

人工智能在慢性伤口护理领域的应用进展

邢梦莹¹, 李梦西^{1*}, 李津², 李豹³

¹延安大学, 陕西 延安

²西安交通大学, 陕西 西安

³西安交通大学第一附属医院, 陕西 西安

收稿日期: 2022年11月5日; 录用日期: 2022年11月29日; 发布日期: 2022年12月7日

摘要

随着人口老龄化, 肥胖和糖尿病患者的增加, 慢性伤口已然成为了世界各国卫生保健系统的挑战和负担。人工智能的出现, 极大地促进了慢性伤口护理领域的发展, 在伤口评估、治疗、风险预测和远程护理方面可以为患者提供更加精准、高效的护理方案, 同时减少不良事件和并发症的发生。本文对人工智能在慢性伤口护理领域的应用进展进行综述, 以期为人工智能在慢性伤口护理领域的进一步发展提供参考。

关键词

人工智能, 慢性伤口, 护理, 综述

Advances in the Application of Artificial Intelligence in the Field of Chronic Wound Care

Mengying Xing¹, Mengxi Li^{1*}, Jin Li², Bao Li³

¹Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

³The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

Received: Nov. 5th, 2022; accepted: Nov. 29th, 2022; published: Dec. 7th, 2022

Abstract

With the increase of population aging, obesity and diabetics, chronic wounds have become a challenge and burden for health care systems around the world. The emergence of artificial intelligence has greatly promoted the development of chronic wound care field, in wound assessment,

*通讯作者。

文章引用: 邢梦莹, 李梦西, 李津, 李豹. 人工智能在慢性伤口护理领域的应用进展[J]. 临床医学进展, 2022, 12(12): 11013-11018. DOI: 10.12677/acm.2022.12121586

treatment, risk prediction and remote care, it can provide patients with more accurate and efficient care solutions and reduce the occurrence of adverse events and complications in the meantime. This article reviews the application progress of artificial intelligence in the field of chronic wound care, in order to provide reference for the further development of artificial intelligence in the field of chronic wound care.

Keywords

Artificial Intelligence, Chronic Wound, Nursing, Review

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

1.1. 人工智能概述

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是指各种设备来模拟人类学习、应用和解决复杂问题等认知的过程[1]。美国的麦卡锡和他在达特茅斯学院的团队在 1956 年就提出了人工智能的概念[2], 作为一门综合性学科, 其主要领域涵盖计算机科学、统计学、信息学、医药学和哲学。根据人工智能的特点, 在医学领域中, 凡是重复且规律的工作都可以被人工智能取代, 人工智能可以帮助医护人员进行日常工作, 如记录、测量、指导等。但它既不会动摇医学的专业地位, 改变医学专业的本质, 也不会替代复杂的诊断和人文治疗工作[3]。举例来讲, 虽然在 X 光胶片的读片速度和诊断准确率超过医生[4], 但很难为患者提供个性化的治疗方案。因此, 人工智能的不断发展是旨在服务于医学专业, 促进医学学科的整体发展, 而非靠机器或者程序来取代医护人员[5]。

1.2. 慢性伤口概述

伤口愈合协会将慢性伤口定义为无法正常、有序、及时修复的恢复过程来实现破损组织解剖和功能的完整性, 其愈合时间通常超过 4 周, 对生活质量和主观幸福感有显著的负面影响, 是造成高死亡率的原因之一[6], 其常见类型包括糖尿病足溃疡(Diabetic Foot Ulcer, DFU)、动脉溃疡、静脉性腿部溃疡(Venous Leg Ulcers, VLU)、压力性溃疡(Pressure Ulcer, PU)、外科伤口等[7]。全球约 5%的人口长期遭受慢性伤口的困扰, 特别是糖尿病患者、老年人、肥胖症患者以及吸烟酗酒者[8]。美国约有 820 万人患有急性和慢性创伤, 每年支出的医疗费用从 281 亿美元到 968 亿美元不等[9]。而且常见的慢性伤口主要由代谢紊乱、血管功能缺损或物理因素引起, 使得这类患者特别容易受到新型冠状病毒病(COVID-19)的影响[10]。大流行时期的特殊管理和医疗资源短缺使得许多伤口患者无法获得专业的伤口护理, 导致伤口无法得到及时的处理而恶化, 人工智能可以极大地推动伤口远程护理的发展, 以改善伤口护理管理现状, 促进患者伤口的愈合[3]。本文对人工智能在伤口护理领域的应用和发展进行简要总结, 从而为进一步促进伤口护理专科的发展提供参考。

2. 人工智能在伤口护理领域的应用

2.1. 伤口评估与测量

所有的伤口管理都需要良好的评估, 不准确的伤口记录会影响最佳治疗方案和伤口愈合。传统评估

伤口的的方法主要为目测或结合测量尺进行手工测量,受经验影响,测量结果可能存在偏倚,还可能会造成患者的伤口感染,增加患者的疼痛和不适。人工智能在伤口评估中的区域测量、组织分析、伤口愈合预测等方面均能为护理人员提供帮助。3D 伤口测量仪是通过特定的数码镜头,对伤口进行图片采集,并快速给出伤口的三维信息,即伤口的长度、宽度、深度、面积和体积,并可对伤口的组织类型占比进行分析。

鲁晋[11]研究发现 3D 伤口测量仪可准确测量慢性伤口的创面面积,具有良好的稳定性。邓波等[12]发现 3D 伤口测量仪可以评估伤口床肉芽组织以及伤口周围组织,并随着伤口治疗进程自动生成伤口愈合曲线和个性化病历,提高了慢性伤口管理的准确性和便捷性。新型便携式手持探针[13][14]集成了 3D 扫描、温度测量、多光谱和化学传感器,用于实时伤口评估,并可对慢性伤口组织成分、面积体积、温度剖面等进行分析,以便更加准确地检测伤口环境的各种变化,评估伤口的愈合进展。Filke 等[15]开发了一种智能机器人系统,主要实现伤口的自动记录,包括自由机械手臂、高清摄像机和高精度三维扫描仪,利用表面点密度估计和不连续检测,以便获得更精确的测量结果。在医院,伤口护士还可通过 HIS 系统获取患者的基本资料,同时还可将患者伤口的评估结果、处理过程、伤口图片等进行录入储存,后期可通过该系统搜索基本信息、整合伤口数据,进行伤口个案化管理[16]。而且,慢性伤口患者还可通过基于卷积神经网络的软件[17]对自己的伤口进行记录,该软件可对伤口照片进行自动分析和记录。但是,因伤口窦道及瘘管无法被扫描,新兴的设备无法测量纵向的伤口信息,仍需要人工手动测量以获取数据。

2.2. 新型智能敷料

材料和制造技术的最新进展促进了新型敷料的发展,为有效的伤口愈合提供了适当的条件。3D 打印伤口敷料[18],生物分子敷料[19]以及智能绷带[20]是最近开发的用于加速伤口愈合的替代产品之一。此外,新一代伤口敷料包含各种微电子传感器[21],用于实时监测伤口环境,促进伤口愈合。此外,柔性微电子传感器制造的进步使得下一代伤口敷料基质(称为电子皮肤)[22]的开发成为可能,用于在单个平台中实时监测伤口环境中的整个物理化学标记[23]。

Occhiuzzi 等人[23]研究了一种带有监测伤口状况的射频识别(RFID)表皮传感器的水凝胶膜。该水凝胶膜是基于聚乙烯醇(PVA)和甘油(Gro)[24]合成的,其能够吸收伤口渗出物并释放水和药物或生物分子[25],为伤口的愈合创造适宜条件。此外,表皮传感器能够测量局部温度,因此可以提供关于伤口状态的有意义的生理指标。Pang Q 等人[26]开发了一种用于监测和治疗慢性伤口的柔性伤口敷料。该敷料包含许多组件,包括具有柔性温度和 pH 传感器的贴片,水凝胶释放片,带有集成微加热器的热响应性药物载体以及电子贴片,可以提供有关细菌感染和炎症水平的信息,并可随温度变化自动释放药物。这种灵活的智能伤口敷料有可能在未来对慢性伤口的治疗产生重大影响[27]。

2.3. 风险预测

机器学习模型可以对存储在电子病历中的数千万张患者图表数据进行分析学习,这对医生来说是不可能的,因为他们在整个职业生涯中最多可能只见过数万名病人。诊疗工作者通过有效的评估、文件记录(包括图像捕获)、人工智能和机器学习技术,可以更客观、更有效地获得伤口治疗经验。人工智能与人类智能相结合,可以实现更精确、以患者为中心的护理,从而获得更好的伤口愈合效果。

Queen, D 等[28]利用经典学习算法和具有图像增强技术的卷积神经网络开发了一种新的学习模型,可以通过对足底温度图实现对糖尿病足的早期监测以及严重程度分类,进一步达到预防糖尿病足这类并发症的发生,可以帮助医护人员对糖尿病足进行识别和及时干预。Sang 等[29]通过在伤口护理诊所收集的伤口电子病历,利用临床知识和机器学习开发了一种预测 12 周内慢性伤口愈合的模型。该模型整体

的 AUC (曲线下面积) 高于 0.7, 相较于 Fife 等人[30]的糖尿病足溃疡结局预测模型, 其适用范围更广。王飞杰等[31]通过信息提取技术对住院压疮及高风险患者进行评估管理, 自动提取压疮各项护理文书数据, 简化了病例数据的收集流程, 提高了压疮分期的准确率和伤口记录的完整性, 优化了压疮管理流程, 从而有效评估压疮相关高风险因素, 促进压疮患者伤口愈合, 高风险患者预防压疮的发生。

2.4. 远程护理

聊天机器人是允许家庭护理人员或护理助理访问能更好地管理患者及其伤口工具。该方法可提供基于以往存储数据的临床知识和指导, 克服了对伤口护理经验较少的工人所面临的障碍[28]。与人类智能相结合的人工智能将推进伤口护理的标准化和专业化。主要体现在这两个方面: 一、通过许多级别的护理服务标准化实践的实际能力; 二、通过应用人工智能, 即使缺乏专业人员或资源的情况下, 也可以通过远程培训的方式提高操作者的技能。

远程护理可以为行动受限的患者提供专科护理指导, 还可为偏远地区提供专科指导, 在灾害环境、前线作战等特殊环境下也可为其提供专业的治疗指导, 尤其在 COVID-19 流行时期, 伤口患者不仅可以在专业人员的指导下进行自我治疗, 而且还可降低因到医院就医过程中的感染风险。Armstrong 等[32]报道利用远程护理指导家庭保健护士对慢性复杂伤口进行蛆虫清创治疗, 同时指导家庭成员参与外辅料的更换, 在第一天, 黑色坏死组织占伤口面积的 46%, 而在第二次换药时, 坏死组织减少了 99% 以上, 在医疗资源有限的大环境下取得了良好的治疗效果。基于循证护理的交互功能的聊天机器人可以帮助护士对慢性伤口患者进行管理, 该机器人可以为患者提供专科健康指导, 而且还可推荐适合的伤口治疗指南来辅助非伤口专业护理人员进行伤口护理。

3. 人工智能在伤口护理领域的优势与局限

随着人工智能的高速发展, 其与医疗护理领域的结合越来越紧密, 慢性伤口护理相关技术也有望获得巨大改变。基于大数据的基础上, AI 可以开发出更为准确的模型用以慢性伤口的治疗与护理, 包括慢性伤口的预防、愈合效果的预测、高危险相关因素的警示等。人工智能强大的信息处理能力, 可以帮助护理人员更好地识别伤口类型, 给出最优的治疗方案。此外, 人工智能的交互作用体现在不仅可以为患者提供良好的居家护理, 还可以为偏远地区提供专业的技术指导。

人工智能具备的优势已在慢性伤口护理领域得到体现, 但仍有一定的局限性。临床上缺乏与伤口护理相关的数据库, 主要有以下原因: 1) 伤口数据采集没有统一的指南和标准, 各个医院会根据自身需要自主制定伤口采集的内容。2) 伤口图片很难获得, 通常只有在护士更换敷料时才可能拍照, 这个过程还需要获得患者的允许, 其次, 也由于伤口图片难以获取, 研究人员更倾向将图像资料留给自己的群体。因为图像难以获得而且伤口图片的采集也缺乏标准, 而人工智能是基于大数据的基础上进行开发的需要庞大的数据支撑, 这一系列问题导致了伤口护理数据库难以建立。研究人员难以获得完整的伤口护理数据, 从而影响人工智能在伤口护理领域的持续进步。此外, 人工智能应用于伤口护理应更注重伦理方面的问题, 因为患者的伤口护理记录中包含了患者本人的隐私敏感信息, 一旦相关人工智能系统遭到破坏就可能导致患者个人信息泄露, 更甚者会造成医疗安全事故, 因此需要对系统进行维护以确保患者的隐私得到充分的保护。

4. 小结

人工智能给护理工作带来了新的技术变化使护理信息化触手可及, 因为它改变了护理的方式, 使患者能够得到更全面的护理, 简化了复杂的护理工作。目前, 伤口护理的人工智能系统主要集中开发两个

版块, 一是伤口图片分析, 二是伤口数据整合, 结合伤口护理工作的特点, 我们不仅需要建立伤口数据采集的标准, 而且需要开发更为便捷的记录系统及设备, 增强可操作性, 且能实现在多种环境下均可快速进行伤口护理记录。随着人工智能的不断发展, 势必会推动伤口护理领域的发展, 我们需要集护理人员、系统开发人员和管理人员等多方面之合力, 对其进行持续的改进, 使其更好地服务于伤口护理, 推动伤口护理的专业化发展。

参考文献

- [1] 曹董沫. 人工智能在肿瘤护理领域应用的研究进展[J]. 护理研究, 2022, 36(9): 1589-1593.
- [2] Mintz, Y. and Brodie, R. (2019) Introduction to Artificial Intelligence in Medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, **28**, 73-81. <https://doi.org/10.1080/13645706.2019.1575882>
- [3] Schütze, B. and Schlieter, H. (2019) Artificial Intelligence: A Helpful Tool for Radiologists? *Der Radiologe*, **59**, 1091-1096. <https://doi.org/10.1007/s00117-019-00599-9>
- [4] Zhou, L.Q., Wang, J.Y., Yu, S.Y., et al. (2019) Artificial Intelligence in Medical Imaging of the Liver. *World Journal of Gastroenterology*, **25**, 672-682. <https://doi.org/10.3748/wjg.v25.i6.672>
- [5] Yang, L., Ene, I.C., Arabi Belaghi, R., et al. (2022) Stakeholders' Perspectives on the Future of Artificial Intelligence in Radiology: A Scoping Review. *European Radiology*, **32**, 1477-1495. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08214-z>
- [6] Van Koppen, C.J. and Hartmann, R.W. (2015) Advances in the Treatment of Chronic Wounds: A Patent Review. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, **25**, 931-937. <https://doi.org/10.1517/13543776.2015.1045879>
- [7] Evans, K. and Kim, P.J. (2022) Overview of Treatment of Chronic Wounds.
- [8] Lyu, W., Ma, Y., Chen, S., et al. (2021) Flexible Ultrasonic Patch for Accelerating Chronic Wound Healing. *Advanced Healthcare Materials*, **10**, e2100785. <https://doi.org/10.1002/adhm.202100785>
- [9] Sen, C.K. (2021) Human Wound and Its Burden: Updated 2020 Compendium of Estimates. *Advances in Wound Care (New Rochelle)*, **10**, 281-292. <https://doi.org/10.1089/wound.2021.0026>
- [10] Rogers, L.C., Armstrong, D.G., Capotorto, J., et al. (2020) Wound Center without Walls: The New Model of Providing Care during the COVID-19 Pandemic. *Wounds: A Compendium of Clinical Research and Practice*, **32**, 178-185.
- [11] 鲁晋. 三维伤口扫描系统在伤口评估中的应用[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 第二军医大学, 2017.
- [12] 邓波, 李飞, 郭勋莲, 等. 3D 伤口测量仪在慢性伤口测量中的应用研究[J]. 护理研究, 2020, 34(4): 689-692.
- [13] Lucas, Y., Niri, R., Treuillet, S., et al. (2021) Wound Size Imaging: Ready for Smart Assessment and Monitoring. *Advances in Wound Care (New Rochelle)*, **10**, 641-661. <https://doi.org/10.1089/wound.2018.0937>
- [14] Li, S., Mohamedi, A.H., Senkowsky, J., et al. (2020) Imaging in Chronic Wound Diagnostics. *Advances in Wound Care (New Rochelle)*, **9**, 245-263. <https://doi.org/10.1089/wound.2019.0967>
- [15] Filko, D., Marijanović, D. and Nyarko, E.K. (2021) Automatic Robot-Driven 3D Reconstruction System for Chronic Wounds. *Sensors (Basel, Switzerland)*, **21**, Article No. 8308. <https://doi.org/10.3390/s21248308>
- [16] 任皓, 毛中亮, 邱明辉. 伤口病案信息管理系统的开发与应用[J]. 四川兵工学报, 2015, 36(11): 149-152.
- [17] Privalov, M., Beisemann, N., Barbari, J.E., et al. (2021) Software-Based Method for Automated Segmentation and Measurement of Wounds on Photographs Using Mask R-CNN: A Validation Study. *Journal of Digital Imaging*, **34**, 788-797. <https://doi.org/10.1007/s10278-021-00490-x>
- [18] Alizadehgiashi, M., Nemr, C.R., Chekini, M., et al. (2021) Multifunctional 3D-Printed Wound Dressings. *ACS Nano*, **15**, 12375-12387. <https://doi.org/10.1021/acsnano.1c04499>
- [19] Felgueiras, H.P., Tavares, T.D. and Amorim, M.T.P. (2019) Biodegradable, Spun Nanocomposite Polymeric Fibrous Dressings Loaded with Bioactive Biomolecules for an Effective Wound Healing: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **634**, Article ID: 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/634/1/012033>
- [20] Mohiti-Asli, M. and Lobo, E.G. (2016) Nanofibrous Smart Bandages for Wound Care. In: Ågren, M.S., Ed., *Wound Healing Biomaterials*, Elsevier, Amsterdam, 483-499. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-456-7.00023-4>
- [21] Farahani, M. and Shafiee, A. (2021) Wound Healing: From Passive to Smart Dressings. *Advanced Healthcare Materials*, **10**, Article ID: 2100477. <https://doi.org/10.1002/adhm.202100477>
- [22] Tang, N., Zheng, Y., Cui, D., et al. (2021) Multifunctional Dressing for Wound Diagnosis and Rehabilitation. *Advanced Healthcare Materials*, **10**, Article ID: 2101292. <https://doi.org/10.1002/adhm.202101292>
- [23] Occhiuzzi, C., Ajovalasit, A., Sabatino, M.A., et al. (2015) RFID Epidermal Sensor Including Hydrogel Membranes

- for Wound Monitoring and Healing. *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on RFID*, San Diego, 15-17 April 2015, 182-188. <https://doi.org/10.1109/RFID.2015.7113090>
- [24] Ajovalasit, A., Sabatino, M.A., Todaro, S., *et al.* (2018) Xyloglucan-Based Hydrogel Films for Wound Dressing: Structure-Property Relationships. *Carbohydrate Polymers*, **179**, 262-272. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.092>
- [25] Nadhif, M.H., Assyarify, H., Irsyad, M., *et al.* (2021) Recent Advances in 3D Printed Wound Dressings. *AIP Conference Proceedings*, **2344**, Article ID: 020021. <https://doi.org/10.1063/5.0047183>
- [26] Pang, Q., Lou, D., Li, S., *et al.* (2020) Smart Flexible Electronics-Integrated Wound Dressing for Real-Time Monitoring and On-Demand Treatment of Infected Wounds. *Advanced Science*, **7**, Article ID: 1902673. <https://doi.org/10.1002/adv.201902673>
- [27] Long, J., Etxeberria, A.E., Nand, A.V., *et al.* (2019) A 3D Printed Chitosan-Pectin Hydrogel Wound Dressing for Lidocaine Hydrochloride Delivery. *Materials Science and Engineering: C*, **104**, Article ID: 109873. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109873>
- [28] Queen, D. and Perez, C. (2018) What Digital Wound Care Could Mean for Those Suffering from Wounds. *International Wound Journal*, **15**, 501-502. <https://doi.org/10.1111/iwj.12971>
- [29] Cho, S.K., Mattke, S., Gordon, H., *et al.* (2020) Development of a Model to Predict Healing of Chronic Wounds within 12 Weeks. *Advances in Wound Care (New Rochelle)*, **9**, 516-524. <https://doi.org/10.1089/wound.2019.1091>
- [30] Fife, C.E., Horn, S.D., Smout, R.J., *et al.* (2016) A Predictive Model for Diabetic Foot Ulcer Outcome: The Wound Healing Index. *Advances in Wound Care (New Rochelle)*, **5**, 279-287. <https://doi.org/10.1089/wound.2015.0668>
- [31] 王飞杰, 卫晓静, 楚银萍, 等. 信息提取技术在压力性损伤管理中的应用及效果评价[J]. 中华现代护理杂志, 2019, 25(7): 849-853.
- [32] Armstrong, D.G., Rowe, V.L., D'huyvetter, K., *et al.* (2020) Telehealth-Guided Home-Based Maggot Debridement Therapy for Chronic Complex Wounds: Peri- and Post-Pandemic Potential. *International Wound Journal*, **17**, 1490-1495. <https://doi.org/10.1111/iwj.13425>