

论 著

卒中后失语患者Papez环路变化和调节的系统综述*

王荟荧 徐敏杰 申少珍

刘言祥 刘嘉淇 常静玲*

北京中医药大学东直门医院脑病科
(北京 100700)

【摘要】目的 系统评估卒中后失语(PSA)患者Papez环路的损伤和恢复特征。方法 检索Pubmed、Embase、Cochrane library、Web of Science、中国知网、维普数据库、万方数据库、中国生物医学文献数据库，时限为建库至2024年9月30日。结果 纳入39篇文献，涉及1488例参与者。PSA患者左侧半球Papez环路主要表现为功能活动减弱、连接纤维破坏，以丘脑、扣带回和穹窿为主；在右侧半球Papez环路主要表现为功能活动增强，以丘脑、海马和扣带回为主。经治疗后PSA患者双侧半球Papez环路主要表现为功能活动增强、连接纤维修复，以海马和扣带回为主。结论 PSA患者损伤机制以左侧Papez环路功能减退为主，右侧以功能增强为主。恢复机制以双侧Papez环路功能增强为主。未来研究应增加围绕Papez环路的纵向神经影像学研究，拓宽研究内容，增加研究深度，以进一步探究PSA患者损伤和恢复过程中Papez环路结构和功能变化。

【关键词】卒中后失语；Papez环路；
磁共振成像；弥散张量成像

【中图分类号】R741

【文献标识码】A

【基金项目】北京市自然科学基金项目(7242243)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.055

Systematic Review of Changes and Regulation in the Papez Circuit in Post-stroke Aphasic Patients*

WANG Hui-ying, XU Min-jie, SHEN Shao-zhen, LIU Yan-xiang, LIU Jia-qi, CHANG Jing-ling*.

Department of Neurology, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China

ABSTRACT

Objective To systematically evaluate the characteristics of the Papez circuit in post-stroke aphasic (PSA) patients and the changes in their Papez circuit after treatment. **Methods** Databases including PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, CNKI, VIP, Wanfang Data, and CBM were searched from the inception of the databases to September 30, 2024. **Results** Ultimately, 39 studies were included, involving 1,488 participants. In PSA patients, the left hemisphere's Papez circuit mainly manifests as reduced functional activity and damaged connecting fibers, primarily involving the thalamus, cingulate gyrus, and fornix. In the right hemisphere, the Papez circuit primarily shows enhanced functional activity, mainly involving the thalamus, hippocampus, and cingulate gyrus. After treatment, the Papez circuit in both hemispheres of PSA patients primarily exhibits enhanced functional activity and repaired connecting fibers, mainly involving the hippocampus and cingulate gyrus. **Conclusion** The damage mechanism in PSA patients is primarily characterized by a decline in function of the left Papez circuit, while the right side shows a pattern of functional enhancement. The recovery mechanism is mainly dominated by the enhancement of bilateral Papez circuit function. Future research should increase longitudinal neuroimaging studies focusing on the Papez circuit, broaden the scope of research content, and deepen the research to further explore the structural and functional changes in the Papez circuit during the damage and recovery processes in PSA patients.

Keywords: Post-stroke Aphasia; Papez Circuit; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion Tensor Imaging

卒中后失语(post stroke aphasia, PSA)是指由卒中破坏优势半球的语言功能区引起的获得性语言障碍^[1]。同时, PSA患者大脑非优势半球也会发生变化^[2]。美国心脏协会的报告指出每年有大约79万人新发或复发中风, 而发病时伴有失语症的患者比例占三分之一左右^[3]。失语是卒中护理和康复中需要考虑的重要因素, 在很大程度上影响着卒中结局, 并且严重影响患者的康复进程和生活质量^[3-4]。目前经典的语言神经通路包括DIVA模型^[5]、双流模型^[6]等, 主要关注不同语言亚域的功能, 随着研究者们逐渐认识到情感^[7]和非语言认知功能^[8]在PSA损伤和恢复中的重要作用, 探索非经典语言环路在PSA损伤和恢复中的作用显得尤为重要。Papez环路是情感和认知的经典环路, 由海马体、内嗅皮层、乳头体、丘脑前核、扣带皮质和海马旁回组成, 并由穹窿、乳头丘脑束和扣带束相互连接^[9], 最早被认为参与情绪表达^[10]。随着研究的深入, 研究者指出Papez环路可能参与学习、记忆等认知功能^[11-12]。因此, 我们推测Papez环路可能参与了PSA患者语言功能损伤和恢复过程, 但涉及的具体脑区不明。本研究系统总结了PSA损伤和恢复过程中Papez环路变化的研究, 为阐明Papez环路在语言功能中的作用提供文献支持。

1 资料与方法

本文按照PRISMA指南进行了系统评价, 研究方案已在国际注册库(PROSPERO)注册, 注册号: CRD42024615224。

1.1 文献检索 检索范围包括8个期刊数据库: Pubmed、Embase、Cochrane library、Web of Science、中国知网、维普数据库、万方数据库、中国生物医学文献数据库。时间为建库至2024年9月30日。

中文检索式: (卒中OR中风OR脑缺血OR脑出血OR脑梗OR脑血管意外) AND (失语OR言语障碍OR交流障碍OR语言障碍) AND (Papez环路OR Papez OR海马体OR海马OR内嗅皮层OR乳头体OR丘脑前核OR丘脑OR扣带回OR扣带皮质OR海马旁回OR边缘系统OR穹窿OR乳头丘脑束OR扣带束) AND (功能磁共振OR结构磁共振OR扩散光谱成像OR正电子发射型计算机断层显像OR弥散张量成像)。

英文检索式: (stroke OR cerebrovascular accident OR apoplexy OR brain vascular accident OR CVA) AND (aphasia OR alogia OR dysphasia) AND (Papez circuit OR Papez OR gyrus cinguli OR cingulate OR anterior thalamic nuclei OR thalamus anterior nucleus OR hippocampus OR hippocampal formation OR mammillary bodies OR parahippocampal gyrus OR fornix OR limbic system OR limbic lobe OR cingulum OR mamillothalamic tract OR mamillothalamic tract) AND (fMRI OR SMRI OR DSI OR PET OR DTI)。

1.2 纳排标准 纳入标准: (1)研究对象为确诊为PSA的患者; (2)干预措施包括但不限于语言康复治疗、计算机辅助语言治疗、物理疗法、音乐疗法、中医药疗法; (3)结局指标

【第一作者】王荟荧, 女, 博士研究生, 主要研究方向: 中医药防治脑病。E-mail: 495741322@qq.com

【通讯作者】常静玲, 女, 主任医师, 主要研究方向: 中医药防治脑病。E-mail: ear6979@163.com

为包含Papez环路或其组成成分的神经影像指标；(4)语言为中文或英文。排除标准：(1)综述类；(2)重复发表的文献；(3)不能获取全文；(4)未正式出版的文献。

1.3 文献筛选和数据提取 使用Endnote X8软件管理文献，由2名研究者对检索到的文献进行独立筛选，进行资料和数据提取，并进行核对。若有不同意见，则由第3名研究者判断。提取的资料包括第一作者、发表年份、失语类型、样本量、成像技术、干预方式和结局指标等。

1.4 文献质量评价 使用Joanna Briggs研究所(Joanna Briggs Institute, JBI)的关键评估工具评估了每项研究的质量^[13-14]。使用了分析性横断面研究、随机对照试验研究和类实验性研究的版本^[15]，如果符合该项内容记1分，其余不得分。根据得分的比例结果被分类为高质量(> 70%)、中等(50-70%)或低质量(< 50%)^[16]。两位研究者在开始评价之前统一标准，在评分方面的差异通过讨论或与第3位研究者商议解决。

2 结 果

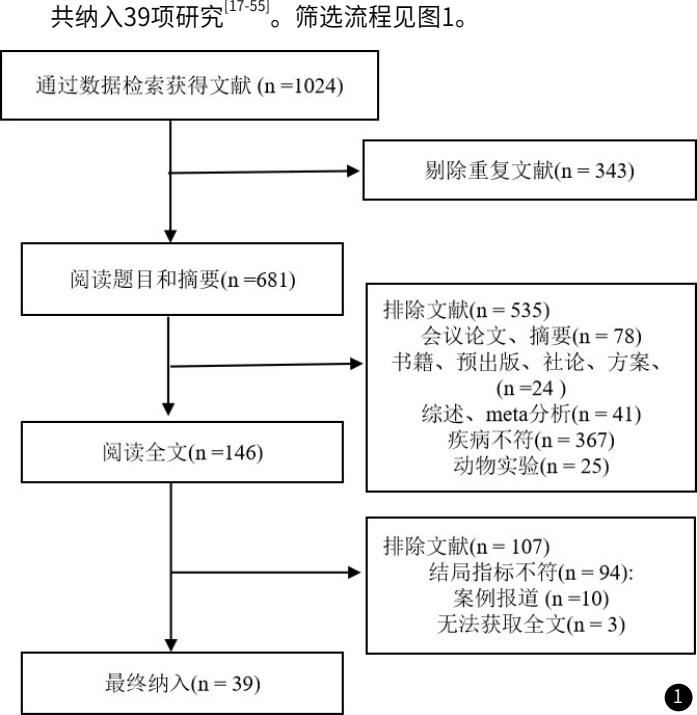


图1 文献筛选流程。

2.1 文献质量评价 39项研究中大部分为高质量，其中低质量1篇，中等质量11篇，高质量27篇。

2.2 文献基本特征 纳入英文文献21篇，中文文献18篇，来自中国、美国、德国、韩国、英国。发表时间集中于2010年至2024年。研究设计包括横断面研究、随机对照研究和类实验性研究。见表1和表2。

2.3 PSA患者Papez环路损伤特征

2.3.1 丘脑 KIM等发现PSA患者左侧丘脑代谢降低^[27]。基于语言任务观察丘脑活动变化研究结果不一致，ABEL等发现病程4月以上的PSA患者在执行出声读命名任务中左侧丘脑激活减弱^[30]，而武惠香等发现病程1-3月的PSA患者在默读命名任务中左侧丘脑激活增强^[44]。除病程不同外，由于出声读与丘脑的活动相关^[56]，因此命名任务在语音方面的设置可能是造成不同结果的原因。功能连接方面，FCD反映了区域间的功能连接性，GUO等指出PSA患者左侧丘脑的短程FCD降低^[17]，提示PSA患者左侧丘脑功能连接减弱。结构方面，KIM等发现PSA患者表现为丘脑连接纤维受损^[23]。就右脑而言，周克贵等发现PSA患者右侧丘脑mALFF增高^[41]，而许光等指出其fALFF降低^[45]，由于两项研究患者平均年龄相差较大，并且样本量都较小，可能造成了结果的差异。GUO等指出与健康人相比，右侧丘脑的短程FCD增加^[17]。提示左侧丘脑功能连接减弱、

连接白质纤维损伤，右侧丘脑功能连接增强在PSA损伤中具有积极意义。

2.3.2 海马和海马旁回 相较于健康者，大量研究显示PSA患者双侧海马、海马旁回活动增强^[26,41,47-48]。功能连接方面，GUO等发现PSA患者左侧海马/海马旁回短程、远程FCD降低^[17]。在结构网络中，周雨帆等人同样发现PSA患者左侧海马节点度和节点效率下降^[38]，而右侧海马、海马旁回的短程和远程FCD升高^[17,48]。此外，海马和海马旁回与语言相关脑区的连接增强，如研究发现左侧海马与语言Broca区的FC增强^[43]，右侧海马与左侧额中回、梭状回、辅助运动区以及右颞叶区等FC增强^[20,26,46]。提示双侧海马、海马旁回活动增强以及海马与语言脑区连接增强在PSA损伤中具有重要意义。

表1 文献JBI评估工具评分

研究类型	收录文献	分数	文献质量
横断面研究			
	Guo et al ^[17] (2019)	7/8(87.5%)	高
	Fridriksson et al ^[18] (2010)	5/8(62.5%)	中
	Zhang et al ^[19] (2022)	7/8(87.5%)	高
	Yang et al ^[20] (2016)	7/8(87.5%)	高
	Allendorfer et al ^[21] (2012)	6/8(75%)	高
	Xu et al ^[22] (2022)	6/8(75%)	高
	Kim et al ^[23] (2021)	6/8(75%)	高
	Zhao et al ^[24] (2018)	6/8(75%)	高
	Sims et al ^[25] (2016)	5/8(62.5%)	中
	Xie et al ^[26] (2022)	7/8(87.5%)	高
	Kim et al ^[27] (2012)	7/8(87.5%)	高
	Han et al ^[28] (2024)	6/8(75%)	高
	Johnson et al ^[29] (2021)	5/8(62.5%)	中
	Abel et al ^[30] (2015)	5/8(62.5%)	中
	Keser et al ^[31] (2021)	4/8(50%)	中
	周雨帆等 ^[38] (2022)	7/8(87.5%)	高
	樊瑞文等 ^[39] (2020)	6/8(75%)	高
	张贺诚等 ^[40] (2021)	6/8(75%)	高
	周克贵等 ^[41] (2020)	7/8(87.5%)	高
	刘会茹等 ^[42] (2014)	7/8(87.5%)	高
	王维卓等 ^[43] (2014)	7/8(87.5%)	高
	武惠香等 ^[44] (2014)	7/8(87.5%)	高
	许光等 ^[45] (2014)	7/8(87.5%)	高
	戴燕红等 ^[46] (2021)	7/8(87.5%)	高
	邱国荣等 ^[47] (2018)	7/8(87.5%)	高
	姚婧璠等 ^[48] (2021)	7/8(87.5%)	高
	许超群等 ^[49] (2023)	3/8(37.5%)	低
	李闯等 ^[50] (2018)	7/8(87.5%)	高
	李思静等 ^[51] (2024)	7/8(87.5%)	高
	李思静等 ^[52] (2023)	7/8(87.5%)	高

注：HC, 健康人(healthy control); MRI, 磁共振成像(magnetic resonance imaging); fMRI, 功能磁共振(functional magnetic resonance imaging); DSI, 扩散光谱成像(diffusion spectrum imaging); PET, 正电子发射型计算机断层显像(positron Emission Computed Tomography)。

2.3.3 扣带回 ZHANG等指出扣带回亚区存在的异常神经血管耦合可能是患者理解能力损伤原因之一^[19]，提示扣带回与语言功能相关。ALLENDORFER等也发现双侧扣带回活动与PSA患者动词生成任务表现相关^[21]。同样，多项研究发现PSA患者左侧扣带回活动

减弱^[18,20,30,42]，FC方面，多项研究指出静息态下PSA患者的左侧后扣带回与左侧丘脑、额中回、颞中回、颞上回、额下回以及右侧海马旁回的FC降低^[29,42,49-50]。此外dFC的时间变异性对许多脑部疾病敏感^[57]，李思静等发现PSA患者左内侧扣带回与Broca区dFC时间变异性低于健康人^[52]。XU等也发现PSA患者的边缘上回和后扣带回、扣带中回和中央后回的dFC表现出较低变异性 and 较高频率，提示该连接的稳定性降低和信息传递异常^[22]。灰质协变网络中，PSA患者左侧前扣带回节点度和节点效率也下降^[38]，提示其信息处理能力降低。就右脑而言，PSA患者静息态下右侧后扣带回活动增强^[42,46]；任务态下PSA患者右内侧扣带回活动增强，右侧前扣带回活动减弱^[47]，提示右侧扣带回不同亚区任务态下活动不同。功能连接方面，静息态下PSA患者右侧扣带回中部与左侧额中回FC增强^[46]。PSA患者右侧扣带回与Broca区的FC研究结果不一致，张贺诚等发现右侧扣带回与Broca区FC增强，但是未明确指出患者病程^[40]，而王维卓等发现病程28天内的PSA患者右侧前扣带回与Broca区FC降低^[43]，两项研究中患者病程一致性尚不明确，且分析时对Broca区中心坐标选取不同，均可导致结果的差异；任务态下PSA患者右侧前扣带回与左侧颞中回、上颞极、颞上回FC降低^[29]。PSA患者的右侧后扣带回在灰质协变网络中信息传递能力降低^[38]，而在脑功能网络中增强^[39]。这提示了PSA损伤过程中左侧扣带回活动和功能连接减弱、节点效率降低，右侧扣带回活动增强。

2.3.4 穹窿 HAN等发现PSA患者左侧穹窿的完整性降低^[28]，这提示PSA患者损伤过程中涉及到左侧穹窿完整性受损。

2.4 PSA患者治疗后Papez环路的改变

2.4.1 丘脑 ZHENG等发现与假刺激治疗相比，经cTBS治疗后PSA患者右侧丘脑fALFF值降低^[32]，提示PSA患者右侧丘脑活动降低在PSA恢复中具有积极意义。

2.4.2 海马 CHEN等发现PSA患者经镜像疗法治疗后，双侧海马与语言相关脑区FC显著增强，且变化与AQ评分变化正相关^[33]，提示PSA患者语言改善与双侧海马和语言相关脑区间FC变化有关。MENKE等也发现PSA患者症状改善与双侧海马体活动增加相关^[36]。结构方面，MEINZER等发现PSA患者左侧海马体积与右侧的差值以及左侧海马相邻区域分数各向异性(fractional anisotropy, FA)值与右侧的差值与治疗命名任务改善程度呈正相关，且与8个月疗效也呈正相关^[37]，提示左侧海马体积及周围白质结构完整性与PSA患者语言改善有关。就右脑而言，刘金欢等发现与语言康复训练比较，针刺联合语言康复训练使右侧海马和海马旁回活动增加^[54]。提示双侧海马与语言脑区连接增强可能是康复治疗PSA主要调节机制之一。

2.4.3 扣带回 KIM等发现PSA患者左侧扣带回同时受累^[23]，而治疗后双侧扣带回活动及功能连接增强，如刘金欢等发现经针刺联合语言康复训练后PSA患者双侧后扣带回活动增加^[54]。功能连接方面，ZHENG等发现经cTBS治疗后PSA患者右侧后扣带回与颞后上回FC增强^[32]。结构方面，ALLENDORFER等发现PSA患者经iTBS治疗后左侧前扣带回和双侧后扣带回连接白质纤维完整性增加^[35]，与位文佩等结论一致^[53]。提示双侧后扣带回活动增强和周围白质结构改善、右侧后扣带回功能连接增强、左侧前扣带回周围白质结构改善在PSA恢复中具有积极意义。

表2 随机对照试验、类实验性研究文献基本特征

来源	国家	人数		干预措施		成像技术
		试验组	对照组	试验组	对照组	
Zheng et al ^[32] (2023)	中国	15	14	cTBS+SLT	假刺激+SLT	fMRI
Chen et al ^[33] (2021)	中国	15	15	镜像疗法	假镜像疗法	fMRI
Wan et al ^[34] (2014)	美国	11	9	旋律语调疗法	/	fMRI
Allendorfer et al ^[35] (2012)	美国	8	/	iTBS	/	DTI
Menke et al ^[36] (2009)	德国	8	/	CANT	/	fMRI
Meinzer et al ^[37] (2010)	德国	10	/	CANT	/	MRI、DTI
位文佩等 ^[53] (2021)	中国	15	15	针刺+SLT	/	SMRI、DTI
刘金欢等 ^[54] (2013)	中国	10	9	针刺+SLT	SLT	fMRI
杨建平 ^[55] (2018)	中国	40	40	SLT+镜像治疗	SLT	fMRI

注：DTI，弥散张量成像(diffusion tensor imaging)；SMRI，结构磁共振成像(structural magnetic resonance imaging)；cTBS，抑制性连续θ爆发刺激(continuous theta burst stimulation)；iTBS，间歇性θ爆发刺激(intermittent theta burst stimulation)；SLT，言语和语言疗法(speech and language therapy)；CANT，计算机辅助命名治疗(Computerized Aided Naming Therapy)。

3 小结与展望

PSA患者的损伤和恢复过程中涉及到Papez环路，主要包括双侧丘脑、海马、海马旁回、扣带回脑区，以及扣带束和穹窿等白质纤维束：(1)PSA患者左侧半球Papez环路主要表现为功能活动减弱、连接纤维破坏，以丘脑、扣带回和穹窿为主。(2)PSA患者在右侧半球Papez环路主要表现为功能活动增强，以丘脑、海马和扣带回为主。(3)PSA患者经治疗后双侧半球Papez环路主要表现为功能活动增强、连接纤维修复，以海马和扣带回为主。

本研究纳入的纵向研究间异质性较大，这可能与研究数量少、干预手段以及纳入患者基线水平不同有关。未来研究应增加围绕Papez环路的纵向研究，以进一步探究PSA患者损伤和恢复过程中Papez环路结构和功能变化。此外Papez环路是不断发展的，如AGGLETON等指出Papez环路中不止一个串行电路，还涉及很多交互作用^[58]，BUBB等指出Papez环路的概念应该被视为一个更复杂的海马-间脑-扣带回连接系统^[59]，提示着未来可以拓宽研究内容、增加研究深度，以更好地探讨Papez环路在PSA患者中的作用。

参考文献

[1]SHEPPARD S M,SEBASTIAN R.Diagnosing and managing post-stroke aphasia[J]. Expert Review of Neurotherapeutics, 2021, 21 (2): 221-34.

[2]HAN Y,JING Y,SHI Y,et al.The role of language-related functional brain regions and white matter tracts in network plasticity of post-stroke aphasia[J]. Journal of Neurology, 2024, 271 (6): 3095-115.

[3]MARTIN S S,ADAY A W,ALMARZOOQ Z I,et al.2024 Heart Disease and Stroke Statistics:A Report of US and Global Data From the American Heart Association[J].Circulation, 2024, 149 (8): e347-e913.

[4]王金言,席艳玲,王云玲. 3D-pCASL成像技术对卒中后broca失语症的应用研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (4): 4-6.

[5]TOURVILLE J A,GUENTHER F H.The DIVA model:A neural theory of speech acquisition and production[J].Language and Cognitive Processes, 2011, 26 (7): 952-81.

[6]HICKOK G,POEPPPEL D.Dorsal and ventral streams:a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language[J]. Cognition, 2004, 92 (1-2): 67-99.

[7]KAO S K,CHAN C T.Increased risk of depression and associated symptoms in poststroke aphasia[J].Scientific Reports, 2024, 14 (1): 21352.

[8]FAMA M E,MCCALL J D,DEMARCO A T,et al.Evidence from aphasia suggests

- a bidirectional relationship between inner speech and executive function[J]. *Neuropsychologia*, 2024, 204: 108997.
- [9] VANN S D, NELSON A J. The mammillary bodies and memory: more than a hippocampal relay[J]. *Progress in Brain Research*, 2015, 219: 163-85.
- [10] PAPEZ J W. A proposed mechanism of emotion. 1937[J]. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 1995, 7(1): 103-12.
- [11] 应丹青, 李霞, 董从松, 等. 帕金森病患者海马区MRI特征与认知功能的关系[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(11): 8-10.
- [12] VERTES R P, ALBO Z, VIANA DI PRISCO G. Theta-rhythmically firing neurons in the anterior thalamus: implications for mnemonic functions of Papez's circuit[J]. *Neuroscience*, 2001, 104(3): 619-25.
- [13] BARKER T H, STONE J C, SEARS K, et al. Revising the JBI quantitative critical appraisal tools to improve their applicability: an overview of methods and the development process[J]. *JBI Evidence Synthesis*, 2023, 21(3): 478-93.
- [14] TRÖSTHEIM M, EIKEMO M. Hyperalgesia in patients with a history of opioid use disorder: a systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA psychiatry*, 2024, 81(11): 1108-1117.
- [15] KELLY R J, MACNIVEN R, CHURILOV L, et al. Physical activity interventions to prevent and manage type 2 diabetes in Aboriginal and Torres Strait Islander people: a systematic review[J]. *The Medical Journal of Australia*, 2024, 221(9): 486-490.
- [16] CHEN R T, PEARSON V, SUEBKINORN O, et al. Impact of Genetic Risk Information for Cardiovascular Disease on Behavioural, Psychological Responses, and Risk Factor Modification: A Systematic Review[J]. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2024 Nov 4: zwae362.
- [17] 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.
- [18] FRIDRIKSSON J, BONILHA L, BAKER J M, et al. Activity in preserved left hemisphere regions predicts anomia severity in aphasia[J]. *Cerebral cortex* (New York, NY : 1991), 2010, 20(5): 1013-1019.
- [19] ZHANG J, SHANG D, YE J, et al. Altered coupling between cerebral blood flow and voxel-mirrored homotopic connectivity affects stroke-induced speech comprehension deficits[J]. *Frontiers in aging neuroscience*, 2022, 14: 922154.
- [20] YANG M, LI J, LI Y, et al. Altered intrinsic regional activity and interregional functional connectivity in post-stroke aphasia[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 24803.
- [21] ALLENDORFER J B, KISSELA B M, HOLLAND S K, et al. Different patterns of language activation in post-stroke aphasia are detected by overt and covert versions of the verb generation fMRI task[J]. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 2012, 18(3): Cr135-137.
- [22] XU M, GAO Y, ZHANG H, et al. Modulations of static and dynamic functional connectivity among brain networks by electroacupuncture in post-stroke aphasia[J]. *Frontiers in neurology*, 2022, 13: 956931.
- [23] KIM G, JEONG B, CHOI M, et al. Neural substrates of subcortical aphasia in subacute stroke: Voxel-based lesion symptom mapping study[J]. *Journal of the Neurological Sciences*, 2021, 420: 117266.
- [24] ZHAO Y, LAMBON RALPH M A, HALAI A D. Relating resting-state hemodynamic changes to the variable language profiles in post-stroke aphasia[J]. *NeuroImage Clinical*, 2018, 20: 611-619.
- [25] SIMS J A, KAPSE K, GLYNN P, et al. The relationships between the amount of spared tissue, percent signal change, and accuracy in semantic processing in aphasia[J]. *Neuropsychologia*, 2016, 84: 113-126.
- [26] XIE X, ZHANG T, BAI T, et al. Resting-state neural-activity alterations in subacute aphasia after stroke[J]. *Brain Sciences*, 2022, 12(5).
- [27] KIM Y W, KIM H S, AN Y S. Statistical mapping analysis of brain metabolism in patients with subcortical aphasia after intracerebral hemorrhage: a pilot study of F-18 FDG PET images[J]. *Yonsei Medical Journal*, 2012, 53(1): 43-52.
- [28] HAN Y, JING Y, LI X, et al. Clinical characteristics of post-stroke basal ganglia aphasia and the study of language-related white matter tracts based on diffusion spectrum imaging[J]. *NeuroImage*, 2024, 295: 120664.
- [29] JOHNSON J P, MEIER E L, PAN Y, et al. Abnormally weak functional connections get stronger in chronic stroke patients who benefit from naming therapy[J]. *Brain and Language*, 2021, 223: 105042.
- [30] ABEL S, WEILLER C, HUBER W, et al. Therapy-induced brain reorganization patterns in aphasia[J]. *Brain : a Journal of Neurology*, 2015, 138(Pt 4): 1097-1112.
- [31] KESER Z, MEIER E L, STOCKBRIDGE M D, et al. Thalamic nuclei and thalamocortical pathways after left hemispheric stroke and their association with picture naming[J]. *Brain Connectivity*, 2021, 11(7): 553-565.
- [32] ZHENG K, XU X, JI Y, et al. Continuous theta burst stimulation-induced suppression of the right fronto-thalamic-cerebellar circuit accompanies improvement in language performance in poststroke aphasia: a resting-state fMRI study[J]. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2022, 14: 1079023.
- [33] CHEN Q, SHEN W, SUN H, et al. Effects of mirror therapy on motor aphasia after acute cerebral infarction: a randomized controlled trial[J]. *NeuroRehabilitation*, 2021, 49(1): 103-117.
- [34] WAN C Y, ZHENG X, MARCHINA S, et al. Intensive therapy induces contralateral white matter changes in chronic stroke patients with Broca's aphasia[J]. *Brain and Language*, 2014, 136: 1-7.
- [35] ALLENDORFER J B, STORRS J M, SZAFLANSKI J P. Changes in white matter integrity follow excitatory rTMS treatment of post-stroke aphasia[J]. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 2012, 30(2): 103-113.
- [36] MENKE R, MEINZER M, KUGEL H, et al. Imaging short- and long-term training success in chronic aphasia[J]. *BMC Neuroscience*, 2009, 10: 118.
- [37] 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.
- [38] 周雨帆, 徐敏杰, 谭逸海, 等. 基于结构协变网络探索卒中后失语结构损伤特征[J]. *中国康复理论与实践*, 2022, 28(10): 1198-1204.
- [39] 樊瑞文, 李晓琳, 黄幸, 等. 基于语言双流模型的卒中后失语右脑功能网络研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(05): 572-578.
- [40] 张贺诚, 刘晶, 李小圳, 等. 静息态功能MRI观察脑梗死后失语症患者功能连接变化[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(09): 1296-1301.
- [41] 周克贵, 杨柳, 朱莹莹, 等. 脑梗死后运动性失语的局部脑功能活动强度研究[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2020, 22(02): 123-126.
- [42] 刘会茹, 王维卓, 王欣, 等. 脑梗死运动性失语患者的静息态脑功能研究[J]. *医学影像学杂志*, 2014, 24(10): 1674-1679.
- [43] 王维卓, 王美豪, 刘会茹, 等. 脑梗死运动性失语症患者静息态功能连接观察[J]. *中华医学杂志*, 2014, 94(27): 2135-2138.
- [44] 武惠香, 丘卫红, 康庄, 等. 脑卒中后运动性失语发生机制的功能磁共振成像研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36(6): 407-412.
- [45] 许光, 马晓芬, 江桂华, 等. 缺血性卒中后非流利型失语症患者静息态功能磁共振比率的波幅的研究[J]. *实用医学杂志*, 2014, 30(07): 1016-1020.
- [46] 戴燕红, 王红, 罗海龙, 等. 弱活性与强连接: 脑梗死后慢性期失语症的静息态脑功能研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(12): 1496-1504.
- [47] 邱国荣, 丘卫红, 邹艳, 等. 重复经颅磁刺激对卒中后失语语言功能重组的影响: 基于功能磁共振的研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24(6): 686-695.
- [48] 姚婧璿, 徐成, 陈红燕, 等. 卒中后失语语言和非语言认知功能相关的静息态功能磁共振成像研究[J]. *中国卒中杂志*, 2021, 16(03): 251-258.
- [49] 许超群, 朱正华, 章俊, 等. 静息态功能MRI对脑梗死后失语症语言康复效果评价[J]. *医学影像学杂志*, 2023, 33(07): 1261-1265.
- [50] 李闯, 唐海霞, 杨春燕, 等. 脑梗死后运动性失语症患者脑功能可塑性的静息态功能磁共振研究[J]. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2018, 27(6): 521-526.
- [51] 李思静, 席艳玲. 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[J]. *中国康复*, 2024, 39(09): 515-520.
- [52] 李思静, 席艳玲. Broca失语患者双侧额下回与全脑功能连接的时间变异性研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2023, 45(8): 688-694.
- [53] 位文佩, 张华, 常静玲, 等. 益髓醒神法针刺联合语言康复对卒中后失语症患者脑白质微观结构的影响[J]. *现代中西医结合杂志*, 2021, 30(35): 3877-3883.
- [54] 刘金欢, 陈军, 谭子虎, 等. 针刺联合语言康复训练治疗脑卒中失语症的疗效及功能性磁共振成像研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2013, 35(7): 552-556.
- [55] 杨建平. 镜像疗法治疗脑卒中运动性失语的效果及采用fMRI技术评价的意义[J]. *中国实用医药*, 2018, 13(15): 23-25.
- [56] BULUT T, HAGOORT P. Contributions of the left and right thalami to language: A meta-analytic approach[J]. *Brain structure & Function*, 2024, 229(9): 2149-2166.
- [57] GUO Y, XU X, LI T, et al. Dynamic functional connectivity changes associated with decreased memory performance in betel quid dependence[J]. *Addiction Biology*, 2023, 28(10): e13329.
- [58] AGGLETON J P, NELSON A J D, O'MARA S M. Time to retire the serial Papez circuit: Implications for space, memory, and attention[J]. *Neuroscience and Biobehavioral reviews*, 2022, 140: 104813.
- [59] BUBB E J, KINNAVANE L, AGGLETON J P. Hippocampal - diencephalic - cingulate networks for memory and emotion: an anatomical guide[J]. *Brain and Neuroscience Advances*, 2017, 1(1).

(收稿日期: 2024-12-27)
(校对编辑: 姚丽娜)