DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263158

论著·人工智能专题

人工智能技术在外科手消毒管理中的应用及效果分析

吕桂萍,张子贤,邓雪琴
(杭州市中医院麻醉手术中心,浙江 杭州　310007)

[摘　要] **目的**　评价人工智能(AI)外科手消毒监测系统在手术室医护人员中的应用效果。**方法**　选取浙江省某三级甲等医院 120 名手术室医护人员为研究对象。其中 2023 年 1—12 月采用常规外科免冲洗手消毒方法的 60 名为对照组,采用现场观察或查看监控监测其外科手消毒执行情况;以 2024 年 1—12 月应用 AI 外科手消毒流程监测系统的 60 名为干预组,采用 AI 实时监测与反馈。比较两组医护人员手部菌落计数、外科手消毒情况及满意度。**结果**　两组医护人员手部菌落计数均符合国家标准(≤5 CFU/cm^2),干预组菌落计数低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。干预组医护人员外科手消毒流程总正确率为(97.69±2.46)%,高于对照组的(91.94±5.92)%,差异有统计学意义($P<0.05$)。干预组外科手消毒时间为(232.42±29.89)s,长于对照组的(158.12±47.43)s;干预组外科手消毒时间合格率(98.33%)高于对照组(76.67%);干预组医护人员对外科手消毒流程的满意度(98.33%)高于对照组(86.67%);差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。**结论**　AI 外科手消毒监测系统可提升外科手消毒管理效率与医护人员满意度,是一种有效的智能化医院感染控制手段。

[关　键　词] 人工智能;外科手消毒;医院感染;护理管理
[中图分类号] R197.323.4

Application and effect of artificial intelligence technology in the management of surgical hand disinfection

LYU Guiping, ZHANG Zixian, DENG Xueqin (*Anesthesia and Surgery Center, Hangzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou* 310007, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To evaluate the application effect of artificial intelligence (AI) surgical hand disinfection monitoring system in healthcare workers (HCWs) in the operating room. **Methods**　120 HCWs from the operating room of a tertiary first-class hospital in Zhejiang Province were selected as the research subjects, out of which 60 HCWs who adopted conventional surgical rinsing-free hand disinfection method from January to December 2023 were the control group, and implementation of surgical hand disinfection was monitored by on-site observation or video monitoring. Other 60 HCWs who adopted AI surgical hand disinfection process monitoring system from January to December 2024 served as the intervention group, AI was adopted for real-time monitoring and feedback. Hand bacterial colony forming unit (CFU), surgical hand disinfection status, and satisfaction between two groups of HCWs were compared. **Results**　Bacterial CFU on the hands of both groups of HCWs met the national standard (≤ 5 CFU/cm^2), intervention group was lower than control group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The total correct rate of surgical hand disinfection process for HCWs in the intervention group was (97.69±2.46)%, which was higher than (91.94±5.92)% of control group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The surgical hand disinfection time of intervention group was (232.42±29.89) seconds, which was longer than (158.12±47.43) seconds of control group. The qualified rate of surgical hand disinfection time of intervention group (98.33%) was higher than control group (76.67%); the satisfaction rate of HCWs towards surgical hand disinfection process in intervention group (98.33%) was higher than control group (86.67%);

[收稿日期]　2025－10－30
[基金项目]　浙江省医药卫生科技计划项目(2024KY1382)
[作者简介]　吕桂萍(1982－),女(汉族),浙江省绍兴市人,副主任护师,主要从事手术室医院感染管理研究。
[通信作者]　张子贤　　E-mail:zixian_96@163.com

differences were all statistically significant (all $P<0.05$). **Conclusion** The AI surgical hand disinfection monitoring system can improve the efficiency of surgical hand disinfection management and the satisfaction of HCWs, and is an effective intelligent healthcare-associated infection control method.

[**Key words**] artificial intelligence; surgical hand disinfection; healthcare-associated infection; nursing management

手术作为侵入性诊疗手段,极易引发手术部位感染(surgical site infection, SSI)。据统计,SSI 是中低收入国家最常见、发病率最高的卫生保健相关感染,总体发病率达 11.8%[1]。随着外科手术技术的进步与手术量的持续增长,手术室管理范围不断扩展,涉及多学科协作、人员流动频繁、空间结构复杂;部分医务人员仍存在无菌观念薄弱的问题。传统感染管理模式依赖人工巡查与事后监控回溯,存在效率低下、滞后、质控覆盖不足等局限,使手术室成为医院感染高风险区域[2]。SSI 不仅延长患者住院时间、增加医疗资源消耗与经济负担,也严重影响术后康复效果。国内外研究[3-5]表明,医务人员严格执行感染控制规范、正确实施手部清洁与消毒,可预防 55.0%~66.7%的医院感染。因此,规范外科手消毒是预防 SSI、降低医院感染发病率的关键[6]。《手术部(室)医院感染控制标准》(WS/T 855—2025)进一步细化了手术室医院感染防控要求,明确提出应提高手卫生依从性[7]。近年来,人工智能(artificial intelligence, AI)技术快速发展,已在医疗多个领域展现出广泛应用潜力[8-9]。基于此,本研究利用 AI 技术构建外科手消毒监测系统,旨在实现更高效、准确、实时的消毒行为监管,降低违规操作发生率,提升手术人员手消毒规范性,从而达成节约人力、精准质控和及时干预的管理目标。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取浙江省某三级甲等医院手术室医护人员为研究对象。2023 年 1 月 1 日—12 月 31 日采用常规外科手消毒方法的 60 名为对照组,2024 年 1 月 1 日—12 月 31 日采用“人工智能(AI)外科手消毒系统”的 60 名为干预组。纳入标准:①持有有效的执业医师资格证书或护士执业资格证书;②完成外科手消毒规范化培训并通过考核;③手部皮肤完整,无可见的血液体液污染。排除标准:①研究期间未在岗工作;②拒绝参与研究或未能配合完成数据采集。本研究经杭州市中医院医学伦理委员会审核批准(审批号:2023KLL160),并在国家临床医学研究中心登记备案(备案号:MR-33-25-058540)。

1.2 研究方法

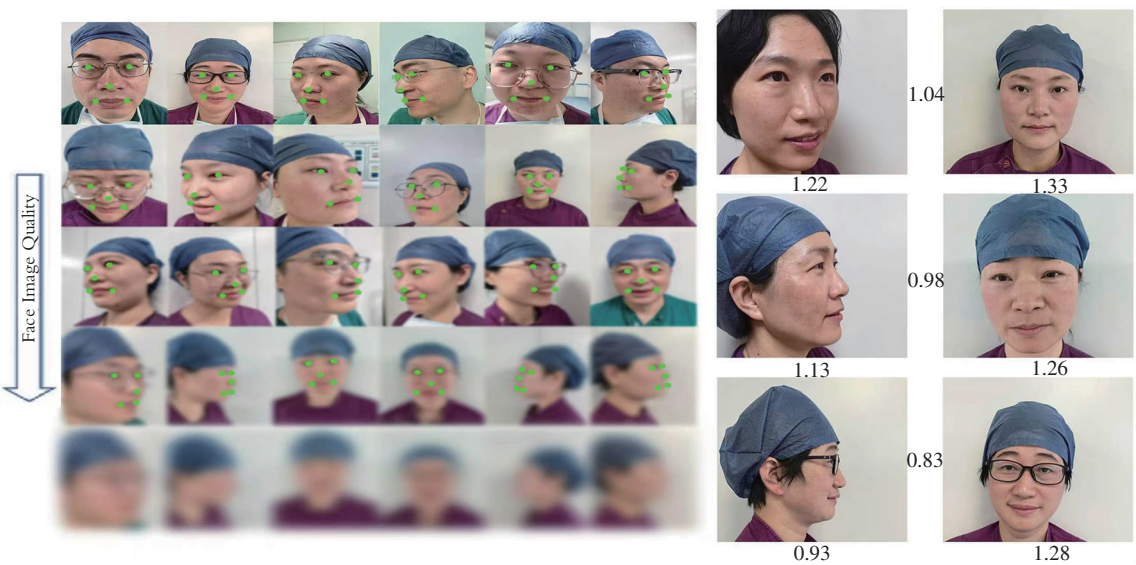
1.2.1 对照组 对照组医护人员采用常规外科免冲洗手消毒方法。具体操作流程如下:①洗手前摘除手部饰物,修剪指甲,指甲长度不超过指尖;②用流动水和洗手液揉搓冲洗双手、前臂至上臂下 1/3;③取适量手消毒剂涂抹于指尖,揉搓后再均匀涂抹于双手、前臂至上臂下 1/3、手腕,揉搓至手部干燥。研究人员采用现场观察或查看监控的方法记录研究对象外科手消毒动作执行情况。

1.2.2 干预组 干预组应用“人工智能外科手消毒流程监测系统”。该系统基于目标检测算法 YOLOv4 实现洗手动作的实时识别与监测,结合人脸检测与识别技术,以非接触方式快速实现医护人员身份识别。系统全天 24 h 自动监测并记录医护人员外科手消毒流程执行情况,无需人工现场观察。

1.2.2.1 标准动作与人脸录入 研究团队预先录入标准外科手消毒动作作为系统比对模板。AI 系统将实时采集的操作动作与标准模板进行比对,实现对外科手消毒流程的智能监测。首次使用前,操作人员需登录系统进入人员信息采集界面,输入姓名、职称并完成人脸图像录入。人员信息自动存储于系统后台,后续进行外科手消毒时,系统通过人脸识别自动确认身份并记录该次操作数据。人脸录入图示见图 1。

1.2.2.2 外科手消毒流程 系统基于 YOLOv4 目标检测算法与人脸识别技术,实时监测医护人员外科手消毒全过程。洗手池前方配备显示屏,用于实时反馈当前操作者的动作完成情况、遗漏部位及下一步操作提示。具体监测过程如下,洗手阶段(共计 12 个动作):掌心相对揉搓、右掌心揉搓左手背、左掌心揉搓右手背、掌心指缝揉搓、左指关节旋转揉搓、右指关节旋转揉搓、左大拇指旋转揉搓、右大拇指旋转揉搓、左手指尖旋转揉搓、右手指尖旋转揉搓、揉搓左手腕至手臂、揉搓右手腕至手臂。擦干阶段(共计 3 个动作):擦干双手、擦干左手臂、擦干右手臂。手消毒剂涂抹(共计 4 个动作):左手指尖浸泡、揉搓左手臂、右手指尖浸泡、揉搓右手臂。消毒剂揉搓干燥(共计 12 个动作):掌心揉搓、右掌心揉搓左手背、左掌心揉搓右手背、掌心指缝揉搓、左指关节旋转揉搓、右指关节旋转揉搓、左大拇指旋转揉

搓、右大拇指旋转揉搓、左手指尖旋转揉搓、右手指尖旋转揉搓、揉搓左手腕、揉搓右手腕。见图 2。



注：图中数值为人脸图像质量评分，分值越高，图像越容易识别；中间 3 个数值分别指左边图像的另一角度的识别度。

图 1　AI 外科手消毒流程监测系统人脸录入图示

Figure 1　Facial input diagram of AI surgical hand disinfection process monitoring system



图 2　AI 外科手消毒流程监测系统监测示意图

Figure 2　Diagram of monitoring of AI surgical hand disinfection process monitoring system

1.2.2.3　流程监测与数据记录　系统实时监测并记录医护人员的外科手消毒操作。洗手池前方的显示屏上动态显示当前动作的名称，并对未覆盖部位（即残留点位）进行提示。所有操作数据均与操作者身份信息关联，记录内容包括：各动作步骤完成情况、违规操作记录、洗手总时长。上述数据实时存储至系统数据库，形成个人历史操作记录。后台管理系统支持按人员、时间段等条件导出数据，以供分析与反馈。见图 3。

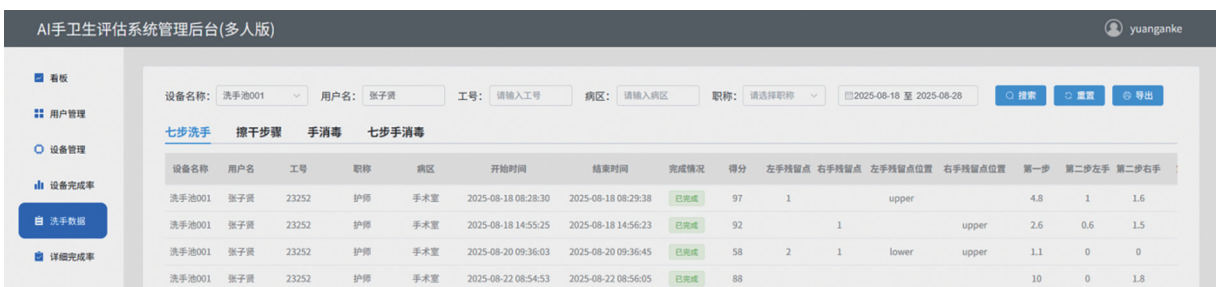


图 3　AI 外科手消毒流程监测系统反馈情况

Figure 3　Feedback of AI surgical hand disinfection process monitoring system

1.3 效果评价

1.3.1 手部菌落采样与检测 采样人员使用浸有无菌采样液(0.03 mol/L 磷酸盐缓冲液或生理盐水)的棉拭子,在双手指面从指跟到指端往返涂擦各 2 次(每只手涂擦面积约 30 cm^2),涂擦同时转动棉拭子。采样后剪去棉拭子与手接触的部位,将其放入装有 10 mL 采样液的试管内送检。若采样时手上有消毒剂残留,采样液中需加入相应中和剂。检测方法:将采样管充分振荡后,取不同稀释倍数的洗脱液 1 mL 接种至无菌平皿,倾注冷至 40～45℃的熔化营养琼脂培养基,每皿 15～20 mL,置(36±1)℃恒温箱中培养 48 h,计数菌落数。

1.3.2 外科手消毒合格标准 医护人员手部菌落总数(CFU/cm^2)=平均每皿菌落数×采样液稀释倍数/30 cm^2×2(双手);外科手消毒后医护人员手部菌落总数应≤5 CFU/cm^2[10]。

1.3.3 外科手消毒流程执行情况 外科手消毒流程正确率=(正确执行外科手消毒步骤次数/已执行外科手消毒步骤次数)×100%,错误情况包括操作动作不规范(与标准动作不一致)、漏步骤。

1.3.4 外科手消毒时间 外科手消毒时间合格率=(外科手消毒时间合格人数/外科手消毒人数)×100%,外科手消毒时间从洗手开始到手消毒最后一步揉搓手腕结束,全程以 2～5 min 为宜,在此区间内为外科手消毒时间合格。

1.3.5 满意度调查 采用自编满意度调查问卷对 120 名医护人员进行外科手消毒相关满意度调查。

1.4 质量控制与标准化依据 对照组与干预组均采用外科免冲洗手消毒方法。操作步骤及时长要求参照《医务人员手卫生规范》(WS/T 313—2019)[11]执行。手表面菌落采样及检测方法参照《医院消毒卫生标准》(GB 15982—2012)[10]执行。研究期间,两组使用的外科手消毒产品保持一致,且为同一生产批次,洗手液为 BN 抗菌洗手液,外科免洗消毒剂为 3MAHJ 免洗手消毒液(9200 型)。

1.5 统计学方法 应用 SPSS 25.0 统计学软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验,不符合正态分布的计量资料采用中位数(四分位间距)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用秩和检验;计数资料以百分率(%)表示,采用 χ^2 检验。以 $P\leqslant 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 本研究共纳入手术室医护人员 120 名,其中医生 80 名(66.67%),护士 40 名(33.33%)。年龄 24～53 岁,平均(35.91±7.06)岁。男性 82 名(68.33%),女性 38 名(31.67%)。干预组和对照组各 60 名。两组医护人员一般资料比较,差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),表明基线资料具有可比性,见表 1。

表 1 两组医护人员一般资料比较

Table 1 Comparison of general information between two groups of healthcare workers

一般资料	干预组	对照组	t/χ^2	P
年龄[($\bar{x}\pm s$),岁]	35.70±6.83	36.12±7.34	−0.32	0.748
职业[例(%)]			0.15	0.699
医生	41(68.33)	39(65.00)		
护士	19(31.67)	21(35.00)		
性别[例(%)]			1.39	0.239
男性	38(63.33)	44(73.33)		
女性	22(36.67)	16(26.67)		
学历[例(%)]			0.03	0.855
本科	29(48.33)	30(50.00)		
研究生	31(51.67)	30(50.00)		
职称[例(%)]			1.32	0.517
初级	40(66.67)	34(56.67)		
中级	14(23.33)	19(31.67)		
高级	6(10.00)	7(11.66)		

2.2 外科手消毒后手部菌落计数 两组医护人员外科手消毒后手部菌落计数均符合国家标准(≤5 CFU/cm^2),未检出超标标本。对照组菌落计数为[0(0,1.67)]CFU/cm^2,干预组未检出菌落。两组比较,差异有统计学意义($Z=-3.61$,$P<0.05$)。

2.3 外科手消毒流程执行情况 干预组医护人员外科手消毒流程总正确率为(97.69±2.46)%,高于对照组的(91.94±5.92)%,差异有统计学意义($P<0.05$);其中外科手消毒各环节动作正确率也均高于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 2。

表 2 两组医护人员外科手消毒各步骤执行情况

Table 2 Implementation of surgical hand disinfection steps by two groups of healthcare workers

具体步骤	干预组	对照组	t	P
外科洗手动作正确次数(共计 12 步,次)	11.85±0.36	11.23±0.91	4.89	<0.001
外科洗手动作正确率(%)	98.75±3.00	93.61±7.57	4.89	<0.001
擦干动作正确次数(共计 3 步,次)	2.85±0.40	2.45±0.75	3.65	<0.001
擦干动作正确率(%)	95.00±13.48	81.67±24.87	3.65	<0.001
指尖浸泡+揉搓手臂动作正确次数(共计 4 步,次)	3.93±0.31	3.67±0.88	2.22	0.031
指尖浸泡+揉搓手臂动作正确率(%)	98.33±7.79	91.67±21.91	2.22	0.031
外科免冲洗手消毒动作正确次数(共计 12 步,次)	11.65±0.55	11.12±1.21	3.11	0.002
外科免冲洗手消毒动作正确率(%)	97.08±4.56	92.64±10.07	3.11	0.002
总正确次数(共计 31 步,次)	30.28±0.76	28.50±1.84	6.95	<0.001
总正确率(%)	97.69±2.46	91.94±5.92	6.95	<0.001

2.4 外科手消毒时间 干预组医务人员外科手消毒时间为(232.42±29.89)s,长于对照组的(158.12±47.43)s,差异具有统计学意义(t = 10.27,P < 0.001)。两组医务人员外科手消毒时间合格率分别为 98.33%(59 名)、76.67%(46 名),差异具有统计学意义(χ^2 = 12.88,P<0.001)。

2.5 医护人员满意度 干预组医护人员对外科手消毒流程的满意度为 98.33%,高于对照组的 86.67%,差异具有统计学意义(χ^2 = 5.89,P < 0.05)。见表 3。

表 3 医护人员对外科手消毒流程的满意度调查结果[名(%)]

Table 3 Satisfaction of healthcare workers towards surgical hand disinfection process (No. of HCWs [%])

组别	不满意	满意	非常满意	总满意度
干预组	1(1.67)	10(16.67)	49(81.67)	59(98.33)
对照组	8(13.33)	18(30.00)	34(56.67)	52(86.67)

3 讨论

本研究引入的 AI 外科手消毒系统,基于计算机视觉(YOLOv4 目标检测模型)与人脸识别技术,实现了手消毒全流程的实时监测与自动化记录。与传统人工观察相比,该系统提升了操作透明度并强化了医务人员的自我监督。虽可能因行为可见性引发一定的"霍桑效应",但其核心价值在于通过精准识别与即时可视化反馈与提示,帮助医护人员清晰地认知操作偏差,从而主动调整行为、提升依从性。本研究结果显示,干预组在手消毒流程总正确率(97.69% VS 91.94%)、时间合格率(98.33% VS 76.67%)方面均优于对照组,与王静等[12]报道的 AI 辅助培训可提升手卫生规范性的结论一致。此外,本研究发现干预组手消毒时间明显长于对照组,进一步说明 AI 系统在促进规范、充分执行方面的优势[13]。AI 技术通过标准化流程识别与实时反馈,在提升外科手消毒的规范性和操作质量方面具备较好效果。

本研究表明,两组医护人员手部菌落数均符合国家标准(≤5 CFU/cm^2),但干预组菌落数低于对照组,提示 AI 辅助下的外科手消毒操作在微生物清除效率方面更具优势。张茹等[14]构建的手卫生智慧管理平台同样证实,AI 与物联网技术相结合可实现更精准的手卫生监测,并通过大数据分析为管理决策提供依据。文玉琴等[15]采用 PDCA 循环管理提升手消毒合格率的研究也表明,持续监控与反馈机制对改善手卫生质量具有重要作用。

本研究所用 AI 系统可全天 24 h 自动监测、记录医护人员外科手消毒全流程执行情况,实现数据自动采集与存储,有效解决了传统人工观察在时间覆盖广度、人力投入成本及记录主观性等方面的局限[16]。系统后台可自动汇总与分析数据,大幅减轻感染管理人员工作负担,同时为手卫生质量持续改进提供客观、系统的数据支持。干预组医护人员对外科手消毒过程的总体满意度高于对照组(98.33% VS 86.67%),也反映出智能化管理方式在提升工作体验、降低操作不确定性和提高流程接受度方面的优势。

本研究仍存在以下局限性。第一,AI 系统虽能有效识别动作步骤,但在细微动作(如指尖揉搓力

度、消毒剂用量）的监测精度上仍有提升空间。第二，系统初期硬件投入成本较高，且需定期维护与模型更新，可能限制其在基层医疗机构的推广应用。第三，本研究为单中心研究，样本量有限，可能影响研究结论的普适性，无法完全反映不同地区、不同级别医院的实际情况。未来研究需扩大样本范围，开展多中心研究，进一步验证 AI 系统在不同医疗环境中的适用性与成本效果。同时，可结合 5G、物联网等技术优化系统功能，探索更具成本效益的实施方案，推动该技术在各级医疗机构的广泛应用。

本研究通过比较传统外科免冲洗手消毒方法与基于 AI 技术的外科手消毒系统的应用效果，发现 AI 系统可提升外科手消毒的流程规范性与时间合格率，降低手部菌落计数，提高医护人员满意度与管理效率。该系统作为有效、可靠的智能化医院感染控制手段，具有重要的临床推广价值。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 中华医学会外科学分会外科感染与重症医学学组，中国医师协会外科医师分会肠瘘外科医师专业委员会. 中国手术部位感染预防指南[J]. 中华胃肠外科杂志，2019，22(4)：301－314.
Chinese Society of Surgical Infection and Intensive Care, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association; Chinese College of Gastrointestinal Fistula Surgeons, Chinese College of Surgeons, Chinese Medical Doctor Association. Chinese guideline for the prevention of surgical site infection[J]. Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery, 2019, 22(4): 301－314.

[2] 郑琼，郑凤燕，陈娜，等. 视频监控回放在手术室一类切口手术部位感染原因调查中的应用[J]. 中国乡村医药，2022，29(14)：75－76.
Zheng Q, Zheng FY, Chen N, et al. Application of video surveillance playback in the investigation of causes of surgical site infection in class I incision operations in the operating room[J]. Chinese Journal of Rural Medicine and Pharmacy, 2022, 29(14): 75－76.

[3] 解皓，张琪，李洋，等. 感染预防与控制视角下中国和英国医疗建筑中的手卫生设施设计和配置比较[J]. 中华医院感染学杂志，2024，34(20)：3183－3189.
Xie H, Zhang Q, Li Y, et al. Design and configuration of hand hygiene facilities in healthcare buildings of China and the UK from perspective of infection prevention and control[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(20): 3183－3189.

[4] World Health Organization. Evidence of hand hygiene to reduce transmission and infections by multidrug resistant organisms in health-care settings[EB/OL]. [2024－01－12]. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/integrated-health-services-(ihs)/infection-prevention-and-control/mdro-literature-review.pdf?sfvrsn=88dd45c7_2.

[5] 马东方，张启文. 外科手消毒前免刷手与刷手两种方法对术中不同时点手带菌情况的影响[J]. 基因组学与应用生物学，2017，36(4)：1378－1383.
Ma DF, Zhang QW. Effect of free brush and brush hand before surgical hand disinfection on pathogen on hands at different times in surgery[J]. Genomics and Applied Biology, 2017, 36(4): 1378－1383.

[6] 刘卫红，童德军，夏娟，等. 外科手消毒管理长效机制的建立与效果评价[J]. 护理学杂志，2016，31(12)：71－73.
Liu WH, Tong DJ, Xia J, et al. The establishment of long-term mechanism and effect evaluation of surgical hand antisepsis protocol[J]. Journal of Nursing Science, 2016, 31(12): 71－73.

[7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 手术部（室）医院感染控制标准：WS/T 855－2025[S]. 北京：中国标准出版社，2025.
National Health Commission of the People's Republic of China. Standard for infection control in operating suites: WS/T 855－2025[S]. Beijing: Standards Press of China, 2025.

[8] 史秋衡，常静艳. 人工智能赋能高质量高等教育的战略特征与制度建构[J]. 西安交通大学学报（社会科学版），2024，44(3)：1－10.
Shi QH, Chang JY. The strategic characteristics and institutional construction of high-quality higher education empowered by artificial intelligence[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences), 2024, 44(3): 1－10.

[9] 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.
Chen MX, Qiao F, Peng YL, et al. Research progress of artificial intelligence in improving hand hygiene compliance of medical staff[J]. Modern Preventive Medicine. 2025, 52(7): 1274－1277.

[10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会. 医院消毒卫生标准：GB 15982－2012[S]. 北京：中国标准出版社，2012.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Hygienic standard for disinfection in hospitals: GB 15982－2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 医务人员手卫生规范：WS/T 313－2019[S]. 北京：中国标准出版社，2019.
National Health Commission of the People's Republic of China. Specification of hand hygiene for healthcare workers: WS/T 313－2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.

[12] 王静，刘丽丽，张顺希，等. 基于人工智能手卫生系统对医院后勤人员手卫生培训及其效果[J]. 中华医院感染学杂志，2025，35(13)：2030－2033.
Wang J，Liu LL，Zhang SX，et al. Effect of artificial intelligence-based hand hygiene examination system on hand hygiene training of logistics personnel[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2025，35(13)：2030－2033.

[13] 罗凤琪，潘轶竹，丁卉，等. 精神专科医院安装手卫生设备对患者手卫生的影响[J]. 中国感染控制杂志，2025，24(7)：982－987.
Luo FQ，Pan YZ，Ding H，et al. Impact of installation of hand hygiene facilities in specialized psychiatric hospitals on patients' hand hygiene[J]. Chinese Journal of Infection Control，2025，24(7)：982－987.

[14] 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.
Zhang R，Zhang X，Xiao M，et al. Development and effects evaluation of an intelligent management platform for hand hygiene[J]. Chinese Nursing Management，2025，25(1)：106－111.

[15] 文玉琴，张云婷，丁玲玲. 基于 SWOT 法的外科免冲洗手消毒 PDCA 方法及实践效果[J]. 中华医院感染学杂志，2024，34(4)：624－627.
Wen YQ，Zhang YT，Ding LL. Effect of PDCA management based on SWOT method on waterless surgical hand antisepsis and its practice[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2024，34(4)：624－627.

[16] 陶娟，潘红英，陈慧颖，等. 医务人员手卫生评估工具的研究进展[J]. 护理学报，2023，30(6)：26－30.
Tao J，Pan HY，Chen HY，et al. Research progress on hand hygiene assessment tools for healthcare workers[J]. Journal of Nursing(China)，2023，30(6)：26－30.

（本文编辑：陈玉华）

本文引用格式：吕桂萍，张子贤，邓雪琴. 人工智能技术在外科手消毒管理中的应用及效果分析[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(5)：638－644. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20263158.

Cite this article as：LYU Guiping，ZHANG Zixian，DENG Xueqin. Application and effect of artificial intelligence technology in the management of surgical hand disinfection[J]. Chin J Infect Control，2026，25(5)：638－644. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20263158.