

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.04.046

精神分裂症静息态脑电图微状态特征与 认知功能的相关性分析

赵娅莉, 孟令玉, 段培敏

(开封市第五人民医院 精神科一病区, 河南开封 475000)

【摘要】目的 分析精神分裂症(schizophrenia, SCZ)静息态脑电图(electroencephalogram, EEG)微状态特征与认知功能的相关性。**方法** 选取2023年1月至2025年10月开封市第五人民医院收治的80例稳定期SCZ患者为SCZ组,另纳入同期80名人口学资料相匹配的健康对照者为对照组。采集所有受试者静息态EEG信号,比较A、B、C、D四类EEG微状态特征;采用中国简版神经认知成套测验(Chinese brief cognitive test, C-BCT)和蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment scale, MoCA)完成认知功能评估,比较两组C-BCT总分、各子测验得分及MoCA总分。采用Pearson相关分析探讨SCZ组EEG微状态参数与C-BCT总分、各子测验得分及MoCA总分的相关性。**结果** SCZ组EEG微状态C的平均持续时间、时间覆盖率、出现频率均高于对照组(均 $P<0.05$);而微状态D上述特征参数均显著低于对照组(均 $P<0.01$)。SCZ组C-BCT总分、各子测验得分、MoCA总分均显著低于对照组(均 $P<0.001$)。Pearson相关分析显示,微状态C的平均持续时间与C-BCT总分、MoCA总分均呈显著负相关($r=-0.42$ 、 -0.38 , 均 $P<0.001$)。微状态D的时间覆盖率与C-BCT总分、工作记忆分测验得分均呈显著正相关($r=0.31$ 、 0.35 , $P=0.005$ 、 0.002)。微状态C的出现频率与注意力(持续操作测验d'值)得分呈显著负相关($r=-0.29$, $P=0.009$)。**结论** SCZ患者存在静息态EEG微状态特异性异常改变,且该异常模式与认知功能损伤程度密切相关。

【关键词】 精神分裂症; 静息态; 脑电图微状态; 认知功能; 相关性分析

【中图分类号】 R749.3

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242 (2026) 04-0215-04

Correlation analysis between resting-state electroencephalogram microstate characteristics and cognitive function in schizophrenia

ZHAO Yali, MENG Lingyu, DUAN Peimin

(Psychiatric Ward One, The Fifth People's Hospital of Kaifeng, Kaifeng 475000, Henan, China)

【Abstract】Objective To analyze the correlation between resting-state electroencephalogram (EEG) microstate characteristics and cognitive function in schizophrenia (SCZ). **Methods** Eighty patients with SCZ admitted to Kaifeng Fifth People's Hospital from January 2023 to October 2025 were selected as the SCZ group, and another 80 healthy controls with matched demographic data enrolled during the same period were included as the control group. Resting-state EEG signals were collected from all subjects, and the EEG microstate characteristics of four types, namely Type A, Type B, Type C and Type D, were compared. The cognitive function assessment was conducted using the Chinese brief cognitive test (C-BCT) and the Montreal cognitive assessment scale (MoCA). And the C-BCT total scores, scores on each subtest, and MoCA total scores between the two groups were compared. Pearson correlation analysis was used to explore the correlation between the EEG microstate parameters of the SCZ group and the total score of C-BCT, as well as the scores on each subtest and MoCA total scores. **Results** The average duration, time coverage rate and occurrence frequency of microstate C in the SCZ group were all higher than those in the control group (all $P<0.05$); while the above characteristic parameters of microstate D in the SCZ group were significantly lower than those in the control group (all $P<0.01$). The C-BCT total scores, scores on each subtest, and MoCA total scores in the SCZ group were all significantly lower than those in the control group (all $P<0.001$). Pearson correlation analysis showed that the average duration of microstate C was significantly negatively correlated with the total score of C-BCT and the total score of MoCA ($r=-0.42$, -0.38 , all $P<0.001$). The time coverage rate of microstate D was significantly positively correlated with the total score of C-BCT and the score of the working memory test ($r=0.31$, 0.35 , $P=0.005$, 0.002). The occurrence frequency of microstate C was significantly negatively correlated with the score of attention (d' value of the sustained operation test) ($r=-0.29$, $P=$

收稿日期: 2025-11-01。

作者简介: 赵娅莉, 本科, 主治医师, 研究方向: 精神分裂症。E-mail: 18737879555@163.com。

0.009)。 **Conclusion** Patients with SCZ exhibit specific abnormal changes in resting-state EEG microstate, and this abnormal pattern is closely related to the degree of cognitive impairment.

【Key words】 Schizophrenia; Resting-state; Electroencephalogram microstate; Cognitive function; Correlation analysis

精神分裂症(schizophrenia, SCZ)是一种严重的慢性精神障碍,全球终身患病率约为1%^[1]。除典型阳性、阴性症状外,认知功能损害已被认为其核心症状之一,累及注意、记忆、执行功能等多个领域,严重影响患者的社会功能与生活质量^[2-3]。然而,认知症状在临床实践中易被忽视,且缺乏客观、便捷的生物学评估手段^[4]。脑电图(electroencephalogram, EEG)具有毫秒级的时间分辨率,可无创、实时记录大脑神经电活动。静息态脑电分析为解析大脑内在功能状态提供了重要研究窗口^[5]。当前国内系统探讨EEG微状态特征与SCZ患者多维度认知功能评分关联的研究仍较为有限。本研究通过采集SCZ患者及健康对照的静息态脑电数据,分析其EEG微状态特征参数的差异,并进一步探究这些电生理指标与认知功能之间的相关性,旨在为SCZ认知障碍的神经机制研究提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为病例对照研究设计。样本量计算基于EEG微状态C持续时间的效应量($d=0.6$),设定 $\alpha=0.05$ (双侧),检验效能 $(1-\beta)=0.80$,采用GPower 3.1软件计算得出每组至少需要45例。本研究实际纳入每组80例,满足统计功效要求。回顾性选取2023年1月至2025年10月开封市第五人民医院收治的80例SCZ患者为SCZ组。期间连续筛选符合入排标准的患者156例,最终纳入80例,其中男性53例,女性27例;年龄28~65岁,平均 (45.6 ± 9.8) 岁;平均病程 (12.4 ± 7.6) 年;平均受教育年限 (11.5 ± 3.2) 年。所有患者病情处于稳定期,阳性和阴性症状量表(positive and negative syndrome scale, PANSS)^[6]总分 <60 分,入组前4周内抗精神病药物种类及剂量基本稳定。从本院同期健康体检人群数据库中筛选80例人口学资料(性别、年龄、受教育年限)与SCZ组匹配的健康受试者作为对照组。排除存在任何精神疾病史、神经系统疾病史、严重躯体疾病、物质滥用史及EEG检查禁忌证的人员。两组年龄、性别、受教育年限比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),具有可比性。具体人口学资料:研究组平均年龄 $(45.6\pm$

9.8)岁,男性53例(66.3%),女性27例(33.7%),平均受教育年限 (11.5 ± 3.2) 年;对照组平均年龄 (44.8 ± 10.1) 岁,男性50例(62.5%),女性30例(37.5%),平均受教育年限 (11.8 ± 3.0) 年。本研究经开封市第五人民医院伦理委员会批准。

SCZ患者纳入标准:①年龄18~65岁;②符合国际疾病分类第11版(International Classification of Diseases, 11th Revision, ICD-11)的SCZ诊断标准;③PANSS总分 <60 分,处于临床稳定期;④右利手;⑤视力或矫正视力正常,能配合完成检查。排除标准:①患有其他轴I精神障碍;②有明确神经系统疾病史;③存在酒精或药物依赖史;④伴严重躯体疾病;⑤妊娠或哺乳期女性;⑥存在金属植入物、幽闭恐惧症等不适合脑电检查的情况。

1.2 方法

1.2.1 脑电数据采集与预处理

采用64导联Neuroscan SynAmps2脑电记录系统,按照国际10-20系统放置电极,采样率为1 000 Hz,电极阻抗保持在5 k Ω 以下。受试者在隔音、光线柔和的检查室内保持闭眼、放松、清醒状态,静坐采集静息态脑电数据8 min。数据预处理在MATLAB R2022b平台上借助EEGLAB工具箱完成:0.5~45 Hz零相位带通滤波;通过独立成分分析(independent component analysis, ICA)去除眼电、心电伪迹;目视结合阈值剔除肌电及运动伪迹时段;以全脑平均作为重参考。

1.2.2 EEG微状态分析

采用EEGLAB的MicrostateLab插件进行微状态分析。主要流程:①计算预处理后脑电数据的全局场功率(global field power, GFP);②提取GFP局部峰值点对应的脑电地形图(brain electrical activity mapping, BEAM);③采用改进K均值(K-means)聚类算法对BEAM进行聚类,根据交叉验证准则确定最优聚类数为4,得到代表A、B、C、D四类微状态模板地形图;④将模板地形图与连续脑电数据拟合,依据空间相关性为每个时间点分配微状态类别,生成微状态时间序列;⑤提取EEG微状态特征参数:各类微状态的平均持续时间、出现频率及时间覆

盖率。

1.2.3 认知功能评估

由经过统一培训的精神科医师或心理测评师在脑电数据采集当天或隔天内完成认知评估。采用以下工具。(1) 中国简版神经认知成套测验 (Chinese brief cognitive test, C-BCT)^[7]: 该测验包含连线测验、符号编码、持续操作测验、数字广度 4 个子测验, 主要评估信息处理速度、注意力、工作记忆和执行功能, 完成时间约 15 min; (2) 蒙特利尔认知评估量表 (Montreal cognitive assessment scale, MoCA)^[8]: 评估视空间与执行功能、命名、记忆、注意、语言、抽象思维、延迟回忆、定向力等 8 个认知领域, 总分 30 分, ≥ 26 分作为认知功能正常的判定标准, 可全面快速筛查轻度认知功能损害。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。符合正态检验的计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示, EEG 微状态参数的比较采用独立样本 t 检验。Pearson 相关分析探讨 SCZ 组 EEG 微状态参数与 C-BCT 总分、各子测验分及 MoCA 总分的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组静息态 EEG 微状态特征参数比较

SCZ 组微状态 C 的平均持续时间、时间覆盖率、出现频率均高于对照组 ($P<0.05$); 而 SCZ 组微状态 D 的平均持续时间、出现频率及时间覆盖率均显著低于对照组 ($P<0.01$)。微状态 A 和 B 的各项参数组间差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$) (表 1)。

2.2 认知功能评估比较

SCZ 组 C-BCT 总分、各子测验得分、MoCA 总分均显著低于对照组 (均 $P<0.001$) (表 2)。

2.3 EEG 微状态参数与认知功能的相关性分析

Pearson 相关分析显示 (表 3), 微状态 C 的平均持续时间与 C-BCT 总分、MoCA 总分均呈显著负相关 ($r=-0.42$ 、 -0.38 , 均 $P<0.001$)。微状态 D 的时间覆盖率与 C-BCT 总分、工作记忆分测验得分均呈显著正相关 ($r=0.31$ 、 0.35 , $P=0.005$ 、 0.002)。微状态 C 的出现频率与注意力 (持续操作测验 d' 值) 得分呈显著负相关 ($r=-0.29$, $P=0.009$)。微状态 A、B 参数与认知评分均无显著相关性 (均 $P>0.05$)。

表 1 两组组静息态 EEG 微状态参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

微状态参数	SCZ 组 ($n=80$)	对照组 ($n=80$)	t	P
微状态 A				
平均持续时间 (ms)	82.5 $\pm$ 15.3	85.1 $\pm$ 14.7	-1.121	0.265
出现频率 (次/s)	3.2 $\pm$ 0.8	3.4 $\pm$ 0.7	-1.580	0.116
时间覆盖率 (%)	26.8 $\pm$ 6.5	28.1 $\pm$ 5.9	-1.351	0.179
微状态 B				
平均持续时间 (ms)	78.9 $\pm$ 13.6	81.3 $\pm$ 12.4	-1.248	0.214
出现频率 (次/s)	2.9 $\pm$ 0.6	3.1 $\pm$ 0.5	-1.871	0.064
时间覆盖率 (%)	23.1 $\pm$ 5.2	24.5 $\pm$ 4.8	-1.722	0.088
微状态 C				
平均持续时间 (ms)	95.4 $\pm$ 18.2	84.7 $\pm$ 16.1	4.321	<0.001
出现频率 (次/s)	3.8 $\pm$ 0.9	3.4 $\pm$ 0.8	2.890	0.004
时间覆盖率 (%)	35.6 $\pm$ 7.8	28.9 $\pm$ 6.5	3.891	<0.001
微状态 D				
平均持续时间 (ms)	72.3 $\pm$ 14.5	81.6 $\pm$ 13.8	-3.752	<0.001
出现频率 (次/s)	2.5 $\pm$ 0.7	3.0 $\pm$ 0.6	-3.211	0.002
时间覆盖率 (%)	18.5 $\pm$ 4.9	22.5 $\pm$ 4.3	-2.983	0.003

注: EEG: 脑电图; SCZ: 精神分裂症。微状态 A 通常与听觉网络相关; 微状态 B 与视觉网络相关; 微状态 C 与突显网络相关; 微状态 D 与注意力网络相关。

表 2 两组认知功能评估结果比较 ($\bar{x}\pm s$)

认知评估工具	SCZ 组 ($n=80$)	对照组 ($n=80$)	t	P
C-BCT 总分 (分)	45.2 $\pm$ 10.8	68.5 $\pm$ 9.3	-15.420	<0.001
连线测验 (s)	52.4 $\pm$ 15.6	35.8 $\pm$ 8.7	9.871	<0.001
符号编码 (正确数)	38.1 $\pm$ 11.2	55.3 $\pm$ 9.5	-11.231	<0.001
持续操作测验 (d')	1.8 $\pm$ 0.5	3.2 $\pm$ 0.6	-16.332	<0.001
数字广度 (顺背) (位)	5.6 $\pm$ 1.3	7.5 $\pm$ 1.1	-10.583	<0.001
MoCA 总分 (分)	22.4 $\pm$ 4.1	27.8 $\pm$ 1.9	-12.764	<0.001

注: SCZ: 精神分裂症; C-BCT: 中国简版神经认知成套测验; MoCA: 蒙特利尔认知评估量表。

表 3 SCZ 组 EEG 微状态参数与认知功能评分的相关性

微状态类别	微状态参数	认知评估指标	r	P	相关性方向
C	平均持续时间	C-BCT 总分	-0.42	<0.001	负
C	平均持续时间	MoCA 总分	-0.38	<0.001	负
C	出现频率	持续操作测验 (d')	-0.29	0.009	负
D	时间覆盖率	C-BCT 总分	0.31	0.005	正
D	时间覆盖率	数字广度 (工作记忆)	0.35	0.002	正

注: EEG: 脑电图; SCZ: 精神分裂症; C-BCT: 中国简版神经认知成套测验; MoCA: 蒙特利尔认知评估量表。注意力以持续操作测验 d' 值表示; 工作记忆以数字广度得分表示。

3 讨论

本研究结果显示, 稳定期 SCZ 患者静息态 EEG 存在明确的微状态特征改变, 主要表现为参与突显信息处理的 C 类微状态活动增强, 与注意功能相关

的 D 类微状态活动减弱,该异常模式与患者多维度认知测验中的功能损害存在量化关联。

上述发现为阐释 SCZ 认知障碍的电生理基础提供了证据。C 类微状态与大脑突显网络相关,其持续时间异常延长、在静息态中占比过高,持续的神经背景噪音会侵占有限认知资源,导致专注类认知任务的执行效能下降。本研究的相关性分析结果支持这一推论。另一方面,D 类微状态关联背侧注意网络,是维持持续性注意、支撑工作记忆预备状态的关键神经活动^[9]。本研究中 SCZ 患者该状态的活动强度普遍不足,且其覆盖范围与工作记忆得分直接相关,从神经动态角度解释了患者在持续注意、记忆刷新类任务中表现困难的潜在机制。

本研究采用适配国内临床环境的 C-BCT,可将电生理特征与贴近临床实践的认知评估相结合,结论可能更具转化价值,实现了 SCZ 患者宏观认知缺损与微观秒级的脑网络动态波动的对应,从而为 SCZ 认知损害的机制阐释提供了可能路径。

本研究 SCZ 组均接受规范化抗精神病药物治疗,尚未充分考虑药物对 SCZ 神经活动的影响,后续需持续关注未用药患者的 EEG 微状态^[10],并对其微状态序列展开时空动力学分析^[11-12],以进一步验证本研究结论的可靠性。

综上,稳定期 SCZ 患者存在静息态 EEG 微状态特异性异常改变,该异常模式与认知功能损伤程度密切相关。提示 EEG 微状态分析可作为客观、无创的辅助评估方法,为临床评估 SCZ 患者认知损害提供参考依据。

参考文献

- [1] 陈学莹, 齐晓英, 史周晰, 等. 基于微状态的抑郁症静息态脑电信号分析[J]. 高技术通讯, 2024, 34 (4): 379-385.
- [2] 李伟海, 陶华英. 不同认知功能障碍静息态脑电微状态特征比较[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2024, 26 (4): 436-439.
- [3] 丁思元, 朱燕, 施畅, 等. 基于静息态与面孔情绪词任务的失语症患者抑郁状态脑电特征研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2025, 42 (3): 488-495.
- [4] 赵光锐, 吴玉璋, 尹绍雅, 等. 基于静息态脑电图的慢性意识障碍微状态分析[J]. 中华脑科疾病与康复杂志 (电子版), 2025, 15 (4): 232-237.
- [5] ZOU J, QI H, YANG C, *et al.* Classifying schizophrenia subtypes via resting-state EEG complexity networks[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1):41861.
- [6] 白晓英, 刘建武, 杨睿, 等. 精神分裂症患者劳动能力鉴定 PANSS 量表应用分析[J]. 陕西医学杂志, 2009, 38 (4): 508-509.
- [7] 赵勇, 房传龙, 李皖生. 计算机认知矫正治疗对男性精神分裂症患者认知功能的影响-基于 C-BCT 的评估[J]. 国际精神病学杂志, 2024, 51 (3): 709-711, 715.
- [8] 孙洪吉, 谢越, 张晓红, 等. 蒙特利尔认知评估量表的条目分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2014, 16 (4): 387-390.
- [9] 孙金平, 贺峰恺, 汪云翔, 等. 基于微状态分析视觉工作记忆延迟阶段的脑电特征[J]. 国际生物医学工程杂志, 2025, 48 (1): 41-46.
- [10] FEDOTOV I A, SHUSTOV D I. Resting State EEG Analysis for Schizophrenia: from Alpha-Rhythm Reduction to Microstates Assessment[J]. *Psikhiatriya*, 2024, 22(3):91-99.
- [11] EARL R J, FORD T C, LUM J A G, *et al.* Exploring aperiodic activity in first episode schizophrenia spectrum psychosis: A resting-state EEG analysis[J]. *Brain Res*, 2024, 1840:149052.
- [12] HASANAJ G, JAEGER I, KARSLI B, *et al.* Periodic and Aperiodic Alterations of Resting - State EEG in Schizophrenia Spectrum Disorders: Cognitive and Clinical Insights[J]. *Eur J Neurosci*, 2025, 62(7):e70263.