

· 综述 ·

Kümmell 病的临床研究进展

刘永强¹, 周纪平^{2*}

(1. 山东中医药大学, 山东济南 250014; 2. 山东省文登整骨医院, 山东威海 264400)

摘要: Kümmell 病是一种脊柱轻微外伤后的椎体压缩骨折不愈合, 目前发病机制尚不明确, 可能是椎体缺血性坏死和椎体内假关节形成等多种因素相互作用所致。主要的临床表现为迟发性的慢性腰背痛, 影像学特征为椎体塌陷和真空裂隙征。对于 I、II 期 Kümmell 病经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术能够取得良好效果, III 期 Kümmell 病更倾向于开放手术, 但根据病情手术入路的选择有所不同。

关键词: Kümmell 病, 椎体缺血性坏死, 真空裂隙征, 椎体成形术

中图分类号: R681.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 03-0242-05

Clinical research progress in Kümmell disease // LIU Yong-qiang¹, ZHOU Ji-ping². 1. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, China; 2. Shandong Wendeng Orthopaedic Hospital, Weihai 264400, China

Abstract: Kümmell's disease is a nonunion of vertebral body compression fractures after minor spinal trauma with unclear pathogenesis. It may be caused by the interaction of multiple factors, such as avascular necrosis of the vertebral body and the formation of pseudoarthrosis in the vertebral body. The main clinical manifestation of Kümmell's disease is delayed chronic low back pain, while the imaging feature is vertebral body collapse with vacuum fissure sign. For stage I and II Kümmell's disease percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty have been proved good results. For stage III Kümmell's disease, open surgery is preferred, however, the choice of surgical approaches varies according to the patient's condition.

Key words: Kümmell's disease, avascular necrosis of the vertebral body, vacuum fissure sign, vertebroplasty

Kümmell 病, 最早于 19 世纪由德国外科医生 Kümmell^[1] 发现, 是骨质疏松性椎体压缩骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 常见的并发症^[2], 也被称作椎体骨折不愈合、椎体缺血坏死、迟发性创伤性椎体塌陷等^[3]。影像学一般以迟发性的椎体塌陷和椎体内真空裂隙改变为特征^[4], 常发生在脊柱的胸腰段^[5]。既往有关 Kümmell 病的相关报道较少, 随着影像学技术的进步以及对骨质疏松症研究的深入, 报道逐渐增多。近年来, 我国人口老龄化严重, Kümmell 病的发生率也逐渐增高。现将相关文献作一综述。

1 发病机制

目前 Kümmell 病的发病机制尚不明确, 学者研究认为其发病机制复杂, 还没有形成统一意见, 存在单一发病机制或多种机制相互作用的可能。最早由

Steel 等^[6] 报道的 Kümmell 病的发病机制为创伤后椎体松质骨破坏, 微小血肿形成, 从而导致骨坏死造成椎体塌陷。随着 Kümmell 病发病机制研究的增多, 逐渐形成了被较多人接受的椎体缺血性坏死假说和骨折后椎体内假关节形成假说。

1.1 椎体缺血性坏死假说

椎体轻微骨折后导致骨小梁微骨折, 相应的营养血管受损, 影响伤椎血供, 造成骨小梁的缺血性坏死, 从而阻碍骨折的修复愈合, 最终发生椎体塌陷, 塌陷部位多位于椎体前 1/3, 这可能与椎体供血动脉的分布有关^[7]。Prabhn 等^[8] 报道称, 椎体的营养血管分布为椎体缺血性坏死假说的成立提供了有力证明。为椎体提供营养的血管为主动脉发出的成对的节段动脉, 节段动脉的前支主要分布于椎体的前部, 后支主要分布于椎体后部, 同时, 节段动脉的后支与相邻上下每个椎体的后支动脉又形成侧支循环供应椎体后部, 因此椎体前部的血供相较于椎体后部少, 发生

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.03.10

作者简介: 刘永强, 硕士研究生, 山东中医药大学, 研究方向: 脊柱脊髓伤病的诊断治疗, (电话)17864190634, (电子信箱)1348011990@qq.com

* 通信作者: 周纪平, (电话)15953885985, (电子信箱)wdzgjzp@163.com

缺血性坏死的可能性更大。Stojanovic等^[9]通过动脉造影发现伤椎的营养动脉受损闭塞,同时也证实了椎体前部更容易发生缺血性坏死。

1.2 骨折后椎体内假关节形成假说

Kümmell病的骨折多为具有隐匿性的微骨折,且多发生在活动度相对较大的胸腰段,频繁的活动、反复应力使骨折断端始终存在微动,一段时间后断端硬化,进一步发展导致骨折不愈合、假关节形成^[10, 11]。Kim等^[12]报道称Kümmell病的发病机制为骨质疏松性骨折后椎体内假关节形成而非椎体缺血性坏死,椎体内真空裂隙的存在提示骨折断端存在异常活动,骨折修复失败及骨折不愈合,最终导致假关节形成、椎体塌陷。

总之,椎体微骨折、微小血肿形成、椎体营养动脉损伤及椎体内假关节形成等因素相互作用均可成为Kümmell病的发病机制,而骨质疏松则是Kümmell病发生的危险因素。

2 诊断

Kümmell病多见于老年患者,青少年及儿童相对少见,患者中女性多于男性,好发于胸腰段。

2.1 临床表现

患者经轻微脊柱外伤后会经历一段时间的无症状期^[13, 14],该时期短则数周长则数年,而后受伤部位逐渐出现进行性的腰背疼痛,疼痛程度一般相较于骨质疏松性压缩骨折更为严重,由于Kümmell病是一种隐匿性骨折,前期不易被诊断,所以就诊时已有明显的腰背部疼痛、活动受限及神经功能障碍等症状,甚至伴有明显的脊柱后凸畸形^[15, 16]。Benedek^[17]依据病情将Kümmell病分为5个阶段:第1阶段轻微外伤后,影像学检查无明显异常;第2阶段可出现轻微的腰背部疼痛,但肢体活动正常,日常生活不受影响;第3阶段为症状的隐匿期,无临床表现,持续数周至数月;第4阶段出现腰背部疼痛的进行性加重;第5阶段出现脊柱的后凸畸形,或伴有脊髓压迫,神经功能障碍。

2.2 影像学表现

Kümmell病最具特点的影像学检查征象为椎体内真空裂隙征(ICV)和迟发性的椎体塌陷,随着影像学技术的发展,本病的诊断率显著提高。Maldague等^[18]首先提出了ICV这一征象与Kümmell病相关,随后许多研究发现Kümmell病患者的X线检查显示存在ICV^[19, 20],但也有相关文献报道在某些肿瘤、

感染、严重骨质疏松及大量应用激素的患者的影像检查中也出现了ICV,所以ICV可能并不是Kümmell病的特征性表现,但仍高度提示Kümmell病^[21, 22]。ICV位置通常存在于骨折椎体的中部或靠近骨折椎体终板的一侧,在X线片上的典型表现为横行、线形及半球形透亮影^[23],但X线对于Kümmell病早期诊断的意义并不大。CT上可见明显的椎体塌陷、骨折断端边缘硬化,ICV在CT影像上形态不规则。MRI对于诊断Kümmell病具有重要价值,MRI信号表现取决于ICV内的成分,当ICV内积气时,MRI的T1和T2像上显示为低信号,提示骨折椎体骨坏死严重;当ICV内积液时,MRI的T1像上显示为低信号,T2像上显示为高信号,该表现称为“液体征”^[24],提示病情处于早期阶段,同时,“液体征”作为椎体缺血性坏死的依据,还可鉴别骨质疏松性压缩骨折;当ICV内气体和液体同时存在时,MRI的T1像上显示为低信号,T2像上显示为混杂信号。另有研究表明,对于X线及CT难以发现的微骨折,骨扫描具有独特的优势,但缺乏特异性,而创伤后椎体未出现塌陷的Kümmell病患者,骨扫描中放射性核素的摄入会增加,所以放射性核素骨扫描对于Kümmell病的早期诊断及与肿瘤全身骨转移的鉴别具有一定的价值^[25, 26]。

Lee等^[27]通过研究得出结论,IVC与Kümmell病高度相关,但并不是其确诊依据,恶性肿瘤、感染、骨质疏松、放射治疗、饮食不规律及有特殊嗜好患者均发现ICV存在。Yigal等^[28]研究分析了66例骨质疏松性压缩骨折的患者,其中26例在接受PKP或PVP治疗后出现了ICV,ICV一般意味着骨折不愈合,所以ICV可高度怀疑Kümmell病,但不能作为特异性的诊断依据。相反的,影像学检查未发现ICV时也不能完全排除Kümmell病。Kümmell病的诊断及鉴别需要结合病史、症状和体征及影像学检查综合分析。

3 治疗

目前Kümmell病的治疗方式主要有综合保守治疗、微创治疗及开放手术治疗,根据Kümmell病分期不同治疗方式的选择上也有不同。Kümmell病分为三期^[29]:I期为伤椎压缩<20%,邻近椎间盘无明显退变,存在疼痛症状或无明显症状;II期为伤椎压缩>20%,邻近椎间盘出现退变,骨折椎体存在异常活动,存在疼痛症状;III期为骨折椎体后壁破裂缺

损, 存在疼痛症状, 严重者出现脊髓及神经压迫症状。

3.1 保守治疗

Kümmell 病与骨质疏松性压缩骨折不同, 通常不能自然愈合, 长期卧床、支具固定及牵引等保守治疗方式往往效果较差^[30]。保守治疗的患者往往腰背疼痛会反复发作, 应用镇痛药物效果不理想, 随着病情发展可能会进一步出现脊柱后凸畸形、脊髓压迫及迟发性的神经损伤, 且相关并发症的发生率高。但也有保守治疗成功的个案, 1 例确诊为 Kümmell 病的患者应用特立帕肽 (teriparatide) 治疗 12 个月后疼痛症状消失, 真空裂隙缩小, 特立帕肽是第一种获得 FDA 批准的骨形成剂类新药, 目前被认为是治疗 Kümmell 病的一种选择^[31]。

3.2 微创治疗

经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 和经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 目前是治疗 I 期和 II 期 Kümmell 病的首选方法。Kümmell 病患者多为老年患者, 基础病多, 身体状况不易耐受开放手术, 且多伴有不同程度的骨质疏松, 容易发生内固定松动。骨水泥注入伤椎后可以起到稳定作用, 缓解疼痛症状, 同时使椎体高度获得一定的恢复, 阻止伤椎进一步压缩塌陷。但 PVP 和 PKP 均存在骨水泥渗漏的风险, 手术过程中要以保证安全为前提, 不应过分追求椎体高度的复位致使骨水泥渗漏风险增加。PKP 由于球囊的存在渗漏的风险相对更低, 而 PVP 较 PKP 的优势在于更经济。

有研究表明, PVP 和 PKP 在缓解腰背部疼痛, 稳定伤椎及阻止椎体进一步压缩的效果上差异无统计学意义, 骨水泥渗漏发生率均较低, PVP 和 PKP 对 Kümmell 病的治疗效果显著^[32, 33]; 另有文献报道称, 对于存在 ICV 的患者, PKP 骨水泥渗漏的风险要比 PVP 低^[34]; Park 等^[35]对 18 例行 PVP 的 Kümmell 病患者研究发现, 术后疼痛明显减轻; Xia 等^[36]通过对 50 例 Kümmell 病患者行 PKP 治疗并长期随访, 发现术后 VAS 评分和 ODI 评分均较术前降低, 后凸畸形也得到了改善; Krauss 等^[37]通过对 114 例患者行 PKP 观察发现, 伤椎内存在 ICV 的患者后凸畸形的矫正效果更好, 差异有统计学意义。说明 PVP 和 PKP 均是治疗的有效方式。

PVP 和 PKP 均是经椎弓根入路, 有单侧入路和双侧入路两种方式^[38], 对于单侧入路, 为了防止骨水泥偏椎体一侧, 导致椎体对侧塌陷, 甚至进一步发展出现脊柱侧弯, 选择单侧入路时穿刺针应适当加大

外展角度, 但要避免过度外展突破椎弓根内侧皮质, 到达椎体中线或对侧, 使骨水泥可以充分弥散填充。两种入路方式对于缓解疼痛、防止椎体进一步塌陷均效果良好。

骨填充网袋灌注骨水泥治疗 Kümmell 病是一种新方式, 首先经皮置入骨填充网袋, 再将骨水泥注入网袋, 能够显著降低骨水泥的渗漏率。有研究对比发现, PKP 与骨填充网袋灌注骨水泥治疗 44 例 Kümmell 病患者, 骨填充网袋灌注骨水泥的渗漏率更低, 差异有统计学意义^[39]。

3.3 开放手术治疗

III 期 Kümmell 病患者骨折椎体后壁不完整, 甚至由于椎管内梗阻出现硬膜囊受压及神经功能障碍, PVP、PKP 及骨填充网袋灌注骨水泥渗漏的风险较高, 甚至造成原有症状加重, 故归为 III 期 Kümmell 病的相对禁忌证。III 期 Kümmell 病患者往往需要通过开放手术进行充分减压, 重建脊柱稳定性。

前路手术可以进行充分的减压, 重建前柱和中柱的稳定性, 保留完好的后柱结构, 对神经的影响较小, 往往能够取得良好的治疗效果。Kanayama 等^[40]通过对 31 例存在神经损伤的 Kümmell 病患者行前路手术治疗并进行长期随访, 治疗效果满意。但前路手术存在创伤大、手术时间长、出血量大的不足, 而且当患者伴有较严重的骨质疏松时, 还容易发生内固定松动。所以伴有骨质疏松的患者选择前路手术时应慎重考虑。后路手术相对受骨质疏松影响小, 通过内固定螺钉直接进行撑开复位, 矫正后凸畸形, 重建脊柱稳定性。同时, 骨水泥强化后路椎弓根螺钉内固定也是一种有效治疗途径, 骨水泥显著减少了内固定螺钉的应力, 该方式能够更好地恢复椎体高度, 矫正后凸畸形。Li 等^[41]通过对 21 例 III 期 Kümmell 病患者行后路内固定手术并长期随访, 治疗效果满意; 另有一对比研究发现, 后路椎弓根螺钉内固定联合 PVP 治疗 III 期 Kümmell 病能够显著改善椎体塌陷和后凸畸形, 但 VAS 评分及 ODI 评分各阶段无明显变化, 说明后凸畸形的矫正可能并不能改善腰背痛症状^[42]。对于病程较长、后凸畸形严重的患者, 则需要行截骨矫形手术, 传统的术式有 Smith-Peterson 截骨 (SPO) 和经椎弓根截骨 (PSO)^[43], 两种手术方式对后凸畸形的矫正都有良好的效果, 但也都存在一定的缺陷。SPO 往往前柱因骨融合不理想会再度塌陷, 导致矫形角度的丢失; 而 PSO 术中不处理椎间盘, 患者的腰背部疼痛症状常常得不到有效改善。杨永军等^[44, 45]改进的有限截骨矫形术很好地弥补了以

上两种截骨手术的不足,有限截骨矫形术通过置入椎间隙融合器进行融合固定,能够有效避免椎体进一步塌陷,改善腰背部疼痛,同时椎管内充分减压,解除神经压迫。有研究分析称有限截骨矫形术对于改善临床症状、提高生活质量效果良好。后路椎体全切在临床中应用很少。手术入路的选择应结合病情及医师经验等因素综合考虑。

4 小 结

近年来随着影像学进步, Kümmell 病的诊断率有所提升,但早期 Kümmell 病的诊断仍然存在困难,主要问题在于骨折的隐匿性使得患者不易察觉,等到就诊时病情已进一步发展,届时则需要与骨质疏松性压缩骨折相鉴别。I、II 期 Kümmell 病目前首选 PVP、PKP 及骨填充网袋灌注骨水泥治, III 期 Kümmell 病则需要根据病情选择合适入路的开放手术治疗,不推荐保守治疗。而对于难以耐受手术的患者,特立帕肽也可以作为一种选择。

参考文献

- [1] Kummell H. Die rarefizierende ostitis der wirbelkörper [J]. Deutsche Med, 1895, 21: 180-181.
- [2] Ma R, Chow R, Shen FH. Kümmell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body [J]. Eur Spine J, 2010, 19 (7): 1065-1070.
- [3] Li H, Liang CZ, Chen QX. Kümmell's disease, an uncommon and complicated spinal disorder: a review [J]. Int Med Res, 2012, 40 (2): 406-414.
- [4] Park SJ, Kim HS, Lee SK, et al. Bone cement-augmented percutaneous short segment fixation: An effective treatment for Kümmell's disease [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2015, 58 (1): 54-59.
- [5] Laredo JD. Expert's comment concerning Grand Rounds case entitled " Kümmell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body" [J]. Europ Spine J, 2010, 19 (7): 1071-1072.
- [6] Steel HH. Kümmell's disease [J]. Am J Surg, 1951, 81: 161-167.
- [7] Freedman BA, Heller JG. Kümmell disease: a not-so-rare complication of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. J Am Board Fam Med, 2009, 22 (1): 75-78.
- [8] Prabhu LV, Saralaya VV, Pai MM, et al. Vertebral body integrity: a review of various anatomical factors involved in the lumbar region [J]. Osteoporos Int, 2007, 70: 891-903.
- [9] Stojanovic J, Kovac V. Diagnosis of ischemic vertebral collapse using selective spinal angiography [J]. Rofo, 1981, 135 (3): 326-329.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Kim DY, Lee SH, Jang JS, et al. Intravertebral vacuum phenomenon in osteoporotic compression fracture: report of 67 cases with quantitative evaluation of intravertebral instability [J]. J Neurosurg, 2004, 100: 24-31.
- [13] Ma R, Chow R, Shen FH. Kümmell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body [J]. Eur Spine J, 2010, 19 (7): 1065-1070.
- [14] van der Schaaf, Franssen H. Percutaneous vertebroplasty as treatment for Kümmell's disease [J]. JBR-BTR, 2009, 92 (2): 83-85.
- [15] 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.
- [16] Lee SH, Kim ES, 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.
- [17] Benedek TG, Nicholas JJ. Delayed traumatic vertebral body compression fracture, part II: pathologic features [J]. Semin Arthritis Rheum, 1981, 10 (4): 271-272.
- [18] Maldague BE, Noel HM, Malghem JJ. The intravertebral vacuum cleft: a sign of ischemic vertebral collapse [J]. Radiology, 1978, 1: 23-29.
- [19] Lee SH, Cho DC, Sung JK. Catastrophic intramedullary hematoma following Kümmell's disease with large intravertebral cleft [J]. Spine J, 2008, 6: 1007-1010.
- [20] Lee CS, Yu JW, Chung SS, et al. Delayed post-traumatic vertebral collapse: MR categorization and MR-pathology correlation [J]. Asian Spine J, 2007, 1: 32-37.
- [21] Panow C, Valavanis A. A case of aseptic vertebral necrosis in the context of metastatic lumbar disease [J]. Neuroradiology, 2002, 44 (3): 249-252.
- [22] Ito M, Motomiya M, Abumi K, et al. Vertebral osteonecrosis associated with sarcoidosis [J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2 (2): 222-225.
- [23] Yu CW, Hsu CY, Shih TT, et al. Vertebral osteonecrosis: MR imaging findings and related changes on adjacent levels [J]. Am J Neuroradiol, 2007, 1: 42-47.
- [24] Baur A, Stabler A, Arbogast S, et al. Acute osteoporotic and neoplastic vertebral compression fractures: fluid sign at MR imaging [J]. Radiology, 2002, 3: 730-735.
- [25] Wu AM, Chi YL, Ni WF. Vertebral compression fracture with intravertebral vacuum cleft sign: Pathogenesis, image, and surgical intervention [J]. Asian Spine J, 2013, 7 (2): 148-155.
- [26] 滕冲, 陈维善, 李浩, 等. Kümmell 病发病机制及影像学表现 [J]. 国际骨科学杂志, 2012, 1: 55-56, 59.

- [27] Lee CS, Yu JW, Chung SS, et al. Delayed post-traumatic vertebral collapses: MR coategorization and MR-Pathology correlation [J]. *Asian Spine*, 2007, 1 (1) : 32-37.
- [28] Yigal M, Yoram A, Ehud S, et al. Vacuum clefts of the vertebral bodies [J]. *Am J Neuroradiol*, 2005, 26 : 1634-1640.
- [29] Li KC, Wong TU, Kung FC, et al. Staging of Kümmell's disease [J]. *J Muscul Res*, 2004, 2 : 43.
- [30] Yoon ST, Qureshi AA, Heller JG, et al. Kyphoplasty for salvage of a failed vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures: case report and surgical technique [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18 : 129-134.
- [31] Fabbriani G, Pirro M, Floridi P, et al. Osteoanabolic therapy: a nonsurgical option of treatment for Kümmell's disease [J]. *Rheumatol Int*, 2012, 32 : 1371.
- [32] Huang YS, Hao DJ, Wang XD, et al. Long-segment or bone cement-augmented short-segment fixation for Kümmell disease with neurologic deficits a comparative cohort study [J]. *World Neurosurg*, 2018, 8 (116) : e1079-1086.
- [33] 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.
- [34] Wang G, Yang H, Chen K. Osteoporotic vertebral compression fractures with an intravertebral cleft treated by percutaneous balloon kyphoplasty [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92 : 1553-1557.
- [35] Park JW, Park JH, Jeon HJ, et al. Kümmell's disease treated with percutaneous vertebroplasty: minimum 1 year follow-up [J]. *Korean J Neurotrauma*, 2017, 13 (2) : 119-123.
- [36] Xia YH, Chen F, Zhang L, et al. Percutaneous kyphoplasty treatment evaluation for patients with Kümmell disease based on a two-year follow-up [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16 (4) : 3617-3622.
- [37] Krauss M, Hirschfelder H, Tomandl B, et al. Kyphosis reduction and the rate of cement leaks after vertebroplasty of intravertebral clefts [J]. *Eur Radiol*, 2006, 5 : 10-15.
- [38] 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.
- [39] 王献宇, 陈宗雄, 钟水林, 等. 骨填充网袋灌注骨水泥治疗 Kümmell 病的效果观察 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33 (5) : 470-473.
- [40] Kanayama M, Ishida T, Hashimoto T, et al. Role of major spine surgery using Kaneda anterior instrumentation for osteoporotic vertebral collapse [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23 : 53-56.
- [41] Li KC, Li AF, Hsieh CH, et al. Another option to treat Kümmell's disease with cord compression [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16 : 1479-1487.
- [42] 陈浩, 杨俊松, 郝定均. 后路短节段固定骨水泥增强治疗Ⅲ期 Kümmell 病伴椎管狭窄 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2019, 33 (6) : 707-711.
- [43] Mei LW, Sang WH, Chen ZZ, et al. Titanium mesh bone grafting combined with pedicle screw internal fixation for treatment of Kümmell's disease with cord compression [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97 (36) : e12183.
- [44] 姜泽威, 汤舒婷, 姚树强, 等. 有限脊柱截骨加椎间盘切除治疗陈旧胸腰椎骨折并后凸畸形 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (10) : 909-912.
- [45] 梁强, 周纪平, 杨永军, 等. 有限截骨固定治疗陈旧性胸腰椎骨折并后凸畸形 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (24) : 2293-2296.

(收稿:2022-07-06 修回:2022-09-09)
(同行评议专家:李 矿 朱庄臣)
(本文编辑:宁 桦)