

·指南与共识·

本文亮点:

- (1) 糖尿病足溃疡合并下肢血管病变是临床中的常见病、多发病,但临床上针对该疾病仍存在经验性诊疗和不规范诊疗的问题。本共识可推动糖尿病足溃疡合并下肢血管病变诊疗过程的同质化、规范化,同时为推广针对该疾病的多学科诊疗模式提供学术性依据和指导性意见。
- (2) 本共识为中国首部关于糖尿病足溃疡合并下肢血管病变外科诊疗的专家共识,具有较强的临床可操作性和重要的学术意义。

Highlights:

- (1) The diabetic foot ulcer complicated with lower extremity vasculopathy is a common and frequently occurring disease in clinic, but there are still problems of empirical and nonstandard diagnosis and treatment for the disease. This consensus could promote the homogenization and standardization of the diagnosis and treatment process of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy, and provide academic basis and guiding opinions for the promotion of multidisciplinary diagnosis and treatment mode for the disease.
- (2) This consensus was the first expert consensus on the diagnosis and surgical treatment of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy in China, which had strong clinical operability and important academic significance.

糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的外科诊疗全国专家共识(2024 版)

中国老年医学学会烧创伤分会 中华医学会烧伤外科学分会 中国医师协会创面修复专业委员会

通信作者:胡大海,空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心,烧伤与皮肤外科,西安 710032, Email: hudhai@fmmu.edu.cn; 黄跃生,南方科技大学医院创面修复科 南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所,深圳 518055, Email: yshuangtmmu@163.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研究中心,北京 100853, Email: fuxiaobing@vip.sina.com

【摘要】 糖尿病足溃疡合并下肢血管病变具有发病率高、愈合缓慢、预后差的特点,如不经规范治疗易导致截肢甚至危及生命。针对合并下肢血管病变的治疗对改善糖尿病足溃疡的愈合进程至关重要,在临床实践中逐渐得到重视。近年来,关于糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的临床

研究已见诸多报道,为了进一步规范临床诊疗,由中国老年医学学会烧创伤分会、中华医学会烧伤外科学分会、中国医师协会创面修复专业委员会牵头的专家组共同审议并编写了《糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的外科诊疗全国专家共识(2024 版)》。该共识以文献证据为基础,内容涵盖了糖

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231122-00202

本文引用格式:中国老年医学学会烧创伤分会,中华医学会烧伤外科学分会,中国医师协会创面修复专业委员会. 糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的外科诊疗全国专家共识(2024 版)[J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2024, 40(3): 206-220. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231122-00202.

Burns and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society, Chinese Burn Association, Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association. National expert consensus on the diagnosis and surgical treatment of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy (2024 version) [J]. Chin J Burns Wounds, 2024, 40(3): 206-220. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231122-00202.



糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的疾病特征、临床诊疗循证证据以及新技术和新治疗方法的应用,旨在为临床工作者提供关于糖尿病足溃疡合并下肢血管病变最佳筛查和诊疗方法的明确指导,希望为从事糖尿病足创面治疗的医务人员提供规范性的临床实践依据。

【关键词】 糖尿病足; 糖尿病血管病变; 外周动脉疾病; 微循环; 截肢技术; 创面修复; 专家共识

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(81901966);陕西省重点研发计划一般项目(2022SF-047)

指南与共识注册:国际实践指南注册与透明化平台, PREPARE-2022CN733

National expert consensus on the diagnosis and surgical treatment of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy (2024 version)

Burns and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society, Chinese Burn Association, Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association

Corresponding authors: Hu Dahai, Department of Burns and Cutaneous Surgery, Burn Center of PLA, the First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an 710032, China, Email: hudhai@fmmu.edu.cn; Huang Yuesheng, Department of Wound Repair, Southern University of Science and Technology Hospital, Institute of Wound Repair and Regenerative Medicine, Southern University of Science and Technology School of Medicine, Shenzhen 518055, China, Email: yshuangtmmu@163.com; Fu Xiaobing, Research Center for Wound Repair and Tissue Regeneration, Medical Innovation Research Department, the PLA General Hospital, Beijing 100853, China, Email: fuxiaobing@vip.sina.com

【Abstract】 Diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy possess the characteristics of high incidence, slow healing, and poor prognosis, which may eventually lead to amputation or even life-threatening if not treated properly. The treatment of complicated lower extremity vasculopathy is vital to improve the healing process of diabetic foot ulcers, which has gradually received attention in clinical practice. Recently, a number of clinical trials on diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy were reported. In order to further standardize the clinical diagnosis and treatment of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy, an expert group headed by Burns and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society, Chinese Burn Association, and Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association deliberated and compiled the *National expert consensus on the diagnosis and surgical treatment of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy (2024 version)* together. This consensus is based on evidences from the literature, covers the disease characteristics, evidence-based evidence of clinical diagnosis and treatment, as well as the application of new technologies and new treatment approaches of diabetic foot ulcers complicated with lower

extremity vasculopathy. The goal of this consensus is to provide clear guidance to practitioners on the best approaches for screening, diagnosing, and treating diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy in individuals, hoping to provide a normative clinical practice basis for medical staff engaged in the treatment of diabetic foot wounds.

【Key words】 Diabetic foot; Diabetic angiopathies; Peripheral arterial disease; Microcirculation; Amputation; Wound repair; Expert consensus

Fund program: Youth Science Fund Project of National Natural Science Foundation of China (81901966); General Project of Key Research and Development Program of Shaanxi Province of China (2022SF-047)

Registration of consensus and guideline: International Practice Guideline Registry Platform, PREPARE-2022CN733

糖尿病足溃疡(diabetic foot ulcer, DFU)是糖尿病患者的一种严重并发症,主要表现为足部组织的感染、破溃、变性坏死,以及下肢血管和神经病变等临床特征。糖尿病患者中,DFU 发病率高达 19%~34%^[1],而其中约 20% 的足部溃疡因发生感染等原因导致不同节段的截肢^[2],是下肢非外伤性截肢的主要原因。外周动脉疾病(peripheral arterial disease, PAD)是引发 DFU 的主要因素之一,中高收入国家统计数据显示,约 50% 的 DFU 患者会同时伴有 PAD^[3]。但是,由于大多数糖尿病患者在未出现下肢溃疡等并发症前下肢血管病变临床症状尚不典型,因此针对其血管病理改变常缺乏正确的诊疗。

在国内外的临床实践中,对 DFU 和下肢血管病变均有相应的评估方法。比如针对 DFU 评估的 Wagner 分级^[4],国际糖尿病足工作组(International Working Group on the Diabetic Foot, IWGDF)分级^[5],Texas 分级^[6],部位、缺血、神经病变、细菌感染、面积、深度(the site, ischemia, neuropathy, bacterial infection, area, and depth, SINBAD)分级^[7],创面、缺血和足感染(wound, ischemia, and foot infection, WIFI)分级^[8]系统;以及针对下肢血管病变评估的血管彩色多普勒超声,CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA),磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA),数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)等影像学检查和泛大西洋学会联盟(Trans-Atlantic Inter-Society Consensus, TASC)分级^[9]等。但是在强调个体化治疗及多学科诊疗的

今天,DFU 合并下肢血管病变更需要一种综合性的分级及治疗建议。不仅如此,由于各医疗机构和医护群体存在地域性及知识更新的差异,一些更新后的针对 DFU 合并下肢血管病变的治疗理念以及新技术、新方法尚未得到普及,使得该疾病的诊疗选择和预后存在较大差异。基于以上问题,中国老年医学学会烧创伤分会、中华医学会烧伤外科学分会、中国医师协会创面修复专业委员会组织多学科专家,主要基于国内外近年来关于 DFU 合并下肢血管病变的临床研究结果,详尽讨论修订后制订本共识。

1 应用范围

本共识内容涵盖针对 DFU 合并下肢血管病变的评价、诊疗等方面,目标人群是 DFU 合并下肢血管病变的患者。本共识适用于向目标人群提供卫生保健服务的医疗机构和卫生管理部门等,主要使用者为烧伤整形科、创面修复科、血管外科、内分泌科和疾病预防控制科医务工作者。

2 共识制订方法学

本共识预先进行了中英文双语注册,并撰写了计划书。共识工作组由烧伤外科、血管外科、创面修复科、内分泌科和循证医学专业领域的 70 余位专家组成,设立顾问、组长、专家组、执笔组、文献整理组、方法学专家、证据评价组及秘书组。

本共识由执笔组在文献调研和专家咨询的基础上拟定临床问题,并通过在线问卷调查评价临床问题的重要性后进行筛选整理,每个临床问题按照 PICO(P:人群/患者,I:干预措施,C:对照/比较,O:结局指标)形式解构,共识编写组进行 1 次共识会议审核确认并给出初步意见。文献整理组根据临床问题查找 DFU 及下肢血管病变治疗相关的高质量文献,检索英文关键词:diabetic foot ulcer、diabetic wound、lower limbs、peripheral arterial disease、PAD,中文关键词:糖尿病足溃疡、糖尿病创面、外周动脉疾病、下肢血管病变;数据库:PubMed、Medline、Web of Science、中国知网;检索时间为从各数据库建库至 2023 年 7 月 1 日;相关引用文献辅助手工检索,搜索限定为人类疾病相关;文献类型为随机对照试验、病例对照研究、队列研究、临床病例系列研究和专家意见等。通过 Cochrane 偏倚风险工具对纳入的随机对照试验研

究设计的方法学质量进行评价,使用纽卡斯尔-渥太华量表对病例对照研究和队列研究的质量进行评价,采用 Joanna Briggs Institute 标准对临床病例系列研究、专家意见的质量进行评价。由证据评价组根据 2009 版牛津大学循证医学中心证据分级标准(表 1)对文献及专家意见进行证据分级,每条证据均进行 2 次独立评估并获得一致性评价,每条推荐意见有不同级别证据时纳入最高级别证据。执笔组形成共识初稿后,先后经过 1 轮德尔菲法调查反馈和 3 轮共识会议进行意见修改,明确证据等级和推荐强度。若推荐意见获 >95% 专家推荐,则该推荐意见为强推荐;获 75%~95% 专家推荐,则该推荐意见为中推荐;获 ≥50% 且 <75% 专家推荐,则该推荐意见为弱推荐;一致性程度 <50% 的推荐意见将不被纳入。

表 1 2009 版牛津大学循证医学中心证据分级标准

Table 1 Oxford Centre for Evidence-Based Medicine: levels of evidence (2009)

证据级别	定义
A	
1a	基于同质 RCT 的系统评价
1b	单个 RCT 研究
1c	全或无病案研究
B	
2a	基于同质队列研究的系统评价
2b	单个队列研究(包括低质量 RCT,如随访率 <80%)
2c	结果研究或生态学研究
3a	基于同质病例对照研究的系统评价
3b	病例对照研究
C	
4	单个病例系列研究(包括低质量队列研究和病例对照研究)
D	
5	基于未经严格论证的专家意见

注:RCT 为随机对照试验

3 临床问题 1:DFU 与下肢血管病变的临床流行病学

推荐意见 1:PAD 是 DFU 发病的重要影响因素及截肢的独立危险因素,各级医疗卫生机构应该对糖尿病患者进行相关宣传和教育,帮助患者认识到 PAD 和糖尿病足的危害,鼓励患者每年到医院进行下肢血管检查评估(证据等级:A,推荐强度:强)。

证据与说明:据全球疾病负担研究表明,截至 2021 年全球约有 5.29 亿人患有糖尿病,其中约

1/4 的患者会发生 DFU^[10]。另外,糖尿病也是全球非创伤性下肢截肢的主要原因。资料显示,与糖尿病相关的低位远端截肢患者占发达国家所有截肢患者的 60% 左右,且低位远端截肢患者中约 85% 有 DFU 病史^[11-12]。

前文提到,在中高收入国家,有 50% 左右的 DFU 患者合并 PAD,而其中与 DFU 直接相关的即为下肢血管病变^[3]。糖尿病性 PAD 不仅是糖尿病足发生的高危因素,还是导致 DFU 患者截肢的独立危险因素^[5,13]。在同年龄组中,糖尿病患者 PAD 的发生率是非糖尿病患者的 2 倍,住院糖尿病患者的 PAD 发生率可高达 19.47%~23.80%^[14]。另一项多中心调查研究分析显示我国糖尿病性 PAD 患病率高达 21.2%,由糖尿病引起的大血管和微血管并发症比例更高达 55.6% 和 62.1%,约有 50% 的糖尿病性 PAD 患者漏诊,导致大量患者错过最佳的早期干预阶段^[15]。因此,DFU 合并下肢血管病变的及时、正确的诊疗,对降低其致残率和致死率有重要意义。

4 临床问题 2:DFU 合并下肢血管病变的评估方法

推荐意见 2:接诊 DFU 患者后,应对下肢血管病变的间歇性跛行、静息痛、感觉迟钝等临床症状进行问诊,并对皮肤温度、色泽以及下肢动脉搏动进行触诊和听诊,对 DFU 患者是否伴有下肢血管病变进行初判和筛查(证据等级:A,推荐强度:强)。但要注意,临床表现与有无动脉系统疾病以及其严重程度并无对应性,仍然需要利用仪器行进一步辅助检查(证据等级:B,推荐强度:强)。

推荐意见 3:针对 DFU 患者入院后除了症状问诊及体格检查以外,推荐将踝肱指数检测及经皮氧分压(transcutaneous oxygen pressure, TcPO₂)检测作为 DFU 患者的入院一线检查指标(证据等级:A,推荐强度:强)。

推荐意见 4:对于糖尿病足患者,踝肱指数和 TcPO₂单独应用时均有一定局限性,可结合这两者及以上指标的检查结果综合判定。当踝肱指数>0.9,或 TcPO₂≥60 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)时暂不考虑存在下肢血管病变的风险;踝肱指数提示轻、中度血流减少,或 40 mmHg≤TcPO₂<60 mmHg 时,须行血管彩色多普勒超声检查等以进一步评估血流情况;踝肱指数提示重度血流减少,或 TcPO₂<40 mmHg 时,必须积极行血管影像学检查并进一

步评估是否需要行血运重建治疗。另外,TcPO₂越高,DFU 愈合的可能性越大。证据等级:A,推荐强度:强。

推荐意见 5:血管彩色多普勒超声检查操作简便,对 DFU 合并下肢血管病变的诊断准确率较高,适用于血管病变大范围筛查以及病变进展追踪,可作为 DFU 患者入院后的二线检查(证据等级:B,推荐强度:强)。但该检查需操作者有充足的临床经验,对严重血管钙化和多节段 PAD 敏感度较低,不能作为判断是否行糖尿病足介入手术及截肢手术的主要指标(证据等级:B,推荐强度:强)。

推荐意见 6:DSA 检查是 DFU 合并下肢血管病变诊断的“金标准”,对于在无创检查提示存在下肢血管病变、重点怀疑糖尿病足合并下肢血管疾病且考虑需要行血运重建术的患者,需根据情况选择 CTA、MRA 或 DSA 检查(证据等级:B,推荐强度:强)。若 DFU 患者创面经正规治疗但迁延不愈 1 个月以上,无论其早期血管相关检查结果是否提示存在病变,均应该行 DSA 检查进行明确,并根据结果考虑是否行血管介入治疗(证据等级:A,推荐强度:中)。

证据与说明:掌握简易、有效的评估方法,对 DFU 合并下肢血管病变患者的筛查和治疗有着重要意义。考虑到国家分级诊疗政策的实施,一般糖尿病足患者的第一就诊医疗机构首选社区门诊,所以在本共识中对 DFU 患者是否合并有下肢血管病变的筛查方法进行规范和分级诊疗推荐,有很强的临床实践指导意义。同时,新理论的提出以及新技术和新方法的出现,也对 DFU 伴大血管或微循环异常的诊断提供了更多可选择的评估判定方法(图 1)。

症状和体征。糖尿病相关的双下肢血管病变在临床上常呈隐匿性进展,患者在发生 DFU 前往往忽略了对下肢血管病变的常规体检^[16]。因此,接诊糖尿病患者尤其是已经出现足部溃疡的患者,需详细询问其发病时间、病情进展及血糖控制情况,并了解其有无间歇性跛行、肢端疼痛、感觉迟钝等病史^[17-18]。有研究指出,由于糖尿病患者常存在周围神经病变等并发症,因此静息痛、跛行等症状可能并不明显^[16]。在接诊糖尿病患者后的体格检查中,要注意膝关节以下的皮肤温度降低、皮肤色素沉着、毛发脱落、体位性皮肤发红的情况^[19]。另外,需对胫前动脉和胫后动脉搏动触诊、对股动脉血管杂音听诊^[20-21]。据统计,体格检查异常对于下肢动脉

病变的诊断正确率可达 90% 以上^[22]。但需注意,考虑到患者可能存在动静脉短路、旁路血管代偿等情况,对体格检查无异常的患者并不能做出排除 PAD 的诊断,而需要更客观地评估^[23]。

踝肱指数。踝肱指数是一项公认的能可靠预测下肢动脉硬化的指标^[24],其通过测量踝部胫后动脉或胫前动脉以及肱动脉的收缩压,得到踝部动脉压与肱动脉压之间的比值。2006 年初美国心脏病学会/美国心脏协会指南即推荐将踝肱指数 ≤ 0.9 作为诊断 PAD 的标准^[25]。踝肱指数 ≤ 0.9 对诊断下肢 PAD 等的敏感度和特异度分别为 95%、99%,被认为是诊断下肢 PAD 的最佳无创指标^[26]。踝肱指数在 0.71~0.90 时表明下肢动脉血流轻度减少,踝肱指数在 0.41~0.70 之间提示血流中度减少,踝肱指数 ≤ 0.40 时提示血流严重减少^[27]。而部分踝肱指数正常患者,可能存在假阴性。对踝肱指数数值正常的糖尿病足患者,可进行平板运动后再行踝肱指数检测,若踝肱指数较前降低 15%~20% 应考虑下肢动脉病变^[28]。

TcPO₂。TcPO₂是一项无创、重复性好的检测血管病变的方法,不仅能直接检测皮肤组织实际供氧量,而且可以反映肢体整体血供情况,因此,常被用于判断是否需要血管介入等操作,还被用于评价组织微循环灌注功能状态,预测血管病变以及皮肤溃疡治疗效果^[29]。对于健康人,TcPO₂应 > 60 mmHg。根据美国糖尿病学会诊疗标准,TcPO₂ < 25 mmHg 时应考虑进行紧急血管成像以及血运重建^[30]。

血管彩色多普勒超声。血管彩色多普勒超声检查简便、无创,可以快速了解动脉硬化斑块状况及有无动脉狭窄或闭塞^[31]。国内外有多项关于血管彩色多普勒超声诊断糖尿病足动脉血管病变的研究^[32],结果显示与血管病变诊断的“金标准”——DSA 检查诊断准确率对比,血管彩色多普勒超声可以达到 95% 以上的准确率,而对采用血管彩色多普勒超声诊断困难的病例,超声造影可较血管彩色多普勒超声获得更丰富的诊断信息,是其有益的补充。血管彩色多普勒超声检查也存在许多不足,比如部分患者多节段狭窄的血管远端血流流速较慢,容易被误诊为血管闭塞^[33];另外,血管彩色多普勒超声检查容易受检查者操作经验的影响,不具有高标准的可操作性,有误判的可能。

CTA、MRA 及 DSA。CTA 和 MRA 成像清晰,可

以显示下肢动脉病变数量、长度、狭窄或闭塞程度等。有研究表明,CTA 及 MRA 评估下肢动脉闭塞性疾病的敏感度、特异度及准确率均可达到 90% 以上^[34-35]。对于 CTA 和 MRA 而言,前者对钙化灶的敏感度优于后者,而且空间分辨率更好^[36]。目前 DSA 检查仍是诊断下肢血管病变的“金标准”^[37],可以准确显示动脉堵塞状况及侧支循环建立情况,对治疗方案的选择有重要指导意义,能同时进行诊疗是其重要优势。

5 临床问题 3:DFU 合并下肢血管病变的分级方法

推荐意见 7:SINBAD 分级(表 2)和 Wifi 分级对 DFU 合并下肢血管病变患者的评估,具有现实的临床指导意义(图 1)。SINBAD 分级推荐用于医疗卫生从业人员之间交流 DFU 的特点(证据等级:A,推荐强度:中)。Wifi 分级推荐用于评估糖尿病足截肢的风险和血运重建的益处,并给出治疗建议(证据等级:A,推荐强度:强)。

表 2 针对糖尿病足溃疡评估的 SINBAD 分级

Table 2 SINBAD classification for diabetic foot ulcer assessment

类型	定义	评分(分)
部位	前足掌	0
	中、后足掌	1
缺血	足部血运正常,至少可触及 1 处动脉搏动	0
	有足部血流减少的临床证据	1
神经病变	保护性感觉存在	0
	保护性感觉缺失	1
细菌感染	无	0
	有	1
面积	溃疡面积 < 1 cm ²	0
	溃疡面积 ≥ 1 cm ²	1
深度	溃疡局限在皮肤和皮下组织	0
	溃疡深达肌肉、肌腱或更深	1

注:表格引自文献[7];SINBAD 为部位、缺血、神经病变、细菌感染、面积、深度

证据与说明:对于 DFU 合并下肢血管病变严重程度的分级方法,应该从医疗卫生从业者便于对 DFU 患者的管理出发,考虑分级方法在应用中的方便性和简洁性,同时也应减少对专用设备的需求。目前 SINBAD 分级和 Wifi 分级可以对 DFU 的治疗和下肢截肢的预后进行分级,结果也已得到行业内的广泛认可。

SINBAD 分级是临床上常用的 DFU 的评估方



注:CTA 为 CT 血管成像,MRA 为磁共振血管成像,DSA 为数字减影血管造影,SINBAD 为部位、缺血、神经病变、细菌感染、面积、深度,TcPO₂ 为经皮氧分压,WIfI 为创面、缺血和足感染;1 mmHg=0.133 kPa

图1 糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的评估和分级方法

Figure 1 The evaluation and grading methods of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy

法,可根据溃疡的部位、面积、深度、细菌感染、缺血、神经病变等情况进行分类^[7]。它使用起来简单快捷,除了临床检查之外不需要其他专业设备,并且评估结果包含了由专家团队进行分诊的一系列必要信息。为方便医疗卫生领域的跨专业交流,一个很重要的方面就是采用特定的临床描述而不是仅仅依赖于疾病评估总体得分。SINBAD 分级在既往 DFU 愈合和截肢预测方面都经过了验证,结果较为可靠^[38]。

另外,DFU 合并下肢血管病变治疗方案的选择需要综合足趾灌注缺失的严重程度和其足部组织缺失的量、存在的感染、对溃疡的机械压力等因素^[18]。因此,在 IWGDF 指南^[39]中提出的 WIfI 分级^[8],能够帮助和指导临床医师评估截肢的危险性和血运重建的可能获益。WIfI 分级根据患者的足溃疡,基于非侵入性检查的缺血严重程度并根据 IWGDF 分级的感染严重程度进行分级。由于 3 个类别(创面、缺血和足感染)中的每一个都有 4 个严

重程度等级,因此系统会生成包含 64 个理论上可能的临床组合。这些组合目前由专家进行分类汇总后可以解决临床上 2 个主要问题:(1)每种可能的组合在 1 年内截肢风险(表 3);(2)每种可能的组合在血运重建后的获益(表 4)。

6 临床问题 4:DFU 合并血管病变的外科治疗方案

6.1 内科-外科协同治疗及个体化的治疗原则

推荐意见 8:DFU 合并下肢血管病变患者应首要控制血糖、血压、血脂等。单用阿司匹林(75~325 mg/d)或单用氯吡格雷(75 mg/d)可减少患者的严重血管事件。有症状的 PAD 患者在服用阿司匹林的同时加用低剂量利伐沙班(2.5 mg,2 次/d)可减少主要肢体不良事件。证据等级:A,推荐强度:强。

证据与说明:在 DFU 合并血管病变的治疗上,应采取内科-外科协同治疗及个体化的治疗原则。对此类患者,应首要积极控制血糖、血压、血脂等指标。强化血糖控制不仅有利于创面坏死感染的控

表3 针对糖尿病足溃疡患者的WIFI分级各组合的1年内截肢风险等级

创面等级		0级缺血				1级缺血				2级缺血				3级缺血			
		0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染	0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染	0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染	0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染
0		极低	极低	低	中等	极低	低	中等	高	低	低	中等	高	低	中等	中等	高
1		极低	极低	低	中等	极低	低	中等	高	低	中等	高	高	中等	中等	高	高
2		低	低	中等	中等	中等	中等	高	高	中等	高	高	高	高	高	高	高
3		中等	中等	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高

注:WIFI为创面、缺血和足感染

表4 针对糖尿病足溃疡患者的WIFI分级各组合的血运重建获益等级

创面等级		0级缺血				1级缺血				2级缺血				3级缺血			
		0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染	0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染	0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染	0级足感染	1级足感染	2级足感染	3级足感染
0		极低	极低	极低	极低	极低	低	低	中等	低	低	中等	中等	中等	高	高	高
1		极低	极低	极低	极低	低	中等	中等	高	中等	高	高	高	高	高	高	高
2		极低	极低	极低	极低	中等	中等	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高
3		极低	极低	极低	极低	中等	中等	中等	高	高	高	高	高	高	高	高	高

注:WIFI为创面、缺血和足感染

制,还可以减缓糖尿病血管病变的进展^[40]。若血管病变处于轻-中度时期,尚未达到手术治疗的标准,可遵循“早期、个体化、合理联合”的原则进行血管病变的治疗,并对糖尿病足创面进行换药处理。在血管病变的用药上应该尽量简单,如需联合用药则应遵循机制互补的原则,注意药物间的相互作用,并需注意监测患者的肝、肾、心、肺等器官功能。目前可选的药物有血管扩张药物如贝前列素钠、卡维地洛和奈必洛尔等^[41-42],抗血小板药物如阿司匹林、氯吡格雷等^[43],抗凝血药如低分子肝素、利伐沙班等^[44],可根据情况进行选择。对于确需手术治疗的患者,应根据患者的情况进行血运重建治疗方案的个体化选择。

6.2 血运重建治疗方案

推荐意见 9:对DFU合并下肢血管病变的患者,应采用WIFI分级评估血运重建的益处。当血运重建获益为“极低”和“低”,或血运重建获益为“中等”且1年内截肢风险为“低”或“中等”时,可暂不考虑行血管外科治疗,只需进行创面换药或外科手术治疗;当血运重建获益为“中等”且1年内截肢风险为“高”,或血运重建获益为“高”时,首选血运重建治疗,在此基础上对创面进行外科处理(证据等级:A,推荐强度:强)。DFU合并下肢血管病变患者血运重建的时机至关重要。当确定患者需要血

运重建治疗时,应尽快进行手术以恢复下肢远端血运(证据等级:A,推荐强度:强)。

推荐意见 10:球囊扩张术被推荐为糖尿病膝下动脉病变的首选治疗方法。传统球囊扩张后血管在弹性回缩的作用下会短期内再次狭窄,造成治疗效果不理想。而药物涂层球囊既可提高靶病变近远期通畅率,也能规避支架植入的潜在风险,是目前最常用的膝下动脉狭窄、闭塞的治疗方法,推荐将其作为一线治疗方式。证据等级:A,推荐强度:强。

推荐意见 11:对于血管腔内支架植入手术,目前对外周血管尤其是下肢血管提倡进行补救性支架植入,即在球囊扩张后残余狭窄>30%或出现限制性夹层时才植入支架,且应尽量避免在跨关节和重要分支血管处植入支架、尽量避免长段支架植入;在原支架闭塞或狭窄再次开通后,或存在血栓需植入支架时,可应用覆膜支架(证据等级:B,推荐强度:中)。腔内减容技术在治疗动脉闭塞病变时能将硬化、钙化的斑块从管腔中清除,具有球囊扩张和支架植入所不具备的独特优势,可将其作为二线治疗方案(证据等级:C,推荐强度:中)。

推荐意见 12:对于年轻、有长段动脉闭塞性病变、远端流出道条件较好、有良好手术耐受性的患者,旁路移植是更好的选择,行自体血管旁路移植

术后的远期血管通畅率良好(证据等级:B,推荐强度:中)。

推荐意见 13:在严重下肢动脉闭塞病变患者中,若腔内治疗和旁路血管移植均存在手术禁忌证,深静脉-动脉化(deep venous arterialization, DVA)被视为保肢的最后可尝试手段。该技术为有足够腔内通路的患者提供了一种微创替代方法。证据等级:B,推荐强度:中。

推荐意见 14:血运重建的目标应该是优化足部的血流灌注,应通过客观的灌注测量来评估血运重建手术的效果。血运重建术应使足趾压力至少达到 30 mmHg,或 TcPO₂ 达到 30 mmHg 才被认为有效(证据等级:D,推荐强度:中)。此外,在经皮 DVA 成功后, TcPO₂ 逐渐上升。因此,血运重建术后 TcPO₂ 测量应该至少在手术 1 周后进行(证据等级:D,推荐强度:中)。

证据与说明:对于下肢动脉病变的血管再通、重建治疗,血管外科医师更有经验。但是 DFU 合并下肢血管病变与单纯的下肢血管病变相比有其独特之处,比如病变可能为多水平面、长段血管狭窄甚至完全闭塞,或存在钙化严重、侧支循环形成差、多累及膝下小血管等特征^[45]。这些特征致使下肢血管病变的外科干预难度增大、远期通畅率显著降低。但即使是这样,大多数的研究结果显示,行血运重建治疗后,DFU 患者 1 年内溃疡愈合率>60%,肢体保存率为 80%~85%^[46]。因此 DFU 合并下肢血管病变的外科干预是非常必要的(图 2)。

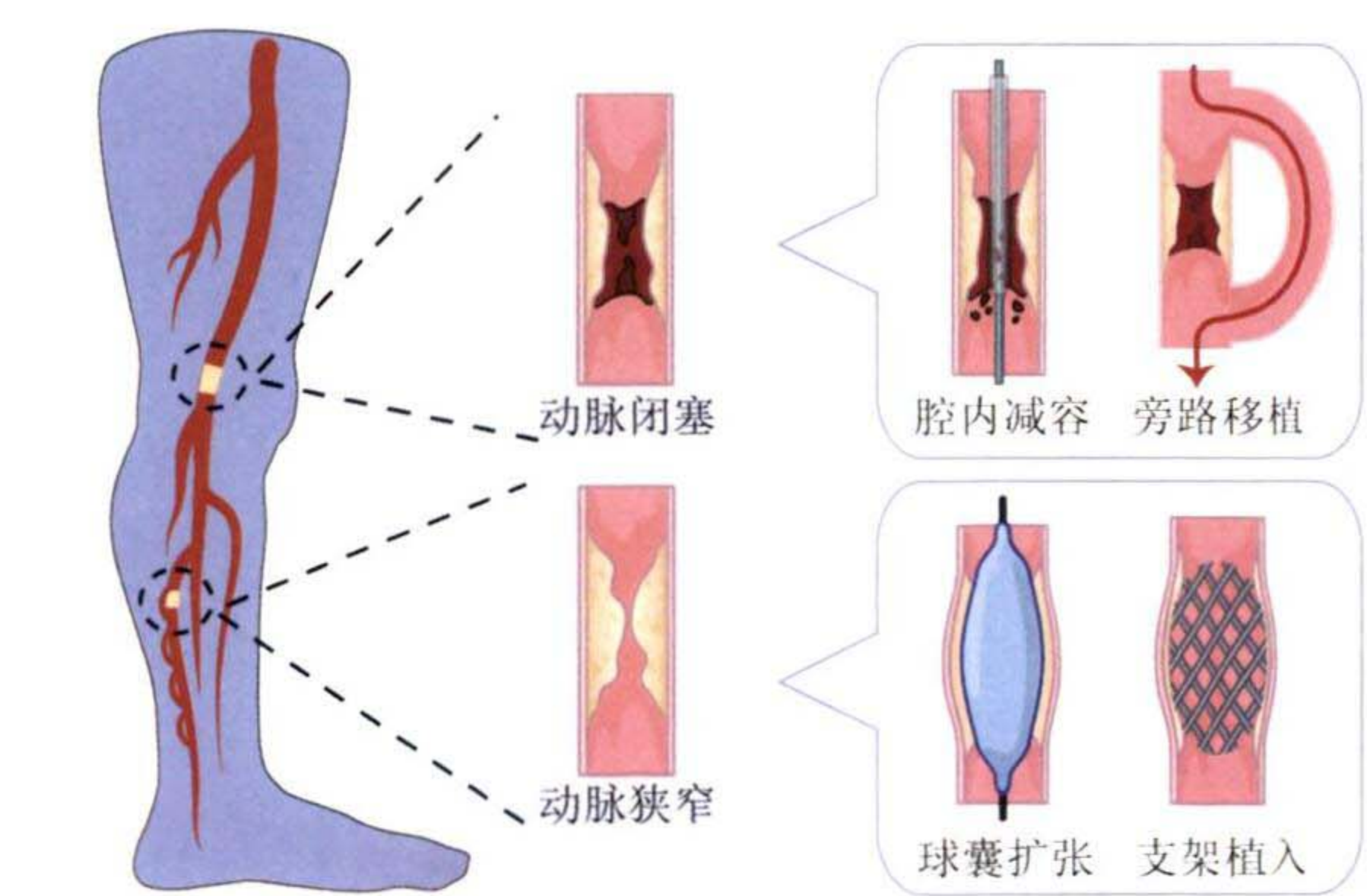


图 2 糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的血运重建代表性治疗方案

Figure 2 The representative treatment plans for revascularization of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy

对 DFU 伴发危重肢体缺血患者,可选择的有效治疗方法并不多。有研究报道,通过 DVA^[47]、自

体干细胞移植^[48]、大网膜移植^[49]、生物工程材料应用^[50]等方法可以实现对下肢血管病变的有效治疗。这些治疗技术多数适用于单纯慢性下肢缺血,由于 DFU 合并下肢严重血管病变的患者全身和局部情况复杂,治疗时间有限,上述治疗方法的适用性及有效性仍需更多的临床探索。

腔内治疗主要包括球囊扩张术、支架植入术、斑块旋切术、超声消融术、切割球囊成形术以及激光辅助血管成形术等,目前临床主要使用球囊扩张术和支架植入术。腔内治疗方式的主要优点有安全、微创、可重复和有效等,即使是手术失败还可以通过传统的旁路手术途径进行补救^[51]。血管腔内治疗手术可以迅速改善缺血肢体血供,因此可以促进 DFU 愈合,提高肢体救治成功率。而且即使血管扩张后发生再狭窄也往往要经历一个较长的过程,此时缺血肢体侧支循环已经建立,所以此类手术在临床上得到广泛应用。

传统的旁路手术治疗一般包括自体大隐静脉旁路术、人工血管旁路术和股深动脉成形术等。一般 TASC 分级为 D 级及不伴有手术高危因素的 C 级病变的患者才需要采用传统的旁路手术治疗,同时还需要考虑旁路手术的方式^[52]。对于病变复杂、广泛的肢体动脉病变,可以通过多种方式联合的方案进行治疗。采用自体大隐静脉或人工血管作为旁路移植物对股动脉栓塞患者行膝以上股动脉旁路术时,二者术后 5 年通畅率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),但当远端吻合口在膝关节以下时,前者术后 5 年通畅率明显高于后者^[53]。

DVA 治疗是一种用于慢性严重肢体缺血患者的血运重建方式。DVA 治疗常用于因晚期小动脉病变导致静息性疼痛或创面不愈的患者,此类患者通常已不具备肢体远端动脉再通或血管内动脉重建治疗的条件^[46]。因此,在截肢是不可避免的情况下,DVA 治疗被认为是挽救肢体的最后可尝试的手段。文献报道,开放性 DVA 的肢体保留率为 25%~100%,经皮 DVA 的肢体保留率为 60%~71%,混合 DVA 的肢体保留率为 46%~69%。经皮 DVA 为有足够腔内通路的患者提供了一种微创选择^[54]。

由于很多因素会对血运重建效果产生影响,因此很多研究只能以提高 DFU 愈合率作为血运重建有效的重要结局指标。但通过单变量关联分析,当血运重建后的趾动脉压达到 30 mmHg 时,DFU 患者创面愈合率提高 25%^[55-56]。TcPO₂ 同样是监测血

运重建是否有效的重要指标,但需要注意的是血运重建成功后 $TcPO_2$ 并不会立刻上升,而是在接下来的 3~4 周内逐渐升高。研究表明,血运重建成功 1 周后约 38.5% 的患者溃疡周围 $TcPO_2 \geq 30$ mmHg,术后 4 周 $TcPO_2 \geq 30$ mmHg 的患者可增加到 75%^[57-58]。

6.3 糖尿病足创面外科治疗方案

推荐意见 15:对于 WIfI 分级中糖尿病足创面分级或足感染分级在 1 级以上的,外科清创需作为首选,手术清创应不少于每周 1 次。对伴有脓肿、坏疽或坏死性筋膜炎的足感染应予以彻底清创,多次清创往往有利于创面愈合。证据等级:A,推荐强度:强。

推荐意见 16:NPWT 适用于伴或不伴感染的 DFU,尤其是 WIfI 分级为 2、3 级的创面。虽然 NPWT 的负压和引流作用可以去除创面渗出物和细菌,但必须与手术清创结合使用,不能单独使用。NPWT 联合血管介入治疗 DFU 可以取得较好疗效。证据等级:A,推荐强度:强。

推荐意见 17:DFU 合并下肢血管病变的患者虽然在前期已经行血管病变的治疗,但对于创面修复来说还是应尽可能优先选择简单、继发损伤小的手术方案,争取以简单方法解决复杂问题,皮片移植手术仍为首选。对特殊部位如关节、负重点可行中厚皮片移植,移植后结合负压固定可提高皮片成活率。证据等级:A,推荐强度:中。

推荐意见 18:对于有肌腱、骨质外露的 DFU 创面,若血管存在多发粥样硬化、闭塞,可使用抗生素骨水泥、胫骨横向骨搬运、NPWT 等预处理,改善创面血运,待创面肉芽组织充分生长后再行皮瓣移植修复。还可以使用适当的真皮替代物暂时覆盖创面,达到抗感染、减少出血或促进组织再生的目的,然后进行皮片或皮瓣移植。证据等级:B,推荐强度:中。

推荐意见 19:若血管闭塞程度为轻度或中度,有肌腱、骨质外露的创面则可以使用局部皮瓣或游离皮瓣覆盖,提高创面愈合率及降低后期溃疡复发率。设计局部皮瓣时,尽量减少逆行皮瓣设计,以降低皮瓣坏死发生率。当创面复杂确实需要行皮瓣手术修复时,术前应行 DSA 检查明确血管情况。证据等级:B,推荐强度:强。

推荐意见 20:对于 DFU 合并下肢血管病变,如果任其发展,将会造成较高的截肢率。目前可以根据 WIfI 分级评估出患者截肢风险等级,当截肢风险

为“高”,且进行血运重建治疗仍无法改善下肢血供,截肢则不可避免,须在保证创面愈合的基础上尽量保留患肢长度,减轻对患者心理、生活造成的不良影响(证据等级:B,推荐强度:强)。

证据与说明:针对 DFU 合并下肢血管病变的患者,在血运改善的前提下需行进一步的创面治疗,DFU 根据 WIfI 分级的不同,有不同的治疗方式(图 3)。一般在 DFU 不合并感染的情况下,应予以减轻负重和换药处理,对于缺血等级在 2、3 级时可考虑行血运重建治疗。对于 DFU 合并感染的患者,在抗感染治疗的基础上评估下肢血管功能,缺血等级在 2、3 级时需积极行血运重建治疗,但要告知患者其 1 年以内截肢的风险是非常高的。对大部分糖尿病足创面可以通过外科清创达到去除腐肉、减轻感染、保留健康组织的目的,为创面修复创造机会。然而,当糖尿病足患者的创面或足感染评分为 3 分时,足趾或下肢截肢的风险非常高^[59]。

外科清创。及时、有效的外科清创对促进后期创面愈合十分必要。手术清创过程中对坏死组织的识别和清除、对健康组织的保留和保护是决定清创效果的关键因素。清创可以去除坏死组织、减少创面细菌数量、降低局部压力、促进创面引流。外科清创分为手术清创、酶学清创、生物清创、超声清创等不同类型^[60],在这些方法中,手术清创最为快速、有效。

NPWT。NPWT 是一种无创的创面引流、闭合系统治疗技术,使用可控的局部负压来辅助治疗慢性和急性创面^[61]。多个临床研究已经证实,与传统的清创、换药相比,NPWT 通过引流创面过多的液体,可降低创面的水肿程度,减轻局部组织的毛细血管后负荷,减少创面细菌数量等^[62]。负压在创面形成的剪切力,可导致细胞形变并在创面周围组织中形成低氧梯度,促进细胞的募集、增殖、分化,加速血管形成、肉芽组织增生及上皮细胞生长,利于创面愈合^[63-64]。另外,NPWT 可以有效减少 DFU 患者换药次数及缩短创基准备时间,具有固定术中移植物、控制创面渗出、阻隔术区以减少术后创面污染等作用^[65]。NPWT 与多种材料及药物联合应用于 DFU 的治疗也有较多报道,且效果显著^[26,66]。

抗生素骨水泥治疗。近几年,抗生素骨水泥在 DFU 治疗中应用较多,是骨水泥和抗生素的融合体,具有良好的抗感染能力和机械强度,塑形能力强,可填充糖尿病足创面空腔,局部释放高浓度抗

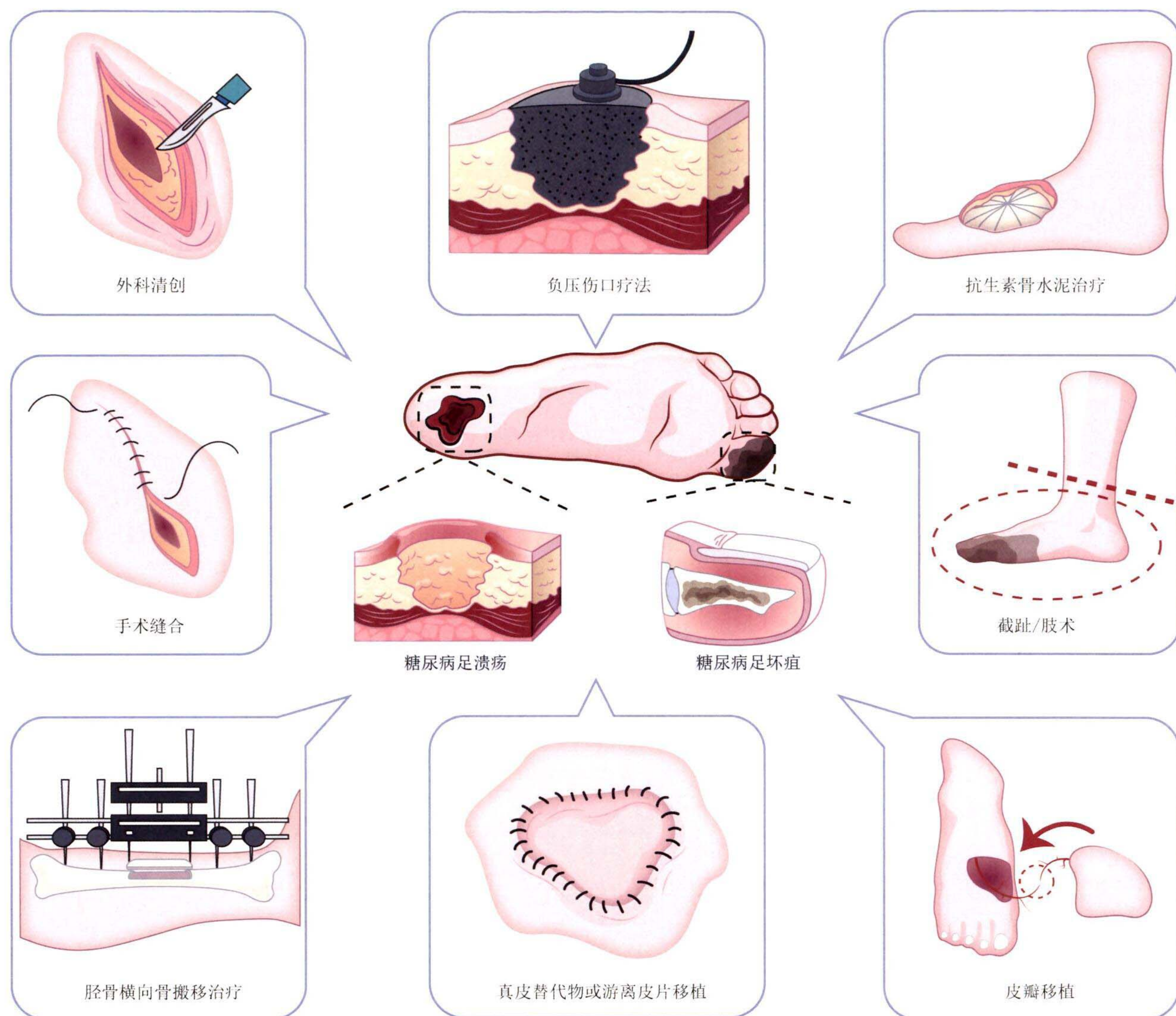


图3 糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的创面外科治疗方案

Figure 3 The surgical treatment schemes for the wounds of diabetic foot ulcers complicated with lower extremity vasculopathy

生素,抑制细菌生物膜形成,且疗效不受局部缺血的影响^[67]。抗生素骨水泥还可以与NPWT联合应用,提高治疗效率,缩短治疗时间,加快创面修复的进程^[68-69]。

胫骨横向骨搬运治疗。1976年苏联Ilizarov GA教授发明了下肢骨横向重塑治疗,并于1989年提出了“张力-应力法则”,即通过给予活体组织稳定、缓慢、持续的牵张应力,刺激该组织持续且活跃地生长及再生^[70]。经过国内的技术改良和手术器械演变,下肢骨横向重塑治疗也演变为胫骨横向骨搬运治疗。国内多个临床研究表明,胫骨横向骨搬运治疗可以改善患肢踝肱指数、皮肤温度、皮肤感觉,刺激下肢的微循环再生,改善周围神经功能,控制局部感染,促进溃疡愈合并减少溃疡复发^[71-72]。

手术缝合。DFU经外科清创等治疗后创面肉芽组织生长、有新鲜出血、创面合拢后无明显张力且无死腔的情况下,可以行手术缝合直接封闭创面。若创面对合张力较大,还可使用皮肤牵张闭合器,间断调整牵张器张力并行换药处理,逐渐闭合创面^[73-74]。

真皮替代物移植。创面经有效清创,感染及坏死组织被完全清除后,皮肤缺损或有部分深部组织暴露时,可选择真皮替代物移植覆盖。目前已经有多种脱细胞及合成的真皮基质在临床应用。ADM是异体或异种ECM材料,能够促进细胞增殖、血管形成、基质沉积和再上皮化^[75]。合成的真皮基质,例如美国食品药品监督管理局批准的产品Integra[®]和我国国家药品监督管理局批准的产品Lando[®],均

已在临床广泛应用并显示出良好的治疗效果。临床应用真皮替代物时,需根据下肢血管病变程度及重建情况、创面床准备及血运条件等综合判断,移植真皮替代物后行 I 期或 II 期表皮移植,亦可联合 NPWT 治疗。其他真皮生物制品,如 PELNAC®、Dermagraft® 和 Apligraf® 也被广泛用于此目的。近年来,随着功能性水凝胶材料^[76]和三维打印技术^[77]的发展,越来越多的创面用真皮替代物进入临床应用,其临床疗效值得重视和关注。

游离皮片移植修复。创面基底经清创治疗后应尽早行手术封闭使其愈合,游离皮片移植修复是最简单的方式之一。由于皮片移植对创基有要求,且皮片移植后创面不耐磨损、磨损后易破溃,因此对于肉芽组织生长良好、无肌腱及骨质外露、非负重部位的糖尿病足创面才可优先考虑行游离皮片移植修复^[78]。

皮瓣移植修复。由于 DFU 合并下肢血管病变通常存在不同程度的血管硬化、闭塞,传统观念认为针对此类创面应优选皮片移植修复,不宜使用皮瓣移植修复。近年来也有研究证实,游离皮瓣可以改善局部血运,降低下肢截肢率及改善 5 年生存率,可以用于治疗轻度血管病变或已行血运重建手术的患者^[79-80]。另外,局部皮瓣因具有破坏小、邻近受区、携带皮神经可加快建立感觉等优势,也常用于小范围 DFU 的修复^[81-82]。

截趾/肢。糖尿病足足趾已完全坏死或伴有创面感染,会严重影响患者的生存质量,在趾/肢已丧失功能无保存价值或危及生命的情况下,可以选择截趾/肢^[83]。糖尿病足截肢平面与患肢皮肤及营养状况、动脉闭塞情况、神经病变情况、感染严重程度密切相关。应在术前详细评估、术中仔细探查的前提下,争取达到残端 I 期术后愈合并尽可能保留患肢功能^[84]。

7 总结

DFU 合并下肢血管病变的患者病情进展快、临床结局差,即使得到规范治疗也可能面临截趾甚至截肢的结果。目前临床上对于 DFU 合并下肢血管病变的个体化诊疗尚显不足。针对糖尿病患者,应至少每年测量 1 次踝肱指数和 TcPO₂,以确定可能存在的血管病变,并预测疾病进展的风险。此外,DFU 合并下肢血管病变的治疗应因人而异,建议行进一步的诊断评估、降低血管闭塞风险的药物治

疗、创面和血管病变的手术治疗,并请血管外科等相关科室医师参与治疗。本共识为 DFU 合并下肢血管病变患者的个体化诊疗提供了一定的理论基础和合理的操作建议,目的是尽可能为所有患者提供最佳的循证治疗。随着理论知识的更新以及治疗理念和治疗方法的进步,相信在不久的将来 DFU 合并下肢血管病变的治疗还会有更多突破性的进展。最后,希望各位同道在使用本共识的过程中注意记录和发现新的问题,为本共识的不断修订和完善提供更多帮助。

《糖尿病足溃疡合并下肢血管病变的外科诊疗全国专家共识(2024 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研究中心)、夏照帆(海军军医大学第一附属医院烧伤外科)、孙永华(首都医科大学北京积水潭医院烧伤科)

组长:胡大海(空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心)、黄跃生(南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所)、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)

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科陈旭林,安徽医科大学附属阜阳医院烧伤整形与创面修复科徐庆连,北京大学第一医院整形烧伤外科温冰,北京大学人民医院创伤骨科徐海林,大连医科大学附属第二医院骨外科楚同彬,东莞市人民医院烧伤整形外科周军利,福建医科大学附属协和医院烧伤与创面修复科陈昭宏,哈尔滨市第五医院烧伤科李宗瑜,海军军医大学第一附属医院烧伤外科王光毅、朱世辉、朱峰、唐洪泰,海南省人民医院烧伤与皮肤修复外科潘云川,河北医科大学第三医院烧伤与创面修复中心张庆富,吉林大学第一医院烧伤外科于家傲,暨南大学附属广州市红十字会医院烧伤整形科李孝建,江南大学附属医院烧伤创面诊疗中心吕国忠,解放军南部战区总医院整形外科程飏,解放军总医院第四医学中心烧伤整形医学部申传安,解放军总医院第一医学中心组织再生与创面修复科杨润功、姜玉峰,暨南大学附属第一医院整形外科刘宏伟,空军军医大学第一附属医院甲乳血管外科凌瑞,空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心王洪涛、周琴、郑朝、官浩、胡大海,兰州大学第二附属医院烧伤整形与创面修复外科刘毅,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院全军烧伤研究所罗高兴,陆军军医大学(第三军医大学)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张红艳、闵定宏、郭光华、詹剑华,南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所黄跃生,南华大学附属第一医院烧伤整形与创面修复中心贾赤宇,南开大学附属医院(天津市第四医院)重症烧伤科冯世海,南通大学附属医院烧伤整形外科张逸,青海大学附属医院烧伤整形科晁生武,山东第一医科大学第一附属医院(山东省千佛山医院)烧伤与创面修复外科王一兵,上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科章一新,上海交通大学医学院附属瑞金医院创面修复中心牛轶雯、陆树良,上海交通大学医学院附属瑞金医院灼伤整形科刘琰、郇京宁,深圳大学第一附属医院烧伤整形外科吴军,深圳市宝安区人民医院骨科潘晓华,首都医科大学北京积水潭医院烧伤科沈余明,首都医科大学附属北京儿童医院烧伤整形

科齐鸿燕,四川大学华西医院整形外科/烧伤科陈俊杰,同济医学院附属梨园医院创面修复科李炳辉,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陶克,武汉大学同仁医院暨武汉市第三医院烧伤科王德运、刘淑华、谢卫国,新疆维吾尔自治区人民医院烧伤创面修复科刘小龙,浙江大学医学院附属第二医院烧伤与创面修复科陈国贤、韩春茂,郑州市第一人民医院烧伤科夏成德,《中华烧伤与创面修复杂志》梁光萍,中南大学湘雅医院烧伤整形外科张丕红,中山大学附属第七医院烧伤整形外科罗奇志,中山大学附属第一医院烧伤与创面修复科祁少海、刘旭盛,遵义医科大学附属医院烧伤整形外科王达利

执笔组成员:王克甲(空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心)、石文龙(空军军医大学第一附属医院甲乳血管外科)、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)

文献整理组成员:沈括、王耘川(空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心)

方法学专家:夏结来(空军军医大学军事预防医学系军事卫生学教研室)

证据评价组成员:胡大海(空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心)、凌瑞(空军军医大学第一附属医院甲乳血管外科)、黄跃生(南方科技大学医学院创面修复与再生医学研究所)

秘书组:王克甲、郭凯(空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心)

利益冲突 所有编写组成员均声明不存在利益冲突,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,且推荐意见未受资助影响

参考文献

- [1] Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence[J]. N Engl J Med, 2017, 376(24): 2367-2375. DOI:10.1056/NEJMr1615439.
- [2] Zhang YQ, Lazzarini PA, Mcphail SM, et al. Global disability burdens of diabetes-related lower-extremity complications in 1990 and 2016[J]. Diabetes Care, 2020, 43(5): 964-974. DOI:10.2337/dc19-1614.
- [3] Morbach S, Furchert H, Gröblinghoff U, et al. Long-term prognosis of diabetic foot patients and their limbs: amputation and death over the course of a decade[J]. Diabetes Care, 2012,35(10):2021-2027.DOI:10.2337/dc12-0200.
- [4] Wagner FW Jr.The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment[J]. Foot Ankle, 1981, 2(2): 64-122. DOI: 10.1177/107110078100200202.
- [5] Lipsky BA, Senneville É, Abbas ZG, et al. Guidelines on the diagnosis and treatment of foot infection in persons with diabetes (IWGDF 2019 update)[J].Diabetes Metab Res Rev, 2020,36 Suppl 1:Se3280.DOI:10.1002/dmrr.3280.
- [6] Lavery LA, Armstrong DG, Harkless LB. Classification of diabetic foot wounds[J]. J Foot Ankle Surg, 1996, 35(6): 528-531.DOI:10.1016/s1067-2516(96)80125-6.
- [7] Ince P, Abbas ZG, Lutale JK, et al. Use of the SINBAD classification system and score in comparing outcome of foot ulcer management on three continents[J]. Diabetes Care,2008,31(5):964-967.DOI:10.2337/dc07-2367.
- [8] Mills JL Sr, Conte MS, Armstrong DG, et al. The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: risk stratification based on wound, ischemia, and foot infection (WIFI) [J]. J Vasc Surg, 2014, 59(1):220-234.e1-2.DOI:10.1016/j.jvs.2013.08.003.
- [9] Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II) [J]. J Vasc Surg, 2007, 45 Suppl S: S5-67. DOI:10.1016/j.jvs.2006.12.037.
- [10] GBD 2021 Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet, 2023, 402(10397):203-234.DOI:10.1016/S0140-6736(23)01301-6.
- [11] 管珩,刘志民,李光伟,等.50岁以上糖尿病人群周围动脉闭塞性疾病相关因素分析[J].中华医学杂志,2007,87(1):23-27. DOI:10.3760/j:issn:0376-2491.2007.01.008.
- [12] Uçkay I, Gariani K, Pataky Z, et al. Diabetic foot infections: state-of-the-art[J]. Diabetes Obes Metab, 2014, 16(4): 305-316.DOI:10.1111/dom.12190.
- [13] Bianchetti G, Rizzo GE, Serantoni C, et al. Spatial reorganization of liquid crystalline domains of red blood cells in type 2 diabetic patients with peripheral artery disease[J]. Int J Mol Sci, 2022,23(19):11126. DOI:10.3390/ijms231911126.
- [14] Lange S, Diehm C, Darius H, et al. High prevalence of peripheral arterial disease and low treatment rates in elderly primary care patients with diabetes[J]. Exp Clin Endocrinol Diabetes,2004,112(10):566-573.DOI:10.1055/s-2004-830408.
- [15] Nickinson ATO, Coles B, Zaccardi F, et al. Missed opportunities for timely recognition of chronic limb threatening ischaemia in patients undergoing a major amputation: a population based cohort study using the UK's Clinical Practice Research Datalink[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2020, 60(5): 703-710. DOI: 10.1016/j.ejvs.2020.05.010.
- [16] Andros G.Diagnostic and therapeutic arterial interventions in the ulcerated diabetic foot[J]. Diabetes Metab Res Rev, 2004,20 Suppl 1:S29-33.DOI:10.1002/dmrr.468.
- [17] Boyko EJ. How to use clinical signs and symptoms to estimate the probability of limb ischaemia in patients with a diabetic foot ulcer[J]. Diabetes Metab Res Rev, 2020, 36 Suppl 1:Se3241.DOI:10.1002/dmrr.3241.
- [18] Gershater MA, Löndahl M, Nyberg P, et al. Complexity of factors related to outcome of neuropathic and neuroischaemic/ischaemic diabetic foot ulcers: a cohort study[J]. Diabetologia, 2009, 52(3): 398-407. DOI: 10.1007/s00125-008-1226-2.
- [19] 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.
- [20] Londero LS,Lindholt JS,Thomsen MD,et al.Pulse palpation is an effective method for population-based screening to exclude peripheral arterial disease[J]. J Vasc Surg, 2016, 63(5):1305-1310.DOI:10.1016/j.jvs.2015.11.044.
- [21] American Diabetes Association. 10. Microvascular complications and foot care: Standards of Medical Care in Diabetes-2018[J]. Diabetes Care, 2018, 41 (Suppl 1): S105-118. DOI:10.2337/dc18-S010.
- [22] Armstrong DW, Tobin C, Matangi MF. The accuracy of the physical examination for the detection of lower extremity peripheral arterial disease[J]. Can J Cardiol, 2010, 26(10): e346-350.DOI:10.1016/s0828-282x(10)70467-0.
- [23] Polonsky TS, Mcdermott MM. Lower extremity peripheral artery disease without chronic limb-threatening ischemia:

- a review[J]. JAMA, 2021, 325(21): 2188-2198. DOI:10.1001/jama.2021.2126.
- [24] Xu DC, Li J, Zou LL, et al. Sensitivity and specificity of the ankle-brachial index to diagnose peripheral artery disease: a structured review[J]. Vasc Med, 2010, 15(5): 361-369. DOI:10.1177/1358863X10378376.
- [25] Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzer NR, et al. ACC/AHA 2005 guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): executive summary a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease) endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(6):1239-1312. DOI:10.1016/j.jacc.2005.10.009.
- [26] Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines[J]. Circulation, 2017, 135(12): e726-e779. DOI:10.1161/CIR.0000000000000471.
- [27] Forsythe RO, Apelqvist J, Boyko EJ, et al. Effectiveness of bedside investigations to diagnose peripheral artery disease among people with diabetes mellitus: a systematic review[J]. Diabetes Metab Res Rev, 2020, 36 Suppl 1: Se3277. DOI:10.1002/dmrr.3277.
- [28] Høyer C, Strandberg J, Overvad Jordansen MK, et al. The ability of the toe-brachial index to predict the outcome of treadmill exercise testing in patients with a normal resting ankle-brachial index[J]. Ann Vasc Surg, 2020, 64: 263-269. DOI:10.1016/j.avsg.2019.10.041.
- [29] Leenstra B, de Kleijn R, Kuppens G, et al. Photo-optical transcutaneous oxygen tension measurement is of added value to predict diabetic foot ulcer healing: an observational study[J]. J Clin Med, 2020, 9(10): 3291. DOI: 10.3390/jcm9103291.
- [30] American Diabetes Association. 2. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020[J]. Diabetes Care, 2020, 43 (Suppl 1): S14-31. DOI: 10.2337/dc20-S002.
- [31] Pieruzzi L, Napoli V, Goretti C, et al. Ultrasound in the modern management of the diabetic foot syndrome: a multipurpose versatile toolkit[J]. Int J Low Extrem Wounds, 2020, 19(4): 315-333. DOI:10.1177/1534734620948351.
- [32] Collins R, Burch J, Cranny G, et al. Duplex ultrasonography, magnetic resonance angiography, and computed tomography angiography for diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease: systematic review[J]. BMJ, 2007, 334(7606): 1257. DOI: 10.1136/bmj.39217.473275.55.
- [33] Liang HL. Doppler flow measurement of lower extremity arteries adjusted by pulsatility index[J]. AJR Am J Roentgenol, 2020, 214(1): 10-17. DOI:10.2214/AJR.19.21280.
- [34] Ofer A, Nitecki SS, Linn S, et al. Multidetector CT angiography of peripheral vascular disease: a prospective comparison with intraarterial digital subtraction angiography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2003, 180(3): 719-724. DOI: 10.2214/ajr.180.3.1800719.
- [35] Menke J, Larsen J. Meta-analysis: accuracy of contrast-enhanced magnetic resonance angiography for assessing steno-occlusions in peripheral arterial disease[J]. Ann Intern Med, 2010, 153(5): 325-334. DOI: 10.7326/0003-4819-153-5-201009070-00007.
- [36] Varga-Szemes A, Penmetsa M, Emrich T, et al. Diagnostic accuracy of non-contrast quiescent-interval slice-selective (QISS) MRA combined with MRI-based vascular calcification visualization for the assessment of arterial stenosis in patients with lower extremity peripheral artery disease[J]. Eur Radiol, 2021, 31(5): 2778-2787. DOI: 10.1007/s00330-020-07386-4.
- [37] Hentsch A, Aschauer MA, Balzer JO, et al. Gadobutrol-enhanced moving-table magnetic resonance angiography in patients with peripheral vascular disease: a prospective, multi-centre blinded comparison with digital subtraction angiography[J]. Eur Radiol, 2003, 13(9): 2103-2114. DOI:10.1007/s00330-003-1844-5.
- [38] Jeon BJ, Choi HJ, Kang JS, et al. Comparison of five systems of classification of diabetic foot ulcers and predictive factors for amputation[J]. Int Wound J, 2017, 14(3): 537-545. DOI: 10.1111/iwj.12642.
- [39] Monteiro-Soares M, Russell D, Boyko EJ, et al. Guidelines on the classification of diabetic foot ulcers (IWGDF 2019) [J]. Diabetes Metab Res Rev, 2020, 36 Suppl 1: Se3273. DOI: 10.1002/dmrr.3273.
- [40] Dutta A, Bhansali A, Rastogi A. Early and intensive glycemic control for diabetic foot ulcer healing: a prospective observational nested cohort study[J]. Int J Low Extrem Wounds, 2023, 22(3): 578-587. DOI:10.1177/15347346211033458.
- [41] Lin X, Chen YY, Lu W, et al. Ultrasonography evaluation on the protective effect of combination therapy of beraprost sodium and aspirin on arteries occlusion and stiffness in patients with type 2 diabetes mellitus - a prospective, randomized study[J]. BMC Endocr Disord, 2022, 22(1): 87. DOI: 10.1186/s12902-022-01007-5.
- [42] Deedwania P. Hypertension, dyslipidemia, and insulin resistance in patients with diabetes mellitus or the cardiometabolic syndrome: benefits of vasodilating β -blockers [J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2011, 13(1): 52-59. DOI: 10.1111/j.1751-7176.2010.00386.x.
- [43] Sagar RC, Naseem KM, Ajjan RA. Antiplatelet therapies in diabetes[J]. Diabet Med, 2020, 37(5): 726-734. DOI:10.1111/dme.14291.
- [44] Ajjan RA, Kietsiroje N, Badimon L, et al. Antithrombotic therapy in diabetes: which, when, and for how long? [J]. Eur Heart J, 2021, 42(23): 2235-2259. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab128.
- [45] Graziani L, Silvestro A, Bertone V, et al. Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2007, 33(4): 453-460. DOI: 10.1016/j.ejvs.2006.11.022.
- [46] Hinchliffe RJ, Brownrigg JRW, Andros G, et al. Effectiveness of

- revascularization of the ulcerated foot in patients with diabetes and peripheral artery disease: a systematic review [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016, 32 Suppl 1: S136-144. DOI: 10.1002/dmrr.2705.
- [47] Houlind K, Christensen JK, Jepsen JM. Vein arterialization for lower limb revascularization [J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2016, 57(2): 266-272.
- [48] Gupta PK, Shivashankar P, Rajkumar M, et al. Label extension, single-arm, phase III study shows efficacy and safety of stempeucel® in patients with critical limb ischemia due to atherosclerotic peripheral arterial disease [J]. *Stem Cell Res Ther*, 2023, 14(1): 60. DOI: 10.1186/s13287-023-03292-w.
- [49] Bhat MA, Zaroo MI, Darzi MA. Omental transplantation for critical limb ischemia in Buerger's disease [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2007, 119(6): 1979-1980. DOI: 10.1097/01.prs.0000259775.68749.4a.
- [50] Marsico G, Martin-Saldaña S, Pandit A. Therapeutic biomaterial approaches to alleviate chronic limb threatening ischemia [J]. *Adv Sci (Weinh)*, 2021, 8(7): 2003119. DOI: 10.1002/adv.202003119.
- [51] Faglia E, Dalla Paola L, Clerici G, et al. Peripheral angioplasty as the first-choice revascularization procedure in diabetic patients with critical limb ischemia: prospective study of 993 consecutive patients hospitalized and followed between 1999 and 2003 [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2005, 29(6): 620-627. DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.02.035.
- [52] Mills JL Sr. Open bypass and endoluminal therapy: complementary techniques for revascularization in diabetic patients with critical limb ischaemia [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2008, 24 Suppl 1: S34-39. DOI: 10.1002/dmrr.829.
- [53] Bredahl K, Jensen LP, Schroeder TV, et al. Mortality and complications after aortic bifurcated bypass procedures for chronic aortoiliac occlusive disease [J]. *J Vasc Surg*, 2015, 62(1): 75-82. DOI: 10.1016/j.jvs.2015.02.025.
- [54] Ho VT, Gologorsky R, Kibrik P, et al. Open, percutaneous, and hybrid deep venous arterialization technique for no-option foot salvage [J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(6): 2152-2160. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.10.085.
- [55] Brownrigg JRW, Hinchliffe RJ, Apelqvist J, et al. Performance of prognostic markers in the prediction of wound healing or amputation among patients with foot ulcers in diabetes: a systematic review [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016, 32 Suppl 1: S128-135. DOI: 10.1002/dmrr.2704.
- [56] Hinchliffe RJ, Brownrigg JRW, Apelqvist J, et al. IWGDF guidance on the diagnosis, prognosis and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers in diabetes [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016, 32 Suppl 1: S37-44. DOI: 10.1002/dmrr.2698.
- [57] Caselli A, Latini V, Lapenna A, et al. Transcutaneous oxygen tension monitoring after successful revascularization in diabetic patients with ischaemic foot ulcers [J]. *Diabet Med*, 2005, 22(4): 460-465. DOI: 10.1111/j. 1464-5491.2005.01446.x.
- [58] Zubair M, Ahmad J. Transcutaneous oxygen pressure (TcPO₂) and ulcer outcome in diabetic patients: is there any correlation? [J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(2): 953-958. DOI: 10.1016/j.dsx.2018.12.008.
- [59] Shah P, Inturi R, Anne D, et al. Wagner's classification as a tool for treating diabetic foot ulcers: our observations at a suburban teaching hospital [J]. *Cureus*, 2022, 14(1): e21501. DOI: 10.7759/cureus.21501.
- [60] Li MQ. Guidelines and standards for comprehensive clinical diagnosis and interventional treatment for diabetic foot in China (issue 7.0) [J]. *J Interv Med*, 2021, 4(3): 117-129. DOI: 10.1016/j.jimed.2021.07.003.
- [61] 谢闪亮, 郭光华, 闵定宏. 封闭负压引流技术在创面愈合中的应用及机制研究进展 [J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(6): 397-400. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.06.024.
- [62] Blume PA, Walters J, Payne W, et al. Comparison of negative pressure wound therapy using vacuum-assisted closure with advanced moist wound therapy in the treatment of diabetic foot ulcers: a multicenter randomized controlled trial [J]. *Diabetes Care*, 2008, 31(4): 631-636. DOI: 10.2337/dc07-2196.
- [63] Saxena V, Hwang CW, Huang S, et al. Vacuum-assisted closure: microdeformations of wounds and cell proliferation [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2004, 114(5): 1086-1096; discussion 1097-1098. DOI: 10.1097/01.prs.0000135330.51408.97.
- [64] Ji SZ, Liu XB, Huang J, et al. Consensus on the application of negative pressure wound therapy of diabetic foot wounds [J/OL]. *Burns Trauma*, 2021, 9: tkab018[2023-11-22]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34212064/>. DOI: 10.1093/burnst/tkab018.
- [65] Greene AK, Puder M, Roy R, et al. Microdeformational wound therapy: effects on angiogenesis and matrix metalloproteinases in chronic wounds of 3 debilitated patients [J]. *Ann Plast Surg*, 2006, 56(4): 418-422. DOI: 10.1097/01.sap.0000202831.43294.02.
- [66] Rupert P. Human acellular dermal wound matrix for complex diabetic wounds [J]. *J Wound Care*, 2016, 25(4): S17-18, S20-21. DOI: 10.12968/jowc.2016.25.Sup4.S17.
- [67] 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.
- [68] Liu X, Liang JL, Zao J, et al. Vacuum sealing drainage treatment combined with antibiotic-impregnated bone cement for treatment of soft tissue defects and infection [J]. *Med Sci Monit*, 2016, 22: 1959-1965. DOI: 10.12659/msm.896108.
- [69] Jiang X, Xu Y, Jiao GQ, 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.
- [70] Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1990(250): 8-26.
- [71] Zuo Q, Gao F, Song HH, et al. Application of Ilizarov transverse tibial bone transport and microcirculation reconstruction in the treatment of chronic ischemic diseases in lower limbs [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16(2): 1355-1359. DOI: 10.3892/etm.2018.6321.
- [72] Ou SJ, Xu CP, Yang Y, et al. Transverse tibial bone transport enhances distraction osteogenesis and vascularization in the treatment of diabetic foot [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(9): 2170-2179. DOI: 10.1111/os.13416.
- [73] 高磊, 王硕, 王雷, 等. 皮肤牵张闭合器在糖尿病足创面修复中的应用 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(5): 591-595. DOI: 10.7507/1002-1892.201801104.

- [74] 计鹏,张月,胡大海,等.皮肤牵张器联合负压封闭引流修复糖尿病足创面的临床效果[J].中华烧伤杂志,2020,36(11):1035-1039.DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20200621-00318.
- [75] Driver VR,Lavery LA,Reyzelman AM,et al.A clinical trial of Integra Template for diabetic foot ulcer treatment[J].Wound Repair Regen,2015,23(6):891-900.DOI: 10.1111/wrr.12357.
- [76] Liang YP, He JH, Guo BL. Functional hydrogels as wound dressing to enhance wound healing[J]. ACS Nano, 2021, 15(8): 12687-12722. DOI:10.1021/acsnano.1c04206.
- [77] Masri S, Zawani M, Zulkiflee I, et al. Cellular interaction of human skin cells towards natural bioink via 3D-bioprinting technologies for chronic wound: a comprehensive review [J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(1):476. DOI:10.3390/ijms23010476.
- [78] Yamine K, Assi C. A meta-analysis of the outcomes of split-thickness skin graft on diabetic leg and foot ulcers[J]. Int J Low Extrem Wounds, 2019, 18(1): 23-30. DOI: 10.1177/1534734619832123.
- [79] Fitzgerald O'Connor EJ, Vesely M, Holt PJ,et al.A systematic review of free tissue transfer in the management of non-traumatic lower extremity wounds in patients with diabetes[J].Eur J Vasc Endovasc Surg,2011,41(3):391-399. DOI:10.1016/j.ejvs.2010.11.013.
- [80] Oh TS, Lee HS, Hong JP. Diabetic foot reconstruction using free flaps increases 5-year-survival rate[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2013, 66(2): 243-250. DOI: 10.1016/j.bjps.2012.09.024.
- [81] Patel SR. Local random flaps for the diabetic foot[J]. Clin Podiatr Med Surg, 2022, 39(2): 321-330. DOI: 10.1016/j.cpm.2021.11.004.
- [82] Ramanujam CL, Stuto AC, Zgonis T. Use of local intrinsic muscle flaps for diabetic foot and ankle reconstruction: a systematic review[J]. J Wound Care, 2018, 27(Suppl 9): S22-28.DOI:10.12968/jowc.2018.27.Sup9.S22.
- [83] Wang N, Yang BH, Wang G, et al. A meta-analysis of the relationship between foot local characteristics and major lower extremity amputation in diabetic foot patients[J]. J Cell Biochem, 2019, 120(6): 9091-9096. DOI: 10.1002/jcb.28183.
- [84] Van Damme H, Limet R. Amputation in diabetic patients[J]. Clin Podiatr Med Surg, 2007, 24(3): 569-582, x. DOI: 10.1016/j.cpm.2007.03.007.

(收稿日期:2023-11-22)

•《Burns & Trauma》好文推荐•

含有施万细胞样细胞外泌体的神经移植物促进大鼠周围神经再生

引用格式: Hu T, Chang S, Qi F, et al. Neural grafts containing exosomes derived from Schwann cell-like cells promote peripheral nerve regeneration in rats[J/OL]. Burns Trauma, 2023,11:tkad013[2023-10-18].<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37122841/>. DOI: 10.1093/burnst/tkad013.

外周神经损伤(PNI)多由炎症、肿瘤和外伤等原因引起,是各类创伤修复面临的主要挑战。从间充质干细胞分化而来的施万细胞样细胞(SCLC)在治疗PNI中具有良好潜力。然而,与干细胞移植相关的免疫排斥和致瘤性等风险限制了SCLC的应用。外泌体是SCLC发挥治疗作用的主要介质,与干细胞相比,它具有应用范围广、储存方便、功能稳定和致瘤风险低等优点。遵义医科大学附属医院烧伤整形外科魏在荣教授和徐广超教授团队在《Burns & Trauma》杂志发文《Neural grafts containing exosomes derived from Schwann cell-like cells promote peripheral nerve regeneration in rats》,探讨了SCLC外泌体(SCLC-exo)在周围神经再生中的作用。该研究团队在体外诱导人羊膜间充质干细胞(hAMSC)分化为SCLC,通过超速离心法分离hAMSC外泌体(hAMSC-exo)和SCLC-exo。在动物实验中,以神经功能恢复和组织形态学变化为研究指标,进一步证实与hAMSC-exo相比,SCLC-exo能显著促进神经轴突再生($P<0.05$)、髓鞘形成($P<0.01$)、神经功能恢复($P<0.01$)、血管生成($P<0.01$),降低肌肉失神经萎缩率($P<0.01$)。此外,SCLC-exo在体外还能显著促进施万细胞的增殖和迁移($P<0.05$),上调施万细胞髓磷脂阳性基因($P<0.01$)和神经营养因子($P<0.05$)的表达。这些研究结果表明,相较于hAMSC-exo,SCLC-exo能更有效促进PNI的再生,是一种治疗PNI的潜在方法。

郝家琪,编译自《Burns Trauma》,2023,11:tkad013;刘琰,审校