

本文引用: 张印恩, 焦建宝. 关于 Kümmell 病的研究进展[J]. 医学研究与教育, 2022, 39(3): 47-53. DOI: 10.3969/j.issn.1674-490X.2022.03.008.

· 临床医学 ·

关于 Kümmell 病的研究进展

张印恩^{1,2}, 焦建宝¹

(1. 河北大学附属医院, 河北 保定 071000; 2. 河北大学临床医学院, 河北 保定 071000)

摘要: Kümmell 病 (Kümmell's disease, KD) 是人在轻微创伤以后, 以延迟的方式发生椎体缺血性坏死。KD 表现为迟发性椎体压缩性骨折, 最常见的病变部位为胸腰椎交界处。KD 患者常有轻微创伤史, 虽然术后疼痛消失, 但症状经常复发并且加重, 多年后出现后凸畸形。KD 的确诊不仅要依靠影像学技术, 也需结合患者的病史、临床症状综合分析, 由创伤引起的椎管内骨折被认为是 KD 诊断中最重要的特征。KD 患者可根据是否有神经功能缺损而采取不同的治疗方案, 对于无神经功能缺损的 KD 患者, 可采取保守治疗、经皮椎体成形术、后凸成形术等方法治疗。对于有神经缺损的 KD 患者, 可采用前路重建、后路截骨术等方法治疗。但以上方法常常伴有骨水泥的渗漏。随着现代医学与科技的发展, 临床医师为了减少骨水泥的渗漏, 在经皮椎体成形术、后凸成形术、前路重建、后路截骨术的基础上对手术做出了一系列改良, 有效地减少了并发症的发生, 提高了患者的生活质量。

关键词: Kümmell 病; 椎体内裂隙; 椎体真空现象; 骨质疏松; 治疗

DOI: 10.3969/j.issn.1674-490X.2022.03.008

中图分类号: R6

文献标志码: A

文章编号: 1674-490X(2022)03-0047-07

Developments on Kümmell's disease

ZHANG Yin'en^{1,2}, JIAO Jianbao¹

(1. Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding 071000, China; 2. School of Clinical Medicine of Hebei University, Baoding 071000, China)

Abstract: Kümmell's disease (KD) is a delayed form of vertebral ischemic necrosis after minor trauma. KD shows delayed vertebral compression fracture, and the most common lesion is at the junction of thoracolumbar spine. Patients with KD often have a history of minor trauma. Although the postoperative pain disappears, the symptoms often relapse and worsen, and kyphosis deformity occurs many years later. The diagnosis of KD depends not only on imaging technology, but also on the comprehensive analysis of patients' medical history and clinical symptoms. Intraplasmic fracture caused by trauma is considered to be the most important feature in the diagnosis of KD. Patients with KD can adopt different treatment schemes according to whether there is nerve defect. Patients with KD without nerve defect can be treated with conservative treatment, percutaneous vertebroplasty (PVP), percutaneous kyphoplasty (PKP) and other methods. However, the above methods are often accompanied by leakage of bone cement. With the development of modern medicine and technology, in order to reduce the leakage of bone cement, clinicians have made a series of improvements to the operation on the basis

收稿日期: 2022-03-29

第一作者: 张印恩 (1997—), 男, 河南焦作人, 医师, 在读硕士, 主要从事骨外科学科研与治疗。

E-mail: 2290853002@qq.com

通信作者: 焦建宝 (1964—), 男, 河北保定人, 主任医师, 硕士, 硕士生导师, 主要从事骨外科学科研与治疗。

E-mail: 643480257 @ qq.com

of PVP, PKP, anterior reconstruction and posterior osteotomy, which effectively reduces the occurrence of complications and improves the quality of life of patients.

Key words: Kümmell's disease; intravertebral fissure; vertebral vacuum; osteoporosis; treatment

Kümmell 病 (Kümmell's disease, KD) 是在轻微创伤以后, 以延迟的方式发生椎体缺血性坏死^[1], 它是一种罕见而复杂的脊柱疾病, 也可定义为迟发性创伤后椎体塌陷。在 1891 年, 德国外科医生 Herman Kümmell 博士定义 KD 为缺血性骨坏死, 其发生在迟发性创伤后椎体塌陷后, 并且骨质疏松脊柱患者多见^[2-3]。KD 表现为迟发性椎体压缩性骨折, 最常见的病变部位为胸腰椎交界处。KD 患者常有轻微创伤史, 虽然术后疼痛消失, 但症状经常复发并且加重, 多年后出现后凸畸形^[4-5]。目前的文献表明, KD 在老年人中的发病率为 7%~37%, 平均年龄约为 77 岁, 并且多数 KD 患者有着中重度骨质疏松^[6-7]。KD 患者在早期通常无明显表现, 只有 23%~33% 骨折在临床上是明显的, 所以经常无法诊断^[8]。而 KD 发病机制的典型假设是骨折椎骨坏死导致的延迟愈合或不愈合^[9-10]。但目前 KD 尚无标准治疗方法。KD 治疗的主要目的是减轻疼痛、恢复椎体高度、纠正后凸畸形、提高患者生活质量^[11-12]。近些年来, 随着科研人员对骨质疏松研究逐渐深入和医学影像技术的发展, KD 的诊断率不断提高, 人们对 KD 的关注度也逐渐升高^[13-14]。现对 KD 的研究进展进行综述。

1 有关 KD 发病机制

目前对 KD 的发病机制尚无完全一致的说法, 关于 KD 的发病机制存在多种假说, 如缺血性骨坏死、萎缩性骨折不愈合、微骨折、营养损伤、假关节、疲劳骨折^[5]。而 KD 发病机制的代表性假说是骨折后延迟愈合或因骨坏死而不能愈合^[1,9-10]。各种因素导致的血管损伤可造成骨折延迟愈合, 若为椎体供血的血管发生病变, 可导致骨坏死。骨质疏松患者因成骨细胞的缺乏也可出现愈合延迟。Kim 等^[15]在对骨质疏松性压缩性骨折的病例进行 X 线检查时发现, 生物力学特性在 KD 的发生发展中很重要, 因为椎体内裂在胸腰椎结合部更常见, 而压缩的椎体本身与椎体内不稳定有关。椎体骨折加重了胸腰椎连接处的轴向负荷, 由于椎体后凸的进展, 增加了椎体内的不稳定性。若伴有临床危险因素, 可加速骨坏死。这些危险因素包括慢性酒精中毒、骨质疏松、慢性类固醇治疗、血红蛋白病、血管炎、库欣病、胰腺炎等, 这些危险因素导致脂肪蓄积在小动脉, 从而形成动脉粥样硬化, 使椎体血液供应进一步减少, 骨缺乏血液的供应而逐渐出现坏死^[1]。

2 KD 的诊断

2.1 KD 的病史与症状

由创伤引起的椎管内骨折被认为是 KD 诊断中最重要的特征, 发生率约为 79%^[16]。KD 患者常因轻微的外伤史导致腰背部疼痛, 经过一段时间后, 腰背部疼痛消失并且长达数月不再疼痛。但再经过一段时间之后, 相同部位再发疼痛。KD 患者的疼痛分为 2 种类型, 一种是早期骨折发生的急性疼痛, 另一种是经过一段时间后逐渐发展形成的慢性腰痛^[1,2,4,17-18]。因为空洞和假关节会导致椎体不稳定, 随着病情进展, 腰背部疼痛、脊柱后凸等症状越来越重, 严重影响 KD 患者的生活质量。各种并发症, 如下肢静脉血栓、压疮、肺炎等发生的概率也随之增加^[5,19-20]。若患者出现了外伤史、腰背痛并且疼痛消失数月或数年之后相同部位再次发生疼痛, 应警惕 KD 的发生。

2.2 影像学评估

影像学检查可发现迟发性椎体塌陷、椎体真空现象 (intravertebral vacuum phenomenon, IVP) 或椎体内裂隙 (intravertebral vacuum cleft, IVC) 特征性改变^[21]。MRI 可显示有局部液体充盈存在于 IVC 发生的区域^[22-23]。

IVP 常表现为典型的带状或线状的椎体内透光影, 常伴有周围硬化^[24]。因为塌陷椎体部分未愈合, 椎体内便会出现真空现象, 随后则出现假关节, 但是这种现象很少引起椎管狭窄^[25]。老年人常出现骨质疏松, 而骨质疏松性骨折常会导致 IVP 的发生, 因此, 随着人口老龄化的出现, IVP 迹象会变得更加常见^[26]。

IVC 有气体在受累椎体内积聚, 这种现象在常规的 X 线中很难识别, 但在轴向 CT 扫描时可以较容易发现^[27]。IVC X 线表现为病变椎体的横线形或月牙形阴影, 并且在 CT 的表现上更为突出, 可明显地看出病变椎体压缩性改变, 不规则的骨碎片可以清晰地被识别出, 并且动态屈伸 CT 对诊断脊柱不稳非常有用^[1,28]。在 MRI 的影像学表现上, 根据受累椎体内液体与气体的比例不同, T₁ 与 T₂ 加权像则呈现出不同的表现。当 T₁ 加权像上表现为低信号, T₂ 上为高信号时, 说明椎体内液体极多, 而气体极少。当 T₁ 和 T₂ 都表现为低信号时, 说明椎体内气体极多而液体极少^[29]。而根据诊断时间的不同, MRI 也呈现出不同的信号。急性期 T₁WI 常常表现为低信号, 高信号常见于 T₂WI, 随着时间的延长, 骨髓水肿渐渐消退, 病变区域可表现为等信号^[1]。IVC 会使椎体强度降低, 易引起椎体再次塌陷。而生理曲度因脊柱后凸会使其重心稳定性降低, 会使患者骨折再次发生。

KD 的确诊不仅仅要依靠影像学技术, 也需结合患者的病史、临床症状综合分析。

2.3 KD 的分期

目前 KD 的分期有许多版本。Li 等^[30]将 KD 分为 3 期: 第 1 期为轻微压迫, 有或没有背痛; 第 2 期为椎体高度下降大于 20%, 有或无神经根性的背痛; 第 3 期为后皮质断裂导致脊髓受压, 伴或不伴脊髓损伤。通过回顾性分析指出经后路人工复位、短节段固定、经椎弓根体增强器短节段固定的方法可以成功治疗第 3 期 KD, 而由于第 3 期 KD 时周围椎体皮质已经受损, 植入的骨水泥很容易渗出椎体, 因此后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 不适用于第 3 期。Steel 等^[2]、Benedek 等^[31]将 KD 分为 5 期: 第 1 期 KD 患者受到一定的创伤后可无明显的症状, X 线也可表现为阴性; 第 2 期患者仅有轻度的胸腰椎疼痛和背痛, 但日常步行不受影响; 第 3 期患者常常无明显的临床表现, 这个时期被称为潜伏期, 可长达数年之久; 第 4 期患者骨折部位可出现反复疼痛并且逐渐加重; 第 5 期为终末期, 出现脊柱后凸或脊髓神经根压迫症状, 疼痛呈持续性。Ito 等^[32]认为, KD 可分为 3 个阶段, 第一阶段常表现为患病 3 周后椎体出现椎间隙, 第二阶段为病变椎体发生裂隙改变及椎体不稳定, 第三阶段为完全性椎体塌陷。Zhang 等^[33]认为不同分期应该给予不同治疗。

虽然 KD 的分期版本较多, 但是分期的标准大多都是根据 KD 病程进展进行的, 即创伤后疼痛至无症状期, 之后受伤部位再次出现疼痛。随着 KD 逐渐被临床医生认识, KD 的诊出率也越来越高, 各种影像学技术为 KD 的诊断、分期与治疗提供了良好的参考。

3 KD 的治疗方法

积极有效的治疗可减少 KD 患者的痛苦。KD 患者可卧床休息, 当疼痛出现时可服用非甾体抗炎药来缓解疼痛, 但保守治疗对 KD 患者的效果并不理想。在手术治疗方面, 各种手术方法如 PKP、经皮椎体固定联合成形术、切开复位、后路截骨、前路椎体切除术等均有文献报道^[34-37]。根据神经症状是否

存在有不同的治疗方法。对于没有神经功能缺损的 KD 患者,经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)和 PKP 2 种方法有着疼痛缓解和满意的畸形矫正作用。但是,对于有神经功能缺损的患者,需行开放性手术进行脊髓减压和脊柱稳定。前路重建(anterior reconstruction, AR)和后路截骨术(posterior osteotomy, PO)已被提出用于 KD 的治疗。

3.1 保守治疗

Venmans 等^[38]对 202 例椎体压缩性骨折患者保守治疗的随机试验证明,在保守治疗的患者中约 60% 患者的疼痛得到了有效缓解。在患者被诊断为 KD 时,若椎体还未发生塌陷,可使用促骨合成剂来进行初步治疗。若 KD 患者不存在神经功能障碍,则应卧床休息,使用非甾体抗炎药镇痛。KD 患者常见于骨质疏松患者,药物方面可使用钙剂、双磷酸盐、维生素 D 治疗。孙广江等^[39]将 121 例 KD 患者进行分组对照研究,证实口服补正续骨丸,可有效缓解 KD 患者的腰背部疼痛与功能。Gou 等^[40]对 53 例绝经后 KD 患者分别进行阿仑膦酸钠和特立帕肽对照治疗,证实了特立帕肽对绝经后伴有骨质疏松的 KD 患者有着预防脊柱塌陷的作用。除此之外,双膦酸盐、地诺单抗等药物已被证明可增加骨矿物密度,可以针对骨质疏松治疗 KD^[41-42]。若保守治疗效果不佳,则应进行非保守治疗。

3.2 无神经功能缺损 KD 患者的治疗

PVP 和 PKP 都能有效治疗 KD。PVP 的优点是操作简单,成本经济,但也存在骨水泥高渗漏率等缺点。Chang 等^[43]对 56 例 KD 患者进行前瞻性分析, KD 患者术后 PVP 组的手术时间、术中出血量等指标较 PKP 组更理想,证实 PVP 在成本、手术时间、出血量、辐射暴露、手术步骤等方面均低于 PKP,具有较高的临床优先价值,但使用此方法的患者经济负担较重。

骨水泥渗漏与 KD 患者术后并发症的发生密切相关,高达 73%。若 KD 患者出现瘫痪,则可能是骨水泥渗入椎管,并且对脊髓产生一定的压迫而引起;当骨水泥渗入血液,则可能引起肺栓塞,从而危及生命^[17]。因此,为了减少 KD 患者的术后并发症发生率,减少 KD 患者术后骨水泥渗漏是一个有效的方法。许多学者在微创手术上做了一些创新以预防骨水泥渗漏。Yu 等^[44]对 13 例 III 期脊髓损伤患者进行后路减压、PVP 或 PKP 联合短节段固定,后外侧植骨。经 PKP 联合短节段内固定术后患者的下腰痛、生活质量和神经功能都明显改善,并且没有患者椎管渗漏或水泥肺栓塞,证实了 PVP 或 PKP 联合短节段内固定适用于 III 期脊髓损伤患者。但手术选择 PVP 或 PKP 取决于临床分期和体位矫正情况。Duan 等^[45]将 40 例 KD 患者分为骨填充网容器(bone-filling mesh container, BFMC)组和 PKP 组,2 组患者术后 VAS 评分、Cobb 角值均低于术前,证实了 PKP 和 BFMC 技术均有明显缓解疼痛、增加椎体强度的良好疗效。而 BFMC 组在术后只有 1 例出现了骨水泥外漏,对比 PKP 组的骨水泥渗漏率, BFMC 组的渗漏率明显降低。证实 BFMC 对于降低 KD 患者术后骨水泥渗漏率有显著作用。

PVP、PKP 对早期 KD 疗效明显,能缓解 KD 患者疼痛、矫正后凸畸形、恢复椎体高度。然而,这 2 种方法都有骨水泥渗漏的风险。虽然 PKP 骨水泥渗漏率较 PVP 低,但 KD 患者在 PKP 术后骨水泥的渗漏率仍然多见。PKP 联合短节段内固定、BFMC 等方法相对于传统的 PVP、PKP 手术方法可以有效降低骨水泥渗漏率,在临床上有望广泛使用。

3.3 有神经功能缺损 KD 患者的治疗

对于没有神经功能缺损的 KD 患者, PVP 和 PKP 可有效缓解疼痛、矫正畸形。然而,若 KD 患者伴随神经功能缺损症状, PVP 和 PKP 达不到理想的效果,需行开放性手术进行脊髓减压和脊柱稳定^[37]。目前, AR 和 PO 常被用于治疗伴有神经功能缺损的 KD,这 2 种手术的目的是脊髓减压,恢复脊柱生理曲度,保持脊柱的稳定性。

AR 可直接切除后端骨碎片,提供前柱支撑,对神经功能缺损的 KD 患者有明显的治疗优势,然而,

AR 也有一些缺点,如开胸手术时肺功能受损、术中出现各种并发症、椎体或移植物塌陷导致脊柱后凸等,除此之外,AR 常常需要二次手术。对比 AR,PO 有着有效矫正后凸畸形、缩短手术时间、减少出血、降低并发症等优点,因此 PO 是目前最常用的治疗伴有神经功能缺损 KD 的手术方法。

近年来,采用聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)增强短节段固定治疗伴有神经功能缺损的 KD,但是这种方法可能不足以支持其长期稳定性。Dong 等^[46]对 28 例 KD 患者分别行 3D 打印人工椎体(3D-printed artificial vertebral body, 3DP-AVB)和钛网笼(titanium mesh cage, TMC)治疗,证实 3DP-AVB 的手术方法有着失血少、手术时间短等优点,能有效减轻 KD 患者背部疼痛、恢复后凸畸形、有效改善 KD 患者日常生活功能,对于合并神经功能缺损的 KD 患者是一种较好的选择。

4 总结

KD 是一种罕见且复杂的脊柱疾病,通常发生在轻微创伤以后,以延迟的方式发生椎体缺血性坏死,也可定义为迟发性创伤后椎体塌陷。KD 最常见的病变部位为胸腰椎交界处。KD 患者常有轻微创伤史,出现腰背部疼痛,易发生脊柱的后凸畸形^[5-6]。早期发现脊柱改变可增加成功治疗的机会,并减少进一步并发症的风险。当 KD 患者无神经功能缺损时,患者应卧床休息,使用非甾体抗炎药镇痛,目的是消除骨折部位的疼痛,恢复椎体的稳定性。对于无神经功能缺损的 KD 患者可保守治疗、用 PKP 或 PVP 进行微创手术。但若 KD 患者伴随着神经功能缺损,微创手术的效果并不理想,常常伴随骨水泥渗漏的高风险率,而 AR 和 PO 常被用于治疗伴有神经功能缺损的 KD,目的是脊髓减压,恢复脊柱生理曲度,保持脊柱的稳定性。随着现代医学的发展,治疗 KD 的方法也越来越多,BFMC、3DP-AVB、TMC 的广泛应用对于 KD 患者颇有益处^[45-46]。目前对于 KD 的治疗尚未形成统一的治疗方案,临床上应对 KD 患者做好三级预防,避免或减少 KD 的发生。

参考文献:

- [1] LIM J, CHOI S W, YOUM J Y, 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.
- [2] STEEL H H. Kümmell's disease[J]. Am J Surg, 1951, 81(2): 161-167. DOI: 10.1016/0002-9610(51)90206-1.
- [3] SWARTZ K, FEE D. Kümmell's disease: a case report and literature review[J]. Spine, 2008, 33(5): E152-E155. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181657f31.
- [4] LEE S H, KIM E S, EOH W. Cement augmented anterior reconstruction with short posterior instrumentation: a less invasive surgical option for Kümmell's disease with cord compression[J]. J Clin Neurosci, 2011, 18(4): 509-514. DOI: 10.1016/j.jocn.2010.07.139.
- [5] LI H, LIANG C Z, CHEN Q X. Kümmell's disease, an uncommon and complicated spinal disorder: a review[J]. J Int Med Res, 2012, 40(2): 406-414. DOI: 10.1177/147323001204000202.
- [6] LIU F Y, HUO L S, LIU S, et al. Modified posterior vertebral column resection for Kümmell disease: case report[J]. Medicine, 2017, 96(5): e5955. DOI: 10.1097/MD.0000000000005955.
- [7] 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.
- [8] FORMICA M, ZANIRATO A, CAVAGNARO L, et al. What is the current evidence on vertebral body osteonecrosis?: a systematic review of the literature[J]. Asian Spine J, 2018, 12(3): 586-599. DOI: 10.4184/asj.2018.12.3.586.
- [9] KIM Y C, KIM Y H, HA K Y. Pathomechanism of intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine[J]. Spine J, 2014, 14(4): 659-666. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.06.106.

- [10] MALDAGUE B E, NOEL H M, MALGHEM J J. The intravertebral vacuum cleft: a sign of ischemic vertebral collapse[J]. *Radiology*, 1978, 129(1): 23-29. DOI: 10.1148/129.1.23.
- [11] YANG H L, PAN J, WANG G L. A review of osteoporotic vertebral fracture nonunion management[J]. *Spine*, 2014, 39(26 Spec No.): B4-B6. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000538.
- [12] DAI S Q, QIN R Q, SHI X, et al. Percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty for the treatment of neurologically intact osteoporotic Kümmell's disease[J]. *BMC Surg*, 2021, 21(1): 65. DOI: 10.1186/s12893-021-01057-x.
- [13] MATZAROGLOU C, GEORGIOU C S, ASSIMAKOPOULOS K, et al. Kümmell's disease: pathophysiology, diagnosis, treatment and the role of nuclear medicine. Rationale according to our experience[J]. *Hell J Nucl Med*, 2011, 14(3): 291-299.
- [14] LU W, WANG L, XIE C L, et al. Analysis of percutaneous kyphoplasty or short-segmental fixation combined with vertebroplasty in the treatment of Kummell disease[J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 311. DOI: 10.1186/s13018-019-1358-8.
- [15] KIM D Y, LEE S H, JANG J S, et al. Intravertebral vacuum phenomenon in osteoporotic compression fracture: report of 67 cases with quantitative evaluation of intravertebral instability[J]. *J Neurosurg*, 2004, 100(1 Suppl Spine): 24-31. DOI: 10.3171/spi.2004.100.1.0024.
- [16] JIA Y K, PENG Z, LI J, et al. Unilateral percutaneous kyphoplasty with O-arm navigation for the treatment of Kümmell's disease[J]. *J Pain Res*, 2022, 15: 257-266. DOI: 10.2147/JPR.S337715.
- [17] CHENG H, WANG G D, LI T, et al. Radiographic and clinical outcomes of surgical treatment of Kümmell's disease with thoracolumbar kyphosis: a minimal two-year follow-up[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 761. DOI: 10.1186/s12891-021-04640-8.
- [18] KIM P, KIM S W. Balloon kyphoplasty: an effective treatment for Kummell disease? [J]. *Korean J Spine*, 2016, 13(3): 102-106. DOI: 10.14245/kjs.2016.13.3.102.
- [19] WU X F, PING Y, ZENG X Q, et al. Percutaneous vertebroplasty with side-opening Cannula or front-opening Cannula in the treatment of Kummell disease? [J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(4): 1190-1198. DOI: 10.1111/os.12730.
- [20] GAN D H, FANG M Z, XUE H P, 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.
- [21] JIANG J, GU F L, LI Z W, et al. The clinical efficacy and experience of bipedicular percutaneous vertebroplasty combined with postural reduction in the treatment of Kümmell's disease[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 82. DOI: 10.1186/s12891-020-3113-z.
- [22] D'ORIA S, DELVECCHIO C, DIBENEDETTO M, et al. Case report of Kummell's disease with delayed onset myelopathy and the literature review[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2018, 28(2): 309-316. DOI: 10.1007/s00590-017-2039-0.
- [23] XIAO Y P, BEI M J, YAN C Q, et al. Analysis of the effect of percutaneous vertebroplasty in the treatment of thoracolumbar Kümmell's disease with or without bone cement leakage[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 10. DOI: 10.1186/s12891-020-03901-2.
- [24] FENG S W, CHANG M C, WU H T, et al. Are intravertebral vacuum phenomena benign lesions? [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(8): 1341-1348. DOI: 10.1007/s00586-011-1789-3.
- [25] CIANCI F, FERRACCIOLI G, FERRACCIOLI E S, et al. Comprehensive review on intravertebral intraspinal, intrajoint, and intradiscal vacuum phenomenon: from anatomy and physiology to pathology[J]. *Mod Rheumatol*, 2021, 31(2): 303-311. DOI: 10.1080/14397595.2020.1764744.
- [26] PAPPOU I P, PAPADOPOULOS E C, SWANSON A N, et al. Osteoporotic vertebral fractures and collapse with intravertebral vacuum sign (Kümmell's disease) [J]. *Orthopedics*, 2008, 31(1): 61-66. DOI: 10.3928/01477447-20080101-35.
- [27] MA R, CHOW R, SHEN F H. Kummell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(7): 1065-1070. DOI: 10.1007/s00586-009-1205-4.
- [28] AHN S E, RYU K N, PARK J 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.
- [29] HUANG Y S, HAO D J, WANG X D, 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.
- [30] LI K C, LI A F Y, HSIEH C H, et al. Another option to treat Kümmell's disease with cord compression[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1479-1487. DOI: 10.1007/s00586-006-0094-z.
- [31] BENEDEK T G, NICHOLAS J J. 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.
- [32] ITO Y, HASEGAWA Y, TODA K, et al. Pathogenesis and diagnosis of delayed vertebral collapse resulting from osteoporotic spinal fracture[J]. *Spine J*, 2002, 2(2): 101-106. DOI: 10.1016/S1529-9430(01)00165-6.
- [33] ZHANG C G, WANG G D, LIU X Y, et al. Failed percutaneous kyphoplasty in treatment of stage 3 Kummell disease: a case report and literature review[J]. *Medicine*, 2017, 96(47): e8895. DOI: 10.1097/MD.00000000000008895.
- [34] WANG B, WANG Y H, ZHAO Q P, et al. Pediculoplasty combined with vertebroplasty for the treatment of Kummell's disease without neurological impairment: robot-assisted and fluoroscopy-guided[J]. *Am J Transl Res*, 2020, 12(12): 8019-8029.
- [35] XIONG X M, SUN Y L, SONG S M, et al. Efficacy of unilateral transverse process-pedicle and bilateral puncture techniques in percutaneous kyphoplasty for Kummell disease[J]. *Exp Ther Med*, 2019, 18(5): 3615-3621. DOI: 10.3892/etm.2019.7980.
- [36] KIM H S, HEO D H. 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. DOI: 10.1155/2016/3878063.
- [37] LIU F J, CHEN Z Z, LOU C, et al. Anterior reconstruction versus posterior osteotomy in treating Kümmell's disease with neurological deficits: a systematic review[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2018, 52(4): 283-288. DOI: 10.1016/j.aott.2018.05.002.
- [38] VENMANS A, KLAZEN C A, LOHLE P N M, et al. Natural history of pain in patients with conservatively treated osteoporotic vertebral compression fractures: results from VERTOS II[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2012, 33(3): 519-521. DOI: 10.3174/ajnr.A2817.
- [39] 孙广江, 关雪峰, 姚啸生. 应用补正续骨丸治疗 Kummell 病的临床疗效分析[J]. *辽宁中医杂志*, 2020, 47(3): 146-148. DOI: 10.13192/j.issn.1000-1719.2020.03.045.
- [40] GOU P G, ZHAO Z H, ZHOU J M, et al. Vertebral collapse prevented following teriparatide treatment in postmenopausal Kümmell's disease patients with severe osteoporosis[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(2): 506-516. DOI: 10.1111/os.12959.
- [41] ENSRUD K E, SCHOUSBOE J T. Anabolic therapy for osteoporosis[J]. *JAMA*, 2021, 326(4): 350-351. DOI: 10.1001/jama.2021.0233.
- [42] VILACA T, EASTELL R, SCHINI M. Osteoporosis in men[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2022, 10(4): 273-283. DOI: 10.1016/S2213-8587(22)00012-2.
- [43] CHANG J Z, BEI M J, SHU D P, 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: 10.1186/s12891-020-03271-9.
- [44] YU H M, LI Y Z, YAO X D, et al. Application of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty in treating Kümmell's patients with different stages and postural correction status[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2020, 17(4): 357-364. DOI: 10.1080/17434440.2020.1736039.
- [45] DUAN Z K, ZOU J F, HE X L, et al. Bone-filling mesh container versus percutaneous kyphoplasty in treating Kümmell's disease[J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1): 109. DOI: 10.1007/s11657-019-0656-4.
- [46] DONG C K, WEI H Y, ZHU Y T, 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.

(责任编辑: 高艳华)