

[文章编号] 1671-587X(2025)01-0266-09

DOI:10.13481/j.1671-587X.20250132

## 中晚期踝关节炎治疗方案选择原则及治疗方法的研究进展

刘恒宇<sup>1</sup>, 阮耀宽<sup>1</sup>, 姜振德<sup>1</sup>, 张汉阳<sup>1</sup>, 牛宇璇<sup>2</sup>, 李璞<sup>2</sup>, 梅南<sup>3</sup>, 常非<sup>1</sup>

(1. 吉林大学第二医院足踝外科, 吉林 长春 130041; 2. 吉林体育学院运动与健康技术学院, 吉林 长春 130022; 3. 奈良医科大学矫形外科, 日本 奈良 634-8522)

**[摘要]** 中晚期踝关节炎是一种在临床上极为常见的慢性退行性疾病, 其特征为明显的软骨退化和软骨下骨硬化, 同时伴随关节周围骨赘的生成, 常导致关节畸形。这一病症导致患者在行走时出现剧烈疼痛, 活动受到严重限制, 影响其生活质量。近年来, 随着医疗水平的不断提升, 针对中晚期踝关节炎的治疗方法呈现出多样化的发展趋势。非手术治疗方法主要包括限制活动、矫形支具、口服非甾体抗炎药 (NSAIDs) 以及胫距关节腔内注射; 手术治疗方法主要包括关节牵张成形术、关节周围截骨术、全踝关节置换术以及踝关节融合术; 组织工程治疗作为一种新兴的方法, 也备受关注。本文系统地综述中晚期踝关节炎的传统治疗、非手术治疗、手术治疗和组织工程治疗等多种治疗方案的选择原则及研究进展。通过深入分析各治疗方法的基本原理和优劣势, 结合最新研究成果在临床的应用效果, 构建科学完整的临床决策参考体系, 为医生和患者提供更清晰全面的治疗选择, 从而有效提高治疗效果并改善患者的生活质量。

**[关键词]** 中晚期踝关节炎; 非手术治疗; 手术治疗; 组织工程治疗; 踝关节融合术; 临床决策

**[中图分类号]** R684.3 **[文献标志码]** A

## Research progress in selection principles and treatment methods for mid-to-late stage ankle arthritis

LIU Hengyu<sup>1</sup>, RUAN Yaokuan<sup>1</sup>, JIANG Zhende<sup>1</sup>, ZHANG Hanyang<sup>1</sup>, NIU Yuxuan<sup>2</sup>, LI Pu<sup>2</sup>,  
MEI Nan<sup>3</sup>, CHANG Fei<sup>1</sup>

(1. Department of Foot and Ankle Surgery, Second Hospital, Jilin University, Changchun 130041, China;  
2. School of Sports and Health Technology Institute, Jilin Sport University, Changchun 130022, China;  
3. Department of Orthopedics, Nara Medical University, Nara 634-8522, Japan)

**ABSTRACT** Mid-to-late stage ankle arthritis is a chronic degenerative disease that is extremely common in clinical practice. It is characterized by significant cartilage degeneration and subchondral bone sclerosis, accompanied by the formation of osteophytes around the joint, often leading to joint deformity. This condition causes severe pain in the patients during walking, severely restricts their activities, and affects their qualities of life. In recent years, with the continuous improvement of medical standards, the treatment methods for mid-to-late stage ankle arthritis have shown a diversified development trend. Non-surgical treatments primarily include activity restriction, orthotic devices, oral non-steroidal anti-inflammatory drugs

[收稿日期] 2023-12-07 [录用日期] 2024-01-15

[基金项目] 科技部国家重点研发计划项目 (2022YFE0107700)

[作者简介] 刘恒宇 (1997-), 男, 吉林省长春市人, 在读博士研究生, 主要从事足踝外科基础和临床方面的研究。

[通信作者] 常非, 主任医师, 教授, 博士研究生导师 (E-mail: changfei@jlu.edu.cn)

©《吉林大学学报 (医学版)》编辑部, 开放获取遵循 CC BY-NC-ND 协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University (Medicine Edition). Open access under CC BY-NC-ND license.

(NSAIDs), and intra-articular injections of the talocrural joint. The surgical treatments primarily include joint distraction arthroplasty, periacetabular osteotomy, total ankle arthroplasty, and ankle arthrodesis. Tissue engineering therapy, as an emerging method, has also received considerable attention. This article systematically reviewed the selection principles and research progress of various treatment options for mid-to-late stage ankle arthritis, including traditional treatments, non-surgical treatments, surgical treatments, and tissue engineering treatments. By deeply analyzing the basic principles and advantages and disadvantages of each treatment method, and combining the latest research findings on clinical outcomes, a scientific and comprehensive clinical decision-making reference system was constructed to provide clearer and more comprehensive treatment choices for both doctors and patients, thereby effectively improving treatment outcomes and enhancing the quality of life for the patients.

**KEYWORDS** Mid-to-late stage ankle arthritis; Non-surgical treatment; Surgical treatment; Tissue engineering therapy; Ankle arthrodesis; Clinical decision-making

踝关节炎是一种多因素引发的疾病, 包括创伤、炎症、感染性疾病和代谢性异常, 其共同特征是踝关节面损伤。原发性踝关节炎最初表现为踝关节表面透明软骨的破坏或缺损, 机体通过 I 型胶原修复, 形成纤维组织, 但纤维组织抗压强度较低, 其随时间磨损加剧, 损伤扩大至软骨下骨, 导致踝关节炎。踝关节是人体负荷最大的关节之一<sup>[1]</sup>, 其表面软骨厚度一般小于 2 mm。研究<sup>[2-3]</sup>表明: 原发性踝关节炎占全部踝关节炎病例的 7%~9%, 而继发性踝关节炎占 12%~13%。创伤性踝关节炎是其主要类型, 占疾病的 75%~80%, 其中 62% 是由踝关节骨折引起的。骨折后的正确复位可明显降低创伤性踝关节炎发生风险<sup>[4]</sup>。在踝关节炎的病因中, 慢性韧带不稳定性占 16%, 常见于扭伤或运动损伤后, 持续的力学异常增加关节面应力负荷, 导致软骨发生退行性改变, 最终引发踝关节炎。中晚期踝关节炎的非手术治疗效果有限, 通常采用手术治疗。手术中, 踝关节融合术是中晚期踝关节炎治疗的金标准。GRUNFELD 等<sup>[5]</sup>研究显示: 对于晚期踝关节炎, 传统手术选择常倾向于关节融合, 全踝关节置换在功能效果方面可能具有同等甚至更优的表现。本文系统总结中晚期踝关节炎的非手术治疗及手术治疗策略, 阐述了基于组织工程的骨软骨修复支架技术, 通过分析现有治疗方法的研究进展, 可为临床医师的治疗决策提供循证依据。

## 1 踝关节炎的概述

中晚期踝关节炎的基础影像学检查以负重位 X 线平片为主<sup>[6]</sup>。根据踝关节的 X 线改变, TANAKA 等<sup>[7]</sup>将其分为 4 期, I 期: 关节间隙基

本正常, 早期软骨下骨硬化及骨赘形成; II 期: 内侧关节间隙出现狭窄; III 期: 内侧关节间隙消失, 软骨下骨接触; IV 期, 全关节间隙消失, 踝关节完全骨性接触。研究者又将 III 期分为 III a 期和 III b 期, III a 期为内侧关节间隙消失、软骨下骨直接接触, III b 期为软骨下骨接触从内侧延伸至距骨穹窿顶。患者应在负重位上进行踝关节 X 线的拍摄, 才能更直观地观察踝关节的狭窄程度及是否存在畸形, 可为临床医师的诊疗决策提供客观依据。

但 X 线检查很难识别早期的踝关节炎, 需借助电子计算机断层扫描 (computed tomography, CT)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 以及发射型 CT (emission CT, ECT) 进行诊断。负重 CT 能够在三维层面上直观显示生理负重状态下的关节畸形及结构改变, 提高诊断准确性, 而 MRI 则在早期病变中具有独特优势, 可识别软骨损伤的位置、范围及数量<sup>[8]</sup>, 此类影像学特征对早期踝关节炎的临床诊断具有重要价值。ECT 对于骨组织的评估更为灵敏, MRI 对于软组织的评估更为精细。对于感染性炎症的诊断, ECT 可以检测到骨髓炎和骨脓肿等骨骼结构的改变, 显示病灶的广泛性和程度, 确定感染的范围及严重程度; MRI 在绒毛结节性滑膜炎等滑膜病变的诊断中具有显著优势。MRI 可提供更详细的软组织图像, 确定滑膜的病变及其与周围结构的关系, 可以检测到关节腔内的滑膜增厚、积液以及其他结构的改变, 有助于进行准确地诊断和评估。

## 2 非手术治疗

非手术治疗包括限制踝关节活动、佩戴矫形支具、口服非甾体抗炎药 (nonsteroidal anti-inflammatory

drugs, NSAIDs) 以及胫距关节腔内注射皮质类固醇等。相较于手术治疗, 非手术治疗的风险更低, 但对于晚期踝关节炎患者, 由于其会导致踝关节发生结构改变以及不可逆转的实质性损伤等, 单纯保守治疗难以获得理想效果。

**2.1 限制活动** 限制踝关节的活动量可以减轻踝关节炎的进展, 但是由于多数中晚期踝关节炎患者的关节结构已经发生改变, 通过限制活动的治疗效果不佳。

**2.2 佩戴矫形支具** 对于早期踝关节炎和踝关节存在畸形的患者使用矫形靴或护踝等支具会有一定的临床效果, 但是对于已经发生关节结构改变的中晚期踝关节炎患者, 其临床效果不理想<sup>[9]</sup>。

**2.3 口服 NSAIDs** NSAIDs是治疗踝关节炎的常用药物, NSAIDs通过抑制体内的炎症反应和疼痛信号传导发挥作用。其可通过抑制环氧化酶(cyclooxygenase, COX)活性减少体内的炎症介质合成。上述药物对中度疼痛和炎症反应非常有效。NSAIDs常用于缓解头痛、关节炎、肌肉痛、牙痛、月经痛以及其他短期急性疼痛等, 可减轻炎症和疼痛, 缓解肿胀并延缓疾病进展。应用NSAIDs治疗骨关节炎的不良反应包括: 胃肠道出血、胃肠道溃疡以及高血压风险等<sup>[5]</sup>。COX-2抑制剂广泛应用前, 不良反应的发生导致了NSAIDs的应用受限。因此, 临床医生在使用NSAIDs治疗踝关节炎时, 仍需重点关注药物的并发症。

**2.4 胫距关节腔内注射** 在口服NSAIDs不能取得理想临床效果时, 胫距关节腔内注射皮质类固醇激素是通过非手术缓解疼痛的有效方法, 由于其具备良好的临床效果且流程简单, 该方法仍然是非手术治疗踝关节炎的最终选择<sup>[5]</sup>。

研究<sup>[5]</sup>表明: 在踝关节炎患者关节腔内注射透明质酸(hyaluronic acid, HA)已取得良好效果, 临床上应用HA可以有效减少止痛药的使用量, 通过6个月的随访, 所有患者的美国足踝外科协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)评分均有所改善。研究<sup>[10]</sup>表明: 关节腔内注射富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)效果优于HA, 并且注射PRP的远期效果更佳。而关节腔内注射人脐带来源的间充质干细胞(mesenchymal stem cells, MSCs)可在注射后1个月起效, 效果可持续长达6个月<sup>[11]</sup>。研究者<sup>[12]</sup>使用脂肪组织来源的MSCs进行关节腔内注射, 2年

的随访结果显示使用MSCs是一种安全且有效的治疗方法。

虽然胫距关节腔内注射NSAIDs的临床效果明确, 但临床医生仍需警惕感染、关节软骨损伤和注射部位皮肤反应等并发症, 其对踝关节炎进展的影响及是否会掩盖或加重病情仍有待于进一步研究。因此, 临床医师是否使用该治疗方法还需要根据患者自身情况、患者对生活质量和所期望的临床效果确定。

### 3 手术治疗

手术治疗主要适用于非手术治疗未取得良好临床效果的晚期踝关节炎患者, 手术治疗前要充分与患者及其家属沟通, 并告知手术可能的风险、并发症及术后踝关节活动情况等。手术的目的为缓解疼痛并改善患者生活质量, 具体术式需根据患者术前查体、病史以及影像学检查确定。

**3.1 关节镜下关节清创联合微骨折术** 关节镜下关节清创联合微骨折术主要适用于早期的轻微踝关节炎患者, 晚期踝关节炎患者不适用<sup>[13]</sup>。微骨折术是一种治疗关节软骨损伤的外科手术, 通过在关节表面制造微小骨折, 刺激血液和骨髓干细胞流入受损区域以促进新的软骨生长。该方法对于存在前撞击(包括骨骼和软组织)症状的患者具有良好的临床效果, 可显著缓解疼痛并提升患者的生活质量。该手术可有效切除关节内游离体<sup>[14]</sup>。关节镜技术能直观地观察踝关节腔内软骨情况, 有助于医生的诊断及治疗, 对延缓踝关节炎进展和推迟踝关节手术具有重要意义, 但该技术主要适用于骨软骨病变面积小于 $1.5\text{ cm}^2$ 的患者<sup>[13-15]</sup>。

近年来, 随着组织工程领域的快速发展, 微骨折术联合胶原蛋白支架作为一种软骨损伤治疗的新方法已在临床上取得满意效果<sup>[16]</sup>。胶原蛋白支架是一种支持和保护软骨修复的生物材料, 包括膜、海绵和纤维等形式, 具有生物可降解性和生物相容性。胶原蛋白支架通常是由胶原蛋白等生物材料制成的支架或基质, 可被植入到微骨折后的受损区域, 这种支架的设计和应用旨在模仿天然组织的结构及特性, 以促进受损组织的再生和恢复。

**3.2 关节牵张成形术** 1995年, VAN VALBURG等<sup>[17]</sup>首先将关节牵张成形术应用到踝关节炎的治疗中。该手术通过固定胫骨下端和距骨上段卸载异常的关节应力, 旨在促进关节腔内关节液的流动, 为关节软骨的修复提供可能。一般认为, 牵引时间至少需

持续3个月, 以确保软骨有足够的恢复时间, 但循证医学缺乏足够的证据支持这一观点。

研究者在兔膝关节行关节牵张后, 采用自体骨髓单个核细胞移植治疗大范围全层关节软骨缺损<sup>[18-19]</sup>, 结果显示: 针对胫骨平台软骨和软骨下骨进行全层切除并卸载异常关节应力后, 仍可在一定程度上促进关节软骨的修复。针对重度踝关节炎患者使用关节牵张成形术治疗, 13个月的随访观察结果显示: 患者的视觉模拟评分量表 (visual analogue scale, VAS) 评分、AOFAS评分、疼痛灾难化量表 (pain catastrophizing scale, PCS) 评分和踝关节活动度 (ankle activity score, AAS) 评分均显著改善, 表明手术取得了良好的临床效果<sup>[20]</sup>。

关节牵张成形术主要适用于踝关节力线正常、无明显畸形但X线显示踝关节间隙明显狭窄的患者。禁忌证包括踝关节存在畸形或力线不正 (可以考虑联合踝上截骨术进行矫正) 和活动性感染等情况。该手术的潜在并发症相对较少, 可能包括术后感染、关节僵硬和活动受限以及在手术过程中可能出现的神经和血管损伤<sup>[4]</sup>。

**3.3 关节周围截骨术** 目前, 关节周围截骨术作为一种被广泛应用的保留踝关节的手术方法, 通过改变力线改善踝关节炎所引起的疼痛和患者生活质量的下降。约70%的创伤性踝关节炎患者存在下肢力线的改变<sup>[21]</sup>, 因此关节周围截骨术被广泛应用于原发性踝关节炎患者, 其目的是为了矫正力线改变所造成的不良影响。关节周围截骨术的代表术式是踝上截骨术 (supramalleolar osteotomy, SMOT), 该技术于1995年由TANAKA等<sup>[22]</sup>首次系统报道。该手术的基本原理是调整下肢力线, 将力量承受点由关节严重受损的区域转移至轻度受损的区域, 对早期和中期踝关节炎的疗效显著。在内翻畸形病例中广泛采用踝内侧入路楔形截骨术进行治疗, 同时也有少数临床医生使用外侧闭合楔形接骨术, 为关节炎早期和中期阶段提供了一种有效的治疗方法<sup>[23]</sup>。对于外翻畸形患者, 最常见的矫形方法为内侧闭合楔形截骨术联合腓骨截骨术, 该手术对于畸形愈合的踝关节骨折具有显著的临床效果。根据胫骨关节面 (tibial articular surface, TAS) 角和距骨倾斜 (talar tilt, TT) 角确定采用踝上截骨或踝下截骨。对于伴有畸形踝关节炎患者, 可通过胫骨远端内侧截骨术进行解剖结构重建, 有效延缓关节炎的进展。KIM等<sup>[24]</sup>在对

29例 (31足) II和III a期踝关节炎患者使用踝关节周围截骨术联合骨髓刺激术的研究结果显示: 在术后 (13.2个月±1.4个月) 二次关节镜检查中发现VAS评分和AOFAS评分均有所改善, 但在末次随访 (27.4个月±2.4个月) 时, 2项评分均较二次关节镜检查时降低, 但较术前仍显著提高。

LIANG等<sup>[25]</sup>回顾性分析了82例晚期踝关节炎患者的SMOT手术效果, 平均随访时间为50.2个月, 结果显示: SMOT治疗内翻性踝关节炎中远期疗效肯定, 可以显著延迟牺牲踝关节手术的时间, 但对肥胖、后足内翻严重、距骨倾斜严重及TAKAKURA III b期患者应该谨慎, 需进行充分的术前评估。该研究中有6例患者在接受SMOT治疗后未能改善生活质量, 最终行踝关节融合术, 分析其原因可能由于该6例患者的术前分期均为TAKAKURA III b期, 表明晚期踝关节炎患者应慎重选择该术式, TANAKA等<sup>[22]</sup>认为TAKAKURA III b期患者行SMOT效果不佳, 更应行踝关节融合术或全踝关节置换术以达到理想的临床效果。SMOT存在一定的局限性, 术前需确保距关节接触表面有50%以上的健康软骨, 可以通过术前MRI或关节镜检查进行确认<sup>[21]</sup>。关节周围截骨术适用于踝关节骨折或踝关节炎导致的踝关节畸形以及力线不正。该手术的禁忌证包括感染、骨髓炎和循环功能障碍等, 并发症包括感染、血管或神经损伤、骨不融合、关节不稳定及关节僵硬、疼痛或不适<sup>[15]</sup>。

**3.4 骨软骨移植术** 同种自体或异体骨软骨移植术已有数十年的临床应用, 可有效改善踝关节炎引起的疼痛和关节活动受限<sup>[26]</sup>。NIKOLOPOULOS等<sup>[27]</sup>研究显示: 与关节镜下微骨折术比较, 骨软骨移植术更适用于关节面缺损面积大于2 cm<sup>2</sup>的踝关节炎患者。使用同种自体骨软骨移植术时需注意供区切取的面积, 过大的切取面积可能导致供区的损伤<sup>[28]</sup>。

MEEHAN等<sup>[29]</sup>的一项有11例 (随访时间为26~45个月, 平均随访时间33个月) 骨软骨移植术治疗踝关节炎的研究中结果显示: 11例患者中仅有6例患者移植成功。JENG等<sup>[30]</sup>研究显示: 在42例接受同种异体骨软骨移植术的患者中, 仅有9例移植成功, 并且年龄较大、体质指数 (body mass index, BMI) 较低和术前关节畸形程度轻微的患者术后效果更好。虽然同种异体骨软骨移植存

在疾病传播风险, 但通过完善的术前检查和预防措施可有效降低该风险的发生。同种异体骨软骨移植术的失败率高, 更适用于年龄小不宜行踝关节置换术、活动范围好、BMI低、X线透视正常和拒绝关节融合术的患者<sup>[31]</sup>。自体软骨细胞培养移植采集患者自身软骨组织, 提取并培养软骨细胞, 将培养的细胞悬浮于支架或基质中, 最后移植到受损软骨区域。IZUMI等<sup>[32]</sup>利用悬浮培养的肋软骨细胞保持软骨特异性表达, 结果显示: 患者在接受移植2周后可在关节软骨缺损处形成透明软骨组织。近年来也有少量双极同种异体移植, 该术式通过同种异体移植, 使用螺钉固定胫骨远端和距骨近端以代替原有的踝关节<sup>[33]</sup>。

若首次移植失败, 可根据具体情况选择踝关节融合术、全踝关节置换术或再行骨软骨移植术进行补救性手术治疗。目前尚缺乏大规模前瞻性研究明确骨软骨移植术的适应症, 因此不建议将其作为首选治疗方案。

**3.5 骨软骨支架植入术** 用于骨软骨修复的支架是一种用于骨骼和软骨组织修复的支架结构。这种支架为人工合成或天然材料构成的三维结构, 旨在提供支持和框架, 促进骨骼或软骨损伤部位的修复和再生。骨软骨支架的主要特点: ①生物相容性和生物降解性。理想的支架材料应具有良好的生物相容性, 且其降解速率应与新组织形成相匹配, 从而促进组织的生长和修复。②提供结构支持。支架提供受损部位所需的支持和稳定性, 有助于促进组织修复和再生。③可具备生物活性。一些支架设计中可包含生长因子或其他生物活性物质, 有助于促进细胞增殖和新组织的生成。④优化的结构设计。支架的结构设计旨在促进细胞附着、生长和新组织形成, 能够适应不同的组织修复需求。⑤创造有利于自然修复的环境。支架的作用是提供一个有利于损伤部位自然修复的环境, 促进损伤部位的新组织生长和再生。ALTSCHULER等<sup>[34]</sup>在一项多中心随机对照试验中使用阿拉戈石支架(aragonite-based scaffold, ABS)骨软骨植入物对关节表面损伤并发轻中度骨关节炎患者进行治疗, 结果显示: ABS组的膝关节损伤和骨关节炎结果评分(Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score, KOOS)、国际膝关节文献委员会评分(International Knee Documentation Committee score, IKDC)和MRI评估的结果均优于对照组, 表明该术式具有良好的

安全性和有效性。

骨软骨修复支架在骨骼和软骨组织修复中的优点: 提供结构支持、生物相容性和生物降解性, 以及可能具备生物活性和优化的结构设计。存在缺点和不足: 降解速度不确定、异物反应风险、结构稳定性差、有限的生物相容性、术后并发症风险、高成本和适应性有限。

**3.6 全踝关节置换术** 全踝关节置换术于20世纪70年代开始应用。早期置换术存在全踝关节假体功能不完善、术后踝关节灵活性不高和假体设计未能很好地符合踝关节的生物力学特征等问题, 导致全踝关节置换术的广泛应用受到一定限制。

第1代踝关节假体包含胫骨组件和距骨组件, 仅使用骨水泥进行固定; 第2代假体加入了聚乙烯衬垫组件, 使用骨水泥固定方式, 但增加了金属的或生物的多孔涂层; 第3代假体不再使用骨水泥进行固定, 而是使用含有羟基磷灰石的多孔涂层。目前, 国内使用的假体主要是以Inbone II全踝关节置换系统(total ankle replacement system, TARS)为代表的第3代踝关节假体及以Infinity为代表的第4代踝关节假体。Inbone II是在2010年由原Inbone假体改进而来, Inbone II为胫骨组件提供了更大的前后宽度, 距骨组件增加了2个前立柱和鞍形距骨滑车设计, 提高了稳定性, 并在2014年引入国内<sup>[35]</sup>。以Infinity为代表的第4代踝关节假体的主要优势在于胫关节截骨量少, 可尽可能地保留患者的骨质, 对原本的骨质破坏少, 假体寿命更长, 功能更好, 患者康复更快。近年来, 宽岳生物力学优化天然假体系统(biomechanical optimized natural endoprosthesis, b-ONE)在临床实践中得到应用。此外, 斯堪的纳维亚全踝关节置换系统(Scandinavian total ankle replacement, STAR)假体作为一种三轴活动衬垫设计的假体, 其技术演进值得关注, 自1989年起, STAR假体在与骨的接触面采用含羟基磷灰石的多孔涂层; 1999年, 其涂层技术进一步改进为磷酸钙和钛质喷雾的双层结构。

全踝关节置换术主要适用于老年患者, 假体松动和位置不正2种并发症最为常见, 占手术失败案例的50%<sup>[36]</sup>。而全踝关节置换术的禁忌证包括感染、距骨坏死、严重的胫距关节错位、夏科神经性关节炎(Charcot neuroarthropathy, CN)、软组织破损及严重的胫距关节松弛等<sup>[4]</sup>。

**3.7 踝关节融合术** 踝关节融合术主要目的在于确保术后足部的稳定, 明显减轻或消除疼痛, 并且避免复杂的植入物, 对于术后需要从事高强度体力劳动的患者尤为重要。目前的踝关节融合术常采用钢板、螺钉、髓内钉和外固定架来固定融合部位。术中确定踝关节的固定位置及对软组织的处理是手术成功的关键。目前共识的固定位置为中立位轻度背伸, 同时外翻 $5^{\circ}$ 、外旋 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 和轻度后移距骨5 mm。在手术过程中, 对软组织的处理方法包括在非必要情况下暂时放松牵引器及适当保护神经和血管, 术前应制定包括切口位置在内的详细手术方案。

目前踝关节融合术主要分为3种入路: 前方入路、外侧经腓骨入路和前内联合前外侧入路。其中前方入路的优点是经胫前肌腱鞘, 可以暴露整个踝关节, 但该术式对内、外踝暴露不足<sup>[4]</sup>; 外侧经腓骨入路的优点在于可以直接观察到踝关节的侧面解剖结构, 更直接接近踝关节病变区域, 有利于保障踝关节的稳定和骨融合的成功<sup>[4]</sup>; 前内联合前外侧入路的优点在于可以通过2个切口同时进行处理, 提供更全面的暴露, 在处理前方和外侧病变时提供更大的灵活性, 如有必要还可将切口延长至距下关节。然而前内联合前外侧入路除常见并发症外, 需要在2个位置进行切口, 可能导致周围结构(皮肤、软组织、神经和血管)损伤的风险增加。由于前内联合前外侧入路的切口通过与外踝相邻的区域, 可能会削弱外侧踝关节的结构稳定性, 从而增加外侧踝关节骨折的风险, 可通过关节镜技术进行踝关节融合, 需要注意的是术中要对包括内外踝软骨关节面软骨彻底刮除, 使区域形成骨痂有利于稳定踝关节。

2023年BESOR等<sup>[37]</sup>提出了一种新的手术方案, 将踝关节融合术与胫骨延长术相结合, 充分发挥2种术式的优势, 用于治疗患肢, 但其可重复性以及安全性需要大量临床实践进一步验证。

踝关节融合术的适应症包括晚期踝关节炎(按照TAKAKURA分级, 包括III b期和IV期)、创伤后踝关节炎、距骨缺血性坏死、先天性踝关节畸形以及全踝关节置换术失败等情况。踝关节融合术的相对禁忌证包括: 吸烟史和软组织条件不佳等情况<sup>[15]</sup>。其主要并发症包括术后感染、骨不融合、术后疼痛、关节僵硬、运动损失及邻近关节的退变。儿童关节内软骨丰富, 使得关节融合不易形成

骨性融合, 同时可能影响骨骺生长发育; 在肢体发育阶段及肌肉持续作用下, 融合的关节很可能再次发生变形, 因此该手术不适用于12岁以下儿童。

**3.8 3D打印全距骨置换术** 近年来3D打印技术发展迅速, 研究<sup>[38]</sup>显示: 通过3D打印光固化树脂模型, 精确评估膝关节损伤, 以便定制个体化治疗方案, 取得了较为理想的临床效果。全距骨置换术的研究探索在近年来逐渐受到关注<sup>[39]</sup>。胫骨、腓骨和距骨共同形成了一个环形结构, 维持踝关节的稳定性。其中距骨是连接足部和踝部的“中转站”, 能够引导并增强下肢在矢状面上的运动<sup>[40]</sup>。导致距骨坏死的原因包括距骨缺血性坏死、创伤及自身免疫性疾病等<sup>[41-44]</sup>。晚期踝关节炎并发距骨坏死可以使用该术式, 但要确保胫骨远端关节面良好。虽然胫距跟融合术可以直接解决患者的疼痛问题, 但仍存在诸多问题, 包括术后肢体长度不一致、运动范围严重降低、融合后愈合率低和术后相邻关节异常负荷等问题<sup>[45]</sup>。3D打印出的距骨可以较好地贴合距骨周围复杂的关节面, 改善后足的功能和踝关节的生物力学, 同时还可以平衡下肢的长度并维持下肢的稳定性。在设计距骨假体时, 健侧距骨的形态学参数可作为重要参考<sup>[46]</sup>。

LUO等<sup>[47]</sup>通过使用3D打印的距骨进行全距骨置换, 随访结果显示: 3例患者均取得了良好的临床效果。TRACEY等<sup>[48]</sup>采用3D打印全距骨置换术的14例患者中, 术后距骨高度和距骨倾斜度较为理想, 取得了良好的临床效果。目前, 3D打印全距骨置换术是可行且有效的, 但是目前临床上该手术实施较少, 可供参考的相关报道较少, 还需要大量的临床实践验证该手术的安全性及有效性。

#### 4 小结

目前, 针对中晚期踝关节的治疗方法较多, 包括非手术治疗, 如活动限制、矫形支具、口服NSAIDs和胫距关节注射等。然而, 与非手术治疗比较, 手术治疗目前更适用于中晚期踝关节炎患者。主要的手术治疗仍以踝关节融合术和全踝关节置换术为主<sup>[49]</sup>。相较于踝关节融合术, 全踝关节置换术具有一定优势, 如术后踝关节活动范围更广, 患者生活质量更高。全踝关节置换术术后相邻关节所受负荷较少, 降低了术后相邻关节受损伤的风险。因此, 临床医师在选择踝关节融合术或全踝关节置换术时, 应根据患者的治疗目标、术后期望和实际情况进行综合考量。

**利益冲突声明:**

所有作者声明不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**

刘恒宇参与论文撰写和论文修改, 阮耀宽、姜振德和张汉阳参与论文选题设计, 牛宇璇、李璞和梅南参与文献检索, 常非参与论文修改和论文审阅。

**[参考文献]**

- [1] 贾竹青, 郑浩, 高学建, 等. 足踝部组织缺损修复重建的研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31(4): 336-340.
- [2] NWANKWO E C Jr, LABARAN L A, ATHAS V, et al. Pathogenesis of posttraumatic osteoarthritis of the ankle[J]. Orthop Clin North Am, 2019, 50(4): 529-537.
- [3] HERRERA-PÉREZ M, GONZÁLEZ-MARTÍN D, VALLEJO-MÁRQUEZ M, et al. VALLEJO-MÁRQUEZ M, et al. Ankle osteoarthritis aetiology[J]. J Clin Med, 2021, 10(19): 4489
- [4] THOMAS R H, DANIELS T R. Ankle arthritis[J]. J Bone Joint Surg, 2003, 85(5): 923-936.
- [5] GRUNFELD R, AYDOGAN U, JULIANO P. Ankle arthritis: review of diagnosis and operative management[J]. Med Clin North Am, 2014, 98(2): 267-289.
- [6] VALDERRABANO V, HORISBERGER M, RUSSELL I, et al. Etiology of ankle osteoarthritis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467(7): 1800-1806.
- [7] TANAKA Y, TAKAKURA Y, HAYASHI K, et al. Low tibial osteotomy for varus-type osteoarthritis of the ankle[J]. J Bone Joint Surg Br, 2006, 88(7): 909-913.
- [8] SCHREINER M M, MLYNARIK V, ZBÝŇ Š, et al. New technology in imaging cartilage of the ankle[J]. Cartilage, 2017, 8(1): 31-41.
- [9] HSU C Y, WANG C S, LIN K W, et al. Biomechanical analysis of the flatfoot with different 3D-printed insoles on the lower extremities[J]. Bioengineering (Basel), 2022, 9(10): 563.
- [10] 袁涛, 席刚, 韩鹏飞, 等. 关节腔内注射PRP与HA治疗膝关节骨性关节炎的荟萃分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(3): 235-242.
- [11] 王亚莉, 金文孝, 刘海燕, 等. 关节腔注射人脐带MSCs治疗退行性膝骨性关节炎的疗效观察[J]. 中国修复重建外科杂志, 2016, 30(12): 1472-1477.
- [12] JO C H, CHAI J W, JEONG E C, et al. Intra-articular injection of mesenchymal stem cells for the treatment of osteoarthritis of the knee: a 2-year follow-up study[J]. 2017, 45(12): 2774-2783.
- [13] BLOCH B, SRINIVASAN S, MANGWANI J. Current concepts in the management of ankle osteoarthritis: A Systematic review[J]. J Foot Ankle Surg, 2015, 54(5): 932-939.
- [14] OSTI L, DEL BUONO A, MAFFULLI N. Arthroscopic debridement of the ankle for mild to moderate osteoarthritis: a midterm follow-up study in former professional soccer players[J]. J Orthop Surg Res, 2016, 11: 37.
- [15] HERRERA-PÉREZ M, VALDERRABANO V, GODOY-SANTOS A L, et al. Ankle osteoarthritis: comprehensive review and treatment algorithm proposal[J]. EFORT Open Rev, 2022, 7(7): 448-459.
- [16] CAO H, WANG X, CHEN M, et al. Childhood cartilage ECM enhances the chondrogenesis of endogenous cells and subchondral bone repair of the unidirectional collagen-dECM scaffolds in combination with microfracture[J]. ACS Appl Mater Interfaces, 2021, 13(48): 57043-57057.
- [17] VAN VALBURG A A, VAN ROERMUND P M, MARIJNISSEN A C, et al. Joint distraction in treatment of osteoarthritis: a two-year follow-up of the ankle[J]. Osteoarthritis Cartilage, 1999, 7(5): 474-479.
- [18] CHANG F, ISHII T, YANAI T, et al. Repair of large full-thickness articular cartilage defects by transplantation of autologous uncultured bone-marrow-derived mononuclear cells[J]. J Orthop Res, 2008, 26(1): 18-26.
- [19] YANAI T, ISHII T, CHANG F, et al. Repair of large full-thickness articular cartilage defects in the rabbit: the effects of joint distraction and autologous bone-marrow-derived mesenchymal cell transplantation[J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(5): 721-729.
- [20] LIU X N, CHANG F, ZHANG H Y, et al. Ankle distraction arthroplasty for the treatment of severe ankle arthritis: Case report, technical note, and literature review[J]. Medicine, 2020, 99(39): e22330.
- [21] HERRERA-PÉREZ M, ALRASHIDI Y, GALHOUM A E, et al. Debridement and hinged motion distraction is superior to debridement alone in patients with ankle osteoarthritis: a prospective randomized controlled trial[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(9): 2802-2812.
- [22] TANAKA Y, TAKAKURA Y, HAYASHI K, et al. Low tibial osteotomy for varus-type osteoarthritis of the ankle[J]. J Bone Joint Surg Br, 2006, 88(7): 909-913.
- [23] BARG A, SALTZMAN C L. Joint-preserving procedures in patients with varus deformity: role of

- supramalleolar osteotomies[J]. *Foot Ankle Clin*, 2019, 24(2): 239-264.
- [24] KIM Y S, PARK E H, KOH Y G, et al. Supramalleolar osteotomy with bone marrow stimulation for varus ankle osteoarthritis: clinical results and second-look arthroscopic evaluation[J]. 2014, 42(7): 1558-1566.
- [25] LIANG J, YANG X, YUE Y, et al. Effectiveness and risk factors of supramalleolar osteotomy in treatment of varus-type ankle arthritis[J]. *Chin J Reparative Reconstr Surg*, 2023, 37(7): 788-795.
- [26] AUBIN P P, CHEAH H K, DAVIS A M, et al. Long-term followup of fresh femoral osteochondral allografts for posttraumatic knee defects[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001(391 Suppl): S318-S327.
- [27] NIKOLOPOULOS D, SERGIDES N, SAFOS G, et al. Large osteochondral lesions of the talus treated with autologous bone graft and periosteum transfer[J]. *Foot Ankle Orthop*, 2019, 4(3): 2473011419874039.
- [28] SHIMOZONO Y, HURLEY E T, NGUYEN J T, et al. Allograft compared with autograft in osteochondral transplantation for the treatment of osteochondral lesions of the talus[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2018, 100(21): 1838-1844.
- [29] MEEHAN R, MCFARLIN S, BUGBEE W, et al. Fresh ankle osteochondral allograft transplantation for tibiotalar joint arthritis[J]. *Foot Ankle Int*, 2005, 26(10): 793-802.
- [30] JENG C L, KADAKIA A, WHITE K L, et al. Fresh osteochondral total ankle allograft transplantation for the treatment of ankle arthritis[J]. *Foot Ankle Int*, 2008, 29(6): 554-560.
- [31] BUCK B E, MALININ T I, BROWN M D. Bone transplantation and human immunodeficiency virus. An estimate of risk of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1989(240): 129-136.
- [32] IZUMI T, TOMINAGA T, SHIDA J, et al. Chondrocyte transplantation for osteochondral defects with the use of suspension culture[J]. *Cell Tissue Bank*, 2000, 1(3): 207-217.
- [33] JOHNSON P, LEE D K. Evidence-based rationale for ankle cartilage allograft replacement: a systematic review of clinical outcomes[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54(5): 940-943.
- [34] ALTSCHULER N, ZASLAV K R, DI MATTEO B, et al. Aragonite-based scaffold versus microfracture and debridement for the treatment of knee chondral and osteochondral lesions: results of a multicenter randomized controlled trial[J]. 2023, 51(4): 957-967.
- [35] SCOTT R T, WITT B L, HYER C F. Design comparison of the INBONE I versus INBONE II total ankle system[J]. *Foot Ankle Spec*, 2013, 6(2): 137-140.
- [36] GLAZEBROOK M A, ARSENAULT K, DUNBAR M. Evidence-based classification of complications in total ankle arthroplasty[J]. *Foot Ankle Int*, 2009, 30(10): 945-949.
- [37] BESOR O, EIDELMAN M, KOTLARSKY P. Simultaneous tibio-talar fusion and tibial lengthening for end-stage ankle arthritis [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023, 33(8): 3501-3509.
- [38] 邹运, 韩青, 徐晓麟, 等. 3D打印光固化树脂模型在精确评估膝关节损伤及其个体化治疗方案制定中的应用[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2017, 43(1): 141-146.
- [39] DIMITROV A S, WESTOVER L, JOMHA N M. Clinical use of talar prostheses[J]. *JBJS Rev*, 2021, 9(6). DOI: 10.2106/JBJS.RVW.20.00209.
- [40] CHOU Y P, KUO L C, SOO K M, et al. The role of repairing lung lacerations during video-assisted thoracoscopic surgery evacuations for retained haemothorax caused by blunt chest trauma [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 46(1): 107-111.
- [41] COHEN M M, KAZAK M. Tibiocalcaneal arthrodesis with a porous tantalum spacer and LockedIntramedullary nail for post-traumatic global avascular necrosis of the talus[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54(6): 1172-1177.
- [42] LEE K B, CHO S G, JUNG S T, et al. Total ankle arthroplasty following revascularization of avascular necrosis of the talar body: two case reports and literature review[J]. *Foot Ankle Int*, 2008, 29(8): 852-858.
- [43] GROSS C E, HAUGHOM B, CHAHAL J, et al. Treatments for avascular necrosis of the talus: a systematic review[J]. *Foot Ankle Spec*, 2014, 7(5): 387-397.
- [44] GROSS C E, SERSHON R A, FRANK J M, et al. Treatment of osteonecrosis of the talus [J]. *JBJS Rev*, 2016, 4(7): e2.
- [45] SHNOL H, LAPORTA G A. 3D printed total talar replacement: a promising treatment option for advanced arthritis, avascular osteonecrosis, and osteomyelitis of the ankle[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2018, 35(4): 403-422.
- [46] 刘畅, 韩青, 尹唯凰, 等. 中国人群距骨形态学指标的三维CT测量及其临床意义[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2020, 46(1): 102-107.

- [47] LUO W, ZHANG H, HAN Q, et al. Total talar replacement with custom-made vitallium prosthesis for talar avascular necrosis [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2022, 10: 916334.
- [48] TRACEY J, ARORA D, GROSS C E, et al. Custom 3D-printed total talar prostheses restore normal joint anatomy throughout the hindfoot[J]. *Foot Ankle Spec*, 2019, 12(1): 39-48.
- [49] LAWTON C D, BUTLER B A, DEKKER R G, 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.