

· 综 述 ·

Kümmell 病治疗的研究进展[△]

钟世霄^{1,2}, 陆 声², 李维朝^{1,2*}

(1. 昆明理工大学医学院, 云南昆明 650500; 2. 云南省第一人民医院骨科, 云南昆明 650032)

摘要: Kümmell 病是一种复杂的脊柱疾病, 常表现为进行性脊柱后凸和顽固性腰背痛, 严重影响生活质量。目前, 该病保守治疗效果并不满意, 经皮球囊扩张椎体后凸成形术或经皮椎体成形术已成为有明显疼痛而无神经症状的 Kümmell 病患者的首选治疗方法, 但随访发现术后具有骨水泥移位的风险; 对有脊髓压迫症状者是否适用存在争议, 包括开放手术和微创手术等。Kümmell 病治疗方法根据分期有所不同。本文将对该病治疗进展进行综述。

关键词: Kümmell 病, 微创手术, 骨质疏松, 治疗

中图分类号: R681.57 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 01-0048-05

Research progress in the treatment of Kümmell's disease // ZHONG Shi-xiao^{1,2}, LU Sheng², LI Wei-chao^{1,2}. 1. College of Medicine, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China; 2. Department of Orthopedic Surgery, The First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650032, China

Abstract: Kümmell's disease, a complex spinal disease, is often characterized by progressive kyphosis and intractable low back pain, which seriously impacts the quality of life in the elderly. As the conservative treatments of Kümmell's disease are not satisfied at present, the percutaneous kyphoplasty or percutaneous vertebroplasty is preferred to this disease with obvious pain without neurological symptoms, despite of the risk of bone cement displacement postoperatively. However, the treatment for that complicated spinal cord compression is controversial, including open surgery and minimally invasive surgery. The treatments of Kümmell's disease should be varied according to different stages. This paper reviews the reseach progress in the treatment of Kümmell's disease.

Key words: Kümmell's disease, minimally invasive surgery, osteoporosis, treatment

德国医生 Herman Kümmell^[1] 最早于 1891 年首次报道了无症状的微小脊柱创伤后迟发性的椎体塌陷, 称为 Kümmell 病 (Kümmell's disease, KD)。Kümmell 病作为老年性骨质疏松椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF) 的严重并发症, 伴有进行性脊柱后凸、顽固性疼痛、活动受限和延迟性神经功能缺损等症状, 在老年人中的发病率约为 7%~37%^[2]。与 OVCF 相比, 该疾病更应该积极治疗, 因为当疾病被诊断时, 椎体已经出现了明显的塌陷^[3]。目前, 经皮球囊扩张椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 或经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 被认为早期治疗 Kümmell 病的首选方式, 对伴有脊髓神经症状和脊柱不稳的

Kümmell 病应尽早行开放手术治疗, 其具有充分减压、矫正后凸畸形、稳定脊柱等优点^[4]。然而, 该类患者的治疗存在争议, 本文就 Kümmell 病的治疗进行综述。

1 Kümmell 病的概述

KD 作为一种复杂的脊柱疾病, 现被多种术语描述, 包括骨质疏松性椎体骨折不愈合、迟发性椎体骨折缺血性坏死、缺血性椎体塌陷、椎体内真空裂隙征 (intravertebral vacuum cleft, IVC) 或椎体假关节形成等^[1,2]。目前, 认为 KD 的病理生理学机制主要由椎体缺血性骨坏死引起。IVC 被认为是椎体缺血性骨坏

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.01.09

△基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 81860240); 云南省重大科技专项计划 (编号: 202102AA310042); 云南省高层次卫生技术后备人才项目 (编号: H-2018100); 云南省临床医学研究中心重点开放项目 (编号: 2022YJZX-GK02); 云南省第一人民医院临床医学中心开放项目 (编号: 2021LCZXXF-CS02)

作者简介: 钟世霄, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科, (电话) 18313995171, (电子信箱) 18313995171@163.com

*** 通信作者:** 李维朝, (电话) 13529117043, (电子信箱) liweichao0394@sina.com

死的代表性影像学征象, MRI 对 IVC 具有较高的敏感性 (86%) 和特异性 (100%)^[5]。然而, IVC 并不是 Kümmell 病的诊断标准, 只是高度提示该病, 因为 IVC 影像学征象也可见于急性 OVCF、脊柱感染和肿瘤患者^[6, 7]。Li 等^[8] 根据 MRI 表现, 将其分为 3 个阶段: 椎体高度降低 20% 以下, 无邻近椎间盘退变 (I 期); 椎体高度降低 20% 以上, 伴有邻近椎间盘退变 (II 期); 椎体后壁破裂伴脊髓受压 (III 期)。KD 的治疗根据症状的严重程度和分期遵循个体化原则, 对早期没有或只有轻度症状的 I 期或 II 期, 治疗原则是尽快恢复脊柱的完整性和稳定性, 防止迟发性神经损伤; 对有脊髓或神经受压症状、脊柱不稳的 III 期 Kümmell 病, 应尽快进行椎管减压等手术治疗以恢复脊柱稳定性, 但 III 期 Kümmell 病治疗存在争议。

2 Kümmell 病的治疗

2.1 保守治疗

非手术治疗 (支具固定、卧床休息、止痛药物等) 适用于早期无或仅有轻微症状的患者, 一般来说, 保守治疗通常效果较差, 并有肺炎、褥疮、下肢静脉血栓形成或延迟性神经功能障碍的风险^[9]。研究显示支具固定和卧床休息可能导致更严重的骨密度和肌肉力量损失, 易出现背部肌肉萎缩; 止痛药物, 如非甾体抗炎药可能引起胃炎、胃溃疡、肝和肾损害等问题, 虽然对疼痛缓解有效, 但不能促进骨折愈合及降低后续骨折风险, 因此, 骨强化药物如双磷酸盐和激素替代疗法可用于稳定和恢复骨密度以预防再骨折发生^[2]。Gou 等^[10, 11] 对绝经后严重骨质疏松症 (PMOP) KD 患者采用特立帕肽药物, 有效促进了椎体裂隙内骨桥形成, 预防了椎体进行性塌陷, 骨密度以及生活质量均得到改善。综上, 保守治疗效果有限, 外科手术才是减轻疼痛和防止椎体塌陷更有效的选择。

2.2 手术治疗

2.2.1 经皮椎体成形术

一项系统性回顾研究发现, 接受微创手术 (PKP/PVP) 比接受非手术治疗患者的死亡率低 22%^[12]。PVP 术因治疗效果显著被广泛应用于 I 期和 II 期 KD 的治疗, 其缓解疼痛的主要机制可能是骨水泥填充椎体空腔, 起到支撑和胶水的作用, 从而起到稳定椎体的效果, 有效减少骨折处微动, 从而避免刺激局部痛觉神经末梢, 起到镇痛效果, 但它在矫正脊柱后凸方

面有限, 并有骨水泥渗漏和无法复位骨折块等问题^[13]。骨水泥渗漏不仅会导致严重的神经并发症, 还可能通过肺动脉引起肺栓塞, 甚至死亡^[14]。研究发现引起骨水泥渗漏因素包括椎体皮质不完整、存在椎基底静脉孔、骨水泥形态、骨水泥量、骨折位置等^[15]。行双侧 PVP 或低黏度骨水泥时渗漏比例更高, 但两者在 VAS 评分、ODI 评分、椎体高度均有明显改善且无显著差异^[16, 17]。

2.2.2 经皮球囊扩张椎体后凸成形术

PKP 术是治疗 Kümmell 病的常用方法, 研究表明 PKP 在降低骨水泥渗漏、减少辐射暴露、椎体高度恢复和脊柱后凸矫正方面优于 PVP, PVP 在短期 (不超过 7 d) 缓解疼痛方面更有效, PKP 手术时间更长、资源消耗更大且费用更高, 但两种手术在术后短期和长期的 VAS 评分、ODI 评分、新椎体骨折发生率、骨水泥渗漏率方面没有显著差异 ($P > 0.05$)^[18, 19]。骨水泥渗漏是 PKP 术治疗 Kümmell 病难以避免的并发症, 当 Kümmell 病患者病椎复位后, 病椎椎体高度增加且存在椎体空隙, 按一般骨质疏松骨折注入 3~4 ml 骨水泥, 无法恢复病椎稳定性, 只有当骨水泥充盈量比患椎椎体裂隙区体积大时, 才能维持椎体高度^[20]。有研究使用能够放置于椎体内的骨填充网袋, 从而避免了球囊扩张后的“回弹”现象, 不仅有效控制骨水泥渗漏还可改善椎体高度^[21]。最近, 李亮等^[22] 使用红外线主动诱导计算机辅助三维导航系统 (Iso-C 三维导航系统) 辅助 PKP/PVP 治疗 KD 可以更有效地恢复椎体高度、矫正后凸畸形、缓解疼痛、改善生活质量, 实现了 Kümmell 病的个体化精准手术治疗。综上, PKP 或 PVP 是治疗早期 Kümmell 病并神经系统完整和无严重后凸畸形患者的首选方式, 却是骨坏死的相对禁忌证, 两者都不能重建脊柱平衡且存在骨水泥渗漏相关并发症等。

2.2.3 前路手术

Kümmell 病合并神经功能障碍时应给予高度关注和警惕, 因为它往往伴有椎体损伤、供血不足、骨移植融合过程中容易发生骨不连和严重创伤等风险, 需行开放手术治疗^[23]。理论上前路重建 (anterior reconstruction, AR) 对神经功能缺损的 KD 疗效更好, 因为主要的病变 (骨折) 位于椎体的前柱^[24]。然而, 单纯的前路手术难以即刻获得矢状位或冠状位稳定, 不能有效处理后柱损伤, 仅适用于胸腰椎骨折载荷分享评分 (load sharing classification, LSC) ≥ 7 分, 并以前中柱受损或椎管前壁受压为主的, 不适用

于伴神经不全性和后方骨韧带复合体 (posterior ligament complex, PLC) 损伤的不稳定性胸腰椎骨折患者^[25]。AR 虽然在恢复椎体高度、缓解腰痛、改善椎体后凸方面取得一定的效果, 但存在感染 (肺部感染和手术部位感染)、椎体骨折和内植物相关并发症^[24]。另外, 前路手术具有较高的侵入性, 如在胸腰椎连接处发生骨折情况下需要剥离横膈膜, 开胸手术时肺功能易受损, 多节段椎体切除中易出现各种严重并发症, 如椎体或移植物塌陷导致后凸加重^[26]。并且前路手术通常需行二次手术, 如后路螺钉固定^[24]。

2.2.4 后路手术

后路截骨术 (Posterior Osteotomy, PO) 手术是目前一种常用的治疗椎体不稳定伴后凸畸形及脊髓损伤 III 期患者的方法, 可以充分暴露脊柱有效地减压脊髓、矫正后凸畸形和重建脊柱稳定性^[8]。最近有学者采用后路 Ponte 截骨矫形、后路减压内固定联合椎体成形术或后路减压内固定联合椎体次全切术治疗 Kümmell 病合并后凸畸形和脊髓损伤患者均获得满意的早期疗效, 有效地重建脊柱稳定性和矫正胸腰椎后凸畸形^[27, 28]。后路截骨矫形往往需要长节段固定, 因为相比短节段固定, 长节段固定能更好地保持脊柱稳定性, 预防伤椎进一步塌陷及局部后凸 Cobb 角加重^[29], 在后路螺钉固定过程中经脊柱多裂肌和最长肌入路可有效减少支配神经的损伤和椎旁肌血供的破坏^[30]。AR 和 PO 在治疗 Kümmell 病合并神经功能障碍的患者, 均能改善疼痛、神经功能障碍和影像学结果, 在手术时间、出血量、VAS 评分、JOA 评分、ODI 评分方面无统计学差异, 对有严重合并症, 需行多节段椎体切除和严重骨质疏松症的患者更适合 PO, 但也需警惕 PO 发生硬膜撕裂的并发症^[24]。

2.2.5 联合入路手术

单纯后路难以完全撑开复位和处理前方病灶, 单纯前路不能重建后柱序列或生理曲度, 两者均可并发内固定失败、后凸畸形复发、假关节形成、残留背痛或矫正度丢失, 并且无法在直视下准确地重新定位, 无法同时进行完整的前外侧和后路减压重建, 从而导致连续的运动单元不稳定^[25, 31]。因此, III 期 Kümmell 病伴脊柱严重失衡的患者, 最好采用前后路联合手术, 可以有效地实现减压、后凸矫正和脊柱融合^[32]。巩腾等^[25]发现前后联合入路手术较单纯前路手术可一期有效处理椎管前、侧和后方致压因素, 最大程度地减压椎管容积, 显著提高神经功能和恢复神经结构贮存空间, 即刻和持续获得患处生物机械力学

均衡, 为椎间尽早确切融合提供序列或曲度绝对稳定性, 便于术中良好复位和持久维系术后复位效果^[25]。Ohba 等^[33]证实了经皮椎弓根螺钉联合侧位椎体切除术治疗骨质疏松性胸腰椎椎体塌陷合并神经功能缺损的患者可减少矫正损失、机械并发症、邻近椎体骨折和术后下腰痛。综上, 尽管联合入路方法创伤大、手术复杂、时间较长、出血量多, 但该手术可获得即刻和持久稳定性, 系 III 期 Kümmell 病伴神经功能缺损和脊柱失稳患者的有效选择。

2.2.6 经皮螺钉置入术

最近, 一种微创入路作为一种可替代的手术方式——经皮椎弓根螺钉置入引起了人们的关注, 该手术适用于 II 期和 III 期 Kümmell 病合并轻度或无神经系统症状或伴迟发性骨坏死椎体裂隙和无或轻度脊柱后凸畸形的患者, 通过建立通道联合套管将螺钉置入椎体, 该手术已发展出多种创新性的形式, 包括短节段、长节段经皮 (骨水泥) 螺钉固定和联合椎体成形术等, 可以恢复脊柱的稳定性并迅速缓解疼痛^[23, 34, 35]。Huang 等^[36]指出经皮骨水泥椎弓根螺钉固定是治疗合并多发性疾病和/或严重骨质疏松症的 KD 患者的有效方法。该技术具有以下优势: (1) 螺钉松动和移位风险小; (2) 手术时间短; (3) 失血量少; (4) 脊柱失稳率和并发症发生率低; (5) 适用合并多种疾病和不能承受开放手术的老年患者^[2]。Gan 等^[9]使用短节段经皮螺钉固定联合椎体成形术治疗 22 例 III 期 Kümmell 病患者, 有效解决了传统手术创伤大、骨水泥移位、椎体高度丢失、病变椎体再次塌陷的问题。Wang 等^[35]使用一种新型骨水泥螺钉联合椎体成形术治疗了 27 例 Kümmell 病合并椎体前缘骨质缺乏患者, 并进行 3 年随访均无骨水泥移位及螺钉松动发生, 也证实了该手术安全性及实用性。

3 讨论

目前, Kümmell 病没有标准的治疗方法, 在选择治疗方式时, 必须遵循个体化原则, 综合考虑疼痛原因、神经功能障碍、后凸畸形的程度和骨质疏松严重程度等问题。保守治疗仅适用于早期无或轻微症状患者, PVP 或 PKP 是治疗 I 期和 II 期患者的首选方案, 大多学者主张开放手术治疗有脊髓神经压迫的 III 期患者, 该方法具有充分减压、更好地矫正脊柱后凸、稳定脊柱、进一步防止 III 期患者恶化的优势, 经皮螺钉置入具有创伤小的优势, 更适用于合并

其他疾病而不能耐受开放手术的老年人。Kümmell病的治疗进展总结如图1。随着脊柱微创化及智能化技

术的发展，在尽可能的减少并发症基础上仍需对Kümmell病的诊疗继续探索和创新。

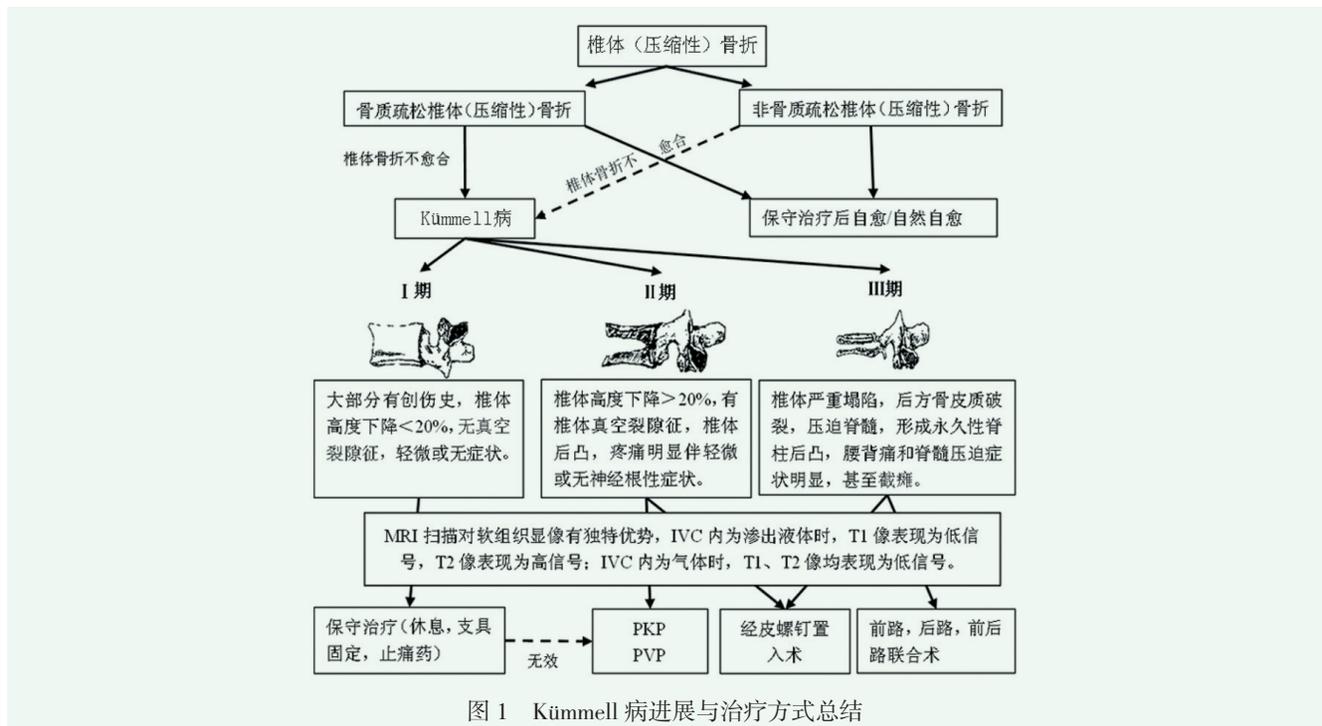


图1 Kümmell病进展与治疗方式总结

参考文献

- [1] Brower AC, Downey EJ. Kummell disease: report of a case with serial radiographs [J]. Radiology, 1981, 141 (2): 363-364.
- [2] Adamska O, Modzelewski K, Stolarczyk A, et al. Is Kummell's disease a misdiagnosed and/or an underreported complication of osteoporotic vertebral compression fractures? A pattern of the condition and available treatment modalities [J]. J Clin Med, 2021, 10 (12): 2584.
- [3] Lim J, Choi SW, Youm JY, et al. Posttraumatic delayed vertebral collapse: Kummell's disease [J]. J Kor Neurosurg Soc, 2018, 61 (1): 1-9.
- [4] Xia YH, Chen F, Zhang L, et al. Percutaneous kyphoplasty treatment evaluation for patients with kummell disease based on a two-year follow-up [J]. Exper Ther Med, 2018, 16 (4): 3617-3622.
- [5] He D, Yu W, Chen Z, et al. Pathogenesis of the intravertebral vacuum of Kummell's disease [J]. Exper Ther Med, 2016, 12 (2): 879-882.
- [6] Feng SW, Chang MC, Wu HT, et al. Are intravertebral vacuum phenomena benign lesions [J]. Eur Spine J, 2011, 20 (8): 1341-1348.
- [7] Chen Z, Lou C, Yu W, et al. Comparison of intravertebral clefts between Kummell disease and acute osteoporotic vertebral compression fracture: a radiological study [J]. Orthop Surg, 2021, 13 (7): 1979-1986.
- [8] Li KC, Li AF, Hsieh CH, et al. Another option to treat Kummell's disease with cord compression [J]. Eur Spine J, 2007, 16 (9): 1479-1487.
- [9] Gan DH, Fang MZ, Xue HP, et al. Clinical observations of Kummell disease treatment through percutaneous fixation combined with vertebroplasty [J]. Orthop Surg, 2021, 13 (5): 1505-1512.
- [10] Gou P, Wang Z, Zhao Z, et al. Restoration of the intravertebral stability in Kummell's disease following the treatment of severe postmenopausal osteoporosis by 1-34PTH—a retrospective study [J]. Osteoporos Int, 2021, 32 (7): 1451-1459.
- [11] Gou PG, Zhao ZH, Zhou JM, et al. Vertebral collapse prevented following teriparatide treatment in postmenopausal Kummell's disease patients with severe osteoporosis [J]. Orthop Surg, 2021, 13 (2): 506-516.
- [12] Hinde K, Maingard J, Hirsch JA, et al. Mortality outcomes of vertebral augmentation (vertebroplasty and/or balloon kyphoplasty) for osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review and Meta-analysis [J]. Radiology, 2020, 295 (1): 96-103.
- [13] Zhang J, Fan Y, He X, et al. Is percutaneous kyphoplasty the better choice for minimally invasive treatment of neurologically intact osteoporotic Kummell's disease? A comparison of two minimally invasive procedures [J]. Int Orthop, 2018, 42 (6): 1321-1326.
- [14] Huang YS, Hao DJ, Feng H, et al. Comparison of percutaneous kyphoplasty and bone cement-augmented short-segment pedicle screw fixation for management of Kummell disease [J]. Med Sci Monit, 2018, 24: 1072-1079.
- [15] 唐本强, 陈学明, 崔利宾, 等. Kümmell病经皮椎体成形术骨水泥渗漏的危险因素分析 [J]. 中华骨科杂志, 2020, 40 (23): 1592-1600.
- [16] Zhang L, Wang J, Feng X, et al. A comparison of high viscosity bone cement and low viscosity bone cement vertebroplasty for se-

- vere osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2015, 129: 10-16.
- [17] Zhang L, Wang J, Wang Y, et al. Comparison of high- and low-viscosity cement percutaneous vertebroplasty with manipulative reduction for the treatment of Kummell's disease: a retrospective cohort study [J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2022, 35 (2): 301-307.
- [18] Chang JZ, Bei MJ, Shu DP, et al. Comparison of the clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty vs. kyphoplasty for the treatment of osteoporotic Kummell's disease: a prospective cohort study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1): 238.
- [19] Wang B, Zhao CP, Song LX, et al. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis and systematic review [J]. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13 (1): 264.
- [20] 张广泉, 李艳培, 丁帅, 等. Kummell 病再次经皮椎体成形翻修术的经验 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (5): 479-480.
- [21] 许兵, 王萧枫, 叶小雨, 等. 骨填充网袋椎体成形术与经皮球囊后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折 [J]. *中国骨伤*, 2018, 31 (11): 993-997.
- [22] 李亮, 郝定均, 闫亮, 等. 红外线主动诱导计算机辅助三维导航系统与普通 C 型臂 X 线机透视辅助经皮微创手术治疗 Kummell 病的比较研究 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21 (8): 658-664.
- [23] Kim HS, Heo DH. Percutaneous pedicle screw fixation with polymethylmethacrylate augmentation for the treatment of thoracolumbar intravertebral pseudoarthrosis associated with Kummell's osteonecrosis [J]. *Biomed Res Int*, 2016, 2016: 3878063.
- [24] Liu F, Chen Z, Lou C, et al. Anterior reconstruction versus posterior osteotomy in treating Kummell's disease with neurological deficits: a systematic review [J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2018, 52 (4): 283-288.
- [25] 巩腾, 苏学涛, 夏群, 等. 前后联合入路与单纯前路减压固定治疗不稳定性胸腰椎骨折的疗效比较 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018, 20 (4): 303-311.
- [26] Uchida K, Nakajima H, Yayama T, et al. Vertebroplasty-augmented short-segment posterior fixation of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficit in the thoracolumbar spine: comparisons with posterior surgery without vertebroplasty and anterior surgery [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13 (5): 612-621.
- [27] 熊小春, 肖曦, 周成洪, 等. Ponte 截骨矫正胸腰椎 Kummell 病后凸畸形: 1 例报告与综述 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (5): 437-440.
- [28] 韦竑宇, 董春科, 王好, 等. 两种术式治疗 Kummell 病合并脊髓损伤的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (22): 2054-2059.
- [29] 张振辉, 王庆德, 王仲伟, 等. 后路长、短节段椎弓根螺钉固定联合经椎弓根打压植骨治疗 III 期 Kummell 病的疗效比较 [J]. *中华创伤杂志*, 2021, 37 (1): 22-29.
- [30] 吴继彬, 郭开今, 袁锋, 等. 经椎旁肌入路结合伤椎固定治疗胸腰段椎体骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (8): 697-701.
- [31] 邱林, 牟双林, 王勇, 等. 前后路联合手术对不稳定性胸腰椎骨折患者脊髓功能、椎体高度维持的临床效果 [J]. *中国临床医生杂志*, 2020, 48 (11): 1331-1334.
- [32] Lee SH, Jain V, Lee SH, et al. Transpedicular intrabody cage insertion with posterior spine stabilization in Kummell disease: report of 2 cases [J]. *World Neurosurg*, 2018, 116: 236-240.
- [33] Ohba T, Oba H, Oda K, et al. Surgical outcomes after minimally invasive direct lateral corpectomy with percutaneous pedicle screws for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse with neurologic deficits in the thoracolumbar spine compared with those after posterior spinal fusion with vertebroplasty [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46 (18): 1271-1278.
- [34] Lou C, Yu W, Chen Z, et al. Short-term outcomes of percutaneous pedicle screw fixation combined with vertebroplasty: a minimally invasive treatment for Kummell's disease with intravertebral instability [J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2020, 54 (6): 627-633.
- [35] Wang B, Wang Y, Zhang H, et al. A novel bone cement screw system combined with vertebroplasty for the treatment of Kummell disease with bone deficiency at the vertebral anterior border: a minimum 3-year follow-up study [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 201: 106434.
- [36] Huang YS, Ge CY, Feng H, et al. Bone cement-augmented short-segment pedicle screw fixation for Kummell disease with spinal canal stenosis [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24: 928-935.
- (收稿:2022-03-17 修回:2022-09-02)
(同行评议专家: 王丹 孙先润)
(本文编辑: 宁桦)

(上接 47 页)

- [43] Song JH, Bin SI, Kim JM, et al. What is an acceptable limit of joint-line obliquity after medial open wedge high tibial osteotomy? Analysis based on midterm results [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48 (12): 3028-3035.
- [44] Rosso F, Rossi R, Cantivalli A, et al. Joint line obliquity does not affect the outcomes of opening wedge high tibial osteotomy at an average 10-year follow-up [J]. *Am J Sports Med*, 2022, 50 (2): 461-470.
- [45] 刘爱峰, 马信龙, 马剑雄, 等. 胫骨高位截骨后康复功能锻炼的系统综述 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (18): 1668-1672.
- [46] Kean CO, Birmingham TB, Garland SJ, et al. Preoperative strength training for patients undergoing high tibial osteotomy: a prospective cohort study with historical controls [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2011, 41 (2): 52-59.
- (收稿:2021-12-09 修回:2022-07-18)
(同行评议专家: 臧建成 王平)
(本文编辑: 宁桦)