·专家论坛·

本文亮点：



(1) 系统梳理人工智能技术在烧伤救治、烧伤康复及慢性创面修复等领域的应用进展，展示其在辅助诊断、风险预测和个体化管理方面的应用潜力。

(2) 分析人工智能技术临床应用面临的数据标准化、模型可解释性、伦理与安全及成本效益等关键挑战。

(3) 展望多中心标准化数据库建设、多模态数据融合及临床验证等发展方向，为人工智能技术与烧伤和创面修复临床实践的深度融合提供参考。

Highlights:

(1) This article reviewed advances on the application of artificial intelligence (AI) across burn care, burn rehabilitation, and chronic wound repair, highlighting its application potential in aided diagnosis, risk prediction, and individualized management.

(2) It discussed key challenges to clinical implementation of AI, including data standardization, model interpretability, ethical and safety concerns, and cost-effectiveness.

(3) It outlined future directions involving multicenter standardized databases, multimodal data integration, and clinical validation to support the deep integration of artificial intelligence into burn and wound care.

人工智能时代背景下烧伤与创面修复学科的机遇与挑战

王新刚　柳欢

浙江大学医学院附属第二医院烧伤与创面修复科，杭州 310009

通信作者：王新刚，Email：wangxingang8157@zju.edu.cn

【摘要】 烧伤与慢性难愈性创面是全球重大公共卫生难题，我国创面修复临床需求庞大，创面修复专科体系建设稳步推进。人工智能凭借图像识别、数据分析和模型预测能力，正全方位重塑烧伤与创面修复诊断与治疗体系，带来学科发展新机遇。该文系统梳理人工智能在烧伤与创面修复领域的多个应用场景及最新进展，同时理性分析现阶段人工智能技术应用存在的潜在风险与挑战，并对人工智能技术推动现代医学由传统诊断与治疗模式向个体化、精准化方向发展进行了展望。

【关键词】 烧伤；　人工智能；　精准医学；　创面修复

基金项目：国家自然科学基金面上项目（82673274）；浙江省自然科学基金（LHDMD25H150001）

Opportunities and challenges for the discipline of burn and wound repair in the era of artificial intelligence

Wang Xingang, Liu Huan

Department of Burn and Wound Repair, the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University College of Medicine, Hangzhou 310009, China

Corresponding author: Wang Xingang, Email: wangxingang 8157@zju.edu.cn

【Abstract】 Burns and chronic refractory wounds represent a major global public-health challenge. China faces substantial clinical demand for wound repair, and the

DOI：10.3760/cma.j.cn501225-20260809-00290

收稿日期　2026-08-09

引用本文：王新刚，柳欢. 人工智能时代背景下烧伤与创面修复学科的机遇与挑战[J]. 中华烧伤与创面修复杂志，2026，42(11)：1-6. DOI：10.3760/cma.j.cn501225-20260809-00290.

Wang Xingang,Liu Huan.Opportunities and challenges for the discipline of burn and wound repair in the era of artificial intelligence[J]. Chin J Burns Wounds, 2026, 42(11): 1-6. DOI: 10.3760/cma. j. cn501225-20260809-00290.

development of a specialized discipline system for wound repair is advancing steadily. With its capabilities in image recognition, data analysis, and predictive modeling, artificial intelligence (AI) is comprehensively reshaping the diagnosis-and-treatment system for burns and wound repair and bringing new opportunities for disciplinary development. This paper systematically reviews multiple application scenarios and the latest advances of AI in the field of burns and wound repair. It also rationally analyzes the potential risks and challenges associated with current AI applications, and offers an outlook on AI-driven transformation of modern medicine from conventional diagnostic-therapeutic paradigms toward individualized and precision-oriented care.

【Key words】 Burns; Artificial intelligence; Precision medicine; Wound repair

Fund program: General Program of National Natural Science Foundation of China (82673274); Zhejiang Provincial Natural Science Foundation (LHDMD25H 150001)

烧伤与各类皮肤创面是全球性的公共卫生问题。根据世界卫生组织统计，全球每年约有1 100万人发生烧伤，其中约18万人因烧伤及相关并发症死亡[1]。新中国成立以来，我国严重烧伤的临床救治水平跻身世界领先行列。同时，随着人口老龄化加剧、糖尿病发病率上升及慢性疾病谱变化，慢性难愈性创面的发生率持续攀升，给患者和医疗系统带来沉重负担。我国每年复杂难愈性创面的治疗需求大约在3 000万人次以上，其中60%以上为老年人群[2]。自2019年国家卫生健康委员会批准在全国有条件的医院建立创面修复科以来，中国特色创面修复学科体系建设持续发力，临床治疗取得显著效果[3]。近年来，以机器学习、深度学习、计算机视觉为代表的人工智能技术取得突破性进展，为医学领域带来革命性变革。人工智能技术凭借其强大的图像识别、数据分析和模型预测能力，在辅助诊断、治疗决策和康复管理等环节的应用价值日益凸显[4-5]。笔者认为，人工智能技术的快速发展对烧伤与创面修复学科的发展既是挑战也是机遇，是推动现代医学由传统诊断与治疗模式向个体化、精准化发展的必然需求。

1 人工智能技术在烧伤救治方面的应用

人工智能技术聚焦临床痛点与难点，在烧伤领域的应用探索已经逐渐深入到烧伤救治的各个环节，在烧伤面积估算、烧伤深度诊断、烧伤休克复苏补液、烧伤预后预测，以及烧伤康复等多个方面，正为临床诊断与治疗决策提供较为可靠的证据支持[6-8]。

烧伤面积和深度的判断是烧伤救治的基础之一，也是判断烧伤严重程度的关键依据。中国九分法是目前我国临床上使用最广的估算烧伤面积的临床工具，而对烧伤深度的判定则主要依靠有经验的临床医师的连续观察。人工智能技术的发展有望为烧伤面积和深度的判断提供更好的辅助工具[9-10]。Wilson等[11]系统梳理了近年来基于影像数据对烧伤创面严重程度进行分级的机器学习技术的发展现状，目前的绝大多数研究均采用彩色数码照片作为分级算法的输入数据，而近年来，融合多模态技术、依托更先进光学成像设备（如多光谱成像、高光谱成像、光学相干断层扫描）的机器学习分级方案应用占比持续提升，各类算法准确率处于70%~90%区间。

烧伤休克复苏是严重烧伤救治的关键环节。对于烧伤总面积≥20%TBSA的大面积烧伤患者，早期精准的液体复苏是预防烧伤休克、维持器官灌注和降低病死率的关键措施，而复苏不足或过度则会导致严重的临床并发症[12]。现阶段烧伤休克复苏液体量的确定主要依靠补液公式估算，然后结合患者的实时状态进行动态调整，复苏质量难以保持一致。人工智能模型在自动评估烧伤深度和计算烧伤总面积方面表现良好，这为精确计算初始补液量提供了条件[6]。目前在烧伤液体复苏临床应用中，人工智能主要依赖于基于规则的闭环算法，通过输入尿量等参数自动给出补液调整建议。人工智能可利用动脉血压波形数据预测补液弹性，在预测补液反应性方面展现出比传统脉压变异度更高的准确性[13]，但在烧伤补液的实时液体滴定和管理方面的有效应用仍有待进一步验证。

严重烧伤患者的救治周期长、并发症多，患者的临床结局受到多种因素的影响。人工智能模型能够自动分析海量临床数据和指标，相较于传统的流行病学调查结果和临床经验判断，人工智能技术能够高效预测患者的死亡风险和住院时间，从而优化早期的医疗资源配置与干预策略，但目前研究多依赖单中心、小样本数据集，仍需开展大规模、多中心前瞻性临床研究以实现广泛的临床验证与部署。

在烧伤重症建设和管理方面，人工智能技术结合物联网与多模态数据整合建立的智慧化ICU，可协助临床医师全面评估和精准掌握重症患者的病

情变化并进行及时有效的干预，正在深刻改变现有的重症烧伤救治模式[14]。针对ICU患者主要死亡原因之一的脓毒症，人工智能技术在脓毒症早期预测与亚型识别、预后评估以及相关器官功能障碍预测方面已经展示出巨大的应用潜力[15-16]。一项针对大面积烧伤患者的回顾性研究纳入烧伤总面积、血清肌酐、血钠等8项指标，利用随机森林算法构建了新发脓毒性休克预测模型，其预测性能显著优于传统的序贯性器官功能衰竭评分，受试者操作特征曲线的曲线下面积（area under the curve，AUC）为0.92[17]。

2　人工智能技术在烧伤康复方面的应用

烧伤康复是一个涉及生理功能恢复、心理重建和社会回归的复杂系统工程，通常持续数月乃至数年。传统康复模式存在评估主观性强、治疗方案同质化、医患协同效率低等问题。人工智能技术正深刻改变烧伤康复的临床实践模式，并成为烧伤康复领域不可或缺的核心工具。

在智能康复训练方面，Frederick等[18]开展了一项随机可行性研究，评估采用新型移动健康方案为门诊烧伤患儿提供远程医疗服务的可行性。Mennella等[19]开发了基于深度学习的居家远程康复运动监测与评估系统，可在无监督条件下自动评估运动执行质量，为烧伤康复训练的远程监测提供了可借鉴的技术路径。另外，远程医疗和可穿戴传感技术为烧伤康复的连续性管理开辟了新途径。Ethier等[20]开发基于卷积神经网络的皮肤异常追踪算法，能够在院内临床场景与远程诊断与治疗场景下完成标准化、客观化的烧伤创面评估和烧伤愈合进程监测，是一种低成本、易获取的工具，可有效减轻患者往返负担。Hayavi-Haghighi和Alipour[21]的系统综述总结了远程医疗在烧伤诊断与治疗中的应用机会与挑战，该模式有望改善诊断与治疗可及性，但仍面临无法全面开展体格检查及技术实施等局限。

烧伤康复过程中的换药、物理治疗等操作常伴随剧烈疼痛。虚拟现实技术通过沉浸式分散注意力机制，在烧伤疼痛管理中显示出独特优势。Lan等[22]的系统评价与荟萃分析纳入16项随机对照试验、共535例烧伤患者，结果显示，虚拟现实干预可改善患者生活质量、工作表现和关节活动度，并减轻疼痛。此外，虚拟现实技术通过游戏化环境还可提高患者对康复训练的依从性，进一步提高康复治疗的效果。

3　人工智能技术在慢性创面修复领域的应用

各种慢性难愈性创面已经成为现代医疗面临的巨大挑战之一。人工智能技术正在为慢性难愈性创面的精准评估、愈合预测及远程监测提供新的技术路径。人工智能凭借精准、高效、个体化的创面评估、诊断与治疗管理模式，依托持续的科研攻关与技术迭代，未来有望构建全人工智能驱动的闭环创面诊断与治疗体系，最终改善患者预后、减轻医疗体系负担[23]。

在慢性创面的精准评估方面，基于深度学习的计算机视觉技术在创面面积、深度及组织构成的准确测量方面取得显著进展[24]。Chang等[25]融合3种深度学习模型，以指甲作为尺寸参照，搭建了一套创面尺寸自动测量系统，结果显示该系统能够快速、便捷地完成创面尺寸测量，测量精度符合使用要求。该方案一方面能够满足居家护理场景以及非专业护理人员的使用需求，操作简便、可及性较好；另一方面可辅助临床诊断与治疗工作与病历记录的归档处理。Reifs等[26]依托超像素算法完成创面特定区域定位并测量创面面积，搭建基于卷积神经网络的分类模型实现创面组织分型，结果显示该技术方案的创面分类准确率高达0.85。

在慢性创面愈合预测方面，准确预测创面愈合进程对于及时识别难愈性创面至关重要。基于电子健康记录的机器学习模型展现出强大的预测能力。Berezo等[27]利用包含约122万个慢性创面的电子健康记录数据，开发了梯度提升决策树模型预测慢性创面在4、8、12周内的愈合概率，预测性能优良（AUC分别为0.854、0.855、0.853）。Dallmann等[28]回顾性分析了261 398例患者的620 356个创面数据，构建了机器学习模型来预测治疗12周内的创面愈合进程，在治疗第4周和第5周时的AUC分别达0.90和0.92。Ngo等[29]提出了基于居家场景下静脉性腿部溃疡基线（第0周）热成像图像的计算机预测模型，采用最优贝叶斯神经网络模型进行分类验证，模型灵敏度为78.57%，特异度为60.00%。

另外，人工智能借助智能手机等移动终端设备，可用于慢性创面远程监测，这意味着数字健康干预在慢性创面管理中有望发挥更加积极作用[30-31]。人工智能技术还在压疮的智能化预测与管理[32-33]、糖尿病足溃疡相关血管生成基因识别[34]、慢

性创面感染的检测与预防[35]以及游离皮瓣术后的监测[36-37]等方面，显示出良好的应用前景。

4 人工智能技术现存的挑战与展望

人工智能技术的快速发展为烧伤与创面修复学科的快速发展注入新的活力[38]。但我们应清醒认识到，人工智能技术在烧伤与创面修复领域的应用仍处于发展初期，同样面临着诸多绕不开的挑战，例如数据标准化、模型可解释性、伦理安全、落地成本等。正确认识这些挑战，是推动人工智能技术健康、有序发展的重要前提。

首先，作为临床从业人员，患者的安全以及新技术的安全性和有效性是我们最大的关切。就人工智能技术而言，数据是基础，数据质量直接决定人工智能模型的性能。如何持续稳定地获得高质量数据是人工智能模型实现精准预测的基石。但现阶段的人工智能研究面临着数据质量参差不齐、标准化程度低的问题。大多数研究基于单中心、小样本数据，模型的泛化能力不足。大多数人工智能模型的训练缺乏足量、统一标准的标注数据，不同医疗机构之间的数据孤岛问题仍是目前难以逾越的障碍，这直接导致大规模数据集的构建难题，使人工智能模型难以跨机构推广和应用[23]。对烧伤与创面修复学科而言，建立标准化、多中心、大样本的烧伤与创面数据库，是突破这一瓶颈的关键，亟待破题。

其次，在医疗这种高风险领域，人工智能技术的可解释性同样至关重要。如何在保证模型性能的同时提升可解释性，是人工智能临床转化必须解决的核心问题。倘若临床医师无法理解模型为何作出这样的判断，也就难以建立对人工智能系统的信任。因此，可解释人工智能技术受到越来越多的关注[32]。目前的可解释人工智能技术仍处于发展初期，在复杂临床场景中的应用十分有限。

再者，人工智能技术在医疗领域的应用涉及一系列伦理与安全问题，也需要引起高度重视。首先是患者隐私保护问题。人工智能模型的训练需要大量患者数据，包括医学图像、病历资料、监测指标等敏感信息，如何在数据利用与隐私保护之间取得平衡，是亟待解决的关键问题[39]。数据脱敏、区块链、联邦学习、差分隐私等技术为这一问题的解决提供了可能[40]。其次是人工智能决策的责任界定问题。当人工智能辅助诊断与治疗产生错误导致临床不良结局时，相关责任应由谁承担？目前相关法律法规尚不健全，这给人工智能的临床应用带来额外的法律风险。此外，人工智能算法中可能存在的偏见也需要高度关注。

第四，人工智能技术从研究走向临床转化，还面临着成本效益的现实考量。如何降低技术成本、提高可及性，是人工智能技术普惠化发展需要回答的问题。此外，人工智能技术的临床价值仍需更多高质量的循证医学证据支持。目前大多数研究仍处于概念验证阶段，缺乏大样本、多中心、前瞻性的随机对照试验来验证人工智能技术的实际临床效益和成本效益。

最后，人工智能技术正在以前所未有的速度和深度融入学科发展，从精准诊断、智能治疗到个性化康复，人工智能技术正在重塑传统的诊断与治疗模式和康复理念。未来人工智能的重要发展方向是进一步加强多模态数据融合，将图像数据、文本数据、生理信号数据、基因组数据等整合起来，构建更加全面的患者全景画像，从而提升人工智能模型的诊断和预测能力。作为烧伤与创面修复学科的从业人员，我们应当开拓思路、抓住机遇，将人工智能与临床实践深度融合，在确保安全性和有效性的前提下，努力为患者提供更精准、更安全、更具个性化的临床诊断与治疗服务。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Thomson IK, Iverson KR, Innocent SHS, et al. Management of paediatric burns in low- and middle-income countries: assessing capacity using the World Health Organization Surgical Assessment Tool[J]. Int Health, 2020, 12(5): 499-506. DOI:10.1093/inthealth/ihz068.

[2] Cheng B, Jiang Y, Fu X, et al. Epidemiological characteristics and clinical analyses of chronic cutaneous wounds of inpatients in China: prevention and control[J]. Wound Repair Regen, 2020, 28(5): 623-630. DOI: 10.1111/wrr.12825.

[3] 付小兵.持续推进中国特色创面修复学科体系建设[J].中华烧伤与创面修复杂志,2023,39(1):5-8. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20230106-00005.

[4] Alowais SA,Alghamdi SS,Alsuhebany N,et al.Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice[J]. BMC Med Educ, 2023, 23(1): 689. DOI: 10.1186/s12909-023-04698-z.

[5] Singh K, Prabhu A, Kaur N. The impact and role of artificial intelligence (AI) in healthcare: systematic review[J]. Curr Top Med Chem, 2025, 25(22): 2635-2654. DOI: 10.2174/0115680266339394250225112747.

[6] Bhattachan P, Ricciuti Z, Khalaf F, et al. The role of artificial intelligence in burn assessment, complication diagnosis, and outcome prediction: a narrative review[J/OL]. Burns

Trauma, 2025, 14: tkaf71[2026-08-09]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41624750/. DOI:10.1093/burnst/tkaf071.

[7] Taib BG, Karwath A, Wensley K, et al. Artificial intelligence in the management and treatment of burns: a systematic review and meta-analyses[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2023, 77:133-161. DOI:10.1016/j.bjps.2022.11.049.

[8] Boissin C, Laflamme L, Fransén J, et al. Development and evaluation of deep learning algorithms for assessment of acute burns and the need for surgery[J].Sci Rep,2023,13(1): 1794.DOI:10.1038/s41598-023-28164-4.

[9] Choi J, Patil A, Vendrow E, et al. Practical computer vision application to compute total body surface area burn: reappraising a fundamental burn injury formula in the modern era[J]. JAMA Surg, 2022, 157(2): 129-135. DOI: 10.1001/jamasurg.2021.5848.

[10] Yıldız M, Sarpdağı Y, Okuyar M, et al. Segmentation and classification of skin burn images with artificial intelligence: development of a mobile application[J]. Burns, 2024, 50(4): 966-979. DOI:10.1016/j.burns.2024.01.007.

[11] Wilson RH, Rowland R, Kennedy GT, et al. Review of machine learning for optical imaging of burn wound severity assessment[J]. J Biomed Opt, 2024, 29(2): 020901. DOI: 10.1117/1.JBO.29.2.020901.

[12] Cartotto R, Johnson LS, Savetamal A, et al. American Burn Association clinical practice guidelines on burn shock resuscitation[J]. J Burn Care Res, 2024, 45(3):565-589. DOI: 10.1093/jbcr/irad125.

[13] Gupta CB, Basu D, Williams TK, et al. Improving the precision of shock resuscitation by predicting fluid responsiveness with machine learning and arterial blood pressure waveform data[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 2227. DOI: 10.1038/s41598-023-50120-5.

[14] Berkhout WEM, van Wijngaarden JJ, Workum JD, et al. Operationalization of artificial intelligence applications in the intensive care unit: a systematic review[J]. JAMA Netw Open, 2025, 8(7): e2522866. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2025.22866.

[15] An S, Ye Z, Che W, et al. Development and validation of machine learning models to predict in-hospital mortality in ICU patients with sepsis and chronic kidney disease[J]. BMC Infect Dis, 2025, 25(1): 1504. DOI: 10.1186/s12879-025-11949-5.

[16] Gao J, Lu Y, Ashrafi N, et al. Prediction of sepsis mortality in ICU patients using machine learning methods[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2024, 24(1): 228. DOI: 10.1186/s12911-024-02630-z.

[17] 邱侃,李江虹,叶勇,等.基于机器学习的烧伤患者脓毒性休克预测模型建立与验证[J].医学研究与战创伤救治,2023, 36(12): 1299-1304. DOI: 10.16571/j. cnki. 2097-2768.2023.12.012.

[18] Frederick AB, Gavrilova Y, Koren N, et al. A randomized feasibility study of virtual and face-to-face care using a novel mobile health solution for outpatient pediatric burns [J]. J Burn Care Res, 2025, 46(6):1392-1401. DOI:10.1093/jbcr/iraf148.

[19] Mennella C, Maniscalco U, Pietro G, et al. A deep learning system to monitor and assess rehabilitation exercises in home-based remote and unsupervised conditions[J]. Comput Biol Med, 2023, 166: 107485. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2023.107485.

[20] Ethier O, Chan HO, Abdolahnejad M, et al. Using computer vision and artificial intelligence to track the healing of severe burns[J]. J Burn Care Res, 2024, 45(3):700-708. DOI: 10.1093/jbcr/irad197.

[21] Hayavi-Haghighi MH, Alipour J. Applications, opportunities, and challenges in using telehealth for burn injury management: a systematic review[J]. Burns, 2023, 49(6): 1237-1248. DOI:10.1016/j.burns.2023.07.001.

[22] Lan X, Tan Z, Zhou T, et al. Use of virtual reality in burn rehabilitation: a systematic review and meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2023, 104(3): 502-513. DOI: 10.1016/j.apmr.2022.08.005.

[23] Liu H, Sun W, Cai W, et al. Current status, challenges, and prospects of artificial intelligence applications in wound repair theranostics[J]. Theranostics, 2025, 15(5): 1662-1688. DOI:10.7150/thno.105109.

[24] Monroy B, Sanchez K, Arguello P, et al. Automated chronic wounds medical assessment and tracking framework based on deep learning[J].Comput Biol Med,2023,165:107335.DOI: 10.1016/j.compbiomed.2023.107335.

[25] Chang DH, Nguyen DK, Nguyen TN, et al. Application of deep learning in wound size measurement using fingernail as the reference[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2024, 24(1): 390. DOI:10.1186/s12911-024-02778-8.

[26] Reifs D, Casanova-Lozano L, Reig-Bolaño R, et al. Clinical validation of computer vision and artificial intelligence algorithms for wound measurement and tissue classification in wound care[J]. Inform Med Unlocked, 2023, 37:101185. DOI:10.1016/j.imu.2023.101185.

[27] Berezo M, Budman J, Hayes D, et al. Predicting chronic wound healing time using machine learning[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2022, 11(6): 281-296. DOI: 10.1089/wound.2021.0073.

[28] Dallmann AC, Sheridan M, Mattke S, et al. Prediction of healing trajectory of chronic wounds using a machine learning approach[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2025, 14(12):645-654. DOI:10.1089/wound.2024.0095.

[29] Ngo QC, Ogrin R, Kumar DK. Computerised prediction of healing for venous leg ulcers[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 17962. DOI:10.1038/s41598-022-20835-y.

[30] Dabas M, Schwartz D, Beeckman D, et al. Application of artificial intelligence methodologies to chronic wound care and management: a scoping review[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2023, 12(4): 205-240. DOI: 10.1089/wound.2021.0144.

[31] Swerdlow M, Lo J, Armstrong DG. Reliability of an AI-powered application across different mobile devices for assessment of chronic wounds[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2024, 13(1): 14-21. DOI: 10.1089/wound. 2022.0095.

[32] Alderden J, Johnny J, Brooks KR, et al. Explainable artificial intelligence for early prediction of pressure injury risk[J]. Am J Crit Care, 2024, 33(5): 373-381. DOI: 10.4037/ajcc2024856.

[33] Polancich S, Hickman C, Dick T, et al. Charting and predicting risk: artificial intelligence/machine learning pilot model for hospital-acquired pressure injuries[J]. J Nurs Care Qual, 2026, 41(4):305-313. DOI:10.1097/NCQ.0000000000000988.

[34] Wang X, Meng L, Zhang J, et al. Identification of angiogenesis-related genes in diabetic foot ulcer using machine learning algorithms[J].Heliyon,2023,9(12):e23003.

DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e23003.

[35] Ward AC, Dubey P, Basnett P, et al. Toward a closed loop, integrated biocompatible biopolymer wound dressing patch for detection and prevention of chronic wound infections[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2020, 8: 1039. DOI: 10.3389/fbioe.2020.01039.

[36] Hsu SY, Chen LW, Huang RW, et al. Quantization of extraoral free flap monitoring for venous congestion with deep learning integrated iOS applications on smartphones: a diagnostic study[J]. Int J Surg, 2023, 109(6): 1584-1593. DOI: 10.1097/JS9.0000000000000391.

[37] Kim J, Lee SM, Kim DE, et al. Development of an automated free flap monitoring system based on artificial intelligence [J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(7): e2424299. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.24299.

[38] Khorsandi J, Mirharooni J, Kahen J, et al. Artificial intelligence in burn and wound care: image analysis, prediction, and clinical integration[J]. J Burn Care Res, 2026, 47(5):1331-1338. DOI:10.1093/jbcr/irag090.

[39] Drabiak K, Kyzer S, Nemov V, et al. AI and machine learning ethics, law, diversity, and global impact[J]. Br J Radiol, 2023, 96(1150):20220934.DOI:10.1259/bjr.20220934.

[40] Mehrtabar S, Marey A, Desai A, et al. Ethical considerations in patient privacy and data handling for AI in cardiovascular imaging and radiology[J]. J Imaging Inform Med, 2026, 39(3):2004-2025. DOI:10.1007/s10278-025-01656-7.