

基于人工智能和物联网的“智镜双链”消化内镜中心管理平台的应用研究^{*}

——李 贝 张紫薇 吕国庆 许 昌 余 英 梁 真

【摘要】 目的 研发基于人工智能和物联网的消化内镜中心管理平台,并评价应用效果。**方法** 消化内镜中心管理平台包括患者管理平台和内镜追溯平台两个部分,选取2023年1—6月、2024年1—6月内镜中心相关数据进行分析,采用前后对照方式,比较两组的清洗消毒合格率监测指标、清洗消毒时间、患者平均等候用时及患者满意度。**结果** 平台应用后,两组消化内镜清洗消毒合格率均为100%,但智能洗消机器人在减少内镜菌落数上的表现优于对照组。此外,在清洗消毒时间、患者平均等候用时及患者满意度方面观察组均优于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 相较于传统以人工叫号及人工清洗为主的内镜中心,“智镜双链”消化内镜中心管理平台的应用能够有效减少内镜菌落数、缩短清洗消毒时间及患者平均等候用时,提升患者满意度,合理利用医疗资源,提高就诊效率。

【关键词】 人工智能;物联网;消化内镜中心;智慧化管理平台

中图分类号:R197.324

文献标识码:B

Applied Research on the "Zhijing Dual-Chain" Digestive Endoscopy Center Management Platform Based on Artificial Intelligence and Internet of Things/LI Bei, ZHANG Ziwei, LYU Guoqing, et al. //Chinese Health Quality Management, 2026, 33(7): 19-24

Abstract Objective To develop a management platform for the digestive endoscopy center based on artificial intelligence and Internet of things and evaluate its application effects. **Methods** The digestive endoscopy center management platform comprised two modules: a patient management platform and an endoscope traceability platform. Data from January to June 2023 and January to June 2024 were analyzed using a pre-post controlled design. The cleaning and disinfection qualification rate, cleaning and disinfection time, average patient waiting time, and patient satisfaction were compared between the two groups. **Results** After platform implementation, the cleaning and disinfection qualification rate reached 100% in both groups. However, the intelligent cleaning and disinfection robot outperformed the control group in reducing endoscopic bacterial colony counts. Additionally, the observation group showed significantly better performance in cleaning and disinfection time, average patient waiting time, and patient satisfaction, with all differences being statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** Compared with the traditional endoscopy center relying primarily on manual call-number and manual cleaning, the "Zhijing Dual-Chain" digestive endoscopy center management platform effectively reduces endoscopic bacterial colony counts, shortens cleaning and disinfection time and average patient waiting time, improves patient satisfaction, optimizes the utilization of medical resources, and enhances visit efficiency.

Key words Artificial Intelligence; Internet of Things; Digestive Endoscopy Center; Smart Management Platform

First-author's address Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen, Guangdong, 518036, China

根据世界卫生组织国际癌症机构发布的数据,截至2022年,全球胃癌和结直肠癌的年新发病例数为108.9万例和196.3万例^[1],且有学者预测截至2050年,结直肠癌的发病率将持续攀升^[2]。国家癌症中心

2022年度报告显示^[3],我国胃癌、结直肠癌的发病人数高居所有恶性肿瘤前五位,严重威胁人民健康及生命安全。研究和临床实践表明,早筛、早诊、早治可有效降低结直肠癌及胃癌的病死率^[4-5]。其中,消化内

镜检查是消化道恶性肿瘤早诊早治的重要手段,是执行全生命周期诊疗管理策略的必要环节^[6-7]。传统的内镜中心建设及人工清洗模式存在质量控制难、干燥不彻底、清洗时间及等候时间长等缺点^[8-10]。在医

DOI:10.13912/j.cnki.chqm.2026.33.7.04

^{*} 基金项目:深圳市卫生经济学会科研项目(编号:2025198)

北京大学深圳医院 广东 深圳 518036

疗服务需求增加的背景下,医院对于消化内镜消毒的合格率和周转率也不断提出了新要求^[11]。

随着医疗技术的进步和患者需求的增长,构建高效的消化内镜中心管理平台已成为提升医疗服务质量、推进医院高质量发展的重要环节^[12]。国家卫生健康委及国家中医药管理局联合印发的《公立医院高质量发展促进行动(2021—2025 年)》中明确提出,将进一步推进电子病历、智慧服务、智慧管理“三位一体”的智慧医院建设^[13]。因此,本研究将在传统内镜中心发展的基础上,基于人工智能和物联网技术,构建“以人为核心、以镜为载体”的双闭环消化内镜中心管理平台,以期实现医疗服务质量与运营效率的协同优化,助力公立医院高质量发展。

1 “智镜双链”消化内镜中心管理平台构建

“智镜双链”消化内镜中心管理平台(以下简称“智镜双链”平台)由北京大学深圳医院胃肠外科团队联合科技公司基于临床需求研发,面向医护群体、患者、器械及耗材等主体,依托物联网及人工智能技术,建立双主线架构(内镜链、患者链),两链通过“智镜双链”平台后台终端进行实时数据交换,后台通过 AI 算法,根据风险等级、设备状态、患者报到时间进行资源合理调配,协助医务人员高效完成内镜检查及治疗。

1.1 团队构建

由分管院领导牵头,联合胃肠外科专家团队及科技公司,共同研发智慧化管理平台及相关洗消设备。分管院领导负责资源调配及质量管理;胃肠外科专家团队基于内镜管理规范、工作流程、实施途径提出专科需求,实时反馈平台运行效

果和改进意见;信息工程师及研发部门根据临床需求完成平台搭建和产品研发,结合实施反馈及时优化平台功能和相关产品。

1.2 平台架构

患者管理平台采用分层架构设计,自下而上依次为信息设施层、业务数据层、数据存储层、应用层与用户层(图 1)。信息设施层作为技术底座,除了满足数据存储外,还通过纵深防御体系以及国密算法加密存储等信息技术手段保障患者信息安全;业务数据层通过标准化接口对接 HIS、LIS、PACS 等医院核心业务系统,实现诊疗数据的互联互通与实时交换;数据存储层建立数据中心、影像数据库及医学知识库 3 类资源池,为海量医疗数据提供结构化存储、智能检索与知识推理功能;应用层面向不同用户角色提供差异化服务终端;用户层最终服务于医护、患者及管理层 3 类核心用户群体,形成“基础设施—数据资源—业务应用—用户服务”的完整闭环,实现基于人工智能与物联网技术的消化内镜中心智慧化管理。

内镜追溯平台由该院工程师、医护团队联合科技公司共同研发,已取得计算机软件著作权登记证书(登记号:2023SR0352101)。该平台架构采用 5 层设计,以内镜全流

程追溯引擎为核心,通过 RFID 实现内镜“一物一码”身份识别,覆盖从领用登记、术前检查、洗消流程(预处理→测漏→酶洗→漂洗→消毒→终末漂洗→终末处理→干燥存储)、质量检测到存储发放的全生命周期追溯,实现内镜全流程的信息化、智能化、规范化管理(图 2)。

1.3 功能模块

“智镜双链”平台共包含两个下属平台,分别为患者管理平台及内镜追溯平台,各负责“患者链”及“内镜链”,两个平台的实时数据汇总在“智镜双链”平台系统后台,实现患者检查期间资源的有效调度。

1.3.1 患者管理平台用户端

患者用户端功能涵盖 4 个模块:(1)知识资料库。整合消化内镜检查前准备规范、导泻剂冲服标准化流程(已制作标准化流程及视频嵌入平台中)、肠道准备质量评估标准等结构化医学知识,支持自主检索与主动推送。(2)健康档案。患者通过身份认证/就诊号登录,可视化查看历次检查时间轴及既往检查影像、病理结果与随访提醒。(3)AI 在线咨询。采用“AI 初筛—人工兜底—协同演进”的分级接驳策略。AI 对话引擎基于自然语言处理技术,实现多轮语义理解与意图识别,对常规问题即时响应;当识别到复杂病情咨询、情感支持需求或 AI 置

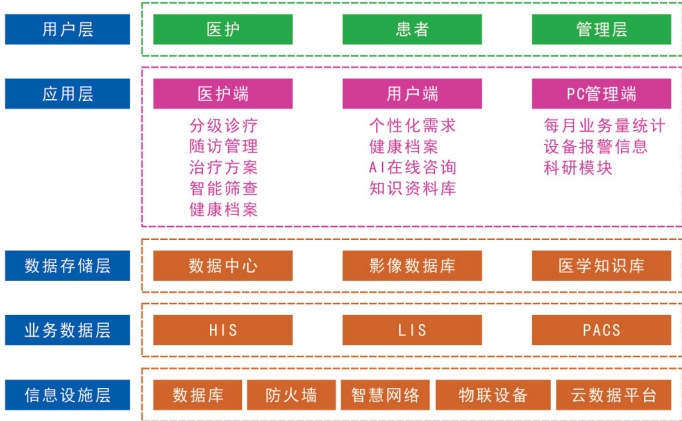


图 1 患者管理平台系统架构



图 2 内镜追溯平台系统架构

信度低于阈值(<0.85)时,系统自动触发人工窗口,将患者问题转至人工对话平台,由内镜诊疗团队进行解答。咨询结束后,AI自动提取关键信息,更新患者画像,持续优化推荐算法。(4)个性化需求。基于患者画像进行智能匹配,院前服务包含时段偏好推荐、饮食禁忌推送等;院中授权家属实时查看候诊进度;院后基于术式,推送差异化康复方案(饮食阶梯、活动限制、出血识别教程)并进行复诊依从性追踪。

1.3.2 患者管理平台医护端

医护端包含 5 个模块:(1)健康档案管理。整合患者基本信息、既往检查记录、病理结果等诊疗数据,通过数据融合技术与快速医疗互操作资源医疗数据标准汇聚多源信息,运用自然语言处理技术实现既往病历结构化提取,AI自动生成患者摘要与风险标签。(2)智能筛查辅助。基于卷积神经网络与迁移学习实时分析内镜图像流,对息肉、溃疡、早期肿瘤等病变进行自动检测、边界标注与风险分级,AI提示可疑

区域并关联相似病例,辅助医师提升早期癌变检出率。(3)治疗方案制订。结合患者基线特征、病理分期、指南知识图谱及循证医学证据,运用预测模型与知识图谱推理推荐个性化治疗路径。(4)随访管理。基于自然语言处理与时序预测算法,自动生成随访计划与提醒,智能匹配随访方式(电话、线上或到院)。(5)分级诊疗。依据患者风险分层算法,运用资源优化算法自动匹配基层首诊、专科转诊或社区管理建议。

1.3.3 患者管理平台管理端

管理端后台承担设备报警信息收集、业务量统计及科研模块管理职能。通过多源异构数据采集与智能标注技术,构建全流程数据收集与特殊疾病标记体系,并采用分层分级管理权限,实现精细化访问控制。医护端设置双层权限架构,第一层为医院电子设备工程师,负责数据整理及资料借出审核,第二层为科室医护人员,拥有业务级操作权限,通过前端功能模块访问患者

数据,并进一步细分为 3 个子角色:普通医师仅限访问本组患者数据,可提交科研数据申请;主任医师可查看全科室数据,审批下级申请并标记特殊病例;护士长可查看设备报警及人员调度相关数据。技术实现方面,数据查询附加行级安全策略,自动过滤非授权记录,敏感操作(如非工作时间大量下载患者数据)触发二次审批,需科主任及护士长平台端共同确认。

平台可依据预设规则自动识别,3 类特殊标记:科研价值标记针对罕见病变与完整随访序列,临床研究标记针对入组试验患者且仅限课题组成员访问,教学病例标记经自动匿名化处理后全院共享。科研数据调取实行申请审批制,流程为医护人员提交申请后系统自动脱敏处理,经科主任初审、伦理委员会复审,由电子设备工程师执行数据提取并使用区块链存证,数据使用期限到期后自动回收。

1.3.4 内镜追溯平台

内镜追溯平台的硬件基础由 3 类核心设备构成:智能内镜聚合式洗消机器人(专利号:CN 11555359 A)基于复杂腔体洁净环境的构型设计与物联网技术,遵循“五步法”自动完成测漏、初洗、酶洗、消毒及吹干全流程。智能测漏仪采用保压梯度算法及高精度传感器,实现内镜管道泄漏的自动监测。同时,依托 RFID 射频模块完成内镜编号与操作人信息的自动获取及识别。洗消机器人与测漏仪协同实现洗消全流程自动化执行、状态监控及异常预警,并完成洗消数据的实时采集与追溯。智能内镜管理柜(专利号:CN 115593843 A)采用高效颗粒空气过滤器技术,柜内层流达百级净化标准,柜门开启时维持正压环境,关闭时实现整机全密闭,并对存储人员、时间、内镜等信息进行实时记录与上传。

上述硬件设备直接对接内镜追

象,根据检查类型(胃镜、肠镜、超声胃镜)及年龄进行划分,两组各选择 150 例患者,对该平台应用前后的清洗质量、效率及患者满意度进行比较。

2.2 评价指标

依据《软式内镜清洗消毒技术规范》《医疗器械清洗消毒技术规范》,评价指标主要为以下 4 项:(1)清洗消毒合格率监测指标。采样部位为最高的内镜活检孔道通面,两组消化内镜经清洗消毒后,用注射器抽取 10 mL 无菌生理盐水,从待检内镜活检入口注入,使用 15 mL 无菌试管在活检出口处收集待检的生理盐水,并及时送检。生物学检测结果显示细菌总数<20 cfu(菌落计数)/镜,且未检出致病菌为清洗消毒合格的标准。(2)清洗消毒时间。分别记录使用两种不同方法(智能内镜聚合式洗消机器人、手工清洗)进行消化内镜清洗消毒所用时间。(3)患者检查平均等候用时。分别记录两组患者自检查当日报到至完成麻醉准备的平均等候时间。(4)患者满意度。采用科室自制的患者满意度问卷(总分 26 分),对检查后的患者进行问卷调查。本研究经北京大学深圳医院伦理委员会同意,研究对象均知情同意、自愿参加。

2.3 统计分析方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行分析。计量资料以均数±标准差表示,对计量资料进行正态性检验,如果各组间满足正态分布且组间方差齐,则采用 *t* 检验分析比较;分类资料比较采用 χ^2 检验;以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2.4 结果

2.4.1 两组消化内镜清洗消毒合格率监测指标比较

经清洗消毒后的生物学监测显

示,两组消化内镜清洗消毒合格率均为 100%,但观察组消化内镜菌落数为 0 的数量远大于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)(表 1)。

2.4.2 清洗消毒时间、患者检查平均等候用时及满意度比较

内镜清洗消毒时间、患者检查平均等候用时及满意度两组数据均呈正态性分布,采用独立样本 *t* 检验对两组数据进行分析,结果见表 2。采用智能内镜聚合式洗消机器人进行清洗所花时间短于传统手工清洗消毒时间,差异具有统计学意义($P<0.05$);采用内镜中心管理平台的组别在患者检查平均等候用时及患者满意度评价指标上,均优于传统内镜中心做法,差异具有统计学意义($P<0.05$)。

3 讨论

本研究构建的消化内镜中心管理平台采用了患者管理平台及内镜追溯平台双平台架构,将智能内镜设备与患者全周期管理系统深度融合,实现了从器械管控到患者服务的闭环管理。研究结果显示,“智镜双链”平台能够有效达到国家医疗器械清洗消毒标准,使用智能洗消

机器人的清洗效果优于传统人工洗消(0 cfu/套:92.67% vs 65.33%),同时缩短了清洗消毒时间[(24.77±2.10) min vs (27.17±2.73) min]和患者检查等候时间[(12.52±2.95) min vs (19.05±2.53) min],提高了患者满意度[(22.99±1.25)分 vs (19.84±1.79)分]。结果表明,人工智能及物联网技术在患者管理、内镜洗消方面的应用可有效提升医疗质量与安全水平,优化医疗资源配置效率,改善患者就医体验。

目前,物联网技术应用在内镜管理领域的应用较为常见,邱诗发等^[14]、刘志强等^[15]通过将基于 RFID 的追溯系统应用于内镜管理中心,发现相较于手工记录,该系统能够改善追溯状况,提高内腔面生物学监测合格率、测漏完成率及医务人员满意度,与本研究结果基本一致。然而,以上研究均聚焦于单一内镜系统,未能整合患者端,其结果虽在工作效率上有所提升,但缺乏全流程闭环管理。本研究提出的双链架构使得患者入院即与内镜信息绑定,可以更好地实现资源调度,从而缩短患者检查等候时间,避免出现人机等待的情况。此外,在消

表 1 两组消毒方式下消化内镜清洗消毒合格率监测结果

组别	样本件数/套	消毒方式	监测结果(合格标准)(%)		消毒合格率/%
			0 cfu/套	0<每套≤20 cfu/套	
观察组	150	智能内镜聚合式洗消机器人	139(92.67)	11(7.33)	100
对照组	150	传统手工清洗	98(65.33)	52(34.67)	100
χ^2			33.775		
<i>P</i>			<0.05		

表 2 两组管理方式下内镜清洗消毒时间、患者检查平均等候用时及满意度比较($\bar{x}\pm s$)

项目	组别	消毒方式/叫号方式	统计值	<i>t</i>	<i>P</i>
消毒清洗时间/min	观察组	智能内镜聚合式洗消机器人	24.77±2.10	10.31	<0.001
	对照组	手工清洗	27.17±2.73		
患者检查平均等候用时/min	观察组	内镜中心管理平台	12.52±2.95	20.53	<0.001
	对照组	人工叫号	19.05±2.53		
患者满意度/分	观察组	内镜中心管理平台	22.99±1.25	17.59	<0.001
	对照组	传统内镜中心	19.84±1.79		

化内镜的临床闭环管理方面,夏洋等^[16]报道了“临床护理路径联合网络闭环式管理”在重症消化内镜患者中的应用,该研究的闭环管理理念与本研究的“患者链”想法高度契合,但未涉及基于 AI 的就诊资源智能匹配与个性化服务功能。与之相比,本研究所开发的患者管理平台,融合人工智能技术与患者实际需求,打通了院前一院中一院后全流程:院前通过知识资料库与个性化需求评估实现就诊前智能准备;院中依托电子健康档案与 AI 在线咨询保障就诊连续性;院后基于前期采集数据构建个体化健康档案模型,针对性地推送差异化康复方案(饮食指导、活动建议等)及并发症风险预警(如出血识别),并开展随访管理,从而在个性化健康管理方面实现了从“标准化服务”到“精准化干预”的转变。

4 不足与展望

随着系统的深入应用,当前平台仍面临诸多挑战。第一,对于患者数据资料的保护,目前数据资料由医院设备管理处与科技公司共同进行监管,但数据库的安全性能有待验证;第二,患者管理平台缺少线上预约、药品配送、移动支付等便民服务,患者仍需多次往返医院,影响了整体的就医体验;第三,本研究虽初步验证了智能化洗消设备在内镜消毒灭菌中的效能,但尚未对内镜追溯平台长期运行的成本效益、设备损耗情况及卫生经济学价值进行系统评价,缺乏全面的经济性数据支撑,平台的准确性与可持续性亦有待更大样本、更长周期的验证。在后续的研究中,平台将完善数据库,安装终端防护系统,设置更加严格的信息访问权限,切实保障患者隐私与数据安全。同时,优

化平台功能,进一步加强平台与医院各系统的连接,将平台融入互联网医院的统一运营管理。此外,平台可在更多医疗机构开展试点应用,以全面评估其准确性、稳定性、成本效益及设备损耗情况,并探索更加贴合临床需求的健康教育路径,为推动消化内镜中心管理向智能化、精细化方向发展提供有力支持。

说明:李贝、张紫薇为共同第一作者。

作者贡献:李贝负责总体策划、研究设计、数据采集与分析;张紫薇负责数据整理、统计分析、论文撰写;吕国庆负责需求调研、数据核对、论文指导;许昌负责文献调研、图表绘制;余英负责论文修改与校对;梁真负责研究指导、论文最终审阅与定稿。

利益冲突:所有作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

[1] BRAY F, LAVERSANNE M, SUNG H, et al. Global cancer statistics 2022; GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(3): 229—263.

[2] WU S, ZHANG Y, LIN Z, et al. Global burden of colorectal cancer in 2022 and projections to 2050: incidence and mortality estimates from GLOBOCAN[J]. BMC Cancer, 2025, 25(1): 1770.

[3] HAN B, ZHENG R, ZENG H, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. J Natl Cancer Cent, 2024, 4(1): 47—53.

[4] 王 君, 晁帅恒. 人工智能辅助消化内镜用于胃癌及癌前病变鉴别诊断临床价值分析[J]. 中国疗养医学, 2023, 32(6): 656—659.

[5] 陈 平, 徐 莹, 吴云林. 消化内镜在早期胃癌诊断中的应用进展[J]. 诊断学理论与实践, 2022, 21(5): 551—554.

[6] LAU JW, KHOO MJW, LE-

ONG XH, et al. Opportunistic upper endoscopy during colonoscopy as a screening strategy for countries with intermediate gastric cancer risk[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2021, 36(4): 1081—1087.

[7] MASGNAUX JL, GRIMALDI J, JACQUES J, et al. Technical advances in endoscopic resection techniques for lower GI malignancies[J]. Visc Med, 2024, 40(3): 128—143.

[8] 黄 星, 李相林, 商 建, 等. 全自动软式内镜清洗消毒机和手工清洗在消化内镜清洗消毒中的对比研究[J]. 现代消化及介入诊疗, 2022, 27(5): 576—579.

[9] 张燕华, 周英顺, 陈建美, 等. 常规高水平消毒软式内镜细菌监测结果[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(24): 3832—3836.

[10] 滕冬梅, 李亚平, 杨小军, 等. 2023 年重庆市 44 所公立中医医院软式内镜清洗消毒新规范执行现状调查[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(18): 2848—2852.

[11] 王天骄, 辛 磊, 王洛伟, 等. 2021 国家消化内镜诊疗服务与质量安全报告[J]. 中华消化内镜杂志, 2022, 39(11): 879—884.

[12] 许 昌, 孙逸凡, 鲍 伟, 等. 智慧医院发展沿革与模式探索[J]. 中国卫生质量管理, 2023, 30(10): 1—5, 19.

[13] 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.

[14] 邱诗发, 陶 洁, 王淑芳. 基于射频识别技术的追溯系统在内镜中心的应用[J]. 中国医疗器械信息, 2023, 29(23): 163—166.

[15] 刘志强, 王 杰. 基于物联网技术的内镜清洗追溯系统的应用[J]. 北京生物医学工程, 2024, 43(1): 66—70, 77.

[16] 夏 洋, 毕玉珍, 胡堃苗. 临床护理路径联合网络闭环式管理对重症消化内镜患者康复指标及安全性的影响[J]. 世界华人消化杂志, 2025, 33(8): 649—656.

通信作者:
梁 真: 北京大学深圳医院院长
E-mail: liangzhen@pkusz.com

收稿日期: 2025—07—23

修回日期: 2026—05—08

本文编辑: 吴小红、刘斯好