

# 基于动态局部一致性的脑卒中后运动性失语症患者语言网络特征的研究

李思静<sup>1</sup>, 席艳玲<sup>1,2</sup>

**【摘要】** 目的:基于静息态功能磁共振成像技术(rs-fMRI)研究脑卒中后 Broca 失语(BA)的语言网络的动态局部一致性(dReHo)变化的特征。方法:选取维、汉语 BA 患者 21 例,以及与其性别、年龄、教育程度相匹配的健康者 28 例。将健康者 28 例随机分为维吾尔健康组 13 例和汉语健康组 15 例;将 BA 患者 21 例随机分为维吾尔患者组 9 例和汉语患者组 12 例。4 组完成语言行为学评定后进行静息态功能磁共振扫描,对影像数据预处理后进行动态局部一致性的计算,使用双因素协方差分析,获取失语与语种存在交互作用的脑区,并对维、汉语 BA 患者 dReHo 的时间变异性异常的脑区与语言行为学之间进行偏相关分析。结果:4 组研究对象在左侧眶部额下回、左侧海马和左侧缘上回 dReHo 的时间变异性存在交互作用。维吾尔患者组左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性高于维吾尔健康组和汉语患者组( $P<0.05$ ),左侧海马 dReHo 的时间变异性低于维吾尔健康组和汉语患者组( $P<0.05$ );汉语患者组左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性低于汉语健康组和维吾尔患者组( $P<0.05$ ),左侧海马 dReHo 的时间变异性高于汉语健康组和维吾尔患者组( $P<0.05$ ),左侧缘上回 dReHo 的时间变异性低于汉语健康组和维吾尔患者组( $P<0.05$ )。维、汉语患者组 dReHo 的时间变异性异常的脑区与语言行为学的相关性:维吾尔患者组在左侧眶部额下回的 dReHo 的时间变异性与词命名、姓名地址呈正相关( $P<0.05$ );汉语 BA 患者在左侧海马的 dReHo 的时间变异性与听写呈正相关( $P<0.05$ )。结论:静息态下维、汉语 BA 患者语言功能脑区的 dReHo 的变化存在差异。其中,左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性增强可能在维吾尔 BA 患者的语音加工过程发挥代偿作用;而左侧海马 dReHo 的时间变异性增强可能与汉语 BA 患者语言功能重组有关。

**【关键词】** 动态局部一致性;Broca 失语;静息态功能磁共振成像

**【中图分类号】** R49;R749.9 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2024.09.001

## Characterization of language networks in patients with post-stroke Broca aphasia based on dynamic regional homogeneity

Li Sijing, Xi Yanling. The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China

**【Abstract】** **Objective:** To study characterization of dynamic regional homogeneity (dReHo) changes in the language network of Broca aphasia (BA) after stroke based on resting-state functional magnetic resonance imaging (rs-fMRI). **Methods:** Totally, 21 cases of Wei and Chinese BA patients as well as 28 cases of healthy people matched with their gender, age, and education level, were selected. The 49 study subjects were divided into 4 groups: control group (a healthy group of Uyghur and a healthy group of Chinese speakers); observation group (a group of Uyghur speakers patients and a group of Chinese speakers patients). The 4 groups were given resting-state functional magnetic resonance scans after the linguistic behavioural assessment. dReHo was calculated after pre-processing the image data. The two-factor analysis of covariance was used to obtain the brain regions where there was an interaction between aphasia and language, and a bias correlation analysis was performed between brain areas with abnormal temporal variability in dReHo and language behavioural in patients with Uyghur and Chinese BA. **Results:** There was

an interaction among the four study groups for temporal variability of dReHo in the left inferior orbital frontal gyrus, the left hippocampus and the left supramarginal gyrus. The temporal variability of dReHo in the left inferior orbital frontal gyrus was higher in the Uyghur patient group than in the Uyghur healthy group and the Chinese patient group ( $P<0.05$ ), that in the left hippocampus was lower in the Uyghur patient group than in

基金项目:上海市浦东新区科技发展基金事业单位民生科研专项项目(PKJ2022-Y30);中央财政支持中医药传承创新发展示范试点项目-中医康复高原学科(YC-2023-0606)

收稿日期:2024-01-11

作者单位:1. 新疆医科大学第一附属医院康复医学科,乌鲁木齐 830000;2. 上海市浦东新区光明中医医院康复科,上海 200120

作者简介:李思静(1996-),女,硕士研究生,主要从事失语症和脑语言功能方面的研究。

通讯作者:席艳玲, xyl19771010@126.com

the Uygur healthy group and the Chinese patient group ( $P < 0.05$ ), that in the left inferior orbital gyrus was lower in the Chinese patient group than in the Chinese healthy group and the Uygur patient group ( $P < 0.05$ ), that in the left hippocampus in the Chinese patient group was higher than that in the Chinese healthy group and the Uygur patient group ( $P < 0.05$ ), and that in the left supramarginal gyrus was lower in the Chinese patient group than that of the Chinese healthy group and the Uygur patient group ( $P < 0.05$ ). The temporal variability of dReHo in the left inferior orbital frontal gyrus was positively correlated with word naming ( $P < 0.05$ ) and name address ( $P < 0.05$ ) in the Uygur patient group. The temporal variability of dReHo in the left hippocampus was positively correlated with dictation ( $P < 0.05$ ) in the Chinese-speaking BA patients. **Conclusion:** Differences exist in the changes of dReHo in the functional brain regions of language in resting state in Uygur and Chinese BA patients. Among them, the enhanced temporal variability of dReHo in the left inferior orbital frontal gyrus may play a compensatory role in the phonological processing of Uygur BA patients, while the enhanced temporal variability of dReHo in the left hippocampus may be related to the recovery of language function in Chinese BA patients.

**【Key words】** dynamic regional homogeneity; Broca aphasia; resting state-functional magnetic resonance imaging

失语症是指由于大脑器质性病变而引起的相关语言功能脑区损害,导致患者出现语言交流困难,其发病率高达 20% 以上,是中风后严重的认知障碍之一<sup>[1]</sup>。其中, Broca 失语(Broca aphasia, BA)与大脑半球左侧额下回后部受损有关<sup>[2]</sup>。研究表明中风导致的语言缺陷与大脑局部功能受损而引起的语言网络中相互连接区域的功能障碍有关<sup>[3]</sup>。而以往静态脑功能研究受到扫描过程中时间“静止”状态的限制,即通过计算静息状态下的平均量来表达大脑的功能活动,忽略了大脑的自发活动具有时间灵活性的特点<sup>[4-6]</sup>。动态局部一致性(dynamic regional homogeneity, dReHo)是研究局部脑区活动协同性的重要分析方法,计算单个体素与周围体素之间时间序列的相似度,可以捕捉未知的局部大脑动态网络模式<sup>[7-8]</sup>。而以往研究发现 dReHo 变异性较大的脑区通常是大脑活动的功能中枢<sup>[9]</sup>。目前对 BA 患者的大脑语言网络的 dReHo 研究较少。本研究应用 dReHo 分析方法观察维、汉语 BA 患者基于全脑分析的相关语言功能脑区 dReHo 的时间变异性,探讨其与语言行为学的相关性;并比较维、汉语 BA 患者在语言处理相关脑区的差异性,有助于优化治疗过程中神经调控治疗方案,为维、汉语 BA 患者的语言治疗方案的选择提供理论依据。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2019 年 10 月~2021 年 12 月期间在新疆医科大学第一附属医院康复科住院的维、汉语 BA 患者 30 例,以及与其性别、年龄、教育程度相匹配的健康者 30 例。在影像数据预处理中因头部运动过大而剔除 3 例汉语 BA 患者、6 例维语 BA 患者、2 例维语健康者。患者组纳入标准:符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》脑卒中诊断标准<sup>[10]</sup>,初次发病;经汉语失语症成套测验(aphasia battery of Chi-

nese, ABC)诊断为汉语 BA<sup>[11]</sup>,经维吾尔语失语症检查法(aphasia battery of Uygur, ABU)诊断为维语 BA<sup>[12-13]</sup>;母语为汉语或维语单一语种者,发病前语言功能正常;年龄 35~65 岁;右利手;小学以上文化程度。健康组纳入标准:母语为汉语或维语单一语种者及语言功能正常;其余同观察组纳入标准的后 3 条。患者组排除标准:严重视力、听力、认知障碍者;药物和酒精依赖史;严重精神障碍者;MRI 检查禁忌者;严重构音障碍、口吃等言语障碍者;意识不清以及不能合作者;病灶累及双侧半球者。健康组排除标准:同患者观察组排除标准前 6 条。所有受试者获知情同意并签署知情同意书,通过了新疆医科大学第一附属医院伦理委员会审核批准(20160218-36)。将健康组 28 例随机分为维语健康组 13 例和汉语健康组 15 例;将 BA 患者组 21 例随机分为维语患者组 9 例和汉语患者组 12 例。4 组一般资料比较差异均无统计学意义,见表 1。

### 1.2 方法

1.2.1 行为学评估 在进行静息态功能磁共振成像技术(resting functional magnetic resonance imaging, rs-fMRI)扫描的前一天对患者进行语言行为学评估以及认知功能障碍的筛查。汉语 BA 患者采用 ABC 进行评估<sup>[11]</sup>,维语 BA 患者采用 ABU 进行评估<sup>[12-13]</sup>,ABC 及 ABU 评分量表的具体评估项目相同,其中包括口语表达、听理解、阅读及书写,各项总分分别为 203 分、230 分、120 分、99 分,评分越高表示语言功能越好。失语症严重程度分级采用波士顿诊断性失语症检查法(Boston diagnostic aphasia examination, BDAE)进行评定<sup>[14]</sup>,BDAE 分为 0 级、1 级、2 级、3 级、4 级、5 级,等级越低表示语言受损越严重。认知障碍筛查采用简易精神状态量表(minimum mental state examination, MMSE)进行筛查<sup>[15]</sup>,评分范围为 0~30 分,分值越低表示认知功能损害越严重;所有研究对

表1 4组一般资料比较

组别	n	脑卒中类型(例)		性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	病程 (d, $\bar{x} \pm s$ )	教育程度 (年, $\bar{x} \pm s$ )	ABU/ABC (分, $\bar{x} \pm s$ )
		脑出血	脑梗死	男	女				
维语患者组	9	4	5	5	4	53.60±10.51	54.55±48.12	10.78±3.23	404.22±182.89
汉语患者组	12	3	9	8	4	49.17±12.24	54.56±48.12	10.25±2.99	383.58±117.07
维语健康组	13			4	9	51.39±9.22		13.54±2.15	
汉语健康组	15			10	5	52.13±9.05		11.80±2.88	
$\chi^2/F$				4.572		0.78	2.366	-0.387	0.32
P				0.206		0.382	0.145	0.703	0.76

注:维语患者采用ABU评分量表;汉语患者采用ABC评分量表

象的利手评定采用标准利手评价量表<sup>[16]</sup>。在研究之前详细介绍研究目的及研究意义,就研究可能发生的一些干扰因素及如何配合进行解释,使研究对象熟悉整个研究流程,减少紧张、焦虑等情绪对研究流程造成的影响,最终确定研究对象配合并能够顺利完成研究。

1.2.2 rs-fMRI检查 在扫描之前告知受试者保持闭眼以及放松的心理状态。扫描过程中使用耳塞(或棉花)减小周围环境的噪音,使用海绵垫固定研究对象的头部。采用美国通用电气公司生产的3.0T磁共振扫描机器扫描,采用GE 8通道磁头线圈作为信号接收扫描。磁共振扫描参数为:TR 2000ms,TE 30ms,层厚5.0mm,无间隔,视场角240mm×240mm,矩阵960mm×960mm,成像范围尽可能覆盖全脑,从颅底到顶叶共25层,每层采202帧,共采集5050幅图像,采集时间为404s,采集频次为1次。

1.2.3 数据预处理 使用专用的脑功能成像数据处理与分析软件(data processing & analysis for resting-state)brain imaging, DPABI),预处理具体操作步骤包括①将扫描获得的结构和功能DICOM图像转换成NIFTI格式;②去除前10个时间点,使研究对象能够适应核磁室扫描环境,磁场稳定;③时间校正;④头部运动校正(排除受试者的最大头部运动超过3mm移动或3°旋转);⑤信号带滤波(0.01~0.1Hz);⑥回归协变量,包括白质、头动、脑脊液信号;⑦空间标准化处理:个体T1结构像配准到功能像空间,然后脑区分割成白质、灰质和脑脊液,基于这些脑区分割信息,使用DARTEL工具将功能像配准到标准空间,并重采样成3mm分辨率;⑧去线性漂移。

1.2.4 数据动态性分析 使用DPABI(Data Processing Analysis for Brain Imaging, DPABI)软件工具箱中的时间动态分析工具包。对所有的研究对象进行基于小波变换的时频相干性分析,并且采用滑动窗口相关来补充小波相干性分析,研究整个语言网络之间的时间变异性<sup>[6]</sup>,对预处理的时间序列应用长度为30TR、步长为1TR的中等汉明窗,以获得加窗时间序列,然后基于自动解剖(anatomical automatic labeling, AAL)模版,其中体素分辨率为3mm×3mm×

3mm,计算整个大脑的ReHo值。随后计算每个指标跨窗口的标准差图,以表征rs-fMRI指标的动态特征,为每个研究对象生成dReHo值。最后,对这些标准差图进行Z标准化平滑处理,以提高信噪比。

1.3 统计学方法 影像学数据采用SPM 12软件进行分析,将性别、年龄、教育程度、头动参数作为协变量,对4组研究对象在各显著脑区dReHo的时间变异性进行双因素协方差分析,检验失语和语种这两个因素是否存在交互作用,若交互作用显著,再进行简单效应分析。Rs-fMRI数据多重比较校正采用GRF(gaussian random field, GRF)校正,设置单个体素阈值 $P < 0.01$ ,簇团阈值 $P < 0.05$ ,双边检验(voxel  $P < 0.01$ , cluster  $P < 0.05$ , two-tailed)的显著标准。得到存在失语与语种交互作用的脑区,并提取每个统计显著的脑区内的指标均值,采用SPSS软件中的一般线性模型(general linear model, GLM)进行感兴趣区域(region of interest, ROI)分析。最后采用偏相关分析来计算dReHo异常的脑区与维、汉语BA患者语言行为学是否存在相关性,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 全脑dReHo的时间变异性存在失语与语种交互作用的脑区 4组研究对象在左侧眶部额下回(AAL15)、左侧海马(AAL37)、左侧海马旁回(AAL39)和左侧缘上回(AAL63)dReHo的时间变异性存在语种与失语的交互作用,见图1。全脑dReHo的时间变异性交互作用结果见表2。

2.2 4组左侧眶部额下回dReHo的时间变异性比较

维语患者组在左侧眶部额下回dReHo的时间变异性高于维语健康组和汉语患者组( $P < 0.05$ );汉语患者组在左侧眶部额下回dReHo的时间变异性低于汉语健康组和维语患者组( $P < 0.05$ );维语健康组与汉语健康组在左侧眶部额下回dReHo的时间变异性差异无统计学意义,见表3。

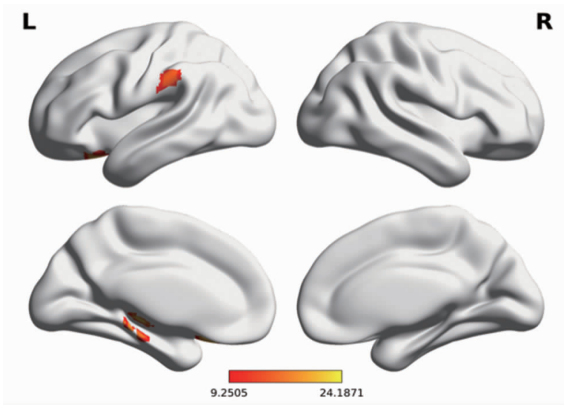


图 1 全脑 dReHo 的时间变异性存在交互作用的脑区图

注:其中暖色标度表示该部位中局部体素团簇 dReHo 的时间变异性存在交互作用;L:左,R:右

表 2 4 组在全脑 dReHo 的时间变异性交互作用结果

脑区	体素大小	F 值	P 值	MNI 峰值坐标(mm)		
				X	Y	Z
左侧眶部额下回	31	19.3898	0.00	-18	21	-21
左侧海马	28	20.8012	0.00	-18	-27	-9
左侧缘上回	26	16.3524	0.00	-66	-27	27

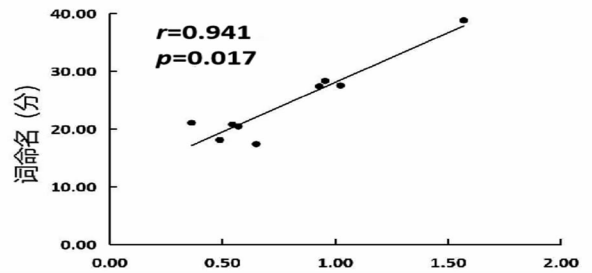
注:MNI 为蒙特利尔神经科学研究所(Montreal neurological institute, MNI);F 值为该脑区 dReHo 内存在交互作用(GRF 校正)

2.3 4 组左侧海马 dReHo 的时间变异性比较 汉语患者组在左侧海马 ReHo 的时间变异性高于汉语健康组和维语患者组( $P < 0.05$ );维语患者组在左侧海马 dReHo 的时间变异性低于维语健康组和汉语患者组( $P < 0.05$ );汉语健康组在左侧海马 dReHo 的时间变异性低于维语健康组( $P < 0.05$ ),见表 3。

2.4 4 组左侧缘上回 dReHo 的时间变异性比较 汉语患者组在左侧缘上回 dReHo 的时间变异性低于汉语健康组和维语患者组( $P < 0.05$ );维语患者组与维语健康组在左侧缘上回 dReHo 的时间变异性的差异无统计学意义;维语健康组与汉语健康组在左侧缘上回 dReHo 的时间变异性的差异无统计学意义,见表 3。

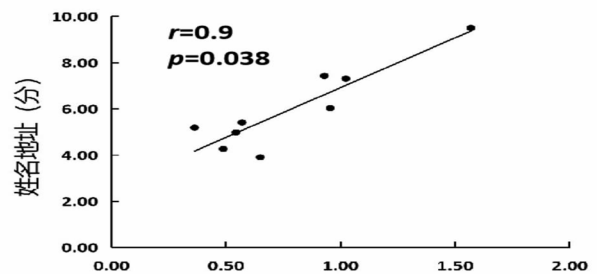
2.5 维、汉语 BA 患者 dReHo 的时间变异性异常的脑区与语言行为学的相关性分析 计算维、汉语 BA 患者 dReHo 的时间变异性异常的脑区与病程、语言评分量表 and BDAE 失语症严重程度分级之间的相关性。将维、汉语 BA 患者的病程和语言行为学评分与有统

计学意义的脑区进行偏相关分析,将性别、年龄、教育程度、头动参数作为协变量进行控制。结果显示维语患者组在左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性与词命名( $r = 0.941$ )、姓名地址( $r = 0.9$ )呈正相关( $P < 0.05$ ),见图 2a、2b。汉语患者组在左侧海马 dReHo 的时间变异性与听写( $r = 0.796$ )呈正相关( $P < 0.05$ ),见图 2c。



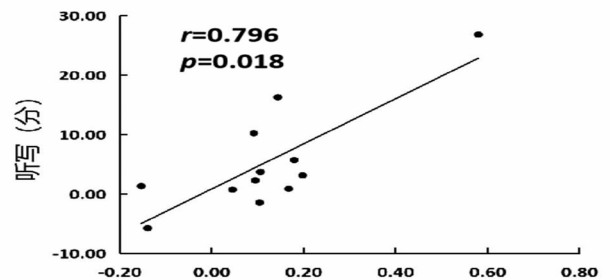
左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性

a. 维语患者组 dReHo 与词命名呈正相关



左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性

b. 维语患者组 dReHo 与姓名地址呈正相关



左侧海马 dReHo 的时间变异性

c. 汉语患者组 dReHo 与听写呈正相关

图 2 a~c 患者组 dReHo 的时间变异性异常的脑区与语言行为学之间的相关性

表 3 4 组 dReHo 交互作用显著脑区的简单效应分析结果

脑区	患者组		健康组		交互作用		简单效应分析(Bonferroni 校正后 P 值)			
	维语(n=9)	汉语(n=12)	维语(n=13)	汉语(n=15)	F 值	P 值	P1-C1	P2-C2	P1-P2	C1-C2
左侧眶部额下回	0.79±0.43	-0.19±0.23	0.33±0.29	0.43±0.47	28.332	0.00	0.01	0.00	0.00	0.47
左侧海马	-0.48±0.26	0.12±0.45	-0.07±0.32	-0.37±0.22	28.338	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
左侧缘上回	0.42±0.38	-0.19±0.39	0.21±0.28	0.49±0.37	19.153	0.00	0.181	0.00	0.00	0.056

注:交互作用表示失语与语种之间存在交互作用;为方便表述,表 3 内维语患者组以 P1(patient 1)表示,汉语患者组以 P2(patient 2)表示,维语健康组以 C1(control 1)表示,汉语健康组以 C2(control 2)表示

### 3 讨论

本研究通过 dReHo 分析发现左侧眶部额下回、左侧海马和左侧缘上回 dReHo 的时间变异性存在失语与语种的交互作用,提示语言的产生会因语种的不同以及是否患有失语症而有所差别。

本研究中,维语患者组在左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性显著高于维语健康组和汉语患者组,汉语患者组显著低于汉语健康组。左侧眶部额下回与语音和语义的产生有关,在单词的储存、提取和激活方面发挥关键作用<sup>[17-19]</sup>。Wang 等<sup>[20]</sup>发现运动性失语症患者的左侧额下回与其他脑区之间的功能连接增加由于代偿语言功能有关。此外,相关性分析结果显示维语 BA 患者在左侧眶部额下回的 dReHo 的时间变异性与词命名以及姓名地址呈正相关。Hees 等<sup>[21]</sup>发现失语症患者左侧脑区功能连接增加与物体命名的改善呈正相关。维语属于字母文字,而字母文字概念的识别和提取主要通过语音的激活;而汉语属于象形表义文字,主要通过字形的辨认来识别语义信息<sup>[22]</sup>。因此本研究认为左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性增强可能是由于左侧眶部额下回也参与了维语的语音加工过程,在左侧额下回后部发生损伤后,该脑区的自发神经活动的时间变异性增强,从而弥补受损的语言功能,形成新的语言神经回路,在维语语音的加工过程中发挥重要作用。Guo 等<sup>[23]</sup>研究发现卒中后失语症患者在病灶侧受损脑区表现出更低的功能连接密度,且与语言产生受损、语义处理及认知障碍有关。吴建满等<sup>[24]</sup>采用 ReHo 分析方法发现失语症患者在左侧额下回的局部脑区的协同性降低。本研究结果可能提示汉语 BA 患者语言功能的减退与左侧眶部额下回的局部活动的时间变异性降低存在相关性。

本研究发现汉语 BA 患者在左侧海马 dReHo 的时间变异性高于汉语健康者和维语 BA 患者,而汉语健康者和维语 BA 患者均低于维语健康者。海马位于颞叶内侧,与听觉语言刺激以及记忆有关<sup>[25]</sup>。Meinzer 等<sup>[26]</sup>研究发现海马体结构和周围颞叶结构的完整性是决定失语症患者治疗效果良好的前提。此外,本研究还发现汉语 BA 患者在左侧海马的 dReHo 的时间变异性与听写呈正相关。陈颖等<sup>[27]</sup>发现失语症患者语言功能的改善与空间处理存在一定的相关性。汉字结构形似于图片,对汉字概念的理解需要依赖汉字的字形与字义之间的转换<sup>[28]</sup>;而维语是线型字母文字,记录的是音素,与字形之间的关系较弱<sup>[22]</sup>。因此本研究认为当左侧额下回后部受损后,汉语 BA 患者可能更加需要语言和非语言之间的功能交互,通

过空间结构处理能力强化语言记忆系统,从而促进语言功能的恢复。研究发现母语为字母文字的失语症患者左侧海马体的体积明显减少以及海马体邻近脑区的分数各向异性值显著降低<sup>[29]</sup>。海马体属于默认网络的特殊节点,在语言网络发挥功能交互的作用,当该脑区受损后,患者可能会表现出语言及认知记忆功能障碍,而本研究结果提示维语 BA 患者的该区域内在大脑活动出现异常,这可能与失语症的发生有关。

本研究还发现汉语患者组在左侧缘上回 dReHo 的时间变异性显著低于汉语健康组和维语患者组。缘上回属于顶下小叶的关键脑区,顶叶区域涉及语音和句子处理网络<sup>[30-31]</sup>。Zhu 等<sup>[32]</sup>发现汉语失语症患者的语言理解能力的降低与左侧额顶叶网络与全脑的功能连接降低有关。因此,本研究结果可能提示汉语 BA 患者在左侧缘上回 dReHo 的时间变异性降低与语言功能的减退存在相关性,但左侧缘上回的病变在汉语失语的神经机制中的具体角色还需要结合更多相关性分析结果进行进一步的研究讨论。

本研究存在一定的局限性。所观察到的局部同步变异性增强的脑区仅在额叶和颞叶亚区,没有发现其他脑区出现活动变化,这可能是由于样本量较小;其次,横断面设计并不能证明功能恢复与 BA 患者语言网络之间的因果关系,未来需要更多纵向研究来检验 dReHo 的时间变异性增强的脑区是否可以作为失语症恢复的预测因素。

综上所述,本研究采用 dReHo 的分析方法发现左侧眶部额下回 dReHo 的时间变异性增强可能是维语 BA 患者语言网络重组的结果,而左侧海马 dReHo 的时间变异性增强可能与汉语 BA 患者语言功能的恢复有关。此外,语言治疗方案中能否采用以上差异脑区作为语言恢复的关键脑区有待进一步研究讨论。本研究只招募了亚急性期的 BA 患者,未来的研究会继续扩大样本量来更详细的阐述失语症患者语言功能受损机制和恢复机制。

### 【参考文献】

- [1] Berthier M L. Poststroke aphasia : epidemiology, pathophysiology and treatment [J]. *Drugs & aging*, 2005, 22(2): 163-182.
- [2] Gerstenecker A, Lazar R M. Language recovery following stroke [J]. *The Clinical neuropsychologist*, 2019, 33(5): 928-947.
- [3] Guo J, Biswal B B, Han S, et al. Altered dynamics of brain segregation and integration in poststroke aphasia [J]. *Hum Brain Mapp*, 2019, 40(11): 3398-3409.
- [4] Klingbeil J, Wawrzyniak M, Stockert A, et al. Resting-state functional connectivity: An emerging method for the study of language networks in post-stroke aphasia [J]. *Brain Cogn*, 2019, 131(1): 22-33.

- [5] Park H J, Friston K J, Pae C, et al. Dynamic effective connectivity in resting state fMRI [J]. *Neuroimage*, 2018, 180(Pt B): 594-608.
- [6] Chang C, Glover G H. Time-frequency dynamics of resting-state brain connectivity measured with fMRI [J]. *Neuroimage*, 2010, 50(1): 81-98.
- [7] Ma S, Calhoun V D, Phlypo R, et al. Dynamic changes of spatial functional network connectivity in healthy individuals and schizophrenia patients using independent vector analysis [J]. *Neuroimage*, 2014, 90(1):196-206.
- [8] Zang Y, Jiang T, Lu Y, et al. Regional homogeneity approach to fMRI data analysis [J]. *Neuroimage*, 2004, 22(1): 394-400.
- [9] Hutchison R M, Womelsdorf T, Allen E A, et al. Dynamic functional connectivity: promise, issues, and interpretations [J]. *Neuroimage*, 2013, 80(1):360-378.
- [10] 中华医学会神经病学分会;中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点[J]. *中华神经科杂志*, 2019,52(9): 710-715.
- [11] 张庆苏, 纪树荣, 李胜利, 等. 中国康复研究中心汉语标准失语症检查量表的信度与效度分析 [J]. *中国康复理论与实践*, 2005, 11(9): 703-705.
- [12] 席艳玲, 杨洁, 热娜·阿不都萨拉木, 等. 维吾尔语失语症检查法的标准化研究 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37(7): 509-512.
- [13] 席艳玲, 周建梅, 热娜·阿不都萨拉木, 等. 维吾尔语失语症检查法的信度研究 [J]. *中国康复*, 2015, 30(2): 90-93.
- [14] 汪洁, 吕艳玲, 张清丽, 等. 波士顿诊断性失语症检查汉语版的信度 [J]. *中国康复*, 1998,13(3): 121-122.
- [15] 周小炫, 谢敏, 陶静, 等. 简易智能精神状态检查量表的研究和应用 [J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(6): 694-696,706.
- [16] 李心天. 中国人的左右利手分布 [J]. *心理学报*, 1983, 15(3): 268-276.
- [17] Python G, Glize B, Laganaro M. The involvement of left inferior frontal and middle temporal cortices in word production unveiled by greater facilitation effects following brain damage [J]. *Neuropsychologia*, 2018, 121(1):122-134.
- [18] Kunii N, Kamada K, Ota T, et al. A detailed analysis of functional magnetic resonance imaging in the frontal language area: a comparative study with extraoperative electrocortical stimulation [J]. *Neurosurgery*, 2011, 69(3): 590-596; discussion 596-597.
- [19] Okada K, Matchin W, Hickok G. Phonological Feature Repetition Suppression in the Left Inferior Frontal Gyrus [J]. *J Cogn Neurosci*, 2018, 30(10): 1549-1557.
- [20] Wang X, Wang M H, Wang W Z, et al. Resting state brain default network in patients with motor aphasia resulting from cerebral infarction [J]. *Chin Sci Bull*, 2014, 59(31): 4069-4076.
- [21] Hees S, McMahon K, Angwin A, et al. A functional MRI study of the relationship between naming treatment outcomes and resting state functional connectivity in post-stroke aphasia [J]. *Hum Brain Mapp*, 2014, 35(8): 3919-3931.
- [22] Xi Y, Liu L, Hao G, et al. Research of cerebral activation in Uygur-speaking and Chinese-speaking participants during verb generation task with functional magnetic resonance imaging [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(30): e7460.
- [23] Guo J, Yang M, Biswal B B, et al. Abnormal Functional Connectivity Density in Post-Stroke Aphasia [J]. *Brain topography*, 2019, 32(2): 271-282.
- [24] 吴建满, 李银官, 范秋玲, 等. 失语症患者静息态 fMRI 成像研究 [J]. *医学影像学杂志*, 2019, 29(05): 731-735,743.
- [25] Squire L R, Zola-Morgan S. The medial temporal lobe memory system [J]. *Science*, 1991, 253(5026): 1380-1386.
- [26] Meinzer M, Mohammadi S, Kugel H, et al. Integrity of the hippocampus and surrounding white matter is correlated with language training success in aphasia [J]. *Neuroimage*, 2010, 53(1): 283-290.
- [27] 陈颖, 曹悦, 庄敏, 等. 卒中失语患者命名功能与非语言认知功能的相关性分析. *中国脑血管病杂志* [J]. 2021, 18(7): 453-457,471.
- [28] Zhang Z, Yuan Q, Liu Z, et al. The cortical organization of writing sequence: evidence from observing Chinese characters in motion [J]. *Brain structure & function*, 2021, 226(5): 1627-1639.
- [29] Meinzer M, Mohammadi S, Kugel H, et al. Integrity of the hippocampus and surrounding white matter is correlated with language training success in aphasia [J]. *NeuroImage*, 2010, 53(1): 283-290.
- [30] McDermott K B, Petersen S E, Watson J M, et al. A procedure for identifying regions preferentially activated by attention to semantic and phonological relations using functional magnetic resonance imaging [J]. *Neuropsychologia*, 2003, 41(3): 293-303.
- [31] Whitwell J L, Jones D T, Duffy J R, et al. Working memory and language network dysfunctions in logopenic aphasia: a task-free fMRI comparison with Alzheimer's dementia [J]. *Neurobiology of aging*, 2015, 36(3): 1245-1252.
- [32] Zhu D, Chang J, Freeman S, et al. Changes of functional connectivity in the left frontoparietal network following aphasic stroke [J]. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 2014, 8(1):10.

欢 迎 投 稿