

论 著

抑郁症患者肝-脑功能区rfMRI影像学特征及其相关性*

陈 建¹ 单秀红^{2,*} 黄海霞¹
丁楷模³ 赵 蓓⁴

1.镇江市第五人民医院放射科

(江苏 镇江 212004)

2.江苏大学附属人民医院放射科

(江苏 镇江 212002)

3.镇江市第五人民医院普通精神科

(江苏 镇江 212004)

4.镇江市第五人民医院临床心理科

(江苏 镇江 212004)

【摘要】目的 探讨抑郁症患者肝-脑功能区静息态功能磁共振成像(rfMRI)影像学特征及其相关性。**方法** 将2022年11月-2023年7月医院精神科门诊确诊的40例抑郁症发作期患者依据病情严重程度分为轻中度组、重度组,采用rfMRI记录脑区影像学信息,比较轻中度组、重度组肝-脑功能区域的影像学特征。同期选取医院进行体检的20名健康志愿者作为对照,比较健康志愿者、抑郁症患者肝-脑功能区域的影像学特征, Pearson相关性分析法评估肝-脑功能区区域异常影像学特征值与抑郁症的相关性。**结果** 轻中度组左侧枕中回ReHo值较重度组降低,双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值较重度组升高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。健康志愿者左侧枕中回ReHo值较抑郁症患者降低,双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值较抑郁症患者升高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。Pearson相关性分析结果显示,肝-脑功能区区域中左侧枕中回ReHo值与HAMD-24评分呈正相关($r=0.506$, $P<0.05$),右侧楔前叶、左侧楔前叶、右侧中扣带回、左侧中扣带回、右侧杏仁核、左侧杏仁核ReHo值与HAMD-24评分呈负相关($r=-0.446$, -0.452 , -0.462 , -0.481 , -0.520 , -0.531 , $P<0.05$)。**结论** 抑郁症患者肝-脑功能异常改变的区域分布于楔前叶、枕中回、中扣带回、杏仁核,且随着抑郁症患者病情进展,枕中回ReHo值逐渐升高,楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值逐渐降低,枕中回、楔前叶、中扣带回、杏仁核区域异常与抑郁症病情具有一定相关性。**【关键词】** 抑郁症; 肝-脑功能区;
静息态功能磁共振成像; 相关性**【中图分类号】** R749.4**【文献标识码】** A**【基金项目】** 基于rfMRI的抑郁症肝-脑功能区区域影像学特征研究(SH2022099)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.010

Imaging Characteristics of Liver-brain Functional Area rfMRI and Its Correlation in Patients with Depression*

CHEN Jian¹, SHAN Xiu-hong^{2,*}, HUANG Hai-xia¹, DING Kai-mo³, ZHAO Bei⁴.

1.Department of Radiology, Zhenjiang Fifth People's Hospital, Zhenjiang 212004, Jiangsu Province, China

2.Department of Radiology, Affiliated People's Hospital of Jiangsu University, Zhenjiang 212002, Jiangsu Province, China

3.Department of General Psychiatry, Zhenjiang Fifth People's Hospital, Zhenjiang 212004, Jiangsu Province, China

4.Department of Clinical Psychology, Zhenjiang Fifth People's Hospital, Zhenjiang 212004, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the imaging features of liver-brain functional area by resting state functional magnetic resonance imaging (rfMRI) and its correlation in patients with depression. **Methods** From November 2022 to July 2023, 40 patients with depression diagnosed in the psychiatric outpatient department of the hospital were divided into mild to moderate group and severe group according to the severity of the disease, rfMRI was used to record the imaging information of the brain region, and the imaging characteristics of the liver-brain function region of the mild to moderate group and the severe group were compared. During the same period, 20 healthy volunteers who underwent physical examination in hospitals were selected as controls to compare the imaging characteristics of liver-brain functional regions between healthy volunteers and depressed patients, Pearson correlation analysis evaluated the correlation between abnormal imaging characteristics of liver-brain functional regions and depression. **Results** The ReHo value of left middle occipital gyrus in mild-moderate group was lower than that in severe group, and the ReHo value of bilateral anterior cuneus, middle cingulate gyrus and amygdala was higher than that in severe group, with statistical significance ($P<0.05$). The ReHo value of left middle occipital gyrus in healthy volunteers was lower than that of depressed patients, and the ReHo value of bilateral anterior cuneus, middle cingulate gyrus and amygdala was higher than that of depressed patients, with statistical significance ($P<0.05$). The results of Pearson correlation analysis showed that the ReHo value of the left medial occipital gyrus in the hepato-brain functional region was positively correlated with HAMD-24 scores ($r=0.506$, $P<0.05$). The ReHo values of the right anterior cuneus, left anterior cuneus, right middle cingulate gyrus, left middle cingulate gyrus, right amygdala, and left amygdala were negatively correlated with HAMD-24 scores ($r=-0.446$, -0.452 , -0.462 , -0.481 , -0.520 , -0.531 , $P<0.05$). **Conclusion** The abnormal changes of liver-brain function in depressed patients were distributed in the anterior cuneus, middle occipital gyrus, middle cingulate gyrus and amygdala, and with the progression of depression, the ReHo value of the middle occipital gyrus gradually increased, and the ReHo value of the anterior cuneus, middle cingulate gyrus and amygdala gradually decreased, the abnormalities of the middle occipital gyrus, anterior cuneus, middle cingulate gyrus and amygdala have correlation in patients with depression.**Keywords:** Depression; Liver-brain Functional Area; Resting State Functional Magnetic Resonance Imaging; Correlation

抑郁症是以持续性情绪低落为显著临床症状的精神疾病,近年来随着社会生活压力普遍增加,该病患病率、复发率呈逐年上升趋势,世界卫生组织研究表明抑郁症将在2030年成为社会重大经济负担疾病中的首位^[1-2]。早期精准诊断及及时干预,对治疗抑郁症、防范复发、减少死亡的发生具有重大临床和现实社会意义。目前抑郁症主要以症状学为诊断标准,量表评估、躯体及神经系统检查等作为辅助方式,缺乏有效的客观诊断指标,相关数据表明我国重度抑郁症误诊率达65.9%^[3-4]。学者们长期致力于寻找可用于诊断抑郁症的客观标志物,从结构磁共振成像发现抑郁症患者大脑灰质受损开始,对抑郁症患者大脑影像学特征的认知不断拓展,综合分析现有研究成果发现,既往研究靶点主要定位于与情感加工相关的“前额叶-边缘系统”神经回路,区域相对局限^[5-6]。大脑与人体结构功能相互映射,“脑肠轴”调控机制认识由来已久,微生物衍生中间体在从肠道微生物到中枢神经系统的信号传递中发挥重要作用,具有代表性的中间体有短链脂肪酸(SCFAs)、二级胆汁酸(2BAs),而近年来研究发现SCFAs、2BAs和免疫球蛋白A可通过微生物-肠-肝轴发挥代谢控制作用,由此推测肝脏功能与肠道微生物及神经系统存在直接或间接相互影响^[7-8]。本研究旨在探讨抑郁症患者肝-脑功能区静息态功能磁共振成像(rfMRI)影像学特征及其相关性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年11月至2023年7月医院精神科门诊确诊的40例抑郁症发作期患者为研究对象,依据病情严重程度分为轻中度组、重度组,其中轻中度组(24例):男11例、女13例,年龄20~49岁、平均年龄(29.64 ± 6.32)岁;重度组(16例):男7例、女**【第一作者】** 陈 建,男,副主任医师,主要研究方向:抑郁症的影像学研究。E-mail: chenjian2028@163.com**【通讯作者】** 单秀红,女,主任医师,主要研究方向:影像学研究。E-mail: 13913433095@163.com

9例，年龄18~55岁、平均年龄(30.12±5.85)岁。纳入同期于医院进行体检的20名健康志愿者作为对照，男9例、女11例，年龄20~52岁、平均年龄(29.88±6.90)岁。各组性别、年龄等一般资料差异无统计学意义($P>0.05$)，具有可比性。

纳入标准：年龄18~55周岁；抑郁症符合《抑郁症基层诊疗指南(2021年)》^[9]中抑郁发作的诊断标准；健康志愿者24项汉密尔顿抑郁量表^[10](HAMD-24)≤8分；受试者同意参加本研究并签署知情同意书。排除标准：合并其他精神疾病或既往有其他精神疾病患者，如精神分裂症、双相情感障碍等；合并或既往有脑器质性疾病、严重脑外伤病史；肝功能(如谷丙转氨酶等)指标达到正常指标3倍及以上的患者；有酒精、可卡因或药物滥用史；磁共振扫描禁忌者。

1.2 抑郁症病情严重程度评估标准 依据HAMD-24^[10]评估，HAMD-24从焦虑/躯体化、体重、认知障碍、日夜变化、迟缓、睡眠障碍、绝望感7个维度评估，共24个条目，分值0~74分，其中20~34分的定义为轻中度抑郁、≥35分的定义为重度抑郁。

1.3 方法

1.3.1 rfMRI检查 (1)采用飞利浦Ingenia 3.0 T MRI扫描仪，32通道头线圈。受试者采取仰卧位，戴隔音耳塞，头部和线圈之间垫海绵垫，扫描过程中嘱受试者保持闭目，同时保持觉醒状态。首先采集T₁WI、T₂WI和液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)序列排除受试者脑内器质性病变，而后采用高分辨率三维T1矢状面快速采集梯度回波(magnetically prepared rapid acquisition gradient echo, 3D MPRAGE)序列，扫描参数：重复时间(repetition time, TR)6.6 ms，回波时间(echo time, TE)3.0 ms，反转时间900 ms，反转角8°，视野240 mm×240 mm，矩阵240×240，层厚1 mm，间隔0，层数170层，单次激发，体素1 mm×1 mm×1 mm。rfMRI序列采用平面回波序列采集血氧水平依赖信号，扫描参数：TR 3525 ms，

TE 35 ms，反转角8°，矩阵80×80，视野240 mm×240 mm，层厚3 mm，间隔0，每个时间点采集60幅轴面图像，共采集200个时间点，扫描时间11 min 49 sec。(2)目标区域：肝-脑功能区，基于第三版自动解剖标记图集^[11]并参考既往研究，肝-脑功能区选取：额上回、嗅皮层、中扣带回、海马旁回、杏仁核、枕中回、顶叶下回、缘上回、角回、楔前叶、尾状核、颞中回。(3)采用脑成像数据处理与分析工具箱进行处理，包括数据格式转换、删除前10个时间点、矫正时间层、头动校正(头动范围平动≤2 mm，旋转度≤2)、空间标准化、空间平滑(平滑核4 mm×4 mm×4 mm)、去线性偏移及协变量(头动参数、脑白质信号、脑脊液等)、低通滤波(0.01 Hz~0.10 Hz)，获得低频振幅信号后测评全脑每个个体素区域同质性(ReHo)值，将受试者每个个体素ReHo值除以全脑平均ReHo值，得到标准化ReHo图，再采用SPM2软件作6 mm高斯核平滑用于后续分析。

1.4 统计学方法 采用脑成像数据处理与分析工具箱、SPSS Statistics 24.0统计软件进行数据分析，检验水准为 $\alpha=0.05$ 。符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，两两样本比较采用LSD-t检验；计数资料均以例(%)表述，比较采用 χ^2 检验；Pearson相关性分析法评估肝-脑功能区异常影像学特征值与抑郁症的相关性。

2 结果

2.1 轻中度组、重度组肝-脑功能区影像学特征比较 轻中度组左侧枕中回 ReHo值较重度组降低，双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值较重度组升高，差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表1。

2.2 健康志愿者、抑郁症患者肝-脑功能区影像学特征比较 健康志愿者左侧枕中回ReHo值较抑郁症患者降低，双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值较抑郁症患者升高，差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表2、图1。

表1 轻中度组、重度组差异肝-脑功能区ReHo比较

差异脑区	最大差异点MNI坐标(mm)			连续体素值	ReHo值		t/P值
	X	Y	Z		轻中度组(n=24)	重度组(n=16)	
右侧楔前叶	-24	10	32	52	1.45±0.05	1.25±0.17	4.559/0.000
左侧楔前叶	-20	27	-20	67	0.85±0.11	0.70±0.10	4.466/0.000
左侧枕中回	-36	-24	-40	46	0.79±0.18	1.12±0.06	7.050/0.000
右侧中扣带回	25	31	-11	39	1.09±0.05	0.79±0.16	8.623/0.000
左侧中扣带回	-35	29	-12	28	0.94±0.10	0.64±0.15	7.606/0.000
右侧杏仁核	4	55	-10	46	0.92±0.11	0.62±0.10	8.755/0.000
左侧杏仁核	9	-29	7	36	0.87±0.09	0.57±0.12	9.034/0.000

表2 健康志愿者、抑郁症患者差异肝-脑功能区ReHo比较

差异脑区	最大差异点MNI坐标(mm)			连续体素值	ReHo值		t/P值
	X	Y	Z		健康志愿者(n=20)	抑郁症患者(n=40)	
右侧楔前叶	-3	30	-20	50	1.33±0.20	0.72±0.10	12.823/0.000
左侧楔前叶	-7	-50	17	32	0.76±0.14	0.60±0.05	4.938/0.000
左侧枕中回	-50	-67	-10	50	0.77±0.09	0.92±0.12	4.931/0.000
右侧中扣带回	6	12	42	144	1.20±0.15	0.97±0.10	7.074/0.000
左侧中扣带回	-8	13	37	127	1.10±0.12	0.82±0.09	10.141/0.000
右侧杏仁核	20	0	-17	45	0.99±0.13	0.80±0.10	6.266/0.000
左侧杏仁核	-25	2	-20	56	0.92±0.17	0.75±0.13	4.301/0.000

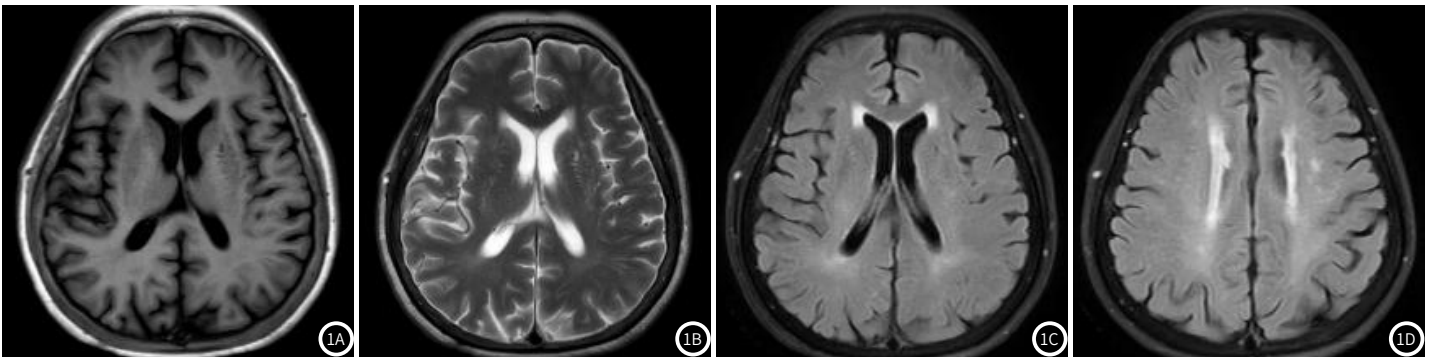


图1A-图1D 典型病例(女性, 65岁, 门诊患者, 病史: 情绪低落半年, 消极一天; 临床诊断为: 抑郁症发作)

图1A MR T₁WI见左侧基底节区斑片状低信号影, 两侧侧脑室旁片状稍低信号影, 脑沟及脑池增宽加深;

图1B T₂WI见左侧基底节区斑片状高信号影, 两侧侧脑室旁片状稍高信号影, 脑沟及脑池增宽加深;

图1C T₂-FLAIR见左侧基底节区斑片低信号伴环状高信号影, 两侧侧脑室旁片状高信号影, 脑沟及脑池增宽加深;

图1D T₂-FLAIR见两侧放射冠区多发斑片高信号影, 脑沟增宽加深。

2.3 肝-脑功能区域异常影像学特征与抑郁症的相关性

Pearson相关性分析结果显示, 肝-脑功能区域中左侧枕中回ReHo值与HAMD-24评分呈正相关($r=0.506$, $P<0.05$), 右侧楔前叶、左侧楔前叶、右侧中扣带回、左侧中扣带回、右侧杏仁核、左侧杏仁核ReHo值与HAMD-24评分呈负相关($r=-0.446$ 、 -0.452 、 -0.462 、 -0.481 、 -0.520 、 -0.531 , $P<0.05$)。见表3。

表3 肝-脑功能区域异常影像学特征与HAMD-24评分的相关性

肝-脑功能区域ReHo值	HAMD-24评分
右侧楔前叶	$r=-0.446$, $P<0.05$
左侧楔前叶	$r=-0.452$, $P<0.05$
左侧枕中回	$r=0.506$, $P<0.05$
右侧中扣带回	$r=-0.462$, $P<0.05$
左侧中扣带回	$r=-0.481$, $P<0.05$
右侧杏仁核	$r=-0.520$, $P<0.05$
左侧杏仁核	$r=-0.531$, $P<0.05$

3 讨论

抑郁症是以一种明显而持久的情绪低沉、自我评价降低、思维缓慢等为主要表现的心理疾病, 具有“发病率、复发率、致残率、自杀率均较高”的特点, 但目前其病理机制尚未完全明确^[12]。静息态功能磁共振成像(rfMRI)作为磁共振成像的延伸, 不仅可提供解剖信息、使大脑生理功能可视化而反馈血流动力学和神经活动的关系, 还能无创性研究脑部基线状态和自发神经元活动, 避免不同刺激神经活动带来的异质性, 在脑部疾病、中枢神经系统疾病等领域研究中较为常用^[13-14]。近年来有研究^[15]通过rfMRI技术发现重度抑郁患者静息态下脑默认网络功能连接强度与正常人群存在差异, 且多集中于肝性脑病相关问题。本研究旨在探讨抑郁患者肝-脑功能区rfMRI影像学特征及其相关性。

本研究通过比较健康志愿者、抑郁患者之间rfMRI影像学特征发现, 健康志愿者左侧枕中回ReHo值较抑郁患者降低, 双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值较抑郁患者升高, 提示抑郁发生可能与上述肝-脑功能区域有关。楔前叶位于顶叶内侧, 参与机体与情绪相关信息的加工, 在自我意识保持、情景记忆、视空间意象中起重要作用; 扣带回是注意网络重要组成部分之一, 参与机体局部神经活动、执行注意、视觉记忆、运动等生理过程; 杏仁核位于大脑边缘, 构成边缘系统, 是产生、识别核调节情绪、控制学习记忆的脑部组织, 在个体情绪、记忆中发挥重要作用; 枕中回主要参与个体情绪加工过程, 与情感、认知

功能及边缘网络脑区存在密切关联^[16-18]。上述区域出现功能上的改变时, 可导致机体情绪加工、反应等过程中出现异常, 继而出现认知偏差、决策功能损伤、冲动控制障碍、过度关注负面情绪等问题, 这可能是抑郁患者出现双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值降低, 枕中回ReHo值升高的主要原因。

在此基础上, 进一步比较轻中度组、重度组之间上述rfMRI影像学特征, 结果显示, 轻中度组左侧枕中回ReHo值较重度组降低, 且左侧枕中回ReHo值与HAMD-24评分呈正相关($r=0.506$, $P<0.05$), 由此可推测个体左侧枕中回ReHo值越高, 发生抑郁的可能性越大。Soto-Vega等研究^[19]认为, 枕中回区域神经元同步性活动与个体听觉、感觉及情绪处理网络存在连接, 其映射值异常一定程度上抑制脑部海马、尾状核的激活, 继而影响局部脑功能, 使个体情绪控制异常, 诱发抑郁症。本研究结果亦显示轻中度组双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值较重度组升高, 且上述区域ReHo值与HAMD-24评分呈负相关($r=-0.446$ 、 -0.452 、 -0.462 、 -0.481 、 -0.520 、 -0.531 , $P<0.05$), 即个体双侧楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值越低, 抑郁发生风险越高。上述观点提示肝-脑功能区域中楔前叶、枕中回、中扣带回、杏仁核异常改变参与了抑郁发生、进展, 后续可进一步探讨rfMRI影像学特征在焦虑症、双相情感障碍等其他心理疾病中的应用价值。本研究尚存在不足之处, 如选取样本量有限、为单中心研究, 临床可扩大样本量、开展多中心试验进一步提高本研究相关结论论证强度。

综上所述, 抑郁患者肝-脑功能异常改变的区域分布于楔前叶、枕中回、中扣带回、杏仁核, 且随着抑郁患者病情进展, 枕中回ReHo值逐渐升高, 楔前叶、中扣带回、杏仁核ReHo值逐渐降低, 枕中回、楔前叶、中扣带回、杏仁核区域异常与抑郁病情具有一定的相关性。

参考文献

- [1]Pearce M,Garcia L,Abbas A,et al.Association between physical activity and risk of depression:a systematic review and meta-analysis[J].JAMA Psychiatry, 2022, 79 (6): 550-559.
- [2]Shorey S,Ng ED,Wong CHJ.Global prevalence of depression and elevated depressive symptoms among adolescents:a systematic review and meta-analysis[J].Br J Clin Psychol, 2022, 61 (2): 287-305.
- [3]Croarkin PE,Elmaadawi AZ,Aaronson ST,et al.Left prefrontal transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant depression in adolescents:a double-blind, randomized, sham-controlled trial[J].Neuropsychopharmacology, 2021, 46 (2): 462-469.
- [4]成萌,陈书燕,赵威威,等.自动思维在抑郁患者自我怜悯和心理痛苦间的中介作用[J].中华护理杂志, 2022, 57 (18): 2192-2197.
- [5]MacIver CL,Tax CMW,Jones DK,et al.Structural magnetic resonance imaging in dystonia:a systematic review of methodological approaches and findings[J].Eur J Neurol, 2022, 29 (11): 3418-3448.
- [6]Siegel-Ramsay JE,Bertocci MA,Wu B,et al.Distinguishing between depression

in bipolar disorder and unipolar depression using magnetic resonance imaging: a systematic review[J]. Bipolar Disord, 2022, 24 (5): 474-498.

[7] Pan HT, Xi ZQ, Wei XQ, et al. A network pharmacology approach to predict potential targets and mechanisms of "ramulus cinnamomi (cassiae) - paeonia lactiflora" herb pair in the treatment of chronic pain with comorbid anxiety and depression[J]. Ann Med, 2022, 54 (1): 413-425.

[8] Suda K, Matsuda K. How microbes affect depression: underlying mechanisms via the gut-brain axis and the modulating role of probiotics[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23 (3): 1172.

[9] 中华医学会, 中华医学杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 抑郁症基层诊疗指南 (2021年) [J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20 (12): 1249-1260.

[10] 周平, 刘联琦, 张斌, 等. 卡尔加里精神分裂症抑郁量表 (中文版) 信效度初步分析 [J]. 中国心理卫生杂志, 2009, 23 (9): 638-642.

[11] Yan CG, Wang XD, Zuo XN, et al. DPABI: data processing & analysis for (resting-state) brain imaging[J]. Neuroinformatics, 2016, 14 (3): 339-51.

[12] Dudek KA, Dion-Albert L, Kaufmann FN, et al. Neurobiology of resilience in depression: immune and vascular insights from human and animal studies[J]. Eur J Neurosci, 2021, 53 (1): 183-221.

[13] Ergül C, Yildiz ÇU, Kurt E, et al. Evaluation of resting-state functional magnetic resonance imaging findings of patients with social anxiety disorder[J]. Turk Psikiyatri Derg, 2022, 33 (2): 73-81.

[14] SjulS GS, Specht K. Variability in resting-state functional magnetic resonance imaging: the effect of body mass, blood pressure, hematocrit, and glycated hemoglobin on hemodynamic and neuronal parameters[J]. Brain Connect, 2022, 12 (10): 870-882.

[15] Waugh RE, Parker JA, Hallett M, et al. Classification of functional movement disorders with resting-state functional magnetic resonance imaging[J]. Brain Connect, 2023, 13 (1): 4-14.

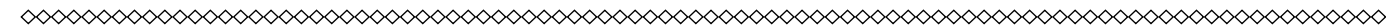
[16] 潘梦洁, 陈峰, 林明方, 等. 基于局部一致性的重度抑郁症患者脑静息态功能磁共振成像研究 [J]. 海南医学, 2016, 27 (3): 363-367.

[17] Li Y, Li K, Feng R, et al. Mechanisms of repetitive transcranial magnetic stimulation on post-stroke depression: a resting-state functional magnetic resonance imaging study[J]. Brain Topogr, 2022, 35 (3): 363-374.

[18] Limei C, Jifei S, Chunlei G, et al. Preliminary single-arm study of brain effects during transcutaneous auricular vagus nerve stimulation treatment of recurrent depression by resting-state functional magnetic resonance imaging[J]. J Tradit Chin Med, 2022, 42 (5): 818-824.

[19] Soto-Vega JG, Valencia JG, Vargas C, et al. Resting-state functional nuclear magnetic resonance imaging in patients with bipolar disorder: beyond euthymia[J]. Rev Colomb Psiquiatr (Engl Ed), 2022, 51 (2): 153-157.

(收稿日期: 2023-04-25)
(校对编辑: 翁佳鸿)



(上接第20页)

[9] 中国医师协会神经内科医师分会脑血管病学组. 急性脑梗死缺血半暗带临床评估和治疗中国专家共识 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2021, 47 (6): 324-335.

[10] 徐胜男, 马贺骥. 磁共振多模态成像在超急性期大面积脑梗死诊断中的价值研究 [J]. 陕西医学杂志, 2021, 50 (8): 995-998.

[11] 辛奕, 周胜利, 顾艳, 等. CTP及ASL技术在脑梗死患者缺血半暗带评估中的应用价值 [J]. 医学影像学杂志, 2021, 31 (8): 1274-1277.

[12] 梁凤俊, 杜菊梅, 申艳方, 等. MRI扫描ADC值及PWI对评估脑梗死患者脑组织缺血程度可行性研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (7): 12-14.

[13] 许超, 冯天保. 不同时期脑梗死DWI、PWI成像特征及其缺血半暗带的鉴别诊断价值研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (8): 11-14.

[14] 杨迪, 周加华, 白万胜. CTP与DWI检查在急性脑梗死缺血半暗带中的应用价值 [J]. 医学临床研究, 2021, 38 (12): 1846-1849.

[15] 王娟, 朱止平, 李振玉, 等. 磁共振PWI联合DWI在老年急性期脑梗死中的应用价值 [J]. 实用老年医学, 2022, 36 (1): 37-40.

[16] 王斌, 杨蔓, 珍妮, 等. 磁共振DWI及灌注加权成像对不同时期脑梗死临床诊断的应用价值研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (1): 21-23.

[17] 赵文, 钱伟军. DWI联合DTI技术对早期脑梗死缺血半暗带的评估价值 [J]. 现代临床医学, 2022, 48 (1): 23-24, 29.

[18] 刘海静, 尹继磊, 王丽坤. 3D-ASL联合弥散加权成像、血管成像可准确评估急性缺血性脑梗死患者的缺血半暗带区域 [J]. 分子影像学杂志, 2022, 45 (6): 880-884.

[19] 方雷, 孙慧芹, 李洪凤. DWI联合FLAIR-HVS对ACI缺血半暗带存活性及神经功能缺损程度的研究 [J]. 影像科学与光化学, 2022, 40 (6): 1607-1611.

[20] 蔡振宇, 肖俊强, 利进琴, 等. 3D-ASL灌注联合MRA、DWI加权成像评价急性脑梗死缺血半暗带的临床价值研究 [J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6 (4): 145-147.

(收稿日期: 2023-05-27)
(校对编辑: 翁佳鸿)