

外科手术治疗青少年股骨头坏死的研究进展

阮家笛¹, 钟滢², 章建华²

(1. 浙江中医药大学第一临床医学院, 浙江 杭州 310053;

2. 浙江省中医院, 浙江 杭州 310006)

摘要 股骨头坏死是骨科的常见难治疾病, 临床多采用全髋关节置换等外科手术治疗。青少年股骨头坏死的发生与糖皮质激素的使用、自身免疫疾病和创伤等因素有关, 由于青少年患者正处于身体发育期, 活动要求高, 且未来有生育需求, 治疗相对困难。人工关节远期可能出现磨损、松动等问题, 因此全髋关节置换并非青少年股骨头坏死患者的首选治疗方法。本文从髓芯减压术、金属棒植入术、截骨术、骨移植术、保留骨量的髋关节置换术、髋关节镜辅助手术、手术联合其他疗法 7 个方面, 对外科手术治疗青少年股骨头坏死的研究进展进行了综述。

关键词 股骨头坏死; 青少年; 外科手术; 综述

股骨头坏死 (osteonecrosis of the femoral head, ONFH) 是由激素、酒精、创伤、自身免疫疾病等引起股骨头动静脉血供受损, 导致骨组织坏死, 而股骨头坏死部位在长期负重后可出现塌陷, 临床常表现为髋关节疼痛及活动度降低^[1]。近年来, 我国的 ONFH 患者逐渐增多, 且呈年轻化趋势^[2]。目前治疗 ONFH 的常用方法是全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA), 然而该法并非青少年 ONFH 患者的首选治疗方法。青少年 ONFH 患者正处于身体发育期, 未来有生育需求, 加之人工关节的损耗, 多数患者需要二次甚至多次进行翻修手术, 这会加重患者的精神及经济负担^[3]。因此, 如何延缓甚至避免青少年 ONFH 患者行 THA 是亟待解决的问题。为了给医生和患者提供更多的手术选择, 本文就青少年 ONFH 患者的外科手术方法综述如下。

1 髓芯减压术

髓芯减压术是早期 ONFH 的常用术式, 主要通过向股骨头内钻孔清除坏死骨组织, 减轻髓腔压力, 刺激新骨生成, 从而改善股骨头坏死区域内的微循环^[4]。清除坏死骨组织是髓芯减压术成功的关键因素^[5]。髓芯减压术具有手术操作要求较低、创伤小、手术时间短、出血量少、疗效好, 以及不影响患者的生长发育等优点^[6], 临床常用于治疗国际骨微循环研究学会 (association research circulation osseous, ARCO) 分期为 I 期或 II 期的青少年 ONFH。有研究^[7]发现,

髓芯减压术的总体成功率为 65% (平均随访时间为 54.3 个月), 但是手术的治疗效果却存在争议。Hernandez 等^[8]研究发现, 髓芯减压术在预防股骨头塌陷及满足股骨头的生物力学支撑方面作用有限, 术后关节功能恢复效果不佳, 且无法阻止骨坏死区域的影像学进展。因此, 近年来临床较少单独采用髓芯减压术治疗 ONFH, 而是联合植骨术及药物等进行综合治疗。

2 金属棒植入术

多孔钽棒植入术是金属棒植入术中的一种, 多孔钽棒具有一定的孔隙率和生物相容性, 能够为骨细胞的附着再生提供空间, 有利于促进新骨生成; 多孔钽棒具有较高的弹性模量及抗压强度, 能够满足股骨头所需的生物力学支撑^[9]。金属棒植入术治疗 ONFH 的优势为: 手术时间短, 创伤小, 出血量少, 手术操作相对简单, 术后可以早期进行功能锻炼, 能够预防关节软骨塌陷和延缓患者行 THA 的时间。但也有研究^[10]发现, 多孔钽棒植入术后股骨头塌陷的发生率为 2% ~ 56%, 且股骨头一旦发生塌陷则不可逆转。虽然金属棒植入术治疗 ONFH 的优点较多, 但其远期疗效尚未被完全证实, 且股骨头塌陷的风险无法避免, 因此目前临床已较少采用该术式。

3 截骨术

截骨术的基本原理是通过手术改变股骨头的负重区域, 从而降低骨内压力和改善局部血供, 并为坏死骨组织的修复提供条件。目前临床常见的截骨术有骨盆三联截骨术和髋关节外科脱位 (surgical hip

dislocation, SHD) 等。截骨术应尽量在 ONFH 的早中期进行, 且坏死病灶不宜过大, 以便在负重区域重构股骨关节面。

3.1 骨盆三联截骨术 骨盆三联截骨术临床上多用于治疗发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH), 可以避免或延缓股骨头坏死和髋关节炎进展^[11]。刘帅等^[12]对 12 例 (共 19 髋) 儿童和青少年 DDH 患者行骨盆三联截骨术, 随访时间为 (34.84 ± 8.39) 个月, 末次随访时的髋臼角、中心边缘角、Reimers 指数均较术前改善, 2 髋存在坐骨骨折不愈合, 2 例存在 < 2 cm 的双下肢不等长; 至末次随访时, 所有患者均未进展成 ONFH, 且均未出现神经血管损伤、感染、断钉等并发症。骨盆三联截骨术不影响股骨颈干角及下肢力线, 能够获得较大的髋臼旋转范围和较为理想的髋臼弧度, 同时不增加关节腔内的压力, 有助于关节活动度的恢复, 以及减少跛行的发生; 但术后易出现截骨处骨折不愈合、双下肢不等长、骨质增生等并发症, 故临床上多应用于生长发育空间较大的患者^[13]。

3.2 SHD SHD 即将大转子截骨翻转, 使股骨头前脱位或半脱位, 能够在保留股骨头血供的同时于髋臼和股骨头之间创造出安全操作区域, 有助于术者在直视下行髋关节内手术^[14]。近年来 SHD 的适用范围逐渐扩大, 临床多与植骨术、骨瓣移植术联合应用治疗 ONFH^[15]。李学颖^[16]采用 SHD 联合植骨术和髂骨瓣植入术治疗青少年 ONFH, 结果患者的髋关节 Harris 评分、股骨头塌陷程度、股骨头坏死面积与术前相比差异均有统计学意义, 说明该疗法的效果良好。SHD 对复杂髋关节内外病变均有较高的通用性和安全性, 且具有术中暴露充分、手术时间短、术后骨坏死率低、疼痛改善明显等优点。此外, 目前尚无 SHD 影响青少年患者生长发育的报道。对于中晚期青少年 ONFH 患者来说, 以 SHD 为基础联合其他手术是首选疗法^[15, 17]。

4 骨移植术

骨移植术治疗 ONFH, 先对骨坏死区域进行减压; 后将骨移植物植入坏死股骨头内, 以降低股骨头内高压, 促进移植物再血管化; 再以人工骨或新鲜松质骨填充缺损处, 诱导骨细胞再生的同时支撑软骨面。目前常用的骨移植术包括非血管化植骨和血管化植骨。骨移植术多与其他术式联用治疗 ONFH, 术后患者需要进行限制性负重, 以促进股骨头坏死组织

的愈合, 同时避免因负重造成软骨面塌陷而加速骨坏死进程。

4.1 非血管化植骨 Zuo 等^[18]研究发现, 采用 SHD、死骨清除、打压植骨治疗早中期 ONFH 可获得较为满意的疗效, 且该疗法在年轻患者中有着更高的手术成功率。非血管化植骨术中需要彻底清除死骨, 但大量清除股骨头内的死骨可降低股骨头的生物力学稳定性。此外, 非血管化植骨对患侧的股骨头血供有一定要求。目前有关非血管化植骨的临床报道较少且普遍随访时间较短, 因此该疗法的中远期疗效仍有待观察^[19]。

4.2 血管化植骨 血管化植骨主要包括血管化腓骨移植、血管化髂骨移植、股方肌骨瓣移植等, 该法保留了血管, 加之移植物本身有一定的成骨能力, 因此可以促进坏死骨质愈合^[19]。Fontecha 等^[20]研究发现, 青少年 ONFH 患者在进行血管化植骨术后移植骨均存活, 髋关节 Harris 评分较术前增高, 且末次随访时的影像学检查未发现股骨头变形。Xie 等^[21]研究发现, 血管化植骨术后, 与 IV 期 (Ficat 和 Arlet 分期) ONFH 患者相比, II 期和 III 期 ONFH 患者的植骨生存率更高。有研究^[22]表明, 血管化植骨可以改善 ONFH 的早期症状、防止股骨头塌陷, 且远期疗效良好。

5 保留骨量的髋关节置换术

对于青少年 ONFH 患者, 由于术后远期存在人工关节磨损、松动等不利因素, THA 并非首选治疗方案, 且传统的 THA 需要截去股骨头、股骨颈, 并对股骨近端进行扩髓, 会造成大量骨质流失; 但是随着人工假体技术的发展, 假体的生存寿命相对延长, 选择关节置换的人群年龄相对年轻, 而这些人对术后关节运动功能恢复的要求较高。于是, 保留骨量的髋关节置换术成为新的研究热点。

5.1 髋关节表面置换 髋关节表面置换多使用非骨水泥髋臼或金属对金属关节面, 该手术的难度比 THA 的难度低, 由于保留了股骨近端骨质, 术后可以获得更高的关节活动度、更低的脱位率, 并且可以在年轻患者中取得良好的远期效果^[23]。Mont 等^[24]对接受髋关节表面置换的 ONFH 患者进行了相关研究, 发现术后能够参加体育活动的人数较术前增多, 且运动量较术前增加; 还发现接受髋关节表面置换患者的步态参数优于接受 THA 者。但是, 髋关节表面置换假体磨损产生的金属碎屑有一定的毒性, 且金属离子潜在

的长期效应尚未完全清楚^[25]。Clough 等^[26]研究发现,钴铬金属浓度过高容易使关节假体周围出现假瘤综合征,并且此类金属离子可穿透胎盘屏障;因此,不推荐青少年女性行金属对金属的髋关节表面置换。Amstutz 等^[27]对 43 例在髋关节表面置换后行翻修手术的 ONFH 患者进行了相关研究(平均随访时间为 3 年),结果发现:翻修术后的髋关节疼痛和功能评分与髋关节表面置换后的评分相当,但翻修术后的关节活动评分和心理成分评分均低于髋关节表面置换后的评分;采用 Kaplan-Meier 生存曲线评估的假体 13 年生存率为 85.3%。髋关节表面置换的手术难度较高,手术适用范围有限,且金属离子潜在的长期效应也不明确,因此目前临床上较少应用该法^[25]。然而作为 THA 的首要替代方案,髋关节表面置换非常适合具有高活动量需求的青少年男性 ONFH 患者。

5.2 短柄髋关节假体置换 随着假体设计和手术技术的进步,近年来出现了专为解剖重建而设计的短柄髋关节假体,此类假体具有减少骨质流失和应力屏蔽的潜力。Hochreiter 等^[28]对 46 例行短柄髋关节假体置换的 ONFH 患者进行了相关研究(平均随访时间为 24.1 个月),发现术后患者的关节角度维持在正常范围、髋关节 Harris 评分较术前增高。Christiansen 等^[29]对 52 例接受超短柄髋关节假体置换的年轻 ONFH 患者进行了相关研究(随访时间为 2 年),并采用双能 X 线吸收法测定假体周围骨密度、采用放射立体测量分析评估假体移位程度,结果发现股骨大转子和外侧部的骨密度下降、股骨小转子和内侧部的骨密度增高,且假体移位和骨密度呈负相关。有学者^[30]发现,短柄髋关节假体无法防止假体周围骨质流失,但可以使关节保持稳定。短柄髋关节假体在术后 2 年时的稳定性较好,可能有助于减少假体周围的骨质流失。

6 髋关节镜辅助手术

髋关节镜技术是治疗 ONFH 的新兴的保髋方法,手术创伤小,还可以对关节面进行评估,有助于判断 ONFH 的分期,并且也能对一些关节内的病变进行处理。Nazal 等^[31]回顾性分析了 8 例(11 髋)接受髋关节镜辅助髓芯减压术治疗的 ONFH 患者的病例资料(随访时间为 5 年),发现 6 髋未行 THA。就目前的研究来说,髋关节镜下清理坏死骨能够在一定程度上逆转或延缓股骨头坏死进程,有利于提高手术疗效,但髋

关节镜技术的学习曲线较长,对术者的要求较高,且目前有关髋关节镜治疗 ONFH 的报道较少,因此该疗法的远期疗效还需更多数据及临床实践验证^[32-33]。

7 手术联合其他疗法

近年来出现了许多 ONFH 的新疗法,多为联合疗法。王永博等^[34]采用髓芯减压术联合骨形态发生蛋白植骨治疗 ARCO III A 期 ONFH,发现该法可以缓解患者的临床症状,并且在一定程度上延缓了骨坏死区域的影像学进展。及松洁等^[35]采用髓芯减压术联合人工骨植入、体外冲击波治疗早期 ONFH,发现该法的疗效优于单纯髓芯减压术。骨形态发生蛋白、人工骨及干细胞移植对早中期 ONFH 的治疗均有效果,且均可联合多种手术治疗 ONFH,对延缓 ARCO I 期和 II 期青少年 ONFH 患者的疾病进展有重要意义。

8 小 结

ONFH 的病变过程较为复杂,ONFH 及股骨头塌陷受诸多因素的影响,因此 ONFH 的具体机制目前尚未完全明确。ONFH 的治疗方法较多,如去除病因治疗、应用双膦酸盐类药物、冲击波治疗、减少负重等,均可有效延缓 ONFH 进展。临床可通过 X 线、CT、MRI 等检查早期发现 ONFH,以便尽快进行干预,避免出现严重的关节破坏和功能障碍。对于 ARCO IV 期 ONFH 患者,应尽早进行关节置换,可以早期恢复髋关节功能、早期活动。

ONFH 的手术方法较多,但有各自的适应证。我们认为:对于 ARCO I 期和 II 期青少年 ONFH 患者,髓芯减压术联合其他术式可作为首选方案。多孔钽棒植入术在坏死面积较小的情况下有一定的疗效,但其远期疗效暂不明确,故不推荐。截骨术对患者的身体条件要求相对较高,临床上应谨慎选择截骨术。对于儿童 DDH,可考虑行骨盆三联截骨术,能够获得理想的髋臼弧度,且有助于延缓或阻止 DDH 进展为 ONFH。对于 ARCO II 期和 III A 期青少年 ONFH 患者,可以通过 SHD 处理股骨头及髋臼病变,能够为保髋治疗提供更大可能。骨移植术可有效缓解 ONFH 的临床症状,防止软骨面塌陷,但其远期疗效尚未被完全证实,临床可作为辅助术式。对于影像学检查提示 ARCO IV 期的青少年 ONFH 患者,建议行 THA,但其保髋意愿强烈时,可尝试行血管化移植,能够延缓关节置换时间;也可先尝试采用保留骨量的关节置换术,延缓或避免行 THA。保留骨量的髋关节置换作为

THA 的替代疗法,非常适合活动量较大的青少年男性 ONFH 患者。随着新型材料的研制及手术方式的改进,保留骨量的髋关节置换有更多的可能。超短柄髋关节假体有助于重建局部解剖结构,且初始稳定性良好,能有效减少假体周围的骨质流失,适用于青少年中晚期 ONFH 患者。

外科手术对青少年 ONFH 的治疗有重要价值,不仅可以改善预后,还可避免二次甚至多次行 THA,有助于减轻患者的精神及经济负担。但是不论采用何种术式治疗 ONFH,术后患者的保护性负重都至关重要。随着计算机技术的发展,3D 打印和手术机器人的应用也将不断提高手术治疗 ONFH 的准确性和有效性。

参考文献

- [1] 中国医师协会骨科医师分会骨循环与骨坏死专业委员会,中华医学会骨科分会骨显微修复学组,国际骨循环学会中国区. 中国成人股骨头坏死临床诊疗指南(2020)[J]. 中华骨科杂志,2020,40(20):1365-1376.
- [2] ZHAO D,ZHANG F,WANG B,et al. Guidelines for clinical diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head in adults(2019 version)[J]. J Orthop Translat,2020,21:100-110.
- [3] 曾祥洪,梁博伟. 股骨头坏死保髋治疗的新策略[J]. 中国组织工程研究,2021,25(3):431-437.
- [4] LIU L,GAO F,SUN W,et al. Investigating clinical failure of core decompression with autologous bone marrow mononuclear cells grafting for the treatment of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head[J]. Int Orthop,2018,42(7):1575-1583.
- [5] MONT M A,CARBONE J J,FAIRBANK A C. Core decompression versus nonoperative management for osteonecrosis of the hip[J]. Clin Orthop Relat Res,1996(324):169-178.
- [6] HERRERA-SOTO J A,PRICE C T. Core decompression for juvenile osteonecrosis[J]. Orthop Clin North Am,2011,42(3):429-436.
- [7] HUA K C,YANG X G,FENG J T,et al. The efficacy and safety of core decompression for the treatment of femoral head necrosis;a systematic review and meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res,2019,14(1):306.
- [8] HERNANDEZ A,NUÑEZ J H,SALLENT A,et al. Core decompression combined with implantation of autologous bone marrow concentrate with tricalcium phosphate does not prevent radiographic progression in early stage osteonecrosis of the hip[J]. Clin Orthop Surg,2020,12(2):151-157.
- [9] 苏敬阳,张耀杰,曹斌,等. 多孔钽棒治疗 ARCO I - II 期非创伤性股骨头坏死后塌陷及相关因素分析[J]. 中国组织工程研究,2021,25(15):2400-2404.
- [10] HUANG W,GONG X,SANDIFORD S,et al. Outcome after a new porous tantalum rod implantation for treatment of early-stage femoral head osteonecrosis[J]. Ann Transl Med,2019,7(18):441.
- [11] 丁晓飞,廖世杰,林华豪. 骨盆三联截骨术治疗 Perthes 病的研究进展[J]. 临床小儿外科杂志,2021,20(3):280-284.
- [12] 刘帅,张敏刚,李天友,等. 三维 CT 辅助骨盆三联截骨术治疗大龄儿童发育性髋关节发育不良[J]. 中华骨科杂志,2020,40(17):1165-1174.
- [13] 郑萍,李炜明,翁绳健,等. 髋关节外科脱位技术联合手术治疗股骨头坏死的中短期疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2020,35(2):148-150.
- [14] 邝长建. 髋关节手术中应用髋关节外科脱位技术的临床效果观察[J]. 中国实用医药,2022,17(18):86-89.
- [15] 魏秋实,庞凤祥,陈晓俊,等. 经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗 ARCO III 期股骨头坏死的临床疗效分析[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版),2020,15(2):90-95.
- [16] 李学颖. 青少年创伤后股骨头坏死的临床特点及保髋手术治疗对提升治疗意义的意义[J]. 世界复合医学,2021,7(4):122-124.
- [17] 徐陈,官建中. 髋关节外科脱位应用进展[J]. 安徽医药,2018,22(1):17-20.
- [18] ZUO W,SUN W,ZHAO D,et al. Investigating clinical failure of bone grafting through a window at the femoral head neck junction surgery for the treatment of osteonecrosis of the femoral head [J/OL]. PLoS One, 2016, 11 (6): e0156903[2022-09-03]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27285821/>.
- [19] 顾长源,杜斌,孙光权,等. 股骨头坏死保髋治疗常用术式的利与弊[J]. 中国组织工程研究,2020,24(21):3379-3386.
- [20] FONTECHA C G,ROCA I,BARBER I,et al. Femoral head bone viability after free vascularized fibular grafting for osteonecrosis: SPECT/CT study [J]. Microsurgery, 2016, 36(7):573-577.
- [21] XIE H,WANG B,TIAN S,et al. Retrospective long-term follow-up survival analysis of the management of osteonecrosis of the femoral head with pedicled vascularized iliac bone graft transfer [J]. J Arthroplasty, 2019, 34 (8): 1585 - 1592.

- [22] LEI P, DU W, LIU H, et al. Free vascularized iliac bone flap based on deep circumflex iliac vessels graft for the treatment of osteonecrosis of femoral head [J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1):397.
- [23] SCHOLLES C J, EBRAHIMI M, FARAH S B, et al. The outcome and survival of metal-on-metal hip resurfacing in patients aged less than 50 years: a prospective observational cohort study with minimum ten-year follow-up [J]. Bone Joint J, 2019, 101-B(1):113-120.
- [24] MONT M A, SEYLER T M, RAGLAND P S, et al. Gait analysis of patients with resurfacing hip arthroplasty compared with hip osteoarthritis and standard total hip arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2007, 22(1):100-108.
- [25] 丁镇涛, 王艳华, 郁凯, 等. 基于杠杆重建平衡理论对髋关节表面置换术的回顾与展望 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(2):137-142.
- [26] CLOUGH E J, CLOUGH T M. Metal on metal hip resurfacing arthroplasty: where are we now? [J]. J Orthop, 2020, 23:123-127.
- [27] AMSTUTZ H C, LE DUFF M. What are the results of revised hip resurfacing arthroplasties? [J]. Bone Joint J, 2020, 102-B(10):1289-1296.
- [28] HOCHREITER J, MATTIASSICH G, ORTMAIER R, et al. Femoral bone remodeling after short-stem total hip arthroplasty: a prospective densitometric study [J]. Int Orthop, 2020, 44(4):753-759.
- [29] CHRISTIANSEN J D, EJAZ A, NIELSEN P T, et al. An ultra-short femoral neck-preserving hip prosthesis: a 2-year follow-up study with radiostereometric analysis and dual X-ray absorptiometry in a stepwise introduction [J]. J Bone Joint Surg Am, 2020, 102(2):128-136.
- [30] NYSTRÖM A, KIRITOPOULOS D, MALLMIN H, et al. Continuous periprosthetic bone loss but preserved stability for a collum femoris-preserving stem: follow-up of a prospective cohort study of 21 patients with dualenergy X-ray absorptiometry and radiostereometric analysis with minimum 8 years of follow-up [J]. Acta Orthop, 2022, 93:206-211.
- [31] NAZAL M R, PARSA A, MARTIN S D. Mid-term outcomes of arthroscopic-assisted core decompression of Precollapse osteonecrosis of femoral head-minimum of 5-year follow-up [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20(1):448.
- [32] 王耀霆, 安佰京, 王龙, 等. 镜下清理减压术结合冲击波治疗早期股骨头坏死 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30(5):421-425.
- [33] 李志国, 赵斌, 王耀霆, 等. 髋关节镜导向器引导下精准钻孔减压治疗早期股骨头坏死的近期临床疗效 [J]. 武警医学, 2021, 32(9):765-768.
- [34] 王永博, 李鹏, 黄世金, 等. 髓芯减压联合含骨形态发生蛋白打压植骨术治疗 ARCOⅢA 期股骨头坏死的中期疗效 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(1):24-30.
- [35] 及松洁, 张隆浩, 徐黎, 等. 改良髓芯减压植骨联合体外冲击波治疗早期股骨头坏死的疗效 [J]. 实用医学杂志, 2022, 38(15):1913-1918.

(收稿日期:2022-09-04 本文编辑:郭毅曼)

(上接第 48 页)

- [22] CHEN L H, HSIEH M K, LIAO J C, et al. Repeated percutaneous vertebroplasty for refracture of cemented vertebrae [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2011, 131(7):927-933.
- [23] 李秋江, 房晓敏, 王胤斌, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体强化术后椎体再骨折的相关因素 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2021, 14(3):252-260.
- [24] 李正, 付军. 唑来膦酸和特立帕肽对预防椎体成形术后再发骨折的疗效比较 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(7):1002-1005.
- [25] 田保磊, 姚啸生, 戚晓楠, 等. 椎体强化术后邻椎再发骨折影响因素及预防研究进展 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2019, 27(1):82-85.
- [26] WANG Y T, WU X T, CHEN H, et al. Adjacent-level symptomatic fracture after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective analysis [J]. J Orthop Sci, 2014, 19(6):868-876.
- [27] 孟胜伟, 蒋盛旦, 蒋雷生. 胸腰椎骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体强化术后腰背痛原因的研究进展 [J]. 脊柱外科杂志, 2017, 15(2):117-122.
- [28] 张永远, 孙宏慧, 郝定均. 脊柱化脓性感染的诊断和治疗进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(8):747-751.
- [29] 刘永强, 周纪平. Kümmell 病的临床研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31(3):242-246.
- [30] 赵鹏, 慈元, 李志君, 等. 经椎间孔入路椎体成形术治疗 Kümmell 病的临床疗效 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(2):184-188.
- [31] 郝定均, 刘鹏, 贺宝荣, 等. 陈旧性与新鲜性压缩骨折行椎体成形术的临床对比研究 [J]. 脊柱外科杂志, 2012, 10(2):83-86.

(收稿日期:2022-12-26 本文编辑:郭毅曼)