

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20257283

· 综述 ·

人工智能技术在医院感染防控中的应用研究进展

许洛¹, 郎东², 王晓君^{3,4}

(1. 华中科技大学同济医学院医药卫生管理学院, 湖北 武汉 430030; 2. 上海交通大学公共卫生学院, 上海 200025; 3. 江汉大学医学部 武汉市肺科医院, 湖北 武汉 430030; 4. 武汉市结核病防治所结核病控制管理办公室, 湖北 武汉 430030)

[摘要] 人工智能技术在医院感染预防与控制(防控)中的应用不断深入, 展现出通过数据整合、模型构建与动态分析实现感染精准防控的显著潜力, 为相关科室的决策优化提供了科学支持。然而, 相关技术应用过程中仍面临数据质量、系统兼容性与实际场景适配等多重挑战, 限制了其在临床中的全面推广。基于此, 本研究系统梳理了近年来人工智能在感染预测、诊断支持、行为优化与资源管理等方面的应用研究进展, 深入分析了其关键技术优势与局限性, 并针对现存问题提出改进策略与未来发展方向, 以期为我国医院感染防控的智能化转型提供理论支持与实践参考。

[关键词] 医院感染; 人工智能; 疾病预防; 流行病学

[中图分类号] R181.3⁺2 R197.3

Research progress in the application of artificial intelligence technology in healthcare-associated infection prevention and control

XU Luo¹, LANG Dong², WANG Xiaojun^{3,4} (1. School of Medicine and Health Management, Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China; 2. School of Public Health, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China; 3. Wuhan Pulmonary Hospital, Medical Department of Jiangnan University, Wuhan 430030, China; 4. Tuberculosis Control and Management Office, Wuhan Institute for Tuberculosis Control, Wuhan 430030, China)

[Abstract] The application of artificial intelligence (AI) technology in healthcare-associated infection prevention and control deepens continuously. It demonstrates a potential for achieving precise prevention and control of infection through data integration, model construction, and dynamic analysis, and provides scientific support for optimization of decision-making in relevant departments. However, the application of related technologies still faces multiple challenges, such as data quality, system compatibility, and adaptation to actual scenarios, which limits its comprehensive promotion in clinical settings. Based on this, this study systematically summarizes the research progress of AI application in infection prediction, diagnosis support, behavior optimization, and resource management in recent years, deeply analyzes its key technical advantages and limitations, and proposes improvement strategies for existing problems and future development directions, with a view to providing theoretical support and practical references for the intelligent transformation of infection prevention and control in hospitals in China.

[Key words] healthcare-associated infection; artificial intelligence; disease prevention; epidemiology

医院感染 (healthcare-associated infection, HAI) 是指医务人员或患者在医疗活动过程中发生

的感染, 其症状在入院时尚未显现或处于潜伏期。作为一项全球性公共卫生问题, 其对患者安全和医

[收稿日期] 2024-12-13

[基金项目] 国家自然科学基金项目(72404105); 武汉市科学技术局基础知识专项项目(2023020201010213); 武汉市公共卫生重点学科(社区结核病防治)

[作者简介] 许洛(2000-), 男(汉族), 陕西省西安市人, 硕士研究生在读, 主要从事医院管理和人工智能相关研究。

[通信作者] 王晓君 E-mail: wangxiaojun_cn@163.com

疗质量造成了严重威胁^[1]。据世界卫生组织统计,全球每年有 7%~15% 的住院患者遭受 HAI 的影响,这一比例在部分发展中国家则更高^[2]。相关感染不仅会显著延长住院时间,增加长期功能性障碍和抗菌药物耐药性的风险,还可能给医疗系统和患者家庭带来沉重负担^[3]。因此,预防和控制(防控)HAI 成为了卫生机构的一项重要任务^[4]。传统的感染防控策略主要以人工监测为主,但这种方法高度依赖于医护人员的水平和经验,且易受到主观因素的影响,可能导致防控措施偏差或滞后^[5]。此外,由于卫生资源的有限性,大多数医疗机构往往将防控工作重点集中于高风险科室或特定类型感染,致使部分地区的实际感染发病率长期被低估^[6],无法满足现代医疗体系对高效精准防控的需求。在此情境下,众多研究人员和医院管理者也逐渐认同利用新理念、新技术赋能感染防控实践,以更好实现保障患者安全的目标^[7]。

近年来,人工智能(artificial intelligence, AI)技术的快速发展为 HAI 防控注入了强劲动能。通过机器学习等先进算法,该技术能够实现医疗信息的高效整合与分析,自动模拟感染趋势并预测潜在风险,为早期干预提供可靠依据^[8]。既往研究^[9]表明,AI 技术在提高感染监测的敏感性和准确性方面成效显著,可有效减轻医护人员的工作压力。同时,其在多重耐药菌防控与抗菌药物管理中的应用潜力也备受关注,相关技术的进步为传统感染防控策略的优化开辟了全新路径。然而,尽管该技术在 HAI 防控中的潜在价值已逐渐显现,但我国在利用 AI 赋能感染防控方面的系统性探索仍较为匮乏。尤其是在资源分布不均的背景下,医疗机构如何因地制宜地应用 AI 技术以提升监测效率、优化防控策略,尚缺乏足够的实践指导^[10]。

鉴于此,本研究系统梳理近年来 AI 技术在 HAI 防控中的应用研究进展,分析其在提高监测敏感性、减轻卫生资源负担与提升防控效率方面的作用与局限,并结合我国医疗环境的实际需求与挑战,探讨 AI 在 HAI 领域的应用策略,以期为该领域的防控实践提供参考依据。

1 AI 技术在 HAI 防控中的应用研究现状

近年来,AI 技术在医疗健康领域展现出显著价值,为传统防控模式注入了新动能^[11]。智能应用的规模化引入使部分医疗机构逐步构建起应对医疗情

境复杂性的新范式,其卫生资源利用效率和管理水平得到显著改善^[12]。随着数字健康技术的不断革新,AI 以其强大的适应能力和创新潜力,也深入渗透于 HAI 防控的各个关键环节^[13]。其多样化的技术应用不仅能有效降低感染传播风险,还推动了防控理念和实践模式的深度革新,为未来感染防控工作开辟了全新的路径和可能性。为进一步阐述其技术特性与实际效果,本文将 AI 在 HAI 防控中的应用归纳为四大类别,并逐一展开分析。

1.1 感染预测与动态监测

感染预测是 AI 在 HAI 防控中的核心应用领域之一,其核心在于通过对医疗信息的高效整合与深入分析,开发预测模型以识别潜在 HAI,从而在风险事件的初期阶段实现精准干预^[14]。依托随机森林和支持向量机等机器学习先进算法,AI 系统能够动态评估患者的感染风险指数,进而准确捕捉潜在的早期感染迹象。例如,针对术后感染这一常见的 HAI 类型,众多学者都使用了不同的 AI 算法对患者健康数据进行分析,以帮助医生识别需要及时进行治疗的个体,相关研究中,作为预测指标的受试者工作特征曲线下面积(AUC)均在 0.71 以上,其准确度和成本效益明显高于传统方法^[15-17]。除了预测患者可能出现的感染症状外,AI 还可确定感染发生的影响因素,使防控措施更具针对性。美国学者开发了一种用于预测接受脊柱手术患者感染可能性的深度神经网络算法,确定了感染发生的前 5 个风险与保护因素^[18]。意大利学者则针对于新生儿血流感染这一重要问题,使用 7 种不同的无监督机器学习模型生成新生儿的群体特征,并成功模拟了可能发生感染的个体表征和行为表现,为新生儿死亡率下降提供了充分助力^[19]。

动态监测功能是该技术在 HAI 防控中的另一大亮点。借助管理系统的实时数据流,AI 可对特定区域内的异常现象进行识别,例如群体性感染的早期征兆或特定病原体的高频出现。预警信号触发后,系统能够实时通知相关科室采取针对性措施,如加强隔离、优化消毒流程或调整人员排布等^[20]。这种实时响应能力不仅提升了感染防控的灵敏度,还为管理者提供了科学依据,确保防控决策更加精准和高效。在智慧医院建设实践中,AI 预警也可结合闭环管理流程,自动调度相关资源,实现防控流程的高效协作,减少人工干预的延迟和错误风险^[21]。此外,在突发公共卫生事件中,也有学者验证了不同深度学习算法根据区域流行病学数据和患者信息预

测感染趋势的能力,相关研究成果为防控工作提供了重要支持^[22]。

1.2 智能诊断与决策支持 在卫生部门持续推进数字化赋能医疗改革的背景下,AI 辅助诊断应用已成为未来智慧医疗实践的重要支撑^[23],在 HAI 疾病的判别中,AI 具备显著价值^[23]。相关系统能够辅助医务人员快速、精准地完成感染诊断,并提供个性化的治疗方案^[24]。如在针对医院获得性肺炎等复杂感染的识别中,国内研究团队开发了一种深度卷积神经网络算法,可基于患者胸部影像数据自动识别感染区域和严重程度,其特异度高达 90.3%,提高了相关疾病的诊断效率和准确性^[25]。通过集成感染诊断与管理功能,相关应用也可自动完成患者分级管理等工作。如在新型冠状病毒流行期间,部分医院使用 AI 工具对疑似感染病例进行有序分诊,显著减少了人工操作的时间成本与医护感染风险^[26]。伴随技术的不断进步,生成式 AI (generative AI, GAI) 也逐渐成为感染诊断领域的重要助力。相应医疗大语言模型能够根据患者主诉提供针对特定感染类型的诊断建议,显著提升早期筛查与干预效率^[27]。

在决策支持方面,AI 主要通过构建临床决策支持系统 (clinical decision support system, CDSS), 为医务人员提供动态化的诊疗建议。基于实时数据流和推理算法,AI 为不同医疗场景提供适宜管理建议^[28]。例如,某些 AI 驱动的 CDSS 可通过分析患者的感染指标和治疗方案,预测不同治疗策略的预后效果,帮助医生在复杂情况下选择最佳干预措施^[29]。同时,针对多重耐药菌暴发事件,AI 系统还能够基于病原体传播模型模拟感染扩散路径,为隔离措施的优化和资源分配提供量化依据^[30]。此外,基于 AI 的医院智慧系统还能够监测和评估整体感染管理决策情况 (如抗菌药物使用的合理性),从而实现全局优化,进一步减少感染传播的风险^[31]。

1.3 行为规范与培训教育 医护卫生是 HAI 防控中的核心要素^[32]。通过先进的智能监测系统,AI 可以对医护人员的消毒操作进行实时核查,从而提升医护人员的清洁行为依从性^[33]。一种基于深度学习算法开发的配备摄像头和传感器的可视化智能系统能够实时监测医护人员在进入手术室或无菌环境前的手卫生消毒工序是否符合标准化流程,通过视频分析对不规范行为进行提醒和纠正。研究^[34]结果表明,该智能监测系统检测准确度达到 89.8%,可显著提高医护人员的手卫生合格率,减少因操作不当导致的医院感染风险。此外,基于智能可穿戴

设备的 AI 监测技术也日益成熟,相关设备所搭载的应用可对个人防护用品 (如口罩、防护服、手套) 的穿戴进行实时跟踪,识别潜在错误并提供纠正性建议,从而进一步强化个人防护行为的有效性^[35]。

在 HAI 防控的培训教育方面,AI 可通过虚拟现实 (virtual reality, VR)、增强现实 (augmented reality, AR) 等数字技术,为医护人员提供沉浸式、个性化的学习体验^[36]。例如,一所德国医院使用 AR 游戏形式培训消毒规范行为后,医护人员的消毒执行效果显著提升^[37]。也有学者提出,应使用实时沉浸式 AI 数字培训和教育技术,提高医护人员操作可重复使用医疗设备的规范程度,从而保护患者安全^[38]。目前,AI 已能够通过分析医疗机构的历史感染事件数据,生成定制化的教育内容,使培训课程更加贴合医院的实际需求。在抗击新型冠状病毒感染 (COVID-19) 期间,部分医院采用了 AI 辅助的线上培训系统,通过实时更新疫情动态与防控指南,帮助医护人员快速掌握感染防控的最新进展^[39]。同时,我国已有部分院校应用 GAI 进行了医学课程教育,相应工具有望进一步助推 HAI 的防控培训^[40]。

1.4 智能管理与实践创新 在智能管理层面,AI 技术已被广泛应用于医院感染的风险动态监控与资源配置优化。以信息化建设为核心,医疗机构可利用 AI 实现对患者流动、病原体分布及环境清洁度等数据的实时分析和跟踪,促进感染防控各环节的高效衔接^[41]。随着技术应用场景的拓展,医院内防控管理也不断趋向精细化^[42]。例如,借助自然语言处理技术,AI 系统能够分析医护人员操作日志与行为数据,发现潜在的操作失误或不规范行为,并提供个性化的改进建议。在此基础上,医院还可建立基于数据驱动的持续改进机制,将感染防控措施落实到具体环节^[43]。

实践创新则通过引入机器人技术和远程医疗平台,将 AI 的能力延伸至感染防控的具体操作中。医疗机器人已被用于高风险场景下的重复性和危险性任务,如环境清洁、物资运送及病房消毒。这不仅减少了医护人员与潜在感染源的直接接触,还提升了任务的效率和一致性^[44]。此外,随着远程医疗技术的发展,AI 系统与网络通信平台的融合使跨地域诊疗和感染防控协作成为可能。例如,AI 赋能的远程会诊平台不仅能够分析患者的电子病历和影像数据,还可以根据实时输入生成诊断建议,为偏远或资源匮乏地区提供高质量的医疗支持^[45]。在疫情暴发时,这些平台通过减少医护人员与患者的直接接

触,进一步降低传播风险,同时确保医疗服务的连续性与覆盖面^[46]。

2 不同 AI 应用防控实践特点分析

AI 在 HAI 防控中的应用研究涵盖多个关键领域,各类别技术展现了独特的功能侧重点和实践靶点。以感染预测与动态监测为核心功能的应用,通过分析多源数据及时识别潜在感染风险,为早期精准干预提供科学依据。此类技术侧重于动态数据整合与实时预警能力,力求在高风险场景中提升防控效率。与此同时,以智能辅助诊断与决策支持为重点的技术应用,则着眼于优化临床诊疗流程,通过生成精准化的诊断和治疗方案,加强对复杂感染病例

的管理,尤其在多重耐药菌防控与个性化治疗中发挥了显著作用。

此外,聚焦行为规范优化与教育培训的 AI 应用,重在强化医护人员感染防控行为的规范性与培训效果,通过智能监测、虚拟培训等方式显著提高操作合规性,降低感染传播风险。而以精细化管理与实践创新为目标的技术应用,则注重医院内资源的科学配置与操作流程的改进。该类技术在推动管理模式创新、支持远程医疗协作以及高风险任务的自动化执行中发挥了独特价值,展现了 AI 在提升防控全局效能方面的潜力。不同类别的 AI 技术应用在实践中各有侧重,相辅相成,共同构建起 HAI 防控的智能化发展新格局。相关技术应用特点与功能见表 1。

表 1 AI 技术在 HAI 防控中的应用及特点

应用领域	技术特点	应用实例	核心靶点
感染预测与动态监测	动态监测感染趋势,识别高危患者群体	整合多模态数据,利用机器学习和时空建模提供实时预警	提前干预感染风险,优化资源配置,减轻医护人员负担
智能诊断与决策支持	自动化感染诊断,优化治疗方案选择	结合深度学习技术提高诊断精度;通过 GAI 工具提供个性化治疗建议	提高防控效率,提升复杂病例处理的科学性
行为规范与培训教育	提升医护行为依从性,提供数字教育支持	利用视觉技术监测防护行为;基于 VR 和 AR 技术开展沉浸式培训	降低操作失误导致的感染风险,增强医护人员的防控意识与技能
智能管理与实践创新	提高资源管理效率,适配高风险场景防控	融合自然语言处理、物联网技术和机器人技术,实现自动化远程应用协作	降低医患直接接触风险,推动管理精细化与流程优化

3 应用 AI 技术防控 HAI 的机制与优势

随着 AI 在 HAI 防控领域的逐步渗透,其多样化的实际应用已经展现出显著成效。前文详细阐述了感染预测与监测、诊断支持、行为规范及管理优化等核心应用领域,充分展示了其多元功能和技术潜力。然而,这些应用背后的技术逻辑及其提升感染防控效率的内在优势仍需深入探讨。明确该技术在 HAI 防控中的核心机制和独特优势,对于系统总结应用价值、优化未来实践路径具有重要意义。因此,本节结合已有研究与应用实践,分析 AI 技术赋能 HAI 防控的基础逻辑与功能实现路径,深入探讨其在提升防控效能中的实际作用和潜在价值。

3.1 技术赋能感染防控的核心机制 AI 技术在 HAI 防控中的机制主要体现在数据整合、预测模拟和优化反馈三个层面。首先,AI 通过多模态数据整合与处理,打破了传统防控中数据割裂的局限性。借助自然语言处理、计算机视觉和物联网技术,智慧

系统能够整合电子病历、实验室检测结果以及环境监测数据等多源异构信息,实现全方位的动态监测与分析^[47]。这种数据驱动的机制不仅提升了感染风险识别的精度,还为干预措施的精准化提供了科学依据。

其次,AI 可基于复杂系统建模与时空预测,使用相应算法对 HAI 的传播路径和动态特征进行模拟与量化分析,从而预测病原体扩散趋势及高风险区域^[30]。这种动态预测机制为优化隔离措施、合理分配资源和制定防控策略提供了坚实支撑,尤其在应对突发感染事件时表现出独特优势。此外,AI 还可通过相关算法构建基于反馈的闭环优化体系,并根据实时监测数据动态调整预测模型和干预方案。例如,根据手卫生数据监测结果,AI 可动态提醒医护人员清洁手部的频率与方式;或通过调整感染风险评估参数,优化隔离区设置。最后,技术本身的自适应优化机制使其能够针对不同感染类型的具体特点,提供定制化的预测模型;如 AI 在监测患者血流感染风险时,往往通过随机森林模型分析导管留置时

间、血标本等数据识别高风险患者;在预测术后感染时,则大多通过贝叶斯模型分析感染的早期迹象^[18]。

3.2 提升感染防控效能的应用优势 AI 技术在 HAI 防控中的独特优势主要体现在全流程覆盖、快速响应和复杂情境决策支持三个方面。首先,全流程覆盖的协同效应使 AI 贯穿感染防控的监测、预警、诊断、干预和评估各环节,助益于医院内闭环管理^[48]。例如,智能驱动的机器人可承担医疗实践操作,降低医患不当接触引发的感染风险;AI 管理系统可整合实时数据,优化资源分配与流程管理,并采用远程教育平台增强医护人员对感染防控的认知与技能;高风险区域的动态监测设备则提供实时反馈,全面提升防控效率和精准性等。

此外,AI 在多源数据处理和干预策略生成中还展现了快速响应能力^[49]。在面对病原体突变或群体性感染时,其可在短时间内完成数据整合与分析,并生成应急干预方案,其效率显著高于人类医生。在复杂情境下,AI 系统也可依托知识图谱与深度学习技术,为感染传播路径预测和多种干预措施的模拟提供科学支持,从而有效降低 HAI 的相关危害。AI 技术运行机制与实践优势的总结见图 1。

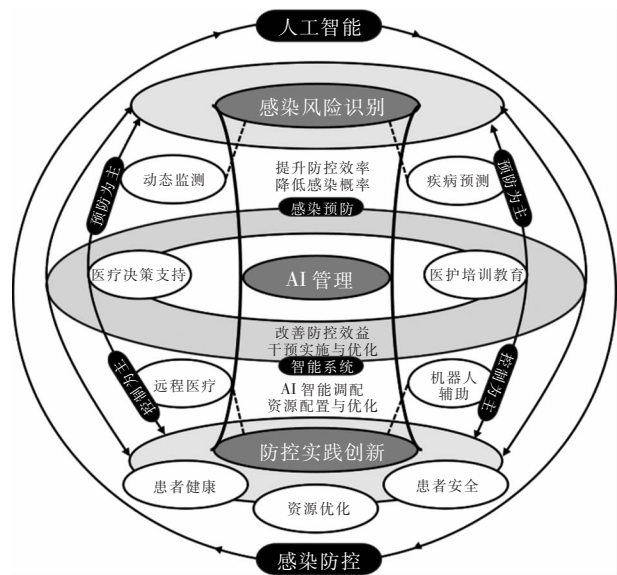


图 1 AI 在 HAI 防控中的机制与优势

4 挑战与建议

本研究深入分析了 AI 技术在 HAI 防控中的实际应用,探讨了其在各个防控领域的优势和实践成果,发现 AI 通过数据驱动感染预测与动态监控、智能诊断支持与决策优化、行为标准化与教育培

训以及智能资源管理等方式,显著提升了 HAI 防控的效率与精度。尽管 AI 在提升 HAI 防控效率和决策支持能力方面展现出巨大潜力,其在实际应用中依然面临技术、环境和人力资源等方面的挑战。因此,结合我国 HAI 控制的具体特点与挑战,提出以下应用建议。

4.1 打通数据整合壁垒,促进防控智能化转型

AI 技术的应用较大程度上依赖于高质量的数据提供。然而,我国医疗数据在采集的全面性和标准化方面仍存在显著不足^[27]。在信息化程度较低的基层医疗机构,电子病历系统与其他数据来源的整合能力则更为欠缺,易导致 AI 大模型的训练精度和预测的可靠性受到制约^[50],尤其在动态监控与感染预警领域中,传统数据收集方式往往无法及时捕捉和处理所有信息,导致感染防控措施滞后且不精确,进而降低医疗机构应对突发感染的效率和准确性^[51]。

针对上述问题,建议相关部门优先制定统一的 HAI 防控数据标准,明确数据采集、存储和共享的规范流程。此外,应加大对医疗机构信息化建设的投入,通过优化电子病历系统与 AI 平台的互联互通,提升数据整合的效率和质量。尤其针对基层医疗机构,可探索开发轻量化的 AI 解决方案,降低技术部署的复杂性,从而增强其数据驱动能力。此外,卫生机构还需强化对数据质量的监管。可借助 AI 技术优化数据清洗与处理流程,进而识别潜在的高危患者群体,动态调整感染预警模型,确保各项防控措施得到精准执行。

4.2 构造精准预测模型,应对防控复杂性挑战

AI 技术在 HAI 防控中的应用依赖于精准的预测模型,这对应对快速变化的感染传播至关重要。然而,目前许多学者和机构在构建高效、精确的感染预测模型时仍面临数据不完整、病原体多样和传播途径复杂等挑战。在应对突发疫情或新兴病原体时,AI 模型的准确性和响应速度仍有待提高^[52]。这些挑战导致医疗机构在感染防控中的响应能力受到限制,特别是在高风险区域和复杂感染传播等动态情境中,现有的预测系统尚不能有效应对快速变化的防控需求。

鉴于 HAI 防控的复杂性,建议加强 AI 技术与临床专家经验的结合,推动智能决策支持系统的发展,使其能够在提供预测时更加注重临床场景的实际需求,提高模型的实用性和精准度;为应对不同医疗机构环境和感染类型的特殊需求,还应鼓励开发个性化的 AI 模型,使其能够针对不同科室和传染

性疾病类型进行精准预测;随着时间的推移和新病原体的出现,感染传播的模式和特征可能会发生变化^[24]。因此,还需对原有预测模型进行迭代优化,确保其在面对长期和突发公共卫生事件时始终具备有效预测能力。

4.3 加强制度规范构筑,破除技术应用潜在风险

随着 AI 技术在 HAI 防控中的深度应用,其潜在的风险隐患也逐步显现,包括数据隐私泄露、系统透明性不足以及责任划分不清等问题^[53]。特别是在涉及感染预测和防控决策的关键环节中,AI 系统的黑箱特性可能引发对结果可靠性和可追溯性的质疑,从而影响技术的信任度和实际应用效果。此外,当前我国针对 AI 技术的伦理规范和监管机制尚不健全,一定程度上也限制了医疗机构利用先进技术赋能 HAI 防控^[54]。

为应对上述挑战,建议加快构建 AI 在 HAI 防控领域的制度化保障体系。首先,有关部门应加快制定完善的技术标准和伦理规范,明确数据安全、模型透明性和风险责任等核心要求,确保 AI 的应用符合医疗伦理和法律框架。其次,应强化监管机制,通过独立审核机构对算法性能和临床应用进行定期评估,避免潜在风险的累积与扩散。最后,需推进多方协作机制,促进政府、医院、技术提供方和患者之间的信息共享与利益平衡,共同构建 AI 的信任生态,为 AI 在感染防控领域的持续发展提供坚实保障。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 李兰娟. 医院感染:现状与对策[J]. 中华流行病学杂志, 2012, 33(1): 9-14.
Li LJ. Hospital acquired infection: present challenges and future strategies[J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2012, 33(1): 9-14.

[2] Arzilli G, De Vita E, Pasquale M, et al. Innovative techniques for infection control and surveillance in hospital settings and long-term care facilities: a scoping review[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2024, 13(1): 77.

[3] 梁杰, 吴明华, 蔡玲, 等. 医院感染风险管理研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(14): 2229-2235.
Liang J, Wu MH, Cai L, et al. Progress of study on risk management of nosocomial infection[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2023, 33(14): 2229-2235.

[4] 张玉鹏, 王旭艳, 石雨鑫, 等. 湖北省 476 所医疗机构医院感染管理专职人员及医院感染信息化监测现状调查[J]. 中国感

染控制杂志, 2024, 23(9): 1150-1156.

Zhang YP, Wang XY, Shi YX, et al. Status of full-time staff and information surveillance of healthcare-associated infection in 476 medical institutions in Hubei Province[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2024, 23(9): 1150-1156.

- [5] 杨亚红, 张浩军, 朱腾飞, 等. 甘肃省 44 家医疗机构医院感染管理工作现状调查[J]. 中国护理管理, 2022, 22(2): 281-285.
Yang YH, Zhang HJ, Zhu TF, et al. Current status of healthcare-associated infection control work in 44 hospitals in Gansu province[J]. *Chinese Nursing Management*, 2022, 22(2): 281-285.
- [6] Zingg W, Holmes A, Dettenkofer M, et al. Hospital organisation, management, and structure for prevention of healthcare-associated infection: a systematic review and expert consensus[J]. *Lancet Infect Dis*, 2015, 15(2): 212-224.
- [7] Bates DW, Levine D, Syrowatka A, et al. The potential of artificial intelligence to improve patient safety: a scoping review[J]. *NPJ Digit Med*, 2021, 4(1): 54.
- [8] 麦凯童, 刘星彤, 林晓妍, 等. 机器学习在流行病学中的应用进展[J]. 中华流行病学杂志, 2024, 45(9): 1321-1326.
Mai KT, Liu XT, Lin XY, et al. Progress in application of machine learning in epidemiology[J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2024, 45(9): 1321-1326.
- [9] Yang L, Lu SY, Zhou L. The implications of artificial intelligence on infection prevention and control: current progress and future perspectives[J]. *China CDC Wkly*, 2024, 6(35): 901-904.
- [10] 刘敏, 陈芳, 邓蓉, 等. 人工智能在医院感染领域中应用的文献计量学分析[J]. 华西医学, 2024, 39(3): 399-405.
Liu M, Chen F, Deng R, et al. Bibliometric analysis of the application of artificial intelligence in the field of healthcare-associated infection[J]. *West China Medical Journal*, 2024, 39(3): 399-405.
- [11] 申喜凤, 李美婷, 南嘉乐, 等. 医学人工智能发展态势分析及问题浅析[J]. 科技管理研究, 2023, 43(7): 193-198.
Shen XF, Li MT, Nan JL, et al. Analysis on the development trend and problems of medical artificial intelligence[J]. *Science and Technology Management Research*, 2023, 43(7): 193-198.
- [12] 刘晨曦, 王茜, 姚岚. 新质生产力助力健康中国建设研究[J]. 中国卫生经济, 2024, 43(7): 6-9.
Liu CX, Wang Q, Yao L. Research on new-quality productivity empowers the construction of healthy China[J]. *Chinese Health Economics*, 2024, 43(7): 6-9.
- [13] Yin JM, Ngiam KY, Teo HH. Role of artificial intelligence applications in real-life clinical practice: systematic review[J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(4): e25759.
- [14] 郭华源, 刘盼, 卢若谷, 等. 人工智能大模型医学应用研究[J]. 中国科学(生命科学), 2024, 54(3): 482-506.
Guo HY, Liu P, Lu RG, et al. Research on a massively large artificial intelligence model and its application in medicine[J].

- Scientia Sinica (Vitae), 2024, 54(3): 482–506.
- [15] Cho SY, Kim Z, Chung DR, et al. Development of machine learning models for the surveillance of colon surgical site infections[J]. J Hosp Infect, 2024, 146: 224–231.
- [16] Bonde A, Lorenzen S, Brixen G, et al. Assessing the utility of deep neural networks in detecting superficial surgical site infections from free text electronic health record data[J]. Front Digit Health, 2024, 5: 1249835.
- [17] Wang HS, Fan TT, Yang B, et al. Development and internal validation of supervised machine learning algorithms for predicting the risk of surgical site infection following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 771608.
- [18] Hopkins BS, Mazmudar A, Driscoll C, et al. Using artificial intelligence (AI) to predict postoperative surgical site infection: a retrospective cohort of 4046 posterior spinal fusions [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2020, 192: 105718.
- [19] Montella E, Ferraro A, Sperli G, et al. Predictive analysis of healthcare-associated blood stream infections in the neonatal intensive care unit using artificial intelligence: a single center study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(5): 2498.
- [20] Eisenmann M, Spreckelsen C, Rauschenberger V, et al. A qualitative, multi-centre approach to the current state of digitalisation and automation of surveillance in infection prevention and control in German hospitals[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2024, 13(1): 78.
- [21] 马思旻, 赖晓全, 徐敏, 等. 智能预警和闭环管理在隔离患者医院感染防控中的应用[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(4): 603–606.
- Ma SM, Lai XQ, Xu M, et al. Application of intelligent early warning and closed-loop management in the prevention and control of nosocomial infection in isolated patients[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(4): 603–606.
- [22] Han WK, Chen NN, Xu XZ, et al. Predicting the antigenic evolution of SARS-COV-2 with deep learning[J]. Nat Commun, 2023, 14(1): 3478.
- [23] 赵愉, 王得旭, 顾力棚. 人工智能技术在计算机辅助诊断领域的发展新趋势[J]. 中国科学(生命科学), 2020, 50(11): 1321–1334.
- Zhao Y, Wang DX, Gu LX. The trend of artificial intelligence method in computer aided diagnosis[J]. Scientia Sinica (Vitae), 2020, 50(11): 1321–1334.
- [24] Imam MA, Abdelrahman A, Zumla A, et al. Intersection of artificial intelligence, microbes, and bone and joint infections: a new frontier for improving management outcomes[J/OL]. Lancet Microbe. (2024–10–15)[2025–09–13]. <https://doi.org/10.1016/j.lanmic.2024.101008>.
- [25] Mei XY, Lee HC, Diao KY, et al. Artificial intelligence-enabled rapid diagnosis of patients with COVID-19[J]. Nat Med, 2020, 26(8): 1224–1228.
- [26] Feng C, Wang LL, Chen X, et al. A novel artificial intelligence-assisted triage tool to aid in the diagnosis of suspected COVID-19 pneumonia cases in fever clinics[J]. Ann Transl Med, 2021, 9(3): 201.
- [27] 张楠, 杜静, 阎子花, 等. 生成式人工智能在慢性病管理中的应用进展[J]. 护理学杂志, 2024, 39(20): 120–123.
- Zhang N, Du J, Yan ZH, et al. Application status of generative artificial intelligence in chronic disease management: a review[J]. Journal of Nursing Science, 2024, 39(20): 120–123.
- [28] 许洛, 胡银环, 冯显东, 等. 我国公立医院应用人工智能改善患者体验的典型案例分析研究[J]. 健康发展与政策研究, 2024, 27(4): 301–307.
- Xu L, Hu YH, Feng XD, et al. Typical cases study on the application of artificial intelligence to improve patient experience in public hospitals in China[J]. Health Development and Policy Research, 2024, 27(4): 301–307.
- [29] Kouroupis PC, O'Rourke N, Kelly S, et al. Hospital-acquired bacterial pneumonia in critically ill patients: from research to clinical practice[J]. Expert Rev Anti Infect Ther, 2024, 22(6): 423–433.
- [30] Kim D, Canovas-Segura B, Jimeno-Almazán A, et al. Spatial-temporal simulation for hospital infection spread and outbreaks of *Clostridioides difficile*[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 20022.
- [31] Rawson TM, Ahmad R, Toumazou C, et al. Artificial intelligence can improve decision-making in infection management [J]. Nat Hum Behav, 2019, 3(6): 543–545.
- [32] 潘小满, 吴奕宏, 李霞, 等. 多途径观察医务人员手卫生依从性的比较研究[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(9): 1163–1166.
- Pan XM, Wu YH, Li X, et al. Comparison of hand hygiene compliance of health care workers observed through multiple methods[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2024, 23(9): 1163–1166.
- [33] Fitzpatrick F, Doherty A, Lacey G. Using artificial intelligence in infection prevention[J]. Curr Treat Options Infect Dis, 2020, 12(2): 135–144.
- [34] Shrimali S, Teuscher C. A novel deep learning-, camera-, and sensor-based system for enforcing hand hygiene compliance in healthcare facilities[J]. IEEE Sens J, 2023, 23(12): 13659–13670.
- [35] Segal R, Bradley WP, Williams DL, et al. Human-machine collaboration using artificial intelligence to enhance the safety of donning and doffing personal protective equipment (PPE) [J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2023, 44(5): 732–735.
- [36] 王雅琦, 高洁, 王克芳. 生成式人工智能在护理模拟教学中的潜在应用价值、挑战和展望[J]. 中华护理教育, 2024, 21(9): 1076–1081.
- Wang YQ, Gao J, Wang KF. Potential application value, challenges, and prospects of generative artificial intelligence in nursing simulation education[J]. Chinese Journal of Nursing Education, 2024, 21(9): 1076–1081.
- [37] Higgins A, Hannan MM. Improved hand hygiene technique

- and compliance in healthcare workers using gaming technology [J]. *J Hosp Infect*, 2013, 84(1): 32–37.
- [38] Kremer T, Murray N, Buckley J, et al. Use of real-time immersive digital training and educational technologies to improve patient safety during the processing of reusable medical devices: Quo Vadis? [J]. *Sci Total Environ*, 2023, 900: 165673.
- [39] Wang T, Zhang Y, Liu C, et al. Artificial intelligence against the first wave of COVID-19: evidence from China [J]. *BMC Health Serv Res*, 2022, 22(1): 767.
- [40] 钟汶汐, 毛弦筠, 程静, 等. 应用生成式人工智能培养护理人员跨专业沟通技能的态势分析 [J]. *中华护理教育*, 2024, 21(3): 282–288.
- Zhong WX, Mao XY, Cheng J, et al. SWOT analysis of the application of GAI to the development of cross-professional communication skills in nursing [J]. *Chinese Journal of Nursing Education*, 2024, 21(3): 282–288.
- [41] 袁方, 夏宇轩, 周香琴, 等. 人工智能在医院医疗风险管理中的应用研究 [J]. *卫生经济研究*, 2024, 41(8): 79–82, 86.
- Yuan F, Xia YX, Zhou XQ, et al. Study on the application of AI digital management system in medical risk management in hospitals [J]. *Health Economics Research*, 2024, 41(8): 79–82, 86.
- [42] Cai Q, Wang H, Li ZM, et al. A survey on multimodal data-driven smart healthcare systems: approaches and applications [J]. *IEEE Access*, 2019, 7: 133583–133599.
- [43] 许昌, 孙逸凡, 董四平, 等. 智慧医院建设促进公立医院高质量发展的思考 [J]. *中国医院管理*, 2023, 43(1): 10–13.
- Xu C, Sun YF, Dong SP, et al. Reflections on the construction of smart hospitals to promote high-quality development of public hospitals [J]. *Chinese Hospital Management*, 2023, 43(1): 10–13.
- [44] 李乐, 谢多双, 吕宜灵, 等. 达芬奇机器人手术系统相关医院感染研究进展 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(21): 3357–3360.
- Li L, Xie DS, Lv YL, et al. Progress of research on Da Vinci robotic surgery system-related nosocomial infection [J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2023, 33(21): 3357–3360.
- [45] 朱伟俊, 崔文彬, 魏明月, 等. 基于患者视角的公立医院互联网医院发展路径 [J]. *中国卫生资源*, 2023, 26(4): 388–392.
- Zhu WJ, Cui WB, Wei MY, et al. Development path of internet hospitals in public hospitals from the patient perspective [J]. *Chinese Health Resources*, 2023, 26(4): 388–392.
- [46] Shi Y, Fu J, Zeng M, et al. Information technology and artificial intelligence support in management experiences of the pediatric designated hospital during the COVID-19 epidemic in 2022 in Shanghai [J]. *Intell Med*, 2023, 3(1): 16–21.
- [47] Ali O, Abdelbaki W, Shrestha A, et al. A systematic literature review of artificial intelligence in the healthcare sector: benefits, challenges, methodologies, and functionalities [J]. *J Innov Knowl*, 2023, 8(1): 100333.
- [48] Alowais SA, Alghamdi SS, Alsubebany N, et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice [J]. *BMC Med Educ*, 2023, 23(1): 689.
- [49] Mehta M, Julaiti J, Griffin P, et al. Early stage machine learning-based prediction of US county vulnerability to the COVID-19 pandemic: machine learning approach [J]. *JMIR Public Health and Surveillance*, 2020, 6(3): e19446.
- [50] Dos Santos RP, Silva D, Menezes A, et al. Automated healthcare-associated infection surveillance using an artificial intelligence algorithm [J]. *Infect Prev Pract*, 2021, 3(3): 100167.
- [51] 李永奎, 张博楠, 朱琳. 智慧医院指挥中心建设的国际现状与趋势 [J]. *中国医院管理*, 2023, 43(8): 93–96.
- Li YK, Zhang BN, Zhu L. International status and trends of the construction of smart hospital command center [J]. *Chinese Hospital Management*, 2023, 43(8): 93–96.
- [52] Wong F, de la Fuente-Nunez C, Collins JJ. Leveraging artificial intelligence in the fight against infectious diseases [J]. *Science*, 2023, 381(6654): 164–170.
- [53] 叶子晨, 薛鹏, 乔友林, 等. 人工智能在医疗卫生领域中面临的挑战及应对措施 [J]. *中华流行病学杂志*, 2024, 45(7): 1030–1038.
- Ye ZC, Xue P, Qiao YL, et al. Challenges in application of artificial intelligence in healthcare field and response strategies [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2024, 45(7): 1030–1038.
- [54] 李润生. 论医疗人工智能“黑箱”难题的应对策略和规制进路 [J]. *东南大学学报(哲学社会科学版)*, 2021, 23(6): 83–92.
- Li RS. On the countermeasures and regulatory approaches to the black box of medical artificial intelligence [J]. *Journal of Southeast University (Philosophy and Social Science)*, 2021, 23(6): 83–92.

(本文编辑: 翟若南)

本文引用格式: 许洛, 郎东, 王晓君. 人工智能技术在医院感染防控中的应用研究进展 [J]. *中国感染控制杂志*, 2025, 24(7): 1019–1026. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257283.

Cite this article as: XU Luo, LANG Dong, WANG Xiaojun. Research progress in the application of artificial intelligence technology in healthcare-associated infection prevention and control [J]. *Chin J Infect Control*, 2025, 24(7): 1019–1026. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257283.