

# 经颅直流电刺激介入任务导向性训练对脑卒中患者上肢功能障碍的影响

汤从智 蔡倩 杨奎 徐亮 马明 孙武东 孙悦

东南大学附属中大医院康复医学科, 南京 210009

通信作者: 马明, Email: nj9868@163.com

**【摘要】** **目的** 观察在任务导向性训练的不同时间点(训练前和训练过程中)进行经颅直流电刺激(tDCS)对脑卒中患者上肢功能障碍的影响。**方法** 选取符合标准的脑卒中患者 90 例,采用随机数字表法将其分为 A 组、B 组和 C 组,每组患者 30 例,3 组患者均进行上肢任务导向性训练,A 组患者在任务导向性训练前给予患侧大脑半球 M1 区 20 min 的 tDCS 治疗,tDCS 治疗每日 1 次,每次 20 min,每周治疗 5 d,连续治疗 4 周;B 组患者在任务导向性训练的同时给予 tDCS 治疗,tDCS 治疗部位和参数同 A 组;C 组患者则在任务导向性训练的同时给予安慰性刺激。于治疗前和治疗 4 周后采用 Fugl-Meyer 功能评分上肢部分(FMA-UE)、偏瘫上肢功能测试-香港版(FTHUE-HK)和改良 Barthel 指数(MBI)分别评估 3 组患者的上肢运动功能、上肢功能性和实用性以及日常生活活动能力。**结果** 治疗 4 周后,3 组患者的 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分较组内治疗前均显著提高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );治疗 4 周后,B 组患者的 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分分别为(40.57±7.66)分、(4.33±0.76)级和(66.67±9.72)分,显著优于 A 组和 C 组治疗 4 周后,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** tDCS 联合任务导向性训练可显著改善脑卒中患者的上肢运动功能和日常生活活动能力,且在任务训练的同时进行 tDCS 疗效更佳。

**【关键词】** 经颅直流电; 脑卒中; 阳极; 上肢; 任务导向性训练

**基金项目:**江苏省卫生和计划生育委员会科研课题资助项目(MS201509);济宁医学院实践教学教育科学研究课题(JYSJ2017A04)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.08.003

## Transcranial direct current stimulation enhances the effect of task-oriented training in the rehabilitation of upper limb dysfunction after stroke

Tang Congzhi, Cai Qian, Yang Xi, Xu Liang, Ma Ming, Sun Wudong, Sun Yue

Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Zhongda Hospital of Southeast University, Nanjing 210009, China

Corresponding author: Ma Ming, Email: nj9868@163.com

**【Abstract】** **Objective** To investigate the effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) before or during task-oriented training on the upper limb dysfunction of stroke survivors. **Methods** Ninety stroke survivors were randomly divided into groups A, B and C, each of 30. Those in all the three groups received the same task-oriented training, but those in groups A and B received 20 minutes of tDCS of the M1 area of the cerebrum before and during the task-oriented training respectively. Group C was given placebo stimulation during the task-oriented training. The Fugl-Meyer functional upper limb assessment (FMA-UE), a Hong Kong hemiplegia upper limb function test (FTHUE-HK) and the modified Barthel index (MBI) were used to evaluate the outcomes before and after 4 weeks of treatment. **Results** After 4 weeks of treatment the average FMA-UE, FTHUE-HK and MBI scores of all three groups were significantly better than those before the treatment. Group B's average scores were significantly better than those of groups A and C. **Conclusion** tDCS significantly enhances the benefits of task-oriented training after stroke.

**【Key words】** Transcranial direct current stimulation; Stroke; Upper limbs; Task-oriented training

**Fund program:** The Scientific Research Foundation of the Jiangsu Province Health and Family Planning Commission (grant MS201509); A Jining Medical College Practice Teaching Education Research Project (no. JYSJ2017A04)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.08.003

脑卒中是神经系统的常见病、多发病,具有极高的致残率和病死率<sup>[1]</sup>。康复治疗是促进脑卒中后运动功能恢复的常用手段,然而即使在高强度的康复训练后仍有 55%~75% 的患者遗留有上肢功能障碍<sup>[2]</sup>,严重影响患者的生活质量。近年来,经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)逐渐被应用于神经康复领域,研究发现, tDCS 对脑卒中后的肢体运动障碍、失语症、认知障碍和吞咽障碍等均有治疗作用<sup>[3-6]</sup>。目前,对于 tDCS 介入任务导向性训练的最佳时机尚无定论。本研究通过观察在任务导向性训练的不同时间点(训练前和训练过程中)进行 tDCS 对脑卒中患者上肢功能障碍的影响,旨在为脑卒中患者的临床治疗探索更优化的治疗方案。

## 对象与方法

### 一、研究对象

纳入标准:①符合 1995 年全国第四届脑血管病会议制订的脑卒中诊断标准<sup>[7]</sup>;②经头颅 CT 或 MRI 检查证实且为单侧脑卒中;③40≤年龄≤70 岁,病程>1 个月;④首次发病,患侧上肢 Brunnstrom 分期<sup>[8]</sup>为 II~IV 期;⑤签署知情同意书。

排除标准:①病情不稳定者,如脑出血急性期,恶性进行性高血压,颅内高压等;②既往有癫痫病史;③颅内有金属植入物或颅骨有缺损者;④严重心、肺、肾等重要脏器功能衰竭或恶性肿瘤;⑤植入心脏起搏器;⑥严重失语、认知障碍及情感障碍等不能配合治疗者。

选取 2018 年 1 月至 2018 年 7 月在东南大学附属中大医院康复医学科住院治疗且符合上述标准的脑卒中患者 90 例,所有患者均为右利手。采用随机数字表法将 90 例患者分为 A 组( $n=30$ )、B 组( $n=30$ )和 C 组( $n=30$ ),3 组患者的年龄、性别、病程、病变性质、病变部位等一般资料经统计学分析,组间差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),详见表 1。

### 二、治疗方法

3 组患者均进行上肢任务导向性训练, A 组患者在 tDCS 治疗结束后立即进行任务导向性训练, B 组患者在任务导向性训练的同时进行 tDCS 治疗, C 组患者

在任务导向性训练的同时给予安慰性 tDCS 治疗(刺激部位、治疗参数与 A、B 组相同,但于开始 tDCS 刺激 30 s 后关闭仪器)。

1. 上肢任务导向性训练:所有患者均在作业治疗室接受上肢任务导向性训练,且对于患者患侧不能独立完成的动作,可由其健侧或治疗师辅助完成。①患侧上肢平放于桌面并支撑,健侧上肢将桌面上的套圈拿起并套入木桩;②患侧上肢伸直,体侧负重,健侧上肢将直径 20 cm 的皮球投入患侧的球框;③采用患手移动磨砂板遮挡桌面上不同形状的透光点;④肩关节稳定性训练,患侧肩关节前屈,肘关节伸直,手放置在直径 20 cm 的皮球上,练习前后左右拍球;⑤床面放置一方巾,方巾中间放置一网球,患手抓球依次移动至方巾的四个角;⑥要求患者采用患手从桌面握起水杯靠近嘴边,然后再放回桌面;⑦用患手将插件从插板中抽出并依次插入另一个插板;⑧患手握装有玻璃珠的水杯,通过前臂旋前和旋后将杯中的玻璃弹珠倒入一个空碗;⑨采用患手将桌面上的木块移动到正前方 5~10 cm 高的盒子里;⑩患侧手握木棒肘关节屈伸敲击桌面和肩部。根据患者患侧的功能情况从上述训练项目中选取 2~3 项。上肢任务导向性训练每日 1 次,每次 20 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

2. tDCS:采用深圳产的 S-100 型经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)仪,单脉冲刺激受损侧 M1 区(primary motor cortex),测量拇短展肌运动诱发电位(motor evoked potential, MEP),确定皮质刺激热点。若无法引出 MEP,则把电极阳极置于运动皮质 C3 或 C4 区(脑电图 10/20 系统)。经颅直流电刺激采用四川产的 IS200 型经颅直流电刺激仪,将两个电极外的衬垫用 0.9% NaCl 溶液完全浸湿后拧干,把治疗电极(黑色面)贴放在衬垫的四个边缘之内,将阳极电极(3 cm×4 cm)放置在 TMS 确定的刺激热点上(或 C3/C4 区), tDCS 的阴极(6 cm×10.3 cm)置于对侧眼眶上缘,用绑带压紧治疗电极。电流强度为 2.0 mA(为使患者更好的适应,在输出电流从 0 上升至设定值的过程中,将刺激开始前的电流上坡和刺激结束时的下坡时间均设置为 30 s)。tDCS 治疗每日 1 次,每次刺激 20 min,每周治疗 5 d,连续治疗 4 周。

表 1 3 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$ )	病程 (d, $\bar{x}\pm s$ )	偏瘫侧别(例)		病变性质(例)		病变部位(例)	
		男	女			左侧	右侧	脑出血	脑梗死	大脑皮质	基底节区
A 组	30	13	17	54.53±8.96	108.73±44.96	13	17	11	19	20	10
B 组	30	16	14	57.03±9.05	116.33±39.44	11	19	9	21	18	12
C 组	30	17	13	52.40±8.78	117.90±41.28	12	18	10	20	17	13

### 三、临床疗效评价标准

于治疗前和治疗 4 周后采用 Fugl-Meyer 功能评分上肢部分(Fugl-Meyer assessment-upper extremity, FMA-UE)、偏瘫上肢功能测试-香港版(Hong Kong edition of functional test for the hemiplegic upper extremity, FTHUE-HK)和改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)分别评估 3 组患者的上肢运动功能、上肢功能性和实用性以及日常生活活动能力。

1. FMA-UE 量表:该量表包括反射、肩、肘、腕、手等 9 大项,共 33 个小项,每项内容评分有 0 分、1 分、2 分 3 个等级,总分 66 分,得分越高则患者上肢运动功能越好<sup>[8]</sup>。

2. FTHUE-HK 测试:该测试包括 12 项内容,根据完成测试的成绩分为 1~7 级,等级越高则上肢的功能性和实用性越好<sup>[9]</sup>。

3. MBI 评分:包括进食、穿衣、大小便、如厕、转移、上下楼梯、步行、洗澡、修饰等 10 项内容,总分 0~100 分,得分越高则患者的日常生活活动能力越好<sup>[8]</sup>。

### 四、统计学分析

采用 SPSS 22.0 版统计学软件进行数据分析。计量资料采用( $\bar{x} \pm s$ )表示,计量资料满足正态性和方差齐性,组间比较采用单因素方差分析,如有显著性差异,使用最小显著差法(least significant difference, LSD)进行多重比较,组内治疗前、后比较采用配对 *t* 检验,计数资料采用卡方检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

治疗前,3 组患者的 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分组间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );治疗 4 周后,3 组患者的 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分较组内治疗前均显著提高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );治疗 4 周后,A、B 两组患者的 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分均显著优于 C 组治疗 4 周后,改善幅度均优于 C 组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),且 B 组上述指标亦优于 A 组治疗 4 周后,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 2。

## 讨 论

本研究结果显示,脑卒中上肢功能障碍患者在任务导向性训练的同时进行 tDCS 治疗 4 周后,其 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分显著优于组内治疗前和 A、C 两组,治疗 4 周后,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。该结果提示,tDCS 联合任务导向性训练可显著改善脑卒中患者的上肢运动功能和日常生活活

表 2 3 组患者治疗前、后 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评级和 MBI 评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	FMA-UE 评分(分)	FTHUE-HK 评分(级)	MBI 评分(分)
A 组				
治疗前	30	23.17±6.60	2.43±0.73	38.67±10.47
治疗 4 周后	30	35.30±8.92 <sup>ab</sup>	3.63±0.77 <sup>ab</sup>	50.20±11.78 <sup>ab</sup>
B 组				
治疗前	30	23.20±6.13	2.53±0.68	40.63±7.16
治疗 4 周后	30	40.57±7.66 <sup>abc</sup>	4.33±0.76 <sup>abc</sup>	66.67±9.72 <sup>abc</sup>
C 组				
治疗前	30	22.40±7.30	2.67±0.66	38.67±10.47
治疗 4 周后	30	30.30±7.822 <sup>a</sup>	3.07±0.51 <sup>a</sup>	50.20±11.78 <sup>a</sup>

注:与组内治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 C 组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ ;与 A 组治疗后比较,<sup>c</sup> $P < 0.05$

动能力,且在任务导向性训练的同时进行 tDCS 效果更佳。

经颅直流电刺激是一种利用低强度、恒定的微弱直流电(1~2 mA)调节大脑皮质神经细胞活动的无创性脑刺激技术<sup>[10]</sup>,逐渐成为促进脑卒中后运动功能恢复的辅助治疗方法<sup>[11]</sup>。tDCS 的基本作用机制可能是对神经元静息膜电位的阈下调节,诱导了参与突触可塑性形成的 N-甲基天冬氨酸(N-methy-d-aspartate, NMDA)受体功能发生极性-依赖性修饰,产生神经重塑,使得刺激时皮质兴奋性增加或降低<sup>[12]</sup>;最近研究发现 tDCS 在突触水平的可塑性还涉及  $\gamma$ -氨基丁酸能、多巴胺能以及其他蛋白系统的修饰<sup>[13]</sup>。

Meta 分析发现,tDCS 对脑卒中后上肢功能障碍有一定的改善作用<sup>[14]</sup>,但对于 tDCS 介入任务训练的最佳时间点,研究结论并不一致。Saruco<sup>[15]</sup>等发现,在运动想象疗法之前进行 tDCS 对受试者的姿势控制无明显作用,两种方法同步使用效果显著;Sriraman<sup>[16]</sup>等的研究表明,在运动训练之前进行 a-tDCS 未能提高踝关节运动能力。而 Giacobbe<sup>[17]</sup>等将 tDCS 与上肢机器人训练用于慢性脑卒中患者,治疗后发现,两者同时使用对患者的腕关节运动学表现无明显影响,在训练前进行 tDCS 可改善运动平滑性和速度,在训练后进行 tDCS 反而会导致运动速度降低。目前国内大部分研究将 tDCS 与任务训练同步进行,多可得到有效的阳性结果<sup>[18-21]</sup>,但尚无实验对两种方法的疗效差异进行比较。

本研究观察了任务导向性训练联合 tDCS 对脑卒中上肢功能障碍患者上肢运动功能和日常生活活动能力的影响,结果显示,任务导向性训练联合 tDCS 可显著改善脑卒中上肢功能障碍患者上肢运动功能和日常生活活动能力。其机制可能有以下两点:①任务导向性训练使治疗目标化,有利于提高患者的兴趣和积极性,又可以通过反复强化训练促进皮质功能重组,提高

大脑的可塑性<sup>[22-23]</sup>。正常大脑两侧半球通过交互性半球间抑制 (reciprocal interhemispheric inhibition, rIHI) 达到并维持双侧大脑半球功能匹配及平衡<sup>[24]</sup>。脑卒中后这种半球间的平衡机制被破坏,表现为患侧半球因病灶本身导致兴奋性降低,健侧半球对患侧半球的交互性抑制作用增强。tDCS 通过阳极刺激患侧大脑可以增强神经元兴奋性,促使两侧大脑半球兴奋性重新达到平衡,从而有利于卒中后运动功能的恢复<sup>[25]</sup>。tDCS 与任务导向性训练联合使用不仅可以输入外周刺激,还可直接调节中枢系统的兴奋性,这种“中枢-外周-中枢”的康复模式可以提高脑卒中后上肢运动功能<sup>[26]</sup>。②tDCS 对皮质神经元的兴奋性效应可能还与增加脑源性神经营养因子分泌有关<sup>[27]</sup>,且有研究者利用功能性核磁发现 tDCS 联合任务导向性训练可以增强脑卒中患者脑局部活动的同步性<sup>[20]</sup>。

本研究中,在任务导向性训练的同时进行 tDCS 治疗的疗效,显著优于在任务导向性训练之前进行 tDCS 治疗,其原因一方面可能是任务导向性训练与 tDCS 同时进行不仅有 NMDA 受体的参与,还可增加钙通道介导的细胞内钙离子,诱导产生 tDCS-依赖的膜去极化<sup>[28]</sup>;另一方面可能与大脑可塑性稳态机制有关,其作用是保持大脑皮质兴奋性的稳定,防止皮质网络的过度兴奋<sup>[29-32]</sup>。本课题组还认为,在任务导向性训练之前进行 tDCS,即预先提高了皮质兴奋性,使神经兴奋阈值升高,导致在任务导向性训练时引起兴奋性的抑制,降低疗效。

本研究也存在一些不足之处,例如样本量过少,且仅观察了任务导向性训练联合 tDCS 对患者的短期疗效,其长期疗效未作进一步研究,且也未与功能磁共振成像技术等联合使用,无法进一步了解脑卒中患者脑功能的恢复机制。

综上所述,tDCS 具有无创、安全、有效、易操作且便携等优点,其联合任务导向性训练可显著改善脑卒中患者的上肢运动功能和日常生活活动能力,且在任务导向性训练的同时给予 tDCS 疗效更佳。

## 参 考 文 献

[1] 吴兆苏,姚崇华,赵冬.我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究[J].中华流行病学杂志,2003,24(1):236-239. DOI:10.1007/s11769-003-0089-1.

[2] Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, et al. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial[J]. JAMA, 2006, 296(17):2095-2104. DOI:10.1001/jama.296.17.2095.

[3] 徐丹,陶陶,张继荣,等.阳极经颅直流电刺激治疗脑梗死后失语症疗效的 Meta 分析[J].中华物理医学与康复杂志,2017,39(8):625-630. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.08.018.

[4] Ahn Y, Sohn H, Park J, et al. Effect of bihemispheric anodal tran-

scranial direct current stimulation for dysphagia in chronic stroke patients: a randomized clinical trial[J]. J Rehabil Med, 2017, 49(1):30-35. DOI:10.2340/16501977-2170.

[5] 王静,路承彪,李小隼.经颅直流微电刺激及其对认知功能的调控[J].中华物理医学与康复杂志,2014,36(5):391-393. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.05.020.

[6] 唐朝正,陈创,丁政,等.经颅直流电刺激应用于脑卒中上肢和手功能康复的研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2017,39(5):391-396. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.05.021.

[7] 王玉龙.康复功能评定学[M].北京:人民卫生出版社,2008:164-168.

[8] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379-380.

[9] 殷稚飞,沈滢,孟殿怀,等.不同频率低频重复经颅磁刺激对脑梗死患者上肢功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2014,36(8):596-601. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.08.006.

[10] Lefaucheur JP. Methods of therapeutic cortical stimulation[J]. Neurophysiol Clin, 2009, 39(1):1-14. DOI:10.1016/j.neucli.2008.11.001.

[11] Flöel A. tDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases[J]. Neuroimage, 2014, 85(2):934-947. DOI:10.1016/j.neuroimage.2013.05.098.

[12] Knotkova H, Portenoy R K, Cruciani RA. Transcranial direct current stimulation (tDCS) relieved itching in a patient with chronic neuropathic pain[J]. Clin J Pain, 2013, 29(7):621-622. DOI:10.1097/AJP.0b013e31826b1329.

[13] Kuo MF, Paulus W, Nitsche MA. Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases[J]. Neuroimage, 2014, 85(2):948-960. DOI:10.1016/j.neuroimage.2013.05.117.

[14] 夏文广,王娟,郑婵娟.阳极经颅直流电刺激对脑卒中后上肢运动功能障碍影响的 Meta 分析[J].中国康复,2015,30(4):257-261. DOI:10.3870/zgkf.2015.04.005.

[15] Saruco E, Di Rienzo F, Nunez-Nagy S, et al. Optimal combination of anodal transcranial direct current stimulations and motor imagery interventions[J]. Neural Plast, 2018, 2018:1-7. DOI:10.1155/2018/5351627.

[16] Sriraman A, Oishi T, Madhavan S. Timing-dependent priming effects of tDCS on ankle motor skill learning[J]. Brain Res, 2014, 1581(10):23-29. DOI:10.1016/j.brainres.2014.07.021.

[17] Giacobbe V, Krebs HI, Volpe BT, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) and robotic practice in chronic stroke: the dimension of timing[J]. NeuroRehabilitation, 2013, 33(1):49-56. DOI:10.3233/NRE-130927.

[18] 周艳平,张妍昭,王刚,等.经颅直流电刺激联合运动想象疗法改善脑卒中患者上肢功能的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2018,40(9):657-661. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.09.005.

[19] 曲斯伟,宋为群.阴极经颅直流电刺激对卒中患者上肢运动功能的影响[J].中国脑血管病杂志,2017,14(12):622-627. DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2017.12.002.

[20] 陈创,唐朝正,王桂丽,等.经颅直流电刺激结合任务导向性训练对慢性期脑卒中患者上肢及手功能障碍的影响[J].中国康复,2017,32(3):202-204. DOI:10.3870/zgkf.2017.03.007.

[21] 曲斯伟,朱琳,宋为群.经颅直流电刺激联合运动再学习方案对

卒中患者上肢运动功能的改善作用[J]. 中国脑血管病杂志, 2017, 14(1):20-24. DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2017.01.005.

[22] Carrico C, Chelette KC, Westgate PM, et al. Nerve stimulation enhances task-oriented training in chronic, severe motor deficit after stroke [J]. Stroke, 2016, 47(7):1879-84. DOI:10.1161/STROKEAHA.116.012671.

[23] 任惠明, 崔志慧, 郭旭. 任务导向性训练在脑卒中患者运动功能恢复中的应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(3):227-229. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.03.018.

[24] 夏文广, 郑婵娟, 王娟. 经颅直流电刺激在脑卒中康复应用中的研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2015, 37(8):637-640. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.08.025.

[25] Fregni F, Boggio P S, Nitsche M, et al. Transcranial direct current stimulation[J]. Br J Psychiatry, 2005, 186(9):446. DOI:10.1192/bjp.186.5.446.

[26] 唐朝正, 丁政, 李春燕, 等. 运动想象结合任务导向训练对慢性期脑卒中患者上肢功能影响的随机对照研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(11):832-837. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.011.004.

[27] Tazoe T, Endoh T, Kitamura T, et al. Polarity specific effects of transcranial direct current stimulation on interhemispheric inhibition.[J]. Plos One, 2014, 9(12):e114244. DOI:10.1371/journal.pone.0114244.

[28] Coffman BA, Trumbo MC, Flores RA, et al. Impact of tDCS on performance and learning of target detection: interaction with stimulus characteristics and experimental design [J]. Neuropsychologia, 2012, 50(7):1594-1602. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2012.03.012.

[29] Bienenstock EL, Cooper LN, Munro PW. Theory for the development of neuron selectivity: Orientation specificity and binocular interaction in visual cortex[J]. J Neurosci, 1982, 2(1):32-48. DOI:10.1142/9789812795885\_0006.

[30] Abbott LF, Nelson SB. Synaptic plasticity: taming the beast[J]. Nat Neurosci, 2000, 3(11s):1178. DOI:10.1038/81453.

[31] Siebner HR, Lang N, Rizzo V, et al. Preconditioning of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation with transcranial direct current stimulation: evidence for homeostatic plasticity in the human motor cortex [J]. J Neurosci, 2004, 24(13):3379-3385.

[32] Amadi U, Allman C, Johansenberg H, et al. The Homeostatic Interaction Between Anodal Transcranial Direct Current Stimulation and Motor Learning in Humans is Related to GABAA Activity[J]. Brain Stimul, 2015, 8(5):898-905. DOI:10.1016/j.brs.2015.04.010.

(修回日期:2019-07-10)  
(本文编辑:阮仕衡)

## 《中华物理医学与康复杂志》第八届编辑委员会组成名单

总 编 辑: 黄晓琳

副 总 编 辑: 窦祖林 顾 新 郭铁成 何成奇 李 玲 刘宏亮 吴 毅 燕铁斌 岳寿伟 周谋望

编 辑 委 员: (含总编辑、副总编辑)(按姓氏拼音顺序排序)

教丽娟 白定群 白玉龙 毕 胜 陈 红 陈丽霞 陈青山 陈文华 窦祖林 杜 青  
 范建中 冯 珍 冯晓东 高晓平 顾 新 顾旭东 郭 琪 郭钢花 郭铁成 何成奇  
 何晓红 胡昔权 黄 真 黄东锋 黄国志 黄晓琳 贾子善 姜志梅 金 俏 李 丽  
 李 玲 李海峰 李红玲 李建华 李晓捷 李雪萍 梁 英 廖维靖 刘 楠 刘宏亮  
 刘遂心 刘忠良 卢红建 鲁雅琴 陆 敏 陆 晓 罗 军 马 超 牟 翔 倪朝民  
 倪国新 潘 钰 单春雷 邵 明 宋为群 孙强三 唐 强 王 刚 王 强 王 彤  
 王宝兰 王冰水 王楚怀 王宁华 王玉龙 吴 华 吴 霜 吴 毅 武继祥 肖 农  
 谢 青 谢 荣 谢欲晓 许 涛 许光旭 闫金玉 燕铁斌 杨建荣 杨卫新 叶超群  
 尹 勇 于慧秋 余 茜 虞乐华 袁 华 岳寿伟 恽晓平 张 芳 张 皓 张桂青  
 张继荣 张锦明 张盘德 张巧俊 张长杰 张志强 郑光新 周谋望 朱 宁 朱珊珊

中国香港编委: Leonard Sheung Wai LI(中国香港)

外 籍 编 委: Akira Miyamoto(日本) Hao Liu(美国) Hong Wu(美国)  
 Li-Qun Zhang(美国) Nathan R. Qi(美国) Sheng Quan Xie(新西兰)  
 Sheila Purves(加拿大) Sheng Li(美国) Wenchun Qu(美国)