

· 新进展 ·

可穿戴设备在癫痫患者诊疗管理中的应用进展

扫描二维码
查看更多彭钰娟¹, 师文², 韩琳³, 边梅¹, 汪静容²

作者单位: 1.712046陕西省咸阳市, 陕西中医药大学护理学院 2.710038陕西省西安市, 空军军医大学

第二附属医院麻醉手术科 3.712000陕西省咸阳市, 陕西中医药大学附属医院感染管理办公室

通信作者: 师文, E-mail: shiwen0429@163.com 韩琳, E-mail: 786894316@qq.com

【摘要】 统计数据显示, 我国癫痫患者约占全球癫痫患者的1/5, 且呈逐年递增趋势, 这对患者个人、家庭和社会医疗保健系统均带来了沉重的负担。近年来虽然药物和手术治疗癫痫取得了重大进展, 但癫痫发作的不可预测性仍会使患者难以参加日常活动, 故针对癫痫患者进行诊疗管理较为重要。近年来可穿戴设备日益成为癫痫发作计数和管理的常用工具。本文通过综述可穿戴设备在癫痫患者诊疗管理中的应用发现, 可穿戴设备可提高癫痫患者风险预测能力、诊断癫痫患者的发作类型及加强癫痫患者的健康管理, 但在临床应用中仍面临很多挑战, 如可穿戴设备的安全及隐私、数据库及算法、接受程度, 均亟待解决。

【关键词】 癫痫; 可穿戴设备; 诊疗管理; 综述

【中图分类号】 R 742.1 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.112

Application Progress of Wearable Devices in the Diagnosis and Treatment Management of Epilepsy Patients

PENG Yujuan¹, SHI Wen², HAN Lin³, BIAN Mei¹, WANG Jingrong²

1.Nursing College of Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China

2.Department of Anesthesia Surgery, Tangdu Hospital of Air Force Medical University, Xi'an 710038, China

3.Infection Management Office, Affiliated Hospital of Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712000, China

Corresponding author: SHI Wen, E-mail: shiwen0429@163.com; HAN Lin, E-mail: 786894316@qq.com

【Abstract】 Statistical data shows that epilepsy patients in China account for about one-fifth of global epilepsy patients, and they are increasing year by year, which brings a heavy burden to patients, families, and social healthcare systems. In recent years, although significant progress has been made in drug and surgical treatment of epilepsy, the unpredictability of seizures still makes it difficult for patients to participate in daily activities. Therefore, it is important to diagnose, treat and manage epilepsy patients. In recent years, wearable devices have increasingly become a common tool for counting and managing seizures. This article reviews the application of wearable devices in the diagnosis and treatment management of epilepsy patients and finds that, wearable devices can improve the risk prediction ability of epilepsy patients, diagnose different types of seizures, and strengthen the health management of epilepsy patients. However, there are still many challenges in clinical application, such as the safety and privacy of wearable devices, databases and algorithms, and acceptance level, which need to be urgently addressed.

【Key words】 Epilepsy; Wearable devices; Diagnosis and treatment management; Review

癫痫是一种由大脑神经元反复过度放电引起的发作性、突然性和短暂性大脑功能障碍的临床综合征^[1]。世界卫生组织统计数据显示, 全球至少有5 000万人罹患癫痫, 其中我国癫痫患者约占全球癫痫患者的1/5, 且呈逐年递增趋势, 其中20%~30%的患者为难治性癫痫, 这为患者个人、家庭和社会医疗保健系统带来了沉重的负担^[2]。近年来虽然药物和手术治疗癫痫取得了重大进展^[3], 但癫痫发作的不可预测性会加剧癫痫患者的恐惧和焦虑, 使其难以参加日常活动^[4], 故针对癫痫患者进行诊疗管理较为重要^[5]。目前针对癫痫患者的诊疗管理方法主要包括建立患者档案、成立癫痫患者微信群、随访(包括电话、短信或微信随访)、指导患者规范记

录癫痫日记等^[6], 但上述方法对癫痫患者长期治疗及管理效果的影响并不明显, 且其依从性较差。近年来可穿戴设备日益成为癫痫发作计数和管理的常用工具, 且为癫痫患者及医务人员了解及治疗癫痫发作提供了数据支持^[3]。本文主要综述了可穿戴设备在癫痫患者诊疗管理中的应用及其在临床应用中的发展与挑战, 以期提高癫痫患者诊疗管理效果。

1 可穿戴设备的概述

可穿戴设备指人体可以穿戴或佩戴的, 在多媒体、传感技术、无线通信技术等技术支持下实现交互、数据采集处理的智能设备的总称, 其具有可移动性、可持续性、可感性及数据可监测性^[7]。目前, 在教育、娱乐、导航和通信等领域可穿戴设备被广泛使用, 并产生了重大影响^[8]。近年来随着可穿戴设备在《国务院关于积极推进“互联网+”行动的

指导意见》中的提出^[9]，使其在医疗保健领域中也发挥了重要作用，已成为个人卫生系统的一部分，其目的是将公民个人置于卫生保健过程的中心，在管理自己健康的同时还能与护理提供者互动^[10]。研究表明，医务人员愿意通过可穿戴设备对癫痫患者进行诊疗管理，这不仅可以帮助医务人员更好地了解癫痫患者的病情，还能有效减轻医务人员的焦虑和工作量^[11]。

2 可穿戴设备在癫痫患者诊疗管理中的应用

2.1 可穿戴设备可提高癫痫患者风险预测能力

癫痫发作风险的不可预测性导致癫痫患者被社会孤立及生活质量降低，且全身性癫痫发作和局灶性意识受损癫痫发作患者在癫痫发作期间无法求助^[12]，因此若能精准预测癫痫发作将对癫痫患者的生活产生变革性影响。既往预测癫痫患者发作主要依靠癫痫日记及陪护人员的主观判断，但根据癫痫日记预测癫痫发作的正确率不足50%^[13]。而可穿戴癫痫检测设备可通过不同类型的传感器检测生物信号，自动识别发病率和死亡率最高的癫痫发作类型，并量化其持续时间和频率，此外还可以记录心电图及心率变化引起的自主神经改变、真皮活动、呼吸和氧饱和度数据，并在达到一定界限时自动触发警报，以保证患者安全，预防猝死^[14-15]。

目前，与皮下或植入设备相比，可穿戴设备在癫痫患者中更受欢迎，其中可穿戴脑电图设备可有效预测癫痫发作^[16]。但使用可穿戴设备的癫痫患者仍有限，未来需要进一步推广，以使更多癫痫患者从中获益。

2.2 可穿戴设备可诊断癫痫患者的发作类型

目前，国内外研究者开发出多种诊断癫痫发作的可穿戴设备。NASSERI等^[17]研究表明，非侵入性传感器可以诊断不同类型的癫痫发作。ONORATI等^[18]使用腕带设备开发出两种多模式自动惊厥发作检测器，其可以依据加速度信号和皮电活动数据诊断癫痫发作，且灵敏度高、虚警率低。LEE^[19]前瞻性地测试可穿戴表面肌电实时检测癫痫发作的技术性能和诊断正确率，结果表明，其性能可满足患者要求，其诊断全身性强直-阵挛发作的灵敏度 $>90\%$ ，延迟30 s内。VANDECASTEELE等^[20]认为，抗癫痫药物仅能对约70%的癫痫患者提供充分治疗，且在医院确诊后癫痫患者仍需要进行随访，而为了证实可穿戴设备对癫痫发作的诊断作用，其提出将可穿戴心电图和光容积描记术结果与医院心电图结果进行比较，结果显示，可穿戴心电图和光容积描记术结果与医院心电图结果一致。基于癫痫发作期间患者会出现多种呼吸异常情况，如周围性呼吸暂停、呼吸缓慢、换气过度及其他与清醒状态（打哈欠、觉醒、叹气）和睡眠状态（打鼾、睡眠呼吸暂停）相关的呼吸特征，ZHAO等^[21]开发了一种新的可穿戴式呼吸暂停检测装置，结果显示，其诊断癫痫发作的灵敏度为88.6%、特异度为99.6%；其联合睡眠呼吸暂停和呼吸不足诊断癫痫发作的灵敏度为77.1%、特异度为99.7%，提示可穿戴设备在癫痫发作诊断中具有优势。

目前国内外研究已明确，长期、有效的监测记录对诊断癫痫发作是至关重要的^[22]，且未来可以收集含多种类型癫痫发作数据的大型训练集，以训练出能有效诊断癫痫发作类型

的模型。

2.3 可穿戴设备可加强癫痫患者的健康管理

近年来由于医疗保健系统中电子病历系统的持续整合，支持癫痫患者健康管理的数字应用程序急剧增多，因此癫痫患者的健康管理可以借助数字技术^[23]。

研究表明，癫痫诊断对患者而言不仅是一种慢性的医学诊断，同时其也会影响患者整个家庭行为、心理和情感^[24]。一旦确诊，需要患者及家庭长期调整生活方式。目前，虽然癫痫发作不可预测，但许多患者可在癫痫发作前数小时经历前驱行为或认知改变^[25]，其原因可能与皮质过度兴奋有关^[26]。因此，可穿戴设备可通过识别癫痫发作的前驱行为或认知改变，提醒患者有癫痫发作的可能。同时，可穿戴设备还可以进行癫痫相关健康教育及自我管理，如提醒患者服药、参加锻炼、注意睡眠卫生、自我管理压力等，进而提高癫痫治疗效果，减少癫痫发作^[27]。一项探讨能监测管理癫痫的可穿戴设备对青少年癫痫患儿及其父母生活质量影响的定性研究表明，能监测管理癫痫的可穿戴设备作为提高青少年癫痫患儿及其家庭生活质量的的手段已被广泛接受^[28]。

目前，可穿戴设备可实时提供以癫痫患者为中心的健康数据^[29]，未来还需要开发针对不同类型癫痫患者的可穿戴设备，以精准管理癫痫患者。

3 可穿戴设备在临床应用中面临的挑战

近年随着人工智能、大数据分析、云计算等前沿技术迅速发展，技术融合必将引领可穿戴设备发展热潮^[30]，但其在临床应用中仍面临以下挑战。

3.1 可穿戴设备的安全及隐私

安全和隐私是医疗设备的首要考虑因素，与设备的可靠性密切相关^[31]。可穿戴设备通过传感器技术收集用户的健康数据、地理位置、生活习惯等信息^[32]，这些数据的格式多样、规模大、移动链接多，可能增加信息泄露和篡改风险^[33]。针对癫痫患者，可穿戴设备虽然可以实时、准确地预测癫痫发作状态，但这个过程是需要将患者相关数据传输到线上系统^[34]，故可能疏忽了癫痫患者的数据安全及隐私问题。因此，未来需要加强对可穿戴设备行业的监管，制定具体的安全规则，以保护患者的安全及隐私。

3.2 可穿戴设备的数据库及算法

目前，机器学习作为管理大量癫痫患者数据的强大工具，包含了多种算法^[35]，且在医疗保健领域显示出巨大前景^[36]。但机器学习需要大量一致的数据集来训练算法，而针对癫痫患者的庞大数据需求仍是目前面临的挑战^[37]。由于缺少数据或不可靠的数据注释均会降低可穿戴设备的性能，因此临床上仍需进一步开发可穿戴设备算法及创建基准数据集，以构建更稳健的癫痫预测模型。

3.3 可穿戴设备的接受程度

尽管可穿戴设备主要面向癫痫患者，但癫痫患者主要依靠医务人员来获得可穿戴设备相关信息。研究表明，缺乏与提供者沟通是癫痫患者了解健康状况及利用现有癫痫自我管理工具的主要障碍之一^[38]。分析原因主要为：（1）医务人员缺少提供面对面教育和指导的时间及不愿与患者面对面互

动^[39]。近年来,即使采取了相应激励措施,但改变医务人员对可穿戴设备的支持程度仍具有挑战性^[40]。(2)此外,对可穿戴设备的应用效果缺乏共识可能是限制医生推广可穿戴设备的另一障碍因素^[41],即使经过严格评估的可穿戴设备,医务人员仍对其有效性不感兴趣或持怀疑态度^[42]。因此,未来应加强对医务人员进行培训,以提高其对可穿戴设备的接受程度。

4 小结

综上所述,可穿戴设备可提高癫痫患者风险预测能力、诊断癫痫患者的发作类型及加强癫痫患者的健康管理。但同时也给可穿戴设备开发者、使用者、监管者提出了挑战,如可穿戴设备的安全及隐私、数据库及算法、接受程度,均亟待解决。目前,可穿戴设备在癫痫患者诊疗管理中的研究主要集中在国外,未来应对国内可穿戴设备在癫痫患者诊疗管理中的应用现状进行调查,探究可穿戴设备如何在癫痫患者诊疗管理中精准预测风险、诊断发作及进行健康管理,及开发可穿戴设备的新技术、新方法,以提高癫痫患者的诊疗管理效果。

作者贡献:彭钰娟进行文章的构思与设计,撰写、修订论文;师文进行文章的可行性分析;边梅进行文献/资料收集;汪静容进行文献/资料整理;师文、韩琳负责文章的质量控制及审校,并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 金莺,陈蓓妮,金笑言,等.上海华山医院神经外科围手术期癫痫患者自我管理影响因素分析[J].复旦学报(医学版),2023,50(1):108-113.DOI:10.3969/j.issn.1672-8467.2023.01.015.
- [2] 李倩,顾晶晶.成年难治性癫痫患者行激光间质热术后疗效观察与护理[J].护士进修杂志,2022,37(11):1043-1045.DOI:10.16821/j.cnki.hsjx.2022.11.017.
- [3] NASSERI M, NURSE E, GLASSTETTER M, et al. Signal quality and patient experience with wearable devices for epilepsy management [J]. *Epilepsia*, 2020, 61 (Suppl 1): S25-35. DOI: 10.1111/epi.16527.
- [4] STIRLING R E, COOK M J, GRAYDEN D B, et al. Seizure forecasting and cyclic control of seizures [J]. *Epilepsia*, 2021, 62 (Suppl 1): S2-14. DOI: 10.1111/epi.16541.
- [5] QUINN C C, PORT C L, ZIMMERMAN S, et al. Short-stay nursing home rehabilitation patients: transitional care problems pose research challenges [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2008, 56 (10): 1940-1945. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2008.01852.x.
- [6] 彭燕,安妮,彭益鸣,等.延续性护理模式在黔北地区癫痫患者中的应用与效果评价[J].癫痫与神经电生理学杂志,2020,29(6):366-369.
- [7] CHENG Y M, WANG K, XU H, et al. Recent developments in sensors for wearable device applications [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2021, 413 (24): 6037-6057. DOI: 10.1007/s00216-021-03602-2.
- [8] BENICZKY S, KAROLY P, NURSE E, et al. Machine learning and wearable devices of the future [J]. *Epilepsia*, 2021, 62 (Suppl 2): S116-124. DOI: 10.1111/epi.16555.
- [9] 张彤,王高玲,王玉芳,等.基于“互联网+”视角我国移动医疗现状与监管对策分析[J].中国医疗设备,2016,31(12):161-163,168. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1633.2016.12.047.
- [10] DIAS D, PAULO SILVA CUNHA J. Wearable health devices-vital sign monitoring, systems and technologies [J]. *Sensors*, 2018, 18 (8): 2414. DOI: 10.3390/s18082414.
- [11] BRUNO E, SIMBLETT S, LANG A, et al. Wearable technology in epilepsy: the views of patients, caregivers, and healthcare professionals [J]. *Epilepsy Behav*, 2018, 85: 141-149. DOI: 10.1016/j.yebeh.2018.05.044.
- [12] BENICZKY S, WIEBE S, JEPPESEN J, et al. Automated seizure detection using wearable devices: a clinical practice guideline of the International League Against Epilepsy and the International Federation of Clinical Neurophysiology [J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132 (5): 1173-1184. DOI: 10.1016/j.clinph.2020.12.009.
- [13] RYVLIN P, CIUMAS C, WISNIEWSKI I, et al. Wearable devices for sudden unexpected death in epilepsy prevention [J]. *Epilepsia*, 2018, 59 (Suppl 1): 61-66. DOI: 10.1111/epi.14054.
- [14] BENICZKY S, ARBUNE A A, JEPPESEN J, et al. Biomarkers of seizure severity derived from wearable devices [J]. *Epilepsia*, 2020, 61 (Suppl 1): S61-66. DOI: 10.1111/epi.16492.
- [15] VERDRU J, VAN PAESSCHEN W. Wearable seizure detection devices in refractory epilepsy [J]. *Acta Neurol Belg*, 2020, 120 (6): 1271-1281. DOI: 10.1007/s13760-020-01417-z.
- [16] JANSE S A, DUMANIS S B, HUWIG T, et al. Patient and caregiver preferences for the potential benefits and risks of a seizure forecasting device: a best-worst scaling [J]. *Epilepsy Behav*, 2019, 96: 183-191. DOI: 10.1016/j.yebeh.2019.04.018.
- [17] NASSERI M, PAL ATTIA T, JOSEPH B, et al. Non-invasive wearable seizure detection using long-short-term memory networks with transfer learning [J]. *J Neural Eng*, 2021, 18 (5). DOI: 10.1088/1741-2552/abef8a.
- [18] ONORATI F, REGALIA G, CABORNI C, et al. Multicenter clinical assessment of improved wearable multimodal convulsive seizure detectors [J]. *Epilepsia*, 2017, 58 (11): 1870-1879. DOI: 10.1111/epi.13899.
- [19] LEE J W. Real-time non-EEG convulsive seizure detection devices: they work; now what? [J]. *Epilepsy Curr*, 2018, 18 (3): 164-166. DOI: 10.5698/1535-7597.18.3.164.
- [20] VANDECASTEELE K, DE COOMAN T, GU Y, et al. Automated epileptic seizure detection based on wearable ECG and PPG in a hospital environment [J]. *Sensors*, 2017, 17 (10): 2338. DOI: 10.3390/s17102338.
- [21] ZHAO X H, LHATOO S D. Seizure detection: do current devices work? And when can they be useful? [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2018, 18 (7): 40. DOI: 10.1007/s11910-018-0849-z.
- [22] GU Y, CLEEREN E, DAN J, et al. Comparison between scalp EEG and behind-the-ear EEG for development of a wearable seizure detection system for patients with focal epilepsy [J]. *Sensors*,

- 2017, 18 (2) : 29.DOI: 10.3390/s18010029.
- [23] FLEEMAN N, BRADLEY P M, PANEBIANCO M, et al.Care delivery and self-management strategies for children with epilepsy [J].Cochrane Database Syst Rev, 2022, 4: CD006245.DOI: 10.1002/14651858.cd006245.pub5.
- [24] BAKER G A, SPECTOR S, MCGRATH Y, et al.Impact of epilepsy in adolescence: a UK controlled study [J].Epilepsy Behav, 2005, 6 (4) : 556–562.DOI: 10.1016/j.yebeh.2005.03.011.
- [25] RUGG-GUNN F.The role of devices in managing risk [J].Epilepsy Behav, 2020, 103: 106456.DOI: 10.1016/j.yebeh.2019.106456.
- [26] BADAWY R, MACDONELL R, JACKSON G, et al.The perictal state: cortical excitability changes within 24 h of a seizure [J].Brain, 2009, 132 (Pt 4) : 1013–1021.DOI: 10.1093/brain/awp017.
- [27] ESCOFFERY C, MCGEE R, BIDWELL J, et al.A review of mobile apps for epilepsy self-management [J].Epilepsy Behav, 2018, 81: 62–69.DOI: 10.1016/j.yebeh.2017.12.010.
- [28] THOMPSON M E, LANGER J, KINFE M.Seizure detection watch improves quality of life for adolescents and their families [J].Epilepsy Behav, 2019, 98 (Pt A) : 188–194.DOI: 10.1016/j.yebeh.2019.07.028.
- [29] MATTISON G, CANFELL O, FORRESTER D, et al.The influence of wearables on health care outcomes in chronic disease: systematic review [J].J Med Internet Res, 2022, 24 (7) : e36690.DOI: 10.2196/36690.
- [30] 杨义龙, 梁琛华, 冯逸飞, 等.非接触式生命体征监测技术的研究现状与展望 [J].中国医疗设备, 2023, 38 (6) : 151–156.DOI: 10.3969/j.issn.1674–1633.2023.06.027.
- [31] SIM I.Mobile devices and health [J].N Engl J Med, 2019, 381 (10) : 956–968.DOI: 10.1056/NEJMr1806949.
- [32] WEN D, ZHANG X T, LEI J B.Consumers' perceived attitudes to wearable devices in health monitoring in China: a survey study [J].Comput Methods Programs Biomed, 2017, 140: 131–137. DOI: 10.1016/j.cmpb.2016.12.009.
- [33] SEQUEIRA L, PERROTTA S, LAGRASSA J, et al.Mobile and wearable technology for monitoring depressive symptoms in children and adolescents: a scoping review [J].J Affect Disord, 2020, 265: 314–324.DOI: 10.1016/j.jad.2019.11.156.
- [34] JOHANSSON D, OHLSSON F, KRÝSL D, et al.Tonic-clonic seizure detection using accelerometry-based wearable sensors: a prospective, video-EEG controlled study [J].Seizure, 2019, 65: 48–54.DOI: 10.1016/j.seizure.2018.12.024.
- [35] ABBASI B, GOLDENHOLZ D M.Machine learning applications in epilepsy [J].Epilepsia, 2019, 60 (10) : 2037–2047.DOI: 10.1111/epi.16333.
- [36] BALDASSANO S N, BRINKMANN B H, UNG H, et al.Crowdsourcing seizure detection: algorithm development and validation on human implanted device recordings [J].Brain, 2017, 140 (6) : 1680–1691.DOI: 10.1093/brain/awx098.
- [37] SHAH P, KENDALL F, KHOZIN S, et al.Artificial intelligence and machine learning in clinical development: a translational perspective [J].NPJ Digit Med, 2019, 2: 69.DOI: 10.1038/s41746–019–0148–3.
- [38] UNG H, BALDASSANO S N, BINK H, et al.Intracranial EEG fluctuates over months after implanting electrodes in human brain [J].J Neural Eng, 2017, 14 (5) : 056011.DOI: 10.1088/1741–2552/aa7f40.
- [39] PERZYNSKI A T, RAMSEY R K, COLÓN-ZIMMERMANN K, et al.Barriers and facilitators to epilepsy self-management for patients with physical and psychological co-morbidity [J].Chronic Illn, 2017, 13 (3) : 188–203.DOI: 10.1177/1742395316674540.
- [40] SHEGOG R, BRAVERMAN L, HIXSON J D.Digital and technological opportunities in epilepsy: toward a digital ecosystem for enhanced epilepsy management [J].Epilepsy Behav, 2020, 102: 106663.DOI: 10.1016/j.yebeh.2019.106663.
- [41] HELMERS S L, KOBAN R, SAJATOVIC M, et al.Self-management in epilepsy: why and how you should incorporate self-management in your practice [J].Epilepsy Behav, 2017, 68: 220–224.DOI: 10.1016/j.yebeh.2016.11.015.
- [42] ESCOFFERY C, MCGEE R, BIDWELL J, et al.A review of mobile apps for epilepsy self-management [J].Epilepsy Behav, 2018, 81: 62–69.DOI: 10.1016/j.yebeh.2017.12.010.

(收稿日期: 2023–12–25; 修回日期: 2024–04–08)

(本文编辑: 谢武英)