

## 论著 · 临床研究

## 经颅直流电刺激对脑卒中后疲劳患者的康复效果研究

张彬梅<sup>1,2</sup>, 郑丽维<sup>1△</sup>

(1. 福建中医药大学, 福建 福州 350122; 2. 泉州市中医院, 福建 泉州 362300)

**[摘要]** 目的 探讨经颅直流电刺激对脑卒中后疲劳患者的康复效果。方法 选取 2021 年 2—8 月在泉州市中医院康复科住院治疗的 72 例脑卒中后疲劳患者作为研究对象, 按照随机数字表法分为对照组和研究组, 各 36 例。对照组采用常规康复治疗与护理, 研究组在常规康复治疗与护理的基础上, 接受经颅直流电刺激干预, 每周连续 5 d, 每天 1 次, 每次 20 min, 持续 4 周。比较分析干预前后 2 组患者的疲劳严重程度、精力水平、临床神经功能缺损程度及日常生活活动能力变化情况。结果 干预后, 2 组患者的疲劳严重程度、临床神经功能缺损程度、精力水平和日常生活活动能力均较干预前明显改善, 差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。干预后, 研究组的上述观察指标评分与对照组比较, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论 经颅直流电刺激可减轻脑卒中后疲劳患者的疲劳严重程度和临床神经功能缺损程度, 提升患者的精力水平及日常生活活动能力。

**[关键词]** 经颅直流电刺激; 脑卒中; 疲劳; 康复效果

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2023.02.018

中图法分类号: R743.3

文章编号: 1009-5519(2023)02-0262-05

文献标识码: A

## Rehabilitation effect of transcranial direct current stimulation on patients with post-stroke fatigue

ZHANG Binmei<sup>1,2</sup>, ZHENG Liwei<sup>1△</sup>

(1. Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian 350122, China; 2. Quanzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Quanzhou, Fujian 362300, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the rehabilitation effect of transcranial direct current stimulation on post-stroke fatigue patients. **Methods** A total of 72 patients with post-stroke fatigue in the Rehabilitation Department of Quanzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine from February to August 2021 were selected as the study objects and randomly divided into the control group and the research group, with 36 cases each group. The control group was treated with conventional rehabilitation therapy and nursing, while the research group received transcranial direct current stimulation intervention once a day (20 minutes) for five consecutive days per week for four weeks on the basis of the control group. The severity of fatigue, degree of clinical neurological deficits, energy level and the changes of activities of daily living were compared and analyzed between the two groups before and after the intervention. **Results** After the intervention, the severity of fatigue, degree of clinical neurological deficits, energy level, and activities of daily living were significantly improved compared with those before the intervention, and the difference were statistically significant ( $P < 0.01$ ). After intervention, the scores of the above observation indicators in the research group were statistically significant compared with the control group, and the difference were statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Transcranial direct current stimulation can reduce the severity of fatigue and the degree of clinical neurological deficits in patients with post-stroke fatigue, and improve their energy level and activities of daily living.

**[Key words]** Transcranial direct current stimulation; Stroke; Fatigue; Rehabilitation effect

脑卒中后疲劳(PSF)为脑卒中后常见的并发症, 其发病率为 29%~77%<sup>[1]</sup>。患者主要表现为明显疲劳感且休息后也不能缓解, 不仅影响其生活质量, 还会导致康复训练积极性降低, 影响患者自理能力的恢复<sup>[2]</sup>。DE GROOT 等<sup>[3]</sup>将其定义为持续的、病理性的

身体疲惫和缺乏动力的主观感受。目前, PSF 的发病机制尚未明确, 临床上常用药物、运动训练、针灸治疗及心理治疗等多种方法干预 PSF, 虽然在一定程度上可以缓解其疲劳感, 但这些方法仍存在不足之处, 如药物有副作用、运动训练时间长致患者依从性差、

针刺和灸法分别有感染和烫伤风险、心理治疗须在专业心理治疗师的指导下进行,因此寻求一种简单有效、无创安全且患者易接受、临床易推广的治疗手段是当下迫切需要解决的问题。而经颅直流电刺激(tDCS)恰好凭借其无创安全、操作简单的优点应运而生<sup>[4]</sup>。tDCS 是一项非侵入性的技术,通过对目标区域施加恒定的微电流,起到调节脑功能的作用。脑卒中后脑部相关神经系统结构或代谢发生异常,破坏了连接基底神经节、丘脑、边缘系统和高级皮质中枢通路的正常激活过程,导致疲劳发生<sup>[5]</sup>。研究发现,皮质脊髓兴奋性下降与 PSF 有关<sup>[6]</sup>,而 tDCS 阳极刺激可以使刺激区域的细胞膜静息电位去极化,使神经元产生动作电位的阈值降低,以提高神经元兴奋性<sup>[7]</sup>。故本研究采用 tDCS 干预 PSF 患者,观察 tDCS 对 PSF 患者的影响,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

**1.1.1 一般资料** 选取 2021 年 2—8 月在泉州市中医院康复科住院治疗的 72 例 PSF 患者作为研究对象,采用随机数字表法分为对照组和研究组,各 36 例。研究过程中无脱落病例。2 组患者年龄、病程、体重指数、性别、疾病、文化程度、疲劳严重程度、脑卒中临床神经功能缺损程度、精力水平和日常生活活动能力比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性。见表 1。

表 1 2 组患者一般资料比较

项目	研究组 (n=36)	对照组 (n=36)	t/χ <sup>2</sup>	P
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	56.61 ± 8.99	53.78 ± 10.17	-1.444	0.158
病程( $\bar{x} \pm s$ , 月)	3.03 ± 2.10	2.31 ± 1.56	-1.756	0.088
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )	22.76 ± 3.21	22.79 ± 2.93	0.031	0.976
性别			0.071	0.789
男	26(72.22)	27(75.00)		
女	10(27.78)	9(25.00)		
疾病			0.241	0.624
脑梗死	24(66.67)	22(61.11)		
脑出血	12(33.33)	14(38.89)		
文化程度			0.812	0.976
文盲	4(11.11)	3(8.33)		
小学	10(27.78)	12(33.33)		
初中	14(38.89)	12(33.33)		
中专/高中	5(13.89)	5(13.89)		
大专	1(2.78)	2(5.56)		
本科及以上	2(5.56)	2(5.56)		

续表 1 2 组患者一般资料比较

项目	研究组 (n=36)	对照组 (n=36)	t/χ <sup>2</sup>	P
FSS 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	47.81 ± 4.20	45.58 ± 5.69	1.884	0.064
SS-QOL 精力部分评分 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)	6.11 ± 1.83	6.83 ± 1.71	1.725	0.089
NIHSS 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	7.31 ± 3.71	7.94 ± 5.29	0.585	0.560
MBI 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)	57.64 ± 23.82	57.22 ± 24.39	0.073	0.942

注:FSS 为疲劳严重程度量表;SS-QOL 为脑卒中专用生活质量量表;NIHSS 为美国国立卫生研究院卒中量表;MBI 为改良 Barthel 指数评定量表。

**1.1.2 脑卒中诊断标准** 出血性脑卒中和缺血性脑卒中诊断标准分别符合中华医学会神经病学分会发布的《中国脑出血诊治指南 2019》<sup>[8]</sup>和《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》<sup>[9]</sup>中的诊断标准。

**1.1.3 PSF 诊断标准** 过去 14 d 内每天或几乎每天出现明显的疲劳,主观表现为精疲力尽和疲劳感受<sup>[10]</sup>。

**1.1.4 纳入标准** (1)符合脑卒中诊断标准;(2)符合 PSF 诊断标准;(3)FSS 评分大于或等于 36 分;(4)病程 2 周至 6 个月;(5)年龄 40~70 岁;(6)神志清楚,生命体征平稳,病情稳定,无精神障碍;(7)配合研究,自愿签署知情同意书。

**1.1.5 排除标准** (1)患有严重器质性疾病及感染性疾病,不能进行康复锻炼;(2)交流障碍及认知障碍;(3)tDCS 禁忌证:使用植入性电子装置,颅内、心脏和血管有金属植入器件,刺激区局部皮肤损伤或炎症或痛觉过敏;(4)正在参加其他临床研究。

## 1.2 方法

**1.2.1 干预方法** 对照组采用常规康复治疗与护理,研究组在常规康复治疗与护理基础上采用 tDCS。

**1.2.1.1 常规康复治疗与护理** (1)常规治疗:参照《中国脑出血诊治指南 2019》<sup>[8]</sup>和《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》<sup>[9]</sup>,常规给予调控血压、血脂、血糖。(2)康复训练:参照《中国脑卒中早期康复治疗指南(2017 版)》<sup>[11]</sup>,由康复师根据患者的病情制定相应康复训练计划,主要包括被动或主动肌力训练、步行训练、日常生活活动训练。2 组患者每天进行以上康复训练 1 次,每次 90 min,连续 5 d,共 4 周。(3)常规护理:①基础护理,监测生命体征,做好口腔、皮肤、管道及给药护理,注意安全防护;②专科护理,指导抗痉挛体位的摆放、体位转移及日常生活活动的方法;③保持环境安静整洁,合理安排作息时间,睡前禁饮咖啡、茶;④PSF 相关知识的健康宣教,告知患者 PSF 的定义、临床表现、影响因素及干预方法。

**1.2.1.2 tDCS** 采用江西华恒京兴医疗科技有限公司生产的 MBM-1 型号的 tDCS 仪。于治疗室,协助患者取舒适体位,电极片内部的电极泡棉用生理盐水浸湿,并将电极泡棉装入电极片底座。阳极电极片放置于左侧背外侧前额叶(L-DLPFC),根据国际脑电图 10-20 系统电极放置法,体表定位于 F3,并戴上配套的电极帽,阴极电极片放置于右侧肩部。刺激的电流强度为 1.5 mA,每天刺激时间为 20 min,每周连续 5 d,共干预 4 周。

**1.2.2 评价指标**

**1.2.2.1 疲劳严重程度** 采用 FSS 进行评价,该量表内容简单,便于患者理解与填写,且具有良好的信效度。主要用于评估疲劳程度及疲劳对患者的活动积极性、情绪、执行力、躯体功能及生活的影响。疲劳程度与评分成正比,评分大于或等于 36 分即可判定为疲劳。

**1.2.2.2 精力水平** 采用 SS-QOL 的精力部分进行评价。精力水平与量表评分成正比,疲劳程度则与量表评分成反比。评分小于或等于 9 分即可判定为疲劳。

**1.2.2.3 临床神经功能缺损程度** 采用 NIHSS 进行评价。该量表可以准确评估神经功能,包括肢体运动、言语、视神经、感觉等功能的缺损程度。该量表共 12 个条目,总分 42 分。神经功能缺损程度与评分成正比。

**1.2.2.4 日常生活活动能力** 采用 MBI 进行评价,日常生活活动能力与量表评分成正比。

**1.3 统计学处理** 应用 SPSS22.0 统计软件进行数据分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用配对样本 *t* 检验和独立样本 *t* 检验;计数资料以率或构成比表示,采用 Pearson  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结 果**

**2.1 2 组干预前后 FSS 评分比较** 干预后,2 组 FSS 评分均较干预前降低,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。干预后,研究组 FSS 评分低于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 2 组干预前后 FSS 评分比较( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	<i>n</i>	干预前	干预后	<i>t</i>	<i>P</i>
对照组	36	45.58±5.69	26.67±5.63	27.171	<0.001
研究组	36	47.81±4.20	23.53±6.20	27.568	<0.001
<i>t</i>	—	1.884	-2.246	—	—
<i>P</i>	—	0.064	0.028	—	—

注:—表示无此项。

**2.2 2 组干预前后 SS-QOL 精力部分评分比较** 干预后,2 组 SS-QOL 精力部分评分均较干预前升高,

差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。干预后,研究组 SS-QOL 精力部分评分高于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 2 组干预前后 SS-QOL 精力部分评分比较( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	<i>n</i>	干预前	干预后	<i>t</i>	<i>P</i>
对照组	36	6.83±1.71	11.11±1.48	-23.438	<0.001
研究组	36	6.11±1.83	12.17±1.57	-33.914	<0.001
<i>t</i>	—	1.725	-2.948	—	—
<i>P</i>	—	0.089	0.004	—	—

注:—表示无此项。

**2.3 2 组干预前后 NIHSS 评分比较** 干预后,2 组 NIHSS 评分均较干预前降低,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。干预后,研究组 NIHSS 评分低于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 4 2 组干预前后 NIHSS 评分比较( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	<i>n</i>	干预前	干预后	<i>t</i>	<i>P</i>
对照组	36	7.94±5.29	7.39±5.34	4.122	<0.001
研究组	36	7.31±3.71	4.61±2.82	8.400	<0.001
<i>t</i>	—	0.585	2.762	—	—
<i>P</i>	—	0.560	0.007	—	—

注:—表示无此项。

**2.4 2 组干预前后 MBI 评分比较** 干预后,2 组 MBI 评分均较干预前升高,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。干预后,研究组 MBI 评分高于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 5。

表 5 2 组干预前后 MBI 评分比较( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	<i>n</i>	干预前	干预后	<i>t</i>	<i>P</i>
对照组	36	57.22±24.32	61.94±22.31	-7.926	<0.001
研究组	36	57.64±23.83	72.50±17.26	-5.012	<0.001
<i>t</i>	—	0.073	-2.128	—	—
<i>P</i>	—	0.942	0.033	—	—

注:—表示无此项。

**3 讨 论**

**3.1 tDCS 对 PSF 患者疲劳严重程度及精力水平的影响** 由表 2、表 3 可知,2 组患者的疲劳严重程度和精力水平均得到改善,但研究组的效果明显优于对照组,这可能与以下原因有关:tDCS 阳极刺激 L-DLPFC 可增加其皮层兴奋性<sup>[7]</sup>。同时,tDCS 阳极刺激可增加目标区域的血流灌注及血流率,进而通过增加大脑皮层对应部位的血流量,起到改善皮层缺血缺氧的状态、增加皮层兴奋性的作用<sup>[12]</sup>。而且 tDCS 阳极刺激 L-DLPFC 可调节多巴胺释放<sup>[13]</sup>,神经递质学说认为多巴胺水平与 PSF 的疲劳程度呈负相

关<sup>[14]</sup>。此外, tDCS 具有局部远程效应, 在皮质-皮质和皮质-皮质下的连接基础上, 不仅能对所刺激的目标区域进行调节, 还可对与目标区域功能相关的远隔区域进行调节。因此, tDCS 可加强不同大脑区域之间的协同作用, 帮助重构受损的大脑功能<sup>[15]</sup>。背外侧前额叶及其他几个大脑区域包括前岛叶、基底节区纹状体、腹内侧前额叶皮层、背侧前扣带皮层构成了与中枢性疲劳有关的复杂系统, 这些区域构成了一个“疲劳网络”<sup>[16]</sup>, 而 tDCS 阳极刺激 L-DLPFC 可加强“疲劳网络”中各个大脑区域的连接, 修复神经联结。因此, 通过 tDCS 改善 PSF 患者疲劳程度的机制可能与 tDCS 阳极刺激 L-DLPFC 改善皮层兴奋性、促进多巴胺释放及修复神经联结有关。

**3.2 tDCS 对 PSF 患者临床神经功能缺损程度的影响** 临床神经功能缺损程度与 PSF 患者的疲劳程度呈正相关, 且临床神经功能缺损的严重程度影响患者的远期预后<sup>[17]</sup>。由表 4 可知, 干预后 2 组患者临床神经缺损程度均有所减轻, 但研究组的效果明显优于对照组。其机制可能为: 临床上基于运动再学习的理论通过重复性的运动训练, 促进患者中枢神经系统的重组, 改善患者肢体功能障碍<sup>[18]</sup>。运动再学习的过程需要多个脑功能区域共同作用才能完成, 其中 L-DLPFC 参与了运动控制和运动学习的过程, 负责把处理过的信息传递给初级运动皮层, 提升运动学习的效果<sup>[19]</sup>。研究表明, tDCS 刺激 L-DLPFC 联合初级运动皮层电刺激促进脑卒中患者运动功能恢复的效果较单独刺激初级运动皮层更佳<sup>[20]</sup>。此外, L-DLPFC 是参与认知学习的重要脑部区域。研究发现, tDCS 刺激 L-DLPFC 可改善脑卒中患者的认知功能, 促进肢体功能恢复<sup>[21]</sup>。言语功能是神经功能的重要组成部分。有学者通过弥散张量成像根据纤维追踪技术在大脑皮层中发现了语言通路的存在, 其中 L-DLPFC 在语言加工的过程发挥了举足轻重的作用<sup>[22]</sup>。研究证实, tDCS 阳极刺激 L-DLPFC 可显著提高受试者的语言流畅度和图片命名的整体准确性<sup>[23-24]</sup>。因此, tDCS 减轻患者的临床神经功能缺损程度可能与其可改善肢体运动功能障碍、认知功能障碍及言语功能障碍有关。

**3.3 tDCS 对 PSF 患者日常生活活动能力的影响** 由表 5 可知, 干预后 2 组患者的日常生活活动能力均有改善, 但研究组的效果更佳。肢体功能的恢复是完成各种日常生活活动的基础。研究表明, tDCS 刺激 L-DLPFC 有助于减轻患者的肢体功能障碍, 提高其日常生活活动能力<sup>[25]</sup>。另外, PSF 患者的疲乏及对疲劳感的过度关注使患者在日常生活活动训练时无法

集中注意力、学习效率低下, 而 tDCS 阳极刺激 L-DLPFC 可提高患者注意力, 促进其日常生活活动能力的提高<sup>[26]</sup>。此外, tDCS 刺激 L-DLPFC 还能改善睡眠质量<sup>[27]</sup>。而睡眠障碍不仅影响患者日常生活活动能力的恢复, 还会增加患者的疲劳感。因此, 通过 tDCS 改善患者睡眠质量使患者身心得到充分休息, 精力得以补充、疲劳感得以缓解, 从而提高其日常生活活动训练的效率。

综上所述, tDCS 可有效减轻 PSF 患者的疲劳严重程度和临床神经功能缺损程度, 并提升患者的精力水平和日常生活活动能力。tDCS 具有不良反应少、操作简单的优点, 为辅助治疗 PSF 患者的一种安全、有效的方法。但由于本研究的样本量较少、干预时间较短, 且未进行试验后的随访, 无法对试验的远期效果进行评价, 希望今后能增加样本量和随访进行进一步研究。

## 参考文献

- [1] ACCIARRESI M, BOGOUSSLAWSKY J, PACIARONI M. Post-stroke fatigue: Epidemiology, clinical characteristics and treatment [J]. *Eur Neurol*, 2014, 72(5): 255-261.
- [2] 吕梦. 缺血性脑卒中患者卒中后疲劳的发生率、影响因素及对生活质量的影响[D]. 济南: 山东大学, 2019.
- [3] DE GROOT M H, PHILLIPS S J, ESKES G A. Fatigue associated with stroke and other neurologic conditions: Implications for stroke rehabilitation [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003, 84(11): 1714-1720.
- [4] NITSCHKE M A, PAULUS W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation [J]. *J Physiol*, 2000, 527(Pt 3): 633-639.
- [5] CHAUDHURI A, BEHAN P O. Fatigue in neurological disorders [J]. *Lancet*, 2004, 363(9431): 978-988.
- [6] DE DONCKER W, BROWN K E, KUPPUSWAMY A. Influence of post-stroke fatigue on reaction times and corticospinal excitability during movement preparation [J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132(1): 191-199.
- [7] WOODS A J, BIKSON M. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools [J]. *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(2):

- 1031-1046.
- [8] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(12):994-1005.
- [9] 中华医学会神经病学分会. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南(2018)[J]. 中华神经科杂志, 2018, 9(51):666-678.
- [10] 陈红霞. 神经系统疾病功能障碍中西医康复[M]. 北京:人民卫生出版社, 2016:1-10.
- [11] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会神经康复学组, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑卒中早期康复治疗指南[J]. 中华神经科杂志, 2017, 50(6):405-412.
- [12] QUINN D K, UPSTON J, JONES T, et al. Cerebral perfusion effects of cognitive training and transcranial direct current stimulation in mild-moderate TBI[J]. *Front neurol*, 2020, 11:545-553.
- [13] FUKAI M, BUNAI T, HIROSAWA T, et al. Endogenous dopamine release under transcranial direct-current stimulation governs enhanced attention; A study with positron emission tomography[J]. *Transl Psychiatry*, 2019, 9(1):115.
- [14] 唐强, 白震民, 韩玉生, 等. 头穴丛刺法干预大鼠脑梗死后疲劳的研究[J]. 针灸临床杂志, 2008, 24(9):38-40.
- [15] IYER P C, MADHAVAN S. Non-invasive brain stimulation in the modulation of cerebral blood flow after stroke: A systematic review of transcranial doppler studies[J]. *Clin Neurophysiol*, 2018, 129(12):2544-2551.
- [16] WYLIE G R, YAO B, GENOVA H M, et al. Using functional connectivity changes associated with cognitive fatigue to delineate a fatigue network[J]. *Scientific reports*, 2020, 10(1):21927.
- [17] 王婷, 白琳, 熊飞. 老年缺血性脑卒中后疲劳病人神经功能及远期预后的相关因素分析[J]. 临床研究, 2019, 33(9):871-875.
- [18] 张艳明, 胡洁, 宋为群, 等. 目标导向式重复性运动训练对脑卒中患者上肢运动功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(12):41-46.
- [19] 曹娜, 孟海江, 王艳秋, 等. 左侧背外侧前额叶在程序性运动学习中的作用[J]. 心理学报, 2020, 52(5):597-608.
- [20] OVEISGHARAN S, ORGANJI H, GHORBANI A. Enhancement of motor recovery through left dorsolateral prefrontal cortex stimulation after acute ischemic stroke[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2017, 27(1):185-191.
- [21] 金景, 蒋苏, 潘晓励, 等. 经颅直流电刺激联合康复训练对脑卒中偏瘫患者认知功能及肢体运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(6):415-417.
- [22] DUFFAU H, MORITZ-GASSER S, MANDONNET E. A re-examination of neural basis of language processing: Proposal of a dynamic hodotopical model from data provided by brain stimulation mapping during picture naming[J]. *Brain Lang*, 2014, 131:1-10.
- [23] NAKASHIMA S, KOEDA M, IKEDA Y, et al. Effects of anodal transcranial direct current stimulation on implicit motor learning and language-related brain function: An fMRI study[J]. *Psychiatry Clin Neurosci*, 2021, 75(6):200-207.
- [24] VAUGHN K A, WATLINGTON E M, LINARES A P, et al. Prefrontal transcranial direct current stimulation (tDCS) has a domain-specific impact on bilingual language control[J]. *J Exp Psychol Gen*, 2020, 150(5):996-1007.
- [25] 任莎莎, 王晓菊, 陈安亮, 等. 经颅直流电刺激联合音乐镜像疗法对脑卒中偏瘫患者负性情绪及上肢运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(11):1003-1006.
- [26] 张晓杰. 经颅直流电刺激治疗对脑卒中后注意障碍的疗效观察[D]. 太原:山西医科大学, 2020.
- [27] BABAK M, MAHMOUD N, PARVIZ S. The effect of transcranial direct current stimulation on sleep quality, resilience, and optimism[J]. *Curr psychol*, 2021, 27(1):279-286.

(收稿日期:2022-09-23 修回日期:2022-10-28)