

• 综 述 •

# 人工智能辅助护士药物安全管理的研究进展

董嘉慧<sup>1</sup>, 杜力<sup>1</sup>, 李静<sup>1</sup>, 陶敬泽<sup>2</sup>, 甄永祺<sup>3</sup>, 王芳<sup>3</sup>

**摘要:** 本文对人工智能在护士给药前、中、后三个阶段中的应用研究现状进行综述, 内容包括智能药物储存与分配、给药执行与过程控制、给药后不良反应监测等, 分析临床应用面临的挑战并提出展望, 为推动用药安全管理的智能化提供参考。

**关键词:** 护士; 给药; 人工智能; 用药安全; 患者安全; 药物管理; 综述文献

**中图分类号:** R47; R452 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2026.07.124

## A review of artificial intelligence assisted medication safety management in nursing practice

Dong Jiahui, Du Li, Li Jing, Tao Jingze, Zhen Yongqi, Wang Fang. School of Nursing, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

**Abstract:** This article reviews the current application of artificial intelligence in medication management across the three stages of medication administration by nurses: before, during, and after administration. It covers areas such as intelligent medication storage and dispensing, administration execution and process control, and post-administration adverse reaction monitoring. The challenges faced in clinical application are analyzed, and future directions are proposed, aiming to provide insights for advancing intelligent medication safety management.

**Keywords:** nurses; medication administration; artificial intelligence; medication safety; patient safety; medication management; literature review

用药安全是指医护人员在充分评估患者病情和个体差异的基础上, 合理选择药物并规范给药, 达到安全、合理、有效、经济的用药目标<sup>[1]</sup>。而世界范围内平均每 20 例患者就有 1 例受到可预防的用药伤害<sup>[2]</sup>。2022 年 9 月, WHO 将“用药安全”设定为世界患者安全日主题, 提出避免和减少用药伤害是全球医疗系统的共同目标<sup>[3]</sup>。护士在用药安全链条中承担着医嘱审核、药物储存、配置、输注及疗效观察等多项关键职责, 是药物安全管理的主要责任人, 也是防范差错的最后关口<sup>[4]</sup>。研究表明, 护士用药安全能力不均、给药中断事件频发和工作负荷重等因素导致用药安全面临挑战<sup>[4-5]</sup>。近年来, 人工智能(Artificial Intelligence, AI)的加速发展给护士药物管理和安全给药带来了新机遇。相较于传统模式, 数智化用药管理可通过智能审方与临床决策支持、自动化配药装置、智能输液泵和实时监测系统等手段实现用药全过程的可追溯和闭环管理, 有助于优化人力资源配置, 减轻护士工作负担<sup>[1,6]</sup>。本文对 AI 在护士药物管理与安全给药中的应用、面临的挑战进行综述, 重点探讨 AI 在药物储存、配置、输注及监测等护理环节的实践

价值, 以推动护士药物管理和安全给药的智能化转型。

## 1 AI 概述

AI 是旨在模拟、延伸和扩展人类智能的技术, 其核心是利用计算机系统自动化实现感知、学习、推理和决策等复杂认知功能<sup>[7]</sup>。主要范畴包括: 机器学习(Machine Learning)、深度学习(Deep Learning)、自然语言处理(Natural Language Processing)、计算机视觉(Computer Vision)等<sup>[8]</sup>。20 世纪 70 年代, AI 开始用于医疗领域以提升疾病诊治的效率, 推动了医学 AI 的发展<sup>[8]</sup>。近年来, 立足“算力+算法+数据”协同运转的数字平台, AI 在疾病诊断、药物警戒、健康教育及医院管理等方面取得较大突破<sup>[9-11]</sup>。2025 年 10 月, 国家卫生健康委等部门发布《关于促进和规范“人工智能+医疗卫生”应用发展的实施意见》<sup>[12]</sup>, 明确强调深化 AI 在临床诊疗、患者服务等八大方向的重点应用。

## 2 AI 在护士药物安全管理中的应用

护士药物安全管理覆盖药品储存、取药配药、给药后监测、综合管理等给药前、中、后各个阶段。目前, 学者们正积极探索 AI 融入护士药物安全管理, 旨在通过智能化手段强化风险管控, 构建人机协同的用药安全新范式。

### 2.1 给药前管理

**2.1.1 智能药物储存与分配** 药品储存与分配是用药管理的前馈环节, 护士需要负责病区药品的申领、分发等工作, 其及时性与准确性直接关系患者用药安

作者单位: 1. 南京中医药大学护理学院(江苏 南京, 210023); 2. 蚌埠医科大学护理学院; 3. 南京中医药大学金陵临床医学院(东部战区总医院)秦淮院区

通信作者: 王芳, 6764069@qq.com

董嘉慧: 女, 硕士在读, 护士, jiahuidong0923@163.com

科研项目: 中国人民解放军东部战区总医院院管课题 JY(19QNP076)

收稿: 2025-11-16; 修回: 2026-01-12

全。传统模式以人工调配操作和手写记录账册为主,存在药品取用流程繁琐、发放时间长且易丢失等问题,难以满足现代医疗对效率和安全的双重需求<sup>[13]</sup>。AI可简化临床护理用药流程,提高药品管理的规范性。在静态存储端,药物分发机器人利用计算机视觉算法和高精度机械臂自动识别、分拣和包装药物,能有效规避人工调配的错发和漏发风险,解决传统药房分发滞后导致护士取药耗时过长等问题<sup>[14]</sup>。智能药柜(Automated Dispensing Cabinet)进一步打破了空间局限。该设备集成生物特征识别、物联网传感等技术并与医院信息系统互联互通,可实现药品的“一品一格”存储、库存的可视化监控及效期预警<sup>[15]</sup>。Jeffrey等<sup>[16]</sup>也证实智能药柜能将单次取药时间缩短到50.9 s,加快护理给药进程。依托病区智能药柜分散调配模式,护士无需频繁往返药房,可在病区附近安全、快速地完成药品定位、核对与取用。在动态流转端,机器人重塑了药房至病区的“最后一公里”配送流程。智能配送机器人可基于激光雷达与视觉融合的即时定位与地图构建(Simultaneous Localization and Mapping, SLAM)技术,在复杂临床场景下实现自主导航与动态避障,并借助图像、语音等多模态 AI 算法精准完成身份核验与物品交互,目前已在多家医院使用<sup>[17]</sup>。数据表明,单台机器人相当于1.5个人力<sup>[18]</sup>,其全程无接触配送在大幅提升药品流转效率且降低医院交叉感染风险的同时,还将护士从高频次、低价值的折返作业中解放出来,回归更需专业判断的临床照护。

**2.1.2 辅助处方审核和决策支持** 临床决策支持系统(Clinical Decision Support Systems, CDSS)旨在向医护人员提供知识和特定个体的信息,并在合适时机进行智能过滤或呈现,以增强医疗保健决策的科学性<sup>[19]</sup>。在用药护理中,CDSS以知识推理与逻辑运算为基础,能自动完成电子病历中真实临床数据的采集、处理和分析,协助护士进行个性化的用药指引、剂量核查及禁忌证预警,从而在给药前及时识别风险。目前,该领域研究已从系统构建迈向实践验证阶段。Amici等<sup>[20]</sup>研究表明,95%的手术室用药错误可被CDSS拦截,特别在纠正药物错选与剂量偏差中表现突出。在通用规则审核方面,Chen等<sup>[21]</sup>整合医护药管等多学科专家经验,将处方差错分为适应证错误、剂量错误等五大报警类型,研发了内嵌15 000余条临床规则的实时处方审核系统。该系统能在医嘱录入阶段即时警示,辅助护士高效识别药物相互作用及不合理联合用药,提升人工审核的效能与覆盖面。另外,针对儿科用药复杂、个体差异大的临床难点,佟岩等<sup>[22]</sup>开发了嵌入医护工作站的合理用药智能提示系统,为临床一线提供精准化药学信息服务。护士运用该系统中儿童专用剂量计算与配伍禁忌提示,结合患儿实际对医嘱开展针对性复核,可有效降低不合理医

嘱比例。除基于规则的实时审核外,机器学习还被用于更高维度的风险预测。Yalçın等<sup>[23]</sup>针对新生儿重症监护室这一高风险情境,利用机器学习算法整合患儿用药情况、临床参数及医护人员工作负荷等多源数据,构建了用药错误预测模型。这种前瞻性工具有助于协助护士对高危患儿实施靶向筛查与重点监护,优化护理资源的分配。综上,AI在辅助处方审核与决策支持方面成效显著,但现有系统主要依赖既定规则与数据挖掘技术,对于复杂、动态临床情境下的个体化判断仍有不足,其决策建议的临床适用性有待在更广泛的实践中验证。

**2.1.3 智能化药物配置** 针对临床中常见的药物配置不当与剂量错误问题,智能化药物管理与先进机器配药技术逐步构建了涵盖认知辅助到实体操作的支持体系<sup>[24]</sup>。在复杂剂量计算方面,大语言模型可作为高效工具,协助护士快速完成高精度运算。Levin等<sup>[25]</sup>研究指出,通过向ChatGPT-4o或Claude 3.5等模型输入自然语言指令,护士可获得响应更快、准确率更高的计算结果,显著减轻认知负荷。在视觉核查环节,智能穿戴设备可作为新的主动核对手段。Chan等<sup>[26]</sup>开发了基于可穿戴视觉技术的自动药物核查系统,运用深度学习模型实时捕捉并比对护士视角下的注射器与药瓶标签,在药瓶误配检测中表现出卓越性能,其灵敏度与特异度分别高达99.6%和98.8%,有效提升了护士配药操作的准确性。此外,智能配药机器人的引入,实现了从药品选取、计量、配置到封装的全流程自动化,可同时处理多个配药任务,极大提高了配药速度和整体效率,降低人工操作强度<sup>[27-28]</sup>。Teng等<sup>[29]</sup>研究报道,智能配药机器人可将平均制备耗时缩短约3 h。在精准性方面,Amodeo等<sup>[30]</sup>研究中I. V. Station<sup>®</sup>配药机器人在药物复溶、稀释及最终制剂阶段的中位误差均能控制在±5%精度范围内,误差波动较小;而人工配药在稀释环节中测量的误差可达6.3%,变异性更大。智能配药机器人还能有效降低药物残留与表面污染,减少护士在化疗药物等高危药品配置时的职业暴露风险<sup>[27]</sup>。我国配药机器人领域的研究虽起步较晚,但也取得较大进展,目前已形成支持安瓿与西林瓶包装药品调配的多功能机器人。如卢中凯等<sup>[31]</sup>设计的自动配制静脉输液药物机器人可实现多规格药物配制与废料清理的一体化,在提升配置效率的同时,保障配药环境的洁净度。无锡安之卓医疗机器人有限公司研发的智能配药机器人集成深度神经网络算法与自旋体机械手等技术,能够自动识别药瓶,完成针筒自转与精准抽取,展现出较好的应用前景<sup>[17]</sup>。

**2.2 给药中管理** 给药执行与过程控制是护士药物安全管理的重要任务,目的是保障正确的药物以正确的剂量、时间和途径安全用于正确的患者。AI的介入赋能护士在给药过程进行精准的风险防控,如智能

输液泵利用机器学习算法动态调整输液参数,可防止药物过量或速率异常;条码技术通过自动扫描验证患者身份和药物信息,能减少人为疏漏;计算机视觉与物联网技术则能够实时监测输液状态。在输液监测环节,Chauhan 等<sup>[32]</sup>基于物联网开发了自动静脉输液监测系统,利用力敏电阻传感器实现输液速度及药量的实时监测,同时集成液量预警与自动夹管功能,能有效预防血液反流和空气栓塞等风险。但此类接触式系统对安装位置与人工操作依赖较高,难以适应临床多通道输液的复杂场景。相比之下,Hwang 等<sup>[33]</sup>设计的智能视觉输液杆通过嵌入多摄像头模块,结合卷积神经网络与条码技术,能实现多输液袋的同步监测,其最优监测视角选择准确率达 100%、液面识别精度平均为 0.94,使护士无需额外操作即可动态完成患者与药物信息验证、液面实时识别及阈值报警。智能输液泵在药物输注环节同样扮演着关键角色。研究指出,泵内置的剂量错误减小软件能自动核查处方与实际剂量的合规性,减少人为错误<sup>[34]</sup>。此外,静脉输液辅助机器人突破了固定设备的限制,利用智能跟随算法解决空间移动难题,能在患者离座时借助自动升降等结构调节输液瓶的高度,防止因体位改变造成回血,确保移动时输液不中断;还具备管路自动夹闭与冲洗机制,可在输液结束或换药间隙及时介入,预防血液回流并规避不同药物间的配伍风险<sup>[17]</sup>。尽管现有智能设备显著提高了药物输注的准确性,但复杂的交互界面、高频的警报及设备间的信息孤岛问题,无形中增加了护士的操作负担和安全隐患。

**2.3 给药后管理** 据统计,住院患者药物不良反应发生率为 5%~8%,若未能及时识别和处理,可导致严重临床结局<sup>[35]</sup>。护士在给药后的不良反应监测和药效评估中发挥重要作用。基于机器学习算法构建的预测模型,能够显著增强医护人员对用药后风险的早期识别能力,推动用药安全管理从事后响应到事前预警转变。在风险预测与主动监护方面,Barrett 等<sup>[36]</sup>研究表明,电子健康记录系统能每日自动解析患者的用药信息与临床指标,精准捕捉抗精神病药等高危药物的异常信号并及时预警,从而辅助医护人员优化诊疗方案,促进药物的合理应用。针对儿科镇痛后监护不足的痛点,张丽平等<sup>[37]</sup>基于 CDSS 构建了疼痛管理平台,利用时间触发逻辑在给药 1 h 后自动推送不良反应观察提示,有效督促护士按时完成评估,显著提升了用药监护的时效性与规范性。在数据挖掘方面,超过 80% 的临床信息存储于医疗护理记录等非结构化文本,而传统上报用药不良事件的方式仅能覆盖约 6% 的不良事件<sup>[9]</sup>。基于自然语言处理与机器学习的智能工具已被广泛用于海量临床文本的自动化分析,以识别未充分上报的用药不良事件及风

险信号<sup>[38]</sup>。另外,AI 还可用于用药不良事件的归因分析,精准识别管理薄弱环节。如 Härkänen 等<sup>[39]</sup>运用自然语言处理和文本挖掘技术构建的 Aiwo 系统,无需预设关键词即可自动聚类分析不良事件报告,将其归纳为治疗、流程、规范及环境四大模块,从中提取出药品信息核查、用药操作规范、多学科协作等环节中的关键风险点。

在护理记录方面,书写习惯差异和人力短缺常导致记录错漏,影响了交班信息的有效传递。如现有记录常以镇痛药等笼统分类替代具体药名,掩盖了关键给药细节,存在用药安全隐患<sup>[40]</sup>。Hou 等<sup>[41]</sup>提出了一种基于元迁移学习的解决方案,利用包含大量中英混合药名与用法的护理专用 CMaiSpeech 语料库训练自动语音识别系统。该系统能准确捕捉复杂药物术语,以语音转录替代手工输入,在减轻书写负担的同时,保障了用药记录的准确性与特异性。

**2.4 跨环节综合管理** AI 在用药安全管理中的应用已突破单一环节的局限,正逐步构建起覆盖医嘱处理、药物配置、给药执行及给药后监测的全流程智能闭环管理体系。在输液闭环监测中,李谷维等<sup>[42]</sup>开发的静脉输液质量监测闭环追踪系统,通过整合医嘱开具、药物配置、输液进程监控等环节,利用微重力传感与 PDA 设备实现输液速度实时监测与异常预警。该系统应用后输液不良事件显著减少,红灯呼叫率下降 70.35%,有效提升了输液安全与护理效率。丁小容等<sup>[43]</sup>构建了一套全流程闭环的智慧护理服务模式,围绕用药安全环,借助智能药柜、配药机器人、智能输液泵等设备,将药品从存储、取出、配置、核对、输注直至用药后监测的每个环节纳入智能化管理与数据互联范畴,显著降低了护士人因错误风险。通过多源数据整合、智能识别与实时反馈,AI 正驱动用药安全从局部防错向系统防御的范式转变,为构建高韧性、高效率的智慧护理用药体系开拓了新路径。

### 3 AI 辅助护士药物安全管理的挑战与展望

**3.1 设备运行稳定性与环境适配性** 尽管 AI 在实验环境下展现出良好性能,但其在临床中长期运行可靠性、硬件稳定性及对复杂环境的适应能力仍面临挑战。如智能配送机器人易受医院繁忙人流与狭小通道影响,导致运输效率降低;且在药品全程温控、自动装卸等关键环节的技术尚不成熟,限制了应用场景<sup>[44]</sup>。静脉输液辅助机器人虽具备智能跟随功能,但在人流密集、布局紧凑的病区中,若无法精确适应复杂地面条件,可能引发设备卡顿或引起患者跌倒等安全事故。此外,药品包装规格未与智能配药机器人的操作规格完全适配,在面对特殊包装、新上市或不同厂家生产的同种异型药品时,可能出现适应性不足的情况,影响配药进程与准确性<sup>[45]</sup>。另外,护理工作具有连续性和高强度特征,这对 AI 设备的续航性能

及协作稳定性提出了较高要求。而在实际应用中,一旦发生设备故障,较长的排查与修复周期会影响护理工作流的顺畅性<sup>[28]</sup>。为此,落地于医院实际应用场景的 AI 设备必须加强技术研发和运维管理,持续消除技术缺陷,着重关注提高其稳定性和可靠性;还应制订针对系统故障、断电等突发情况的应急预案,确保 AI 设备在复杂多变的临床环境中仍能安全、可靠地运行。

**3.2 算法决策准确性与可解释性** 区别于实体设备面临的物理环境约束, AI 的临床效能主要受多源数据整合的复杂性以及“黑箱”问题导致的信任缺失等影响。其中,模型性能依赖真实世界数据的质量与广度。不同医疗机构在药物术语、疾病编码及不良反应记录上存在异质性,使得 AI 在学习跨机构多模态数据时,可能因为过拟合而出现术语混淆或语义谬误等问题,进而导致决策失准<sup>[9,46]</sup>。此外,训练样本代表性不足也会限制模型的泛化能力。若模型仅依赖单中心或特定科室历史数据进行训练,在应对儿科、老年科等特殊群体或复杂共病患者时,可能因样本偏差输出错误的用药建议。特别是基于海量通用数据训练的生成式模型,对特定医学信息敏感性不足,在用药分析、剂量识别等具体任务中更可能出现偏差<sup>[47]</sup>。另一方面,尽管当前 AI 已展现了广泛的应用前景,其技术核心仍立足于复杂的深度神经网络,内部端到端的学习机制尚缺乏良好的透明度与可解释性。若护士无法理解 AI 发出用药预警的临床依据与归因逻辑时,则难以评估建议的合理性<sup>[48]</sup>。特别是当系统频繁出现脱离临床实际且缺乏解释的假阳性提示时,易诱发护士的报警疲劳,导致关键风险信号被忽略。鉴于此,未来需加强护理专用 AI 研究,构建更严谨且具可解释性 AI,让算法在输出结果时提供归因分析,从而建立透明互信的人机协作流程<sup>[46]</sup>,如 AI 处方审核系统既能提示错误,还能溯源风险点及相关参考文献。同时,推动多中心、大样本的前瞻性研究,在高质量的医学数据验证集上持续校准模型,确保护理 AI 在真实临床场景下的鲁棒性与安全性。

**3.3 系统可操作性与人机协同挑战** 数据连通性与产品设计的临床适配度直接关系 AI 在护理终端的应用效能。一方面,系统互操作性不足会阻滞医疗信息的高效流转。智能输液泵若无法与医院信息系统实现数据交互,护士需在不同设备间重复录入数据,易造成工作量和转录错误风险增加。智能配送机器人在跨楼层作业时,若不能顺畅调配电梯资源,也会直接削弱其在药品配送中的时效优势。另外,用药安全管理有赖于医药护等多学科协作,而许多设备在研发阶段未充分关注护士的实际工作场景与核心需求,易导致护理知识被误解误用,造成产品设计与临床思维脱节<sup>[49]</sup>。在紧急用药情境中,此类不恰当的设计不仅未能有效减负,还可能增加护士认知负荷而引发新

的安全隐患<sup>[34]</sup>。为此,有必要加强设备与医院信息系统的交互机制,确保用药信息的及时性与准确性<sup>[50]</sup>。同时,大力推行护士全周期参与的研发模式,确保技术在实现数据互通的同时,更贴合临床思维,优化护理体验。

另外, AI 对临床护理流程的介入也对护士的专业素养与伦理判断提出了新挑战。如何平衡护士自主判断与 AI 决策成为新的职业难题:部分护士因对技术原理认知不足,容易产生“被替代”的职业焦虑或信任危机;而过度依赖技术可能导致其批判性思维与临床推理能力弱化,使其从用药安全的把关人沦为被动的执行者<sup>[51]</sup>。对此,医疗机构应着力构建分级分类、科学合理的数字素养培训体系,强化护士的伦理辨别力和决策能力<sup>[49]</sup>;同时,明确 AI 作为辅助工具而非主导者的核心定位,帮助护士在拥抱 AI 的同时,始终坚守关怀与责任的护理核心价值。

**3.4 责任归属边界与卫生经济性** 随着 AI 与临床用药安全领域的整合,其衍生的伦理困境与安全责任问题凸显,亟需建立完善的治理机制。在法律责任层面,用药安全管理涉及多环节、多主体的协同,若医护人员使用配药机器人时出现操作失误,或决策支持系统未及时预警用药风险而导致患者伤害,责任应归属于设备供应商、算法开发者还是临床使用者,目前尚缺乏明确的法律界定与伦理框架<sup>[48]</sup>。未来可能需要根据不同 AI 使用者在临床用药安全管理中的权责及具体使用情景,确立清晰的责任机制。在经济效益层面, AI 相关技术与工具存在较高的购置和维护成本,医院在引进时往往面临巨大的资金压力。若缺乏充分的卫生经济学证据证明其长期价值,短期内又难以实现直接的经济回报,将制约此类创新设备的规模化落地<sup>[17]</sup>。因此,应通过技术迭代和规范化管理来优化成本效益结构,并开展长期、严谨的卫生经济学评价,量化 AI 在预防给药差错、降低护理负荷等方面的隐性价值,为 AI 设备的科学配置与推广提供实证支撑。

## 4 小结

AI 在护士用药安全管理中应用前景广阔,其逐步构建起覆盖全流程的数字化防线,推动了护士药物管理由经验驱动迈向数据驱动。但 AI 并不能替代护士,在人机协作新范式下,护士仍需承担核心决策角色,对算法建议进行批判性甄别。这不仅要求护士始终秉持关怀与责任的伦理自觉,也对其专业判断力与数字素养提出更高要求。当前,在用药安全领域仍需克服 AI 设备适配性不足、算法可解释性有限等挑战,未来尚需优化系统设计,推动技术迭代与创新用药安全管理模式的有机整合。同时,应加强护士 AI 素养的培育,助力其在人机交互中始终掌握主动权,让技术真正成为拓展护理智慧、保障患者安全的得力工

具。

## 参考文献:

- [1] 岳丽青, 钱招昕, 李冰玉, 等. 护士用药安全管理实践现状与思考[J]. 中国护理管理, 2024, 24(3): 321-325.
- [2] World Health Organization. Global patient safety report 2024 [EB/OL]. (2024-05-30) [2024-09-25]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240095458>.
- [3] World Health Organization. World patient safety day 2022 [EB/OL]. (2022-09-17) [2025-09-06]. <https://www.who.int/campaigns/world-patient-safety-day/2022>.
- [4] 禹菲菲, 贾少健, 李红, 等. 临床护士用药安全能力现状及影响因素的路径分析[J]. 护理学杂志, 2023, 38(14): 59-62, 80.
- [5] 王伟, 赵小静, 孔冬, 等. 护理用药过程中中断事件现状调查[J]. 中国护理管理, 2020, 20(3): 436-441.
- [6] Alqaraleh M, Almagharbeh W T, Ahmad M W. Exploring the impact of artificial intelligence integration on medication error reduction: a nursing perspective [J]. Nurse Educ Pract, 2025, 86: 104438.
- [7] He J, Baxter S L, Xu J, et al. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine [J]. Nat Med, 2019, 25(1): 30-36.
- [8] 伍亚舟, 陈锡程, 易东. 人工智能在临床领域的研究进展及前景展望[J]. 陆军军医大学学报, 2022, 44(1): 89-102.
- [9] Golder S, Xu D, O'Connor K, et al. Leveraging natural language processing and machine learning methods for adverse drug event detection in electronic health/medical records: a scoping review [J]. Drug Saf, 2025, 48(4): 321-337.
- [10] Sadr H, Nazari M, Khodaverdian Z, et al. Unveiling the potential of artificial intelligence in revolutionizing disease diagnosis and prediction: a comprehensive review of machine learning and deep learning approaches [J]. Eur J Med Res, 2025, 30(1): 418.
- [11] Li C, Li W, Shao Y, et al. A scoping review of artificial intelligence-based health education interventions for patients with type 2 diabetes [J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2025, 18: 3539-3552.
- [12] 国家卫生健康委办公厅, 国家发展改革委办公厅, 工业和信息化部办公厅, 等. 关于促进和规范“人工智能+医疗卫生”应用发展的实施意见 [EB/OL]. (2025-10-20) [2025-11-13]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202511/content\\_7047018.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202511/content_7047018.htm).
- [13] 董智勇, 李伟俊, 滕天立, 等. 自动化智能药柜在医院药品管理领域的应用概述[J]. 中国现代应用药学, 2023, 40(17): 2378-2383.
- [14] Svirsko A C, Norman B A, Hostetler S. Standardizing pharmaceutical delivery to reduce pharmacy costs while simultaneously reducing missing doses [J]. IISE Trans Healthcare Syst Eng, 2020, 10(1): 33-46.
- [15] 邢海花, 高琼琼, 杨小燕. 病区大输液智能药柜的研发与应用[J]. 中国医疗设备, 2024, 39(3): 80-85, 91.
- [16] Jeffrey E, Walsh Á, Hague J, et al. Comparing nursing medication rounds before and after implementation of automated dispensing cabinets: a time and motion study [J]. Explor Res Clin Soc Pharm, 2024, 16: 100504.
- [17] 袁星竹, 常承婷, 陈鑫容, 等. 护理机器人研发基础及使用现状综述[J]. 护理学杂志, 2024, 39(4): 108-112.
- [18] 刘大鹏, 方友华, 刘瞳. 机器人在医院“智慧物流”建设中的作用分析[J]. 重庆医学, 2024, 53(22): 3473-3475.
- [19] 郭美英, 沈志莹, 肖涛, 等. 智能化临床支持决策系统用于急诊分诊的研究进展[J]. 护理学杂志, 2021, 36(1): 109-112.
- [20] Amici L D, van Pelt M, Mylott L, et al. Clinical decision support as a prevention tool for medication errors in the operating room: a retrospective cross-sectional study [J]. Anesth Analg, 2024, 139(4): 832-839.
- [21] Chen Q, Wang L, Lin M, et al. Development and implementation of medication-related clinical rules for obstetrics, gynaecology, and paediatric outpatients [J]. Eur J Hosp Pharm, 2024, 31(2): 101-106.
- [22] 佟岩, 魏婷, 刘斌, 等. 儿童医院合理用药信息智能提示系统的构建及应用[J]. 儿科药学杂志, 2023, 29(7): 17-20.
- [23] Yalçın N, Kaşıkçı M, Çelik H T, et al. Development and validation of a machine learning-based detection system to improve precision screening for medication errors in the neonatal intensive care unit [J]. Front Pharmacol, 2023, 14: 1151560.
- [24] Rajakumar S, Rajah R, Thanimalai S, et al. Intravenous medication administration errors in hospitalised patients: an updated systematic review [J]. J Eval Clin Pract, 2025, 31(4): e70167.
- [25] Levin C, Orkaby B, Kerner E, et al. Can large language models assist with pediatric dosing accuracy? [J]. Pediatr Res, 2025, 98(5): 1760-1765.
- [26] Chan J, Nsumba S, Wortsman M, et al. Detecting clinical medication errors with AI enabled wearable cameras [J]. NPJ Digit Med, 2024, 7(1): 287.
- [27] Hao M L, Wang T, Zhu J Q, et al. Evaluation of external contamination on the vial surfaces of some hazardous drugs that commonly used in Chinese hospitals and comparison between environmental contamination generated during robotic compounding by IV: dispensing robot vs. manual compounding in biological safety cabinet [J]. J Oncol Pharm Pract, 2022, 28(7): 1487-1498.
- [28] 王冠元, 李文莉, 刘婧琳, 等. 全自动智能静脉用药调配机器人 ml300 在静脉用药调配中心的开发与应用[J]. 2025, 29(34): 7362-7368.
- [29] Teng R, Ding Y, See K C. Use of robots in critical care: systematic review [J]. J Med Internet Res, 2022, 24(5): e33380.
- [30] Amodeo I, Pesenti N, Raffaelli G, et al. Robotic therapy: cost, accuracy, and times. New challenges in the neonatal intensive care unit [J]. Front Pharmacol, 2019, 10: 1431.

- [31] 卢中凯,夏信堂. 自动配制静脉输液药物机器人的设计研究[J]. 中国设备工程,2024(1):26-29.
- [32] Chauhan H, Verma V, Gupta D, et al. IoT-based automatic intravenous fluid monitoring system for smart medical environment[J]. Int J Comput Appl Technol, 2021,66(2):154-164.
- [33] Hwang Y J, Kim G H, Kim M J, et al. Deep learning-based monitoring technique for real-time intravenous medication bag status[J]. Biomed Eng Lett, 2023, 13(4):1-10.
- [34] Giuliano K K, McDaniel P, Baker D. Optimizing patient safety: intravenous smart pump usability in acute and critical care[J]. AACN Adv Crit Care, 2025, 36(3):230-239.
- [35] Litvinova O, Yeung A W K, Hammerle F P, et al. Digital technology applications in the management of adverse drug reactions: bibliometric analysis[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2024, 17(3):395.
- [36] Barrett M A, Allen A, Vuong V T, et al. Impact of an artificial intelligence and machine learning enhanced electronic health record system on quality measures in nursing homes: a difference-in-differences analysis[J]. J Am Med Dir Assoc, 2025, 26(7):105680.
- [37] 张丽平,朱国强,苏丹. 以临床决策支持技术为基础构建的疼痛管理系统在儿科的应用[J]. 护理研究, 2023, 37(10):1853-1856.
- [38] Murphy R M, Klopotoska J E, Keizer N F de, et al. Adverse drug event detection using natural language processing: a scoping review of supervised learning methods[J]. PLoS One, 2023, 18(1):e0279842.
- [39] Härkänen M, Haatainen K, Vehviläinen-Julkunen K, et al. Artificial intelligence for identifying the prevention of medication incidents causing serious or moderate harm: an analysis using incident reporters' views[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(17):9206.
- [40] Seto R, Wakabayashi S, Takeyama Y, et al. Optimizing nursing records: exploring the impact of AI-enhanced documentation[J]. Stud Health Technol Inform, 2025, 329:678-682.
- [41] Hou S Y, Wu Y L, Chen K C, et al. Code-switching automatic speech recognition for nursing record documentation: system development and evaluation[J]. JMIR Nurs, 2022, 5(1):e37562.
- [42] 李谷维,骆金铠,张杰,等. 静脉输液质量监测闭环追踪系统的构建及应用[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(23):2829-2834.
- [43] 丁小容,肖一鸣,赖文娟,等. 基于5G全流程闭环管理的智慧护理服务模式[J]. 中国卫生质量管理, 2023, 30(10):10-14.
- [44] 甘粒,杨晓东,张志毅,等. 服务型机器人在医院药品配送场景中的应用管理与成效分析[J]. 中国卫生资源, 2020, 23(6):583-588.
- [45] 张文忠,季红,王宁,等. 智能配药机器人在临床药物配制中的应用研究进展[J]. 护理研究, 2023, 37(15):2760-2764.
- [46] Ali O, Abdelbaki W, Shrestha A, et al. A systematic literature review of artificial intelligence in the healthcare sector: benefits, challenges, methodologies, and functionalities[J]. J Innov Knowl, 2023, 8(1):100333.
- [47] 王绍源,杨东航,任宇东. 大语言模型在护理领域的应用场景与伦理探讨[J]. 护理学杂志, 2025, 40(5):108-113.
- [48] Birkholz L, Martin M, Barnum B, et al. Navigating artificial intelligence in nursing: an ethical exploration of benefits, risks, and educational shifts[J]. Nurs Outlook, 2025, 73(5):102520.
- [49] Buchanan C, Howitt M L, Wilson R, et al. Predicted influences of artificial intelligence on the domains of nursing: scoping review[J]. JMIR Nurs, 2020, 3(1):e23939.
- [50] Borrelli E P, Lucaci J D, Wilson N S, et al. Evaluating the impact of smart infusion pump interoperability on reducing medication administration errors: a systematic literature review[J]. Med Devices (Auckl), 2025, 18:247-260.
- [51] Allen K A, Costner-Lark A, Serratt T, et al. Artificial intelligence in advanced practice nursing education: opportunities and challenges[J]. J Am Assoc Nurse Pract, 2026, 38(2):102-107.

(本文编辑 宋春燕)