

脑电图在脑卒中后认知功能评定中的应用

晁静^{1,2}, 巩尊科^{1,2}, 王世雁^{1,2}, 欧香灵¹, 顾成晨¹, 周文欣¹

【摘要】 目的:探讨脑卒中后认知障碍(PSCI)患者脑电图谱与认知评定量表评分的相关性,分析其临床意义。**方法:**选取脑卒中患者 75 例,采用简易精神状态检查量表(MMSE)评定筛查,随机分为认知障碍组(PSCI 组)和非认知障碍组(非 PSCI 组),每组 30 例,另选 30 例健康人为对照组。3 组均行脑电图检查、蒙特利尔认知量表(MoCA)及洛文斯顿作业疗法认识评定量表(LOTCA)评定。使用 Spearman 等级相关分析脑电图特征变化与 MoCA、LOTCA 评分的相关性,比较 3 组评定结果。**结果:**MMSE、MoCA、LOTCA 认知量表评分比较,PSCI 组明显低于非 PSCI 组、健康对照组($P<0.05$),非 PSCI 组明显低于健康对照组($P<0.05$)。 α AP 和 α RP 两个脑电指标比较,PSCI 组低于非 PSCI 组和健康对照组($P<0.05$),非 PSCI 组低于健康对照组($P<0.05$)。DTABR 指标比较,健康对照组明显低于非 PSCI 组、PSCI 组($P<0.05$),非 PSCI 组明显低于 PSCI 组($P<0.05$)。 α AP 与 MoCA、LOTCA 之间呈正相关($r=0.734, r=0.922, P<0.05$); α RP 与 MoCA、LOTCA 之间呈正相关($r=0.575, r=0.630, P<0.05$);DTABR 与 MoCA、LOTCA 之间呈负相关($r=-0.569, r=-0.614, P<0.05$)。**结论:**基于频域功率谱分析的脑电数据可作为脑卒中后认知功能的评估办法,且与认知评估量表之间具有相关性,二者结合能更客观全面地评估认知障碍的存在。

【关键词】 脑卒中;认知障碍;脑电图;频域功率谱分析;洛文斯顿作业疗法;MoCA;认知评估量表

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2024.03.005

Clinical application of electroencephalogram in assessment of cognitive function after stroke Chao Jing, Gong Zunke, Wang Shiyuan, et al. The Affiliated Xuzhou Rehabilitation Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221003, China

【Abstract】 Objective: To investigate the correlation between electroencephalogram (EEG) and cognitive rating scale in patients with cognitive impairment after stroke, and to analyze its clinical significance. **Methods:** A total of 75 stroke patients were selected and screened using the simple mental state Examination Scale (MMSE). They were randomly divided into cognitive impairment group (PSCI group) and non-cognitive impairment group (non-PSCI group), with 30 cases in each group and 30 healthy subjects served as control group. EEG, Montreal Cognitive Scale (MoCA) and Loewenston Occupational Therapy Cognition Rating Scale (LOTCA) were performed in all three groups. Spearman level correlation was used to analyze the correlation between EEG characteristics and MoCA and LOTCA, and the results of the three groups were compared. **Results:** The scores of MMSE, MoCA and LOTCA cognitive scale in PSCI group were significantly lower than those in non-PSCI group and healthy control group ($P<0.05$), while those in non-PSCI group were significantly lower than those in healthy control group ($P<0.05$). Two EEG indices of α AP and α RP were lower in PSCI group than in non-PSCI group and healthy control group ($P<0.05$), and lower in non-PSCI group than in healthy control group ($P<0.05$). DTABR index in healthy control group was significantly lower than in non-PSCI group and PSCI group ($P<0.05$), and that in non-PSCI group was significantly lower than in PSCI group ($P<0.05$). α AP was positively correlated with MoCA and LOTCA ($r=0.734, r=0.922, P<0.05$). α RP was positively correlated with MoCA and LOTCA ($r=0.575, r=0.630, P<0.05$). DTABR was negatively correlated with MoCA and LOTCA ($r=-0.569, r=-0.614, P<0.05$). **Conclusion:** EEG data based on frequency domain power spectrum analysis can be used as an assessment method of cognitive function after stroke, and they are correlated with the cognitive assessment scale. The combination of EEG data and the cognitive assessment scale can evaluate the existence of cognitive impairment more objectively and comprehensively.

【Key words】 stroke; cognitive impairment; electroencephalogram; power spectrum analysis; Loewenston Occupational Therapy; Montreal cognitive scale; cognitive assessment scale

基金项目:江苏省卫生健康委科研项目(K2019012)

收稿日期:2023-06-29

作者单位:1. 徐州医科大学附属徐州康复医院,江苏 徐州 221003;2. 徐州医科大学徐州临床学院,江苏 徐州 221009

作者简介:晁静(1995-),女,硕士研究生,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:巩尊科, gongzunke@163.com

世界老龄化加剧,中风的发病率也不断提高^[1],其中约 1/3 的卒中患者继发脑卒中后认知功能障碍(post-stroke cognitive impairment, PSCI),且持续到卒中后 6 个月时仍存在的一系列认知损伤的综合征,表现为记忆力、计算力、理解判断力下降等^[2]。目前临床上多采用医学量表评估认知功能受损情况^[3],但其主观性偏差给评估工作增加了难度。因此探究一种早期诊断 PSCI 且复测康复进程的无创性检查十分必要。脑电图(electroencephalogram, EEG)可作为估计大脑皮质神经细胞活动及网络结构连通性的神经生理测量^[4],也用于反映中风后认知功能变化并预测患者的康复^[5]。基于频域分析将 EEG 信号分为 4 种常用频带 δ (1~4Hz), θ (4~8Hz), α (8~13Hz), β (13~30Hz)^[6]。 δ 波和 θ 波为低频活动, α 波和 β 波为高频活动^[7]。神经元受损后认知障碍程度的不断加重,低频脑电活动也不断增加,相反高频脑电功率减小^[8]。本研究将基于脑电图功率谱分析应用于不同认知功能水平的脑卒中患者的功能评定,并观察脑电信号的变化与蒙特利尔认知量表(montreal cognitive assessment, MoCA)、洛文斯顿作业疗法认识评定量表(loewenstein occupational therapy cognitive assessment, LOTCA)评定是否有相关性,探讨脑电图在卒中后认知功能评定中的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 11 月至 2023 年 6 月在徐州医科大学附属徐州康复医院和徐州医科大学徐州临床学院/徐州市中心医院康复医学科收治的脑卒中患者 75 例,凡入组患者均行简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)筛查评测,根据被试者的文化程度不同,评估结果的标准值以下患者视为有认知功能障碍,设为 PSCI 组,标准分及以上的患者视为非 PSCI 组。纳入标准:头颅 CT 或 MRI 检查证实病灶,且符合 2019 年脑卒中诊断标准^[9];首次发病,年龄 ≤ 75 岁,病程 ≤ 6 个月;无肢体活动障碍,生命体征平稳,能够配合各项检查。排除标准:既往有先天性、遗传性疾病、神经功能缺损或神经系统变性疾病导致的严重痴呆;有心、肺等重要器官功能障碍;发热、癫痫发作、脑电图异常者;严重听力障碍和(或)视力障碍,无法配合检查者。纳入 30 例 PSCI 患者,为了实现组间均衡可比性,随机选取了 30 例非认知障碍组(非 PSCI)的例数,另选取 30 例与病例组相匹配且符合入选标准的健康志愿者设为健康对照组,例如患者家属、医院护理人员或门诊健康体检者。健康对照组入选标准:MMSE 筛查量表评分正常,无认知障碍病

史;神经系统检查正常;无脑外伤、脑血管意外等中枢神经系统疾病;无精神病及精神病家族史等;无酒精或药物成瘾史。以上 3 组受试者均详细了解研究内容,同意加入并签署相关知情同意书。3 组一般资料比较无统计学差异,有可比性,见表 1。本研究经徐州市康复医院伦理委员会批准(No. XK-LW-20221020-007)。

表 1 3 组一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	卒中类型(例)		学历(例)		
		男	女		脑出血	脑梗死	文盲	小学	初中及以上
健康对照组	30	17	13	58.73 $\pm$ 7.08			3	11	16
非 PSCI 组	30	20	10	58.40 $\pm$ 10.83	7	23	5	10	15
PSCI 组	30	19	11	60.43 $\pm$ 9.87	9	21	4	14	12

1.2 方法

1.2.1 认知量表评估 在安静的房间里,由一位康复医师通过患者答题的表现进行评分。所有受试者均无任何康复治疗前,入组 2 日内完成量表评估。MMSE 评定^[10]:总分 30 分,包括定向、记忆、注意及计算力、语言能力、执行力、视空间力的 6 个方面。标准:文盲(未受教育) ≤ 17 分,小学文化程度(受教育年限 ≤ 6 年) ≤ 20 分,中学文化程度以上(受教育年限 > 6 年) ≤ 24 分。临界值以下考虑为认知功能障碍,此量表在本研究中作为初筛手段。MoCA 评定^[11]:总分为 30 分,包括 8 个方面,即定向、抽象、言语、注意、记忆、视空间与执行功能、画钟表、命名。评分标准:受年龄限制 ≤ 12 年附加 1 分, ≥ 26 分为正常。LOTCA 评定^[12]:总分 115 分,附加题目为 4 分。包括 7 个范畴:定向力、知觉、动作运用、视运动组织和思维运作,另有附加题目注意力及专注力。评定的分数越低,表明脑卒中后该患者认知功能的损害越严重。

1.2.2 脑电图采集 在微暗、安静的环境中,被试者远离一切干扰源,清醒闭眼状态,静坐于座椅上。采用 JY-2440 型号数字脑电地形图仪。按照国际 10/20 标准系统(32 导联,分别为 FP1、FP2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6、AF3、AF4、FC3、FC4、CP3、CP4、PO3、PO4、FT7、FT8、CP7、CP8、Fz、Cz、Pz、Oz)放置电极,双侧耳垂作为参考电极,采样率选择 500Hz,记录 5min 时长。

1.2.3 脑电图数据分析 基于 Matlab 软件的 EEGLAB 插件对脑电原始数据进行预处理,利用带通 FIR 滤波器滤波(高通 0.5Hz,低通 45Hz)消除杂音,全导联平均作为重参考,进行独立成分分析(independent component analysis, ICA),去除伪迹等步骤。预处理完成的数据进行快速傅里叶转换,基于 Welch 算法功率谱分析^[13],选取 20s 汉明窗的无伪迹脑电图数据。计算分析出 α 、 β 、 θ 、 δ 四个不同频段范围内的绝

对功率。本研究分析计算 α 波绝对功率(alpha absolute power, α AP)、 α 波相对功率(alpha relative power, α RP)和慢波化比率[(delta + theta)/(alpha + beta) ratio, DTABR]。脑电图慢波比率和 α 波振荡与认知功能密切相关^[14]。

$$\alpha RP = \frac{P_{\alpha}}{P_{\alpha} + P_{\beta} + P_{\delta} + P_{\theta}}$$

上述公式中 P_{α} 、 P_{β} 、 P_{δ} 、 P_{θ} 分别为 α 、 β 、 δ 、 θ 绝对功率值。

$$DTABR = \frac{\delta + \theta}{\alpha + \beta}$$

3 组被试者需在无任何康复治疗的情况下,且入组 2 日内完成脑电数据采集。脑电图的采集及数据分析均由另一位经过电生理专业培训的康复医师完成。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析,定性资料的比较采用 χ^2 检验或者 Fisher's 精确检验,定量资料中符合正态分布的以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析;定量资料中不符合正态分布的采用中位数和四分位数数[M(P25, P75)]描述,组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,两两比较采用 Mann-Whitney U 检验或 Nemenyi 检验。相关性分析采用 Spearman 等级相关。显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 3 组 MMSE、MoCA 及 LOTCA 评分的比较 MMSE、MoCA、LOTCA 评分在 3 组间比较存在统计学差异($P < 0.05$),经过两两比较,健康对照组 3 项评分明显高于非 PSCI 组、PSCI 组($P < 0.05$),非 PSCI 组 3 项评分明显高于 PSCI 组($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 3 组 MMSE、MoCA 及 LOTCA 评分比较
分, M(P25, P75)

组别	n	MMSE	MoCA	LOTCA
健康对照组	30	27(26, 29)	26(24, 27)	108(105, 111)
非 PSCI 组	30	25(23, 26) ^a	21(20, 23) ^a	98(89, 105) ^a
PSCI 组	30	10(6, 13) ^{ab}	6(4, 10) ^{ab}	45(34, 61) ^{ab}
χ^2		66.136	72.221	67.376
P		0.000	0.000	0.000

与健康对照组比较,^a $P < 0.05$;与非 PSCI 组比较,^b $P < 0.05$

2.2 3 组脑电图各指标的比较 α AP、 α RP 在 3 组间比较存在统计学差异($P < 0.05$),经过两两比较,健康对照组的水平明显高于非 PSCI 组、PSCI 组($P < 0.05$),非 PSCI 组明显高于 PSCI 组($P < 0.05$);DTABR 在 3 组存在统计学差异($P < 0.05$),健康对照组的明显低于非 PSCI 组、PSCI 组($P < 0.05$),非 PSCI 组明显低于 PSCI 组($P < 0.05$)。见表 3。

2.3 PSCI 组中脑电图数据与 MMSE、MoCA、LOTCA 评分量表的相关性 α AP 与 MoCA、LOTCA 之

间存在显著正相关关系(0.734、0.922, $P < 0.01$); α RP 与 MoCA、LOTCA 之间存在显著正相关关系(0.575、0.630, $P < 0.01$);DTABR 与 MoCA、LOTCA 之间存在显著负相关关系(-0.569、-0.614, $P < 0.01$)。见表 4。

表 3 3 组间脑电图各指标比较 M(P25, P75)

组别	n	α AP	α RP	DTABR
健康对照组	30	0.65(0.53, 0.84)	0.47(0.37, 0.58)	0.87(0.61, 1.44)
非 PSCI 组	30	0.54(0.47, 0.67) ^a	0.31(0.23, 0.48) ^a	1.74(0.97, 2.61) ^a
PSCI 组	30	0.39(0.27, 0.45) ^{ab}	0.19(0.11, 0.30) ^{ab}	4.05(2.19, 6.89) ^{ab}
χ^2		33.440	32.390	36.079
P		0.000	0.000	0.000

与健康对照组比较,^a $P < 0.05$;与非 PSCI 组比较,^b $P < 0.05$

表 4 PSCI 组中各脑电指标与 MoCA、LOTCA 评分量表的相关性比较

项目		MoCA	LOTCA
α 波绝对功率(α AP)	相关系数	0.734	0.922
	Sig. (双尾)	<0.001	<0.001
	N	30	30
α 波相对功率(α RP)	相关系数	0.575	0.630
	Sig. (双尾)	0.001	<0.001
	N	30	30
慢波化比率(DTABR)	相关系数	-0.569	-0.614
	Sig. (双尾)	0.001	<0.001
	N	30	30

3 讨论

中风后约有 80.97% 的患者出现认知障碍,包括从非痴呆至痴呆的不同程度的表现^[15]。因其不仅令卒中患者人际交往能力下降,而且对日常生活产生明显影响,增加社会及家庭负担^[16]。即对 PSCI 的客观诊断及预后观察尤为重要。

脑电信号(electroencephalogram, EEG)即为头皮记录的电位差,由大脑皮层中相互作用的神经细胞产生的小电流产生^[17]。任何生理病理变化均将导致 EEG 发生特征性变化^[18]。脑卒中后,受损的神经元细胞对脑电信号的产生和传递带来巨大的影响^[19]。认知功能的改变可能是由于脑功能的连接受损,继而导致大脑各区域间的电生理网络无法整合引起的^[20]。所以,脑电图的特征变化一定程度上可以反应认知功能^[21]。不同的损伤部位影响各导联的脑电功率谱特征表现不同。

α 波幅是正常人安静清醒状态下脑波成分中节律性最强的波。大脑的反应时间与信息处理速度有关,当 α 频率变低时代表着大脑反应时间变慢,影响认知和综合判断能力变差。其中 α 振荡影响认知能力时,表现在自上而下的控制功能(如选择性注意和持续警觉性)中发挥作用^[22-23]。即 α AP 和 α RP 数值的增高

代表大脑对信息处理的能力增强,认知功能得到改善^[24]。Jelena Petrovic 等^[25]研究发现中风患者脑电图中较慢的 α 频率生成,同步和“流动”可作为认知障碍发作和(或)代偿性重组过程的生物标志物。本研究发现 3 组不同受试者的 α AP、 α RP 存在差异,PSCI 组的低于非 PSCI 组和健康对照组;非 PSCI 组低于健康对照组,考虑为大脑神经细胞受损导致 α 波变慢,无法及时进行信息处理而导致认知功能下降。

DTABR 反映高低频带功率的变化走势,其数值的增加表明预后不良或恶化^[26]。Hu 等^[27]研究发现 DTABR 作为脑电图的全局指标,在脑损伤的生理和恢复阶段发挥重要作用。本次研究结果发现,PSCI 组 DTABR 值均高于非 PSCI 组和健康对照组,非 PSCI 组高于健康对照组,揭示了脑卒中后大脑慢波节律的增强取代了快波节律对大脑信号的处理,抑制脑部活动,从而影响认知功能的处理。

认知功能评定量表广泛应用于临床及科研^[28-29],MMSE 是目前国内外应用最广泛的认知筛查量表,其设定的题目直观、通俗易懂。此外,MoCA、LOTCA 受文化教育程度的影响较大,本研究中部分文化程度低的非 PSCI 患者或健康人的量表评分未达到正常值,但评分均高于 PSCI 组,且评估过程中仅表现为不理解题目的用意导致无法得分,未出现某个认知域的功能障碍。尽管评估量表操作简单,但过程中无法避免因主观评价带来的误差。

当前,医学影像检查广泛应用于卒中的诊断及预后评估,磁共振技术(Magnetic Resonance Imaging, MRI)和磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy MRS)等用来评估大脑微观结构和神经化学变化^[30-31]。由于 MRI 检测时间较长,具有一定的禁忌症,设备较大无法移动,即应用于重症患者无法实现。另外,高额的检查费用给部分家庭带来了负担。

脑电图对大脑细胞自发电活动具有高时间分辨率^[32],常被用于阿尔兹海默症^[33]、癫痫^[34]、精神疾病^[35]、帕金森^[36]等疾病的观察诊断。脑电图具有简单方便、安全高效,无禁忌症等优点,补充弥补了医学影像检查及评估量表的不足,有希望作为卒中神经学中诊断或预测的生物标志物,成为有价值的非侵入性临床检查工具^[37]。

本研究结果表明脑电图各观察指标与认知评估量表具有相关性,PSCI 组的 α AP 及 α RP 低于非 PSCI 组及健康对照组、DTABR 高于其他两组。脑电图特征性变化能客观地评价脑卒中认知功能下降的程度,及大脑神经元损伤的情况。且与认知评估量表二者联合应用,能全面、及时地评估早期认知功能受损,将达

到双倍的成效。

本研究结果说明,基于功率谱分析的脑电图指标作为一项无创的电生理检查,可用于卒中后认知功能的评测方法。认知功能评估量表与脑电图二者结合能够更全面地对认知功能进行早期评定,且对卒中后认知障碍的康复预后观察提供了帮助。本研究存在样本量小的不足,下一步将扩大样本量,具体分析不同文化程度间、不同损伤脑区的脑电信号与量表评估的相关性。

【参考文献】

- [1] Katan M, Luft A. Global Burden of Stroke[J]. Semin Neurol, 2018,38(2):208-211.
- [2] 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.
- [3] 田芳,吴瑞明,曾婷,等.卒中后患者认知功能评估工具的研究进展[J].中华脑血管病杂志(电子版),2021,15(3):191-195.
- [4] Chiarion G, Sparacino L, Antonacci Y, et al. Connectivity Analysis in EEG Data: A Tutorial Review of the State of the Art and Emerging Trends. [J]. BIOENGINEERING-BASEL, 2023, 10(3):48.
- [5] Iliadou P, Paliokas I, Zygouris S, et al. A Comparison of Traditional and Serious Game-Based Digital Markers of Cognition in Older Adults with Mild Cognitive Impairment and Healthy Controls [J]. J Alzheimers Dis, 2021,79(4):1747-1759.
- [6] Cole S R, Voytek B. Brain Oscillations and the Importance of Waveform Shape[J]. Trends Cogn Sci, 2017,21(2):137-149.
- [7] Keser Z, Buchl S C, Seven N A, et al. Electroencephalogram (EEG) With or Without Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) as Biomarkers for Post-stroke Recovery: A Narrative Review[J]. Front Neurol, 2022,13:827866.
- [8] Babiloni C, Arakaki X, Bonanni L, et al. EEG measures for clinical research in major vascular cognitive impairment: recommendations by an expert panel[J]. Neurobiol Aging, 2021,103:78-97.
- [9] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国各类主要脑血管病诊断要点 2019[J].中华神经科杂志,2019,52(9):710-715.
- [10] 周小炫,谢敏,陶静,等.简易智能精神状态检查量表的研究和应用[J].中国康复医学杂志,2016,31(6):694-696.
- [11] Jaywant A, Toglia J, Gunning F M, et al. The diagnostic accuracy of the Montreal Cognitive Assessment in inpatient stroke rehabilitation[J]. Neuropsychol Rehabil, 2019,29(8):1163-1176.
- [12] 燕铁斌,马超,郭友华,等. Loewenstein 认知评定量表(简体中文版)的信度及信度研究[J].中华物理医学与康复杂志,2004,26(2):81-84.
- [13] Lanzone J, Colombo M A, Sarasso S, et al. EEG spectral exponent as a synthetic index for the longitudinal assessment of stroke recovery[J]. Clin Neurophysiol, 2022,137:92-101.
- [14] Bentes C, Peralta A R, Viana P, et al. Quantitative EEG and functional outcome following acute ischemic stroke[J]. Clin Neurophysiol, 2018,129(8):1680-1687.

- [15] Rundek T, Tolea M, Ariko T, et al. Vascular Cognitive Impairment (VCI)[J]. *Neurotherapeutics*, 2022,19(1):68-88.
- [16] Chowdhary N, Barbui C, Anstey K J, et al. Reducing the Risk of Cognitive Decline and Dementia: WHO Recommendations [J]. *Front Neurol*, 2021,12:765584.
- [17] Meghdadi A H, Stevanovic K M, McConnell M, et al. Resting state EEG biomarkers of cognitive decline associated with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment [J]. *PLoS One*, 2021,16(2):e244180.
- [18] Marzetti L, Basti A, Chella F, et al. Brain Functional Connectivity Through Phase Coupling of Neuronal Oscillations: A Perspective From Magnetoencephalography [J]. *Front Neurosci*, 2019, 13:964.
- [19] Vatinno A A, Simpson A, Ramakrishnan V, et al. The Prognostic Utility of Electroencephalography in Stroke Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2022,36(4-5):255-268.
- [20] Hadiyoso S, Ong P A, Zakaria H, et al. EEG-Based Spectral Dynamic in Characterization of Poststroke Patients with Cognitive Impairment for Early Detection of Vascular Dementia [J]. *J Healthc Eng*, 2022,2022:5666229.
- [21] Babiloni C, Lizio R, Marzano N, et al. Brain neural synchronization and functional coupling in Alzheimer's disease as revealed by resting state EEG rhythms [J]. *Int J Psychophysiol*, 2016,103:88-102.
- [22] Sadaghiani S, Kleinschmidt A. Brain Networks and alpha-Oscillations: Structural and Functional Foundations of Cognitive Control [J]. *Trends Cogn Sci*, 2016,20(11):805-817.
- [23] Manor R, Cheaha D, Kumarnsit E, et al. Age-related Deterioration of Alpha Power in Cortical Areas Slowing Motor Command Formation in Healthy Elderly Subjects [J]. *In Vivo*, 2023,37(2):679-684.
- [24] 焦磊磊, 孙良文, 高少军, 等. 脑卒中认知障碍患者治疗前后的脑电特征 [J]. *中国康复理论与实践*, 2020,26(7):847-850.
- [25] Petrovic J, Milosevic V, Zivkovic M, et al. Slower EEG alpha generation, synchronization and "flow"-possible biomarkers of cognitive impairment and neuropathology of minor stroke [J]. *PeerJ*, 2017,5:e3839.
- [26] Jiang M, Su Y, Liu G, et al. Predicting the non-survival outcome of large hemispheric infarction patients via quantitative electroencephalography: Superiority to visual electroencephalography and the Glasgow Coma Scale [J]. *Neurosci Lett*, 2019,706:88-92.
- [27] Hu Y, Wang Y, Zhang R, et al. Assessing stroke rehabilitation degree based on quantitative EEG index and nonlinear parameters [J]. *Cogn Neurodyn*, 2023,17(3):661-669.
- [28] 张丽, 卞立, 陈煜, 等. 脑卒中后认知功能障碍的康复评估与治疗进展 [J]. *中国康复*, 2020,35(12):660-663.
- [29] 方云华, 陈善佳, 周小炫, 等. MoCA、MMSE、NCSE 等 6 个脑卒中认知康复评价工具的使用现状调查 [J]. *中国康复*, 2014,29(1):40-42.
- [30] Grefkes C, Fink G R. Recovery from stroke: current concepts and future perspectives [J]. *Neurol Res Pract*, 2020,2:17.
- [31] 巩尊科, 王世雁, 王蜜, 等. 磁共振波谱与洛文斯顿认知评定量表在脑卒中后认知功能评定中的相关性分析 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018,40(6):436-440.
- [32] Cao J, Zhao Y, Shan X, et al. Brain functional and effective connectivity based on electroencephalography recordings: A review [J]. *Hum Brain Mapp*, 2022,43(2):860-879.
- [33] Monllor P, Cervera-Ferri A, Lloret M A, et al. Electroencephalography as a Non-Invasive Biomarker of Alzheimer's Disease: A Forgotten Candidate to Substitute CSF Molecules? [J]. *Int J Mol Sci*, 2022(19):10889.
- [34] Mesraoua B, Deleu D, Al Hail H, et al. Electroencephalography in epilepsy: look for what could be beyond the visual inspection [J]. *Neurological sciences*, 2019,40(11):2287-2291.
- [35] Fogelson N, Diaz-Brage P, Li L, et al. Functional connectivity abnormalities during processing of predictive stimuli in patients with major depressive disorder [J]. *Brain Res*, 2020, 1727:146543.
- [36] Conti M, Bovenzi R, Garasto E, et al. Brain Functional Connectivity in de novo Parkinson's Disease Patients Based on Clinical EEG [J]. *Front Neurol*, 2022,13:844745.
- [37] Rizkallah J, Amoud H, Fraschini M, et al. Exploring the Correlation Between M/EEG Source-Space and fMRI Networks at Rest [J]. *Brain Topogr*, 2020,33(2):151-160.

欢 迎 投 稿