

• 综 述 •

数字健康技术在糖尿病足管理中的应用进展

鲁红波, 杨莉琴[△]

(陆军特色医学中心高血压内分泌科, 重庆 400042)

[摘要] 糖尿病足作为糖尿病的常见并发症,严重影响患者的日常活动与家庭的经济负担。因此,实施有效的预防措施、及时的干预策略及精准的治疗方案至关重要。数字健康技术作为现代信息化的前沿力量,为糖尿病足的全方位管理开辟了新的路径。该文综述了数字健康技术在糖尿病足预测预后、预警防控、智能诊断、个性化诊疗、远程管理、生活管理等方面的应用进展,不仅展现了数字健康技术在提升糖尿病足防治效率与效果上的巨大潜力,也为临床医生和科研工作者提供了宝贵的参考与启示,以激发更多创新思维,共同推动糖尿病足防治管理的现代化进程。

[关键词] 数字健康; 糖尿病足; 人工智能; 机器学习; 深度学习; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2025.04.045 **中图法分类号:**R587.2

文章编号:1009-5519(2025)04-1028-04

文献标识码:A

Application progress of digital health technology in diabetic foot managementLU Hongbo, YANG Liqin[△]

(Department of Hypertension and Endocrinology, Army Specialty Medical Center, Chongqing 400042, China)

[Abstract] As a common complication of diabetes, diabetic foot seriously affects the daily activities of patients and the economic burden of their families. Therefore, it is very important to implement effective preventive measures, timely intervention strategies and accurate treatment programs. As the frontier force of modern information, digital health technology has opened up a new path for the all-round management of diabetic foot. This paper reviewed the application progress of digital health technology in the prediction and prognosis of diabetic foot, early warning and prevention, intelligent diagnosis, personalized diagnosis and treatment, remote management, life management and other aspects. It not only showed the great potential of digital health technology in improving the efficiency and effect of diabetic foot prevention and control, but also provides valuable reference and enlightenment for clinicians and scientific researcher workers, so as to stimulate more innovative thinking and jointly promote the modernization process of diabetic foot prevention and control management.

[Key words] Digital health; Diabetic foot; Artificial intelligence; Machine learning; Deep learning; Review

根据国际糖尿病联合会公布的数据,当前全球糖尿病患者例数已达到 5.366 亿,预计到 2045 年,全球糖尿病患者总数将激增至 7.832 亿^[1]。糖尿病足(DF)作为糖尿病的一种严重并发症,其发病趋势日益严峻,患者群体中超过半数会遭遇足部感染的困扰,更有高达 20% 的患者因感染程度严重而需要接受非创伤性截肢手术,甚至面临生命的威胁,不仅给患者的家庭带来了巨大的经济压力,还极大地降低了患者的生存概率及生活质量,成为一个亟待重视和解决的公共卫生问题^[2-3]。因此,有效预防、及时干预、正确治疗和综合管理是降低糖尿病足患者致残率、致死率、减少医疗费用、提高生活质量的重要举措^[4]。随

着网络信息技术的蓬勃发展,数字健康技术作为数字技术与传统医疗模式深度融合的产物,正着力驱动着医疗健康产业向数字化、智能化方向迈进,为糖尿病足的早期发现、诊断、治疗和管理提供了全新的解决方案。本文将详细探讨数字健康技术在糖尿病足管理中的应用进展,以期对相关临床医生和研究人员进一步推动糖尿病足防治管理的创新和发展提供有益的参考。

1 数字健康技术概述

随着人工智能技术的飞跃、医疗健康需求的深刻变革以及政策与市场的双重催化,数字健康技术应运而生,构筑了一个集 AI、大数据、物联网等尖端科技于

[△] 通信作者, E-mail:1248858039@qq.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250318.1634.011\(2025-03-19\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250318.1634.011(2025-03-19))

一体的医疗健康管理体系。该体系巧妙运用机器学习、人工神经网络、自然语言处理、语音识别与计算机视觉等尖端技术^[5],将患者的生理指标、生化数据、医学影像等信息进行即时收集、深度剖析与精准提炼,实现了对疾病萌芽的敏锐捕捉、诊断的精准无误以及治疗的量身定制,从而实现对疾病的早期发现、精准诊断和个性化治疗,提升诊疗服务的效率和质量。

数字健康技术包括智能链接设备、移动应用程序、人工智能、开源活动及虚拟现实技术等,为广大群体提供了更加便捷、高效和个性化的健康管理和医疗服务^[6]。其中,智能链接设备能够通过 Wi-Fi、蓝牙等各种无线通信技术与其他设备或其他系统进行数据交换,可用于个人健康管理及远程医疗,帮助患者了解自身状况,也可以辅助医生远程诊断和治疗。移动应用程序则是指智能手机、平板电脑等移动设备上运行的应用程序,可为患者提供健康管理、医疗服务、信息查询等多种功能^[7]。人工智能通过大数据分析和算法优化,为健康管理和医疗服务提供智能化支持,可应用于疾病预测与诊断、个性化治疗方案、智能辅助决策等方面。开源活动则是指通过开源项目,共享代码、数据和算法,推动数字健康技术的创新和进步^[6]。虚拟现实技术则可以使患者身临其境地体验各种健康训练、治疗疗法和康复过程^[4-5]。以上技术的不断发展和创新将进一步推动数字健康领域的进步和发展。

2 数字健康技术在糖尿病足管理中的应用

2.1 预警防控

《中国糖尿病足防治指南(2019 版)》明确指出,减少糖尿病导致的残疾与死亡,首要任务是加强糖尿病足溃疡的预防、早期识别及规范治疗,其核心策略在于构建有效的预警机制与及时干预流程,对于延缓病情恶化、提升患者生活质量至关重要^[8-9]。梅爱英等^[10]通过文献回顾以及两轮德尔菲专家咨询,系统构建了包括 3 个一级指标、13 个二级指标和 57 个三级指标的糖尿病足防控护理技能体系,为糖尿病足防控护理人员培训和教学项目的确定与完善以及评估不同机构的糖尿病足防控范畴提供了实用性参考。许鸿本等^[9]则深入探讨了糖尿病足的多种预警系统,特别是足底压力、足部温度和足底湿度的监测技术。其中,足底压力检测系统采用高精度传感器,实现了足部压力的实时监测与异常预警^[11-12],帮助患者及时采取减压措施以避免损伤。红外热成像技术则利用光电原理,捕捉人体热辐射信息,将足部温度变化转化为直观图像,为炎症与组织异常提供早期信号。而温湿度检测系统则聚焦于鞋内微环境,通过智能设备持续监控足部湿温度,为预防因潮湿引起的皮肤问题提供数据支持。以上技术的综合应用,为糖尿病足的防控构筑了全方位、多层次的防护网。

2.2 智能诊断

研究数据揭示,超过半数的糖尿病

患者伴有周围神经或血管病变,在初期通常无症状或症状不明显,导致患者忽视且易被医生漏诊,进而延误了糖尿病足的早期识别与干预^[13]。因此,临床需要探索一种更灵敏、便捷的检测手段,以期实现对糖尿病足高危群体的早期筛查与诊断。薛翔^[14]通过概率神经网络算法构建了一个高精度的糖尿病足诊断模型,准确率高达 97.9%,显著提升了诊断的准确性。而陈宗俊等^[15]则从中医角度探索了红外热成像技术在糖尿病足早期诊断中的应用,通过分析足部热图的细微变化,如温度差异、不均匀度等,揭示神经、血管功能及气血状态,为早期发现代谢异常区域提供了新视角,尤其是热图中出现的温度不对称现象,被视为局部阴阳失衡的警示信号。此外,随着人工智能技术的飞速发展,韦哲等^[16]引领了糖尿病足诊断技术的革新,研发的智能诊断专家系统集成知识库、推理机等多个模块,能够模拟医学专家的诊断思维,通过 AI 算法深度分析患者信息,并给出精准的治疗建议,不仅提升了诊断效率,还确保了诊断结果的科学性与可靠性,为糖尿病足的早发现、早诊断提供了强有力的技术支持。先进的信息技术与人工智能的融入,正逐步克服传统诊断方法的局限性,以更加高效、精准的方式助力糖尿病足的早期识别与干预,为患者争取了宝贵的治疗时机^[17]。

2.3 个性化诊疗

人工智能技术的飞跃,为数字健康领域注入了强大动力,显著提升了诊疗的效率和精确度,尤其在糖尿病患者的个性化治疗方面展现出了巨大潜力,使医护人员能够更精准地掌握患者病情动态,实施定制化的治疗方案。LIU 等^[18]通过间接监测血糖水平与直接观察伤口愈合状况相结合的方式研发了多功能水凝胶贴片,为糖尿病足患者提供了透明的监测系统与个性化的治疗措施,如加速止血、预防感染等,从而加速了溃疡的愈合进程。李玲艳等^[19]则集成微电子传感器与无线通信技术,开发了“智能”敷料,能在不破坏创口环境的前提下,实时监测足部伤口的 pH 值、温度和渗液量等关键环境参数,为医生提供即时、准确的诊断依据,进而实现个性化的治疗策略。叶莹等^[20]利用深度学习算法,成功构建了糖尿病足溃疡智能分级系统,通过精准的图像分割、识别与分析技术,结合 Wagner 分级标准,实现了足溃疡的快速自动分级,并据此为患者提供针对性的治疗与护理方案,显著提升了护理质量与效果,与胡申玲等^[21]的智能分级管理平台研究相呼应。赵楠等^[22]则进一步推动了糖尿病足诊疗的智能化进程,构建了集分级评估、综合会诊、规范化治疗于一体的“掌上益足”智能诊疗平台,实现了从患者资料采集到多学科会诊、再到智能化转诊的全病程闭环管理,不仅提升了诊疗效率,还为糖尿病足患者群体提供了便捷、优质、个性化的医疗服务,已在医联体内得到广泛应用与推广。

2.4 健康教育

健康教育是糖尿病的综合管理策略

中不可或缺的“五驾马车”之一，贯穿于整个治疗与管理流程中。利用手机 APP、网络平台、微信等现代科技手段，医护人员能够远程传授糖尿病足相关的预防与护理知识，也便于患者能在家中轻松完成足部温度、压力分布及皮肤湿度的监测，并将实时数据即时同步至医疗团队，使医生能够迅速察觉如压力性溃疡、感染等早期足部风险，从而提前介入干预^[23-24]。ABRAR 等^[25]通过传统语言媒介，创新性地制作了包括溃疡预警信号识别、趾甲修剪技巧及适宜鞋袜选择等内容的教育视频，有效提升了糖尿病足患者的足部护理意识和能力，显示出显著的预防成效。此外，王桢等^[26]借助医学人工智能技术，构建了集个人电脑、患者与医生专用 APP 及智能穿戴设备于一体的院外管理体系，实现了糖尿病患者的个性化管理计划、家庭健康数据追踪及智能化教育服务。IAN 等^[27]利用蓝牙技术、智能手机平台与无线压力传感器，开发了一种智能绷带系统，能够持续监测糖尿病足溃疡患者的足底压力变化，并将实时数据直观展示在手机屏幕，为医护人员提供了即时、精准的患者状态反馈，有助于采取更加精准有效的治疗措施，从而延缓溃疡的恶化进程。以上基于数字化技术的健康教育与实践，不仅为患者带来了便捷与安全，减少了不必要的医院访问，同时也有效降低了医疗体系的运行成本，实现了医院、医护人员及患者三者之间的共赢。

2.5 生活管理 糖尿病作为一种长期的慢性代谢性疾病，其管理依赖于综合性策略，包括健康教育、饮食调控、运动疗法、持续的血糖监测及药物治疗等多个方面。其中，饮食管理是维持糖尿病患者糖代谢稳定的核心措施^[28]。KUMARI 等^[29]通过深度学习技术分析声音信号，评估了和调整了糖尿病患者的食物咀嚼模式，在不增加运动量的情况下，成功帮助糖尿病患者显著降低血糖水平。此外，LU 等^[30]利用深度神经网络和三维重建技术开发的 goFOOD™ 系统，更是将食物评估与营养分析推向了新高度。该系统能够快速准确地识别食物种类、估算食物体积，并分析出每餐的热量和营养构成，为糖尿病患者提供了便捷且科学的饮食指导。同时，运动疗法在糖尿病管理中的作用同样不容忽视，是优化糖代谢的重要途径^[31]。HÖCHSMANN 等^[32-33]研发的 Mission (Schweinehund 应用程序，通过智能化地评估用户体能，制订个性化锻炼计划，并根据用户反馈动态调整训练方案)极大地提升了患者的运动参与度和效果，体现了数字化工具在促进运动依从性方面的巨大潜力。综合以上，数字化技术以其精准、高效、个性化的特点，在糖尿病患者的饮食和运动管理中展现出了较传统方法更为显著的优势。

2.6 预测预后 机器学习作为人工智能领域中的关键分支，在糖尿病足领域的应用展现出了较强的预测能力，尤其是在分析患者临床图像数据以评估糖尿病

足预后方面^[34]。王诗琪等^[34]综述了如何利用多种机器学习模型，有效预测糖尿病足可能引发的多种并发症、溃疡愈合难度及截肢风险等不良后果，为临床管理提供了科学依据。杨启帆等^[35]则进一步从理论与实践的角度，总结了机器算法在糖尿病足发病及预后预测领域的最新进展，为大数据挖掘技术在糖尿病足管理中的应用提供了宝贵的参考。STEFANOPOULOS 等^[36]利用决策树算法，以接近 80% 的准确率，成功识别出蜂窝织炎和 Charcot 关节病是导致糖尿病足溃疡住院患者面临的主要风险，为医护人员提供了宝贵的预警信息。XIE 等^[37]则通过回顾性分析 618 例糖尿病足溃疡患者的临床数据，采用先进的 LightGBM 算法，构建了能够精准区分非截肢、小截肢与大截肢风险的多分类预测模型，在不同类别预测中均展现出了较高的灵敏度、特异度和曲线下面积，尤其是非截肢预测的准确率高达 95%，整体预测效能卓越，为临床治疗方案的选择提供了强有力的数据支持。

3 数字健康技术应用在糖尿病足患者管理中的挑战与未来展望

随着科技的飞速发展和大数据的深入探索，数字健康技术正逐步成为糖尿病足患者管理的重要力量，不仅提升了风险评估的精确度，还推动了个性化治疗方案的制订及高效的患者教育。然而，尽管数字健康技术已在糖尿病足管理中呈现出巨大优势及效果，但在普及与应用过程中仍面临多重挑战。首要挑战在于技术接受度的差异。老年糖尿病足患者群体对新技术的理解和操作能力相对有限，尤其是在教育资源匮乏的偏远地区^[38]，极大地限制了数字健康技术的广泛普及与应用。其次，数据安全和隐私保护成为亟待解决的问题。医疗信息化进程的加速，使数据安全和患者隐私成为焦点，而当前相关法规的滞后性，使其规范化管理尚不完善^[15]，增加了患者的担忧。再者，技术本身的成熟度与可靠性也是不容忽视的短板。尽管数字健康技术展现出巨大潜力，但在准确性、稳定性方面仍有待提升^[39]，要求研究者在算法优化、数据质量控制等方面持续努力。展望未来，随着 AI 技术的不断成熟与深入应用，数字健康技术将在糖尿病足管理领域实现更多突破。一方面，借助大数据与 AI 技术，能够实现对患者健康状况的智能预测与精准干预，为治疗方案的制订提供科学依据；另一方面，远程医疗与移动健康服务的普及，将促进医患之间的实时互动与个性化管理^[17]，提升患者的自我管理能力和依从性。此外，构建完善的健康数据管理系统，加强医疗机构间的信息共享与协作^[40]，也将为糖尿病足的综合防治提供更加全面、精准的数据支撑，推动医疗资源的优化配置与高效利用。

4 小 结

数字健康技术作为科技迅猛发展的结晶，深度融合了互联网、云计算、大数据、物联网等前沿科技，并

与智能手机、平板电脑等便携设备紧密相连,其应用范围广泛覆盖远程监控、智能诊断、定制化治疗及康复训练等多个领域,极大地促进了糖尿病足疾病的预防与治疗成效。当前阶段该技术仍面临接纳度、数据安全及技术成熟度等挑战,但随着智能化技术的日新月异及医疗领域内跨机构、跨学科的紧密合作趋势,数字健康技术正逐步展现出其改变糖尿病足患者管理格局的巨大潜力。未来,数字健康技术有望为糖尿病足患者群体提供更加精准、高效的医疗服务,帮助患者获得更佳的康复效果。

参考文献

- [1] SUN H, SAEEDI P Y, KARURANGA S, et al. IDF diabetes Atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045 [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2022, 183: 109119.
- [2] MESSENGER G, TAHA N, SABAU S, et al. Is there a role for informal caregivers in the management of diabetic foot ulcers? A narrative review [J]. *Diabetes Ther*, 2019, 10(6): 2025-2033.
- [3] ZUBAIR M, AHMAD J. Role of growth factors and cytokines in diabetic foot ulcer healing: a detailed review [J]. *Rev Endocr Metab Disord*, 2019, 20(2): 207-217.
- [4] 无, 孙子林, 陆军, 等. 糖尿病足基层筛查与防治专家共识 [J]. *中国糖尿病杂志*, 2019, 27(6): 401-407.
- [5] 赵梦娇, 沈华娟, 董永泽, 等. 数字健康在糖尿病管理中的应用进展 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2024, 16(5): 586-589.
- [6] 贺婷, 袁丽, 杨小玲. 数字健康技术在糖尿病防治和管理中的应用 [J]. *中国数字医学*, 2023, 18(8): 88-94.
- [7] 王巧松, 张坤, 张雪玲, 等. 移动血糖管理在妊娠期糖尿病孕妇中应用的范围综述 [J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(10): 1270-1277.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会, 中华医学会感染病学分会, 中华医学会组织修复与再生分会. 中国糖尿病足防治指南 (2019 版) (I) [J]. *中华糖尿病杂志*, 2019, 11(2): 92-108.
- [9] 许鸿本, 赵国睿, 赵文, 等. 糖尿病足预警系统研究进展 [J]. *中国糖尿病杂志*, 2022, 30(3): 231-233.
- [10] 梅爱英, 李秋萍, 韩斌如, 等. 糖尿病足防控护理技能体系的构建 [J]. *中国护理管理*, 2022, 22(7): 1003-1008.
- [11] KORADA H, MAIYA A, RAO S K, et al. Effectiveness of customized insoles on maximum plantar pressure in diabetic foot syndrome: a systematic review [J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2020, 14(5): 1093-1099.
- [12] 廖结英, 王天芳, 李站, 等. 红外热成像技术用于疾病诊断及中医辨证研究进展 [J]. *中国中医基础医学杂志*, 2021, 27(4): 698-702.
- [13] American Diabetes Association. Classification and diagnosis of diabetes; standards of medical care in diabetes-2019 [J]. *Diabetes Care*, 2019, 42(S1): 19-S002.
- [14] 薛翔. 人工智能在糖尿病诊断中的应用研究 [D]. 兰州: 兰州理工大学, 2018.
- [15] 陈宗俊, 高梦蕉, 张文征, 等. 浅谈应用红外热成像技术早期诊断糖尿病足的策略 [J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(2): 963-967.
- [16] 韦哲, 薛翔, 王能才. 人工智能在糖尿病诊断中的应用 [J]. *中国医学装备*, 2017, 14(12): 142-145.
- [17] 侯铃宇, 张璇, 沈芳, 等. 人工智能技术在糖尿病管理中的应用进展 [J]. *临床护理杂志*, 2021, 20(5): 69-73.
- [18] LIU H, LI Z H, CHE S T, et al. A smart hydrogel patch with high transparency, adhesiveness and hemostasis for all-round treatment and glucose monitoring of diabetic foot ulcers [J]. *J Materials Chem B*, 2022, 10(30): 5804-5817.
- [19] 李玲艳, 赵寒, 李佳璐, 等. 糖尿病足综合管理研究进展 [J]. *中国护理管理*, 2022, 22(8): 1271-1275.
- [20] 叶莹, 赵楠, 戴薇薇, 等. 基于 Wagner 分级的糖尿病足溃疡智能分级系统的构建及验证 [J]. *护理学杂志*, 2022, 37(10): 23-25.
- [21] 胡申玲, 许万萍, 周佩如, 等. 智能分级管理平台对糖尿病足高危患者的干预研究 [J]. *护理学报*, 2020, 27(23): 74-78.
- [22] 赵楠, 金莉萍, 方金赢, 等. 基于医联体的糖尿病足智能诊疗平台的构建与实践 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(9): 901-905.
- [23] 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) [J]. *国际内分泌代谢杂志*, 2021, 41(5): 482-548.
- [24] 伍莎, 易琦峰, 肖倩, 等. 移动健康在糖尿病足延续护理中的应用进展 [J]. *解放军护理杂志*, 2021, 38(3): 53-56.
- [25] ABRAR E A, YUSUF S, SJATTAR E L, et al. Development and evaluation educational videos of diabetic foot care in traditional languages to enhance knowledge of patients diagnosed with diabetes and risk for diabetic foot ulcers [J]. *Prim Care Diabetes*, 2020, 14(2): 104-110.
- [26] 王桢, 何叶青, 周先利, 等. 医学人工智能辅助开展糖尿病患者远程管理探析 [J]. *四川医学*, 2021, 42(5): 488-493.
- [27] IAN H, LU W, WANG Z Z, et al. Soft, wireless pressure-sensor-integrated smart bandage for the management of diabetic foot ulcers [J]. *Adva Materials Technol*, 2022, 8(3): 1-10.
- [28] 刘岩, 张馨月, 王祥香, 等. 人工智能在糖尿病患者饮食管理中应用的研究进展 [J]. *预防医学论坛*, 2023, 29(4): 315-320.
- [29] KUMARI S K, MATHANA J M. Blood sugar level indication through chewing and swallowing from acoustic MEMS sensor and deep learning algorithm for diabetic management [J]. *J Med Syst*, 2018, 43(1): 1.
- [30] LU Y, STATHOPOULOU T, VASILOGLOU M F, et al. goFOODTM: an artificial intelligence system for dietary assessment [J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(15): 4283.
- [31] HÖCHSMANN C, WALZ S P, SCHÄFER J, et al. Mobile exergaming for Health-Effects of a serious game application for smartphones on physical activity and exercise adherence in type 2 diabetes mellitus-study protocol for a randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2017, 18(1): 103.

- 中老年重症患者中的临床效果[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(5):1134-1137.
- [29] 赵静. 不同肠内营养制剂对结直肠癌根治术后患者营养状况及胃肠道功能的影响研究[J]. 医学理论与实践, 2024, 37(13):2228-2230.
- [30] 鞠海涛, 何立君, 毛奇, 等. 急性出血性脑卒中患者序贯式肠内营养治疗的临床研究[J]. 临床神经外科杂志, 2024, 21(3):308-312.
- [31] 李莹阳, 候琳琳, 蒋恩社, 等. 肠内营养半固化喂养在危重患者中应用的研究进展[J]. 中国护理管理, 2023, 23(5):781-785.
- [32] KOKURA Y, SUZUKI C, WAKABAYASHI H, et al. Semi-solid nutrients for prevention of enteral tube feeding-related complications in Japanese population; a systematic review and meta-analysis[J]. *Nutrients*, 2020, 12(6):1687.
- [33] 李晨曦, 沈梅芬. 肠内营养半固化对管饲喂养患者胃肠道耐受性影响的 Meta 分析[J]. 护理学报, 2021, 28(9):43-47.
- [34] 中国急诊危重症患者肠内营养治疗专家共识组. 中国急诊危重症患者肠内营养治疗专家共识. 中国急诊危重症患者肠内营养治疗专家共识[J]. 中华急诊医学杂志, 2022, 31(3):281-290.
- [35] 白丽丽, 冯庆国, 滕洪云, 等. 超早期肠内营养支持对中青年脑出血术后患者预后的影响[J]. 中华危重病急救医学, 2024, 36(9):985-988.
- [36] 王莹, 于兵月, 何海新. 超早期阶梯式协同营养管理对重症急性胰腺炎病人喂养相关并发症及喂养不耐受情况的影响[J]. 罕见疾病杂志, 2023, 30(12):103-105.
- [37] 陈春华, 刘春玲. 超早期阶梯式协同营养管理改善重症急性胰腺炎病人喂养相关并发症及喂养不耐受的效果[J]. 护理研究, 2022, 36(23):4306-4308.
- [38] KAEWDECH A, SRIPONGPUN P, WETWITTAYA-KHLANG P, et al. The effect of fiber supplementation on the prevention of diarrhea in hospitalized patients receiving enteral nutrition; a meta-analysis of randomized controlled trials with the GRADE assessment[J]. *Front Nutr*, 2022, 9:1008464.
- [39] CHEN T, MA Y Y, XU L, et al. Soluble dietary fiber reduces feeding intolerance in severe acute pancreatitis: a randomized study[J]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 2021, 45(1):125-135.
- [40] 王岩. 益生菌联合早期肠内营养对重症急性胰腺炎患者治疗效果的 Meta 分析[D]. 太原: 山西医科大学, 2022.
- [41] 王艳, 胡娟, 邹宗颖, 等. 追踪方法学在神经外科肠内营养相关性腹泻护理中的应用[J]. 护理学杂志, 2019, 34(21):83-85, 95.
- [42] 房玉丽, 何海燕, 张晶, 等. 预防性应用促胃肠动力药对重型颅脑损伤患者喂养不耐受发生的影响[J]. 创伤外科杂志, 2022, 24(12):902-907.
- [43] 刘华, 米元元, 黄培培, 等. 危重症患者肠内营养喂养不耐受的研究进展[J]. 护士进修杂志, 2021, 36(4):333-338.
- [44] 杜静, 孙皎, 李婷, 等. 危重症患者肠内营养并发胃潴留护理的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(23):2856-2864.
- [45] 田飞, 米元元, 刘静兰, 等. 超声监测胃残余量对重症患者肠内营养效果的 Meta 分析[J]. 解放军护理杂志, 2021, 38(10):47-53.
- [46] 米元元, 黄海燕, 尚游, 等. 中国危重症患者肠内营养治疗常见并发症预防管理专家共识(2021 版)[J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33(8):903-918.
- [47] 叶向红, 宫雪梅, 王慧君, 等. 早期肠内营养耐受性分级干预在重症病人中的应用[J]. 肠外与肠内营养, 2020, 27(2):89-93.
- [48] 房玉丽, 王耀丽, 麻媛媛, 等. 重型颅脑损伤患者喂养不耐受护理研究进展[J]. 护理学杂志, 2021, 36(20):104-106.
- [49] 王晓娟, 董新寨. 穴位按摩联合艾灸对改善脑卒中急性期病人便秘的疗效[J]. 护理研究, 2022, 36(17):3171-3174.

(收稿日期:2024-10-16 修回日期:2024-12-31)

(上接第 1031 页)

- [32] HÖCHSMANN C, INFANGER D, KLENK C, et al. Effectiveness of a behavior change Technique-Based smartphone game to improve intrinsic motivation and physical activity adherence in patients with type 2 diabetes; randomized controlled trial[J]. *JMIR Serious Games*, 2019, 7(1):e11444.
- [33] HÖCHSMANN C, MÜLLER O, AMBÜHL M, et al. Novel smartphone game improves physical activity behavior in type 2 diabetes[J]. *Am J Prev Med*, 2019, 57(1):41-50.
- [34] 王诗琪, 袁斯明. 机器学习在糖尿病足预后应用的研究进展[J]. 医学研究与战创伤救治, 2023, 36(10):1111-1115.
- [35] 杨启帆, 杨镇玮, 白超, 等. 机器学习算法构建糖尿病足预测模型的研究进展[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2023, 9(4):460-464.
- [36] STEFANOPOULOS S, AYOUB S, QIU Q, et al. Machine learning prediction of diabetic foot ulcers in the inpatient population[J]. *Vascular*, 2022, 30(6):1115-1123.
- [37] XIE P G, LI Y Y, DENG B, et al. An explainable machine learning model for predicting in-hospital amputation rate of patients with diabetic foot ulcer[J]. *Int Wound J*, 2022, 19(4):910-918.
- [38] 张馨月, 刘长梅, 谭文瑞, 等. 人工智能在糖尿病运动管理中应用的研究进展[J]. 预防医学论坛, 2023, 29(9):718-720.
- [39] 王光娅, 王玉, 孟宇辰, 等. 人工智能在糖尿病足中的应用的研究进展[J]. 中华现代护理杂志, 2024, 30(5):691-695.
- [40] BUS S A, VAN NETTEN J J, LAVERY L A, et al. IWGDF guidance on the prevention of foot ulcers in at-risk patients with diabetes[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016, 32(Suppl 1):S16-24.

(收稿日期:2024-09-26 修回日期:2024-11-28)