



您当前的位置： 首页 > 新闻动态 > 科研进展

科研进展

心理所在《自然-人类行为》发表研究揭示疼痛特异的丘脑皮层神经活动模式

发布时间：2023-10-09 作者：涂毅恒研究组、胡理研究组

疼痛具有重要的适应性价值，能保护我们的身体免受实际或潜在的伤害。然而，持续存在的慢性疼痛则十分有害，不仅会影响机体功能，诱发各种并发症，危害身体健康，还会严重损害人们的生活质量，造成巨额社会经济损失。解析疼痛的神经编码模式对于评估和干预疼痛具有重要意义，但以往研究有一个长期未解决的关键科学难题：大脑中是否存在特异性编码疼痛的脑区和神经活动模式？

为此，中国科学院心理健康重点实验室涂毅恒研究组和胡理研究组合作开展了一项大样本、跨物种研究。研究人员使用人类神经成像技术和大鼠在体电生理技术开展了三个子研究（图1），揭示了丘脑背内侧核（medial-dorsal thalamic nucleus, MD）神经活动及其与前扣带皮层（anterior cingulate cortex, ACC）的连接可特异性编码疼痛。相关成果已在线发表于 *Nature Human Behaviour*，题为 *Pain-preferential thalamocortical neural dynamics across species*。

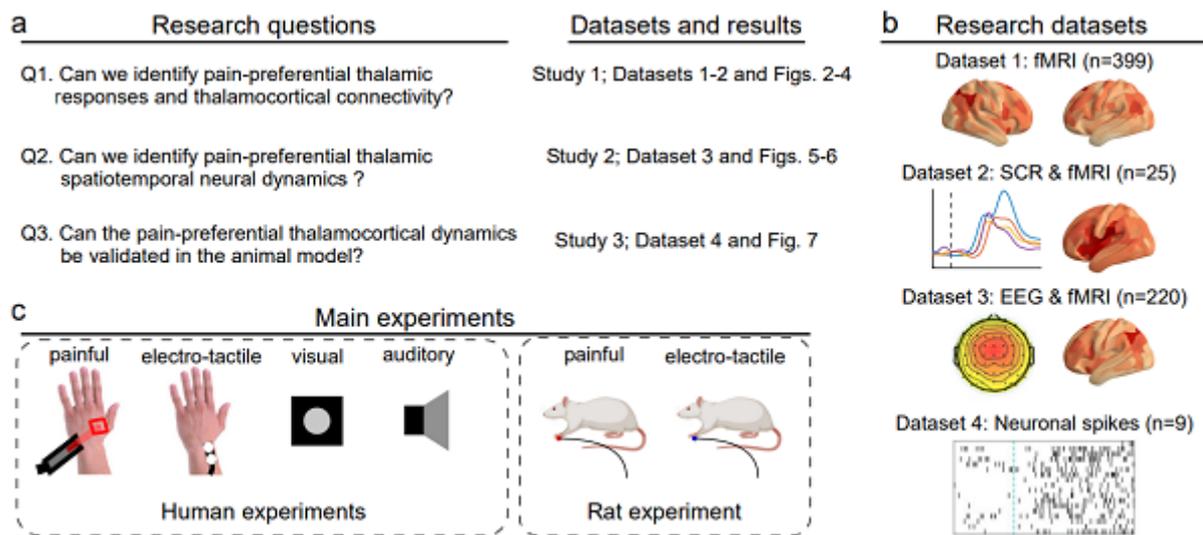


图1. 研究问题、数据集和实验设计概况

研究一在两个人类fMRI数据集（n=399和n=25）中识别出了对疼痛起特异性响应的丘脑核团及丘脑皮层功能连接。数据集1包括399名参与者接受疼痛刺激、触觉刺激、视觉刺激和听觉刺激的fMRI数据。传统的单变量分析仅发现了躯体感觉特异的脑区活动（ventral posterolateral nucleus [VPL] in thalamus, 图2）。为了考察多个体素的活动模式是否是疼痛特异的，研究人员使用多变量模式分析（MVPA）对数据进行了深入分析，发现疼痛刺激而非其他感觉模态刺激引发了MD核团更强的激活，而且MD与背侧前扣带皮层（dACC）和岛叶（insula）的功能连接在疼痛条件下更强（图2）。

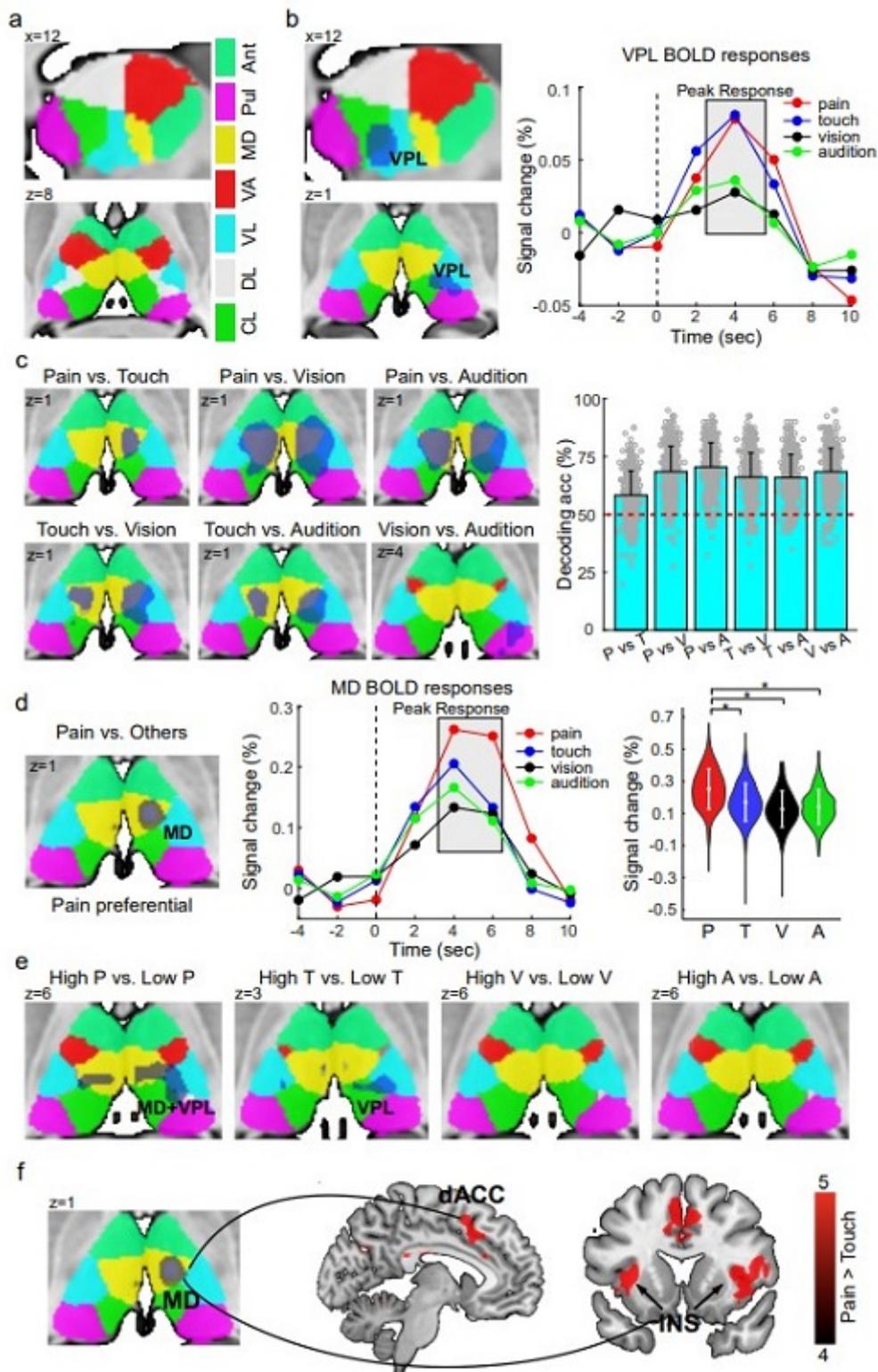


图2. 疼痛显著激活MD及其与皮层脑区（背侧前扣带回和脑岛）的功能连接

前人研究发现，大多数疼痛诱发脑激活反映的可能是刺激突显性（salience），而非疼痛本身。为了排除刺激突显性差异的潜在混淆，研究人员单独采集了25名参与者的fMRI数据、刺激突显性主观评分和可客观反映突显性的皮肤电导响应（skin conductance response, SCR）。结果显示，利用突显性评分和SCR响应匹配疼痛和触觉刺激的突显性之后，MD对疼痛刺激的特异性响应仍然存在：与同等突显性的触觉刺激相比，MD对疼痛刺激的反应显著更强（图3）。可见，MD活动反映的确是疼痛，而非刺激突显性。

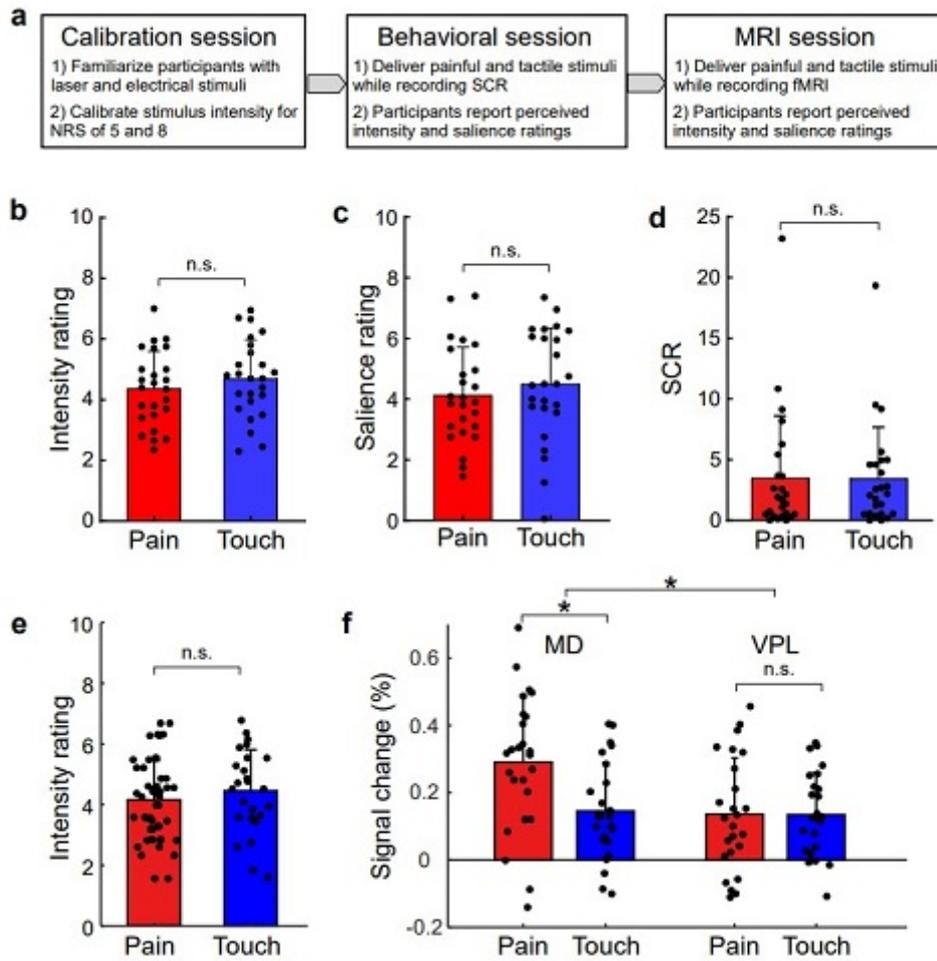


图3. 与同等突显性的触觉刺激相比，MD对疼痛刺激的反应显著更强

为了揭示MD特异性处理疼痛信息的动态时间特征，研究二使用了与研究一相同的实验范式，采集了220名参与者的EEG数据（这些参与者同时也完成了研究一的fMRI实验）。研究人员综合利用多变量模式分析和表征相似性分析（RSA），实现了fMRI和EEG数据的跨模态融合，进而确定了一个重要的时间窗口：在施加疼痛刺激后89ms~295ms之间，EEG的神经表征与MD的神经表征显著相关（图4）。这一结果揭示了MD特异性加工疼痛信息的精准时间特征。

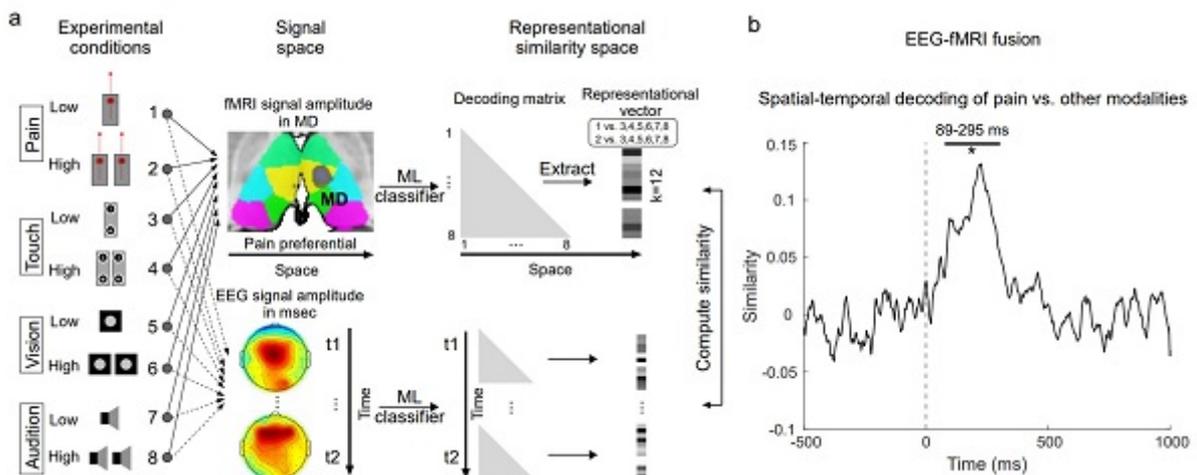


图4. 脑电的神经表征与MD的神经表征在刺激后89ms~295ms显著相关

为直接记录MD核团的神经元活动，验证fMRI和EEG结果的可靠性，研究三同步采集了9只大鼠的丘脑（MD和VPL）和皮层（ACC和S1[初级躯体感觉皮层]）电生理数据，结果发现：相较于触觉刺激，MD对疼痛刺激产生了更强的神经元放电响应，并且MD与ACC之间具有显著更强的神经信号相干性（图5）。该发现不仅在动物模型上为MD及MD-ACC通路特异性表征疼痛信息提供了直接证据，还有力证实了疼痛特异性脑区和神经活动模式具有跨物种一致性。

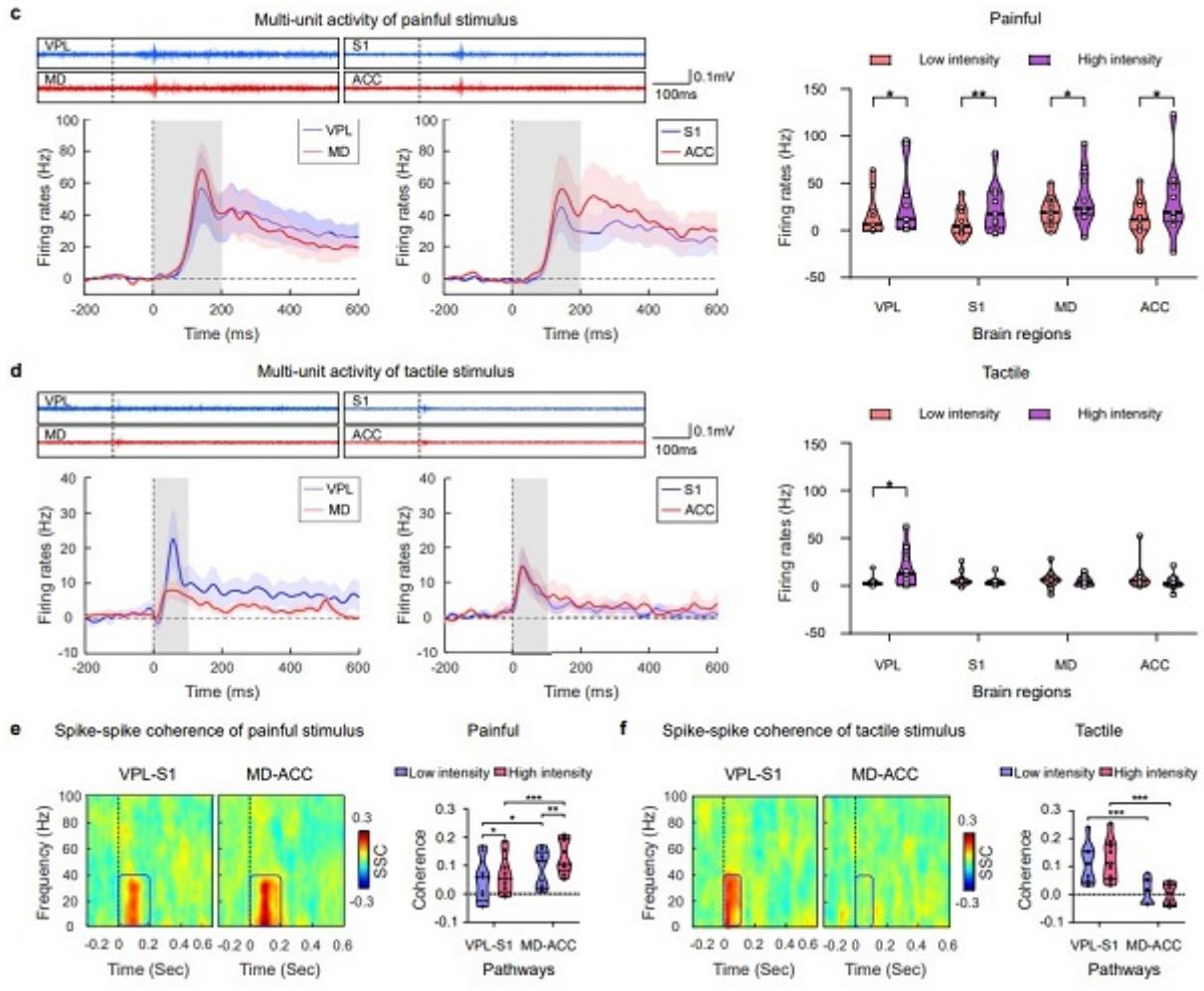


图5. MD对疼痛刺激具有更强的神经元放电响应，并与ACC之间具有更强的相干性

综上，该研究刻画了疼痛感知背后复杂的神经动力学特征，在宏观层面鉴别出了MD及其与ACC的连接这一特异性疼痛加工神经活动模式（图6），并证明了此神经模式在人类与大鼠中的跨物种一致性。该研究从跨物种角度入手，采用不同的技术手段，有机整合了不同层次的人类和动物研究，不仅发现了新的疼痛感知特异性神经机制，也为疼痛管理中的针对性干预提供了潜在靶点，为促进疼痛研究的进一步深化和研究成果的转化应用提供了理论基础。

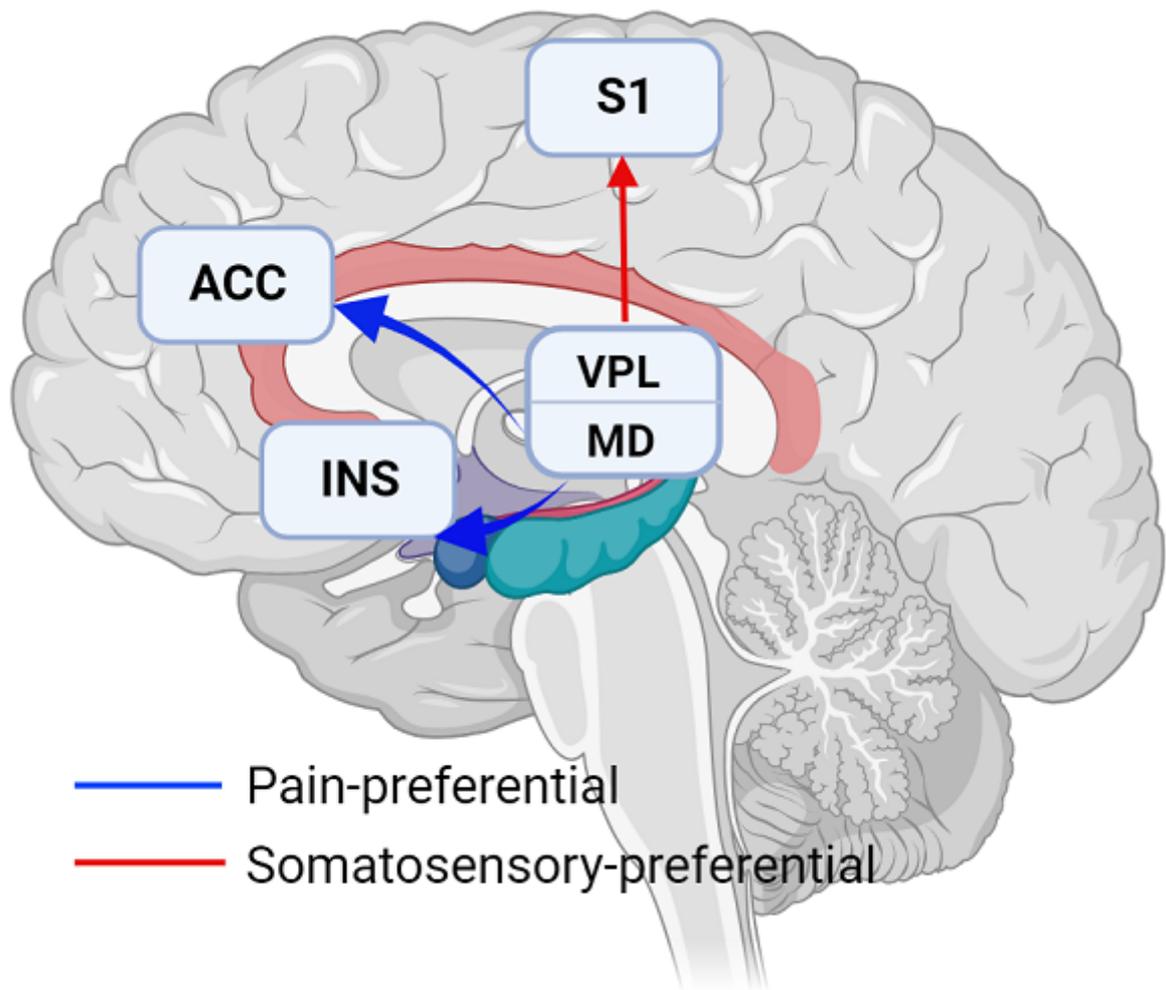


图6. 疼痛优先和躯体感觉优先（疼痛和触觉）的丘脑皮质通路

涂毅恒研究员得到了科技部科技创新2030“脑科学与类脑研究”青年科学家项目（2022ZD0206400）、国家自然科学基金项目（32322035和32171078）、中国科学院心理研究所科学基金（E0CX52和E2CX4015）、中国科协青年人才托举项目（E1KX0210）的支持。胡理研究员得到了国家自然科学基金项目（32071061）和北京市自然科学基金（JQ22018）的支持。

论文第一作者为心理所涂毅恒研究员，他与胡理研究员担任共同通讯作者。其他共同作者包括心理所李镇江（在读博士生）、张立波博士、张会娟博士、毕研芝助理研究员和岳路鹏助理研究员。

论文信息：

Yiheng Tu*, Zhenjiang Li, Libo Zhang, Huijuan Zhang, Yanzhi Bi, Lupeng Yue, Li Hu*. Pain-preferential thalamocortical neural dynamics across species. *Nature Human Behaviour*, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01714-6>

上一篇：[心理所合作研究揭示青少年焦虑的神经易感性及其遗传基础](#)

下一篇：[心理所合作开发的社会性情绪预期量表具有临床应用价值](#)



[违法违纪举报](#)

[信访渠道](#)

[联系我们](#)

版权所有：中国科学院心理研究所 备案编号：京ICP备10049795号-1 京公网安备110402500018号
地址：北京市朝阳区林萃路16号院 邮编：100101 

