基于近红外成像技术探究竞争对抑郁症工作记忆的影响

包凌博[1]　程宇琪[1]　于嘉乐[1]　刘　芳[1]　刘卫青[2]

【摘要】**目的**　探究竞争情境对抑郁症（Major Depressive Disorder，MDD）患者工作记忆（Working memory，WM）表现和神经机制的影响，对比MDD患者和健康对照（Healthy Control，HC）所受影响的差异。揭示MDD患者在竞争影响下WM的变化。**方法**　符合诊断标准的MDD患者42人为研究对象，并选择33名健康成人作为HC组，采用数字比较任务作为WM研究范式，应用功能性近红外成像技术观测额颞叶脑区的激活。**结果**　①在正确率上，组别、竞争情境和WM类型上主效应显著（P<0.01）。在竞争情境–WM维持中、非竞争情境–WM操作中，HC的正确率显著高于MDD患者（P<0.05）。HC在WM操作中，非竞争情境的正确率要显著高于竞争情境（P<0.01）。②在反应时上，组别、竞争情境和WM类型上主效应显著（P<0.01）。各交互效应不显著。③在背外侧前额叶、布洛卡区（CH37、CH41）中，仅HC在非竞争情境的脑部激活要显著小于竞争情境（P<0.05）。在布洛卡区（CH37）中非竞争情境下，MDD患者的激活要明显高于HC（P=0.03）。**结论**　MDD患者的WM存在显著缺陷，MDD患者面对竞争情境时，WM表现和脑部激活与HC存在显著差异。

【关键词】功能性近红外成像技术；抑郁症；工作记忆；竞争

【中图分类号】R749.4　【文献标识码】A　【文章编号】1673–2952（2025）02–0356–08

◎论著◎ Treatise

The effect of competition on working memory of depression was investigated based on near infrared imaging

BAO Lingbo，CHENG Yuqi，YU Jiale，et al. The First Affiliated Hospital of Kunming Medical University，Kunming 650032，China

【**Abstract**】**Objective**　To explore the impact of competitive situations on the working memory performance and neural mechanisms of patients with Major Depressive Disorder（MDD），and to compare the differences in the effects on MDD patients and healthy controls（HC）. To reveal the changes in working memory of MDD patients under competitive influence. **Methods**　42 MDD patients meeting diagnostic criteria and 33 healthy adults as the HC group were selected. The digit comparison task was used as the working memory research paradigm，and functional near–infrared imaging technology was applied to observe the activation of the frontal and temporal lobe brain regions. **Results**　① In terms of accuracy，the main effects of group，competitive situation，and working memory type were significant（P<0.01）. In the competitive situation – working memory maintenance and non–competitive situation – working memory operation，the accuracy of HC was significantly higher than that of MDD patients（P<0.05）. In the working memory operation of HC，the accuracy in the non–competitive situation was significantly higher than that in the competitive situation（P<0.01）. ② In terms of reaction time，the main effects of group，competitive situation，and working memory type were significant（P<0.01）. The interaction effects were not significant. ③ In the dorsolateral prefrontal cortex and Broca's area（CH37，CH41），only the brain activation of HC in the non–competitive situation was significantly lower than that in the competitive situation（P<0.05）. In Broca's area（CH37），the activation of MDD patients in the non–competitive situation was significantly higher than that of HC（P=0.03）. **Conclusion**　MDD patients have significant deficits in working memory.

［基金项目］1. 云南省科技厅科技计划项目（202301AY070001–023）；2. 云南省精神疾病临床医学中心（YWLCYZXZ20221005）；3. 宋伟宏院士专家工作站（202305AF150180）。

［作者工作单位］1. 昆明医科大学第一附属医院精神科（昆明，650032）；2. 上海市浦东新区精神卫生中心（同济大学附属精神卫生中心），同济大学精神疾病临床研究中心。

［第一作者简介］包凌博（1996.08–），男，黑龙江鹤岗人，研究生在读，研究方向：抑郁症影像学研究。

［通讯作者］刘芳（Email：Yd926Lf@163.com）；刘卫青（Email：lwqkm2012@126.com）。

When facing competitive situations, the working memory performance and brain activation of MDD patients are significantly different from those of HC.

【Key words】Functional near-infrared spectroscopy; Depression; Working memory; Competition

抑郁症（Major Depressive Disorder，MDD）以持续性心境低落和工作记忆（Working memory，WM）损伤为特征[1-2]。WM作为信息处理的核心系统，其损伤不仅削弱决策能力，还会通过应激敏感通路加剧社会退缩[3]，对社会功能产生影响。竞争作为典型社会应激源，要求个体在资源争夺中快速处理信息并调节情绪，这使WM系统受到认知负荷与情绪调节的双重压力。神经影像研究揭示，这些过程的脑激活在额颞叶上存在一定程度的空间重叠[4-5]，可能是竞争影响MDD患者WM的神经机制之一。厘清上述机制不仅有助于解析MDD的病理本质，更能为开发针对社会认知缺陷的干预策略提供理论依据。

本研究采用改良数字比较任务，结合功能性近红外光谱技术（functional near-infrared spectroscopy，fNIRS），同步监测WM任务中的行为表现（正确率、反应时）及额颞叶皮层的血氧信号变化。通过对比MDD组与健康对照（Healthy Control，HC）组在竞争/非竞争条件下的差异，重点探讨竞争情境对WM表现的独立影响路径与额颞叶亚区激活模式的特异性改变；该设计首次实现竞争情境的精确操控与多维度指标同步采集，为解析MDD认知障碍机制提供新证据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

参考既往研究，效应量一般为0.20～0.25。用G*Power3.1进行功效分析（Effect size=0.25，α=0.05，1−β=0.8）得到的计划样本为34人。选取昆明医科大学第一附属医院精神科住院及门诊的MDD患者，共招募42例，所有患者均符合《精神障碍诊断与统计手册第5版》重性抑郁障碍诊断标准，17项汉密尔顿抑郁量表的抑郁诊断标准，且均为右利手。排除标准：（1）合并其它精神类疾病或严重躯体疾病；（2）酒精及药物滥用史；（3）妊娠期和哺乳期。

同期通过广告招募健康志愿者33名作为HC。HC的性别、年龄、民族等条件与MDD患者相匹配。所有被试均右利手。参考既往研究，被试在数字比较任务中正确率低于50%定义为消极对待实验，其数据为无效数据。所有被试均完成了实验任务，有12名MDD患者，2名HC消极对待实验。最终有效人数为MDD组30人（M=26.73，SD=4.10），HC组31人（M=26.90，SD=2.49）。共61人，超出计划样本量34人。两组在年龄、教育年限、性别、民族和婚姻状态方面均无显著差异。两组抑郁水平显著差异，详见表1。本研究通过伦理委员会审核批准（伦理号：2023伦审L第123号）。所有参与者都了解研究目的和程序的详细信息，并签署了书面知情同意书，自愿参与本研究。

1.2 工作记忆范式

本范式改编数字比较任务。通过E-Prime3.0编写完成。实验开始时，屏幕上出现两个的随机数字，范围从1～9。被试需要记住这两个数字，500 ms之后数字消失，随后他们会被提问两个数字哪一个更大或者更小。当左边数字符合要求时候按“f”键，当右边数字符合要求按“j”键。这个过程代表着WM维持。按键结束后，屏幕上会呈现新的符号“_”“_-2”，此时，需要先进行减法运算后，再根据要

表1 一般人口学资料（$M\pm SD$）

项目	MDD（n=30）	HC（n=31）	t/卡方	P
年龄（岁）	26.73±4.10	26.90±2.49	0.19	0.84
教育年限（年）	15.10±1.66	16.10±1.87	0.88	0.38
性别（男/女）	10/20	11/20	0.03	0.86
民族（汉族/少数民族）	17/13	24/7	2.98	0.08
婚姻状态（未婚/已婚）	27/3	28/3	0.01	0.96
家族史（有/没有）	5/25	0/31	—	—
HAMD	23.30±4.16	1.00±2.19	26.3	<0.01

注：—为不适用，HAMD为汉密尔顿抑郁量表

求进行大小判断，减法运算随机出现在两侧。这个过程代表 WM 操作。两种类型的 WM 会按照顺序依次展示，作为一个试次（trial）。trial 的重复实现体现 WM 更新。实验模拟了 WM 维持、操作和更新整个流程。记录被试的反应时间和正确率，作为行为表现的指标

为模拟竞争情境，加强被试体验，本次实验采用三种方法，一是实验开始前告知被试存在水平相当的竞争对手。二是在实验开始时呈现竞争对手的照片，三是每个 trail 结束后呈现被试照片、竞争对手照片以及竞争结果（胜利 / 失败）。既往研究中，对竞争控制通常采用 70% 的失败率来加深竞争情境体验，这使得竞争失败作为单独应激源对后续实验可能产生影响[6]。干扰竞争情境的独立效果。为平衡竞争结果的影响，本次实验中胜利率为 50%，减少竞争失败成为新的应激源的可能性。

实验分为练习考核和正式实验，正确率达到 70% 可以通过练习考核进入正式实验。正式实验有六个组块（Block），其中三个 Block 为竞争情境，三个 Block 为非竞争情境。六个 Block 随机呈现。每个 Block 包含 10 个 trial。每个任务的反应时间为 2 000 ms，超出反应时间自动跳转到下一个任务。提前反应会在“竞争结果”页面或“已完成”的页面中补偿时间，保证每个 trial 的运行时间是 5 500 ms。竞争条件下，实验开始时会显示竞争对手，每个 Block 竞争结果包括 5 次胜利 5 次失败，且顺序随机。

1.3　实验流程

实验开始前，引导被试进入实验室，进行详细

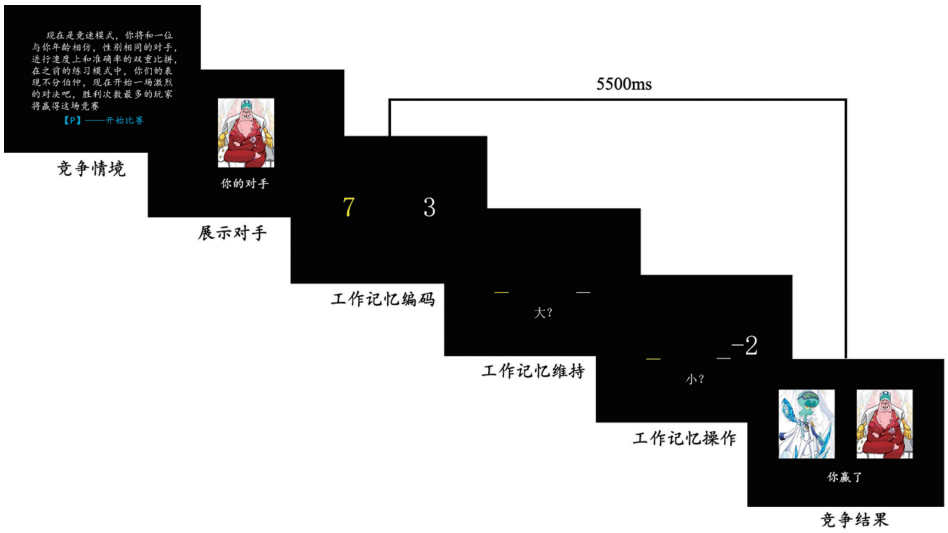

图1　竞争情境实验流程图

注:蓝色卡通人物为被试照片,红色卡通人物为竞争对手

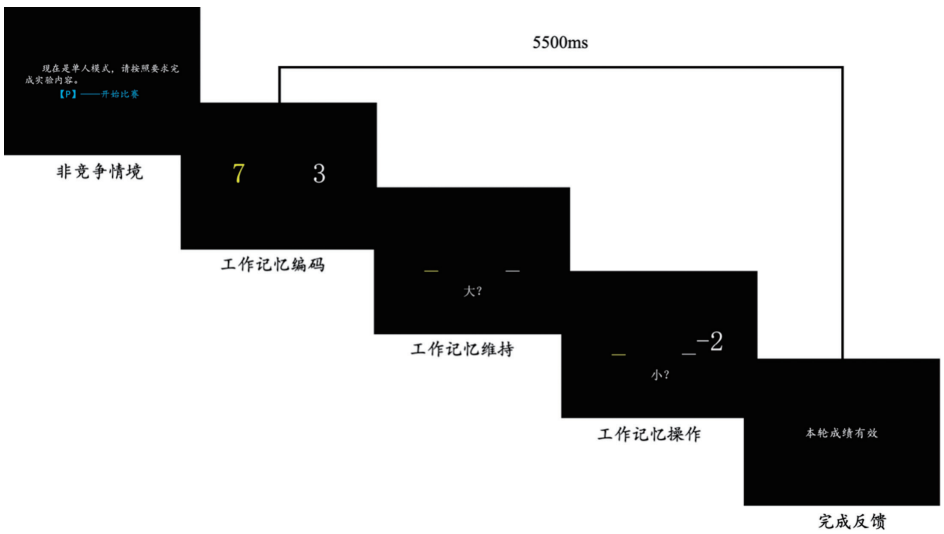

图2　非竞争情境实验流程图

实验说明，以确保其充分了解实验目的、程序和可能涉及的风险。随后签署知情同意书，确认理解实验性质并自愿参与。为被试拍摄一张照片并上传到系统中作为实验材料。由主试为被试佩戴近红外光谱帽进行fNIRS数据采集。调整光源和探测器的位置以确保光源光束能够正确穿透被试的头皮，并准确达到大脑皮层的目标区域。D3光源需精确定位于被试的眉心位置，以确保符合fNIRS成像的标准。被试需坐在椅子上，双眼平视电脑屏幕，通过键盘操作完成任务。主试开始朗读实验指导语，同时告知被试在实验过程中需尽量保持身体静止，避免头部大幅度晃动。被试确认理解任务要求后，主试退出实验室，让被试在独立的环境中完成实验任务。为确保被试的安全，电脑旁设置了警铃，如实验过程中遇到任何身体不适或者想退出实验都可以触碰警铃，实验结束后，主试向被试解释竞争结果为随机呈现，并向其表示感谢。

1.4 实验仪器及通道布置

实验采用便携式近红外脑功能成像设备NirSmart-6000 A（丹阳慧创医疗设备有限公司，中国江苏）连续测量并记录被试在进行任务时的大脑氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白的浓度变化。该系统由近红外光源发光二极管和雪崩光电二极管作为探测器组成，光源探头采用波长分别为730 nm和850 nm，采样率为11 Hz。实验采用15个光源探头和16个探测探头，构成48个有效通道，发射器和探测器的距离均值为3 cm（范围为2.7～3.3 cm）。基于以往研究，本研究主要观测脑区有额叶、颞叶及它们的连接处，各个探头分布位置见图3。

1.5 近红外数据处理

数据分析使用Matlab2013b，调用HOMER2和NIRS_SPM工具包对数据进行预处理。第一步，使用HOMER2_UI对原始数据中有明显运动伪影或通道损坏的部分进行手动标记。再将光强度信息先被转化成光密度信息，然后通过tmotion、tMask、STD等参数控制自动逐通道检查运动伪影，进行伪影矫正。将处理好的光密度信息转化血氧浓度信息。第二步，使用NIRS_SPM工具包，选择小波最小描述长度（wavelet-MDL）函数作为高通滤波的方法，以提高信号的清晰度和准确性。采用血流动力学响应函数（HRF），来完成低通滤波的处理工作。选择了时间导数加离散导数的HRF类型，再通过广义线性模型（Generalize Linear Model，GLM）将假设模型与实际观测到的氧合血红蛋白信号进行卷积运算，GLM模型估计出每个任务条件下的β值，反映了脑区在该条件下的激活程度.

1.6 统计分析

统计均基于R软件包bruceR进行数据分析，根据以往的研究[7]，实验设备60 Hz刷新率的条件下，250 ms为训练后的极限反应时，小于250 ms的数据为无效数据，需要排除。计算正确率后，仅筛选数字比较任务中正确反应的反应时，同时在被试内同一条件下剔除了超出3个标准差的极端值。剩余的反应试次为有效试次。采用2（组别：MDD、HC）×2（WM类型：维持、操作）×2（竞争情境：是、非）的重复测量方差分析的方法对WM任务的正确率和反应时进行统计分析。

对不同任务条件下被试各通道β值做单样本t检验（检验值为0），分析在不同任务下不同被试各通道的激活模式，以明确不同通道在大脑皮层活动过程中所起到的作用。采用了BH（Benjamini-HoCHberg）矫正方法对P值进行FDR（False Discovery

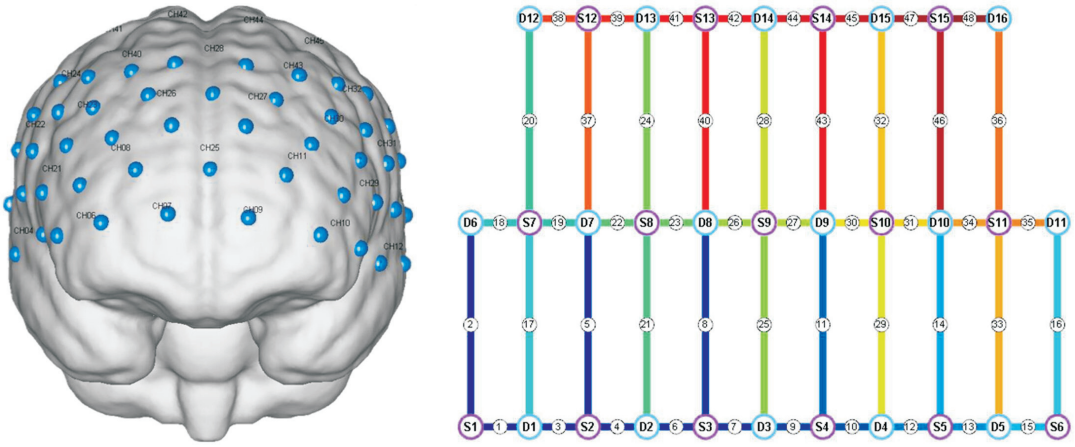

图3 近红外脑功能成像通道分布图

Rate）矫正。然后对各个脑区通道的激活程度β值进行2（组别：MDD、HC）×2（竞争情境：是、非）的重复测量方差分析。*P*值矫正同上。

2　结果

2.1　正确率和反应时

对正确率进行2（组别：MDD、HC）×2（WM类型：维持、操作）×2（竞争情境：是、非）的重复测量方差分析，结果发现，在正确率上组别的主效应显著，$F(1, 59)=7.015$，$P=0.01$，$\eta^2=0.106$，竞争情境的主效应显著，$F(1, 59)=21.857$，$P<0.001$，$\eta^2=0.270$，WM类型的主效应显著，$F(1, 59)=159.319$，$P<0.001$，$\eta^2=0.730$，组别和竞争情境的交互效应不显著，$F(1, 59)=0.959$，$P=0.331$，$\eta^2=0.016$。组别和WM类型的交互效应不显著，$F(1, 59)=1.851$，$P=0.179$，$\eta^2=0.030$。竞争情境和WM类型的交互作用显著，$F(1, 59)=13.735$，$P<0.001$，$\eta^2=0.189$。组别、竞争情境和WM类型的交互作用显著，$F(1, 59)=7.095$，$P=0.01$，$\eta^2=0.107$。分别以组别、竞争情境和WM类型为观测变量进行简单效应分析。以组别为观测变量进行简单效应分析发现，在竞争情境下，WM维持任务中，HC的正确率显著高于MDD。在非竞争情境下，WM操作任务中，HC的正确率显著高于MDD，见图4左。以竞争情境为观测变量进行简单效应分析发现，HC在WM操作的任务中，非竞争情境下的正确率要高于竞争情境的正确率。MDD在WM操作和WM维持中，非竞争情境下的正确率要高于竞争情境的正确率。见图4中。以WM类型为观测变量进行简单效应分析发现，WM维持任务的正确率都显著高于WM操作任务，见图4右。

对反应时进行2（竞争情境：是、非）×2（组别：MDD、HC）×2（WM类型：维持、操作）的重复测量方差分析，各维度的描述性统计见表2。方差分析的结果发现：在反应时上，我们发现组别的主效应显著，$F(1, 59)=8.006$，$P=0.006$，$\eta^2=0.119$，竞争情境的主效应显著，$F(1, 59)=34.292$，$P<0.001$，$\eta^2=0.368$，WM类型的主效应显著，$F(1, 59)=40.292$，$P<0.001$，$\eta^2=0.406$，组别和竞争情境的交互效应不显著，$F(1, 59)=2.367$，$P=0.129$，$\eta^2=0.039$，组别和WM类型的交互效应不显著$F(1, 59)=1.474$，$P=0.229$，$\eta^2=0.024$。竞争情境和WM类型的交互作用不显著，$F(1, 59)=2.313$，$P=0.291$，$\eta^2=0.07$。组别、竞争情境和WM类型的交互作用不显著，$F(1, 59)=1.224$，$P=0.273$，$\eta^2=0.02$。

2.2　个体脑激活强度

对各通道的β值进行单样本*t*检验，检验值设为0。根据各通道的t值，绘制了热图。使用BH多重矫正后，结果发现，HC在竞争情境下没有通道显著激活；在非竞争情境下显著激活的通道有CH9、CH28（$P<0.05$），对应的大脑皮层区域为额极区（BA10）和眶额区（BA11）区。对于MDD被试，在竞争情境下和非竞争情境下都不存在显著激活，见图5。

2.3　脑激活强度对比

对各个通道的激活程度β值进行2（组别：MDD、HC）×2（竞争情境：是、非）的重复测量方差分析，由分析结果发现：

在CH1、CH3、CH5、CH16、CH19、CH34、CH36、CH48中，发现竞争情境的主效应显著（$F(1, 59)=7.449$；$F(1, 59)=9.438$；$F(1, 59)=8.544$；$F(1, 59)=4.271$；$F(1, 59)=6.250$；$F(1, 59)=4.587$；$F(1, 59)=5.402$；$F(1, 59)=4.215$，$P=0.008$；$P=0.003$；$P=0.005$；$P=0.043$；$P=0.015$；$P=0.036$；$P=0.024$；$P=0.045$，$\eta^2=0.112$；$\eta^2=0.138$；$\eta^2=0.126$；$\eta^2=0.067$；$\eta^2=0.096$；$\eta^2=0.072$；$\eta^2=0.084$；$\eta^2=0.067$），其在竞争情境下的脑部激活强度显著高于非竞争情境下的脑部激活强度。对应的大脑皮层区域为颞中回（BA21）、颞极区（BA38）、布洛卡区（BA45，BA44）、颞上回（BA22）、前运动皮层和辅助运动皮质（BA6）、后下区（BA48）、中央下区（BA43）。在CH28中，组别的主要效应显著$F(1, 59)=6.545$，$P=0.013$，$\eta^2=0.100$，MDD患者的激活强度要显著高于HC。对应的大脑皮层区域为额极区（BA10）。

在CH37、CH41中组别和竞争情境的交互效应

表2　反应时描述性统计（*M*±*SD*）

	竞争情境下（ms）		非竞争情境下（ms）	
	WM维持	WM操作	WM维持	WM操作
MDD（n=30）	704.53±138.79	800.82±233.62	757.65±135.55	942.60±270.00
HC（n=31）	605.09±117.72	628.27±156.42	699.72±165.60	867.45±233.19

显著（F（1，59）=7.958、F（1，59）=4.130，P=0.007、P=0.047，η^2=0.119、η^2=0.065）以竞争情境为观测变量，发现在CH37、CH41中，HC的非竞争情境的脑部激活要显著小于竞争情境（t= 3.409、t=2.196，P=0.001、P=0.032，Cohen's d=0.617、Cohen's d=0.398）。对应的大脑皮层区域为布洛卡区（BA44、BA45）和背外侧前额叶皮质（BA9、BA46），见图6左。以组别为观测变量，在CH37中非竞争情境下，MDD患者的激活要明显高于HC（t= 2.159，P=0.04，Cohen's d=0.538）。对应的大脑皮层区域为布洛卡区（BA44、BA45），见图6右。

3 讨论

3.1 基于行为数据的发现

本研究结果发现，竞争情境–WM维持任务和非竞争情境–WM操作任务中，HC的正确率显著高于MDD患者。这与前人研究结果一致[8]，竞争情境增加了认知负荷[9]，使得MDD患者更难以集中注意力和保持信息，导致记忆任务的表现下降。而健康个体具有应对竞争和挑战的适应调节能力[10]，往往感受到激励而提高正确率。反应时上HC显著低于MDD患者，但不存在显著的交互作用，可能因为认知功能受损严重的MDD患者根本无法完成实验。

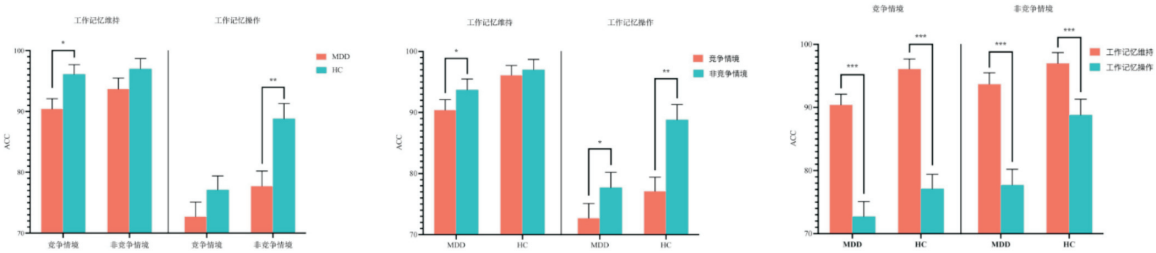

图4 正确率简单效应分析

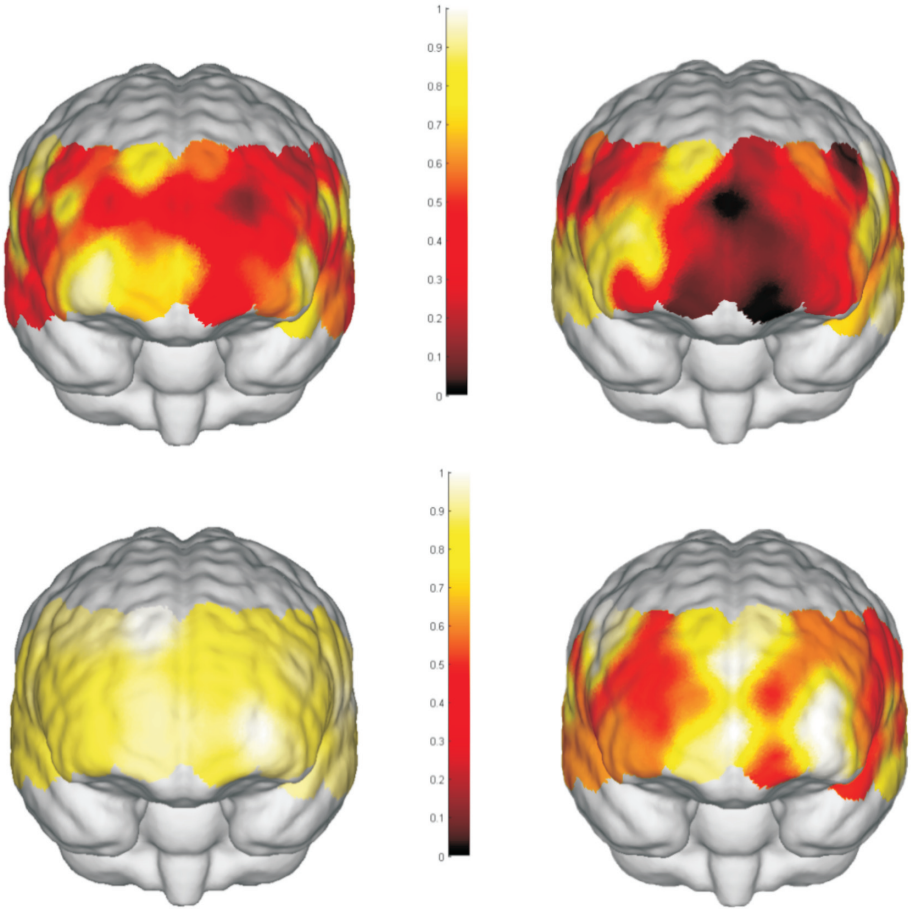

图5 单样本*t*检验分布图

左上：HC竞争情境下的脑部激活情况；右上：HC非竞争情境下脑部激活情况
左下：MDD竞争情境下的脑部激活情况；右下：MDD非竞争情境下脑部激活情况

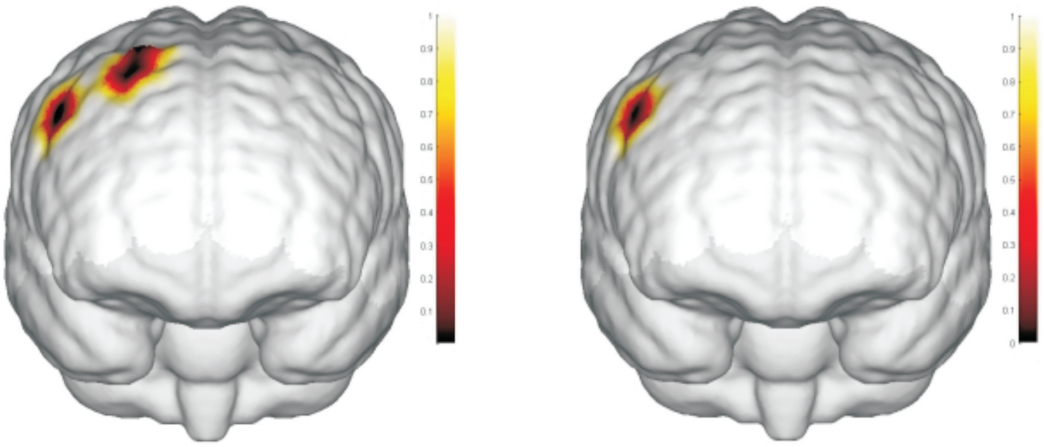

图6　简单效应分析

3.2　基于脑活动数据的发现

fNIRS结果发现，右侧布洛卡区中，在非竞争情境下MDD患者的脑部激活显著高于HC，同以往的研究结果相同[11]，这可能反映了MDD患者认知障碍的神经补偿机制。同时，MDD的反应时和正确率均低于HC，说明MDD患者需要调动更多的脑区激活次仅能实现差于HC的任务表现，其次，也说明竞争情境对MDD患者和HC的脑部影响完全相反。HC面对竞争情境时，布洛卡区的激活水平会升高，调动更多的能量去应对竞争情境和完成WM任务[12]。而MDD患者面对竞争情境时，布洛卡区都出现了脑部激活的抑制，可能是由于MDD患者面对自我评价和与外部比较的场景，更倾向于选择逃避来保护自己[3]。布洛卡区还负责执行语言、语义和文字的产生以及注意力相关的功能，WM中理解文字内容，调动注意力都需这部分脑区的参与。

在竞争情境变化前后，HC右侧背外侧前额叶和右侧布洛卡区都具有显著差异，但在MDD患者中没有发现这种现象。这可能是HC中的特异性激活，表明了MDD对待竞争情境的场景并不敏感，MDD患者常常对自己产生负面的自我评价[13]，可能感觉自己缺乏能力或价值，无法胜任竞争中的任务，或者对于竞争可能带来的失败或挫折感到担忧，因此可能增加了抑制情绪。竞争情境带来的刺激致使MDD患者抑制相关脑区的激活，同时MDD患者认知障碍的神经补偿会在任务来临时增加脑区的激活程度，两者进行相互作用[14]。所以MDD患者在面对竞争情境时，WM表现出现变化，但脑部激活并没有明显的变化。

本研究还发现MDD患者和HC都出现了前运动皮层和辅助运动皮层激活抑制。这与过去研究的结果相一致[15]。儿童学习计算都是从手指计数开始，所以任何类型的数字运算过程都基于手指计数的原始过程，也都会激活与手指运动相关的脑区。

综上所述，我们发现MDD患者WM表现比HC更差。MDD患者WM期间脑功能也存在异常，右侧布洛卡区的脑部激活显著高于HC。竞争情境使HC右侧背外侧前额叶皮层、右侧布洛卡区激活显著升高，MDD患者则无显著差异。这种仅存于HC中激活特征，可作为客观生物标志物，为MDD鉴别提供潜在的生理依据。本研究也存在一定局限。采用的fNIRS技术空间分辨率不足，且fNIRS技术仅能检测到大脑皮层2～3 cm深度的血氧浓度改变，无法探测一些与竞争和WM相关的深部脑区，例如纹状体、梭状回等。

参考文献

[1] Malhi GS，Mann JJ. Depression[J]. Lancet，2018，392(10161)：2299-2312.

[2] Tan W，Liu Z，Xi C，et al. Decreased integration of the frontoparietal network during a working memory task in major depressive disorder[J]. Aust N Z J psychiatry，2021，55(6)：577-587.

[3] Li W，Zhao Z，Chen D，et al. Prevalence and associated factors of depression and anxiety symptoms among college students：a systematic review and meta-analysis[J]. J child psychol psychiatry，2022，63(11)：1222-1230.

[4] Rolls ET，Cheng W，Du J，et al. Functional connectivity of the right inferior frontal gyrus and orbitofrontal cortex in depression[J]. Soc cogn affect neurosci，2020，15(1)：75-86.

[5] Hossein S，Cooper JA，DeVries BAM，et al. Effects

of acute stress and depression on functional connectivity between prefrontal cortex and the amygdala[J]. Mol psychiatry, 2023, 28(11): 4602–4612.

[6] Ma M, Zhang X, Zhang Y, et al. Childhood maltreatment was correlated with the decreased cortical function in depressed patients under social stress in a working memory task: a pilot study[J]. Front psychiatry, 2021, 12: 671574.

[7] Zhang Y, Li M, Zhang X, et al. Unsuppressed striatal activity and genetic risk for schizophrenia associated with individual cognitive performance under social competition [J]. Schizophr bull, 2022, 48(3): 599–608.

[8] Liu XL, Chen QQ, Cheng F, et al. The abnormal brain activation pattern of adolescents with major depressive disorder based on working memory tasks: a fNIRS study[J]. J Psychiatr Res, 2024, 169: 31–37.

[9] Wang X, Cheng B, Roberts N, et al. Shared and distinct brain fMRI response during performance of working memory tasks in adult patients with schizophrenia and major depressive disorder[J]. Hum brain mapp, 2021, 42(16): 5458–5476.

[10] Yeung MK, Han YMY. Changes in task performance and frontal cortex activation within and over sessions during the n–back task[J]. Sci rep, 2023, 13(1): 3363.

[11] Zweerings J, Zvyagintsev M, Turetsky BI, et al. Fronto–parietal and temporal brain dysfunction in depression: a fMRI investigation of auditory mismatch processing[J]. Hum brain mapp, 2019, 40(12): 3657–3668.

[12] Reising MM, Bettis AH, Dunbar JP, et al. Stress, coping, executive function, and brain activation in adolescent offspring of depressed and nondepressed mothers [J]. Child neuropsychol, 2018, 24(5): 638–656.

[13] Santomauro DF, Mantilla Herrera AM, Shadid J, et al. Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID–19 pandemic[J]. Lancet, 2021, 398(10312): 1700–1712.

[14] Hansen ML, Hyttel–Sørensen S, Jakobsen JC, et al. Cerebral near–infrared spectroscopy monitoring(NIRS) in children and adults: a systematic review with meta–analysis [J]. Pediatr res, 2024, 96(4): 856–867.

[15] Cona G, Semenza C. Supplementary motor area as key structure for domain–general sequence processing: a unified account[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2017, 72: 28–42.

（收稿日期：2025年2月8日）

上接第350页

参考文献

[1] 潘锋. 后疫情时代我国精神卫生事业发展面临新挑战——访中国科学院院士、北京大学第六医院院长陆林教授[J]. 中国当代医药, 2020, 27(31): 1–3.

[2] 黄柳. 精神专科医院“五大模式”亟须转变[J]. 中国医院院长, 2023, 19(2): 22–24.

[3] 医政医管局.《关于加强和完善精神专科医疗服务的意见》, 2020,(9).

[4] 李宁. 公立医院内部控制建设探讨[J]. 中国卫生经济, 2020, 39(1): 94–96.

[5] 陈婷婷. 内部控制在公立医院财务管理中的应用分析[J]. 财讯, 2022(28): 169–171.

[6] 张丽. 精神专科医院财务管理内部控制研究[J]. 财经界（学术版）, 2018,(17): 97–98.

[7] 洪亭亭. 浅析公立精神专科医院内部控制建设[J]. 行政事业资产与财务, 2019(13): 51–52.

[8] 李秋, 郑大喜, 沈崇光. 医院医保基金使用政策回顾及典型问题与改进策略探讨[J]. 中国卫生经济, 2020, 39(10): 13–18.

[9] 财政部等.《关于进一步加强公立医院内部控制建设的指导意见》.2023, 12.

[10] 财政部等.《关于全面推进行政事业单位内部控制建设的指导意见》. 2012, 12.

（收稿日期：2024年5月10日）