

基于多导睡眠图与神经心理测验:慢性失眠症患者执行功能损害的特征及其相关因素研究

叶圆圆¹, 龙诗琦², 陶敏², 冉艳琼², 李文涛¹, 蒋晓江²

摘要: **目的** 探讨慢性失眠症患者执行功能损害的特征及其与客观睡眠结构参数的相关性。**方法** 纳入92例符合《精神障碍诊断与统计手册》第五版(DSM-5)诊断标准的慢性失眠症患者及45例健康对照组;所有受试者接受焦虑抑郁评估、整夜多导睡眠监测、执行功能评估,对比分析两组受试者睡眠参数(睡眠潜伏期、睡眠效率、总睡眠时间、睡眠分期及占比等)与执行功能(Stroop色词测验、数字广度测验、连线测验)的差异及其相关性。**结果** 与健康对照组相比,慢性失眠症组Stroop-卡片C耗时、Stroop干扰效应、连线测试-B时间、连线测试-B-A耗时差增加,数字广度倒背分数及总分降低,差异有统计学意义($P<0.05$)。相关性分析显示,总睡眠时间、睡眠效率、NREM 3期时长、NREM 3期占比与Stroop-卡片C耗时、Stroop干扰效应、连线测试-B耗时、连线测试-B-A耗时差呈负相关,与数字广度-倒背分数和数字广度-总分呈正相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。NREM 1期时长、NREM 1期占比与Stroop-卡片C耗时、Stroop干扰效应、连线测试-B耗时、连线测试-B-A耗时差呈正相关,与数字广度-倒背分数呈负相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 慢性失眠症患者存在抑制控制、工作记忆和认知灵活性等多维度执行功能损害,其与睡眠效率降低、深睡眠减少等相关。

关键词: 慢性失眠症; 执行功能; 抑制控制; 工作记忆; 认知灵活性

中图分类号: R338.63 **文献标识码:** A

Characteristics of executive function impairment and related factors in patients with chronic insomnia disorder: A study based on polysomnography and neuropsychological tests YE Yuanyuan¹, LONG Shiqi², TAO Min², RAN Yanqiong², LI Wentao¹, JIANG Xiaojiang². (1. Department of Encephalopathy, Shanghai Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200071, China; 2. Sleep Medicine Center, Chongqing Western Hospital, Chongqing 400052, China)

Abstract: **Objective** To investigate the characteristics of executive function impairment in patients with chronic insomnia disorder and its correlation with objective sleep structure parameters. **Methods** A total of 92 patients who met the DSM-5 diagnostic criteria for chronic insomnia disorder were enrolled as chronic insomnia disorder group, and 45 healthy controls were enrolled as healthy control group. All subjects underwent assessments for anxiety and depression, overnight polysomnography, and executive function, and the two groups were compared in terms of sleep parameters (including sleep latency, sleep efficiency, total sleep time, sleep stages, and the proportion of each stage) and executive function (Stroop Color-Word Test, digit span test, and trail making test), as well as the correlation between these parameters. **Results** Compared with the healthy control group, the chronic insomnia disorder group had significant increases in Stroop Card C completion time, Stroop interference effect, trail making test-B completion time, and trail making test B-A time difference and significant reductions in the score of digit span backward task and the total score of digit span test ($P<0.05$). The correlation analysis showed that total sleep time, sleep efficiency, NREM stage 3 duration, and the proportion of NREM stage 3 were negatively correlated with Stroop Card C completion time, Stroop interference effect, trail making test-B completion time, and trail making test B-A time difference and were positively correlated with the score of digit span backward task and the total score of digit span test ($P<0.05$). Conversely, NREM stage 1 duration and the proportion of NREM stage 1 were positively correlated with Stroop Card C completion time, Stroop interference effect, trail making test-B completion time, and trail making test B-A time difference and were negatively correlated with the score of digit span backward task ($P<0.05$). **Conclusion** Patients with chronic insomnia disorder exhibit executive function impairment in multiple dimensions including inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility, which are associated with the reductions in sleep efficiency and deep sleep.

Key words: Chronic insomnia disorder; Executive function; Inhibitory control; Working memory; Cognitive flexibility

慢性失眠症是一种全球患病率高达10%~20%的常见睡眠障碍,其核心特征表现为持续3个月以上的入睡困难、睡眠维持障碍或早醒,并伴随显著的日间功能损害^[1]。除疲劳、情绪低落等常见躯体化症状外,慢性失眠与认知功能损害的关联日益受到

收稿日期:2026-03-09;修订日期:2026-04-07

基金项目:上海医学创新发展基金会项目“中西医结合卒中中心建设”(WL-CZZX-2022001K)

作者单位:(1. 上海中医药大学附属市中医医院脑病科,上海200071;2. 重庆西区医院睡眠医学中心,重庆400052)

通信作者:蒋晓江, E-mail:jiangxiaojiang0509@163.com

关注,其中执行功能的异常尤为突出^[2]。

执行功能是个体为实现特定目标而进行的高级认知调控过程,其核心成分包括抑制控制、工作记忆和认知灵活性^[3]。慢性失眠症是否损害执行功能,现有研究结论尚不一致。部分研究发现失眠患者在执行功能测试(如 Stroop 任务)中表现较差,但也有研究认为该差异可能受共病情绪问题、样本异质性或评估工具敏感性不足等因素干扰^[4]。导致结果矛盾的原因主要包括:样本异质性、执行功能的多维性及传统评估工具的局限性,以及多数研究依赖主观睡眠报告而缺乏客观睡眠结构数据^[5]。神经生物学证据提示,长期睡眠剥夺可能通过影响前额叶功能及神经递质系统损害认知,因此有必要联合客观睡眠监测与神经心理学评估深入探讨其机制^[6,7]。

因此,本研究严格遵循《精神障碍诊断与统计手册》第五版(The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, DSM-5)标准,联合采用多导睡眠图与神经心理测验,系统比较慢性失眠症患者与健康对照组在睡眠结构参数及抑制控制、工作记忆、认知灵活性等执行功能维度的差异,并深入分析其内在关联,以期为早期识别认知风险及临床干预提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为横断面研究。本研究于2022年3月—2024年12月期间,招募重庆西区医院睡眠医学中心门诊的慢性失眠症患者作为病例组。同期,通过社区广告招募了性别、年龄及受教育年限相匹配的正常睡眠者作为健康对照组。

纳入标准:两组受试者需满足:(1)年龄18~60周岁;(2)受教育年限 ≥ 9 年;(3)具备良好的理解与沟通能力,能够完成本研究涉及的神经心理量表及测验;(4)能够配合完成 ≥ 6.5 h的多导睡眠监测;(5)自愿参与本研究并签署知情同意书。慢性失眠症组需满足:(1)符合慢性失眠症的临床诊断,即在有充足睡眠机会和适宜睡眠环境的情况下,主诉存在入睡困难、睡眠维持困难或早醒等症状,并伴有日间功能障碍(如疲劳、记忆下降、烦躁等),上述症状 ≥ 3 次/周且病程 ≥ 6 个月;(2)入组前至少2周内未使用任何镇静催眠药物、乙醇或其他可能影响中枢神经系统的物质。健康对照组需满足:对自身睡眠质量满意,无人睡困难、睡眠维持困难或早醒等主诉,无日间因睡眠问题导致的功能障碍。排除标准:(1)合并其他类型睡眠障碍,如睡眠呼吸暂停综合征、快速眼动睡眠期行为障碍等;(2)患有急性脑卒中、脑肿瘤、癫痫、帕金森病、阿尔茨海默病等可能影响认知功能的疾病;(3)合并精神分裂症、抑郁症、双相情感

障碍、焦虑症等;(4)患有心力衰竭、肝功能衰竭、肾功能衰竭、恶性肿瘤等重大疾病;(5)存在剧烈疼痛等影响睡眠;(6)处于妊娠或哺乳期,或存在其他干扰夜间睡眠的情况;(7)无法按要求配合完成多导睡眠监测或神经心理学测评;(8)存在色盲、色弱或明显听力下降,影响特定认知测验(如 Stroop 色词测验)的完成。

1.2 研究方法

1.2.1 基本情况与临床资料收集 采用自行设计的一般情况调查表,收集所有受试者的社会人口学资料,包括性别、年龄、体重指数、受教育年限、婚姻状况及职业等。对于慢性失眠症组,额外收集其失眠的具体情况(如入睡困难、维持困难、早醒)、起病形式、总病程以及既往和当前的治疗方案。

1.2.2 多导睡眠监测 所有受试者在睡眠医学中心监测室内接受至少1次整夜的多导睡眠图监测,使用康迪多导睡眠监测仪记录数据。监测期间,受试者按习惯作息时间就寝,以反映自然睡眠状态。采集信号包括脑电图、眼电图、下颌肌电图等。所有数据由2名不了解分组情况的专业技师,依照美国睡眠医学会(American Academy of Sleep Medicine, AASM)最新版《睡眠及相关事件判读手册》标准独立分析。分析参数包括睡眠潜伏期、入睡后觉醒时间、总睡眠时间、在床时间、睡眠效率、快速眼动(rapid eye movement, REM)睡眠和非快速眼动(non rapid eye movement, NREM)睡眠(包括1期、2期、3期)及其百分比。

1.2.3 情绪状态评估 本研究采用汉密尔顿焦虑量表(HAMA, 14项版本)和汉密尔顿抑郁量表(HAMD, 17项版本)评估受试者的焦虑与抑郁症状^[8,9]。

1.2.4 执行功能神经心理学测验 所有受试者均完成一套标准化的神经心理学测验,以评估其执行功能的3个核心维度。(1)工作记忆评估:采用戴晓阳主持修订的中文版数字广度测验作为评估工具^[10]。该测验要求受试者复述主试朗读的数字序列,包括顺背与倒背2个独立部分。正式测试前,主试向受试者清晰说明规则并进行示例。顺背测验中,受试者需按相同顺序复述数字序列;倒背测验则要求按相反顺序复述。每个序列长度均有2次测试机会,若2次均复述错误,则测验终止。评分以受试者能正确复述的最大序列长度计分,最终工作记忆容量得分为顺背与倒背2部分得分之总和。(2)抑制控制评估:选用华山医院修订的 Stroop 色词测验中文版进行测评^[11]。该测验通过3张任务卡片实施:卡片A呈现印刷为黑色的颜色名称汉字(红、黄、蓝、绿),要求受试者快速朗读这些汉字;卡片B呈现由

不同颜色(红、黄、蓝、绿)墨水印刷的圆点,要求受试者快速说出圆点的颜色;卡片C为核心冲突任务,呈现用与字义不符的彩色墨水印刷的上述颜色名称汉字,要求受试者抑制阅读字义的优势反应,快速而准确地报告字符的印刷颜色。记录完成每张卡片的耗时与正确数,并通过对比卡片C与卡片B的完成时间来计算 Stroop 干扰效应量,该值是衡量抑制控制功能的核心指标。(3)认知灵活性评估:采用经过中文修订的连线测验进行评估^[12]。测验包含A、B 2个部分。A部分要求受试者按升序(1~2~3...)连接随机分布的25个数字;B部分则要求受试者在数字序列(1~13)与中文数字序列(一~十三)之间进行交替连接(如1~一~2~二...)。正式测试前提供简短练习以确保受试者理解规则。记录完成A、B 2部分各自所需的时间及出现的错误次数。主要分析指标为完成B部分的时间以及B部分与A部分的完成时间差,该差值能够有效反映任务转换及认知灵活性的水平。

1.3 统计学方法

所有数据采用SPSS 26.0统计软件进行处理与分析。分类变量,采用例数(百分比)[$n(\%)$]表示,两组间比较采用 χ^2 检验。定量资料,先进行正态分布检验,如符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用Mann-Whitney U 检验。采用Spearman秩相关分析探讨慢性失眠症患者睡眠参数等与执行功能指标之间的相关性。

2 结果

2.1 基本资料

按照纳入排除标准,最终纳入慢性失眠症组92例,健康对照组45例。两组性别、年龄、婚姻状况、职业状态、受教育年限、BMI差异无统计学意义($P>0.05$)(见表1)。两组在基线特征上均具有可比性。

表1 两组受试者基本资料比较

特征	慢性失眠症组($n=92$)	对照组($n=45$)	统计量	P 值
年龄[$M(P_{25}, P_{75})$, 岁]	40.0(33.0, 49.5)	42.0(34.5, 51.0)	$Z=0.921$	0.357
性别[$n(\%)$, 男]	40(43.5%)	22(48.9%)	$\chi^2=0.359$	0.549
BMI [($\bar{x}\pm s$), kg/m^2]	23.5 \pm 3.2	22.9 \pm 2.8	$t=1.075$	0.284
受教育年限[$M(P_{25}, P_{75})$, 年]	12.0(10.0, 15.0)	13.0(11.0, 16.0)	$Z=-1.209$	0.227
婚姻状况[$n(\%)$, 已婚]	75(81.5%)	39(86.7%)	$\chi^2=0.569$	0.451
职业[$n(\%)$, 在职]	68(73.9%)	36(80.0%)	$\chi^2=0.613$	0.434
吸烟情况[$n(\%)$, 是]	21(22.8%)	8(17.8%)	$\chi^2=0.464$	0.495
饮酒情况[$n(\%)$, 是]	25(27.2%)	14(31.1%)	$\chi^2=0.230$	0.631

2.2 两组受试者睡眠结构、焦虑抑郁评分比较

与健康对照组相比,慢性失眠症组睡眠潜伏期、入睡后觉醒时间长,总睡眠时间短、睡眠效率低、REM期时长短,NREM 1期时长与占比高,NREM 2期占比高,NREM 3期时长与占比低,差异均有统计学意义($P<0.05$)。两组NREM 2期时长、REM期占比差异无统计学意义($P>0.05$)。与健康对照组相比,慢性失眠症组HAMA评分、HAMD评分均高于健康对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)(见表2)。

2.3 两组受试者执行功能比较

与健康对照组相比,慢性失眠症组在抑制控制方面,Stroop测验显示该组卡片C完成时间显著延长,正确数显著减少,Stroop干扰效应显著增大,差异均有统计学意义($P<0.05$);工作记忆评估中,数字广度测验-倒背分数及总分均显著低于对照组且差异均有统计学意义($P<0.05$),顺背分数差异无统计学意义($P>0.05$);认知灵活性方面,连线测验显示该组测试-B完

成时间显著延长,错误数显著增多,B-A耗时差显著增大,差异均有统计学意义($P<0.05$)(见表3)。

2.4 慢性失眠症组执行功能的相关性分析

总睡眠时间、睡眠效率、NREM 3期时长、NREM 3期占比与Stroop-卡片C耗时、Stroop干扰效应、连线测试-B耗时、连线测试-B-A耗时差呈负相关,与数字广度-倒背分数和数字广度-总分呈正相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。NREM 1期时长、NREM 1期占比与Stroop-卡片C耗时、Stroop干扰效应、连线测试-B耗时、连线测试-B-A耗时差呈正相关,与数字广度-倒背分数呈负相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。REM期时长与连线测试-B耗时、连线测试-B-A耗时差呈负相关,与数字广度-倒背分数呈正相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。入睡后觉醒时间与数字广度-倒背分数和数字广度-总分呈负相关,与连线测试-B耗时和连线测试-B-A耗时差呈正相关,差异有统计学意义($P<0.05$)(见表4)。

表2 两组受试者睡眠结构及焦虑抑郁评分比较

项目	慢性失眠组(n=92)	健康对照组(n=45)	统计量	P值
睡眠参数				
睡眠潜伏期[M(P ₂₅ , P ₇₅), min]	33.5(22.0, 47.0)	15.0(10.0, 21.5)	Z=6.983	<0.001
入睡后觉醒时间[(x̄±s), min]	68.9±25.1	25.3±10.5	t=13.65	<0.001
总睡眠时间[(x̄±s), min]	345.8±45.2	425.6±35.8	t=-8.210	<0.001
睡眠效率[(x̄±s), %]	73.8±8.5	91.5±4.3	t=-11.891	<0.001
NREM 1期时长[M(P ₂₅ , P ₇₅), min]	55.0(42.0, 70.5)	34.5(28.0, 42.0)	Z=6.312	<0.001
NREM 2期时长[(x̄±s), min]	223.2±35.6	234.5±30.1	t=-1.180	0.136
NREM 3期时长[M(P ₂₅ , P ₇₅), min]	38.5(28.5, 49.5)	87.2(78.5, 105.5)	Z=-9.451	<0.001
REM期时长[(x̄±s), min]	66.1±18.5	89.4±15.2	t=-4.284	<0.001
NREM 1期占比[M(P ₂₅ , P ₇₅), %]	15.9(12.1, 20.4)	8.0(6.5, 9.8)	Z=6.312	<0.001
NREM 2期占比[(x̄±s), %]	64.5±13.3	55.1±8.5	t=4.445	0.007
NREM 3期占比[M(P ₂₅ , P ₇₅), %]	11.1(8.2, 14.3)	20.5(18.4, 24.8)	Z=-9.451	<0.001
REM期占比[(x̄±s), %]	19.1±5.9	21.0±4.0	t=-1.145	0.592
焦虑抑郁评分				
HAMA总分[M(P ₂₅ , P ₇₅)]	13.0(10.0, 18.0)	4.0(2.0, 6.0)	Z=8.512	<0.001
HAMD总分[M(P ₂₅ , P ₇₅)]	12.0(9.0, 16.3)	3.0(2.0, 5.0)	Z=8.721	<0.001

表3 两组受试者执行功能比较

执行功能指标	慢性失眠组(n=92)	健康对照组(n=45)	统计量	P值
抑制控制				
Stroop-卡片A耗时[(x̄±s), s]	25.1±4.5	23.9±3.9	t=1.480	0.143
Stroop-卡片B耗时[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	39.8(35.0, 45.5)	35.0(31.5, 39.0)	Z=4.521	<0.001
Stroop-卡片C耗时[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	84.0(75.0, 95.0)	69.0(59.5, 78.5)	Z=6.103	<0.001
Stroop-卡片C正确数[(x̄±s), 个]	46.2±4.1	48.5±2.0	t=-3.970	<0.001
Stroop干扰效应[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	44.5(36.0, 54.0)	33.0(28.5, 40.0)	Z=5.823	<0.001
工作记忆				
数字广度-顺背分数(x̄±s)	9.5±1.8	9.9±1.6	t=-1.310	0.193
数字广度-倒背分数[M(P ₂₅ , P ₇₅)]	6.0(5.0, 7.0)	7.0(6.0, 8.0)	Z=-3.621	<0.001
数字广度-总分(x̄±s)	15.6±2.7	16.9±2.4	t=-2.730	0.007
认知灵活性				
连线测试-A耗时[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	34.5(29.0, 42.0)	31.0(26.5, 36.0)	Z=2.501	0.012
连线测试-A错误数[M(P ₂₅ , P ₇₅), 次]	0.0(0.0, 0.0)	0.0(0.0, 0.0)	Z=0.000	1.000
连线测试-B耗时[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	90.0(75.0, 112.5)	65.0(56.5, 78.0)	Z=6.258	<0.001
连线测试-B错误数[M(P ₂₅ , P ₇₅), 次]	1.0(0.0, 2.0)	0.0(0.0, 1.0)	Z=3.125	0.002
连线测试-B-A耗时差[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	58.0(42.0, 74.3)	35.0(26.5, 46.0)	Z=6.941	<0.001

3 讨论

研究显示,与对照组相比,慢性失眠症患者表现出显著的睡眠结构紊乱,包括深度睡眠的减少、浅睡眠的增加以及睡眠连续性的破坏,同时伴有更严重的焦虑抑郁症状。慢性失眠症患者 Stroop 测验完成时间更长、干扰效应更强,提示抑制控制受损;数字广度-倒背分数下降而顺背分数无差异,反映工作记忆操纵能力减弱;连线测验-B部分耗时

增加、错误增多,表明认知灵活性下降。在慢性失眠症组内,睡眠参数(总睡眠时间、睡眠效率,尤其是NREM 3期的时长与占比)与执行功能表现相关。这些执行功能损害可能与前额叶皮质功能异常有关。神经影像学提示,慢性失眠患者前额叶及前扣带回等脑区代谢活动降低,长期睡眠剥夺可能通过影响突触可塑性与神经递质系统,进而损害认知控制能力^[13,14]。

表4 慢性失眠症组执行功能的相关性分析

指标	Stroop-卡片C耗时	Stroop干扰效应	数字广度-倒背分数	数字广度-总分	连线测试-B耗时	连线测试-B-A耗时差
睡眠潜伏期	0.152	0.138	-0.178	-0.188	0.185	0.168
入睡后觉醒时间	0.118	0.105	-0.286*	-0.241*	0.352*	0.326*
总睡眠时间	-0.362*	-0.346*	0.328*	0.275*	-0.298*	-0.278*
睡眠效率	-0.416*	-0.402*	0.354*	0.302*	-0.358*	-0.336*
NREM 1期时长	0.298*	0.282*	-0.205*	-0.172	0.342*	0.325*
NREM 3期时长	-0.449*	-0.432*	0.398*	0.341*	-0.503*	-0.478*
REM期时长	-0.105	-0.192	0.268*	0.228*	-0.252*	-0.231*
NREM 1期占比	0.272*	0.258*	-0.208*	-0.175	0.244*	0.258*
NREM 2期占比	0.162	0.151	-0.142	-0.12	0.198*	0.187*
NREM 3期占比	-0.467*	-0.449*	0.415*	0.357*	-0.521*	-0.493*
HAMA总分	0.125	0.110	-0.185	-0.142	0.121	0.161
HAMD总分	0.178	0.185	-0.161	-0.120	0.175	0.164

注:*表示 $P<0.05$ 。

3.1 睡眠时间及其连续性与执行功能

睡眠时间及其效率的提高与Stroop-卡片C耗时缩短、干扰效应的减小呈显著相关,同时与数字广度得分的提升以及连线测试耗时的减少密切相关。睡眠过程中的频繁觉醒和碎片化可能持续干扰睡眠的恢复性进程,进而削弱个体在认知任务中的表现。这一发现与既往研究提出的睡眠依赖性记忆巩固理论相吻合,该理论强调睡眠连续性对前额叶皮质功能完整性的重要性。睡眠碎片化可能通过破坏默认模式网络与执行控制网络之间的动态平衡,进而损害抑制控制和任务转换能力^[15]。本研究结果显示,入睡后觉醒时间与数字广度-倒背分数呈负相关,与连线测试-B耗时正相关,进一步证实了睡眠连续性在维持认知控制功能中的关键作用。本团队前期研究结果中,睡眠效率、总睡眠时间与Stroop-卡片C耗时无明显相关性,可能原因为前期研究样本量较小,且前期研究中部分受试者为老年人^[16]。

3.2 深睡眠与执行功能

NREM 3期时长及占比与所有执行功能领域指标均显示出较强的相关性。深度睡眠占比越高,个体在需要复杂认知转换的任务中表现越佳,这体现在连线测试完成时间的显著缩短。慢波睡眠时长减少,数字广度-倒背分数下降。深度睡眠被认为是大脑进行记忆巩固、代谢废物清除和突触优化的关键时期,其充足与否直接影响前额叶皮质功能的完整性。慢波睡眠期间,大脑通过突触重塑和系统巩固过程,优化前额叶-海马环路的功能连接,这一过程对执行功能至关重要^[17,18]。此外,慢波睡眠的减少可能导致前额叶皮质葡萄糖代谢率下降,进而影响多巴胺能系统的功能,而这一系统恰是执行功能的神经化学基础^[19,20]。本研究结果支持了这一观点,

表明深度睡眠的不足可能是慢性失眠症患者执行功能损害的核心机制之一。

3.3 浅睡眠与执行功能

NREM 1期时长和占比的增加与较差的执行功能表现密切相关,特别是在抑制控制和认知灵活性方面。浅睡眠比例的升高可能反映了睡眠深度的不足和睡眠结构的碎片化,持续激活下丘脑-垂体-肾上腺轴,升高皮质醇水平,睡眠纺锤波密度降低,进而损害前额叶可塑性^[21,22]。当个体在夜间经历过多次浅睡眠而缺乏足够深度睡眠时,其日间注意力维持、冲动抑制和任务转换能力都会受到明显影响。

3.4 REM睡眠与执行功能

REM睡眠时长与认知灵活性及工作记忆表现呈显著正相关。这一结果与REM睡眠在记忆巩固、情感调节及复杂信息整合中的关键作用相吻合^[23]。在REM睡眠阶段,大脑通过高度的神经可塑性与突触联系重组,可能特别有利于那些需要灵活思维和复杂信息操纵的高级认知过程。

本研究存在一定局限,包括横断面设计无法确立因果、单中心样本可能存在选择偏倚、未对不同年龄段执行功能与睡眠参数相关性进行分层分析、部分潜在混杂因素未完全控制,以及神经心理测验可能受练习效应等影响。未来需开展多中心纵向研究,结合神经影像技术深入探讨睡眠与脑功能的关系,并通过干预研究验证改善睡眠对认知功能的积极效应,进一步追踪慢性失眠与神经系统变性疾病之间的潜在联系。

综上,慢性失眠症患者存在抑制控制、工作记忆和认知灵活性等多维度执行功能损害,该损害与客观测量的睡眠效率降低、深睡眠减少及浅睡眠增加等睡眠结构异常显著相关,且与焦虑、抑郁情绪的相

关性较弱。这提示临床工作者在诊疗过程中应重视认知功能的评估与干预,通过改善睡眠连续性和促进慢波睡眠可能有益于工作记忆和抑制控制功能;在治疗上,除认知行为治疗外,可探索慢波睡眠增强技术以改善认知,推动诊疗目标从改善睡眠向全面提升生活质量转变。未来研究应聚焦睡眠-认知交互作用的神经机制,为开发更有效的干预策略提供依据。

伦理学声明: 本研究方案经由重庆西区医院伦理委员会审批(批号:快xqyy-hzxm-202201),患者均签署知情同意书。

利益冲突声明: 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明: 叶圆圆负责统计学分析、绘制图表、撰写论文;龙诗琦、陶敏、冉艳琼负责实验的具体执行、数据收集与整理;李文涛负责文献收集、拟定写作思路;蒋晓江负责提出研究构思、设计实验方案、论文修改、指导撰写论文并最后定稿。

[参考文献]

- [1] Ferini-Strambi L. Insomnia disorder[J]. *Minerva Med*, 2025, 116(4): 309-322.
- [2] Carvalho DZ, Kolla BP, McCarter SJ, et al. Associations of chronic insomnia, longitudinal cognitive outcomes, amyloid-PET, and white matter changes in cognitively normal older adults[J]. *Neurology*, 2025, 105(7): e214155.
- [3] Singh B, Bennett H, Miatke A, et al. Effectiveness of exercise for improving cognition, memory and executive function: A systematic umbrella review and meta-meta-analysis [J]. *Br J Sports Med*, 2025, 59(12): e108589.
- [4] Xu L, Zhang Q, Dong H, et al. Fatigue performance in patients with chronic insomnia[J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 1043262.
- [5] Spiegelhalter K, Baglioni C, Regen W, et al. Brain reactivity and selective attention to sleep-related words in patients with chronic insomnia[J]. *Behav Sleep Med*, 2018, 16(6): 587-600.
- [6] Wu M, Zhang X, Feng S, et al. Dopamine pathways mediating affective state transitions after sleep loss[J]. *Neuron*, 2024, 112(1): 141-154. e8.
- [7] Weng X, Wen K, Guo J, et al. The impact of sleep deprivation on the functional connectivity of visual-related brain regions[J]. *Sleep Med*, 2025, 125: 155-167.
- [8] Hamilton M. The assessment of anxiety states by rating [J]. *Br J Med Psychol*, 1959, 32(1): 50-55.
- [9] Hamilton M. A rating scale for depression [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1960, 23(1): 56-62.
- [10] 戴晓阳, 龚耀先. 韦氏成人智力量表中国修订本与原量表(WAIS和WAIS-R)因素分析的比较研究[J]. *心理学报*, 1987, 19(1): 70-78.
- [11] 郭起浩, 洪震, 吕传真, 等. Stroop色词测验在早期识别阿尔茨海默病中的作用[J]. *中华神经医学杂志*, 2005, 4(7): 701-704.
- [12] 王琦, 李文, 毛礼炜, 等. 连线测验(中文修订版)在早期识别无痴呆型血管性认知障碍中的作用[J]. *中国老年学杂志*, 2012, 32(10): 2018-2020.
- [13] Wu P, Wang C, Wei M, et al. Prefrontal cortex functional connectivity changes during verbal fluency test in adults with short-term insomnia disorder: A functional near-infrared spectroscopy study [J]. *Front Neurosci*, 2023, 17: 1277690.
- [14] Parmar S, Tadavarty R, Sastry BR. G-protein coupled receptors and synaptic plasticity in sleep deprivation [J]. *World J Psychiatry*, 2021, 11(11): 954-980.
- [15] Wang YJ, Duan W, Lei X. Impaired coupling of the brain's default network during sleep deprivation: A resting-state EEG study [J]. *Nat Sci Sleep*, 2020, 12: 937-947.
- [16] 叶圆圆, 李文涛, 陶敏, 等. 失眠障碍患者慢波睡眠与执行功能的相关性研究[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2024, 41(3): 230-234, F0003.
- [17] Feliciano-Ramos PA, Galazo M, Penagos H, et al. Hippocampal memory reactivation during sleep is correlated with specific cortical states of the retrosplenial and prefrontal cortices [J]. *Learn Mem*, 2023, 30(9): 221-236.
- [18] Shin JD, Jadhav SP. Prefrontal cortical ripples mediate top-down suppression of hippocampal reactivation during sleep memory consolidation [J]. *Curr Biol*, 2024, 34(13): 2801-2811. e9.
- [19] Betta M, Handjaras G, Leo A, et al. Cortical and subcortical hemodynamic changes during sleep slow waves in human light sleep [J]. *NeuroImage*, 2021, 236: 118117.
- [20] Isotalus HK, Carr WJ, Blackman J, et al. L-DOPA increases slow-wave sleep duration and selectively modulates memory persistence in older adults [J]. *Front Behav Neurosci*, 2023, 17: 1096720.
- [21] Feng YZ, Chen JT, Hu ZY, et al. Effects of sleep reactivity on sleep macro-structure, orderliness, and Cortisol after stress: A preliminary study in healthy young adults [J]. *Nat Sci Sleep*, 2023, 15: 533-546.
- [22] Abdou K, Nomoto M, Aly MH, et al. Prefrontal coding of learned and inferred knowledge during REM and NREM sleep [J]. *Nat Commun*, 2024, 15: 4566.
- [23] Riemann D, Dressler RJ, Benz F, et al. Chronic insomnia, REM sleep instability and emotional dysregulation: A pathway to anxiety and depression? [J]. *J Sleep Res*, 2025, 34(2): e14252.

引证本文:叶圆圆,龙诗琦,陶敏,等. 基于多导睡眠图与神经心理测验:慢性失眠症患者执行功能损害的特征及其相关因素研究[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2026, 43(4): 303-308.