

桩功结合有氧运动对焦虑障碍的康复效应研究

朱玉萍 苏愉钦 杨洋 罗姝来 王超 张庭然 李汉森 李运 张国栋

Rehabilitation Effect of Chan-Chuang Combined with Aerobic Exercise on Anxiety Disorder

ZHU Yuping, SU Yuqin, YANG Yang, LUO Shulai, WANG Chao, ZHANG Tingran, LI Hansen, LI Yun, ZHANG Guodong

在线阅读 View online: <http://tykx.xml-journal.net/article/doi/10.16469/J.css.2026KX006>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

有氧运动联合多感官刺激对情绪的改善效益及生理机制

The Effect and Physiological Mechanism of Aerobic Exercise Combined with Multi-sensory Stimulation on Mood Improvement

体育科学. 2025, 45(5): 51-63, 78 <https://doi.org/10.16469/J.css.2025KX034>

有氧运动结合正念防复吸联合方案对药物依赖者复吸倾向的干预研究

Effects of Aerobic Exercise Combined with Mindfulness-based Relapse Prevention Programs on the Relapse Tendency in Drug Abusers

体育科学. 2023, 43(3): 69-77 <https://doi.org/10.16469/j.css.202303007>

甲基苯丙胺成瘾者抑制控制损伤的可逆性：有氧运动的改善机制及应用研究进展

Reversibility of Inhibition Control Injury in Methamphetamine Addicts: The Research Progress of the Improvement Mechanism of Aerobic Exercise and Its Application

体育科学. 2021, 41(4): 88-97 <https://doi.org/10.16469/j.css.202104010>

有氧运动通过“脑-心”轴抑制交感神经过度激活改善心肌梗死小鼠心功能

Aerobic Exercise Improves Cardiac Function in Myocardial Infarction Mice by Suppressing Sympathetic Overactivation through “Brain-Heart” Axis

体育科学. 2024, 44(3): 30-40 <https://doi.org/10.16469/j.css.202403004>

有氧运动调节circRNAs m6A甲基化修饰改善高脂饮食小鼠心脏病理性重塑研究

Aerobic Exercise Improves Cardiac Pathological Remodeling in High-fat Diet Mice by Regulating m6A Methylation Modified circRNAs

体育科学. 2024, 44(2): 63-76 <https://doi.org/10.16469/j.css.202402006>

有氧运动改善肥胖易感大鼠食物奖赏：伏隔核CP-AMPA介导的调控机制研究

Aerobic Exercise Improves Food Reward in Obesity-prone Rats: Mediated by CP-AMPA of Nucleus Accumbens

体育科学. 2022, 42(3): 48-61 <https://doi.org/10.16469/j.css.202203005>



关注微信公众号，获得更多资讯信息



桩功结合有氧运动对焦虑障碍的康复效应研究

朱玉萍¹, 苏愉钦¹, 杨洋¹, 罗姝来¹, 王超², 张庭然¹, 李汉森³, 李运¹, 张国栋^{1*}

(1. 西南大学体育学院, 重庆 400715; 2. 新疆和田学院体育学院, 新疆和田 848099;

3. 四川农业大学体育学院, 四川雅安 625014)

摘要:目的:探究8周桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者的治疗效果,重点分析其对前额叶alpha波不对称性(frontal alpha asymmetry, FAA)的调节作用,并从行为、大脑及自主神经维度揭示其潜在机制。方法:将57例焦虑障碍患者随机分为有氧运动组、桩功结合有氧运动组和对照组,分别在基线、干预4周和8周后对所有受试者进行情绪Stroop任务、静息态脑电和心率变异性测量,并同步评估其焦虑水平。结果:1)干预后有氧运动组和桩功结合有氧运动组的焦虑自评量表(self-rating anxiety scale, SAS)评分和广泛性焦虑障碍量表(generalized anxiety disorder, GAD-7)评分均显著低于对照组,且8周效果优于4周。2)相比于对照组,干预8周后有氧运动组和桩功结合有氧运动组的标准差指数(standard deviation of normal-to-normal intervals, SDNN)、均方根差值(root mean square of successive differences, RMSSD)和高频归一化单位(high frequency component in normalized units, HFnu)均显著更高,低频归一化单位(low frequency component in normalized units, LFnu)显著更低;同时,有氧运动组和桩功结合有氧运动组的情绪Stroop任务反应时均显著短于对照组,正确率更高,且8周的效果优于4周。脑电图数据显示,基线时各组左侧前额叶alpha波(F3-alpha)均显著高于右侧前额叶alpha波(F4-alpha),即焦虑障碍患者前额叶情绪偏侧化功能失调;干预8周后,两干预组F3-alpha和F4-alpha的左右侧前额叶的alpha波趋于平衡,同时两干预组在前额叶的alpha波功率显著高于对照组,delta波、theta波和beta波功率均显著低于对照组。3)相关性分析结果显示,桩功结合有氧运动组干预8周后的前额叶区alpha波与SDNN、RMSSD、HFnu和情绪Stroop正确率均呈显著正相关,与SAS呈显著负相关,上述关联在有氧运动组中较弱,且在对照组中不显著。结论:持续8周的有氧运动和桩功结合有氧运动干预均能改善焦虑障碍患者的焦虑症状,并有效调节前额叶情绪偏侧化功能(纠正FAA失衡)、注意偏向和自主神经功能,且桩功结合有氧运动的组合方案表现出更优的康复效益。

关键词:桩功;传统功法;焦虑;有氧运动;行为;前额叶偏侧化

中图分类号:G804.8 文献标识码:A

焦虑障碍作为一种以持续性过度担忧为特征的精神障碍,具有高患病率与高致残性的特点,严重影响个体的日常功能和生活质量(Stein et al., 2008; Tyrer et al., 2006)。其病理生理机制涉及大脑多个脑区,尤其是前额叶皮层的情绪调节功能障碍,表现为对威胁刺激的注意偏向和认知控制受损(Kenwood et al., 2022)。神经电生理证据表明,焦虑障碍患者存在前额叶alpha波不对称性(frontal alpha asymmetry, FAA)的特征,即左侧前额叶alpha波功率相对增高伴活动性抑制,这与情绪调控能力下降密切相关(Adolph et al., 2017; Lin et al., 2021)。因此,纠正FAA失衡已成为治疗焦虑障碍的潜在靶点。此外,焦虑障碍患者常伴有自主神经功能紊乱,表现为心率变异性(heart rate variability, HRV)降低,反映迷走神经功能减弱和交感神经占优势,进而加重躯体症状和情绪与认知障碍(Cheng et al., 2022;

Goessl et al., 2017)。可见,焦虑障碍涉及中枢神经、自主神经及行为等多系统失调,需从整体视角进行综合干预。

运动干预,尤其是有氧运动干预作为非药物辅助治疗手段,在改善负性情绪障碍方面效果显著(孙潇等, 2024; 王志锋等, 2024; Smith et al., 2021)。在脑机制层面,有氧运动可通过增强前额叶-边缘系统的功能连接改善认知控制能力,其分子机制涉及通过促进海马及前额叶皮层的脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)

收稿日期:2025-10-13; 修订日期:2026-01-07

基金项目:西南大学横向资助项目(2508146);重庆市研究生科研创新项目(CYB25091)。

第一作者简介:朱玉萍(1998-),男,在读博士研究生,主要研究方向为脑科学与运动认知, E-mail: zhuyup9802@outlook.com。

*通信作者简介:张国栋(1979-),男,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为民族传统体育与健康促进, E-mail: lygd777@swu.edu.cn。

表达,提高神经可塑性(刘微娜等, 2025; Wang et al., 2020), 并通过调节 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)和5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)系统功能,降低杏仁核的过度激活,优化情绪加工与威胁评估的神经回路功能(付全等, 2024; Coxon et al., 2018; Malvestio et al., 2021)。此外,有氧运动可通过调节FAA增强左侧前额叶活动性,为情绪调节的神经可塑性提供证据(Wilhelm et al., 2024)。在自主神经方面,运动可提高心率变异性、增强迷走神经张力和促进交感-副交感系统动态平衡,从而有效缓解焦虑相关的高生理唤醒及躯体症状(吴尽等, 2021; Shanks et al., 2025; van der Zwan et al., 2015)。这些变化最终表现为行为改善,包括增强前额叶-顶叶网络的调控效率以增强认知灵活性,进而提高注意偏向修正。

桩功作为中国传统身心锻炼方式之一,其核心技术法在于通过静态姿势、呼吸调节和意识集中,优化身体与精神的协调状态(陈秋言等, 2024)。尽管20世纪90年代末已有学者对桩功的生理调节机制进行了初步探索(曹毅等, 1994),但受限于方法学与技术条件,相关成果未能引起学界的关注。近年来,桩功在缓解身心疲劳和改善神经系统功能方面得到了广泛关注,尤其在调节神经递质平衡、优化脑电波活动和自主神经系统的功能方面显示出一定的潜力(郭郁, 2019; 张鑫政, 2021)。如闫健等(2019)研究发现,三圆式站桩干预能显著改善焦虑状态大学生的心率变异性,表现为交感神经活性降低、副交感神经活性增强以及促进自主神经平衡,从而有助于缓解焦虑状态。尽管桩功直接应用于改善焦虑症的研究较为有限,但已有研究表明,其他类似的身心锻炼手段(如气功、太极拳、冥想和正念等)已在缓解焦虑症和改善神经系统功能方面展现出积极的效果(华正春等, 2021; 吴尽等, 2021; 张婧怡等, 2021)。然而,尽管桩功与有氧运动在干预机制上可能互补,即有氧运动侧重生理激活与神经适应性增强,桩功侧重心理生理调节与自主神经功能优化,但目前缺乏将二者结合并系统评估其影响神经电生理、自主神经及行为的协同效应研究,桩功与有氧运动在焦虑障碍群体中的综合效益有待进一步验证。

基于此,本研究旨在考察有氧运动以及桩功结合有氧运动干预2种模式对焦虑障碍患者前额叶功能、自主神经调节及注意偏向的改善效果。通过脑电图(electroencephalogram, EEG)监测前额叶脑区神经振荡活动,重点关注alpha频段功率及其不对称性变化;同步采集HRV指标以评估自主神经功能平衡状态,并结合情绪Stroop任务量化注意偏向程度。此外,通过相关性分析探究大脑活动、自主神经反应与行为表现之间的协同效应与耦合机制,旨在揭示桩功与有氧运动相结合的运动模式抗焦虑的多层次作用路径。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

招募62例焦虑症患者,所有参与者均经过严格的纳入排除标准筛选,最终将57例符合标准的患者纳入研究并进行随机分组(表1)。所有受试者均通过重庆市西南大学附属医院进行招募。参与者由精神科医生依据《精神障碍诊断与统计手册(第五版)》(*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, DSM-5*)进行面对面临床访谈以确诊。纳入标准:1)年龄范围18~50岁;2)符合DSM-5轻中度焦虑障碍的诊断标准;3)焦虑自评量表(self-rating anxiety scale, SAS)标准分 ≥ 50 分,广泛性焦虑障碍量表(generalized anxiety disorder, GAD-7)评分 ≥ 5 分;4)近6个月内未规律参加中等及以上强度的体育锻炼以及相关的运动学实验;5)视力或矫正视力正常,无色盲色弱;6)自愿参加本研究并签署知情同意书。排除标准:1)符合DSM-5其他I类精神障碍诊断标准(如抑郁症、惊恐障碍、强迫症、精神分裂症等);2)存在严重自杀倾向或风险(由经验丰富的精神科医师评估确认);3)患有严重躯体疾病等不适宜参加运动的禁忌证;4)妊娠期或哺乳期女性;5)2周内服用过抗焦虑、抗抑郁或抗精神病药物。

表1 受试者基本特征

Table 1 Basic Characteristics of the Participants

变量	有氧运动组 (n=20)	桩功结合有氧 运动组(n=19)	对照组 (n=18)	P
男/人	10	8	10	—
女/人	10	11	8	—
年龄/岁	24.85 \pm 3.13	25.32 \pm 2.94	24.83 \pm 2.77	0.851
BMI/(kg·m ⁻²)	22.79 \pm 2.98	23.25 \pm 3.29	22.79 \pm 2.31	0.853
$\dot{V}O_{2max}$ / (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	42.05 \pm 5.21	39.12 \pm 6.32	39.48 \pm 5.96	0.240

为确保受试者安全,采取以下措施:1)由精神科医生对潜在受试者进行严格评估,确保其病情稳定、适合参与运动干预,并排除高风险个体;2)研究期间,通过每周随访监测受试者情绪状态与不良反应;3)制定明确的研究中止标准,若受试者出现症状显著恶化、产生自杀意念或主动要求医疗帮助,将立即终止其参与,并转介至临床医生处接受标准治疗。本研究方案及知情同意书(明确告知风险、权利及安全措施)已获重庆市疾控预防中心伦理委员会批准(批准编号:2024-KY-039-02),所有过程遵循《赫尔辛基宣言》。

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计

本研究采用3(组别:有氧运动组、桩功结合有氧运动组、对照组) \times 3(测量时间点:基线、干预4周后、干预8周后)双因素实验设计,因变量包括EEG、HRV和情绪

Stroop 等指标;所有受试者随机分为3组:有氧运动组、桩功结合有氧运动组和对照组。受试者首先完成基线测试,包括人口统计学资料、焦虑程度评估、最大摄氧量测试、EEG 和 HRV 数据采集等;随后进入为期8周的干预实验,并分别于干预4周和8周后采集和基线测试一致的指标。最终共有57例患者被纳入数据分析,该样本量在本研究设计下的 G*power 统计检验力(1-β)达到0.97,表明实验设计具有充分性和可靠性。

1.2.2 干预方案

有氧运动组进行为期8周、4次/周、30 min/次的跑步机运动,每次干预包括2 min 热身跑(4 km/h)、25 min 匀速跑(8 km/h)、3 min(4 km/h)恢复跑;运动强度为中等强度,对应46%~63% $\dot{V}O_{2max}$ 。干预过程中,使用心率带监控强度,目标心率区间为65%~75%HR_{max}(HR_{max}=206.9-0.67×年龄)(Wang et al., 2016)。

桩功结合有氧运动组在相同的中等强度有氧运动的基础上,进行为期8周、4次/周、30 min/次的三圆式站桩训练,每周4次,每次30 min。具体流程如下:首先,在指导者监督下完成一次30 min 的三圆式站桩练习;随后休息约30 min,期间受试者安静休息、补充水分并完成简单的练习记录;最后,执行与有氧运动组相同的30 min 中等强度跑步机干预。干预均在实验室完成,且桩功与有氧运动部分于同一次到访中连续进行(Polaski et al., 2021)。桩功结合有氧运动组由经过统一培训的研究人员或具备资质的桩功教练指导练习,并按照指导手册进行记录,手册内容包括气功介绍、准备工作和注意事项、附描述和照片的操作流程、练习站桩后的正常身体反应、日常生活注意事项、确认表、气功执行情况检查表。

为量化干预剂量并验证负荷控制,对运动期间的心率数据进行监控与分析。结果显示,有氧运动组与桩功结合有氧运动组在跑步机运动期的平均心率、峰值心率及平均强度(%HR_{max})均无显著组间差异($P>0.05$),且均维持在预设的中等强度区间;桩功结合有氧运动组在桩功练习期的心率及强度指标均显著低于该组在跑步机运动期的对应值($P<0.01$),且处于静息或低强度范围,明确了桩功作为低生理负荷身心调节活动的属性(表2)。

为保障干预姿势的标准性与可控性,基于前人研究,桩功练习组的参与者需要通过“站桩标准化姿势评估表”进行动作质量的评估,涵盖头颈、躯干、四肢、呼吸与意念等关键动作标准。每项采用0~2分评分法,满分20分,≥16分判定为合格姿势(表3)。每次干预前由训练者现场评估一次,要求练习者双脚与肩同宽,膝盖微微弯曲,身体重心自然居中。双臂举至胸部水平,形状类似于环抱树干;肩膀放松,肘部放低;头部直立,目光柔和向前,下巴微微收拢;胸部保持放松并略微向内,同时上背部轻轻伸展以

保持自然的脊柱位置;缓慢深呼吸,以腹式呼吸为主。姿势应该保持稳定,不摇摆,且每次持续至少15 min,累计时长至少30 min(刘天君等, 2016; Lee et al., 2006; Yeh et al., 2006)。每次练习后慢慢站直,轻轻放松手臂至自然下垂,然后在原地休息3~5 min。

表2 干预期间运动强度监控结果

Table 2 Monitoring Results of Exercise Intensity during Intervention

指标	有氧运动组(n=20)			桩功结合有氧运动组(n=19)	
	跑步机运动期		跑步机运动期	桩功练习期	
平均心率/bpm	131.05±5.97		134.34±5.83	81.26±4.75 ^{&&}	
峰值心率/bpm	142.45±1.70		142.05±1.54	87.40±5.12 ^{&&}	
心率范围/bpm	118~144		120~144	62~106	
平均强度(%HR _{max})/%	68.9±3.2		70.7±3.1	42.3±2.5 ^{&&}	

注:桩功结合有氧运动组内,跑步机运动期与桩功练习期相比,&&P<0.01。

1.2.3 测量指标及仪器

1.2.3.1 EEG 测量

分别于基线、干预4周后及干预8周后3个时间点安静实验室内采集静息态脑电数据。为最大程度减少眼动伪迹的干扰并优化 alpha 节律等自发神经振荡的信号质量,所有数据均在闭眼状态下采集。基线数据统一于正式实验开始前的上午8时采集;干预后数据统一于一次完整的运动干预课程结束至少24 h后(或于一次未安排运动课程的静息日)的相同时段采集,以确保生理状态已完全恢复至基础水平。脑电信号经采样后离线存储以供分析。

采用无线 OpenBCI Ultracortex Mark IV 开源脑电图头盔和16通道 Cyton Daisy 生物传感板(OpenBCI Foundation, 美国)进行脑电信号采集,配合基于 MNE-Python 的定制开源数据采集软件(Glazebrook et al., 2023)。脑电信号采样率为125 Hz,并通过 Python 脚本实时加盖时间戳以确保数据同步性。参考电极位于左耳垂,接地电极位于右耳垂。采集过程中所有电极的阻抗低于5 kΩ,且均采用干梳式头皮表面电极以优化信号采集效率,同时确保测试过程的舒适性。选取的指标为前额叶平均化后的 delta 波(0.5~4 Hz)、theta 波(4~8 Hz)和 beta 波(13~30 Hz),并重点关注左侧前额叶(F3)和右侧前额叶(F4)电极点的 alpha 波(8~13 Hz),即 F3-alpha 波和 F4-alpha 波。

1.2.3.2 HRV 测量

分别于基线、干预4周后及干预8周后3个时间点采集受试者的 HRV。基线数据在正式实验开始前采集,将电极片分别贴于受试者的左前腋处和右锁骨中线处;干预后的数据与 EEG 测试同步进行,测试时长为5 min。要求受试者安静坐于椅子上,身上无电子设备及金属仪器,周围环境保持安静并无其他电子设备干扰。

表3 站桩标准化姿势评估表

Table 3 Standardized Chan-Chuang Posture Assessment Form

评估维度	具体要求	评分标准
头部与颈椎	头顶虚领、下颌微收、颈椎自然中正	0分: 头部明显前倾、后仰或歪斜; 颈部僵硬或完全松弛; 1分: 大致保持中正, 但略有紧张或松懈; 2分: 完全符合标准, 头顶有向上微提之意, 下颌自然内收, 颈椎放松且中正
眼神	目视前方或轻闭, 眼神柔和, 神气内敛	0分: 目光涣散、呆滞或东张西望; 若闭眼则眼皮抖动或紧皱; 1分: 能保持目视前方或轻闭, 但眼神不够柔和, 或有轻微游离; 2分: 目光平静、柔和、内敛, 或闭眼时神态安宁
肩肘手位置	肩沉肘垂, 双臂呈环抱状于胸前, 手掌略向内拢	0分: 耸肩、抬肘明显; 手臂姿势僵硬或松散, 未成环抱状; 1分: 基本姿势正确, 但肩、肘、手腕一处略有紧张或位置不准确; 2分: 肩关节完全放松下沉, 肘部自然下垂, 双臂圆撑, 手掌放松内拢, 整体呈环抱姿势
胸背状态	含胸拔背, 脊柱自然中正	0分: 挺胸驼背或过度含胸; 脊柱歪斜或僵直; 1分: 大体做到含胸拔背, 但不够自然, 或有轻微紧张感; 2分: 胸部微含, 背部舒展, 脊柱保持自然的生理曲度, 处于放松且中正的稳定状态
腰胯部	松腰坐胯, 骨盆居中稳定	0分: 腰部紧绷或前突后挺; 胯部紧张, 骨盆明显前倾或后倾; 1分: 腰部能放松, 但骨盆有轻微晃动; 2分: 腰部放松, 胯部如坐高凳, 骨盆稳定居中, 重心垂直下沉
双膝双脚	膝微屈、不过足尖, 双脚与肩同宽、脚心虚空	0分: 膝盖过直或弯曲过度超过脚尖; 双脚距离过宽或过窄; 脚掌紧压地面; 1分: 膝微屈和双脚位置基本正确, 但膝盖略有紧张或脚掌未能放松; 2分: 膝盖放松微屈, 不超过足尖; 双脚平稳, 与肩同宽, 脚掌及脚趾均放松
呼吸节奏	自然深长, 腹式呼吸为主	0分: 呼吸短促、紊乱、明显憋气, 或完全是胸式呼吸; 1分: 呼吸自然, 但不够深长均匀; 腹式呼吸不明显或时有时无; 2分: 呼吸自然、缓慢、深长, 以腹部起伏为主导的腹式呼吸稳定、流畅
姿势保持能力	动作不晃动、不疲软	0分: 身体有明显或持续的晃动; 或因乏力而姿势变形等; 1分: 有轻微、短暂的晃动, 或后期出现轻微疲软但能主动调整; 2分: 姿势稳定, 无明显晃动; 在评估时段内能持续保持姿势结构, 不显疲软
整体协调性	姿态自然松稳, 身心合一	0分: 身体僵硬不协调; 神情紧张或心思涣散, 身心分离感明显; 1分: 姿势各部分能协调, 但略显刻意或不自然; 身心基本安定, 偶有分神; 2分: 整体姿态自然、放松、稳定, 注意力集中于身体感受, 达到身心合一的松稳状态
站桩时长	单次稳定站立 ≥ 15 min, 累计时长 ≥ 30 min	0分: 单次无法坚持15 min, 或累计未达30 min; 1分: 单次达到15 min, 但过程中因姿势明显变形而多次中断调整; 或累计总时长刚好达标; 2分: 单次稳定持续 ≥ 15 min且姿势达标, 并轻松完成单日累计 ≥ 30 min的总任务

HRV数据采用国产HRV监测系统(HeaLink-R211B, 中国)收集。设备的带宽为0.5~40 Hz, 采样频率为400 Hz, V5-导, 测量电极为Ag/AgCl的一次性ECG电极片。测量指标主要包括: 1)时域指标, 标准差指数(standard deviation of normal-to-normal intervals, SDNN)、均方根差值(root mean square of successive differences, RMSSD); 2)频域指标, 低频归一化单位(low frequency component in normalized units, LFnu)、高频归一化单位(high frequency component in normalized units, HFnu)、低频功率(low frequency power, LF)与高频功率(high frequency power, HF)。LFnu=LF/(LF+HF), HFnu=HF/(LF+HF)。

1.2.3.3 情绪 Stroop 任务

情绪 Stroop 任务采用心理学编程软件 PsychoPy-2022.1.2 设计与呈现, 用于评估受试者对负性情绪词汇的注意偏向。根据前人的研究基础(焦江丽等, 2017), 任务刺激材料包括20个负性情绪词汇(如“焦虑”“崩溃”“负债”“失眠”“裁员”“冲突”等)和20个中性词汇(如“毛巾”“楼梯”“信封”“日历”“雨伞”“钥匙”等)。每个词汇以红、

绿、蓝、黄4种颜色之一随机呈现, 词汇内容与颜色之间无语义关联。正式实验共包含40个试次, 每个试次中词语随机出现。要求受试者忽略词语的语义内容, 仅依据词语的颜色迅速且准确地进行按键反应: 红色按“←”, 绿色按“↑”, 蓝色按“↓”, 黄色按“→”。每个试次最长呈现时间为2000 ms, 若受试者在2000 ms内未作出反应, 则自动进入下一试次。正式实验开始前, 所有受试者须完成一组练习任务以确保理解实验要求, 练习阶段正确率达到70%以上方可进入正式实验。任务过程中仅记录正式实验阶段的反应时与正确率, 用于后续行为学分析。情绪 Stroop 任务的采集时间与EEG和HRV相同, 任务以灰色屏幕中央呈现1个红色“+”开始, 采集过程中要求受试者注意力集中, 保持周围环境安静, 具体的实验流程如图1所示。

1.2.3.4 焦虑程度测量

为评估受试者的焦虑症状严重程度及其变化, 采用2种广泛使用的标准化自评量表SAS和GAD-7进行测量。分别于基线、干预4周后及干预8周后3个时间点进行测量, 每次测量均在安静独立的实验环境中统一进行。主试

首先向受试者简要说明问卷填写要求, 强调其根据最近 4 周内的实际感受作答。受试者独立完成 2 份问卷的填写, 整个过程约需 5~10 min。完成后, 问卷由主试当场回收并核查。SAS 共 20 个条目, 采用 1~4 分 4 级评分, 各条目得分相加后乘以 1.25 取整数部分得到标准分, 标准分范围为 0~100 分, 分数越高表示焦虑水平越高; GAD-7 共 7 个条目, 采用 0~3 分 4 级评分, 总分范围 0~21 分, 分数越高表示焦虑症状越严重。所有数据均由双人独立录入, 并进行交叉比对与不一致核查, 最终依据原始记录修正, 以形成统一准确的分析数据集。

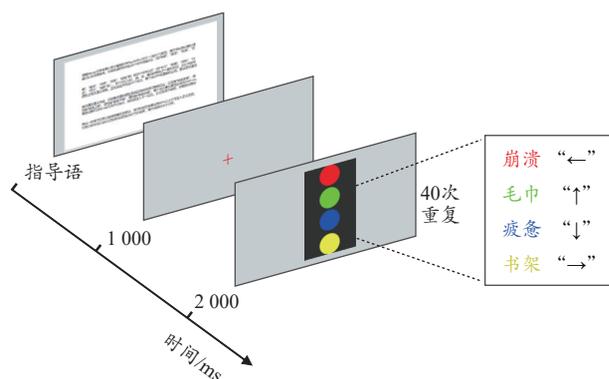


图 1 情绪 Stroop 任务流程图

Figure 1. Flowchart of the Emotional Stroop Task

1.2.4 数据处理与分析

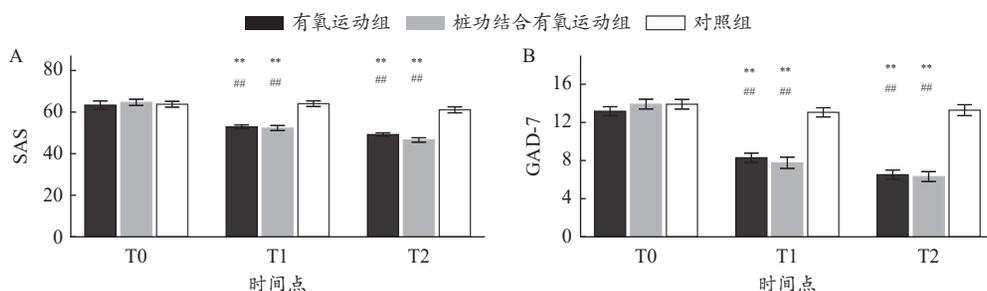
原始 EEG 数据采用 MNE-Python 库进行预处理与分析。采用独立成分分析 (independent component analysis, ICA) 自动识别并剔除眼动、肌电等生理伪迹, 对清理后的静息态数据, 通过快速傅里叶变换 (fast fourier transform,

FFT) 或 Welch 法计算各频段的相对功率和绝对功率。同时, 对前额叶 alpha 波进行时频分解以考察能量变化, 并绘制 alpha 波频段的功率地形图以直观展示脑区激活模式。此外, 对 3 组受试者的人口统计学变量及基线得分采用描述性统计及单因素方差分析; 对 HRV、情绪 Stroop 任务行为数据 (反应时、正确率) 以及临床问卷 (SAS、GAD-7) 评分, 采用双因素重复测量方差分析, 考察主效应及交互效应, 使用 Bonferroni 校正进行事后检验; 对 EEG、HRV、Stroop 反应时和正确率及 GAD-7、SAS 总分进行 Pearson 相关性分析。统计检验的显著水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者焦虑水平的影响

对焦虑障碍患者干预前后的焦虑水平进行重复测量方差分析。1) SAS 方面, 时间差异分析结果表明, 有氧运动组及桩功结合有氧运动组在 4 周和 8 周后的 SAS 评分均显著低于基线 ($P < 0.01$)。尤其是 8 周后, 有氧运动组 (48.44 ± 3.47) 和桩功结合有氧运动组 (45.86 ± 4.44) 的 SAS 评分均低于 50 分, 焦虑水平恢复至正常。组间差异分析结果表明, 有氧运动组及桩功结合有氧运动组在 4 周和 8 周后的 SAS 评分均显著低于对照组 ($P < 0.01$)。2) GAD-7 的结果与 SAS 相似, 有氧运动组及桩功结合有氧运动组在 4 周和 8 周后的 SAS 评分均显著低于基线和对照组 ($P < 0.01$)。同时, 有氧运动组 (6.40 ± 2.16) 和桩功结合有氧运动组 (6.21 ± 2.23) 的 GAD-7 评分低于 10 分, 降低至轻度焦虑水平 (图 2)。



与基线相比, ** $P < 0.01$; 与同期对照组相比, ## $P < 0.01$; T0.基线; T1.干预 4 周后; T2.干预 8 周后; 下同。

图 2 干预前后受试者 SAS 和 GAD-7 得分的差异

Figure 2. Differences in SAS and GAD-7 Scores before and after Intervention

2.2 桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者注意偏向的影响

对焦虑障碍患者在干预前后情绪 Stroop 任务的反应时和正确率进行重复测量方差分析。1) 反应时方面, 有氧运动组及桩功结合有氧运动组的反应时均显著低于基线 ($P < 0.01$), 且显著低于对照组 ($P < 0.01$)。2) 正确率方面, 干预 4 周时两干预组的正确率与基线、对照组相比均无显著差异 ($P > 0.05$); 干预 8 周后, 桩功结合有氧运动组的

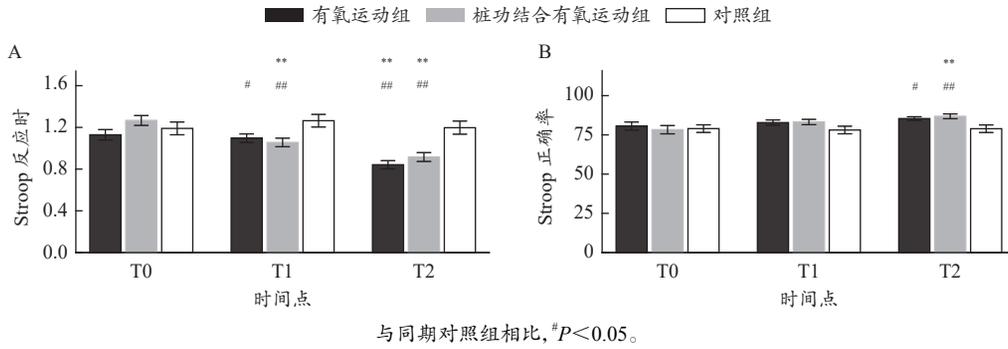
Stroop 任务正确率在时间与组别的交互效应上显著 ($P < 0.01$), 而有氧运动组仅组别主效应显著 ($P < 0.05$) (图 3)。

2.3 桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者 HRV 的影响

对焦虑障碍患者 HRV 指标进行重复测量方差分析, 结果显示, 2 种干预均能有效改善自主神经功能, 但效果存在差异。1) SDNN 方面, 有氧运动组和桩功结合有氧运动组在干预 4 周和 8 周后 SDNN 评分显著高于基线 ($P < 0.01$),

且均显著高于同期对照组($P<0.01$)。2)RMSSD方面,干预4周后(44.97 ± 7.56),有氧运动组的RMSSD得分显著高于基线(34.18 ± 16.42 ; $P<0.01$),在8周后(38.14 ± 10.30)虽高于基线但无显著差异;桩功结合有氧运动组则在干预4周(41.74 ± 9.87)和8周(47.95 ± 10.33)后的RMSSD评分均显著高于基线(33.80 ± 17.09 ; $P<0.01$)。3)HFnu方面,

时间与组别主效应均显著,两干预组在第4周和第8周时的HFnu均显著高于基线($P<0.01$),并显著高于同期对照组($P<0.01$)。4)LFnu方面,与HFnu的变化相反,两干预组的LFnu在第4周和第8周时的LFnu评分均显著低于基线($P<0.01$),且显著低于同期的对照组($P<0.01$)(图4)。



与同期对照组相比, # $P<0.05$ 。

图3 干预前后受试者 Stroop 任务反应时和正确率的差异
Figure 3. Differences in Reaction Time and Accuracy of the Stroop Task before and after Intervention

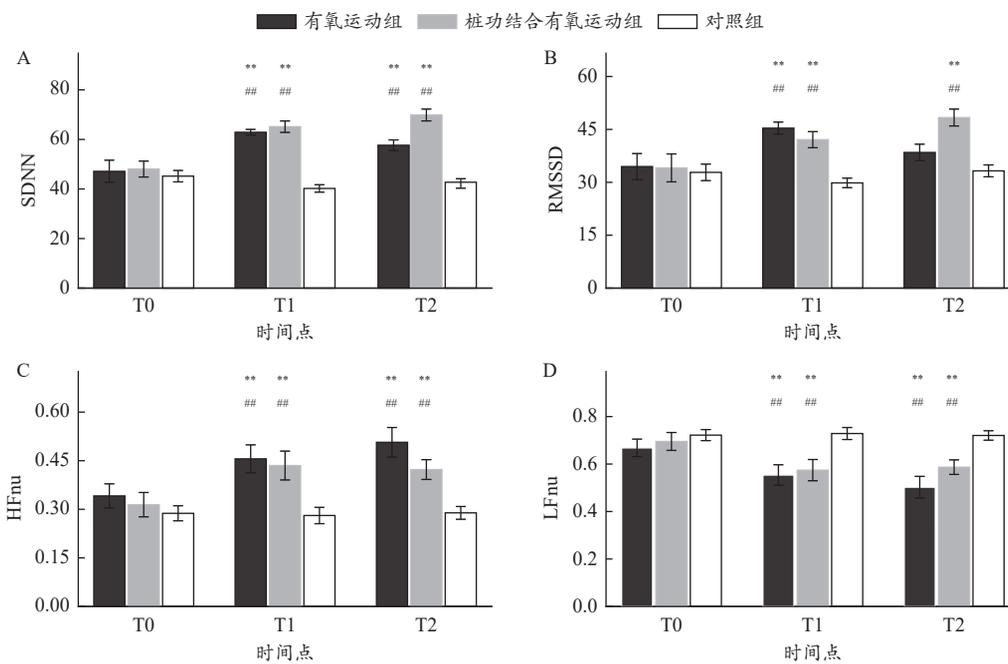


图4 干预前后受试者 HRV 的差异

Figure 4. Changes in HRV at before and after Intervention

2.4 桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者脑激活水平的影响

2.4.1 前额叶脑激活水平的差异

对前额叶 delta 波、theta 波、alpha 波和 beta 波的功率进行平均化处理,并进行重复测量方差分析发现:1)delta 波方面,干预8周后有氧运动组($P<0.01$)和桩功结合有氧运动组($P<0.001$)的 delta 波功率均显著降低,但在干预4周时无显著差异。2)theta 波方面,干预4周和8周后,有氧运动组($P<0.001$)和桩功结合有氧运动组($P<0.05$)的 theta 波功率均显著降低。3)alpha 波方面,干预4周后,仅有氧运动组 alpha 波功率显著升高($P<0.001$);干预8周

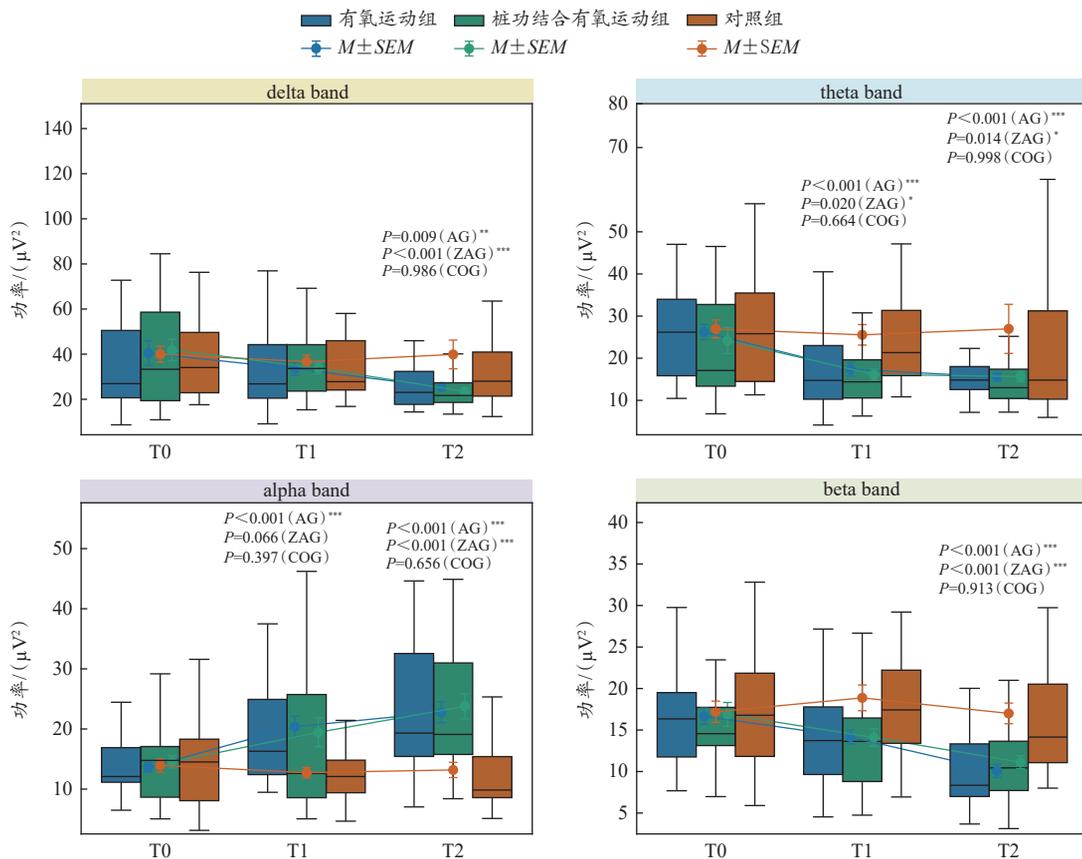
后,两干预组的 alpha 波功率均显著升高至正常水平($P<0.001$)。4)beta 波方面,干预4周后,两干预组的 beta 波功率均无显著变化,但在干预8周后均显著降低($P<0.001$)。在4种频段的波形中,对照组在干预4周和8周后均无显著变化(图5)。

2.4.2 FAA 前额叶 alpha 波不对称性

以时间和组别为自变量, F3-alpha 波和 F4-alpha 波功率为因变量,进行重复测量方差分析,用于评估不同的干预措施对焦虑障碍患者前额叶脑电活动的影响。结果显示:1)基线时,所有组别均表现出左侧前额叶 alpha 波功率

显著高于右侧的特征($P<0.01$),符合焦虑障碍患者前额叶活动抑制偏侧化的神经生理表现。其中,有氧运动组基线时不对称性极显著($P<0.001$),有氧结合桩功组和对照组也呈现显著不对称性($P<0.01$)。2)干预4周后,有氧运动组[左侧:(20.95 ± 12.20) μV^2 ,右侧:(19.81 ± 9.79) μV^2 ; $P=0.718$]和桩功结合有氧运动组[左侧:(19.88 ± 16.38) μV^2 ,右侧:(19.01 ± 13.51) μV^2 ; $P=0.859$]的前额叶 alpha 波功率不对称性均无显著差异,提示短期运动干预已促进偏侧化模式趋于正常。而对照组在干预4周后仍显著不对称[左侧:(14.87 ± 5.71) μV^2 ,右侧:(10.60 ± 3.76) μV^2 ; $P=$

0.013]。3)干预8周后,两干预组的前额叶 alpha 波功率进一步升高,接近正常水平,且有氧运动组[左侧:(23.63 ± 11.21) μV^2 ,右侧:(21.92 ± 10.74) μV^2 ; $P=0.627$]和桩功结合有氧运动组[左侧:(22.68 ± 13.23) μV^2 ,右侧:(24.86 ± 12.53) μV^2 ; $P=0.606$]的 FAA 仍保持无显著差异状态,表明8周的运动干预进一步巩固了前额叶情绪调节神经回路的平衡状态。而对照组在8周后仍存在一定的不对称性($P=0.046$),且 alpha 波功率水平始终低于干预组[左侧:(15.74 ± 9.39) μV^2 ,右侧:(10.63 ± 4.16) μV^2 ; 图 6]。



与基线相比, * $P<0.05$, *** $P<0.001$; AG: 有氧运动组; ZAG: 有氧结合桩功组; COG: 对照组; 下同。

图 5 干预前后受试者 delta、theta、alpha、beta 波功率的差异

Figure 5. Differences in Delta, Theta, Alpha, and Beta Band Power before and after Intervention

基于脑电地形图中 alpha 功率的拓扑分布(图 7),基线时所有组别均显示出前额区 alpha 波功率左侧偏高的空间模式,与 FAA 统计分析结果一致,符合焦虑障碍左侧前额叶激活不足的神经生理表现。干预4周后,桩功结合有氧运动组的前额区 alpha 波活动已表现出左右均衡的分布趋势,有氧运动组虽仍然呈现一定的左侧优势,但较基线期有所减弱。干预8周时,桩功结合有氧运动组前额叶 alpha 波功率双侧分布进一步趋于对称,有氧运动组也呈现类似趋势,而对照组在整个干预期间地形图模式未发生显著改变,始终呈现出前额区 alpha 波功率左侧偏高的模式(图 7)。差异时频的分析结果则从时频动态角度提供

了佐证(图 8)。结果显示,两干预组在8周后前额叶区域均表现出 alpha 频段时频特性的显著改变,具体表现为静息状态下 alpha 节律稳定性增强、能量分布对称性提高,且该效应在桩功结合有氧运动组中更为突出。这表明,2种干预模式不仅调节了 alpha 振荡的平均功率,也优化了其时间动态特性,进一步确认了运动对神经振荡功能的调控作用,其中桩功结合有氧运动干预的效果更为显著(图 8)。

2.5 桩功结合有氧运动干预8周后焦虑障碍患者的 EEG、HRV、行为及焦虑水平的关联

相关性分析显示,不同干预方案下各系统指标间的关联模式存在显著差异。1)桩功结合有氧运动组前额

叶 alpha 波功率与多项 HRV 指标呈协同变化,其中与 SDNN($r=0.81, P<0.01$)、RMSSD($r=0.61, P<0.01$)及 HFnu ($r=0.52, P<0.05$)均呈显著正相关;在行为层面, alpha 功率与情绪 Stroop 任务正确率呈显著正相关($r=0.49, P<0.05$);临床焦虑方面, alpha 功率与 SAS($r=-0.49, P<0.05$)呈显著

负相关。2)有氧运动组 alpha 功率与 HFnu($r=0.64, P<0.01$)呈显著正相关,与 LFnu($r=-0.64, P<0.01$)呈显著负相关,但其关联强度和协调性整体弱于桩功结合有氧运动组。3)对照组未发现 alpha 功率与 HRV、行为或焦虑指标间存在显著关联(表 4)。

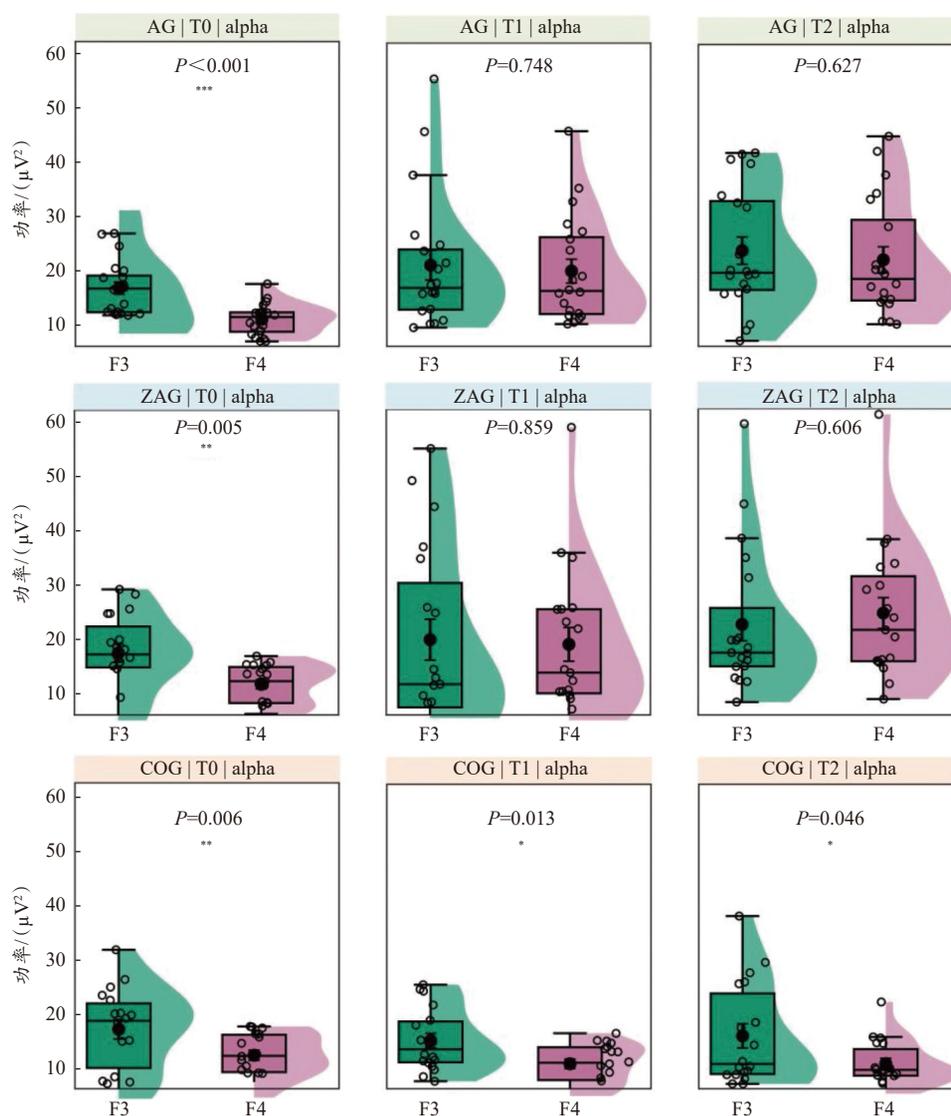


图 6 干预前后受试者前额叶 alpha 波功率的差异

Figure 6. Differences in Prefrontal Alpha Band Power at before and after Intervention

3 讨论

本研究采用的桩功(三圆式站桩)源于中国传统身心锻炼体系,其核心是“调身、调息、调心”三者的协同,即通过特定的静态姿势(调身)施加低强度身体负荷,结合深慢的腹式呼吸(调息),并将注意力持续集中于身体内在感受(调心)(李全海等, 2024; 刘天君等, 2016; 吕嘉轩, 2021)。在现代运动科学范畴内,这属于一种典型的整合性身心干预,而非单纯的身体锻炼或冥想练习(Chuang et al., 2017; Li et al., 2023)。这种复合属性可能为其在多系统中发挥调节作用提供了基础。

3.1 桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者焦虑症状、认知行为及自主神经功能的综合改善效应

焦虑障碍以持续性的过度担忧为核心特征,并伴随自主神经功能紊乱(如心悸、出汗)及对威胁刺激的注意分配异常等,继而造成情绪调节障碍与行为功能受损(Stein et al., 2008; Tyrer et al., 2006)。研究表明,有氧运动作为非药物干预手段能有效改善焦虑、抑郁等负性情绪(付全等, 2024; 黄煜州等, 2025; 王志锋等, 2024),且中等强度有氧运动的改善效果最佳(王少堃等, 2022);而桩功练习也可通过其“调心”效应显著缓解焦虑抑郁情绪,其机制涉及

改善形体平衡、增强大脑 alpha 波活动与同步化, 以及调节 NF- κ B 等信号通路及相关基因的表达(郭郁, 2019)。本研究结果支持上述观点, 即桩功结合有氧运动和单独有氧运动干预均能显著降低焦虑障碍患者的焦虑症状, 其中 GAD-7 评分由中度焦虑降至轻度焦虑水平, 未恢复至正常范围。SAS 和 GAD-7 测量结果趋势一致但程度存在差异, 可能

源于其评估侧重点不同, SAS 关注焦虑的躯体化症状(叶瑞繁等, 2013), GAD-7 则更符合 DSM 诊断标准的心理症状(曲珊等, 2015)。同时, 也可能与干预时长尚未完全满足部分患者的康复需求有关, 未来研究可进一步延长干预周期。提示, 随着干预周期的延长, 桩功结合有氧运动干预可能对降低焦虑障碍患者焦虑水平的效果更优。

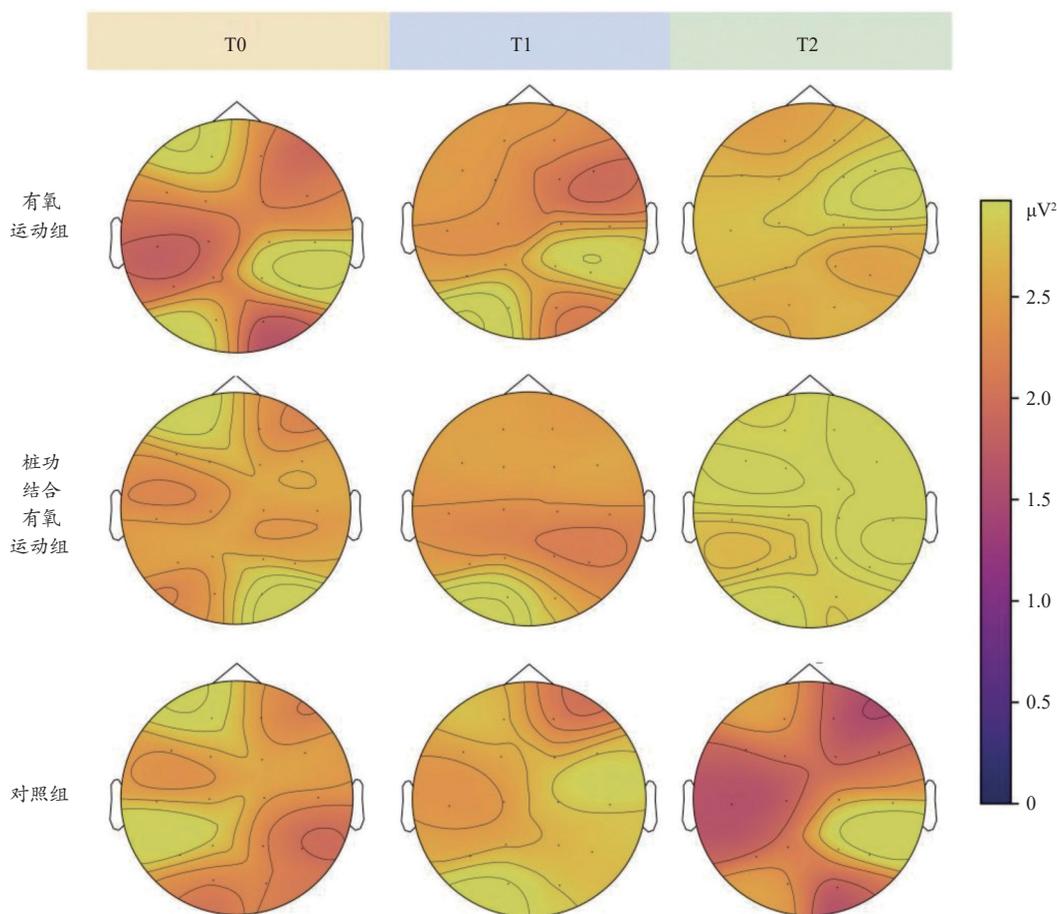


图 7 干预前后受试者前额叶 alpha 波变化的地形图

Figure 7. Topographic Maps of Prefrontal Alpha Band Power Changes at before and after Intervention

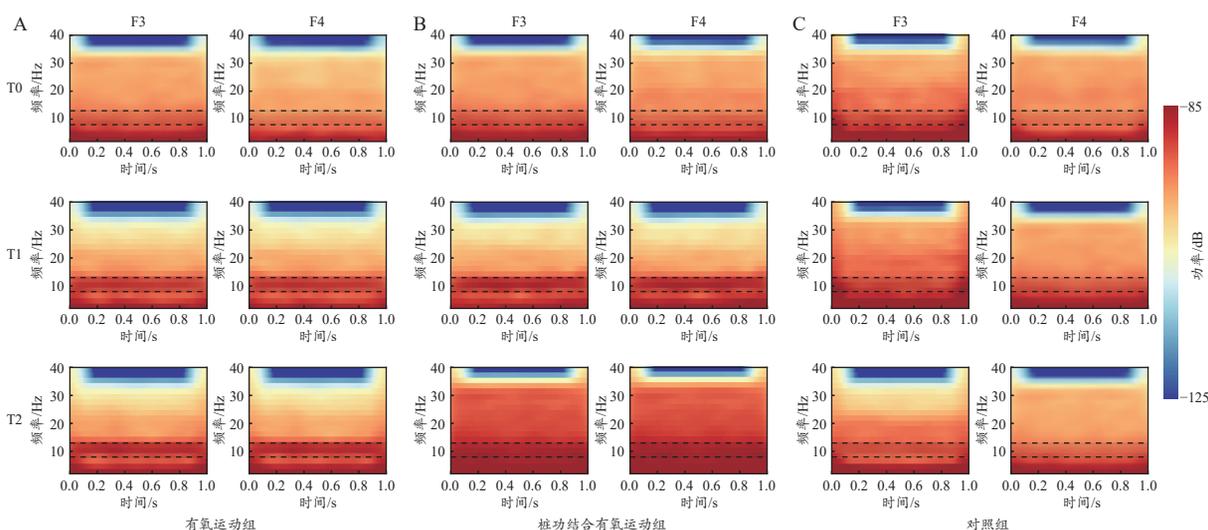


图 8 F3-alpha 波、F4-alpha 波功率在不同时刻的差异时频图

Figure 8. Time-Frequency Representations of F3-alpha and F4-alpha Power at Different Time Points

在认知行为方面,干预有效修正了焦虑相关的注意偏向障碍。其中,桩功结合有氧运动在提升任务正确率方面优势更显著。这可能是由于桩功强调“调息”与“调心”,要求个体持续集中注意力以维持对身体和呼吸状态的感受,增强了前额叶-顶叶网络的认知控制功能(Macleod, 2023),从而能够更有效地抑制无关刺激(负性词汇情绪意义)的干扰,优先处理任务目标(颜色命名)。如Chen等(2019)研究发现,为期10d的桩功干预可显著提升亚急性期中风住院患者生活质量的生理和心理维度,其改善可能与减轻神经功能缺损、增强肌力、调节自主神经平衡及缓

解焦虑等有关。Lyu等(2021)的研究进一步佐证,8周的站桩干预可显著缓解大学生的焦虑状态,其机制与调节脑电活动、心率变异性以及增强身心信号协同性有关。提示,桩功强调的“调息”与“调心”作用,可能通过增强前额叶调节功能及提升迷走神经张力,进一步优化脑电节律协调性、自主神经平衡与认知行为,从而在单纯有氧运动改善体能的基础上,附加调节中枢-外周的互动机制,更全面缓解焦虑症状。因此,在运动干预方案中整合桩功训练,可进一步增强对焦虑障碍患者情绪功能的改善效益。

表4 桩功结合有氧运动组、有氧运动组和对照组在基线至8周过程中各变量变化差异的相关性分析

Table 4 Correlation Analysis of Changes in Variables from Baseline to Week 8 among the Aerobic Exercise, Combined Aerobic and Changchuan, and Control Groups

组别	变量	F3_alpha	F4_alpha	SDNN	RMSSD	LFnu	HFnu	Stroop_t	Stroop_a	GAD	SAS
桩功结合有氧运动组	F3_alpha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	F4_alpha	0.87 ^{&&}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	SDNN	0.81 ^{&&}	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—
	RMSSD	0.61 ^{&&}	0.56 ^{&}	-0.27	—	—	—	—	—	—	—
	LFnu	-0.03	-0.04	0.15	0.19	—	—	—	—	—	—
	HFnu	0.52 ^{&}	0.04	0.85 ^{&&}	-0.19	-1.00 ^{&&&}	—	—	—	—	—
	Stroop_t	0.34	0.44	0.35	-0.14	-0.20	0.20	—	—	—	—
	Stroop_a	0.49 ^{&}	0.47 ^{&}	-0.36	0.05	-0.02	0.02	-0.06	—	—	—
	GAD-7	0.26	0.01	0.24	0.06	0.41 ^{&}	-0.14	0.10	-0.16	—	—
	SAS	-0.49 ^{&}	-0.48 ^{&}	-0.37	-0.34	0.01	-0.01	-0.32	-0.10	-0.13	—
有氧运动组	F3_alpha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	F4_alpha	0.56 ^{&}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	SDNN	-0.26	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—
	RMSSD	-0.34	-0.32	0.06	—	—	—	—	—	—	—
	LFnu	-0.64 ^{&&}	0.35	-0.10	-0.52 ^{&}	—	—	—	—	—	—
	HFnu	0.64 ^{&&}	-0.35	0.10	0.52 ^{&}	-1.00 ^{&&&}	—	—	—	—	—
	Stroop_t	-0.21	-0.34	-0.01	0.07	-0.21	0.21	—	—	—	—
	Stroop_a	-0.00	-0.12	-0.01	-0.03	0.00	-0.00	0.13	—	—	—
	GAD-7	0.26	0.15	-0.52 ^{&}	-0.39	0.19	-0.16	-0.15	-0.03	—	—
	SAS	0.30	0.15	-0.56 ^{&}	-0.27	0.10	-0.10	0.06	-0.17	0.28	—
对照组	F3_alpha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	F4_alpha	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	SDNN	-0.15	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—
	RMSSD	-0.18	-0.02	0.38	—	—	—	—	—	—	—
	LFnu	-0.20	-0.32	0.27	-0.60 ^{&&}	—	—	—	—	—	—
	HFnu	0.20	0.32	-0.27	0.60 ^{&&}	-1.00 ^{&&&}	—	—	—	—	—
	Stroop_t	0.22	-0.08	-0.17	-0.12	-0.33	-0.27	—	—	—	—
	Stroop_a	0.14	0.24	-0.09	-0.03	0.11	0.37	0.28	—	—	—
	GAD-7	0.29	0.08	-0.11	0.28	-0.22	-0.23	0.24	-0.38	—	—
	SAS	0.19	-0.02	0.07	0.33	0.29	0.20	-0.13	-0.18	0.24	—

注: &P<0.05, &&P<0.001; Stroop_t情绪Stroop任务反应时; Stroop_a情绪Stroop任务正确率。

在自主神经功能方面,焦虑障碍患者普遍存在自主神经功能失调,表现为交感神经活动过度激活与迷走神经功

能减退(Paniccia et al., 2017; Wang et al., 2023)。干预后,桩功结合有氧运动干预在提升心率变异性的RMSSD方面表

现出更持续且显著的效益。RMSSD 是反映迷走神经张力的重要时域指标, 代表心脏自主神经快速调节的能力(黄煜州等, 2024; Bourdillon et al., 2022)。这一结果凸显了桩功独特的生理调节机制, 其呼吸模式能够直接刺激迷走神经, 增强其输出张力, 从而更有效地促进副交感神经系统活动, 改善应激恢复能力(闫健等, 2019; Lyu et al., 2021)。上述研究结果提示, 桩功结合有氧运动干预在改善焦虑障碍患者的焦虑症状、注意偏向及自主神经功能方面, 较单一有氧运动表现出更全面的效益。

3.2 桩功结合有氧运动对焦虑障碍患者前额叶神经活动的调节效应

焦虑障碍患者常伴随前额叶脑区功能异常, 有氧运动可通过增强后扣带皮层及背内侧前额叶的神经活动(王东石等, 2024), 促进自我参照与认知-注意力网络的协调, 进而有效改善社交焦虑障碍患者的负面自我认知和焦虑症状(Goldin et al., 2012)。Yuk 等(2025)研究发现, 6 周有氧运动与抗阻运动均可缓解焦虑和抑郁症状, 且有氧运动对焦虑症状的改善效果更显著。此外, 焦虑症患者通常呈现前额叶功能偏侧化失调的模式(Lin et al., 2021; Zsigo et al., 2025)。本研究结果进一步佐证, 有氧运动和桩功结合有氧运动干预均可有效调控焦虑障碍患者的前额叶脑电活动, 并纠正焦虑障碍患者 FAA 的失衡, 这一改善可能与运动促进神经营养因子(如 BDNF)的释放、增强神经可塑性, 以及桩功特有的“调息”与“调心”作用对前额叶-边缘系统环路调控效益的加强有关(曹毅等, 1994; Holmes, 2014)。此外, Thayer 等(2000)提出的神经-内脏整合模型(neurovisceral integration model)为理解这种改善提供了理论基础, 该模型强调前额叶作为高级认知和情绪调节中枢, 通过抑制性通路对皮层下情绪中枢(如杏仁核)和脑干的心血管调节中心进行“自上而下”的调控, 最终通过迷走神经影响心脏活动, 实现生理与情绪的协同调节。前期相关研究也指出, 瑜伽、冥想等身心练习可显著改善成人的神经可塑性、自主神经功能(尤其副交感活性)、心理状态及认知效率, 其作用机制可通过神经-内脏整合模型等理论框架予以解释(Campelo et al., 2025)。此外, Ahuja 等(2025)的研究也发现, 瑜伽休息术干预可显著降低高血压患者的收缩压和舒张压, 并提高 HRV, 其机制可能与增强自主神经调节能力有关, 并可通过神经-内脏整合模型予以解释。本研究进一步将上述机制延伸至桩功结合有氧运动的复合干预模式中, 为身心锻炼改善焦虑障碍的理论与实践提供了新模式和实证依据。

神经-内脏整合模型指出, 前额叶与心脏自主神经活动存在密切的功能耦合, 这种“脑-心互动”在健康人群、甲基苯丙胺依赖症及心血管疾病患者中已得到验证(王坤等, 2022; Deng et al., 2022), 然而在焦虑障碍群体中的研究

仍较有限。上文已揭示了规律的有氧运动及结合桩功干预可分别改善前额叶偏侧化功能、修正注意偏向并恢复自主神经平衡, 最终缓解焦虑症状。然而, 桩功结合有氧运动干预促进焦虑障碍患者康复的背后是否存在大脑、心脏以及行为之间的关联性尚不清楚。基于此, 本研究分析了 EEG、心率变异性与行为指标间的相关性, 结果发现, 相比于有氧运动组和对照组, 桩功结合有氧运动干预后前额叶 alpha 功率与 HRV 指标及认知行为任务的正确率呈正相关, 与焦虑得分呈负相关。需要指出的是, alpha 波功率升高反映的是神经调节功能的正常化而非单纯抑制, 焦虑障碍患者基线时表现为前额叶神经调节功能紊乱, 而干预后 alpha 功率的升高表明神经振荡趋于协调和稳定, 这与情绪调节能力的改善相一致(Monni et al., 2022; Siciliani et al., 1975)。研究表明, 前额叶神经活动可通过调节迷走神经张力影响心脏自主神经功能(Holzman et al., 2017; Lane et al., 2009), 而注意力调节与心率变异性密切相关(Thayer et al., 2009); 迷走神经激活与前额叶区域更大的皮质厚度(Mather et al., 2018), 以及在注意力测试中更好的任务表现相关(王坤等, 2022; Stenfors et al., 2016)。故本研究推测, 桩功结合有氧运动干预改善焦虑障碍患者的焦虑症状与前额叶情绪偏侧化调节功能优化和迷走神经张力增强存在关联。这一发现与神经-内脏整合模型的理论预测相一致, 为运动结合桩功干预焦虑障碍的机制提供了新的证据。

3.3 不足与展望

本研究存在一定的局限性。首先, 本研究验证了桩功结合有氧运动对焦虑障碍具有协调改善效应, 但其内在的神经生理与分子机制尚未完全阐明。未来研究可结合神经影像技术(如功能磁共振成像和功能性近红外光谱)和血液生物标志物(如皮质醇、BDNF、内啡肽等)等多模态数据深化机制研究。其次, 本研究主要聚焦于有氧运动与桩功的结合干预效果, 未纳入其他的身心锻炼手段作为对照。未来研究可考虑将正念、冥想或太极拳等身心锻炼手段作为对照组, 并比较不同运动模式(如有氧结合抗阻运动、抗阻运动和高强度间歇训练等)的效果差异。设计更为细致和全面的实验方案, 以评估现代常规运动模式、身心锻炼方法及二者整合对焦虑障碍的影响。此外, 本研究主要关注客观生理与行为指标, 虽通过练习手册收集了受试者主观体验的描述性资料, 但未采用标准化的即时评估工具(如视觉模拟量表)对桩功练习过程中的情绪状态、专注度或身心感受进行系统量化。未来研究可引入体验取样法(ecological momentary assessment)等生态化评估技术, 动态捕捉练习期间的心理生理变化, 从而更精细地揭示桩功“调身”与“调心”作用的即时耦合过程。最后, 本研究关注长期干预后的效应, 未对桩功或有氧运动练习过程

中的大脑活动进行实时监测。未来研究可采用“状态-过程”研究范式,同步记录练习期间的神经振荡动态变化,并将其与练习后的长期静息态改变及主观体验相关联,从而更完整地描绘从“即时状态反应”到“长期特质改变”的作用通路。

4 结论

为期8周的桩功结合有氧运动和有氧运动均能有效缓解焦虑障碍患者的焦虑症状、注意偏向、自主神经功能和脑电波功率异常,且效果优于4周。2种干预方案均能在4周时显著提升注意偏向任务的正确率以及心率变异性的RMMSD评分,但仅桩功结合有氧运动方案能将这一效应维持至8周,且桩功结合有氧运动方案在研究指标的改变量方面均优于单纯的有氧运动方案,即联合组的干预效果优于单一有氧运动方案组和对照组。

作者贡献声明:

朱玉萍:实验实施,数据采集与分析,论文撰写与修改;苏愉钦:实验实施,数据采集与分析;杨洋:实验实施,数据整理,文献调研;罗姝来:数据采集,受试者管理;王超:数据分析;张庭然:数据分析与呈现,结果核校;李汉森:论文修改;李运:数据分析,论文修改;张国栋:总体指导与监督,研究资源协调,论文审阅与修改。

参考文献:

曹毅,杨斯环,杨秦飞,等,1994.对练站桩功者脑电频谱变化的观察[J].中国中西医结合杂志(11):643-646.

陈秋言,邹灿,万李,等,2024.站桩功的中医理论诠释[J].中国运动医学杂志,43(7):587-591.

付全,唐雅欣,2024.有氧运动与经颅磁刺激对青少年抑郁症的临床干预效果[J].上海体育大学学报,48(5):94-102.

郭郁,2019.三圆式站桩功“调心”效应缓解抑郁状态的生理及基因表达机制研究[D].北京:北京中医药大学.

华正春,孙健,2021.身心练习对大学生焦虑、抑郁和压力影响的实验研究[J].广州体育学院学报,41(1):95-102.

黄煜州,何晓龙,尤敏莎,等,2024.身体锻炼联合多感官刺激对心理健康影响的系统综述[J].中国体育科技,60(9):61-70.

黄煜州,郑哲,张丹璇,等,2025.有氧运动联合多感官刺激对情绪的改善效益及生理机制[J].体育科学,45(5):51-63.

焦江丽,刘毅,闻素霞,2017.不同熟练类型双语者情绪 Stroop 中的自动化情绪通达[J].心理学报,49(9):1150-1157.

李全海,金玉柱,陈保学,等,2024.太极拳架的构造、蕴化理义与生命学意涵[J].中国体育科技,60(8):88-97.

刘天君,章文春,2016.中医气功学:第4版[M].北京:中国中医药出版社.

刘微娜,章森,何文柯,等,2025.靶向神经精神疾病的精准干预:运动因子的发掘、应用与转化[J].上海体育大学学报,49(3):35-51.

吕嘉轩,2021.应用多尺度熵算法分析站桩及顺腹式呼吸训练的心身协同效应[D].北京:北京中医药大学.

曲姗,胜利,2015.广泛性焦虑量表在综合医院心理科门诊筛查广泛性焦虑障碍的诊断试验[J].中国心理卫生杂志,29(12):939-944.

孙潇,金雨薇,刘荣,等,2024.急性运动对负性情绪信息有意遗忘的影响[J].体育科学,44(1):69-77.

王东石,雒绍琛,肖娇娇.有氧运动对甲基苯丙胺使用障碍患者心理渴求和计划功能的急性影响[J].中国体育科技,60(12):25-34.

王坤,张庭然,李艳,等,2022.脑-心互动视角下运动锻炼对冰毒依赖者的康复效应研究:来自 EEG 和 HRV 的关联性证据[J].体育科学,42(12):43-54.

王少堃,王世强,王一杰,等,2022.运动对抑郁症的影响及其神经生物学机制研究进展[J].中国全科医学,25(27):3443-3451.

王志锋,薛海红,王逢云,等,2024.体育运动改善焦虑的潜在机制:注意偏向的中介与调节[J].中国体育科技,60(11):61-71.

吴尽,王骏昇,贾坤,等,2021.正念训练对优秀射箭运动员比赛期焦虑的影响:来自 HRV 的证据[J].首都体育学院学报,33(6):649-655.

闫健,翟向阳,魏泽仁,等,2019.三圆式站桩干预焦虑状态大学生诱发心率变异性效应的分析[J].北京中医药大学学报,42(7):555-559.

叶瑞繁,耿庆山,陈剑,等,2013.3种焦虑评定量表在综合医院门诊患者中的应用比较[J].中华行为医学与脑科学杂志,22(3):271-273.

张婧怡,李振,肖涛,2021.中医养生功法影响大学生焦虑和抑郁症状的 META 分析[J].现代预防医学,48(23):4324-4330.

张鑫政,2021.三圆式站桩协同顺腹式呼吸调节脑区情绪反应的 ERP 效应研究[D].北京:北京中医药大学.

ADOLPH D, MARGRAF J, 2017. The differential relationship between trait anxiety, depression, and resting frontal α -asymmetry[J]. J Neural Transm (Vienna), 124(3): 379-386.

AHUJA N, PATHANIA M, MOHAN L, et al., 2025. The effect of Yoga nidra intervention on blood pressure and heart rate variability among hypertensive adults: A single-arm intervention trial[J/OL]. Cureus, 17(1): e77717[2025-10-31]. <https://>

- doi.org/10.7759/cureus.77717.
- BOURDILLON N, YAZDANI S, VESIN J, et al., 2022. RMSSD is more sensitive to artifacts than frequency-domain parameters: Implication in athletes' monitoring[J]. *J Sports Sci Med*, 21(2): 260-266.
- CAMPELO G, DE ARAÚJO J R, ARISTIZABAL J P, et al., 2025. Long-term effects of Yoga-based practices on neural, cognitive, psychological, and physiological outcomes in adults: A scoping review and evidence map[J/OL]. *BMC Complement Med Ther*, 25(1): 92[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1186/s12906-025-04825-x>.
- CHEN C H, HUNG K S, CHUNG Y C, et al., 2019. Mind-body interactive qigong improves physical and mental aspects of quality of life in inpatients with stroke: A randomized control study[J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 18(8): 658-666.
- CHENG Y C, SU M I, LIU C W, et al., 2022. Heart rate variability in patients with anxiety disorders: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Psychiatry Clin Neurosci*, 76(7): 292-302.
- CHUANG T, Y YEH M L, CHUNG Y C, 2017. A nurse facilitated mind-body interactive exercise (Chan-Chuang qigong) improves the health status of non-Hodgkin lymphoma patients receiving chemotherapy: Randomised controlled trial[J]. *Int J Nurs Stud*, 69: 25-33.
- COXON J P, CASH R F H, HENDRIKSE J J, et al., 2018. GABA concentration in sensorimotor cortex following high-intensity exercise and relationship to lactate levels[J]. *J Physiol*, 596(4): 691-702.
- DENG S Y, WANG Q, FAN J J, et al., 2022. Correlation of circadian rhythms of heart rate variability indices with stress, mood, and sleep status in female medical workers with night shifts[J]. *Nat Sci Sleep*, 14: 1769-1781.
- GLAZEBROOK A J, SHAKESPEARE-FINCH J, ANDREW B, et al., 2023. Posttraumatic growth EEG neuromarkers: Translational neural comparisons with resilience and PTSD in trauma-exposed healthy adults[J/OL]. *Eur J Psychotraumatol*, 14(2): 2272477[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1080/20008066.2023.2272477>.
- GOESSL V C, CURTISS J E, HOFMANN S G, 2017. The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: A meta-analysis[J]. *Psychol Med*, 47(15): 2578-2586.
- GOLDIN P, ZIV M, JAZAIERI H, et al., 2012. Randomized controlled trial of mindfulness-based stress reduction versus aerobic exercise: Effects on the self-referential brain network in social anxiety disorder[J/OL]. *Front Hum Neurosci*, 6: 295[2025-10-31]. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00295>.
- HOLMES P V, 2014. Trophic mechanisms for exercise-induced stress resilience: Potential role of interactions between BDNF and galanin[J/OL]. *Front Psychiatry*, 5: 90[2025-10-31]. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2014.00090>.
- HOLZMAN J B, BRIDGETT D J, 2017. Heart rate variability indices as bio-markers of top-down self-regulatory mechanisms: A meta-analytic review[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 74(Pt A): 233-255.
- KENWOOD M M, KALIN N H, BARBAS H, 2022. The prefrontal cortex, pathological anxiety, and anxiety disorders[J]. *Neuropsychopharmacology*, 47(1): 260-275.
- LANE R D, MCRAE K, REIMAN E M, et al., 2009. Neural correlates of heart rate variability during emotion[J]. *Neuroimage*, 44(1): 213-222.
- LEE T I, CHEN H H, YEH M L, 2006. Effects of chan-chuang qigong on improving symptom and psychological distress in chemotherapy patients[J]. *Am J Chinese Med*, 34(1): 37-46.
- LI H S, WANG C, HUANG X M, et al., 2023. Chan-Chuang and resistance exercise for drug rehabilitation: A randomized controlled trial among Chinese male methamphetamine users[J/OL]. *Front Public Health*, 11: 1180503[2025-10-31]. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1180503>.
- LIN I M, CHEN T C, LIN H Y, et al., 2021. Electroencephalogram patterns in patients comorbid with major depressive disorder and anxiety symptoms: Proposing a hypothesis based on hypercortical arousal and not frontal or parietal alpha asymmetry[J]. *J Affect Disord*, 282: 945-952.
- LYU J X, WEI Y L, LI H Y, et al., 2021. The effect of three-circle post standing (Zhanzhuang) qigong on the physical and psychological well-being of college students: A randomized controlled trial[J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 100(24): e26368[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026368>.
- MACLEOD C, 2023. The attention bias modification approach to anxiety: Origins, limitations, and opportunities[J]. *Am J Psychiatry*, 180(5): 328-330.
- MALVESTIO R B, MEDEIROS P, NEGRINI-FERRARI S E, et al., 2021. Cannabidiol in the prefrontal cortex modulates the comorbid condition between the chronic neuropathic pain and depression-like behaviour in rats: The role of medial prefrontal cortex 5-HT(1A) and CB(1) receptors[J]. *Brain Res Bull*, 174: 323-338.
- MATHER M, THAYER J, 2018. How heart rate variability affects emotion regulation brain networks[J]. *Curr Opin*

- Behav Sci*, 19: 98-104.
- MONNI A, COLLISON K L, HILL K E, et al., 2022. The novel frontal alpha asymmetry factor and its association with depression, anxiety, and personality traits[J/OL]. *Psychophysiology*, 59(11): e14109[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1111/psyp.14109>.
- PANICCIA M, PANICCIA D, THOMAS S, et al., 2017. Clinical and non-clinical depression and anxiety in young people: A scoping review on heart rate variability[J]. *Auton Neurosci*, 208: 1-14.
- POLASKI A M, PHELPS A L, SMITH T J, et al., 2021. Integrated meditation and exercise therapy: A randomized controlled pilot of a combined nonpharmacological intervention focused on reducing disability and pain in patients with chronic low back pain[J]. *Pain Med*, 22(2): 444-458.
- SHANKS J, RAMCHANDRA R, 2025. Cardiac vagal nerve activity during exercise: New insights and future directions[J/OL]. *Auton Neurosci*, 258: 103254[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2025.103254>.
- SICILIANI O, SCHIAVON M, TANSELLA M, 1975. Anxiety and EEG alpha activity in neurotic patients[J]. *Acta Psychiatr Scand*, 52(2): 116-131.
- SMITH P J, MERWIN R M, 2021. The role of exercise in management of mental health disorders: An integrative review[J]. *Annu Rev Med*, 72: 45-62.
- STEIN M B, STEIN D J, 2008. Social anxiety disorder[J]. *Lancet*, 371(9618): 1115-1125.
- STENFORS C U D, HANSON L M, THEORELL T, et al., 2016. Executive cognitive functioning and cardiovascular autonomic regulation in a population-based sample of working adults[J/OL]. *Front Psychol*, 7: 1536[2025-10-31]. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01536>.
- THAYER J F, HANSEN A L, SAUS-ROSE E, et al., 2009. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: The neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health[J]. *Ann Behav Med*, 37(2): 141-153.
- THAYER J F, LANE R D, 2000. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation[J]. *J Affect Disord*, 61(3): 201-216.
- TYRER P, BALDWIN D, 2006. Generalised anxiety disorder[J]. *Lancet*, 368(9553): 2156-2166.
- VAN DER ZWAN J E, DE VENDE W, HUIZINK A C, et al., 2015. Physical activity, mindfulness meditation, or heart rate variability biofeedback for stress reduction: A randomized controlled trial[J]. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 40(4): 257-268.
- WANG D C, LIN H T, LEE Y J, et al., 2020. Recovery of BDNF and CB1R in the prefrontal cortex underlying improvement of working memory in prenatal DEHP-exposed male rats after aerobic exercise[J/OL]. *Int J Mol Sci*, 21(11) [2025-10-31]. <https://doi.org/10.3390/ijms21113867>.
- WANG D S, ZHOU C L, ZHAO M, et al., 2016. Dose-response relationships between exercise intensity, cravings, and inhibitory control in methamphetamine dependence: An ERPs study[J]. *Drug Alcohol Depend*, 161: 331-339.
- WANG Z X, LUO Y Y, ZHANG Y, et al., 2023. Heart rate variability in generalized anxiety disorder, major depressive disorder and panic disorder: A network meta-analysis and systematic review[J]. *J Affect Disord*, 330: 259-266.
- WILHELM R A, LACEY M F, MASTERS S L, et al., 2024. Greater weekly physical activity linked to left resting frontal alpha asymmetry in women: A study on gender differences in highly active young adults[J/OL]. *Psychol Sport Exerc*, 74: 102679[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102679>.
- YEH M L, LEE T I, CHEN H H, et al., 2006. The influences of Chan-Chuang qi-gong therapy on complete blood cell counts in breast cancer patients treated with chemotherapy[J]. *Cancer Nurs*, 29(2): 149-155.
- YUK K H, LIM J W, KIM S Y, et al., 2025. Exploring the effects of aerobic and resistance exercise on mood-related symptoms and EEG activity[J/OL]. *Front Hum Neurosci*, 19: 1562702[2025-10-31]. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1562702>.
- ZSIGO C, GREIMEL E, BARTLING J, et al., 2025. Frontal alpha asymmetry in major depression and comorbid anxiety disorder: A five-year follow-up study[J/OL]. *Clin Neurophysiol*, 177: 2110794[2025-10-31]. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2025.2110794>.

Rehabilitation Effect of Chan-Chuang Combined with Aerobic Exercise on Anxiety Disorder

ZHU Yuping¹, SU Yuqin¹, YANG Yang¹, LUO Shulai¹, WANG Chao², ZHANG Tingran¹,
LI Hansen³, LI Yun¹, ZHANG Guodong^{1*}

1. College of Physical Education, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Department of Physical Education, Xinjiang Hetian College, Hetian 848099, China;

3. School of Physical Education, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract: Objective: To investigate the efficacy of an 8-week aerobic exercise combined with Chan-Chuang intervention in patients with anxiety disorders, with a focus on its regulatory effect on frontal alpha asymmetry (FAA), and to explore the underlying mechanisms from the perspectives of behavioral, cerebral, and autonomic nervous system. Methods: Fifty-seven patients with anxiety disorders were randomly assigned to either an aerobic exercise group, a combined aerobic and Chan-Chuang exercise group, or a control group. All participants underwent an emotional Stroop task, resting-state electroencephalogram, and heart rate variability measurements at baseline, 4 weeks, and 8 weeks after the intervention. Results: After intervention, both of the aerobic exercise group and the combined group showed significantly lower scores on the SAS and GAD-7 compared to the control group, with greater improvements at 8 weeks than at 4 weeks. Compared to the control group, the aerobic exercise and combined groups showed significantly higher SDNN, RMSSD, and HFnu, as well as significantly lower LFnu after 8 weeks of intervention. The emotional Stroop task reaction time was significantly shorter and the accuracy was significantly higher in the intervention groups at 8 weeks, with greater improvements than at 4 weeks. Electroencephalogram data revealed that all groups showed significantly higher alpha power in the left prefrontal region than in the right (F3-alpha > F4-alpha) at baseline, indicating dysfunctional prefrontal emotional lateralization in anxiety disorder patients. After 8 weeks of intervention, intervention groups exhibited a more balanced alpha power between F3 and F4 compared to the control group. Additionally, the intervention groups showed significantly higher prefrontal alpha power and significantly lower delta, theta, and beta power compared to the control group. Correlation analysis showed that, after 8 weeks of intervention, prefrontal alpha power was positively correlated with SDNN, RMSSD, HFnu, and emotional Stroop accuracy, and negatively correlated with SAS scores in the combined group. These correlations were weak in the aerobic exercise group and no significant difference was observed in the control group. Conclusion: Both of 8-week aerobic exercise and aerobic combined with Chan-Chuang interventions can alleviate anxiety symptoms in patients with anxiety disorders, effectively regulate prefrontal emotional lateralization function (correcting FAA imbalance), attention bias, and autonomic nervous function. Moreover, the aerobic combined with Chan-Chuang program demonstrates superior rehabilitation benefits.

Keywords: Chan-Chuang; martial art; anxiety; aerobic exercise; behavior; frontal alpha asymmetry

