

人工智能在静脉治疗专科护理中的应用进展

杨珂影, 钱英, 金泓希, 单笑, 鲍伶倩, 邢宇博

摘要: 静脉治疗作为临床护理的关键环节, 其安全性与有效性直接影响患者预后。随着人工智能技术的快速发展, 静脉治疗专科护理正经历从经验主导型向智能精准型的转变。本文系统阐述人工智能在该领域的核心应用场景, 分析当前面临的挑战并提出应对策略, 以期为人工智能赋能静脉治疗专科护理的研究与实践提供参考。

关键词: 静脉治疗; 专科护理; 人工智能; 精准穿刺; 红外成像; 导管管理; 输液监控; 综述文献

中图分类号: R471 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2026.02.021

Advances of artificial intelligence in specialized nursing of intravenous therapy

Yang Keying, Qian Ying, Jin Hongxi, Shan Xiao, Bao Lingqian, Xing Yubo. School of Public Health and Nursing, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China

Abstract: Venous therapy, as a critical component of clinical nursing, directly impacts patient outcomes through its safety and efficacy. With the rapid development of artificial intelligence technologies, specialized venous therapy is undergoing a transformation from an experience-driven paradigm toward an intelligent and precision-oriented approach. This paper systematically elaborates the core application scenarios of artificial intelligence in intravenous therapy. It analyzes the existing challenges and proposes corresponding countermeasures, aiming to provide references for research and practice concerning AI-empowered specialty nursing in intravenous therapy.

Keywords: intravenous therapy; specialized nursing; artificial intelligence; precise puncture; infrared imaging; catheter management; infusion monitoring; literature review

静脉治疗是临床应用最广泛的护理操作之一, 涵盖静脉穿刺、输液管理、血栓预防及并发症监测等关键环节, 在疾病治疗和危重患者抢救中发挥着重要作用^[1]。据统计, 我国每年静脉治疗约 50 亿人次, 85% 的护士用于静脉治疗的工作时间超过 75%^[2]。传统静脉治疗高度依赖医护人员的操作技能与经验判断, 但受限于患者血管条件异质性、操作可视化不足及人为误差等因素, 静脉穿刺失败率、导管相关感染及血栓形成等风险仍居高不下^[3-4]。人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 指机器所展现出的, 能够感知环境、进行推理、学习并采取行动以实现特定目标的能力, 其目标是使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂任务, 包括学习、推理、知识表达、感知和决策等^[5]。机器学习 (Machine Learning, ML) 和深度学习 (Deep Learning, DL) 是 AI 的两个重要分支, 在医疗保健领域发挥着重要作用。具体而言, 机器学习是一类基于算法和统计模型的方法, 其核心在于使计算机从数据中自动学习规律, 以进行预测或智能决策; 而深度学习则是通过构建具有多层非线性处理单元的神经网络模型, 自动从原始数据中学习逐层抽象的特征表示, 实现对复杂模式的高效识别和预

测^[6]。近年来, AI 技术通过模拟人类认知过程进行信息处理与决策, 其强大的数据处理与自主学习能力, 在医疗领域开辟了广阔的应用前景^[7-8]。由此, 在 AI 技术迅猛发展、技术与工具持续迭代革新和多学科交叉融合的共同推动下, 未来静脉治疗专科护理向智能化、精细化、专科化方向纵深发展, 已成为实现高质量护理的必然趋势。本文对 AI 在静脉治疗专科护理中的应用进行综述, 以期对 AI 赋能静脉治疗专科护理的研究与实践提供参考。

1 AI 在静脉治疗专科护理中的核心应用场景

1.1 精准穿刺定位 近年来, AI 在静脉穿刺精准定位中展现出特定优势。Watanabe 等^[9]基于深度学习的超声图像处理系统可自动检测目标静脉与穿刺针位置, 通过融合霍夫变换等传统算法实现穿刺角度的实时计算, 研究显示, 其测量角度与临床专家判断的相关性达 0.847, 为穿刺操作提供量化角度参考。Brattain 等^[10]根据 AI 引导超声介入装置, 制作了一种手持设备, 通过 AI 辅助超声定位股静脉, 执行靶向电动针插入, 并协助导丝插入, 实现了从超声探头定位、穿刺点规划到进针路径引导的智能化操作, 在股静脉等深静脉穿刺场景中有效降低复杂血管通路建立的操作难度。Zhang 等^[11]基于 U-Net 改进机制的图像处理算法和改良剪枝算法研发的手背静脉智能注射机器人可自动检测手背静脉, 结合静脉深度、直径、曲度等多参数优化模型, 通过综合决策得到手背静脉的最佳注射点, 在自建手背静脉数据库中实现 96.73% 的有效注射。Takahashi 等^[12]开发

作者单位: 杭州师范大学公共卫生与护理学院 (浙江 杭州, 311121)

通信作者: 钱英, qianying06@163.com

杨珂影: 女, 硕士在读, 学生, yky172039@163.com

科研项目: 杭州师范大学教学建设与改革项目 (HSDJG202406-01)

收稿: 2025-08-07; 修回: 2025-10-13

和验证一种使用 AI 在超声图像上自动测量血管直径的系统,通过超声图像评估外周静脉,并为植入部位的选择提供建议。董丽丽等^[13]研制出基于深度学习的自动静脉穿刺机器人,既能有效规避误穿动脉、刺穿血管或误伤周围组织等风险,又能提高首次穿刺成功率,减少穿刺次数及置管并发症的发生,可较好地应用于医院、重大灾害或军事救援中。此外,AI 驱动的血管检测系统聚焦超声图像的血管直径自动化测量并实时提供穿刺点选择,提高临床护士决策效率,减少因血管评估误差导致的穿刺失败^[14]。虽然现有研究表明,AI 在辅助静脉穿刺中发挥着重要作用,但因样本代表性及结论普适性有待验证,未来需纳入多中心、大规模、高质量的数据对研究结果的可靠性和推广性进行进一步验证。

1.2 浅表静脉可视化 针对浅表静脉穿刺的可视化需求,近红外成像技术通过硬件与人工智能算法实现关键突破,被广泛用于精确的人体静脉穿刺^[15]。静脉成像技术基于近红外光与生物组织相互作用的原理,静脉中的脱氧血红蛋白在近红外光波段具有显著高于周围组织的吸收系数,而动脉中的氧合血红蛋白则呈现不同的特征吸收谱^[16],二者在近红外光谱区的特征性吸收差异,为静脉的可视化识别提供了关键基础。Xiang 等^[17]采集了 120 名受试者的 200 张图像,形成自定义的手背静脉图像库,分析了卷积核参数、红外光源参数、硬件参数和曝光时间等对不同深度血管成像的影响,构建了这些参数与血管深度之间的关联模型,设计出一种小型便携式的近红外静脉成像系统。结果表明,该系统不仅分割结果准确,而且可以以不同的厚度显示血管的深度信息。此外,高分辨率上肢静脉数据集与深度学习卷积神经网络算法的结合,可实现非约束临床环境下静脉图像的实时分割,可视化准确率达 96.7%^[18],该技术不仅提升了静脉可视化过程的实时性,更通过构建动态血管分布模型,为穿刺路径规划提供多维度解剖学数据支撑,推动了浅表静脉穿刺从“盲穿”模式向“可视-精准”模式的转型,在急诊、儿科等对穿刺效率要求较高的场景中具有重要应用价值。

1.3 全周期导管管理

1.3.1 导管并发症预警系统 当前,静脉通路的安全管理呈现出风险防控前置的趋势。得益于纳米传感、AI 算法等创新技术的融合,智能监测系统能够实时捕捉故障征兆,实现由被动处置向主动管理的模式转变,从而提升静脉治疗的安全性。Bosque^[19]基于模糊逻辑报警算法开发的静脉输液纳米技术监测系统由带有纳米技术多模态传感器的外周静脉导管、静脉泵和报警系统组成。当发生静脉管路压力升高、pH 值降低及血氧饱和度下降等参数变化时,该系统通过实时监测和 AI 算法,可预判即将发生的输液功能障碍(如导管堵塞或渗出),并据此触发警报,可有

效降低因输液故障导致组织损伤和继发感染的风险。Hsieh 等^[20]基于机器学习方法构建了预测血液透析管路相关并发症的智能模型,通过实时采集血流动力学数据,并运用 AI 模型进行分析,可预警动静脉狭窄或血栓形成事件,为临床团队提供早期干预依据。吕姣姣等^[21]基于 AI 技术开发了一款用于骨科患者的静脉血栓栓塞(Venous Thromboembolism, VTE)防治系统,可提高 VTE 的风险评估准确率,降低 VTE 的发生。姜珊等^[22]开发了外周静脉留置针并发症风险管理系统,该系统包括智能评估及决策提醒、巡视提醒、智能宣教、团队协作、知识库 5 个模块,应用该系统可降低外周静脉留置针并发症发生率、延长留置时长。

1.3.2 智能输液监控与闭环管理系统 AI 技术通过实时整合患者生理数据与临床信息,构建了覆盖输液全流程的智能监控与闭环管理系统,成为危重患者液体治疗精准化的核心支撑。在血流动力学动态调控领域,该技术能够实时监测血流动力学参数和患者的生理状态,实现静脉治疗方案的动态调整。具体而言,AI 辅助系统可依据患者个体化的数据信息,动态调节输液速度以及血管活性药物的剂量,为患者提供精准化的治疗策略^[23]。此外,AI 通过整合患者多参数信息,优化血流动力学治疗,已被应用于脓毒症患者的液体管理和血管加压药治疗^[24]。在透析治疗过程中,透析间期体质量增加(Interdialytic Weight Gain, IDWG)是血液透析患者液体管理的重要参数,过量的体质量增长与心血管风险增加密切相关^[25]。AI 通过集成可穿戴生物阻抗传感器和透析数据来预测液体超负荷并优化个体化透析处方,有望实现更好的液体平衡。未来,此类技术可拓展应用于静脉输液场景,通过建立“监测—评估—干预—再评估”的闭环控制体系,实时监测液体平衡状态,动态调整输液策略,为实现自动化液体管理奠定技术基础。

1.4 AI 在静脉治疗延伸场景中的应用

1.4.1 静脉营养管理 全肠外营养(Total Parenteral Nutrition, TPN)是通过静脉输注,为无法正常进食的患者快速补充必需营养物质的补给方式。对于胃肠道功能不全的早产儿,TPN 是其主要营养来源。传统 TPN 配置需要多学科团队合作,流程耗时,首先由医生评估患者的临床特征和实验室检查结果并开出医嘱,然后由营养师、药师进行审核,这个过程通常比较耗时。Phongpreecha 等^[26]基于机器学习算法开发了 TPN2.0 系统,其根据电子病历中的患者信息来优化和规范 TPN。该系统首先制定一组标准化的 TPN 配方,然后依据新生儿临床特征从中推荐最佳配方,可满足新生儿多样化的营养需求。该系统推荐的配方与专家意见的 Pearson 相关系数达 0.94,且已验证了其跨机构的适用性。此系统不仅可降低 TPN 的配制时间,还可根据患儿情况实现动态调整,降低 TPN

相关并发症的发生风险,为早产儿及有特殊营养需求的新生儿提供精准的营养支持。

1.4.2 静脉输注药物配制 AI 在静脉输注药物配制中的应用主要是自动化机器人的使用,可提高药物配制效率、降低药物残留和配制错误的发生率,保证配制溶液的稳定性^[27]。AI 通过分析患者生理数据、药物代谢动力学特征及遗传因素,可预测最佳药物组合与剂量方案^[28],实现静脉给药的个体化设计。AI 模型通过模拟药物在体内相互作用,提前规避静脉联合用药的配伍禁忌或毒性反应风险,基于患者数据优化给药参数,从而提高静脉药物的疗效和安全性^[29-30]。当前研究集中于自动化设备落地,个体化给药支持,未来需进一步探索静脉药物配制机器人场景适配性,以适应复杂药物的配制需求。

2 AI 应用于静脉治疗专科护理的挑战

2.1 静脉治疗专科护士角色转型困境

2.1.1 个体层面的适应与接纳困境 静脉治疗专科护士在为患者提供安全、高效的静脉治疗方面发挥重要作用。AI 在静脉治疗实践中的应用要求专科护士具备相应知识及使用新技术的能力,对 AI 生成的信息进行批判性评估,但当前护理教育课程中普遍缺乏 AI 技术的融入^[31-32],导致该护士群体面对 AI 的认知不足、技术应用焦虑以及因需额外投入时间学习新技术而产生负担等问题。建议在护理本科和研究生教育及继续教育中,增设医疗护理 AI 相关课程,让护士了解 AI 在静脉治疗等具体场景中的应用(如智能穿刺导航、导管路 AI 识别、输液速度智能监控),并将 AI 工具嵌入高仿真模拟训练中,提高护士 AI 素养和适应能力。

2.1.2 工作角色与职业价值层面的重构困境 随着 AI 在医疗保健领域的应用,护士需从任务“执行者”转变为 AI“监督者”。这一角色转型可能因职责划分模糊,以及护理人文价值与 AI“去人性化”特性间的潜在矛盾而引发护士的抵触情绪^[33]。有研究指出,AI 不能取代护士的人文关怀,而是通过分担常规任务,使护士能聚焦于高价值的临床判断和患者沟通,进而强化其专业职能^[32]。值得注意的是,静脉治疗专科护士的角色转型不仅需要个体完成“再技能化”以胜任专业要求,更亟需跨专业团队与医院管理层在认知与行动上给予支持,以化解因角色共识不足所引发的协作阻力,此为转型成功的关键保障^[34]。Li 等^[35]指出,缺乏相关支持时,专科护士可能出现角色定位模糊与自我效能感不足(如害怕决策失误、对新角色缺乏信心等)。未来护理职业的核心竞争力在于人机协作能力,亟需构建“AI 辅助+人类关怀”的新型照护模式。因此,AI 素养应被嵌入护理课程体系,课程设计需明确界定人机协作情境下的护理职责边界,并强化护理人文价值的核心地位,从而化解角色

冲突,巩固职业认同。

2.2 质量控制与临床实践脱节 尽管 AI 在静脉治疗领域展现出潜在优势,但在临床实际应用中仍面临一些挑战。一方面,AI 算法的有效性需基于大规模高质量的数据训练,而静脉治疗专科护理场景的复杂性和个体差异导致模型的泛化能力不足,许多 AI 算法的“黑箱”特性使得决策逻辑难以解释,这种不透明性会导致医护人员对 AI 结果产生疑虑,甚至拒绝采纳^[36]。在临床应用中,AI 模型存在可解释性与泛化性低的问题,引入可解释性 AI 技术^[37]可辅助医护人员理解模型决策逻辑。未来的研究应优先考虑将可解释性方法集成到 AI 系统中,以提高其临床接受度和可靠性。此外,Mudrik 等^[38]指出,AI 技术在 VTE 早期识别方面优于传统方法,但数据质量、模型透明度和法律监管缺失等因素仍是 AI 全面融入临床实践的重要制约因素。Lee 等^[39]提到纳入多中心数据集、整合时变数据、评估缺失值情况以及加强临床转化应用,可改善放射肿瘤学领域中用于优化患者诊疗流程的 AI 模型,且上述方法具有跨领域通用性,可迁移应用于多数以数据驱动+临床场景为核心的 AI 模型,但需结合具体领域的数据集特征、任务目标和临床需求进行调整。因此,建立大规模、多中心的数据集,对提高 AI 算法的稳健性和普适性具有重要价值。另一方面,现行护理质量评价体系侧重于静态结果评价,缺乏对护理质量核心人文维度如护患沟通、情感支持的动态过程评估,且难以有效纳入 AI 技术的实时反馈机制^[40]。未来护士应积极参与 AI 工具的设计、验证及伦理审查流程,确保在技术开发初期融入静脉治疗专科护理知识与核心价值,避免 AI 工具与实际需求偏离。

2.3 算法偏见与责任归属模糊 AI 系统透明性不足可能导致潜在算法偏差未能被有效识别,进而引发临床决策中的公平问题^[41],这种系统性偏差不仅直接损害患者健康权益,还会诱使临床护士因技术固有缺陷而承担非理性责任,最终导致医患信任体系崩塌。此外,AI 在静脉治疗质量控制中的决策责任归属尚未明确。当 AI 系统发生静脉输液相关不良反应漏报时,护士、技术开发者与医疗机构间的责任归属常引发争议。Johnson 等^[42]强调,AI 可能系统性放大临床决策错误的风险,亟需政策干预以填补法律监管漏洞。未来应建立清晰的责任追溯机制,并将 AI 伦理核心能力(如算法偏见防控与数据隐私保护)纳入护理伦理培训体系,重点培养护士将伦理原则应用于 AI 临床场景的能力,识别算法偏见对患者的潜在歧视风险、评估数据共享边界以保护患者隐私。

3 小结

AI 技术已初步应用于静脉治疗专科护理,包括 AI 辅助静脉穿刺定位、浅表静脉可视化、智能输液监

控进行实时监测及导管并发症预警系统等方面,可有效提升穿刺成功率,降低并发症风险,改善患者护理体验并减轻护士的操作负荷。但其应用也面临着诸多挑战,如专科护士角色转型困难、模型泛化能力不足、临床责任归属模糊等挑战。因此,未来在加强 AI 技术创新的同时,需结合临床实际需求,完善相关政策法规,明确人机协作边界,推动 AI 与静脉治疗护理实践深度融合,以提供更优质高效的护理服务。

参考文献:

- [1] 吴欣娟,丁炎明,郑一宁.我国 30 家三级甲等医院 2019 年—2020 年《静脉治疗护理技术操作规范》实施现状调查[J].中国护理管理,2022,22(9):1281-1284.
- [2] 陈浩芸,陈咏青,万光明,等.专科医院静脉护理现状[J].解放军医院管理杂志,2018,25(7):692-695.
- [3] 宋庆如,马颖,张馨曼.精益管理联合 PDCA 循环管理模式在慢性阻塞性肺疾病患者静脉治疗中的应用[J].齐鲁护理杂志,2021,27(11):162-165.
- [4] 徐丽萍,吴贞,邱秀芳,等.某省级中医医院住院患者静脉输液情况横断面调查[J].福建医药杂志,2020,42(3):125.封三.
- [5] Bhinder B, Gilvary C, Madhukar N S, et al. Artificial intelligence in cancer research and precision medicine[J]. Cancer Discov, 2021, 11(4):900-915.
- [6] Kumari J, Kumar E, Kumar D. A structured analysis to study the role of machine learning and deep learning in the healthcare sector with big data analytics[J]. Arch Comput Methods Eng, 2023, 30:3673-3701.
- [7] 商雪,邓欣欣,杨克虎,等.智慧医疗在心理健康服务领域应用现状研究综述[J].医学与社会,2024,37(11):81-87.
- [8] 马建辉,舒涛,刘晨曦,等.“生物-心理-社会-工程”医学模式探讨[J].医学与社会,2025,38(5):8-14.
- [9] Watanabe H, Fukuda H, Ezawa Y, et al. Automated angular measurement for puncture angle using a computer-aided method in ultrasound-guided peripheral insertion [J]. Phys Eng Sci Med, 2024, 47(2):679-689.
- [10] Brattain L J, Pierce T T, Gjestey L A, et al. AI-enabled, ultrasound-guided handheld robotic device for femoral vascular access[J]. Biosensors (Basel), 2021, 11(12):522.
- [11] Zhang G Y, Gao X N, Zhu Z F, et al. Determination of the location of the needle entry point based on an improved pruning algorithm[J]. Math Biosci Eng, 2022, 19(8):7952-7977.
- [12] Takahashi T, Nakagami G, Murayama R, et al. Automatic vein measurement by ultrasonography to prevent peripheral intravenous catheter failure for clinical practice using artificial intelligence: development and evaluation study of an automatic detection method based on deep learning[J]. BMJ Open, 2022, 12(5):e051466.
- [13] 董丽丽,王燕青,刘遥峰,等.基于深度学习的自动静脉穿刺机器人研制[J].医疗卫生装备,2020,41(6):52-56.
- [14] Abe-Doi M, Murayama R, Takahashi T, et al. Effects of ultrasound with an automatic vessel detection system using artificial intelligence on the selection of puncture points among ultrasound beginner clinical nurses[J]. J Vasc Access, 2024, 25(4):1252-1260.
- [15] He T, Guo C, Jiang L. Puncture site decision method for venipuncture robot based on near-infrared vision and multiobjective optimization[J]. Sci China Technol Sci, 2023, 66(1):13-23.
- [16] Kim K, Jeong H, Lee Y. Performance evaluation of dorsal vein network of hand imaging using relative total variation-based regularization for smoothing technique in a miniaturized vein imaging system: a pilot study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(4):1548.
- [17] Xiang W, Li D, Sun J, et al. FPGA-based two-dimensional matched filter design for vein imaging systems [J]. IEEE J Transl Eng Health Med, 2021, 9:1800510.
- [18] Laddi A, Goyal S, Himani, et al. Vein segmentation and visualization of upper and lower extremities using convolution neural network[J]. Biomed Tech (Berl), 2024, 69(5):455-464.
- [19] Bosque E M. Development of an alarm algorithm, with nanotechnology multimodal sensor, to predict impending infusion failure and improve safety of peripheral intravenous catheters in neonates[J]. Adv Neonatal Care, 2020, 20(3):233-243.
- [20] Hsieh W, Ku C C, Hwang H P, et al. Model for predicting complications of hemodialysis patients using data from the internet of medical things and electronic medical records[J]. IEEE J Transl Eng Health Med, 2023, 11:375-383.
- [21] 吕姣姣,毛雷音,史跃芳,等.基于人工智能技术的骨科 VTE 防治系统的开发与应用[J].护理学杂志,2024,39(3):36-38.
- [22] 姜珊,郭彩霞,郭立华,等.外周静脉留置针并发症风险管理系统的开发与应用[J].中华护理杂志,2025,60(8):908-913.
- [23] Coeckelenbergh S, Vincent J, Duranteau J, et al. Perioperative fluid and vasopressor therapy in 2050: from experimental medicine to personalization through automation[J]. Anesth Analg, 2024, 138(2):284-294.
- [24] Komorowski M, Celi L A, Badawi O, et al. The artificial intelligence clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care[J]. Nat Med, 2018, 24(11):1716-1720.
- [25] Bossola M, Mariani I, Strizzi C T, et al. How to limit interdialytic weight gain in patients on maintenance hemodialysis: state of the art and perspectives[J]. J Clin Med, 2025, 14(6):1846.
- [26] Phongpreecha T, Ghanem M, Reiss J D, et al. AI-guided precision parenteral nutrition for neonatal intensive care units[J]. Nat Med, 2025, 31(6):1882-1894.
- [27] Yang C, Ni X, Zhang L, et al. Intravenous compounding robots in pharmacy intravenous admixture services: a systematic review[J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(19):e33476.
- [28] Romm E L, Tsigelny I F. Artificial intelligence in drug treatment[J]. Annu Rev Pharmacol Toxicol, 2020, 60(1):353-369.
- [29] Shende P, Rodrigues B, Govardhane S. Diversified applications of self-assembled nanocluster delivery systems: a state-of-the-art review[J]. Curr Pharm Des, 2022, 28

(23):1870-1884.

[30] Heydari S, Masoumi N, Esmaeeli E, et al. Artificial intelligence in nanotechnology for treatment of diseases [J]. *J Drug Target*, 2024, 32(10):1247-1266.

[31] Tarsuslu S, Agaoglu F O, Bas M. Can digital leadership transform AI anxiety and attitude in nurses? [J]. *J Nurs Scholarsh*, 2025, 57(1):28-38.

[32] Stein M B, Jones-Schenk J. The future of nursing: navigating the AI revolution through education and training [J]. *J Contin Educ Nurs*, 2024, 55(3):108-109.

[33] Almagharbeh W T, Alfanash H A, Alnawafleh K A, et al. Application of artificial intelligence in nursing practice: a qualitative study of Jordanian nurses' perspectives [J]. *BMC Nurs*, 2025, 24(1):92.

[34] Yang F, Ho K Y, Lam K K W, et al. Facilitators and barriers to evidence adoption for central venous catheters post-insertion maintenance in oncology nurses: a multi-center mixed methods study [J]. *BMC Nurs*, 2024, 23(1):581.

[35] Li Y, Wang C, Tan W, et al. The transition to advanced practice nursing: a systematic review of qualitative studies [J]. *Int J Nurs Stud*, 2023, 144:104525.

[36] Wei Q, Pan S, Liu X, et al. The integration of AI in nursing: addressing current applications, challenges, and future directions [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2025, 12:

1545420.

[37] van der Velden B H M, Kuijff H J, Gilhuijs K G A, et al. Explainable artificial intelligence (XAI) in deep learning-based medical image analysis [J]. *Med Image Anal*, 2022, 79:102470.

[38] Mudrik A, Efros O. Artificial intelligence and venous thromboembolism: a narrative review of applications, benefits, and limitations [J]. *Acta Haematol*, 2025, 148(5):556-565.

[39] Lee S H, Geng H, Xiao Y. Radiotherapy standardisation and artificial intelligence within the National Cancer Institute's Clinical Trials Network [J]. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*, 2022, 34(2):128-134.

[40] Vasquez B, Moreno-Lacalle R, Soriano G P, et al. Technological machines and artificial intelligence in nursing practice [J]. *Nurs Health Sci*, 2023, 25(3):474-481.

[41] Irwin P, Rehman S, Fealy S, et al. Empowering nurses — a practical guide to artificial intelligence tools in healthcare settings: discussion paper [J]. *Contemp Nurse*, 2025, 61(2):203-213.

[42] Johnson E A, Dudding K M, Carrington J M. When to err is inhuman: an examination of the influence of artificial intelligence-driven nursing care on patient safety [J]. *Nurs Inq*, 2024, 31(1):e12583.

(本文编辑 赵梅珍)

(上接第 15 页)

参考文献:

[1] Morandin-Ahuerma F. What is artificial intelligence? [J]. *Int J Res Publ Rev*, 2022, 3(12):1947-1951.

[2] 王青, 丁晓彤, 罗忠琛, 等. 人工智能在护理质量管理中的应用进展 [J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(23):2933-2939.

[3] Noorbakhsh-Sabet N, Zand R, Zhang Y, et al. Artificial intelligence transforms the future of health care [J]. *Am J Med*, 2019, 132(7):795-801.

[4] Davis F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology [J]. *MIS Quarterly*, 1989, 13(3):319-340.

[5] Abuzaid M M, Elshami W, Fadden S M. Integration of artificial intelligence into nursing practice [J]. *Health Technol (Berl)*, 2022, 12(6):1109-1115.

[6] Labrague L J, Aguilar-Rosales R, Yboa B C, et al. Student nurses' attitudes, perceived utilization, and intention to adopt artificial intelligence (AI) technology in nursing practice: a cross-sectional study [J]. *Nurse Educ Pract*, 2023, 73:103815.

[7] Rony M K K, Kayesh I, Bala S D, et al. Artificial intelligence in future nursing care: exploring perspectives of nursing professionals: a descriptive qualitative study [J]. *Heliyon*, 2024, 10(4):e25718.

[8] Yilmaz D, Uzelli D, Dikmen Y. Psychometrics of the Attitude Scale towards the use of Artificial Intelligence Technologies in Nursing [J]. *BMC Nurs*, 2025, 24(1):151.

[9] Worthington R L, Whittaker T A. Scale development research [J]. *Couns Psychol*, 2006, 34(6):806-838.

[10] 王克芳, 徐东娟, 王雅琦. 护理领域量表类论文问题分析及建议 [J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(3):287-291.

[11] 王春枝, 斯琴. 德尔菲法中的数据统计处理方法及其应用研究 [J]. *内蒙古财经学院学报(综合版)*, 2011, 9(4):92-96.

[12] 吴明隆. 问卷统计分析实务: SPSS 操作与应用 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2010:172-275.

[13] Fink A, Kosecoff J, Chassin M, et al. Consensus methods: characteristics and guidelines for use [J]. *Am J Public Health*, 1984, 74(9):979-983.

[14] 张晨, 周云仙. 我国护理测量工具文献中内容效度指数应用误区分析 [J]. *护理学杂志*, 2020, 35(4):86-88, 92.

[15] 温忠麟, 侯杰泰, 马什赫伯特. 结构方程模型检验: 拟合指数与卡方准则 [J]. *心理学报*, 2004, 36(2):186-194.

[16] Souza A C, Alexandre N M C, Guirardello E B. Psychometric properties in instruments evaluation of reliability and validity [J]. *Epidemiol Serv Saude*, 2017, 26(3):649-659.

[17] 史静琤, 莫显昆, 孙振球. 量表编制中内容效度指数的应用 [J]. *中南大学学报(医学版)*, 2012, 37(2):152-155.

[18] Grassini S. Development and validation of the AI Attitude Scale (AIAS-4): a brief measure of general attitude toward artificial intelligence [J]. *Front Psychol*, 2023, 14:1191628.

[19] Cai J, Xu Z, Sun X, et al. Validity and reliability of the Chinese version of Threats of Artificial Intelligence Scale (TAI) in Chinese adults [J]. *Psicol Reflex Crit*, 2023, 36(1):5.

(本文编辑 赵梅珍)