

静息态脑电功率谱在轻度认知障碍老年人群中的特征分析

蒋璧聪¹, 张影¹, 黄群², 成楠¹, 刘颖³, 刘海宁^{1*}

¹承德医学院心理学系, 河北 承德

²承德医学院生物医学工程系, 河北 承德

³南京医科大学护理学系, 南京 江苏

收稿日期: 2025年8月17日; 录用日期: 2025年9月5日; 发布日期: 2025年9月17日

摘要

目的: 探讨轻度认知障碍(MCI)老年人与认知正常老年人静息态脑电图(EEG)功率谱特征的差异。方法: 招募60岁以上老年人54名(MCI组29例, 健康对照组25例), 采集闭眼(EC)与睁眼(EO)静息态EEG信号。采用64导联Neuroscan系统记录数据, 经预处理后通过Welch方法计算Delta (1~4 Hz)、Theta (4~8 Hz)、Alpha (8~13 Hz)和Beta (13~30 Hz)频段的绝对功率, 并绘制功率谱密度(PSD)头皮地形图。结果: 睁眼状态下, MCI组Delta (6.71 vs 13.44 $\mu V^2/Hz$)和Theta功率(1.31 vs 2.37 $\mu V^2/Hz$)低于对照组; 闭眼状态趋势相似但差异减弱; MCI组总功率降低, Alpha/Beta高频段功率下降。PSD地形图显示MCI组低频段(Delta/Theta)前额功率差异不明显, 高频段(Alpha/Beta)后部功率减弱, 尤其Alpha枕区活动显著消退, 整体分布相比HC更为凌乱。结论: MCI患者静息态EEG呈现“慢波化”(低频功率增强、高频功率降低)及空间节律紊乱的特征, 可作为早期识别的生物标志物, EEG频谱分析为MCI筛查和干预评估提供了客观依据。

关键词

脑电, 静息态, 功率谱, 轻度认知障碍

Characterization of Resting-State EEG Power Spectrum in Older Adults with Mild Cognitive Impairment

Bicong Jiang¹, Ying Zhang¹, Qun Huang², Nan Cheng¹, Ying Liu³, Haining Liu^{1*}

¹Department of Psychology, Chengde Medical University, Chengde Hebei

²Department of Bioengineering, Chengde Medical University, Chengde Hebei

*通讯作者。

文章引用: 蒋璧聪, 张影, 黄群, 成楠, 刘颖, 刘海宁(2025). 静息态脑电功率谱在轻度认知障碍老年人群中的特征分析. 心理学进展, 15(9), 450-458. DOI: 10.12677/ap.2025.159535

³School of Nursing, Nanjing Medical University, Nanjing Jiangsu

Received: Aug. 17th, 2025; accepted: Sep. 5th, 2025; published: Sep. 17th, 2025

Abstract

Objective: To investigate differences in resting-state electroencephalogram (EEG) power spectral characteristics between older adults with mild cognitive impairment (MCI) and cognitively normal older adults. **Methods:** 54 older adults aged >60 years (29 in MCI group, 25 in healthy control group) were recruited. EEG signals were collected under eyes-closed (EC) and eyes-open (EO) resting-state conditions. Data were recorded using a 64-channel Neuroscan system. After preprocessing, absolute power in Delta (1~4 Hz), Theta (4~8 Hz), Alpha (8~13 Hz), and Beta (13~30 Hz) frequency bands was calculated via Welch method. Power spectral density (PSD) scalp topographic maps were plotted by MATLAB R2022a. **Results:** Under EO conditions, Delta (6.71 vs. 13.44 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$) and Theta power (1.31 vs. 2.37 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$) in MCI group were lower than control group. Similar trends were observed under EC conditions but with weaker differences. Total power decreased in MCI group, with reduced high-frequency band (Alpha/Beta) power. PSD topographic maps showed that insignificant frontal power differences in low-frequency bands (Delta/Theta) for MCI group. Lower posterior power in high-frequency bands (Alpha/Beta) for MCI group, especially significantly decreased Alpha activity in occipital regions. There were more chaotic overall distribution compared to HC group. **Conclusion:** Resting-state EEG in MCI patients demonstrates “slowing” (increased low-frequency power, decreased high-frequency power) and disordered spatial rhythms, which may serve as biomarkers for early identification, EEG spectral analysis provides an objective basis for MCI screening and intervention evaluation.

Keywords

EEG, Resting-State, Power Spectrum, MCI

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

轻度认知功能障碍(Mild Cognitive Impairment, MCI)是一种以记忆、语言、注意和计算能力减退为主要表现的认知损害状态。大量研究表明,约 8%~25%的 MCI 患者可能进展为阿尔茨海默病(Alzheimer's Disease, AD),且我国 60~80 岁老年人中 MCI 患病率随年龄升高从 11.8%增至 28.1%(Babiloni et al., 2013)。由于 MCI 早期诊断可显著预测痴呆发生,而传统的认知量表易受文化水平和测试环境及主试主观影响,且缺乏实时反馈神经功能变化的能力,因此目前迫切需要寻找客观敏感的生物标志物(Babiloni et al., 2015)。

近年来,脑电图(Electroencephalogram, EEG)作为一种无创、非侵入性且准确率较高的检测手段,因其能够实时记录大脑皮层的电生理活动,逐渐成为认知功能障碍疾病早期筛查的重要工具。前驱期阿尔茨海默病的简易筛查中国专家共识(2023 年版)明确指出,静息闭眼状态是非常具有前景的标志物,对于认知功能障碍疾病的早期检测意义重大。与 PET、MRI 等影像技术相比,EEG 具有无创、成本低、操作简便以及毫秒级时间分辨率等优势,尤其适用于大规模人群的筛查,可记录大脑皮层神经元群体的自发电活动并通过频谱显示 α 、 β 、 θ 、 δ 等不同频段的电波分布,因此在认知障碍早期筛查中具有重要意义。

已有研究综述指出,认知障碍人群的静息态 EEG 信号普遍表现为慢波化(高频功率下降、低频功率增加)、复杂度下降和去同步化等特点(Babiloni et al., 2014)。具体而言,与正常老年人相比,MCI 患者常见 α 波功率显著降低、 θ 波功率显著升高。例如,高利等报道 MCI 组各脑区 α 波相对功率明显低于对照组,而 θ 波相对功率明显高于对照组;Das 等也发现 MCI 患者闭眼静息态下 θ 波普遍高于健康对照(Das et al., 2025)。此外,研究还发现 α 波功率大小与认知状态呈正相关,而 θ 波功率在认知功能下降者中显著升高。这些结果提示,通过定量分析 EEG 频谱可以反映早期神经病理变化,有望作为 MCI 早期的神经生理标志物(Deng et al., 2024)。

2. 对象与方法

2.1. 被试

在河北省承德市共招募 60 名 60 岁以上老年志愿者,招募后评估员对招募来的被试进行筛查评估,按照被试初筛标准筛选出被试 54 人。实验通过承德医学院伦理委员会审核。本研究根据神经心理测试及临床诊断标准分为 MCI 组($n = 29$)和认知正常对照组($n = 25$),所有受试者均符合神经心理评估标准并排除其他神经系统和精神疾病史,听力和视力功能正常,并签署知情同意书。研究获得医院伦理委员会批准。

2.2. 研究工具

2.2.1. 一般人口学资料问卷

包括被试的性别、年龄、教育年限、既往病史等。

2.2.2. 临床痴呆评定量表简体中文版

该量表涵盖记忆力、定向力、判断与解决问题能力、社会事务、家务与业余爱好以及个人自理能力 6 个领域。采用 Likert 5 级评分法,各领域按正常(0 分)、可疑(0.5 分)、轻度损害(1 分)、中度损害(2 分)和严重损害(3 分)赋值;以记忆力为主,结合其他 5 个次要领域综合计算总分,判定为正常、可疑痴呆、轻度痴呆、中度痴呆或严重痴呆。

2.2.3. 日常生活能力量表

该量表包括 14 个计分条目,分工具性日常生活能力和基本日常生活能力两个维度,每个条目一分,得分越高损害程度越重。

2.2.4. 蒙特利尔认识评估量表

该量表设计了 8 个认知域,包括短期记忆、视觉空间技能、执行功能、注意力、工作记忆、语言、计算和定向力、抽象思维,由 12 道题组成,满分为 30 分,根据不同教育程度制定了中国常模的划界分:文盲组大于 13 分为正常、小学组大于 19 分为正常、初中及以上组大于 24 分为正常。

2.2.5. 听觉词语学习测验

该量表主要反映受试者的词语记忆和学习组织策略,总分 60 分制,其分测验包括短时回忆、长延迟回忆和短延迟回忆,其分制分别为 36 分制、12 分制和 12 分制。根据不同年龄段划分为轻度损害(平均分 -1 SD)和明显损害(平均分 -2 SD),“平均分 -1.5 SD”是轻度认知功能损害(MCI)的操作性划界分。

2.2.6. 简版老年抑郁量表

包含 15 个项目的简版老年抑郁量表,被试以“是”或“否”作答,1、5、7、11 题答“否”记 1 分,其他题答“是”记 1 分,最高分为 15 分,分数越高,表示抑郁症状越明显,得分小于 8 分为无抑郁表现。

该量表共 15 个条目,要求受试者回答“是”或“否”。1, 5, 7, 11 题答“否”者记 1 分,其他题

答“是”者记1分。最高分为15分，分数越高，表示抑郁症状越明显，得分小于5分为正常。

2.3. 实验设计

实验在安静的电磁屏蔽室内进行，室温适宜。受试者被要求放松坐稳或躺平，头部固定，避免随意运动。实验采用闭眼和睁眼交替的静息态脑电采集任务，全长4分钟，包括两轮闭眼状态和两轮睁眼状态。具体流程为：受试者在采集开始后根据语音提示按预定顺序进行闭眼或睁眼，每种状态持续1分钟，共计2轮，顺序为“闭-睁-闭-睁”或“睁-闭-睁-闭”，以平衡可能的顺序效应。实验过程中使用语音提示提醒受试者保持状态稳定，尽量避免眨眼和身体移动。

2.4. EEG 采集与预处理

脑电信号采用 Neuroscan SynAmps 64 通道采集系统记录，电极按照国际 10~20 标准布置，参考电极位于右侧乳突(M2)。记录时采样率设为 1000 Hz，带通滤波 0.1~30 Hz，并加设 49~51 Hz 陷波滤波以去除工频干扰。所有通道(含前额眼电监测通道)数据实时采集并保存。采集完成后，原始 EEG 数据导入 MATLAB R2022a 进行离线预处理，然后对连续数据进行视觉检查，识别并剔除含有明显眼电、肌电或运动伪迹的时段。手动处理后，再进行独立成分分析(independent component analysis, ICA)去除伪影。预处理结束后得到干净的连续静息态 EEG 信号，用于功率谱分析。

2.5. 功率谱分析方法

对预处理后的 EEG 信号按以下频段计算功率谱：Delta (Δ)波：1~4 Hz；Theta (θ)波：4~8 Hz；Alpha (α)波：8~13 Hz；Beta (β)波：13~30 Hz。

首先对每段 EEG 数据进行窗函数加窗后傅里叶变换(FFT)及 Welch 方法估算功率谱密度，然后积分计算各频段的绝对功率。上述计算过程均在 MATLAB R2022a 环境下完成，得到每名受试者各频段的功率谱密度，以便后续进行比较 MCI 组与正常组的差异(Ding et al., 2022)。

3. 结果

3.1. 人口学特征

轻度认知障碍组与正常老年人组年龄($t = 0.257, p = 0.919$)、性别($t = -0.71, p = 0.935$)、受教育程度($t = -0.24, p = 0.869$)差异均无统计学意义。

3.2. 静息态各脑电频段功率谱对比结果

为探讨轻度认知障碍老年人与认知正常老年人静息态脑电功率在不同频段的分布差异，本研究分别在闭眼(Eyes Closed, EC)与睁眼(Eyes Open, EO)条件下，比较了两组在 Delta (1~4 Hz)、Theta (4~8 Hz)、Alpha (8~13 Hz)及 Beta (13~30 Hz)四个频段的平均绝对功率。各频带节律的具体特性详见表 1 总结(Fröhlich et al., 2021)。

在睁眼状态下，HC 组在除 Beta 频段的所有频段平均功率均高于 MCI 组，尤其在 Delta (MCI: $6.71 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC: $13.44 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)差异最为显著。Theta 与 Alpha 频段差异相对较小，但依然呈现 HC 组功率高于 MCI 组的趋势。MCI 组在闭眼静息态下 Alpha 波活动显著下降，表明与认知相关的脑区可能受损(Gurja et al., 2022)，对比图如图 2。在静息闭眼状态下，除 Beta 频段外，HC 组在各频段的功率依然均高于 MCI 组，其中 Delta 频段功率差异依然最为明显(MCI: $6.42 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC: $10.74 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)，Alpha 频段差异有所减弱(MCI: $4.45 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC: $6.14 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)，对比图如图 1。对 EC 与 EO 条件下所有频段的功率求和并取平均后，计算总绝对功率，结果显示无论睁眼还是闭眼状态下，MCI 平均功率都低于 HC (图

3)。对各频段绝对功率结果统计如表 2 所示, MCI 组总功率在 Delta、Theta 及 Alpha 频段低于 HC 组, 高频的 Beta 频段有所降低(Delta: MCI $6.53 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC $12.09 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; Theta: MCI $1.67 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC $2.53 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; Alpha: MCI $2.93 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC $4.20 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; Beta: MCI $1.33 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ vs. HC $1.05 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$)。

Table 1. Classification and characteristics of spontaneous EEG rhythms

表 1. 自发脑电节律的分类及特点

脑电节律	振幅/ μV	频率/Hz	主要部位	出现条件
δ 波	20~200	1~4	颞叶、顶叶	恢复、放松、睡眠
θ 波	5~20	4~8	颞叶、枕叶	工作记忆、注意力控制
α 波	20~100	8~13	顶叶后部、枕叶	清醒放松、抑制状态
β 波	100~150	13~30	额叶、顶叶	运动控制、感觉功能
γ 波	5~20	>30	多个脑区	高级认知、知觉、意识

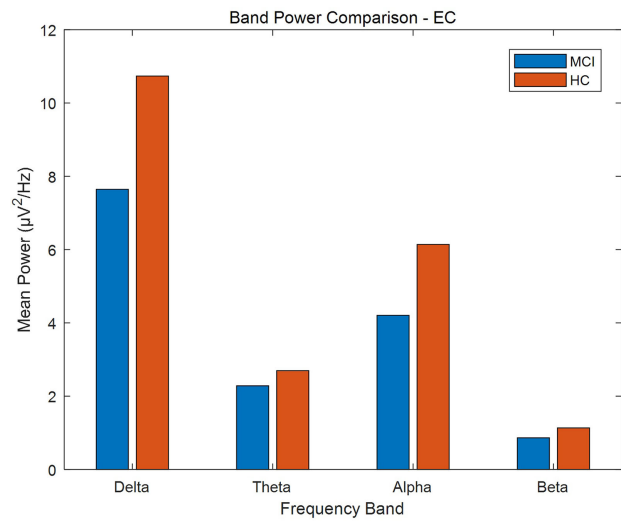


Figure 1. Absolute power of two groups in eyes-closed state

图 1. 两类人群闭眼状态绝对功率图

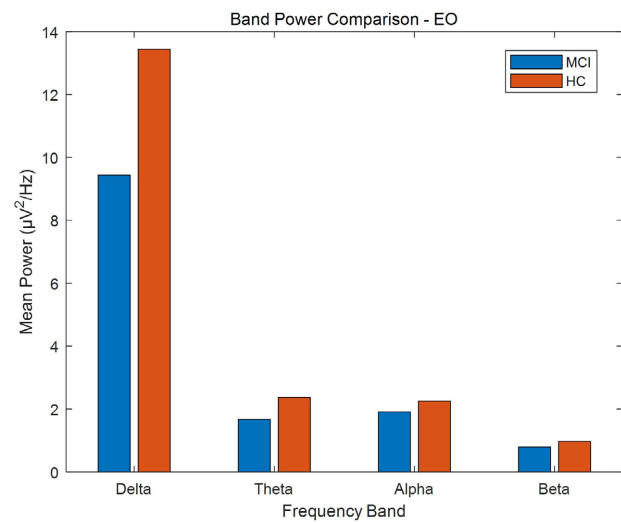


Figure 2. Absolute power of two groups in eyes-open state

图 2. 两类人群睁眼状态绝对功率图

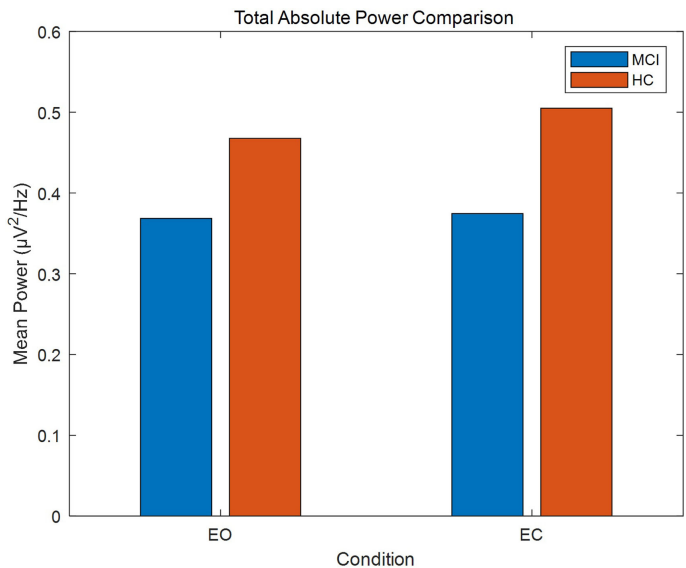


Figure 3. Total absolute power of two groups
图 3. 两类人群总绝对功率图

Table 2. Absolute power across frequency bands during resting state in two groups
表 2. 两类人群静息态各频段绝对功率表

Group	State	Delta	Theta	Alpha	Beta
MCI	All	6.53	1.67	2.93	1.33
	EO	6.71	1.31	1.40	1.45
	EC	6.42	2.38	4.45	1.21
HC	All	12.09	2.53	4.20	1.05
	EO	13.44	2.37	2.25	0.97
	EC	10.74	2.70	6.14	1.14

3.3. 正常老年人与轻度认知障碍老年人的各频段脑电功率谱分布特征

本研究绘制了轻度认知障碍(MCI)组与健康对照(HC)组在静息态脑电中不同频段(Delta、Theta、Alpha、Beta)的功率谱密度(Power Spectral Density, PSD)头皮地形图分布, 两组受试者在各频段均表现出典型的空
间分布模式(Kamal et al., 2020), 反映了不同大脑区域在特定频率下的神经振荡强度, 从蓝色到红色功率
逐渐升高(Kavcic et al., 2021)。整体上 MCI 组在低频段(Delta、Theta)表现出较为广泛且明显的前额低功率
分布, 颜色偏红区域相对更小; 而在高频段(Alpha、Beta), MCI 组则普遍表现出功率明显降低, 尤其在
Alpha 频段, 后部高功率区域相较 HC 明显缩小或消失(Kim et al., 2025), 见图 4。

具体来说, 在 Delta 频段, 两个组均表现出以额区为主的高功率分布, HC 组的高功率区域分布更广,
前额区域呈现更显著的红色, 其在低频段可能存在增强的前额活动(Kuang et al., 2022); 在 Theta 频段,
HC 组的前额功率较为广泛, 呈现出更对称且弥散的分布, 而 MCI 组则在额中部呈现出较局限的功率集
中且功率降低, 表明 MCI 个体在 Theta 频段的功能性激活下降, MCI 可能在注意力或记忆网络活动方面
有异常改变; Alpha 频段对比差异更为显著, HC 组表现出典型的枕部高功率分布, 而 MCI 组在该区域功
率显著下降, 分布更为弥散且强度较弱, 反映出其静息态下皮层节律活动的紊乱; 在 Beta 频段, HC 组
主要在中央和顶区展现出较强的高频功率, 而 MCI 组整体功率较低, 尤其在中顶区域下降明显, 提示其

高级认知加工及运动相关区域的活动减弱。总体而言, MCI 组在低频段(Delta 和 Theta)表现与 HC 组略有降低但差异不大, 而在高频段(Alpha 和 Beta)则出现明显功率下降, 显示出脑电频谱在空间分布与能量强度方面的显著差异(Lian et al., 2021), 提示 MCI 患者脑电活动整体向慢波化转变, 高频节律同步性下降, 低频节律占比上升, 与前人研究认知功能减退相关的结论相一致(Martin et al., 2022)。

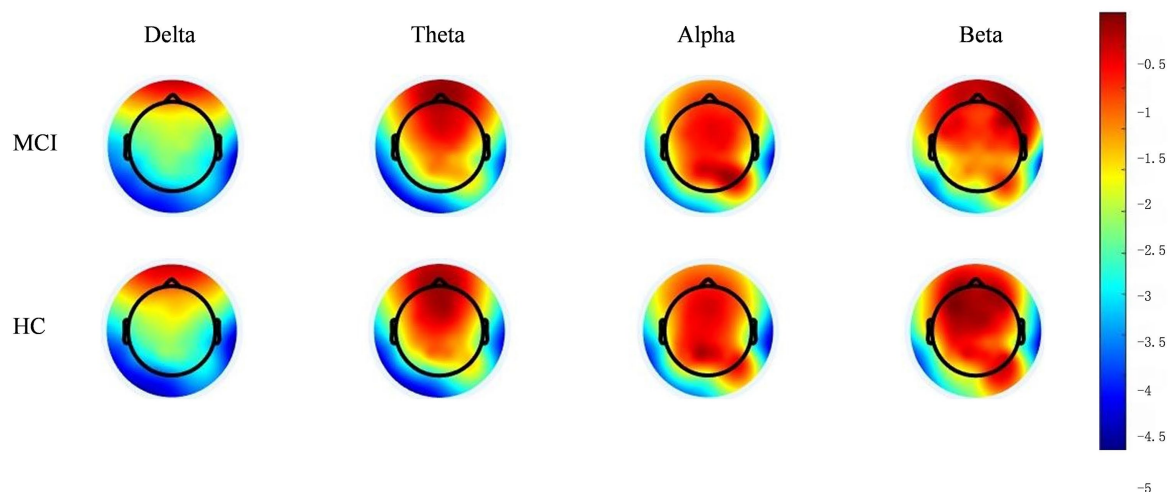


Figure 4. Topographic distribution of PSD in two groups during resting state

图 4. 两类人群静息态下 PSD 脑地形图

4. 讨论

总体来看, 本研究结果显示 MCI 组脑电呈现典型的“慢波化”特征, 这一变化意味着大脑活动更偏向于低频同步振荡。慢波化的神经基础与病理改变密切相关, 阿尔茨海默病相关蛋白在皮层扩散, 会干扰皮层兴奋-抑制平衡和神经同步化, 导致高频振荡削弱、低频增强。病理还可能通过神经炎症和轴突损伤削弱神经元之间的长程连接, 使得信号更倾向局部低频传播。这种慢波化反映了大脑功能效率的下降, 有研究认为随着突触丢失和同步度降低, 信息处理速度减慢, 神经网络效率下降, 从而慢波频率增加。因此 MCI 早期脑网络受损, 导致对认知任务响应迟缓, 对不同频带的电活动表现出向慢波靠拢的趋势(Požar et al., 2023)。本研究在眼闭(EC)与眼睁(E0)两种静息态条件下均观察到 MCI 与 HC 组脑电频谱分布的差异, 但差异在睁眼条件下更为明显, 这反映了大脑警觉及激活调节机制的异常, 健康老人在闭眼时常见明显的枕部 α 波, 而睁眼时 α 波功率显著下降。前人研究发现, 在健康老年人中约 90% 个体睁眼时后部 α 波源活动减少 10% 以上, 但 MCI 患者仅约 70% 呈现类似 α 抑制, 这意味着 MCI 群体的 α 反应性(闭眼转睁眼时 α 振荡降低)受损, MCI 患者在睁眼时难以达到同样的神经激活水平, 因此 MCI 患者睁眼状态下差异更显著(Sharma et al., 2021)。

本研究提示相对于健康对照组, MCI 受试者总体功率明显降低, 闭眼状态下 alpha、delta 功率显著降低而 Beta 波功率下降的趋势较弱。根据以往研究结论, β 频带功率在 MCI 阶段的改变较不一致, 部分研究报告 MCI 患者 β 功率仅轻微下降甚至正常, 只有未来转为 AD 的 MCI 患者, 其顶叶 $\beta 1$ (13~18 Hz) 功率明显更低, 因此 β 带减弱可能主要出现在病情进展明显者。另外, β 频带功率的变化也可能反映于个体差异(如焦虑、药物效应), 因此需要结合多指标综合解读(Sun et al., 2024)。 β 波与前额叶工作记忆及神经网络密切相关。例如, 研究指出右侧背外侧额叶涉及工作记忆任务时会增强低 β 振荡。因此, β 功率下降或同步性减弱可能与执行功能的退化相关。然而 MCI 阶段 β 波变化复杂, 尚缺乏一致结论, 需要结合功能磁共振等其他手段进一步验证。

脑电功率谱地形图呈现出特征性的频段变化和空间分布差异进一步支持了 MCI 在神经电生理层面存在异常脑功能活动的假设。低频段(尤其是 Delta 和 Theta)功率在 MCI 组中略有增强,与 HC 差异不明显,尤其集中于前额区域,这可能反映出神经网络功能效率下降后,脑部代偿机制启动,从而在任务未启动状态下出现过度同步化现象;这种低频活动的增强也常见于多种神经退行性疾病,是早期神经变性的重要电生理标志(Wan et al., 2023)。相反,高频段(Alpha 和 Beta)功率在 MCI 组明显下降,且空间分布紊乱,尤其 Alpha 节律在后部区域的消退提示其警觉状态及皮层节律调控功能的减弱,而 Beta 频段的整体下调可能与执行功能、运动调节或顶叶功能的损伤有关。根据前人文献,本研究所显示的频谱变化趋势与 MCI 进展为阿尔茨海默病(AD)过程中所观察到的脑电特征相符,提示脑电频谱特征有望成为 MCI 早期识别的生物标志之一(Teipel et al., 2016)。因此,静息态 EEG 作为简单可行的生理信号,其频谱特征在 MCI 早期诊断、干预效果评估以及大规模筛查中具有重要潜在价值(Vecchio et al., 2013)。同时,这些结果也为后续基于脑电的机器学习分类、干预评估或疾病进程追踪提供了客观依据。

本研究样本量较小,具有一定的局限性,且仅仅分析了横断研究数据,未来在加大样本量的同时,可开展纵向研究,动态跟踪 MCI 患者的变化,通过多次随访记录 EEG,可评估认知功能退化的速率及 MCI 向阿尔茨海默病转化的风险,为早期干预争取时间。

基金项目

国家自然科学基金项目【32300931】。

参考文献

- Babiloni, C., Carducci, F., Lizio, R., Vecchio, F., Baglieri, A., Bernardini, S. et al. (2013). Resting State Cortical Electroencephalographic Rhythms Are Related to Gray Matter Volume in Subjects with Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. *Human Brain Mapping*, 34, 1427-1446. <https://doi.org/10.1002/hbm.22005>
- Babiloni, C., Del Percio, C., Boccardi, M., Lizio, R., Lopez, S., Carducci, F. et al. (2015). Occipital Sources of Resting-State Alpha Rhythms Are Related to Local Gray Matter Density in Subjects with Amnesic Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. *Neurobiology of Aging*, 36, 556-570. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2014.09.011>
- Babiloni, C., Del Percio, C., Lizio, R., Marzano, N., Infarinato, F., Soricelli, A. et al. (2014). Cortical Sources of Resting State Electroencephalographic Alpha Rhythms Deteriorate across Time in Subjects with Amnesic Mild Cognitive Impairment. *Neurobiology of Aging*, 35, 130-142. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2013.06.019>
- Das, S., Mdawar, B., Zomorodi, R., Azami, H., Diaconescu, A., De Luca, V. et al. (2025). 8. Investigating EEG Microstate Metrics in Mild Cognitive Impairment and Remitted Major Depressive Disorder: A PACt-MD Analysis. *Biological Psychiatry*, 97, S98-S99. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2025.02.245>
- Deng, J., Sun, B., Kavcic, V., Liu, M., Giordani, B., & Li, T. (2024). Novel Methodology for Detection and Prediction of Mild Cognitive Impairment Using Resting-State EEG. *Alzheimer's & Dementia*, 20, 145-158. <https://doi.org/10.1002/alz.13411>
- Ding, Y., Chu, Y., Liu, M., Ling, Z., Wang, S., Li, X. et al. (2022). Fully Automated Discrimination of Alzheimer's Disease Using Resting-State Electroencephalography Signals. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 12, 1063-1078. <https://doi.org/10.21037/qims-21-430>
- Fröhlich, S., Kutz, D. F., Müller, K., & Voelcker-Rehage, C. (2021). Characteristics of Resting State EEG Power in 80+-Year-Olds of Different Cognitive Status. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13, Article ID: 675689. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.675689>
- Gurja, J. P., Muthukrishnan, S. P., Tripathi, M., & Sharma, R. (2022). Reduced Resting-State Cortical Alpha Connectivity Reflects Distinct Functional Brain Dysconnectivity in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment. *Brain Connectivity*, 12, 134-145. <https://doi.org/10.1089/brain.2020.0926>
- Kamal, F., Campbell, K., & Taler, V. (2020). Effects of the Duration of a Resting-State EEG Recording in Healthy Aging and Mild Cognitive Impairment. *Clinical EEG and Neuroscience*, 53, 443-451. <https://doi.org/10.1177/1550059420983624>
- Kavcic, V., Daugherty, A. M., & Giordani, B. (2021). Post-Task Modulation of Resting State EEG Differentiates MCI Patients from Controls. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, 13, e12153. <https://doi.org/10.1002/dad2.12153>
- Kim, S.-K., Kim, J. B., Kim, H., Kim, L., & Kim, S. H. (2025). Early Diagnosis of Alzheimer's Disease in Human Participants

- Using EEGConformer and Attention-Based LSTM during the Short Question Task. *Diagnostics*, 15, Article No. 448. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15040448>
- Kuang, Y., Wu, Z., Xia, R., Li, X., Liu, J., Dai, Y. et al. (2022). Phase Lag Index of Resting-State EEG for Identification of Mild Cognitive Impairment Patients with Type 2 Diabetes. *Brain Sciences*, 12, Article No. 1399. <https://doi.org/10.3390/brainsci12101399>
- Lian, H., Li, Y., & Li, Y. (2021). Altered EEG Microstate Dynamics in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. *Clinical Neurophysiology*, 132, 2861-2869. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2021.08.015>
- Martin, T., Giordani, B., & Kavcic, V. (2022). EEG Asymmetry and Cognitive Testing in MCI Identification. *International Journal of Psychophysiology*, 177, 213-219. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.05.012>
- Požar, R., Kero, K., Martin, T., Giordani, B., & Kavcic, V. (2023). Task Aftereffect Reorganization of Resting State Functional Brain Networks in Healthy Aging and Mild Cognitive Impairment. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, Article ID: 1061254. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.1061254>
- Sharma, N., Kolekar, M. H., & Jha, K. (2021). EEG Based Dementia Diagnosis Using Multi-Class Support Vector Machine with Motor Speed Cognitive Test. *Biomedical Signal Processing and Control*, 63, Article ID: 102102. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102102>
- Sun, J., Shen, A., Sun, Y., Chen, X., Li, Y., Gao, X. et al. (2024). Adaptive Spatiotemporal Encoding Network for Cognitive Assessment Using Resting State EEG. *NPJ Digital Medicine*, 7, Article No. 375. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01384-2>
- Teipel, S., Grothe, M. J., Zhou, J., Sepulcre, J., Dyrba, M., Sorg, C. et al. (2016). Measuring Cortical Connectivity in Alzheimer's Disease as a Brain Neural Network Pathology: Toward Clinical Applications. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22, 138-163. <https://doi.org/10.1017/s1355617715000995>
- Vecchio, F., Babiloni, C., Lizio, R., De Vico Fallani, F., Blinowska, K., Verrienti, G. et al. (2013). Resting State Cortical EEG Rhythms in Alzheimer's Disease: Toward EEG Markers for Clinical Applications: A Review. In *Supplements to Clinical Neurophysiology* (pp. 223-236). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7020-5307-8.00015-6>
- Wan, W., Gao, Z., Zhang, Q., Gu, Z., Chang, C., Peng, C. et al. (2023). Resting State EEG Complexity as a Predictor of Cognitive Performance. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 624, Article ID: 128952. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2023.128952>