

人工智能赋能下生态瞬时评估在医学领域的研究和实践进展

尹梅华,任利华,孙宏玉
(北京大学 护理学院,北京 100191)

数字革命作为技术革命的重要组成部分,极大地推动了技术进步和社会发展。人工智能(artificial intelligence, AI)技术的迅猛发展,使得医学领域中传统的评估方法遭遇到了全新的技术挑战。生态瞬时评估(ecological momentary assessment, EMA)也被称为动态评估(ambulatory assessment, AA)或经验采样法(experience sampling method, ESM),1994年 Stone 等^[1]将其定义为对个体的行为、体验、情绪等实施重复采样的数据收集方法,其目的是以更加频繁、更加敏捷、更具弹性的方式在自然环境中进行动态测量。近年来 EMA 主要用于社会学^[2]、心理学^[3]和医学^[4]等研究领域。随着社会发展,人们对维持健康和促进健康有了更高要求,即使 EMA 具有瞬时性、生态性、顺序性和重复性等优势^[5],也难以满足患者对于精准照护的需求^[6]。此外,为降低医疗成本、解决全球医护人力短缺问题及实现健康公平,基于生态效度理论的 AI-EMA 技术框架应运而生^[7]。因此,本文主要围绕 AI 赋能下,EMA 在国内外医学领域中的研究和实践进展进行综述,旨在为 EMA 在我国临床实践中的应用提供可靠依据,为人类健康提供更科学的保障。

1 AI-EMA 技术框架

1.1 数据采集 最初的 EMA 数据采集常依赖于被试者的回忆,这种方式的主要弊端在于回忆内容与实际经历可能存在偏差,易导致测试结果不准确,进而造成研究结果偏倚^[5]。如今,智能 EMA 的出现能够有效解决上述问题。通过设定检测时间和增加检测次数,能够更有效地捕捉被试者在不同时间点的状态;结合智能设备,EMA 能够更精准地收集被试者的真实状态数据,从而将偏倚最小化^[8]。EMA 研究中主要使用的智能设备包括:智能手机、微型电脑和个人数字助理,利用其便携性实现数据的及时采集^[9];多媒体视频录制工具,借助智能设备的图像、音频等功能辅助监测个人行为^[10];可穿戴设备,通过电生物传感器对受试者进行连续性评估,实现数据量

化^[11]。Glenn 等^[12]利用智能设备结合 EMA 采集数据,以监测青少年自杀风险。此外,Jeong 等^[13]开发了 1 款生命周期管理程序用于预防自杀,该软件能够通过持续性的数据采集,监测患者安全、跟踪自杀风险并评估心理健康状况。这种整合可穿戴设备与传感器技术自动采集数据并与 EMA 报告相结合的方法,可为临床护理工作提供更多有效策略。

1.2 实时分析 基于个体特征,通过数据收集、预处理、模型训练和动态更新,可为患者提供精准的个性化实时分析服务。Sprint 等^[14]的研究证明,利用大数据模型分析 EMA 报告和传感器行为数据,可预测个体未来的健康状态;同时,他们构建的数字孪生模型在认知诊断准确性方面优于传统模型。Fried 等^[15]应用 WARN-D 构建抑郁症早期预警系统,在 2 年间使用智能手表每天采集 4 次数据,基于这些数据的分析结果,建立了抑郁症发病的个性化预测模型。Bozzay 等^[16]的研究团队应用机器学习模型(machine learning, ML)识别精神病住院患者的瞬间自杀意念,该研究纳入 257 例精神病住院患者,并进行了为期 3 周的 EMA 和自杀风险因素测量,研究将机器学习模型在识别自杀意念的存在、持续时间和强度方面的准确性,与基于基线和瞬间自杀风险数据训练的模型进行了比较,结果表明机器学习模型在识别自杀意念方面更为准确,从而有助于预防高危患者的自杀风险。同样,Sun 等^[17]也应用机器学习模型,利用可穿戴设备实时预测血压峰值,为患者和临床医生提供参考依据,以改善诊断并实现主动健康监测。由此可见,基于 AI 技术构建的各种学习模型(如机器学习模型、深度学习模型、统计模型等),通过融合多源数据并建立模型,能够更快速、更全面地实现精准医疗、健康管理和健康照护,为促进人类健康提供有力保障。

1.3 反馈干预 移动医疗系统的建立,使得医护人员能够通过患者进行实时监测、数据分析和及时反馈来建立有效的干预机制。健康照护者可通过在智能设备上设置预警阈值,并利用传感器分析采集的数据,对偏离正常范围的异常状况实施及时反馈干预^[18]。随着 AI 的普及,移动医疗平台和远程医疗平台的深度融合,EMA 将有助于实现健康状态的可视化。Gleeson 等^[19]的研究证实,识别复发的早

【收稿日期】 2025-03-13 【修回日期】 2025-08-14
【基金项目】 北京市自然科学基金(L222103)
【作者简介】 尹梅华,博士,讲师,电话:010-82805252
【通信作者】 孙宏玉,电话:010-82805164

期预警信号(early warning signal, EWS)是预防精神分裂症-精神分裂症谱系障碍复发的关键,而精准的反馈是预防复发的核心。De-Vries等^[20]则是通过EMA结合智能设备监测实习生的心率变化,以探寻压力-应变调节过程,其研究旨在为开发自动化弹性干预措施提供依据,从而预防压力对身体的危害。Choo等^[21]将EMA应用于循环神经网络(recurrent neural network, RNN)以预测患者的自杀意念,通过捕捉患者日常生活中的细微变化来识别自杀意念,促使照护者及时做出正确反馈干预,以保护患者安全。此外,Asami等^[22]使用数据日志型无线肌电仪在平板设备上连续记录肌电图,运用肌电图监测咀嚼肌活动,同时配合EMA记录患者磨牙事件,依据平板设备的反馈结果确定清醒磨牙症的独特肌电参数。由此可见,EMA结合智能设备或医用仪器,不仅可及时完成数据采集和实时分析,更能在治疗疾病中彰显反馈干预的核心价值。

2 临床应用效果

2.1 疾病管理 良好的疾病管理有助于延缓疾病进展并提高患者的生活质量,近年来,将EMA应用于疾病治疗和临床护理取得了良好效果。在慢性病管理中,EMA常用于监测患者生理性指标^[23],在血糖、血压、心率等实时监测方面效果尤为显著。此外,朱金凤等^[24]的研究证实了远程医疗模式结合EMA管理脑卒中患者康复锻炼的有效性和安全性。王苏醒等^[25]的研究表明,基于移动技术的EMA在肿瘤患者症状管理中具有一定可行性。而侯礼佳等^[26]基于EMA发现,肺癌患者围术期症状(如疼痛、疲乏、心理痛苦等)越严重,其体力活动水平越低。Nam等^[23]通过EMA对糖尿病患者的健康行为及环境因素进行系统综述,结果表明EMA在糖尿病自我管理及个体化干预中具有潜在临床应用价值。同时,朱佳鑫等^[27]在国内3所医院招募32例伴有自杀意念的成年心境障碍患者,通过智能手机在28d内每日进行5~8次自杀想法评估,其结果证实了结合主客观方法的EMA动态监测自杀想法的可行性。此外,Wray等^[28]的研究团队将EMA应用于男男性行为者的艾滋病感染风险评估,结果表明,通过智能手机全天收集数据可预测艾滋病毒感染风险。由此可见,EMA不仅在慢性疾病和精神疾病护理中应用效果良好,在传染性疾病预防中也发挥着至关重要的作用,AI赋能EMA将进一步最大化其效能,有助于推动其在各类疾病临床治疗和护理中的广泛应用。

2.2 患者行为 治疗依从性直接影响疾病的治疗效果和康复进程。因此,许多学者使用EMA评估

患者的治疗依从性,并将其作为研究的主要结局指标之一。Tonkin等^[29]通过评估为期9周的EMA依从性,探究成年人吸烟行为的影响因素,其研究结果支持EMA在追踪健康行为和探索治疗机制方面的可行性。Wen等^[30]应用系统评价和Meta分析探究青少年对移动EMA的依从性,并探索在临床和非临床环境中参与者依从性的调节因素。EMA不仅能够提高患者依从性,还能增加其自我管理能力。Jones等^[31]使用EMA探究成瘾性物质使用者的污名化与健康、社会行为之间的关系,结果显示污名化会导致自我照顾能力下降。同样,Lorvick等^[32]应用EMA评估美国加利福尼亚州社区中多种物质(药物、兴奋剂、乙醇等)使用人群,研究发现将EMA整合到社区吸毒者研究中是可行且可接受的,同时强调开发多物质使用人群的治疗策略和提升其自我管理能力至关重要。Boge等^[33]的研究探讨了基于手机的EMA和生态瞬时干预(ecological momentary intervention, EMI)对于妄想症患者心理治疗方法的可行性和可实施性,研究还发现,妄想症状的减轻与患者自我评估中痛苦及抑郁程度的改善呈显著相关,这种相关性可作为精神疾病自我管理的重要参考依据。与此同时,Dao等^[34]也对基于智能手机的EMA和EMI在健康促进中的应用进行了系统综述,研究证实EMI作为一种干预方式能够有效促进自我健康状况的改善,这一发现为自我健康管理领域提供了新的研究思路。AI技术因其便捷性和趣味性而受到患者青睐,选择适用于特定疾病的辅助智能工具能更好地提高患者的治疗依从性并增强其自我管理能力,加速疾病康复。

3 挑战与展望

3.1 技术瓶颈 随着AI在临床实践中的全面推进,目前其在临床数据采集、实时分析、反馈干预、疾病管理和患者行为方面已取得了巨大突破,但仍存在一些问题亟待解决。首先是数据的质量问题^[35],因受不同地区、不同医护工作者及不同医疗机构对AI和EMA技术掌握程度的影响,使得AI-EMA技术应用能力常存在差异,无法保证数据的完整性、可靠性和安全性;其次是模型的可解释性^[36],现今许多先进的AI模型的内部决策和机制难以解释,因此模型的不透明性会影响医护工作者对其信任度,限制其在临床实践中的应用;最后是系统兼容性问题^[37],不同的医疗信息系统和智能设备之间可能存在兼容性问题,这会影响到数据的传输和共享,导致工作效率降低,也会增加使用成本和难度。因此,未来希望通过科学发展,先进的科技成果能够得以转化和应用,从而推动AI-EMA不断的革新,以期为医

疗、疾病和健康领域的全面应用提供坚实的保障。

3.2 伦理与法规 医疗数据的强法律保护属性决定了研究者在使用 AI-MEA 时,还需洞悉在实践中涉及的伦理与法律法规问题^[38]。为了有效解决这一问题,通过建立覆盖技术研发、数据治理及伦理审查的全流程算法偏见监测机制,构建出从数据采集到临床落地的闭环责任框架,为推动全球 AI 赋能下 EMA 项目扎根医学领域提供新的参考模式^[39]。

【关键词】 人工智能;生态瞬时评估;医学领域

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2025.09.021

【中图分类号】 R47-05 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2025)09-0087-04

【参考文献】

- [1] STONE A A, SHIFMAN S. Ecological momentary assessment (EMA) in behavioral medicine[J]. *Ann Behav Med*, 1994, 16(3):199-202.
- [2] 张娟娟,张更生,杨玲.生态瞬时评估在药物成瘾领域的应用前景[J].*中国药物依赖性杂志*,2017,26(1):18-23.
- [3] 吴才智,俞芸,肖志华,等.生态瞬时评估在自杀研究中的应用[J].*心理科学进展*,2024,32(12):2067-2090.
- [4] 姚林,徐岚,潘习,等.老年人健康行为生态瞬时评估的研究进展[J].*中华护理杂志*,2022,57(20):2542-2546.
- [5] SHIFFMAN S, STONE A A, HUFFORD M R. Ecological momentary assessment[J]. *Annu Rev Clin Psychol*, 2008, 4(1):1-32.
- [6] NAHUM-SHANI I, SMITH S N, SPRING B J, et al. Just-in-time adaptive interventions (JITAs) in mobile health; key components and design principles for ongoing health behavior support[J]. *Ann Behav Med*, 2018, 52(6):446-462.
- [7] ROBBINS M L, KUBIAK T. Ecological momentary assessment in behavioral medicine[J/OL]. [2025-07-15]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118453940.ch20#reference>. DOI:10.1002/9781118453940.ch20.
- [8] 吴静,吴彩琴,董璐,等.生态瞬时评估法的研究策略及在护理领域的应用现状[J].*解放军护理杂志*,2017,34(9):59-62.
- [9] DOHERTY K, BALASKAS A, DOHERTY G. The design of ecological momentary assessment technologies[J]. *Interacting with Computers*, 2020, 32(3):257-258.
- [10] 黄聪,湛永毅,刘翔宇,等.移动医疗在护理领域的应用进展[J].*中华护理杂志*,2019,54(8):1264-1269.
- [11] ROUZAUD L C, CENKO E, MARDINI M T, et al. Satisfaction, usability, and compliance with the use of smartwatches for ecological momentary assessment of knee osteoarthritis symptoms in older adults: usability study[J/OL]. [2025-07-15]. <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S2561760521000190>. DOI:10.2196/24553.
- [12] GLENN C R, KLEIMAN E M, KANDLURK R, et al. Thwarted belongingness mediates interpersonal stress and suicidal thoughts: an intensive longitudinal study with high-risk adolescents[J]. *J Clin Child Adolesc Psychol*, 2022, 51(3):295-311.
- [13] JEONG H, KIM H, JEON Y, et al. Developing a mobile app to prevent suicide based on a software development life cycle: application of ecological momentary assessment and interventions[J/OL]. [2025-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39871632/>. DOI:10.1111/inm.70001.
- [14] SPRINT G, SCHMITTER-EDGEcombe M, COOK D. Building a human digital twin (HDTwin) using large language models for cognitive diagnosis: algorithm development and validation[J/OL]. [2025-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39715540/>. DOI:10.2196/63866.
- [15] FRIED E I, PROPPERT R K K, RIEBLE C L. Building an early warning system for depression: rationale, objectives, and methods of the ward-d study[J/OL]. [2025-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38356901/>. DOI:10.32872/cpe.10075.
- [16] BOZZAY M L, HUGHES C D, EICKHOFF C, et al. Identifying momentary suicidal ideation using machine learning in patients at high-risk for suicide[J/OL]. [2025-07-15]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165032724012527>. DOI:10.1016/j.jad.2024.08.038.
- [17] SUN Y, KARGARANDEHKORDI A, SLADE C, et al. Personalized deep learning for substance use in Hawaii: protocol for a passive sensing and ecological momentary assessment study[J/OL]. [2025-07-15]. <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1929074824000428>. DOI:10.2196/46493.
- [18] STEINHUBL S R, MUSE E D, TOPOL E J. The emerging field of mobile health[J/OL]. [2025-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25877894/>. DOI:10.1126/scitranslmed.aaa3487.
- [19] GLEESON J F, MCGUCKIAN T B, FERNANDEZ D K, et al. Systematic review of early warning signs of relapse and behavioural antecedents of symptom worsening in people living with schizophrenia spectrum disorders[J/OL]. [2025-07-15]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272735823001150>. DOI:10.1016/j.cpr.2023.102357.
- [20] DE-VRIES H, KAMPHUIS W, OLDENHUIS H, et al. Moderation of the stressor-strain process in interns by heart rate variability measured with a wearable and smartphone app: within-subject design using continuous monitoring[J/OL]. [2025-07-15]. <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S2561101121000076>. DOI:10.2196/28731.
- [21] CHOO T H, WALL M, BRODSKY B S, et al. Temporal prediction of suicidal ideation in an ecological momentary assessment study with recurrent neural networks[J]. *J Affect Disord*, 2024(360):268-275.
- [22] ASAMI K, FUJISAWA M, SAITO-MURAKAMI K, et al. Assessment of awake bruxism-combinational analysis of ecological momentary assessment and electromyography[J]. *J Prosthodont Res*, 2024, 68(1):166-171.
- [23] NAM S, GRIGGS S, ASH G I, et al. Ecological momentary assessment for health behaviors and contextual factors in persons with diabetes: a systematic review[J/OL]. [2025-07-15]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016882272100098X>. DOI:10.1016/j.diabres.2021.108745.
- [24] 朱金凤,张远星,王芳,等.脑卒中患者远程康复运动管理有效性及安全性的系统评价再评价[J].*中华护理杂志*,2022,57(12):1447-1455.
- [25] 王苏醒,张恩铭,陈允允,等.基于移动技术的生态瞬时评估法在肿瘤症状管理领域的应用进展[J].*中国临床护理*,2022,14(6):390-394.
- [26] 侯礼佳,顾丹凤,张铭栖,等.基于生态瞬时评估的肺癌患者围术期症状与体力活动的关系研究[J].*护士进修杂志*,2024,39(11):1138-1144.

[27]朱佳鑫,牛璐,侯筱菲,等.生态瞬时评估应用于自杀研究的可行性评价[J].中国临床心理学杂志,2024,32(1):46-50.

[28]WRAY T B,LUO X,KE J,et al.Using smartphone survey data and machine learning to identify situational and contextual risk factors for HIV risk behavior among men who have sex with men who are not on prep[J].Prev Sci,2019,20(6):904-913.

[29]TONKIN S,GASS J,WRAY J,et al.Valuating declines in compliance with ecological momentary assessment in longitudinal health behavior research:analyses from a clinical trial[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1438887123004636.DOI:10.2196/43826.

[30]WEN C K F,SCHNEIDER S,STONE A A,et al.Compliance with mobile ecological momentary assessment protocols in children and adolescents;a systematic review and Meta-analysis[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1438887117001212.DOI:10.2196/jmir.6641.

[31]JONES A,SHARPLES D,BURTON S,et al.The associations among perceived courtesy stigma,health and social behaviours in family members and friends of people who use substances;an ecological momentary assessment study[J].Subst Use Misuse,2024,59(9):1440-1445.

[32]LORVICK J,HEMBERG J L,BROWNE E N,et al.Ecological momentary assessment study of same-hour polysubstance use among people who use opioids and additional substances[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376871625000353.DOI:10.1016/j.drugalcdep.2025.112582.

[33]BOGE K,BERGMANN N,HAHNE I,et al.Feasibility,acceptability and preliminary clinical outcomes of a brief coping-focused intervention for delusions blended with smartphone-based ecological momentary assessment and intervention in persons with schizophrenia spectrum disorders: a pilot single-arm trial[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214782925000053?via%3Dihub.DOI:10.1016/j.invent.2025.100804.

[34]DAO K P,DE C K,TONG H L,et al.Smartphone-delivered ecological momentary interventions based on ecological momentary assessments to promote health behaviors: systematic review and adapted checklist for reporting ecological momentary assessment and intervention studies[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S2291522221000760.DOI:10.2196/22890.

[35]WUBINEH B Z,DERIBA F G,WOLDEYOHANNIS M M.Exploring the opportunities and challenges of implementing artificial intelligence in healthcare: a systematic literature review[J].Urol Oncol,2024,42(3):48-56.

[36]GHASSEMI M,OAKDEN-RAYNER L,BEAM A L.The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589750021002089.DOI:10.1016/S2589-7500(21)00208-9.

[37]WANG Z,WANG H,DANEK B,et al.A perspective for adapting generalist AI to specialized medical AI applications and their challenges[J/OL]. [2025-07-15].https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40646157/.DOI:10.1038/s41746-025-01789-7.

[38]MENNELLA C,MANISCALCO U,DE P G,et al.Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: a narrative review[J/OL]. [2025-07-15].https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024023284.DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e26297.

[39]UEDA D,KAKINUMA T,FUJITA S,et al.Fairness of artificial intelligence in healthcare: review and recommendations[J].Jpn J Radiol,2024,42(1):3-15.

(本文编辑:沈园园)

(上接第 69 页)

[14]陈玉先.朋辈支持理论下艾滋病防治的同伴教育模式研究[D].广州:广州大学,2022.

[15]MUHAMMAD H A,TAMAM E,NIZAM B O.Relationships between media exposure and knowledge,attitude,and practice on HIV/AIDS:a cross sectional survey of adolescent islamiyya girls in nigeria[J].Health Commun,2020,35(4):419-429.

[16]王晓君,王小娟,许步亮,等.“传染病护理”课程思政教学设计与实践——以艾滋病患者护理为例[J].护士进修杂志,2023,38(21):2004-2009.

[17]BALKUS J E,CONDE M,LEWIN A,et al.Building indigenuity,generating HIV science: an HIV/AIDS research training program for undergraduate and graduate indigenous scholars (BIG HART)[J].J Acquir Immune Defic Syndr,2023,94(2S):S60-S64.

[18]OSAKI H,MSHANA G,MBATA D,et al.Social space and alcohol use initiation among youth in northern Tanzania[J/OL]. [2025-08-15].https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30192768/.DOI:10.1371/journal.pone.0202200.

[19]HERNANDEZ R.(Mis) perceptions of HIV and HPV among female college students: a qualitative study[J].Sex Health,2020,17(5):414-420.

[20]黄韬,李沛徽,旷翎,等.长沙市三所高校在校大学生艾滋病暴露前预防用药相关情况调查[J].湖南师范大学学报:医学版,2020,17(4):185-190.

[21]王克荣,李潇,韩晶,等.政策引导下的我国艾滋病护理工作变迁[J].中国护理管理,2021,21(12):1810-1814.

[22]CHEN Z,HE K,CHEN Y,et al.Sleep quality mediates the effect of medical social support on depression symptoms in patients with HIV/AIDS[J].BMC Public Health,2024,24(1):1429-1439.

[23]LIU Y,LU L,WANG Y Y,et al.Effects of health education on HIV/AIDS related knowledge among first year university students in China[J].Afr Health Sci,2020,20(4):1582-1590.

[24]陈玉崑,杨连招,龙秀红,等.艾滋病高危人群暴露前预防服药依从性评估工具的研究进展[J].中华护理杂志,2022,57(19):2422-2427.

[25]ADJORLOLO S,BOAKYE D S,XATSE E,et al.Mental health interventions for young people living with HIV/AIDS in Sub-Saharan Africa: a systematic review[J/OL]. [2025-06-24].https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/arat/5323539.DOI:10.1155/arat/5323539.

[26]马海祺,翟惠敏,李娟,等.艾滋病心理痛苦的概念与结构要素研究[J].军事护理,2023,40(2):58-62.

(本文编辑:沈园园)