

脊髓电刺激治疗糖尿病足中国专家共识 (2026 版)

中国医师协会神经调控专业委员会神经外科分会功能学组

【摘要】 糖尿病足(DF)是糖尿病患者的严重并发症之一,因血管病变、周围神经病变及感染导致神经病理性疼痛、足部溃疡甚至截肢。脊髓电刺激(SCS)通过调节疼痛信号传导、减轻疼痛、改善微循环、改善足部供血、促进溃疡创面愈合,在 DF 保肢方面起重要作用。本共识结合国内外研究与多学科专家经验,推荐 SCS 治疗 DF 的适应证,同时界定禁忌证、规范操作流程,包括术前多学科评估、术中电极植入与参数设置、术后随访管理。本共识强调短期评估及长期关注保肢率与生活质量,为临床提供循证指导,以规范治疗、提高疗效,改善患者预后。

【关键词】 糖尿病足;脊髓电刺激;神经病理性疼痛;溃疡愈合;保肢;专家共识

【中图分类号】 R587.2;R651.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-7770(2026)03-0241-07

Expert consensus on spinal cord stimulation for diabetic foot(2026 edition) *Neuroregulation Committee of Chinese Medical Doctor Association*

Abstract: Diabetic foot(DF), a severe complication of diabetes mellitus, results in neuropathic pain, foot ulcers, and even amputation due to vascular disorders, peripheral neuropathy, and infections. Spinal cord stimulation(SCS) has demonstrated significant efficacy in alleviating pain, promoting ulcer healing, and preserving limbs by modulating pain signal transmission and improving microcirculation. This consensus, integrating domestic and international research with multidisciplinary expert experience, delineates the indications for SCS in DF treatment, while defining contraindications and standardizing operational procedures, including preoperative multidisciplinary assessment, intraoperative electrode implantation and parameter configuration, and postoperative follow-up management. Emphasizing both short-term evaluation and long-term focus on limb preservation rates and quality of life, this consensus provides evidence-based clinical guidance to standardize treatment protocols, enhance therapeutic outcomes, and improve patient prognosis.

Key words: diabetic foot; spinal cord stimulation; neuropathic pain; ulcer healing; limb preservation; expert consensus

糖尿病足(diabetic foot, DF)是糖尿病最严重的慢性并发症之一,糖尿病患者因外周血管病变、周围神经病变、感染等因素导致足部组织破坏,表现为足部溃疡、感染、深层组织坏死甚至截肢^[1-2]。流行病学数据显示,全球糖尿病患者中 DF 发生率大约为 8.6%,其中约 15%~20% 的 DF 患者最终面临截肢,降低患者生活质量并增加社会医疗负担^[3]。

脊髓电刺激(spinal cord stimulation, SCS)技术历经五十余年的发展,从早期单纯镇痛拓展至神经调控领域,其通过脉冲电流刺激脊髓背角神经纤维,不仅可以阻断疼痛信号传导、缓解神经病理性疼痛,还能

调节交感神经活性、改善下肢血运,为 DF 治疗提供了新路径^[4]。近期研究证实,SCS 可使约 70% 患者疼痛评分降低 50% 以上,促进 60%~80% 难治性溃疡愈合,显著降低截肢风险^[3]。然而,其临床应用仍存在适应证模糊和操作流程不统一等问题,亟需规范化指导^[5]。基于此,本共识整合国内外循证证据与多学科专家经验,旨在明确 SCS 治疗的适应证、禁忌证、操作规范、疗效评估及随访计划,推动技术标准化应用,最终提升 DF 患者的保肢率与生存质量^[6-8]。

1 共识的制定方法

1.1 共识制订流程 本共识由中国糖尿病足病联

基金项目:辽宁省科技计划联合计划重点研发项目(2025JH2/101800343)

盟于2024年11月发起,严格遵循美国医学研究所最新指南定义及《世界卫生组织指南制订手册》的临床实践指南制订原则,参考《中国制订修订临床诊疗指南的指导原则(2022版)》与《循证临床实践指南的制订与实施》的标准化流程,符合指南研究与评价工具(AGREE II)的报告要求。共识制订过程遵循科学性、透明性和适用性评级工具(STAR)清单及卫生保健实践指南的报告条目(RIGHT)规范,确保共识内容的可靠性与临床适用性。本共识的筹备和陈述的构建,借鉴了中国既往共识制定的经验,通过对国内外相关文献进行系统检索,提出有关“脊髓电刺激治疗糖尿病足”的关键问题,形成陈述条目^[9]。

1.2 共识工作组 共识制订工作组由指导委员会、秘书组、证据评价组、推荐意见共识组及外审专家组共55名专家组成。专家涵盖内分泌科、血管外科、疼痛科、神经外科、康复医学科、放射科、循证医学与方法学等多个专业领域。共识全程由北京大学循证医学中心提供方法学支持,严格遵循推荐分级的评估、制订与评价(GRADE)核心原则对证据质量进行评级,并依据RIGHT清单撰写共识全文。所有参与成员均已签署利益冲突声明。

1.3 共识使用者与目标人群 本共识以DF患者,尤其是合并神经病理性疼痛、缺血性溃疡或难治性溃疡的成年患者为拟实施目标人群,适用于各级医疗机构内分泌科、血管外科、疼痛科、康复科等相关学科的临床工作者。

1.4 临床问题递进与确定 核心专家组通过系统回顾既往相关指南与共识,结合临床实践中的热点

与难点问题,提出候选临床问题。专家委员会成员采用德尔菲法与Likert五分量表对问题重要性进行评分(1~5分),结合临床需求与专家团队能力,最终筛选出本共识需解决的28个关键临床问题。核心专家组在方法学专家指导下,将入选问题结构化为人群、干预、对照、结局(PICO)循证问题,形成共识推荐的基础。

1.5 证据检索与筛选 检索数据库包括中国期刊全文数据库(CNKI)、万方医学数据库(Wanfang Data)、中国生物医学文献数据库(CBM)、PubMed、Embase、Cochrane Library等,检索时间范围为建库至2025年5月31日。中文检索词包括“脊髓电刺激”“糖尿病足”“神经病理性疼痛”“缺血性溃疡”“糖尿病周围神经病变”等;英文检索词包括“spinal cord stimulation”“diabetic foot”“neuropathic pain”“ischemic ulcer”“SCS”“diabetic peripheral neuropathy”等,限定语言为中英文,研究对象为人类^[9-10]。

纳入与排除标准:纳入文献类型限定为随机对照试验(RCT)、前瞻性队列研究、病例对照研究、多中心观察性研究、系统评价及Meta分析;排除个案报道、动物实验、体外研究、综述、评论、信件及未经同行评议的预印本。文献质量评价采用Cochrane偏倚风险评估工具(针对RCT)或纽卡斯尔-渥太华量表(针对队列研究和病例对照研究)。

1.6 推荐等级与证据分级 本共识根据美国预防服务工作组,将净获益证据分为高、中、低共3个等级(表1),将推荐强度分为A、B、C、D、I共5个等级,并给出相应的实践建议(表2)^[9]。

表1 净获益证据等级定义

证据等级	定义
高	现有证据通常来自对具有代表性的初级保健人群进行精心设计的方案,通过严格执行获得的研究结果,且不同研究之间的结论具有高度一致性。这些研究评估了医疗服务对健康结果的影响,结论不太可能受未来研究结果的强烈影响
中	现有证据可确定该医疗服务对健康结局的影响,但受下列因素的影响:(1)单个研究的数量、规模及质量;(2)不同研究之间结论不一致;(3)研究结论在初级医疗实践中适用性有限;(4)证据链缺乏连贯性;随着研究资料的积累,医疗服务实际效果的强度或方向可发生变化,而此种变化可能改变目前的结论
低	现有证据不足以评估该医疗服务对健康结局的影响,下列因素可能导致证据不足:(1)研究数量或规模受限;(2)研究设计或方法存在重大缺陷;(3)不同研究之间结论不一致;(4)证据链缺陷;(5)研究结果在初级医疗保健中不适用;缺乏关于重要健康结局的信息,更多的研究数据可能有助于评估该医疗服务对健康结局的影响

表2 推荐强度定义和实践建议

等级	定义	实践建议
A	推荐该医疗服务,高级别证据表明有净收益	提供该医疗服务
B	推荐该医疗服务,高级别证据表明有中等程度净收益或中等级别证据表明有中等的净收益	提供该医疗服务
C	建议根据医师经验和患者意愿有选择地向患者提供医疗服务,至少有中等级别证据表明存在少量净收益	根据具体情况为特定的患者提供该医疗服务
D	建议不适用该医疗服务,有中等或高级别证据表明该医疗服务无净收益或风险大于获益	不建议使用该医疗服务
I	由于证据缺乏,质量差或相互矛盾,目前的证据不足以评估该医疗服务获益与风险间的关系	如提供医疗服务,患者应了解其获益和风险的不确定性

2 DF 的病理机制

高血糖状态可诱发机体产生氧化应激和炎症反应,加速下肢动脉粥样硬化,导致管腔狭窄或闭塞,下肢血流量减少,患者出现间歇性跛行、静息痛、肢体远端皮温降低、苍白或发绀等症状,严重时出现缺血性溃疡或坏疽^[5]。血管结构出现异常(毛细血管基底膜增厚、内皮细胞增生),导致血流阻力增加、红细胞变形能力下降^[11-13]。

DF 是糖尿病患者长期高血糖状态下,血管病变、周围神经病变与感染共同作用导致的足部严重并发症^[14]。高血糖状态下会损伤周围神经纤维,导致感觉神经信号传导速度下降。患者痛觉、温度觉和敏感性降低甚至丧失^[15]。患者无法感知足部微小创伤、易引发溃疡,表现出足部麻木、刺痛或感觉减退或异常疼痛(如电击样痛、烧灼感);运动神经受损可导致足部肌肉萎缩、肌力失衡,形成爪形趾、Charcot 关节畸形等;足底压力分布改变,局部压力异常升高导致骨突部位持续受压;皮肤屏障功能破坏,易形成胼胝、溃疡且溃疡深部组织坏死风险增加;汗腺分泌减少导致皮肤干燥、皲裂、屏障功能丧失;血管舒缩异常引起局部血流分布紊乱,加重缺血^[7,16-17]。

高血糖激活多元醇通路,增加山梨醇堆积,引发微血管通透性增高及诱发微血栓形成。组织缺血缺氧,白细胞趋化能力下降,感染难以控制,导致溃疡面积增加和皮肤坏死^[18]。高血糖抑制中性粒细胞的趋化和吞噬功能,导致免疫功能受损,皮肤屏障的破坏为病原体入侵提供入口^[19-20]。血管病变导致局部缺氧,感染进一步消耗氧供,形成“缺氧—感染—坏死”的循环^[21]。细菌毒素,例如脂多糖,激活全身炎症反应,释放大炎症因子,加重组织损伤,使浅表溃疡发展为深部组织坏死、湿性或干性坏疽,严重时患者需截肢^[22-23]。

3 SCS 的治疗机制

3.1 SCS 调控改善血流动力学 SCS 对 DF 缺血状态的改善涉及血流动力学调控与血管再生双重作用^[24-26]。在血流动力学层面,其通过抑制交感神经节前纤维的过度兴奋,降低外周血管阻力,促进下肢中小动脉扩张,直接增加缺血组织的血流灌注;在血管再生层面,电刺激可上调血管内皮生长因子、碱性成纤维细胞生长因子等促血管生成因子的表达,加速侧支循环建立,改善微循环灌注压及组织氧供,为缺血性溃疡的愈合提供基础血供支持^[27]。SCS 通

过整合局部代谢优化、炎症调节及神经修复等途径加速溃疡愈合^[28-29]。在代谢与炎症方面,改善的微循环可增强局部营养物质输送与代谢废物清除,同时下调肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-6 等促炎因子表达水平,减轻慢性炎症对组织修复的抑制;在神经再生方面,电刺激可上调脑源性神经营养因子、神经生长因子等因子的表达,促进受损周围神经轴突再生及施万细胞增殖,恢复局部神经支配功能,从而协同促进溃疡创面的上皮化与组织重塑^[30]。

【推荐意见 1】对于糖尿病足合并下肢动脉狭窄或闭塞,且不耐受或不愿接受血管腔内手术或截肢手术的患者,推荐使用 SCS 改善肢体血供。(净获益证据等级:高;推荐强度:A)

3.2 SCS 缓解足部疼痛 SCS 通过精准靶向刺激脊髓背角感觉神经纤维,发挥多维度镇痛效应^[31-32]。SCS 通过脉冲电流抑制伤害性刺激信号经脊髓丘脑束向中枢的上传过程,同时激活内源性镇痛系统(如脑干蓝斑核-脊髓去甲肾上腺素能通路)及 γ -氨基丁酸(GABA)能神经元,增强突触前抑制效应,降低痛觉信号的传导效率;SCS 通过下调脊髓背角及中枢相关核团中疼痛介质(如 P 物质、谷氨酸)的释放,减轻神经病理性疼痛中常见的中枢敏化状态,从而缓解自发性疼痛、痛觉过敏及痛觉超敏等症状,实现对 DF 神经病理性疼痛的长效调控^[33-36]。

【推荐意见 2】对于经两类及以上镇痛药物治疗 4 周后,疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)仍 ≥ 5 分的糖尿病足神经病理性疼痛患者,推荐使用 SCS 缓解疼痛。(净获益证据等级:高;推荐强度:A)

3.3 SCS 促进创面愈合 SCS 可扩张缺血区域小动脉和微动脉,促进侧支循环形成,增加创面血供,加速组织修复^[37-38]。SCS 通过释放内源性阿片肽、5-羟色胺等神经递质,抑制炎症因子的释放,减少局部炎症反应,为创面愈合创造有利微环境^[39]。通过调节血糖代谢平衡和增强局部免疫力可间接支持创面愈合,降低感染风险^[40-41]。

【推荐意见 3】对于经 4 周以上标准创面护理(包括清创、减压、抗感染治疗)后溃疡面积缩小 $< 30\%$,且经皮氧分压($TcPO_2$) < 40 mmHg 的糖尿病足溃疡患者,推荐使用 SCS 促进创面愈合。(净获益证据等级:高;推荐强度:B)

4 诊断与评估

根据世界卫生组织及美国糖尿病协会诊断标准,DF 的诊断需满足:存在明确糖尿病病史,伴发足部溃疡、感染或深层组织破坏,且合并周围神经病变和/或下肢血管病变[如踝肱指数 ≤ 0.9 或数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)血管狭窄 $\geq 50\%$]^[42]。

4.1 术前评估 对于存在神经卡压综合征等神经症状的患者,建议优先实施神经减压术以解除神经压迫。若术后仍存在残余性疼痛,经评估后(VAS ≥ 5),符合适应证者可考虑实施 SCS 作为进阶治疗方案。

优化血糖管理,评估糖尿病并发症及凝血功能,权衡抗凝药物使用风险。对下肢缺血患者,通过踝肱指数、经皮氧分压、皮温及红外热成像评估局部血运。排除严重椎管狭窄等解剖异常,避免电极植入受阻或压迫脊髓。排除脊髓器质性病变(如肿瘤、严重椎管狭窄),从而综合评估手术获益及风险。

4.2 疗效评估指标 VAS 降低 $\geq 50\%$ 视为有效,长期随访(6~12个月)维持疼痛缓解。6个月内愈合率为40%~60%,长期截肢风险降低30%~50%^[3]。结合创面修复等综合治疗,监测溃疡面积缩小及创缘上皮爬行迹象。健康调查简表(SF-36)评估日常活动能力、睡眠质量、情绪及心理状态改善。监测患者运动功能恢复情况(如踝关节活动度)。

4.3 适应证与禁忌证

4.3.1 适应证 (1)缺血性溃疡经保守治疗无效,且患者不愿意接受下肢血管腔内治疗进行血运重建;(2)其他血运重建方式治疗无效;(3)因身体条件不耐受,无法接受其他血运重建方式治疗;(4)确诊为痛性糖尿病神经病变,联合两类及以上镇痛药物仍无法缓解中至重度疼痛;(5)下肢缺血性溃疡合并神经病变的慢性创面,经规范治疗无效者。

4.3.2 禁忌证 (1)绝对禁忌:拒绝治疗、全身感染影响局部手术、足部感染严重未进行切开减压、妊娠及材料过敏;(2)相对禁忌:脊柱畸形等。

【推荐意见4】SCS 术前应评估患者血管状态、神经功能及感染情况,并控制血糖,以降低手术并发症风险。(证据等级:中;推荐强度:B)

5 治疗策略与技术规范

手术分为测试期和植入期两期进行。通常情况

下,DF 患者的电极植入位置在腰膨大区域。患者一般采取侧卧位,手术区域局部麻醉,根据患者自身情况平衡风险和获益,选择合适的电极;术中进行测试,目的是使刺激所产生的酥麻感能完全或基本覆盖患者足部。测试3~7d,评估患者足部疼痛缓解、血运改善等情况。植入式脉冲发生器(implantable pulse generator, IPG)的植入在局麻下进行,将导线经皮下隧道与IPG连接。

外科电极是SCS手术中经椎板切开植入的桨状电极,其专有结构和特殊固定方式可使电极与硬膜表面的连接更紧密,避免移位。刺激触点呈规律排列,覆盖范围精准,可最大程度集中激活特定脊髓节段,保证治疗具有长期性和有效性。桨状电极覆盖范围广,触点分布更符合脊髓解剖形态,适用于SCS等神经调控治疗,且不易移位,导电性好,能有效地传递电刺激信号,适应性强,可根据患者需求定制不同形状和大小。

初始参数设置遵循循证医学原则,采用电压0.5~2.0V、频率40~60Hz、脉宽180~240 μ s的基准值。术中需通过患者主观反馈,动态调整参数,以刺激范围覆盖创面区域为基准,术后密切观察患者肢体运动反应。术后第2天开始脊髓电刺激。术后可行影像学检查(如X线),确认电极位置,红外热成像、经皮氧分压检测为后续程控管理奠定基础。

个体化程控管理体系建立在患者生理指标动态监测基础上;以经皮氧分压作为组织灌注状态的量化指标(目标值维持在40~60mmHg),结合创面愈合病理特征,制定阶梯式参数调整方案,实现刺激强度与创面愈合情况的动态匹配,最终达成个体化治疗效益最大化。

【推荐意见5】SCS 治疗应先行临时刺激测试(3~7d),以VAS降低 $\geq 50\%$ 作为有效标准,测试有效后再植入永久性脉冲发生器。(证据等级:中;推荐强度:C)

6 术后管理与随访

6.1 血运监测 通过经皮氧分压检测,实时监测组织氧弥散量,观察局部微循环氧供状态,指导术后患者血运管理;结合红外热成像技术,通过血管形态学评估(如DSA)与局部温度分布,反映组织代谢活性,评估患者血运改善情况。

6.2 疼痛管理 根据VAS评估患者疼痛程度,监测静息痛与活动痛差异,评估疼痛对心率和血压的影响。

6.3 溃疡管理 采用 Wagner 分级系统,每周测量创面面积(cm^2)与深度(mm),计算愈合速度。建立多因素 Logistic 回归模型,纳入 ABI 指数(<0.4 为高危)、经皮氧分压($\text{TePO}_2 < 30 \text{ mmHg}$ 为高危)。

6.4 生活质量综合评价 重点分析躯体功能、角色生理、躯体疼痛及社会功能四个维度,与基线数据对比改善 ≥ 10 分视为临床有效。结合糖尿病足溃疡量表(diabetic foot ulcer scale,DFS)与神经病变残疾评分(neuropathy disability score,NDS),建立个体化康复轨迹模型。采用医院焦虑抑郁量表(hospital anxiety and depression scale,HADS)筛查心理并发症,联合社会支持评定量表(social support index,SSRS)评估家庭支持度^[43-45]。

6.5 结构化随访方案

6.5.1 随访 随访共分为三个阶段:早期(术后1~3个月),中期(3~12个月),长期(>1 年);随访期间,根据患者个体化情况,在不同阶段监测创面愈合情况(部分患者延长随访至2年)、踝肱指数、VAS评分、足部皮肤温度、生活质量评分、肌电图(腓总神经、腓浅神经、腓深神经、胫神经)在内的监测指标^[46-47]。

6.5.2 影像学复查策略 术后可行X线确认电极位置,术后1个月可行DSA评估患者下肢血运情况。

【推荐意见6】术后随访应以VAS、溃疡面积及保肢率为核心指标,建立标准化数据记录体系。(证据等级:中;推荐强度:D)

共识制定专家组名单:

牵头专家: 鲍民(辽宁省人民医院)

执笔专家(按姓氏汉语拼音排序): 鲍民(辽宁省人民医院)、甘宇(沈阳市第七人民医院)、章文斌(南京医科大学附属脑科医院)

共同通信: 张建国、栾国明、鲍民

专家组成员(按姓氏汉语拼音排序): 鲍民(辽宁省人民医院)、别黎(吉林大学第一医院)、曹艳丽(中国医科大学附属第一医院)、曹元元(天津医科大学朱宪彝纪念医院)、陈东(大连理工大学附属中心医院)、陈芬琴(中国医科大学附属第一医院)、池魁(河北医科大学第二医院)、崔丽娟(辽宁省健康产业集团本钢总医院)、崔文瑶(辽宁省肿瘤医院)、党连强(辽阳市中心医院)、董嵩(朝阳市第二医院)、范广明(朝阳市中心医院)、房思思(阜新市中心医院)、付锴(武汉大学中南医院)、付志强(沈阳医学院附属第二医院)、甘宇(沈阳市第七人民医院)、高飞(大连医科大学附属第二医院)、官树一(沈阳市骨科医院)、谷驰(浙江大学医学院附属

第二医院)、管晓玲(山东第一医科大学第一附属医院)、郭娟娟(长治医学院附属和平医院)、郭冕(哈尔滨医科大学第二附属医院)、韩轶鹏(中国人民解放军总医院第三医学中心)、郝玮(鄂尔多斯市中心医院)、黄敏军(南方医科大学第三附属医院)、黄鹏(上海交通大学医学院附属瑞金医院)、姜玉峰(解放军总医院第一医学中心)、孔祥子(中国人民解放军北部战区总医院)、李成山(大连市第二人民医院)、李海洋(河南省人民医院)、李菁菁(本溪市中医院)、李可心(吉林省人民医院)、李磊(大连医科大学附属第二医院)、李秋(山东省立医院)、李然(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、李文臣(吉林大学第二医院)、李晓东(四平市中心人民医院)、李旭(沈阳医学院附属中心医院)、李一明(海军军医大学第二附属医院)、李沅隆(中山大学孙逸仙纪念医院)、李振华(阜新市中心医院)、梁海东(大连医科大学附属第二医院)、刘飞(中山大学附属第五医院)、刘军(吉林大学第二医院)、刘宇(中南大学湘雅三医院)、刘震洋[山西白求恩医院(山西医学科学院)]、龙迪(沈阳医学院附属中心医院)、卢红玉(延边大学附属医院)、栾国明(首都医科大学三博脑科医院)、吕中元(广州医科大学附属清远医院)、马驰原(东部战区总医院)、马兆吉(鞍山市中心医院)、孟祥健(皖南医学院第一附属医院)、莫朝晖(中南大学湘雅三医院)、倪双飞(山东大学齐鲁第二医院)、任东铭(鞍钢集团总医院)、石凯(吉林大学第一医院)、施炜(南通大学附属医院)、舒成(中国人民解放军空军特色医学中心)、宋飞(大连医科大学附属第二医院)、宋健(中国人民解放军中部战区总医院)、宋磊(大连医科大学附属第二医院)、苏永涛(山东中医药大学附属医院)、孙兵(复旦大学附属华山医院)、孙家行(哈尔滨医科大学附属第二医院)、孙良宏(朝阳市第二医院)、谭可(首都医科大学附属北京朝阳医院)、谭树森(中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院)、谭跃龙(鞍钢集团总医院)、汤连喜(辽宁省健康产业集团本钢总医院)、田宝祥(吉林市化工医院)、涂明(温州医科大学附属第一医院)、王大鹏(桂林医科大学第一附属医院)、王广欣(沈阳市第四人民医院)、王慧媛(内蒙古国际蒙医医院)、王军(中国医科大学附属第一医院)、王军杰(河南省直第三人民医院)、王举波(西安交通大学第二附属医院)、王良宸(中国人民解放军空军特色医学中心)、王林(中国科学技术大学附属第一医院)、王黔(辽宁省健康产业集团本钢总医院)、王强(沈阳医学院附属二四二医院)、王彦刚(空军军医大学西京医院)、王延金(中南大学湘雅医院)、王毅(天津医科大学总医院)、王越(辽宁省健康产业集团铁煤总医院)、魏广玉(大连市友谊医院)、温滨红(辽宁省人民医院)、温冰(北京大学第一医院)、文根(上海交通大学医学院附属第六人民医院)、吴海涛(遵义医科大学附属医院)、吴浩(首都医科大学宣武医院)、吴雁翔(中国人民解放军北部战区空军医院)、向军(中南大学湘雅二医院)、辛爽清(辽宁省人民医院)、徐刚(朝阳市第二医院)、杨岸超(首都医科大学附属北京天坛医院)、杨加顺(南方医科大学第七附属医院)、杨靛(中南大学湘雅三医院)、杨立民(锦州医科大学附属第一医

院)、杨孟雪(上海市浦东新区人民医院)、杨宁(山东大学齐鲁医院)、杨润功(解放军总医院第一医学中心)、杨学方(营口市中心医院)、杨岳(唐山市工人医院)、杨彦昊(吉林省脑科医院)、姚克(盘锦市中心医院)、叶朝辉(宁波大学附属第一医院)、伊志强(北京大学第一医院)、于德国(聊城市第二人民医院)、于海龙(中国人民解放军北部战区总医院)、于家傲(吉林大学第一医院)、于涛(北京大学第三医院)、张彬(海军军医大学第二附属医院)、张建斌(山东省立第三医院)、张建国(首都医科大学附属北京天坛医院)、张金男(吉林大学中日联谊医院)、张辉(郑州市第三人民医院)、张伟(盘锦市人民医院)、张勇(北京市宣武中医医院)、章文斌(南京医科大学附属脑科医院)、赵广(中国医科大学附属第四医院)、赵会(首都医科大学附属北京朝阳医院)、赵锦(锦州市中心医院)、赵晓丹(辽宁省人民医院)、郑殿宇(新疆医科大学第四附属医院)、钟声(本溪市中心医院)、周朋(山东第一医科大学第一附属医院)、周岩(中国人民解放军空军特色医学中心)、周玉斌(辽宁省人民医院)、朱邦晖(海军军医大学第一附属医院)、卓祥龙(山东大学齐鲁第二医院)

秘书组成员(按姓氏汉语拼音排序):董铁砚(辽宁省人民医院)、李虎胜(辽宁省人民医院)、刘啸白(辽宁省人民医院)、刘洋(辽宁省人民医院)、罗鹏(辽宁省人民医院)、吴玉鹏(辽宁省人民医院)、周蓬勃(辽宁省人民医院)、宗云飞(辽宁省人民医院)

利益冲突:专家组所有成员均声明不存在利益冲突。

参 考 文 献

- [1] 岑妮秒,韦云师,黄丽娜,等.外泌体微小RNA参与糖尿病足溃疡修复的研究进展[J].中国全科医学,2025,28(9):1156-1160.
Cen NM, Wei YS, Huang LN, et al. Research progress of exosome mirna involved in the repair of diabetic foot ulcer[J]. Chin Gen Prac, 2025, 28(9): 1156-1160.
- [2] 张秩,陈超,吴平平,等.糖尿病足溃疡伤口延迟愈合的病理机制研究[J].临床皮肤科杂志,2025,54(1):48-51.
Zhang Z, Chen C, Wu PP, et al. Research progress of exosome mirna involved in the repair of diabetic foot ulcer[J]. J Clin Dermatol, 2025, 54(1): 48-51.
- [3] Eleftheriadou I, Samakidou G, Tentolouris A, et al. Nonpharmacological management of diabetic foot ulcers: an update[J]. Int J Low Extrem Wounds, 2021, 20(3): 188-197.
- [4] Zhou PB, Sun HT, Bao M. Comparative analysis of the efficacy of spinal cord stimulation and traditional debridement care in the treatment of ischemic diabetic foot ulcers: a retrospective cohort study[J]. Neurosurgery, 2024, 95(2): 313-321.
- [5] Thakku Sivakumar D, Murray B, Moore Z, et al. Can thermography predict diabetic foot ulcer risk in patients with diabetes mellitus A systematic review[J]. J Tissue Viability, 2024, 33(4): 530-541.
- [6] 尹经霞,余丽,蒲丹岚,等.《中国糖尿病防治指南(2024版)》解读[J].重庆医科大学学报,2025,50(5):557-564.
Yin JX, Yu L, Pu DL, et al. Interpretation of the china guidelines for the prevention and treatment of diabetes (2024 edition) [J]. J Chongqing Med Univ, 2025, 50(5): 557-564.
- [7] 中国医师协会疼痛科医师分会,中国医师协会神经调控专业委员会.经皮穿刺脊髓电刺激治疗痛性糖尿病神经病变专家共识(2024版)[J].中华医学杂志,2025,105(11):805-813.
Pain Physicians Branch of Chinese Medical Doctor Association, Chinese Neuromodulation Society of Chinese Medical Doctor Association. Expert consensus on percutaneous spinal cord stimulation for the treatment of painful diabetic neuropathy (2024 edition) [J]. Natl Med J China, 2025, 105(11): 805-813.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会.中国2型糖尿病防治指南(2020年版)(下)[J].中国实用内科杂志,2021,41(9):757-784.
Chinese Diabetes Society, Chinese Medical Association. Guidelines for prevention and treatment of type 2 diabetes in China (2020 Edition) (Part 2) [J]. Chin J Pract Intern Med, 2021, 41(9): 757-784.
- [9] Fitridge R, Chuter V, L. Mills J, et al. 国际糖尿病足工作组和欧洲血管外科学会及美国血管外科学会关于糖尿病合并足溃疡患者周围动脉病变治疗的跨学会指南——《国际糖尿病足工作组:糖尿病相关的足病预防与管理指南(2023)》的一部分[J].感染、炎症、修复,2023,24(4):212-238.
Fitridge R, Chuter V, L. Mills J, et al. The intersocietal IWGDF, ESVS, SVS guidelines on peripheral artery disease in patients with diabetes mellitus and a foot ulcer: Part of the 2023 IWGDF Guidelines on the prevention and management of diabetes-related foot disease [J]. Infection Inflammation Repair, 2023, 24(4): 212-238.
- [10] 汤开,罗明尧,舒畅.《2024年ESC外周动脉和主动脉疾病管理指南》解读[J].中国胸心血管外科临床杂志,2025,32(1):14-23.
Tang K, Luo MY, Shu C. Interpretation of 2024 ESC guidelines for the management of peripheral arterial and aortic diseases [J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2025, 32(1): 14-23.
- [11] Villa F, Marchandin H, Lavigne JP, et al. Anaerobes in diabetic foot infections: pathophysiology, epidemiology, virulence, and management [J]. Clin Microbiol Rev, 2024, 37(3): e00143-e00123.
- [12] Eckermann JM, Pilitsis JG, Vannabouthong C, et al. Systematic literature review of spinal cord stimulation in patients with chronic back pain without prior spine surgery [J]. Neuromodulation Technol Neural Interface, 2022, 25(5): 648-656.
- [13] Niemeyer CS, Harlander-Locke M, Bubak AN, et al. Trigeminal postherpetic neuralgia: from pathophysiology to treatment [J]. Curr Pain Headache Rep, 2024, 28(4): 295-306.
- [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.
- [15] Sendilraj V, Pilcher W, Choi D, et al. DFUCare: deep learning platform for diabetic foot ulcer detection, analysis, and monitoring [J]. Front Endocrinol, 2024, 15: 1386613.
- [16] Ferreira JSSP, Cruvinel-Júnior RH, da Silva EQ, et al. Effectiveness of a web-based foot-ankle exercise program for treating ulcer risk factors in diabetic neuropathy in a randomized controlled trial [J].

- Sci Rep,2024,14:27291.
- [17] Tang Y, Ji H, Yan Y, et al. Enhancing diabetic foot ulcer healing: Impact of the regulation of the FUS and ILF2 RNA-binding proteins through negative pressure wound therapy [J]. *Int J Mol Med*, 2024, 54(5):103.
- [18] Zhang H, Yan Z, Zhu J, et al. Extracellular mitochondrial-derived vesicles affect the progression of diabetic foot ulcer by regulating oxidative stress and mitochondrial dysfunction [J]. *Adv Sci*, 2025, 12(10):2407574.
- [19] Vesper J, Weski J, Sloty PJ. German national guidelines for epidural spinal cord stimulation for the treatment of chronic pain [J]. *Neuromodulation Technol Neural Interface*, 2025, 28(6):903-909.
- [20] Nickerson DS, Yamasaki DS. Improving microcirculation with nerve decompression; the missing link in treatment of diabetic neuropathy and diabetic foot ulcer [J]. *Int Wound J*, 2025, 22(4):e70198.
- [21] Gonzalez-Cano R, Boivin B, Bullock D, et al. Up-down reader: an open source program for efficiently processing 50% von Frey thresholds [J]. *Front Pharmacol*, 2018, 9:433.
- [22] Guo P, Tu Y, Liu R, et al. Performance of risk prediction models for diabetic foot ulcer: a meta-analysis [J]. *PeerJ*, 2024, 12:e17770.
- [23] Smith J, Rai V. Platelet-rich plasma in diabetic foot ulcer healing: contemplating the facts [J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(23):12864.
- [24] 宗云飞,董铁砚,鲍民. 周围神经病脊髓电刺激治疗进展 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2025, 25(1):72-77.
Zong YF, Dong TY, Bao M. Progress on spinal cord stimulation in treatment of peripheral neuropathy [J]. *Chin J Contemp Neurol Neurosurg*, 2025, 25(1):72-77.
- [25] 樊梦, 鲍民, 周蓬勃, 等. 外科电极植入脊髓电刺激治疗糖尿病足的临床效果 [J]. *中国医科大学学报*, 2022, 51(3):271-275.
Fan M, Bao M, Zhou PB, et al. Clinical efficacy of surgically implanted spinal cord stimulation electrode in treatment of diabetic foot [J]. *J China Med Univ*, 2022, 51(3):271-275.
- [26] Gao J, Bao M. Case report of the treatment of diabetic foot disease using spinal cord stimulation [J]. *Brain Stimul*, 2019, 12(3):792-793.
- [27] Zhou P, Bao M. Clinical effect analysis of spinal cord electrical stimulator implantation for diabetic foot [J]. *Neuromodulation Technol Neural Interface*, 2023, 26(1):246-251.
- [28] Leal de Araújo A, da Silva Negreiros FD, Florêncio RS, et al. Preventive interventions for diabetic foot ulcer adopted in different healthcare settings: a scoping review protocol [J]. *PLoS One*, 2024, 19(10):e0306486.
- [29] Dong Y, Wang M, Wang Q, et al. Single-cell RNA-seq in diabetic foot ulcer wound healing [J]. *Wound Repair Regeneration*, 2024, 32(6):880-889.
- [30] Wang C, Chen Q, Chen S, et al. Serine synthesis sustains macrophage IL-1 β production *via* NAD⁺-dependent protein acetylation [J]. *Mol Cell*, 2024, 84(4):744-759. e6.
- [31] Cook AD, Pobjoy J, Sarros S, et al. Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor is a key mediator in inflammatory and arthritic pain [J]. *Ann Rheum Dis*, 2013, 72(2):265-270.
- [32] Lin Y, Lv Y, Fu J, et al. A high expression Mas-related G protein coupled receptor X2 cell membrane chromatography coupled with liquid chromatography and mass spectrometry method for screening potential anaphylactoid components in Kudiezi injection [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2018, 159:483-489.
- [33] Coward WR, Okayama Y, Sagara H, et al. NF- κ B and TNF- α : a positive autocrine loop in human lung mast cells [J]. *J Immunol*, 2002, 169(9):5287-5293.
- [34] Lisowska B, Siewruk K, Lisowski A. Substance P and acute pain in patients undergoing orthopedic surgery [J]. *PLoS One*, 2016, 11(1):e0146400.
- [35] Ständer S, Yosipovitch G. Substance P and neurokinin 1 receptor are new targets for the treatment of chronic pruritus [J]. *Br J Dermatol*, 2019, 181(5):932-938.
- [36] Murthy SE, Loud MC, Daou I, et al. The mechanosensitive ion channel Piezo2 mediates sensitivity to mechanical pain in mice [J]. *Sci Transl Med*, 2018, 10(462):eaat9897.
- [37] Zhang M, Li Z, Pei W, et al. M2 macrophage-derived exosomal lncRNA NR_028113.1 promotes macrophage polarization possibly by activating the JAK2/STAT3 signaling pathway [J]. *J South Med Univ*, 2023, 43(3):393-399.
- [38] Galan V, Scowcroft J, Chang P, et al. 10-kHz spinal cord stimulation treatment for painful diabetic neuropathy: results from *Post-Hoc* Analysis of the SENZA-PPN study [J]. *Pain Manag*, 2020, 10(5):291-300.
- [39] Gao J, Bao M. Plasma neuropeptide as a prognostic marker of vagus nerve stimulation in the treatment of epilepsy [J]. *Brain Stimul*, 2020, 13(4):959-960.
- [40] Zhao L, Song T. Case report: short-term spinal cord stimulation and peripheral nerve stimulation for the treatment of trigeminal postherpetic neuralgia in elderly patients [J]. *Front Neurol*, 2021, 12:713366.
- [41] Char S, Barman RA, Deer TR, et al. Dorsal root ganglion stimulation for chronic groin pain: a review [J]. *Neuromodulation Technol Neural Interface*, 2022, 25(7):965-969.
- [42] Petersen EA, Stauss TG, Scowcroft JA, et al. Effect of high-frequency (10-kHz) spinal cord stimulation in patients with painful diabetic neuropathy: a randomized clinical trial [J]. *JAMA Neurol*, 2021, 78(6):687-698.
- [43] Slangen R, Schaper NC, Faber CG, et al. Spinal cord stimulation and pain relief in painful diabetic peripheral neuropathy: a prospective two-center randomized controlled trial [J]. *Diabetes Care*, 2014, 37(11):3016-3024.
- [44] Yeung AM, Huang JT, Nguyen KT, et al. Spinal cord stimulation for painful diabetic neuropathy [J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2024, 18(1):168-192.
- [45] Petersen EA. Spinal cord stimulation in painful diabetic neuropathy: an overview [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023, 206:110760.
- [46] Taylor RS. Health-related quality of life and spinal cord stimulation in painful diabetic neuropathy [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023, 206:110826.
- [47] Petersen EA, Stauss TG, Scowcroft JA, et al. Long-term efficacy of high-frequency (10 kHz) spinal cord stimulation for the treatment of painful diabetic neuropathy: 24-Month results of a randomized controlled trial [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023, 203:110865.

(收稿 2026-05-09 修回 2026-05-29)