

·临床论著·

脑卒中后认知功能障碍患者的功能性近红外脑网络特征分析

金涛^{1,2}, 李浩正^{1,2}, 鲍春蓉³, 庄敏^{1,2}, 蔡伟强², 胡瑞萍², 吴毅^{1,2*}

1 上海中医药大学康复医学院, 上海 201203;

2 复旦大学附属华山医院, 上海 200040;

3 上海市精神卫生中心, 上海 200030

* 通信作者: 吴毅, E-mail: wuyi@fudan.edu.cn

收稿日期: 2023-12-24; 接受日期: 2024-04-21

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC2001700); 上海市科技创新行动计划课题(20412420200);

上海市临床重点专科项目(shslczdk02702)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.04005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 目的 基于功能性近红外光谱技术(fNIRS)观察不同严重程度的脑卒中后认知功能障碍(PSCI)患者脑网络激活情况及功能连接差异。**方法** 选择2020年4—11月复旦大学附属华山医院浦东院区康复科门诊及病房就诊的脑卒中患者40例,根据简易精神状态检查量表(MMSE)评分分为正常组14例、轻中度组11例、重度组15例。采用Fugl-Meyer运动功能评定量表(FMA)和功能综合评定量表(FCA)评估患者上、下肢运动功能;应用64通道fNIRS功能成像设备采集患者的静息态脑网络数据,并分析3组基于氧合血红蛋白(HbO₂)和脱氧血红蛋白(HbR)的全脑功能连通性,以及背侧注意网络(DAN)、感觉运动网络(SEN)、腹侧注意网络(VAN)、额顶网络(FPN)、默认模式网络(DMN)、视觉网络(VIS)的同源脑网络功能连接强度和异源脑网络功能连接强度的差异。**结果** ①运动功能:3组FMA、FCA运动功能评分差异均无统计学意义($P>0.05$)。②全脑功能连通性及同源脑网络功能连接强度:3组基于HbO₂、HbR的全脑功能连通性差异均无统计学意义($P>0.05$)。与正常组比较,重度组基于HbO₂的SEN区及FPN区同源脑网络功能连接强度差异有统计学意义($P<0.05$);3组基于HbR的同源脑网络各感兴趣区间差异均无统计学意义($P>0.05$)。③异源脑网络功能连接强度:与正常组比较,重度组SEN-VAN、SEN-DMN、SEN-FPN、VAN-FPN、DMN-FPN的异源脑网络功能连通强度均明显降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$);与轻中度组比较,重度组SEN-DAN、SEN-FPN的异源脑网络功能连通强度均明显降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。3组基于HbR的异源脑网络功能连接强度差异均无统计学意义($P>0.05$)。④SEN-FPN异源脑网络功能连接与MMSE、FCA认知功能评分相关性分析:MMSE评分($r=0.32, P<0.05$)和FCA评分($r=0.38, P<0.05$)与SEN-FPN异源脑网络功能连接均呈正相关关系。**结论** SEN区和FPN区同源脑网络功能连接可能对脑卒中患者认知功能有重要作用;异源脑网络功能连接模式的改变可能与脑卒中后认知功能障碍的发生与进展密切相关;SEN-FPN功能连接强度变化可能是脑卒中患者认知功能下降的潜在影像学指标。

关键词 脑卒中; 认知功能障碍; 脑网络特征; 脑网络功能连接; 功能性近红外光谱技术

脑卒中是全球第二大常见的死亡原因,也是我国成年居民致残的首要原因^[1-2]。脑卒中后认知障

碍(post-stroke cognitive impairment, PSCI)是脑卒中后常见的并发症之一。有研究显示,PSCI发病率为

引用格式:金涛,李浩正,鲍春蓉,等.脑卒中后认知功能障碍患者的功能性近红外脑网络特征分析[J].康复学报,2024,34(4):341-348.

JIN T, LI H Z, BAO C R, et al. Functional near-infrared brain network characteristics analysis in patients with cognitive impairment after stroke [J]. Rehabil Med, 2024, 34(4): 341-348.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.04005

©《康复学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 4.0 协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

24%~53.4%^[3-4],主要表现为患者在脑卒中6个月以后仍然遗留执行、注意、记忆、语言、视空间等认知功能损害症状,PSCI会降低脑卒中患者生存质量和生存时间,增加脑卒中复发风险。针对PSCI的早期识别和干预有助于延缓脑卒中患者认知功能障碍的进展^[5-8]。

PSCI的诊断需要结合影像学和神经心理学评估。神经心理学评估确定患者是否存在认知损害及严重程度,其中简易精神状态检查表^[9](mini-mental state examination, MMSE)和功能综合评定量表^[10](functional comprehensive assessment scale, FCA)是我国常用的认知功能筛查和康复评定量表^[11]。影像学技术可为鉴别诊断、预测PSCI发生提供依据,其中功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)是PSCI主要的鉴别诊断方式,可提供全脑扫描,但应排除部分体内有金属异物、使用生命支持系统、存在不自主运动等情况的PSCI患者;功能性近红外光谱(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)与fMRI同属血氧水平依赖性技术,均可用于观察血流动力学^[11-13]。fNIRS作为一种非侵入性的脑成像技术,与fMRI比较,具有时间分辨率更高、对身体运动的敏感性更低以及便携性等特点^[14],可使患者在更自然的状态下进行脑功能监测,弥补fMRI在特定情况下无法使用的不足。本研究利用fNIRS技术观察不同严重程度PSCI患者脑网络的神经活动及功能连接的差异,以期为PSCI患者

的治疗提供参考。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准 符合《中国各类脑血管疾病诊断要点2019》^[15]有关脑卒中的诊断标准,并经头颅CT或MRI确诊。

1.1.2 纳入标准 ①年龄35~80岁;②病程≥90 d;③受教育程度为初中及以上;④患者或其授权委托人知情同意,并自愿签署知情同意书。

1.1.3 排除标准 ①病情及生命体征不稳定;②无法配合完成fNIRS数据采集;③颅骨缺损或钛板修补;④合并肿瘤,严重血压升高,心、肝、肾等脏器功能重度不全。

1.2 一般资料

选择2020年4—11月在复旦大学附属华山医院浦东院区康复医学科门诊及病房就诊的脑卒中患者40例。入组前,由2名临床医师采用MMSE评分对患者进行整体认知功能评估,根据MMSE评分进行分组,MMSE评分>27分为正常组;MMSE评分10~27分为轻中度组;MMSE评分<10分为重度组。3组脑卒中类型、脑卒中部位、性别、年龄、MMSE评分和FCA认知分量表评分等一般资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表1。本研究方案经复旦大学附属华山医院伦理审查委员会审批通过,审批号:[2019]临审第(416)号,临床注册号:ChiCTR2000031149。

表1 3组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data in three groups

组别	例数	脑卒中类型		脑卒中部位				性别		年龄/(\bar{x}±s,岁)	MMSE评分/ [M(P ₂₅ ,P ₇₅),分]	FCA认知分量表评分/ [M(P ₂₅ ,P ₇₅),分]
		脑出血	脑梗死	额叶	颞叶	基底节	多发性	女	男			
正常组	14	11	3	0	0	9	5	4	10	50.86±12.64	29.14(29.00,30.00)	27.79(28.00,28.00)
轻中度组	11	6	5	1	0	5	5	2	9	58.90±10.33	18.36(14.00,23.00)	22.27(21.00,24.00)
重度组	15	6	9	0	1	3	11	4	11	55.73±10.29	2.30(0.00,4.00)	9.13(5.50,12.50)
F/χ ² /H值		4.46		9.78				0.39		1.67	34.82	35.31
P值		0.10		0.13				0.82		0.20	0.01	0.01

2 方法

2.1 观察指标

2.1.1 运动功能 采用Fugl-Meyer运动功能评定量表(Fugl-Meyer assessment scale, FMA)和FCA运动分量表评估患者的运动功能。其中,FMA评分包括上肢运动功能评分66分和下肢运动功能评分34分,评分越高,表示运动功能越好;FCA运动分量表总

分78分,分值越高表示运动功能越好。

2.1.2 基于fNIRS的脑网络特征评估

2.1.2.1 fNIRS静息态脑网络数据采集 采用64通道fNIRS功能成像设备(丹阳慧创医疗设备有限公司,型号:NirSmart)采集患者的静息态脑网络数据。fNIRS头帽光极包括24个发射探头和24个接收探头,探头与光源距离3 cm,1组相连的发射探头和接

收探头组成1个通道,基于10/20国际标准导联方案,共同组成64个通道。近红外设备向头皮表面垂直发射760、850 nm 2种不同波长的近红外光子,采样频率11 Hz,通过探头收集经脑组织散射出的光强度变化可实时检测患者大脑血流量中氧合血红蛋白(oxyhemoglobin, HbO₂)和脱氧血红蛋白(deoxyhemoglobin, HbR)的浓度变化。本研究选择64通道近红外头帽根据蒙特利尔神经研究所(Montreal Neurological Institute, MNI)坐标映射划分为6个感兴趣的脑网络区域^[16],分别为背侧注意网络(dorsal attention network, DAN)、感觉运动网络(sensorimotor network, SEN)、腹侧注意网络(ventral attention network, VAN)、额顶网络(frontoparietal network, FPN)、默认模式网络(default mode network, DMN)、视觉网络(visual network, VIS)。近红外脑功能成像采集通道与脑网络间的对应关系见图1。佩戴头帽前,受试者在舒适座位上休息5 min以保持放松状态,采集期间要求患者闭眼保持静止、放松,但不能入睡,扫描时间持续8 min。数据采集内容包括基于HbO₂和HbR的全脑功能连通性、同源脑网络功能连接强度、异源脑网络功能连接强度。

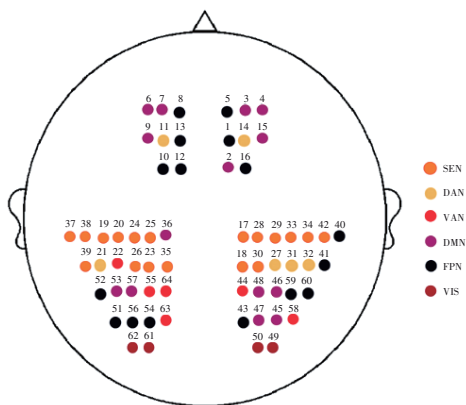


图1 fNIRS采集通道与脑网络对应关系

Figure 1 Corresponding relationship between fNIRS acquisition channels and brain network

2.1.2.2 fNIRS数据处理 采用Nirxspy工具包进行fNIRS数据处理^[17]。具体如下:

(1)fNIRS数据预处理

① 去除持续扫描8 min fNIRS前后30 s数据以保证血氧数据稳定;② 去除信号数据的运动伪迹;③ 使用0.01~0.1 Hz带通滤波过滤噪声;④ 将光强度信号转化为光密度曲线;⑤ 修正Beer-Lambert定律,得出HbO₂和HbR浓度。

(2)静息态功能连接数据分析

使用Nirxspy工具包Individual Analysis模块提取静息态数据中各ROI的HbO₂及HbR含量在各时间点的变化和在时间序列上的Pearson相关系数 r 值。将ROI相关性计算后的相关系数 r 值通过Individual Analysis模块Fisher's-Z变化转换使数据符合正态分布,并将Fisher's-Z变化后的值作为功能连通性的指标。最终分别得到受试者基于HbO₂、HbR的全脑功能连通性、同源及异源脑网络功能连接强度等观察指标。其中全脑功能连通性是指通过fNIRS获得的各感兴趣脑区活动数据之间的相关性;同源脑网络功能连接被定义为单个脑网络内部各通道的功能连接强度,异源脑网络功能连接为每2个独立网络之间的功能连接强度^[18]。由于HbO₂、HbR的光谱特性存在差异,近红外区域的吸收光谱不同,基于HbO₂的数据结果具有更高的信噪比。此外,不同于解剖连接,功能连接代表了不同脑区之间的相互作用关系,多数脑卒中患者的脑网络功能连接模式处于动态变化中,通常在患病初期呈现下降趋势,而后随着康复训练的进行而上升,在不同阶段可能呈现出不同的变化^[19]。

2.2 质量控制方法

本研究设计为单中心、双盲的横断面研究,受试者本人、数据采集人员及数据分析人员对本研究分组情况均不知情。

2.3 统计学方法

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计量资料服从正态分布以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用单因素方差分析,方差齐时组间两两比较采用LSD- t 法;若不满足正态分布以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用Kruskal-Wallis H 秩和检验,组间两两比较采用DSCF法。计数资料使用 χ^2 检验。连续变量服从正态分布、线性关系的,采用Pearson相关性分析;不符合正态分布、线性关系的,则采用Spearman相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 3组运动功能比较

3组FMA上肢/下肢运动功能评分、FMA运动功能总分、FCA运动功能评分比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 3组运动功能评分比较 $[(\bar{x}\pm s)/M(P_{25},P_{75})]$

分

Table 2 Comparison of motor function in three groups $[(\bar{x}\pm s)/M(P_{25},P_{75})]$

Scores

组别	例数	FMA评分			FCA评分
		上肢	下肢	总分	
正常组	14	31(7,56)	19(13,29)	49(19,81)	44.14±3.90
轻中度组	11	9(5,53)	13(10,23)	29(15,80)	41.36±4.49
重度组	15	10(4,38)	14(4,27)	33(8,48)	40.27±5.59
F/H值		2.39	1.74	2.87	0.18
P值		0.30	0.42	0.24	0.83

3.2 3组全脑功能连通性及同源脑网络功能连接强度比较

本研究结果显示,3组基于HbO₂、HbR的全脑功能连通性差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表3。与正常组比较,重度组基于HbO₂的感觉运动网络区 (SEN区)及额顶网络区(FPN区)的同源脑网络功能连接强度差异有统计学意义($P<0.05$);3组基于HbR的同源脑网络各感兴趣区间差异均无统计学意义($P>0.05$)。见图2。

3.3 3组异源脑网络功能连接强度比较

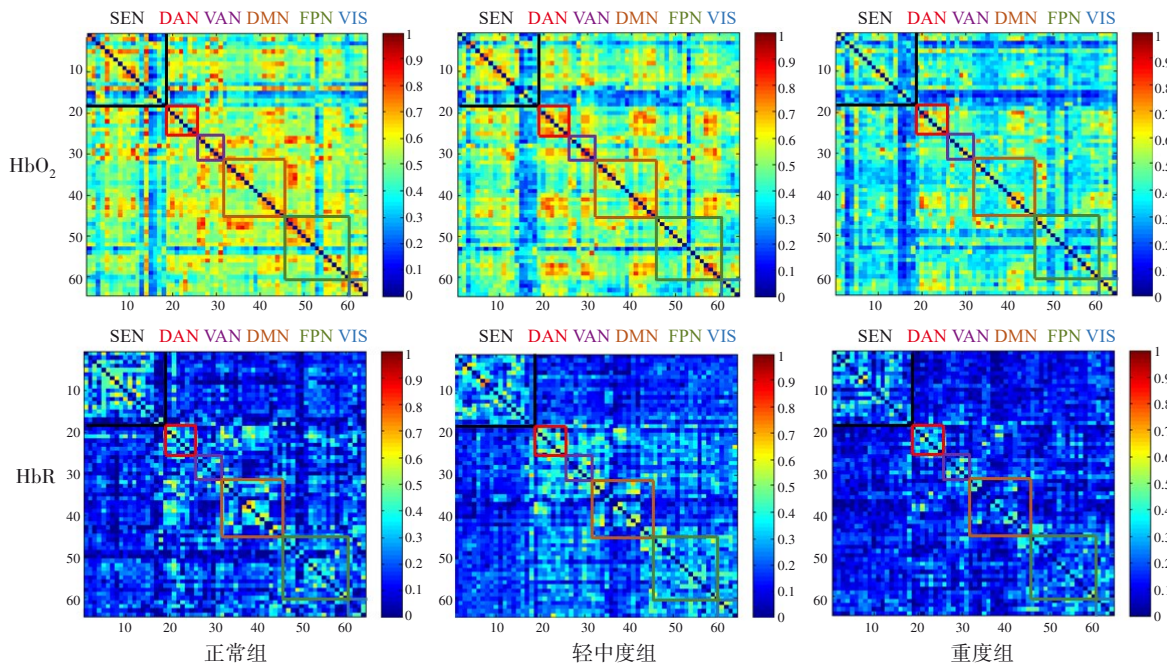
本研究结果显示,与正常组比较,重度组SEN-VAN、SEN-DMN、SEN-FPN、VAN-FPN、DMN-FPN的异源脑网络功能连通强度均明显降低,差异均具

有统计学意义($P<0.05$);与轻中度组比较,重度组SEN-DAN、SEN-FPN的异源脑网络功能连通强度均明显降低,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。见表4、图3。3组基于HbR的异源脑网络功能连接强度差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表3 3组全脑功能连通性比较 $(\bar{x}\pm s)$

Table 3 Comparison of functional connectivity of the whole brain in three groups $(\bar{x}\pm s)$

组别	例数	HbO ₂	HbR
正常组	14	0.50±0.14	0.15±0.10
轻中度组	11	0.47±0.14	0.16±0.11
重度组	15	0.39±0.13	0.12±0.09



注:红色表示功能连接程度更强,蓝色表示功能连接程度更弱。

Note: Red indicates a stronger degree of functional connectivity, and blue indicates a weaker degree of functional connectivity.

图2 3组全脑及各同源脑网络功能连接

Figure 2 Functional connectivity diagram of the whole brain and homologous brain network in three groups

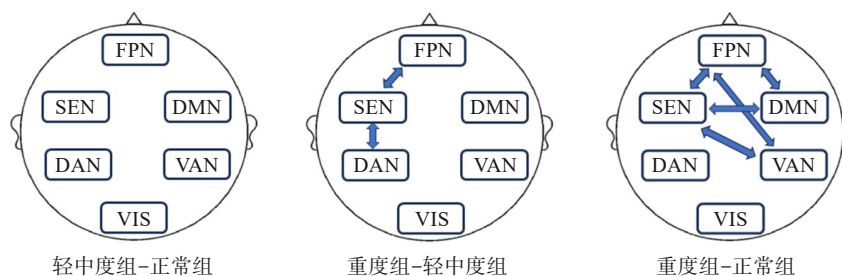
表 4 异源脑网络功能连接强度比较

Table 4 Comparison of functional connectivity strength of heterologous brain networks

组别	例数	SEN-VAN	SEN-DAN	SEN-DMN	SEN-FPN	VAN-FPN	DMN-FPN
正常组	14	0.46±0.15	0.44±0.18	0.44±0.13	0.41±0.13	0.55±0.15	0.53±0.14
轻中度组	11	0.45±0.12	0.47±0.13	0.42±0.13	0.41±0.11	0.53±0.16	0.49±0.15
重度组	15	0.33±0.15 ¹⁾	0.32±0.16 ²⁾	0.30±0.16 ¹⁾	0.29±0.14 ¹⁾²⁾	0.40±0.18 ¹⁾	0.39±0.18 ¹⁾
F值		3.68	3.66	4.46	4.47	3.34	3.27
P值		0.03	0.04	0.02	0.02	0.05	0.05

注:与正常组比较,1) $P<0.05$;与轻中度组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with the normal group, 1) $P<0.05$; compared with the mild to moderate group, 2) $P<0.05$.

图 3 3组基于HbO₂的异源脑网络功能连接图Figure 3 Functional connection diagram of HbO₂-based heterologous brain network in three groups

3.4 3组SEN-FPN异源脑网络功能连接与MMSE、FCA认知功能评分相关性分析

通过Spearman秩相关分析发现,MMSE评分($r=$

0.32, $P<0.05$)和FCA评分($r=0.38$, $P<0.05$)与SEN-FPN异源脑网络功能连接均呈正相关关系。见图4。

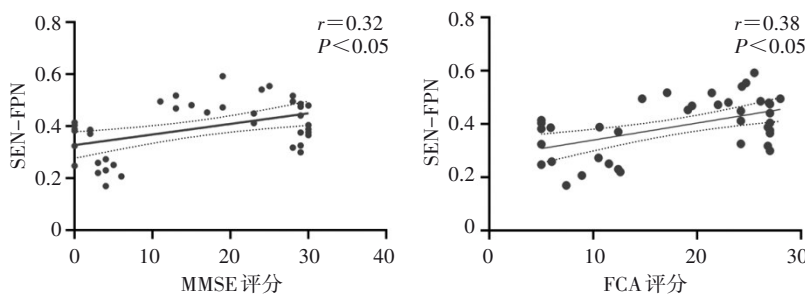


图4 MMSE、FCA认知功能评分与SEN-FPN异源脑网络功能连接相关性分析
Figure 4 Correlation analysis between MMSE, FCA cognitive function scores and heterologous functional connectivity of SEN-FPN brain network

4 讨论

4.1 SEN区和FPN区的同源脑网络功能连接可能对脑卒中患者认知功能有重要作用

本研究结果显示,与正常组比较,重度组基于HbO₂的SEN区和FPN区同源脑网络功能连接强度明显降低,提示SEN区和FPN区可能对脑卒中患者认知功能有重要作用。SEN区和FPN区脑网络活动性降低反映了重度组感觉、运动信息处理能力以及对潜在相互竞争的内外向任务的判断能力丧失或

受损。可能与以下因素有关:① FPN区主要由背外侧前额叶、背内侧上额叶、前扣带回、前下顶叶和前脑岛叶皮层等区域组成,在解剖学上介于前额叶、颞叶、顶叶之间^[19],在脑网络分布中介于背侧注意系统和默认模式网络之间,由于其所处于的独特位置,所以可以整合来自其他2个系统的信息,与高级认知功能,如决策、工作记忆以及自上而下的注意力控制密切相关^[20],并具有对潜在相互竞争的内外向任务的判断能力。本研究结果显示,重度组FPN区脑网络活动性降低,提示重度组部分高级认

知功能受损,这与另1项研究发现FPN区的全局效率在一定程度上可以预测认知功能的观点相似^[21]。② SEN区覆盖了初级运动、辅助运动、躯体感觉以及中间的扣带回皮层区域,并与丘脑的腹侧核连接^[22]。既往研究认为,SEN区主要涉及感觉输入和机体的运动响应,许多脑卒中患者可能会出现感觉或运动功能损伤,这在一定程度上与SEN区的功能紊乱有关^[23]。值得关注的是,本研究结果显示,虽然3组FMA、FCA评分差异均无统计学意义,但是fNIRS评估结果显示,重度组SEN区脑网络活动性明显降低,这提示SEN区活动性下降可能并不直接表现在患者的运动功能上。由于SEN区活动性降低带来的感觉、运动信息处理能力受损可能会进一步导致重度组脑卒中患者总体认知功能下降。因此,SEN区脑网络活动性降低对脑卒中患者认知功能的影响可能更大。

4.2 异源脑网络功能连接模式的改变可能与脑卒中后认知功能障碍的发生与进展密切相关

本研究结果显示,与正常组比较,重度组SEN-VAN、SEN-DMN、SEN-FPN、VAN-FPN、DMN-FPN的异源脑网络功能连通强度均明显降低;与轻中度组比较,重度组SEN-DAN、SEN-FPN的异源脑网络功能连通强度均明显降低,提示异源脑网络功能连接模式的改变可能与脑卒中后认知功能障碍的发生与进展密切相关。可能与以下因素有关:① SEN-FPN功能连通性下降可能反映了认知功能和运动、感觉处理之间的失衡,从而导致脑卒中患者在执行认知任务时出现困难。② 脑网络功能连接具有复杂性和多样性的特点,PSCI患者的脑网络功能连接强度的变化是一个复杂且多方面的研究领域。DMN区在静息状态下应处于活跃状态^[24],与自我内省、内部意识和自主思维等紧密相关,SEN-DMN功能连通性下降可能反映了记忆相关认知功能出现异常。SEN-VAN、VAN-FPN功能连通性下降,提示脑卒中患者在感知外部刺激和调控注意力方面的认知功能出现异常。PSCI患者早期脑网络功能连接的异常主要集中于DMN、FPN、DAN等区域,与本研究结果相似。③ PSCI患者SEN-VAN、SEN-DMN、SEN-FPN、VAN-FPN、DMN-FPN间的功能连接强度均明显降低,这种变化与轻度认知障碍(mild cognitive impairment, MCI)患者向阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)转变过程中功能连接强度升高的现象(左侧额中回、背外侧额上回等局部区域的功能连接强度升高以补偿认知功能下降)不同。

这提示,脑网络功能连接强度下降可能与特定疾病的状态有关。脑卒中后脑网络功能连接可能出现不同程度的损伤与变化(从宏观到微观、结构性损伤、细胞损伤以及分子层面变化),如脑卒中后局部神经组织结构形态损伤可能对全脑网络环路造成影响,从而引起远端脑区及关键认知区域的连接变化和损伤;脑卒中后炎症反应和血液系统改变可能会通过促炎症因子释放,破坏血脑屏障,以加快微循环障碍等方式加剧神经元自噬现象,这些因素均可能影响大脑自身修复或代偿损伤的功能。

4.3 SEN-FPN功能连接强度变化可能是脑卒中患者认知功能下降的潜在影像学指标

本研究结果显示,与正常组、轻中度组比较,重度组SEN-FPN功能连接强度明显降低,且MMSE、FCA评分与SEN-FPN功能连接强度均存在正相关关系。这提示SEN-FPN功能连接强度变化可能是患者认知功能下降的潜在影像学指标。可能与以下因素有关:① 脑卒中患者楔前叶、岛叶、上顶叶和上额叶等区域在整个脑网络中处于结构中心位置,与其他节点具有较强的相互连接^[25],这与SEN区和FPN区的解剖位置存在较多重叠区域。② 不同皮层损伤部位的脑卒中患者认知功能恢复的程度不同,邻近并参与多网络系统的区域受损可能会导致更严重和广泛的认知功能缺陷^[26]。因此,可将SEN-FPN的功能连接强度变化作为脑卒中患者认知功能下降的潜在影像学指标,在防治过程中,加强对SEN-FPN脑网络功能连接强度的监测,特别是在脑卒中患者的早期认知功能评估阶段,进行SEN-FPN脑网络功能连接性的监测和评估,可及时发现认知功能下降的风险,并采取相应的干预措施。

5 小结

本研究结果显示,SEN区和FPN区的同源脑网络功能连接可能对脑卒中患者认知功能有重要作用;异源脑网络功能连接模式的改变可能与脑卒中后认知功能障碍的发生与进展密切相关;SEN-FPN功能连接强度变化可能是脑卒中患者认知功能下降的潜在影像学指标。但本研究仍存在一些局限性:如fNIRS仅对皮层的表面进行采样,缺少皮层下区域联系的信息;样本量较小,未进行出院后随访等不足之处。未来研究可开展多中心临床随机对照试验、扩大样本量、加强出院后随访,以期为基于fNIRS了解和评估脑卒中后认知障碍的发生和发展过程提供更可靠依据。

参考文献

- [1] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019 [J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(10): 795–820.
- [2] 王亚楠, 吴思缈, 刘鸣. 中国脑卒中 15 年变化趋势和特点[J]. *华西医学*, 2021, 36(6): 803–807.
WANG Y N, WU S M, LIU M. Temporal trends and characteristics of stroke in China in the past 15 years [J]. *West China Med J*, 2021, 36(6): 803–807.
- [3] LO J W, CRAWFORD J D, DESMOND D W, et al. Profile of and risk factors for poststroke cognitive impairment in diverse ethnoregional groups [J]. *Neurology*, 2019, 93(24): e2257–e2271.
- [4] DOUIRI A, RUDD A G, WOLFE C D A. Prevalence of poststroke cognitive impairment: south London stroke register 1995–2010 [J]. *Stroke*, 2013, 44(1): 138–145.
- [5] GOTTESMAN R F, HILLIS A E. Predictors and assessment of cognitive dysfunction resulting from ischaemic stroke [J]. *Lancet Neurol*, 2010, 9(9): 895–905.
- [6] MELLON L, BREWER L, HALL P, et al. Cognitive impairment six months after ischaemic stroke: a profile from the ASPIRE–S study [J]. *BMC Neurol*, 2015, 15: 31.
- [7] KALARIA R N. The pathology and pathophysiology of vascular dementia [J]. *Neuropharmacology*, 2018, 134(Pt B): 226–239.
- [8] CHANDER R J, LAM B Y K, LIN X L, et al. Development and validation of a risk score (CHANGE) for cognitive impairment after ischemic stroke [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 12441.
- [9] JIA X F, WANG Z H, HUANG F F, et al. A comparison of the mini-mental state examination (MMSE) with the Montreal cognitive assessment (MoCA) for mild cognitive impairment screening in Chinese middle-aged and older population: a cross-sectional study [J]. *BMC Psychiatry*, 2021, 21(1): 485.
- [10] 胡永善, 吴毅, 范文可, 等. FCA 量表与 FIM 量表的比较研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2004, 19(3): 228–229.
HU Y S, WU Y, FAN W K, et al. Comparative study on FCA scale and FIM scale [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2004, 19(3): 228–229.
- [11] 范文可. 功能综合评定(FCA)量表评价脑卒中患者综合功能的研究[D]. 上海: 复旦大学, 2008: 1–17.
FAN W K. The study of the functional comprehensive assessment (FCA) for stroke patients' comprehensive function [D]. Shanghai: Fudan University, 2008: 1–17.
- [12] CUI X, BRAY S, BRYANT D M, et al. A quantitative comparison of NIRS and fMRI across multiple cognitive tasks [J]. *Neuroimage*, 2011, 54(4): 2808–2821.
- [13] PENDLEBURY S T, KLAUS S P, THOMSON R J, et al. Methodological factors in determining risk of dementia after transient ischemic attack and stroke: (III) applicability of cognitive tests [J]. *Stroke*, 2015, 46(11): 3067–3073.
- [14] HUO C C, XU G C, LI W H, et al. A review on functional near-infrared spectroscopy and application in stroke rehabilitation [J]. *Med Nov Technol Devices*, 2021, 11: 100064.
- [15] 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 2019[J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(9): 710–715.
Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Diagnostic criteria of cerebrovascular diseases in China (version 2019) [J]. *Chin J Neurol*, 2019, 52(9): 710–715.
- [16] EVANS A C, COLLINS D L, MILLS S R, et al. 3D statistical neuroanatomical models from 305 MRI volumes [A]//1993 IEEE Conference Record Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference [C]. San Francisco, CA, USA: IEEE, 1993: 1813–1817.
- [17] 邹颖, 李婧, 樊永梅, 等. 健康成人运动想象与运动执行期间的近红外脑功能成像[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2022, 47(7): 920–927.
ZOU Y, LI J, FAN Y M, et al. Functional near-infrared spectroscopy during motor imagery and motor execution in healthy adults [J]. *J Centr South Univ Med Sci*, 2022, 47(7): 920–927.
- [18] 田婧, 范晨雨, 李浩正, 等. 基于功能性近红外光谱技术的脑卒中后运动功能障碍患者脑网络功能连接研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(5): 600–605.
TIAN J, FAN C Y, LI H Z, et al. Functional connectivity in patients with motor dysfunction after stroke by functional near-infrared spectroscopy [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2022, 37(5): 600–605.
- [19] ZHANG J N, ZHANG Y, WANG L, et al. Disrupted structural and functional connectivity networks in ischemic stroke patients [J]. *Neuroscience*, 2017, 364: 212–225.
- [20] MAREK S, DOSENBACH N U F. The frontoparietal network: function, electrophysiology, and importance of individual precision mapping [J]. *Dialogues Clin Neurosci*, 2018, 20(2): 133–140.
- [21] SHEFFIELD J M, REPOVS G, HARMS M P, et al. Fronto-parietal and cingulo-opercular network integrity and cognition in health and schizophrenia [J]. *Neuropsychologia*, 2015, 73: 82–93.
- [22] YUAN R, DI X, TAYLOR P A, et al. Functional topography of the thalamocortical system in human [J]. *Brain Struct Funct*, 2016, 221(4): 1971–1984.
- [23] WU C W, LIN S, HSU L M, et al. Synchrony between default-mode and sensorimotor networks facilitates motor function in stroke rehabilitation: a pilot fMRI study [J]. *Front Neurosci*, 2020, 14: 548.
- [24] GATTUSO J J, PERKINS D, RUFFELL S, et al. Default mode network modulation by psychedelics: a systematic review [J]. *Int J Neuropsychopharmacol*, 2023, 26(3): 155–188.
- [25] ITURRIA-MEDINA Y, SOTERO R C, CANALES-RODRÍGUEZ E J, et al. Studying the human brain anatomical network via diffusion-weighted MRI and graph theory [J]. *Neuroimage*, 2008, 40(3): 1064–1076.
- [26] WARREN D E, POWER J D, BRUSS J, et al. Network measures predict neuropsychological outcome after brain injury [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2014, 111(39): 14247–14252.

Functional Near-Infrared Brain Network Characteristics Analysis in Patients with Cognitive Impairment after Stroke

JIN Tao^{1,2}, LI Haozheng^{1,2}, BAO Chunrong³, ZHUANG Min^{1,2}, CAI Weiqiang², HU Ruiping², WU Yi^{1,2*}

¹ School of Rehabilitation Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China;

² Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China;

³ Shanghai Mental Health Center, Shanghai 200030, China

*Correspondence: WU Yi, E-mail: wuyi@fudan.edu.cn

ABSTRACT Objective To observe the differences in brain network activation and functional connectivity of patients with post-stroke cognitive impairment (PSCI) of different severity using functional near-infrared spectroscopy (fNIRS). **Methods** A total of 40 stroke patients in the outpatient and inpatient Rehabilitation Department in the Pudong District of Huashan Hospital, Fudan University from April to November 2020 were recruited and divided into normal group ($n=14$), mild to moderate group ($n=11$) and severe group ($n=15$) according to the mini-mental state examination (MMSE) score. Fugl-Meyer assessment scale (FMA) and functional comprehensive assessment (FCA) were used to evaluate the motor function of upper and lower limbs; 64-channel fNIRS functional imaging device was used to collect the resting-state brain network data of patients. The whole brain functional connectivity was analyzed based on oxyhemoglobin (HbO₂) and deoxyhemoglobin (HbR). Differences in functional connectivity strengths between homologous and heterologous brain networks in dorsal attention network (DAN), sensorimotor network (SEN), ventral attention network (VAN), frontoparietal network (FPN), default mode network (DMN) and visual network (VIS) regions were analyzed. **Results** (1) Motor function: there was no significant difference in FMA and FCA scores in three groups ($P>0.05$). (2) Whole brain functional connectivity and strength of homologous brain network functional connectivity: there was no significant difference in whole brain functional connectivity based on HbO₂ and HbR in three groups ($P>0.05$). Compared with the normal group, there were significant differences in the strength of functional connectivity of the in the SEN and FPN regions of the HbO₂-based homologous brain network in the severe group ($P<0.05$), but there were no significant differences in the regions of interest of the HbR-based homologous brain network in the three groups ($P>0.05$). (3) Functional connectivity strength of heterologous brain networks: compared with the normal group, the functional connectivity of SEN-VAN, SEN-DMN, SEN-FPN, VAN-FPN and DMN-FPN in the severe group decreased significantly, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Compared with the mild to moderate group, the functional connectivity of SEN-DAN and SEN-FPN in the severe group decreased significantly, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). There was no significant difference of strength of functional connectivity based on HbR in the three groups ($P>0.05$). (4) Correlation analysis between SEN-FPN heterologous functional connectivity and MMSE, FCA scores: MMSE score ($r=0.32$, $P<0.05$) and FCA score ($r=0.38$, $P<0.05$) were positively correlated with SEN-FPN functional connectivity. **Conclusion** The SEN-FPN functional connectivity may play an important role in the cognitive function of stroke patients. Altered functional connectivity patterns of SEN-FPN may be closely related to the occurrence and progression of PSCI, and changes in functional connectivity strength of SEN-FPN may be a potential imaging indicator of PSCI.

KEY WORDS stroke; cognitive impairment; brain network characteristics; brain network functional connectivity; functional near-infrared spectroscopy

DOI:10.3724/SP.J.1329.2024.04005

(上接第340页)

Expert Consensus on Key Points of Inpatient Medical Records Documentation for Geriatric Rehabilitation Patients

Committee of Geriatric Rehabilitation of Chinese Association of Rehabilitation Medicine

*Correspondence: WANG Yulong, E-mail: Ylwang66@126.com

ABSTRACT Geriatric rehabilitation is a crucial branch of rehabilitation medicine. It is important to comprehensively and accurately document the disease diagnosis, functional assessment, rehabilitation treatment plan, rehabilitation instructions, and record functional changes during the rehabilitation process for geriatric rehabilitation patients. At present, there is no standardized protocol for documenting inpatient medical records of geriatric rehabilitation patients in rehabilitation medical institutions in China. The formulation of the "Expert Consensus on Key Points of Inpatient Medical Records Documentation for Geriatric Rehabilitation Patients" is helpful to provide guidance and reference for professionals and technical personnel engaged in geriatric rehabilitation to standardize the documentation of clinical rehabilitation records. This expert consensus mainly includes the basic principles and main contents of standardized writing of geriatric rehabilitation medical records. The main contents of rehabilitation medical records include chief complaint and present medical history, specialized rehabilitation examination, diagnosis [disease diagnosis (main diagnosis, underlying diseases, complications and comorbidities), functional diagnosis (physiological dysfunction, psychological dysfunction, activities of daily living)], rehabilitation treatment plan, medical orders [temporary medical orders (routine examination, auxiliary examination and functional assessment)], long-term medical orders (routine nursing orders of the department of rehabilitation medicine, medication orders, and rehabilitation treatment orders, etc.), progress notes, discharge records, and the first page of inpatient medical records.

KEY WORDS geriatric rehabilitation; inpatient medical records; functional diagnosis; rehabilitation treatment; expert consensus

DOI:10.3724/SP.J.1329.2024.04004