
脑智卓越中心等发表基于同时电生理fMRI的小鼠睡眠全脑时空动态性研究成果

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/22639.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！

脑智卓越中心等发表基于同时电生理fMRI

的小鼠睡眠全脑时空动态性研究成果。3月24日，《自然-通讯》（*Nature Communications*）在线发表了题为[Sleep fMRI with simultaneous electrophysiology at 9.4T in male mice](#)的研究论文。该研究由中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心（神经科学研究所）梁智锋研究组与北京大学未来技术学院生物医学工程系段小洁研究组合作完成。该研究建立了基于同时电生理记录的小鼠睡眠功能磁共振成像方法，揭示了小鼠觉醒状态切换以及特征性神经事件的全脑时空动态特征，为睡眠研究提供了新的全局观测的角度。同时，该研究公开了相关的大规模小鼠睡眠fMRI数据集（<https://doi.org/10.12412/BSDC.1668502646.20001>），为进一步挖掘和整合多尺度睡眠研究提供了支持。

睡眠对健康有着重要意义。近年来，较多研究发现了调控大脑睡眠状态的环路机制以及关键脑区，从微观或介观层面为理解睡眠机制提供了帮助。然而，睡眠过程涉及多个脑区的复杂调控，因此在全脑尺度对睡眠调控的宏观认识也不可或缺。目前虽有较多研究利用fMRI或PET方法观测人类睡眠过程中的全脑特征性变化，但由于测量尺度以及物种差异，人类研究观察到的全局性的变化较难与动物研究中微观层面上的发现进行整合。

研究组进一步优化了此前清醒小鼠的fMRI装置，建立了9.4T下高度核磁兼容的电生理记录装置（图1a），在fMRI成像同时记录到小鼠完整睡眠周期的相关信息。根据同时记录的神经信号和肌电信号，研究可以较好地获得小鼠fMRI中觉醒状态的信息如清醒、非快速眼动(NREM)睡眠、快速眼动(REM)睡眠等。该研究探索了小鼠在各睡眠觉醒状态转换过程中全脑信号的动态变化过程（图1b）。

进一步，利用长短期记忆循环神经网络模型（LSTM RNN model），研究发现BOLD信号可以提前预测觉醒状态的转换（图2）。相比于电生理定义的状态转换点，全脑BOLD信号最早可达到提前17.8s进行预测。同时，研究发现了在以上预测过程中贡献较多的关键脑区，为进一步剖析清醒-睡眠调控提供了新方向。

不同睡眠觉醒状态的大脑具有特定的神经电生理事件，如尖波-涟漪波（sharp wave ripples, SWRs）和纺锤波（spindles）等。利用神经事件触发的（neural-event-triggered, NET）fMRI方法，研究揭示了SWRs诱发的状态依赖的全脑时空变化模式。进一步的研究发现，与两个单独事件诱发的反应总和相比，耦合的spindle和SWRs诱发了更强的协同效应（图3）。SWRs和spindle

在记忆巩固过程中均具有重要作用，协同效应的发现为探究记忆巩固的机制提供了新方向。

该研究建立了基于同时电生理记录的小鼠睡眠功能磁共振成像方法，揭示了小鼠睡眠觉醒状态依赖的动态全脑时空特征。该方法的建立为整合局部和全脑睡眠特征提供了新思路，同时，相关小鼠睡眠fMRI数据集的公布为进一步探索睡眠机制提供了有价值的数据来源。

研究工作得到科技部、中科院、国家自然科学基金委员会、上海市、临港实验室和广东省的资助，并得到脑智卓越中心脑影像中心MRI平台、中科院脑科学数据中心和实验鼠房的支持。复旦大学附属中山医院的科研人员参与研究。

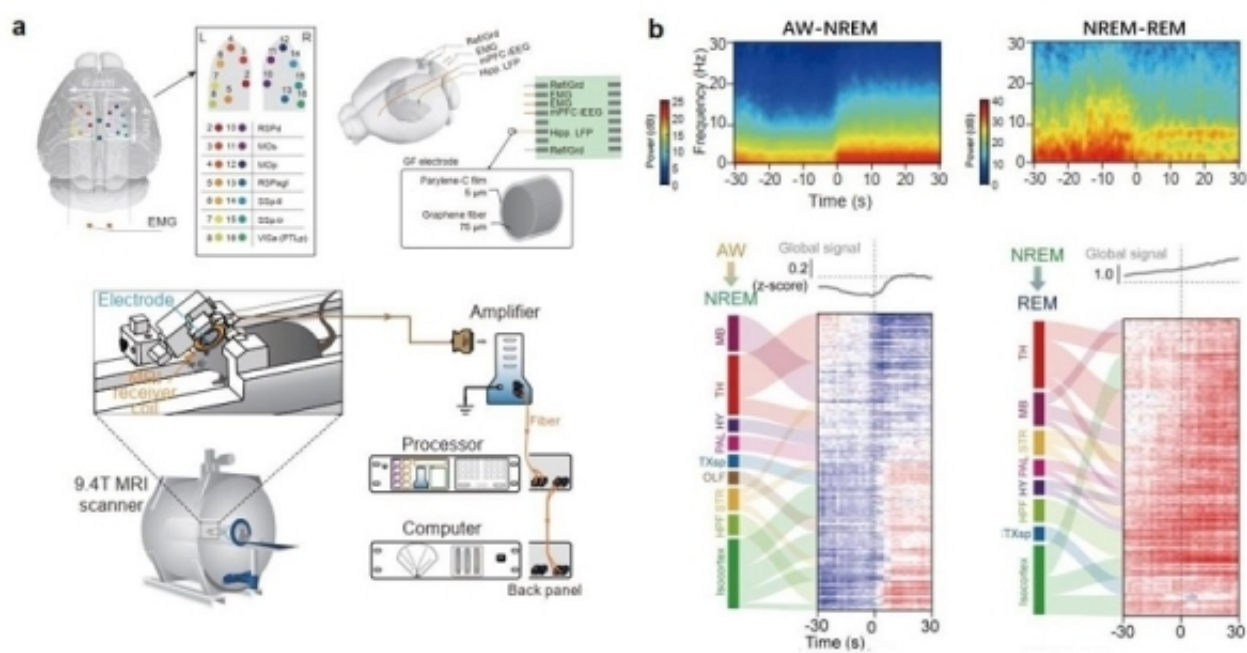


图1.小鼠睡眠fMRI方法和全脑睡眠状态转换时空模式。(a) 基于同步电生理fMRI的小鼠睡眠记录装置示意图；(b) 状态转换过程的平均时频图和全脑BOLD信号变化图。

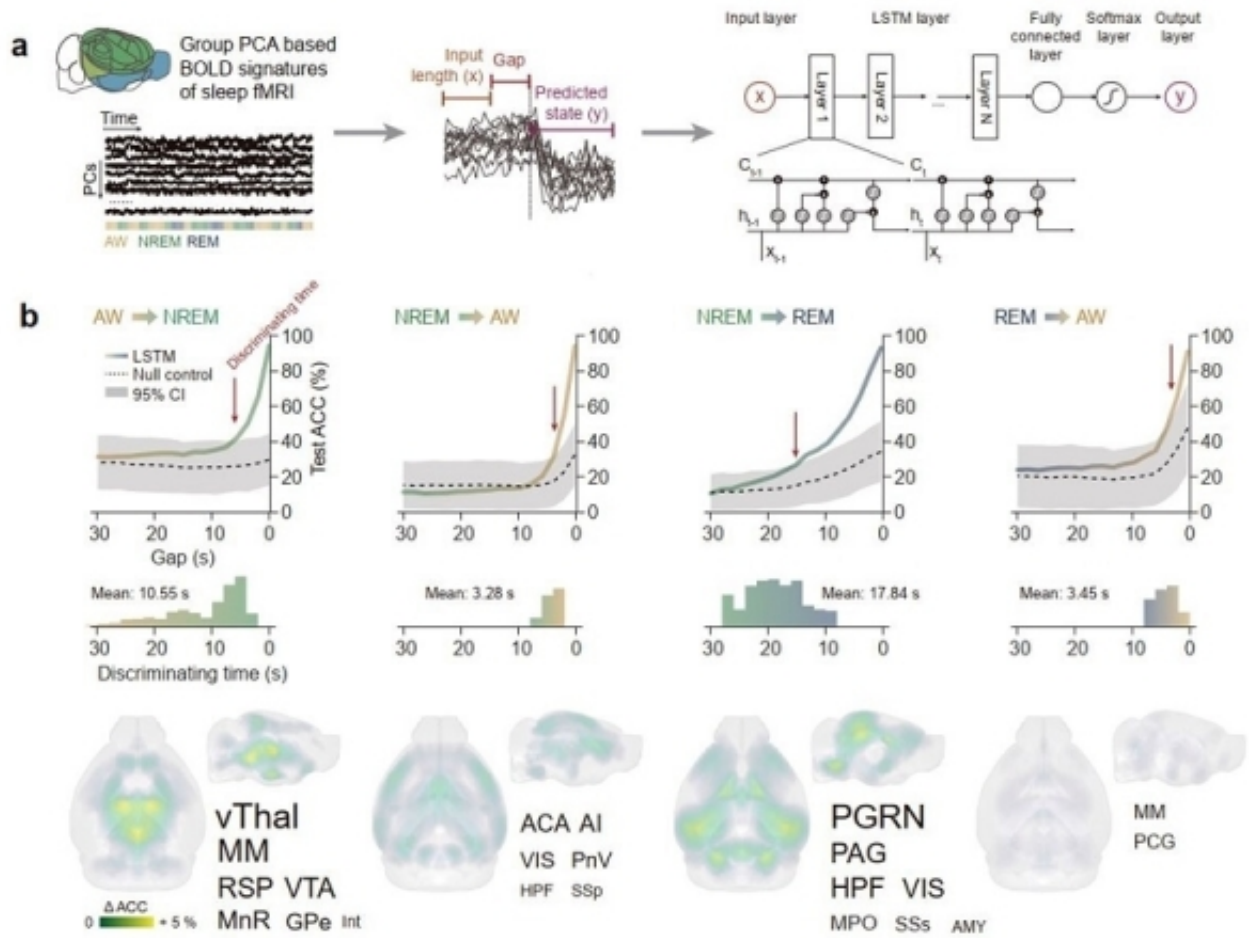


图2.使用LSTM RNN模型预测睡眠觉醒状态转换方向。(a) LSTM RNN模型的计算流程；(b) 模型随间隔时间变化的预测精度及与大脑状态预测相关的脑区。

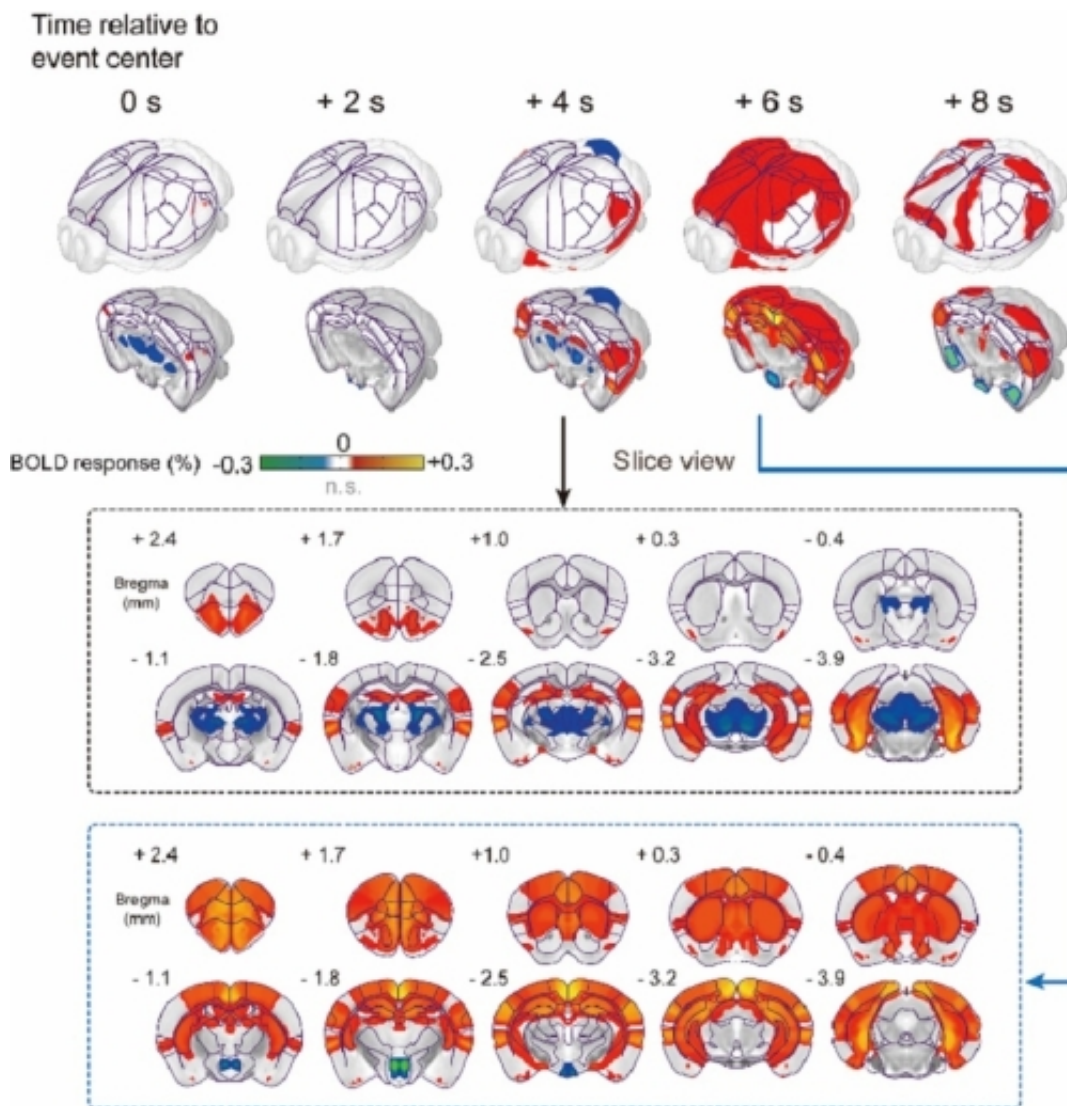


图3.SWRs和spindles耦合的协同效应。

研究团队单位：脑科学与智能技术卓越创新中心

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