人工智能用于疟疾诊断的诊断准确性：一项系统综述与荟萃分析 Infectious Disease Reports

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43181.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

人工智能用于疟疾诊断的诊断准确性：一项系统综述与荟萃分析 Infectious Disease Reports。论文标题：Diagnostic Accuracy of Utilizing Artificial Intelligence for Malaria Diagnostic: A Systematic Review and Meta-Analysis

论文链接：https://www.mdpi.com/2036-7449/18/1/11

期刊名：Infectious Disease Reports

期刊主页：https://www.mdpi.com/journal/idr

一、引言

疟疾是由按蚊传播、疟原虫引起的致命传染病，全球预计2.63亿人受影响、59.7万人死亡。消除疟疾主要面临抗疟药和杀虫剂耐药性的挑战。目前推荐以青蒿素衍生物为基础的联合疗法（ACT）。疫苗方面，RTS S/AS01（2021年）和R21/Matrix-M（2023年）先后获WHO批准，用于预防恶性疟原虫感染。准确诊断是有效控制疟疾的前提。显微镜检查血涂片的方法仍是全球诊断的金标准，其廉价、快速、通用，但依赖高技能人员。为应对诊断挑战，人工智能（AI）开始被用于检测疟原虫，借助深度学习模型识别感染的红细胞，代表系统有iMAGING和AIDMAN。AI可提高诊断可靠性、降低成本、减轻医生负担，适合资源有限地区。然而，AI诊断的临床应用仍受限于数据集有限、形态变异不足、数据多源自NIH、多数AI检测研究仅做内部验证等问题。因此，本系统综述旨在概述AI在疟疾检测中的诊断效能，关注那些在临床环境中采用可靠参考标准并进行外部验证的研究。

二、材料与方法

本研究遵循PRISMA 2020规范，检索了PubMed、ScienceDirect、Cochrane、EBSCO和Wiley Online Library等数据库近十年文献。检索词包括：(Artificial Intelligence OR Machine Learning OR AI OR Machine intelligence OR CNN OR Deep Learning) AND (Malaria OR Infection, Malaria OR Plasmodium infection) AND (Diagnosis OR Diagnostic OR sensitivity OR specificity)。

由三位作者独立筛选，研究纳入标准包括：原创性全文、AI疟疾诊断、报告AI方法的敏感性/特异性/AUC、人类临床验证研究。排除标准包括：2015年前、预印本、综述、会议、重复、数据

不全、非同行评议和非英文文献。数据提取包括首作者与年份、地点/环境、患者数、金标准检测、AI指标、验证类型、真阳性（TP）、假阳性（FP）、真阴性（TN）及假阴性（FN）率等。主要结局指标为AI诊断的合并敏感性和特异性，并进行了亚组分析。采用QUADAS-2工具评估患者选择、待评价试验、参考标准及时间与流程。

三、分析与结果

文献筛选：通过在线科学数据库初步检索到554篇与AI和疟疾诊断相关的文献，排除重复文献后剩余478篇，进一步排除无关文献（431篇）、研究设计不当（11篇）及不符合纳入标准者（26篇，包括仅比较单一AI模型指标12篇、研究结局不当8篇、缺乏临床验证6篇），最终纳入10项研究。

研究特征：研究共纳入6754名患者，包括旅行者、探亲访友者、移民，以及农村和流行区医院及初级卫生保健机构患者，部分数据来自NIH和WHO ECAMM项目数据集，涉及西班牙、塞拉利昂、美国、加纳、埃塞俄比亚、英国、布基纳法索、肯尼亚、刚果共和国、塞内加尔、南非、乌干达、孟加拉国、柬埔寨、尼泊尔、泰国、巴西、苏丹和秘鲁。

偏倚风险与适用性评估：采用QUADAS-2工具评估偏倚风险。患者选择方面，3/10（33%）存在偏倚风险，原因包括使用回顾性数据、基于数据集的研究或特殊人群（如旅行者/移民），另有2项研究未详细说明患者招募方法，评为风险不明确（20%）。待评价试验方面，4/10（40%）未明确报告盲法，评为风险不明确，但无研究被评为高风险。参考标准一致评为低风险，因几乎所有研究均使用显微镜检查或PCR检测的疟疾诊断金标准。时间与流程多为良好，仅1项研究因基于数据集而评为风险不明确（10%）。适用性方面，5/10（50%）存在高或不明确适用性风险，主要集中在患者选择领域，其中3/10（30%）高风险，2/10（20%）不明确，原因在于研究多在非流行区旅行者中开展或基于数据集，对流行区人群适用性低；其他领域通常无适用性担忧。总体评估显示，这些研究的主要优势为参考标准强、检查时间线合理，主要弱点为患者选择和待评价试验盲法报告。

AI类型与验证方式：10项符合纳入标准的研究，样本量从46例到2250例不等。AI类型多样，80%研究使用卷积神经网络（CNN），包括EasyScan GO、Autoscope、Malaria Screener、PVF-Net等；20%研究评估了MiLab深度学习平台，涵盖实验室和现场环境。不同研究的参考标准差异较大，包括专家显微镜、PCR/qPCR、RT-PCR等；50%研究结合了多种参考标准，并以PCR作为分子确认。外部验证方面，7/10（70%）研究报告了外部验证，为AI的临床实践提供参考，3/10（30%）仅限于临床试验，验证不明确。

诊断准确性：通过双变量随机效应模型分析，AI检测的合并敏感性为89.2%（95% CI：83.7 – 93.1），合并特异性为89.7%（95% CI：81.2 – 94.6）。亚组分析显示，AI对比显微镜的合并敏感性为87.7%（95% CI：78.2 – 93.4），特异性为91.4%（95% CI：77.3 – 97.1）；AI对比PCR的合并敏感性为90.7%（95% CI：83.7 – 94.9），特异性为88.3%（95% CI：76.2 – 94.6）。合并分析表明，AI疟疾检测的诊断准确性高于PCR和显微镜检查。

四、讨论

外部验证的方法学优势：本研究通过外部验证方法评估AI诊断疟疾性能，共纳入6754名患者。外

部验证使用独立数据集，在显著不同的地点、时间段、人群和数据集来源中测试模型，以判断AI能否在真实世界中泛化。由于领域差异（患者人群、疾病流行率、图像特征、人口多样性、扫描硬件、成像方案等），AI模型常在内部验证中表现优异，却在外部数据集上性能下降。因此，本研究的外部验证方法具有重要方法学优势。

AI诊断水平与WHO分级对比：按WHO显微镜读片能力分级（Level 1专家90 – 100%、Level 2高级80 – 89%、Level 3合格70 – 79%、Level 4基础0 – 69%），本研究中AI总体敏感性89.2%、特异性89.7%，相当于WHO Level 2（高级）水平，具有临床意义，尤其在缺乏显微镜专家或PCR的流行区。但AI尚未达到专家级（Level 1），说明其临床应用兼具潜力与局限。

亚组分析与AI未达专家级的原因：亚组分析显示，AI对比显微镜检查的敏感性87.7%、特异性91.4%；对比PCR的敏感性90.7%、特异性88.3%，均相当于Level 2（高级），可视为参考水平。AI未达专家级的原因可能包括：寄生虫血症定量不准确，常低于显微镜专家读数，甚至未达WHO ±25%标准；特异性受涂片质量影响，染色差或伪影导致假阳性；低寄生虫血症时敏感性显著下降，假阴性风险增加；难以区分疟原虫种类，影响治疗方案的选择。

与显微镜和PCR的比较：显微镜检查和PCR方法各有优劣。显微镜检查更经济，可鉴定虫种和寄生虫密度，样本可长期保存；但依赖经验丰富人员，低寄生虫计数时准确性下降。PCR方法最敏感，可检测低于5 个/μL的水平并准确鉴定虫种，但同样依赖经验丰富人员，且操作复杂、昂贵、需特定试剂以及有交叉污染风险。本研究显示，AI诊断准确性高于PCR，显示其作为诊断支持工具的巨大潜力，尤其在偏远或缺乏显微镜专家和PCR设备的地区。

成本效益与研究意义：成本效益方面，放射、病理和心脏等领域显示AI临床诊断需较高初始投资和年度维护费用，但长期财务模型显示净现值（NPV）为正，表明AI诊断能随时间显著降低成本。目前虽尚无疟疾诊断的正式成本效益分析，但AI疟疾诊断可能具有经济可行性，可以进一步开展前瞻性经济学评价。本研究为首个通过外部验证方法，评估AI诊断疟疾性能的研究，数据集独立且反映临床环境表现，并与显微镜和PCR两种标准方法比较，全面分析了AI的诊断准确性。

五、展望与结论

本研究仅纳入10项符合标准的研究，数量偏少，反映外部验证的AI诊断疟疾研究较稀缺，这可能影响合并估计的精确度。同时，研究间异质性较大，数据集数量和分析单位（涂片、斑块、像素、标本）不统一。此外，本研究仅关注疟原虫检测，未涉及虫种鉴定和寄生虫血症定量，最终判读仍需人工分析者参与。因此，当前阶段AI更适合作为决策支持工具，而非完全替代人类专家。未来研究应聚焦低寄生虫血症、虫种与混合感染鉴定，并在流行区开展多中心验证，以确保临床普适性，同时人工分析人员的参与依然不可或缺。

AI作为疟疾诊断工具具有显著潜力，其敏感性和特异性相当于WHO Level 2（高级），诊断准确性与显微镜和PCR方法相当。然而，现阶段AI更适合定位为决策支持工具，而非专业人员的完全替代，仍需进一步研究以提升其诊断性能。

Faratisha, I.F.D.; Yunita, K.C.; Rahmawati, H.R.; Fitri, L.E.; Winaris, N.; Muflikah, L. Diagnostic Accuracy of Utilizing Artificial Intelligence for Malaria Diagnostic: A Systematic Review and Meta-Analysis. Infect. Dis. Rep. 2026, 18, 11.

期刊介绍

主编：Dr. Nicola Petrosillo

Infectious Disease Reports (ISSN 2036-7449)是一个国际性、开放获取的同行评审期刊，发表关于传染病的科学论文。本刊欢迎涉及所有感染相关疾病的研究、生物学、流行病学及临床方面的稿件。Infectious Disease Reports刊登原创论著、综述、简短报告和病例报告。请注意，我们建议作者在简短报告和病例报告中纳入文献综述，以概述其所涉领域的发展概况。

2026 Impact Factor：2.6

2026 CiteScore：4.2

Time to First Decision：36.3 Days

Acceptance to Publication：6.5 Days

来源：Infectious Disease Reports

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发