

数字健康技术在谵妄患者应用的研究进展

王颖^{*}, 张宝樱, 王莹莹, 刘锦泉

空军军医大学第二附属医院麻醉手术科, 陕西 西安 710038

DOI:10.61369/MRP.2026050031

摘要 : 谵妄是重症监护室及围手术期患者最常见的急性神经精神综合征, 发病率高且与不良预后密切相关。近年来, 数字健康技术为谵妄的连续监测与精准管理提供了创新解决方案。本文系统综述了数字健康技术在谵妄监测预警与精准干预中的应用进展, 深入探讨多模态数据融合与智能决策支持的潜在机制, 旨在突破传统床边评估的时空局限性, 为构建覆盖全流程的智能化管理体系提供新的理论依据与研究思路。

关键词 : 数字健康技术; 谵妄; 研究进展

Research Progress in the Application of Digital Health Technologies in Delirium Patients

Wang Ying^{*}, Zhang Baoying, Wang Yingying, Liu Jinquan

Department of Anesthesia and Surgery, the Second Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an, Shaanxi 710038

Abstract : Delirium is the most prevalent acute neuropsychiatric syndrome among patients in intensive care units and during the perioperative period, with a high incidence rate and a strong correlation with adverse outcomes. In recent years, digital health technologies have provided innovative solutions for continuous monitoring and precise management of delirium. This paper systematically reviews the progress in the application of digital health technologies in the early warning and precise intervention of delirium, and delves into the potential mechanisms of multimodal data fusion and intelligent decision support. It aims to overcome the temporal and spatial limitations of traditional bedside assessments and provide new theoretical foundations and research ideas for constructing an intelligent management system that covers the entire process.

Keywords : digital health technologies; delirium; research progress

谵妄是一种急性发作的以脑功能障碍为特征的综合征, 其症状表现为精神状态的急性改变或波动、注意力缺失、思维紊乱及意识水平改变^[1]。老年患者是谵妄的高发人群, 该病症在各类医疗机构的住院老年群体中较为常见, 其患病率约为23.6%, 发生率为13.5%^[2]。谵妄由于易患因素、诱发因素等不同, 导致其在病程演变、表现形式、严重程度等方面存在差异, 更严重的谵妄可导致患者住院时间延长、死亡率增加、认知功能下降等^[3-5]。传统谵妄评估与管理依赖人工观察和间歇性量表, 受限于主观性强、评估频次有限、工作负担重, 常致识别延迟与干预滞后, 相比之下, 数字健康技术则通过全天候、客观的动态监测, 精准捕捉早期生理与行为异常, 不仅提升评估准确性, 更支持及时干预, 推动谵妄管理从“被动应对”向“主动预警”转变^[6,7]。因此, 本文系统梳理了国内外数字健康技术在谵妄患者管理中的应用现状, 旨在为该技术在谵妄全程管理中的优化应用与实践推广提供参考与建议。

一、数字健康

世界卫生组织在《2020-2025年数字卫生保健全球战略》草案^[8]中将数字健康定义为利用数字技术改善卫生的知识与实践, 该文件强调数字健康技术通过人工智能、大数据等手段, 不仅能提升诊疗精度与患者自主管理能力, 更通过构建互联互通的数据系统, 显著增强了卫生体系在应对突发公共卫生事件中的韧性。数字

健康是指通过预防性服务与治疗、患者及医护人员教育、科研活动以及疾病追踪监测等多种信息通信技术手段, 实现消费者医疗照护参与的综合体系^[9,10]。其技术应用涵盖电子健康记录 (Electronic Health Records, EHR)、远程医疗、机器人技术、电子健康服务, 以及依托智能手机、可穿戴设备、应用程序和各类监测装置实现的移动医疗^[11-13]。人工智能与机器学习 (Machine Learning, ML) 等新兴技术在数字健康服务中发挥着关键作用,

通讯作者: 王颖, 邮箱: wangyingjy98@126.com

能有效降低医疗差错、提升安全性和服务质量^[14]。

(一) ML 预测模型

ML 预测模型是一种利用数学或统计学方法，通过整合患者的多个特征（如年龄、症状、检验指标、影像学特征等），来估算该患者当前患有某种疾病的可能性或未来发生某种不良结局的风险的工具^[15]，构建精准、高效的预测模型以实现早期筛查与个体化干预，具有重要的临床价值。王小锋等^[16]在 277 例全髌关节置换术患者中，利用 Boruta 算法筛选出 8 个关键围术期变量（包括麻醉时间、C 反应蛋白、年龄、肌松药及吸入麻醉药用量等），并系统比较 6 种 ML 算法，最终证实经夏普利加性解释的极端梯度提升（eXtreme Gradient Boosting, XGBoost）模型预测性能最优，并开发了在线应用以辅助临床决策。石金云等^[17]在 905 例老年非心脏手术患者中，通过 Lasso 回归筛选 10 个特征变量，对比 4 种 ML 模型，发现随机森林在区分度和校准度方面表现最佳，且手术时间被识别为最重要预测因子。Xiao Yi Hu 等^[18]纳入 531 例全身麻醉手术患者，基于 Lasso 筛选的 8 个变量构建了逻辑回归、随机森林、XGBoost 和支持向量机四种模型，通过 Brier 评分校准后，确定逻辑回归模型为最优，并转化为临床可用的列线图。Chie Nagata 等^[19]针对 123 例心血管手术患者，比较多种 ML 算法，发现极端随机树模型受试者工作特征曲线下面积（Area Under the Curve, AUC）最高（0.76），而 XGBoost 模型敏感性最佳（0.67），其关键预测因子聚焦于术前认知功能、日常生活能力及肾功能等。此外，Liang Li 等^[20]在 532 例老年髌部骨折患者中，整合 Lasso、支持向量机与随机森林进行特征筛选，成功构建了一个具有强判别力和良好校准度的列线图预测模型。Caitlin E. Coombes 等^[21]则另辟蹊径，利用重症监护医学信息数据库 III（Medical Information Mart for Intensive Care, MIMIC-III）数据库中 48451 例重症监护室（Intensive Care Unit, ICU）患者的 EHR，创新性地以 31 项临床操作（如约束、导尿等）作为代理标签来定义谵妄，并构建逻辑回归模型（AUC=0.83），展示了利用真实世界诊疗行为数据进行大规模预测的可行性。除了静态的术前或术中预测，动态预测模型也日益受到重视。Contreras 等^[22]利用 ICU 患者的 EHR，测试了 XGBoost、分类提升和门控循环单元等多种算法，以整合随时间变化的生命体征与实验室指标，提供更实时的风险预警。在此基础上，Pratik R. Chhatbar 等^[23]进一步提出了一种基于 Transformer 架构的模型，通过处理术中多变量时间序列数据，在极具挑战性的低发病率（8.27%）预测任务中取得了 AUC=0.774 的性能，显著优于传统方法，凸显了深度学习在捕捉复杂时序动态特征方面的巨大潜力。然而，当前研究仍存在若干局限性，多数模型缺乏外部验证，其泛化能力有待在多中心、更大规模的队列中检验。

(二) 智能信息系统

智能系统正被广泛应用于谵妄的预防、识别与管理，旨在通过自动化、数据驱动和循证化的方式重塑临床照护路径。其中，

基于规则的临床决策支持系统（Clinical Decision Support System, CDSS）是目前临床应用较为成熟的形式。张山等^[24]的研究清晰地阐释了这一范式，其核心架构由知识库、推理机和人机交互界面三部分构成，知识库存储了源自指南与专家共识的结构化知识，如重症监护病房意识模糊评估法（Confusion Assessment Method for the ICU, CAM-ICU）评估规则、危险因素及集束化干预措施；推理机则将患者实时数据与知识库的规则匹配，自动触发预警与建议；人机交互通过通信模块实现双向互通，既将决策结果、建议及警示等信息输出给使用者，又支持病人数据的输入。而薛瑾等^[25]构建的 ICU 谵妄管理 CDSS 正是其成功实践，该系统实现了风险自动评估、早期预警与决策提醒，有效规范了护理流程。类似地，曹芳^[26]设计的肝移植术后谵妄信息管理系统，不仅整合了评估与预警功能，还解决了临床中“识别率低、数据记录存储不便”等痛点，其全面的功能测试验证了系统的稳定性与实用性，此类系统的优势在于逻辑透明、可解释性强，易于被医护人员理解和信任，并能无缝嵌入 workflow 提供即时支持。更先进的系统正探索更全面的干预模式。例如，Rippon 等^[27]人开发的谵妄早期监测系统不仅包含评估模块，还集成了用于认知刺激的视频和可定制的警报（如提醒感官支持、疼痛评估），以支持非专业人员进行标准化照护。同时，Zhang 等^[6]人强调，采用干预措施描述与复制模板（Template for Intervention Description and Replication, TiDieR）清单等工具来标准化报告此类复杂干预的细节，对于确保研究的可重复性和临床推广至关重要。尽管前景广阔，智能系统在谵妄领域的广泛应用仍面临挑战：临床工作流的深度整合、跨系统数据互操作性、算法偏见与数据隐私等伦理问题。未来研究亟需通过严格的前瞻性、多中心随机对照试验，证实这些系统不仅能提升筛查依从性等过程指标，更能切实降低谵妄发生率、死亡率及医疗成本等硬性终点。

(三) 移动应用程序

移动健康（Mobile Health, mHealth）技术正深刻变革谵妄的防治范式。基于智能手机和平板电脑的应用程序（Application, App）凭借其便捷性与互动性，在三大方向展现出巨大潜力：认知训练、智能评估与协同支持。在认知训练方面，研究证实多组分非药物干预是预防谵妄的有效策略。肖焯怡等^[28]通过整合多个免费 App（如“口算大神”），对老年髌部骨折患者进行系统性认知域训练，以游戏化形式显著提升依从性并降低术后谵妄发生率。类似地，Maricel Garrido 等^[29]设计开发的 PREVEDEL 软件为住院老年患者提供定向信息和多维度认知刺激模块，旨在通过日常激活维持大脑功能储备。在智能评估方面，Apps 正改变传统手动筛查模式，有研究者开发了基于 CAM-ICU 标准的电子化工具，如 iOS 平台的 UB-CAM App^[30]和专用谵妄筛查 App^[31]，以标准化流程提高筛查效率。李淑杰团队针对 ICU 机械通气患者开发的智能沟通微信小程序，通过图文语音交互有效解决沟通障碍，不仅改善了护患沟通，还间接支持了谵妄的早期识

别与非药物干预^[32]。在协同支持方面, Apps构建了家庭-患者-医护的桥梁。龚婷等^[33]的荟萃分析结果显示, 视频探视能显著提升满意度并降低ICU患者谵妄发生率。通过智能手机或平板电脑进行的视频通话, 使远方的亲人能够“进入”ICU, 给予患者情感慰藉、现实定向(如告知日期、地点)和心理支持, 这对于维持患者的认知稳定至关重要。一项家庭中心的谵妄干预研究^[34]也证实了这一点, 研究中患者平均每次视频通话时长近25分钟, 最长达4小时, 且未观察到任何不良反应, 充分证明了其安全性和可行性。此外, 李子镱^[35]发现, 允许ICU患者使用个人智能手机可使谵妄发生率从52.70%显著降至33.75%, 表明维持社交连接与娱乐活动具有明确的保护作用。综上, 移动App不仅是技术工具, 更代表了一种以患者为中心、强调主动参与和多维支持的全新照护理念, 为谵妄防治提供了创新且高效的解决方案。

(四) 计算机算法

随着EHR的普及和人工智能技术的发展, 计算方法为解决谵妄高漏诊率问题提供了新路径。研究者正利用自然语言处理从海量临床文本中自动识别谵妄。Sunyang Fu等^[36]基于混淆评估法框架开发的NLP-CAM以及NLP-mCAM算法, 从英文临床笔记中自动识别谵妄核心特征, NLP-CAM算法在独立测试中敏感度达91.9%、特异度达100.0%, NLP-mCAM算法在独立测试中敏感度达82.7%、特异度达91.3%, 当应用于大规模的患者时, 这两种算法筛选谵妄患者的能力显著优于ICD编码方法。针对中文语境, Ling Chen等^[37]构建含122个关键词的半自动化筛查谵妄的工具, 在779例老年患者中, 谵妄筛查工具的AUC为0.79, 为资源有限的医疗机构提供了可行的初筛方案。此外, Cameron Green等^[38]开发了一种名为“爱丁堡谵妄测试盒(Edinburgh Delirium Test Box, EDTB-ICU)”的新型计算机化测试来识别谵妄患者, 其识别结果与CAM-ICU谵妄诊断高度一致, 且能捕捉症状波动, 克服了传统评估受语言或通气限制的缺陷。综上, 自然语言处理、关键词筛查与计算机化测试正从多维度推动谵妄识别向高效、客观与可扩展方向演进。

(五) 智能可穿戴设备

智能可穿戴设备, 特别是基于加速度计的活动记录仪, 凭借其无创、连续监测运动行为的能力, 已成为谵妄客观检测的重要工具。多项研究已验证其可行性。Anis Davoudi MSc等^[39]开展了一项关于可穿戴加速度计设备在谵妄患者中应用的系统性综述, 其纳入的研究中有8项研究的患者将加速度计佩戴于腕部, 另有6项研究采用大腿中部佩戴该设备, 其结果显示, 这类设备能够检测谵妄患者与非谵妄患者的生理活动模式差异, 通过量化分析这些差异, 研究者们不仅能更深入地理解谵妄对患者精神运动特征的影响, 还能用于谵妄的早期识别及亚型判定。然而, ICU环境中由护理操作引起的非自主活动是干扰数据解读的主要挑战。为应对这一难题, Abdullah Ahmed等^[40]针对急性脑出血患者, 在双侧手腕同时佩戴加速度计, 利用偏瘫导致的肢体活动不对称性

作为生物标志物, 并结合机器学习算法(如XGBoost), 成功构建了高精度的谵妄自动识别模型。这种“可穿戴传感器+机器学习”的融合范式, 能够挖掘复杂、非线性的活动模式, 实现自动化预警。未来, 可穿戴设备将向多模态融合、智能化与无感化方向演进, 深度赋能谵妄等神经精神障碍的动态监测与精准干预, 成为推动智慧医疗发展的关键支撑。

(六) 虚拟现实

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术作为一种新兴的非药物干预手段, 在ICU及围手术期患者谵妄预防中展现出独特价值, 其沉浸性、交互性与想象性特征, 能构建安全可控的虚拟环境, 有效改善患者体验。现有研究从量化与质性双重视角证实了其效果, 王志静^[41]的随机对照试验结果显示, 对接受腹腔镜结肠手术的老年患者实施VR术前访视(模拟手术及麻醉流程), 可将其术后谵妄发生率从33.33%显著降至11.76%, 通过高度逼真的情景模拟, VR能有效缓解患者对手术和麻醉未知的恐惧与焦虑, 以降低术后应激反应和谵妄风险。李佳欣等^[42]开展的一项质性研究了解了ICU患者应用VR技术预防谵妄的体验和感受, 其结果表明VR技术不仅可以通过多项非药物干预措施有效预防谵妄的发生, 更在主观层面为患者带来显著获益: 不仅给患者带来“幸福与愉悦”的正向情绪、有效转移疼痛不适, 还能通过VR催眠改善睡眠质量, 并帮助患者“重获自我控制感”, 激发康复信念与回归生活的渴望。宋娇等^[43]的综述进一步指出, VR作为多组分非药物干预的重要组成部分, 具有降低谵妄风险、改善患者体验的巨大潜力, 然而, 在安全性方面仍需关注其潜在不良反应, VR终端设备在佩戴过程中可能不同程度地诱发患者出现晕动症, 临床表现包括头痛、恶心、呕吐、出汗及疲劳等不适症状, 需在临床应用上予以重视。未来, 随着数字医疗技术的持续进步与循证基础的不间断夯实, VR有望从辅助性干预工具逐步发展为危重症与围手术期患者心理支持与认知保护的核心组成部分。在确保安全性与个体化应用的前提下, 虚拟现实技术将为实现“以患者为中心”的高质量、人性化医疗照护提供创新路径。

二、小结与展望

本文系统梳理了六大类数字健康技术的应用现状, 目前, 数字健康技术已形成涵盖ML预测模型、智能信息系统、移动Apps、计算机算法、可穿戴设备客观识别以及VR技术干预的多维度、多层次的技术体系。这些技术共同构成了一个“风险预测-早期识别-动态监测-精准干预”系统性的数字化谵妄管理体系。

然而, 该领域的临床转化仍面临多重挑战。首先, 多数预测模型和智能系统缺乏严格的外部验证与多中心随机对照试验证据, 其泛化能力与对关键临床结局(如死亡率、医疗成本)的影响尚需进一步验证。其次, 技术与临床工作流程的融合尚浅, 不

仅可能导致“警报疲劳”，还可能进一步加重医护人员的工作负担。再者，“数据孤岛”问题限制了高质量、标准化数据集的构建与共享，而算法偏见与患者隐私保护等伦理问题亦需审慎对待。

未来，数字健康技术在谵妄管理中的发展应聚焦于以下方向：开展大规模、多中心的前瞻性随机对照试验，以客观临床结局指标验证各类技术的有效性 with 成本效益；构建“多模态数据融合”的智能平台，整合可穿戴设备的生理信号、EHR 的临床数

据、App 的行为日志及 VR 的干预反馈，形成更全面的动态健康画像；设计以患者为中心的系统，确保技术无缝嵌入现有的临床工作，并通过人机协同模式增强而非取代医护人员的专业判断；制定数据采集、模型开发与干预报告的统一标准，并完善相关伦理与监管制度，以保障数字健康技术的安全、公平与可靠应用。综上所述，数字健康技术有望最终实现谵妄防治的智能化、个体化与闭环化管理。

参考文献

- [1] Neufeld KJ, Thomas C. Delirium: definition, epidemiology, and diagnosis[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2013, 30(5): 438–442.
- [2] Wu CR, Chang KM, Traylor V, et al. Global incidence and prevalence of delirium and its risk factors in medically hospitalized older patients: A systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Nurs Stud*, 2025, 162: 104959.
- [3] Salluh JJ, Wang H, Schneider EB, et al. Outcome of delirium in critically ill patients: systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ*, 2015, 350: h2538.
- [4] Witlox J, Eurelings LS, de Jonghe JF, et al. Delirium in elderly patients and the risk of postdischarge mortality, institutionalization, and dementia: a meta-analysis[J]. *JAMA*, 2010, 304(4): 443–451.
- [5] Mitchell ML, Shum DHK, Mihala G, et al. Long-term cognitive impairment and delirium in intensive care: A prospective cohort study. *Aust Crit Care*. 2018;31(4):204–211.
- [6] Zhang S, Cui W, Wu Y, et al. Description of an individualised delirium intervention in intensive care units for critically ill patients delivered by an artificial intelligence-assisted system: using the TIDieR checklist. *J Res Nurs*. 2024;29(2):112–124.
- [7] Fliegenschmidt J, Hulde N, Preising MG, et al. Leveraging artificial intelligence for the management of postoperative delirium following cardiac surgery[J]. *Eur J Anaesthesiol Intensive Care*, 2022, 2(1): e0010.
- [8] World Health Organization. Global strategy on digital health 2020–2025[EB/OL]. Geneva: WHO, 2021. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/344249/9789240020924-eng.pdf>
- [9] Rodriguez JA, Clark CR, Bates DW. Digital health equity as a necessity in the 21st Century Cures Act era[J]. *JAMA*, 2020, 323(23): 2381–2382.
- [10] World Health Organization. WHO guideline: Recommendations on digital interventions for health system strengthening[EB/OL]. Geneva: WHO, 2019. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311941/9789241550505-eng.pdf>.
- [11] Scott BK, Miller GT, Fonda SJ, et al. Advanced digital health technologies for COVID-19 and future emergencies[J]. *Telemed E Health*, 2020, 26(10): 1226–1233.
- [12] Senanayake B, Tyagi N, Zhou X, et al. Workforce readiness and digital health integration[M]//Sandhu K. Opportunities and challenges in digital healthcare innovation. Hershey: IGI Global, 2020: 170–185.
- [13] Smith B, Magnani JW. New technologies, new disparities: The intersection of electronic health and digital health literacy[J]. *Int J Cardiol*, 2019, 292: 280–282.
- [14] Dunn P, Hazzard E. Technology approaches to digital health literacy[J]. *Int J Cardiol*, 2019, 293: 294–296.
- [15] Collins GS, Reitsma JB, Altman DG, et al. Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): The TRIPOD statement[J]. *Br J Surg*. 2015;102(3):148–158.
- [16] 王小锋, 蔡宁, 王建彭, 等. 基于机器学习构建全髋置换术患者术后谵妄风险的预测模型[J]. *临床麻醉学杂志*, 2025, 41(10):1021–1027.
- [17] 石金云, 陈荣, 李文媛, 等. 基于不同机器学习方法构建非心脏手术老年患者术后谵妄预测模型[J]. *临床麻醉学杂志*, 2025, 41(03):240–245.
- [18] Hu XY, Liu H, Zhao X, et al. Automated machine learning-based model predicts postoperative delirium using readily extractable perioperative collected electronic data. *CNS Neurosci Ther*. 2022;28(4):608–618.
- [19] Nagata C, Hata M, Miyazaki Y, et al. Development of postoperative delirium prediction models in patients undergoing cardiovascular surgery using machine learning algorithms. *Sci Rep*. 2023;13(1):21090.
- [20] Li L, Sheng WW, Song LJ, et al. Developing a nomogram for postoperative delirium in elderly patients with hip fractures[J]. *World J Psychiatry*, 2025, 15(3): 102117.
- [21] Coombes CE, Coombes KR, Fareed N. A novel model to label delirium in an intensive care unit from clinician actions. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2021;21(1):97.
- [22] Contreras M, Silva B, Shickel B, et al. Dynamic Delirium Prediction in the Intensive Care Unit using Machine Learning on Electronic Health Records. *IEEE EMBS Int Conf Biomed Health Inform*. 2023;2023:10.1109/bhi58575.2023.10313445.
- [23] Giesa N, Sekutowicz M, Rubarth K, et al. Applying a transformer architecture to intraoperative temporal dynamics improves the prediction of postoperative delirium. *Commun Med (Lond)*. 2024;4(1):251.
- [24] 张山, 崔薇, 吴瑛. 以智能化谵妄护理临床决策辅助支持系统为例探讨规则驱动的临床护理决策支持系统的基本组成[J]. *护理研究*, 2022, 36(24):4464–4468.
- [25] 薛瑾, 王清, 蒋玲, 等. ICU 患者谵妄管理临床决策支持系统的构建与应用研究[J]. *中华护理杂志*, 2023, 58(09):1037–1042.
- [26] 曹芳. 肝移植术后患者谵妄状况信息管理系统设计与实现[D]. 中南大学, 2022.DOI:10.27661/d.cnki.gzhnu.2022.003689.
- [27] Rippon D, Milisen K, Detroyer E, et al. Evaluation of the delirium early monitoring system (DEMS). *Int Psychogeriatr*. 2016;28(11):1879–1887.
- [28] 肖煜煌. 移动应用辅助认知功能训练在预防老年髋部骨折患者术后谵妄的应用研究[D]. 云南中医药大学, 2024.DOI:10.27460/d.cnki.gzyz.2024.000411.

- [29] Garrido M, Álvarez E, Salech F, et al. Software-guided (PREVEDEL) cognitive stimulation to prevent delirium in hospitalised older adults: study protocol. *BMC Geriatr.* 2023;23(1):472.
- [30] Kuzmik A, Hannan J, Boltz M, et al. A pilot study testing the iOS UB-CAM delirium app. *J Am Geriatr Soc.* 2023;71(6):1999-2002.
- [31] Armstrong B, Habtemariam D, Husser E, et al. A mobile app for delirium screening. *JAMIA Open.* 2021;4(2):ooab027.
- [32] 李淑杰, 高文慧, 孙雪莲, 等. ICU机械通气患者智能沟通微信小程序的临床应用 [J]. *护理学杂志*, 2025, 40(11): 49-52.
- [33] 龚婷, 陈思锋, 莫春兰. 视频探视在重症监护病房中应用效果 Meta分析 [J]. *实用临床医学*, 2024, 25(04): 100-106. DOI:10.13764/j.cnki.lcsy.2024.04.025.
- [34] Trabert J, Schenk A, Golbach R, et al. Family-centered delirium prevention and treatment using video calls: the FACE Delirium trial. *Eur Geriatr Med.* 2023;14(6):1353-1357.
- [35] 李子镜. 智能手机的使用对ICU患者谵妄的影响研究 [D]. 昆明医科大学, 2024. DOI: 10.27202/d.cnki.gkmyc.2024.000939.
- [36] Fu S, Lopes GS, Pagali SR, et al. Ascertainment of delirium status using natural language processing from electronic health records[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2022, 77(3): 524-530.
- [37] Chen L, Li N, Zheng Y, et al. A novel semiautomatic Chinese keywords instrument screening delirium based on electronic medical records[J]. *BMC Geriatr.* 2022, 22(1): 779.
- [38] Green C, Hendry K, Wilson ES, et al. A Novel Computerized Test for Detecting and Monitoring Visual Attentional Deficits and Delirium in the ICU. *Crit Care Med.* 2017;45(7):1224-1231.
- [39] Davoudi A, Manini TM, Bihorac A, Rashidi P. Role of Wearable Accelerometer Devices in Delirium Studies: A Systematic Review. *Crit Care Explor.* 2019;1(9):e0027.
- [40] Ahmed A, Garcia-Agundez A, Petrovic I, et al. Delirium detection using wearable sensors and machine learning in patients with intracerebral hemorrhage. *Front Neurol.* 2023;14:1135472.
- [41] 王志静. 虚拟现实技术对老年患者腹腔镜结直肠手术后谵妄的影响 [D]. 中国医科大学, 2024. DOI: 10.27652/d.cnki.gzyku.2024.001690.
- [42] 李佳欣, 景孟娟, 胡玉娜, 等. ICU患者应用虚拟现实技术预防谵妄的体验 [J]. *中国护理管理*, 2025, 25(03): 410-415.
- [43] 宋娇, 耿丽. 虚拟现实技术在ICU重症病人谵妄预防中的应用研究进展 [J]. *护理研究*, 2023, 37(15): 2755-2759.