

DOI: 10.12280/gjfcx.20240489

• 综 述 •

人工智能在子宫内膜癌诊治中的应用与展望

何清, 胡红波[△]

【摘 要】 子宫内膜癌发病率的增加推动了对其诊断和治疗方法的创新。其中, 人工智能(artificial intelligence, AI)技术, 特别是在深度学习和机器学习方面的进展, 为提高诊断准确性和构建个性化治疗方案提供了新的可能性。AI 通过增强医学影像的解析、自动化病理图像分析以及深入的基因数据解读, 显著提升了子宫内膜癌的早期发现和诊断精度。此外, AI 的应用还助力于个性化治疗决策和预后评估, 通过整合多源数据, 精确预测治疗效果。近期, 研究聚焦于数据融合、实时患者监控的应用, 使 AI 技术在全面管理子宫内膜癌患者方面的潜力得到进一步挖掘。尽管如此, AI 的广泛应用仍面临数据品质、泛化与解释性挑战, 以及相关法律伦理问题。因此, 实现 AI 在子宫内膜癌全病程管理中的应用, 既需要持续的技术革新, 也需跨学科协作, 保障技术的合理、透明和安全应用。这为未来医疗卫生领域的发展带来了积极展望, 旨在通过科技手段优化治疗效果并提升患者生活品质。

【关键词】 子宫内膜肿瘤; 人工智能; 机器学习; 预后; 诊断

Application and Prospects of Artificial Intelligence in the Diagnosis and Treatment of Endometrial Cancer HE Qing, HU Hong-bo. The First Clinical Medical College of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524023, Guangdong Province, China (HE Qing); Yuebei People's Hospital Affiliated to Guangdong Medical University, Shaoguan 512026, Guangdong Province, China (HU Hong-bo)

Corresponding author: HU Hong-bo, E-mail: sgwq122@163.com

【Abstract】 The increasing incidence of endometrial cancer has driven innovations in diagnostic and therapeutic approaches. Among these, artificial intelligence (AI) technologies, particularly advances in deep learning and machine learning, have opened up new possibilities for improving diagnostic accuracy and developing personalized treatment plans. AI significantly enhances early detection and diagnostic precision for endometrial cancer through improved medical image analysis, automated pathological image interpretation, and in-depth genomic data analysis. Additionally, AI aids in personalized treatment decisions and prognosis evaluation by integrating multi-source data to accurately predict treatment outcomes. Recent research has focused on data fusion and real-time patient monitoring applications, further exploring AI's potential in the comprehensive management of endometrial cancer patients. However, the widespread application of AI still faces challenges related to data quality, generalization, interpretability, and associated legal and ethical issues. Therefore, realizing the full potential of AI in the entire management process of endometrial cancer requires continuous technological innovation and interdisciplinary collaboration to ensure the reasonable, transparent, and safe application of these technologies. This presents a positive outlook for the future of healthcare, aiming to optimize treatment outcomes and improve patients' quality of life through technological advancements.

【Keywords】 Endometrial neoplasms; Artificial intelligence; Machine learning; Prognosis; Diagnosis

(J Int Obstet Gynecol, 2024, 51:572-577)

子宫内膜癌是女性生殖系统三大恶性肿瘤之一, 最新的全球癌症数据显示, 2020 年全球新增病例约 41.7 万例, 新增死亡病例约 9.7 万例, 已成为危害女性健康的第六大常见癌症^[1-2]。根据流行病学研

究, 早期诊断和及时治疗极大地提高了患者的生存率和生活质量^[3-4]。然而, 由于子宫内膜癌的临床表现不尽相同, 诊治过程面临着多重挑战。传统的诊断和治疗方法依赖于影像学、病理学检查及复杂的手术操作, 这些方法不仅耗时费力, 而且在某些情况下可能无法提供最优解决方案。因此, 寻找更高效、更精准的诊断和治疗方法成为了当前医学研究的重要目标。

近年来, 随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术的飞速进步, 特别是机器学习和深度学习技术

基金项目: 韶关市科技计划项目(高水平医院建设科研项目)(211102114530679)

作者单位: 524023 广东省湛江市, 广东医科大学第一临床医学院(何清); 广东医科大学粤北人民医院(胡红波)

通信作者: 胡红波, E-mail: sgwq122@163.com

[△]审校者

在医学领域的广泛应用,我们正迈向医疗健康领域的新时代^[5-6]。AI 技术通过高效处理和分析海量医疗数据,揭示了疾病复杂的生物学机制,快速推动了临床决策过程,为患者提供了更加个性化和精确的医疗服务^[7-9]。具体而言,在子宫内膜癌的早期筛查、精确诊断、个性化治疗方案的设计、治疗效果评估以及疾病预后分析等方面,AI 技术展现出了巨大潜力。例如,通过对患者的基因表达数据、影像学资料和病理样本进行分析,AI 能够精准识别肿瘤的特征,预测疾病的进展和治疗效果,为临床医生提供了有力的决策支持^[10]。此外,AI 技术还能够协助医生更准确地进行风险评估和制定个性化治疗计划,显著提高治疗效果并减少不必要的医疗干预^[11]。尽管 AI 在子宫内膜癌诊疗中展现出巨大潜力,但其应用仍处于初级阶段,面临着诸多挑战,如数据质量和可用性、算法的可解释性以及伦理法律问题等。因此,对 AI 技术在该领域的研究进展和潜在影响进行深入分析和探讨,对于推动其在临床实践中的广泛应用并克服当前挑战具有重要意义。

本综述旨在综合分析 AI 技术在子宫内膜癌筛查、诊断和治疗决策支持中的最新研究进展,探讨其面临的挑战及未来的发展方向,以及为医疗专业人员、研究学者及相关政策制定者提供有价值的参考信息,进一步促进 AI 技术在提高子宫内膜癌患者诊治效率和效果中的应用。

1 AI 在子宫内膜癌筛查和诊断中的应用

随着 AI 技术尤其是机器学习和深度学习的迅速发展,其在医学影像分析、病理学研究和生物信息学等领域的应用逐渐成熟,为子宫内膜癌的早期发现和精确诊断提供了新的可能性^[12]。

1.1 医学影像分析 在子宫内膜癌的早期筛查和诊断过程中,医学影像资料扮演了重要角色。通过分析子宫内壁的超声图像、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)和 CT 图像,医生可以对肿瘤的大小、位置和可能的侵袭性有一个初步的判断^[13-16]。传统的影像学评估依赖于放射科医师的经验 and 专业知识,但人类的判断可能受到主观偏差的影响,并且在面对大量图像数据时可能会感到疲劳。

在医学成像领域,主要尝试将 AI 引入超声、MRI 和 CT,利用深度学习等 AI 技术,可以建立自动化的影像识别系统,有效提升诊断的准确性和效率。Zhang 等^[17]研究了基于卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)构建子宫内膜癌预测的成像模

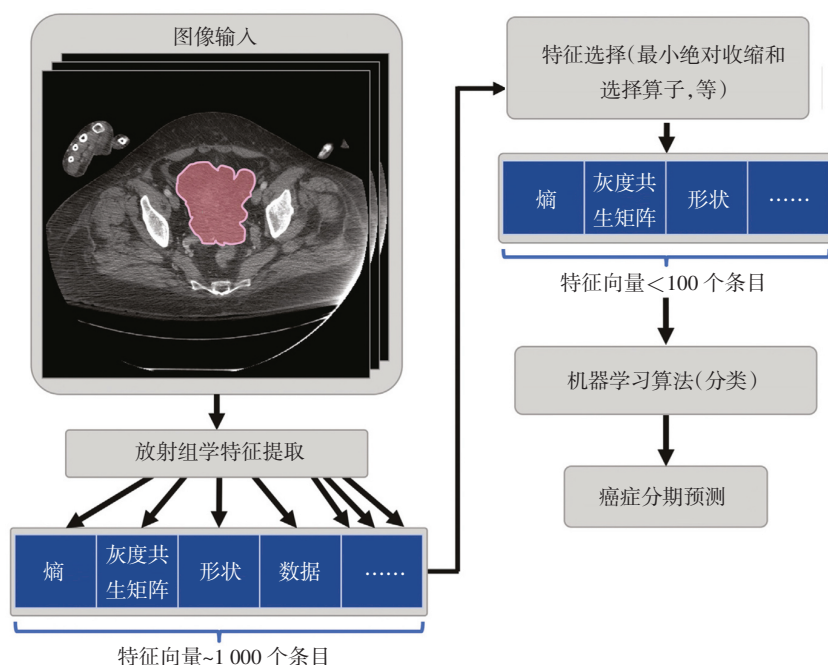
型,并结合临床信息建立了综合预测模型智能识别预测子宫内膜癌,训练组影像组学模型和综合预测模型的受试者工作特征曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为 0.897 和 0.913,试验组影像组学模型和综合预测模型的 AUC 分别为 0.889 和 0.897,证实了影像组学参数可作为无创标志物预测子宫内膜癌的有效性。Coad 等^[18]采用 CT 对 81 例子宫内膜癌患者进行影像学特征提取,并用最小绝对收缩和选择算子-least absolute shrinkage and selection operator-least absolute shrinkage and selection operator-Cox 比例风险(least absolute shrinkage and selection operator-Cox proportional hazards, LASSO-Cox)、似然增强 Cox 比例风险(Cox proportional hazards model with boosting, CoxBoost)、随机森林(random forest, RF)3 种机器学习模型来预测患者的无病生存期(disease free survival, DFS),结果表明所有模型中,被机器学习模型归类为具有高复发风险预测的患者表现出更差的 DFS($P < 0.001$),证明了影像学在预测子宫内膜癌复发方面的潜力。基于 MRI 的 AI 子宫内膜癌诊疗模型能够自动识别和量化影像资料中的特征,包括肿瘤的形状、边缘以及与正常组织的界限,甚至能够发现人眼难以察觉的细微变化^[19]。另有研究基于从 CT 图像中手动分割的病变提取的放射组学特征来预测子宫内膜癌的阶段(见图 1)^[20]。这些研究已经证明,AI 辅助的影像诊断在识别特定类型的肿瘤、预测病变性质方面达到了与资深放射科医师相当乃至更高的准确率^[21]。

1.2 病理组织图像分析 病理诊断是子宫内膜癌诊断的“金标准”。AI 在病理图像分析领域的应用,特别是深度学习算法在组织学图像分析中的应用,为提高病理诊断的准确性和效率开辟了新路径。这些技术能够自动识别病理切片中的癌细胞、评估肿瘤的分级和侵袭性、识别肿瘤微环境中的免疫细胞分布等复杂特征^[22]。

通过对大量病理图像的训练与学习,AI 模型能够建立起识别不同类型子宫内膜癌细胞及其他关键病理特征的能力,从而辅助病理学家快速准确地完成诊断^[23-25]。同时,这些模型也能够揭示肿瘤生物学的新知识,为未来的治疗提供科学依据。

1.3 基因数据分析 随着基因组学研究的深入和测序技术的快速发展,越来越多的证据表明基因变异与子宫内膜癌的发生发展密切相关^[26-27]。利用 AI 算法,特别是机器学习在生物信息学中的应用,可以高效地从海量的基因数据中筛选出与子宫内膜癌相关的标志物和潜在的治疗靶点^[28]。

AI 技术不仅可以帮助研究人员在复杂的基因

图 1 具有放射学特征的机器学习过程^[20]

数据中识别出有助于预测病情和治疗反应的遗传标志,而且可以通过综合分析基因数据、临床特征和环境因素等多维度信息,构建更为准确的疾病预测模型^[29]。这些模型有望在精准医疗领域发挥重要作用,为子宫内膜癌患者提供个性化的治疗建议。

综上所述,AI 技术在子宫内膜癌的筛查和诊断中显示出了巨大的潜力。通过对医学影像、病理组织以及基因数据的深入分析,AI 不仅能提高诊断的准确性和效率,还能为临床决策提供有力的支持。然而,在普及这些技术之前,我们还需要克服数据质量、模型解释性以及临床集成等一系列挑战,以确保这些技术能够安全、有效地服务于患者。

2 AI 在子宫内膜癌治疗决策支持与预后评估中的应用

随着对子宫内膜癌的深入研究以及治疗方法的不断进步,选择适合每位患者的治疗方案依旧是一个复杂挑战。AI 技术的运用不仅为实现高度个性化的治疗决策提供了可能性,还为疾病的预后评估开辟了新路径。

2.1 个性化治疗方案的制定 在传统的治疗决策过程中,医生通常会根据患者的疾病分期、生物标志物、全身状态以及其他临床参数来设计治疗方案。然而,这种方法往往忽视了患者间的微妙差异,以及肿瘤生物学特性的复杂性。借助机器学习等 AI 技术,可以分析包括遗传信息、病理学特征、治疗历史以及

患者个体偏好在内的多维度数据,为患者制定更为精确的个性化治疗方案^[30]。

AI 技术能够从历史治疗结果中学习,识别出哪些治疗方法对特定类型的子宫内膜癌最为有效,进而预测不同治疗方案对当前患者的潜在效果。例如,通过对比化疗、放疗或手术等不同治疗方法的预期效果和不良反应,AI 模型可以帮助医生为每位患者量身定制治疗计划,优化治疗策略,提高治疗效果,同时降低不必要的医疗干预和患者的身心负担^[31-32]。

2.2 治疗效果评估与疾病预后分析 子宫内膜癌的预后评估对制定个体化治疗方案至关重要。治疗过程中,如何准确及时地评估治疗效果、预测疾病进展及可能的复发风险,对优化治疗方案、提高生存率有重要意义。AI 技术(特别是深度学习)在处理复杂数据方面的强大能力为实现这一目标提供了新的工具。数字病理学的发展为利用 AI 技术进行预后评估提供了新的可能性。AI 可以结合肿瘤的病理组织学特征,预测患者的生存率和治疗反应,从而为临床决策提供支持^[33-34]。

通过结合临床观察数据、实验室指标、影像学 and 病理学特征等多源数据,AI 模型可以实时监测治疗反应,及时发现疾病进展或复发的迹象。此外,AI 还能够分析大量患者数据,识别影响疾病预后的关键因素,从而预测个体患者的长期生存率和生活质量。这种基于数据驱动的预后评估不仅可以指导医生精准地调整治疗,而且能够为患者提供更为准确的预

后信息,帮助他们做出更加明智的治疗和生活决策。

3 AI 在子宫内膜癌研究领域的新动向

子宫内膜癌作为一种广泛影响女性健康的妇科恶性肿瘤,其诊断和治疗的复杂性要求高精度和个性化的医疗方法。随着 AI 技术,特别是机器学习和深度学习的进步,这一领域正经历着前所未有的技术革新。AI 能在多模态数据融合分析、患者实时监控管理等方面促进子宫内膜癌的诊治和管理。

3.1 多模态数据融合与分析 多模态数据包含了临床检查、影像诊断结果、组织病理分析以及分子生物学特征等各个层面的信息。传统上,这些数据类型往往独立分析,而 AI 的应用促使数据融合成为可能,深度学习算法如 CNN、循环神经网络(recurrent neural network, RNN) 和图神经网络(graph neural network, GNN) 等已被用于解决这一挑战^[35]。

深度学习模型能够从放射影像识别出微妙的模式变化,这些模式可能在早期阶段反映疾病的存在,而肉眼观察难以捕捉。同时,将这些影像数据与病理学和分子遗传学数据相结合,可以进一步揭示疾病亚型和相关的生物标志物^[36]。比如, AI 算法可以通过分析肿瘤相关基因的表达模式,辅助医生在诊断过程中区分恶性程度和疾病预后,为精准治疗提供支持。

3.2 患者实时监控与管理 在子宫内膜癌的管理中,患者的实时状态监控对于及时调整治疗策略至关重要。智能可穿戴设备和移动医疗应用程序的集成使用,配合 AI 算法,为持续监测患者体征提供了技术平台^[37-39]。通过对生活质量、生理参数和行为习惯的监测, AI 系统可以发现与疾病相关的模式,及早预测复发和并发症,进而指导个性化的医疗方案的制定。此类系统的高级分析功能不仅提供了治疗过程的实时反馈,还能够通过预测性建模识别高危患者群体,并进行有效的风险干预。这项技术大大提升了远程医疗的质量并优化了医疗资源的分配,尤其在面对地域分布广泛的患者群体时显示出巨大的优势。

4 AI 挑战与限制

虽然 AI 在子宫内膜癌诊治领域取得显著进展,但其广泛应用仍面临一系列挑战与限制。这些挑战既涉及技术层面的困难,也包括伦理、法律和数据质量的问题。在实现全面普及之前,必须对这些障碍进行细致考量并寻求有效的解决方案。

4.1 数据质量与可用性问题 来自不同医疗机构

的数据往往因采集标准、设备类型和操作系统不一而缺乏一致性。此外,病理报告、医学影像等资料的格式差异,加之缺少统一的数据标注规范,严重影响了数据的兼容性和 AI 模型的训练质量。患者数据的敏感性要求高度的隐私保护和数据安全措施,但在现实操作中可能遭遇数据泄露和滥用的风险。确保数据安全的同时兼顾研究与治疗的需求,是当前面临的一大挑战。

4.2 模型泛化能力与解释性问题 尽管 AI 模型在特定数据集上的表现可能显示出卓越的性能,但在不同人群、机构或地区中的泛化能力仍存在质疑。不同区域和人群的遗传背景、生活方式和环境因素等差异,都可能导致模型性能的波动。AI 模型,特别是深度学习模型的“黑盒”特性,使其决策过程缺乏透明度和可解释性。这不仅为临床决策提出了难题,也可能在医疗责任归属、患者信任等方面制造障碍。

4.3 法律法规与伦理挑战 目前关于医疗 AI 的法律法规尚处于发展阶段,不同国家和地区的规定差异大,对 AI 技术的评估和认证流程缺乏统一标准。这使得跨国合作、产品的市场准入及商业化推广面临复杂的法律环境。

AI 在医疗决策中的作用日益增强,引发了包括数据隐私、机器与人的责任界限、患者自主权等一系列伦理问题。如何确保技术发展符合伦理原则,维护患者利益,是必须认真对待的议题。

综上,在面对这些挑战时,需要医疗界、技术界与法律界等多方面专家的共同合作,通过建立严格的数据管理制度、改善算法的通用性和可解释性、形成科学合理的法规制度,以及培养医疗 AI 伦理观念,共同推进 AI 在子宫内膜癌领域的健康、有序和有效应用。此外,公众的教育和培训也极为关键。患者和医疗服务提供者需要对 AI 技术有充分的了解,以便正确评估和利用 AI 在提高治疗效果、降低医疗成本以及促进医疗公平性方面的潜力。此过程中,不断积累的实践经验和案例研究,将为解决现实问题提供宝贵的数据支持和启示。

5 结语与展望

近年来, AI 在子宫内膜癌领域取得了显著进展,在早期诊断和预后评估方面展示出高效和精准的潜力。通过深度学习和机器学习算法,研究人员和临床医生能够从大规模医学影像和基因数据中提取有价值的信息,极大地促进了对子宫内膜癌病理机制的理解和个性化治疗策略的发展。AI 技术在诊断

中实现了高敏感度和高特异度,通过自动化分析医学影像和病理切片,帮助医生快速识别癌变组织,减少漏诊和误诊的发生。此外,AI 在治疗方案选择和效果预测方面,通过分析患者的临床数据和基因信息,提供个性化治疗方案,提高治疗效果,降低不良反应的可能性。

未来 AI 在子宫内膜癌领域的应用将进一步深化。随着算法优化和计算能力的提升,AI 将更加高效和精准地处理复杂医疗数据,实现精准化的预测模型。跨学科合作将推动 AI 与基因组学、免疫学等领域的结合,为早期筛查、靶向治疗和疫苗研发提供有力支持。长期来看,AI 不仅将革新子宫内膜癌的诊断和治疗模式,还将推动医疗行业向高效、精准和个性化方向发展,实现医疗资源的优化配置。然而,这也带来了数据隐私、医疗伦理和法律监管的新挑战,需要通过持续的技术创新和政策制定来应对,确保 AI 技术的健康、有序应用,最终惠及每一位患者。

参 考 文 献

- [1] Crosbie EJ, Kitson SJ, McAlpine JN, et al. Endometrial cancer [J]. *Lancet*, 2022, 399(10333):1412–1428. doi: 10.1016/S0140-6736(22)00323-3.
- [2] Amant F, Mirza MR, Koskas M, et al. Cancer of the corpus uteri [J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2018, 143(Suppl 2):37–50. doi: 10.1002/ijgo.12612.
- [3] Berek JS, Matias-Guiu X, Creutzberg C, et al. FIGO staging of endometrial cancer: 2023 [J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2023, 162(2):383–394. doi: 10.1002/ijgo.14923.
- [4] Zheng Y, Jiang P, Tu Y, et al. Incidence, risk factors, and a prognostic nomogram for distant metastasis in endometrial cancer: A SEER-based study [J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2024, 165(2):655–665. doi: 10.1002/ijgo.15264.
- [5] Gomes B, Ashley EA. Artificial Intelligence in Molecular Medicine [J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(26):2456–2465. doi: 10.1056/NEJMr2204787.
- [6] Choi RY, Coyner AS, Kalpathy-Cramer J, et al. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning [J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2020, 9(2):14. doi: 10.1167/tvst.9.2.14.
- [7] Huang S, Yang J, Shen N, et al. Artificial intelligence in lung cancer diagnosis and prognosis: Current application and future perspective [J]. *Semin Cancer Biol*, 2023, 89:30–37. doi: 10.1016/j.semcancer.2023.01.006.
- [8] Johnson KW, Torres Soto J, Glicksberg BS, et al. Artificial Intelligence in Cardiology [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(23):2668–2679. doi: 10.1016/j.jacc.2018.03.521.
- [9] Jiang Y, Yang M, Wang S, et al. Emerging role of deep learning-based artificial intelligence in tumor pathology [J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2020, 40(4):154–166. doi: 10.1002/cac2.12012.
- [10] Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence [J]. *Nat Med*, 2019, 25(1):44–56. doi: 10.1038/s41591-018-0300-7.
- [11] Ahuja AS. The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician [J]. *PeerJ*, 2019, 7:e7702. doi: 10.7717/peerj.7702.
- [12] Akazawa M, Hashimoto K, Noda K, et al. The application of machine learning for predicting recurrence in patients with early-stage endometrial cancer: a pilot study [J]. *Obstet Gynecol Sci*, 2021, 64(3):266–273. doi: 10.5468/ogs.20248.
- [13] Malapelle U, Orsulic S. Editorial: Molecular pathology and computational image analyses in gynecologic malignancies [J]. *Front Oncol*, 2022, 12:1082220. doi: 10.3389/fonc.2022.1082220.
- [14] Seol A, Kim SI, Kim HS, et al. Impact of computed tomography-determined sarcopenia and artificial intelligence-driven waist skeletal muscle volume on survival outcome in endometrial cancer [J]. *Int J Gynecol Cancer*, 2021, 31:A80–A81. doi: 10.1136/ijgc-2021-IGCS.197.
- [15] Huang YT, Huang YL, Ng KK, et al. Current Status of Magnetic Resonance Imaging in Patients with Malignant Uterine Neoplasms: A Review [J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(1):18–33. doi: 10.3348/kjr.2018.0090.
- [16] Dong HC, Dong HK, Yu MH, et al. Using Deep Learning with Convolutional Neural Network Approach to Identify the Invasion Depth of Endometrial Cancer in Myometrium Using MR Images: A Pilot Study [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(16):5993. doi: 10.3390/ijerph17165993.
- [17] Zhang Y, Gong C, Zheng L, et al. Deep Learning for Intelligent Recognition and Prediction of Endometrial Cancer [J]. *J Healthc Eng*, 2021, 2021:1148309. doi: 10.1155/2021/1148309.
- [18] Coad CA, Santoro M, Zybin V, et al. A Radiomic-Based Machine Learning Model Predicts Endometrial Cancer Recurrence Using Preoperative CT Radiomic Features: A Pilot Study [J]. *Cancers (Basel)*, 2023, 15(18):4534. doi: 10.3390/cancers15184534.
- [19] Leo E, Stanzione A, Miele M, et al. Artificial Intelligence and Radiomics for Endometrial Cancer MRI: Exploring the Whats, Whys and Hows [J]. *J Clin Med*, 2023, 13(1):226. doi: 10.3390/jcm13010226.
- [20] Shrestha P, Poudyal B, Yadollahi S, et al. A systematic review on the use of artificial intelligence in gynecologic imaging—Background, state of the art, and future directions [J]. *Gynecol Oncol*, 2022, 166(3):596–605. doi: 10.1016/j.ygyno.2022.07.024.
- [21] Urushibara A, Saida T, Mori K, et al. The efficacy of deep learning models in the diagnosis of endometrial cancer using MRI: a comparison with radiologists [J]. *BMC Med Imaging*, 2022, 22(1):80. doi: 10.1186/s12880-022-00808-3.
- [22] Park JH, Kim EY, Luchini C, et al. Artificial Intelligence for Predicting Microsatellite Instability Based on Tumor Histomorphology: A Systematic Review [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(5):2462. doi: 10.3390/ijms23052462.
- [23] Erdemoglu E, Serel TA, Karacan E, et al. Artificial intelligence for prediction of endometrial intraepithelial neoplasia and endometrial cancer risks in pre- and postmenopausal women [J]. *AJOG Glob Rep*, 2023, 3(1):100154. doi: 10.1016/j.xagr.2022.100154.

- [24] Fell C, Mohammadi M, Morrison D, et al. Detection of malignancy in whole slide images of endometrial cancer biopsies using artificial intelligence[J]. PLoS One, 2023, 18(3): e0282577. doi: 10.1371/journal.pone.0282577.
- [25] Feng M, Zhao Y, Chen J, et al. A deep learning model for lymph node metastasis prediction based on digital histopathological images of primary endometrial cancer [J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(3): 1899–1913. doi: 10.21037/qims-22-220.
- [26] Haznedar B, Arslan MT, Kalinli A. Optimizing ANFIS using simulated annealing algorithm for classification of microarray gene expression cancer data[J]. Med Biol Eng Comput, 2021, 59(3): 497–509. doi: 10.1007/s11517-021-02331-z.
- [27] López-Reig R, Fernández-Serra A, Romero I, et al. Prognostic classification of endometrial cancer using a molecular approach based on a twelve-gene NGS panel [J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 18093. doi: 10.1038/s41598-019-54624-x.
- [28] Stan A, Bosart K, Kaur M, et al. Detection of driver mutations and genomic signatures in endometrial cancers using artificial intelligence algorithms[J]. PLoS One, 2024, 19(2): e0299114. doi: 10.1371/journal.pone.0299114.
- [29] Khalifa NEM, Taha MHN, Ali DE, et al. Artificial Intelligence Technique for Gene Expression by Tumor RNA-Seq Data: A Novel Optimized Deep Learning Approach [J]. IEEE Access, 2020, 8: 22874–22883. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970210.
- [30] Chi CL, Wang J, Ying Yew P, et al. Producing personalized statin treatment plans to optimize clinical outcomes using big data and machine learning [J]. J Biomed Inform, 2022, 128: 104029. doi: 10.1016/j.jbi.2022.104029.
- [31] Ramírez A, Ogonaga-Borja I, Acosta B, et al. Ion Channels and Personalized Medicine in Gynecological Cancers[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2023, 16(6): 800. doi: 10.3390/ph16060800.
- [32] Ajdari A, Liao Z, Mohan R, et al. Personalized mid-course FDG-PET based adaptive treatment planning for non-small cell lung cancer using machine learning and optimization [J]. Phys Med Biol, 2022, 67(18): 10.1088/1361-6560/ac88b3. doi: 10.1088/1361-6560/ac88b3.
- [33] Butt SR, Soulat A, Lal PM, et al. Impact of artificial intelligence on the diagnosis, treatment and prognosis of endometrial cancer[J]. Ann Med Surg (Lond), 2024, 86(3): 1531–1539. doi: 10.1097/MS9.0000000000001733.
- [34] Bhardwaj V, Sharma A, Parambath SV, et al. Machine Learning for Endometrial Cancer Prediction and Prognostication[J]. Front Oncol, 2022, 12: 852746. doi: 10.3389/fonc.2022.852746.
- [35] Mao W, Chen C, Gao H, et al. A deep learning-based automatic staging method for early endometrial cancer on MRI images[J]. Front Physiol, 2022, 13: 974245. doi: 10.3389/fphys.2022.974245.
- [36] Hong R, Liu W, DeLair D, et al. Predicting endometrial cancer subtypes and molecular features from histopathology images using multi-resolution deep learning models [J]. Cell Rep Med, 2021, 2(9): 100400. doi: 10.1016/j.xcrm.2021.100400.
- [37] Siontis KC, Friedman PA. The Role of Artificial Intelligence in Arrhythmia Monitoring [J]. Card Electrophysiol Clin, 2021, 13(3): 543–554. doi: 10.1016/j.ccep.2021.04.011.
- [38] Forooghifar F, Aminifar A, Cammoun L, et al. A Self-Aware Epilepsy Monitoring System for Real-Time Epileptic Seizure Detection[J]. Mobile Networks Applications, 2022, 27(2): 677–690. doi: 10.1007/s11036-019-01322-7.
- [39] Choi SH, Yoon H. Convolutional Neural Networks for the Real-Time Monitoring of Vital Signs Based on Impulse Radio Ultrawide-Band Radar during Sleep[J]. Sensors (Basel), 2023, 23(6): 3116. doi: 10.3390/s23063116.

(收稿日期: 2024-05-26)

[本文编辑 秦娟]