

# 经皮椎体后凸成形术后相邻椎体新发骨折的相关因素及防治进展

乔春林, 姚啸生, 戚晓楠, 王禹, 智猛

(辽宁中医药大学附属医院, 辽宁 沈阳 110032)

**摘要** 目前经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)是临床上治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的主要手段之一,该术能快速缓解疼痛、恢复椎体高度和纠正后凸畸形。但 PKP 术后易新发相邻椎体骨折而影响手术的总体疗效。PKP 术后相邻椎体新发骨折与患者的骨密度、年龄、体质量指数、性别、胸腰段生物力学特点、骨折严重程度及长期应用糖皮质激素等自身因素,骨水泥在椎体内的分布、注入量以及术后椎体高度和局部后凸角的恢复程度等手术因素,以及填充的骨水泥材料有关。本文就 PKP 术后相邻椎体新发骨折的相关因素及防治进展进行了综述。

**关键词** 脊柱骨折;骨质疏松性骨折;椎体后凸成形术;综述

随着我国人口老龄化进程的加快,骨质疏松性骨折患者的数量也日趋增加,其中 50% 的患者为脊柱椎体压缩性骨折<sup>[1]</sup>。骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporosis vertebral compression fracture, OVCF)严重威胁着老年人的心理健康、生活质量甚至生命安全,已越来越引起人们的高度重视。经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)是目前临床上治疗 OVCF 的主要手段,该术能快速缓解疼痛、恢复椎体高度和纠正后凸畸形<sup>[1]</sup>。随着 PKP 在脊柱外科的广泛应用,有研究报道 PKP 术后相邻椎体的新发骨折率高达 6.5% ~ 26.3%<sup>[2]</sup>。目前有关 PKP 术后相邻椎体发生骨折的作用机制尚不明确,对其防治也存在较大争议。现就 PKP 术后相邻椎体新发骨折的相关因素及防治进展综述如下。

## 1 PKP 术后相邻椎体新发骨折的相关因素

### 1.1 患者自身因素

**1.1.1 骨密度** PKP 术后相邻椎体出现新发骨折与患者自身骨密度较低有关<sup>[3]</sup>。骨密度 T 值 < -3.0 的 OVCF 患者 PKP 术后相邻椎体的新发骨折率较骨密度 T 值 > -3.0 的患者更高<sup>[4]</sup>。有研究还指出体内 25-羟基维生素 D 水平低下是 PKP 术后相邻椎体新发骨折的因素之一<sup>[5]</sup>。说明患者自身骨密度降低或导致骨密度降低的相关因素均会造成机体骨质疏松,增加骨骼脆性,造成 PKP 术后相邻椎体出现新发骨折的危险。

**1.1.2 年龄** PKP 术后相邻椎体新发骨折与患者年龄有关<sup>[6]</sup>。随着年龄的增加,患者身体素质的下降,营养吸收及代谢障碍,尤其是女性雌激素水平的下降,导致成骨细胞功能降低,破骨细胞占主导地位,从而使骨质疏松进一步发展,导致 PKP 术后相邻椎体易发生骨折。

**1.1.3 体质量指数** 有研究认为,体质量指数也是导致 PKP 术后相邻椎体发生骨折的因素之一<sup>[7]</sup>。低体质量指数反映患者对抑制骨钙流失的作用减弱,并且体内脂肪层变薄,对能量的缓冲能力也减弱;相反,体质量指数过高会导致多能间充质细胞向成骨细胞分化、体内瘦素和脂联素分泌失调,也会导致骨质疏松<sup>[8]</sup>。另外,超重或肥胖的患者跌倒时椎体上的负载瞬间增加,也会增加 PKP 术后相邻椎体新发骨折的风险。研究表明,患者每增加  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  的体质量指数,相邻椎体新发骨折的风险就会增加 1.268 倍<sup>[9]</sup>。

**1.1.4 性别** 有研究表明,性别也与 PKP 术后相邻椎体新发骨折有关<sup>[10]</sup>。女性患者 PKP 术后相邻椎体新发骨折的风险是男性的 4.121 倍<sup>[11]</sup>。究其原因,笔者认为有两点原因:一是因为女性更容易发生 OVCF<sup>[12]</sup>,患者基数大,导致 PKP 术后相邻椎体发生骨折的女性也多,从而造成统计上的偏倚;二是因为女性在绝经期以后,体内雌激素的显著下降、肠道菌群失调、氧化应激及骨髓间充质干细胞异常分化等均会导致女性发生骨质疏松<sup>[13]</sup>,从而导致 PKP 术后相邻椎体易发生骨折。

**1.1.5 长期应用糖皮质激素** PKP 术后相邻椎体新

发骨折与患者长期应用糖皮质激素有关<sup>[3]</sup>。长期应用糖皮质激素会导致内分泌功能失调,营养代谢异常,还会抑制成骨细胞的产生,使破骨细胞占据主导地位,从而导致骨量过多丢失,骨密度下降,进而导致 PKP 术后相邻椎体发生骨折。

**1.1.6 胸腰段生物力学特点** 脊柱胸腰段是相对固定的胸椎与活动度较好的腰椎的连接部位,该部位的生物学应力较集中而易发生骨折。有研究认为,首次胸腰段椎体骨折的发生是导致 PKP 术后相邻椎体新发骨折的因素之一<sup>[9,14-15]</sup>。PKP 术后胸腰段的后凸角度增大,重心前移,导致椎体前方应力集中,从而增加术后相邻椎体新发骨折的风险<sup>[16]</sup>。

**1.1.7 骨折严重程度** 术前椎体骨折数目和压缩程度与受伤时外力的强弱以及患者自身骨质情况有关。多发性椎体骨折也是 PKP 术后相邻椎体新发骨折的危险因素<sup>[17]</sup>。当手术椎体数量大于 2 个时,PKP 术后相邻椎体发生骨折的几率是手术椎体数量小于 2 个的 7 倍<sup>[18]</sup>。多节段脊柱损伤易导致脊柱的稳定性破坏,难以完全恢复,而且因较多的椎体在术中用骨水泥强化,使脊柱中的更多椎体成为易于新发骨折的“相邻椎体”<sup>[19]</sup>。另外,骨折椎体的压缩率越高,脊柱畸形椎体所承受重力越大,相邻椎体的压力也随之增加,从而增加相邻椎体新发骨折的风险<sup>[20]</sup>。

## 1.2 手术因素

**1.2.1 骨水泥在椎体内的分布** ①骨水泥在椎体内分布不均:骨水泥在椎体内的分布不均可能造成椎体内骨小梁的进一步损伤,提高椎体刚度,降低其弹性<sup>[21]</sup>。当骨水泥分布在终板水平时,局部的应力分布和传导会受到影响,引起相邻椎间盘与椎体之间的应力集中,增加载荷,进而增加 PKP 术后相邻椎体新发骨折的风险<sup>[22]</sup>。椎体内裂隙会影响骨水泥的弥散并引起椎体周围的生物力学变化,使 PKP 术后相邻椎体变得尤其脆弱,术后易发生骨折<sup>[23]</sup>。双侧注射骨水泥不仅可以使骨水泥在椎体中充分弥散<sup>[24]</sup>,减少与上下终板的接触面积,而且还可以使骨水泥“平面支撑”(双侧骨水泥边界相连和/或骨水泥最大横截面大于椎体横断面 50%,且骨水泥平均厚度小于椎体高度 50%)的形态具有更好的应力分布特性<sup>[25]</sup>,这些均可降低 PKP 术后相邻椎体新发骨折的几率。②骨水泥向椎间盘渗漏:骨水泥向椎间盘渗漏也是导致 PKP 术后相邻椎体新发骨折的原因之一。研究表明,

PKP 术后近 60% 新发骨折椎体的相邻椎间盘内有骨水泥渗出<sup>[26]</sup>。当骨水泥向椎间盘渗漏量大于 1 mL 时,96% 的相邻椎体会发生骨折<sup>[27]</sup>。渗入至椎间盘内的骨水泥不仅会提高椎间盘硬度,还会通过杠杆作用增加邻椎终板的应力<sup>[28]</sup>;此外,还会加速相邻椎间盘的退变,破坏了椎间盘对应力的缓冲作用<sup>[29-31]</sup>,从而导致 PKP 术后相邻椎体发生骨折。鉴于上述原因,行 PKP 术前应进行详尽的影像学检查,全面评估椎体骨折及终板破裂程度;术中在骨水泥中添加明胶海绵<sup>[32]</sup>或陶瓷人工骨粒<sup>[33]</sup>,应用骨填充网袋<sup>[34]</sup>,将拉丝后期的高黏度骨水泥<sup>[35]</sup>低压、缓慢、分次注入伤椎<sup>[36]</sup>。当发现大量骨水泥渗漏时,可预防性向相邻椎体内注入骨水泥以适当增加相邻椎体强度,减缓相邻椎体高度丢失的进程,并减少负荷向椎体前方转移,从而降低相邻椎体新发骨折的几率<sup>[37]</sup>。

**1.2.2 骨水泥的注入量** 注入 2 mL 骨水泥即可恢复椎体强度,胸椎注入 4 mL、腰椎注入 6 mL 可显著提高椎体的刚度,如果超过上述参数,则会明显增加椎体刚度,改变相邻椎体的力学特征,增加 PKP 术后相邻椎体新发骨折的风险<sup>[38-39]</sup>。注入骨水泥的量并非越多越好<sup>[40]</sup>。当注入骨水泥体积(骨水泥注入量为 3~5 mL)占椎体体积的 15%~24% 时,既能充分提高脊柱单元的刚度和极限抗压强度,又能降低 PKP 术后相邻椎体新发骨折的几率<sup>[41-42]</sup>。

**1.2.3 术后椎体高度及局部 Cobb 角的恢复程度** 术后椎体高度恢复过度和后凸角恢复过大是 PKP 术后相邻椎体新发骨折的风险因素之一<sup>[43-44]</sup>。后凸角每矫正 1°,PKP 术后相邻椎体新发骨折的风险增加 9%<sup>[45]</sup>。对于老年患者,椎体压缩骨折后的疼痛是急需解决的问题,以止痛为主要目的的椎体成形术不必过度追求椎体高度的恢复<sup>[46-47]</sup>,而且过度矫正并不能恢复椎体原有的生物力学传导,反而会使应力过于集中于相邻椎体<sup>[48]</sup>,增加相邻椎体再骨折的风险。术中利用体位使脊柱尽量恢复生理弯曲<sup>[49]</sup>;在骨折处行球囊扩张<sup>[50]</sup>,不必使球囊扩张体积太大,尽量在恢复椎体高度基础上减少相邻椎体新发骨折的风险<sup>[51]</sup>。

**1.3 填充的骨水泥材料** 聚甲基丙烯酸甲酯(poly-methylmethacrylate, PMMA)作为传统的椎体填充材料在临床已被广泛应用,但 PMMA 骨水泥具有高抗压强度,远远超过了骨质疏松椎体本身的抗压强度,易

造成术后相邻椎体发生骨折。新型生物活性 Cortoss 骨水泥的材质及机械性能均优于 PMMA 骨水泥<sup>[45]</sup>; 磷酸钙骨水泥 (calcium phosphate cement, CPC) 具有良好的生物相容性, 但抗弯强度较弱<sup>[52]</sup>; 经聚乳酸-羟基乙酸共聚物强化的 CPC 可以增强骨传导并改善生物力学缺陷<sup>[53]</sup>; 与传统 PMMA 相比, 无铝玻璃离子门汀骨水泥对骨质疏松性椎体及正常椎体的应力分布影响较小<sup>[54]</sup>; 此外, 应用丙烯酸水泥与陶瓷混合, 可以恢复伤椎的生理负荷传导, 减少相邻椎体新发骨折的风险<sup>[45]</sup>。新型骨水泥的研发是目前研究的热点, 需进一步探索出新型具有高生物相容性, 且与椎体相仿的刚度与硬度的单一或混合材料, 以减少对相邻椎体的应力作用, 降低 PKP 术后相邻椎体新发骨折的几率。

## 2 PKP 术后相邻椎体新发骨折的防治

**2.1 预防** 骨密度每提高 1%, 椎体新发骨折的风险降低 3%<sup>[3]</sup>。鉴于上述影响因素, 临床上应正规、合理、个性化选择和应用抗骨质疏松药物治疗, 提高骨密度 T 值至 -3.0 以上<sup>[55]</sup>; 同时配合以补肾为主, 以补肝脾、活血化瘀为辅的内服中药治疗, 强筋健骨, 改善骨质疏松的症状<sup>[56]</sup>。术后嘱患者定期门诊复查, 以监测骨密度和影像学变化, 及早发现与治疗相邻椎体的新发骨折; PKP 术后新发骨折多发生于术后 3 个月内<sup>[57]</sup>, 因此应嘱患者术后佩戴腰围至少 3 个月, 同时指导患者进行腰背部功能锻炼, 日常行走时应用手杖, 降低脊柱应力作用, 减轻椎体压力; 同时还应重视下肢力量的锻炼, 保持活动的稳定性, 减少再次摔伤的可能; 根据病情适当减少激素药物的使用时间和用量; 对于老年女性患者, 应格外注意及加强术后宣教及指导其功能锻炼。

**2.2 治疗** 对于相邻椎体的新发骨折, 目前临床主要采用非手术和手术疗法治疗。非手术治疗主要是以卧床休息及功能锻炼为主, 配合药物以缓解疼痛, 但由于老年患者卧床时间较长, 将会进一步加速骨质疏松的进程和降低其生理机能, 并且疼痛缓解时间过长, 会严重影响生活质量。有研究认为, 椎体成形术仍是治疗相邻椎体新发骨折的有效方法<sup>[44, 58]</sup>, 但仍需大量随机对照临床试验研究进一步证实。

## 3 小结

PKP 术已成为治疗 OVCF 的主要手段之一, 但术后易新发相邻椎体骨折而影响总体疗效。PKP 术后

相邻椎体发生骨折的原因较多, 其发生可能是患者自身因素和手术因素相互作用的结果<sup>[59]</sup>, 但目前有关 PKP 术后相邻椎体新发骨折的机制尚不十分明确。手术前后进行规范化的抗骨质疏松治疗, 术中规范化操作, 术后配合腰围固定和合理功能锻炼等方法可降低 PKP 术后相邻椎体新发骨折的几率。如何进一步规范骨质疏松治疗, 改进手术方式以避免骨水泥的渗漏, 寻找更接近人体骨骼强度的骨水泥材料, 使骨水泥在各脊柱节段的充填量达到最佳, 以及使骨折椎体恢复最佳高度将是今后继续研究的方向。

## 4 参考文献

- [1] TAYLOR RS, FRITZELL P, TAYLOR RJ. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis[J]. Eur Spine J, 2007, 16(8): 1085-1100.
- [2] 罗斌, 吴星火, 邸方. 椎体后凸成形术后邻近椎体再发骨折发生率及相关危险因素的分析研究[J]. 创伤外科杂志, 2013, 15(1): 23-27.
- [3] CAO J, KONG L, MENG F, et al. Risk factors for new vertebral compression fractures after vertebroplasty: a meta-analysis[J]. ANZ J Surg, 2016, 86(7-8): 549-554.
- [4] 叶向阳, 汤立新, 程省, 等. 骨密度对骨质疏松性椎体压缩性骨折 PKP 术后骨折再发风险的评估价值[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(2): 154-158.
- [5] MOVRIN I. Adjacent level fracture after osteoporotic vertebral compression fracture: a nonrandomized prospective study comparing balloon kyphoplasty with conservative therapy[J]. Wien Klin Wochenschr, 2012, 124(9): 304-311.
- [6] TAKAHARA K, KAMIMURA M, MORIYA H, et al. Risk factors of adjacent vertebral collapse after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral fracture in postmenopausal women[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016, 17(1): 12.
- [7] MAZZANTINI M, CARPEGGIANI P, D'ASCANIO A, et al. Long-term prospective study of osteoporotic patients treated with percutaneous vertebroplasty after fragility fractures[J]. Osteoporos Int, 2011, 22(5): 1599-1607.
- [8] 李锐, 李文锐. 骨质疏松性椎体骨折 PVP/PKP 术后新发骨折的相关因素[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(10): 907-911.
- [9] REN HL, JIANG JM, CHEN JT, et al. Risk factors of new symptomatic vertebral compression fractures in osteoporotic patients undergone percutaneous vertebroplasty[J]. Eur Spine J, 2015, 24(4): 750-758.

- [10] SEO DH, OH SH, YOON KW, et al. Risk factors of new adjacent compression fracture after percutaneous vertebroplasty: effectiveness of bisphosphonate in osteoporotic or osteopenic elderly patients[J]. Korean J neurotrauma, 2014, 10(2): 86 – 91.
- [11] 宁磊, 万双林, 杨明, 等. 经皮椎体后凸成形术后非骨折椎体骨折的原因分析[J]. 中华骨科杂志, 2015, 35(10): 990 – 996.
- [12] KOMEMUSHI A, TANIGAWA N, KARIYA S, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fracture: multivariate study of predictors of new vertebral body fracture[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2006, 29(4): 580 – 585.
- [13] 刘晨, 李兴勇, 姚兴璋, 等. 绝经后骨质疏松症的流行病学概况及发病机制研究进展[J]. 中医正骨, 2018, 30(3): 52 – 55.
- [14] LEE KA, HONG SJ, LEE S, et al. Analysis of adjacent fracture after percutaneous vertebroplasty: does intradiscal cement leakage really increase the risk of adjacent vertebral fracture? [J]. Skeletal Radiol, 2011, 40(12): 1537 – 1542.
- [15] SUN G, TANG H, LI M, et al. Analysis of risk factors of subsequent fractures after vertebroplasty[J]. Eur Spine J, 2014, 23(6): 1339 – 1345.
- [16] MA X, XING D, WANG J, et al. Risk factors for new vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty: qualitative evidence synthesized from a systematic review[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38(12): 713 – 722.
- [17] 葛云林, 陶利江, 卢一生, 等. 经皮球囊扩张椎体后凸成形术后再发椎体骨折的危险因素和防治策略[J]. 颈腰痛杂志, 2016, 37(5): 404 – 407.
- [18] ZAFEIRIS CP, LYRITIS GP, PAPAIOANNOU NA, et al. Hypovitaminosis D as a risk factor of subsequent vertebral fractures after kyphoplasty [J]. Spine J, 2012, 12(4): 304 – 312.
- [19] VOORMOLEN MJ. The risk of new osteoporotic vertebral compression fractures in the year after percutaneous vertebroplasty[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17(1): 71 – 76.
- [20] 赵杰, 蒋国强, 袁义. 经皮椎体后凸成形术治疗后相邻椎体再发骨折的因素分析及治疗策略选择[J]. 现代实用医学, 2015, 27(12): 1546 – 1547.
- [21] NG JP, CAWLEY DT, BEECHER SM, et al. The reverse thomas position for thoracolumbar fracture height restoration: relative contribution of patient positioning in percutaneous balloon kyphoplasty for acute vertebral compressions[J]. Int J Spine Surg, 2016, 10: 21.
- [22] OAKLAND RJ, FURTADO NR, WILCOX RK, et al. Preliminary biomechanical evaluation of prophylactic vertebral reinforcement adjacent to vertebroplasty under cyclic loading[J]. Spine J, 2009, 9(2): 174 – 181.
- [23] KIM YJ, LEE JW, KIM KJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for intravertebral cleft: analysis of therapeutic effects and outcome predictors [J]. Skeletal Radiol, 2010, 39(8): 757 – 766.
- [24] 潘爱星, 杨晋才, 海涌, 等. 单侧与双侧穿刺经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的对比研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(1): 44 – 47.
- [25] 黎一兵, 郝定均, 贺宝荣, 等. PKP 术后骨水泥形态分布对临床效果影响分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2012, 27(11): 996 – 998.
- [26] LIN EP, EKHOLM S, HIWATASHI A, et al. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2004, 25(2): 175 – 180.
- [27] NIEUWENHUIJSE MJ, BOLLEN L, VAN ERKEL AR, et al. Optimal intravertebral cement volume in percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(20): 1747 – 1755.
- [28] 杨立宇, 付勤. 骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体后凸成形术后邻近椎体骨折的相关因素[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2012, 5(4): 298 – 303.
- [29] CHEN WJ, KAO YH, YANG SC, et al. Impact of cement leakage into disks on the development of adjacent vertebral compression fractures [J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(1): 35 – 39.
- [30] ZHANG Z. Risk factors for new vertebral compression fractures after vertebroplasty: a meta – analysis [J]. ANZ J Surg, 2016, 86(7): 549 – 554.
- [31] 刘仕友, 路青林, 郑伟, 等. 椎体后凸成形椎间盘骨水泥渗漏时行相邻椎体预防性强化的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(22): 4001 – 4005.
- [32] 陈智能, 孙正友, 叶俊材, 等. 明胶海绵的使用对椎体后凸成形术中骨水泥渗漏的影响[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2015, 30(11): 1145 – 1148.
- [33] 杨益民, 任志伟, 李萌, 等. 选择性应用陶瓷人工骨在椎体后凸成形中预防骨水泥渗漏的作用[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2012, 33(4): 494 – 497.
- [34] ORTIZ AO. Use and evaluation of a semi – permeable mesh implant in vertebral augmentation for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures[J]. J Neu-

- rointerv Surg, 2016,8(3):328-332.
- [35] 徐超,伊力哈木·托合提,李国华,等. 高粘度与低粘度骨水泥 PVP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效和并发症[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2014,24(10):900-905.
- [36] 杨惠林,刘强,唐海. 经皮椎体后凸成形术的规范化操作及相关问题的专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(11):808-811.
- [37] CHIANG CK, WANG YH, YANG CY, et al. Prophylactic vertebroplasty May reduce the risk of adjacent intact vertebra from fatigue injury; an ex vivo biomechanical study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(4):356-364.
- [38] BELKOFF SM, MATHIS JM, ERBE EM, et al. Biomechanical evaluation of a new bone cement for use in vertebroplasty[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(9):1061-1064.
- [39] 王智运,尹庆水,章凯,等. 经皮椎体成形术后再发骨折的临床研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2011,26(1):14-16.
- [40] ZHAN Y, JIANG J, LIAO H, et al. Risk factors for cement leakage after vertebroplasty or kyphoplasty: a meta-analysis of published evidence[J]. World Neurosurg, 2017, 101:633-642.
- [41] 彭国庆,范新成,王震,等. 经皮椎体后凸成形术后骨水泥用量对骨质疏松性五联椎体模型生物力学的影响[J]. 脊柱外科杂志,2017,15(6):361-365.
- [42] LIEBSCHNER MA, ROSENBERG WS, KEAVENY TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14):1547-1554.
- [43] 胡益文. 骨质疏松患者胸腰椎压缩性骨折 PKP 术后再发骨折的风险因素分析[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2017, 14(5):52-55.
- [44] 贾小林,谭祖键,杨阜滨,等. 椎体后凸成形术与邻近椎体继发骨折的关系[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(2):101-104.
- [45] 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.
- [46] 赵勇,竺湘江,范湧,等. 体位过伸复位联合经皮椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国微创外科杂志,2013,13(4):336-338.
- [47] 胡莉琼,熊英环,孟庆奇,等. PVP 和 PKP 术式骨水泥注射量与术后椎体高度及疼痛评分的相关性分析[J]. 现代医院,2015,15(9):13-15.
- [48] 张小骞,吴天顺,邱奕雁,等. 经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折后非手术椎体骨折的原因分析[J]. 骨科,2017,8(3):184-189.
- [49] 吕召民. 过伸牵引弹性按压法联合二次球囊扩张 PKP 治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折[J]. 中国中医骨伤科杂志,2017,25(3):60-63.
- [50] 陈建德,樊晓琦,夏炳江,等. 球囊扩张部位对椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折疗效及安全性的影响[J]. 中医正骨,2017,29(2):11-16.
- [51] 周炳荣,张杰,朱建平,等. PKP 球囊扩张体积对骨水泥注射剂量及邻椎再骨折的影响[J]. 江苏医药, 2016, 42(15):1713-1715.
- [52] GILULA L, PERSENAIRE M. Subsequent fractures post-vertebral augmentation: analysis of a prospective randomized trial in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34(1):221-227.
- [53] MAENZ S, BRINKMANN O, KUNISCH E, et al. Enhanced bone formation in sheep vertebral bodies after minimally invasive treatment with a novel, PLGA fiber-reinforced brushite cement[J]. Spine J, 2017, 17(5):709-719.
- [54] DICKEY BT, TYNDYK MA, DOMAN DA, et al. In silico evaluation of stress distribution after vertebral body augmentation with conventional acrylics, composites and glass polyalkenoate cements[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2012, 5(1):283-290.
- [55] 麻光喜,骆国钢,许兵,等. 骨质疏松性椎体骨折经皮椎体后凸成形术后再发椎体骨折的治疗[J]. 浙江创伤外科,2015,20(4):695-697.
- [56] 陈新来,于志勇,黄春选,等. 球囊扩张椎体后凸成形术后继发相邻节段椎体骨折的危险因素分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2016,31(1):37-39.
- [57] 吴铮. 经皮椎体后凸成形术后非手术椎体再发骨折相关危险因素分析[J]. 中国医学前沿杂志(电子版),2016, 8(3):75-78.
- [58] 蒋煜文,刘海峰,黄明光,等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体强化术后再骨折相关因素研究[J]. 岭南现代临床外科,2013,13(5):379-382.
- [59] 胡乐,王永祥. PVP/PKP 术后继发邻近椎体骨折危险因素的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2017, 27(4):377-480.

(收稿日期:2018-07-23 本文编辑:时红磊)