

基于核磁共振成像技术的甲状腺功能减退伴焦虑患者的脑功能区研究

李艳捧 杜晓猛 郎晓燕 张斌 刘迪 陈静 李晓东 李娇娇

【摘要】 目的 探讨甲状腺功能减退伴焦虑患者脑功能区核磁共振成像(Magnetic resonance imaging, MRI)表现。**方法** 选取本院 2018 年 5 月-2019 年 8 月收治的甲状腺功能减退伴焦虑患者 30 例为观察组,并选取同期体检健康者 30 例为对照组;收集 2 组研究对象的一般资料,并对脑功能区进行功能磁共振成像(Functional magnetic resonance imaging, fMRI)扫描,采用局部一致性(Regional homogeneity, ReHo)值找出基础状态下自发异常脑功能活动区,Speaeman 分析异常脑功能区与甲状腺激素水平、神经精神症状的相关性。**结果** fMRI 扫描显示甲状腺功能减退患者右海马旁回、左侧颞下回、左右前扣带回脑功能区的 ReHo 值明显高于对照组(0.81 ± 0.02 vs. 0.78 ± 0.04 , 0.73 ± 0.07 vs. 0.69 ± 0.05 , 0.89 ± 0.12 vs. 0.84 ± 0.09 , 0.87 ± 0.11 vs. 0.83 ± 0.07) ($P < 0.05$),左侧内额上回 ReHo 值明显低于对照组(0.77 ± 0.13 vs. 0.72 ± 0.11) ($P < 0.05$);不同焦虑程度的右海马旁回、左侧颞下回、左前扣带回、右前扣带回、左侧内额上回 5 个异常脑功能区 ReHo 值相近($P > 0.05$);左、右前扣带回 ReHo 值与游离甲状腺素(Free thyroxine, FT4)水平显著相关($r = -0.398$, $P = 0.023$; $r = -0.424$, $P = 0.031$);左、右前扣带回 ReHo 值与焦虑等级显著相关($r = 0.425$, $P = 0.533$; $r = 0.027$, $P = 0.017$)。**结论** 海马旁回、颞下回、前扣带回、内侧额上回 4 个脑功能区可能参与甲状腺功能减退患者引发焦虑症状的脑部生理机制,甲状腺功能减退患者焦虑症状的脑神经反常活动与前扣带回自发异常活动密切相关,可为甲状腺功能减退伴焦虑患者的临床诊疗提供新思路。

【关键词】 甲状腺功能减退 焦虑 脑功能区 核磁共振成像

【中图分类号】 R747.9 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1007-0478(2021)02-0197-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1007-0478.2021.02.014

MRI-based study of brain functional areas in patients with hypothyroidism and anxiety Li Yanpeng*, Du Xiaomeng, Lang Xiaoyan*, et al. *Department of Medical Imaging, the First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou Hebei 075000

【Abstract】 Objective To explore the magnetic resonance imaging (MRI) manifestations of brain functional areas in patients with hypothyroidism and anxiety. **Methods** Between May 2018 and August 2019, we enrolled 30 patients with hypothyroidism and anxiety and 30 healthy subjects. The demographic data of the two groups were collected. Brain functional MRI (fMRI) was performed. The spontaneous abnormal brain function areas under the basic state were identified by regional homogeneity (ReHo) value. The correlation between abnormal brain function areas and neuropsychiatric symptoms and thyroid hormone was analyzed by Spearman's correlation coefficient. **Results** fMRI scanning showed that the ReHo values of the functional areas of the right hippocampus, left temporal inferior gyrus, and left and right anterior cingulate gyrus were higher than those in the control group (0.81 ± 0.02 vs. 0.78 ± 0.04 , 0.73 ± 0.07 vs. 0.69 ± 0.05 , 0.89 ± 0.12 vs. 0.84 ± 0.09 , 0.87 ± 0.11 vs. 0.83 ± 0.07 , respectively) ($P < 0.05$). ReHo value in the left lateral frontal superior gyrus is significantly lower than that of normal subjects (0.77 ± 0.13 vs. 0.72 ± 0.11) ($P < 0.05$). The ReHo values of the five brain functional areas including the right parahippocampal gyrus, left inferior temporal gyrus, left anterior cingulate gyrus, right anterior cingulate gyrus, and left medial superior frontal gyrus were similar in patients with different degrees of anxiety ($P > 0.05$). The ReHo values in the left and right anterior cingulate gyrus were correlated with free thyroxine (FT4) ($r = -0.398$, $P = 0.023$; $r = -0.424$, $P =$

基金项目:河北省医学科学研究重点课题计划项目(20180837)

作者单位:075000 张家口,河北北方学院附属第一医院医学影像科(李艳捧 郎晓燕 张斌 刘迪 陈静 李晓东 李娇娇),放疗科(杜晓猛)

0.031)。The ReHo values in the left and right anterior cingulate gyrus were correlated with anxiety level ($r = 0.425$, $P = 0.533$; $r = 0.027$, $P = 0.017$)。 **Conclusion** Parahippocampal gyrus, inferior temporal gyrus, anterior cingulate gyrus, and medial superior frontal gyrus may participate in the pathogenesis of anxiety in patients with hypothyroidism. The abnormal activities of the brain in patients with hypothyroidism are closely related to the spontaneous abnormal activities of the anterior cingulate cortex. Our results provide new evidence for clinical diagnosis and treatment of patients with hypothyroidism and anxiety.

【Key words】 Hypothyroidism Anxiety disorder Brain functional area MRI

甲状腺功能减退症也称甲减,是临床常见内分泌系统疾病^[1],其发病机制为甲状腺腺体病变引起甲状腺激素(Thyroid hormone, TH)的分泌和合成不足、机体敏感性不足或生物效应不足,从而导致甲状腺功能减退。有研究显示,甲减患者可出现心血管系统、骨骼肌系统、消化系统等全身多个系统受累症状,尤其以神经精神方面影响最为严重^[2-3]。既往研究结果显示,在甲状腺功能减退症发作早期或中期出现焦虑或抑郁症状的患者高达40%~50%,成为甲状腺功能减退症的常见神经精神障碍伴随症状^[4-6]。目前,临床对甲状腺功能减退如何导致神经精神障碍仅提出了假说,其确切病理机制尚未有定论,但随着影像学技术的出现,针对甲状腺功能减退患者认知网络功能以及情感记忆功能的功能磁共振成像(fMRI)得到了初步应用^[7]。基于此,本研究旨在探讨甲减伴焦虑患者脑功能区的MRI表现,以期为临床诊治和观察疗效提供影像学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

研究对象选取2018年5月-2019年8月本院收治的原发性甲减伴焦虑患者30例,其中男16例,女14例;年龄18~60岁,平均年龄(42.84 ± 7.63)岁;中学及以下4例,大专及本科19例,研究生及以上7例。纳入标准^[8-10]:①符合甲减相关诊断标准为血清促甲状腺激素(Thyroid stimulating hormone, TSH)水平升高(正常范围95%可信区间为0.4~2.5 mIU/L),血清游离三碘甲腺原氨酸(Free triiodothyronine, FT3)水平降低(正常范围95%可信区间为4~10 pmol/L),血清游离甲状腺素(Free thyroxine, FT4)水平降低(正常范围95%可信区间为9~250 pmol/L);②年龄18~60岁,初诊且未行治疗;③甲状腺摄碘率呈扁平曲线;④非妊娠期或哺乳期妇女;⑤右利手患者;⑥本研究经医学伦理委员会批准。排除标准:①有脑血管病、神经系统疾病

者;②排除继发性甲状腺功能亢进、散在性无痛性甲状腺炎者;③血糖控制不良者;④患有幽闭综合征、精神疾病或依从性差者。选取同期性别、年龄、教育程度相匹配的体检健康者(甲状腺功能正常)30例为对照组,其中男15例,女15例;年龄18~60岁,平均年龄(43.02 ± 6.94)岁;中学及以下3例,大专及本科21例,研究生及以上6例。

1.2 观察指标

收集患者一般资料,采集2组空腹静脉血5 mL,静置20 min后离心取上清液备用,采用免疫比浊法进行FT3, FT4, TSH水平检测。磁共振采用Philips Ingenia 3.0T MRI扫描仪,配合使用32通道相控阵头线圈完成静息态功能磁共振(Resting-state fMRI, rfMRI)扫描,具体操作:叮嘱受试者取仰卧位平躺,闭眼、均匀呼吸、尽量避免思维活动及睡眠,保持身心处于放松状态;关闭检查室及磁体腔内的灯光,进行488 s血氧水平依赖(Blood oxygen level dependent, BOLD)的rfMRI信号采集;功能像采集运用平面回波序列,扫描参数为重复时间=2000 ms,回波时间=30 ms,视野=192 mm×192 mm,层厚=3.0 mm,层数=36,矩阵=64×64,卷数=240,体积=3.0 mm×3.0 mm×3.0 mm,层间隔=1 mm,翻转角=90°。

rfMRI的BOLD信号数据采集和分析:运用DPARSF软件进行BOLD信号数据的收集和处理。具体操作过程:①为保证磁场均匀性,去除前5个时间点图像;②转换DICOM图像为NIFTI格式, MNI模板匹配时间空间功能像,经重新采样体素至3 mm×3 mm×3 mm;③去线性漂移,提取到低频信号(0.01~0.08 Hz)范围的图像信息,完成图像预处理;④对所获取的静息态图像数据使用局部一致性(ReHo)法进行分析,以肯德尔相关系数(Kendall correlation coefficient, Kcc)值测评ReHo值,衡量功能区内不同体素时间序列间的相似程度,从而发现显著性差异脑功能区的存在,并使用MNI坐标显示其解剖位置。

1.3 汉密尔顿焦虑量表(Hamilton anxiety scale, HAMA)评价

采用汉密尔顿焦虑量表(HAMA)评价患者焦虑症状严重程度,共包括 14 项,分为正常(≤ 7 分)、轻度焦虑(总分为 7~14 分)、中度焦虑(总分为 15~21 分)、重度焦虑(总分 ≥ 22 分)。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 23.0 统计软件;性别、教育程度等计数资料采用卡方检验;年龄、ReHo 值、FT3、FT4、情绪量表评分等计量资料采用 t 检验;使用 Speaeman 相关性分析差异脑功能区局部一致性的 ReHo 值、患者情绪量表总分、因子分及甲状腺激素水平;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 甲减患者异常脑功能区 ReHo 值及其差异最大处定位

对 2 组的脑功能区进行 rfMRI 扫描,由 REST 软件自带的统计分析软件通过 fMRI 数据-ReHo 法完成双样本 t 检验,发现甲减患者右海马旁回、左侧颞下回、左前扣带回、右前扣带回 4 个脑区的 ReHo 值明显高于对照组(0.81 ± 0.02 vs. 0.78 ± 0.04 、 0.73 ± 0.07 vs. 0.69 ± 0.05 、 0.89 ± 0.12 vs. 0.84 ± 0.09 、 0.87 ± 0.11 vs. 0.83 ± 0.07),左侧内额上回 ReHo 值明显低于对照组(0.77 ± 0.13 vs. 0.72 ± 0.11)。应用 MNI 坐标将异常脑功能区 ReHo 值差异最大处的解剖位置进行定位见表 1。

2.2 不同焦虑程度的脑功能区 ReHo 值差异比较

由表 2 可知,不同焦虑程度的右海马旁回、左侧

颞下回、左前扣带回、右前扣带回、左侧内额上回 5 个异常脑功能区 ReHo 值相近($P > 0.05$)。

表 1 异常脑功能区 ReHo 值差异最大处定位

脑区	最大 T 值	MNI 坐标轴(mm)			Voxel (mm ³)
		X	Y	Z	
左侧内额上回(减弱)	3.65	-7	68	0	86
右海马旁回(增强)	3.69	35	-22	-23	156
左颞下回(增强)	4.57	-35	-1	-44	123
左前扣带回(增强)	3.16	-6	32	17	107
右前扣带回(增强)	3.77	6	34	15	234

注:X,Y,Z 为 MNI 坐标轴;V 为激活区体积

2.3 甲状腺激素水平及焦虑评分与异常脑功能区 ReHo 值的相关性分析

Speaeman 相关分析显示,左前扣带回、右前扣带回 ReHo 值与 FT4 水平呈显著负相关,与焦虑评分呈显著正相关(表 3)。此外,焦虑评分与 TSH 水平呈显著正相关($r = 0.345$, $P = 0.356$)。

2.4 异常脑功能区见图 1~4;t 值进度条见图 5。

3 讨 论

临床研究证实,TH 对维持机体正常生理功能具有重要作用^[10-11],当其分泌过多时可导致甲状腺功能亢进,分泌过少时可导致甲状腺功能减退,且甲减较甲亢更为常见。亚临床甲状腺功能减退是甲状腺功能减退症的早期阶段^[12-13],随着疾病的进展可累及神经系统、内分泌系统及心脑血管系统等全身多个系统,出现疲倦、反应迟钝、情绪低落、记忆减退等一系列神经精神障碍的临床症状。临床上尚无确切甲状腺功能减退损伤神经精神障碍的作用机制,仅提出了以下三种假说^[14-17]:①TH 分泌不足导致

表 2 不同焦虑程度的脑功能区 ReHo 值差异比较($\bar{x} \pm s$)

指标	无焦虑	轻度焦虑	中度焦虑	重度焦虑	F	P
左侧内额上回 ReHo 值	0.77 \pm 0.08	0.72 \pm 0.14	0.74 \pm 0.07	0.71 \pm 0.11	1.23	0.22
右海马旁回 ReHo 值	0.88 \pm 0.08	0.83 \pm 0.12	0.76 \pm 0.15	0.76 \pm 0.10	0.34	0.94
左颞下回 ReHo 值	0.66 \pm 0.12	0.69 \pm 0.07	0.71 \pm 0.09	0.65 \pm 0.10	0.38	0.87
左前扣带回 ReHo 值	0.62 \pm 0.14	0.72 \pm 0.13	0.78 \pm 0.65	0.69 \pm 0.13	0.75	0.65
右前扣带回 ReHo 值	0.75 \pm 0.15	0.88 \pm 0.16	0.84 \pm 0.14	0.82 \pm 0.09	0.82	0.53

表 3 甲状腺激素水平及焦虑评分与异常脑功能区 ReHo 值的相关性分析

指标	FT3		FT4		TSH		焦虑评分	
	r	P	r	P	r	P	r	P
左侧内额上回 ReHo 值	0.453	0.167	0.364	0.145	-0.025	0.392	-0.046	0.473
右海马旁回 ReHo 值	0.213	0.154	0.146	0.54	-0.046	0.935	-0.353	0.447
左颞下回 ReHo 值	0.255	0.533	0.534	0.534	-0.125	0.534	0.635	0.646
左前扣带回 ReHo 值	-0.093	0.645	-0.398	0.023	0.157	0.443	0.425	0.027
右前扣带回 ReHo 值	-0.153	0.434	-0.424	0.031	0.134	0.345	0.533	0.017

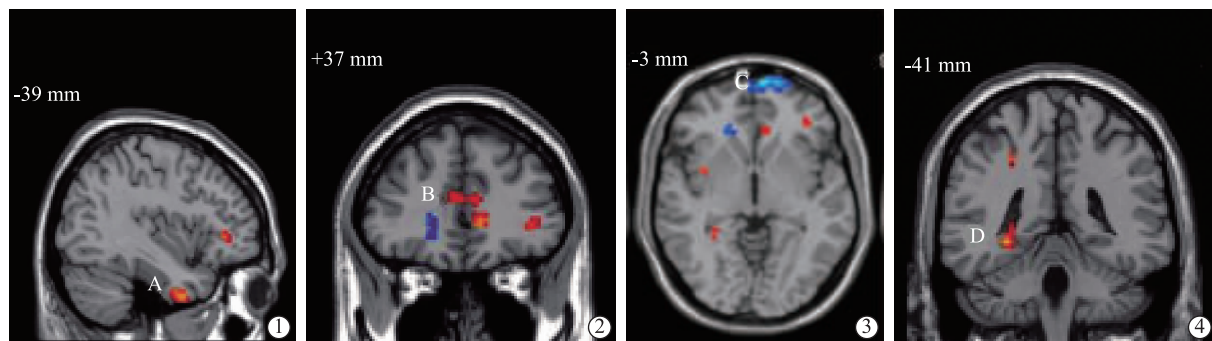


图1 左颞下回 ReHo 值显著增高(图上方数字显示层面位置,红色为显著增高区域,蓝色为显著降低区域,A 标记处为目标脑功能区) 图2 前扣带回 ReHo 值显著增高(图上方数字显示层面位置,红色为显著增高区域,蓝色为显著降低区域,A 标记处为目标脑功能区) 图3 内侧额上回 ReHo 值显著降低(图上方数字显示层面位置,红色为显著增高区域,蓝色为显著降低区域,A 标记处为目标脑功能区) 图4 海马旁回 ReHo 值显著增高(图上方数字显示层面位置,红色为显著增高区域,蓝色为显著降低区域,A 标记处为目标脑功能区)



图5 t 值进度条

脑部相关的功能区灌注不足,出现低氧血症,从而引起神经精神障碍;②TH 分泌不足刺激中枢神经系统多种神经递质的合成及代谢速度紊乱,通过神经内分泌轴影响机体的认知和情绪等方面的反应,从而引起神经精神障碍;③脑组织水肿和脑动脉硬化导致脑循环功能障碍,从而损伤神经功能,引起神经精神障碍。神经精神障碍与脑功能区密切相关,但目前鲜有对甲减患者脑功能区的相关报道,基于此本研究就甲减伴焦虑患者的脑功能区 MRI 表现进行研究,分析其与疾病的相关性。

fMRI 技术具有无放射性、可重复性、空间时间分辨率高等优点,是一种新型功能影像学技术^[18],特别适合神经精神活动分析和脑部功能高级研究。有研究证明,额叶、顶叶和颞叶等部位是与工作记忆和认知功能密切相关的主要脑功能区^[19-20]。本研究对 2 组研究对象的脑功能区进行 fMRI 扫描,并对 ReHo 值进行比较,结果发现有 4 个显著性差异脑功能区,分别是右侧海马旁回、左侧颞下回、(左右两侧)前扣带回、左侧内额上回。海马旁回是边缘系统皮层重要组成部分^[21-22],海马环路是由海马旁回—海马—乳头体—丘脑前核—扣带回—海马旁回构成,是人体行为、记忆、情感等高级神经功能活动的调节中心。海马旁回是海马发挥功能的重要结构,若海马损伤可导致情感和认知行为异常^[23],出现神经精神行为改变。有研究证实,与正常人比较,情绪障碍患者在静息状态下的海马旁回脑神经功能活动

是减弱的^[24-25]。本研究结果显示,与正常对照组比较,甲减患者海马旁回 ReHo 值显著增强,提示海马旁回可能参与甲减伴焦虑症状的脑部病理生理机制中。扣带回属脑部边缘系统,位于大脑半球内侧面的扣带沟与胼胝体沟之间的脑回,是人体学习、记忆和情感功能的调节中心^[26-28]。既往研究结果显示,脑部血流灌注情况与甲状腺激素水平关系密切,甲减伴情绪障碍患者可出现前扣带回功能异常^[29-31]。对脑功能区的 fMRI 扫描结果显示,甲减患者(左右)前扣带回脑区的 ReHo 值显著高于正常体检者,与既往研究结果^[32]一致。进一步对它们间的相关性进行分析可知,(左右)前扣带回 ReHo 值与 FT4 水平呈显著负相关,与焦虑评分呈显著正相关。此外,焦虑评分与 TSH 水平呈显著正相关($r = 0.345, P = 0.356$),提示情绪障碍、(左右)前扣带回与甲状腺激素水平存在相关性,在甲减患者疾病的发生和发展中占据重要作用。有研究证实,额叶、颞叶等脑区是记忆、情感等认知功能相关的重要脑区,而甲减患者脑功能区单光子发射计算机断层扫描灌注显像结果显示双侧额叶、右侧颞前回血流灌注明显低于正常人^[33-35],可证实甲减患者伴发神经精神障碍与额叶、颞叶等脑区代谢灌注异常存在密切关系。本研究结果显示,观察组左侧内侧额上回 ReHo 值显著低于对照组,左颞下回 ReHo 值显著高于对照组,与上述研究结果一致。

综上所述,甲减患者海马旁回、颞下回、前扣带

回脑功能区 ReHo 值在基础状态下显著增强,内侧额上回 ReHo 值在基础状态下显著减弱,且(左右)前扣带回 ReHo 值与 FT4、焦虑等级显著相关,可为甲减伴焦虑患者的临床诊疗提供新思路,有填补甲状腺功能异常伴发精神障碍类疾病的诊疗依据。

参 考 文 献

- [1] Buller LT, Rosas S, Sabeh KG, et al. Hypothyroidism increases 90-Day complications and costs following primary total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2018, 33(4): 1003-1007.
- [2] Blagoi Marinov, Boyan Nonchev, Miroslava Todorova, et al. Reversibility of diffusion capacity abnormalities in patients with clinical hypothyroidism with establishment of euthyroid state[J]. Encyclopedia of Sleep, 2013, 42(57):482-485.
- [3] Kim JS, Zhang Y, Chang Y, et al. Subclinical hypothyroidism and incident depression in young and Middle-Age adults[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2018, 103(5): 1827-1833.
- [4] Wiles K. Management for women with subclinical hypothyroidism in pregnancy[J]. Drug Ther Bull, 2019, 57(2): 22-26.
- [5] Lee Y, Lim YH, Shin JH, et al. Impact of subclinical hypothyroidism on clinical outcomes following percutaneous coronary intervention[J]. Int J Cardiol, 2018, 253(7): 155-160.
- [6] Ge JF, Xu YY, Qin G, et al. Resveratrol ameliorates the anxiety- and Depression-Like behavior of subclinical hypothyroidism rat: possible involvement of the HPT axis, HPA axis, and Wnt/ β -Catenin pathway[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2016, 7(4): 44.
- [7] 王宜文,赵雨,王泉泉. 基于 fMRI 技术的电影学与认知神经科学交叉研究进展[J]. 当代电影,2018,263(2):37-42.
- [8] Bilous II, Korda MM, Krynytska IY, et al. Nerve impulse transmission pathway-focused genes expression analysis in patients with primary hypothyroidism and autoimmune thyroiditis[J]. Endocr Regul, 2020, 54(2): 109-118.
- [9] 俞森,袁鹰,迟松,等. 原发性甲状腺功能减退症患者认知功能障碍的特点[J]. 中华行为医学与脑科学杂志,2013,22(4): 332-334.
- [10] Han L, Zhao WJ, Yang HL, et al. Subclinical hypothyroidism would not lead to female sexual dysfunction in Chinese women[J]. BMC Womens Health, 2018, 18(1): 26.
- [11] Prof. Dr. T. J. visser. Regulation of thyroid hormone production and metabolism[J]. Magnetic Resonance in Medicine, 2016, 75(1): 137-149.
- [12] 程千鹏,洛佩,吕肖锋. 甲状腺功能减退症的病因和对机体影响的研究进展[J]. 医学综述,2018,24(9):1766-1770.
- [13] Sindoni A, Rodolico C, Pappalardo MA, et al. Hypothyroid myopathy: A peculiar clinical presentation of thyroid failure. Review of the literature[J]. Rev Endocr Metab Disord, 2016, 17(4): 499-519.
- [14] Lang X, Hou X, Shangguan F, et al. Prevalence and clinical correlates of subclinical hypothyroidism in first-episode drug-naive patients with major depressive disorder in a large sample of Chinese[J]. J Affect Disord, 2020, 263(263): 507-515.
- [15] Zhao T, Chen BM, Zhao XM, et al. Subclinical hypothyroidism and depression: a meta-analysis[J]. Transl Psychiatry, 2018, 8(1): 239.
- [16] Ramos-Leví AM, Marazuela M. Pathogenesis of thyroid autoimmune disease: the role of cellular mechanisms[J]. Endocrinol Nutr, 2016, 63(8): 421-429.
- [17] Cannizzaro M, Buffone A, Lo Bianco S, et al. The thyroid disease in the elderly: Our experience[J]. Int J Surg, 2016, 33(Suppl 1): S85-S87.
- [18] Chen J, Liu ML, Sun D, et al. Effectiveness and neural mechanisms of home-based telerehabilitation in patients with stroke based on fMRI and DTI: A study protocol for a randomized controlled trial[J]. Medicine, 2018, 97(3): e9605.
- [19] 金亚玲,冒雷明,虞莹. 首发精神分裂症患者甲状腺激素水平与精神症状的相关性研究[J]. 交通医学,2019,33(1):28-29, 32.
- [20] Zhang Q, Bai ZL, Gong Y, et al. Monitoring glutamate levels in the posterior cingulate cortex of thyroid dysfunction patients with TE-averaged PRESS at 3T[J]. Magn Reson Imaging, 2015, 33(6): 774-778.
- [21] Wang Q, Zhu GP, Yi L, et al. A review of functional Near-Infrared spectroscopy studies of motor and cognitive function in preterm infants[J]. Neurosci Bull, 2020, 36(3): 321-329.
- [22] 申延蕊,李中林,武肖玲,等. 静息态 fMRI 观察基于中国人脑模板的慢性失眠患者岛叶功能连接[J]. 中国医学影像技术, 2019,35(1):15-19.
- [23] 郭志伟,陈华平,母其文,等. 轻度认知功能障碍弥散参数定量范围及与认知损伤程度的关系[J]. 西部医学,2018,30(4): 594-598.
- [24] Li Q, Zhu P, Shao Y. Research progresses of brain remodeling in visual deprivation based on fMRI[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2018, 34(12): 1893-1896.
- [25] 韩子亮,于东升,吕东升,等. 首发抑郁障碍患者静息态脑局部一致性研究[J]. 世界最新医学信息文摘,2019,19(12):25-28.
- [26] Rolls ET. The cingulate cortex and limbic systems for emotion, action, and memory[J]. Brain Struct Funct, 2019, 224(9): 3001-3018.
- [27] 王薇薇,吴逊. 扣带回的解剖、生理及扣带回癫痫(痫)[J]. 中国现代神经疾病杂志,2018,18(5):315-323.
- [28] 陆颖. 中扣带回-后岛叶通路调控痛觉超敏反应[J]. 中国疼痛医学杂志,2018,24(9):653-655.
- [29] Wickham J, Corna A, Schwarz N, et al. Human cerebrospinal fluid induces neuronal excitability changes in resected human neocortical and hippocampal brain slices[J]. Front Neurosci, 2020, 14(21): 283-297.
- [30] 孙娜,姚建,王宝,等. 动脉自旋标记在评估甲状腺功能亢进患者脑血流灌注情况中的应用研究[J]. 医学影像学杂志,2018, 28(4):550-553, 578.
- [31] 曾宪忠,何晓松,王芬,等. 左旋甲状腺素对甲状腺功能减退症患者脑默认网络静息态功能连接的影响[J]. 中国临床保健杂志,2017,20(1):14-16.
- [32] Wei YY, Wang JJ, Yan C, et al. Correlation between brain activation changes and cognitive improvement following cognitive remediation therapy in schizophrenia: an activation likelihood estimation meta-analysis[J]. Chinese medical journal, 2016, 129(5): 578-585.
- [33] 张利红. 甲状腺激素异常伴神经精神症状患者脑功能区研究[D]. 重庆:第三军医大学,2014.
- [34] 史飞,周艳秋,干伟,等. 8 氧化鸟嘌呤在快速老化小鼠大脑颞叶与额叶表达研究的比较[J]. 中华老年医学杂志,2019,38(8):934-938.
- [35] Singh S, Rana P, Kumar P, et al. Hippocampal neurometabolite changes in hypothyroidism: An in-vivo(1)H MRS Study before and after thyroxine treatment[J]. J Neuroendocrinol, 2016, 28(9): 147-149.