

Application effect and cost-benefit analysis of intelligent hand hygiene monitoring system in comprehensive ICU infection control

Yijuan Zhao

Haidong Second People's Hospital, Haidong, Qinghai, 810799, China

Abstract

With the advancement of hospital infection control standards, hand hygiene has become a cornerstone measure for preventing nosocomial infections in critical departments like ICUs. Traditional hand hygiene management relied on manual inspections, resulting in inadequate supervision. In recent years, the clinical implementation of intelligent hand hygiene monitoring systems—featuring automatic sensing, identity verification, and data analytics—has significantly improved compliance rates and reduced infection rates. Using a tertiary hospital's ICU as a case study, this paper systematically evaluates the effectiveness of smart hand hygiene systems through pre-post controls and cost-benefit analysis. Results demonstrate that these systems not only substantially enhance hand hygiene adherence and infection prevention outcomes but also offer notable cost efficiency. The study further proposes technical optimizations, staff training programs, and process reengineering strategies, providing actionable insights for smart healthcare facilities and medical management decision-making.

Keywords

Intelligent hand hygiene; Hospital infection control; ICU; Compliance rate; Cost-effectiveness; Smart healthcare

智能手卫生监测系统在综合 ICU 院感防控中的应用效果及成本效益分析

赵以娟

海东市第二人民医院, 中国·青海 海东 810799

摘要

随着医院感染防控标准的提升, 手卫生已成为预防ICU等重点科室院感的核心措施。传统手卫生依赖人工巡查, 监督不够全面。近年来, 智能手卫生监测系统在临床推广, 通过自动感应、身份识别和数据分析, 有效提升了手卫生依从率, 降低了医院感染率。本文以某三甲医院ICU为例, 采用前后对照与成本效益分析, 系统评估智能手卫生系统的应用效果。结果显示, 该系统不仅显著提升了手卫生依从率和院感防控成效, 还具有较高的经济性。文章进一步提出了技术优化、人员培训与流程再造等建议, 为智慧医院和医疗管理决策提供参考。

关键词

智能手卫生; 医院感染防控; ICU; 依从率; 成本效益; 智慧医疗

1 引言

医院感染作为影响住院患者安全和医疗质量的突出问题, 尤以综合 ICU 等高风险病区为甚。ICU 患者病情危重、侵入性操作多、抗生素使用频繁, 易成为耐药菌繁殖和传播的高发场所。手卫生被世界卫生组织 (WHO) 和中国《医院感染管理规范》公认为最重要、最直接、最具成本效益的院感防控措施。然而, 在实际临床操作中, 传统手卫生依从率受限于人员主观能动性、工作负荷与管理方式, 导致合格

率长期低于标准要求, 成为医院感染防控短板。为突破手卫生管理瓶颈, 近年来, 智能手卫生监测系统作为信息化、自动化和精细化管理手段, 逐渐在国内外重点科室推广应用。本文以 ICU 为对象, 深入分析智能手卫生监测系统的功能机制、实施成效和成本效益, 探讨其在综合医院感染防控中的价值, 并提出优化策略, 以期智慧医院建设和院感精细化管理提供可借鉴经验。

2 智能手卫生监测系统的构成与功能机制

2.1 系统技术架构与核心功能

智能手卫生监测系统集成了传感器技术、无线射频识别 (RFID)、物联网 (IoT)、大数据分析及人工智能等多

【作者简介】赵以娟 (1990-), 女, 中国青海人, 本科, 主管护师, 从事医院感染管理研究。

项前沿技术,能够实现对医护人员手卫生行为的全流程、全场景、全自动监测。系统通常由人员身份识别模块、手消毒液感应模块、数据收集与传输模块、实时报警与反馈终端等部分构成。通过在ICU病区各出入口、病床旁及洗手台等关键位置布置感应装置,系统可自动识别医护人员身份并采集手卫生操作数据,实时判断手卫生依从性并将信息上传至管理后台。数据中心结合时空轨迹与流程规范,自动分析操作合规性,对未按规范操作行为实时报警,同时生成依从率统计、趋势分析、违规行为清单等多维数据报表,为科室管理与质量改进提供依据。

2.2 与传统手卫生管理模式的对比

传统手卫生依赖于人工督查、同伴监督或自我申报,存在观测盲区、数据失真、反馈滞后等局限。智能系统则打破时空与人为限制,实现无缝化、客观化、动态化管理。系统部署后,医护人员每一次接触患者、离开病区或执行高风险操作前后的手卫生情况均被自动记录,有效杜绝“侥幸心理”与“漏记漏查”。同时,系统支持定制化反馈提醒,如语音提示、灯光警示、管理终端推送等,增强干预的即时性和针对性,推动手卫生行为由“被动要求”转为“主动遵循”。此外,智能系统还能精准追溯感染传播链,为院感事件调查与溯源提供技术支撑。

2.3 智能手卫生系统在ICU场景中的适应性

ICU环境患者依赖医疗仪器、护理频次高、人员流动大,对手卫生要求尤为严格。智能监测系统可根据ICU特殊工作流程进行参数设定和模块优化,如针对危重病人抢救、多人协作操作、频繁出入病房等复杂场景,系统支持身份多重识别、特殊事件标记及批量数据修正,提升适应性和准确率。同时,系统与医院HIS、电子病历等信息系统互联,实现多维数据融合与闭环管理。ICU医护人员经短期培训后能快速掌握操作要点,管理者也能通过数据分析精准识别薄弱环节,实现全过程、全流程、全人员的手卫生行为精细化管控。

3 智能手卫生监测系统的实施效果评价

3.1 手卫生依从率与规范率的提升

本文以某三甲综合医院ICU为例,采用前后对照法对智能手卫生系统实施前后医护人员手卫生依从率进行统计分析。结果显示,系统上线前三个月,ICU手卫生依从率平均为65.2%;系统部署并强化宣教与反馈后,依从率持续提升,六个月后稳定在91.8%以上,合格率同比提升超25个百分点。特别在夜班、节假日等管理薄弱时段,依从性改善更为显著。系统对高风险操作节点(如穿刺、换药、气管插管等)识别准确,有效降低了遗漏率和误判率。通过自动数据汇总与周期性反馈,形成了“数据驱动—持续改进—行为固化”的良性循环机制,推动手卫生规范逐步成为医护人员的自觉行为。

3.2 医院感染事件发生率的变化

依托系统化手卫生监测,ICU相关感染(如呼吸道、

泌尿道、血流感染等)发生率明显下降。调查数据显示,智能系统实施前,ICU医院感染发生率为12.3%;实施后,降至8.1%,降幅达34%。尤其在中心静脉导管相关血流感染(CRBSI)、呼吸机相关肺炎(VAP)等院感重点监控指标上,降幅更加明显。溯源分析发现,感染暴发事件往往与手卫生不规范密切相关,系统可帮助管理者及时发现风险环节,采取有针对性的干预措施,实现“早发现、早反馈、早处置”,有效遏制院感扩散趋势。

3.3 医护人员行为与院感文化的正向变化

系统应用推动ICU医护人员手卫生行为逐步标准化、流程化,管理层和一线员工对院感防控意识显著提升。多数人员反馈,系统提醒与数据反馈机制帮助其养成良好工作习惯,减少“疏忽大意”与“忙中出错”。同时,依托系统数据,医院可开展“榜样带动”“行为激励”等正向管理,激发团队竞争与合作氛围,促进院感防控文化内化于心、外化于行。部分医护人员初期对“被监控”存在抵触,通过持续沟通和正向激励,其主动参与度与认同感明显增强。整体来看,系统应用为ICU打造了以手卫生为核心的安全屏障,促进了全员参与、持续改进的院感防控生态。

4 智能手卫生监测系统的成本效益分析

4.1 系统投入与运营成本测算

智能手卫生监测系统的成本主要涵盖硬件购置(如感应装置、身份识别终端、数据服务器)、软件开发与持续维护、系统集成升级、人员培训以及日常运维等多个方面。以某大型综合医院ICU为例,首次系统建设总投入约为30万元,涵盖设备采购、安装调试、信息平台对接及初期培训费用,年均日常运维和维护成本约为3万元。与传统人工巡查与记录模式相比,智能系统不仅显著减少了人力巡查和数据录入的负担,还提高了监督效率和数据的客观性。随着相关技术不断进步和系统规模化应用的推进,设备单价及后期维护费用有望进一步下降,整体成本效益更加凸显,为医院院感管理现代化提供了有力的经济支持和可持续发展基础。

4.2 医院感染降低带来的间接经济效益

ICU院感问题每年会导致患者住院时间显著延长,重复治疗和抗菌药物使用频率提升,进而大幅增加医疗费用。据临床研究统计,发生院感的患者住院时间普遍延长7至15天,单例感染增加的直接医疗支出可达数万元。智能手卫生监测系统部署后,有效降低了感染发生率,以某三甲医院ICU为例,每年院感事件可减少约30例,间接节省相关医疗费用超过50万元。此外,院感率降低不仅提升了患者的就医体验和满意度,也有助于医院整体声誉的提升,减少医疗纠纷与赔偿事件,进一步增强医院的社会影响力与品牌价值,体现出显著的经济和社会效益。

4.3 成本—效益综合评估与敏感性分析

通过对智能手卫生系统的投资与运维成本与院感防控带来的经济收益进行系统对比,结果显示,大多数ICU在

系统投入运行的一年内即可实现成本回收, 后续年度经济与社会效益进一步提升。敏感性分析显示, 系统性性价比受基线感染率、手卫生依从率提升幅度及ICU床位数量等因素影响较大, 院感高发或床位规模较大的科室其边际效益更加明显。随着技术进步和规模化推广, 系统成本有望持续下降, 为其在综合医院的广泛应用奠定基础。

5 系统实施中的挑战与优化路径

5.1 技术适应性与本地化优化

尽管智能手卫生监测系统在硬件集成与信息化设计方面已取得长足进展, 但其在ICU等复杂医疗环境中的应用, 仍面临一定的技术适应性难题。身份识别误判、特殊场景下的数据采集缺失以及设备间兼容性不高, 均可能影响系统整体效能。因此, 推进本地化定制开发显得尤为关键。具体而言, 需对RFID标签和感应模块进行适配性优化, 提高对医护人员动态工作的识别灵敏度, 防止因姿态遮挡或多任务干扰造成监测盲区。同时, 系统要加强多维度身份校验功能, 结合工牌、指纹、面部识别等多重验证手段, 提升身份识别准确性。针对ICU高频协作和流程复杂特点, 智能手卫生系统还应具备异常数据的自主学习与智能修正能力, 能够根据历史数据自动甄别和修复错误, 确保监测数据的真实有效。此外, 系统还需与医院现有信息平台实现深度对接, 保证数据在多系统间流转的安全与高效, 便于管理者统一调度和决策分析。通过持续的技术优化和本地化改进, 智能手卫生系统在ICU环境中的适应性与可靠性将得到有效提升。

5.2 医护人员认知与行为转变

智能手卫生监测系统的顺利实施不仅依赖于技术完善, 更取决于医护人员的主动参与与行为认同。在系统初期推广过程中, 部分医护人员可能存在对新技术的疑虑, 担心个人隐私泄露或对考核压力产生抵触心理。为克服这些障碍, 医院管理层需加强院感防控知识的系统化培训, 强调智能系统在保护患者安全、提升医疗质量中的积极作用, 通过科学解读与正面宣传帮助员工充分理解并认可系统价值。同时, 结合团队实际, 设计合理的激励机制与绩效考核, 将手卫生合规行为与个人职业发展、岗位评优及团队荣誉挂钩, 增强其工作获得感和成就感。榜样带动和集体表彰等方式可有效激发团队合作与互助氛围, 使手卫生行为逐步内化为工作自觉。通过多渠道沟通和反馈, 及时收集并解决一线员工在实际操作中的困惑与建议, 有助于持续优化管理措施, 促进智能手卫生系统与医院文化的深度融合, 实现院感防控目标的全面达成。

5.3 管理流程再造与多维度质量改进

智能手卫生监测系统的核心意义在于通过数据驱动推动医院ICU管理模式的转型升级。管理者应充分利用系统实时数据, 围绕临床实际需求开展管理流程再造, 如根据手卫生合规率动态调整人员排班, 优化高风险时段的岗位配置, 针对薄弱环节精准开展专项改进。此外, 应建立常态化的多学科质量评估机制, 定期组织护理、感染、设备、信息等多部门联合复盘, 分析系统数据与感染事件间的关联, 及时发现潜在隐患并调整干预策略。与抗菌药物管理、感染溯源等关键环节形成管理闭环, 有效提升全流程的院感防控水平。通过持续挖掘和利用系统大数据资源, 不断完善质量反馈、持续改进与激励措施, 使手卫生管理实现从经验驱动到科学决策的升级。最终, 形成以手卫生为核心的院感综合防控体系, 为ICU患者安全和医疗服务质量提供坚实保障。

6 结语

智能手卫生监测系统以其高度自动化、数据可视化和行为干预精细化等优势, 已成为综合ICU医院感染防控体系的重要组成部分。通过系统化实施, 显著提升了医护人员手卫生依从率, 降低了医院感染发生率, 带来了显著的经济效益与社会价值。尽管在技术适应性、人员认同及管理模式转型等方面仍存挑战, 但通过持续优化和多部门协作, 智能手卫生系统有望在更多科室和医院实现常态化应用。未来, 随着人工智能、物联网等技术的持续进步, 手卫生监测系统将进一步丰富其功能, 助力智慧医院建设、医疗安全提升与公共卫生事业发展。对于医疗管理者而言, 应以智能化手段为抓手, 推动院感防控向科学化、系统化、精益化方向不断迈进, 构建更为坚实的患者安全屏障。

参考文献

- [1] 钟晓, 肖丽华, 吴庆飞, 等. 手卫生电子监测系统与直接观察法监测结果及成本的比较[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(12): 1107-1110+1116.
- [2] 陈炜. ICU医务人员手卫生现状调查及影响因素研究[D]. 北京中医药大学, 2016.
- [3] 杨瑾, 曾莹, 王利芳. ICU工作人员不同操作前后手卫生状况调查[J]. 中国消毒学杂志, 2012, 29(06): 537-538.
- [4] 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(01): 106-111.
- [5] 蒋美娜, 郎毅平, 吴静, 等. 基于信息化的手卫生监测系统在ICU医院感染防控中的应用效果分析[J]. 浙江临床医学, 2022, 24(03): 393-395+398.