

双半球经颅直流电刺激对短期失眠症的疗效研究

孙龙

丹阳市第三人民医院，江苏丹阳，212300；

摘要：目的 探讨双半球经颅直流电刺激（dual-tDCS）作用于背外侧前额叶皮层（DLPFC）对短期失眠症患者的治疗效果。方法 选取 2024 年 5 月至 9 月收治的 81 例短期失眠症患者，并随机分为实验 A 组、实验 B 组和对照组，每组 27 例。所有患者均接受常规对症治疗，实验组在此基础上加用 dual-tDCS，每天 1 次，持续 4 周。实验 A 组采用江西华恒京兴医疗科技有限公司的 MBM-IV 101 型经颅直流电刺激仪（赣械注准 20212090101），实验 B 组采用深圳般意科技有限公司的 CH5.2 型经颅直流电刺激仪。实验组患者内部细分为三个亚组（每亚组 9 例），以接受不同电流强度（1.2 mA、1.5 mA 及 2.0 mA）的刺激。治疗前后，基于多导睡眠图和匹兹堡睡眠质量指数评估患者的睡眠质量。结果 经过 4 周治疗后，各组患者的睡眠质量均有改善。相较于对照组，实验组患者的入睡潜伏期缩短、总睡眠时间延长、PSQI 评分显著降低（ $P < 0.05$ ）。实验 A 组和 B 组在不同电流强度下的疗效具有一致性，且随着电流强度的增加，疗效有所增强。结论 dual-tDCS 作用于 DLPFC 可有效改善短期失眠症患者的睡眠质量，具有良好的临床应用价值，值得推广。

关键词：双半球经颅直流电刺激；背外侧前额叶皮层；短期失眠症；治疗结果

DOI:10.69979/3029-2808.25.01.035

失眠是指即使具备良好的睡眠条件，个体仍对睡眠时间或质量感到不满，并伴有日间功能受损和身体不适。当失眠的频率和持续时间达到一定程度时，就会显著影响个体的工作和日常生活，增加多种健康问题的风险。短期失眠症是指持续时间少于 3 个月的睡眠障碍，其主要表现包括入睡困难、夜间频繁觉醒等，同时伴有日间功能受损，但与精神疾病无关^[1]。

短期失眠症的病理机制是多种因素相互作用的结果。主流观点认为其本质上是一种过度觉醒障碍^[2]，即觉醒系统的过度激活和/或睡眠诱导系统的功能低下。若未能及时干预，短期失眠可能演变为慢性失眠，增加焦虑、抑郁等共病风险。目前，短期失眠的常规治疗手段主要包括药物治疗和认知行为疗法。然而，某些药物长期使用可能导致耐受性、依赖性及反弹性失眠^[3]，而认知行为疗法的效果也存在局限性，部分患者难以获得显著改善^[4]。因此，探索更安全、高效的治疗策略成为临床研究的重点方向。

经颅直流电刺激（tDCS）是一种非侵入性脑刺激技术，近年来被提出作为改善失眠的新途径^[5]。通过低强度直流电调节大脑皮层的兴奋性，tDCS 可以影响神经活动、促进神经递质释放，恢复睡眠-觉醒机制的平衡。相较于常规治疗方法，tDCS 具有安全有效、操作简便等优势，同时不易产生药物依赖或耐受性，有望成为一种

长期有效的非药物干预手段，为失眠患者提供新的治疗选择。

本研究在常规治疗的基础上，旨在以背外侧前额叶皮层（DLPFC；国际 10-20 脑电系统中的 F3 和 F4 位点）为目标靶区，探究双半球经颅直流电刺激（dual-tDCS）对短期失眠患者的疗效。同时，评估不同刺激强度对治疗效果的影响，为 tDCS 在短期失眠治疗中的临床应用提供理论依据和实验参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究选取 2024 年 5 月至 9 月我院收治的 81 名短期失眠症患者，并采用随机分组法将其分为实验 A 组、实验 B 组和对照组，每组 27 例。各实验组进一步细分为三个亚组，每亚组 9 例。各组患者在性别、年龄、病程等基本特征上无显著差异（ $P \geq 0.05$ ），有可比性。见表 1。

纳入标准：（1）符合短期失眠症的诊断标准；（2）年龄 20~65 岁；（3）无其他睡眠障碍（如睡眠呼吸暂停、周期性肢体运动、发作性睡病）；（4）知情同意。

排除标准：（1）对直流电刺激过敏或者不耐受；（2）刺激区域存在皮损或颅骨缺损；（3）患有严重或不稳定的器质性疾病及其他躯体疾病；（5）脑电图显示

棘慢波异常；（5）体内植入电子刺激器（如心脏起搏器）或颅内存在金属异物。

表 1 3 组患者一般资料比较

组别	m	n	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别 (例)		病程(月, $\bar{x} \pm s$)	受教育年限 (年, $\bar{x} \pm s$)
				男	女		
实验 A 组	1.2	9	43.78 ± 16.55	7	2	1.39 ± 0.60	13.78 ± 2.59
	1.5	9	40.89 ± 11.86	8	1	1.61 ± 0.33	12.00 ± 1.87
	2.0	9	41 ± 9.72	5	4	1.28 ± 0.44	12.78 ± 2.78
实验 B 组	1.2	9	39 ± 10.42	8	1	1.44 ± 0.39	13.89 ± 2.42
	1.5	9	42.22 ± 8.90	7	2	1.33 ± 0.25	12.56 ± 2.92
	2.0	9	44.44 ± 15.37	6	3	1.72 ± 0.67	13.56 ± 1.81
对照组	-	27	40.22 ± 9.39	17	10	1.17 ± 0.65	13.33 ± 3.48
F			0.295	5.222		1.652	0.559
/x ²							
P			0.938	0.516		0.145	0.761

1.2 干预方法

所有患者均接受常规对症治疗，并依据认知行为疗法开展干预，包括睡眠卫生教育、刺激控制、睡眠限制、松弛疗法以及认知疗法。

在常规治疗基础上，实验组患者接受 dual-tDCS 治疗，刺激靶点为 DLPFC（F3 和 F4 位点）。实验 A 组采用 MBM-IV101 型经颅直流电刺激仪（江西华恒京兴医疗科技有限公司，南昌，赣械注准 20212090101），借助配套脑电帽进行定位，阳极置于 F3 位点，阴极置于 F4 位点；实验 B 组使用 CH5.2 型经颅直流电刺激仪（深圳般意科技有限公司，深圳），电极放置方式与实验 A 组相同。参考 tDCS 治疗失眠的研究，电流强度一般设为 1~2 mA^[6, 7]。本研究将实验 A 组和实验 B 组患者细分为三个亚组，分别接受 1.2 mA、1.5 mA 和 2.0 mA 的 tDCS 治疗，以探讨不同刺激强度对治疗效果的影响^[8]。治疗频率为每天 1 次，每次 15 分钟，持续 4 周。

1.3 评价指标

1.3.1 多导睡眠图

多导睡眠图（PSG）通过同步记录多种生理信号，包括脑电、眼电、肌电、心电等，能够为临床医生提供客观、定量、全面的睡眠信息，从而避免了单纯依赖主观报告可能带来的偏差，因此被广泛认为是睡眠障碍诊

断的金标准^[9]。此外，这些生理信号能够反映睡眠过程中是否存在中断或觉醒事件，从而实现对睡眠连续性的客观评估。

本研究记录了所有患者在 23:00 至 07:00 期间的 PSG，由专业人员按照美国睡眠医学会（AASM）手册进行睡眠分期，计算了以下 PSG 特征指标，以评估睡眠质量：

（1）睡眠潜伏期：从上床准备睡觉到实际入睡所需的时间。该参数越小，表明睡眠启动能力越强。（2）总睡眠时间，从入睡到清醒之间，所有睡眠阶段的总时长，但不包含潜伏期和夜间觉醒的时间。该参数在符合个体生理需求的情况下，数值越大越理想。

1.3.2 睡眠质量

匹兹堡睡眠质量指数（PSQI）是临床与研究中广泛使用的睡眠质量评估工具^[13]，共涵盖 7 个分项，每个分项 0~3 分，总分 0~21 分，分值越高表示睡眠质量越差。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析，计数资料以平均值 $\pm$ 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，组内比较采用配对 t 检验，组间比较采用单因素方差分析；计量资料以例表示，采用 χ^2 检验。所有统计比较均以 $P < 0.05$ 为显著性水平。

2 结果

2.1 治疗前后 PSG 特征比较

治疗前，三组患者在 SL、TST 方面差异无统计学意义。治疗后，实验组相比对照组 SL 显著缩短、TST 延长，而实验 A 组和实验 B 组的整体治疗效果相似，详见表 2。在实验亚组中，2 mA 亚组的 SL 显著短于 1.2 mA 和 1.5 mA 亚组，且 TST 显著长于 1.2 mA 亚组，差异均具有统计学意义，详见表 3、表 4。

2.2 治疗前后 PSQI 评分比较

治疗前，三组患者的 PSQI 评分相似，差异无统计学意义。经过 4 周治疗后，实验 A 组和实验 B 组患者的 PSQI 评分均显著低于对照组，详见表 5。此外，在实验亚组中，2mA 亚组的 PSQI 评分低于 1.2mA 亚组，具有统计学意义（ $P < 0.05$ ），详见表 6、表 7。

表 2 3 组患者治疗前后 PSG 特征比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	SL	TST
实验 A 组 (n=27)	18.93 ± 3.84	377.35 ± 35.56
治疗前		
治疗后	14.13 ± 2.62 a	483.50 ± 44.59 a
t	-5.357	9.671

实验 B 组 (n = 27)	P	<0.001	<0.001
	治疗前	19.44±4.45	370.76±39.89
	治疗后	13.39±1.95 b	487.06±44.11 b
	t	-6.471	10.160
对照组 (n = 27)	P	<0.001	<0.001
	治疗前	18.15±2.84	392.17±47.86
	治疗后	15.80±2.26	449.93±27.98
	t	-2.938	6.108
	P	0.007	<0.001

治疗后, A 组与对照组比较, aP<0.05; B 组与对照组比较, bP<0.05。

表 3 实验 A 组中 3 个亚组的患者治疗前后 PSG 特征比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	SL	TST
1.2 mA (n = 9)	治疗前	19±3.5
	治疗后	16.06±2.59 a
	t	-2.852
	P	0.021
1.5 mA (n = 9)	治疗前	18.83±5.18
	治疗后	14.33±1.66 b
	t	-2.502
	P	0.037
2 mA (n = 9)	治疗前	18.94±2.99
	治疗后	12±1.87
	t	-1.721
	P	<0.001

治疗后, 1.2mA 组与 2mA 组比较, aP<0.05; 1.5mA 组与 2mA 组比较, bP<0.05。

表 4 实验 B 组中 3 个亚组的患者治疗前后 PSG 特征比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	SL	TST
1.2 mA (n = 9)	治疗前	18.72±5.69
	治疗后	13.39±1.62 a
	t	2.393
	P	0.044
1.5 mA (n = 9)	治疗前	19.28±4.07
	治疗后	13.56±2.21 b
	t	3.802
	P	0.005
2 mA (n = 9)	治疗前	20.33±3.75
	治疗后	13.22±2.20
	t	5.569
	P	<0.001

治疗后, 1.2mA 组与 2mA 组比较, aP<0.05; 1.5mA 组与 2mA 组比较, bP<0.05。

表 5 3 组患者治疗前后 PSQI 评分比较

组别	治疗前	治疗 4 周后	t	P
实验 A 组 (n = 27)	14.59±4.14	5.11±2.75 a	-9.906	<0.001
实验 B 组 (n = 27)	14.07±3.55	5.89±2.65 b	-9.598	<0.001
对照组 (n = 27)	13.48±2.79	7.74±3.07	-6.948	<0.001

治疗后, A 组与对照组比较, aP<0.05; B 组与对照

组比较, bP<0.05。

表 6 实验 A 组中 3 个亚组的患者治疗前后 PSQI 评分比较

组别	治疗前	治疗 4 周后	t	P
1.2 mA (n = 9)	12.67±3.71	6.11±2.80 a	-5.160	<0.001
1.5 mA (n = 9)	13.44±4.45	5.56±3.24	-6.245	<0.001
2 mA (n = 9)	15.56±2.07	3.67±1.58	-14.732	<0.001

治疗后, 1.2mA 组与 2mA 组比较, aP<0.05。

表 7 实验 B 组中 3 个亚组的患者治疗前后 PSQI 评分比较

组别	治疗前	治疗 4 周后	t	P
1.2 mA (n = 9)	13.22±3.56	7.33±3.71 a	-5.488	<0.001
1.5 mA (n = 9)	13.67±4.44	5.89±1.54	-4.179	0.002
2 mA (n = 9)	15.33±2.40	4.44±1.42	-11.470	<0.001

治疗后, 1.2mA 组与 2mA 组比较, aP<0.05。

3 讨论

失眠症是指频繁且持续的入睡、睡眠维持困难, 伴随有日常功能受损和身体不适。其中短期失眠症是最常见的类型。研究显示, 短期失眠与过度觉醒障碍相关。tDCS 作为一种非侵入性的脑刺激技术, 可以诱导睡眠-觉醒脑电参数的变化, 并通过调节神经递质释放影响觉醒系统, 在睡眠启动和睡眠阶段转换过程中发挥着重要作用。然而, 现有研究表明, tDCS 在失眠治疗中的效果仍然受到刺激强度、刺激部位等因素的影响。本研究选取了 81 名短期性失眠症患者, 在常规治疗的基础上, 评估 DLPFC dual-tDCS 对短期性失眠症的治疗效果, 并比较不同刺激强度下的疗效。

本研究发现, 4 周 tDCS 后, 实验组患者的 PSQI 评分显著降低, 同时, 相较于治疗前, 其 SL 显著缩短、TST 显著延长。这些结果表明, 实验组患者的睡眠质量得到了显著改善, 这可能与本研究中靶区的功能有关。功能磁共振成像和源建模 EEG 研究表明, 慢睡眠波与左、右侧 DLPFC 中央区域的活动密切相关。因此, 通过对双侧 DLPFC 施加 tDCS 有助于纠正失眠患者常见的觉醒系统过度活跃和睡眠诱导系统功能不足的失衡状态。此外, 对右侧 DLPFC 进行阴极刺激会减少大脑蓝斑 (LC) 区域的活动, LC 作为大脑中合成去甲肾上腺素的主要部位, 在调节注意力、觉醒和清醒状态方面发挥关键作用。因此, 对 LC 活动的抑制可降低皮层警觉性和兴奋性, 进而促进睡眠。

此外, 4 周治疗后, 实验 A 组与 B 组的疗效表现出

一致性,差异无统计学意义,这可能与两组患者在刺激强度、刺激部位以及刺激时间上的一致有关。在实验亚组中,随着电流强度的增加,疗效有所增强。已有研究表明,电流强度对大脑电场分布具有显著影响,较高强度的电流刺激能够增强大脑的聚焦效应[10],从而更精准地调节大脑功能,改善突触连接并促进神经可塑性。这些效果促使较高的电流强度能够产生更显著的治疗效果,从而解释了本研究中不同实验亚组的疗效与刺激强度呈正相关。

综上所述,本研究在常规治疗的基础上评估 dual-tDCS 应用于 DLPFC 对短期失眠症的治疗效果,并比较不同刺激强度对疗效的影响。结果表明,尽管实验组和对照组患者经治疗后失眠症状均得到了改善,但相较于对照组,实验组在睡眠质量方面的提升更为显著。当刺激模式和参数相同时,实验 A 组与 B 组的疗效表现出一致性。在实验亚组中,随着电流强度的增加,治疗效果进一步增强。本研究结果表明,dual-tDCS 作用于 DLPFC 对短期失眠症具有显著疗效,可在临床上推广应用。

参考文献

- [1] 中华医学会神经病学分会睡眠障碍学组, 王玉平, 刘江红, 等. 中国成人失眠诊断与治疗指南(2023 版)[J]. 中华神经科杂志, 2024, 57(6): 560-584.
- [2] 赵文瑞, 李陈渝, 陈军君, 等. 失眠障碍与过度觉醒: 来自静息态脑电和睡眠脑电的证据[J]. 中国科学: 生命科学, 2020, 50(3): 270-286.
- [3] 中华医学会神经病学分会睡眠障碍学组. 中国成人失眠诊断与治疗指南(2017 版)[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(5): 324-335. 0
- [4] 伊如汉, 吕东升, 杨滋慧. 数字化认知行为疗法治疗失眠障碍的研究进展[J]. 国际精神病学杂志, 2023, 50(5): 942-945.
- [5] 李嘉琦. 经颅电刺激对失眠症患者的干预综述[J]. 心理学进展, 2024, 14(8): 518-525.
- [6] 戴甜甜, 郭丽云, 崔丽霞, 等. 经颅直流电刺激治疗睡眠障碍的研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(4): 361-364.
- [7] 李宛儒, 蔡李佳, 张亚男, 等. 经颅直流电刺激与失眠障碍的研究进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2024, 41(3): 255-258.
- [8] 杜宇鹏, 李晓东, 刘文兵, 等. 不同强度的经颅直流电刺激对脑梗死后吞咽障碍患者的疗效比较[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(5): 583-587.
- [9] 中国医师协会神经内科医师分会睡眠障碍专业委员会, 中国睡眠研究会睡眠障碍专业委员会, 中华医学会神经病学分会睡眠障碍学组, 等. 中国成人多导睡眠监测技术操作规范及临床应用专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(47): 3825-3831.
- [10] 王宏利, 于洪丽, 王超, 等. 基于真实头模型的经颅直流电刺激参数优选研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2021, 38(4): 638-646.

作者简介: 孙龙(1975-), 性别: 男, 民族: 汉族, 籍贯: 江苏, 单位: 丹阳市第三人民医院, 学历: 硕士, 职称: 医师, 研究方向: 失眠症。