

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：经颅直流电刺激对健康大学生反应抑制的影响

作者：王慧慧 罗玉丹 石冰 余凤琼 汪凯

第一轮

审稿人 1 意见：已有的脑成像研究发现，右侧 dlPFC 脑区在反应抑制过程中起重要作用。该论文采用“停止信号任务”实验范式，通过 tDCS 刺激右侧 dlPFC 脑区，观察被试在刺激前后行为学水平上的变化。他们发现，相对于伪刺激，阳极刺激右侧 dlPFC 会显著降低真刺激前后的 SSRT 差值。作者认为这表明，激活右侧 dlPFC 脑区能够提高反应抑制能力。该论文的发现，为右侧 dlPFC 负责反应抑制加工这一发现提供了新证据。

意见 1：论文提到“在每次实验开始之前及结束后，让被试完成汉密尔顿焦虑、抑郁量表、Stroop 色词任务、词语流畅性、数字广度任务；”。但这部分的测试的结果并没有给出。同样作者也没有指出做这些测试的目的。

回应：非常感谢审稿老师的宝贵意见。并在修改稿中做出了修改。结合审稿老师的意见，我们对实验中收集到的神经心理学测试结果进行了整理、汇总，并对真刺激前与伪刺激前的 stroop 效应量（stroop 色字 - stroop 字）、真刺激前后 stroop 效应量和伪刺激前后 stroop 效应量、数字广度（顺背、倒背）、词语流畅性、HAMA、HAMD、使用 SPSS.16.0 进行配对样本 *T* 检验。结果显示真刺激前后数字广度（倒背）（ $t(33) = 2.231, p = 0.033, p < 0.05$ ）与伪刺激前后数字广度（倒背）（ $t(33) = 3.651, p = 0.001, p < 0.05$ ）；真刺激前后词语流畅性（ $t(33) = 4.857, p = 0.000, p < 0.05$ ）与伪刺激前后词语流畅性（ $t(33) = 5.749, p = 0.000, p < 0.05$ ）均有统计学意义，并达到显著性水平；其他无差异。并在讨论部分对神经心理学测试结果进行了具体讨论。

具体修改如下：

“2.4 实验设计

在 tDCS 刺激前后分别让被试完成 SST，并在每次实验开始前使用汉密尔顿焦虑、抑郁量表测查被试焦虑抑郁水平，排除焦虑抑郁大于 7 分的被试；刺激前后让被试分别完成 Stroop

色词任务、数字广度任务、词语流畅性，前测用以确保被试接受真刺激与伪刺激前在执行功能、工作记忆、思维流畅性等方面基线值无差异，排除个体差异对实验结果的影响；同时对刺激前后的测试结果加以比较，用以观察被试接受刺激后在执行功能、工作记忆和思维流畅性方面的变化。

3.1 神经心理学测试结果比较

对真刺激前与伪刺激前的 stroop 效应量 (stroop 色字 - stroop 字)、真刺激前后 stroop 效应量和伪刺激前后 stroop 效应量、数字广度 (顺背、倒背)、词语流畅性、HAMA、HAMD、使用 SPSS.16.0 进行配对样本 *T* 检验。结果显示真刺激前后数字广度 (倒背) ($t(33)=2.231$ 、 $p=0.033$, $p < 0.05$) 与伪刺激前后数字广度 (倒背) ($t(33)=3.651$ 、 $p=0.001$, $p < 0.05$)；真刺激前后词语流畅性 ($t(33)=4.857$ 、 $p=0.000$, $p < 0.05$) 与伪刺激前后词语流畅性 ($t(33)=5.749$ 、 $p=0.000$, $p < 0.05$) 均有统计学意义，并达到显著性水平。

表 1 神经心理学测试结果比较

组别	人数	平均数±标准差	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值
真刺激前 stroop	34	6.79±4.58		
效应量			0.490	0.628
伪刺激前 stroop	34	7.32±4.67		
效应量				
真刺激前后 stroop 效应量	34	-0.99±4.52	-1.280	0.209
伪刺激前后 stroop 效应量	34	-1.36±4.09	-1.933	0.062
真刺激组数字广度 (顺背)	34	7.94±0.24	1.436	0.160
伪刺激组数字广度 (顺背)	34	8.00±0.00		
真刺激前后数字广度 (顺背)	34	0.03±1.17	1.000	0.325
伪刺激前后数字广度	34	0.00±0.00		

(顺背)				
真刺激组数字广度	34	6.06±0.95		
(倒背)				
			-0.725	0.473
伪刺激组数字广度	34	5.94±0.95		
(倒背)				
真刺激组前后数字广	34	0.21±0.54	2.231	0.033
度(倒背)				
伪刺激组前后数字广	34	0.44±0.70	3.651	0.001
度(倒背)				
真刺激组词语流畅性	34	27.26±5.46		
			-0.493	0.625
伪刺激组词语流畅性	34	26.79±4.93		
真刺激组前后词语流	34	3.38±4.06	4.857	0.000
畅性				
伪刺激组前后词语流	34	4.47±4.53	5.749	0.000
畅性				
真刺激组 HAMA	34	0.53±1.05		
			0.320	0.751
伪刺激组 HAMA	34	0.59±0.99		
真刺激组 HAMD	34	0.41±0.78		
			0.488	0.629
伪刺激组 HAMD	34	0.50±0.93		

对该部分结果的讨论已在讨论部分给出（讨论部分第 5 段），具体如下：

“此外，Nigg 的研究指出 Stroop 色词任务可能主要与认知抑制相关，因此更多反映对分心刺激的注意控制及选择性注意，因此相较 Stroop 色词任务，SST 能够更为有效的测量出反应抑制能力的变化（Nigg, 2000）。一篇 meta 分析指出，tDCS 作用于健康成年人，并不能改善被试在数字广度和言语流畅性任务中的表现（Horvath, Forte, & Carter, 2015），与本研究

结果相一致。在本研究中，真刺激组与伪刺激组刺激后，被试在数字广度（倒背）及言语流畅性任务中成绩均得到了提升，介于本实验中被试在 tDCS 刺激前后完成数字广度和言语流畅性任务，间隔时间很短，所以可能出现了练习效应，由此导致了该实验结果。”

（已在正文中用红色字体标出）

意见 2： Davide 等人的研究采用类似的设计，但发现阳极 tDCS 作用于右侧 dlPFC 并未影响被试的反应抑制能力。作者认为这可能是因为 tDCS 刺激时长的不同有关。建议作者认真考虑两个研究结果出现差异的更合理的解释，很难令人信服仅仅 5 分钟的差别就能产生如此明显的不同。一个检验的办法就是，作者可以把他们数据里的前 20 分钟的数据进行单独的同样分析，看和 Davide 等人的研究是否一致。

回应：谢谢审稿老师的意见。由于本实验采用的 tDCS 设备的技术局限，我们没有办法将刺激前 20 分钟的数据单独提取出来。但是我们对 Davide 等人的研究与我们的研究进行了进一步的比较，对两个研究结果出现的差异我们做出了以下补充解释。首先，在 Davide 等人的研究中，于刺激结束 15 分钟之后，被试才开始 SST，而本研究中，我们在刺激结束之后即刻让被试完成 SST，tDCS 刺激后效应会随着时间而消退，由此可能导致了两个研究在结果上出现差异，其次可能与两个研究入组时的性别比例差异有关。

在修改稿中，具体修改如下：

“首先这可能与 tDCS 刺激时长的不同有关，一篇关于 tDCS 治疗抑郁症的 meta 分析指出，tDCS 刺激时长会对其作用效果产生显著影响（Daniel, Nicholas, Matthew, & David, 2015）。在本研究中，刺激时长为 25 分钟，即对右侧 dlPFC 脑区进行了更为持久的激活，由此可能导致了右侧 dlPFC 脑区出现了更为显著的刺激效应，进而表现在行为学上即 SSRT 值的降低，即反应抑制能力的提高；其次可能与 tDCS 刺激后效应维持及消退有关，tDCS 刺激后的持续效应与刺激时长、刺激强度有关，且刺激后效应会随着时间而消退，但是具体消退模式还不清楚（Nitsche & Paulus, 2000）。相较于 Davide 等人的研究，本研究在刺激结束后即刻让被试完成 SST，由此可能导致了两个研究中被试行为学表现上出现差异。与 Davide 等人的研究相比较，本研究探索性的研究了 tDCS 作用于右侧 dlPFC 对反应抑制改善的即刻效应，在之后的实验中，我们将对 tDCS 的即刻效应展开相应的研究。最后，可能与入组被试性别比例的不同有关，Kuo 等人的一项研究指出，tDCS 作用于男性和女性会产生不同的效果，具体表现为女性目标激活区域的皮层兴奋性增强程度要高于男性，且刺激结束后相比于男性，女性目标皮层兴奋性的消退需要更长的时间（Kuo et al., 2006），因此，两研究入组时性别比

例的差异可能是导致实验结果不一致的因素之一。”

(已在正文中用红色字体标出)

意见 3: 在讨论中, 作者应当指出该论文的发现对以往这一领域内出现的矛盾结果(主要指 TMS 和 TDCS 等使用神经调控方法的研究结果) 有什么样的帮助和新的解释。

回应: 感谢审稿老师给出的意见。对此, 我们在退修稿中做出了相关补充。对于 tDCS 及 TMS 刺激右侧 dlPFC 观察反应抑制变化的相关研究进行了更为深入的讨论。

具体如下:

“对健康成年人进行 10Hz 高频经颅磁刺激(high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation, HF-rTMS) 分别作用于左侧 dlPFC 和右侧 dlPFC, 并使用负性情感启动任务 (Negative Affective Priming task, NAP) 量化刺激前后被试对情绪信息抑制的强度, 结果发现 HF-rTMS 作用于右侧 dlPFC 后, 被试对负性信息能够进行更为有效的抑制(Leyman, Raedt, Vanderhasselt, & Baeken, 2009); 强迫症患者的抑制能力存在损伤, 对强迫症患者进行 rTMS 治疗发现, 采用 100% 静息运动阈值刺激患者的右侧 dlPFC, 能够改善被试的抑制能力(Zhou, Wang, Wang, Li, & Kuang, 2017; Nordmann, Azorina, Langguth, & Schecklmann, 2015)。与本研究结果相一致, 即通过刺激右侧 dlPFC 能够达到改变反应抑制的目的。但目前 rTMS 作用于右侧 dlPFC 以观察被试反应抑制变化的研究匮乏, 而本研究为物理干预技术能够改变反应抑制能力提供了进一步的证据。不同的脑区有着不一样的功能, 不同的任务其加工机制也有所不同, 且脑区皮质兴奋性的改变将会影响被试在行为任务中的表现。在本次实验中, 从反应抑制的心理加工模型-赛马模型看, 阳极刺激后 SSRT 值的降低表明在右侧 dlPFC 皮层兴奋性提高后, 被试在对停止信号进行抑制时, 反应抑制的加工过程相较反应过程率先达到反应阈限, 从而导致被试成功抑制动作冲动的内在反应时间的缩短(王琰, 蔡厚德, 2010; 方菁, 朱叶, 赵伟, 张蓓, 王湘, 2013.)。与以上研究相比, 本研究采用了经典范式 SST, 更为纯净的测量了反应抑制能力的变化。

与本实验结果不同的是, 在 Davide 等人一项研究中, 他们对 20 名健康成年人 (3 名男性, 17 名女性) 进行阳极 tDCS 作用于右侧 dlPFC 及阴极 tDCS 作用于右侧 dlPFC, 刺激时长均为 20 分钟, 刺激结束 15 分钟后让被试完成 SST, 结果显示两种形式的刺激均未改善被试的反应抑制能力 (Davide et al., 2015)。首先, 这可能与 tDCS 刺激时长的不同有关, 一篇关于 tDCS 治疗抑郁症的 meta 分析指出, tDCS 刺激时长会对其作用效果产生显著影响 (Daniel, Nicholas, Matthew, & David, 2015)。在本研究中, 刺激时长为 25 分钟, 即对右侧

dIPFC 脑区进行了更为持久的激活，由此可能导致了右侧 dIPFC 脑区出现了更为显著的刺激效应，进而表现在行为学上即 SSRT 值的降低，即反应抑制能力的提高；其次，可能与 tDCS 刺激后效应维持及消退有关，tDCS 刺激后的持续效应与刺激时长、刺激强度有关，且刺激后效应会随着时间而消退，但是具体消退模式还不清楚（Nitsche & Paulus, 2000）。相较于 Davide 等人的研究，本研究在刺激结束后即刻让被试完成 SST，由此可能导致了两个研究中被试行为学表现上出现差异。与 Davide 等人的研究相比较，本研究探索性的研究了 tDCS 作用于右侧 dIPFC 对反应抑制改善的即刻效应，在之后的实验中，我们将对 tDCS 的即刻效应展开相应的研究。最后，可能与入组被试性别比例的不同有关，Kuo 等人的一项研究指出，tDCS 作用于男性和女性会产生不同的效果，具体表现为女性目标激活区域的皮层兴奋性增强程度要高于男性，且刺激结束后相比于男性，女性目标皮层兴奋性的消退需要更长的时间（Kuo et al., 2006）。因此，两研究入组时性别比例的差异可能是导致实验结果不一致的因素之一。此外，对健康大学生施加 10Hz、100% 静息运动阈值的 rTMS 刺激作用于左侧 dIPFC，连续七天，每天一次，在实验开始及结束时让被试完成 Stroop 色词任务，结果发现，真刺激组被试在 Stroop 色词任务表现更佳，即抑制能力得到改善（Yanmin et al., 2017）；采用 5Hz、100% 静息运动阈值的 rTMS 对边缘型人格障碍患者的左侧 dIPFC 进行刺激，使用巴拉特冲动性量表对患者的冲动性进行测评，最后发现，在接受了 15 次的 rTMS 治疗后，患者在该量表上的得分显著下降，冲动性降低、抑制能力改善（Reyes-Lopez et al., 2017）而 2017 年的一篇 meta 分析中也提到，Hz-rTMS 作用于左侧 dIPFC，能够改善强迫症患者的抑制能力（Zhou et al., 2017）。RIN 的关键脑区包括左侧 dIPFC，所以采用 rTMS 作用于左侧 dIPFC，也能够达到调节被试反应抑制的目的。在今后的实验中，我们将对左侧 dIPFC 在反应抑制中的作用进行研究，进一步探索左右侧 dIPFC 在反应抑制能力中发挥作用的大小。”

（已在正文中用红色字体标出）

意见 4：图 4 中，左右两边的数据范围非常大，如果放在同一个尺度范围内，很不利读者直观的了解结果。建议将真刺激前后和假刺激前后的数据分开呈现。

回应：谢谢审稿老师的建议。在退修稿中，我们将真刺激前后和假刺激前后的数据进行了分开呈现。

具体如下

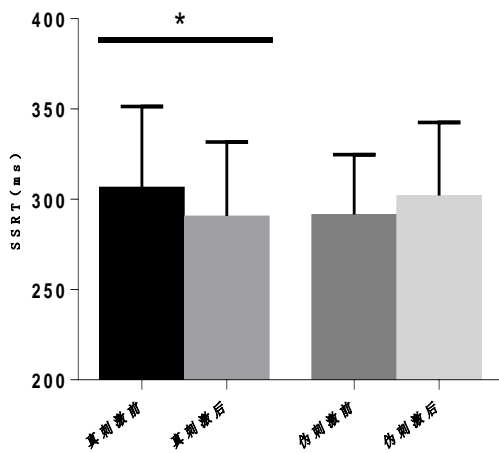


图 3 刺激前后 SSRT 值

(已在正文中用红色字体标出)

.....

审稿人 2 意见：本文采用目前较为常见的非侵入性脑刺激工具——经颅直流电刺激，刺激大学生被试的背外侧前额叶，发现能显著性的影响反应抑制能力。本文研究背景清晰，研究方法恰当，有一定的创新性和理论价值，应用价值高。总得来说，是一篇有价值的研究论文。

意见 1：本文最主要的问题是真刺激组的结果是 2.91 而伪刺激组的结果是 15.71。很明显真刺激组的结果本身没有达到显著性，其显著性差别是出现在与伪刺激组之间的比较上。但是基于上述结果该差别伪刺激组的结果贡献更大。这个问题应该给予详细的解释和讨论。

回应：感谢审稿老师给出的意见。介于在第一次投稿之后，我们的实验仍在继续，所以此次在退修稿中，我们将后续实验的数据也进行了整理和分析，增加了 6 名被试。对 34 被试的实验结果进行配对样本 T 检验，结果显示真刺激前后 SSRT 差异有统计学意义，达到显著性水平($t(33) = -2.253$ 、 $p = 0.031$ ， $p < 0.05$)，即真刺激后，被试的 SSRT 显著缩短。而伪刺激前后 SSRT 差异无统计学意义 ($t(33) = 1.987$ 、 $p = 0.055$)。

具体如下：

“3.3 刺激前后 SSRT 差异比较

对真刺激前后和伪刺激前后 SSRT 值分别进行配对样本 T 检验。结果显示真刺激前后 SSRT 差异有统计学意义，达到显著性水平($t(33) = -2.253$ 、 $p = 0.031$ ， $p < 0.05$)；伪刺激前后 SSRT 差异无统计学意义 ($t(33) = 1.987$ 、 $p = 0.055$)。

表 3 刺激前后 SSRT 差异比较

组别	人数	平均数±标准差	t 值	p 值
真刺激前 SSRT	34	306.70±44.78	-2.253	0.031
真刺激后 SSRT	34	290.82±40.97		
伪刺激前 SSRT	34	291.57±33.21	1.987	0.055
伪刺激后 SSRT	34	302.13±40.50		

”（已在正文中用红色字体标注）

意见 2：前言第 2 段中“被试侧卧 并通过棱形眼镜观看刺激”确定是侧卧吗？

回应：非常惭愧出现这样的错误。结合审稿老师的意见，结合报告此实验的文献，我们做出了修改，将侧卧改成仰卧。在修改稿中，具体修改如下：

“被试仰卧并通过棱形眼镜观看刺激”。

（已在正文中用红色字体标注）

意见 3：前言第 3 段，Ji 的研究需要明确实验任务。

回应：感谢审稿老师给出的宝贵意见。结合老师的意见，我们对 Ji 的研究进行了细致的研
读,进一步明确了 Ji 研究采用的实验任务是康纳斯连续性能测试。具体修改如下：

“他们对健康被试在间隔一天的时间内分别施加高频率真刺激和伪刺激，观察被试在康
纳斯连续性能测试中的行为变化：与假刺激组相比，真刺激组行为水平有较显著变化，即反
应抑制得到提升”。

（已在正文中用红色字体标注）

意见 4：前言最后一段中“提高右侧 dIPFC 皮层兴奋性 “这个说法在本文中无法也没有被证
实，应该删掉。

回应：同意审稿老师的意见。并将这句话已删除。在修改稿中，具体修改如下：

“最后，本研究在既往已有的相关研究基础上，旨在采用 SST，通过 tDCS 阳极作用于
右侧 dIPFC 皮层，观察被试在刺激前后行为学水平上的变化。”

(已在正文中用红色字体标注)

意见 5: 方法 2.2 中应该提出被试无法知道真刺激还是伪刺激的证据。

回应: 非常感谢审稿老师给出的意见。在修改稿中，我们对此处进行相关补充说明。首先，我们在给予被试刺激的过程中，无论真刺激还是伪刺激外在形式均一致，即当被试接受的是伪刺激时，在刺激的过程中，依然不将电极拆除，电极佩戴在被试头皮上时间同样是 25 分钟，以确保被试不知道接受的是哪种条件刺激。其次，在每次实验结束后，我们会询问被试对此次实验的具体感受，对表示知道刺激类型的被试予以剔除，被试均报告两次刺激无差异。在修改稿中，具体修改如下：

“在每次实验结束后，我们会询问被试对此次实验的具体感受，对表示知道刺激类型的被试予以剔除，被试均报告两次刺激无差异。”

(已在正文中用红色字体标注)

意见 6: 表 2 中的平均值应该加上 SD 或 SE。

回应: 同意审稿老师的意见。我们已经在表中的平均值后加上了 SD。

(已在正文中用红色字体标注)

第二轮

主编终审: 研究设计清晰合理，也排除了一些其他可能的解释，并具有较好的应用价值。建议在研究的理论贡献、问题提出、结果的讨论以及写作规范做进一步的修改完善，具体如下：

意见 1: 以往有研究使用了重复性经颅磁刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS) 技术验证了 dlPFC 在反应抑制中的作用 (Ji, Sang, Chang, Seong, & Sang, 2010)。而 tDCS 的功能与 rTMS 十分相似，从论文自检报告来看，作者在论述本研究的创新性 (第 1 点) 和如何推进了以往的研究 (第 3 点) 时，写得比较简单，作者应在前言中进一步说明开展本研究的必要性、理论贡献和创新性。前言中提到 tDCS 作用于 dlPFC 影响反应抑制的研

究较少且存在争议，而讨论中则提到 rTMS 作用于 dlPFC 影响反应抑制的研究较少，那么，是两者都比较少还是前者比较少，因此有必要进一步研究呢？

回应：非常感谢主编专家的宝贵意见和指点。

通过对相关文献的进一步阅读，我们对本研究的必要性、理论贡献和创新性进行了相应的补充。1：现阶段 tDCS 作用右侧背外侧前额叶皮层对反应抑制能力的影响研究较少，本研究将进一步丰富此领域；2：在物理干预手段上，相比于 rTMS，tDCS 直接作用于目标皮层区域，有效避免了由于穿透颅骨可能导致的能量衰减，且 tDCS 安全性更为突出，目前尚无诱发癫痫发作的报道。相较 rTMS，tDCS 具有价格低廉、携带方便、操作简单等突出优势；3：到目前为止，tDCS 刺激 dlPFC 改变反应抑制加工的研究结果不一致，如有研究者利用 tDCS 阴极作用于右侧 dlPFC，观察被试在 Go-Nogo 任务中的行为变化，发现其虚报率增高，提示被试抑制能力降低，而 tDCS 阳极作用于右侧 dlPFC 却未能改善被试抑制能力(Beeli, Casutt, Thomas, & Lutz, 2008)；利用 tDCS 作用于 dlPFC，采用检索诱导遗忘测试考查被试接受刺激前后的行为变化，发现阴极刺激能够降低抑制，以此说明 dlPFC 脑区的抑制能够降低被试的抑制能力 (Barbara, Davide, Miriam, Sara, & Giovanni, 2014)；使用 tDCS 激活左侧 dlPFC，并在 Stroop 色词任务中发现真刺激组相比于伪刺激组，反应时间显著降低，进一步证实 dlPFC 是反应抑制的重要脑区(Andrea, Ozgur, Frank, Eric, & Martin, 2015; Charlotte, Jerome, Sylvain, Catherine, & Emmanuel, 2016)；在一项对正常人进行的研究中，研究者使用 tDCS 阳极分别作用于右侧 dlPFC 和左侧 dlPFC，发现在两种刺激下，被试的反应抑制能力均未能得到提升 (Dambacher et al., 2015; Charlotte et al., 2016)。这主要归因于以下两方面，首先在目标脑区的选择上，脑区选择的多样性，且有关右侧 dlPFC 在反应抑制中的作用研究较少；其次，在研究范式的选择上存在多样性，研究反应抑制的常用范式包括 Stroop 色词任务、反向眼跳任务(anti-saccade task)和 Go-Nogo 任务、停止信号任务(stop-signal task,SST)等。针对这两个方面的问题，本研究选择了右侧 dlPFC 脑区，并选用了测量反应抑制能力更为纯净的范式—SST。研究了 tDCS (电极位置：阳极-F4/阴极-FP1、强度：1.5MA、刺激时长：25min)能否改变健康大学生的反应抑制能力，并进一步探究了反应抑制的神经基础，为之后的研究提供理论和参数靶点方面的参考。4：本研究进一步证实了 tDCS 能够改变健康大学生的反应抑制能力，为 tDCS 的进一步推广提供理论和实践性的参考，通过本次实验，更进一步验证了背外侧前额叶皮层是反应抑制的重要脑区，对于临床实践也具有一定的指导意义。具体内容已在前言部分进行了补充，见引言部分第 4、6、7 段。

针对在“前言部分提到的 tDCS 作用于 dlPFC 影响反应抑制的研究较少且存在争议，而讨论中则提到 rTMS 作用于 dlPFC 影响反应抑制的研究较少”。通过对两种物理干预技术的具体分析，我们发现，首先与 tDCS 直接作用于目标皮层不同的是，rTMS 是通过储存大量电荷的电容器在极短时间内放电，使感应线圈产生磁场，磁场穿透大脑颅骨并在脑内产生反向感生电流，最终引起脑功能或皮层可塑性的变化。因此与 rTMS 相比，tDCS 较好的避免了由于穿透颅骨而可能带来的能量衰减；其次，从安全性的角度分析，关于 rTMS 研究中的副反应报道略多，更为严重的甚至会引发癫痫，而 tDCS 仅有偶尔持续时间短暂的轻微刺痛、皮痒，且目前尚无 tDCS 诱发癫痫的报道，因此，tDCS 是一种比较安全的经颅刺激方式。最后相较 rTMS，tDCS 具有价格低廉、携带方便、操作简单等突出优势。并且，经过我们的讨论及对 tDCS 和 rTMS 作用于 dlPFC 影响反应抑制相关文献的进一步检索与阅读，发现相较 rTMS，tDCS 在此方面的研究更为匮乏，且针对上文中提及的 tDCS 较 rTMS 的多种优势，因此，我们认为有必要对 tDCS 能否改变反应抑制能力进行研究，所以决定将讨论部分提及的“rTMS 作用于 dlPFC 影响反应抑制的研究较少”修正为“tDCS 作用于 dlPFC 影响反应抑制的研究较少”。

（已在文中用黄色字体标出）

意见 2: 在讨论中作者对比了 Davide 等人（2015）的研究，两个相似的研究结果之间存在差异，作者认为两个研究中性别比例的差异可能是原因之一。“Kuo 等人的一项研究指出，tDCS 作用于男性和女性会产生不同的效果，具体表现为女性目标激活区域的皮层兴奋性增强程度要高于男性，且刺激结束后相比于男性，女性目标皮层兴奋性的消退需要更长的时间（Kuo et al., 2006）”。如果按照这个解释，Davide 等人（2015）研究中有更高比例的女性被试（17/20），而本研究中有更低比例的女性被试（19/34），应该是 Davide 等人（2015）有可能发现，即使在刺激结束 15 分钟后，被试的反应抑制表现也会有所提升；或者，本研究中男性被试较多，tDCS 的作用可能没有那么强？因此，这一解释说服力不足，很难说明为什么 Davide 等人（2015）的研究没有发现 tDCS 的作用，而本研究发现了作用，建议作者进一步讨论。

回应: 非常感谢主编老师的认真审阅。老师指出的此点，我们之前确实没有进行仔细考虑，介于本研究与 Davide 等人的研究在实验结果上的差异，在讨论部分，我们论述了两个可能的主要原因。并且我们对本研究中，真刺激和伪刺激前后 SSRT 及真刺激前后男女 SSRT 值分别进行了重复测量方差分析，结果显示两种刺激条件下 SSRT 差异有统计学意义，并达到

显著性水平 ($F(2,66)=8.968$ 、 $p =0.004$, $p <0.05$); 男性和女性 SSRT 差异无统计学意义 ($F(2,32)=0.504$ 、 $p =0.483$, $p >0.05$)。在真刺激和伪刺激两种条件下, tDCS 的作用存在明显差异; 性别差异不是造成 tDCS 作用效果不同的因素, 即 tDCS 的作用不存在性别差异。因此, 我们认为男女性别比例上的差异可能不是造成两个研究结果差异的原因。并在退休稿中, 做出了相应的修改。

具体如下:

“首先这可能与 tDCS 刺激时长的不同有关, 一篇关于 tDCS 治疗抑郁症的 meta 分析指出, tDCS 刺激时长会对其作用效果产生显著影响 (Daniel, Nicholas, Matthew, & David, 2015)。在本研究中, 刺激时长为 25 分钟 (Davide 等人的研究中刺激时长为 20 分钟), 即对右侧 dlPFC 脑区进行了更为持久的激活, 由此可能导致了右侧 dlPFC 脑区出现了更为显著的刺激效应, 进而表现在行为学上即 SSRT 值的降低, 即反应抑制能力的提高; 其次可能与 tDCS 刺激后效应维持及消退有关, tDCS 刺激后的持续效应与刺激时长、刺激强度有关, 且刺激后效应会随着时间而消退, 但是具体消退模式还不清楚 (Nitsche & Paulus, 2000)。相较于 Davide 等人的研究 (刺激结束 15 分钟后让被试完成 SST), 本研究在刺激结束后即刻让被试完成 SST, 由此可能导致了两个研究中被试行为学表现上出现差异。与 Davide 等人的研究相比较, 本研究探索性的研究了 tDCS 作用于右侧 dlPFC 对反应抑制改善的即刻效应, 在之后的实验中, 我们将对 tDCS 效应的持续时间展开进一步的研究。”

(已在文中用黄色字体标出)

意见 3: 进一步地, 本研究没有分析性别差异, 是否能够进一步分析 tDCS 的作用存在性别差异?

回应: 非常感谢主编的宝贵意见。根据老师的意见, 我们对真刺激和伪刺激前后 SSRT、真刺激条件下男女刺激前后的 SSRT 分别进行了重复测量方差分析。结果显示两种刺激条件下 SSRT 差异有统计学意义, 并达到显著性水平 ($F(2,66)=8.968$ 、 $p =0.004$, $p <0.05$); 男性和女性 SSRT 刺激前后差异无统计学意义 ($F(2,32)=0.504$ 、 $p =0.483$, $p >0.05$)。(如图 4、图 5) 因此, 在真刺激和伪刺激两种条件下, tDCS 的作用存在明显差异; 性别差异不是造成 tDCS 作用效果不同的因素, 即 tDCS 的作用不存在性别差异。已在文中结果部分对男女两组相关结果进行了相应的补充。

具体如下:

“3.3 刺激前后 SSRT 差异比较

为进一步探究 tDCS 作用是否存在性别差异，对真刺激和伪刺激前后 SSRT 及真刺激前后男女 SSRT 值分别进行重复测量方差分析。结果显示两种刺激条件下 SSRT 差异有统计学意义，并达到显著性水平 ($F(2,66)=8.968$ 、 $p=0.004$, $p < 0.05$)；真刺激前后男女 SSRT 差异无统计学意义 ($F(2,32)=0.504$ 、 $p=0.483$, $p > 0.05$)，即 tDCS 的作用不存在性别差异。(如图 4、图 5)

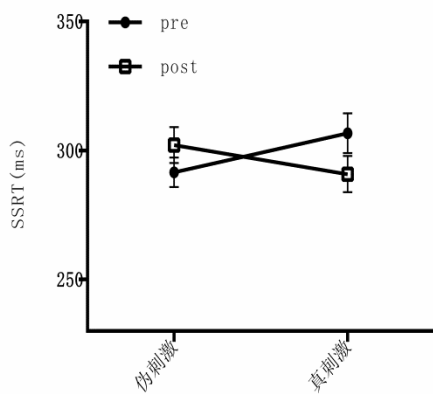


图 4：真刺激和伪刺激前后 SSRT 值

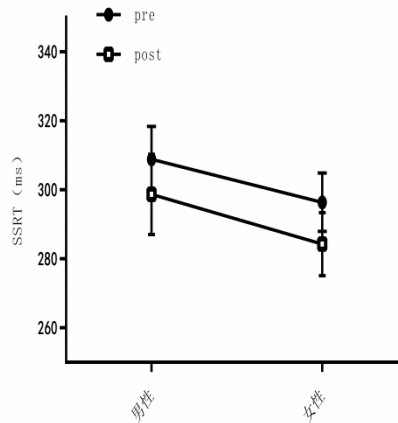


图 5：真刺激前后男女 SSRT 值

” (已在文中用黄色字体标出)

意见 4: 在写作规范方面还有一些需要注意的地方。摘要中直接用英文缩写 SST 和 SSRT 不够合适，应该用中文名词，中文名词对应的英文以及英文缩写可以在正文中呈现。另外，文中直接用 dlPFC 也不够合适，应该先列出英文是 dorsolateral prefrontal cortex，再列出英文缩写。前言中提到“mean SSRT”，这样的表述也不够规范，应该为“SSRT 均值”。实验设计应该放在被试之后，而不是放在方法部分的最后，并说明“真刺激”和“伪刺激”是被试内设计。否则在 tDCS 那个模块的内容中读者看到“被试报告两次刺激无差异”时需要推理出这是被试内设计。因此，“真刺激”和“伪刺激”应该称为“条件”而不是“组”，文中这一类表述应该进行修改。

回应: 非常感谢主编老师的认真审阅。我们已经对文章中的相关书写、表述形式做出了修改；并将方法部分中“实验设计”的顺序进行了调整；同时在方法部分增添了相关内容，以说明本次实验采用的是被试内设计；对原文中的“真刺激组”“伪刺激组”的表述已修改为“真刺激条件”“伪刺激条件”，请主编老师审阅。

(已在文中用黄色字体标出)