

·指南与共识·

本文亮点:

- (1) 围绕骨水泥在糖尿病创面治疗中的适应证、操作流程及并发症管理,形成了 17 条推荐意见,对该技术的临床应用进行了系统性规范。
- (2) 强调必须在创面感染基本控制且下肢血运通畅的前提下置入骨水泥,以规避植入物相关感染扩散风险。
- (3) 明确指出糖尿病创面 Wagner 3 级及以下或无明确感染指征的患者,禁用抗生素骨水泥;仅在糖尿病患者确诊慢性骨髓炎或骨外露且探针试验阳性时,方可依据创面深部标本药物敏感试验结果精准添加敏感的耐热抗生素,以防药物滥用及降低耐药风险。

Highlights:

- (1) This consensus addresses the indications, operational procedures, and complication management of bone cement in the treatment of diabetic wounds, and formulated 17 clinical recommendations, which systematically standardized the clinical application of this technique.
- (2) It is emphasized that bone cement implantation should only be performed under the premise that wound infection was basically controlled and lower extremity blood supply was adequate, so as to avoid the risk of infection spread associated with the implanted foreign material.
- (3) It is clearly stated that antibiotic-loaded bone cement is contraindicated in patients with diabetic wounds of Wagner grade lower than 3 or without definite signs of infection. Only when chronic osteomyelitis or bone exposure was confirmed and the probe-to-bone (PTB) test was positive, can sensitive and heat-stable antibiotics be precisely added based on deep wound specimen drug susceptibility testing results, so as to prevent antibiotic abuse and reduce the risk of antimicrobial resistance.

骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用 专家共识(2026 版)

中国老年医学学会烧创伤分会

通信作者:陶克,温州医科大学附属第一医院创面修复与再生医学中心创面修复科,温州 325000, Email: tao-ke2001@163.com; 郭光华,南昌大学第一附属医院烧伤整形与创面修复医学中心,南昌 330006, Email: guogh2000@hotmail.com; 付小兵,解放军总医院医学创新研究部创伤修复与组织再生重点实验室,北京 100853, Email: fuxiaobing@vip.sina.com

【摘要】 包括糖尿病溃疡在内的糖尿病创面是糖尿病晚期的严重并发症之一,其病情发展迅速、治疗困难、常导致截肢,甚至危及生命。目前治疗原则是在改善肢体血运的基

础上,结合负压引流、换药及用肌瓣、皮瓣、皮肤及人工皮肤组织覆盖等外科手段消除创面。近年来,应用骨水泥初步处理糖尿病创面,再联合植皮或皮瓣移植覆盖创面的疗法已有

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20260128-00052

收稿日期 2026-01-28

引用本文:中国老年医学学会烧创伤分会.骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用专家共识(2026 版)[J].中华烧伤与创面修复杂志, 2026, 42(8): 1-14. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20260128-00052.

Burn and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society. Expert consensus on the application of bone cement in the treatment of diabetic wounds (2026 edition)[J]. Chin J Burns Wounds, 2026, 42(8): 1-14. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20260128-00052.



较多文献报道。为了进一步规范骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用,由中国老年医学学会烧创伤分会牵头的专家组共同审议并编写了《骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用专家共识(2026版)》。该共识以文献证据为基础,结合最新的临床及基础研究进展,旨在形成骨水泥治疗糖尿病创面的规范化方案,供医师参考,提升糖尿病创面的临床诊疗水平。

【关键词】 糖尿病; 临床方案; 慢性创面; 骨水泥; 创面愈合

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82272269)

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2025CN1498)

Expert consensus on the application of bone cement in the treatment of diabetic wounds (2026 edition)

Burn and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society

Corresponding author: Tao Ke, Department of Wound Repair, Center for Wound Repair and Regenerative Medicine, the First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China, Email: tao-ke2001@163.com; Guo Guanghua, Medical Center of Burns and Plastic Surgery and Wound Repair, the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China, Email: guogh2000@hotmail.com; Fu Xiaobing, Key Laboratory of Wound Repair and Tissue Regeneration, Department of Medical Innovation and Research, PLA General Hospital, Beijing 100853, China, Email: fuxiaobing@vip.sina.com

【Abstract】 Diabetic wounds, including diabetic ulcers, represent one of the most severe late-stage complications of diabetes mellitus, characterized by rapid progression, therapeutic challenges, and high risks of amputation or life-threatening consequences. The current treatment principle is to eliminate the wound surface by means of negative pressure suction, dressing changes, and coverage with muscle flaps, skin flaps, autologous skin, and artificial skin tissues, based on improving the blood supply of the limb. In recent years, emerging evidence has highlighted the efficacy of bone cement-based preliminary management for diabetic wounds, followed by skin or flap transplantation for definitive wound coverage. To standardize clinical practices, the Burn and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society jointly organized an expert panel to develop the *Expert consensus on the application of bone cement in diabetic wound management (2026 edition)*. This consensus integrates robust evidence from literature with cutting-edge clinical and basic research advancements, aiming to establish a standardized protocol for bone cement utilization in diabetic wound therapy. It serves as a critical reference for clinicians to enhance diagnostic and therapeutic outcomes in diabetic wound care.

【Key words】 Diabetes mellitus; Clinical protocols; Chronic wounds; Bone cement; Wound healing

Fund program: General Program of National Natural

Science Foundation of China (82272269);

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2025CN1498)

目前全世界约有 5.37 亿例成年糖尿病患者,预计到 2045 年,这一数字将上升至 7.83 亿^[1],严重威胁人类的生命健康。这一情况在发展中国家及贫困地区更为突出,增加了政府、家庭及个人的医疗负担,严重制约了社会经济的发展^[2]。亚洲是糖尿病快速发展的主要区域,其中中国和印度的糖尿病患者数量位居全球前两位^[3]。包括糖尿病足溃疡在内的糖尿病创面是糖尿病晚期严重并发症之一,也是重要的社会公共卫生问题^[4-5]。2020 年发布的《中国糖尿病足诊治指南》^[6]指出,血运重建,包括大血管的再通及局部微血管的新生是糖尿病创面治疗的关键,也是延缓溃疡进展、降低截肢率、促进创面愈合的重要因素。

糖尿病创面治疗的目标是降低截肢率,促进创面尽快愈合,防止溃疡复发^[7-8]。目前糖尿病创面的主要治疗方案为,在改善肢体血运的基础上,联合负压引流、换药及用肌瓣、皮瓣、自体皮肤及人工皮肤覆盖等外科手段消除创面^[9-10]。目前综合治疗手段已显著改善糖尿病创面预后,但对于局部血运差、肌腱及骨质外露的创面,其覆盖治疗仍是临床面临的一大难题^[11]。一方面,糖尿病本身所致的血管病变导致肢体远端血运欠佳,创面愈合困难;另一方面,外露的肌腱及骨质表面肉芽组织生长受限,使创面覆盖面临更严峻的挑战。

近年来,基于骨水泥进行糖尿病创面初步处理,再联合植皮或皮瓣移植覆盖创面的疗法越来越受到关注^[12-14]。该方法的核心机制在于,置入骨水泥后,创面局部可形成高度血管化的诱导膜^[15-16],进一步通过改善创面微环境促进肉芽组织生长与创面修复,这一作用在肌腱与骨质外露的创面中尤为关键,能为后续覆盖创面手术奠定良好基础。鉴于当前临床应用中治疗时机与方案尚不统一,为推进规范化治疗,中国老年医学学会烧创伤分会组织专家组制订本共识,以指导骨水泥的合理应用,进而提升糖尿病创面诊疗水平。

1 共识应用范围

本共识旨在为骨水泥治疗糖尿病创面的临床实践提供参考,主要适用对象为创面修复科、烧伤整形外科、内分泌科及骨科的医务工作者。

2 共识制订方法

2.1 共识注册

本共识已在国际实践指南注册与透明化平台进行注册,并撰写了系统的方法学计划书。读者可登录该平台官网或联系本共识秘书处索要计划书全文,以确保共识制订过程的公开透明。

2.2 共识编写组及其职责

本共识由中国老年医学学会烧创伤分会牵头,组建了包括创面修复科、烧伤整形外科、内分泌科、老年病科、骨科、统计学、临床护理在内的核心专家组,设顾问、组长、专家组、首席方法学专家、文献收集整理组、执笔组。本共识制订团队职责分工如下:组长负责全程统筹,包括团队组建、主题确立、利益冲突管理以及推荐意见与终稿的最终审批;顾问负责提供方向性指导;专家组成员负责凝练临床问题、参与德尔菲问卷并论证形成推荐意见;首席方法学专家负责指导临床问题的PICO(P:人群/患者,I:干预措施,C:对照/比较,O:结局指标)解构、文献检索策略制定、偏倚风险评价,并全程监控共识制订的方法学规范;文献收集整理组成员负责文献的检索、筛选、数据提取以及证据质量的评价;执笔组成员负责起草文本、撰写初稿并按专家意见修改完善。

2.3 临床问题的确定

本共识围绕骨水泥在糖尿病创面治疗中的临床应用,采用PICO原则对临床问题进行解构。P具体指糖尿病足溃疡患者或糖尿病导致的其他类型皮肤创面患者;I具体指应用骨水泥覆盖或填充、诱导膜技术及抗生素骨水泥相关治疗方案;C具体指常规清创换药、VSD、其他敷料治疗或非骨水泥常规治疗;O具体指创面愈合率、愈合时间,截肢或截趾率、感染控制率、下肢保肢率及不良反应发生率。本共识通过多学科专家组联席会议,最终筛选并确定5个具代表性、临床亟待解决的核心问题。

2.4 数据检索及证据评价

本共识基于国内糖尿病慢性创面诊疗规范和专科医师的临床经验,以国内外相关文献为参考,以循证医学证据为指导,查找骨水泥在糖尿病创面治疗中应用的高质量文献。以diabetic wound、diabetic foot ulcer、diabetic foot、diabetic ulcer、diabetic chronic wounds、therapy、treatment、bone cement、PMMA为检索词检索PubMed、Cochrane Library、Embase数据库;以糖尿病创面、糖尿病足溃

疡、糖尿病足、慢性创面、骨水泥、聚甲基丙烯酸甲酯、治疗方案为检索词检索中国知网、万方数据库、中华医学期刊全文数据库等,检索时限为各数据库建库至2025年10月1日。采用手工检索与系统检索相结合的方法,限定为人类疾病相关研究。文献类型包括临床实践指南、荟萃分析、系统评价及原始研究(含随机对照试验、队列研究、病例对照研究、病例系列研究及病例报告)。文献质量与偏倚风险评估采用以下国际公认的方法学评价工具:系统评价或荟萃分析采用AMSTAR 2工具进行方法学质量评价;随机对照试验采用Cochrane协作网站的RoB 2.0偏倚风险评估工具;队列研究及病例对照研究采用纽卡斯尔-渥太华量表进行质量评估;病例系列研究及病例报告采用澳大利亚Joanna Briggs Institute评价工具。

2.5 证据分级标准与推荐强度

本共识的证据等级参考2011年牛津大学循证医学中心证据等级标准,将循证证据分为1~5级,见表1。本共识的推荐强度综合循证证据级别、临床可行性、患者获益与风险比,结合专家共识投票赞成率,分为以下3个等级。强推荐:该干预获益明确,临床中应首选或常规应用,共识组专家赞成率 $\geq 90\%$;中等推荐:该干预措施获益可能大于风险,临床中可根据患者个体情况选用,共识组专家赞成率为70%~89%;弱推荐:该干预措施证据尚不充分或争议较大,临床应用时需慎重评估,共识组专家赞成率为50%~69%。

表1 2011版牛津大学循证医学中心证据等级标准

Table 1 The 2021 Oxford Centre for Evidence-Based Medicine: levels of evidence

证据等级	定义
1级	基于随机对照试验或单人交叉临床试验的系统性文献回顾,对随机性研究的系统综述
2级	随机对照试验或效果显著的观察性研究
3级	非随机性、对照性队列研究或随访研究
4级	病例系列、病例对照研究或历史对照研究
5级	基于机制的推论

2.6 共识推荐意见的形成

本共识推荐意见的形成遵循德尔菲法及投票确认程序。首先,基于文献评价结果与临床实践,执笔组起草了包含5个临床问题、17条原始推荐意见的共识初稿(第一版问卷)。其次,进行第一轮德尔菲问卷调查,采用无记名方式,将原始推荐意见、

相应证据级别及理由说明发送给专家组成员,请专家就条目的科学性、可行性及合理性进行评分并提出修改建议。再次,执笔组在方法学专家协助下,针对第一轮争议较大或表述不准确的条目进行修改,形成第二版问卷。然后,进行无记名专家投票,并召开线下或线上共识会议,对前两轮调查中支持率未达预设标准(如赞成率<70%)的争议性条款进行逐条讨论与修订。随后,在会议现场对 17 条最终推荐意见进行无记名投票。当且仅当某条推荐意见的赞成率达到相应推荐强度的标准,且全体成员无一票否决时,方可纳入本共识。最后,将通过投票的推荐意见整合,再次呈送全体专家成员进行最终签字审核与确认,形成终稿。

3 临床问题 1: 骨水泥在糖尿病创面治疗的适应证与禁忌证。

推荐意见 1: 骨水泥在促进创面局部微血管新生、改善创面愈合等方面具有一定作用,推荐在糖尿病创面治疗中应用。证据等级: 1 级, 推荐强度: 强推荐。

证据与说明: 糖尿病创面治疗难度大,需要多学科团队协作,目标是在尽可能减少截肢的基础上,完成创面覆盖,促进创面愈合,预防创面复发^[17-19]。目前,包括负压引流、换药、各类新型材料在内的治疗措施已明显改善了糖尿病创面的预后,但对于局部血运较差的创面,如何提高其愈合质量,仍是临床面临的难题之一^[20-22]。骨水泥是骨科领域的重要生物材料,主要用于人工关节置换术中假体的锚定及骨缺损修复。例如,庆大霉素骨水泥的抗生素缓释特性在骨髓炎治疗中还发挥着重要的抗微生物作用^[23-25]。近年来,骨水泥也被应用于慢性难愈性创面的治疗中^[14,16],其诱导局部血管新生进而加速愈合的作用,已被越来越多的临床研究所证实^[12]。与传统糖尿病创面治疗方式相比,骨水泥具有降低截肢率、缩短创面愈合时间、操作护理简便、治疗效果明确等特点^[26-29],可作为血运不佳创面治疗的一种选择方案。

Chang 等^[15]对 7 例非负重区糖尿病足溃疡患者进行抗生素骨水泥联合股外侧肌皮瓣及刃厚皮移植序贯治疗的研究显示,该方案能有效控制感染,改善患者生活质量及足部功能,缩短住院时间。曹涛等^[30]的前瞻性随机对照研究显示,抗生素骨水泥较磺胺嘧啶银能显著促进糖尿病足溃疡患者创基血管新生,改善预后。赵雅玫等^[31]的荟萃分析

(纳入 21 篇文献,共 1 409 例糖尿病足溃疡患者,其中 761 例接受抗生素骨水泥治疗,648 例接受传统疗法)进一步表明,抗生素骨水泥较传统疗法可显著缩短创面愈合时间、微生物转阴时间、住院时间并减少手术次数($P<0.05$),但对截肢率无显著影响($P>0.05$)。Dai 等^[26]的回顾性研究证实,抗生素骨水泥较传统疗法可减少清创次数、缩短愈合时间($P<0.05$)。Wu 等^[29]的荟萃分析同样表明,抗生素骨水泥较接受其他传统治疗的患者,创面愈合时间及细菌转阴时间均明显缩短($P<0.05$)。

推荐意见 2: Wagner 2~4 级糖尿病创面(伴或不伴骨及肌腱外露),推荐使用骨水泥治疗以促进骨及肌腱表面肉芽组织再生;若合并骨髓炎或骨外露且探针试验阳性,推荐根据药敏试验结果使用敏感抗生素骨水泥。证据等级: 2, 推荐强度: 中等推荐。

证据与说明: 糖尿病伴发的大面积或深部感染创面管理尤为困难。骨水泥可提供稳定支撑,促进创基生长,隔绝外界污染并加速创面愈合^[12,15,26]。但骨水泥并非适用于所有糖尿病创面,其主要适应证为 Wagner 2~4 级创面,尤其适用于合并骨或肌腱外露或骨髓炎、常规修复困难者^[28,32-33]。骨水泥凭借良好的可塑性,能与外露骨、肌腱表面及创基紧密贴合,促进肉芽组织再生,为后续创面封闭奠定基础^[34]。针对糖尿病慢性骨髓炎患者,尤其是病灶广泛、需长期使用抗生素治疗者,抗生素骨水泥具有独特的临床应用优势^[35]。抗生素骨水泥具有局部缓释抗生素的特性,可直接作用于感染部位,有效抑制病原体,控制感染扩散,为组织再生扫清障碍^[28]。在感染得到有效控制的基础上,骨水泥的“界面”作用可刺激骨膜毛细血管再生和肉芽组织爬行,逐步覆盖外露骨质,完成创面床准备;同时,骨水泥亦能维持受损骨骼的强度与稳定性。因此,骨水泥治疗可作为伴骨或肌腱外露(伴或不伴骨髓炎)糖尿病创面修复的选择。

对于 Wagner 1 级创面,因其属于浅表性溃疡,无死腔填充或诱导膜形成需求,不建议应用骨水泥。此类创面仅累及皮肤表层,无深部死腔或重要组织(骨、肌腱)外露。若将骨水泥作为异物置入会产生机械压迫并干扰创面正常上皮化进程,不仅无治疗意义,反而可能增加感染风险。对于全足坏疽的 Wagner 5 级创面,通常已有明确截肢指征,同样不建议应用骨水泥。此时肢体已丧失生物学修复基础,治疗核心应转向全身生命支持及截肢平面的

合理选择。在此类创面使用骨水泥不仅属医疗资源滥用,且可能延误截肢时机,威胁患者生命安全。对于 Wagner 4 级创面,应用骨水泥的前提是充分评估并保障局部血运,原则上要求至少 1 条主干动脉通畅。尤其对于存在大面积坏死、严重血运障碍或濒临截肢的病例,若无法重建有效血运,则不推荐应用骨水泥。对严重缺血性肢体,应在多学科团队讨论基础上,优先施行血管腔内介入或搭桥手术,待血运改善后再考虑置入骨水泥。在缺血性干性坏疽创面中盲目置入骨水泥,不仅难以促进愈合,反而可能因异物刺激诱发更广泛的组织坏死。

在糖尿病创面使用骨水泥治疗时,是否添加抗生素同样须严格把握指征,避免经验性用药。基本原则是,若无明确感染证据,尤其是缺乏骨髓炎诊断依据时,不推荐在骨水泥中添加抗生素,以防创面局部细菌产生耐药^[36]。但在以下两种明确情况下,可考虑添加敏感抗生素:(1)经临床、实验室及影像学(如 MRI)确诊的骨髓炎,应根据深部组织标本培养及药物敏感试验结果,加入耐热且敏感性高的抗生素,以实现病灶内持续高浓度释放,作为全身抗感染治疗的有效补充^[37];(2)对于虽无典型影像学骨髓炎依据,但存在骨质外露且探针试验阳性(提示骨感染高风险)的创面,应在获取深部组织标本后,依据药物敏感试验结果,在骨水泥中加入针对性抗生素进行干预。必须强调的是,在任何情况下,抗生素的添加都必须严格依据细菌药物敏感试验结果,优先选择抗菌谱针对性强、热稳定性好、局部释放特性佳的抗生素,并关注其与骨水泥的兼容性 & 配制比例,以确保局部治疗的有效性与安全性^[38]。

吕和等^[39]的研究显示,在 32 例 Wagner 2~4 级糖尿病足患者中,骨水泥组的治疗效果显著优于 VSD 组,且治疗时间更短($P<0.05$)。曹涛等^[30]的研究结果表明,抗生素骨水泥通过调控 Notch 信号通路促进血管新生,对顽固性感染创面具有良好的修复效果。Dai 等^[26]的研究表明,应用抗生素骨水泥是治疗感染性糖尿病足溃疡的有效方法,较传统疗法能有效减少清创频率并缩短创面愈合时间($P<0.05$)。程卫东^[40]对 40 例糖尿病足踝部创面患者(均伴有骨质及肌腱外露)的研究显示,采用骨水泥治疗后创面均完全愈合。Sun 等^[41]的研究显示,负压吸引+抗生素骨水泥较单纯负压吸引治疗更有助于控制 Wagner 3~4 级糖尿病足患者的创面感染,并缩短创

面愈合时间($P<0.05$)。

Yao 等^[42]观察到,在伴肌腱外露的糖尿病创面应用骨水泥形成诱导膜后,直接植皮可有效修复创面,且该方法操作简便、费用较低、易于护理。谭斌等^[43]同样采用抗生素骨水泥封闭伴肌腱外露的糖尿病创面,在形成诱导膜后植皮,有效修复了创面,且操作简便、创伤小。庞仲辉等^[44]对 68 例伴骨与肌腱外露的糖尿病创面(包括糖尿病足溃疡、压力性损伤及外伤性骨髓炎等)患者进行了研究,结果显示使用抗生素骨水泥治疗后创面均愈合。Mendame 等^[13]在 36 例糖尿病足合并骨髓炎患者中开展的随机对照试验结果显示,与负压治疗组相比,抗生素骨水泥治疗组患者的基线病原菌清除例数更多,疼痛数字评估量表评分更低,住院时间更短,费用更低,且并发症及感染发生率更低($P<0.05$),证实了抗生素骨水泥在治疗糖尿病合并骨髓炎方面的积极作用。Liu 等^[16]对 50 例无法行血管再通治疗的感染性糖尿病足患者应用抗生素骨水泥治疗,结果显示该疗法相较于常规治疗可有效提高足溃疡愈合率($P<0.05$)。Dalla^[45]通过对 28 例糖尿病合并骨髓炎患者的治疗研究证实,清创切除感染骨后置入抗生素骨水泥能够有效防止溃疡复发。

推荐意见 3:应用骨水泥治疗时须严格把握适应证。对骨水泥或其成分过敏者禁用;创面局部感染未有效控制者慎用。证据等级:3 级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:骨水泥作为糖尿病慢性创面(尤其是合并骨髓炎创面)治疗的重要技术手段,虽具有较大应用潜力,但其使用必须建立在严格评估适应证的基础上,切忌盲目扩大适应证范围。对骨水泥或其成分过敏者严禁使用。已有文献报道骨水泥过敏相关的不良事件,Whiteside^[46]报道了全膝关节置换术后因骨水泥过敏导致严重疼痛和全身反应的案例;Gamez^[47]报告了 1 例全膝关节置换术后患者因骨水泥过敏出现膝部疼痛、僵硬及酸胀不适的案例;袁波等^[48]则报道了 1 例髌关节置换术后患者因骨水泥过敏性休克死亡的案例。创面局部感染未有效控制的患者,使用骨水泥可能加重局部感染,应权衡风险与获益后谨慎使用。郭晓峰等^[49]在糖尿病坏死性筋膜炎治疗研究中强调,应早期使用广谱抗生素,及时切开引流并探查感染坏死范围,待患者病情稳定后再行抗生素骨水泥填充。因此,使用骨水泥前需全面评估患者情况,包括创面深

度、感染程度、血供状况及全身代谢控制水平,必要时借助影像学及多学科团队协作诊疗模式综合判断,以确保治疗安全。对不适宜使用骨水泥的患者,应积极寻求替代治疗方案。

4 临床问题 2: 骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用条件

推荐意见 4: 使用骨水泥前需充分评估创面情况,在创面感染基本控制且具备一定血运条件(至少 1 条主干动脉通畅)时方可使用。证据等级: 2 级,推荐强度: 中等推荐。

证据与说明: 骨水泥的作用机制可能与其“占位效应”有关: 与创面床相互作用后,可在其表面诱导形成富含血管的诱导膜组织,从而改善局部血运,加速创面愈合。然而,应用骨水泥前需全面评估创面状态。一方面,应确保创面缺血风险得到有效控制,即创周血流灌注良好或经球囊扩张/血管成形术后,肢体远端血流得到有效改善,且至少 1 条主干动脉通畅,以保证足够的血供;另一方面,需尽可能清除创面坏死组织,降低病原菌负荷,以减少感染风险。骨水泥作为异物置入创面,若创面床感染未得到有效控制,不仅无法改善创面愈合,反而可能成为感染扩散的重要途径。因此,术前须通过彻底清创与充分引流,为骨水泥置入创造一个相对清洁的环境,以降低感染风险,提高手术效果。曹涛等^[30]指出,在完善术前准备后,须彻底清创并确认无残留坏死组织方可置入骨水泥。郭晓峰等^[49]则主张以坏死皮肤为中心,沿筋膜向四周进行地毯式清创,清除范围需达正常筋膜及皮肤软组织以外 1~2 cm,深至新鲜肌组织表面。此外,曹涛等^[30]、Ding 等^[27]均强调,骨水泥应用前须确保肢体远端创面局部血运通畅。综上,骨水泥置入前必须对创面进行评估与处理,达到可应用条件再行置入。

推荐意见 5: 在骨水泥治疗前,需进行创面标本细菌培养及药物敏感试验,并根据药物敏感试验结果优先选用敏感抗生素进行抗感染治疗。需要注意的是,对于 Wagner 3 级及以下创面,不推荐在骨水泥中加入抗生素。证据等级: 3 级,推荐强度: 中等推荐。

证据与说明: 骨水泥应用中是否添加抗生素目前仍存在较大争议,但通常不建议在创面局部使用抗生素^[50]。Wagner 3 级及以下创面,经彻底清创、全身敏感抗生素治疗及负压引流等处理后,局部感染

多可有效控制,故一般不推荐骨水泥中加入抗生素^[51]。Ganta 等^[52]的研究表明,使用抗生素骨水泥治疗骨折内固定术后感染的患者,其感染复发风险与抗生素骨水泥装置是否留存无关。局部使用抗生素可导致耐药菌的产生,加重感染并阻碍愈合。若骨水泥未被组织包裹,持续释放的抗生素还可扰乱创面周围菌群平衡^[53]。Kandemir 等^[53]的研究指出,抗生素释放后的骨水泥表面可能成为耐药细菌定植的基质,增加继发感染风险。Wong 等^[54]证实,抗生素释放后的骨水泥多孔表面上生长着耐药细菌。Wall 等^[55]认为,如何控制抗生素骨水泥中抗生素的释放仍需要进一步研究。因此,骨水泥中是否添加抗生素,必须慎重考虑,避免滥用。

当创面合并骨髓炎时,由于病灶位置较深,加之糖尿病患者肢体远端血流灌注减少,全身静脉滴注抗生素难以在病变部位达到有效杀菌浓度。此时,可在骨水泥中添加敏感抗生素,利用其洗脱性能在局部释放有效浓度的抗生素,从而控制感染、促进愈合^[56-57]。Melamed 等^[58]对 23 例糖尿病合并骨髓炎患者的研究显示,进行广泛清创和应用抗生素骨水泥可以有效填补清创造成的空隙,降低截肢率。Dong 等^[12]的研究表明,抗生素骨水泥可在局部创造无菌环境并缓慢释放抗生素,抗生素可直接作用于病变区域,缩短创面细菌清除时间。Fung 等^[59]认为,在应用骨水泥治疗骨缺损时加入抗生素具有保护作用,可减少感染等并发症。Jiang 等^[60]的研究显示,在胸骨深部创面感染患者中应用抗生素骨水泥联合 VSD 是一种有效的治疗方法,可以减少感染复发,且不同剂量的抗生素负载于骨水泥中,抗菌效果有所差别。Jiang 等^[61]的研究表明,在糖尿病合并骨髓炎治疗中加入敏感抗生素可以改善局部骨感染,同时产生促进愈合的诱导膜组织,促进软组织生长。

推荐意见 6: 使用骨水泥前需对患者进行全面检查,综合评估。外科治疗需建立在充分控制基础疾病的基础上,并做好围手术期管理。证据等级: 5,推荐强度: 弱推荐。

证据与说明: 使用骨水泥前需对患者进行全面检查,综合评估,包括全身评估、局部血供评估、感染与微生物评估及创面评估四个方面。(1)全身评估。血糖控制平稳(空腹血糖 ≤ 10.0 mmol/L)、血红蛋白 ≥ 90 g/L、白蛋白 ≥ 30 g/L,且心肺功能可耐受手术。(2)局部血供评估。通过超声或 CT 血管造影证

实下肢远端血供足以支持肉芽生长,原则上要求至少 1 条足背动脉或胫后动脉主干通畅。(3)感染与微生物评估。采集创面深层组织标本行细菌培养及药物敏感试验。(4)创面评估。明确是否存在无效腔、骨髓炎或肌腱/骨外露等。若创面标本细菌培养阳性且存在死腔,应先进行创面清创引流,待创面局部感染得到控制、死腔消除后方可进行骨水泥治疗。围手术期的综合治疗与管理是创面愈合的基础,糖尿病患者应予以戒烟、戒酒、控制血糖、抗感染、营养支持等综合治疗;合并其他基础疾病者需请相关专科医师会诊对症处理,确保患者术前全身状态平稳,局部创面条件适宜。

5 临床问题 3:骨水泥在糖尿病创面中的手术治疗及术后处置(图 1)

推荐意见 7:放置骨水泥前需对创面进行清创,尽量清除坏死组织、降低创面细菌负荷,并充分止血。证据等级:3 级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:糖尿病创面的外科清创通常遵循有限、分次进行的蚕食清创原则^[62-63]。足部软组织丰富、筋膜间隔较多,清创术后创面仍可能残留坏死组织,尤其当隐蔽感染灶无法彻底清除时,存在感染发生或扩散的风险^[64]。尤加省等^[65]指出,在放置骨水泥前必须彻底清创,以避免残留感染、坏死组织。陈伟等^[66]采用抗生素骨水泥联合游离股前外侧组织瓣序贯治疗糖尿病足溃疡,术中根据组织坏死与感染程度行单次或多次清创,彻底清除感染、坏死的皮肤、骨骼、肌肉及肌腱等组织,随后以抗生素骨水泥覆盖创面控制感染并进行开孔引流,取得良好疗效。因此,在应用骨水泥前,须彻底清创以降低病原菌负荷、减少感染风险。清创时可采用全身麻醉或神经阻滞麻醉,建议采用体积分数 5% 聚维酮碘溶液、体积分数 3% 过氧化氢溶液和生理盐水反复冲洗创面。清创操作可选用锐器或水动力清创系统,切除感染失活的皮肤、筋膜、肌腱及骨组织,直至创缘出现健康组织。若创面较大,可实施多次手术清创,直至创面相对清洁。清创完毕后,再次以体积分数 1% 聚维酮碘溶液、体积分数 3% 过氧化氢溶液及生理盐水反复清洗创面,并充分止血,为骨水泥的置入创造一个相对干净、无菌的环境。

推荐意见 8:放置骨水泥时应予以开孔引流,并尽量减少其硬化塑形过程中对周围组织造成热损

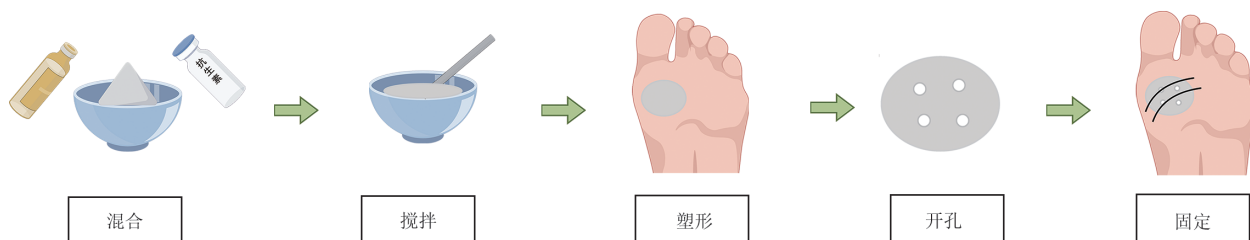
伤。证据等级:5 级,推荐强度:弱推荐。

证据与说明:骨水泥在凝固过程中可释放大热量,局部温度最高可达 80℃,若直接接触创面或周围皮肤,易导致热损伤^[58],从而阻碍创面愈合。因此,术中需对骨水泥采取必要的降温措施。骨水泥开始凝固时,可取出放热、塑形,待其自然冷却后置入创面。对深埋于创面内的骨水泥,还可采用无菌生理盐水冲洗或湿纱布覆盖进行降温。此外,骨水泥与创基接触部位可因“软硬界面”效应产生局部刺激,引发炎症反应,常伴渗液,需及时引流以避免脓肿形成^[67-68]。手术操作中,应先将骨水泥粉末与配套试剂充分混合,调制成黏稠糊状,然后根据创面范围预制成适宜形状,并开孔以利于引流。孔洞数量应根据骨水泥外露面大小决定,孔径一般为 3~5 mm,间距为 1~2 cm,这样既可保证充分引流创面渗液,又有助于降低逆行感染风险。但对于包裹于组织内部的骨水泥,一般不进行开孔引流。固定方式上,可利用骨水泥未完全凝固的“拉丝期”进行塑形,使其嵌合于创面无效腔中,依靠物理形态实现自锁固定;还可利用周围组织包裹予以固定,外露部分可使用缝线或负压装置辅助固定。在骨髓炎治疗中,有时将抗生素骨水泥包裹于髓内钉或钢板周围,借助内固置物辅助固定。综上,骨水泥治疗过程中,应充分认识并合理把控其物理化学特性,最大限度避免医源性损伤。

推荐意见 9:骨水泥填充创面时需做到紧密贴合,同时避免对周围正常组织造成过度压迫。证据等级:4 级,推荐强度:弱推荐。

证据与说明:将混合好的骨水泥填充至清创后的死腔或缺损部位时,应确保其均匀、紧密地覆盖创面,避免形成明显的空隙或死角加重创面感染,尤其注意坏死性筋膜炎所涉及的筋膜间隙及潜在感染区域。卜凡玉等^[69]的临床研究指出,在骨水泥使用过程中需对抗生素骨水泥进行适当塑形以填充创面腔隙,使周围皮肤与软组织得以收紧并缝合,避免遗留死腔。郭晓峰等^[49]的研究亦提出,清创后创面深部常遗留较大腔隙,需采用等体积的抗生素骨水泥进行填塞。熊风等^[70]的研究则表明,骨水泥经充分混合后,应塑形为与缺损形状相近的形态,再行填充覆盖创面。

推荐意见 10:骨水泥放置时可联合负压引流、骨搬运技术等,以提升创面治疗效果。证据等级:3 级,推荐强度:中等推荐。



注:最左侧图中的抗生素不是必选项

图1 骨水泥在糖尿病创面治疗中的操作流程示意图

Figure 1 Schematic diagram of the operative procedure for bone cement application in the treatment of diabetic wounds

证据与说明:在糖尿病足复杂创面,尤其是Wagner 4级及以上且合并骨髓炎或伴较大组织缺损的治疗中,单纯应用骨水泥难以完全满足临床需求,需与其他创面修复技术联合应用以提升疗效^[41,71]。根据创面不同阶段的核心矛盾,可采用以下联合策略:(1)与负压引流联合。在处理糖尿病伴发的大面积或深部感染创面时,骨水泥不仅能稳固创面、隔绝外界污染,其与VSD装置联合应用还可形成强大的引流系统,有效清除创面渗出液与坏死组织,加速愈合进程^[72]。负压引流可及时引流渗液、减轻组织水肿,为抗生素骨水泥持续发挥抗菌作用创造清洁环境。此外,负压产生的机械牵拉效应可促进创周血液循环与肉芽组织生长,加速肉芽组织覆盖骨水泥表面,为后续缝合或植皮创造条件。赵雅玫等^[73]的临床荟萃分析表明,相较于单纯应用VSD,抗生素骨水泥+VSD治疗糖尿病足溃疡可缩短创面愈合时间、患者住院时间及细菌转阴时间,提高治疗有效率,并减少手术次数。张宝成等^[74]的研究亦表明,前述联合方案能有效控制软组织感染,并为Ⅱ期皮片或皮瓣修复创面提供有利条件。卜凡玉等^[69]的研究指出,采用彻底清创、VSD及骨水泥填充的序贯治疗策略,是临床治疗糖尿病足合并骨髓炎的有效方法之一。一项关于负压疗法联合抗生素骨水泥治疗糖尿病足溃疡的前瞻性随机对照试验表明,联合治疗较单纯负压疗法更易在创面局部形成血管化良好且以M2型巨噬细胞极化为主的创面床,从而促进溃疡愈合^[14]。另一项针对多重耐药菌感染糖尿病足溃疡的回顾性研究也显示,接受骨水泥联合VSD治疗较常规治疗联合VSD的患者在炎症指标、血管内皮生长因子及足背动脉内径改善方面更为显著,且细菌转阴时间、创面愈合时间及患者住院时间均明显缩短($P<0.05$)^[37]。因此,在骨水泥治疗过程中联合负压引流可增强治疗效果。(2)与骨搬运技术联合。糖尿病

足患者多伴有下肢远端血运障碍,其中部分病例实施球囊扩张术效果不佳,而骨搬运技术可通过刺激微血管网再生改善下肢血供、缓解创面缺氧状态,为后续骨水泥治疗创造更有利的愈合环境^[75]。然而,该技术亦存在边缘皮肤坏死、截骨部位感染、继发骨髓炎、搬运骨坏死及微循环重建不理想等不足,仍需进一步临床试验进行改进与验证^[76]。阿布都吾甫尔·阿布都热合曼等^[77]的研究显示,骨搬运技术联合抗生素骨水泥治疗胫骨骨髓炎可提高患者术后功能恢复优良率与治愈率,改善Paley评分,降低复发率与再次清创率,且不增加并发症发生风险,安全性较高。一项纳入243例糖尿病患者的回顾性队列研究表明,骨搬运技术联合抗生素骨水泥较单纯骨搬运技术治疗糖尿病足溃疡,虽在中短期内对创面愈合时间及足踝部血供影响不显著,但可更快控制溃疡感染、加速创面愈合^[27]。总之,骨水泥与其他创面修复技术的联合应用,已成为骨水泥治疗的一个重要方向。

推荐意见 11:在放置骨水泥后,推荐术后每2~3 d换药观察1次,评估创面的感染、缺血、出血情况。证据等级:4级,推荐强度:弱推荐。

证据与说明:骨水泥治疗后的创面管理对保证疗效及预防并发症至关重要。术后应每2~3 d换药观察1次,评估创面的感染、缺血、出血情况。观察的具体指标包括(1)创周皮肤颜色、皮肤温度变化及疼痛情况,(2)创面渗出物及引流液的性状、颜色、气味和引流量等局部指标,(3)血液检验、影像学检查及患者全身状态等,以进行综合判断。一旦观察到异常情况,应及时予以处理。对于在负重区域放置骨水泥的患者,还需注意局部完全减压,以防发生压迫性溃疡。陈伟等^[66]建议术后2~3天复查感染指标,若创面无红肿、无脓性分泌物且指标呈下降趋势,则可考虑出院。

推荐意见 12:骨水泥填充或覆盖创面时间一般

为3周左右,合并骨髓炎者可延长至4~6周,但建议最长不超过6周。证据等级:3级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:糖尿病创面中骨水泥的放置时间应根据病情复杂程度及诱导膜形成情况综合决定。对于一般创面,骨水泥置入时间通常为3周左右,以促进创面血管化;对于伴有骨质破坏或肌腱外露的创面,骨水泥可放置4周左右,以提供持久支撑与保护;对于合并骨髓炎的创面,骨水泥放置时间可延长至4~6周,利用其抗生素缓释功能辅助控制感染。此外,对于坏死性筋膜炎患者,应先彻底清创引流,待感染控制后,参照一般创面的处理原则放置骨水泥2~3周,并在创面分泌物标本培养阴性后再行关闭。骨水泥在创面放置时间不宜超过6周,否则可能限制创面愈合,并增加感染风险。尤加省等^[65]观察到,糖尿病患者创面在清创后使用骨水泥,肉芽组织形成时间为12~21 d,平均14 d。Morelli等^[78]的研究显示,抗生素骨水泥与创面接触后可形成富含血管的诱导膜,并分泌促进愈合的因子。Yao等^[42]在12例糖尿病患者肌腱外露创面中使用抗生素骨水泥进行治疗,3~4周后移除骨水泥并行全厚皮片移植修复。结果显示,10例患者创面完全愈合;2例患者创面皮片出现部分坏死,经换药后愈合。庞仲辉等^[44]对68例糖尿病患者肌腱外露创面的研究显示,骨水泥放置3~4周后取出,创基肉芽组织生长良好。徐鹏等^[79]研究表明,糖尿病坏死性筋膜炎患者入院后立即行小腿切开减压,后续予以清创及不添加抗生素的骨水泥填塞,术后10 d更换为抗生素骨水泥,无明显渗液后出院,术后3周行清创缝合及植皮时创面无明显炎症,患者血常规及创面感染指标正常。综上,骨水泥放置时间一般为3周左右,此时可形成具有生物活性的诱导膜^[67],若创面合并骨髓炎,可延长至4~6周,但总放置时间不宜过长。

推荐意见 13:拆除骨水泥后,根据创面情况选择直接缝合、植皮或皮瓣移植等方式封闭创面。证据等级:3级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:拆除骨水泥后需及时闭合创面。对于小范围缺损,可进行直接缝合或采用皮片移植以迅速覆盖创面,促进愈合;对于大面积或组织缺损严重的创面,可采用皮瓣移植进行修复。皮瓣因携带皮肤、脂肪、肌肉及血管等组织,可为创面提供充足的血液供应与营养,移植后能显著加快愈合速度,并尽可能恢复皮肤功能与外观,因此成为创面

修复的理想选择。对于负重区域的创面,二次修复时宜选用耐磨性好的皮瓣组织进行覆盖,术后需穿戴减压鞋具以预防复发;对于非负重区域创面,则可根据情况灵活选择适宜的闭合方式。程卫东等^[40]采用骨水泥+螺旋桨皮瓣修复糖尿病足踝部创面,术后皮瓣存活良好,并在术后1.0~1.5年的随访中观察到所有患者皮瓣外形始终保持良好。黄平等^[80]研究显示,应用骨水泥联合延迟外踝上穿支筋膜皮瓣治疗糖尿病足,效果良好,且操作简便。综上,置入骨水泥后,若创基肉芽组织生长良好,可根据创面大小及组织缺损程度选择适宜的修复方式。

推荐意见 14:骨水泥治疗期间应对患者加强宣传教育,以提高患者依从性及配合度。证据等级:5级,推荐强度:弱推荐。

证据与说明:骨水泥治疗的成功不仅依赖于规范的手术操作,还与患者的充分理解及良好医患配合密切相关,因此进行系统化的宣传教育至关重要。治疗开始前,医护人员应以通俗易懂的语言向患者及其家属阐明骨水泥治疗的核心目的是促进创面床准备,为后续创面闭合奠定基础,并简要介绍治疗过程、可能的不适及注意事项。宣传教育重点应包括:(1)明确骨水泥为阶段性治疗手段而非永久植入物,二次手术取出属于治疗必要环节,以缓解患者因误解产生的焦虑;(2)指导患者每日观察创周有无红肿加剧、异常渗出、疼痛或异味,并教会其正确保护患肢,避免负重或碰撞;(3)强调严格血糖控制、均衡营养摄入及戒烟的重要性,为保障创面愈合奠定基础;(4)明确定期随访的必要性,使患者理解返院复查有助于监测疗效、早期发现并发症并及时调整方案,从而提高治疗依从性。通过积极的宣传教育,可增强患者的治疗信心与依从性,有助于早期发现潜在问题,从而优化骨水泥治疗效果,降低并发症发生风险。

6 临床问题 4: 骨水泥在糖尿病创面治疗中的并发症

推荐意见 15:骨水泥治疗糖尿病创面的整体安全性不低于传统疗法,其应用不增加创面局部或全身并发症发生风险。证据等级:2级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:相较于传统治疗技术,将骨水泥应用于糖尿病创面进行治疗并未增加并发症发生风险。在关节置换及骨髓炎治疗中,骨水泥的主要

并发症为骨水泥植入综合征,临床表现为低血压、出血、心律失常等,严重者可致心搏骤停^[32-35],其机制尚不明确,系多因素综合作用所致^[81]。然而,目前尚未见骨水泥置入创面后发生此类并发症的报道。Tarchala 等^[82]的临床研究指出,部分患者应用骨水泥后可能出现局部或全身过敏反应及毒性反应等。Sun 等^[41]的研究表明,应用抗生素骨水泥较常规治疗在创面出血、组织坏死等并发症的发生率方面,差异无统计学意义($P>0.05$)。综上所述,骨水泥用于糖尿病创面治疗时,并不增加创面的并发症发生风险。

推荐意见 16:在糖尿病创面中使用骨水泥,可能出现创面感染加重、出血、渗出增多、疼痛等并发症,需定期随访、及时评估、恰当处置,必要时去除骨水泥探查创面。证据等级:3 级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:骨水泥治疗糖尿病创面的效果不仅依赖于规范的术中操作,更离不开术后的定期换药观察与护理。因此,建立系统、规范的随访机制至关重要。置入骨水泥后即应启动定期评估,每次换药时需重点观察创面有无感染、出血及缺血坏死等征象。针对可能出现的并发症,推荐处理措施如下:(1)若创面出现持续性出血或渗液突然增多且伴恶臭味,应立即移除骨水泥,再次彻底清创、止血,控制感染后重新评估是否可再次使用骨水泥。同时应根据感染程度及药物敏感试验结果选用敏感抗生素,并密切监测血常规等指标,及时调整治疗方案。(2)若创缘或周围组织出现缺血发黑或坏死,需立即拆除骨水泥,并给予改善血供等处理。(3)若骨水泥覆盖区域渗液较多,应加强局部换药引流,必要时拆除骨水泥进行换药,以避免感染加重。(4)若创面疼痛或水肿加重,在排除创面感染、组织缺血及全身因素后,可暂予换药观察;必要时拆除骨水泥探查创基,待创基改善后再行置入骨水泥。卜凡玉等^[69]指出,术后创面若渗液多且感染控制不佳,则需反复清创直至无感染征象且细菌培养阴性。徐鹏等^[79]研究显示,糖尿病并发小腿坏死性筋膜炎患者在行切开减压及骨水泥填塞后,需持续监测血糖并定期门诊换药。换药评估过程中,还应监测患者体温、血常规、炎症指标(如 C 反应蛋白、红细胞沉降率)及血糖控制水平,以早期发现潜在的全身性感染或代谢紊乱。对于抗生素骨水泥,需留意局部药物释放是否对周围健康组织产生不良反

应;对于填充型骨水泥,则应观察其降解或存留过程中是否影响创腔闭合或产生机械性压迫。一旦出现感染征象、创面恶化或患者全身状态不稳定,需及时行影像学检查(如超声、MRI 等)评估深部情况,必要时取出或更换骨水泥。系统的随访不仅是预防并发症的关键,也是保障骨水泥治疗成功的重要环节。

7 临床问题 5:糖尿病创面治疗使用骨水泥的经济效益

推荐意见 17:临床应用骨水泥治疗糖尿病创面,不仅有利于创面修复,且能有效减少医疗物资及医护人力资源的消耗,具有较好的卫生经济学效益。证据等级:2 级,推荐强度:中等推荐。

证据与说明:目前,关于骨水泥治疗糖尿病创面经济效益评价的研究尚不多见,但现有文献均显示其具有较好的成本效益优势。Dong 等^[12]的荟萃分析显示,抗生素骨水泥治疗糖尿病创面可缩短住院时间、减少手术次数并加速愈合,提示其有助于降低医疗成本及患者经济负担。Mendame 等^[13]将 36 例糖尿病足溃疡合并骨髓炎患者随机分为研究组(抗生素骨水泥治疗)与对照组(常规 VSD 治疗),结果显示,与对照组相比,研究组患者的疼痛数字评估量表评分明显降低、住院时间明显缩短,住院费用明显降低($P<0.05$)。黄红军等^[83]回顾性分析了 18 例糖尿病足溃疡患者的治疗效果,也表明抗生素骨水泥治疗较常规治疗+负压吸引疗法可明显减少手术次数,缩短住院时间($P<0.05$)。Krause 等^[84]评估经跗骨截肢+生物可吸收硫酸钙抗生素珠治疗前足糖尿病感染的临床效果,结果显示该技术可改善感染症状,进而提高患者生活质量并节省医疗费用。综上,在糖尿病创面治疗中应用骨水泥具有一定的经济学优势。

8 总结与展望

骨水泥在糖尿病慢性创面的治疗中,已日渐成为多学科综合治疗框架的关键组成部分,本共识基于现有临床证据与实践经验,围绕其适应证、操作流程、常见并发症处理及注意事项等重要环节,对其临床使用进行系统整合与规范(图 2)。骨水泥治疗成功的关键在于局部血供充足、感染有效控制、操作流程规范及基础治疗的落实。目前,相关研究多以临床效果观察为主,未来亟需开展高质量临床

研究以优化治疗标准、探索联合治疗策略,并系统评估其长期卫生经济学效益,推动该技术向精准化与高效化发展,进一步提高糖尿病慢性创面的愈合率及患者生活质量。

《骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用专家共识(2026版)》编写组

顾问:付小兵(解放军总医院医学创新研究部创伤修复与组织再生重点实验室)

组长:郭光华(南昌大学第一附属医院烧伤整形与创面修复医学中心)、黄跃生(南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所)、陶克(温州医科大学附属第一医院创面修复与再生医学中心创面修复科)

专家组成员(单位名称以拼音排序,姓名以姓氏笔画排序):安徽医科大学第一附属医院烧伤与创面修复外科孙业祥、陈旭林,重庆大学附属中心医院内分泌科邓武权,广东省人民医院赣州医院烧伤整形创面修复外科周华,哈尔滨市第五医院烧伤整形与创面修复科李宗瑜,海南医科大学第一附属医院创面修复科程少文,暨南大学附属第一医院整形美容外科刘宏伟,江南大学附属医院烧伤创伤诊疗中心吕国忠,解放军南部战区总医院烧伤整形外科程飏,解放军总医院第一医学中心组织再生与创面修复科姜玉峰,空军军医大学第一附属医院烧伤与皮肤外科官浩、周琴、胡大海,兰州大学第二医院烧伤整形与创面修复外科刘毅,陆军军医大学第一附属医院全军烧伤研究所梁光萍,陆军军医大学第一附属医院整形外科张家平,南昌大学第一附属医院烧伤整形与创面修复医学中心付忠华、张红艳、闵定宏、郭光华,南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所黄跃生,南通大学附属医院烧伤整形创面修复科张逸,山东大学第二医院美容整形烧伤科姜笃银,上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心烧伤修复科朱世辉,上海交通大学医学院附属瑞金医院创面修复中心陆树良,上海交通大学医学院附属瑞金医院烧伤整形与创面修复科郇京宁,深圳大学第一附属医院烧伤整形创面修复科吴军、黄广涛,首都医科大学附属北京积水潭医院烧伤整形与创面修复科沈余明,同济大学附属东方医院重症医学科朱峰,皖南医科大学弋矶山医院创面修复外科丁伟,温州医科大学附属第

一医院创面修复与再生医学中心创面修复科王健、陈好、陈雄、陶克,武汉大学中南医院整形美容科谢卫国,浙江大学附属邵逸夫医院骨科尤加省、李宏烨,郑州市第一人民医院烧伤科李晓亮、夏成德,中南大学湘雅医院烧伤整形外科张丕红

首席方法学专家:李晨(空军军医大学军事预防医学系军队卫生统计学教研室)

文献收集整理组成员:曹涛、计鹏、王克甲(空军军医大学第一附属医院烧伤与皮肤外科),赵明(解放军联勤保障部队第九二八医院烧伤整形外科),韩姿潼、李柄楠(温州医科大学附属第一医院创面修复与再生医学中心创面修复科),姚江凌、杨健(海南医科大学第一附属医院创面修复科),尤加省(浙江大学附属邵逸夫医院骨科)

执笔组成员:曹涛、计鹏、王克甲(空军军医大学第一附属医院烧伤与皮肤外科),陶克(温州医科大学附属第一医院创面修复与再生医学中心创面修复科),程少文、姚江凌、杨健(海南医科大学第一附属医院创面修复科),李宏烨、尤加省(浙江大学附属邵逸夫医院骨科)

利益冲突 所有编写组成员在共识启动前都签署了《利益冲突声明书》,声明不存在与本共识主题直接相关的商业利益冲突。无商业组织向本共识编写组支付费用,本共识制订过程中需要的资金均来自本文著录的基金项目,用以承担制订过程中的材料费、查新费、差旅费及项目组织实施费用等,且推荐意见未受资助影响

参考文献

- [1] Ogurtsova K, Guariguata L, Barengo NC, et al. IDF diabetes Atlas: global estimates of undiagnosed diabetes in adults for 2021[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2022, 183: 109118. DOI: 10.1016/j.diabres.2021.109118.
- [2] Ahmad E, Lim S, Lamptey R, et al. Type 2 diabetes[J]. Lancet, 2022, 400(10365): 1803-1820. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)01655-5.
- [3] Zheng Y, Ley SH, Hu FB. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications[J]. Nat Rev Endocrinol, 2018, 14(2): 88-98. DOI: 10.1038/nrendo.2017.151.
- [4] Armstrong DG, Tan TW, Boulton A, et al. Diabetic foot ulcers: a review[J]. JAMA, 2023, 330(1): 62-75. DOI: 10.1001/

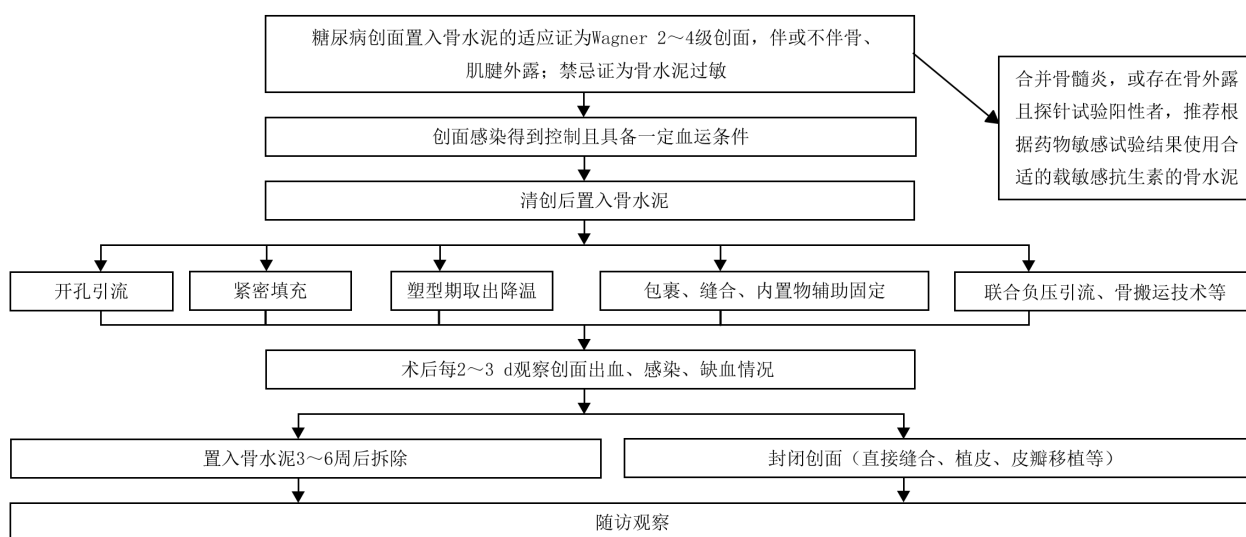


图2 《骨水泥在糖尿病创面治疗中的应用专家共识(2026版)》临床路径图

Figure 2 Clinical pathway diagram from the Expert consensus on the application of bone cement in the treatment of diabetic wounds (2026 edition)

- jama.2023.10578.
- [5] Reardon R, Simring D, Kim B, et al. The diabetic foot ulcer[J]. *Aust J Gen Pract*, 2020, 49(5): 250-255. DOI: 10.31128/AJGP-11-19-5161.
 - [6] 中国医疗保健国际交流促进会糖尿病足病分会, 国际血管联盟中国分部糖尿病足病专家委员会. 中国糖尿病足诊治指南[J]. *中国临床医生杂志*, 2020, 48(1): 19-27. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2020.01.007.
 - [7] Lim JZ, Ng NS, Thomas C. Prevention and treatment of diabetic foot ulcers[J]. *J R Soc Med*, 2017, 110(3): 104-109. DOI: 10.1177/0141076816688346.
 - [8] Rehman ZU, Khan J, Noordin S. Diabetic foot ulcers: contemporary assessment and management[J]. *J Pak Med Assoc*, 2023, 73(7): 1480-1487. DOI: 10.47391/JPMA.6634.
 - [9] Lin C, Liu J, Sun H. Risk factors for lower extremity amputation in patients with diabetic foot ulcers: a meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2020, 15(9): e0239236. DOI: 10.1371/journal.pone.0239236.
 - [10] Musuza J, Sutherland BL, Kurter S, et al. A systematic review of multidisciplinary teams to reduce major amputations for patients with diabetic foot ulcers[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(4): 1433-1446.e3. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.08.244.
 - [11] van Asten S, Mithani M, Peters E, et al. Complications during the treatment of diabetic foot osteomyelitis[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2018, 135: 58-64. DOI: 10.1016/j.diabres.2017.06.002.
 - [12] Dong T, Huang Q, Sun Z. Antibiotic-laden bone cement for diabetic foot infected wounds: a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1134318. DOI: 10.3389/fendo.2023.1134318.
 - [13] Mendame Ehya RE, Zhang H, Qi B, et al. Application and clinical effectiveness of antibiotic-loaded bone cement to promote soft tissue granulation in the treatment of neuropathic diabetic foot ulcers complicated by osteomyelitis: a randomized controlled trial[J]. *J Diabetes Res*, 2021, 2021: 9911072. DOI: 10.1155/2021/9911072.
 - [14] Zhong M, Guo J, Qahar M, et al. Combination therapy of negative pressure wound therapy and antibiotic-loaded bone cement for accelerating diabetic foot ulcer healing: a prospective randomised controlled trial[J]. *Int Wound J*, 2024, 21(10): e70089. DOI: 10.1111/iwj.70089.
 - [15] Chang S, Jian Y, Liu C, et al. Combining antibiotic-loaded bone cement-based free vastus lateralis muscle-sparing flap with split-thickness skin grafts: a reliable strategy for reconstructing diabetic foot ulcers at non-weight-bearing areas[J]. *Int Wound J*, 2024, 21(5): e14900. DOI: 10.1111/iwj.14900.
 - [16] Liu C, You JX, Chen YX, et al. Effect of induced membrane formation followed by polymethylmethacrylate implantation on diabetic foot ulcer healing when revascularization is not feasible[J]. *J Diabetes Res*, 2019, 2019: 2429136. DOI: 10.1155/2019/2429136.
 - [17] Chauhan S, Gulia M, Singh RP, et al. Diabetic wound: pathophysiology, complications and treatment strategies[J]. *Curr Protein Pept Sci*, 2024, 25(3): 200-205. DOI: 10.2174/0113892037276171231016103320.
 - [18] Holl J, Kowalewski C, Zimek Z, et al. Chronic diabetic wounds and their treatment with skin substitutes[J]. *Cells*, 2021, 10(3): 655. DOI: 10.3390/cells10030655.
 - [19] Sen CK. Human wound and its burden: updated 2020 compendium of estimates[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2021, 10(5): 281-292. DOI: 10.1089/wound.2021.0026.
 - [20] Bandyk DF. The diabetic foot: pathophysiology, evaluation, and treatment[J]. *Semin Vasc Surg*, 2018, 31(2-4): 43-48. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2019.02.001.
 - [21] Godavarty A, Leiva K, Amadi N, et al. Diabetic foot ulcer imaging: an overview and future directions[J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2023, 17(6): 1662-1675. DOI: 10.1177/19322968231187660.
 - [22] Pawar KB, Desai S, Bhonde RR, et al. Wound with diabetes: present scenario and future[J]. *Curr Diabetes Rev*, 2021, 17(2): 136-142. DOI: 10.2174/1573399816666200703180137.
 - [23] Lin H, Gao Z, Shan T, et al. A review on the promising antibacterial agents in bone cement-From past to current insights[J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 673. DOI: 10.1186/s13018-024-05143-7.
 - [24] O'Dowd-Booth CJ, White J, Smitham P, et al. Bone cement: perioperative issues, orthopaedic applications and future developments[J]. *J Perioper Pract*, 2011, 21(9): 304-308. DOI: 10.1177/175045891102100902.
 - [25] Wang L, Lu S, Luo W, et al. Efficacy comparison of antibiotic bone cement-coated implants and external fixations for treating infected bone defects[J]. *Int Orthop*, 2023, 47(5): 1171-1179. DOI: 10.1007/s00264-023-05727-8.
 - [26] Dai J, Zhou Y, Mei S, et al. Application of antibiotic bone cement in the treatment of infected diabetic foot ulcers in type 2 diabetes[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 135. DOI: 10.1186/s12891-023-06244-w.
 - [27] Ding X, Yuan Y, Lu H, et al. Analysis of the effect of antibiotic bone cement in the treatment of diabetic foot ulcer through tibia transverse transport[J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(9): 2141-2149. DOI: 10.1111/os.13412.
 - [28] Khury F, Karkabi I, Mazzawi E, et al. Revisiting antibiotic-impregnated cement spacer for diabetic osteomyelitis of the foot[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2024, 13(12): 1153. DOI: 10.3390/antibiotics13121153.
 - [29] Wu S, Xu Y, Guo L, et al. A meta-analysis of the effectiveness of antibacterial bone cement in the treatment of diabetic foot skin wound infections[J]. *Int Wound J*, 2024, 21(3): e14487. DOI: 10.1111/iwj.14487.
 - [30] 曹涛, 计鹏, 张智, 等. 抗生素骨水泥治疗糖尿病足溃疡的前瞻性随机对照研究[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2023, 39(4): 311-318. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20221111-00485.
 - [31] 赵雅玫, 冯磊, 谢斌, 等. 抗生素骨水泥治疗糖尿病足溃疡疗效的 Meta 分析[J]. *中华糖尿病杂志*, 2024, 16(7): 790-798. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20230927-00201.
 - [32] Al-Husinat L, Jouryyeh B, Al Sharie S, et al. Bone cement and its anesthetic complications: a narrative review[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(6): 2105. DOI: 10.3390/jcm12062105.
 - [33] Hines CB. Understanding bone cement implantation syndrome[J]. *AANA J*, 2018, 86(6): 433-441.
 - [34] Jaffe JD, Edwards CJ, Hamzi R, et al. Bone cement implantation syndrome: incidence and associated factors in a united states setting[J]. *Cureus*, 2022, 14(11): e31908. DOI: 10.7759/cureus.31908.
 - [35] Yang Y, Meng X, Huang Y. Study of the cement implantation syndrome: a review[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2024, 103(24): e38624. DOI: 10.1097/MD.00000000000038624.
 - [36] Cieremans D, Muthusamy N, Singh V, et al. Does antibiotic

- bone cement reduce infection rates in primary total knee arthroplasty? [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023,33(8): 3379-3385. DOI: 10.1007/s00590-023-03557-3.
- [37] Guo H, Xue Z, Mei S, et al. Clinical efficacy of antibiotic-loaded bone cement and negative pressure wound therapy in multidrug-resistant organisms diabetic foot ulcers: a retrospective analysis[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2024,14:1521199. DOI: 10.3389/fcimb.2024.1521199.
- [38] Nau C, Seebach C, Trumm A, et al. Alteration of Masquelet's induced membrane characteristics by different kinds of antibiotic enriched bone cement in a critical size defect model in the rat's femur[J]. *Injury*, 2016, 47(2): 325-334. DOI: 10.1016/j.injury.2015.10.079.
- [39] 吕和, 祝海炳, 马一平, 等. 载万古霉素骨水泥治疗 Wagner II-IV 级糖尿病足病例对照研究[J]. *中国骨伤*, 2021,34(10): 947-952. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.10.012.
- [40] 程卫东. 抗生素骨水泥联合螺旋桨皮瓣在修复糖尿病足踝部创面中的临床应用价值[J]. *双足与保健*, 2018,27(17):76-77. DOI: 10.19589/j.cnki.issn1004-6569.2018.17.076.
- [41] Sun YW, Li L, Zhang ZH. Antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum-assisted closure facilitating wound healing in Wagner 3-4 diabetic foot ulcers[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2025, 24(3): 672-677. DOI: 10.1177/15347346221109045.
- [42] Yao J, Zeng Y, Yang J, et al. Repairing tendon-exposed wounds by combing the Masquelet technique with dermoplasty[J]. *Front Surg*, 2022,9:995316. DOI: 10.3389/fsurg.2022.995316.
- [43] 谭斌, 王振林, 李登博, 等. 抗生素骨水泥封闭创面诱导膜植皮修复肌腱外露创面[J]. *中国骨伤*, 2020,33(6):564-566. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.06.015.
- [44] 庞仲辉, 李强, 董玉珍. 抗生素骨水泥诱导膜技术治疗骨肌腱外露创面的临床价值[J]. *医师在线*, 2024,14(2):16-19. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1765.2024.02.005.
- [45] Dalla Paola L, Carone A, Morisi C, et al. Conservative surgical treatment of infected ulceration of the first metatarsophalangeal joint with osteomyelitis in diabetic patients[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54(4): 536-540. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.08.004.
- [46] Whiteside LA. Clinical results of revision TKA in patients with presumed metal and cement allergy[J]. *J Arthroplasty*, 2022,37(6S):S250-S257. DOI: 10.1016/j.arth.2022.02.052.
- [47] Gamez M. Cement allergy: a case study[J]. *Orthop Nurs*, 2015,34(4):223-226. DOI: 10.1097/NOR.0000000000000162.
- [48] 袁波, 黄芳. 丙烯酸骨水泥致过敏性休克并死亡一例[J]. *药学服务与研究*, 2006,6(6):420,426. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2838.2006.06.033.
- [49] 郭晓峰, 金柱成, 邓鑫鑫, 等. 抗生素骨水泥联合负压封闭引流治疗糖尿病并发坏死性筋膜炎的临床效果[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2023,39(12):1158-1162. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231030-00151.
- [50] Tang K, Millar BC, Moore JE. Antimicrobial resistance (AMR) [J]. *Br J Biomed Sci*, 2023, 80: 11387. DOI: 10.3389/bjbs.2023.11387.
- [51] Lipsky BA, Uçkay İ. Treating diabetic foot osteomyelitis: a practical state-of-the-art update[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021,57(4):339. DOI: 10.3390/medicina57040339.
- [52] Ganta A, Merrell LA, Adams J, et al. Retention of antibiotic cement delivery implants in orthopedic infection associated with united fractures does not increase recurrence risk[J]. *J Orthop Trauma*, 2024, 38(4): 190-195. DOI: 10.1097/BOT.0000000000002771.
- [53] Kandemir O, Akbay E, Sahin E, et al. Risk factors for infection of the diabetic foot with multi-antibiotic resistant microorganisms[J]. *J Infect*, 2007, 54(5): 439-445. DOI: 10.1016/j.jinf.2006.08.013.
- [54] Wong MW, Hui M. Development of gentamicin resistance after gentamicin-PMMA beads for treatment of foot osteomyelitis: report of two cases[J]. *Foot Ankle Int*, 2005, 26(12):1093-1095. DOI: 10.1177/107110070502601216.
- [55] Wall V, Nguyen TH, Nguyen N, et al. Controlling antibiotic release from polymethylmethacrylate bone cement[J]. *Biomedicine*, 2021, 9(1): 26. DOI: 10.3390/biomedicine9010026.
- [56] Cong B, Chen M. Evaluating the efficacy of combined flap coverage, antibiotic-loaded bone cement and negative pressure irrigation in traumatic osteomyelitis management [J]. *Int Wound J*, 2024, 21(1): e14650. DOI: 10.1111/iwj.14650.
- [57] Rajendran M, Iraivan G, Ghayathri B L, et al. Antibiotic loaded nano rod bone cement for the treatment of osteomyelitis[J]. *Recent Pat Nanotechnol*, 2021,15(1):70-89. DOI: 10.2174/1872210514666200811103724.
- [58] Melamed EA, Peled E. Antibiotic impregnated cement spacer for salvage of diabetic osteomyelitis[J]. *Foot Ankle Int*, 2012,33(3):213-219. DOI: 10.3113/FAI.2012.0213.
- [59] Fung B, Hoit G, Schemitsch E, et al. The induced membrane technique for the management of long bone defects[J]. *Bone Joint J*, 2020, 102-B(12): 1723-1734. DOI: 10.1302/0301-620X.102B12.BJJ-2020-1125.R1.
- [60] Jiang X, Xu Y, Jiao G, et al. The combined application of antibiotic-loaded bone cement and vacuum sealing drainage for sternal reconstruction in the treatment of deep sternal wound infection[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2022, 17(1): 209. DOI: 10.1186/s13019-022-01951-2.
- [61] Jiang X, Jiao G, Li M, et al. Using antibiotic-loaded bone cement for a patient with deep sternal wound infection after cardiac surgery[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2022,34(6):1150-1151. DOI: 10.1093/icvts/ivab332.
- [62] Dayya D, O'Neill OJ, Huedo-Medina TB, et al. Debridement of diabetic foot ulcers[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2022,11(12):666-686. DOI: 10.1089/wound.2021.0016.
- [63] Elraiyah T, Domecq JP, Prutsky G, et al. A systematic review and meta-analysis of débridement methods for chronic diabetic foot ulcers[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(2 Suppl): 37S-45S.e1-2. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.10.002.
- [64] Aiyyer A, Raikin S, Parvizi J. 2018 international consensus meeting on musculoskeletal infection: findings of the Foot and Ankle Work Group[J]. *Foot Ankle Int*, 2019,40(1_suppl): 1S. DOI: 10.1177/1071100719852356.
- [65] 尤加省, 李宏焯, 刘超. 载抗生素骨水泥在治疗下肢感染性创面中的疗效分析[J]. *中国骨伤*, 2021,34(7):670-673. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.07.016.
- [66] 陈伟, 常树森, 周健, 等. 抗生素骨水泥联合游离股前外侧组织瓣序贯治疗糖尿病足溃疡的临床疗效[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2023,39(4):319-324. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20220628-00267.
- [67] Alford AI, Nicolaou D, Hake M, et al. Masquelet's induced membrane technique: review of current concepts and future directions[J]. *J Orthop Res*, 2021,39(4):707-718. DOI:

- 10.1002/jor.24978.
- [68] Yee MA, Mead MP, Alford AI, et al. Scientific understanding of the induced membrane technique: current status and future directions[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31 Suppl 5: S3-S8. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000981.
- [69] 卜凡玉, 薛明宇, 王进, 等. 改良诱导膜技术结合带蒂(肌)皮瓣治疗尿患者胫骨慢性骨髓炎[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(6): 716-721. DOI: 10.7507/1002-1892.202101013.
- [70] 熊风, 李伟峰, 张汀葆, 等. 改良胫骨横向往骨搬运术结合万古霉素磷酸钙骨水泥局部填充覆盖治疗糖尿病足疗效分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(10): 1261-1265. DOI: 10.7507/1002-1892.202204090.
- [71] Zhang F, Guo Y, Zhang W, et al. A three-stage sequential surgical approach to a more efficient management of clinical stage 4 diabetic foot ulcers[J]. *Front Surg*, 2025, 12: 1696424. DOI: 10.3389/fsurg.2025.1696424.
- [72] Liu P, Sun Y. Evaluating the efficacy of combined flap coverage, antibiotic-loaded bone cement and negative pressure irrigation in traumatic osteomyelitis management [J]. *Int Wound J*, 2024, 21(7): e70011. DOI: 10.1111/iwj.70011.
- [73] 赵雅玫, 谢斌, 陈艳, 等. 抗生素骨水泥联合负压封闭引流对糖尿病足溃疡临床疗效的荟萃分析[J]. *中华损伤与修复杂志(电子版)*, 2023, 18(5): 427-433. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2023.05.011.
- [74] 张宝成, 元玲, 蔡贤华, 等. 抗生素骨水泥联合负压封闭引流术治疗软组织感染[J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28(23): 2190-2192. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.19.
- [75] Chang S, Zhang F, Chen W, et al. Outcomes of integrated surgical wound treatment mode based on tibial transverse transport for diabetic foot wound[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 1051366. DOI: 10.3389/fsurg.2022.1051366.
- [76] 杨成兰, 陈静, 闫雪萍, 等. Masquelet 诱导膜技术联合多种治疗策略在糖尿病足创面中的临床应用进展[J]. *中华糖尿病杂志*, 2025, 17(8): 1057-1061. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20241102-00655.
- [77] 阿布都吾甫尔·阿布都热合曼, 艾克拜尔·亚森, 梁志林, 等. 骨搬运联合抗生素骨水泥治疗胫骨骨髓炎的临床效果[J]. *新疆医学*, 2025, 55(7): 799-803.
- [78] Morelli I, Drago L, George DA, et al. Masquelet technique: myth or reality? A systematic review and meta-analysis[J]. *Injury*, 2016, 47 Suppl 6: S68-S76. DOI: 10.1016/S0020-1383(16)30842-7.
- [79] 徐鹏, 薛明宇, 芮永军, 等. 载抗生素骨水泥治疗糖尿病足坏死性筋膜炎致小腿筋膜室综合征[J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(17): 2637-2641. DOI: 10.12307/2024.441.
- [80] 黄平, 余晓芳, 尤加锐, 等. 抗生素骨水泥联合延迟外踝上穿支筋膜皮瓣治疗糖尿病足[J]. *中华显微外科杂志*, 2022, 45(2): 128-132. DOI: 10.3760/cma.j.cn441206-20211201-00284.
- [81] de Froidmont S, Bonetti LR, Villaverde RV, et al. Postmortem findings in bone cement implantation syndrome-related deaths[J]. *Am J Forensic Med Pathol*, 2014, 35(3): 206-211. DOI: 10.1097/PAF.0000000000000110.
- [82] Tarchala M, Harvey EJ, Barralet J. Biomaterial-stabilized soft tissue healing for healing of critical-sized bone defects: the Masquelet technique[J]. *Adv Healthc Mater*, 2016, 5(6): 630-640. DOI: 10.1002/adhm.201500793.
- [83] 黄红军, 牛希华, 杨冠龙, 等. 抗生素骨水泥在糖尿病足溃疡创面应用的临床效果[J]. *中华烧伤杂志*, 2019, 35(6): 464-466. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.06.013.
- [84] Krause FG, deVries G, Meakin C, et al. Outcome of transmetatarsal amputations in diabetics using antibiotic beads[J]. *Foot Ankle Int*, 2009, 30(6): 486-493. DOI: 10.3113/FAI.2009.0486.