

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20257380



倪晓平 杭州市疾病预防控制中心主任医师,兼任国家卫生健康委医疗机构感染防控专家委员会委员、中华预防医学会第四届医院感染控制分会常务委员、医院消毒学组组长,浙江省预防医学会第五届消毒专业委员会副主任委员,主持、参与编写国家行业标准 7 项,获浙江省人民政府科技进步三等奖(第一获得者)3 项。

• 专家论坛 •

从南丁格尔到 AI 时代: 医疗保健环境清洁的百年演进与未来展望

倪晓平

[浙江省杭州市疾病预防控制中心(杭州市卫生监督所),浙江 杭州 310021]

[摘要] 医疗保健相关感染(HAIs)依然是全球患者安全的重大挑战。近十年来,被污染的无生命的环境表面已被确认为易感患者感染的重要来源,同时也是医务人员手污染的主要途径。医疗保健环境卫生在感染预防与控制(IPC)中的关键作用得到了重新审视,成为医疗保健机构患者安全和 HAIs 防控中重要的非药物性干预措施(NPIs)之一。改善医疗保健机构环境卫生,不仅可以显著降低患者的 HAIs 发病率和病原体的定植率,还具有显著的成本效益。这些观点已在业内形成广泛共识。本文旨在探讨医疗保健机构环境清洁的历史演变,已取得的实质性进展,以及未来的重点发展方向,以期对相关领域的研究和实践提供参考。

[关键词] 医院感染; 多重耐药菌; 环境表面; 环境清洁

[中图分类号] R181.3⁺2

From Nightingale to the AI era: a century of evolution and future perspectives on healthcare environmental hygiene

NI Xiaoping (Hangzhou Center for Disease Control and Prevention [Hangzhou Health Supervision Institution], Hangzhou 310021, China)

[Abstract] Healthcare-associated infections (HAIs) remain a significant challenge to patient safety worldwide. Over the past decade, contaminated inanimate surfaces have been recognized as a major source of infections in susceptible patients and a primary pathway for healthcare workers' hand contamination. The critical role of healthcare environmental hygiene in infection prevention and control (IPC) has been re-evaluated and is now considered one of the important non-pharmacological interventions (NPIs) for patient safety and HAI prevention in healthcare facilities. Improving the environmental hygiene of healthcare facilities can not only significantly reduce the incidence of HAIs and the colonization rates of pathogens in patients, but also demonstrate substantial cost-effectiveness. These perspectives have gained widespread consensus within the industry. This article aims to explore the historical evolution of environmental hygiene in healthcare facilities, the substantial progress achieved, and the key directions for future development, providing references for research and practice in related fields.

[Key words] healthcare-associated infection; multidrug-resistant organism; environmental surface; environmental hygiene

[收稿日期] 2025-02-14

[作者简介] 倪晓平(1955-),男(汉族),浙江省杭州市人,主任医师,主要从事流行病学、医院感染学、消毒学等领域的研究。

[通信作者] 倪晓平 E-mail: hznixp@163.com

医疗保健相关感染 (healthcare-associated infections, HAIs, 也称医院感染) 依然是全球患者安全的重大挑战。被污染的无生命的环境表面已被确认为易感患者感染的重要来源, 同时也是医务人员手部污染的主要途径。医疗保健环境卫生在感染预防与控制 (IPC) 中的关键作用得到了重新审视。改善医疗保健机构环境卫生不仅可以显著降低 HAIs 发病率和病原菌的定植率, 还具有显著的成本效益。本文旨在探讨医疗保健机构环境清洁的历史演变, 已取得的实质性进展, 以及未来的重点发展方向, 以期对相关领域的研究和实践提供参考。

1 从南丁格尔到分子流行病学: 医疗保健环境卫生认知的百年演变

医疗保健环境卫生在感染防控中的作用, 其历史可追溯至 170 年前的克里米亚战争。1854 年, 克里米亚战争爆发, 英国护士弗洛伦斯·南丁格尔 (Florence Nightingale) 率领 38 名护士奔赴前线。在救治伤员的同时, 她着手改善医院的环境卫生, 通过实施清洁病房、更换床单、使用清洁水等措施, 建立了严格的卫生管理制度, 确保医院环境的清洁与整洁。南丁格尔还通过数据统计与分析, 揭示了医院卫生与病死率之间的直接关系。在她的不懈努力下, 英军伤员的病死率从最初的 42% 急剧下降至 2%, 降幅高达 95% 以上^[1]。她提出的“护理环境理论”强调, 患者的康复不仅依赖于医疗措施, 更取决于环境的卫生与舒适性。然而, 这一理念在当时并未得到广泛采纳, 其推广停滞了一个多世纪。正如 Dancer 在其综述^[2]中所指出, 20 世纪 70 年代至 90 年代, 主流观点仍认为医院环境卫生对 HAIs 发生的影响有限, 例如 1974 年美国医院协会医院感染委员会声明称, 医院感染的发生与空气和环境表面的微生物污染水平无关; 1988 年, 《医院感染杂志》上发表的一篇评论也认为, 医院环境的清洁与否、清洁频率和方法对患者感染数量的影响微乎其微。

直到 20 世纪 90 年代后期, 一系列医院感染暴发事件才重新唤起人们对环境卫生的关注。全球的公共卫生、IPC 人员逐渐认识到, 环境卫生是预防 HAIs 传播的重要途径。1999 年, 《临床微生物学杂志》发表了第一篇关于环境卫生的分子流行病学研究, 明确指出感染患者的耐药菌是外源性获得的, 环境表面是患者感染的潜在储菌库^[3]。该研究为环境卫生的重要性提供了科学依据。进入 21 世纪, 随着

临床流行病学和分子生物学技术的发展, 大量循证研究进一步证实了患者感染与医疗环境卫生之间的明确关联, 环境卫生在 HAIs 防控中的关键作用逐渐得到广泛认可。

2018 年, Lee 等^[4] 利用全基因组测序技术 (WGS) 对分离自患者和环境中的携带 *vanA* 基因的耐万古霉素肠球菌 (VRE) 进行检测, 揭示了病原菌在环境与患者之间的传播动力学。研究证实, 环境首先被 *vanA*-VRE 定植患者污染, 随后污染物传播导致其他患者的定植和感染; 共享医疗设备则在不同重症监护室 (ICU) 间病原菌传播中充当了媒介作用; 该研究指出, HAIs 病原体的医院传播具有复杂的动力学特征, 而环境作为病原体的储菌库在持续传播中发挥了关键作用。同年, 王莎莎等^[5] 对 2004—2016 年国内医院感染暴发情况调查进行综述, 研究共纳入 110 篇文献, 涉及 113 起感染暴发事件, 环境清洁消毒不彻底是导致医院感染暴发的首要原因。

从南丁格尔的“护理环境理论”到现代分子流行病学研究, 医疗保健环境卫生在 HAIs 防控中的作用经历了从被忽视到重新认识的过程。20 世纪后期的主流观点低估了环境卫生的重要性, 但随着科学技术的进步和循证医学研究的积累, 环境作为病原体传播的关键环节逐渐被揭示。特别是近年来, 分子生物学技术的应用为环境卫生与 HAIs 之间的关联提供了强有力的试验证据。

2 从指南到实践: 医疗保健环境清洁的标准化与科学化进程

2003 年, 美国疾病预防控制中心 (Centers for Disease Control and Prevention, CDC)、医疗保健感染控制实践咨询委员会 (Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, HICPAC) 联合发布《医疗机构环境感染控制指南》^[6], 并首次提出“环境感染控制”概念, 涵盖物体表面清洁与消毒、空气源感染、水源感染、建筑装修与拆迁工程相关感染、织物与床上用品管理, 以及医疗废物处理等内容。该指南的最大亮点在于依据循证证据质量决定推荐条款的强度, 为全球医疗环境清洁提供了科学依据。随后, 2007 年, 英国国家医疗服务体系 (National Health Service, NHS) 发布《英国国家医疗服务体系国家清洁规范》, 并于 2021、2025 年发布修订版^[7]。2016 年, 我国发布国家卫生行业标准

WS/T 512—2016《医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范》^[8],标志着我国医疗环境清洁进入标准化管理阶段。2021 年,德国颁布首个国家标准 DIN 13063《医院清洁—医院建筑和其他医疗机构中的清洁和消毒要求》^[9]。上述环境清洁标准和指南的发布,为推动全球医疗环境清洁规范化发展发挥了积极作用。

我国 WS/T 512—2016 规范的亮点在于:①首次提出“清洁单元”概念,即以病床为中心,将高频接触表面(如床栏、床边桌、呼叫按钮、监护仪等)视为一个清洁单元;②强调清洁工具的有效复用,应遵守清洁单元的原则,即擦拭工具,如布巾、消毒湿巾等不应连续用于另一个清洁单元,防止病原微生物交叉污染;③首次明确环境清洁服务机构的管理要求。该规范的实施对我国医疗环境清洁的标准化管理起到了重要推动作用。

自 2015 年以来,医疗保健环境卫生与 HAIs 关系的高质量研究呈指数级增长。2017 年可以说是医院环境卫生研究的分水岭。此前,研究多集中于环境微生物监测,环境干预对表面微生物负载减少效果的前后对比,以及化学、物理消毒效果的评估等。2017 年,世界卫生组织(WHO)发布《医疗保健机构耐碳青霉烯类肠杆菌、鲍曼不动杆菌和铜绿假单胞菌预防与控制指南》^[10],该指南尽管将环境清洁列为强力推荐项,但也指出证据质量非常低。同年,《柳叶刀》发表全球首个环境感染控制随机对照研究(RCT)——《强化的终末消毒与获得和感染多重耐药菌及艰难梭菌(强化终末消毒的效益):一项集群随机多中心交叉研究》,该研究在美国东南部 9 所不同类型和规模的医院实施,研究周期为 28 个月,结果证实,污染的环境表面是住院患者感染的重要来源,强化终末消毒可降低目标病原体的感染/定植率(10%~30%)^[11]。

此后,全球范围内涌现出多项高质量研究。2019 年,澳大利亚学者在《柳叶刀》子刊发表《一项集束化环境清洁与医院相关性感染(REACH):多中心随机试验》的大规模 RCT 研究,该研究涉及 11 所急诊医院,研究周期达 1 年以上。研究结果显示,集束化环境清洁显著降低部分目标 HAIs 发病率,并提升病房环境的清洁质量^[12]。2024 年,《柳叶刀》子刊上又发表了一篇环境感染控制 RCT 研究,《澳大利亚加强共享医疗设备清洁与消毒对健康保健相关感染影响的研究(CLEEN):一项阶梯楔形集群随机对照试验》。该研究在澳大利亚新南威尔士州中

部海岸的一所医院内开展,覆盖 10 个病房,共纳入 5 002 例患者,研究周期为 8 个月。结果显示,共用设备的清洁度由 18.2% 上升至 56.6%,HAIs 发病率平均降低 34.5%($P=0.0006$)^[13]。此外,澳大利亚在 6 个州的 11 所医院开展的一项阶梯式楔形集群随机试验,旨在评估集束化医院环境清洁(REACH)在降低 HAIs 发病率方面的成本效益。研究结果显示,实施集束化清洁的总成本为 349 000 澳元,节省了 147 500 澳元的直接成本。此外,集束化清洁策略预防感染而带来了 102 万澳元的净货币收益。与现有的医院清洁实践相比,该集束化清洁策略具有 86% 的成本效益^[14]。

近年来,WHO 频繁发布相关文件。2022 年,《全球感染预防与控制报告执行摘要》指出,发达国家住院患者 HAIs 发病率为 7/100,中低收入国家则为 2 倍以上。WHO 指出,70% 的 HAIs 是可以预防的,手卫生和环境卫生可降低 HAIs 发病率 50% 以上^[15]。2023 年,WHO 发布《人类健康抗微生物药物耐药全球研究议题》,将水、环境卫生和个人卫生(WASH)列为优先研究主题,强调环境清洁和消毒是抗击多重耐药菌(multidrug-resistant organisms, MDROs)的关键措施^[16]。

在基础研究领域,干燥表面生物膜(dry surface biofilms, DSBs)与医疗保健环境持续性污染的关系正在成为研究焦点。2012 年,Vickery 等^[17]首次发现耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)在 ICU 干燥表面(如床上用品、窗帘和家具等)上形成了细菌生物膜。2015 年,Hu 等^[18]研究显示,在进行了 2 次含氯消毒剂的终末消毒并关闭 12 个月的 ICU 中,仍有 52%(23/44)的环境标本检出 MDROs; 93%(41/44)的环境表面存在 DSBs,且其中含有大量可培养的 MDROs。为此,该团队将这些难以清除且持续向环境释放病原体的现象归因于 DSBs 的保护作用。

此外,洗手水槽与 HAIs 暴发之间的关联已被频繁报道。以最常见的铜绿假单胞菌为例,其适应医院潮湿环境,并易于在管道内腔形成生物膜,从而成为持续的污染源。

洗手水槽在使用过程中,细菌很有可能从生物膜中释放,以液滴或气溶胶的形式扩散到水槽周围环境,成为患者和医务人员感染/污染的重要来源。研究^[9]表明,86.3% 的铜绿假单胞菌医院感染是通过环境传播的。另一项关于定植患者周围环境表面

被病原微生物快速污染的前瞻性多中心研究^[19]表明,耳念珠菌(*C. auris*)定植患者的周围表面在实施表面消毒后 4 h 内即有 20.5% (39/190) 表面被再次污染;同时发现,消毒 4 h 后有 2%~24% 的表面重新被 MDROs 污染。这一研究结果提示,医疗机构环境表面,尤其是高危患者周围环境表面的消毒频次需进一步优化。

在技术创新方面,基于益生菌、酶或噬菌体的生物干预措施,以及抗菌或抑菌材料的应用,为解决环境持续性污染提供了新思路。数字化清洁质量追踪技术、机器人消毒机、可穿戴设备和增强现实(AR)培训等技术的应用,推动了医疗保健环境卫生实践的数字化、智能化发展。同时,集束化或多模式清洁逐渐成为医疗保健机构优化医疗保健环境卫生的关键策略。

近期,Peters 等^[20]通过一项国际试点调查,开发了一款医疗保健环境卫生自我评估框架(HEH-SAF),旨在促进医疗保健环境卫生的自我评估与改进。通过对 35 个国家的 51 所医疗保健机构的调查显示,全球医疗保健环境卫生规划需要重大改进;医疗保健环境卫生的实施面临资源、结构和文化的重大挑战;医疗保健环境卫生相关产品和设备的获取、培训、质量监控以及工作场所文化等问题在全球普遍存在。需要进一步研究来量化这些项目的成本和价值,并确定最佳的实施工具和模型。

从指南的制定到实践的科学化,医疗保健环境清洁经历了从规范化到精细化的转变。全球范围内的高质量研究和技术创新,为环境清洁在 HAIs 防控中的关键作用提供了循证依据。未来,优化清洁策略、加强技术应用和资源投入,尤其是人工智能技术的引入必将成为提升医疗保健环境卫生水准的重要方向。

3 从“干净”到“微生物安全”:医疗保健环境清洁的未来展望

一所确保患者安全的医疗保健机构,首先应是一个环境卫生干净的医院。然而,全球范围内对“干净”的定义存在差异。在预防 HAIs 的背景下,“干净”更多被理解为环境微生物安全,即环境中不存在致病性微生物。例如,WHO 于 2024 年 11 月发布的《WHO 环境清洁培训包:评价方法指南》中明确

规定:“清洁”定义为 $<2.5 \text{ CFU}/\text{cm}^2$ ，“不清洁”则为 $\geq 2.5 \text{ CFU}/\text{cm}^2$ ^[21]。该指南是 2022 年 WHO 发布的《低中收入国家医疗保健机构环境清洁及感染预防与控制:培训师指南》和《低中收入国家医疗保健机构环境清洁及感染预防与控制:模式与资源》的配套文件,旨在为全球医疗保健环境清洁提供标准化依据。

然而,环境卫生对 HAIs 发病率的影响研究长期未能取得突破性进展,主要受以下因素的制约。①内源性感染与外源性感染的区分难度:研究需对所有纳入患者进行微生物学筛查,并对定植患者进行去定植,这一过程操作复杂且成本高昂。②外源性微生物感染阈值的未知性:不同微生物的感染剂量差异显著,且缺乏统一的环境微生物安全标准。③患者对病原体敏感度的差异:不同患者对同一种病原体的易感性不同,增加了研究的复杂性。④保洁人员的专业素养:全球范围内,保洁人员普遍存在文化水平低、专业素养不足和流动性大的问题,导致清洁实践难以实现标准化和同质化。⑤环境微生物监测的局限性:现有采样技术和培养方法难以准确检测目标微生物,限制了研究的可靠性和准确性。⑥循证医学的局限性:经典的随机、对照和双盲试验在 IPC 中难以实施,尤其是在感染暴发期间,需要立即采取集束化干预措施,无法满足随机化要求。

鉴于上述混杂因素,环境感染控制研究存在不确定性和研究质量难以把控的问题,为应对患者安全对高品质环境清洁要求的挑战,2022 年初,由来自非洲、欧洲、亚洲、澳大利亚、北美和南美的专家组成的医疗保健环境清洁咨询小组,经过数月的商讨,形成了《加强医疗保健机构环境清洁的研究重点:清洁小组共识》^[22]。WHO 也在其《评价方法指南》中特别推荐了环境清洁最佳实践的 12 个优先研究问题(见表 1),为未来研究提供了方向。

医疗保健环境清洁的未来发展,正从传统的“干净”概念向“微生物安全”转变。尽管研究面临诸多挑战,但全球范围内的共识和优先研究问题的提出,为环境清洁的标准化和科学化提供了明确方向。未来,需进一步优化清洁策略、加强技术创新、提升保洁人员专业素养,通过多学科合作推动环境清洁在 HAIs 防控中的关键作用。只有实现环境微生物安全,才能真正保障患者安全和医疗质量。

表 1 资源有限国家中加强医疗保健机构环境清洁最佳实践的 12 个优先研究问题

Table 1 The 12 priority research questions to enhance environmental cleaning best practices in healthcare facilities in resource-limited settings

标准	1	高风险单元中的高频接触表面应多久清洁和消毒一次(包括具体的日间时间点),以充分减少生物负载?
	2	在不同类型的医疗环境中,实现微生物清洁所需的人力资源要求是什么?
系统强化	3	在卫生系统层面,实施环境清洁计划的最低要求是什么?
	4	哪些卫生系统层面的因素能够支持清洁人员的专业化发展?
	5	哪种类型的实践群体和从业者网络对支持环境清洁计划最为有效?
行为改变	6	促使医疗机构决策者参与环境清洁投资(包括财务和管理承诺)的有效策略有哪些?
	7	有哪些有效的培训技巧可以改善清洁人员的清洁习惯?
	8	维持清洁行为(包括频率和质量)的成本效益策略是什么?
	9	建立环境清洁的单位文化(价值观念与社会规范),哪些行为改变技术最为有效?
	10	促使患者和护理人员参与改善环境清洁的有效策略是什么?
创新	11	仅使用清洁剂在减少非关键/低频接触表面的生物负载方面,与使用清洁剂加消毒剂相比,效果是否不劣或足够?
	12	与现有市售消毒剂相比,本地生产的消毒剂在减少生物负载方面是否更具成本效益?

[参考文献]

- [1] Martini M, Lippi D. SARS-CoV-2 (COVID-19) and the teaching of Ignaz Semmelweis and Florence Nightingale; a lesson of public health from history, after the “introduction of hand-washing” (1847)[J]. J Prev Med Hyg, 2021, 62(3): E621 – E624.
- [2] Dancer SJ. Hospital cleaning: past, present, and future[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2023, 12(1): 80.
- [3] D’Agata EM, Venkataraman L, DeGirolami P, et al. Molecular epidemiology of ceftazidime-resistant Gram-negative bacilli on inanimate surfaces and their role in cross-transmission during nonoutbreak periods[J]. J Clin Microbiol, 1999, 37(9): 3065 – 3067.
- [4] Lee AS, White E, Monahan LG, et al. Defining the role of the environment in the emergence and persistence of vanA vancomycin-resistant *Enterococcus* (VRE) in an intensive care unit: a molecular epidemiological study[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018, 39(6): 668 – 675.
- [5] 王莎莎, 刘运喜, 秘玉清, 等. 中国近 13 年医院感染暴发事件流行特征分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28(18): 2786 – 2788, 2792.
Wang SS, Liu YX, Mi YQ, et al. Epidemiological characteristics of nosocomial infection outbreaks in China in recent 13 years[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2018, 28(18): 2786 – 2788, 2792.
- [6] Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, U. S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for environmental infection control in healthcare facilities[EB/OL]. [2025 – 02 – 12]. <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-Environmental-H.pdf>.
- [7] NHS. National standards of healthcare cleanliness 2025[EB/OL]. [2025 – 02 – 12]. <https://www.england.nhs.uk/es-tates/national-standards-of-healthcare-cleanliness/>.
- [8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范: WS/T 512—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
National Health and Family Planning Commission of the People’s Republic of China. Regulation for cleaning and disinfection management of environmental surface in healthcare: WS/T 512 – 2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [9] Peters A, Parneix P, Kiernan M, et al. New frontiers in healthcare environmental hygiene: thoughts from the 2022 healthcare cleaning forum[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2023, 12(1): 7.
- [10] World Health Organization. Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities[M]. Geneva, World Health Organization, 2017.
- [11] Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, et al. Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multi-drug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study[J]. Lancet, 2017, 389(10071): 805 – 814.
- [12] Mitchell BG, Hall L, White N, et al. An environmental cleaning bundle and healthcare-associated infections in hospitals (REACH): a multicentre, randomised trial[J]. Lancet Infect Dis, 2019, 19(4): 410 – 418.
- [13] Browne K, White NM, Russo PL, et al. Investigating the effect of enhanced cleaning and disinfection of shared medical equipment on health-care-associated infections in Australia (CLEEN): a stepped-wedge, cluster randomised, controlled trial[J]. Lancet Infect Dis, 2024, 24(12): 1347 – 1356.

- [14] White NM, Barnett AG, Hall L, et al. Cost-effectiveness of an environmental cleaning bundle for reducing healthcare-associated infections[J]. Clin Infect Dis, 2020, 70(12): 2461–2468.
- [15] World Health Organization. Global report on infection prevention and control: executive summary[EB/OL]. [2025–02–12]. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/354553/9789240049741-eng.pdf?sequence=1>.
- [16] World Health Organization. Global research agenda for antimicrobial resistance in human health: policy brief [EB/OL]. [2025–02–12]. <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/antimicrobial-resistance/amr-spc-npm/who-global-research-agenda-for-amr-in-human-health-policy-brief.pdf>.
- [17] Vickery K, Deva A, Jacombs A, et al. Presence of biofilm containing viable multiresistant organisms despite terminal cleaning on clinical surfaces in an intensive care unit[J]. J Hosp Infect, 2012, 80(1): 52–55.
- [18] Hu H, Johani K, Gosbell IB, et al. Intensive care unit environmental surfaces are contaminated by multidrug-resistant bacteria in biofilms: combined results of conventional culture, pyrosequencing, scanning electron microscopy, and confocal laser microscopy[J]. J Hosp Infect, 2015, 91(1): 35–44.
- [19] Sansom SE, Gussin GM, Schoeny M, et al. Rapid environmental contamination with *Candida auris* and multidrug-resistant bacterial pathogens near colonized patients[J]. Clin Infect Dis, 2024, 78(5): 1276–1284.
- [20] Peters A, Schmid MN, Kraker MEA, et al. Results of an international pilot survey on health care environmental hygiene at the facility level[J]. Am J Infect Control, 2022, 50(12): 1302–1310.
- [21] World Health Organization. WHO training package on environmental cleaning: evaluation methodology guide[EB/OL]. (2024–11–18) [2025–02–12]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240099104>.
- [22] Gon G, Dramowski A, Hornsey E, et al. Research priorities to strengthen environmental cleaning in healthcare facilities: the CLEAN group consensus[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2024, 13(1): 112.

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式:倪晓平. 从南丁格尔到 AI 时代: 医疗保健环境清洁的百年演进与未来展望[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(3): 295–300. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20257380.

Cite this article as: NI Xiaoping. From Nightingale to the AI era: a century of evolution and future perspectives on healthcare environmental hygiene[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(3): 295–300. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257380.