

· 综述 ·

全踝关节置换术的研究进展[△]罗富玉¹, 王杰², 刘军², 曾宪铁^{2*}

(1. 天津中医药大学, 天津 301617; 2. 天津市天津医院骨科, 天津 300211)

摘要: 全踝关节置换术 (total ankle arthroplasty, TAA) 是治疗终末期踝关节炎的替代方式。早期 TAA 临床效果欠佳, 随着第三代假体的出现以及手术技术的发展, 取得了较好的临床效果。目前, TAA 的适应证有逐步扩大的趋势, 手术入路仍以前方入路为主, 但发展了其他几种入路。假体的总体存活率较满意, 但不同地区存在一定差距。计算机辅助下的 TAA 临床优势不明显。失败后的 TAA 尚无统一的治疗方法, 可根据实际情况行翻修置换术或者转换为融合术。

关键词: 全踝关节置换术, 假体存活率, 计算机辅助技术, 翻修手术

中图分类号: R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 04-0345-05

Research progress in total ankle arthroplasty // LUO Fu-yu¹, WANG Jie², LIU Jun², ZENG Xian-tie². 1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China; 2. Department of Orthopaedics, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China

Abstract: Total ankle arthroplasty (TAA) is used as an alternative treatment for end-stage ankle arthritis. Early clinical results of TAA were poor, but better clinical results have been achieved with the advent of third-generation prostheses and the development of surgical techniques. Currently, there is a trend of gradual expansion of the indications for TAA. The surgical approach is still mainly the anterior approach, although several other approaches have emerged. The overall survival rate of the prosthesis is satisfactory, but there is some variation from region to region. The clinical advantages of computer-assisted TAA are not obvious. There is no uniform treatment for TAA after failure, and revision arthroplasty or conversion to fusion can be performed according to the actual situation.

Key words: total ankle arthroplasty, survival rate of prosthesis, computer-assisted technique, revision surgery

全踝关节置换术 (total ankle arthroplasty, TAA) 作为治疗终末期踝关节炎的替代方式, 受到了人们的关注。虽然踝关节融合术仍能取得较好的临床效果^[1-3], 但相较于踝关节融合术, TAA 不仅能缓解疼痛, 还能保留踝关节的活动度, 延缓邻近关节炎的发展^[4, 5]。早期 TAA 术后效果不佳, 失败率和并发症发生率较高。原因在于过度的骨切除、不良的器械、不准确的假体定位、不适当的软组织平衡以及糟糕的假体设计^[6]。随着手术技术的改进、假体的发展, TAA 受到医患的青睐。Karzon 等^[7]分析了 2009—2019 年美国数据库 TAA 的病例数量和发病率趋势, 共发现 41 060 例 TAA 患者, 其中 52.5% 为男性, 54 岁以上患者明显增多, 65 岁以上患者手术量增长约 400%。其他国家 TAA 也呈稳步上升的趋势^[8, 9]。本文就全踝关节置换术的适应证、手术入路、假体存活率、翻修方式及伤口并发症等研究进展做一综述。

1 TAA 的适应证

一般情况下, TAA 适用于年龄较大、后足力线良好而稳定、足踝部软组织条件良好以及合理期望值的患者。有研究表明, 50 岁以下患者不适合 TAA, 因为年轻患者具有更高的再手术率和更低的假体存活率^[10]。可能原因是年轻患者有较多的体力需求和更多的体力活动, 加速了假体部件的磨损, 增加了对关节周围软组织与骨的影响, 从而导致较差的临床效果。但 Gaugler 等^[11]报道了不同年龄段 TAA 的临床效果, 结果显示年轻组 (平均年龄 49.2 岁) 与老年组 (平均年龄 68.5 岁) 中长期临床结果及再手术率相似, 但老年患者的疼痛缓解稍好。

随着假体的发展及手术技术的提高, 目前 TAA 的适应证有扩大的趋势。早期研究认为冠状面畸形>

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.04.10

△基金项目: 天津市科学技术局项目 (编号: 21JCZDJC01000)

作者简介: 罗富玉, 硕士研究生, 研究方向: 踝关节疾病, (电话) 15122005102, (电子信箱) 1289007386@qq.com

* 通信作者: 曾宪铁, (电话) 13001380818, (电子信箱) zengxiantie@163.com

15°是 TAA 的相对禁忌证^[12]。但 Lee 等^[13]比较了重度畸形组（内外翻度数为 20°~35°）与中等畸形组（内外翻度数为 5°~15°）的临床结果。尽管重度畸形组患者会遗留更多的冠状面畸形，但两组中期临床结果相似。术者认为只要在 TAA 手术过程中能够获得稳定和中性对齐的踝关节，术前畸形不会影响 TAA 的临床结果。Piga 等^[14]使用外侧经腓入路发现外翻组（外翻度数>10°）与中立组 TAA 术后的美国骨科足踝外科协会（American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS）踝及后足评分、疼痛视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）及并发症发生率、术后冠状面胫骨距角（tibiotalar surface angle, TTS）角相似，但外翻组需要更长的手术时间。相比于术前内翻畸形常出现的僵硬，外翻畸形常伴随不稳定及平足，需要通过平衡软组织及纠正骨的畸形来实现对齐。在手术过程中，大多数患者的三角韧带需要紧缩以保持平衡，而所有扁平足患者需要行后足融合手术以实现良好对齐，临床上应根据实际情况，把握好适应证^[15]。

2 手术入路

TAA 的手术方式需遵守假体设计时既定的标准流程。主要采用踝关节前方入路。而传统前方入路术后伤口愈合问题是最常见的并发症之一^[16]。于是发展了其他几种入路：（1）经腓外侧入路：该入路能更好地显示踝关节的旋转中心，保留骨量，保护踝前方血供，解决因腓骨延长或缩短而导致的旋转和矢状面畸形^[17]。Usuelli 等^[18]回顾性比较了 TAA 前方入路与经腓外侧入路的感染率，结果显示前方入路的深部及浅部感染率均高于外侧入路。但外侧入路手术时间（时间=179 min）比前方入路（时间=115 min）更长，可能原因是术者更熟悉前方入路的术式或外侧入路都需行腓骨远端截骨；（2）改良前外侧入路：该入路不是将切口放置在胫骨前肌和踮长伸肌上，也没有打开胫骨前肌腱鞘。Hirao 等^[19]比较了改良前外侧入路与传统前方入路的临床效果。改良组有更快的切口愈合时间、术后相似的踝关节活动度；（3）前内侧入路：当患者有两个或更多危险因素（心血管疾病、吸烟史、炎性关节病或前踝皮肤有伤口）时则被认为是发生伤口并发症的高危患者，可选择前内侧切口，该入路可有效保留胫骨后动脉的前内侧血供和足背动脉的前外侧血供。Halai 等^[20]采用前内侧入路行 TAA 取得了满意的临床效果。在某些情况下其他入路可能

比前方入路有优势，但目前研究有限，需要后续的高质量研究进一步证实。需要注意的是，手术及止血带时间与伤口并发症发生率呈正相关。对于需行中后足矫形手术的患者，可分期行 TAA^[16]。

3 假体存活率

假体存活率作为踝关节置换术后最重要的结果，直接关系到技术的开发与临床运用。然而不同地区，假体存活率有较大的差异。据报道，无菌性松动是最常见的翻修原因，其次是溶解、疼痛、对位不良和感染^[21, 22]。Clough 等^[23]报道了英国 118 个 TAA 的中期结果，假体的 7 年存活率为 88.2%。89% 的患者报告他们对临床和功能结果感到满意。总并发症率为 46.6%，常见并发症依次为踝骨折、伤口愈合问题、浅表感染和内侧沟疼痛。北京积水潭医院报道了 64 例 INBONE II 假体 TAA，平均随访 37.9 个月，假体存活率 100%，并发症发生率为 15.6%^[24]。相比之下，巴西的 1、3、5 年假体存活率分别为 94.0%、82.8%、71.5%。可能原因是巴西进行踝关节置换的时间较晚、外科医生缺乏经验^[25]。和其他研究结论一致，TAA 存在明显的学习曲线^[26, 27]。Van der Plaats 等^[28]的荟萃分析纳入了 8 种不同踝关节假体的 57 篇文章，平均随访 4.6 年。结果显示，STAR 假体使用最多，其年翻修率为 2.6%，INBONE 的年翻修率为 2.1%。所有假体的年翻修率为 2.2%（即 10 年的预期翻修率为 22%）。目前证据尚不能表明不同假体的存活率有差异^[29]。然而该系统综述包含较多时间久远的文献，随着假体的发展以及手术技术的成熟，现在假体的整体存活率可能会更高。

需要注意的是对于假体失败的定义尚不统一，因此各个地区假体失败的标准也不全相同，还有部分研究的数据信息来源于数据库，依靠手术编码统计数据，这可能会产生报告偏差，需谨慎对待数据结果。

4 计算机辅助下的 TAA

早期研究表明，假体对位不良会导致早期磨损，骨-假体界面的接触应力增加（最高可达 158%）导致假体寿命缩短^[30]。早期尸体试验已经证明计算机辅助 TAA 可以缩短手术时间、提高假体安置位置和力线精度、降低手术操作难度、减少术中透视时间^[31]，如今计算机辅助下的 TAA 多用于冠状面畸形较小的踝关节。在此基础上，Umbel 等^[32]使用

PROPHECY 专用器械完成了不同程度内翻畸形（最大内翻 16.3°）的 TAA 临床试验。结果显示术后 96.9% 患者的负重 X 线为中立位（内翻/外翻 < 5°）。除此之外，PROPHECY 专用器械还能预测胫骨和距骨假体的大小，胫骨假体的准确性为 87.5%，距骨为 68.6%，但是随着畸形角度的增大，预测的准确性有下降的趋势。术者认为和传统 TAA 一样，随着畸形角度的增大，可能需要额外的手术（骨与软组织平衡等）来实现踝关节的中性对齐。

然而最近的研究得出了不一样的结论，质疑了计算机辅助下 TAA 在临床中的优势。Escudero 等^[33]的 TAA 临床试验比较了使用专用器械（patient-specific instrumentation, PSI）与标准器械（standard instrumentation, SI）的 X 线对位情况，术后 3 个月负重位 X 线片显示，PSI 和 SI 假体在冠状位都能实现对齐，矢状位对齐率均为 65% 左右，二者差异无统计学意义。对有经验的外科医生来说，PSI 不是必需的。Wang 等^[34]的系统综述共纳入 9 篇 TAA 的临床研究，比较了 PSI 与 SI 的术后结果。数据显示，与 SI 相比，PSI 能明显缩短手术时间和透视时间，但二者假体位置和临床结果无明显差异。目前关于计算机辅助下的 TAA 临床试验以回顾性为主，主要聚焦于手术过程和短期内假体位置，样本量不大，还缺乏中长期假体存活率及临床结果的报道。需要后续高质量的研究来证明计算机辅助下的 TAA 是否具有优势。除此之外，计算机辅助下 TAA 可能产生的额外成本也是一个需要考虑的因素。

5 TAA 术后的翻修手术

外科医生根据失败后 TAA 骨缺损的量、骨质条件、感染与否以及自身的经验可选择翻修 TAA、胫距融合、胫距跟融合或者截肢等 4 种治疗方式。但是目前的研究有限，具体的治疗方式尚未达成共识。

5.1 翻修 TAA

随着 TAA 手术量的增加，翻修 TAA 也逐步增多。据报道美国翻修 TAA 的年增长率为 7.7%，而翻修后的结果不算太理想^[35]。Jamjoom 等^[36]报道了 28 例患者使用 INBONE II 假体进行翻修 TAA 的结果，翻修的主要指征是初次 TAA 术后无菌性松动（83%），从初次 TAA 到翻修的平均时间为 87.5 个月（16~223 个月）。翻修术后假体短期（3.3 年）存活率 97%。术后曼彻斯特-牛津足评分（Manchester-Oxford Foot Questionnaire, MOXFQ）评分有较明显的改

善。在这项研究中，76% 的患者需要额外的手术（如三角韧带松解、同种异体距骨移植、外侧韧带重建、跟腱延长等）来实现足踝的稳定和平衡。Pfahl 等^[37]报道了 122 例翻修 TAA 的临床疗效，研究纳入了更换聚乙烯衬垫和单个假体部件的数据，结果显示翻修 TAA 的总成功率为 85.3%，亚组分析显示单独更换聚乙烯衬垫的失败率（42.9%）明显高于更换两部分金属假体的失败率（16%）。可能原因是单独更换聚乙烯衬垫并不能解决造成聚乙烯衬垫磨损或者断裂脱位的原因。总体来说，翻修 TAA 作为挽救性手术是有效的，但是目前研究较少，缺乏中长期的临床结果。需要后续大样本量、前瞻性的研究设计以及更长时间的随访来证实其临床效果。

5.2 翻修融合

支持融合的作者认为目前暂无翻修的特定假体，有下列情况：（1）严重胫骨或距骨缺损或二者兼有；（2）软组织覆盖不足或者感染，建议行胫距融合术。伴有下列情况：（1）距骨骨量有限；（2）距下关节炎；（3）距下关节面塌陷可行胫距跟融合术。Jennison 等^[21]的系统综述分析了 528 例失败 TAA 转换为融合的病例。结果显示，13% 的病例（95% 置信区间为 4.9%~23.4%）融合失败。然而该系统综述未区分胫距与胫距跟融合的结果差异。Pfahl 等^[38]的报道了失败 TAA 转换为胫距或者胫距跟融合的结果差异。胫距融合的失败率为 10.87%，胫距跟的失败率为 0%，胫距融合的翻修率是胫距跟融合的 4.35 倍。对于 TAA 失败后严重骨缺损（长度 > 1~2 cm 或者骨周长缺损 > 50%）的患者，Abar 等^[39]则采用定制 3D 多孔钛内置物修复足踝部的严重骨缺损，取得了较好的短期效果。

6 总结与展望

随着假体的发展和手术技术的提高，TAA 展现出了广阔的应用前景。手术的适用范围正在扩大。假体总体存活率逐步提高，但是不同地区有较大差异。无菌性松动仍是假体失效的主要原因。与传统 TAA 相比，计算机辅助下的 TAA 无明显优势。对于失败的 TAA，术者应根据患者的具体情况行融合或者翻修置换等挽救性手术。此外，应根据患者的病情和诉求、医院的设备以及术者的经验来制定个性化的诊疗方案，以达到最优的效果。目前研究有限，需后续高质量、大样本量的研究来证实计算机辅助下 TAA 是否具有优势以及翻修手术的临床疗效。

参考文献

- [1] 朱绍阳, 梁振雷, 刘玉强. 镜下融合术治疗终末期创伤性踝关节炎 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (3) : 281-283. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.03.20.
Zhu SY, Liang ZL, Liu YQ. Arthroscopic ankle arthrodesis for treatment of end-stage traumatic ankle arthritis [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (3) : 281-283. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.03.20.
- [2] 王业鑫, 吴晓林, 张海妮, 等. 两种固定方式踝关节融合的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (11) : 990-994. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.11.07.
Wang YX, Wu XL, Zhang HN, et al. Comparison of two fixation techniques used in ankle arthrodesis [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (11) : 990-994. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.11.07.
- [3] Mok TN, He Q, Panneerselavam S, et al. Open versus arthroscopic ankle arthrodesis: a systematic review and meta-analysis [J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15 (1) : 187. DOI: 10.1186/s13018-020-01708-4.
- [4] Pedowitz DI, Kane JM, Smith GM, et al. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis: a comparative analysis of arc of movement and functional outcomes [J]. Bone Joint J, 2016, 98-B (5) : 634-640. DOI: 10.1302/0301-620X.98B5.36887.
- [5] Hermus JP, Voeseek JA, van Gansewinkel EHE, et al. Complications following total ankle arthroplasty: A systematic literature review and meta-analysis [J]. Foot Ankle Surg, 2022, 28 (8) : 1183-1193. DOI: 10.1016/j.fas.2022.07.004.
- [6] Bolton-Maggs BG, Sudlow RA, Freeman MA. Total ankle arthroplasty. A long-term review of the London Hospital experience [J]. J Bone Joint Surg Br, 1985, 67 (5) : 785-90. DOI: 10.1302/0301-620X.67B5.4055882.
- [7] Karzon AL, Kadakia RJ, Coleman MM, et al. The rise of total ankle arthroplasty use: A database analysis describing case volumes and incidence trends in the United States between 2009 and 2019 [J]. Foot Ankle Int, 2022, 2022: 10711007221119148. DOI: 10.1177/10711007221119148.
- [8] Tapaninaho K, Ponkilainen VT, Haapasalo H, et al. Incidence of ankle arthrodesis and total ankle replacement between 1997 and 2018: A nationwide registry study in Finland [J]. Foot Ankle Surg, 2023, 29 (3) : 288-292. DOI: 10.1016/j.fas.2023.02.014.
- [9] Kim SJ, Sung IH, Song SY, et al. The epidemiology and trends of primary total ankle arthroplasty and revision procedure in Korea between 2007 and 2017 [J]. J Korean Med Sci, 2020, 35 (22) : e169. DOI: 10.3346/jkms.2020.35.e169.
- [10] Stadler C, Luger M, Stevoska S, et al. High reoperation rate in mobile-bearing total ankle arthroplasty in young patients [J]. Medicina (Kaunas), 2022, 58 (2) : 288. DOI: 10.3390/medicina58020288.
- [11] Gaugler M, Krahenbuhl N, Barg A, et al. Effect of age on outcome and revision in total ankle arthroplasty [J]. Bone Joint J, 2020, 102-B (7) : 925-932. DOI: 10.1302/0301-620X.102B7.BJJ-2019-1263.R2.
- [12] Wood PL, Sutton C, Mishra V, et al. A randomised, controlled trial of two mobile-bearing total ankle replacements [J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91 (1) : 69-74. DOI: 10.1302/0301-620X.91B1.21346.
- [13] Lee GW, Lee KB. Outcomes of total ankle arthroplasty in ankles with >20 degrees of coronal plane deformity [J]. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101 (24) : 2203-2211. DOI: 10.2106/JBJS.19.00416.
- [14] Piga C, Maccario C, D'Ambrosi R, et al. Total ankle arthroplasty with valgus deformity [J]. Foot Ankle Int, 2021, 42 (7) : 867-876. DOI: 10.1177/1071100720985281.
- [15] 孙广超, 尹刚, 赵永杰, 等. 跟骨截骨距舟关节融合治疗扁平足合并距舟关节炎 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (21) : 1959-1962. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.21.09.
Sun GC, Yin G, Zhao YJ, et al. Calcaneus osteotomy combined with talonavicular fusion for flatfoot with talonavicular arthritis [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (21) : 1959-1962. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.21.09.
- [16] Gross CE, Hamid KS, Green C, et al. Operative wound complications following total ankle arthroplasty [J]. Foot Ankle Int, 2017, 38 (4) : 360-366. DOI: 10.1177/1071100716683341.
- [17] Maccario C, Paoli T, Romano F, et al. Transfibular total ankle arthroplasty: a new reliable procedure at five-year follow-up [J]. Bone Joint J, 2022, 104-B (4) : 472-478. DOI: 10.1302/0301-620X.104B4.BJJ-2021-0167.R5.
- [18] Uselli FG, Indino C, Maccario C, et al. Infections in primary total ankle replacement: Anterior approach versus lateral transfibular approach [J]. Foot Ankle Surg, 2019, 25 (1) : 19-23. DOI: 10.1016/j.fas.2017.07.643.
- [19] Hirao M, Ebina K, Etani Y, et al. Modified anterolateral approach for total ankle arthroplasty [J]. Foot Ankle Orthop, 2021, 6 (2) : 24730114211013342. DOI: 10.1177/24730114211013342.
- [20] Halai MM, Pinsker E, Daniels TR. Effect of novel anteromedial approach on wound complications following ankle arthroplasty [J]. Foot Ankle Int, 2020, 41 (10) : 1198-1205. DOI: 10.1177/1071100720937247.
- [21] Jennison T, Spolton-Dean C, Rottenburg H, et al. The outcomes of revision surgery for a failed ankle arthroplasty: a systematic review and meta-analysis [J]. Bone Jt Open, 2022, 3 (7) : 596-606. DOI: 10.1302/2633-1462.37.Bjo-2022-0038.R1.
- [22] Hauer G, Hofer R, Kessler M, et al. Revision rates after total ankle replacement: a comparison of clinical studies and arthroplasty registers [J]. Foot Ankle Int, 2022, 43 (2) : 176-185. DOI: 10.1177/10711007211053862.
- [23] Clough TM, Ring J. Total ankle arthroplasty [J]. Bone Joint J, 2021, 103-B (4) : 696-703. DOI: 10.1302/0301-620X.103B4.BJJ-2020-0758.R1.
- [24] Wu Y, Yang H, Guo X, et al. Total ankle replacement with IN-BONE-II prosthesis: A short-to-medium-term follow-up study in China [J]. Chin Med J (Engl), 2022, 135 (12) : 1459-1465. DOI: 10.1097/CM9.0000000000002192.

- [25] Nery C, Lemos A, Ferreira Martins CEC, et al. Brazilian total ankle replacement experience [J]. *Orthop Clin North Am*, 2020, 51 (2) : 293-302. DOI: 10.1016/j.oocl.2019.11.013.
- [26] Henricson A, Popelka S, Rydholm U. Six year results of the rebalance mobile bearing total ankle replacement [J]. *Foot Ankle Surg*, 2021, 27 (1) : 66-69. DOI: 10.1016/j.fas.2020.02.004.
- [27] Maccario C, Tan EW, Di Silvestri CA, et al. Learning curve assessment for total ankle replacement using the transfibular approach [J]. *Foot Ankle Surg*, 2021, 27 (2) : 129-137. DOI: 10.1016/j.fas.2020.03.005.
- [28] van der Plaats LW, Hoorneborg D, Sierevelt IN, et al. Ten-year revision rates of contemporary total ankle arthroplasties equal 22%. A meta-analysis [J]. *Foot Ankle Surg*, 2022, 28 (5) : 543-549. DOI: 10.1016/j.fas.2021.05.014.
- [29] Jeyaseelan L, Si-Hyeong Park S, Al-Rumaih H, et al. Outcomes following total ankle arthroplasty: a review of the registry data and current literature [J]. *Orthop Clin North Am*, 2019, 50 (4) : 539-548. DOI: 10.1016/j.oocl.2019.06.004.
- [30] van Hoogstraten SWG, Hermus J, Loenen ACY, et al. Malalignment of the total ankle replacement increases peak contact stresses on the bone-implant interface: a finite element analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23 (1) : 463. DOI: 10.1186/s12891-022-05428-0.
- [31] Berlet GC, Penner MJ, Lancianese S, et al. Total ankle arthroplasty accuracy and reproducibility using preoperative CT scan-derived, patient-specific guides [J]. *Foot Ankle Int*, 2014, 35 (7) : 665-676. DOI: 10.1177/1071100714531232.
- [32] Umbel BD, Hockman T, Myers D, et al. Accuracy of CT-derived patient-specific instrumentation for total ankle arthroplasty: The impact of the severity of preoperative varus ankle deformity [J]. *Foot Ankle Spec*, 2022: 19386400211068262. DOI: 10.1177/19386400211068262.
- [33] Escudero MI, Le V, Bemenderfer TB, et al. Total ankle arthroplasty radiographic alignment comparison between patient-specific instrumentation and standard instrumentation [J]. *Foot Ankle Int*, 2021, 42 (7) : 851-8. DOI: 10.1177/1071100721996379.
- [34] Wang Q, Zhang N, Guo W, et al. Patient-specific instrumentation (PSI) in total ankle arthroplasty: a systematic review [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (9) : 2445-2452. DOI: 10.1007/s00264-021-05145-8.
- [35] Law TY, Sabeih KG, Rosas S, et al. Trends in total ankle arthroplasty and revisions in the Medicare database [J]. *Ann Transl Med*, 2018, 6 (7) : 112. DOI: 10.21037/atm.2018.02.06.
- [36] Jamjoom BA, Siddiqui BM, Salem H, et al. Clinical and radiographic outcomes of revision total ankle arthroplasty using the INBONE II prosthesis [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2022, 104 (17) : 1554-1562. DOI: 10.21037/atm.2018.02.06.
- [37] Pfahl K, Röser A, Eder J, et al. Failure rates and patient-reported outcomes of revision of total ankle arthroplasty [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2023, 143 (7) : 3929-3935. DOI: 10.1007/s00402-022-04657-1.
- [38] Pfahl K, Röser A, Eder J, et al. Outcomes of salvage procedures for failed total ankle arthroplasty [J]. *Foot Ankle Int*, 2023, 44 (4) : 262-269. DOI: 10.1177/10711007231156426.
- [39] Abar B, Kwon N, Allen NB, et al. Outcomes of surgical reconstruction using custom 3D-printed porous titanium implants for critical-sized bone defects of the foot and ankle [J]. *Foot Ankle Int*, 2022, 43 (6) : 750-761. DOI: 10.1177/10711007221077113.

(收稿:2023-06-19 修回:2023-09-14)
(同行评议专家: 侯存强, 樊宗庆)
(本文编辑: 宁桦)