

# 人工智能时代下医务人员手卫生依从性的研究进展、挑战与展望

方亚平

西南医科大学附属医院重症医学科

DOI:10.32629/bmtr.v8i3.20489

**[摘要]** 手卫生是预防控制医院感染最基本、最经济也最有效的办法，全球范围内医务人员实际手卫生依从率还远远没到理想程度，这里总结了近年来国内外在医务人员手卫生领域的研究情况和新进展，国内研究监测方法从传统人工观察变成用人工智能、物联网的电子监测系统，这个趋势越来越明显，也说明智慧管理平台在提高依从率、让管理更有效方面有好处，国内研究还仔细研究了根据风险识别的特殊岗位（像保洁人员）手卫生什么时候该做的优化，以及多种培训与干预模式（比如 PDCA 循环、文化建设、行为助推）的效果，也注意到手卫生相关的职业健康问题（比如手部湿疹），国外研究更注重用行为科学理论（像健康信念模型、计划行为理论）设计“助推”干预策略，还在尝试虚拟现实这类新的培训工具，还有电子监测系统长期用的时候怎么持续反馈的机制，技术和管理办法一直在更新，国内外都遇到一些共同问题，比如电子监测系统的成本-效益平衡、担心数据隐私、霍桑效应很难完全消除、不同岗位、不同手卫生时刻的依从性差别很大，还有干预效果怎么长期保持的难题，手卫生提升办法要往智能化、精准化、人性化、系统化走，把多学科知识好好结合起来，构建“技术赋能+行为科学+人文关怀+管理优化”的医院感染防控综合体系，让手卫生依从性从根本上、持续地变好，最终保障患者与医务人员双方面的安全。

**[关键词]** 手卫生；医院感染；依从性；人工智能；电子监测；行为科学；综述

中图分类号：R197.3 文献标识码：A

## Research Progress Challenges and Prospects of Healthcare Workers' Hand Hygiene Compliance in the Age of Artificial Intelligence

Yaping Fang

Department of Critical Care Medicine, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University

**[Abstract]** Hand hygiene is the most fundamental, cost-effective, and efficient measure for preventing healthcare-associated infections. However, actual compliance rates among healthcare workers worldwide remain far from ideal. This review summarizes recent domestic and international research progress. In China, monitoring methods have shifted from traditional manual observation to AI- and IoT-based electronic monitoring systems — a growing trend that highlights the benefits of smart management platforms in improving compliance and management efficiency. Domestic studies have also refined hand hygiene timing for high-risk roles (e.g., cleaning staff) based on risk identification, evaluated various training and intervention models (e.g., PDCA cycles, culture building, behavioral nudging), and addressed occupational health issues such as hand eczema. International research focuses more on designing "nudge" interventions grounded in behavioral science theories (e.g., Health Belief Model, Theory of Planned Behavior), exploring novel tools like virtual reality, and establishing continuous feedback mechanisms for long-term use of electronic monitoring systems. Despite ongoing technological and managerial advancements, common challenges persist globally: cost-benefit trade-offs of electronic monitoring systems, data privacy concerns, difficulty eliminating the Hawthorne effect, significant variation in compliance across different roles and hand hygiene moments, and sustaining long-term intervention effects. Future strategies should be intelligent, precise, humanistic, and systematic, integrating multidisciplinary knowledge to build a comprehensive infection prevention and

control framework that combines technology empowerment, behavioral science, humanistic care, and management optimization. This will drive fundamental and sustained improvements in hand hygiene compliance, ultimately ensuring the safety of both patients and healthcare workers.

[Key words] Hand hygiene; Healthcare-associated infection; Compliance; Artificial intelligence; Electronic monitoring; Behavioral science; Review

## 引言

医院感染 (Healthcare-associated Infection, HAI) 是全球公共卫生方面的严峻挑战, 会明显增加患者患病和死亡的风险, 还造成很大的社会经济负担<sup>[29]</sup>, 在众多预防感染的办法中, 手卫生是大家公认阻止病菌传播、减少 HAI 出现最重要、最经济、最有效的办法之一<sup>[11]</sup>, 世界卫生组织 (WHO) 从 2005 年开始在全球推广“手卫生拯救生命”项目, 还明确了手卫生的“五个重要时刻”, 我国相继发布并更新《医务人员手卫生规范》(WS/T 313), 用来指导和规范医疗机构的手卫生做法<sup>[19]</sup>。

手卫生的重要性大家都知道, 很多研究发现全球医务人员实际手卫生依从率不高, 一般在 40%—60% 之间波动, 不同科室、岗位和时间差异明显<sup>[10][10][17][17]</sup>, “知易行难”的困境让国内外研究者不断探索更有效的监测、评估和干预策略, 传统直接观察法是“金标准”, 人力成本高、霍桑效应明显、数据不连续这些局限都存在<sup>[6][18][20][18][20]</sup>, 信息技术和行为科学发展快, 手卫生管理正在经历深刻变革。

本文梳理近期 (重点关注 2020-2025 年) 国内外相关文献, 分析国内外研究情况和实际进展, 比较不同提高办法的优缺点和局限性, 展望未来的发展方向, 为我国医疗机构更好地改进手卫生管理、实现感染控制更智能、更精确提供借鉴。

## 1 手卫生概念与重要性

手卫生指医务人员用流动水和洗手液 (肥皂) 洗手, 用速干手消毒剂搓手, 减少手上暂居细菌和控制常驻细菌的做法, 是预防病原体交叉传播的重要步骤<sup>[9]</sup>, 世界卫生组织建议的“手卫生五个重要时间点”具体是: 接触患者前做清洁、无菌操作前、接触患者体液后、接触患者后和接触患者周围环境后, 这个方法能给医务人员明确的行动指导<sup>[9]</sup>。

手卫生重要性有多个方面: 临床层面 提高手卫生依从率能降低 HAI 发生率, 不少研究能说明这一点, 丁佳燕等<sup>[11]</sup>做过 9 年观察结果显示手卫生依从率和医院感染例次发病率负相关明显 ( $r=-0.369$ ); 张茹等<sup>[5]</sup>研究发现智慧管理平台能更好地促进工作人员手卫生依从性, 这两种情况都让感染相关指标变好了。经济层面 手卫生是感染控制中成本效益最好的办法, 陈诺等<sup>[8]</sup>卫生经济学研究显示, 高风险科室采用电子监测方法的成本效果比传统人工监测好。安全文化层面 做好手卫生是患者安全和医疗质量文化的核心<sup>[4]</sup>, 手卫生做得不好会威胁患者安全, 还可能使医务人员出现职业暴露和

感染。提升手卫生依从性维护医患双方安全, 节约医疗资源, 构建安全文化, 具有这些多方面意义。

## 2 国内手卫生现状研究进展

近年来, 我国在如何提高手卫生依从性领域的研究和实际操作有了不小的进步, 监测的方法越来越科学, 干预的办法也更加多样, 研究的角度也更宽了。

### 2.1 监测方法: 从人工观察到智慧化监测

传统的直接观察法是基础, 由于存在明显的霍桑效应, 现在要重新审视它。潘小满等<sup>[6]</sup>和胡继梅等<sup>[18]</sup>的研究中对比了直接观察法、隐蔽观察法和监控观察法, 发现直接观察法得到的依从率 (95.08%) 显著高于隐蔽观察法 (50.83%), 说明传统方法可能高估实际水平, 贾会学等<sup>[20]</sup>结合手消毒剂消耗量校正观察的结果, 揭示霍桑效应的程度。

人工观察有局限, 电子监测系统 (EHSM) 和人工智能 (AI) 技术应用成了研究热点, 这类系统用物联网传感器、计算机视觉等技术, 实现医务人员手卫生行为的自动、连续、客观记录<sup>[1,3,5]</sup>, 很多研究都证明了这些系统有用: 张茹等<sup>[5]</sup>构建的 AI 物联网智慧管理平台提升了依从率, 和感染率下降有关, 霍瑞婷等<sup>[15]</sup>的综述都提到电子监测能提高依从性。在技术前沿方面, 杨煦晨等<sup>[1]</sup>比较了 UniFormerV2、TDN、C3D 等 AI 算法在手卫生步骤识别中的准确性, 发现 UniFormerV2 模型表现最优, 展现了 AI 在精细化行为识别中的潜力, 陈梦贤等<sup>[3]</sup>也综述了 AI 在这个领域的应用进展。

### 2.2 干预策略: 多元化与精准化并举

培训与教育是基础干预, 苏楠等<sup>[13]</sup>在欠发达地区用 PDCA 循环管理, 都提升了依从率。培训形式在创新, 章琦等<sup>[4]</sup>借“世界手卫生日”开展的文化建设活动, 提高了护理人员等重点人群的依从率。

从风险识别出发的精准干预是重要方向, 特殊岗位方面, 李妍等<sup>[12]</sup>给保洁人员提出了新的“一前五后”手卫生指征, 精准化培训让依从率提高了很多。沈小玥等<sup>[7]</sup>利用医院感染监测系统给 MDRO 感染患者相关人员做手卫生精准干预, 防控效果不错。

管理流程优化也很关键, 杨鹏等<sup>[9]</sup>用中断时间序列分析评价医院等级评审等综合干预的即时与远期效果, 为管理决策提供方法学参考。

### 2.3 研究视角的拓展

国内研究关注“做不做”, 现在开始深入探讨“为何不

做”以及相关衍生问题，在手卫生与职业健康上，王丹等<sup>[2]</sup>调查发现医务人员手部湿疹患病率 37.03%，和频繁使用手消毒液、长时间戴手套等关系很近，提示要在感染控制与皮肤健康间寻求平衡，不同监测方法的经济学评价受到重视，陈诺等<sup>[8]</sup>的研究为医疗机构选择监测方法提供经济学依据，大规模现状调查持续开展，像文细毛等<sup>[17]</sup>报告的 2019 年全国监测数据，为各机构提供了基准参照。

### 3 国外手卫生现状研究进展

国外研究在不断深化技术应用的同时，强调从心理学、行为学方面理解并干预手卫生行为，注重干预的长期效果和可持续性。

#### 3.1 行为科学理论与“助推”策略的应用

行为科学理论的干预现在是主流，Jang 等人<sup>[21]</sup>的研究分别采用了健康信念模型 (HBM) 和计划行为理论 (TPB)，研究了家庭照护者这些人群手卫生行为的影响因素，像感知到的好处、遇到的困难、自己的能力等，给设计针对性教育项目打下理论基础，Barekati 等人<sup>[25]</sup>用了 TPB 给护士做教育干预，让护士手卫生的想法和行为变好了，这和国内郭梦茜等人<sup>[14]</sup>提出的“助推”干预策略框架想法一致，框架里包括提供决策信息、优化选择等内容。

#### 3.2 技术应用的深化与效果验证

电子监测系统 (EHHSM) 研究的重点从“是否有效”变成“如何持续有效”，Brooks 等人<sup>[22]</sup>发现重新启动 EHHMS (relaunch)，具体做法有统一大家的期望、领导参与进来、数据反馈这些策略，能让手卫生观察的数量和依从率持续提高，Granqvist 等人<sup>[24]</sup>的纵向研究比较给医护人员群体和个体的数字反馈效果，发现时间长的 (9 个月) 个体加群体反馈能明显提高依从率，时间短的 (2 个月) 反馈效果不大，这说明持续、个性化的反馈机制对维持干预效果很重要。

新的技术和办法还在不断寻找，Hagiya 等<sup>[28]</sup>探索虚拟现实 (VR) 教育短片和视频教育，提升护理人员等人群手卫生依从性，显出沉浸式培训的潜力。Belman 等<sup>[23]</sup>比较佩戴式摄像机和直接观察法，为无偏倚监测提供了新思路。

#### 3.3 关注特殊场景与复杂因素

国外研究细致剖析影响手卫生的复杂情境因素，Bailey 等<sup>[27]</sup>发现，接触隔离防护状态下，护士戴手套时常常忽略手卫生时机 (如在“脏”和“清洁”任务间转换)，单纯教育没改善，提示要重新设计工作流程或干预策略，Minotti 等<sup>[26]</sup>在新生儿重症监护室实施带视觉提示的电子监测，依从率绝对值不高，显示“nudging” (助推) 的积极强化作用。

### 4 国内外提高手卫生方法存在的问题与不足

策略种类多还一直在变化，国内外提高手卫生依从性在实际操作中面临不少共通的困境和特有的挑战。

#### 4.1 监测方法的局限性

霍桑效应与真实性困境：国内<sup>[6,18,21]</sup>国外<sup>[23]</sup>直接观察法都躲不开霍桑效应，这就导致数据不准了，而隐蔽观察真做起来难，在伦理方面上争议不少。

电子监测系统能给出连续数据，但其数据的准确性和传感器怎么放、计算方法选择有关系<sup>[1]</sup>，成本太高是限制普及的主要障碍<sup>[8]</sup>，医务人员担心隐私泄露被一直监控会造成抵触情绪影响到系统接受度和数据真实性<sup>[15]</sup>，国外研究指出设备自身缺陷和对隐私泄露的担忧是抵抗的原因之一。

#### 4.2 干预策略的可持续性与普适性

干预效果的“衰减效应”：许多干预措施 (如集中培训、宣传活动) 短期内效果明显<sup>[4,9,13]</sup>，缺乏长期跟踪数据说明效果能不能一直保持，杨鹏等<sup>[9]</sup>的中断时间序列分析发现综合干预后手卫生依从率下降得更厉害了。国外研究说要想效果一直有得不断给反馈<sup>[22,24]</sup>。

“一刀切”办法没用：医务人员群体内部差异很大，有研究发现，医生、护士、保洁员、护工等不同岗位，依从率差得挺明显<sup>[10,12,17]</sup>，不同手卫生时刻 (如接触患者前 VS. 接触患者体液后) 的依从率也不一样<sup>[10,17]</sup>，统一的培训和管理办法解决不了这些结构性差异。

行为改变的内在动力不够：很多干预办法主要靠外部的监督、考核或者宣传，没好好调动医务人员自己内在的、持续的行为改变动机<sup>[14]</sup>，外部压力变小，原来的行为就容易再次呈现出来。

#### 4.3 系统性与协同性不足

看重“手卫生”忽略“系统支持”：提高执行度不能只怪个人，手卫生设施不方便 (比如数量不够、位置不合适)、速干手消毒剂或干手用品供应不及时、产品造成皮肤刺激 (比如手部湿疹)<sup>[2,16]</sup>这类系统问题，会大大影响医务人员的执行想法，胡美华等<sup>[16]</sup>调查发现，手卫生设施符合“随手就能拿到”想法的比例还需要提升。

多个部门协作和管理整合做得不够：手卫生管理要用到感染管理科、护理部、后勤保障部、信息科这些部门，现在要干的活儿还是主要靠感控部门来做，其他部门没怎么参与，结果就是要推行的办法落不了地，怎么把手卫生的数据和绩效考核、医院感染率、抗菌药物使用这些指标真正联系起来，形成管理上能循环起来的流程，还是个难题。

#### 4.4 特殊人群与场景的关注度仍需加强

国内对保洁、护工等非核心医疗人员的手卫生管理方面的研究有进步<sup>[12]</sup>，但比起护士和医生，培训、监督和资源投入还不够，国外开始关注家庭照护者<sup>[21]</sup>，国内常被忽略的这类人也值得注意，门急诊、口腔诊所和社区医疗机构等非住院场景的手卫生管理，研究和实践都比较薄弱。

## 5 未来展望

面对挑战, 未来手卫生管理要往智能化、精准化、人性化和系统化方向发展, 建立一个多方面结合的促进体系。

### 5.1 深化智能监测与数据分析

AI 和物联网技术相结合会是主要方向, 未来系统要实现更高精度的无感监测 (比如改进算法减少误判<sup>[1]</sup>), 还要升级成智能分析和决策支持平台, 大数据分析能找出依从性低的“高风险科室、岗位、时刻和个人”<sup>[10,17]</sup>, 从“群体干预”变成个性化、精准化的反馈和提醒<sup>[6]</sup>, 系统要和医院信息系统(HIS)、医院感染实时监控对接<sup>[7]</sup>, 自动把手卫生数据和患者感染结果关联起来, 给因果分析和效果评价提供有力证据。

### 5.2 融合行为科学与人性化设计

借鉴“助推”理论<sup>[4]</sup>, 优化微观选择环境帮助改变行为, 改进手消毒剂瓶身设计、优化摆放位置(实现 point-of-care)<sup>[16]</sup>、使用温和护肤配方<sup>[2]</sup>这些“隐形”办法, 降低执行门槛和身体不适, 培训要从知识灌输变成激发动机和养成习惯, 用虚拟现实<sup>[28]</sup>、情景模拟、游戏化这类沉浸式、互动式方法, 让培训更有吸引力和实际效果, 重点是让医务人员把手卫生变成自己的职业价值观和不用想就做的习惯。

### 5.3 构建系统性支持与安全文化

医疗机构管理层要把手卫生放到医院战略和安全文化的核心位置<sup>[4]</sup>, 保证有足够的资源投入, 提供方便、舒服、好用的手卫生设施和用品, 建立不同部门一起合作的机制, 清楚各部门的责任, 形成管理上的合力, 实行不惩罚、多鼓励的绩效管理, 把手卫生数据作为改进质量而不是惩罚个人的依据, 领导层带头做好, 用实际的承诺和行动, 让大家知道手卫生很重要, 最后形成“安全第一, 人人负责”的组织氛围, 让做手卫生成为每个成员自觉、自豪的事。

### 5.4 拓宽研究视野与跨界合作

未来研究要多留意特殊人群和场景的不一样办法, 像针对外科医生、基层和民营医疗机构这些多做卫生经济学评价<sup>[8]</sup>, 给不同大小、种类的医院选成本效益最好的干预组合当参考, 多搞跨学科研究, 把感染病学、心理学、人类工效学、数据科学、管理学这些领域专家的想法合起来, 设计更科学、更有用的解决办法。

## 6 结论

医务人员手卫生依从性的提高是一件复杂又需要长期做的事, 国内外研究和实际做的情况都显示, 光靠技术或宣传教育很难有长久效果, 成功的关键是要建立一个“用技术帮忙监测、用行为科学引导、系统环境支持、安全文化的影响”四位一体的综合体系, 未来要主动用人工智能等新技术, 深入了解行为背后的驱动因素, 努力改善有支持作用的工作

环境与管理政策, 最后把手卫生从被人盯着做的“规定动作”, 变成医务工作者心里真正认可, 行动上自己愿意做的“安全习惯”, 给保障全球患者的医疗安全筑起一道最扎实、最基本的防线。

### [参考文献]

- [1] 杨煦晨, 李婧闻, 张菡, 等. 基于人工智能的院感手卫生质量控制研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2025.(摘要)
- [2] 王丹, 聂舒, 夏敏, 等. 医务人员手部湿疹及其与手卫生的相关性分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2025, 35(18): 2842-2846.
- [3] 陈梦贤, 乔甫, 彭雅兰, 等. 人工智能在提升医务人员手卫生依从性方面的研究进展[J]. 现代预防医学, 2025, 52(7): 1274-1277.
- [4] 章琦, 李倩, 张雪琴, 等. 医院感染控制文化建设对手卫生依从性的影响[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(2): 247-252.
- [5] 张茹, 张翔, 肖敏, 等. 手卫生智慧管理平台的构建与效果评价[J]. 中国护理管理, 2025, 25(1): 106-111.
- [6] 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.
- [7] 沈小玥, 苏欣, 董维鹏, 等. 医院感染监测系统精准手卫生干预对多耐药菌感染的防控效果[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(17): 2693-2697.
- [8] 陈诺, 李妍, 程晓琳, 等. 高风险科室手卫生依从性电子监测与人工监测方法的卫生经济学效益[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(4): 494-501.
- [9] 杨鹏, 叶蕾, 蒋瑶, 等. 应用中断时间序列分析评价医院等级评审对医务人员手卫生依从性的影响[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(4): 502-507.
- [10] 邹明君, 谭莉, 徐敏, 等. 某三级甲等医院 ICU 工作人员手卫生依从性及正确性调查分析[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(3): 298-304.
- [11] 丁佳燕, 沈瑞红, 周文琴, 等. 2014—2022 年手卫生干预对医院感染例次发病率的影响[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(2): 208-213.
- [12] 李妍, 何文斌, 冯毕龙, 等. 医疗机构保洁人员“一前五后”手卫生干预效果研究[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(5): 591-596.
- [13] 苏楠, 嘎瓦卓玛, 曹晋桂, 等. 西藏某县医院护理人员手卫生 PDCA 循环管理效果[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(6): 951-954.
- [14] 郭梦茜, 张宁. 助推手卫生的行为干预策略[J]. 心理科学进展, 2022, 30(4): 863-876.
- [15] 霍瑞婷, 孙强, 韩辉. 电子监测系统对医务人员手卫生依从性的影响[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(11): 1041-1046.

[16]胡美华,姚希,赵艳春,等.基于 point-of-care 理念的手卫生设施设置现状调查[J].中国感染控制杂志,2021,20(8):716-719.

[17]文细毛,黄勋,曾烂漫,等.2019年全国医疗机构医务人员诊疗过程手卫生监测报告[J].中国感染控制杂志,2021,20(5):389-396.

[18]胡继梅,张红芳,陈玉兰,等.霍桑效应对手卫生依从性的影响[J].中国感染控制杂志,2020,19(12):1102-1107.

[19]李六亿,徐丹慧.《医务人员手卫生规范》解读[J].中华医院感染学杂志,2020,30(5):793-795.

[20]贾会学,赵艳春,贾建侠,等.医务人员手卫生依从性评价方法的探讨[J].中国感染控制杂志,2019,18(9):819-823.

[21]Jang D J, Jang S G. Predictors of hand hygiene performance among family caregivers: A cross-sectional study using the Health Belief Model[J]. American journal of infection control, 2025.

[22]Brooks A M, Roettger W C, Bates A N, et al. Relaunch of an Electronic Monitoring System to Sustain Hand Hygiene Observations and Compliance: A Quality Improvement Study[J]. American journal of infection control, 2025, 53(12).

[23]Belman D, Ben Chetrit E, Belman C, et al. Improving Hand Hygiene in Hospitals: A Comparative Study Using Body-Worn Cameras and Direct Observation[J]. American journal of infection control, 2025, 53(10).

[24]Granqvist K, Ahlstrom L, Karlsson J, et al. Digital feedback to improve adherence to hand hygiene: a longitudinal study on the effects of an electronic monitoring system[J]. American journal of infection control, 2025, 53(10).

[25]Barekati H, Rakhshanderou S, Mehrabi Y, et al. Theory-driven approach to hand hygiene promotion intervention in hospitals: a case of theory of planned behaviour[J]. Health education research, 2025, 40(2).

[26]Minotti C, Aghlmandi S, Bielicki J A. Electronic hand hygiene monitoring tools for implementation of optimal hand sanitising adherence in neonatal intensive care[J]. The Journal of hospital infection, 2024, 147.

[27]Bailey P, Cooper K, Stevens M P, et al. Contact precautions as a barrier to hand hygiene: The Plan-Do-Study-Act (PDSA) framework to improve compliance with gloved hand hygiene[J]. Infection control and hospital epidemiology, 2024, 45(6).

[28]Hagiya H, Tanaka S, Otsuka Y, et al. Development of virtual reality educational clips for improving hand hygiene compliance among healthcare providers: a pilot study[J]. Teaching and Learning in Nursing, 2024, 19(1).

[29]Rong R, Lin LX, Yang YJ, et al. Trending prevalence of healthcare-associated infections in a tertiary hospital in China during the COVID-19 pandemic[J]. BMC Infect Dis, 2023, 23(1):41.

[30]Rong R, Lin LX, Yang YJ, et al. Trending prevalence of healthcare-associated infections in a tertiary hospital in China during the COVID-19 pandemic[J]. BMC Infect Dis, 2023, 23(1):41.

#### 作者简介:

方亚平(1988-),女,四川省广安区,汉,本科,西南医科大学附属医院,护师,研究方向为重症护理/院感防控,西南医科大学附属医院重症医学科。