

卒中后认知障碍和睡眠障碍认知损害的脑网络及事件相关电位研究进展

钱洪春 张萍淑 元小冬 袁建新 曹凌云 段丽琴

063210 唐山, 华北理工大学心理与精神卫生学院(钱洪春、袁建新、曹凌云); 063000 唐山, 河北省神经生物机能重点实验室(张萍淑、元小冬、段丽琴)

通信作者: 袁建新, Email: klyuan@126.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2023.10.011

【摘要】 卒中后认知障碍(PSCI)和睡眠障碍认知损害为卒中和睡眠障碍的常见并发症,两者均与认知相关脑网络重构密切相关。PSCI、睡眠障碍认知损害事件相关电位(ERP)主要表现为P300成分潜伏期延长和波幅降低,提示注意力、记忆力和执行控制功能受损。本文分别从PSCI、睡眠障碍认知损害与脑网络重构的关系及ERP变化特征进行阐述,在脑网络和神经电生理水平探讨PSCI、睡眠障碍认知损害的机制和特征,旨在临床干预PSCI、睡眠障碍认知损害,改善临床结局。目前,卒中相关睡眠障碍(SSD)认知损害与脑网络重构的关系和ERP变化特征的系统报道较少,同步应用神经影像和神经电生理在时间和空间维度探寻SSD认知损害的机制和特征可能是今后的研究热点方向之一。

【关键词】 卒中; 睡眠障碍; 认知功能; 脑网络; 事件相关电位

基金项目: 河北省高等学校自然科学研究重点项目(ZD2020349); 河北省医学科学研究课题计划(20201283)

Research progress on brain network and ERP in post-stroke cognitive impairment and sleep disorders cognitive impairment Qian Hongchun, Zhang Pingshu, Yuan Xiaodong, Yuan Jianxin, Cao Lingyun, Duan Liqin

School of Psychology and Mental Health, North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, China (Qian HC, Yuan JX, Cao LY); Hebei Provincial Key Laboratory of Neurobiological Function, Tangshan 063000, China (Zhang PS, Yuan XD, Duan LQ)

Corresponding author: Yuan Jianxin, Email: klyuan@126.com

【Abstract】 Poststroke cognitive impairment (PSCI) and sleep disorders cognitive impairment are common complications of stroke and sleep disorders, both of which are closely associated with cognitive related brain network reconstruction. PSCI and sleep disorder cognitive impairment event-related potentials (ERP) are mainly characterized by prolonged latency and reduced amplitude of P300 components, indicating impaired attention,

[44] Bjureberg J, Sahlin H, Hellner C, et al. Emotion regulation individual therapy for adolescents with nonsuicidal self-injury disorder: a feasibility study[J]. BMC Psychiatry, 2017, 17(1): 411. DOI: 10.1186/s12888-017-1527-4.

[45] Bjureberg J, Sahlin H, Hedman-Lagerlöf E, et al. Extending research on Emotion Regulation Individual Therapy for Adolescents (ERITA) with nonsuicidal self-injury disorder: open pilot trial and mediation analysis of a novel online version[J]. BMC Psychiatry, 2018, 18(1): 326. DOI: 10.1186/s12888-018-1885-6.

[46] McCauley E, Berk MS, Asarnow JR, et al. Efficacy of dialectical behavior therapy for adolescents at high risk for suicide: a

randomized clinical trial[J]. JAMA Psychiatry, 2018, 75(8): 777-785. DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2018.1109.

[47] Ougrin D, Boege I, Stahl D, et al. Randomised controlled trial of therapeutic assessment versus usual assessment in adolescents with self-harm: 2-year follow-up[J]. Arch Dis Child, 2013, 98(10): 772-776. DOI: 10.1136/archdischild-2012-303200.

[48] Borsboom D, Cramer AO. Network analysis: an integrative approach to the structure of psychopathology[J]. Annu Rev Clin Psychol, 2013, 9: 91-121. DOI: 10.1146/annurev-clinpsy-050212-185608.

(收稿日期: 2023-04-03)

(本文编辑: 赵金鑫)

memory, and executive control functions. This article elaborates on the relationship among PSCI, sleep disorders cognitive impairment, and brain network reconstruction, as well as the characteristics of ERP, and explores the mechanisms and characteristics of PSCI and sleep disorders cognitive impairment at the level of brain network and nervous electrophysiology, aiming to intervene in PSCI and sleep disorders cognitive impairment and improve clinical outcomes. At present, there are few systematic reports on the relationship between cognitive impairment in stroke related sleep disorders (SSD) and brain network reconstruction, as well as the change characteristics of ERP. The simultaneous application of neuroimaging and nervous electrophysiology to explore the mechanisms and characteristics of SSD cognitive impairment in both temporal and spatial dimensions may be one of the future research hotspots.

【Key words】 Stroke; Sleep disorders; Cognitive function; Brain network; Event-related potential

Fund programs: Key Natural Science Research Project of Higher Education Institutions of Hebei Province (ZD2020349); Medical Science Research Project Plan of Hebei Province (20201283)

卒中后认知障碍(post-stroke cognitive impairment, PSCI)是指在卒中事件后出现并持续到6个月时仍存在的以认知损害为特征的临床综合征^[1]。我国PSCI发病率高达53.1%^[2]。PSCI常见的认知功能受损在信息处理速度、执行功能、记忆、语言和视觉空间领域^[3-4]。睡眠障碍中失眠和睡眠呼吸障碍较为常见,主要影响个体的警觉性、复杂注意、工作记忆、情景记忆、执行功能等认知领域^[5]。PSCI和睡眠障碍认知损害导致患者预后不良,影响患者的生活质量。因此,对PSCI和睡眠障碍认知损害的早期筛查和精准干预是较为重要的。随着神经影像和神经电生理技术的发展,目前有关PSCI和睡眠障碍认知损害的脑网络和事件相关电位(event-related potential, ERP)变化特征的研究取得了一定进展,因此本文就相关研究进展进行综述,在脑网络和神经电生理水平探讨PSCI、睡眠障碍认知损害的机制和特征。

一、PSCI、睡眠障碍认知损害与脑网络重构的关系

1. 认知相关脑网络:人脑是高度复杂的脑网络系统,脑网络分为具有拓扑属性的脑结构和脑功能网络,前者主要通过对弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)中的纤维束追踪构建该网络,反映结构脑网络白质连接情况;后者主要通过静息态功能磁共振(resting state functional magnetic resonance, rs-fMRI)中各脑区间神经活动的相互依赖关系构建该网络,研究各脑功能区间的神经协作关系^[6]。认知相关脑网络主要包括默认网络(default mode network, DMN)、背侧注意网络(dorsal attention network, DAN)、额顶控制网络(frontoparietal control network, FPCN)、突显网络(salience network, SN)、执行控制网络(executive control network, ECN)等^[7]。DMN的核心区域包括内侧前额叶皮层、后扣带皮层

和角回^[8-9],静息状态下,DMN主要涉及自我参照以及对环境的监测,与注意力、工作记忆、情感和认知相关^[10]。DAN的主要节点包括顶内沟、额上回与额叶眼动区等神经结构^[7],主要负责视觉空间定向和目标导向任务中自上而下的注意控制等功能^[11-13]。FPCN核心区域分布在背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、后侧顶叶皮层、背侧前扣带回,该网络对工作记忆、注意控制、情绪调节、判断和决策行为起到重要的调控作用^[7]。ECN的核心区域是DLPFC,主要参与目标导向认知、工作记忆、执行控制和任务切换^[8]。SN的核心脑区分布在双侧前岛叶和前中扣带皮层^[8],该网络的主要功能是参与维持内部刺激和外部刺激之间的稳态^[14]。

值得注意的是,脑网络之间的结构和功能存在相互交叠,例如FPCN包括了SN和ECN的核心脑区。研究表明,脑的高级认知功能需要通过多个脑网络的协同活动实现,其中FPCN动态调控DMN和DAN之间的信息交互,在高级认知加工中发挥重要作用^[7]。具体而言,外部指导的认知过程需要FPCN和DAN共同激活,内部指导和认知控制与FPCN和DMN的协同作用有关^[15-16]。另有研究指出,SN最重要的功能是识别信息和刺激,当人体受到外界刺激时,负责下调DMN功能;在外部感知任务中,DAN与(自下而上的注意控制)感受新奇刺激的腹侧注意网络(ventral attention network, VAN)/SN动态交互,完成注意加工过程^[13-14, 17]。

2. PSCI与脑网络重构的关系:一项研究表明,卒中后不仅有局部脑组织损伤,还有可影响整个大脑及其网络特性的白质束局部和远程变化所致的脑网络损害,导致神经系统功能障碍,所以卒中可以被视为脑网络疾病^[18]。目前,越来越多的证据表明,PSCI与认知相关脑网络重构密切相关。陈美钟等^[19]应

用rs-fMRI,采用度中心度(degree centrality, DC)和格兰杰因果分析(Granger causality analysis, GCA)研究早期基底节区缺血性卒中患者脑功能网络有效连接的变化,分析其与认知功能障碍的关系,结果显示患者在早期即存在学习网络(cognitive learning network, CLN)、记忆网络(memory network, MN)、感觉运动网络(sensorimotor network, SMN)、额顶网络(frontoparietal network, FPN)、DMN等多个脑网络间有效功能连接异常的改变。另外,有研究发现,卒中后结构性脑网络存在广泛退化,其中DMN和DAN的变化最为显著,结构协方差网络的退化可能导致卒中后3个月认知以及从亚急性到慢性卒中过程中注意力、记忆和语言的纵向认知下降^[20]。以上研究提示,卒中后脑网络重构促进了卒中后各阶段认知障碍的发生和发展;基底节区可能为多个脑网络的交汇点,故该部位梗死导致多个脑网络重构。此外,有研究者使用fMRI ROI-ROI方法比较了健康对照组和卒中组患者1个月后DMN、SN和ECN功能连接的变化,并且在卒中后6个月重新评估。研究发现,卒中后6个月的认知功能恢复与卒中后1个月DMN功能连接增加以及SN功能连接减少相关^[21]。由此可见,卒中后脑网络重构亦有助于评估卒中患者认知功能的转归。脑小血管病(cerebral small vessel disease, CSVD)是血管性痴呆的常见原因,约有50%的痴呆和25%的卒中由CSVD所致^[22]。陆佩文等^[23]应用rs-fMRI,采用独立成分分析(independent component analysis, ICA)研究CSVD患者认知障碍早期大尺度静息态网络之间连接模式的变化,结果表明,CSVD患者认知障碍早期存在ECN、FPN、DMN、听觉网络(auditory network, AN)、视觉网络(visual network, VN)之间的功能连接异常,且功能网络连通性与认知功能相关。该研究提示,脑小血管病由于广泛的微血管病变,病灶多发,多个脑区受累,导致包括初级知觉网络(AN、VN)和高级认知网络(ECN、FPN、DMN)在内的更广泛的脑网络重构。

3. 睡眠障碍认知损害与脑网络重构的关系: 鉴于阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)和失眠为睡眠障碍的常见类型,近年来研究者以失眠和OSA为切入点,探讨了睡眠障碍认知损害与脑网络重构的关系。Lee等^[24]应用DTI,采用分数各向异性(fractional anisotropy)分析,发现OSA患者存在白质完整性和结构连通性变化;全局网络分析显示,各脑区间存在信息交互异常和信息整合分离效率低下的情况;局部属性的脑网络分析显示,OSA

患者左中扣带回和扣带旁回、右后扣带回和杏仁核的局部效率异常,这些区域是中枢神经自主神经网络和DMN的关键区域。该研究推测OSA可能是大脑多个区域处理信息能力下降的潜在危险因素。Hou等^[25]选取21例OSA患者和21名健康对照者行fMRI扫描,应用自动解剖标记(automated anatomical labeling)图谱将大脑划分为90个区域,形成7个功能网络,即VN、SMN、DAN、VAN、边缘系统、FPN和DMN,计算每对区域之间的功能连接,通过单因素和多变量模式分析(multivariate pattern analyses)后发现OSA患者全脑存在广泛的异常功能连接。该研究认为,这种异常的功能连接模式有可能作为OSA的神经生物学标志物,对理解OSA及其认知功能障碍背后的复杂神经机制极其重要^[25]。Yu等^[26]应用rs-fMRI数据的数据驱动方法进行了全脑功能连接密度分析,在大规模脑网络水平方面,探究原发性失眠患者脑功能的改变,发现原发性失眠患者在前DMN、ECN、SN、DAN和VN中全局功能密度增加,而在后DMN中全局功能密度下降,高唤醒脑活动分布在几个核心脑功能网络上,包括ECN、SN、DAN和VN。该结果有助于理解原发性失眠患者工作记忆障碍、注意疲劳、疲惫和焦虑的潜在神经病理机制。Wei等^[27]分别分析65例失眠患者和65名健康对照者的fMRI数据,比较了14个静息态网络活动时间序列之间的成对相关性,以及患者与健康对照者之间相关性的时间变异性后得出结论:失眠患者前SN和左ECN以及前SN和DMN在趋势水平方面的功能连接变异性较小。该研究指出,SN的一个重要功能是调节DMN和ECN的激活,SN的正常运行需要其与DMN和ECN灵活交互,失眠患者中SN与DMN和ECN的动态功能连接降低可能提示失眠患者处于静息状态期间,各脑网络之间的相互作用受到影响,导致响应不断变化的环境和需求的能力受损^[27]。综上所述,睡眠障碍患者存在脑网络结构性和功能连接性改变,多个脑网络之间的交互受损可能是睡眠障碍认知损害的神经机制。

二、PSCI、睡眠障碍认知损害的ERP变化特征

PSCI、睡眠障碍认知损害与脑网络重构的关系是深入理解PSCI、睡眠障碍认知损害脑认知加工变化特征的基础。ERP技术是在常规脑电图基础上结合诱发特定认知事件的相关影响,通过刺激呈现系统与被试进行交互,从而得到特定认知刺激诱发的脑电波形技术^[28]。经典ERP成分包括P100、N100、P200、N200和P300。外源性成分P100、N100和P200

易受刺激的物理属性影响;内源性成分N200、P300更加稳定,主要反映注意和记忆等认知过程^[29]。

1. PSCI的ERP变化特征: N200起源于额叶、前扣带回,峰值约在刺激开始200 ms后,与选择性注意、冲突加工等认知过程相关,更侧重于反映执行功能任务中的冲突监督部分^[30-31]。太史叶子^[32]对70例CSVD认知障碍患者进行分组研究,发现N200潜伏期与MMSE总分、MoCA总分呈负相关,随着认知功能障碍加重,N200潜伏期逐渐延长。P300被认为是ERP后期成分,峰值出现在刺激开始后300 ms,与多个脑区的活动相关,是认知研究中最重要且最被广泛应用的ERP成分之一^[33]。P300成分反映了注意力资源的部署,P300的潜伏期被广泛视为刺激分类和评估的时间窗口,波幅代表着个体对认知的自我控制^[34]。Zhang等^[35]将65例短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA)/轻度卒中患者分为认知功能正常组和认知功能障碍组,同期将30名健康者设为对照组,进行神经心理量表和ERP检测,分析P300潜伏期与认知功能的关系,结果表明,P300-Fz(额中点区)潜伏期与TIA/轻度卒中患者认知功能障碍存在相关性,且P300-Fz潜伏期对TIA/轻度卒中患者认知障碍的筛查更为敏感。额叶尤其是DLPFC与执行控制功能密切相关^[36-37]。该研究结果提示,TIA/轻度卒中患者认知功能损害主要表现为认知控制和执行功能障碍。Dejanović等^[38]为调查卒中中对P300波幅和潜伏期的影响,并评估P300波幅在前瞻性随访1年内的变化,分别对60例缺血性卒中患者的基线(即卒中后4周内)、3个月后、12个月后以及30名健康对照组使用经典的新奇听觉范式记录了P300波;结果发现卒中后4周内,患者P300潜伏期长于对照组,P300波幅小于对照组;与基线比较,卒中后3个月和12个月的P300潜伏期持续降低,而同期P300波幅无明显变化,这意味着P300潜伏期可能被用作卒中后认知恢复的标志。综上所述,PSCI患者ERP的变化特征主要表现为N200和P300尤其是P300成分潜伏期延长和波幅下降,提示注意力、记忆力和执行控制功能受损。

2. 睡眠障碍认知损害的ERP变化特征: 目前,关于睡眠障碍ERP变化特征的相关研究主要聚焦于P300成分。目前,学界对P300的认识愈加深, P300可分为两个亚型,即P3a和P3b, P3a在分散注意力(与任务无关)的刺激下发生, P3b由目标(任务相关)刺激诱发^[33]。Muller-Gass和Campbell^[39]的研究指出,与注意力捕获过程相关的P3a的波

幅在完全睡眠剥夺和部分睡眠剥夺后降低。该结果表明,睡眠剥夺对注意力产生了明显影响^[39]。Muscarella等^[40]使用连续绩效任务研究失眠患者认知受损情况,发现失眠患者P3b波幅小于健康者,证明了失眠后对任务相关信息的参与和维持减少。

反应抑制是执行功能的关键组成部分,在与反应抑制相关的任务中,N200和ERN通常被视为与自动处理相关的ERP成分^[41]。而P300代表了更高级的自上而下的认知控制过程。Xu等^[42]采用ERP技术,结合行为指标,通过建立36 h完全睡眠剥夺模型,探讨了乒乓球运动员在停止信号任务期间睡眠剥夺对反应抑制的影响,结果表明,睡眠剥夺对乒乓球运动员和非运动员对照组的反应抑制有不同影响,睡眠剥夺降低了两组参与者的P300成分的幅度,但两组之间N200和ERN成分的变化则不同,非运动员对照组的N200和ERN波幅在睡眠剥夺后下降,而乒乓球运动员在睡眠剥夺之后的N200和ERN成分的差异无统计学意义。上述研究结果表明,N200成分反映了对冲突信息的监控和注意力资源的分配,以更好地应对随后的反应抑制。

ERN与N200成分一样,是一种负性ERP成分,在抑制控制早期出现,反映了早期反应错误的自动感知过程^[43]。该研究结果提示,乒乓球运动员可能倾向于在反应前抑制过程中保留用于冲突监控和错误处理的神经资源,与早期自动控制相比,更高级的自上而下的认知控制对睡眠剥夺更敏感^[42]。以上研究结果表明,睡眠障碍认知功能损害患者ERP变化特征主要表现为P300成分波幅降低,提示睡眠障碍患者主要以更高级的自上而下的执行控制功能受损为主。

三、总结与展望

综上所述,脑网络重构促进了PSCI、睡眠障碍认知损害的发生和发展,ERP主要以P300成分波幅降低和潜伏期延长为主要变化特征,可以提示注意力、记忆力和执行控制能力受损。然而卒中和睡眠障碍密切相关。卒中相关睡眠障碍(stroke-related sleep disorders, SSD)是指患者卒中后出现或者原有的睡眠障碍症状在卒中后持续存在或加重,并达到睡眠障碍诊断标准的一组临床综合征^[44]。SSD虽然是卒中后的常见症状,但易被临床忽视,对患者的认知功能造成显著和持久的影响^[44-46]。然而,目前对SSD认知损害与脑网络重构关系以及ERP变化特征缺乏系统报道。在今后的研究中,基于目前在脑网络和神经电生理水平对PSCI、睡眠障碍认知损

害的机制和特征的相关研究以及脑可塑性,尚需同步应用神经影像和神经电生理从时间和空间维度进一步探究卒中不同时期SSD认知功能损害与脑网络重构的关系以及认知功能损害特征。在此基础上,整合神经影像学、神经电生理和临床数据,通过类脑计算,构建SSD认知功能损害的预警模型,为SSD认知功能损害的早期筛查和早期干预提供理论指导,提高卒中患者的生活质量。

利益冲突 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 文章构思与论文修订为袁建新、张萍淑、钱洪春,文献收集与整理、论文撰写与修订为钱洪春、袁建新、曹凌云、段丽琴,文章质量控制及审校为袁建新、张萍淑、元小冬

参 考 文 献

- [1] 汪凯,董强.卒中后认知障碍管理专家共识2021 [J].中国卒中杂志, 2021, 16(4): 376-389. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2021.04.011.
- [2] Ding MY, Xu Y, Wang YZ, et al. Predictors of cognitive impairment after stroke: a prospective stroke cohort study [J]. J Alzheimers Dis, 2019, 71(4): 1139-1151. DOI: 10.3233/JAD-190382.
- [3] Pinter D, Enzinger C, Gattringer T, et al. Prevalence and short-term changes of cognitive dysfunction in young ischaemic stroke patients [J]. Eur J Neurol, 2019, 26(5): 727-732. DOI: 10.1111/ene.13879.
- [4] Donnellan C, Werring D. Cognitive impairment before and after intracerebral haemorrhage: a systematic review [J]. Neurol Sci, 2020, 41(3): 509-527. DOI: 10.1007/s10072-019-04150-5.
- [5] Wardle-Pinkston S, Slavish DC, Taylor DJ. Insomnia and cognitive performance: a systematic review and meta-analysis [J]. Sleep Med Rev, 2019, 48: 101205. DOI: 10.1016/j.smr.2019.07.008.
- [6] 郭晋瑜,赵娅蓉,闵国文,等.认知训练对认知障碍患者脑网络拓扑属性影响的研究进展 [J].神经损伤与功能重建, 2022, 17(7): 391-395. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20201021.
- [7] 辛斐,谢超,王丽君,等.大尺度脑网络交互支持内外指向认知的研究进展 [J].中国生物医学工程学报, 2020, 39(6): 736-746. DOI: 10.3969/j.issn.0258-8021.2020.06.011.
Xin F, Xie C, Wang LJ, et al. Large-scale brain networks interactions support internal and external directed cognition [J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2020, 39(6): 736-746.
- [8] Uddin LQ, Yeo BTT, Spreng RN. Towards a universal taxonomy of macro-scale functional human brain networks [J]. Brain Topogr, 2019, 32(6): 926-942. DOI: 10.1007/s10548-019-00744-6.
- [9] Smallwood J, Bernhardt BC, Leech R, et al. The default mode network in cognition: a topographical perspective [J]. Nat Rev Neurosci, 2021, 22(8): 503-513. DOI: 10.1038/s41583-021-00474-4.
- [10] Wang X, Wang R, Li F, et al. Large-scale granger causal brain network based on resting-state fMRI data [J]. Neuroscience, 2020, 425: 169-180. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2019.11.006.
- [11] Berndt M, Bäuml JG, Menegaux A, et al. Impaired structural connectivity between dorsal attention network and pulvinar mediates the impact of premature birth on adult visual-spatial abilities [J]. Hum Brain Mapp, 2019, 40(14): 4058-4071. DOI: 10.1002/hbm.24685.
- [12] Rajan A, Meyyappan S, Liu Y, et al. The Microstructure of attentional control in the dorsal attention network [J]. J Cogn Neurosci, 2021, 33(6): 965-983. DOI: 10.1162/jocn_a_01710.
- [13] Vossel S, Geng JJ, Fink GR. Dorsal and ventral attention systems : distinct neural circuits but collaborative roles [J]. Neuroscientist, 2014, 20(2): 150-159. DOI: 10.1177/1073858413494269.
- [14] Veréb D, Szabó N, Tuka B, et al. Temporal instability of salience network activity in migraine with aura [J]. Pain, 2020, 161(4): 856-864. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000001770.
- [15] Murphy AC, Bertolero MA, Papadopoulos L, et al. Multimodal network dynamics underpinning working memory [J]. Nat Commun, 2020, 11(1): 3035. DOI: 10.1038/s41467-020-15541-0.
- [16] Kam J, Lin JJ, Solbakk AK, et al. Default network and frontoparietal control network theta connectivity supports internal attention [J]. Nat Hum Behav, 2019, 3(12): 1263-1270. DOI: 10.1038/s41562-019-0717-0.
- [17] Onofri V, Chiarelli AM, Wise R, et al. Interaction of the salience network, ventral attention network, dorsal attention network and default mode network in neonates and early development of the bottom-up attention system [J]. Brain Struct Funct, 2022, 227(5): 1843-1856. DOI: 10.1007/s00429-022-02477-y.
- [18] Guggisberg AG, Koch PJ, Hummel FC, et al. Brain networks and their relevance for stroke rehabilitation [J]. Clin Neurophysiol, 2019, 130(7): 1098-1124. DOI: 10.1016/j.clinph.2019.04.004.
- [19] 陈美钟,王志敏,郭裕樊,等.基于度中心度和格兰杰因果分析对基底节区早期缺血性卒中患者的脑网络有效连接变化研究 [J].临床放射学杂志, 2022, 41(3): 410-414. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2022.03.040.
Chen MZ, Wang ZM, Wu YF, et al. Study of brain effective connectivity changes in patients with early ischemic stroke in basal ganglia based on degree centrality and granger causality analysis [J]. Journal of Clinical Radiology, 2022, 41(3): 410-414.
- [20] Veldsman M, Cheng HJ, Ji F, et al. Degeneration of structural brain networks is associated with cognitive decline after ischaemic stroke [J]. Brain Commun, 2020, 2(2): fcaa155. DOI: 10.1093/braincomms/fcaa155.
- [21] Vicentini JE, Weiler M, Casseb RF, et al. Subacute functional connectivity correlates with cognitive recovery six months after stroke [J]. Neuroimage Clin, 2021, 29: 102538. DOI: 10.1016/j.nicl.2020.102538.
- [22] Wardlaw JM, Smith C, Dichgans M. Small vessel disease: mechanisms and clinical implications [J]. Lancet Neurol, 2019, 18(7): 684-696. DOI: 10.1016/S1474-4422(19)30079-1.
- [23] 陆佩文,杨洁,邓秋琼,等.脑小血管病患者认知障碍早期功能网络连接性研究 [J].中国卒中杂志, 2020, 15(12): 1267-1275. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2020.12.003.
Lu PW, Yang J, Deng QQ, et al. Functional network connectivity in patients with early cognitive impairment due to cerebral small vessel disease [J]. Chinese Journal of Stroke, 2020, 15(12): 1267-1275.
- [24] Lee MH, Yun CH, Min A, et al. Altered structural brain network resulting from white matter injury in obstructive sleep apnea [J]. Sleep, 2019, 42(9): zsz120. DOI: 10.1093/sleep/zsz120.

- [25] Hou A, Pang X, Zhang X, et al. Widespread aberrant functional connectivity throughout the whole brain in obstructive sleep apnea[J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 920765. DOI: 10.3389/fnins.2022.920765.
- [26] Yu S, Guo B, Shen Z, et al. The imbalanced anterior and posterior default mode network in the primary insomnia[J]. *J Psychiatr Res*, 2018, 103: 97-103. DOI: 10.1016/j.jpsy.2018.05.013.
- [27] Wei Y, Leerssen J, Wassing R, et al. Reduced dynamic functional connectivity between salience and executive brain networks in insomnia disorder[J]. *J Sleep Res*, 2020, 29(2): e12953. DOI: 10.1111/jsr.12953.
- [28] 王铄辰, 陈奥博, 曹成龙, 等. 事件相关电位技术在人脑注意网络研究中的应用进展[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2021, 26(12): 959-963. DOI: 10.13798/j.issn.1009-153X.2021.12.022.
- [29] Ghani U, Signal N, Niazi IK, et al. A novel approach to validate the efficacy of single task ERP paradigms to measure cognitive workload[J]. *Int J Psychophysiol*, 2020, 158: 9-15. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2020.09.007.
- [30] Paitel ER, Samii MR, Nielson KA. A systematic review of cognitive event-related potentials in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease[J]. *Behav Brain Res*, 2021, 396: 112904. DOI: 10.1016/j.bbr.2020.112904.
- [31] Rabi R, Chow R, Paracha S, et al. The effects of aging and time of day on inhibitory control: an event-related potential study[J]. *Front Aging Neurosci*, 2022, 14: 821043. DOI: 10.3389/fnagi.2022.821043.
- [32] 太史叶子. N200、P300及错误相关电位在脑小血管病性认知功能障碍中的临床作用研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2020.
- [33] Olichney J, Xia J, Church KJ, et al. Predictive power of cognitive biomarkers in neurodegenerative disease drug development: utility of the P300 event-related potential[J]. *Neural Plast*, 2022, 2022: 2104880. DOI: 10.1155/2022/2104880.
- [34] Peng Z, Dai C, Ba Y, et al. Effect of sleep deprivation on the working memory-related N2-P3 components of the event-related potential waveform[J]. *Front Neurosci*, 2020, 14: 469. DOI: 10.3389/fnins.2020.00469.
- [35] Zhang Y, Xu H, Zhao Y, et al. Application of the P300 potential in cognitive impairment assessments after transient ischemic attack or minor stroke[J]. *Neurol Res*, 2021, 43(4): 336-341. DOI: 10.1080/01616412.2020.1866245.
- [36] Chen T, Wang H, Wang X, et al. Transcranial direct current stimulation of the right dorso-lateral prefrontal cortex improves response inhibition[J]. *Int J Psychophysiol*, 2021, 162: 34-39. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2021.01.014.
- [37] Hara T, Shanmugalingam A, McIntyre A, et al. The effect of non-invasive brain stimulation (NIBS) on executive functioning, attention and memory in rehabilitation patients with traumatic brain injury: a systematic review[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(4): 627. DOI: 10.3390/diagnostics11040627.
- [38] Dejanović M, Ivetić V, Nestorović V, et al. The role of P300 event-related potentials in the cognitive recovery after the stroke[J]. *Acta Neurol Belg*, 2015, 115(4): 589-595. DOI: 10.1007/s13760-015-0428-x.
- [39] Muller-Gass A, Campbell K. Sleep deprivation moderates neural processes associated with passive auditory capture[J]. *Brain Cogn*, 2019, 132: 89-97. DOI: 10.1016/j.bandc.2019.03.004.
- [40] Muscarella C, Mairesse O, Hughes G, et al. Recruitment dynamics of cognitive control in insomnia[J]. *Sleep*, 2019, 42(5): z39. DOI: 10.1093/sleep/zsz039.
- [41] Kusztor A, Raud L, Juel BE, et al. Sleep deprivation differentially affects subcomponents of cognitive control[J]. *Sleep*, 2019, 42(4): z16. DOI: 10.1093/sleep/zsz016.
- [42] Xu L, Song T, Peng Z, et al. Acute sleep deprivation impairs motor inhibition in table tennis athletes: an ERP study[J]. *Brain Sci*, 2022, 12(6): 746. DOI: 10.3390/brain12060746.
- [43] Steinhäuser M, Andersen SK. Rapid adaptive adjustments of selective attention following errors revealed by the time course of steady-state visual evoked potentials[J]. *NeuroImage*, 2019, 186: 83-92. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.10.059.
- [44] 北京神经内科学会睡眠障碍专业委员会, 北京神经内科学会神经精神医学与临床心理专业委员会, 中国老年学和老年医学学会睡眠科学分会. 卒中相关睡眠障碍评估与管理中国专家共识[J]. *中华内科杂志*, 2019, 58(1): 17-26. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2019.01.004. Beijing Neurology Association Sleep Disorder Committee, Beijing Neurology Association Neuropsychiatry and Clinical Psychology Committee, Chinese Association of Geriatric Sleep Science. Chinese expert consensus on the assessment and management of stroke-related sleep disorders[J]. *Chin J Intern Med*, 2019, 58(1): 17-26.
- [45] Meng YY, Yu YC, Nie B, et al. Longitudinal cognitive dysfunction in patients with obstructive sleep apnea syndrome after transient ischemic attack[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134(13): 1622-1623. DOI: 10.1097/CM9.0000000000001428.
- [46] Zhu RL, Ouyang C, Ma RL, et al. Obstructive sleep apnea is associated with cognitive impairment in minor ischemic stroke[J]. *Sleep Breath*, 2022, 26(4): 1907-1914. DOI: 10.1007/s11325-022-02575-5.

(收稿日期: 2023-04-05)

(本文编辑: 赵金鑫)