

论 著

非神经精神性狼疮患者
脑结构MRI研究李 丽¹ 徐 成^{2,*}

1.山西医科大学医学影像学院

(山西 太原 030001)

2.山西医科大学第五临床医学院磁共振室

(山西 太原 030012)

【摘要】目的 应用基于体素的形态学测量方法(VBM)观察非神经精神性狼疮患者(non-NPSLE)脑灰质结构变化情况,探索其与认知功能障碍之间的相关性。**方法** 纳入non-NPSLE患者36例(non-NPSLE组)和年龄、性别相匹配的43例健康对照组(HC组)进行3D-T1WI脑结构像扫描,应用VBM分析两组间全脑灰质体积变化,并将组间全脑灰质体积差异结果与MOCA评分进行相关性分析。**结果** non-NPSLE组右侧颞中下回、左侧内侧眶额皮层、右侧脑岛及双侧海马灰质体积均低于健康对照组($P<0.05$, FWE校正),且右侧颞中下回、左侧内侧眶额皮层、右侧脑岛及左侧海马灰质体积与MOCA评分呈正相关($r=0.503$, $r=0.513$, $r=0.362$, $r=0.534$, $r=0.367$, P 均 <0.05)。**结论** non-NPSLE患者多个脑区灰质体积减低,且局部脑区灰质体积与MOCA评分呈正相关,提示特异脑区萎缩可能是non-NPSLE患者发生轻度认知障碍的基础。

【关键词】 非神经精神性狼疮; 系统性红斑狼疮;
基于体素的形态学测量方法; 认知功能

【中图分类号】R593.24+1

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.005

MRI Study of Brain Structures in Patients
with Non-neuropsychiatric Systemic
Lupus ErythematosusLi Li¹, XU Cheng^{2,*}

1.School of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China

2.Department of MRI, The Fifth Clinical Medical College of Shanxi Medical University,
Taiyuan 030012, Shanxi Province, China

ABSTRACT

Objective Voxel-based morphometry (VBM) was used to observe the changes of gray matter structure in patients with non-neuropsychiatric systemic lupus erythematosus(non-NPSLE) and to explore the correlation between gray matter structure and cognitive dysfunction. **Methods** Thirty-six patients with non-NPSLE (non-NPSLE group) and forty-three healthy controls matched for age and sex (HC group) underwent 3D-T1WI structural brain imaging. VBM was used to analyze the changes of whole brain gray matter volume between the two groups, and the correlation between the results of whole brain gray matter volume differences between the two groups and MOCA scores was analyzed. **Results** The gray matter volumes of the right middle and inferior temporal gyrus, left medial orbitofrontal cortex, right insula, and bilateral hippocampus in the non-NPSLE group were lower than those in the healthy control group ($P<0.05$, FWE corrected), and the gray matter volumes of the right middle and inferior temporal gyrus, left medial orbitofrontal cortex, right insula, and left hippocampus were positively correlated with MOCA scores ($r = 0.503$, $r = 0.513$, $r = 0.362$, $r = 0.534$, $r = 0.367$, $P<0.05$). **Conclusion** In non-NPSLE patients, gray matter volume decreased in multiple brain regions, and gray matter volume in local brain regions was positively correlated with MOCA score, suggesting that specific brain atrophy may be the basis of mild cognitive impairment in non-NPSLE patients.

Keywords: Non-neuropsychiatric Systemic Lupus Erythematosus; Systemic Lupus Erythematosus; Voxel-based Morphometry; Cognitive Function

系统性红斑狼疮(systemic lupus erythematosus, SLE)是一种慢性多系统受累的、呈复发缓解模式的自身免疫性结缔组织疾病,男女发病率约为1:9。SLE患者临床上可出现多个系统、脏器和组织损伤的表现,当累及神经系统,引起一系列中枢、外周临床症状时,称为神经精神性狼疮,是SLE患者死亡的重要原因^[1]。先前研究发现在没有神经精神症状的SLE患者中,即非神经精神性狼疮(non-neuropsychiatric systemic lupus, non-NPSLE)患者中局部脑结构已经发生了细微变化^[2-3],且可能存在轻度认知功能障碍^[4]。先前大部分研究集中于SLE的研究,在non-NPSLE脑结构改变方面研究相对比较少。基于体素的形态学测量方法(voxel-based morphometry, VBM)是一种自动分析方法,可使用全脑MRI数据分析脑体积的局部差异,客观且可重复性强。本研究采用VBM分析non-NPSLE患者全脑灰质结构变化,并探究差异脑区与认知功能之间的关系,旨在为揭示SLE脑损伤提供可靠的影像学理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究纳入2022年10月至2023年11月我院风湿免疫科收治的non-NPSLE患者共36例,年龄17-60岁,平均年龄(34.89 ± 11.68)岁,其中男性2例,女性34例。

non-NPSLE组纳入标准:(1)根据1997年ACR SLE分类标准确诊为SLE的患者^[5];(2)根据1999年ACR神经精神性红斑狼疮分类标准确诊的non-NPSLE患者;(3)右利手;(4)能够配合完成MRI检查及神经心理学量表测试。排除标准:(1)其他结缔组织疾病和药物诱导的SLE;(2)有神经系统疾病及有重大精神心理疾病的患者;(3)因其他病因导致认知功能障碍的SLE患者;(4)常规磁共振扫描序列发现脑结构异常患者。

HC组为年龄、性别及受教育程度相匹配的健康对照者43例,年龄18-60岁,平均年龄(34.77 ± 11.16)岁,其中男性2例,女性41例,均无结缔组织性疾病、神经心理疾病及其他严重基础疾病病史。

本研究经山西省人民医院伦理委员会批准,所有被试检查前均告知并签署知情同意书。

1.2 临床资料及MRI图像采集 对所有non-NPSLE和HC组进行MOCA评分并记录。收集所有non-NPSLE患者近1周于我院测的补体C3、C4、红细胞沉降率、C-反应蛋白及SLEDAI评分。

采用山西省人民医院磁共振室GE Discovery MR 750 3.0T磁共振扫描仪和8通道头颅线圈,首先对所有受试者行常规MRI(T1WI、T2WI及T2-FLAIR像)排除具有明显器质性病变的受试者,再行3D-T1WI结构像扫描,扫描参数:层数=194,层厚=1mm,层间隔=0mm,FOV=256×256,TR=2200ms,TE=35ms,FA=8°,扫描时长为4min50s,扫描过程中嘱咐所有受试者闭眼,安静,头部保持不动。

【第一作者】李 丽,女,住院医师,主要研究方向:神经影像学。E-mail: lili19961016@163.com

【通讯作者】徐 成,男,主任医师,主要研究方向:磁共振脑功能成像在精神疾病中的应用。E-mail: xucheng0509@163.com

1.3 数据处理 本研究数据的处理采用的是MatlabR2022a和基于SPM12下的cat12(<http://dbm.neuro.uni-jena.de/cat12/>)工具包进行。首先将所有DICOM格式的数据转换为NIFTI格式,对结构像进行分割、调制和归一化,从而得到脑灰质、脑白质和脑脊液图像,再对所有图像进行标准化,并配准到标准空间,使用半高全宽为4 mm的三维高斯平滑核对合格的灰质图像进行平滑处理,最后对平滑后的灰质体积进行统计学分析。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。服从正态分布的数据用平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,偏态分布的数据用中位数表示;两组间计数资料比较采用卡方检验,计量资料比较服从正态分布数据采用独立样本t检验,偏态分布数据采用两独立样本Mann-Whitney U检验进行分析,相关性分析采用Spearman

相关系数模型,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。
使用spm12对全脑灰质体积进行统计学分析,以年龄及颅内总体积为协变量,颅内总体积为脑灰质、脑白质及脑脊液体积之和。对non-NPSLE组和HC组的全脑灰质体积进行双样本t检验,对统计结果进行FWE校正,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料 non-NPSLE组与HC组间年龄、性别及受教育程度无显著性差异,两组间MOCA评分存在显著性统计学差异($P<0.001$)。两组间人口统计学特征、临床资料及认知评估量表测试结果见表1。

表1 non-NPSLE组与对照组人口统计学特征、临床资料及认知评估量表测试比较

变量	HC组(n=43)	non-NPSLE组(n=36)	$\chi^2/t/z$	P
年龄(岁)	34.77±11.157	34.89±11.678	0.047 ^a	0.962
性别(男/女)	2/43	2/36	0.33 ^b	0.855
受教育程度(年)	17.00(11.00,18.00)	14.00(11.25,16.00)	1.824 ^c	0.068
病程(月)	—	56.93±67.300	—	—
24h尿蛋白(g/24h)	—	2.38±2.663	—	—
CPR(mg/L)	—	5.40±3.492	—	—
ESR(mm/h)	—	23.86±21.056	—	—
C3(g/L)	—	0.85±0.430	—	—
C4(g/L)	—	0.13±0.076	—	—
肌酐(μmol/L)	—	59.71±23.013	—	—
SLEDAI评分	—	11.93±3.125	—	—
MOCA	27.00(26.00,28.00)	24.00(21.25,26.00)	3.725 ^c	0.000 [*]

注: HC组: 健康对照组; non-NPSLE: 非神经精神性狼疮患者组; CPR:C-反应蛋白; ESR: 血沉;
SLEDAI: 系统性红斑狼疮疾病活动指数; MOCA: 蒙特利尔认知评估量表; —: 无相关数据; a:独立样本t检验; b:卡方检验; c:Mann-Whitney U检验; *: 差异有统计学意义。

2.2 VBM结果 与HC组相比, non-NPSLE组右侧颞中下回、左侧内侧眶额皮层、右侧脑岛及双侧海马脑灰质体积明显减少, 差异有统计学意义($P<0.05$, FWE校正), 未发现明显脑灰质体积增加的脑区, 具体见表2和图1、2。

2.3 VBM结果与临床变量及MOCA评分之间的相关性 经Spearman相关分析结果显示, 未发现non-NPSLE组差异脑区与临床实验室指标存在相关性,发现non-NPSLE组右侧颞中回($P=0.002$, $r=0.503$)、右侧颞下回($P=0.001$, $r=0.513$)、左侧内侧眶额皮层($P=0.030$, $r=0.362$)、右侧脑岛($P=0.001$, $r=0.534$)及左侧海马($P=0.028$, $r=0.367$)脑灰质体积与MOCA评分呈正相关。具体见表3。

表2 non-NPSLE组与对照组相比脑灰质体积减少的差异脑区

脑区	voxel	MNI坐标			t值
		X	Y	Z	
右侧颞中回	245	34	7	-42	5.87
右侧颞下回	135	54	-12	-29	5.90
左侧内侧眶额皮层	169	-11	35	-23	5.61
右侧脑岛	90	1	49	-23	5.35
左侧海马	267	-17	-36	1	6.03
右侧海马	198	19	-34	1	5.57

注: MNI: 蒙特利尔神经科学研究所。

表3 non-NPSLE组较对照组差异脑区与MOCA评分间的相关性

脑区	右侧颞中回	右侧颞下回	左侧内侧眶额皮层	右侧脑岛	左侧海马	右侧海马
MOCA	$r=0.503$, $P=0.002$	$r=0.513$, $P=0.001$	$r=0.362$, $P=0.030$	$r=0.534$, $P=0.001$	$r=0.367$, $P=0.028$	$r=0.326$, $P=0.052$

注: $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

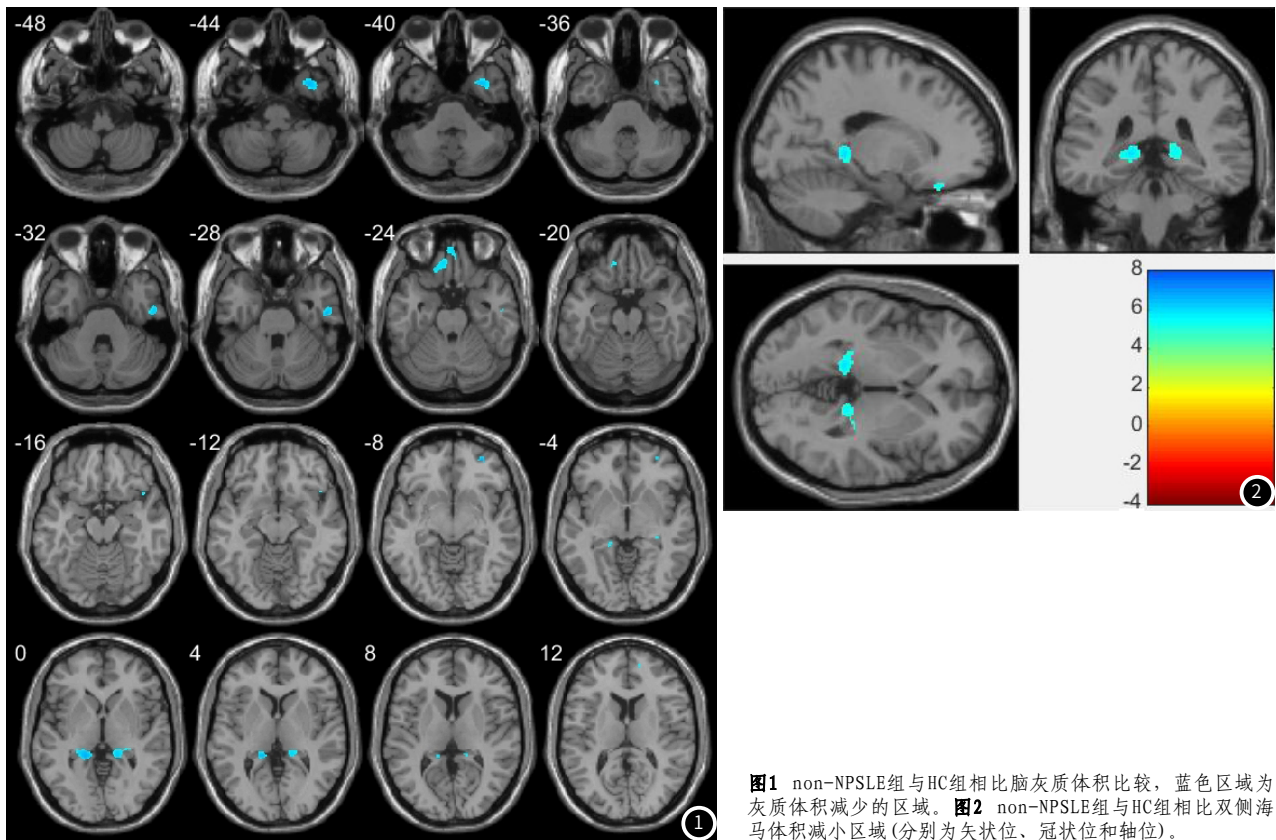


图1 non-NPSLE组与HC组相比脑灰质体积比较, 蓝色区域为灰质体积减少的区域。图2 non-NPSLE组与HC组相比双侧海马体积减小区域(分别为矢状位、冠状位和轴位)。

3 讨 论

本研究应用VBM评估non-NPSLE患者全脑灰质结构变化, 并分析差异脑区与临床指标及认知量表的相关性, 研究结果显示, 与健康对照组相比, non-NPSLE患者的多个脑区灰质体积显著降低, 主要位于右侧颞中下回、左侧内侧眶额皮层、右侧脑岛及双侧海马, 同时观察到多个脑区灰质体积与MOCA评分有关, 提示non-NPSLE患者多个脑区灰质结构出现了萎缩, 进而推测这可能是其发生认知功能障碍的原因。

非神经精神性狼疮已被证实出现明显的神经精神症状之前, 大脑结构可能已经发生了细微变化。有研究者在non-NPSLE患者中观察到广泛而明显的皮层厚度变薄^[6]及脑结构和功能改变^[7-8]。目前关于SLE相关脑损伤机制复杂, 包括有血脑屏障功能障碍、血管炎症、血栓形成、动脉粥样硬化改变引起的血管闭塞、自身抗体介导的组织和神经损伤, 以及促炎因子共同作用使得神经元损失^[9-10]。我们研究发现non-NPSLE多个脑区灰质结构萎缩, 脑体积减少可能引起神经元功能下降, 神经胶质细胞及神经元细胞死亡, 从而导致认知功能障碍。既往研究报道^[11-13], SLE患者容易出现认知功能下降, 即使在没有明显的神经精神症状的SLE患者中也存在着认知功能障碍, 另有研究发现^[14]脑灰质体积丧失与SLE患者认知损害是密切相关的。Liu等^[2]发现non-NPSLE双侧海马体积和密度明显少于健康对照组, 这与我们的研究结果具有一致性。海马和岛叶在学习和记忆过程中起着关键作用, 是调节自我相关认知的核心脑区, 与广泛的皮层和皮层下脑区网络紧密相连, 并负责接受来自皮层的大量信息输入^[15-16]。相应脑区体积萎缩致使脑功能受损, 进而加剧了non-NPSLE患者认知损害。内侧眶额皮层参与边缘系统构成, 与大脑的认知和执行功能有关, 也是大脑中负责控制注意力和记忆力的主要区域^[17]。我们发现non-NPSLE内侧眶额皮层萎缩, 且与低MOCA评分有关,

MOCA是筛查认知功能障碍的常用量表, 得分<26即为轻度认知功能障碍, 初步推测该区域萎缩可能与认知受损有关。颞下回是默认网络的重要组成部分, 与自发认知有关^[18], 本研究发现颞下回灰质结构丧失与MOCA评分相关系数最高, 先前李小露等^[8]在一项基于静息态功能磁共振成像的非神经精神系统性红斑狼疮低频振幅和功能连接的研究中发现, 右侧颞下回功能连接与简易精神状态量表评分(MMSE)有关, 考虑该脑区功能连接改变可能是non-NPSLE患者临床前监测认知功能的影像学标志物。弥散张量成像的各向异性分数值(fractional anisotropy, FA)可用于反映白质纤维的完整性, 有研究发现^[19], non-NPSLE患者多个白质区的FA值存在异常, 说明这些脑区的白质纤维完整性遭到破坏, 另外发现non-NPSLE患者胼胝体体部的FA值和简易精神状态量呈正相关, 提示局部脑白质微结构破坏导致患者认知功能出现下降。由此说明, 脑损伤在non-NPSLE中已经发生, 且出现了不同程度的认知损害, 因此, 在SLE早期阶段, 即在出现神经精神症状之前, 早期发现和干预脑结构损伤可能会阻止神经精神性狼疮的进展。

我们的研究仍然存在一定的局限性, 首先样本量相对比较小; 其次, 鉴于每位患者临床治疗药物使用不同, 会对我们的研究结果产生一定的影响; 第三, 我们未纳入神经精神性狼疮患者。在未来, 我们应该扩大样本量, 增加神经精神性狼疮患者组, 进行前瞻性的纵向研究, 运用更先进的MRI技术对不同类型的SLE患者进行分类研究, 进一步分析伴和不伴神经精神症状的SLE患者脑结构及脑功能变化, 深入了解SLE患者脑损伤病理生理机制, 更好的追踪病情进展, 给临床提供更大的帮助。

(下转第38页)

者分析原因在于FA值变化反映水分子扩散运动的方向性降低，与脑白质纤维束的完整性受损密切相关；MD值的升高则反映脑组织的整体弥散特性增强，与脑组织水肿和细胞毒性损伤有关；AD和RD值的变化则分别反映神经纤维轴向和径向的弥散特性变化，与神经纤维的完整性和损伤程度直接相关。

综上所述，应用DTI技术评估HICH患者的预后不良风险具有一定预测价值，且FA、MD、RD及AD联合评估在可显著提高其预测准确性。因此，建议在临床实践中推广DTI技术的应用，以便更早识别预后不良风险较高的HICH患者，并采取相应的干预措施，以改善患者的预后和生活质量。

参考文献

[1] 赵烨, 刘超, 邓能, 等. 磁共振成像弥散张量成像参数联合血清NSE、Lp-PLA2在脑梗死患者的诊断和预后不良风险评估中的应用价值[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(23): 4463-4467.

[2] 焦泽琦, 周苏键, 王碰起, 等. 基于DTI探讨高压氧治疗对高血压性脑出血患者运动功能的影响[J]. 神经损伤与功能重建, 2020, 15(9): 530-532.

[3] 林静辉, 蔺志清, 周圣军, 等. 应用弥散张量纤维束成像图研究基底节区脑出血术后皮质脊髓束与肢体运动功能的相关性[J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2021, 14(1): 37-40.

[4] 刘晓荣, 兰天, 卢旺, 等. 脑卒中合并脑出血患者应用核磁共振进行病情诊断的临床价值[J]. 生命科学仪器, 2023, 21(z2): 49.

[5] 杨诗友, 庄建峰, 徐航哲, 等. 功能磁共振影像低频振幅对自发性脑出血微创血肿清除术后患者预后的评估价值[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2022, 21(4): 357-363.

[6] 中华医学会神经外科学分会, 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 等. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(8): 757-770.

[7] 丁文晶, 王幸云. Bobath技术结合Brunnstrom技术应用于脑卒中偏瘫患者对其躯体屈曲痉挛和肌张力及肢体活动能力的影响[J]. 临床医药实践, 2022, 31(10): 743-746.

[8] 徐阳, 金凡夫, 赵丽, 等. 急性脑梗死静脉溶栓前后美国国立卫生研究院卒中量表评分与收缩压变化值在颅内出血性转化中的预测价值[J]. 安徽医药, 2021, 25(2): 250-254.

[9] 刘兴宇, 田宝刚, 崔建忠, 等. DTI技术在评估微创引流治疗HICH患者预后及认知中的应用[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(6): 1155-1160.

[10] 邹璇, 刘三春, 沈龙山, 等. 磁共振DTI技术对高血压性脑出血患者预后评估[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(11): 1983-1985.

[11] 张爱玲, 田龙, 丁娜, 等. 基于临床和扩散加权成像高信号病变的列线图对脑出血患者预后的预测价值[J]. 中华内科杂志, 2023, 62(10): 1187-1193.

[12] 周笑笑, 董利英, 蔡勇, 等. 磁共振波谱成像联合弥散加权成像技术对自发性脑出血患者康复效果的预测价值[J]. 中国医师杂志, 2022, 24(2): 282-285.

[13] 张磊, 宋杰, 谢晶军, 等. 磁共振弥散张量成像技术联合补阳还五汤对自发性基底节区出血患者肢体康复的影响[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2024, 31(2): 189-192.

[14] 田海港, 王本瀚, 肖国辉, 等. DTI在中等量高血压性基底节区出血中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2023, 28(12): 681-684.

[15] Kumaran SP, Gurram SL, Viswamitra S, et al. Utility of DTI (diffusion tensor imaging) metrics to study microstructural changes of trigeminal nerve in patients with trigeminal neuralgia (TN) [J]. Neurology India, 2022, 70(1): 270-274.

[16] Sills RC, Johnson GA, Anderson RJ, et al. Qualitative and quantitative neuropathology approaches using magnetic resonance microscopy (diffusion tensor imaging) and stereology in a hexachlorophene model of myelinopathy in sprague-dawley rats [J]. Toxicologic Pathology, 2020, 48(8): 965-980.

[17] Liu CB, Yang DG, Li J, et al. Diffusion tensor imaging reveals brain structure changes in dogs after spinal cord injury [J]. Neural Regeneration Research, 2023, 18(1): 176-182.

(收稿日期: 2024-09-28)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)

(上接第19页)

综上所述，我们在本研究中发现，SLE脑结构损伤发生在精神精神事件之前，并且与亚临床症状相关，如轻度认知功能下降，而VBM可以有效监测non-NPSLE患者脑结构改变，这为临床早期干预、延缓SLE患者脑损伤提供了新的影像学依据。

参考文献

[1] Schwartz N, Stock AD, Putterman C. Neuropsychiatric lupus: new mechanistic insights and future treatment directions [J]. Nat Rev Rheumatol, 2019, 15(3): 137-152.

[2] Liu S, Cheng Y, Zhao Y, et al. Hippocampal atrophy in systemic lupus erythematosus patients without major neuropsychiatric manifestations [J]. J Immunol Res, 2020, 2020: 2943848.

[3] Niu C, Tan X, Liu X, et al. Cortical thickness reductions associate with abnormal resting-state functional connectivity in non-neuropsychiatric systemic lupus erythematosus [J]. Brain Imaging Behav, 2018, 12(3): 674-684.

[4] Barraclough M, Elliott R, McKie S, et al. Cognitive dysfunction and functional magnetic resonance imaging in systemic lupus erythematosus [J]. Lupus, 2015, 24(12): 1239-1247.

[5] Hochberg MC. Updating the American College of Rheumatology revised criteria for the classification of systemic lupus erythematosus [J]. Arthritis Rheum, 1997, 40(9): 1725.

[6] Li S, Bai R, Yang Y, et al. Abnormal cortical thickness and structural covariance networks in systemic lupus erythematosus patients without major neuropsychiatric manifestations [J]. Arthritis Res Ther, 2022, 24(1): 259.

[7] Liu S, Cheng Y, Zhao Y, et al. Clinical factors associated with brain volume reduction in systemic lupus erythematosus patients without major neuropsychiatric manifestations [J]. Front Psychiatry, 2018, 9: 8.

[8] 李晓露, 周文苏, 张鹏, 等. 基于静息态功能磁共振成像的非神经精神系统性红斑狼疮低频振幅和功能连接的研究 [J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(12): 7.

[9] Hanly JG, Kozora E, Beyea SD, et al. Review: nervous system disease in systemic lupus erythematosus: current status and future directions [J]. Arthritis Rheumatol, 2019, 71(1): 33-42.

[10] Lauvsnes MB, Tjensvoll AB, Maroni SS, et al. The blood-brain barrier, TWEAK, and neuropsychiatric involvement in human systemic lupus erythematosus and primary Sjögren's syndrome [J]. Lupus, 2018, 27(13): 2101-2111.

[11] Hanly JG, Urowitz MB, Sanchez-Guerrero J, et al. Neuropsychiatric events at the time of diagnosis of systemic lupus erythematosus: an international inception cohort study [J]. Arthritis Rheum, 2007, 56(1): 265-273.

[12] Barraclough M, McKie S, Parker B, et al. The effects of disease activity, inflammation, depression and cognitive fatigue on resting state fMRI in systemic lupus erythematosus [J]. Rheumatology (Oxford), 2022, 61(S1): S139-S147.

[13] Kozora E, Arciniegas DB, Filley CM, et al. Cognitive and neurologic status in patients with systemic lupus erythematosus without major neuropsychiatric syndromes [J]. Arthritis Rheum, 2008, 59(11): 1639-1646.

[14] 王磊, 郑桂敏. 系统性红斑狼疮脑结构磁共振表现与认知损害关系及免疫抑制剂干预作用 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(4): 10-12.

[15] Uddin LQ, Nomi JS, Hébert-Seropian B, et al. Structure and function of the human insula [J]. J Clin Neurophysiol, 2017, 34(4): 300-306.

[16] Knierim JJ. The hippocampus [J]. Curr Biol, 2015, 25(23): R1116-R1121.

[17] Krangelbach ML. The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience [J]. Nat Rev Neurosci, 2005, 6(9): 691-702.

[18] Zhang P, Liu Y, Yu FX, et al. Hierarchical integrated processing of reward-related regions in obese males: a graph-theoretical-based study [J]. Appetite, 2021, 159: 105055.

[19] 张鹏, 夏建国, 周文苏, 等. DTI技术在non-NPSLE患者脑白质微结构变化中的研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 31-33.

(收稿日期: 2023-12-23)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)