

移动健康在慢性症状性外周动脉疾病患者 结构化社区锻炼计划中的应用进展

于天卓¹,于天悦¹,封雪菲¹,贾玥¹,佟倩²,李峰¹

(1.吉林大学 护理学院,吉林 长春 130021;2.吉林大学第一医院 心血管内科,吉林 长春 130021)

下肢外周动脉疾病(peripheral artery disease, PAD)是由动脉粥样硬化引起的下肢动脉狭窄或闭塞,是继冠状动脉粥样硬化性心脏病和卒中之后的第3大动脉粥样硬化性心血管疾病^[1]。慢性症状性PAD是最常见的亚型,主要表现为跛行及其他劳力性腿部症状,常导致严重的步行功能障碍和生活质量(quality of life, QoL)下降^[2]。多项指南^[2-3]将监督下的锻炼疗法(supervised exercise therapy, SET)列为I级推荐,然而其在临床中的实际利用率却较为有限。作为替代方案,社区和家庭环境中的结构化社区锻炼计划(structured community-based exercise program, SCBEP)逐渐受到重视,其中移动健康技术发挥着关键作用。移动健康通过电话、短信、应用程序(application, APP)和可穿戴设备等方式缓解资源紧张问题^[4],并借助行为改变技术(behavioral change techniques, BCTs)提高患者依从性,降低脱落率^[2]。目前,我国对PAD的治疗仍以药物和血运重建为主^[5]。针对无手术指征的慢性症状性PAD患者,作为首选治疗手段的步行锻炼的相关研究较为匮乏。SET因依赖医疗保健专业人员而推广缓慢^[6],SCBEP的研究也相对有限^[7]。我国迄今尚缺乏系统融合移动健康的SCBEP研究。本文旨在综述移动健康在SCBEP中的应用进展,分析其功能作用,揭示当前研究的不足之处,并提出未来发展方向,以期为我国相关护理实践提供借鉴与参考。

1 SCBEP概述

SCBEP是慢性症状性PAD患者护理的核心组成部分。一项成功的计划通常包括健康教育、锻炼监测和行为改变干预^[2-3]。健康教育旨在帮助患者掌握启动和维持锻炼计划的方法,并指导他们如何通过增加距离或速度逐步提升锻炼强度。锻炼监测则旨在使患者评估自身进展,增强依从性,并为医疗保健专业人员调整锻炼方案提供依据。行为改变干

预则通过面对面或远程指导,强化患者的行为改变意愿与能力。

2 移动健康在慢性症状性PAD患者SCBEP中的应用

2.1 提供健康教育,转变治疗信念 在SCBEP项目中,许多患者由于缺乏对步行锻炼益处的认知,常受错误治疗信念的误导,例如将引发跛行疼痛的锻炼误认为是腿部伤害,甚至不认同步行锻炼作为有效的一线治疗策略^[8]。健康教育能够提升患者的知识水平、技能掌握及战胜疾病的信心,进而增强其改变健康相关行为的意愿^[9]。由Aalami等^[10]与美国血管外科学会合作开发的“SVS SET”APP,通过音频-文本微学习和互动问答方式,提供关于PAD、锻炼和营养的健康教育内容。在干预期间,患者每天会接收到约1 min的音频短信,内容涉及缺血性疼痛、侧支循环形成及在跛行疼痛状态下步行的益处与安全性,特别适合低阅读、低理解水平和低数字素养的人群。12周后,患者的自我健康教育水平提升了2.2%。CONTECI动态问答平台则通过远程医疗提供间歇性跛行自我管理和教育干预^[11]。12个月的试验结果显示,患者在治疗依从性、疾病接受度、专业知识水平及QoL方面均有所改善。移动健康凭借其灵活多样的形式、丰富多样的内容以及便捷的使用体验,在健康教育领域展现出显著优于传统书面材料的优势,有效助力患者成长为具备疾病理解和管理能力、能够积极掌控自身健康状况的“专家型患者”^[12]。

2.2 采集活动数据,监测步行锻炼 SCBEP的成功实施离不开对步行锻炼的有效监督,而具备信息显示、数据采集和活动追踪功能的移动健康应用在其中发挥着重要作用。一项Meta分析^[13]显示,基于移动健康的居家锻炼干预能够显著改善PAD患者的无痛步行距离、最大步行距离和6 min步行距离(6 minute walking distance, 6MWD)。然而,所纳入的研究在干预时长上存在差异,且使用的移动健康设备也不尽相同。此外,由于纳入的研究数量不足10项,未评估发表偏倚,这在一定程度上限制了研究结果的推广性和可靠性。再者,纳入的研究大

【收稿日期】 2025-01-15 【修回日期】 2025-10-08

【基金项目】 国家重点研发计划“主动健康和人口老龄化科技应对”重点专项(2022YFC3601305)

【作者简介】 于天卓,博士在读,电话:0431-85619559

【通信作者】 李峰,电话:0431-85619559

多使用仅具备记录和显示活动数据功能的可穿戴活动追踪器,这成为该 Meta 分析的主要局限。由于功能受限,这类设备无法有效激励患者积极应用。近年来,更多具备广泛功能的移动健康技术被应用于采集活动数据,并同步至健康教练端的网站和患者端的 APP,以实现远程监测。例如,“Keep pace”研究通过智能手机内置的计步器追踪患者的步数,数据自动上传至 APP 后台,支持护士进行远程评估^[14]。在 PROVE 试验中,患者使用的加速度计能够将数据同步至“中心点”系统,供患者和教练共同监测步行锻炼的强度、频率和时间^[15]。而在“Smart Step”研究中,健身追踪器可与 Movn APP 同步,患者在 APP 虚拟日记中记录的锻炼时间和频率还会同步至 MULTIFIT 病历管理系统,教练据此每 1~2 周通过电话提供反馈,从而有效促进患者的锻炼计划^[16]。考虑到间歇性步行的特性,记录跛行相关参数(如疼痛的出现与恢复时间)同样至关重要。部分应用程序已专门设计了此类功能。例如,“Keep pace”研究中的 APP 允许患者记录疼痛强度^[14],Collins 等^[17]的研究中使用的 APP 可以标记偶发性疼痛,而 YORwalK APP 则设置了一“键按钮”来记录疼痛时间点,以便后续分析^[18]。此外,TrackPAD APP 在每次启动步行锻炼时都会弹出“跛行提醒”,提示患者调整步速以达到中度跛行疼痛,并通过主动确认来关闭提示^[19]。移动健康采集的活动数据不仅能为患者提供直观的可视化反馈,帮助他们跟踪锻炼进展^[20];还能辅助医疗保健专业人员评估锻炼处方的执行情况,为后续咨询中制订个性化建议提供有力依据,例如与患者共同商定既具意义又切实可行的“最佳挑战”步行锻炼目标^[21]。

2.3 构建交流平台,促进行为转变 良好的沟通是提升患者接受并坚持 SCBEP 的关键措施^[22]。研究^[2]表明,将 BCTs 融入面对面或远程指导中,可以有效降低脱落率、提升依从性,从而改善功能状态和 QoL。移动健康技术为医疗保健专业人员与患者搭建了高效的交流平台,同时也为 BCTs 的实施提供了有力载体。在“Keep pace”研究中,护士能够通过后台向患者的 APP 发送锻炼提醒,并提供电话咨询服务,患者普遍认为与护士的互动是坚持锻炼的关键动力^[14]。在“SVS SET”研究中,教练通过短信和电话方式,提供包括激励性访谈在内的认知行为疗法辅导,以鼓励患者坚持既定计划并有效管理行为改变^[10]。PROVE 研究则通过视频会议形式开展认知行为干预的远程小组辅导,每周围绕特定主题,例如“寒冷天气下的步行锻炼”,促进患者间的经验分享与互助,进而增强其自我效能感和主观幸福感,激

发积极的行为改变^[15]。“Physical Activity Daily”网站设有患者论坛,供患者阅读和发布信息,研究人员定期发起话题讨论、组织竞赛和游戏,以促进患者的持续参与^[20]。WalkingPad APP 内置虚拟助手,能够替代健康心理学家,为患者提供程序化和个性化的行为改变技巧,从而进一步减轻医疗保健专业人员的负担^[23]。相较于面对面形式,基于移动健康的交流平台不仅扩展了服务的可及性,还减轻了医疗系统的负担。此外,患者可以通过“虚拟社区”相互联络并分享经验,同伴间的信息支持能够提升知识水平、增进理解并增强应对技能,而情感支持则有助于提升信心、缓解负面情绪^[24]。

2.4 进行远程指导,评估步行能力 6 min 步行试验(6-minute walking test,6MWT)是一种成熟的步行耐力评估方法,其结果广泛用于预测 PAD 患者的活动能力、全因或心血管死亡率和心血管事件^[2-3]。借助移动健康技术进行 6MWT,可显著减少对测试场地和人力资源的需求。内置加速度计和陀螺仪的智能手机,可能是远程实施 6MWT 的理想平台^[25]。在“Keep pace”研究中,开发的 APP 能够跟踪地理位置,指导患者完成 6MWT 并反馈 6MWD,帮助患者了解自身进展,同时确保地理定位数据不上传,以保障隐私^[15]。YORwalK APP 集成了 6MWT 的详细说明、倒计时器、疼痛按钮和结果摘要功能,便于患者独立完成测试并记录无痛步行距离^[18]。基于移动健康的 6MWT 为医疗保健专业人员提供了一种便捷手段,用于追踪患者的功能限制并纵向评估其对治疗干预的反应。然而,现有技术的数据精度方面仍存在不足。例如,VascTrac APP 虽能实现数字化 6MWT 监测,但其依赖 iPhone 内置的 CMPedometer 距离算法,准确性较低,提示需为此类平台开发更精准的算法^[25]。

3 移动健康在慢性症状性 PAD 患者 SCBEP 中的不足与展望

3.1 增加行为改变技术,支持持续改变 BCTs 是干预中可观察、可复制且不可简化的核心组成部分,被视为推动行为改变的“活性成分”^[26]。在促进 PAD 患者坚持 SCBEP 方面,BCTs 可能发挥关键作用^[3]。将 BCTs 有效嵌入 APP 中,有助于提升患者的参与度和干预效果^[27]。然而,目前尚无研究系统梳理移动健康步行锻炼干预中 BCTs 的具体类型与应用频次。本综述排除了仅将移动健康作为数据采集工具的研究,汇总了针对慢性症状性 PAD 患者 SCBEP 的干预文献。根据 93 项层级聚类 BCTs 分类法^[28],从 5 项随机对照试验^[21,23,29-31]、6 项试点研究^[10,14,17,19,32-33]、1 项可行性研究^[34]、2 项可用性测

试^[18,35]和4项试验方案^[15-16,20,36]中,共识别出27项BCTs。使用频次较高的BCTs包括“行为反馈”(n=18)、“社会支持(未指定)”(n=14)、“自我监测行为”(n=3)、“指导如何做出某种行为”(n=13)和“行动规划”(n=11)。表1列出了纳入研究中BCTs的分组、类型及使用频次。移动健康在其中主要发挥支持、增强和承载BCTs的作用。

表1 纳入研究中行为改变技术的分组、类型及使用情况

行为改变技术分组	行为改变技术类型	行为改变技术使用篇数
目标和规划	目标设定(行为)	9篇 ^[10,17,19,29,31,33-36]
	问题解决	6篇 ^[17,20,23,29-30,35]
	行动规划	11篇 ^[10,15,17,20-21,23,29-30,32,34,36]
	审查行为目标	9篇 ^[15,19-21,29,31,33-34,36]
	当前行为与目标之间的差异	6篇 ^[15,17-19,35-36]
	行为契约	1篇 ^[36]
反馈和监测	行为反馈	18篇 ^[10,14-21,23,29-36]
	自我监测行为	13篇 ^[10,14-17,19,21,23,29,31-32,34-35]
	行为结果反馈	2篇 ^[14,18]
社会支持	社会支持(未指定)	14篇 ^[10,14-17,20-21,23,29-32,34,36]
	社会支持(情感性)	4篇 ^[23,29,33-34]
塑造知识	指导如何做出某种行为	13篇 ^[10,15-17,19,21,23,29-30,32,34-36]
自然后果	关于健康后果的信息	8篇 ^[10,16-17,20,30-31,35-36]
	监测情感后果	1篇 ^[17]
	预期遗憾	1篇 ^[36]
行为比较	行为示范	2篇 ^[32,35]
	社会比较	1篇 ^[19]
联系	提示/线索	8篇 ^[10,14-17,19,35-36]
重复和替换	分级任务	9篇 ^[15,29-36]
结果比较	可靠来源	1篇 ^[17]
	优点和缺点	1篇 ^[17]
	物质激励(行为)	1篇 ^[36]
奖励和威胁	物质奖励(行为)	1篇 ^[33]
	社会奖励	1篇 ^[17]
	非特定激励	4篇 ^[18-19,35-36]
	身份/同一性	构架/重新构架
自信	关于能力的口头说服	1篇 ^[17]

注:依据93项层级聚类行为改变技术分类法,本研究仅列出纳入研究中出现的行为改变技术,未使用的类型在此省略。

移动健康可作为辅助工具,支持BCTs的顺利实施。例如,提前佩戴活动追踪器以评估基线身体活动(physical activity,PA)水平,有助于研究人员设定更切实可行的步行锻炼目标(目标设定)^[31,34];加速度计计数作为跛行疼痛或运动强度的参考基准,可帮助参与者在步行锻炼中把握理想强度(指导如何做出某种行为)^[15,21];APP内提供的教育视频和模块化课程,有助于参与者理解疾病机制及锻炼益处(关于健康后果的信息)^[10,35]。移动健康的交互性特征能显著增强BCTs的实施效果。例如,APP页面中的进度条通过直观展示行为与目标的差距,提升了参与者对目标的关注度(当前行为与目标之间的差异)^[18,35];视频会议和网站强化了患者同伴间的支持与联系(社会支持)^[15,20,29];APP内的提示功能与短信提醒,有效增强了参与者步行锻炼的规律

性与依从性(提示/线索)^[14,16-17]。移动健康还可作为BCTs的便捷交付渠道或载体。例如,嵌入积分、等级或徽章等奖励机制的APP,能够在参与者达成行为目标或取得进步时提供即时正强化(非特定激励)^[9,18-19,35-36]。此外,自动采集并上传数据的可穿戴设备、记录并展示数据的APP或网站,以及提供数据反馈渠道的电话、短信/邮件或视频会议,这些移动健康技术将纸质版运动日志的记录(自我监测行为)^[16,19,29,35]、SCBEP中锻炼表现的反馈(行为反馈)^[16,21,29-34]和目标与行为改变策略的调整(审查行为目标)^[21,31,32],以电子版和远程指导的形式有效承载。目前,基于BCTs设计研发系统化的运动康复配套APP仍是移动健康领域需要攻克的难题^[37]。未来的研究应根据干预内容与所采用的移动健康类型,合理整合并扩展适宜的BCTs,以更有效地支持持续行为改变。例如,可结合杨琴等^[38]总结的PAD患者锻炼计划的最佳证据中的“进展”原则,引入“分级任务”,为患者设定难度递增但仍可实现的目标,从而提升干预的挑战性与成效。

3.2 结合人工智能技术,优化干预措施 人工智能(artificial intelligence, AI)和机器学习(machine learning, ML)在医疗保健领域展现出广阔的应用前景。尽管它们在PAD中的应用尚处于起步阶段,但其潜力不容忽视^[39]。特别是在促进PA方面,AI和ML的表现尤为突出^[40],强化学习(reinforcement learning, RL)作为ML中“通过结果不断优化策略”的算法已在多项研究中得到成功应用。HeartSteps APP的RL算法在收集高血压患者数据的过程中,持续学习和优化嵌入在即时自适应干预中的治疗策略,以精准指导当前是否以及应提供何种PA建议,确保干预措施达到预期效果并最大化长期疗效^[41]。Yom-Tov等^[40]针对久坐不动的2型糖尿病患者,提供经强化学习算法个性化定制的短信服务,旨在激励患者坚持身体活动,研究结果显示,RL组患者的身体活动水平显著提升,糖化血红蛋白的降低幅度也明显优于对照组。方霖等^[42]则结合可穿戴设备采集的运动和生理数据,基于深度强化学习算法构建了动态推送运动目标的健康信息服务AI系统,研究表明该系统有效助力使用者养成健康生活方式,提升个人健康管理水平。随着越来越多的SCBEP依托移动健康实施,RL算法有望应用于PAD患者的步行锻炼干预。作为自适应消息传递机制的核心,RL算法通过持续获取行为和反馈,动态调整信息内容和频率,从而更有效地激励患者参与锻炼^[39]。此外,RL算法还能借助与移动健康持续传输的数据不断交互,适应性调整锻炼方案,使推送内

容更加科学^[42]。AI在护理领域的应用日益广泛,已在护理教学、临床实践和管理方面初显成效。然而,在实际应用中仍面临专业性不足等问题^[28]。在我国“人工智能+”战略持续推进的背景下,护理人员应积极学习AI相关知识,主动参与AI的研发与应用,推动AI护理的可行性和实用性不断完善与提升。

4 小结

针对慢性症状性PAD患者,SCBEP被美国心脏病学会(American College of Cardiology, ACC)和美国心脏协会(American Heart Association, AHA)的最新指南列为I级推荐,且证据质量等级为A的首选治疗方法。移动健康通过纠正错误治疗信念、实时监测锻炼、支持行为改变以及便捷评估步行能力,全面涵盖了SCBEP的关键组成部分。ACC和AHA已将“利用远程医疗和远程患者监测设备为服务不足的地区和患者群体提供PAD相关护理”列为优先事项,旨在改善治疗途径和临床疗效。然而,为进一步优化干预效果,还需引入更多BCTs,并探索与AI的融合,以更有效地促进患者坚持步行锻炼,提升其步行能力、功能状态和生活质量。目前,我国在该领域的研究尚处于探索阶段。未来,可组建跨学科团队,开发专业化、高质量且契合本土文化的移动健康工具。护理人员作为医疗保健服务的中坚力量,以及医疗信息技术设计、开发和部署中不可或缺的一部分,将在这一过程中发挥举足轻重的作用。

【关键词】 远程护理;移动应用;外周动脉疾病;间歇性跛行;运动疗法

doi: 10.3969/j.issn.2097-1826.2025.11.022

【中图分类号】 R473.2 **【文献标识码】** A

【文章编号】 2097-1826(2025)11-0091-05

【参考文献】

- [1] SONG P, RUDAN D, ZHU Y, et al. Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis [J]. *Lancet Glob Health*, 2019, 7(8): e1020-e1030.
- [2] GORNIK H L, ARONOW H D, GOODNEY P P, et al. 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VESS Guideline for the management of lower extremity peripheral artery disease: a report of the American College of Cardiology American Heart Association joint committee on clinical practice guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2024, 83(24): 2498-2604.
- [3] MAZZOLAI L, BELCH J, VENERMO M, et al. Exercise therapy for chronic symptomatic peripheral artery disease: a clinical consensus document of the European Society of Cardiology working group on aorta and peripheral vascular diseases in collaboration with the European Society of Vascular Medicine and the European Society for Vascular Surgery [J]. *Eur Heart J*, 2024, 45(15): 1303-1321.
- [4] KUMAR S, NILSEN W J, ABERNETHY A, et al. Mobile health technology evaluation: the mHealth evidence workshop [J]. *Am J of Prev Med*, 2013, 45(2): 228-236.
- [5] 张婷, 唐伟, 郭佳. 专业指导下运动训练及其改良在外周动脉疾病患者中应用研究进展 [J]. *介入放射学杂志*, 2022, 31(9): 927-931.
- [6] 郑凯, 韩佩佩. 运动与饮食干预治疗外周动脉疾病的研究进展 [J]. *中国医学科学院学报*, 2024, 46(6): 932-939.
- [7] 康飞. 基于家庭的结构化步行训练计划对外周动脉疾病患者步行能力及生活质量影响的临床研究 [D]. 福州: 福建医科大学, 2021.
- [8] ABARAOGU U, EZENWANKWO E, DALL P, et al. Barriers and enablers to walking in individuals with intermittent claudication: a systematic review to conceptualize a relevant and patient-centered program [J/OL]. [2025-07-18]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30048501/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0201095.
- [9] PALDÁN K, SIMANOVSKI J, ULLRICH G, et al. Feasibility and clinical relevance of a mobile intervention using TrackPAD to support supervised exercise therapy in patients with peripheral arterial disease: study protocol for a randomized controlled pilot trial [J/OL]. [2025-07-18]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31244477/>. DOI: 10.2196/13651.
- [10] AALAMI O O, LIN J, SAVAGE D, et al. Use of an app-based exercise therapy program including cognitive-behavioral techniques for the management of intermittent claudication [J]. *J Vasc Surg*, 2022, 76(6): 1651-1656.
- [11] DAVINS RIU M, BORRÀS PÉREZ X, ARTIGAS RAVENTÓS V, et al. Use of telehealth as a new model for following intermittent claudication and promoting patient expertise [J]. *Telemed J E Health*, 2018, 24(10): 773-781.
- [12] COLEMAN M T, NEWTON K S. Supporting self-management in patients with chronic illness [J]. *Am Fam Physician*, 2005, 72(8): 1503-1510.
- [13] KIM M, KIM C, KIM E, et al. Effectiveness of mobile health-based exercise interventions for patients with peripheral artery disease: systematic review and Meta-analysis [J/OL]. [2025-07-19]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33587042/>. DOI: 10.2196/24080.
- [14] PRENNER A, ZIEGL A, WIESMÜLLER F, et al. Usability of a telehealth-nurse supported home-based walking training for peripheral arterial disease—the Keep Pace! pilot study [J]. *Vasa*, 2024, 53(4): 246-254.
- [15] WHIPPLE M O, PFAMMATTER A F, SPRING B, et al. Study design, rationale, and methodology for promote weight loss in patients with peripheral artery disease who also have obesity: the PROVE trial [J/OL]. [2025-07-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37642035/>. DOI: 10.1161/JAHA.123.031182.
- [16] HARZAND A, VAKILI A A, ALROHAIBANI A, et al. Rationale and design of a smartphone-enabled, home-based exercise program in patients with symptomatic peripheral arterial disease: the smart step randomized trial [J]. *Clin Cardiol*, 2020, 43(6): 537-545.
- [17] COLLINS T, GEANA M, OVERTON K, et al. Use of a smart-

- phone app versus motivational interviewing to increase walking distance and weight loss in overweight/obese adults with peripheral artery disease; pilot randomized trial[J/OL]. [2025-07-23]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35113020/>. DOI: 10.2196/30295.
- [18]SHALAN A, ABDULRAHMAN A, HABLI I, et al. YORwalk: designing a smartphone exercise application for people with intermittent claudication[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2018(247):311-315.
- [19]PALDÁN K, STEINMETZ M, SIMANOVSKI J, et al. Supervised exercise therapy using mobile health technology in patients with peripheral arterial disease; pilot randomized controlled trial[J/OL]. [2025-07-24]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34398800/>. DOI:10.2196/24214.
- [20]KUMAR A M, LYDEN A K, CARLOZZI N E, et al. The physical activity daily (PAD) trial: the rationale and design of a randomized controlled trial evaluating an internet walking program to improve maximal walking distance among patients with peripheral arterial disease[J]. *Contemp Clin Trials*, 2018(67):23-30.
- [21]MCDERMOTT M M, SPRING B, TIAN L, et al. Effect of low-intensity vs high-intensity home-based walking exercise on walk distance in patients with peripheral artery disease; the LITE randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2021,325(13):1266-1276.
- [22]LI Y, ROTHER U, ROSENBERG Y, et al. A prospective survey study on the education and awareness about walking exercise amongst inpatients with symptomatic peripheral arterial disease in Germany[J]. *Vasa*, 2023,52(4):218-223.
- [23]SILVA I, MOREIRA C S, PEDRAS S, et al. Effect of a monitored home-based exercise program combined with a behavior change intervention and a smartphone app on walking distance and quality of life in adults with peripheral arterial disease; the WalkingPad randomized clinical trial[J/OL]. [2025-09-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38075956/>. DOI:10.3389/fcvm.2023.1272897.
- [24]PARRY M, WATT-WATSON J. Peer support intervention trials for individuals with heart disease: a systematic review[J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 2010,9(1):57-67.
- [25]ATA R, GANDHI N, RASMUSSEN H, et al. Clinical validation of smartphone-based activity tracking in peripheral artery disease patients[J/OL]. [2025-07-27]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31304343/>. DOI:10.1038/s41746-018-0073-x.
- [26]MICHIE S, JOHNSTON M. Behavior change techniques[M]. New York: Springer, 2013:182-187.
- [27]NEILSEN J. Feature richness and user engagement[EB/OL]. [2025-04-09]. <http://www.useit.com/alertbox/features.html>.
- [28]MICHIE S, RICHARDSON M, JOHNSTON M, et al. The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques; building an international consensus for the reporting of behavior change interventions[J]. *Ann Behav Med*, 2013,46(1):81-95.
- [29]MCDERMOTT M M, SPRING B, BERGER J S, et al. Effect of a home-based exercise intervention of wearable technology and telephone coaching on walking performance in peripheral artery disease: the HONOR randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2018,319(16):1665-1676.
- [30]REZVANI F, HEIDER D, KÖNIG H H, et al. Telephone health coaching and remote exercise monitoring (TeGeCoach) in peripheral arterial occlusive disease—a randomized controlled trial[J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2024,121(10):323-330.
- [31]DUSCHA B D, PINER L W, PATEL M P, et al. Effects of a 12-week mHealth program on functional capacity and physical activity in patients with peripheral artery disease[J]. *Am J Cardiol*, 2018,122(5):879-884.
- [32]CORNELIS N, BUYS R, DEWIT T, et al. Satisfaction and acceptability of telemonitored home-based exercise in patients with intermittent claudication; pragmatic observational pilot study[J/OL]. [2025-01-08]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33749616/>. DOI:10.2196/18739.
- [33]FUKAYA E, WELDEN S, BUKARI A, et al. Incentivizing physical activity through activity monitoring interventions in PAD—a pilot study[J]. *Vasa*, 2021,50(2):145-150.
- [34]WADDELL A, DENTON F, POWELL R, et al. Home-based circuit training and community walking for intermittent claudication[J]. *Ann Vasc Surg*, 2024(105):38-47.
- [35]KIM M, KIM Y, CHOI M. Mobile health platform based on user-centered design to promote exercise for patients with peripheral artery disease[J/OL]. [2025-07-30]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35918702/>. DOI:10.1186/s12911-022-01945-z.
- [36]FANAROFF A C, CORATTI S, FARRADAY D, et al. Gamification-augmented home-based exercise for peripheral artery disease; rationale and design of the GAMEPAD Study[J]. *Am Heart J*, 2024(270):95-102.
- [37]李沪生, 张佳, 周燕, 等. 移动医疗在心脏运动康复领域应用的范围综述[J]. *军事护理*, 2022,39(9):57-60.
- [38]杨琴, 赵玉明, 黄妍, 等. 外周动脉疾病患者运动训练的最佳证据总结[J]. *中华护理杂志*, 2022,57(21):2661-2668.
- [39]FLORES A M, DEMSAS F, LEEPER N J, et al. Leveraging machine learning and artificial intelligence to improve peripheral artery disease detection, treatment, and outcomes[J]. *Circ Res*, 2021,128(12):1833-1850.
- [40]YOM-TOV E, FERARU G, KOZDOBA M, et al. Encouraging physical activity in patients with diabetes: intervention using a reinforcement learning system[J/OL]. [2025-06-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29017988/>. DOI:10.2196/jmir.7994.
- [41]LIAO P, GREENEWALD K, KLASNJA P, et al. Personalized heartsteps: a reinforcement learning algorithm for optimizing physical activity[J/OL]. [2025-06-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34527853/>. DOI:10.1145/3381007.
- [42]方霁, 潘威旭, 林徐勋, 等. 移动健康信息服务的个性化运动目标决策研究[J]. *管理工程学报*, 2024,38(1):253-265.

(本文编辑:刘于晶)