

忧郁型抑郁障碍患者脑区静息态局部一致性的改变

张云巧 朱婷娟 张爱霞 孙宁 吴佩怡 都业铭 崔雅莲 刘莎 王彦芳

030001 太原,山西医科大学第一临床医学院(张云巧、吴佩怡、都业铭、崔雅莲);

030001 太原,山西医科大学第一医院精神卫生科(张云巧、张爱霞、孙宁、吴佩怡、都业铭、崔雅莲、刘莎、王彦芳); 030045 太原,山西省卫生健康委监督检查中心(朱婷娟)

通信作者:王彦芳, Email: wangyanfang123868@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2022.07.004

【摘要】目的 探讨忧郁型抑郁障碍(MD)患者脑区静息态局部一致性(ReHo)的改变特征。**方法** 纳入2019年2月至2021年12月就诊于山西医科大学第一医院的26例忧郁型MD患者及同期招募的20名健康对照者为研究对象,行静息态功能磁共振扫描,比较两组ReHo差异。采用自制情感障碍观察表收集受试者一般资料,采用17项汉密尔顿抑郁量表(HAMD-17)评估MD组的抑郁情况。采用Pearson相关分析MD患者差异脑区ReHo值与HAMD-17评分的相关性。**结果** MD组左侧梭状回、壳核及枕中回/枕下回ReHo值低于对照组,差异有统计学意义($t=-6.392$ 、 -4.540 、 -5.786 ; $P < 0.05$)。MD组右侧额上回及楔前叶、左侧额中回/中央前回ReHo值高于对照组,差异有统计学意义($t=4.796$ 、 5.185 、 5.111 ; $P < 0.05$)。MD组左侧梭状回ReHo值与阻滞因子得分呈正相关($r=0.397$, $P < 0.05$),右侧楔前叶ReHo值与HAMD-17总分、阻滞因子得分及睡眠障碍因子得分呈负相关($r=-0.452$ 、 -0.446 、 -0.411 ; $P < 0.05$)。进一步控制混杂因素行偏相关分析,MD患者左侧梭状回ReHo值与阻滞因子得分呈正相关($r=0.437$, $P < 0.05$),右侧楔前叶ReHo值与HAMD-17总分及睡眠障碍因子得分呈负相关($r=-0.568$ 、 -0.500 ; $P < 0.05$)。**结论** MD患者多个脑区存在自发脑活动异常,涉及默认网络及奖赏环路,且与其抑郁严重程度、阻滞症状及睡眠障碍相关。

【关键词】 抑郁症; 忧郁特征; 重性抑郁障碍; 静息态功能磁共振; 局部一致性

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1307103); 山西省136兴医工程项目; 山西省应用基础研究项目(201801D121345)

Research on altered regional homogeneity in the resting state of brain regions in melancholic depression

Zhang Yunqiao, Zhu Tingjuan, Zhang Aixia, Sun Ning, Wu Peiyi, Du Yeming, Cui Yalian, Liu Sha, Wang Yanfang
The First Clinical Medical College of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China (Zhang YQ, Wu PY, Du YM, Cui YL); Department of Mental Health, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China (Zhang YQ, Zhang AX, Sun N, Wu PY, Du YM, Cui YL, Liu S, Wang YF); Supervision and Inspection Center, Shanxi Provincial Health Commission, Taiyuan 030045, China (Zhu TJ)

Corresponding author: Wang Yanfang, Email: wangyanfang123868@163.com

【Abstract】Objective To investigate the characteristics of regional homogeneity (ReHo) changes in the resting state of brain regions in melancholic depression. **Methods** A total of 26 patients with melancholic depression attending the First Hospital of Shanxi Medical University from February 2019 to December 2021, and 20 healthy controls were included. All the subjects underwent resting functional magnetic resonance imaging, and the ReHo differences between the two groups were compared. The general data of subjects were collected by self-made affective disorder observation form, and the depression status of MD group was evaluated by 17 item Hamilton Depression Scale (HAMD-17). Pearson correlation was used to analyze the correlation between ReHo value and HAMD-17 score in different brain regions of MD patients. **Results** The ReHo values of left fusiform gyrus, putamen and middle occipital gyrus / inferior occipital gyrus in MD group were significantly lower than those in the control group, and the differences were statistically significant ($t=-6.392$, -4.540 , -5.786 ; $P < 0.05$). The ReHo values of the right superior frontal gyrus, precuneus and left middle frontal gyrus / anterior central gyrus in MD group were significantly higher than those in the control group, and the differences were statistically significant ($t=4.796$, 5.185 , 5.111 ; $P < 0.05$). The decrease of ReHo value in left fusiform gyrus in MD group was positively correlated with block symptoms ($r=0.397$, $P < 0.05$). The increase of ReHo value in the right precuneus was negatively correlated with HAMD-17 score, block symptoms and sleep disorders

($r=-0.452, -0.446, -0.411; P < 0.05$). After further controlling the confounding factors, partial correlation analysis showed that the ReHo value of left fusiform gyrus was positively correlated with blocking symptoms ($r=0.437, P < 0.05$), and the ReHo value of right precuneus was negatively correlated with HAMD-17 score and sleep disorder ($r=-0.568, -0.500; P < 0.05$). **Conclusions** There are spontaneous brain activity abnormalities in multiple brain regions of MD patients, involving default network and reward circuit, which are related to the severity of depression, blocking symptoms and sleep disorders.

【Key words】 Depressive disorder; Melancholic features; Major depressive disorder; Resting-state functional magnetic resonance; Regional homogeneity

Fund programs: National Key Research & Development Program of China (2016YFC1307103); The 136 Medical Rejuvenation Project of Shanxi Province; Shanxi Province Applied Basic Research Projects (201801D121345)

重性抑郁障碍(major depressive disorder, MDD)是一种病因复杂,发病率高、致残率高的高异质性疾病,有学者认为通过降低抑郁障碍的异质性,可提高诊疗率及预后效果^[1-3]。忧郁型抑郁障碍(melancholic depression, MD)是基于临床表征提出的最重要的亚型特征之一,主要表现为持续性的情绪低落、快感缺失、昼重夜轻、睡眠障碍、体重下降或食欲减退、认知障碍等^[4-5]。有研究称中国MDD患者中大约有53.4%符合忧郁特征,且较其他亚型基线抑郁程度更高^[6],有更高的自杀意图,更差的治疗预后、社会功能和生活质量^[7]。局部一致性(regional homogeneity, ReHo)是静息态MRI研究中常用的神经影像学方法,可以反映大脑中局部神经元活动的一致性和同步性^[8]。既往基于静息态MRI的研究发现MDD患者局部脑功能发生改变,但较少关注其亚型的异质性。本研究通过ReHo的方法探讨MD患者脑功能改变特征,以期寻找MD忧郁特征形成的神经病理学机制。

一、对象与方法

1. 研究对象:选取2019年2月至2021年12月山西医科大学第一医院精神卫生科门诊及住院部收治的MD患者为MD组。(1)MD患者纳入标准。①符合DSM-5中“MDD(当前发作)”及“伴忧郁特征”的诊断标准^[5,9];②18~55岁,汉族,右利手;③HAMD-17评分 ≥ 17 分;④有足够的视听水平和理解能力。同期于社区招募无血缘关系的健康志愿者为对照组。(2)健康志愿者纳入标准。①18~55岁,汉族,右利手;②90项症状自评量表结果显示无心理障碍,HAMD-17评分 < 7 分。(3)所有受试者排除标准。①合并重大躯体疾病或有颅脑外伤病史;②处于妊娠期或哺乳期;③符合MRI扫描禁忌证。严格按纳排标准筛选对象,共60例完成MRI数据采集,排除不合格脑影像数据14例,共有26例MD患者及20名健康对照者纳入研究,所有受试者均自愿参与本研究并签

署知情同意书。本研究经山西医科大学医学伦理委员会批准(2016LL143)。

2. 研究方法:(1)一般资料及临床评估。采用自制情感障碍观察表,收集受试者的一般资料。采用HAMD-17评估MD组的抑郁情况。HAMD-17包含焦虑/躯体化、体重、认知障碍、阻滞、睡眠障碍共5个因子,总分越高,抑郁程度越严重。30项抑郁症状问卷(30-item Inventory of Depressive Symptomatology, IDS-30)是一种全面评定抑郁症状及其严重程度的自评问卷,总分越高,抑郁程度越严重。IDS-30包括DSM-5伴忧郁特征诊断标准中所有的症状条目,方便MD的检出和诊断^[10]。(2)MRI数据采集与预处理。使用西门子公司公司的Magnetom Trio(A Tim System)3.0T扫描仪采集数据。采用平面回波序列扫描,共32层。主要扫描参数:重复时间(TR)=2 000 ms;回波时间(TE)=30 ms;视野(FOV)=240 mm \times 240 mm;反转角(FA)=90°;采集矩阵=64 \times 64;层厚=3 mm,扫描层间隔=3.99 mm;共扫描212个时间点,扫描时间为8'06"。预处理利用基于MATLAB平台的DPARSF进行。依次转换数据格式,去掉前10个时间点进行时间层校正。头动校正:将头动均值(mean FD) > 0.2 mm(Jenkinson)的数据剔除,后标准化到蒙特利尔神经科学研究所(MNI)空间并以3 mm \times 3 mm \times 3 mm的体素大小对图像进行重采样,去线性漂移及滤波,去除脑脊液和白质信号。(3)ReHo分析。采用肯德尔相关系数计算ReHo值,标准化ReHo值=(每个体素的ReHo值-全脑均值)/全脑标准差,用高斯核6 mm半高宽对图像进行平滑,用于后续统计分析。

3. 统计学方法:采用SPSS 26.0软件进行统计分析。对所有计量资料行正态性检验,符合正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)描述,组间比较采用独立样本 t 检验;非正态分布的计量资料采用中位数(上、下四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]描述,组

间比较采用Mann-Whitney *U*检验。计数资料采用频数、百分数(%)描述,组间比较采用 χ^2 检验。使用DPARSF对两组受试者的ReHo值行独立样本*t*检验,以高斯随机场理论(the gaussian random field, GRF)校正,提取单个体素水平 $P < 0.001$,脑区团块 $P < 0.05$ 的脑区。采用Pearson相关分析MD患者差异脑区ReHo值与HAMD-17评分的相关性。双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

二、结果

1. 两组受试者一般资料及临床资料比较: 两组受试者性别、年龄、受教育年限、职业、婚姻状态及mean FD比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。MD组患者HAMD-17得分见表1。

2. 两组受试者ReHo值差异脑区分析: MD组患者的左侧梭状回、壳核及枕中回/枕下回ReHo值低于对照组,右侧额上回及楔前叶、左侧额中回/中央前回ReHo值高于对照组,差异均有统计学意义(经GRF校正,均 $P < 0.05$),见表2、图1(见本期封三)。

3. MD患者异常脑区ReHo值与HAMD-17评分的相关性分析: Pearson相关分析显示,MD患者左侧梭状回ReHo值与阻滞因子得分呈正相关($P < 0.05$),右侧楔前叶ReHo值与HAMD-17总分、阻滞因子及睡眠障碍因子得分呈负相关($P < 0.05$),见图2。进一步

控制性别、年龄、受教育年限及mean FD后行偏相关分析,结果显示,MD患者左侧梭状回ReHo值与阻滞因子得分呈正相关($r=0.437, P=0.042$),右侧楔前叶ReHo值仍与HAMD-17总分($r=-0.568, P=0.006$)及睡眠障碍因子得分($r=-0.500, P=0.018$)呈负相关,且相关性更强。

讨论 MDD具有高异质性特征,而MD这一分型在临床上尤其重要。本研究结果显示,MD患者脑功能存在异常的脑区主要位于左侧梭状回、壳核、枕中回/枕下回,右侧额上回及楔前叶,左侧额中回/中央前回,且异常脑区与患者疾病的严重程度、阻滞症状、睡眠障碍有关。

额上回位于前额叶皮层的上部,其后亚区与中央前回存在较强的解剖与功能联系,与认知执行网络和默认网络有关,参与认知控制及情绪调节等脑活动过程^[11-12]。梭状回位于颞叶的外侧面,是视觉皮层的重要组成部分,主要参与面孔刺激呈现过程中的情绪感知和处理过程^[13]。楔前叶位于后内侧顶叶,参与多项高级认知功能,包括自我相关的信息处理、视觉空间想象、情景记忆检索等^[14-15]。而额上回、梭状回与楔前叶均是组成默认网络的重要区域,参与广泛的认知控制过程^[16],若此部分脑区功能异常,可能会导致情绪调控紊乱。

表1 两组受试者一般资料及临床资料比较

项目	MD组(n=26)	对照组(n=20)	$\chi^2/t/Z$ 值	<i>P</i> 值
性别[例(%)]				
男	11(42.3)	12(60.0)	1.415	0.234
女	15(57.7)	8(40.0)		
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	34.12 \pm 11.24	33.85 \pm 8.86	0.087	0.931
受教育年限(年, $\bar{x} \pm s$)	13.31 \pm 3.25	14.55 \pm 2.52	-1.413	0.165
职业[例(%)]				
在职	16(61.5)	14(70.0)		
退休	1(3.8)	1(5.0)	6.391	0.094
学生	4(15.5)	5(25.0)		
无业	5(19.2)	0(0)		
婚姻状态[例(%)]				
未婚	8(30.8)	8(40.0)	0.425	0.515
已婚	18(69.2)	12(60.0)		
mean FD[mm, $M(P_{25}, P_{75})$]	0.035(0.027, 0.058)	0.045(0.036, 0.060)	-1.263	0.207
HAMD-17总分(分, $\bar{x} \pm s$)	23.69 \pm 4.07	-	-	-
焦虑/躯体化因子	6.69 \pm 1.87	-	-	-
体重因子	0.70 \pm 0.38	-	-	-
认知障碍因子	4.81 \pm 1.52	-	-	-
阻滞因子	7.65 \pm 1.26	-	-	-
睡眠障碍因子	4.15 \pm 1.83	-	-	-

注: mean FD 头动均值; HAMD-17 17项汉密尔顿抑郁量表; MD 忧郁型抑郁障碍; - 无数据

表2 两组受试者 ReHo 值差异脑区比较

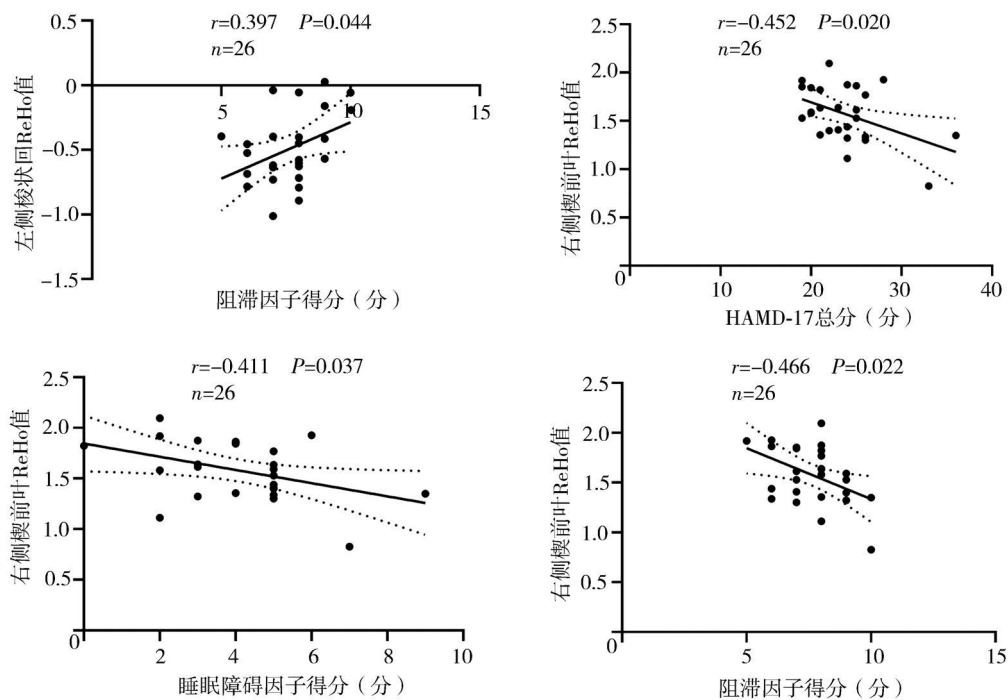
脑区	体素	峰值点 MNI 坐标			峰值点 <i>t</i> 值
		x	y	z	
MD组 ReHo 值 < 对照组 ReHo 值					
左侧梭状回	81	-30	-60	-6	-6.392
左侧壳核	64	-24	6	-9	-4.540
左侧枕中回/枕下回	86/42	-51	-81	-3	-5.786
MD组 ReHo 值 > 对照组 ReHo 值					
右侧额上回	124	18	57	12	4.796
右侧楔前叶	46	6	-72	42	5.185
左侧额中回/中央前回	70/51	-24	-6	69	5.111

注: ReHo 局部一致性; MD 忧郁型抑郁障碍; MNI 蒙特利尔神经科学研究所; 经高斯随机场理论校正, 均 $P < 0.05$

本研究结果显示, MD 患者右侧额上回、左侧额中回/中央前回的 ReHo 表现较高的激活, 左侧梭状回 ReHo 表现较低的激活且与阻滞症状呈正相关, 右侧楔前叶 ReHo 表现较高的激活且与 HAMD-17 评分、睡眠障碍因子分呈负相关, 控制混杂因素后上述相关性更强。与本研究结果一致的是, 既往研究显示 MD 患者默认网络相关的脑区存在功能异常, 有学者发现与非 MD 相比, MD 患者双侧额上回的网络同质性显著增加^[17], 右侧梭状回/小脑 VI、左侧中央后回/中央前回的 ReHo 存在异常激活^[18], 而梭状回、中央后回和中央前/中央后回的体素镜像同

伦连接降低^[19]。一项针对亚临床抑郁大学生的研究指出, 亚临床抑郁大学生的右侧楔前叶 ReHo 显著增加, 默认网络功能障碍可能在早期亚临床抑郁阶段就已开始^[20]。上述研究均表明, MD 患者额叶、梭状回及楔前叶所涉及的默认网络脑功能表达为抑制, 可能对消极情绪的认知加工产生偏差, 使得患者自我参照活动及消极反刍过度增加而加重抑郁情绪, 负性情绪及负性认知过度维持而无法纠正, 进而表现出较明显的阻滞症状, 这些脑影像学改变可能是 MD 忧郁特征形成的相关病理机制。

枕叶位于大脑半球的后端, 与视觉工作记忆的整合与巩固有关^[21]。相关研究认为 MD 患者左侧枕中回/枕下回、双侧枕上回/枕中回 ReHo 降低^[18]。而本研究结果显示, 左侧枕中回/枕下回 ReHo 降低, 与既往研究结果一致, 表明枕叶脑活动异常可能是 MD 发病的神经基础。壳核位于基底节区, 参与控制身体运动行为及处理视觉信息^[22], 是奖赏环路的重要部分, 在基于奖励任务和行动选择中起到关键作用^[23], 相关研究表明 MDD 患者壳核的体积显著减小, 双侧壳核的背外侧和腹内侧表现出区域性收缩^[24]。本研究结果也显示左侧壳核 ReHo 值降低, 表明 MD 患者壳核在内的奖赏环路功能障碍, 可能导致情绪调控紊乱, 表现出对生活事件的负性偏见, 与上述研究中的脑结构损害趋于一致。



注: MD 忧郁型抑郁障碍; ReHo 局部一致性

图2 MD 患者异常脑区 ReHo 值与 HAMD-17 评分的 Pearson 相关分析

综上所述, MD患者多个脑区存在自发脑活动异常, 涉及默认网络及奖赏环路, 且其异常程度与患者疾病的严重程度、阻滞症状、睡眠障碍有关。提示这些脑区功能异常可能在MD忧郁特征形成过程中起到一定作用。

本研究存在一定的局限性: 样本量不足, 且未将其他亚型纳入, 未来可扩大样本量并纳入其他亚型, 进一步探讨不同亚型患者脑功能改变特征及其组间差异, 以期寻找不同亚型特征形成的相关神经病理学机制。

利益冲突 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 研究设计为王彦芳、张爱霞、孙宁、朱婷娟、张云巧, 论文撰写为张云巧, 论文修订为王彦芳、张爱霞、张云巧, 资料收集为张云巧、都业铭、崔雅莲, 数据处理与分析为张云巧、吴佩怡、张爱霞, 审校为王彦芳、张爱霞、刘莎

参 考 文 献

- [1] Buch AM, Liston C. Dissecting diagnostic heterogeneity in depression by integrating neuroimaging and genetics[J]. *Neuropsychopharmacology*, 2021, 46(1): 156-175. DOI: 10.1038/s41386-020-00789-3.
- [2] Ren X, Yu S, Dong W, et al. Burden of depression in China, 1990-2017: findings from the global burden of disease study 2017 [J]. *J Affect Disord*, 2020, 268: 95-101. DOI: 10.1016/j.jad.2020.03.011.
- [3] Herrman H, Kieling C, McGorry P, et al. Reducing the global burden of depression: a Lancet-World Psychiatric Association Commission[J]. *Lancet*, 2019, 393(10189): e42-e43. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32408-5.
- [4] 汪作为, 彭代辉, 刘晓华, 等. 忧郁/快感缺失型抑郁症临床评估与诊治指导建议[J]. *临床精神医学杂志*, 2021, 31(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1005-3220.2021.01.001.
Wang ZW, Peng DH, Liu XH, et al. Recommendations of clinical evaluation, diagnosis and treatment for patients of depression with melancholic or anhedonic features[J]. *J Clin Psychiatry*, 2021, 31(1): 1-5.
- [5] 美国精神医学学会. 精神障碍诊断与统计手册[M]. 5版. 张道龙, 刘春宇, 董慧琦, 等, 译. 北京: 北京大学出版社, 2015.
- [6] Xiang YT, Wang G, Hu C, et al. Demographic and clinical features and prescribing patterns of psychotropic medications in patients with the melancholic subtype of major depressive disorder in China[J]. *PLoS One*, 2012, 7(6): e39840. DOI: 10.1371/journal.pone.0039840.
- [7] Tondo L, Vázquez GH, Baldessarini RJ. Melancholic versus nonmelancholic major depression compared[J]. *J Affect Disord*, 2020, 266: 760-765. DOI: 10.1016/j.jad.2020.01.139.
- [8] Bekhuis E, Boschloo L, Rosmalen JG, et al. The impact of somatic symptoms on the course of major depressive disorder[J]. *J Affect Disord*, 2016, 205: 112-118. DOI: 10.1016/j.jad.2016.06.030.
- [9] Liu X, Wang Y, Peng D, et al. The developmental and translational study on biomarkers and clinical characteristics-based diagnostic and therapeutic identification of major depressive disorder: study protocol for a multicenter randomized controlled trial in China[J]. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 2020, 16: 2343-2351. DOI: 10.2147/NDT.S271842.
- [10] Arnow BA, Blasey C, Williams LM, et al. Depression subtypes in predicting antidepressant response: a report from the iSPOT-D Trial[J]. *Am J Psychiatry*, 2015, 172(8): 743-750. DOI: 10.1176/appi.ajp.2015.14020181.
- [11] Mancuso L, Cavuoti-Cabanillas S, Liloia D, et al. Tasks activating the default mode network map multiple functional systems[J]. *Brain Struct Funct*, 2022, 227(5): 1711-1734. DOI: 10.1007/s00429-022-02467-0.
- [12] Zhang M, Bernhardt BC, Wang X, et al. Perceptual coupling and decoupling of the default mode network during mind-wandering and reading[J]. *Elife*, 2022, 11: e74011. DOI: 10.7554/eLife.74011.
- [13] Chen C, Liu Z, Zuo J, et al. Decreased cortical folding of the fusiform gyrus and its hypoconnectivity with sensorimotor areas in major depressive disorder[J]. *J Affect Disord*, 2021, 295: 657-664. DOI: 10.1016/j.jad.2021.08.148.
- [14] Luo Z, Zeng LL, Qin J, et al. Functional parcellation of human brain precuneus using density-based clustering[J]. *Cereb Cortex*, 2020, 30(1): 269-282. DOI: 10.1093/cercor/bhz086.
- [15] Schott BH, Wüstenberg T, Lücke E, et al. Gradual acquisition of visuospatial associative memory representations via the dorsal precuneus [J]. *Hum Brain Mapp*, 2019, 40(5): 1554-1570. DOI: 10.1002/hbm.24467.
- [16] Lai CH. Fronto-limbic neuroimaging biomarkers for diagnosis and prediction of treatment responses in major depressive disorder[J]. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2021, 107: 110234. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2020.110234.
- [17] Yan M, Cui X, Liu F, et al. Abnormal default-mode network homogeneity in melancholic and nonmelancholic major depressive disorder at rest[J]. *Neural Plast*, 2021, 2021: 6653309. DOI: 10.1155/2021/6653309.
- [18] Yan M, He Y, Cui X, et al. Disrupted regional homogeneity in melancholic and non-melancholic major depressive disorder at rest[J]. *Front Psychiatry*, 2021, 12: 618805. DOI: 10.3389/fpsy.2021.618805.
- [19] Shan X, Cui X, Liu F, et al. Shared and distinct homotopic connectivity changes in melancholic and non-melancholic depression[J]. *J Affect Disord*, 2021, 287: 268-275. DOI: 10.1016/j.jad.2021.03.038.
- [20] Zhang B, Qi S, Liu S, et al. Altered spontaneous neural activity in the precuneus, middle and superior frontal gyri, and hippocampus in college students with subclinical depression[J]. *BMC Psychiatry*, 2021, 21(1): 280. DOI: 10.1186/s12888-021-03292-1.
- [21] Yoo AH, Bolaños A, Hallenbeck GE, et al. Behavioral prioritization enhances working memory precision and neural population gain[J]. *J Cogn Neurosci*, 2022, 34(2): 365-379. DOI: 10.1162/jocn_a_01804.
- [22] Kunitatsu J, Maeda K, Hikosaka O. The caudal part of putamen represents the historical object value information[J]. *J Neurosci*, 2019, 39(9): 1709-1719. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2534-18.2018.
- [23] Jenni NL, Rutledge G, Floresco SB. Distinct medial orbitofrontal-striatal circuits support dissociable component processes of risk/reward decision-making[J]. *J Neurosci*, 2022, 42(13): 2743-2755. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2097-21.2022.
- [24] Lu Y, Liang H, Han D, et al. The volumetric and shape changes of the putamen and thalamus in first episode, untreated major depressive disorder[J]. *Neuroimage Clin*, 2016, 11: 658-666. DOI: 10.1016/j.nicl.2016.04.008.

(收稿日期: 2022-02-23)

(本文编辑: 赵金鑫)