

· 荟萃分析 ·

## 创伤性踝关节炎置换与融合疗效的荟萃分析

朱善成, 章 超, 乔晓红\*

(山西医科大学附属吕梁医院骨二科, 山西吕梁 033000)

**摘要:** [目的] 对踝关节置换术 (total ankle arthroplasty, TAA) 与踝关节融合术 (ankle arthrodesis, AA) 治疗创伤性踝关节炎的疗效性进行系统性分析。[方法] 计算机检索 PubMed、Cochrane Library、Embase、中国知网 (CNKI)、维普和万方数据库自建库至 2022 年 10 月有关国内外 TAA 与 AA 治疗创伤性踝关节炎的中、英文文献。筛选符合纳入标准的文献后评价偏倚风险, 提取相关数据使用 RevMan5.3 软件进行荟萃分析。[结果] 本研究共纳入 8 篇文献, 4 篇回顾性队列研究, 4 篇随机对照试验, 共计 481 例病例, 其中 TAA 组患者 253 人, AA 组患者 228 人。荟萃分析表明: TAA 组手术时间显著低于 AA 组 ( $MD=-51.88$ ,  $95\%CI -98.18\sim-5.58$ ,  $P=0.03$ ), TAA 组 Kofoed 评分显著高于 AA 组 ( $MD=6.60$ ,  $95\%CI 3.72\sim9.47$ ,  $P<0.01$ ), TAA 组术后跛行情况显著轻于 AA 组 ( $MD=0.17$ ,  $95\%CI 0.05\sim0.55$ ,  $P<0.01$ ), 但 TAA 术后翻修次数显著多于 AA 组 ( $MD=2.73$ ,  $95\%CI: 1.05\sim7.14$ ,  $P=0.04$ )。而两组 AOFAS 评分 ( $MD=3.47$ ,  $95\%CI -2.90\sim9.84$ ,  $P=0.29$ )、VAS 评分 ( $MD=-0.90$ ,  $95\%CI -1.95\sim0.15$ ,  $P=0.09$ )、术后并发症 ( $MD=3.77$ ,  $95\%CI 0.42\sim33.93$ ,  $P=0.24$ ) 和术中出血量 ( $MD=49.21$ ,  $95\%CI -9.04\sim107.46$ ,  $P=0.10$ ) 的差异上无统计学意义。[结论] 与 AA 相比, TAA 具有术后感受更好, 踝关节功能恢复快等优势, 但是术后翻修次数明显增多。

**关键词:** 创伤性踝关节炎, 踝关节置换, 踝关节融合, 荟萃分析

**中图分类号:** R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 14-1275-05

**Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis for traumatic ankle arthritis: A meta analysis // ZHU Shan-cheng, ZHANG Chao, QIAO Xiao-hong.** The Second Department of Orthopaedics, Lvliang Hospital, Shanxi Medical University, Lvliang 033000, China

**Abstract: [Objective]** To systematically compare the clinical outcomes of total ankle arthroplasty (TAA) versus ankle arthrodesis (AA) in the treatment of traumatic ankle arthritis. **[Methods]** The articles in Chinese and English on TAA and AA for traumatic ankle arthritis at home and abroad were searched in databases, including PubMed, Cochrane Library, Embase, CNKI, VIP and Wanfang, from creating to October 2022. After the papers were selected by screening to meet the inclusion criteria and bias risk evaluation, data were extracted for a meta-analysis using RevMan5.3 software. **[Results]** A total of 8 articles were included in this study, including 4 retrospective cohort studies and 4 randomized controlled trials with a total of 481 cases, 253 in the TAA group and 228 in the AA group. As results of meta-analysis, the TAA group consumed significantly shorter operation time than the AA group ( $MD=-51.88$ ,  $95\%CI -98.18\sim-5.58$ ,  $P=0.03$ ), the former had significantly higher Kofoed score than the latter ( $MD=6.60$ ,  $95\%CI 3.72\sim9.47$ ,  $P<0.01$ ), the TAA group proved significantly less postoperative claudication than the AA group ( $MD=0.17$ ,  $95\%CI 0.05\sim0.55$ ,  $P<0.01$ ), whereas the TAA group got significantly more number of postoperative revisions than the AA group ( $MD=2.73$ ,  $95\%CI 1.05\sim7.14$ ,  $P=0.04$ ). However, there were no significant differences between the two groups in terms of AOFAS score ( $MD=3.47$ ,  $95\%CI -2.90\sim9.84$ ,  $P=0.29$ ), VAS score ( $MD=-0.90$ ,  $95\%CI -1.95\sim0.15$ ,  $P=0.09$ ), postoperative complications ( $MD=3.77$ ,  $95\%CI -0.42\sim33.93$ ,  $P=0.24$ ) and intraoperative blood loss ( $MD=49.21$ ,  $95\%CI -9.04\sim107.46$ ,  $P=0.10$ ). **[Conclusion]** Compared with the AA group, the TAA group has the advantages of better postoperative feeling and faster functional recovery of ankle joint, but has significantly increased risk of postoperative revision.

**Key words:** traumatic ankle arthritis, total ankle arthroplasty, ankle arthrodesis, meta-analysis

创伤性踝关节炎 (traumatic ankle arthritis, TAA) 的发病机制主要与负重运动过度、负重不平衡导致关节面磨损程度不同和严重外伤有关, 临床表现为活动

严重受限、踝关节内外翻畸形、踝关节不稳及关节剧烈疼痛等, 对患者身心健康及生活质量有严重影响<sup>[1, 2]</sup>。传统的踝关节融合术 (ankle arthrodesis,

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.06

作者简介: 朱善成, 在读硕士, 研究方向: 骨与关节疾病的临床与实验研究, (电话)18855403934, (电子信箱)18855403934@163.com

\* 通信作者: 乔晓红, (电话)13037071926, (电子信箱)13037071926@163.com

AA) 需要切除受损区域的部分骨关节, 虽然距下关节在不同方向压力的代偿机制尚不明确, 但融合后踝关节的自适应代偿机制丧失, 生物力学结构发生变化, 这可能导致邻近关节发生退变, 导致整个下肢关节生物力线发生改变, 进而破坏更多的邻近关节, 使之下肢关节功能产生进一步的影响<sup>[3, 4]</sup>。踝关节融合技术是在完全丧失踝关节的活动度的前提下, 使踝关节获得稳定的融合结构, 以减轻疼痛并恢复部分下肢活动。近年来, 随着对人工关节置换技术研究的深入, 人工踝关节置换 (total ankle arthroplasty, TAA) 逐渐被应用于临床。踝关节置换术在缓解关节部位疼痛、恢复踝关节背伸与跖屈范围和步态恢复等方面取得了一定的临床效果, 但长期随访的患者影像学证据表明置入假体周围及内外踝关节呈普遍退行性改变<sup>[5]</sup>。这两种手术方法均无明确适应证, 各有优缺点, 选择何种术式效果最佳尚无定论, 因此应注意合理选择手术方法, 以期为患者带来更多的获益<sup>[6, 7]</sup>。本研究通过检索文献提取数据, 分析踝关节融合术与人工全踝关节置换术在创伤性踝关节炎治疗中的疗效, 为临床医师提供循证医学的证据, 为患者提供最优的治疗方案。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 研究类型: 回顾性队列研究或随机对照试验; (2) 研究对象: 经临床诊断为踝关节炎, 需行外科手术治疗的患者; (3) 干预措施: TAA组与AA组, 融合固定类型不限, 假体置入材料不限; (4) 观察指标: 手术时间、术中出血量、踝关节Kofoed评分、美国足踝骨科学会踝-后足功能评分(American Orthopedic Foot and Ankle Society score, AOFAS)、视觉模拟评分(visual analog scale, VAS)、术后并发症、术后翻修次数、术后跛行情况。

排除标准: (1) 非临床回顾性队列研究、随机对照试验或基础性研究; (2) 非中英文文献; (3) 会议报告、病例报告、综述或存在设计缺陷; (4) 统计学方法错误且无法修正; (5) 文献质量较差或原始数据记录不完全、无数据可提取。

### 1.2 文献检索

通过检索PubMed、Cochrane Library、Embase、维普、中国知网和万方数据库, 自建数据库至2022年10月, 国内外人工踝关节置换术与融合术治疗创伤性踝关节炎相关性的中、英文文献病例对照研究,

并追溯引文及引用文献进行全面的文献检索。英文检索词包括: traumatic ankle arthritis, ankle joint, total ankle arthroplasty, artificial ankle joint replacement, ankle arthrodesis, ankle joint fusion, curative effect, security, retrospective cohort study, randomized controlled trial, case-control test, clinical trials, clinical trial。中文检索词: 创伤性踝关节炎、踝关节、踝关节置换、人工踝关节置换、关节融合、踝关节融合; 回顾性队列研究、随机对照试验、病例对照试验、临床试验、临床实验。

### 1.3 数据提取与质量评估

严格按照文献纳入和排除标准, 由2名研究员独立提取资料并交叉核对, 提取资料包括发表文献的作者, 发表日期, 研究对象的基本情况、样本量、研究类型、结局指标。若遇争议, 则由第3位研究者参与交流讨论并达成最终决定。采用Cochrane偏倚风险工具, 逐一评估最终筛选出文献的质量。

### 1.4 统计学方法

采用RevMan5.3软件进行分析。计量资料采用均数差(mean difference, MD)为效应指标, 二分类指标资料均以比值比(odds ratio, OR)作为效应指标, 结果则用95%置信区间(confidence interval, CI)来表示, 在每个结局指标分析中使用 $I^2$ 来评估异质性, 若 $I^2 \leq 50\%$ 、 $P \geq 0.05$ 为各研究间无统计学异质性, 则采用固定效应模型进行荟萃分析; 若 $I^2 > 50\%$ 或 $P < 0.05$ 为各研究间存在统计学异质性, 则采用随机效应模型进行荟萃分析, 并且针对 $I^2 > 50\%$ 的分析结果, 通过敏感性分析来确定异质性来源, 采用漏斗图定性评估分析过程中的发表偏倚并探究可能导致异质性偏高的原因。在所有分析中,  $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 文献检索结果

初检共获得相关文献共计1280篇, 经逐层筛选, 最终共纳入8项<sup>[8-15]</sup>研究, 其中中文文献4篇, 英文文献4篇, 随机对照实验(randomized controlled trial, RCT)和回顾性队列研究(retrospective cohort study, RCS)文章各4篇, 共计481例病例, 其中TAA组患者253例, AA组患者228例, 文献筛选流程及结果见图1。对文献质量评价, 总体分析, 纳入文献的偏倚风险较小, 将评价文献纳入研究。纳入文献的基本特征见表1。

表 1 纳入文献的基本特征

纳入文献	年份	研究类型	样本量		性别 (男/女)		年龄		结局指标
			TAA	AA	TAA	AA	TAA	AA	
Schuh R <sup>[8]</sup>	2012	RCT	20	21	8/12	11/10	56.2±10.5	63.8±11.1	④
Braito M <sup>[9]</sup>	2014	RCS	48	16	-	-	-	-	④⑤
Dalat F <sup>[10]</sup>	2014	RCS	32	22	13/19	7/15	51.4±9.8	50.1±13.1	④
汪军 <sup>[11]</sup>	2016	RCS	18	24	11/7	15/9	61.9±3.4	62.3±3.6	①②③④⑤⑥⑦⑧
周伟 <sup>[12]</sup>	2016	RCT	45	45	28/17	29/16	43.8±12.3	44.2±10.1	④⑤
许骏 <sup>[13]</sup>	2018	RCT	26	38	16/10	22/16	49.4±8.2	50.3±8.0	①②③④⑥⑦⑧
陈韬 <sup>[14]</sup>	2018	RCS	35	35	20/15	22/13	63.5±7.2	65.1±8.6	①②④⑤⑥
Wąsik J <sup>[15]</sup>	2019	RCT	29	27	27/2	18/9	51	51	③④⑥⑦

注：①手术时间；②术中出血量；③Kofeed 评分；④AOFAS 评分；⑤VAS 评分；⑥并发症；⑦翻修率；⑧轻度跛行率。“-”代表文献中未提及。

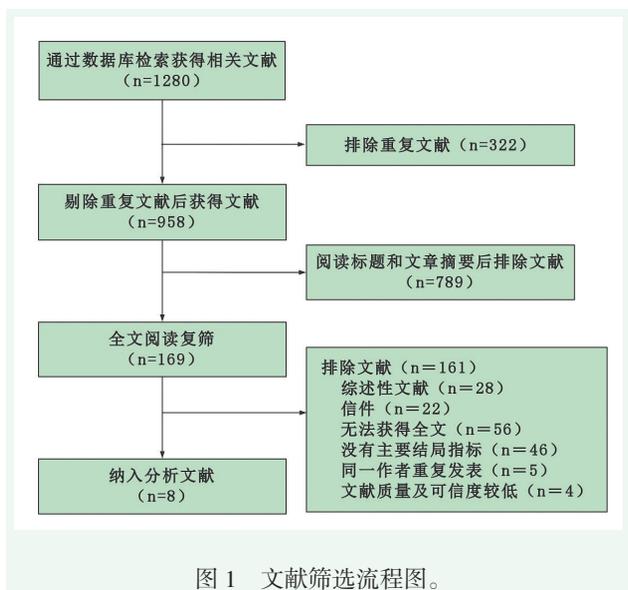


图 1 文献筛选流程图。

## 2.2 荟萃分析结果

### 2.2.1 手术时间

本研究纳入文献中有 3 篇文献<sup>[11, 13, 14]</sup>，报道了 176 例创伤性踝关节炎患者，通过对两组术式手术时间进行比较。异质性结果显示： $x^2=205.80$ ， $df=2$  ( $P<0.01$ )； $I^2=99%$ ，因  $I^2>50%$ ，故采用随机效应模型。结果显示， $MD=-51.88$ ， $95\%CI$  (-98.18, -5.58)， $P=0.03$ ，表明 TAA 组手术时间显著低于 AA 组。

### 2.2.2 术中出血量

本研究纳入文献中有 3 篇文献<sup>[11, 13, 14]</sup>，报道了 176 例创伤性踝关节炎患者，通过对两组术式手术出血量进行比较。异质性结果显示： $x^2=153.72$ ， $df=2$  ( $P<0.01$ )； $I^2=99%$ ，因  $I^2>50%$ ，故采用随机效应模型。结果显示， $MD=49.21$ ， $95\%CI$  (-9.04, 107.46)， $P=0.1$ ，表明两组术中失血量差异无统计学意义。

### 2.2.3 Kofeed 评分

本研究纳入文献中有 3 篇文献<sup>[11, 13, 15]</sup>，报道了 162 例创伤性踝关节炎患者，分别对两组术式 Kofeed 评分进行比较，异质性结果显示： $x^2=0.41$ ， $df=2$  ( $P=0.81$ )； $I^2=0%$ ，因  $I^2=0$ ，故采用固定效应模型。结果显示， $MD=6.60$ ， $95\%CI$  (3.72, 9.47)， $P<0.01$ ，表明 TAA 组 Kofeed 评分显著高于 AA 组。

### 2.2.4 AOFAS 评分

本研究纳入文献中有 8 篇文献<sup>[8-15]</sup>，报道 481 例创伤性踝关节炎患者，分别对两组术式 AOFAS 评分进行比较，异质性结果显示： $x^2=38.01$ ， $df=7$  ( $P<0.01$ )； $I^2=82%$ ，因  $I^2>50%$ ，故采用随机效应模型。结果显示， $MD=3.47$ ， $95\%CI$  (-2.90, 9.84)， $P=0.29$ ，两组 AOFAS 评分的差异无统计学意义。

### 2.2.5 VAS 评分

本研究纳入文献中有 4 篇文献<sup>[9, 11, 12, 14]</sup>，报道了 266 例创伤性踝关节炎患者，分别对两组术式 VAS 评分进行比较，异质性结果显示： $x^2=32.84$ ， $df=3$  ( $P<0.01$ )； $I^2=91%$ ，因  $I^2>50%$ ，故采用随机效应模型。结果显示， $MD=-0.90$ ， $95\%CI$  (-1.95, 0.15)， $P=0.09$ ，两组 VAS 评分的差异无统计学意义。

### 2.2.6 术后并发症

本研究纳入文献中有 4 篇文献<sup>[11, 13-15]</sup>，报道了 232 例创伤性踝关节炎患者，分别对两组术式的术后并发症进行比较，异质性结果显示： $x^2=11.37$ ， $df=2$  ( $P<0.01$ )； $I^2=82%$ ，因  $I^2>50%$ ，故采用随机效应模型。结果显示， $MD=3.77$ ， $95\%CI$  (0.42, 33.93)， $P=0.24$ ，两组术后并发症的差异无统计学意义。

### 2.2.7 术后翻修率

本研究纳入文献中有 3 篇文献<sup>[11, 13, 15]</sup>，报道了

162例创伤性踝关节炎患者，分别对两组术式术后翻修次数进行比较，异质性结果显示： $\chi^2=1.36$ ， $df=2$  ( $P=0.51$ )； $I^2=0\%$ ，因 $I^2=0$ ，故采用固定效应模型。结果显示， $MD=2.73$ ，95%  $CI$  (1.05, 7.14)， $P=0.04$ ，表明TAA组术后翻修次数显著高于AA组。

### 2.2.8 术后跛行情况

本研究纳入文献中有2篇文献<sup>[11, 13]</sup>，报道了95例创伤性踝关节炎患者，分别对两组术式术后跛行情况进行比较，异质性结果显示： $\chi^2=0.36$ ， $df=1$  ( $P=0.55$ )； $I^2=0\%$ ，因 $I^2=0$ ，故采用固定效应模型。结果显示， $MD=0.17$ ，95%  $CI$  (0.05~0.55)， $P<0.01$ ，表明TAA组术后跛行情况显著低于AA组。

### 2.3 敏感性分析

荟萃分析结果显示，TAA组与AA组在手术时间、术中出血量、AOFAS评分、VAS评分和术后并发症方面存在较高异质性。在对手术时间和术后并发症异质性结果进行分析时，发现去除陈韬的文章后异质性显著降低。同样，分析AOFAS评分异质性结果中，删除周伟的文献后异质性消失。且在剔除陈韬和周伟的文献后，术后并发症和AOFAS评分的差异具有统计学意义，说明这2篇文献为该结局指标的异质性主要来源，通读文献，对比其组内文献，其异质性可能的来源是未剔除非创伤性导致或临床诊断有误的踝关节炎。表明本荟萃分析在术后并发症和AOFAS评分的结果稳定性差。其余结果通过改变合并模型和逐一排除文献结果并没有显著改变，提示分析结果稳定性较好。

### 2.4 发表偏倚分析

本研究以纳入的8篇文献<sup>[8-15]</sup>对2种术式的AOFAS评分差异为例，分析不同术式术后AOFAS评分的发表偏倚，漏斗图显示研究样本量尚可，研究大部分集中于“倒漏斗”的上部，且围绕图形轴的中心点呈近似伞状的对称分布，提示存在发表偏倚不明显。

## 3 讨论

在过去的几十年中，AA一直被认为是手术治疗中晚期踝关节炎的金标准，随着关节假体材料更新迭代，TAA逐渐呈现出与AA相同的治疗效果，并且保留了部分踝关节的活动性，故何种术式能为患者带来更多获益临床相关研究尚有争议<sup>[16-19]</sup>。AA需要使用外固定或内固定的方式将踝关节骨性融合，术后患者步态和后足功能会出现明显影响，TAA在该方面存在明显优势并且逐渐可能成为一种挽救性替代手术方

式<sup>[20, 21]</sup>。虽然AA在术后跛行及踝关节活动性上有明确性的影响，但有研究表明两种手术方式在术后对患者低强度活动和功能结果没有明显差异<sup>[22]</sup>。因为TAA在置换技术与假体材料上的更新，既往两种术式的对比治疗效果缺乏代表性，所以需要更新的研究证实其临床疗效。

本荟萃分析结果显示TAA组在手术时间、Koford评分较高和术后跛行情况均优于AA组，AA组在术后翻修率上明显低于TAA组，且这些结局指标的差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )，表明TAA组能够保留踝关节活动能力，并能最大程度地避免跛行步态的发生，提高踝关节功能及生活质量。既往有临床研究结合患者自身条件将其自然分组使用TAA和AA治疗，结果表明TAA组的再手术率和主要并发症明显更高，这与临床医师的外科技术及所使用假体类型相关<sup>[23, 24]</sup>。并且，有学者认为TAA在恢复踝关节活动范围、改善术后步态方面和患者满意度方面有明确疗效，同时强调其临床效果与假体设计理念、早期稳定和更好的假体位置密切相关<sup>[5, 25]</sup>。这与本研究所得结果一致，随着关节假体及置换技术发展，本荟萃分析纳入了相关最新的高质量文献，更具有说服力。同时，两组数据在AOFAS评分、VAS评分、术后并发症和术中出血量的差异无统计学意义。这可能与所纳入文献数量较少和部分结局指标受患者主观判断影响等多方面因素相关，并且在术后并发症与AOFAS评分上本荟萃分析结果不稳定，在剔除异质性高的文献后，分析结果方向改变，这还需要未来更多相关高质量、多中心文献的研究加以证实。

本研究不足之处：(1)检索文献类型的语种局限于中文和英文；(2)纳入文献数量不足，质量相对不高，随机分配方法欠详细，分配隐藏方案欠完善；(3)个别纳入文献样本量较小，包含的结局指标较少；(4)部分文献因其临床异质性较高，导致分析结果稳定性差。

综上所述，TAA手术所需时间短，术后在踝关节活动范围和对患者步态影响均明显优于AA，但是其带来的高术后翻修率仍然值得临床医师注意，这无疑会增加患者的身体和经济负担。同时，AA可以在较少的手术损伤下提供患踝的稳定，但这是以损失踝关节活动度为代价获得的。这就需要临床医师了解不同术式的临床结局结合患者自身条件及对踝关节运动的要求选择合适手术方式。本研究纳入样本量较小，结果仍需更多中心、高质量的临床研究加以佐证。

### 参考文献

- [1] Li J, Wang W, Yang H, et al. Management of elderly traumatic ankle arthritis with ilizarov external fixation [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14 (10) : 2447-2454.
- [2] Alzahrani A, Alshehri A, Alsheikh K, et al. Simultaneous surgical management of acute tibial shaft fracture and post-traumatic ankle arthritis [J]. *Cureus*, 2022, 14 (12) : e33025.
- [3] Seo SG, Kim EJ, Lee DJ, et al. Comparison of multisegmental foot and ankle motion between total ankle replacement and ankle arthrodesis in adults [J]. *Foot Ankle Int*, 2017, 38 (9) : 1035-1044.
- [4] Hu M, Xu X, Mei J. Ankle joint pressure change before and after subtalar joint arthrodesis in varus and valgus malalignment of the tibia [J]. *J Orthop Surg*, 2022, 30 (1) : 10225536221098478.
- [5] 毛宾尧, 王磊, 李新春, 等. 人工踝关节置换 74 例并发症防范 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20 (22) : 2019-2022.
- [6] Lee WC. Alternatives to ankle joint replacement [J]. *Foot Ankle Clin*, 2022, 27 (1) : xvii-xviii.
- [7] Younger AS, MacLean S, Daniels TR, et al. Initial hospital-related cost comparison of total ankle replacement and ankle fusion with hip and knee joint replacement [J]. *Foot Ankle Int*, 2015, 36 (3) : 253-257.
- [8] Schuh R, Hofstaetter J, Krismer M, et al. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis. Comparison of sports, recreational activities and functional outcome [J]. *Int Orthop*, 2012, 36 (6) : 1207-14.
- [9] Braito M, Dammerer D, Kaufmann G, et al. Are our expectations bigger than the results we achieve? A comparative study analysing potential advantages of ankle arthroplasty over arthrodesis [J]. *Int Orthop*, 2014, 38 (8) : 1647-53.
- [10] Dalat F, Trouillet F, Fessy MH, et al. Comparison of quality of life following total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis: retrospective study of 54 cases [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2014, 100 (7) : 761-766.
- [11] 汪军, 陈路. 关节镜下踝关节融合术与人工全踝关节置换术治疗踝骨关节炎的随访研究 [J]. *西部医学*, 2016, 28 (8) : 1125-1129.
- [12] 周伟, 黄松, 陈敬有, 等. 人工全踝关节置换与传统的踝关节融合术治疗踝关节骨关节炎的临床效果对比 [J]. *检验医学与临床*, 2016, 13 (15) : 2139-2140, 2143.
- [13] 许骏, 谢林. 人工全踝关节置换与踝关节融合治疗创伤性踝关节炎: 疗效和安全性比较 [J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22 (3) : 368-373.
- [14] 陈滔, 黄慧. 全踝关节置换术与踝关节融合术治疗踝关节骨性关节炎的疗效比较 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33 (4) : 434-435.
- [15] Wąsik J, Stołtny T, Pasek J, et al. Effect of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis for ankle osteoarthritis: a comparative study [J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 6797-6804.
- [16] 张涛, 庞桂根, 马宝通, 等. 踝关节融合的治疗进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20 (18) : 1681-1683.
- [17] Lawton CD, Butler BA, Dekker RG 2<sup>nd</sup>, et al. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis—a comparison of outcomes over the last decade [J]. *J Orthop Surg Res*, 2017, 12 (1) : 76.
- [18] Norvell DC, Ledoux WR, Shofer JB, et al. Effectiveness and safety of ankle arthrodesis versus arthroplasty: a prospective multicenter study [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101 (16) : 1485-1494.
- [19] Jordan RW, Chahal GS, Chapman A. Is end-stage ankle arthrosis best managed with total ankle replacement or arthrodesis? A systematic review [J]. *Adv Orthop*, 2014, 2014: 986285.
- [20] Thomas R, Daniels TR, Parker K. Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2006, 88 (3) : 526-35.
- [21] SooHoo NF, Zingmond DS, Ko CY. Comparison of reoperation rates following ankle arthrodesis and total ankle arthroplasty [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89 (10) : 2143-2149.
- [22] 赵有光, 俞光荣. 比较全踝关节置换术与踝关节融合术对患者体育运动休闲活动和功能结果的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20 (16) : 1483.
- [23] Latham WC, Lau JT. Total ankle arthroplasty: an overview of the canadian experience [J]. *Foot Ankle Clin*, 2016, 21 (2) : 267-281.
- [24] Daniels TR, Younger AS, Penner M, et al. Intermediate-term results of total ankle replacement and ankle arthrodesis: a COFAS multicenter study [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96 (2) : 135-42.
- [25] Singer S, Klejman S, Pinsker E, et al. Ankle arthroplasty and ankle arthrodesis: gait analysis compared with normal controls [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95 (24) : e191 (1-10).

(收稿:2023-03-28 修回:2023-04-07)  
(同行评议专家: 常宝国 郭秀生)  
(本文编辑: 宁 桦)