

· 综述 ·

Kümmell 病的诊断与治疗进展[△]

杨丰源^{1,2}, 杜俊杰^{1,2*}, 谢泊文¹, 陈宇飞¹

(1. 中国人民解放军空军特色医学中心骨科, 北京 100142; 2. 中国医科大学研究生院, 辽宁沈阳 110122)

摘要: Kümmell 病是一种复杂的脊柱疾患, 其发病机制、临床表现、影像学表现和治疗选择尚存在争议。Kümmell 病可能是多种因素共同作用的结果。本病最重要的临床特征是轻微创伤后发生的延迟性椎体塌陷。椎体内真空裂隙征是椎体缺血性坏死的影像学征象, 高度提示 Kümmell 病。治疗方法主要包括保守治疗和手术治疗。本文就 Kümmell 病的相关进展作一综述, 旨在为其临床诊疗提供参考。

关键词: Kümmell 病, 经皮椎体成形术, 经皮椎体后凸成形术, 骨质疏松性椎体压缩性骨折, 椎体内裂隙征

中图分类号: R681.57 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 03-0243-06

Progress in diagnosis and treatment of Kümmell's disease // YANG Feng-yuan^{1,2}, DU Jun-jie^{1,2}, XIE Bo-wen¹, CHEN Yu-fei¹. 1. Department of Orthopedics, Air Force Medical Center of PLA, Beijing 100142, China; 2. Graduate School, China Medical University, Shenyang 110122, China

Abstract: Kümmell's disease is a complicated spinal condition which remains controversial in the pathophysiology, clinical presentation, imaging and treatment options, which may be the comprehensive effect of multiple factors. The most important clinical feature of this disease is delayed vertebral collapse occurring after the history of minimal trauma. The intravertebral vacuum cleft phenomenon is considered a radiographic sign of avascular osteonecrosis of the vertebral body and is highly suggestive of Kümmell's disease. Treatment options include nonsurgical and surgical treatment. This article reviews the progress of Kümmell's disease to provide a reference for diagnosis and treatment.

Key words: Kümmell's disease, percutaneous vertebroplasty, percutaneous kyphoplasty, osteoporotic vertebral compression fracture, intravertebral cleft

Kümmell 病 (Kümmell's disease, KD) 是骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF) 的并发症, 由德国外科医生 Hermann Kümmell 博士于 1891 年首次报道^[1], 其同义术语还包括慢性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折、迟发性外伤后椎体骨坏死、椎体缺血性坏死、椎体骨折不愈合、缺血性椎体塌陷、椎内假关节等^[2, 3]。其主要临床表现即由最初轻微外伤后的短暂无症状期到疼痛复现并逐渐加重伴活动受限, 再到顽固性疼痛、脊柱后凸畸形和神经功能损伤。KD 在老年 OVCF 患者中的发病率为 7%~37%^[4], 随着人口老龄化进程逐渐加快, OVCF 患者数量逐年增多, 加之电子计算机断层扫描 CT、MRI 等现代诊断技术的全面普及, KD 的发病率呈现上升趋势, 对患者造成了严重的生命健

康威胁及经济财产损失。

1 致病机理

KD 的危险因素主要包括骨质疏松症 (osteoporosis, OP)、酗酒、糖尿病、长期使用皮质类固醇、恶性肿瘤、肝硬化、镰状细胞危象、戈谢病、沉箱病、系统性红斑狼疮、胰腺炎、结节病、高尿酸血症、甲状腺疾病等^[2, 5]。任何可能阻塞椎体血供的因素均可独立引起缺血性骨坏死^[6], 也可通过影响骨质疏松程度而间接导致骨折延迟愈合或不愈合^[4]。目前 KD 的发病机制仍未完全明确, 单一理论均无法充分解释本病的发生。椎体轻微外伤后引起的骨小梁微骨折会导致椎体营养血管受损, 引起供血动脉闭塞, 椎体血供

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.03.09

△基金项目:军队后勤科研重点项目(编号: BKJ17J004, BKJ20J004)

作者简介:杨丰源, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科, (电话)18580756608, (电子信箱) yangfengyuan320@163.com

* 通信作者: 杜俊杰, (电话)15699918613, (电子信箱) dujunjie205@hotmail.com

不足, 骨小梁发生缺血性坏死, 导致微骨折修复受阻^[7]; 胸腰交界 (thoracolumbar, T-L) 区脊柱活动度较大, 反复应力使骨折断端产生微动效应^[8], 其动力载荷不利于骨愈合^[9]; OP 患者骨量减少、骨折修复能力下降, 易出现骨折延迟愈合或不愈合^[10]。因此, KD 可能是椎体缺血性坏死、骨折后生物力学改变、骨质疏松性骨折不愈合等多种因素共同作用的结果^[11]。

2 诊断

KD 的发生发展具有隐匿性, 尚无特征性诊断证据, 应结合临床表现和影像学检查进行排除性诊断。可疑脊柱外伤的患者, 若腰背痛复发或恶化, 影像学检查显示椎体塌陷及骨不连征象^[12], 伴有高龄、OP、营养不良、致骨坏死性疾病等危险因素, 即应高度怀疑 KD。本病应当与急性 OVCF、特发性椎体缺血性坏死、脊柱结核、恶性肿瘤、椎体感染等疾病相鉴别。

2.1 临床表现

KD 患者平均发病年龄为 76.6 岁^[13], 女性发病率略高于男性^[14]。KD 好发于 T-L 区, 通常仅累及单个椎体, 多椎体受累的情况较为少见。Steel 等^[14]、Benedek 等^[15]及 Li 等^[16]均对 KD 的自然病程进行了分期探索, 尽管学者们对此持不同意见, 但 KD 的发生发展具有共同的临床特点, 即轻微外伤患者经历短暂的无症状期后出现进行性的腰背疼痛并活动受限, 伴有或不伴有脊柱后凸畸形和神经功能损害。

2.2 影像学检查

建议所有可疑脊柱外伤的患者进行影像学评估, 连续随访并定期摄片, 对比症状出现前后的影像学资料, 可显示椎体变形、进行性压缩性骨折和脊柱后凸畸形。KD 最典型的影像学表现是椎体内裂隙征 (intravertebral vacuum cleft, IVC)。IVC 在 X 线片上表现为椎体内或邻近椎板的横向、线形或半月形透亮影。有些患者的动力位 X 线片可出现“开合征”, 即过伸位片上表现为伤椎高度部分恢复、气体影增大, 而过屈位时为伤椎压缩、气体影减小或消失, 此征象提示椎体不稳定及椎内假关节形成。CT 上可见伤椎明显压缩性改变, 并可伴有椎体骨硬化、椎板塌陷以及椎体周围钙化影。IVC 在 CT 上表现为塌陷椎体中央或相邻椎体区域中的横形线状阴影。MRI 在 KD 的诊断和鉴别诊断方面具有重要意义, 能够对无症状患者进行筛查^[17]。IVC 在 T1 像呈低信号, 而在 T2 像呈现

可变信号, 其取决于裂隙内容物的成分及含量, 并可随体位改变而变化^[17]。急性期时, 椎体裂隙内充满液体, T1 像表现为低信号, T2 像表现为高信号; 内为气体时, T1、T2 像均表现为低信号; 若同时含有液体和气体, 则在 T1 和 T2 像上表现为混杂信号^[18]。椎前软组织病变与骨内空腔的 MRI 联合检查亦有助于 KD 的诊断^[19]。

2.3 分期与分型

Li 等^[16]结合临床症状、X 线及 MRI 表现, 将 KD 病程分为三期 (表 1), 并强调分期论治, 目前应用较为广泛且临床指导意义较大, 但该分期太过宽泛, 推荐的治疗仅限于椎体成形术或开放内固定, 其临床实用性受限。因此国内外许多学者对 KD 进行了细化分型探索, 以补充和优化其治疗方案。郝定均等^[3]根据影像学上伤椎稳定性、椎管是否合并狭窄和有无后凸畸形 3 个关键特征, 将 KD 患者分为五型并相应给出了确切定义及治疗意见, 有利于评估病情和指导治疗。此外, 国际脊柱内固定学会以德国骨科创伤协会分型^[20]为基础, 根据张力带损伤、终板累及和椎体压缩程度提出了新的骨质疏松性胸腰椎骨折分型系统^[21], 根据评分予以相应治疗策略, 然而该分型系统是否适用于 KD 仍有待进一步研究。

3 治疗方法

3.1 保守治疗

若患者无神经受损症状且椎体后壁完整或无法耐受手术, 可采用卧床休息、镇痛药物、支具固定、抗骨质疏松等保守治疗。抗骨质疏松治疗应作为 KD 的基础疗法贯穿治疗全程, 无论手术与否都应给予足够重视。杨惠林等^[22]指出, 降钙素、钙剂、双磷酸盐、维生素 D 等药物的应用, 可恢复骨密度、减轻疼痛并降低 OVCF 的风险。Gou 等^[23]采用骨合成代谢药物 (1-34 PTH) 治疗 21 例患有严重绝经期 OP 的 KD 患者, 结合抗骨质疏松及保护性支具, 结果显示该疗法能有效缓解疼痛、改善骨质疏松并促进椎体稳定性恢复。此外, 祖国医药在 KD 治疗中也具有重要应用价值, 结合其他疗法, 能更有效地缓解临床症状, 并改善腰椎功能^[24, 25]。

镇痛药物、绝对卧床及佩戴支具等保守治疗对 KD 效果不佳^[2], 无法降低 KD 的发病风险^[4], 还可能出现药物副反应、肌力下降、骨量丢失加剧及心肺功能减退等不良事件。此外, 患者确诊 KD 时多已出现伤椎失稳、椎体高度丢失甚至后凸畸形, 若已由后

凸畸形进展至神经功能损害，则恢复至理想状态的可能性较小。因此，KD 患者如无手术禁忌，即应考虑积极手术治疗。

表 1 KD 的分期标准 (Li 分期)
Table 1 Li's classification for KD

分期	X 线片	MRI	临床表现
I 期	椎体完整或前柱轻度压缩，椎体前缘高度丢失<20%，无 IVC 表现	T1 像低信号、T2 像高信号，微小裂隙	腰背痛、胸壁痛或无明显症状
II 期	伤椎动态失稳，椎体前缘高度丢失>20%，椎体后缘皮质完整	T1 像低信号、T2 像均匀或不均匀高信号，明显裂隙	腰背痛、胸壁痛、后凸畸形，根性症状
III 期	伤椎动态失稳，椎体严重塌陷，椎骨后缘皮质破裂	T1 像低信号、T2 像均匀或不均匀高信号，明显裂隙，椎体后壁骨折块压迫脊髓	腰背痛、胸壁痛、后凸畸形，神经功能损害，脊髓受压

注：神经功能损害可表现为肋间神经痛、坐骨神经痛、股神经痛，脊髓受压可表现为截瘫。

3.2 微创手术治疗

对于无明显神经功能损害且椎体后壁完整 (I 期和 II 期) 的 KD 患者，可采用经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 或经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP)，均能有效缓解疼痛、恢复椎体高度并矫正后凸畸形^[4]。骨水泥注入后可有效固定伤椎，同时椎体内骨神经末梢可被骨水泥的细胞毒性和放热作用所破坏，从而有效减轻腰背痛症状；骨水泥还可增加椎体的强度和刚度，恢复伤椎至理想高度，防止椎体进一步塌陷^[18]。PVP 和 PKP 在减轻疼痛方面无显著差异^[26]，而 PKP 在减少骨水泥渗漏、恢复椎体高度、矫正后凸畸形方面优于 PVP^[27]。PVP 或 PKP 多采用经椎弓根路径，无论是单侧还是双侧入路，术后疼痛程度、塌陷椎体压缩程度及后凸畸形程度均较术前有明显改善^[28, 29]，但不应过度追求伤椎后凸角度的矫正或椎体高度的恢复，以免增加骨水泥渗漏和椎体再塌陷风险。

骨水泥渗漏是 PVP 和 PKP 的常见并发症^[30]，为了预防骨水泥渗漏，术前应获得全面的医学评估并进行手术规划，术中勤透视并严格掌握骨水泥的黏稠度、注入量、注入时机和注入速度等。姚树强等^[31]回顾性分析 40 例 KD 患者，对比骨填充网袋成形术与 PKP 疗效，结果显示网袋成形术在 KD 的治疗中可更好地降低骨水泥渗漏率，减少并发症产生。延迟性骨水泥移位是一种少见但后果严重的并发症，若骨水泥移位至椎管，将造成严重的神经系统损害^[32]。李永军等^[33]认为 PKP 注射骨水泥时经工作通道将椎体内骨水泥向后方延伸至椎弓根内，即“拖尾征”能锚定前方骨水泥，长期随访表明该术式能有效降低骨水泥移位风险。近年来，改良术式及新型生物材料的应用也为 KD 的微创手术治疗提供了不同选择。例如：矿化胶原-聚甲基丙烯酸甲酯 (mineralized colla-

gen-polymethylmethacrylate, MC-PMMA) 骨水泥^[34]、椎体三柱强化技术^[35]及旋切-强化技术^[36]等，在恢复椎体高度、预防骨水泥渗漏和移位、矫正后凸畸形及防止椎体再塌陷等方面各具优势，临床应用前景广阔。

3.3 开放手术治疗

III 期 KD 患者，由于椎体严重塌陷、后壁破裂，经皮椎体强化治疗效果不佳，骨水泥渗漏风险大，存在神经损伤的风险^[4]。因此，III 期 KD 患者常需要开放手术以纠正后凸畸形、恢复椎体高度并重建脊柱矢状位平衡，通过椎体复稳以改善神经症状。手术路径可选取前入路、后入路或前后入路联合手术。目前后路手术日趋成熟，尤其适用于伴有严重 OP 和 (或) 多节段塌陷者，加之老年 KD 患者行前路或联合手术并发症多^[29]，因此外科医师越来越偏向于选择后路手术。

KD 患者大多伴有中至重度的 OP^[13]，椎弓根无法对螺钉产生有效的把持力，因而出现切割现象，术后内固定松动的风险较大^[29]，骨水泥钉道强化的短节段内固定术可有效解决这一问题^[37]，现已广泛应用于临床。此外，皮质骨通道螺钉技术与膨胀式椎弓根螺钉技术亦能够提高内固定强度^[29]。对于合并节段间失稳^[30]的 KD 患者，其疼痛与椎体稳定性丢失有关^[4, 29]，故重建脊柱稳定性才是治疗的关键，推荐采用短节段后路固定融合联合伤椎椎体强化术，据报道该术式安全有效，在矫正脊柱后凸畸形的同时可较好地固定和支撑伤椎，防止其进一步塌陷，避免继发性神经损伤，同时改善脊髓受压症状^[38]。若合并椎管狭窄导致脊髓或神经根受压，出现脊髓损伤症状或根性症状，可采用后路短节段钉道强化、后路减压联合伤椎椎体强化术，术后疼痛、后凸畸形及塌陷椎体压缩程度均较术前明显改善，神经功能受损者均获得

不同程度的恢复^[39]。对于伴有严重后凸畸形的患者，其疼痛原因可能是后凸畸形导致的腰背肌紧张，可采用后路截骨矫形术，例如，后路全脊柱切除术和BDBO截骨术（bone-disc-bone osteotomy）均可有效矫正脊椎后凸畸形、恢复矢状位平衡并缓解腰背肌紧张，联合椎弓根内固定系统更能够巩固矫正效果并减少固定节段，但远期疗效仍有待论证^[40]。此外，新型骨水泥桥接螺钉系统^[41]、置入物三维打印技术^[42]及经皮内固定技术^[43]等亦可用于治疗KD，具有创伤小、并发症少、远期稳定性优等特点，虽未广泛应用于临床，但指明了未来的研究趋势。

4 小结与展望

KD作为OVCF的晚期并发症，其高致残率使得患者身心健康受到严重威胁。随着现代医学的发展，治疗KD的临床方法日益增多，如骨代谢疗法、外科改良术式、新型材料与器械的应用等，但仍需结合患者情况制定个体化治疗方案。纵观近十年KD诊断与治疗的发展轨迹，热点多但亮点少，争议多但共识少，因此制定完备的诊疗指南将具有重大的临床意义。在形成统一的共识之前，临床上应更加重视OP的防治及OVCF的早期诊治。未来随着分子生物学、生物力学、材料学等学科的发展以及医工交互的深入研究，能够探明其确切致病机理，从而避免或减少KD的发生。

参考文献

- [1] Kümmell H. Ueber Knochen implantation [J]. Dtsch Med Wochenschr, 1891, 17 (11): 389-392. DOI: 10.1007/BF01947908.
- [2] Lim J, Choi SW, Youm JY, et al. Posttraumatic delayed vertebral collapse: Kümmell's disease [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2018, 61 (1): 1-9. DOI: 10.3340/jkns.2017.0505.010.
- [3] 郝定均, 杨俊松, 拓源, 等. 慢性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折的影像学分型及其信度检验 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (2): 97-102. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.02.01. Hao DJ, Yang JS, Tuo Y, et al. Reliability of a novel radiographic classification system for chronic symptomatic osteoporotic thoracolumbar fracture [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (2): 97-102. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.02.01.
- [4] Adamska O, Modzelewski K, Stolarczyk A, et al. Is Kümmell'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. DOI: 10.3390/jcm10122584.
- [5] 蒋文斌, 万磊, 石华刚, 等. Kümmell's 病相关危险因素分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (20): 1825-1828. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.20.01. Jiang WB, Wan D, Shi HG, et al. An analysis on risk factors related to Kümmell's disease [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (20): 1825-1828. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.20.01.
- [6] Matzaroglou C, Georgiou CS, Panagopoulos A, et al. Kümmell's disease: clarifying the mechanisms and patients' inclusion criteria [J]. Open Orthop J, 2014, 8: 288-297. DOI: 10.2174/1874325001408010288.
- [7] 张磊磊, 李健, 贾惊宇, 等. Kümmell's 病的研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23 (9): 816-819. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.09.11. Zhang LL, Li J, Ji JY, et al. Progress in Kümmell's disease [J]. Orthopedic Journal of China, 2015, 23 (9): 816-819. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.09.11.
- [8] Ranjan M, Mahadevan A, Prasad C, et al. Kümmell's disease - uncommon or underreported disease: a clinicopathological account of a case and review of literature [J]. J Neurosci Rural Pract, 2013, 4 (4): 439-442. DOI: 10.4103/0976-3147.120234.
- [9] Kong LD, Wang P, Wang LF, et al. Comparison of vertebroplasty and kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral clefts [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24 (Suppl 1): S201-208. DOI: 10.1007/s00590-013-1374-z.
- [10] Marie PJ, Kassem M. Osteoblasts in osteoporosis: past, emerging, and future anabolic targets [J]. Eur J Endocrinol, 2011, 165 (1): 1-10. DOI: 10.1530/EJE-11-0132.
- [11] He D, Yu W, Chen Z, et al. Pathogenesis of the intravertebral vacuum of Kümmell's disease [J]. Exp Ther Med, 2016, 12 (2): 879-882. DOI: 10.3892/etm.2016.3369.
- [12] Inose H, Kato T, Ichimura S, et al. Risk factors of nonunion after acute osteoporotic vertebral fractures: a prospective multicenter cohort study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45 (13): 895-902. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003413.
- [13] Liu FY, Huo LS, Liu S, et al. Modified posterior vertebral column resection for Kümmell disease: Case report [J]. Medicine (Baltimore), 2017, 96 (5): e5955. DOI: 10.1097/MD.0000000000005955.
- [14] Steel HH. Kümmell's disease [J]. Am J Surg, 1951, 81 (2): 161-167. DOI: 10.1016/0002-9610(51)90206-1.
- [15] Benedek TG, Nicholas JJ. Delayed traumatic vertebral body compression fracture; part II: pathologic features [J]. Semin Arthritis Rheum, 1981, 10 (4): 271-277. DOI: 10.1016/0049-0172(81)90004-4.
- [16] Li K, Wong T, Kun F. Staging of Kümmell's disease [J]. J Musculoskel Res, 2004, 8 (1): 43-55. DOI: 10.1142/s0218957704001181.
- [17] Ahn SE, Ryu KN, Park S, et al. Early bone marrow edema pattern of the osteoporotic vertebral compression fracture: Can be predictor of vertebral deformity types and prognosis [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2016, 59 (2): 137-142. DOI: 10.3340/jkns.2016.59.2.137.

- [18] Huang YS, Hao DJ, Wang XD, et al. Long-segment or bone cement-augmented short-segment fixation for kummell disease with neurologic deficits? A comparative cohort study [J]. *World Neurosurg*, 2018, 116: e1079-e1086. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.171.
- [19] Yu SH, Jeong YM, Lee SW. Revisiting Kümmell's disease: MRI findings beyond the intraosseous cavity for improved diagnosis [J]. *Neuroradiology*, 2022, 64 (8) : 1681-1688. DOI: 10.1007/s00234-022-02976-z.
- [20] Blattert TR, Schnake KJ, Gonschorek O, et al. Nonsurgical and surgical management of osteoporotic vertebral body fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU) [J]. *Global Spine J*, 2018, 8 (2 Suppl) : 50s-55s. DOI: 10.1177/2192568217745823.
- [21] Quinteros G, Cabrera JP, Urrutia J, et al. Reliability evaluation of the new AO Spine-DGOU Classification for Osteoporotic Thoracolumbar Fractures [J]. *World Neurosurg*, 2022, 161 : e436-e440. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.02.029.
- [22] 杨惠林, 刘强, 唐海, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折患者抗骨质疏松规范治疗专家共识 [J]. *中华医学杂志*, 2018, 98 (11) : 803-807. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.11.002.
Yang HL, Liu Q, Tang H, et al. Expert consensus on standard anti osteoporosis treatment for patients with osteoporotic vertebral compressibility fracture [J]. *National Medical Journal of China*, 2018, 98 (11) : 803-807. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.11.002.
- [23] Gou P, Wang Z, Zhao Z, et al. Restoration of the intravertebral stability in Kümmell's disease following the treatment of severe postmenopausal osteoporosis by 1-34PTH—a retrospective study [J]. *Osteoporos Int*, 2021, 32 (7) : 1451-1459. DOI: 10.1007/s00198-020-05761-x.
- [24] 穆晨晨, 拓源, 贾帅军, 等. 综合保守方法治疗 Kummell 病的临床研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (7) : 577-581. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.07.01.
Mu CC, Tuo Y, Jia SJ, et al. A clinical study on comprehensive conservative treatment for Kummell [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2019, 27 (7) : 577-581. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.07.01.
- [25] 赵新宇, 周正新. 自拟补肾强骨汤联合经皮椎体后凸成形术治疗 Kummell 病疗效观察 [J]. *中医药临床杂志*, 2022, 34 (3) : 553-556. DOI: 10.16448/j.cjctm.2022.0332.
Zhao XY, Zhou ZX. Clinical observation on the treatment of kummell disease by self-made bushen qianggu decoction combined with percutaneous kyphoplasty [J]. *Clinical Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2022, 34 (3) : 553-556. DOI: 10.16448/j.cjctm.2022.0332.
- [26] Chang JZ, Bei MJ, Shu DP, et al. Comparison of the clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty vs. kyphoplasty for the treatment of osteoporotic Kümmell's disease: a prospective cohort study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1) : 238. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2014.08.05.
- [27] 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. DOI: 10.1007/s00586-012-2441-6.
- [28] 李厚坤, 王晓东, 杨小卫, 等. 单侧椎弓根入路与双侧椎弓根入路 PKP 治疗 Kümmell's 病的临床对比研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (18) : 1660-1665. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.18.06.
Li HK, Wang XD, Yang XW, et al. A comparative study of unipedicular and bipedicular percutaneous kyphoplasty for Kümmell's disease [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2016, 24 (18) : 1660-1665. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.18.06.
- [29] 陈伯华, 陈其昕, 程黎明, 等. 症状性陈旧性胸腰椎骨质疏松性骨折手术治疗临床指南 [J]. *中华创伤杂志*, 2020, 36 (7) : 577-586. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2020.07.001.
Chen BH, Chen QX, Cheng LM, et al. Clinical guideline for surgical treatment of symptomatic chronic osteoporotic vertebral fractures [J]. *Chinese Journal of Traumatology*, 2020, 36 (7) : 577-586. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2020.07.001.
- [30] 葛朝元, 何立民, 郑永宏, 等. Kümmell 病新分型系统评估及临床应用 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27 (4) : 312-319. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.04.04.
Ge CY, He LM, Zheng YH, et al. Evaluation and clinical application of a new classification system for Kümmell disease [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2017, 27 (4) : 312-319. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.04.04.
- [31] 姚树强, 吴瑞, 周纪平, 等. 骨填充网袋成形术与经皮椎体后凸成形术治疗 Kümmell 病的疗效比较 [J]. *中国骨伤*, 2022, 35 (5) : 429-434. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.05.005.
Yao SQ, Wu R, Zhou JP, et al. Comparison of vesselplasty and percutaneous kyphoplasty in the treatment of Kümmell disease [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2022, 35 (5) : 429-434. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.05.005.
- [32] Gao X, Du J, Zhang Y, et al. Predictive factors for bone cement displacement following percutaneous vertebral augmentation in Kümmell's Disease [J]. *J Clin Med*, 2022, 11 (24) : 7479. DOI: 10.3390/jcm11247479.
- [33] 李永军, 梁永辉, 韦兴, 等. “拖尾征”锚定骨水泥椎体后凸成形术对 Kümmell's 病的治疗效果 [J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2020, 19 (7) : 494-498. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2020.07.117.
Li YJ, Liang YH, Wei X, et al. “Trailing sign” anchored cement kyphoplasty for Kümmell's disease [J]. *Chinese Journal of Multiple Organ Disease in the Elderly*, 2020, 19 (7) : 494-498. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2020.07.117.
- [34] Zhu J, Yang S, Yang Y, et al. Modified poly(methyl methacrylate) bone cement in the treatment of Kümmell disease [J]. *Regen Biomater*, 2021, 8 (1) : rbaa051. DOI: 10.1093/rb/rbaa051.
- [35] Liu Y, Su Y, Xu Y, et al. The Use of Three-column enhanced percutaneous vertebroplasty to treat Kummell's disease [J]. *J Pain Res*, 2022, 15: 2919-2926. DOI: 10.1111/papr.12561.
- [36] Zhong C, Min G, Liu XW, et al. Percutaneous vertebroplasty using

- a rotary cutter for treating Kümmell's disease with intravertebral vacuum cleft [J]. *Pain Physician*, 2021, 24 (4) : E477-e482. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.131.
- [37] Becker S, Chavanne A, Spitaler R, et al. Assessment of different screw augmentation techniques and screw designs in osteoporotic spines [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17 (11) : 1462-1469. DOI: 10.1007/s00586-008-0769-8.
- [38] 赵吉鹏, 孙传, 向学强, 等. 骨水泥强化椎弓根螺钉联合椎体成形术治疗 III 型 Kümmell 病 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34 (2) : 170-174. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.02.015.
- Zhao JP, Sun C, Xiang XQ, et al. Cement augmented pedicle screw combined with vertebroplasty for the treatment of Kümmell's disease with type III [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 34 (2) : 170-174. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.02.015.
- [39] Huang YS, Ge CY, Feng H, et al. Bone cement-augmented short-segment pedicle screw fixation for Kümmell disease with spinal canal stenosis [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24: 928-935. DOI: 10.12659/MSM.905804.
- [40] Cheng H, Wang GD, Li T, et al. Radiographic and clinical out-
- comes of surgical treatment of Kümmell's disease with thoracolumbar kyphosis: a minimal two-year follow-up [J]. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2021, 22 (1) : 761. DOI: 10.21203/rs.3.rs-273357/v1.
- [41] Wang B, Wang Y, Zhang H, et al. A novel bone cement screw system combined with vertebroplasty for the treatment of Kümmell disease with bone deficiency at the vertebral anterior border: a minimum 3-year follow-up study [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 201: 106434. DOI: 10.1016/J.CLINNEURO.2020.106434.
- [42] Dong C, Wei H, Zhu Y, et al. Application of titanium alloy 3d-printed artificial vertebral body for stage III Kümmell's disease complicated by neurological deficits [J]. *Clin Interv Aging*, 2020, 15: 2265-2276. DOI: 10.2147/CIA.S283809.
- [43] Gan DH, Fang MZ, Xue HP, et al. Clinical observations of kümmell disease treatment through percutaneous fixation combined with vertebroplasty [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (5) : 1505-1512. DOI: 10.1111/os.12935.
- (收稿:2022-11-09 修回:2023-06-29)
(同行评议专家: 王丹, 郭继东, 王华东)
(本文编辑: 宁桦)

(上接 242 页)

- [27] Bono OJ, Olcott CW, Carangelo R, et al. Femoral intramedullary alignment in total knee arthroplasty: indications, results, pitfalls, alternatives, and controversies [J]. *J Knee Surg*, 2020, 33 (1) : 12-14. DOI: 10.1055/s-0038-1676070.
- [28] Jagadeesh N, Parameshwar A, Kumar H, et al. Accelerometer-based handheld navigation instrumentation in total knee arthroplasty decrease blood loss compared to conventional instrumentation: a prospective comparative study [J]. *Cureus*, 2022, 14 (12) : e32589.
- DOI: 10.7759/cureus.32589.
- [29] Ku MC, Chen WJ, Lo CS, et al. Femoral component alignment with a new extramedullary femoral cutting guide technique [J]. *Indian J Orthop*, 2019, 53 (2) : 276-281. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_119_17.
- (收稿:2023-03-15 修回:2023-07-31)
(同行评议专家: 付国建, 李杰, 郑志永, 尹纪光)
(本文编辑: 宁桦)