

# 经颅微电流刺激联合音乐干预对失眠及其认知改善的临床研究

张慧飞<sup>1</sup>, 姜舒莹<sup>2</sup>, 董 贞<sup>1</sup>, 张永祥<sup>1</sup>, 刘浩然<sup>2</sup>, 周超前<sup>2</sup>, 何清华<sup>3</sup>, 孙志远<sup>4</sup>, 吕玉丹<sup>1</sup>

**摘要:** **目的** 探索经颅微电流刺激(CES)联合音乐干预治疗失眠的疗效评估以及对认知功能的改善评估。**方法** 失眠患者75例,随机分至基础治疗加载CES+双声拍治疗组、基础治疗加载CES+粉噪声治疗组,以及对照组即基础治疗组。3组样本量为1:1:1。对治疗前、后睡眠潜伏期、总睡眠时间、睡眠质量进行分析。同时,通过认知功能评估范式Go/NoGo评估CES+音乐治疗对认知功能改善水平。**结果** 睡眠疗效:与治疗前相比,治疗后试验组的睡眠质量(PSQI、SRSS)有差异有统计学意义( $P<0.05$ );与治疗前相比,治疗后试验组的睡眠潜伏期下降差异有统计学意义( $P<0.05$ ),且下降率均高于对照组。认知功能:与治疗前相比,经CES+音乐治疗后失眠患者Go-N2、NoGo-P3潜伏期前移,波幅升高。NoGo-N2、NoGo-P3潜伏期前移、波幅下降。**结论** CES联合音乐干预治疗可以安全且有效地缩短睡眠潜伏期、改善睡眠质量及认知功能。

**关键词:** 失眠; CES加载音乐; 睡眠潜伏期; 睡眠质量; 认知功能

**中图分类号:**R338.63 **文献标识码:**A

**Effect of cranial electrotherapy stimulation combined with music intervention in improving insomnia and cognition: A clinical study** ZHANG Huifei, LOU Yukun, DONG Zhen, et al. (Department of Neurology, The First Hospital of Jilin University, Changchun 130021, China)

**Abstract: Objective** To investigate the clinical effect of cranial electrotherapy stimulation (CES) combined with music intervention on insomnia and its effect in improving cognitive function. **Methods** A total of 75 patients with insomnia were randomly divided into control group with treatment-as-usual (TAU) alone, CES+double beat+TAU group, and CES+pink noise+TAU group, with a sample size of 1:1:1 for the three groups. Sleep onset latency (SL), total sleep time (TST), and sleep quality were analyzed before and after treatment, and the Go/NoGo paradigm for the assessment of cognitive function was used to assess the effect of CES combined with music intervention in improving cognitive function.

**Results** As for the treatment of insomnia, the experimental groups had significant changes in sleep quality (PSQI and SRSS) ( $P<0.05$ ) and a significant reduction in sleep latency ( $P<0.05$ ) after treatment, with a significantly higher reduction rate than the control group. As for cognitive function, there was a reduction in the latency of Go-N2 and Go-P3 and an increase in amplitude in the patients with insomnia after CES combined with music intervention, as well as reductions in the latency and amplitude of NoGo-N2 and NoGo-P3. **Conclusion** CES combined with music intervention can safely and effectively shorten sleep latency and improve sleep quality and cognitive function.

**Key words:** Insomnia; Cranial electrotherapy stimulation combined with music intervention; Sleep latency; Sleep quality; Cognitive function

失眠是常见的睡眠障碍疾病,流行病学研究表明大约30%的普通人群出现失眠症状,6%~20%的人群符合实际失眠障碍的标准<sup>[1,2]</sup>。长期的睡眠问题,常常对个体认知功能带来负面影响,如注意力、记忆力、执行功能、反应速度等<sup>[3,4]</sup>。睡眠质量的降低会直接影响其高级认知功能<sup>[5]</sup>,有研究指出失眠患者大脑功能的受损程度和失眠严重程度、持续时间呈正相关<sup>[6,7]</sup>,且存在前额叶激活功能缺陷<sup>[8]</sup>。因此,睡眠时长、睡眠质量的改善,不仅仅对生活质量有所提高,对其潜在的认知功能恢复也有帮助。

目前失眠的标准治疗方法,包括药物和心理治疗,如失眠认知行为疗法(cognitive behavioral

therapy for insomnia, CBT-I), CBT-I被推荐作为持续性失眠的一线治疗<sup>[9]</sup>,但需要大量时间,且依从性略差。而目前治疗失眠的药物,临床应用疗效不一,长期治疗存在诸多潜在的副作用<sup>[10]</sup>。因此,针对治疗失眠的其他疗法,如睡眠限制疗法、放松训练、阅读、

收稿日期:2025-07-30;修订日期:2025-09-17

**基金项目:** 科技创新 2030 脑科学与类脑研究(2202ZD0210500);吉林省科技厅自然科学基金项目(YDZJ202201ZYTS543)

**作者单位:** (1. 吉林大学白求恩第一医院神经内科,吉林 长春 130021; 2. 浙江脑科技有限公司,浙江 杭州 310000; 3. 香港中文大学,广东 深圳 518000; 4. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130031)

**通信作者:** 吕玉丹, E-mail: lvyd@jlu.edu.cn

听音乐或经颅微电流刺激(cranial electrotherapy stimulation, CES),其干预效果有待探讨。

目前临床研究证明单一干预如电刺激或音乐疗法,可改善失眠<sup>[11-13]</sup>,但未有关于 CES 与音乐相结合的临床验证研究,也缺乏可信的数据支持。因此,将音乐与 CES 整合干预并验证效果,显得尤为必要。

本研究采用随机对照试验设计方法,旨在系统地研究与探索 CES-I 与音乐、干预相结合对改善睡眠质量与认知功能的效果。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2023 年 3 月—2023 年 4 月期间通过门诊或招募的 75 例失眠患者。入选标准:(1)签署了同意书的 18~60 岁的失眠患者;(2)符合《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)失眠障碍标准,包括白天障碍的睡眠或维持睡眠困难;(3)这种睡眠问题每周至少持续 3 晚,持续至少 3 个月;(4)睡眠潜伏期(sleep onset latency, SL)在 45~75 min 之间,失眠严重程度指数(Insomnia Severity Index, ISI)量表评分在 8~21 之间。排除标准:(1)受孕或有 2 岁以下的孩子;(2)使用催眠或精神药物;(3)目前有精神障碍或精神病史;(4)滥用乙醇或其他物质;(5)患有其他睡眠障碍,如睡眠期周期性肢体运动(periodic limb movements disorder in sleep, PLMS)>25 或呼吸暂停低通气指数(apnea hypopnea index, AHI)>15;(6)患有扰乱睡眠的疾病(例如疼痛障碍或心肺疾病)。最后纳入 75 例参与者。

### 1.2 干预方法

本试验干预措施包括 CES 加双声拍或 CES 加粉红噪声。在专业人员的指导下,受试者可以自行管理。本试验分为 3 组:基础治疗加载 CES+双声拍整合治疗组、基础治疗加载 CES+粉红噪声整合治疗组,对照组为平行的基础治疗组。

在试验过程中,所有参与者都接受了 1 周的基线测试,以收集非干预条件下正常的睡眠数据。接下来的干预期为 2 周,参与者被告知在家中使用时 Easleep 多功能睡眠设备(与 CES 和音乐相结合)。分配到试验 A 组的参与者被指示在基础治疗基础上使用 CES 加双拍音乐,分配到试验 B 组的参与者被指示在基础治疗基础上使用 CES 加粉色噪声音乐,分配到对照组的参与者进行基础治疗。在试验过程中,试验组参与者每晚睡前使用 CES 加音乐至少 30 min,并每天上传睡眠日记和腕带式体动监测仪

所记录的指标(包括睡眠潜伏期,总睡眠时长,深睡眠时长)。

### 1.3 收集睡眠相关量表

(1)匹茨堡睡眠质量表(Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)<sup>[14]</sup>:由睡眠质量、日间功能障碍、睡眠时间、睡眠效率、催眠药物、睡眠障碍和睡眠潜伏期等 7 个维度组成,每项满分 21 分,分值越高表示睡眠障碍越严重。

(2)睡眠状况自评量表(Self-Rating Scale of Sleep, SRSS)<sup>[15]</sup>:共有 10 个项目,每个项目分 5 级评分(1~5),评分愈高,说明睡眠问题愈严重。

### 1.4 认知功能测试

1.4.1 ERP-Go/NoGo 任务检测 被试者取坐位,在一个安静隔音的房间里接受测试。测试前被试者佩戴 64 导联电极帽记录 FPZ、FP1、FP2、FZ、F3、F4、CZ、C3、C4、Pz、P3、P4、Oz、O1、O2、F7、F8、T7、T8、TP7、TP8 等 21 个点 EEG 数据,根据国际 10-20 系统确认电极安放位置,以鼻尖接地,双侧乳突平均电极为参考电极,右侧眼上方和下方 1 cm 的位置记录水平眼电和双眼外侧 1 cm 处记录垂直眼电,电极间阻抗保持在 10 k $\Omega$  以下。在记录过程中,所有电极均参考 Cz。

本研究选用“Go/NoGo 任务范式”,此任务应用 Curry7 软件编程并由台式电脑呈现视觉刺激。该任务是由 2 个部分项目组成,分别为 Go 实验和 NoGo 实验。受试者集中注意力正视屏幕中央,同时右手手指放在键盘键“M 键”上。实验开始后屏幕中央会持续闪现数字“1”和“9”,在 Go 实验过程中受试者看见数字“9”时迅速按下“M 键”,看见数字“1”时不按键。在 NoGo 实验过程中受试者看见数字“1”时迅速按下“M 键”,看见数字“9”时不按键。

1.4.2 测量指标 (1)潜伏期:系刺激开始到各成分最大波幅指点横轴直线的距离。指标有 N2、P3 潜伏期。(2)波幅:系基线到波峰的垂直距离。指标有 N2、P3 波幅。

### 1.5 临床观察指标

(1)睡眠疗效评估:对比 3 组治疗效果差异。根据睡眠日记和腕带式体动监测仪所记录的数据所得出的睡眠潜伏期作为主要观测指标。另外,在基线,干预第 7 天,第 14 天的 PQSI,SRSS 作为次要指标。

(2)认知评估:对比 CES+音乐组治疗前后认知功能改善情况。根据 ERP 数据分析治疗前后 N2、P3 潜伏期与波幅。

### 1.6 统计学方法

实验数据采用 SPSS 17.0 进行统计学分析。其

中正态分布数据计量资料以 $(\bar{x}\pm s)$ 表示,中位数(四分位数间距)以 $[M(P_{25},P_{75})]$ 表示,计数资料用率(%)来表示。使用单因素方差分析和 $\chi^2$ 检验来比较3组的人口统计学特征和基线特征。组间比较采用单因素方差分析,配对 $t$ 检验和Wilcoxon符号秩检验用于评估组内比较。

2 结 果

2.1 一般资料

研究共纳入失眠患者75例,3组患者的性别、年龄以及失眠时长差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )(见表1)。

2.2 治疗后的睡眠指标比较

3组在治疗前的睡眠潜伏期,总睡眠时长无明显

差异( $P>0.05$ )。治疗后与治疗前对比,治疗1周后,3组的睡眠潜伏期均有下降(分别为 $P=0.098$ , $P=0.002$ , $P=0.011$ ),总睡眠时间与深睡眠时间有所改变,但差异无统计学意义。治疗2周后,3组的睡眠潜伏期均有缩短( $P=0.030$ , $P=0.001$ , $P=0.001$ ),差异具有统计学意义,总睡眠时间与深睡眠时间差异无统计学意义。治疗2周后组间比较,CES+双声拍音乐组、CES+双声拍音乐组与基础治疗组比较,睡眠潜伏期缩短差异具有统计学意义( $P<0.01$ ),总睡眠时间( $P=0.460$ , $P=0.552$ )与深睡眠时间差异无统计学意义( $P=0.759$ , $P=0.311$ )(见表2)。

表1 3组患者的一般资料比较

项目	基础治疗组( $n=25$ )	CES+双声拍组( $n=25$ )	CES+粉噪音组( $n=25$ )	统计值	$P$ 值
性别(男/女,例)	12/13	13/12	11/14	$\chi^2=1.264$	0.531
年龄( $\bar{x}\pm s$ 岁)	38.080 $\pm$ 8.897	39.600 $\pm$ 9.853	37.240 $\pm$ 6.809	$F=0.179$	0.837
BMI( $\bar{x}\pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> )	22.840 $\pm$ 4.800	22.660 $\pm$ 5.400	23.100 $\pm$ 6.200	$F=0.733$	0.467
病程( $\bar{x}\pm s$ ,年)	4.100 $\pm$ 2.000	3.800 $\pm$ 2.100	3.700 $\pm$ 1.600	$F=0.141$	0.869

表2 3组治疗前及治疗后睡眠指标变化( $\bar{x}\pm s$ )

睡眠参数	时间点	基础治疗组	CES+双声拍音乐组	CES+粉噪音组	改善率(%)组间比较95%CI	
					CES+双声拍音乐组 VS 基础治疗组	CES+粉噪音组 VS 基础治疗组
睡眠潜伏期 (min)	T0	53.93 $\pm$ 15.81	56.37 $\pm$ 14.70	58.13 $\pm$ 10.80		
	T1	48.83 $\pm$ 12.91	41.80 $\pm$ 15.77**	46.27 $\pm$ 18.23*		
	T2	47.50 $\pm$ 19.49*	33.46 $\pm$ 15.94***	32.05 $\pm$ 9.06***	24.06(6.74~42.38) <sup>a</sup>	26.71(11.06~41.86) <sup>a</sup>
	$F$ 值	5.509	27.278	7.890		
	$P$ 值	0.030	<0.001	0.011		
总睡眠时间 (h)	T0	6.85 $\pm$ 0.65	6.60 $\pm$ 0.57	6.68 $\pm$ 0.79		
	T1	6.62 $\pm$ 0.64	6.63 $\pm$ 0.79	6.46 $\pm$ 0.79		
	T2	6.66 $\pm$ 0.73	6.62 $\pm$ 0.65	6.67 $\pm$ 0.55	-2.62(-9.75~4.50)	-2.37(-10.35~5.62)
	$F$ 值	0.802	0.036	0.032		
	$P$ 值	0.320	0.851	0.859		
深睡眠时间 (h)	T0	1.91 $\pm$ 0.31	1.79 $\pm$ 0.17	1.83 $\pm$ 0.29		
	T1	1.80 $\pm$ 0.27	1.91 $\pm$ 0.37	1.85 $\pm$ 0.43		
	T2	1.91 $\pm$ 0.36	1.83 $\pm$ 0.13	1.93 $\pm$ 0.34	-1.85(-13.00~10.29)	-5.25(-15.61~5.10)
	$F$ 值	0.012	0.374	3.616		
	$P$ 值	0.915	0.563	0.073		

注:T0,治疗前;T1,治疗1周后;T2,治疗2周后。与同组T0相比\* $P\leq 0.05$ ,\*\* $P\leq 0.01$ ,\*\*\* $P\leq 0.001$ 。与对照组比较<sup>a</sup> $P<0.01$ 。

2.3 3组患者临床量表评分的比较

2.3.1 PSQI量表评分比较 治疗前,3组患者的PSQI评分比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗后,3组的PSQI评分均较治疗前显著降低( $P<0.05$ ),差

异均具有统计学意义。组间对比,CES+双声拍音乐组与基础治疗组比较,PSQI评分改善率差异有统计学意义( $P<0.05$ ),CES+粉噪音组与基础治疗组比较,PSQI评分改善率差异无统计学意义( $P=0.061$ )(见表3)。

表 3 3 组治疗前及治疗后 PSQI 及 SRSS 评分变化( $\bar{x}\pm s$ )

量表	时间点	基础治疗组	CES+双声拍音乐组	CES+粉噪音组	改善率(%)组间比较 95%CI	
					CES+双声拍音乐组 VS 基础治疗组	CES+粉噪音组 VS 基础治疗组
PSQI 评分	T0	12.67±1.68	12.81±1.86	12.35±2.36		
	T2	11.62±2.85	10.52±2.11	10.26±2.66	9.81(0.15~19.47) <sup>b</sup>	3.84(1.65~17.15)
	<i>t</i> 值	2.514	5.228	7.633		
	<i>P</i> 值	0.021	<0.001	<0.001		
SRSS 评分	T0	32.38±5.23	32.95±6.05	30.57±4.56		
	T2	31.05±5.21	30.24±4.53	27.61±4.85	3.08(-0.3791~9.96) <sup>b</sup>	3.04(-0.89~11.41) <sup>b</sup>
	<i>t</i> 值	2.646	2.987	3.954		
	<i>P</i> 值	0.016	0.007	0.001		

注:与对照组比较  $bP<0.05$ 。

2.3.2 SRSS 量表评分比较 治疗前,3 组患者的 SRSS 评分比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗后,3 组的 SRSS 评分均较治疗前显著降低( $P<0.05$ ),差异均具有统计学意义。组间对比,CES+双声拍音乐组、CES+双声拍音乐组与基础治疗组比较,PSQI 评分改善率差异有统计学意义( $P<0.05$ ) (见表 3)。

2.4 同一干预下的不同性别,失眠时长的睡眠潜伏期变化率比较

就性别差异而言,在 CES+双声拍音乐组中,48% 为女性,52% 为男性。研究发现,无论是在干预 1 周,还是干预 2 周后,男性受试者的 SL 都比女性受试者明显缩短。男性受试者的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 33.64%,干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 50.98%。女性受试者的睡眠潜伏期改善率 14.03%,在干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 22.46%。而在 CES+粉噪音组中,56% 为女性,44% 为男性。我们发现,同样的结果。男性受试者的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 25.86%,干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 41.66%。女性受试者的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 10.05%,在干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 39.06%。基础治疗组性别间的睡眠潜伏期改善率没有显著差异。

就失眠病程长短而言,在 CES+双声拍音乐组中,我们发现,无论是在干预 1 周,还是干预 2 周后,失眠时长越短的患者睡眠潜伏期改善率越明显。失眠时长 $\leq 1$  年的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 39.28%,干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 59.26%。失眠时长 $>1$  年的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 17.28%,在干预 2 周后睡眠潜伏期

改善率 27.12%。而在 CES+粉噪音组组中。我们发现,同样的结果。失眠时长 $\leq 1$  年的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 25.76%,干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 51.54%。失眠时长 $>1$  年的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 15.38%,在干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 33.34%。基础治疗组,失眠时长 $\leq 1$  年的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 12.73%,干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 19.75%。失眠时长 $>1$  年的 SL 在干预 1 周后睡眠潜伏期改善率 7.75%,干预 2 周后睡眠潜伏期改善率 10.02%。

2.5 CES+音乐组 ERP-Go/NoGo 记录

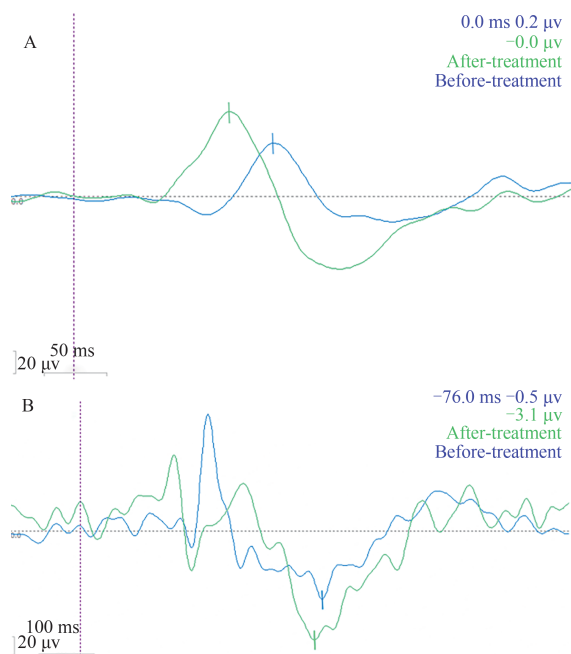
2.5.1 Go 条件下 CES+音乐组治疗前后 N2 潜伏期和波幅的比较 N2 波形在 Go/NoGo 任务期间的刺激呈现之后 150~250 ms 内出现。在 Go 条件下,CES+音乐组治疗 2 周后 N2 潜伏期在位于中线(Cz、PZ)与左颞区(T7)导联上较未干预时前移( $P=0.039, P=0.025, P=0.001$ )。在其他位置的 N2 潜伏期没有差异。N2 振幅在额区(FZ、F3)或顶叶区(PZ、P4)差异有统计学意义(额区: $P=0.040, P=0.046$ ;顶区: $P=0.018, P=0.037$ ) (见表 4,图 1)。

2.5.2 Go 条件下 CES+音乐组治疗前后 P3 潜伏期和波幅的比较 P3 波形在 Go/NoGo 任务期间的刺激呈现之后 340~420 ms 内出现。在 Go 条件下,就 P3 潜伏期而言,在前额叶,CES+音乐组治疗 2 周后在额前区(FP1、FP2 或 FZ)的潜伏期前移( $P=0.020, P=0.014, P=0.001$ )。同时在颞叶,位于 F7 或 TP8 的潜伏期较前移( $P=0.004, P=0.011$ )。就 P3 振幅而言,CES+音乐组治疗 2 周后在位于颞区(F8、T7, TP8)的 P3 振幅升高( $P=0.009, P=0.04, P=0.038$ ) (见表 4,图 1)。



表4 CES+音乐组治疗前后ERP-Go/NoGo条件下的N2、P3指标比较

任务	分组	位置	潜伏期(ms)		统计值	P值	位置	波幅(μV)		统计值	P值
			治疗前	治疗后				治疗前	治疗后		
Go	N2	Cz	199.48±20.17	185.41±22.81	$t=2.130$	0.039	FZ	1.76±1.06	2.64±1.65	$t=-2.126$	0.040
		T7	212(196,227)	193(182,199)	$F=-3.27$	0.001	F3	1.75±1.12	2.58±1.65	$t=-2.058$	0.046
		Pz	191.62±25.06	176.72±16.11	$t=2.328$	0.025	PZ	1.68±1.08	2.48±1.13	$t=-2.465$	0.018
		-	-	-	-	-	P4	3.3(1.8,5.0)	4.5(3.2,6.6)	$F=-2.087$	0.037
	P3	FP1	385.05±31.19	365.31±21.84	$t=2.411$	0.020	F8	1.3(0.9,3.0)	3.0(1.8,3.9)	$F=-2.610$	0.009
		FP2	389.76±33.37	366.27±26.16	$t=2.575$	0.014	T7	2.3(1.1,3.5)	3.2(2.1,4.4)	$F=-2.054$	0.04
		FZ	399.62±30.34	372.33±18.81	$t=3.525$	0.001	TP8	2.34±1.35	3.20±1.30	$t=-2.145$	0.038
		F7	381.05±25.55	359.09±20.85	$t=3.093$	0.004	-	-	-	-	-
		TP8	372(364,385)	356(344,377)	$F=-2.541$	0.011	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NoGo	N2	FZ	186.43±24.53	171.31±21.65	$t=2.144$	0.038	F4	2.65±1.39	1.76±1.13	$t=2.357$	0.023
		F3	207(175,223)	180(158,208)	$F=-2.2$	0.028	FZ	2.71±1.51	1.78±0.87	$t=2.271$	0.030
		-	-	-	-	-	F8	3.19±1.76	2.14±1.18	$t=2.341$	0.024
		-	-	-	-	-	TP8	2.4(1.4,3.1)	1.3(1.0,1.9)	$F=-2.141$	0.032
	P3	FPZ	409.43±38.97	377.68±37.77	$t=2.713$	0.010	Cz	7.0(5.6,9.0)	4.4(4.0,6.3)	$F=-2.906$	0.004
		F8	395.62±32.54	369.82±29.79	$t=2.714$	0.010	TP7	6.05±2.71	4.28±2.16	$t=2.382$	0.022
		T7	389.29±47.70	362.41±23.20	$t=2.332$	0.027	-	-	-	-	-
		TP8	399.76±46.32	375.95±25.47	$t=2.075$	0.046	-	-	-	-	-
		PZ	358(346,389)	338(346,389)	$F=-2.955$	0.003	-	-	-	-	-
		P4	369.86±34.93	345.86±22.11	$t=2.705$	0.010	-	-	-	-	-

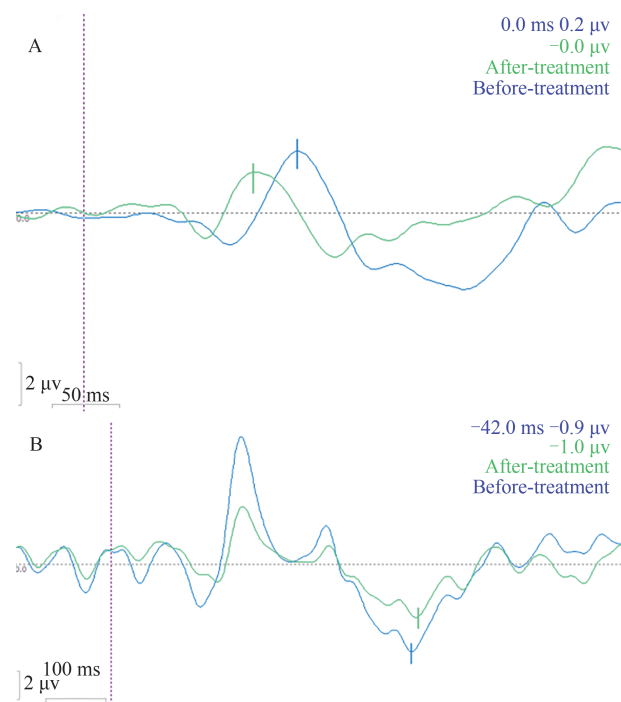


A: Go-N2 条件; B: Go-P3 条件。Before-treatment: 治疗前, After-treatment: 治疗后。

图1 CES+音乐治疗组治疗前后 Go-N2/Go-P3 条件下不同波幅与潜伏期

2.5.3 NoGo 条件下 CES+音乐组治疗前后的 N2 潜伏期和波幅 在 NoGo 条件下, CES+音乐组治疗后位于额区(FZ、F3)的 N2 潜伏期前移( $P=0.038$ ,  $P=0.028$ ), 在其他位置的 N2 潜伏期没有差异。在位于额区(F4、FZ)和右颞顶区(F8、TP8)的 N2 振幅下降( $P=0.023$ ,  $P=0.03$ ; 颞顶叶  $P=0.024$ ,  $P=0.032$ ) (见表4, 图2)。

2.5.4 NoGo 条件下 CES+音乐组治疗前后的 P3 潜伏期和波幅 在 NoGo 条件下, 位于前额叶、顶叶或颞叶区域的 P3 潜伏期在治疗前后有统计学差异。在前额叶, 治疗后的 CES+音乐组的 FPZ 潜伏期前移( $P=0.01$ )。在顶叶, 治疗后的 CES+音乐组的 P4、PZ 潜伏期前移( $P=0.01$ ,  $P=0.003$ )。在颞叶上, 治疗后的 CES+音乐组的 F8、T7、TP8 潜伏期前移( $P=0.01$ ,  $P=0.027$ ,  $P=0.046$ )。CES+音乐组治疗前后位于 Cz、FT7 的 N2 振幅有显著差异( $P=0.004$ ,  $P=0.022$ ) (见表4, 图2)。



A: NoGo-N2 条件; 图 B: NoGo-P3 条件。Before-treatment: 治疗前, After-treatment: 治疗后)。

图2 CES+音乐治疗组治疗前后 NoGo-N2/NoGo-P3 条件下不同波幅与潜伏期

### 3 讨论

本研究率先评估 CES 与音乐结合对睡眠改善的研究。临床试验后未发现不良事件,受试者依从性较好,表明设备安全性较好。我们对失眠障碍的成年人使用了严格的设计,并详细记录和收集了睡眠日记、睡眠量表(PSQI 或 SRSS)和活动记录仪,以便在干预治疗后进行比较。

本研究发现 CES 加音乐对睡眠潜伏期改善有显著影响。同时,在干预 1 周后,缩短的 SL 是立即可见,并且在短期干预(2 周)后更加明显。虽然手腕活动记录分析并未发现睡眠结构变化,但短期干预(2 周)后,PSQI 和 SRSS 等睡眠量表有所改善。这些结果表明, CES 和音乐确实显著改善了睡眠潜伏期和睡眠质量,2 周干预可能是更好的时间点,效果明显。

我们的研究与早期研究不同,首先是失眠参与者,我们研究中的参与者患有更严重和持续的睡眠问题。作为这样的参与者,药物可能是他们的首选。然而,出于其便携性和安全性的优点, CES 加音乐干预是否可以作为此类人群的辅助治疗值得讨论。其次,我们的研究克服了方法论带来的偏差<sup>[13,16]</sup>,可以减少 CES 加音乐的高估效果<sup>[17]</sup>。再者,大多数研究只包括一种类型的音乐干预,而我们的研究包括两

种类型的音乐干预,如双声拍音乐和粉噪音,结果显示没有差异。此外,我们的分析表明, SL 缩短有显著改善的趋势,这可能是由于睡眠早期阶段即启动音乐干预。但在其他睡眠指数中没有发现明显的变化,如总睡眠时间(total sleep time, TST)或深度睡眠的比例。这样的结果与其他研究相似<sup>[18]</sup>,但只有另一项研究报道了音乐对降低 N2 和增加 REM 的影响<sup>[19]</sup>,可能由于二者实验设计不同。

在电生理水平上,本研究中在 Go 条件下, CES+音乐组在治疗后的 Go-N2、Go-P3 潜伏期前移,振幅升高。这些结果可能表明,经过 CES 与音乐治疗后失眠患者信息处理速度加快,这与反应力与注意力升高有关,这与既往研究结果一致<sup>[20]</sup>。表明 CES+音乐治疗延长睡眠时长,从而恢复睡眠个体的抑制控制能力。而在 NoGo 条件下,治疗后 NoGo-N2 潜伏期也前移,但 N2 振幅降低。在 NoGo 条件下,这种异常的潜伏期或振幅大多位于前额叶或颞叶区域,与其他研究相符。既往研究表明,前额叶皮质是执行的主要自我控制中枢,负责认知任务和情绪。自我控制最重要的特征之一是抑制不良刺激的能力<sup>[21,22]</sup>。因此,失眠可能会破坏前额叶或颞叶的功能平衡,进而损害行为反应和抑制。

除此之外,在 NoGo 条件下失眠患者在治疗后 P3 潜伏前移,波幅升高。既往研究认为, NoGo-P3 潜伏期反映对刺激物评价与归类所需的反应时间即反应速度,与反应时呈正相关。P3 振幅反映被投入到执行任务中脑力资源的使用情况<sup>[23]</sup>。所以 NoGo-P3 潜伏期前移,与失眠患者治疗后对于不正确反应评估时间缩短,与反应抑制能力增强有关。而 P3 波幅降低表明治疗后失眠患者完成任务所消耗的脑力资源可减少。

本研究具有一些新发现,但仍然存在一些局限性。首先,样本量可能不足以代表 CES 加音乐干预对睡眠的总体影响。其次,尽管我们对结局评估者施盲,但我们不能对受试者进行盲法干预,因为他们会清楚地知道他们是否听了双击、粉红噪音或什么都不听,可能造成结果存在偏倚。这项研究中我们尽量减少偏倚,但不能消除。再次,由于 PSG 需要在医院过夜且连续多次监测,这对被试者来说会导致依从性下降,因此本研究未使用 PSG 评估,而是通过腕带式体动监测仪的活动记录仪评分评估研究参与者的睡眠结构。最后,在研究中,我们排除了存在并发症的受试者,例如失眠伴焦虑或抑郁、失眠伴周期

性肢体运动、失眠伴阻塞性睡眠呼吸暂停。然而,不同的失眠亚组可能对音乐干预有不同的反应,未来可以设计和探索亚型研究。

总之,本研究表明CES加音乐干预可以有效缩短睡眠潜伏期、改善睡眠、改善皮质抑制功能、提高认知功能。后续研究可能会进一步探索CES加音乐干预是否可以作为亚型失眠者的辅助治疗方式。

**伦理学声明:**本研究方案由吉林大学第一医院伦理委员会审批(批号:23K044-001),在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2300073223),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:**张慧飞负责撰写论文、修改论文;姜好堃、刘浩然、周超前负责实验操作、数据收集;张永祥、董贞、何清华、孙志远负责文献收集、统计学分析、绘制图表;吕玉丹负责论文设计、指导撰写论文并最后定稿。

### [参考文献]

- [1] Ohayon MM. Epidemiology of insomnia: What we know and what we still need to learn[J]. *Sleep Med Rev*, 2002, 6(2): 97-111.
- [2] Roth T, Coulouvrat C, Hajak G, et al. Prevalence and perceived health associated with insomnia based on DSM-IV-TR; international statistical classification of diseases and related health problems, tenth revision; and research diagnostic criteria/international classification of sleep disorders, second edition criteria: Results from the America insomnia survey[J]. *Biol Psychiatry*, 2011, 69(6): 592-600.
- [3] Fortier-Brochu E, Beaulieu-Bonneau S, Ivers H, et al. Insomnia and daytime cognitive performance: A meta-analysis[J]. *Sleep Med Rev*, 2012, 16(1): 83-94.
- [4] Ren D, Jiang B, Guo Z. Insomnia disorder with objective short sleep duration (ISS) phenotype and cognitive performance: A systematic review and meta-analysis[J]. *Neurol Sci*, 2023, 44(7): 2363-2368.
- [5] Diamond A. Executive functions[J]. *Annu Rev Psychol*, 2013, 64: 135-168.
- [6] Altena E, Vrenken H, Van Der Werf YD, et al. Reduced orbitofrontal and parietal gray matter in chronic insomnia: A voxel-based morphometric study[J]. *Biol Psychiatry*, 2010, 67(2): 182-185.
- [7] Joo EY, Noh HJ, Kim JS, et al. Brain gray matter deficits in patients with chronic primary insomnia[J]. *Sleep*, 2013, 36(7): 999-1007.
- [8] Altena E, Van Der Werf YD, Sanz-Arigita EJ, et al. Prefrontal hypoactivation and recovery in insomnia[J]. *Sleep*, 2008, 31(9): 1271-1276.
- [9] Taylor DJ, Lichstein KL, Durrence HH. Insomnia as a health risk factor[J]. *Behav Sleep Med*, 2003, 1(4): 227-247.
- [10] 李雁鹏, 赵正卿, 王雯雯, 等. 慢性失眠临床诊断与药物治疗研究现状[J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2021, 26(5): 487-490.
- [11] Aritake-Okada S, Kaneita Y, Uchiyama M, et al. Non-pharmacological self-management of sleep among the Japanese general population[J]. *J Clin Sleep Med*, 2009, 5(5): 464-469.
- [12] Morin CM, LeBlanc M, Daley M, et al. Epidemiology of insomnia: prevalence, self-help treatments, consultations, and determinants of help-seeking behaviors[J]. *Sleep Med*, 2006, 7(2): 123-130.
- [13] Ardabili FM, Abdi S, Ghezeli, TN, et al. Evaluation of the effects of patient-selected music therapy on the sleep quality and pain intensity of burn patients[J]. *Medical-Surgical Nursing Journal*, 2016(5): 27-34.
- [14] 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.
- [15] 李建明. 睡眠状况自评量表(SRSS)简介[J]. *中国健康心理学杂志*, 2012, 20(12): 1851.
- [16] Hernández-Ruiz E. Effect of music therapy on the anxiety levels and sleep patterns of abused women in shelters[J]. *J Music Ther*, 2005, 42(2): 140-158.
- [17] Harmat L, Takács J, Bódizs R. Music improves sleep quality in students[J]. *J Adv Nurs*, 2008, 62(3): 327-335.
- [18] Baglioni C, Regen W, Teghen A, et al. Sleep changes in the disorder of insomnia: A meta-analysis of polysomnographic studies[J]. *Sleep Med Rev*, 2014, 18(3): 195-213.
- [19] Chang ET, Lai HL, Chen PW, et al. The effects of music on the sleep quality of adults with chronic insomnia using evidence from polysomnographic and self-reported analysis: a randomized control trial[J]. *Int J Nurs Stud*, 2012, 49(8): 921-930.
- [20] Papaliagkas VT, Kimiskidis VK, Tsolaki MN, et al. Cognitive event-related potentials: Longitudinal changes in mild cognitive impairment[J]. *Clin Neurophysiol*, 2011, 122(7): 1322-1326.
- [21] Molfese DL, Ivanenko A, Key AF, et al. A one-hour sleep restriction impacts brain processing in young children across tasks: Evidence from event-related potentials[J]. *Dev Neuropsychol*, 2013, 38(5): 317-336.
- [22] 裴江燕, 吉维忠. 认知障碍的蛋白组学研究进展[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2025, 42(3): 267-272.
- [23] Sehlmeier C, Konrad C, Zwitterlood P, et al. Erp indices for response inhibition are related to anxiety-related personality traits[J]. *Neuropsychologia*, 2010, 48(9): 2488-2495.

引证本文:张慧飞,姜好堃,董贞,等. 经颅微电流刺激联合音乐干预对失眠及其认知改善的临床研究[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2025, 42(10): 904-910.