢失描述为再塌陷(recollapse); 而 Niu 等^[7]认为在没有明显创伤的情况下, 将术后出现椎体高度丢失称为再压缩(recompression)更为确切; 为方便论述, 本文中我们统一将之称为椎体高度再丢失。

2 椎体高度再丢失的判断标准及发生率

术后椎体高度的再丢失可发生在椎体前部、中部和后部, 但以椎体前缘高度丢失为主, 椎体高度再丢失的发生率从 12.5%~63% 不等^[1, 4, 6, 7]。Lin 等^[4]以椎体前缘高度丢失大于 1mm 为标准, 椎体成形术后 63% 的患者发生了椎体高度再丢失; 而 Kim 等^[1]以同样的标准随访发现, 12.5% 的患者出现术椎的高度再丢失, Niu 等^[7]认为椎体高度下降 1mm 可能是对增强椎体力学变化的补偿反应, 这不足以定义为椎体高度再丢失, 他们以椎体高度下降超过 4mm 为标准, 14.0% 的患者出现椎体高度再丢失。Yu 等^[6]

以术后椎体高度丢失 $\geq 15\%$ 或椎体局部后凸角度增加 $\geq 10^\circ$ 为术后椎体高度再丢失标准, 分别有 26% 和 32.7% 的患者发生了椎体高度再丢失。笔者认为, 造成椎体高度再丢失发生率差别较大的原因主要与各研究对高度再丢失标准、手术方式及随访时间的不同有关。

3 危险因素及原因

3.1 PKP 与 PVP

PKP 和 PVP 都是治疗 OVCF 的微创手术, PKP 在有效恢复椎体高度、矫正后凸畸形和防止骨水泥渗漏方面有优势^[8, 9]。但近年来有学者研究表明 PKP 是术后椎体高度再丢失的重要危险因素, Frankel 等^[10]回顾性分析了行 PKP 或 PVP 手术的患者, PKP 组 25% 的病例出现了术椎的高度再丢失, 而 PVP 组没有出现高度再丢失。Kim 等^[1]分别在行 PKP 和 PVP 的椎体标本上进行循环的压力负荷测试, 结果行 PKP 者平均高度丢失达到 4.2mm, 而行 PVP 者平均高度丢失只有 1.1mm。原因在于当选择 PVP 治疗时, 骨水泥更容易通过小梁间隙向非骨折区和终板骨组织扩散, 与周围松质骨融合更紧密, 骨水泥支持范围更广, 从而使椎体具有较高的抗压缩能力。在 PKP 中使用球囊扩张可以帮助形成空腔, 并允许医生使用粘度较高的填充材料来减少渗漏的风险, 同时球囊扩张所形成的周围松质骨屏障会干扰骨水泥向周围均匀弥散。骨水泥聚集在一起, 增强了椎体上缘和下缘的应力, 在很大程度上增加了椎体高度再丢失的风险。而 Li 等^[12]则认为 PKP 术后椎体高度再丢失的另一个原因为: 采用球囊扩张影响了骨折区骨小梁的连续性和稳定性, 是对松质骨结构的进一步破坏。

3.2 手术入路

椎体增强术可经单侧或双侧入路注入骨水泥, Chen 等^[13]研究表明单侧入路在缓解疼痛、椎体高度及后凸角度的恢复方面与双侧入路相当, 但双侧入路骨水泥注入量更多。Chung 等^[14]的随访发现选择单侧入路的椎体高度再丢失大于双侧入路。原因可能与双侧入路更好的生物力学稳

第一作者简介: 男(1992-), 硕士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0851)85926807 E-mail: 674347945@qq.com
通讯作者: 郭涛 E-mail: guotao04b@sina.com

定性和更多骨水泥注入量有关。生物力学的测试表明^[15,16]单侧或双侧入路均可增加骨折椎体的刚度,双侧入路由于骨水泥在椎体两侧分布产生均匀的支撑力,从而建立有效的生物力学平衡,更符合人体正常的力学传导状态。单侧椎弓根注射很难实现椎体两侧对称的骨水泥分布,增强侧的支撑强度将显著高于对侧,引起椎体单侧承重,双侧椎体的生物力学失衡,在恒定载荷下生物力学较弱的一侧就容易出现横向塌陷或楔形变,造成椎体压缩变形和高度丢失。此外,当骨水泥分布不对称时,伤椎皮质骨和松质骨应力显著增加,这也是诱发椎体高度进行性丢失的原因^[17]。

3.3 术前椎体压缩程度/椎体高度恢复程度

椎体高度恢复程度与术后椎体高度再丢失之间密切相关^[6,7]。术前椎体压缩程度越严重,局部后凸畸形越明显,术后即刻椎体高度恢复越明显^[18],这可能与自身结构破坏严重,有更大的高度恢复潜力有关。椎体高度恢复过多,可能会引起椎旁软组织张力增加,导致椎体的机械负荷增加和骨折段不稳定^[9]。而 Niu 等^[7]认为椎体高度过度恢复可能会加重骨坏死的过程。当出现严重后凸畸形时,椎体前部骨组织愈合缓慢,甚至由于前骨膜动脉的严重损伤而导致骨不连。术后 X 线上虽然显示椎体高度恢复,但是骨折后损伤的髓核和终板以及塌陷的骨小梁并不能完全复位。椎体撑开后形成的“空蛋壳”现象,使椎体骨折的修复过程受到影响,骨小梁仅为部分纤维连接,而不会骨性愈合,难以恢复原始椎体结构。这些都会造成椎体的稳定性、抗压性差,出现进行性的椎体塌陷,甚至出现椎体内的再骨折和微骨折。因此,椎体高度再丢失的风险随着高度恢复程度的增加而增加。

3.4 骨水泥(分布形态、注入量)

椎体成形术中骨水泥在椎体内的分布模式和骨水泥注入量一直是大家关注的焦点。有学者研究表明^[3,7,19]骨水泥的团块状分布是椎体高度再丢失的因素。Ha 等^[3]认为骨水泥未填充部分发生应力遮挡效应,应力遮挡效应与严重骨质疏松两者相合,可进一步减少骨小梁充盈,加速骨量流失,在应力作用下这可能会导致椎体内的微骨折和椎体高度的进行性丧失,甚至导致骨水泥界面破坏。团块状骨水泥分布椎体的刚度明显低于骨水泥贯穿骨小梁间隙分布的刚度^[19],这就使团块状骨水泥周围的松质骨很容易再压缩。关于团块状骨水泥的形成原因,目前认为与存在椎体内裂隙、PKP 手术方式、相对更高粘度的骨水泥和注射骨水泥时压力较小有关。Li 等^[20]认为骨水泥与伤椎上终板的距离能更准确地反映骨水泥的分散程度,距离过大增加了术后椎体高度再丢失的风险,并且椎体再压缩主要发生在未被骨水泥填充的上半部分。

椎体压缩性骨折后丧失其原有的强度和刚度,椎体内的骨小梁(尤其是椎体上半部分的骨小梁)大多数呈塌陷状态,骨折椎体的修复直接取决于骨水泥用量,适当的骨水泥剂量可直接增加手术椎体的刚度和强度,并稳定椎骨,矫正脊柱后凸,防止塌陷。有尸体研究^[21]表明,要恢复

椎体的抗压强度,至少需要 15% 的水泥填充量,在胸腰椎中,这意味着平均 4~6ml 的水泥注入量。Li 等^[12]发现再骨折患者的平均水泥用量($3.30 \pm 0.84 \text{ml}$)明显低于未骨折患者($4.46 \pm 1.10 \text{ml}$)。骨水泥注入过少,椎体充盈不足,不能提供足够的支持,这可能导致再骨折。注入更多的水泥,可以使骨水泥在松质骨缝隙内散布更广泛,从而减少骨水泥非支撑的区域。因此,适宜的高剂量骨水泥可降低增强椎体高度再丢失的风险。

3.5 椎体内裂隙的存在

很多学者^[2,6,22]认为椎体内裂隙(intervertebral cleft, IVC)的存在是术后椎体高度再丢失的危险因素。当椎体内没有 IVC 存在时,骨水泥注入将骨小梁推挤至周围;当椎体内存在 IVC 时,球囊扩张、骨水泥注入时并没有形成空腔,而可能推离骨组织分离为上下两部分,因此术后 IVC 区域仍旧有活动性^[2]。Yu 等^[6]进一步对伴有 IVC 存在的椎体压缩骨折术后椎体高度再丢失的因素进行分析,发现当存在椎体内裂隙时,骨水泥通常沿椎体内裂隙分布,容易形成骨水泥的团块状分布,骨水泥无法充分渗入周围松质骨内以提高椎体的稳定性和抗压性,使骨水泥未支撑区域发生再压缩。

目前对 IVC 的形成原因和病理机制还不清楚,多认为与骨坏死、骨不连和假关节形成有关。Kim 等^[23]通过椎体节段动脉造影,证实了椎体压缩骨折后节段营养动脉发生阻塞,导致局部的缺血性骨坏死,影响新骨的生成,形成椎体内裂隙。

3.6 其他因素

骨折椎体位于胸腰段也是一个不可忽视的因素,特殊的生物力学结构导致胸腰段椎体长期处于高负荷状态。既往的研究表明,发生椎体高度再丢失的患者几乎全部位于胸腰段^[1,2,7],这不得不引起大家的关注。此外,在 Li 等^[12]的研究中,骨密度过低与术后椎体高度再丢失密切相关。骨质疏松后椎体内骨小梁排列稀疏,椎体的强度和抗压性显著降低,通常会发生身高降低、驼背等并发症。再加上创伤后骨折部位急性骨量丢失,而抗骨质疏松药物短期内并不能纠正椎体的骨质疏松状态。即使没有明显的创伤,术后日常活动中椎体高度的再丢失也难以避免。同时应注意到,在以往的研究中,如年龄、性别、体重指数、骨折时间、后凸角度、骨水泥渗漏、随访时间等因素与术后椎体高度再丢失无关。

4 临床意义及预防

术后椎体高度的再丢失必然伴随着局部后凸角度的改变,尤其是当高度再丢失发生在椎体前、中部时^[18,24]。LEE 等^[18]观察到椎体高度再丢失患者的局部后凸角度甚至恢复到了术前状态,尽管如此,依然维持了良好的临床效果,Oh 等^[24]发现了相似的结果。而 Yu 等^[6]2 年的随访表明椎体高度再丢失患者出现不同程度的疼痛和功能障碍,再压缩患者 VAS 评分(visual analog scale, VAS)和 ODI 评

分 (Oswestry disability index, ODI) 要明显高于未压缩患者, 但仍旧低于术前, 不需要额外的药物治疗。疼痛的原因可能是多方面的, 椎体高度再丢失本身、高度再丢失导致的后凸畸形加重、骨质疏松状态未得到纠正及椎体的退行性变等。应注意到的是, 既往的研究表明椎体高度再丢失患者并没有抱怨有严重的背痛, 可见椎体高度再丢失对早期临床疗效影响不大。但 Jacobson 等^[25]提醒若椎体增强术后疼痛没有得到缓解, 甚至恶化, 或疼痛最初改善后复发可能与骨折区域未得到充分填充和术椎再骨折有关, 再次椎体增强手术可以得到良好的临床效果。也有学者^[2, 3, 26]采用开放内固定融合手术来处理术后发生严重疼痛、后凸畸形的患者, 但大多属于小样本的病例报道, 对最佳治疗方案尚无统一见解。

为避免术后椎体高度的再丢失, Niu 等^[7]认为术后规律的抗骨质疏松治疗, 可能影响增强椎体的预后。Li 等^[12]强调了术后早期佩戴腰围以减轻脊柱的负担, 为松质骨的重建提供良好的力学环境, 可避免术后椎体高度再丢失。在行单侧入路骨水泥注入时, 应尽量使骨水泥分布穿过椎体中线, 一样可实现椎体两侧生物力学的平衡^[14, 27]。Chen 等^[28]认为若在手术时侧位 X 线上骨水泥未填充区域超过椎体高度的 25%, 及时重复注射骨水泥至未填充区域有助于降低椎体高度再丢失的发生率。Jacobson 等^[25]认为如果术前存在 IVC, 采用改良靶穿刺法使骨水泥充分渗透到周围松质骨可能是更好的选择。

综上所述, OVCF 经皮椎体增强术后椎体高度再丢失是手术方式、手术入路、骨水泥分布形态和剂量、椎体高度恢复程度、椎体内裂隙等多种因素相互作用的结果。虽然有许多潜在的风险因素被提出, 但目前对于术后椎体高度再丢失的原因并无统一论。同时应看到, 由于患者的多样性、医疗条件、手术方法、研究方法和随访时间等可变因素的影响, 上述结论的可靠性仍需进一步的研究。而椎体高度再丢失引起后凸畸形加重的长远意义, 仍需进一步的临床随访观察。

5 参考文献

- Kim YY, Rhyu KW. Recompression of vertebral body after balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Eur Spine J, 2010, 19(11): 1907-1912.
- Li X, Lu Y, Lin X. Refracture of osteoporotic vertebral body after treatment by balloon kyphoplasty: three cases report [J]. Medicine, 2017, 96(49): e8961.
- Ha KY, Kim KW, Kim YH, et al. Revision surgery after vertebroplasty or kyphoplasty[J]. Clin Orthop Surg, 2010, 2(4): 203-208.
- Lin WC, Lee YC, Lee CH, et al. Refractures in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective analysis[J]. Eur Spine J, 2008, 17(4): 592-599.
- Heo DH, Chin DK, Yoon YS, et al. Recollapse of previous vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. Osteoporos Int, 2009, 20(3): 473-480.
- Yu W, Liang, Yao Z, et al. Risk factors for recollapse of the augmented vertebrae after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral fractures with intravertebral vacuum cleft [J]. Medicine, 2017, 96(2): e5675.
- Niu J, Zhou H, Meng Q, et al. Factors affecting recompression of augmented vertebrae after successful percutaneous balloon kyphoplasty: a retrospective analysis[J]. Acta Radiol, 2015, 56(11): 1380-1387.
- Landham PR, Baker-Rand HL, Gilbert SJ, et al. Is kyphoplasty better than vertebroplasty at restoring form and function after severe vertebral wedge fractures[J]. Spine J, 2015, 15(4): 721-732.
- Wang H, Sribastav SS, Ye F, et al. Comparison of Percutaneous Vertebroplasty and Balloon Kyphoplasty for the Treatment of Single Level Vertebral Compression Fractures: A Meta-analysis of the Literature[J]. Pain Physician, 2015, 18(3): 209-222.
- Frankel BM, Monroe T, Wang C. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent-level fracture risk in kyphoplasty as compared with vertebroplasty [J]. Spine J, 2007, 7(5): 575-582.
- Kim MJ, Lindsey DP, Hannibal M, et al. Vertebroplasty versus kyphoplasty: biomechanical behavior under repetitive loading conditions[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(18): 2079-2084.
- Li YX, Guo DQ, Zhang SC, et al. Risk factor analysis for re-collapse of cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty (PVP) or percutaneous kyphoplasty (PKP)[J]. Int Orthop, 2018(1): 1-9.
- Chen H, Tang P, Zhao Y, et al. Unilateral versus bilateral balloon kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Orthopedics, 2014, 37(9): e828-835.
- Chung HJ, Chung KJ, Yoon HS, et al. Comparative study of balloon kyphoplasty with unilateral versus bilateral approach in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Int Orthop, 2008, 32(6): 817-820.
- Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebra stiffness after vertebroplasty[J]. Spine, 2001, 26(14): 1547-1554.
- Chen B, Li Y, Xie D, et al. Comparison of unipedicular and bipedicular kyphoplasty on the stiffness and biomechanical balance of compression fractured vertebrae [J]. Eur Spine J, 2011, 20(8): 1272-1280.
- Liang D, Ye LQ, Jiang XB, et al. Biomechanical effects of cement distribution in the fractured area on osteoporotic vertebral compression fractures: a three-dimensional finite element analysis[J]. J Surg Res, 2015, 195(1): 246-256.
- Lee JH, Lee DO, Lee JH, et al. Comparison of radiological and clinical results of balloon kyphoplasty according to anterior height loss in the osteoporotic vertebral fracture [J].

- Spine J, 2014, 14(10): 2281–2289.
19. Kim KH, Kuh SU, Park JY, et al. What is the importance of "halo" phenomenon around bone cement following vertebral augmentation for osteoporotic compression fracture? [J]. *Osteoporos Int*, 2012, 23(10): 2559–2565.
20. Li D, Wu Y, Huang Y, et al. Risk factors of recompression of cemented vertebrae after kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Int Orthop*, 2016, 40(6): 1285–1290.
21. Martincic D, Brojan M, Kosel F, et al. Minimum cement volume for vertebroplasty[J]. *Int Orthop*, 2015, 39(4): 727–733.
22. Fang X, Yu F, Fu S, et al. Intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine: incidence, characteristics, and therapeutic efficacy [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9): 16960–16968.
23. Kim YC, Kim YH, Ha KY. Pathomechanism of intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine [J]. *Spine J*, 2014, 14(4): 659–666.
24. Oh HS, Kim TW, Kim HG, et al. Gradual Height Decrease of Augmented Vertebrae after Vertebroplasty at the Thoracolumbar Junction[J]. *Korean J Neurotrauma*, 2016, 12(1): 18–21.
25. Jacobson RE, Palea O, Granville M. Progression of vertebral compression fractures after previous vertebral augmentation: technical reasons for recurrent fractures in a previously treated vertebra[J]. *Cureus*, 2017, 9(10): e1776.
26. Nagoshi N, Fukuda K, Shioda M, et al. Anterior spinal fixation for recollapse of cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty [J]. *BMJ Case Rep*, 2016, 2016: ber2016214510.
27. Zhuang Y, Yang L, Li H, et al. A novel technique of unilateral percutaneous kyphoplasty achieves effective biomechanical strength and reduces radiation exposure [J]. *Am J Transl Res*, 2016, 8(2): 1172–1179.
28. Chen YJ, Chen WH, Chen HT, et al. Repeat needle insertion in vertebroplasty to prevent re-collapse of the treated vertebrae[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(3): 558–561.
- (收稿日期:2018-05-31 修回日期:2018-07-02)
(本文编辑 彭向峰)