论 著

肠易激综合征患者静息态脑自发活动异常：一项基于rs-fMRI的激活似然估计元分析*

李青洲 敬 川 尤宇韬
杨学钊 张 川 杨汉丰*
川北医学院附属医院放射科
(四川 南充 637000)

【摘要】**目的** 探讨肠易激综合征(IBS)患者静息态脑自发活动的异常改变，从而揭示IBS可能的中枢神经机制，并为寻找潜在的诊断和治疗生物标志物提供证据。**方法** 全面检索PubMed、EMBase、Web of Science、The Cochrane Library、中国知网、维普网和万方数据知识服务平台数据库和中国生物医学文献数据库(CBM)中采用局部一致性(ReHo)、低频振幅(Alff)及比率低频振幅(fAlff)分析方法研究IBS患者静息态脑自发活动的文献。最终纳入14篇文献，共397名IBS患者和409名健康对照组(HCs)。使用激活似然估计法(ALE)对纳入研究进行元分析，以探讨IBS患者静息态脑自发活动的变化。**结果** ALE元分析结果显示，与HCs相比，IBS患者右侧豆状核、右侧丘脑、右侧岛叶的脑自发活动增加。**结论** 本研究通过ALE元分析整合了现有的IBS相关静息态功能磁共振成像研究，发现IBS患者在豆状核、丘脑、岛叶存在自发活动异常，异常脑区主要涉及疼痛矩阵、边缘系统，此为揭示IBS的中枢机制及寻找其潜在生物学标志物提供了重要参考。

【关键词】肠易激综合征(IBS)；静息态功能磁共振成像(rs-fMRI)；激活似然估计(ALE)；脑自发活动；神经影像学；元分析
【中图分类号】R445.2；R754.4
【文献标识码】A
【基金项目】四川省卫生健康委员会科技项目(临床研究专项)(23LCYJ019)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.006

Abnormal Resting-state Spontaneous Brain Activity in Patients with Irritable Bowel Syndrome: An Activation Likelihood Estimation Meta-analysis Based on rs-fMRI*

LI Qing-zhou, JING Chuan, YOU Yu-tao, YANG Xue-zhao, ZHANG Chuan, YANG Han-feng*.
Department of Radiology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical Universitym, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the abnormal changes in resting - state brain spontaneous activity in patients with irritable bowel syndrome (IBS), thereby revealing the possible central nervous mechanism of IBS and providing evidence for finding potential diagnostic and treatment biomarkers. ***Methods*** Thoroughly search the PubMed, EMBase, Web of Science, The Cochrane Library, CNKI (China National Knowledge Infrastructure), VIP (Chinese Scientific Journals Database), Wanfang Data Knowledge Service Platform databases and China Biomedical Literature Database (CBM) for literatures that study the resting - state brain spontaneous activity of IBS patients by using regional homogeneity (ReHo), amplitude of low - frequency fluctuation (Alff) and fractional amplitude of low - frequency fluctuation (fAlff) analysis methods. Finally, 14 literatures were included, with a total of 397 IBS patients and 409 healthy control subjects (HCs). The activation likelihood estimation (ALE) method was used to perform a meta - analysis on the included studies to explore the changes in resting - state brain spontaneous activity in IBS patients. ***Results*** The results of the ALE meta - analysis showed that, compared with HCs, the brain spontaneous activities in the right lentiform nucleus, right thalamus, right insula of IBS patients were increased. ***Conclusion*** This study integrated the existing resting - state functional magnetic resonance imaging studies related to IBS through ALE meta - analysis and found that there were abnormal spontaneous activities in multiple brain regions such as the lentiform nucleus, thalamus, insula in IBS patients. The abnormal brain regions mainly involve the pain matrix and limbic system, which provides an important reference for revealing the central mechanism of IBS and finding its potential biological markers.

Keywords: Irritable Bowel Syndrome (IBS); Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging (rs-fMRI); Activation Likelihood Estimation (ALE); Spontaneous Brain Activity; Neuroimaging; Meta-Analysis

肠易激综合征(irritable bowel syndrome, IBS)是临床常见的功能性胃肠道疾病，主要表现为腹痛和排便异常[1]。IBS的全球患病率约为5~15%[2]，其将严重损害患者的心理健康与生活质量，并带来较高的医疗负担[3]。目前，对IBS的诊断主要依赖罗马IV诊断标准的症状判断，尚缺乏特异性诊断生物标志物和疗效评估指标。IBS的病理生理机制尚未被完全阐明，这在一定程度上限制了其诊断和治疗的进展。

静息态功能磁共振成像(resting state functional magnetic resonance imaging, rs-fMRI)作为一种无创的脑功能检查方法，常被用于研究IBS患者的异常脑自发活动[4]。现有的研究表明，IBS患者存在与感觉、行为及心理情绪相关的异常脑活动。然而由于研究的异质性，各研究的结果存在一定差异。KE等[9]的研究发现与健康对照组(healthy controls, HCs)相比，IBS患者在中央后回和丘脑的局部一致性(regional homogeneity, ReHo)值增高，而在前扣带回和前额皮质的ReHo值降低。也有研究发现，IBS患者在额叶、颞叶、岛叶等多个大脑区域表现出ReHo及低频振幅(amplitude of low-frequency fluctuation, Alff)值的显著异常[10]。此外，还有研究[11]认为，IBS患者在左侧额上回的比率低频振幅(fractional amplitude of low-frequency fluctuation, fAlff)值较低，在右侧楔前叶和左侧海马的fAlff值较高。由于这些研究结果之间存在一定差异，使得其难以普遍适用，IBS的确切中枢机制仍待进一步阐明。

近年来，激活似然估计(activation likelihood estimation, ALE)元分析法[8]已被广泛运用于各种脑功能相关研究的元分析中。该方法可对既往研究的脑区激活结果进行客观统计整合，以识别出更具一致性的异常脑区。本研究旨在采用ALE元分析法对IBS相关rs-fMRI研究进行统计整合，以揭示其脑自发活动的核心区域，为阐明IBS的中枢机制及寻找潜在的影像学生物标志物提供依据。

1 资料与方法

1.1 检索策略 全面检索PubMed、EMBase、Web of Science、The Cochrane Library、中国知网、维普网、万方数据知识服务平台数据库和中国生物医学文献数据库(CBM)中从建库至2024年7月期间发表的关于IBS的rs-fMRI研究，语种限定为中文和英文。检索策略基于检索词的各种组合。中文检索词包括：“肠易激综合征”、“局部一致性”、“低频振幅”、“比率低频振幅”、“磁共振成像”、“静息态”及“功能磁共振”。英文检索词包括：“Irritable Bowel Syndrome”、“IBS”、“regional

【第一作者】李青洲，男，在读研究生，主要研究方向：放射影像学。E-mail：liqingzhouzz@163.com
【通讯作者】杨汉丰，男，主任医师，主要研究方向：放射影像学、疼痛学。E-mail：yhf5@qq.com

homogeneity”、“ReHo”、“amplitude of low-frequency fluctuation”、“Alff”、“fractional amplitude of low-frequency fluctuation”、“fAlff”、“Magnetic Resonance Imaging”、“Resting State”、“fMRI”及“Functional MRI”。此外我们还对相关综述及Meta分析的参考文献进行了二次检索以防止遗漏。

1.2 文献筛选

纳入标准：研究对象为符合罗马Ⅲ诊断标准的IBS患者；研究类型为比较IBS患者与HCs在静息状态下的脑自发活动异常；研究采用rs-fMRI成像技术，使用ReHo、Alff或fAlff的分析方法对全脑进行分析；研究结果以蒙特利尔神经学研究所(Montreal Neurological Institute, MNI)[9]或Talairach[10]三维峰值坐标的形式报告；实验设计严谨、数据可靠且研究样本量大于10人。排除标准：重复发表的文献；未以三维峰值坐标报告结果的文献；研究未进行全脑分析；文献类型为综述、Meta分析、个案分析或会议报告；研究样本量过少。

1.3 数据提取与质量评价 本研究已在PROSPERO注册，注册号：CRD42024581498。由两名研究人员独立对检索到的文献进行筛选、数据提取及核对，通过团队成员间相互讨论以解决存在分歧的问题。所提取的资料包含：研究第一作者、发表年份、样本量、样本及对照的年龄、场强、功能分析方法、差异脑区数量和相应坐标、峰值坐标的报告方式。并采用纽卡斯尔-渥太华量表[15](Newcastle-Ottawa Scale, NOS)评价文献质量。其中，NOS包含3个条目，共8个题项：(1)选题，4项；(2)组间可比性，1项；(3)临床结局评估，3项；总分为9分，若文献评分≥6分即可纳入本研究，反之则予以排除。

1.4 数据处理 基于坐标的ALE元分析在Ginger ALE 3.0.2 (http://brainmap.org/ale)软件[12]上进行。首先利用软件中的Lancaster变换将所有Talairach坐标转换为MNI空间坐标，以确保纳入分析的所有坐标都在同一坐标系中；再根据ALE指导手册推荐的格式将所有研究结果的峰值坐标录入到foci文本中；最后在MNI标准空间下，对最终纳入文献的数据进行ALE元分析。根据每个研究组的样本量设置相应的高斯平滑半高(FWHM)最大值。然后，基于FWHM值，对研究报告的异常脑区激活坐标集进行高斯函数模拟，得到各研究组的三维模块化脑激活图(3D-MA图)。再基于3D-MA图，建立3D-ALE地图来定位多个研究组之间的激活大脑区域的高斯概率分布，并基于高斯模型计算大脑激活概率的*P*值，以构建3D-P值图像[13]。在3D-P值分布图基础上，采用簇水平整体错误(cluster-level family-wise error, cluster-level FWE)法进行计算检验，簇形成阈值设定为$P<0.05$，置换检验次数设定为5000次，统计学显著性阈值设定为$P<0.05$[14]。最后使用mango软件(http://rii.uthscsa.edu/mango/)在标准模版下查看获得的阈值ALE图像结果。

采用刀切法(Jackknife)敏感性分析测试结果的可靠性[15]，即每次排除一项研究的数据集进行重复分析，以确保得到稳定且准确的结果。

2 结 果

2.1 检索流程及结果 通过对PubMed、EMBase、Web of Science、The Cochrane Library、中国知网、维普网和万方数据知识服务平台数据库和中国生物医学文献数据库(CBM)在线检索共获得794篇文献，最终有14篇文献[5-7,16-26]符合纳入排除标准并被纳入本研究，其中有3篇[6,17,25]同时采用ReHo及Alff分析方法进行研究，5篇[5,19,21,22,24]单独使用ReHo分析方法进行研究，4篇[16,18,23,26]单独使用Alff分析方法进行研究，2篇[7,20]单独使用fAlff分析方法进行研究，所以共纳入8项ReHo研究、7项Alff研究及2项fAlff研究，各研究IBS患者的样本量范围为13-57例，所有研究均具有匹配良好的健康对照组。对以上纳入的研究进行联合 ReHo 及fAlff/Alff数据的ALE元分析。文献筛选流程见图1。所纳入文献特征见表1。

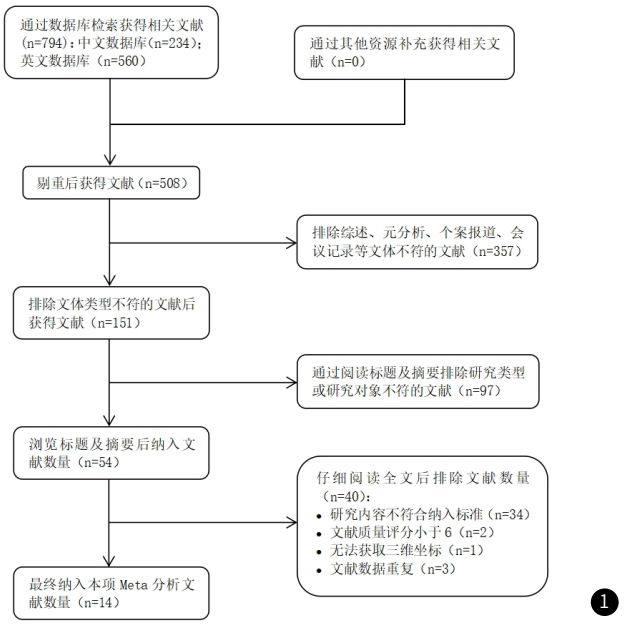


图1 文献筛选流程图。

表1 ALE元分析纳入的研究及特点

第一作者	发表年份	样本量/例		年龄/岁		场强	分析方法	差异脑区数量/个		坐标类型	文献质量
		IBS	HCs	IBS患者组	健康对照组			活动增高	活动减低		
Ke[5]	2015	32	32	27.5±8.6	29.2±9.7	3.0T	ReHo	7	12	MNI	3/2/1
Ma[16]	2015	21	21	41.82±11.92	35.91±14.76	1.5T	Alff	2	6	MNI	4/2/1
Chen[17]	2021	36	36	34.36±9.53	31.67±8.85	3.0T	Alff& ReHo	5&4	4&2	MNI	3/2/1
Qi[18]	2016	30	31	28.93±9.71	26.87±8.08	3.0T	Alff	3	8	MNI	4/2/1
Ao[7]	2021	13	14	32.23±5.96	29.14±5.92	3.0T	fAlff	2	1	MNI	3/2/1
李洁[19]	2018	35	36	35.8±9.28	33±8	3.0T	ReHo	4	2	MNI	4/2/1
马晓芬[20]	2014	21	21	41.82±11.92	35.91±14.76	1.5T	fAlff	5	2	MNI	4/2/1
程有根[6]	2017	30	30	25.5±3.7	26.1±3.1	1.5T	Alff& ReHo	11&5	4&6	Talairach	3/2/1
曾少庆[21]	2013	13	13	38.47±7.65	36.48±8.23	1.5T	ReHo	0	2	MNI	3/2/1
秦梦[22]	2017	23	23	43.27±7.913	47.09±8.837	3.0T	ReHo	1	4	MNI	3/2/1
司鹤华[23]	2017	15	15	39.93±11.32	43.73±11.85	3.0T	Alff	4	1	MNI	3/2/1
南姣芬[24]	2019	54	54	22±1	22±1	3.0T	ReHo	1	5	MNI	3/2/1
李静[25]	2017	17	21	38.88±10.02	42.62±13.24	3.0T	Alff& ReHo	0&0	1&1	MNI	3/2/1
严逸騄[26]	2019	57	62	44.39±13.22	42.71±13.23	3.0T	Alff	9	18	MNI	4/2/1

注：IBS为肠易激综合征；HCs为健康对照组；ReHo为局部一致性；Alff为低频振幅；fAlff为比率低频振幅；MNI为蒙特利尔神经学研究所。

2.2 数据提取结果 最后共有397名IBS患者和409名HCs被纳入本项元分析中。总共提取到137个异常峰值坐标点(foci)，其中ReHo差异foci数量56个、Alff差异foci数量71个、fAlff差异foci数量10个。

2.3 ALE元分析结果 联合 ReHo 及fAlff/Alff数据进ALE元分析的结果为：IBS患者相较于HCs在右侧豆状核、右侧丘脑及右侧岛叶存在脑自发活动增加，峰值坐标点位于右侧豆状核(表2，图2)，并未发现脑自发活动减低的脑区。

2.4 敏感性分析结果 采用刀切法(Jackknife)对上述ALE元分析结果进行敏感性验证。ALE元分析的结果均表现出良好的可重复性。在对ALE元分析结果的重复分析中，右侧豆状核重复率达到10/12，右侧丘脑重复率达到9/12，右侧岛叶重复率达到10/12。

表2 联合ReHo与fAlff/Alff数据分析IBS患者相较于HCs脑自发活动增高脑区的ALE元分析结果

激活簇	体素/cm^3	半球	BA	脑区	峰值点MNI坐标			ALE值	Z值
					X	Y	Z		
#1	17.664	R	-	豆状核	36	-20	6	0.0160274	4.599
		R	-	丘脑					
		R	13	岛叶					

注：R为右侧；BA为布罗德曼分区(Brodmann area)；ReHo为局部一致性；Alff为低频振幅；fAlff为比率低频振幅；MNI为蒙特利尔神经学研究所。

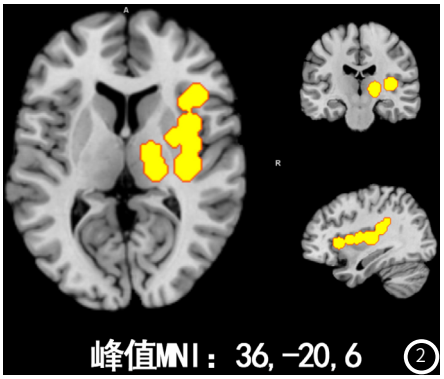


图2 联合ReHo及fAlff/Alff数据进行ALE元分析的结果示意图。暖色代表脑自发活动增高；ReHo为局部一致性；fAlff为比率低频振幅；Alff为低频振幅。

3 讨 论

本研究整合、分析的结果显示，IBS患者在右侧豆状核、右侧丘脑、右侧岛叶存在脑自发活动增高。以上结果揭示IBS的神经影像学机制”替换为“上述结果有助于深化对IBS病理生理机制的理解，下文将围绕这些异常脑区展开进一步讨论。

3.1 豆状核 豆状核由核壳与苍白球组成，主要参与运动准备、学习以及情感处理等过程[27]。有研究表明，基底节在慢性疼痛的发生与调控中发挥关键作用。例如，豆状核梗死可引发感觉异常甚至疼痛[28]，而苍白球的深部脑刺激可显著缓解慢性疼痛且疗效持久[29]。本研究发现，IBS患者右侧豆状核自发活动增强，我们推测这可能与其对慢性疼痛的自身调节及内脏高敏反应的代偿机制有关。Tillisch等[30]的荟萃分析也显示直肠扩张可激活IBS患者的豆状核，这进一步支持了其在疼痛调节中的作用。此外，另一项结构影像学研究指出，IBS患者基底节灰质体积增加并与内脏敏感性相关[31]，这也从脑结构层面提示了IBS患者在该区域存在异常。

3.2 丘脑 丘脑位于间脑，是感觉传导的中继站。其不仅将伤害性输入(尤其是疼痛)传递至大脑皮层，还参与疼痛信息的加工与调控，属于疼痛矩阵的重要组成部分[32-34]。任务态fMR研究显示，IBS患者在直肠扩张等痛觉刺激时丘脑的激活程度高于对照组，提示其痛觉传导通路存在异常[35]。本研究同样发现IBS患者右侧丘脑自发活动增强。有研究显示，IBS患者的丘脑与双侧丘脑前核群、后扣带回的功能连接增强，而与左侧楔叶的功能连接减弱，这些异常主要位于痛觉传导与反馈通路[6]，这提示IBS患者存在疼痛网络功能紊乱。此外，有结构影像学研究也发现IBS患者的丘脑灰质密度减低[36]，这从结构层面佐证了IBS患者在该区域的异常。

3.3 岛叶 岛叶与扣带回作为边缘系统的重要组成部分，参与“疼痛-情绪-认知”的整合与调节，在内脏活动调控及情绪反应中发挥关键作用[37-38]。本研究项纳入的多项rs-fMRI研究报告了IBS患者在上述脑区存在自发活动异常[5-6,17-18,22-23,26]。Qi[18]等指出，伴随焦虑抑郁的IBS患者其情绪异常可能与前扣带回的异常活化有关。结合本研究结果，我们推测边缘系统功能改变可能与IBS患者常见的负性情绪有关。李洁等[39]发现IBS伴抑郁患者岛叶的度中心度存在异常，且与抑郁评分呈负相关。此外，结构影像学也显示IBS患者岛叶和前扣带回皮质萎缩，其中前岛叶厚度与疼痛持续时间呈正相关[40-41]。这些发现共同提示岛叶所在的边缘系统的功能与结构改变在IBS的疼痛及情绪症状中扮演重要角色。

3.4 局限性 首先，各研究之间存在的异质性难以完全控制，其可能对分析结果产生影响，这也可能是部分ALE分析未达显著性的原因之一。其次，尽管ALE方法有助于降低假阳性率，但对那些未达显著性的脑区仍应理性看待。最后，由于缺乏与其他慢性疼痛疾病进行对比，且部分研究未控制IBS患者的情绪共病因素，因此本研究分析结果的疾病特异性仍有待进一步验证。

4 结 论

本研究通过ALE元分析发现IBS患者在豆状核、丘脑、岛叶存在脑自发活动异常，其主要涉及疼痛矩阵及边缘系统。上述发现为揭示IBS的中枢机制及探索其潜在影像学生物学标志物提供了参考。

参考文献

[1]Ford AC, Talley NJ. Irritable bowel syndrome[J]. BMJ, 2012, 345: e5836.
[2]Ford AC, Sperber AD, Corsetti M, et al. Irritable bowel syndrome[J]. Lancet, 2020, 396: 1675-688.
[3]Aziz M N M, Kumar J, Muhammad Nawawi K N, et al. Irritable bowel syndrome, depression, and neurodegeneration: a bidirectional communication from gut to brain[J]. Nutrients, 2021, 13(9): 3061.
[4]O′Connor E E, Zeffiro T A. Why is clinical fMRI in a resting state?[J]. Frontiers in Neurology, 2019, 10: 420.
[5]Ke J, Qi R, Liu C, et al. Abnormal regional homogeneity in patients with irritable bowel syndrome: a resting-state functional MRI study[J]. Neurogastroenterology & Motility, 2015, 27(12): 1796-1803.
[6]程有根. 肠易激综合征患者静息态脑功能磁共振成像研究[D]. 浙江大学, 2017.
[7]Ao W, Cheng Y, Chen M, et al. Intrinsic brain abnormalities of irritable bowel syndrome with diarrhea: a preliminary resting-state functional magnetic resonance imaging study[J]. BMC Medical Imaging, 2021, 21: 1-8.
[8]Turkeltaub P E, Eden G F, Jones K M, et al. Meta-analysis of the functional neuroanatomy of single-word reading: method and validation[J]. Neuroimage, 2002, 16(3): 765-780.
[9]Mazziotta J C, Toga A W, Evans A, et al. A probabilistic atlas of the human brain: theory and rationale for its development[J]. Neuroimage, 1995, 2(2): 89-101.
[10]Dervin J. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain 3-dimensional proportional system: an approach to cerebral imaging 1988J. Talairich and P. Tournoux Mark Rayport Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York 3 13 711 701 1 Price DM 268. pp. 122. Illustrations 130[J]. The Journal of Laryngology & Otology, 1990, 104(1): 72-72.
[11]Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses[J]. European Journal of Epidemiology, 2010, 25: 603-605.
[12]Eickhoff S B, Laird A R, Grefkes C, et al. Coordinate‐based activation likelihood estimation meta‐analysis of neuroimaging data: a random‐effects approach based on empirical estimates of spatial uncertainty[J]. Human Brain Mapping, 2009, 30(9): 2907-2926.
[13]Eickhoff S B, Bzdok D, Laird A R, et al. Activation likelihood estimation meta-analysis revisited[J]. Neuroimage, 2012, 59(3): 2349-2361.
[14]Eickhoff S B, Nichols T E, Laird A R, et al. Behavior, sensitivity, and power of activation likelihood estimation characterized by massive empirical simulation[J]. Neuroimage, 2016, 137: 70-85.
[15]Ghahari S, Farahani N, Fatemizadeh E, et al. Investigating time-varying functional connectivity derived from the Jackknife Correlation method for distinguishing between emotions in fMRI data[J]. Cognitive Neurodynamics, 2020, 14(4): 457-471.
[16]Ma X, Li S, Tian J, et al. Altered brain spontaneous activity and

connectivity network in irritable bowel syndrome patients:a resting-state fMRI study[J].Clinical Neurophysiology,2015,126(6):1190-1197.
[17]Chen X F,Guo Y,Lu X Q,et al.Aberrant intraregional brain activity and functional connectivity in patients with diarrhea-predominant irritable bowel syndrome[J].Frontiers in neuroscience,2021,15:721822.
[18]Qi R,Liu C,Ke J,et al.Intrinsic brain abnormalities in irritable bowel syndrome and effect of anxiety and depression[J].Brain imaging and behavior,2016,10:1127-1134.
[19]李洁,李国熊,郭赟,等.肠易激综合征伴抑郁状态患者静息态脑功能局部一致性研究[J].中华医学杂志,2018,98(3):196-201.
[20]马晓芬,江桂华,李淑美,等.肠易激综合征患者静息态功能磁共振成像比率低频振幅研究[J].中华神经医学杂志,2014,13(3):292-295.
[21]曾少庆,江桂华,马晓芬,等.肠易激综合征患者静息态下局部脑区神经自发活动及其与HAMA量表评分的相关性[J].中华神经医学杂志,2013,12(7):719-722.
[22]秦梦,张庆,黄劲柏.肠易激综合征基于局部一致性的静息态脑功能成像研究[J].实用医学杂志,2017,33(20):3455-3458.
[23]司鹤华.针刺对IBS患者大脑相关情绪调控区域脑功能磁共振成像影响的研究[D].南京中医药大学,2017.
[24]南姣芬,张亮亮,郑倩,等.基于fMRI的近似熵和ReHo在肠易激综合征检测中的敏感性和有效性比较[J].南方医科大学学报,2019,39(9):1023-1029.
[25]李静.调神健脾针法治疗腹泻型肠易激综合征的临床疗效评价及脑fMRI改变的研究[D].江苏:南京中医药大学,2017.
[26]严逸駪.艾灸治疗腹泻型肠易激综合征临床效应观察及对肠菌-脑轴的调节作用研究[D].上海中医药大学,2019.
[27]Yelnik J.Functional anatomy of the basal ganglia[J].Movement disorders:official journal of the Movement Disorder Society,2002,17(S3):S15-S21.
[28]Russmann H,Vingerhoets F,Ghika J,et al.Acute infarction limited to the lenticular nucleus:clinical,etiologic,and topographic features[J].Archives of neurology,2003,60(3):351-355.
[29]Loher T J,Burgunder J M,Weber S,et al.Effect of chronic pallidal deep brain stimulation on off period dystonia and sensory symptoms in advanced Parkinson' s disease[J].Journal of Neurology,Neurosurgery & Psychiatry,2002,73(4):395-399.
[30]Tillisch K,Mayer E A,Labus J S.Quantitative meta-analysis identifies brain regions activated during rectal distension in irritable bowel syndrome[J].Gastroenterology,2011,140(1):91-100.
[31]Grinsvall C,Ryu H J,Van Oudenhove L,et al.Association between pain sensitivity and gray matter properties in the sensorimotor network in women with irritable bowel syndrome[J].Neurogastroenterology & Motility,2021,33(4):e14027.
[32]Pires M P,McBenedict B,Ahmed I E,et al.Exploring the thalamus as a target for neuropathic pain management:an integrative review[J].Cureus,2024,16(5).
[33]Yen C T,Lu P L.Thalamus and pain[J].Acta Anaesthesiologica Taiwanica,2013,51(2):73-80.
[34]Chen F,Chen F,Shang Z,et al.White matter microstructure degenerates in patients with postherpetic neuralgia[J].Neuroscience Letters,2017,656:152-157.
[35]Tillisch K,Mayer E A,Labus J S.Quantitative meta-analysis identifies brain regions activated during rectal distension in irritable bowel syndrome[J].Gastroenterology,2011,140(1):91-100.
[36]Seminowicz D A,Labus J S,Bueller J A,et al.Regional gray matter density changes in brains of patients with irritable bowel syndrome[J].Gastroenterology,2010,139(1):48-57.e2.
[37]Zhang X H,Zou H,Zhou Y R,et al.Research advances in the limbic system involved in acupuncture treatment of chronic pain[J].Zhen ci yan jiu=Acupuncture Research,2020,45(4):339-345.
[38]戴西勇,高磊,余金鸣,等.酒精使用障碍患者大脑皮层折叠模式改变的研究[J].罕少疾病杂志,2021,28(3):24-27,39.
[39]李洁,鲁兴启,杨莹,等.肠易激综合征伴抑郁患者静息态fMRI度中心度的研究[J].影像诊断与介入放射学,2020,29(02):102-106.
[40]Blankstein U,Chen J,Diamant N E,et al.Altered brain structure in irritable bowel syndrome:potential contributions of pre-existing and disease-driven factors[J].Gastroenterology,2010,138(5):1783-1789.
[41]刘健.氟西汀和帕罗西汀治疗难治性肠易激综合征的比较[J].罕少疾病杂志,2008,(05):9-11.

(收稿日期：2024-11-07) (校对：韩敏求 排版：张鸿燊)

（上接第11页）

本研究结果显示，101例不同时期大面积脑梗死再灌注损伤患者中，RESOLVE DWI检查在超急性期、急性期、亚急性期以及慢性期DWI信号强度与ADC值均发生改变，从超急性期到慢性期，DWI从显著高信号到显著低信号，ADC值从显著降低到显著升高，SWI表现为低信号。考虑超急性期细胞膜完整，患者血肿区域主要为氧合血红蛋白，表现为DWI高信号，ADC值降低；急性期脑出血患者血肿区域存在一种磁敏感物质脱氧血红蛋白，并且中心位置血红蛋白和红细胞结构发生改变，从而导致DWI信号强度变化；亚急性期既存在脱氧血红蛋白又存在高铁血红蛋白，DWI呈现等信号或低信号，ADC值降低或趋于正常；慢性期血肿区域内高铁血红蛋白，表现为DWI低信号，ADC值升高[10]。SWI表现为低信号则与大面积脑梗死再灌注损伤区域脱氧血红蛋白聚集以及其在红细胞内外分布不均有关[11]。本研究101例患者中，RESOLVE DWI阳性检出率为95.05%，明显低于SWI阳性检出率的100%，与谢雪梅等[12]报道相符。本研究结果还显示，RESOLVE DWI检出病灶数目少于SWI，检出病灶体积小于SWI，随着再灌注损伤时间延长，RESOLVE DWI检查ADC值对应上升，NIHSS评分先上升后降低，且不同时期大面积脑梗死再灌注损伤患者RESOLVE DWI检查ADC值与NIHSS评分呈显著负相关。具体而言，SWI能够更敏感地检出微小出血病灶，SWI早期斑点状出血灶属于局部血流再灌注，是血管再通的体现[13]。而DWI可清楚显示再灌注损伤病灶内水分子扩散运动情况，超急性期、急性期患者病理发生改变从而抑制水分子运动，ADC值较低，亚急性期到慢性期血脑屏障破坏进一步加重，从而导致血管源性水肿增强，水分子运动加快，ADC值升高，且超急性期到急性期，ADC值升高，NIHSS评分也升高，急性期到慢性期，ADC值升高，NIHSS评分降低，表明ADC值变化可为急性大面积脑梗死再灌注损伤患者病情变化评估提供一定的而帮助[14-15]。当然，这也可能与本研究所收集样本受限有关。总之，RESOLVE DWI信号强度与ADC值变化在急性大面积脑梗死再灌注损伤诊断方面具有明显优势，结合SWI诊断能给提高临床应用价值，可为患者早期诊断以及治疗评估提供客观根据。

综上所述，RESOLVE DWI信号强度与ADC值变化对急性大面积脑梗死再灌注损伤具有一定的临床应用价值，可为患者早期诊断以及预后提供帮，结合SWI检查可更加敏感地检出患者脑微小出血病灶。

参考文献

[1]孙瑶,李柏霖,胡楠.血府逐瘀汤联合亚低温对急性脑梗死动脉溶栓术后缺血再灌注损伤的保护作用研究[J].实用药物与临床,2021,24(5):423-427.
[2]王明远.ACI溶栓患者miR-379-5p表达水平与缺血再灌注损伤的相关性[J].脑与神经疾病杂志,2024,32(2):87-91.
[3]邓玲,董志.长链非编码RNA调控脑缺血/再灌注损伤作用机制的研究进展[J].重庆医科大学学报,2022,47(7):848-852.
[4]张远,王浩,朱杰,等.扩散加权成像预测单侧大脑前循环缺血性脑卒中预后的价值[J].实用放射学杂志,2021,37(12):1941-1945.
[5]李聪聪,邹朝双,李树强.CTP与SWI在急性缺血性卒中出血性转化预测中的应用价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(8):8-10.
[6]丁辉燕,邓立军,韩裕富.丁苯酞治疗脑梗塞再灌注患者对血清s-100β蛋白、NSE及神经功能缺损情况分析[J].血栓与止血学,2018,24(5):69-71.
[7]魏立杰,刘莎,李晓军.IVIM-DWI灌注参数与ADC、DDC值变化评估CIRI组织学特征的价值[J].新疆医科大学学报,2021,44(11):1231-1236.
[8]郭宇,刘莎,杨志宏,等.大鼠脑缺血再灌注损伤后不同时间脑损伤区DWI信号强度与表观扩散系数变化分[J].临床和实验医学杂志,2019,18(14):1464-1468.
[9]于阳,李琼阁,赵澄,等.高场强术中磁共振成像高分辨率扩散加权成像在脑肿瘤中的应用研究[J].中国医疗设备,2021,36(2):81-84.
[10]Xu XH,Ye XH,Li JW,et al.Association between remote diffusion-weighted imaging lesions and cerebral small vessel disease in primary intracerebral hemorrhage[J].Eur J Neurol,2019,26(7):961-968.
[11]Jia C,Wei C,Hu M,et al.Correlation between antiplatelet therapy in secondary prevention of acute cerebral infarction and cerebral microbleeds:A susceptibility-weighted imaging (SWI) study[J].J Xray Sci Technol,2018,26(4):623-633.
[12]谢雪梅,梁煜坤,展淑琴.高场强MRI扫描DWI联合SWI序列在急性期脑出血诊断中的应用价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(1):1-3.
[13]韩云鹏,杨立臣,张琳琳.常规MRI,SWI联合第3代双源CT早期鉴别诊断急性缺血性脑卒中血管内治疗后出血灶与碘对比剂外渗的临床价值[J].中西医结合心脑血管病杂志,2022,20(15):2861-2864.
[14]王朝刚,张晓曼,李兆妍,徐远杰,范建江.弥散加权成像和灌注加权成像在超急性期脑梗死诊断及预后评估中的应用价值[J].实用心脑肺血管病杂志,2022,30(12):100-105.
[15]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.

(收稿日期：2025-06-05) (校对：韩敏求 排版：张鸿燊)