
Brain Sciences：静息态脑电图功率谱密度分析：健康受试者与认知受损受试者之间的比较

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42523.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

Brain

Sciences：静

息态脑电图功率谱密度分

析：健康受试者与认知受损受试者之间的比较。论文标题：Resting-State EEG Power Spectral Density Analysis Between Healthy and Cognitively Impaired Subjects

论文链接：<https://www.mdpi.com/2076-3425/15/2/173>

期刊名：Brain Sciences

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/brainsci>

一、引言

老年人面临与年龄相关认知衰退的沉重负担，阿尔茨海默病（AD）作为常见且不可逆的痴呆类型，其发生受衰老、遗传、不良生活方式及环境等多因素影响。全球患者已超5500万，且缺乏有效治疗手段。当前AD通常至晚期才被诊断，但其神经病理变化早在轻度认知障碍（MCI）阶段即已出现，而MCI作为重要前驱阶段，年进展率估计为10 – 15%，因此在MCI阶段识别AD对于减缓认知衰退和延迟痴呆发作至关重要；然而现有诊断方法具有入侵性，费用高昂且不易推广的限制。脑电图（EEG）作为一种非侵入性、便携的工具，能通过检测 δ/θ 波增加、 α/β 波减少及复杂度降低等特征有效区分健康者、MCI与痴呆患者，展现出早期诊断潜力。尽管EEG生物标志物前景广阔，但当前研究多受限于样本量小、验证不足，亟需大规模多人群研究加以确认。为此，本研究拟通过分析2分钟闭眼静息态EEG的功率谱密度变化，评估其作为区分健康对照、MCI及痴呆患者的生物标志物的可行性，以期推动AD早期检测与干预发展。

二、材料与方法

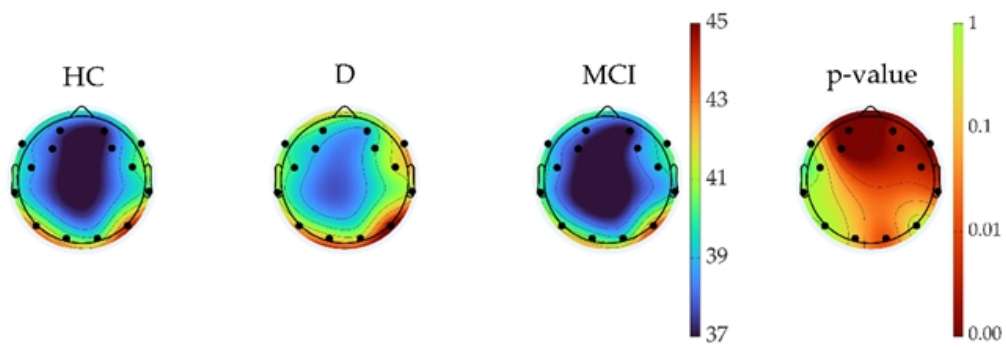
本研究的数据和样本来自衰老肠道与大脑微生物组（MiaGB）联盟的试点项目，参与者从正在进行的MiaGB研究中招募。通过认知评估，将参与研究参与者分为三组，分别为健康对照（HC）、轻度认知障碍（MCI）和痴呆患者（D）。使用14通道Emotiv EPOC-X头戴设备，分析2分钟闭眼静息态下的功率谱密度。

三、研究分析与结果

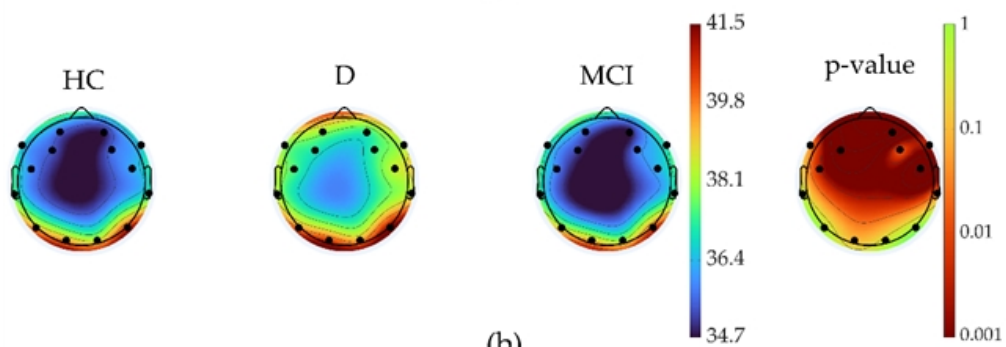
数据质量评估后，排除了101名数据不足或质量不合格的参与者，最终纳入122名参与者（女性77人，男性45人），其中健康对照组（HC）79人、轻度认知障碍组（MCI）36人、痴呆组（D）7人。三组在受教育程度及各项认知测试得分（蒙特利尔认知评估量表（MoCA）、Mini-Cog®简易认知评估量表、记忆障碍筛查（MIS）、老年认知衰退问卷（CDQE）、八项知情者访谈以区分衰老与痴呆量表（AD8））上均存在显著差异。

脑电图（EEG）数据记录显示，三组在全频谱及各频段（ δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波、 γ 波）均值上均存在显著差异（图1a-e； $p < 0.05$ ），图2进一步展示了全频谱平均功率谱密度（PSD）及其对应的p值。

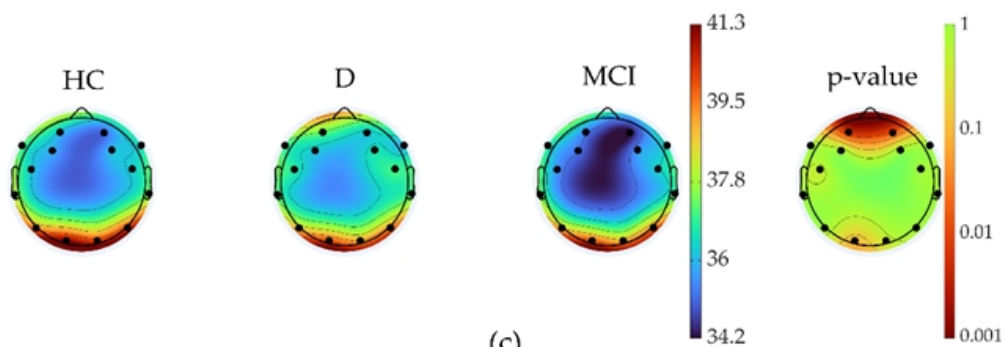
健康对照组（HC）与轻度认知障碍组（MCI）在2分钟闭眼静息态（EC 2分钟）下的平均功率谱密度（PSD）无显著差异（图3），且MCI组与痴呆组（D）、健康对照组与痴呆组之间的比较同样未发现其他差异。



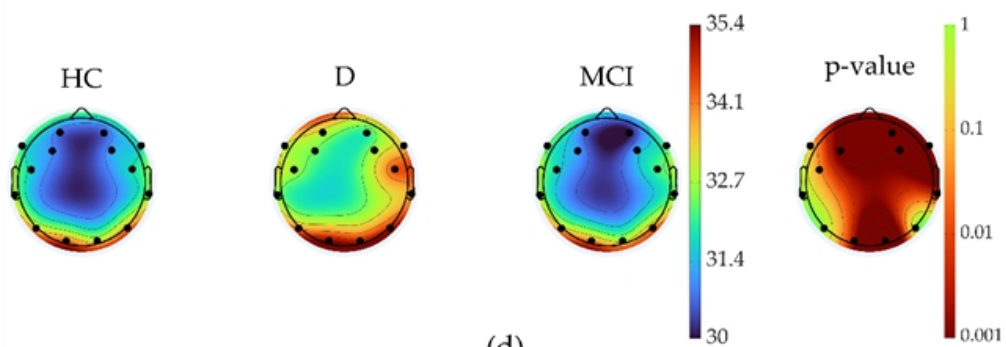
(a)



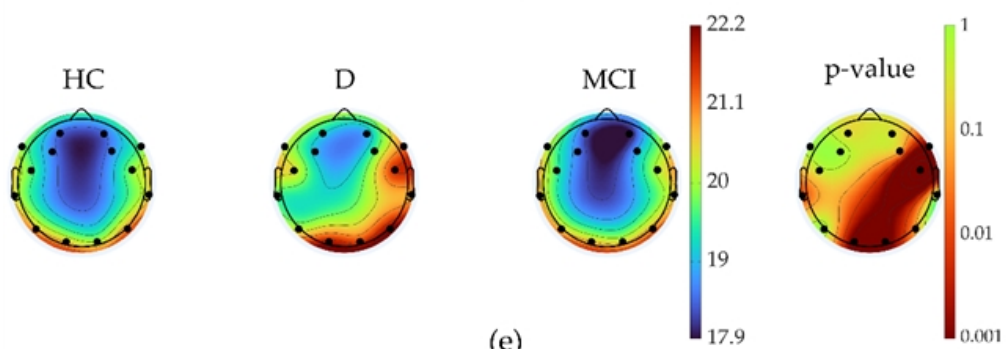
(b)



(c)



(d)



(e)

图1 各组之间的功率谱密度（PSD）差异：健康对照组（HC）、轻度认知障碍（MCI）和痴呆组（D）。PSD表示功率在不同频段上的分布。图中显示了五个频率范围的PSD：（a）delta（1–4 Hz）、（b）theta（4–8 Hz）、（c）alpha（8–13 Hz）、（d）beta（13–30 Hz）和（e）gamma（30–60 Hz）。最右侧一列显示p值，表明三个组（HC、MCI和D）在每个由14个电极覆盖的头皮区域上差异的统计显著性。显著差异（由p值图中的红色/较深区域表示）反映了各组之间大脑振荡活动的改变，其中特定频段显示出组别特异性模式。采用Bonferroni校正以控制多重比较。

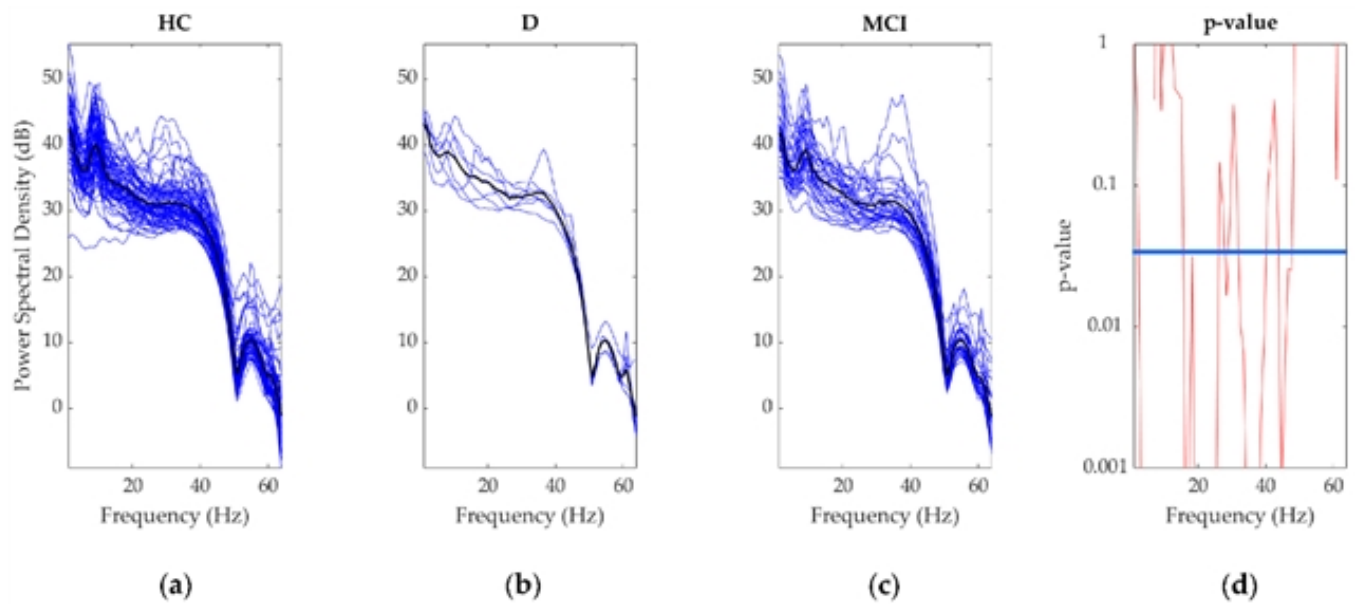


图2 所有组别（HC、MCI、D）在完整频率范围（1–60 Hz）内的平均功率谱密度。（a）健康对照平均功率谱密度，（b）痴呆平均功率谱密度，（c）轻度认知障碍平均功率谱密度。在前三幅图中，蓝线代表个体参与者数据，黑线代表每种条件（健康对照、轻度认知障碍、痴呆）下的组平均值。（d）完整频率范围（1–60 Hz）内单因素方差分析的p值，蓝线标记显著性阈值（ $p = 0.05$ ）。红线表示每个频率仓的p值，红线降至蓝线阈值以下的频率表示组间存在显著差异。这些差异表明三种条件下特定频率范围内的大脑活动发生了改变。统计比较采用单因素方差分析，以评估各组在整个频率范围内的差异。

四、讨论

痴呆组（D）与健康对照组（HC）和轻度认知障碍组（MCI）在2分钟闭眼静息态下存在显著差异，但MCI组与HC组之间无显著差异。三组间受教育程度存在显著差异，痴呆组受教育水平最低，提示教育年限是认知衰退的重要影响因素，与既往研究一致。本研究中痴呆组在所有频段均表现为更高振幅，与既往文献报道（痴呆患者高频段PSD降低）相反。可能原因包括：电极数量差异、闭眼任务时长、基线活动差异、合并症或药物使用等。

五、结论

虽然闭眼静息态下默认模式网络（DMN）分析在区分痴呆与健康对照方面具有一定潜力，但未来研究应纳入基于任务的脑电图（EEG）条件，以提供更受控的环境来检测轻度认知障碍（MCI）的细微变化；静息态下自发性思维的高度变异性尤其不利于识别早期阶段较隐蔽的网络连接差异，而认知或运动任务表现恰恰是区分健康与认知受损的关键，因此将DMN分析与定向任务相

结合，有望提高认知衰退阶段分类的敏感性和准确性。

Walters, K.F.; Shukla, R.; Kumar, V.; Schueren, S.; Yadav, H.; Schilaty, N.D.; Jain, S. Resting-State EEG Power Spectral Density Analysis Between Healthy and Cognitively Impaired Subjects. *Brain Sci.* 2025, 15, 173. <https://doi.org/10.3390/brainsci15020173>

期刊介绍

Brain Sciences (ISSN: 2076-3425)

是一个专注于神经科学研究的国际性开放获取期刊，由来自美国匹兹堡大学的Stephen D. Meriney教授担任主编。期刊主要发表神经科学领域相关论文，包括但不限于认知神经科学、发育神经科学、分子与细胞神经科学、神经工程学、神经影像学、神经语言学、临床神经科学、系统神经科学、理论与计算神经科学、环境神经科学、教育神经科学、行为神经科学等多个分类和领域次级学科。



主编：Prof. Dr. Stephen D. Meriney

Department of Neuroscience, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15260, USA

2025 Impact Factor : 3.4

2025 CiteScore : 6.0

Time to First Decision : 16.8 Days

Acceptance to Publication : 2.3 Days

来源：Brain Sciences

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发