

DOI:10.13288/j.11-2166/r.2023.04.011

太极拳对慢性疲劳综合征患者功能性磁共振成像中分数低频振幅的影响

李匡时¹, 吴康¹, 李媛媛¹, 胡晓婕¹, 许天骄¹, 熊璘², 邹忆怀¹✉

1. 北京中医药大学东直门医院, 北京市东城区海运仓 5 号, 100700; 2. 北京市鼓楼中医医院

[摘要] **目的** 观察太极拳对慢性疲劳综合征(CFS)患者的疗效及对功能性磁共振成像中分数低频振幅(fALFF)的特征性影响。**方法** 招募CFS患者20例设为试验组,并选择性别、年龄与试验组差异无统计学意义的健康受试者20例设为对照组。两组受试者均接受为期4周的二十四式太极拳训练。在练习太极拳前后进行疲劳量表14(FS-14)、生活质量量表(SF-36)及匹兹堡睡眠质量指数问卷(PSQI)评分;并进行脑部功能性磁共振成像检测,分析CFS患者和健康受试者fALFF值的差异,以及两者练习太极拳前后脑fALFF值的变化和差异,并对试验组受试者练习太极拳前后FS-14量表差值与脑fALFF差值进行相关性分析。**结果** 练习前试验组FS-14评分、PSQI评分明显高于对照组,SF-36评分明显低于对照组($P<0.01$)。与练习前比较,试验组练习后FS-14评分、PSQI评分均降低,SF-36评分升高($P<0.01$);而对照组练习前后FS-14评分、PSQI评分差异无统计学意义($P>0.05$),练习后SF-36评分较练习前显著升高($P<0.05$)。与练习前比较,试验组受试者练习太极拳后fALFF值显著减弱的脑区包括左侧眶回/额极皮层、右侧前扣带回、右外侧颞叶,fALFF值显著增强的脑区包括左侧感觉运动皮层、右侧视觉皮层。试验组受试者练习前后全脑fALFF差值与FS-14评分差值呈负相关($r=-0.842, P<0.001$)。**结论** 太极拳运动可改善CFS患者疲劳状态和睡眠,提高生活质量,可能与对患者脑部感觉运动皮层、左侧额叶、右外侧颞叶、前扣带回、视觉皮层的fALFF具有特异性影响有关。

[关键词] 慢性疲劳综合征;太极拳;功能性磁共振成像;分数低频振幅

慢性疲劳综合征(chronic fatigue syndrome, CFS)又称肌痛性脑脊髓炎,其特征是严重疲劳、肌无力、睡眠障碍、神经心理功能紊乱,以及自我感觉的注意力和短期记忆障碍^[1]。CFS的病因和发病机制尚未明确,大多数研究认为其由多系统功能障碍所致^[2]。由于CFS的主要症状是严重的疲劳感,对于是否应该进行运动存在争议,但有研究表明运动疗法对于CFS症状的改善具有重要意义^[3]。英国国家健康与临床卓越研究所更新了CFS指南,强调了运动疗法在CFS治疗中的地位^[4]。太极拳是我国一项历史悠久的运动方式,不仅包含有氧运

动,同时囊括冥想和呼吸调节。一项系统评价与Meta分析^[5]表明,太极拳是目前缓解疲劳的一种有效补充替代疗法,且优于传统疗法。另有研究显示,太极拳对于纤维肌痛具有改善作用^[6],而纤维肌痛和CFS具有类似的病理生理机制^[7],提示太极拳也可能改善CFS患者的临床症状。CFS患者不仅在大脑微观结构中存在异常,其大脑功能也存在内在改变,CFS患者需要调动大脑更广泛的区域来弥补单一脑区信息处理能力上的缺失^[8]。因此,本研究观察太极拳是否能够调节CFS患者脑内与认知功能相关的脑区分数低频振幅(fractional amplitude of low-frequency fluctuation, fALFF)值,从而改善其相关脑功能。研究经北京中医药大学伦理委员会批准实施(批件号:DZMEC-KY-2019-195)。

基金项目:国家自然科学基金(82004437);北京市自然科学基金(7204277)

✉ 通讯作者:zouyihuai2004@163.com, (010)84013092

1 临床资料

1.1 一般资料

参考既往研究文献^[9]及关于功能性磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 试验样本量的叙述^[10], 最终综合确定试验组和对照组样本量各 20 例。选取 2020 年 1 月至 2021 年 12 月在北京中医药大学东直门医院康复科招募的 CFS 患者 20 例设为试验组, 由社会招募性别、年龄与试验组差异无统计学意义的健康受试者 20 例设为对照组, 纳入的 40 例受试者最终均完成试验。试验组中男性 5 例, 女性 15 例; 年龄 23~61 岁, 平均年龄 (37.47±12.14) 岁; CFS 病程 6~180 个月, 平均病程 (42.00±49.86) 个月; 平均体重指数 (BMI) (21.88±3.49) kg/m²。对照组中男性 7 例, 女性 13 例; 年龄 24~61 岁, 平均年龄 (33.31±12.46) 岁; 平均 BMI (22.98±2.83) kg/m²。两组受试者年龄、性别及 BMI 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。

1.2 诊断标准

参考美国疾病控制与预防中心制定的 CFS 的诊断标准^[11]进行临床诊断: 1) 临床无法解释清楚的慢性疲劳, 该疲劳持续或反复发作 6 个月或更长的时间; 不是长期用力的结果; 经休息后不能明显缓解; 对工作及日常行为能力有较大影响。2) 以下 8 项症状至少同时具备 4 项, 这些症状的出现也应在 6 个月以上, 但应晚于疲劳: (1) 记忆力下降明显或无法集中注意力; (2) 咽痛; (3) 颈部或腋下淋巴结肿大、触痛; (4) 肌肉痛; (5) 无红肿的多关节疼痛; (6) 一种类型新、程度重的头痛; (7) 不能解乏的睡眠; (8) 运动后的疲劳超过 24 h。1) 与 2) 条件应同时具备。

1.3 纳入标准

试验组: 1) 符合 CFS 诊断标准; 2) 年龄 25~65 岁, 男女不限, 右利手; 3) 既往无太极拳练习史; 4) 可以正常回答和填写问卷, 对试验无抵触情绪; 5) 近 1 个月来未服用精神类药物; 6) 体内无金属植入物, 无 fMRI 检查禁忌症; 7) 签署知情同意书; 8) 试验阶段中未新增其他身体异常。

对照组: 1) 性别和年龄与试验组患者差异无统计学意义, 右利手; 2) 经健康体检证实属于身体健康范围者; 3) 既往无太极拳练习史; 4) 无任何精神、神经系统家族遗传病史; 5) 从未参与过与本次试验类似的研究; 6) 试验阶段无身体异常

(如感冒、头痛、咳嗽等); 7) 近 2 个月来未服用任何兴奋性药物; 8) 体内无金属植入物, 无 fMRI 检查禁忌症; 9) 签署知情同意书。

1.4 排除标准

1) 既往被诊断为各类精神障碍, 如妄想症、神经性厌食等; 2) 合并严重心、肾、肺、肝、脑等重大疾病; 3) 严重肥胖, BMI>45; 4) 近 2 周服用扩血管药物者; 5) 妊娠期、哺乳期妇女。

1.5 剔除标准

1) 不符合纳入标准而被误入者; 2) 未按规定进行 fMRI 检查 and 安全性评价者; 3) 在 fMRI 扫描中发现严重的头颅解剖结构不对称或有明确病变者; 4) 发生严重不良事件或并发症 (如发生运动伤害不能继续练习者), 不宜继续而被中止试验者。

2 方法

2.1 干预方法

两组受试者均接受为期 4 周的二十四式太极拳训练, 参考国家体育总局推广版二十四式简化太极拳^[12]标准动作。为尽可能排除训练时间差异带来的影响, 将两组受试者太极拳训练时间和频次均设计一致, 每周均进行 2 次太极拳现场教学, 每次持续 1 h, 全程由太极拳教练带领进行太极拳训练 (7 或 8 人/组)。共训练 4 周, 合计进行 8 次训练。其余时间要求每个受试者于家中每天进行太极拳练习 30 min, 并进行录像, 后期进行电话随访以达到监督太极拳训练而保证训练质量的目的。

2.2 观察指标及方法

2.2.1 疲劳程度、睡眠质量及生活质量评价 所有受试者在练习太极拳前后均进行疲劳量表 14 (FS-14)^[13]、生活质量量表 (SF-36)^[14]及匹兹堡睡眠质量指数问卷 (PSQI)^[15]评价各 1 次。1) FS-14 分为躯体疲劳 (8 个条目) 和脑力疲劳 (6 个条目) 2 个维度, 共 14 个条目, 评分为 0~14 分, 得分越高代表疲劳程度越重。2) PSQI 包含 19 项自评和 5 项他评项目, 评分 0~21 分, 得分越高代表睡眠质量越差。3) SF-36 包括 4 个维度生理健康水平和 4 个维度心理健康水平子量表, 评分越高代表生活质量越高。

2.2.2 fMRI 数据采集 所有受试者在练习太极拳前后分别采集 2 次功能性磁共振脑成像评估。fMRI 数据采集均在北京中医药大学东直门医院核磁室完成, 仪器为 3.0T 德国西门子 (Sonata) 磁共振成像

扫描仪。静息态的参数为：回波时间=30 ms，重复时间=2000 ms，翻转角为 90° ，视野=225 mm×225 mm，矩阵=64×64，层厚 3.5 mm。T1 结构成像的参数为：重复时间=1900 ms，回波时间=2.52 ms，翻转角为 90° ，视野=250 mm×250 mm，矩阵=256×256，层厚=1 mm。受试者在平卧位休息 30 min 完全平静后，维持视听封闭状态，磁共振线圈固定，保持头位不动，连续静息态扫描 8 min。在静息状态扫描后继续加扫 T1 结构像 4 min 10 s。全部结果使用基于 Nipype1.2.2 的 fMRI Prep1.5.0 执行预处理。

1) 结构像预处理：首先对 T1 图像进行偏置场校正，然后对 T1 图像进行去颅骨处理，对去颅骨后的 T1 像组织进行脑脊液、白质和灰质的分割，最后重建大脑表面的皮层模型。2) 功能像预处理：首先生成参考像及其去颅骨后的图像，然后功能像时间序列在其原始空间内校正磁化率畸变，随后进行时间层校正、头动校正及空间滤波。参考像与之前预处理后的 T1 参考像进行基于边界的对齐。功能像时间序列被重采样到预处理后的 T1 结构像空间，重采样空间为 fsaverage5。基于预处理后的功能像文件，进行多个噪声信号的估算，主要包括以下内容：头动参数、帧位移量 (FD)、时间差分后的数据空间均方根 (DVARS) 以及从脑脊液、白质、全脑中提取的全局噪声信号及生理噪声。最终，进行功能像的刚体变换以达到体空间标准化，进行非刚体变换以达到皮层空间标准化，最后进行平滑处理。3) 统计分析：应用 DPABI (rfmri.org/dpabi) 计算每个被试 0.01~0.10 Hz 频段内的 fALFF 值并输出 fALFF 图，所有被试的 fALFF 图均进行 Fisher-Z 转换成 Z 值，两组受试者的 Z 值图进行两样本间 t 检验，两组受试者练习太极拳前后进行配对 t 检验，多重矫正采用族错误率校正，并进行 1000 次置换检验得到 $P<0.05$ 时的簇值。最终结果展示包括有统计学意义的异常簇的具体解剖位置、最高点坐标及相应的 t 值及 P 值。

2.3 统计学方法

使用 SPSS 20.0 处理临床数据资料。计量资料均符合正态分布，方差齐者用独立样本 t 检验或配对样本 t 检验，方差不齐则用 t' 检验。计数资料用例数表示，比较采用卡方检验。将试验组受试者练习太极拳前后的 FS-14 评分差值与其全脑 fALFF 图均值的差值进行 Pearson 相关性分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 两组受试者练习太极拳前后 FS-14 评分比较

表 1 示，两组受试者练习前后组间比较，试验组 FS-14 评分均明显高于对照组 ($P<0.01$)。试验组 FS-14 评分练习后较练习前明显降低 ($P<0.01$)，而对照组练习前后 FS-14 评分差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 1 慢性疲劳综合征患者及健康受试者练习太极拳

前后 FS-14 评分比较 (分, $\bar{x}\pm s$)

分组	例数	练习前	练习后	t 值	P 值
试验组	20	9.45±2.52	6.60±3.20	5.24	<0.001
对照组	20	4.60±3.93	3.45±3.23	1.35	0.192
t 值		4.64	2.84		
P 值		<0.001	0.007		

注：FS-14，疲劳量表 14。

3.2 两组受试者练习太极拳前后 SF-36 评分比较

表 2 示，两组受试者练习前后组间比较，试验组 SF-36 评分均明显低于对照组 ($P<0.01$)。两组受试者 SF-36 评分练习后均较本组练习前明显升高 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

表 2 慢性疲劳综合征患者及健康受试者练习太极拳

前后 SF-36 评分比较 (分, $\bar{x}\pm s$)

分组	例数	练习前	练习后	t 值	P 值
试验组	20	56.90±13.68	77.02±11.48	-8.64	<0.001
对照组	20	82.14±13.04	87.59±11.32	-2.77	0.012
t 值		-5.97	-2.93		
P 值		<0.001	0.006		

注：SF-36，生活质量量表。

3.3 两组受试者练习太极拳前后 PSQI 评分比较

表 3 示，试验组练习前 PSQI 评分明显高于对照组 ($P<0.01$)，练习后两组组间比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。试验组 PSQI 评分练习后较练习前明显降低 ($P<0.01$)，而对照组练习前后 PSQI 评分差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 3 慢性疲劳综合征患者及健康受试者练习太极拳

前后 PSQI 评分比较 (分, $\bar{x}\pm s$)

分组	例数	练习前	练习后	t 值	P 值
试验组	20	7.10±2.94	5.40±3.12	4.48	<0.001
对照组	20	4.70±2.25	4.55±2.01	0.47	0.643
t 值		2.90	1.02		
P 值		0.006	0.313		

注：PSQI，匹兹堡睡眠质量指数问卷。

3.4 两组受试者练习前脑fMRI检测结果比较

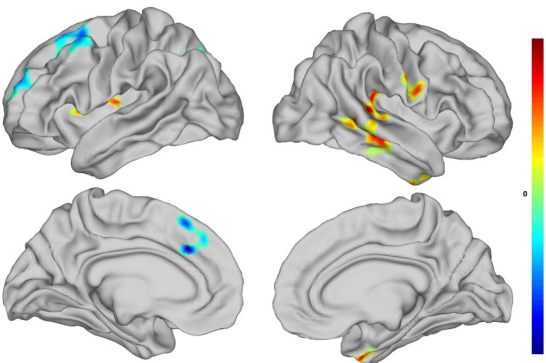
表4、图1示，练习太极拳前，与对照组比较，试验组受试者fALFF值显著降低（图1中冷色区域）的脑区包括左侧顶上小叶、左侧前扣带回、左侧背外侧前额叶，fALFF值显著升高（图1中暖色区域）的脑区包括左侧岛叶、右外侧颞叶、右侧感觉运动皮层（ $P<0.01$ ）。

3.5 试验组受试者练习前后脑fMRI检查结果比较

表5、图2示，试验组练习太极拳后与练习前比较，受试者fALFF值显著降低的脑区包括左侧眶回/额极皮层、右侧前扣带回、右外侧颞叶，fALFF值显著升高的脑区包括左侧感觉运动皮层、右侧视觉皮层（ $P<0.01$ ）。

3.6 对照组受试者练习前后脑fMRI检测结果比较

表6、图3示，健康受试者练习太极拳后脑fALFF值显著减弱的脑区包括右侧眶回/额极皮层、右侧前扣带回，fALFF值显著增强的脑区包括左侧感觉运动皮层、右侧感觉运动皮层。



注：fALFF，分数低频振幅；暖色区域代表fALFF值升高的脑区，冷色区域代表fALFF值降低的脑区，颜色越蓝fALFF值越低，颜色越红fALFF值越高。

图1 练习太极拳前慢性综合征患者较健康受试者fALFF异常的脑区

3.7 试验组受试者练习太极拳前后FS-14量表差值与脑fALFF差值相关性分析结果

试验组受试者以练习太极拳前后全脑fALFF差值为自变量，以FS-14评分差值为因变量，进行相关性分析，结果显示两者呈负相关（ $r=-0.842$ ，

表4 慢性疲劳综合征患者及健康受试者练习太极拳前脑fALFF值异常的脑区信息

脑区	半球	MNI坐标			t值	P值	表面积/mm ²
		X	Y	Z			
顶上小叶	左侧	-27	-63	29	-3.52	0.001	283
前扣带回	左侧	-21	53	24	-3.85	<0.001	298
背外侧前额叶	左侧	-19	11	55	-4.20	<0.001	249
岛叶	左侧	-37	-15	9	4.68	<0.001	175
外侧颞叶	右侧	64	-34	7	4.73	<0.001	1009
感觉运动皮层	右侧	58	0	22	3.89	<0.001	209

注：fALFF，分数低频振幅；MNI，蒙特利尔；X、Y、Z分别表示MNI坐标系对应的坐标。

表5 慢性疲劳综合征患者练习太极拳后较练习前脑fALFF值变化的脑区信息

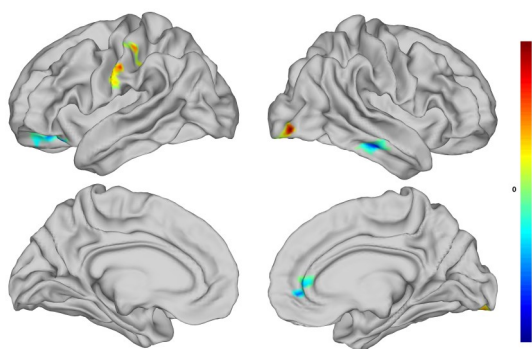
脑区	半球	MNI坐标			t值	P值	表面积/mm ²
		X	Y	Z			
感觉运动皮层	左侧	-58	-15	35	3.41	0.003	311
眶回/额极皮层	左侧	-30	28	-17	-4.02	<0.001	377
前扣带回	右侧	13	44	-2	-3.69	0.002	193
视觉皮层	右侧	38	-85	-7	4.47	<0.001	180
外侧颞叶	右侧	57	-22	-20	-4.27	<0.001	182

注：fALFF，分数低频振幅；MNI，蒙特利尔；X、Y、Z分别表示MNI坐标系对应的坐标。

表6 健康受试者练习太极拳后较练习前脑fALFF值变化的脑区信息

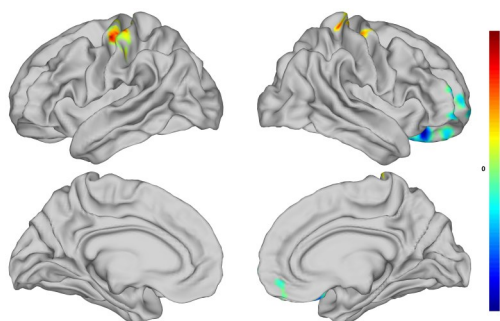
脑区	半球	MNI坐标			t值	P值	表面积/mm ²
		X	Y	Z			
感觉运动皮层	左侧	-37	-14	55	5.17	<0.001	1021
眶回/额极皮层	右侧	36	51	11	-4.59	<0.001	540
前扣带回	右侧	19	29	-20	-4.67	<0.001	557
感觉运动皮层	右侧	24	-22	53	3.79	0.001	351

注：fALFF，分数低频振幅；MNI，蒙特利尔；X、Y、Z分别表示MNI坐标系对应的坐标。



注：fALFF，分数低频振幅；暖色区域代表fALFF值高的脑区，冷色区域代表fALFF值低的脑区，颜色越蓝fALFF值越低，颜色越红fALFF值越高。

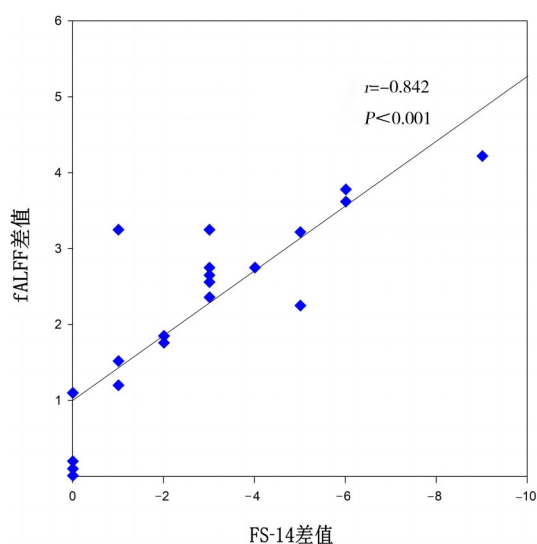
图2 慢性疲劳综合征患者练习太极拳后较练习前fALFF变化的脑区



注：fALFF，分数低频振幅；暖色区域代表fALFF值高的脑区，冷色区域代表fALFF值低的脑区，颜色越蓝fALFF值越低，颜色越红fALFF值越高。

图3 健康受试者练习太极拳后较练习前fALFF值变化的脑区

$P < 0.001$), 如图4。



注：fALFF，分数低频振幅；FS-14，疲劳量表14。

图4 慢性疲劳综合征患者练习太极拳前后脑fALFF差值与FS-14评分差值相关性分析

4 讨论

CFS可以归为中医学“虚劳”“郁证”范畴，多因饮食失节、劳逸失度、起居失常、情志不遂等损伤气血导致脏腑经脉运行失调，阴阳失衡而致CFS发病^[16]。太极拳作为我国传统运动功法，在练习过程中达到心身合一，神与舍、意与形相结合达到人与自然和谐统一。太极拳中的棚、捋、挤、按、采、捌、肘、靠“八法”对应了人体五脏六腑，在太极拳运动过程中可以通过八法的不同归经调节脏腑，改善其机能^[17]。本研究结果显示，与健康受试者相比，CFS患者在基线状态下FS-14评分、PSQI评分显著升高，SF-36评分显著下降，说明CFS患者存在明显的疲劳状态，且生活质量和睡眠质量较低。练习后CFS患者虽然较健康受试者仍存在疲劳及健康水平下降的情况，但练习太极拳后较练习前FS-14评分、PSQI评分显著下降，且SF-36评分显著升高，表明太极拳运动可改善CFS患者疲劳症状及睡眠情况，提高生活质量。

fMRI结果显示，与健康受试者相比，CFS患者左侧顶上小叶、左侧前扣带回、左侧背外侧前额叶的fALFF值降低，左侧岛叶、右外侧颞叶、右侧感觉运动皮层的fALFF值升高。顶上小叶、前扣带回、背外侧前额叶是大脑默认模式网络重要的区域^[18]，CFS患者的默认模式网络存在活动减弱的现象，这种现象将消耗大脑更多的能量而导致中枢疲劳^[19-20]。另外，岛叶、外侧颞叶、感觉运动皮层是疼痛矩阵中重要的区域，其中颞叶与肌痛性疾病相关^[21]，而CFS患者存在广泛的慢性肌痛^[22]。

与练习前比较，试验组CFS患者练习太极拳后fALFF值显著减弱的脑区包括左侧眶回/额极皮层、右侧前扣带回、右外侧颞叶。其中右外侧颞叶为基线状态下CFS患者fALFF值上升的区域，因此太极拳运动可能通过调整颞叶的局部活动改善CFS患者的脑功能。而前扣带回是默认模式网络中的重要节点，对肢体运动协调具有调节作用^[23]，同时该区域与伏隔核之间有纤维连接，此纤维参与疼痛的传导^[24]，因此右侧前扣带回fALFF值下降可能与太极拳调节CFS被试的感觉传导和运动功能相关，由于CFS患者存在中枢敏化，感觉运动相关脑区存在异常，该结果验证了太极拳可能改善CFS患者的中枢敏化现象。本研究结果还显示，练习后CFS患者fALFF值显著增强的脑区包括左侧感觉运动皮层、右侧视觉皮层。由于本研究纳入受试者均无太极拳

练习史, CFS 患者经过了视觉观察刺激, 以及训练中的运动感觉刺激, 因此大脑视觉区域与运动感觉区域活动的增加可能和整体试验过程相关。

健康受试者练习太极拳前后脑 fALFF 值变化的脑区与 CFS 患者练习前后存在差异, 这种差异主要集中在视觉皮层和颞叶。有研究显示, 太极拳运动可以通过调整颞叶的自发性活动从而调整受试者的认知功能^[25]。CFS 患者往往存在注意力难以集中的现象, 因此可能需要消耗更多能量在视觉皮层以保持注意力^[26]。对于有差异的脑区, 我们推测太极拳作为一种形神合一的干预方法, 不仅从躯体运动感觉方面干预 CFS 患者的大脑功能, 同时也影响其认知功能。相关性分析亦显示, CFS 患者练习太极拳前后全脑 fALFF 差值与 FS-14 评分差值呈负相关, 即 FS-14 评分越低 fALFF 值越高。而 fALFF 值在静息状态下较高的区域主要集中于默认模式网络区域^[27], 这可能与 CFS 患者的脑血流与代谢向健康受试者方向反转有关, 进而表明太极拳运动可能通过改善大脑功能进而改善 CFS 患者的疲劳状态。

综上所述, 太极拳运动对于 CFS 患者感觉运动皮层、左侧额叶、右外侧颞叶、前扣带回、视觉皮层的 fALFF 具有特异性影响, 可能成为后续研究的生物学靶标, 并为太极拳的中枢作用机制提供影像学支持。本研究作为一项探索性研究, 纳入样本量较少, 其次本研究没有设置如有氧运动组或其他干预措施组以说明太极拳干预的特异性, 今后需大样本的临床对照研究进行验证。

参考文献

- [1]REEVES WC, JONES JF, MALONEY E, et al. Prevalence of chronic fatigue syndrome in metropolitan, urban, and rural Georgia[J]. *Popul Health Metr*, 2007, 5: 5. doi: 10.1186/1478-7954-5-5.
- [2]DEUMER US, VARESI A, FLORIS V, et al. Myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome (ME/CFS): an overview[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(20): 4786.
- [3]CLARK LV, MCCRONE P, PESOLA F, et al. Guided graded exercise self-help for chronic fatigue syndrome: long term follow up and cost-effectiveness following the GETSET trial[J]. *J Psychosom Res*, 2021, 146: 110484. doi: 10.1016/j.jpsychores. 2021. 110484.
- [4]TURNER-STOKES L, WADE DT. Updated NICE guidance on chronic fatigue syndrome[J]. *BMJ*, 2020, 371: m4774. doi: 10.1136/bmj. m4774.
- [5]XIANG Y, LU L, CHEN X, et al. Does Tai Chi relieve fatigue? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *PLoS One*, 2017, 12(4): e0174872.
- [6]WANG C, SCHMID CH, FIELDING RA, et al. Effect of tai chi versus aerobic exercise for fibromyalgia: comparative effectiveness randomized controlled trial [J]. *BMJ*, 2018, 360: k851. doi: 10.1136/bmj. k851.
- [7]HULENS M, BRUYNINCKX F, DANKAERTS W, et al. High prevalence of perineural cysts in patients with fibromyalgia and chronic fatigue syndrome [J]. *Pain Med*, 2021, 22(4): 883-890.
- [8]SHAN ZY, FINEGAN K, BHUTA S, et al. Brain function characteristics of chronic fatigue syndrome: a task fMRI study [J]. *Neuroimage Clin*, 2018, 19: 279-286. doi: 10.1016/j. nicl. 2018. 04. 025.
- [9]NELSON T, ZHANG LX, GUO H, et al. Brainstem abnormalities in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome: a scoping review and evaluation of magnetic resonance imaging findings [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 769511. doi: 10.3389/fneur. 2021. 769511.
- [10]FRISTON K. Ten ironic rules for non-statistical reviewers [J]. *Neuroimage*, 2012, 61(4): 1300-1310.
- [11]FUKUDA K, STRAUS SE, HICKIE I, et al. The chronic fatigue syndrome: a comprehensive approach to its definition and study. International Chronic Fatigue Syndrome Study Group [J]. *Ann Intern Med*, 1994, 121(12): 953-959.
- [12]虞定海. 中国传统保健体育与养生[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2001: 92-103.
- [13]CHALDER T, BERELWITZ G, PAWLIKOWSKA T, et al. Development of a fatigue scale [J]. *J Psychosom Res*, 1993, 37(2): 147-153.
- [14]GANDEK B, WARE JE. Methods for validating and norming translations of health status questionnaires: the IQOLA Project approach. International Quality of Life Assessment [J]. *J Clin Epidemiol*, 1998, 51(11): 953-959.
- [15]BUYSSE DJ, REYNOLDS CF, MONK TH, et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research [J]. *Psychiatry Res*, 1989, 28(2): 193-213.
- [16]夏洁楠. 中医虚劳理论研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2015.
- [17]王莉, 项丽静. 太极拳与中医理论关系探讨[J]. *陕西中医学院学报*, 2006, 29(5): 4-6.
- [18]RAICHLER ME. The brain's default mode network [J]. *Annu Rev Neurosci*, 2015, 38: 433-447. doi: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030.

- [19] SHAN ZY, FINEGAN K, BHUTA S, et al. Decreased connectivity and increased blood oxygenation level dependent complexity in the default mode network in individuals with chronic fatigue syndrome[J]. *Brain Connect*, 2018, 8(1): 33-39.
- [20] ANDRE N, GASTINGER S, REBILLARD A. Chronic fatigue in cancer, brain connectivity and reluctance to engage in physical activity: a mini-review[J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 774347. doi: 10.3389/fonc.2021.774347.
- [21] SCHREIBER KL, LOGGIA ML, KIM J, et al. Painful after-sensations in fibromyalgia are linked to catastrophizing and differences in brain response in the medial temporal lobe[J]. *J Pain*, 2017, 18(7): 855-867.
- [22] NIJS J, ICKMANS K. Postural orthostatic tachycardia syndrome as a clinically important subgroup of chronic fatigue syndrome: further evidence for central nervous system dysfunctioning [J]. *J Intern Med*, 2013, 273 (5): 498-500.
- [23] BUSH G, LUU P, POSNER MI. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex [J]. *Trends Cogn Sci*, 2000, 4(6): 215-222.
- [24] SMITH ML, ASADA N, MALENKA RC. Anterior cingulate inputs to nucleus accumbens control the social transfer of pain and analgesia[J]. *Science*, 2021, 371(6525): 153-159.
- [25] ZHENG Z, ZHU X, YIN S, et al. Combined cognitive-psychological-physical intervention induces reorganization of intrinsic functional brain architecture in older adults[J]. *Neural Plast*, 2015, 2015: 713104. doi: 10.1155/2015/713104.
- [26] MIZUNO K, TANAKA M, TANABE HC, et al. Less efficient and costly processes of frontal cortex in childhood chronic fatigue syndrome [J]. *Neuroimage Clin*, 2015, 9: 355-368. doi: 10.1016/j.nicl.2015.09.001.
- [27] ZOU QH, ZHU CZ, YANG Y, et al. An improved approach to detection of amplitude of low-frequency fluctuation (ALFF) for resting-state fMRI: fractional ALFF[J]. *J Neurosci Methods*, 2008, 172(1): 137-141.

Effects of Tai Chi on Fractional Amplitude of Low-frequency Fluctuation in Functional Magnetic Resonance Imaging of Patients with Chronic Fatigue Syndrome

LI Kuangshi¹, WU Kang¹, LI Yuanyuan¹, HU Xiaojie¹, XU Tianjiao¹, XIONG Ying², ZOU Yihuai¹

1. Dongzhimen Hospital, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing, 100700; 2. Beijing Gulou Hospital of Traditional Chinese Medicine

ABSTRACT Objective To explore the effect of Tai Chi on fractional amplitude of low-frequency fluctuation (fALFF) in patients with chronic fatigue syndrome (CFS) by functional magnetic resonance. **Methods** Twenty subjects with CFS and 20 healthy subjects were recruited as observation group and control group, with no significant difference in gender and age. Both groups took 24 Form Tai Chi exercise for 4 weeks. The Fatigue Scale 14 (FS-14), the 36-Item Short Form Survey (SF-36) and the Pittsburgh Sleep Quality Index Questionnaire (PSQI) were scored before and after practicing Tai Chi. Magnetic resonance scanning was performed to analyze the difference of fALFF between CFS patients and healthy subjects, as well as the change and difference of fALFF before and after Tai Chi training. In addition, the correlation between FS-14 change before and after Tai Chi and fALFF change in CFS patients was analyzed. **Results** At baseline, compared with healthy controls, the CFS subjects had higher FS-14 score and PSQI score, as well as lower SF-36 score ($P < 0.01$). After Tai Chi practice, the FS-14 score, PSQI score were remarkably reduced and SF-36 score significantly increased in the CFS patients ($P < 0.01$), while there was no significant difference of FS-14 score and PSQI score in healthy controls ($P > 0.05$) except for the increased SF-36 score ($P < 0.05$). After Tai Chi practice, the fALFF of CFS subjects showed significant decrease in specific brain regions including left orbital gyrus/ frontopolar cortex, right anterior cingulate, and right lateral temporal lobe, as well as increase in the regions of left sensorimotor cortex and right visual cortex. Moreover, the change of fALFF before and after Tai Chi training in the subjects with CFS was negatively correlated with the change of FS-14 scores ($r = -0.842$, $P < 0.001$). **Conclusion** Tai Chi exercise can improve the fatigue and sleep condition and the quality of life in people with CFS, which may be related to its specific effect on fALFF of the sensorimotor cortex, left frontal cortex, right lateral temporal lobe, anterior cingulate gyrus, and visual cortex.

Keywords chronic fatigue syndrome; Tai Chi; functional magnetic resonance imaging; fractional amplitude of low-frequency fluctuation

(收稿日期: 2022-07-25; 修回日期: 2022-11-22)

[编辑: 邓媛]