

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.04.0457

• 短篇论著 •

经颅直流电刺激与工作记忆训练对军校医学生抑制功能的影响

刘权辉^{1,2}, 周天翔¹, 刘伟志³, 朱霞^{1*}

1. 空军军医大学军事医学心理学系军事心理学教研室, 西安 710032
2. 中国人民解放军北部战区空军医院心理科, 沈阳 110041
3. 海军军医大学(第二军医大学)心理系基础心理学教研室, 上海 200433

[摘要] **目的** 探究经颅直流电刺激(tDCS)单独或联合工作记忆训练(2-back任务)对军校医学生抑制功能的影响, 为提高军校医学生的认知和学业成绩提供依据。**方法** 选取36名军校医学生随机分为3组, 每组12人, 分别行20 min 1.5 mA tDCS并2-back任务训练(联合组)、tDCS伪刺激并2-back任务训练(2-back组)和20 min 1.5 mA tDCS并小说阅读(tDCS组), 干预4周, 每周3次。比较干预前后各组抑制功能反应时和正确率的变化。**结果** 干预后联合组的抑制功能反应时较干预前降低[(801.27 ± 91.21) ms vs (883.52 ± 73.18) ms, $P=0.028$, $G^2=0.210$], 正确率较干预前提高[0.98 ± 0.02 vs 0.96 ± 0.04 , $P=0.005$, $G^2=0.341$]。tDCS组和2-back组干预前后的抑制功能反应时及正确率差异均无统计学意义($P>0.05$), tDCS组反应时效果量($G^2=0.167$) $>$ 2-back组。**结论** tDCS可以提升军校医学生的抑制功能。联合使用tDCS与2-back任务对于抑制功能的提升效果优于单独使用。

[关键词] 经颅直流电刺激; 工作记忆训练; 工作记忆; 抑制(心理学); 军校医学生

[中图分类号] R 395.1

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2021)04-0457-04

Effects of transcranial direct current stimulation and working memory training on inhibitory control function of military medical students

LIU Quan-hui^{1,2}, ZHOU Tian-xiang¹, LIU Wei-zhi³, ZHU Xia^{1*}

1. Department of Military Psychology, Faculty of Military Medical Psychology, Air Force Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi, China
2. Department of Psychology, Air Force Hospital of PLA Northern Theater Command, Shenyang 110041, Liaoning, China
3. Department of Basic Psychology, Faculty of Psychology, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) alone or in combination with working memory training (2-back task) on inhibitory control function of military medical students, so as to provide evidence for improving their cognitive function and academic achievement. **Methods** Thirty-six military medical students were evenly randomized into 3 groups, and they were intervened by 20 min 1.5 mA tDCS and 2-back task training (combined group), sham-tDCS and 2-back task training (2-back group), or 20 min 1.5 mA tDCS and novel reading (tDCS group) 3 times a week for 4 weeks, respectively. The changes of response time and correct rate of inhibitory control function were compared before and after the intervention. **Results** The response time of the inhibitory control function of the combined group after the intervention was lower than that before intervention [(801.27 ± 91.21) ms vs (883.52 ± 73.18) ms, $P=0.028$, $G^2=0.210$], while the correct rate was increased after the intervention (0.98 ± 0.02 vs 0.96 ± 0.04 , $P=0.005$, $G^2=0.341$). There was no significant difference in the response time or correct rate of inhibitory control function between the tDCS group and 2-back group before and after the intervention ($P>0.05$), while the effect size of response time of the tDCS group ($G^2=0.167$) was higher than that of the 2-back group. **Conclusion** tDCS can improve the inhibitory control function of military medical students, and the effect of tDCS combined with 2-back task is better than that of tDCS alone.

[Key words] transcranial direct current stimulation; working memory training; working memory; inhibition (psychology); military medical students

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(4): 457-460]

[收稿日期] 2020-03-24

[接受日期] 2020-06-11

[基金项目] 军队“十三五”重大项目(AWS17J012)。Supported by “13th Five-Year” Major Project of PLA (AWS17J102).

[作者简介] 刘权辉, 硕士, 住院医师。E-mail: 294762528@qq.com.

*通信作者(Corresponding author). Tel: 029-84712517, E-mail: zhuxia@fmmu.edu.cn

军校医学生作为一个特殊的群体,在未来维护官兵身心健康以及在军事行动中起着重要的作用,更是我军战斗力的组成部分之一。军校医学生在校阶段的学业成绩影响其未来的工作表现,因此如何提升军校医学生的学业成绩一直以来都是部队关注的重点问题。

抑制功能是指阻止对可能部分激活的与目标无关信息的访问,即当一项需完成的任务与一项干扰性很强的不必完成的任务竞争同一认知资源时,对干扰任务进行抑制的过程^[1]。抑制功能作为工作记忆的重要成分,与个体的学业成绩高度相关^[2-3]。研究表明,抑制功能可以通过工作记忆训练提升,但是工作记忆训练需要依靠计算机、手机等设备,并且在训练时会占用个体的认知资源,存在一定的局限性^[4]。而经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)作为通过恒定的低强度直流电(一般为1~2 mA)调节大脑皮层神经元活动的一种非侵入性的技术,使用时不会占用个体的认知资源,可以有效地弥补工作记忆训练的不足。

本研究旨在探究联合或单独使用tDCS与工作记忆训练对军校医学生抑制功能的影响,为提高军校医学生抑制功能,从而提高学业成绩及部队战斗力提供依据。

1 对象和方法

1.1 研究对象 招募36名某军医大学本科生参与本研究,志愿者均为男性,年龄18~23岁,平均年龄(19.69±0.98)岁。所有志愿者惯用手为右手,视力正常,无色盲、色弱且没有头部外伤和手术史。本研究经空军军医大学第二附属医院伦理委员会审批(NCT02420470),所有志愿者签署知情同意书。

1.2 研究工具

1.2.1 tDCS tDCS设备采用美国Soterix Medical公司的HD-tDCS。根据文献中提到的抑制功能的神经机制^[5]及相关研究刺激方案^[6],在本研究中阳极放置于左侧背外侧前额叶(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)(F3)处,4个参考电极分别放置于Af3、F1、Fc3、F5,刺激电流强度设置为1.5 mA,刺激时间为20 min。上述F3、Af3、F1、Fc3、F5均根据国际脑电10-20系统定位。同时该设备具有伪刺激模式,当进行伪刺激时,电路中电流会在30 s内逐渐升高至预设电流强度,随

后30 s内逐渐下降为0。此模式会让被试产生与正常刺激同样的感觉,但不影响被试的认知功能,是设备自身提供的对照试验模式。

1.2.2 工作记忆训练 工作记忆训练程序采用空间2-back任务进行^[7],采用E-prime 2.0软件进行编制、调试并进行正式测验。具体设计如下:在屏幕中间呈现1个“3×3”的九宫格,每次刺激呈现时九宫格中的随机1个格子(最中间的格子除外)会变成蓝色,每次刺激呈现500 ms,随后刺激消失,被试需进行判断并按键反应,当被试按键反应或3 000 ms后呈现下1个刺激。被试根据指导语判断当前蓝色格子的位置与前第2个刺激呈现的蓝色格子位置是否相同,如果判断为相同则按键盘上“J”键,如判断为不同则按键盘上“F”键。整个训练程序最高可进行2 400次,训练20 min后按键盘上的“P”键退出程序。

1.2.3 小说阅读 将小说阅读作为与2-back任务训练对照的干预方式。小说内容均由被试自己挑选,通过手机呈现。经过主试确认其内容与工作记忆训练无关后,在主试监督下阅读。

1.2.4 抑制功能测评 抑制功能测评程序采用Stroop任务^[8],采用E-prime 2.0软件进行编制、调试并进行正式测验。具体设计如下:在屏幕中间呈现1个带有颜色(红色、黄色、蓝色或绿色)的汉字“红”“黄”“蓝”或“绿”,被试根据呈现汉字的字色按键,键盘上的“Q”“W”“E”“R”4个键分别对应红、黄、蓝、绿4个颜色,该4个键均被贴上对应颜色的贴纸。每个刺激呈现500 ms,随后刺激消失,被试需进行判断并按键反应,当被试按键反应或3 000 ms后呈现下1个刺激。整个测验需要进行100次判断,记录被试每次判断的反应时和正确率。

1.3 分组及干预方法 为排除霍桑效应,将36名志愿者根据年级、所学专业、居住宿舍随机分为3组,每组12人。联合组志愿者平均年龄(19.67±0.78)岁,行20 min 1.5 mA tDCS并2-back任务训练。2-back组志愿者平均年龄(19.50±1.24)岁,行tDCS伪刺激并2-back任务训练。tDCS组志愿者平均年龄(19.92±0.90)岁,行20 min 1.5 mA tDCS并小说阅读。干预时间为4周,每周3次。在干预前后采用Stroop任务按照标准化程序对3组被试进行抑制功能测评。

1.4 统计学处理 应用SPSS 22.0软件进行统计学

分析。组间比较采用单因素方差分析, 组内比较采用 Wilcoxon 符号秩检验效果量 $G^2 = Z^2 / (N+1)$ 进行分析, $G^2 < 0.06$ 时效果量小; $0.06 \leq G^2 < 0.16$ 时效果量中; $G^2 \geq 0.16$ 时效果量大^[9]。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 抑制功能反应时 3 组间被试干预前和干预后

抑制功能反应时差异均无统计学意义 ($F=0.634$, $P=0.537$; $F=1.188$, $P=0.318$); 联合组的抑制功能反应时较干预前降低 [(801.27±91.21) ms vs (883.52±73.18) ms, $P=0.028$]; 分别对 3 组被试干预前后抑制功能反应时进行 Wilcoxon 符号秩检验效果量分析, G^2 由大到小依次是联合组、tDCS 组、2-back 组。见表 1。

表 1 3 组被试干预前后抑制功能反应时的比较

组别	ms, $n=12, \bar{x} \pm s$					
	干预前	干预后	Z 值	P 值	G^2 值	效果量
联合组	883.52±73.18	801.27±91.21	-2.197	0.028	0.210	大
tDCS 组	923.27±93.59	857.16±106.55	-1.961	0.050	0.167	大
2-back 组	895.11±98.01	825.82±64.08	-1.726	0.084	0.130	中

tDCS: 经颅直流电刺激。

2.2 抑制功能正确率 3 组间被试干预前和干预后抑制功能正确率差异均无统计学意义 ($F=2.523$, $P=0.096$; $F=0.270$, $P=0.765$); 联合组抑制功能正确率较干预前提高 [(0.98±0.02) % vs

(0.96±0.04) %], $P=0.005$]; 分别对 3 组被试训练前后抑制功能反应时进行 Wilcoxon 符号秩检验效果量分析, 联合组被试抑制功能正确率的效果量 $G^2=0.341$ 。见表 2。

表 2 3 组被试干预前后抑制功能正确率的比较

组别	% , $n=12, \bar{x} \pm s$					
	干预前	干预后	Z 值	P 值	G^2 值	效果量
联合组	0.96±0.04	0.98±0.02	2.802	0.005	0.341	大
tDCS 组	0.98±0.01	0.98±0.02	0.060	0.952	0.000	小
2-back 组	0.98±0.02	0.99±0.02	1.029	0.304	0.046	小

tDCS: 经颅直流电刺激。

3 讨论

tDCS 通过对头部进行低强度的直流电刺激, 改变刺激区域神经细胞的膜电位从而改变神经元的兴奋性, 阳极刺激可以使细胞膜去极化从而产生兴奋神经元的效应, 阴极刺激可以使细胞膜超极化从而产生抑制神经元的效应^[10], 因此 tDCS 常用于认知神经科学的研究中。

抑制功能作为一项重要的中央执行系统子功能已经经过了多年研究, 研究者们发现抑制功能与 DLPFC 高度相关^[11-12]。目前已有研究表明应用 tDCS 可以提升受试者的抑制功能, 如 Karuza 等^[13]对 101 名健康受试者分别进行电流强度为 1、1.5、2 mA 的左侧 DLPFC 的阳极 tDCS 刺激, 发现不同电流强度干预后受试者的抑制功能任务表现均有提升。Brunyé 等^[14]也发现, 对健康受试者左侧

DLPFC 进行 2 mA 阳极的 tDCS 刺激可以提升个体的抑制功能。但是联合使用 tDCS 与工作记忆训练与单独使用 tDCS 或单独使用工作记忆训练对健康受试者抑制功能提升的效果有何差异还未见报道。本研究旨在比较不同干预方式对军校医学生抑制功能的影响, 同时根据以往文献采用对被试 DLPFC 进行阳极刺激的干预方案, 旨在通过提高 DLPFC 的兴奋性增强个体的抑制功能。

本研究结果显示, 联合使用 tDCS 与工作记忆训练可以降低军校医学生抑制功能的反应时 ($P=0.028$), 提高抑制功能的正确率 ($P=0.005$); 单独使用工作记忆训练或单独行 tDCS 不能降低军校医学生的反应时, 组间差异均无统计学意义 ($P=0.084$ 、 0.050)。但从效果量方面看, 可以认为单独使用 tDCS 也降低了抑制功能的反应时, 但是对于抑制功能的正确率没有提升效果, 这与

Loftus 等^[15]和 Baumert 等^[16]的研究结果一致,单独使用 tDCS 仅缩短抑制功能的反应时。导致这一结果的原因可能是 Stroop 任务作为评估抑制功能的测验,本身难度较低,在充分的思考后不难判断出正确答案,干预效果主要体现在反应时的结果上,并且单独使用工作记忆训练与单独使用 tDCS 训练前的抑制功能正确率均数较高,与 3 组被试训练后的正确率均数相近,训练效果产生了天花板效应。从效果量方面来看,虽然 3 种干预方法均降低了抑制功能的反应时,但是联合组的 G^2 值 > tDCS 组 > 2-back 组。联合组的抑制功能正确率 G^2 值 > 2-back 组 > tDCS 组。也就是说,联合使用 tDCS 与工作记忆训练对抑制功能的提升效果最好。

上述结论提供了应用 tDCS 提升抑制功能的新思路。当个体时间充裕、认知资源充裕时,可以使用工作记忆训练提升抑制功能;当个体不能分散注意力进行工作记忆训练时,可以使用 tDCS 提升抑制功能。当个体希望短期内高效提升抑制功能时,可以选择联合使用 tDCS 与工作记忆训练。综上所述,联合使用 tDCS 与工作记忆训练对于军校医学生抑制功能的提升效果优于单独使用 tDCS,也优于单独使用工作记忆训练。

【参 考 文 献】

- [1] 赵鑫,周仁来. 工作记忆中央执行系统不同子功能评估方法[J]. 中国临床心理学杂志, 2011, 19: 748-752.
- [2] SCHMIDT M, EGGER F, BENZING V, JÄGER K, CONZELMANN A, ROEBERS CM, et al. Disentangling the relationship between children's motor ability, executive function and academic achievement [J/OL]. PLoS One, 2017, 12: e0182845. DOI: 10.1371/journal.pone.0182845.
- [3] 李美华,沈德立,白学军. 不同学业成绩类型学生的抑制控制研究[J]. 社会心理科学, 2006, 21: 85-90.
- [4] FRINGS C, BRINKMANN T, FRIEHS M A, VAN L T. Single session tDCS over the left DLPFC disrupts interference processing[J]. Brain Cogn, 2018, 120: 1-7.
- [5] 张旭,侯俊,段国平,李媛媛,吴东宇. 经颅直流电刺激对脑外伤患者精神运动抑制状态的治疗作用[J]. 2018, 33: 1405-1409.
- [6] NOAH J A, DRAVIDA S, ZHANG X, YAHIL S, HIRSCH J. Neural correlates of conflict between gestures and words: a domain-specific role for a temporal-parietal complex[J/OL]. PLoS One, 2017, 12: e0173525. DOI: 10.1371/journal.pone.0173525.
- [7] WESTERBERG H, KLINGBERG T. Changes in cortical activity after training of working memory—a single-subject analysis[J]. Physiol Behav, 2007, 92: 186-192.
- [8] Stroop J. Studies of interference in serial verbal reactions[J]. J Exp Psychol, 1935, 18: 643-662.
- [9] 权朝鲁. 效果量的意义及测定方法[J]. 心理学探新, 2003, 23: 39-44.
- [10] 刘盼,刘世文. 经颅直流电刺激的研究及应用[J]. 中国组织工程研究, 2011, 15: 7379-7383.
- [11] BUSH G, WHALEN P J, ROSEN B R, JENIKE M A, McICERNEY S C, RAUCH S L. The counting Stroop: an interference task specialized for functional neuroimaging—validation study with functional MRI[J]. Hum Brain Mapp, 1998, 6: 270-282.
- [12] Blais C, Bunge S. Behavioral and neural evidence for item-specific performance monitoring[J]. J Cogn Neurosci, 2010, 22: 2758-2767.
- [13] KARUZA E A, BALEWSKI Z Z, HAMILTON R H, MEDAGLIA J D, TARDIFF N, THOMPSON-SCHILL S L. Mapping the parameter space of tDCS and cognitive control via manipulation of current polarity and intensity[J/OL]. Front Hum Neurosci, 2016, 10: 665. DOI: 10.3389/fnhum.2016.00665.
- [14] BRUNYÉ T T, CANTELON J, HOLMES A, TAYLOR H A, MAHONEY C R. Mitigating cutaneous sensation differences during tDCS: comparing sham versus low intensity control conditions[J]. Brain Stimul, 2014, 7: 832-835.
- [15] LOFTUS A M, YALCIN O, BAUGHMAN F D, VANMAN E J, HAGGER, M S. The impact of transcranial direct current stimulation on inhibitory control in young adults [J/OL]. Brain Behav, 2015, 5: e00332. DOI: 10.1002/brb3.332.
- [16] BAUMERT A, BUCHHOLZ N, ZINKERNAGEL A, PATRICK C, COLIN M, ROMAN O, et al. Causal underpinnings of working memory and Stroop interference control: testing the effects of anodal and cathodal tDCS over the left DLPFC[J]. Cogn Affect Behav Neurosci, 2020, 20: 34-48.

【本文编辑】 魏学丽