

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：左侧眶额皮层在自动情绪调节下注意选择中的作用：来自经颅直流电刺激的证据

作者：华艳；李明霞；王巧婷；冯彩霞；张晶*

第一轮

审稿人 1 意见：

该研究作者试图采用经颅直流电刺激技术对左侧眶额皮层活动的调控，来改变个体的情绪注意加工。结果发现，阴性直流电刺激能显著改变个体的负性注意偏向。该发现非常有意思，如果结果稳定可靠，可为负性注意偏向的神经调控研究提供重要参考。然而，方法、结果、讨论部分还存在一些问题，不是很明确。

意见 1：

首先关于该实验的研究问题，作者强调是“自动情绪调节”，那么这一研究主题，在实验操纵中如何体现？方法部分，主要报告了刺激条件和注意负性偏向的交互作用，并不能回答作者所提出的问题。

回应：

首先感谢审稿专家对本论文提出宝贵意见。

对研究问题的表述原稿确实不够清晰。对于研究问题中的变量和操纵，我们进行如下的回答：

在前测中，实验将情绪控制目标词作为启动刺激，以诱发被试自动控制情绪的倾向，从而减少对恐惧刺激的注意警觉、增强对恐惧刺激的注意回避。即，在对左侧 OFC 施加 tDCS 刺激之前，被试的行为反应表现出了对恐惧刺激的注意回避。经过对左侧 OFC 施加 tDCS 后，实验需要测查之前的注意回避是否还继续存在。因而后测中，被试进行了与前测同样的流程，再次接受阈下情绪控制目标的启动并完成注意选择任务。实验未将自动情绪调节作为自变量，而是讨论阈下启动目标激活情绪调节的情况下注意偏向的改变。结果分析了前后测和 tDCS 刺激类型这两个自变量，以阈下启动目标引发的注意回避为因变量，来揭示左侧

OFC 是否参与在自动情绪调节影响注意选择的过程中。前人已有研究表明，对阈下启动目标可以改变相关行为，且也有研究表明情绪调节目标的阈下启动可以改变情绪过程。因而本实验选择阈下启动目标的方法来诱发注意回避，创设自动情绪调节的注意过程。

修改的内容在文中进行了蓝色标识：1.题目，改为了：左侧眶额皮层对自动情绪调节下注意选择的作用：来自经颅直流电刺激的证据。2.前言的最后一段，加入“在前测中，将情绪控制目标词作为启动刺激，诱发被试自动控制情绪的倾向以对恐惧刺激的注意回避。在对左侧 OFC 施加 tDCS 刺激之后，被试进行与前测同样的流程，再次接受阈下情绪控制目标的启动并完成注意选择任务。结果分析了前后测和 tDCS 刺激类型这两个自变量，以阈下启动目标引发的注意回避为因变量，来揭示左侧 OFC 是否参与在自动情绪调节影响注意选择的过程中。”

意见 2:

其次关于左侧眶额叶的定位问题，作者采用脑电国际标准 10-20 的 FP1 作为靶点，并没有采用基于个体解剖的三维定位系统，也没有对左侧眶额叶的神经活动情况进行监测，那么如何确定该刺激的有效靶点在左侧眶额皮层？如何能证明作者所述“抑制左侧 OFC 激活”？

回应:

感谢审稿专家提出的重要意见。方法部分确实未对tDCS操纵的有效性论证清楚。文中尝试从两方面对这一问题进行回答。

一是，靶点定位的依据来自tDCS相关研究的文献。按照国际EEG10-20系统的标准，FP1是针对左侧OFC的tDCS研究常用的刺激位置(Nejati, Salehinejad, & Nitsche, 2018; Yang, Gao, Shi, Ye, & Chen, 2017)。例如，Ouellet, Mcgirr, Den Eynde, Jollant, Lepage, & Berlim (2015)参照国际EEG10-20系统选择FP1作为左侧OFC的定位点。近来国内的tDCS心理学相关研究亦大多基于国际EEG10-20系统进行定位(甘甜, 石睿, 刘超, 罗跃嘉, 2018; 王思思, 库逸轩, 2018; 王慧慧, 罗玉丹, 石冰, 余凤琼, 汪凯, 2018)。在研究中我们参考已有研究使用了按照国际EEG10-20系统标准放置电极的64导Neuroscan脑电帽来标记FP1的位置。

二是，对脑区兴奋性的操纵，有不少的研究使用了tDCS这一技术和操纵方法。tDCS阳极刺激通过细胞膜去极化和增加神经元放电频率增强皮层兴奋性，阴极刺激通常引发相反的效果 (Stagg & Nitsche, 2011)。并且这种脑区兴奋性的持续时间为1小时以上(Nitsche et al., 2001)，能够满足大多心理实验的时间需求，因而tDCS越来越多地被用于检验认知行为与可能的神经回路之间的关系(Coffman, Clark, & Parasuraman, 2014; Jacobson, Koslowsky, &

Lavidor, 2012)。基于前人研究中tDCS可靠的效果，本研究参照前人的操作方法直接对左侧OFC兴奋性进行操纵，并未对刺激的效果进行监测。审稿专家对tDCS刺激效果的质疑非常重要。故而在未来的研究中，将尽可能利用技术条件来提升tDCS定位的准确性和刺激效果的有效性，或使用定位更加精确的TMS作为操纵脑区兴奋性的技术手段。

在修改稿中，我们对tDCS技术的说明也做了相应的调整，更详细地解释了我们选择定位的依据以及tDCS的可靠性。在讨论部分，对tDCS操纵的不足之处也进行了分析和展望。

参考文献：

Coffman, B. A., Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *Neuroimage*, 85(2), 895–908.

Jacobson, L., Koslowsky, M. & Lavidor, M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: A meta-analytical review. *Experimental Brain Research*, 216(1), 1–10.

Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899–1901.

Nejati, V., Ali, M. S., & Nitsche, M. A. (2017). Interaction of the left dorsolateral prefrontal cortex (L-DLPFC) and right orbitofrontal cortex (OFC) in hot and cold executive functions: evidence from transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuroscience*, 369, 109–123.

Ouellet, J., Mcgirr, A., Den Eynde, F. V., Jollant, F., Lepage, M., & Berlim, M. T. (2015). Enhancing decision-making and cognitive impulse control with transcranial direct current stimulation (tDCS) applied over the orbitofrontal cortex (OFC): A randomized and sham-controlled exploratory study. *Journal of Psychiatric Research*, 69, 27–34.

Stagg, C. J., Nitsche, M. A., 2011. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist*, 17, 37–53.

Yang, X., Gao, M., Shi, J., Ye, H., & Chen, S. (2017). Modulating the activity of the DLPFC and OFC has distinct effects on risk and ambiguity decision-making: A tDCS study. *Frontiers in Psychology*, 8, 1417.

甘甜, 石睿, 刘超, 罗跃嘉.(2018).经颅直流电刺激右侧颞顶联合区对助人意图加工的影响. *心理学报*, 50(1), 36–46.

王思思, 库逸轩. (2018). 右侧背外侧前额叶在视觉工作记忆中的因果性作用. *心理学报*, 50(7), 727–738.

王慧慧, 罗玉丹, 石冰, 余凤琼, 汪凯. (2018). 经颅直流电刺激对健康大学生反应抑制的影响. *心理学报*, 50(6), 647–654.

意见 3:

实验范式既有点探测任务又有启动词辨识任务,各自的假设是什么? 最后结果分析的是哪部分并不清楚。

回应:

感谢审稿专家对实验范式的意见。对该部分的阐述确实有疏忽不当之处。对实验范式的假设和介绍将作如下解释。

首先实验任务具体的操作流程如下(见图 1)。实验将被试分为两组。一组被试为阴刺激接受组, 一组被试为假刺激接受组。每组被试除了接受的 tDCS 刺激类型不同外, 其他流程都相同。被试接受的前测任务为阈下启动情绪控制目标+点探测任务, 随后接受 tDCS 刺激 20 分钟, 接着完成后测任务(同前测任务), 最后完成启动词辨别任务。在前测和后测任务中, 每个试次中点探测的线索刺激出现前, 实验对情绪控制目标词进行阈下启动以激活自动情绪控制, 随后完成一次点探测任务, 这样一个试次结束(见图 2A)。前测与后测各包含 64 个试次, 以完成对自动情绪调节的注意阶段的测查。在结果分析时, 我们检验了前后测因素和刺激类型因素对恐惧刺激注意偏向的影响。

后测完成后, 被试进行启动词辨别任务(见图 2B), 以检验阈下启动词处于阈下未被意识知觉。本实验中, 被试在辨别任务的正确率与随机猜测水平没有显著差异($p < 0.05$)。这表明被试没有觉察到与情绪控制相关的阈下启动词。

修改稿重新制作了实验流程图, 并在文章中对流程进行了更准确的说明。修改内容在文中已标蓝。

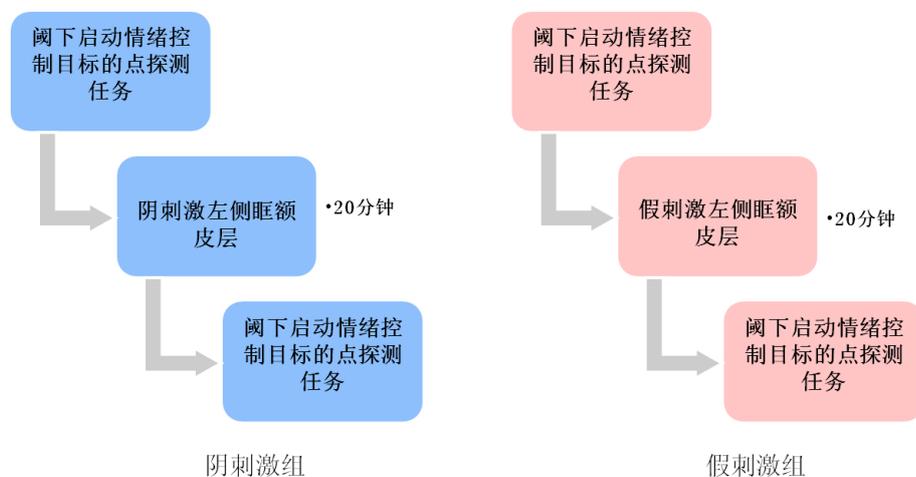


图 1 经颅直流电刺激实验流程

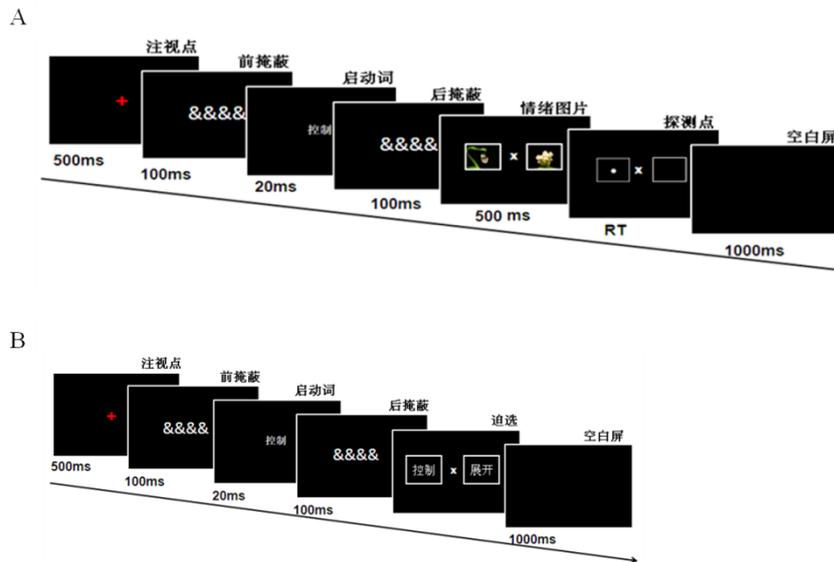


图 2 情绪控制目标阈下启动的点探测任务单个试次流程(A); 启动词辨识任务流程(B)

意见 4:

被试在接受阴性刺激后，一致条件和不一致条件的结果发生反转，如何解释？

回应：

感谢审稿专家，您指出的问题十分重要。

对这一结果需要进行更详细的讨论：实验结果发现，被试接受阴极刺激后，一致条件和不一致条件的结果反转，而假刺激下注意偏向在前后测并未发生反转。具体来讲，前测中阈下启动情绪控制目标引发的对负性刺激的注意回避，在阴极抑制左侧 OFC 条件作用后，转变为了注意警觉。而在假刺激条件下，前测与后测都维持对负性刺激的注意回避，阈下启动情绪控制目标下注意选择模式并未改变。这表明，左侧 OFC 可能参与在阈下调节目标影响注意选择的过程中。这与前人操纵脑激活的相关研究结果具有相同的指向。例如，Schutter 和 Van-Honk(2006)研究发现，对健康被试的左侧 OFC 进行 rTMS 增强能够促进被试对开心面孔的记忆，而且这种促进效应并未出现在左侧背外侧前额叶增强的条件中。Rao 等人(2018)使用植入电极刺激抑郁症病人外侧 OFC，发现被试的快乐体验被增强。这些研究提示 OFC 激活的增强能够减少被试负性的情绪记忆和情绪感受，提升被试的正性情绪。然而，这些研究并未从抑制左侧 OFC 兴奋性的角度检验其在情绪调节中的作用。本研究则使用 tDCS 抑制了左侧 OFC 的激活程度，结果消退了在刺激施加之前由自动情绪调节激发的对负性刺激的注意回避，引发了被试对负性刺激的注意警觉。

结合 Mauss 等人(2007)构建的自动情绪调节模型可以对结果进一步解释。Mauss 等人

(2007)认为 OFC 与外侧前额叶、腹内侧前额叶负责了自上而下自动地改变对负性情绪刺激注意偏向这一过程。本研究结果说明,对左侧 OFC 的抑制可能减弱了外侧前额叶、腹内侧前额叶对负性情绪注意偏向自上而下的控制,在行为上从调节状态的注意回避转为了调节受阻状态的注意警觉。该结果一方面左侧 OFC 在自动情绪调节的注意加工机制中起到关键的作用;另一方面说明说明阈下启动情绪调节目标引发个体对负性刺激的注意回避这一方法在短时间内具有稳定性,印证了前人的研究结果。

相应的内容在修改稿中已标蓝。

意见 5: 关于状态-特质焦虑问卷测查的假设是什么?跟本研究的关系并没有说明。况且该问卷特质焦虑部分强调的是个体一段时间内相对稳定的状态,放在这里测量是否合适?

回应: 审稿专家指出问卷测查目的这一问题非常重要。我们设计实验时对状态-特质焦虑问卷施测是出于如下考虑。有研究表明,特质焦虑和状态焦虑会增加被试对负性刺激的注意偏向(Koster, Verschuere, Crombez, & Van Damme, 2005; Sass et. al., 2010; Telzer et al., 2008)。本实验以注意偏向为因变量。为了保证结果不受到被试焦虑的影响,我们希望选取非特质焦虑个体、且实验开始前被试处于不焦虑的状态,因而在前测中对被试进行了状态-特质焦虑的测量。为了确定被试的不焦虑状态持续到实验结束后,在后测中对被试的状态焦虑进行了再次测查。相应的说明加入在修改稿的实验程序和结果部分。

参考文献:

- Koster, E. H., Verschuere, B., Crombez, G., & Van Damme, S. (2005). Time-course of attention for threatening pictures in high and low trait anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 43(8), 1087–1098.
- Sass, S. M., Heller, W., Stewart, J. L., Siltan, R. L., Edgar, J. C., Fisher, J. E., & Miller, G. A. (2010). Time course of attentional bias in anxiety: Emotion and gender specificity. *Psychophysiology*, 47(2), 247–259.
- Telzer, E. H., Mogg, K., Bradley, B. P., Mai, X., Ernst, M., Pine, D. S., & Monk, C. S. (2008). Relationship between trait anxiety, prefrontal cortex, and attention bias to angry faces in children and adolescents. *Biological Psychology*, 79(2), 216–222.
-

审稿人 2 意见:

本研究使用经颅直流电刺激左侧眶额皮层,检验了阴极刺激抑制激活对自动情绪调节中的负性注意偏向的影响。研究发现在阴极刺激抑制左侧眶额皮层后,阈下启动情绪调节目标

引发的负性注意回避转变为负性注意警觉，该研究有着较大的创新性，文章目前存在以下若干问题。

意见 1:

文章标题为：经颅直流电刺激左侧眶额皮层对自动情绪调节的影响，通观全文，在文中仅是探讨了刺激左侧眶额皮层对自动情绪调节中负性注意偏向的影响，负性注意偏向仅是自动情绪调节中的一个方面，建议作者增加与自动情绪调节有关的其他方面的研究结果，或者尝试缩小标题表述内容的范围。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。本研究关注了阴极刺激抑制左侧眶额皮层后，阈下启动情绪调节目标引发的负性注意偏向的改变，试图检验左侧眶额皮层在自动情绪调节中的作用。自动情绪调节对情绪加工的注意、评价、反应等环节都产生着影响。注意选择是情绪加工过程的前置环节，也是情绪调节的重要阶段。本研究所关注的重点注意阶段。因而，结合审稿人的建议，我们将文章题目改为了“左侧眶额皮层对自动情绪调节下注意选择的作用：来自经颅直流电刺激的证据”。

意见 2:

摘要部分中突然出现 OFC 英文描述，有些突兀，建议改为眶额皮层，可在括号中添加英文；摘要部分最后一句“该结果提示左侧眶额皮层是自动情绪调节重要的脑机制”，一般提到脑机制时多需要涉及具体的神经环路，建议修改表述。

回应：

感谢审稿专家的建议。已在摘要中做了修改。1.在第一次出现的眶额皮层后添加了 (orbitofrontal cortex, OFC)。2. “该结果提示左侧眶额皮层是自动情绪调节重要的脑机制”已修改为“该结果提示左侧眶额皮层是参与自动情绪调节的重要脑区”。

意见 3:

在论文的自检报告中，作者提到的一个创新点是：本研究发现抑制左侧眶额皮层的兴奋性后，被试的自动情绪调节水平下降，从本文的研究中暂时还无法明确得出这样的结论，请作者对此进一步加以说明。

回应：

感谢审稿专家的建议，提升了本研究的科学性和表达的严谨性。通过再次梳理研究结果，

对本论文的创新性重新进行了表达。以下是对结果的梳理。

本文的研究结果发现：首先，在假刺激条件下，前测与后测中的一致条件反应时均大于不一致条件反应时。这说明，经过假刺激左侧 OFC，前测中阈下启动的情绪调节目标引发的注意回避并未被改变。也提示了，阈下启动情绪调节目标这种方法，能够在较短的时间内稳定的调节负性注意偏向，维持自动情绪调节的作用。其次，在阴刺激条件下，前测中一致条件反应时大于不一致条件反应时，而后测中一致条件下的反应时显著小于不一致条件反应时。这说明，经过阴刺激抑制左侧 OFC，前测中阈下启动的情绪调节目标引发的注意回避被阻断，被试在后测中出现了负性刺激的警觉。这一结果表明，阴刺激左侧 OFC 阻碍了自动情绪调节对注意选择的作用。这提示了在阈下启动情绪调节目标改变负性注意偏向的过程中，左侧 OFC 具有重要作用。基于此，我们对研究的创新点重新做了更准确和更谨慎的描述。将第二点创新改为“2.本研究发现对左侧眶额皮层抑制，阈下启动的情绪调节目标注意偏向的过程被阻断，被试对负性刺激表现出警觉”。

意见 4:

文中提及“假设经颅直流电刺激中的阳极刺激可以激活大脑皮层的兴奋程度，被试在实验中的行为表现得到提高；阴极刺激可以抑制大脑皮层的兴奋程度，从而使被试在实验任务中的行为表现降低”，该表述不太妥当，在一些实验研究中，阳极刺激可能反而会降低被试的行为表现，阴极刺激却能提高被试的行为表现，建议进一步查阅文献，修改假设内容。

回应:

感谢审稿人的建议。确实原文对经颅直流电刺激的表述不妥。经过文献查阅，我们重新进行了表述。“tDCS 能够对目标区域施加极其微弱的直流电从而刺激大脑皮层，来改变某些脑区的皮层兴奋程度，进而影响与该脑区有密切相关的认知、情绪和行为活动(Coffman, Clark, & Parasuraman, 2014; Jacobson et al., 2012; Shekhawat, Stinear, & Searchfield, 2015; Shin, Foerster, & Nitsche, 2015)。并且这种脑区兴奋性的持续时间为 1 小时以上(Nitsche et al., 2001)，能够满足大多心理实验的时间需求，因而 tDCS 越来越多地被用于检验认知行为与可能的神经回路之间的关系(Coffman, Clark, & Parasuraman, 2014; Jacobson, Koslowsky, & Lavidor, 2012)。tDCS 刺激对大脑皮层兴奋性的影响具有极性特点，阳极刺激(anodal stimulation)增强皮质兴奋性，阴极刺激(cathodal stimulation)则相反(Civai et al., 2015; Nitsche & Paulus, 2001)。假刺激是对照组，事实上并不会对被试施加任何电流刺激，被试的行为表现不会发生变化。”

参考文献:

Civai, C., Miniussi, C., & Rumiati, R. I. (2015). Medial prefrontal cortex reacts to unfairness if this damages the self: A tDCS study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(8), 1054–1060.

Coffman, B. A., Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *Neuroimage*, 85(2), 895–908.

Jacobson, L., Koslowsky, M., Lavidor, M., (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: A meta-analytical review. *Experimental Brain Research*. 216(1), 1–10.

Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899–1901.

意见 5:

作者在文中提到“本研究中的自动情绪调节已经被调节目标词激活，因而不再使用阳极刺激”以及“由于本研究前测中使用阈下启动情绪调节目标促进了负性刺激的注意回避。因而，实验并未对左侧 OFC 进行阳极刺激”。虽然已有研究证明可以通过阈下情绪调节目标词激活自动情绪调节，但是并没有足够的证据支持此情况下左侧眶额叶皮层是处于激活状态的，在文中作者认为此情况下脑区是激活的，从而省略了阳极刺激的实验，缺乏了一定的说服力和科学性。

回应:

感谢审稿专家的重要意见。我们设计实验时也对此也进行了考虑，即设计三种刺激条件：阳刺激、阴刺激和假刺激。如果设计三种刺激，可以预期阴刺激条件下，被试注意回避降低；假刺激下，被试对恐惧刺激的注意回避在前后测之间不发生改变。然而却无法对阳刺激进行准确预期。因为，实验在施加 tDCS 之前，通过阈下启动情绪调节目标使被试对恐惧刺激出现注意回避，自动情绪调节已对注意选择产生了影响。如果我们假设左侧 OFC 参与其中，由于注意回避已经被阈下目标进行了增强，那么阳刺激要么能够进一步增强注意回避并达到显著水平，要么无法显著的对注意回避产生增强效应、维持原本水平。如果阳刺激后注意回避维持原本水平，与假刺激结果相似，研究无法判断是否左侧 OFC 卷入在自动情绪调节影响注意的过程中。由于对阳刺激下的结果难以进行精准预期，我们的实验只设计了阴刺激和假刺激，以直接检验左侧 OFC 是否卷入在自动情绪调节的注意阶段。

为了检验是否阳刺激能够改变自动情绪调节影响注意的过程，探索以上的疑惑，后期实验又招募了第三组被试(21 人，男生 10 名， 21.38 ± 2.24 岁)进行 tDCS 阳刺激左侧 OFC 的实

验，并与之前的阴刺激和假刺激组进行差异检验。结果分析表明，阳刺激左侧 OFC 并没有显著增强自动情绪调节对注意的影响。对这一结果的解释，可能是阈下启动情绪调节目标已经使被试产生了注意回避，对左侧 OFC 进行阳刺激无法进一步显著增强已经被提升的注意回避。然而这一解释是否可靠，还需要在前后测使用 fMRI 技术获得大脑在任务中的激活水平来证明。以下是相关的方差分析结果。

采用 2(前后测: tDCS 刺激前, tDCS 刺激后)×3(tDCS 刺激: 阳极刺激, 阴极刺激, 假刺激)×2(刺激与探测点位置匹配一致性: 一致/不一致)的混合设计方差分析各条件下反应时进行统计。分析发现, 前后测的主效应显著, $F(1,57)=41.28, p < 0.01, \eta_p^2=0.42$, 经过事后比较可知, 刺激前的反应时显著的大于刺激后($p < 0.01$)。恐惧刺激与目标探测点位置的一致性的主效应显著, $F(1,57)=18.22, p < 0.01, \eta_p^2=0.24$, 事后比较可知, 一致条件下的反应时显著的大于不一致条件下的反应时。恐惧刺激和目标探测点位置的一致性与刺激条件的交互作用显著 $F(2,57)= 4.26, p < 0.05, \eta_p^2=0.13$, 经过简单效应分析, 在阳刺激和假刺激条件下, 被试在一致条件下的反应时均大于不一致条件。前后测与恐惧刺激和目标探测点位置的一致性的交互作用显著 $F(1,57)=4.09, p < 0.05, \eta_p^2=0.07$ 。简单效应分析发现, 刺激前被试在一致条件下的反应时显著大于不一致条件下的反应时($p < 0.01$)。恐惧刺激和目标探测点位置的一致性, 前后测和刺激条件三者之间的交互作用不显著, $F(2,57)= 2.37, p = 0.102, \eta_p^2=0.08$ 。

情绪控制目标阈下启动点探测 tDCS 中各种条件下的反应时及标准差

	刺激前		刺激后	
	一致条件	不一致条件	一致条件	不一致条件
阳刺激	464.21±50.57	451.34±45.96	426.38±49.63	422.54±42.69
假刺激	429.52±49.27	422.58±49.49	412.30±46.69	402.30±38.08
阴刺激	436.11±44.71	428.87±42.63	405.07±30.43	411.93±36.85

意见 6:

在阈下启动点探测任务中, 刺激呈现的具体时长(500ms、100ms以及20ms)是如何确定的, 请在文中说明理由, 如是参考了其他研究, 请列出相应的参考文献。

回应:

感谢审稿专家的意见。研究中将阈下启动点探测任务中刺激的时长设置为: 注视点 500ms, 启动刺激 20ms, 掩蔽刺激 100ms 是在参考了前人的相关文献后作出的选择。主要参考依据为王佳莹、缴润凯和张明(2016)的研究。其实验呈现阈下信息时将启动刺激设置为 20ms, 掩蔽刺激设置为 100ms。研究大多结合不同实验目的和电脑刷新频率采用不同的时

间设置，多数会采用 16ms 启动+284ms 掩蔽、17ms 启动+85ms 掩蔽、20ms 启动+100ms 掩蔽、43ms 启动+67ms 掩蔽等的设置(王沛，霍鹏飞，王灵慧, 2012; 张美晨，魏萍，张钦, 2015; Lourenco, Ayzenberg, & Lyu, 2016)。本实验所用 60HZ 的显示屏，垂直刷新一次大约用时 17ms。实验中的启动词呈现时间略大于 17ms，这样，既能确保呈现启动词时屏幕完整的刷新一次，又不会产生第二次刷新。经过多次尝试，以被试对启动刺激在接近可觉察的状态为目标，最终参照了王佳莹、缴润凯和张明(2016)的设置方式，即采用了 20ms 作为启动刺激的呈现时间，100ms 作为掩蔽时间。修改稿加入了主要依据的参考文献。

参考文献:

王佳莹，缴润凯，张明. (2016). 任务设置影响负相容效应的机制—自上而下认知控制对阈下启动信息加工的影响. *心理学报*, 48(11), 1370–1378.

王沛，霍鹏飞，王灵慧.(2012). 阈下知觉的加工水平及其发生条件——基于视觉掩蔽启动范式的视角. *心理学报*, 44 (9), 1138–1148.

张美晨，魏萍，张钦. (2015). 阈上阈下不同面孔表情下的注视线索提示效应. *心理学报*, 47(11), 1309–1317.

Lourenco, S. F., Ayzenberg, V., & Lyu, J. (2016). A general magnitude system in human adults: Evidence from a subliminal priming paradigm. *Cortex*, 81, 93–103.

意见 7:

实验采用大学生被试，此实验中涉及了阈下目标词启动过程，某些专业的被试(心理学、经济学等)在心理学实验中应排除在外，建议作者在文中增加说明一下被试的专业情况。

回应:

感谢审稿专家的意见。在原稿中被试专业确未被说明。在修改稿中，被试的专业排除描述为“39名在校大学生(非心理学专业或学习过心理学相关课程)参与本实验”。

意见 8:

图 3 中的图题为：情绪控制目标阈下启动点探测实验操纵 tDCS 假刺激和阴刺激条件下的反应时，图题的表述不是太清晰，建议修改一下。

回应:

感谢审稿专家的意见。按照专家建议，在修改稿中，图3的图题改为了：“tDCS刺激(阴极刺激，假刺激)×前后测(刺激前，刺激后)×刺激与探测点位置一致性(一致，不

一致)各实验处理水平下, 被试判断探测点位置的反应时”。

意见 9:

在实验结论部分, 内容偏少, 建议具体展开介绍实验结果。其中提到“研究结果可以提示左侧眶额皮层是自动情绪调节的重要脑结构”, “脑结构”改为“脑区”, 是否会更合适一些?

回应:

感谢审稿专家对提升论文科学水平的重要意见。按照建议, 我们结合具体结果从多个层面充实了结论内容。在修改稿中, 结论部分如下。

“本研究使用 tDCS 技术对左侧眶额皮层(OFC)进行操纵, 检验了阴刺激抑制激活和假刺激条件下, 自动情绪调节对注意选择的影响。结果表明抑制左侧 OFC 激活会减弱个体对恐惧刺激的注意回避, 降低阈下启动的情绪调节目标对注意的影响。这说明左侧 OFC 抑制与否会影响自动情绪调节的注意阶段。该结果提示左侧 OFC 是自动情绪调节的重要脑区。结果还进一步提示了左侧 OFC 在以背外侧前额叶、腹内侧前额叶—OFC—(杏仁核、纹状体、脑岛)为关节点的情绪调节环路中扮演的重要作用。基于自动情绪调节模型(Mauss et al., 2007), OFC 与外侧前额叶、腹内侧前额叶负责了自上而下自动地改变对负性情绪刺激注意偏向这一过程。故而, 本研究的结果也为该理论提供了实证依据。”

.....

审稿人 3 意见:

该研究关注了左侧眶额皮层(OFC)在自动情绪调节的注意选择加工中的核心作用。采用经颅直流电刺激阴极刺激 OFC 脑区, 考察个体在自动情绪调节情境下, 对负性恐惧刺激的注意变化。其研究主题对于进一步理解 OFC 的激活在负性情绪注意加工中的作用具有重要贡献, 但论文在写作上还存在一些问题。

意见 1:

该研究关注的是 OFC 在负性注意偏向加工中的作用, 并没有把自动情绪调节作为一个自变量, 自动情绪调节只是研究中负性注意加工的前提情境, 但是在前言中, 作者用了大量笔墨介绍自动情绪调节, 而没有对 OFC 与负性情绪注意加工的关联进行更有条理的、详细的介绍, 导致读者在阅读到方法部分时, 产生了诸多疑惑。建议作者重新梳理前言的写作逻辑

辑，把重点放在 OFC 和注意上，对于自动情绪调节，只需要讲清楚为什么本研究要考察自动情绪调节下的注意，而不是非自动情绪调节下的注意，就足够了。

回应：

非常感谢审稿人的宝贵意见。参照审稿人的建议，我们调整了前言的论证逻辑。由于本研究着重关注左侧眶额皮层(OFC)的激活对自动情绪调节情境下负性注意偏向的作用，修改稿的前言首先较为紧凑的介绍了自动情绪调节及其对注意选择的影响表现，减少了对自动情绪调节的相关论述。随后着重论证了左侧 OFC 与自动情绪调节下注意选择的关系。调整的内容在修改稿中为蓝色标识。见文中前言部分第 1-5 段。

意见 2:

为什么只做阴极刺激，不做阳极刺激呢？

回应：

感谢审稿专家的意见。设计实验时我们也对此也进行了考虑，即设计三种刺激条件：阳刺激、阴刺激和假刺激。如果设计三种刺激，可以预期阴刺激条件下，被试注意回避降低；假刺激下，被试对恐惧刺激的注意回避在前后测之间不发生改变。然而却无法对阳刺激进行准确预期。因为，实验在施加 tDCS 之前，通过阈下启动情绪调节目标使被试对恐惧刺激出现注意回避，自动情绪调节已对注意选择产生了影响。如果我们假设左侧 OFC 参与其中，由于注意回避已经被阈下目标进行了增强，那么阳刺激要么能够进一步增强注意回避并达到显著水平，要么无法显著的对注意回避产生增强效应、维持原本水平。如果阳刺激后注意回避维持原本水平，与假刺激结果相似，研究无法判断是否左侧 OFC 卷入在自动情绪调节影响注意的过程中。由于对阳刺激下的结果难以进行精准预期，我们的实验只设计了阴刺激和假刺激，以直接检验左侧 OFC 是否卷入在自动情绪调节的注意阶段。

为了检验是否阳刺激能够改变自动情绪调节影响注意的过程，探索以上的疑惑，后期的实验又招募了第三组被试(21 人，男生 10 名， 21.38 ± 2.24 岁)进行 tDCS 阳刺激左侧 OFC 的实验，并与之前的阴刺激和假刺激组进行差异检验。结果分析表明，阳刺激左侧 OFC 并没有显著改变自动情绪调节对注意的影响。对这一结果的解释，可能是阈下启动情绪调节目标已经使被试产生了注意回避，对左侧 OFC 进行阳刺激无法进一步显著增强已经被提升的注意回避。然而这一解释是否可靠，还需要在前后测使用 fMRI 技术获得大脑在任务中的激活水平来证明。以下是相关的方差分析结果。

采用 2(前后测: tDCS 刺激前, tDCS 刺激后)×3(tDCS 刺激: 阳极刺激, 阴极刺激, 假刺

激) \times 2(刺激与探测点位置匹配一致性: 一致/不一致)的混合设计方差分析各条件下反应时进行统计。分析发现, 前后测的主效应显著, $F(1,57)=41.28, p < 0.01, \eta_p^2=0.42$ 。经过事后比较可知, 刺激前的反应时显著的大于刺激后($p < 0.01$)。恐惧刺激与目标探测点位置的一致性的主效应显著, $F(1,57)=18.22, p < 0.01, \eta_p^2=0.24$, 事后比较可知, 一致条件下的反应时显著的大于不一致条件下的反应时。恐惧刺激和目标探测点位置的一致性与刺激条件的交互作用显著 $F(2,57)= 4.26, p < 0.05, \eta_p^2=0.13$, 经过简单效应分析, 在阳刺激和假刺激的条件下, 被试在一致条件下的反应时均大于不一致条件。前后测与恐惧刺激和目标探测点位置的一致性的交互作用显著 $F(1,57)=4.09, p < 0.05, \eta_p^2=0.07$ 。简单效应分析发现, 刺激前被试在一致条件下的反应时显著大于不一致条件下的反应时($p < 0.01$)。恐惧刺激和目标探测点位置的一致性, 前后测和刺激条件三者之间的交互作用不显著, $F(2,57)= 2.37, p = 0.102, \eta_p^2=0.08$ 。

	刺激前		刺激后	
	一致条件	不一致条件	一致条件	不一致条件
阳刺激	464.21 \pm 50.57	451.34 \pm 45.96	426.38 \pm 49.63	422.54 \pm 42.69
假刺激	429.52 \pm 49.27	422.58 \pm 49.49	412.30 \pm 46.69	402.30 \pm 38.08
阴刺激	436.11 \pm 44.71	428.87 \pm 42.63	405.07 \pm 30.43	411.93 \pm 36.85

意见 3:

研究没有将自动情绪调节作为自变量, 那么, 如何说明本实验中的确发生了自动情绪调节呢?

回应:

感谢审稿专家的宝贵意见。有研究通过对比阈下呈现控制目标和无关目标, 发现阈下启动情绪控制目标使被试出现了对负性刺激的注意回避(刘珂, 张晶, 赵怡佳, 2016)。本实验采用了与刘珂等人(2016)阈下启动情绪控制目标条件下完全相同的实验任务和材料。研究结果重复了前人的发现, 即阈下启动情绪控制目标下被试的注意偏向模式与之前研究中的反应模式相同, 发生了对负性刺激的注意回避。其次, 我们也进行了补充实验, 对比阈下呈现控制目标和无关目标下两组被试负性注意偏向的模式。结果与前人相同, 都发现阈下启动情绪调节目标, 被试表现出对负性刺激的注意回避; 阈下启动无关目标, 被试表现出对负性刺激的注意警觉。基于此, 本研究采用阈下启动情绪调节目标的实验任务来创设自动情绪调节的情境。

另外，由于本研究目的在于使用 tDCS 检验左侧 OFC 的活动变化对自动情绪调节下负性注意偏向的影响，故而本研究不再对比阈下启动情绪控制目标和启动无关目标下负性注意偏向的变化，而是直接借鉴阈下启动情绪控制目标的方法以诱发对负性刺激的注意回避。

参考文献

刘珂, 张晶, 赵怡佳. (2016). 阈下启动情绪控制目标对恐惧刺激注意分配的影响. *心理科学*, 36(6), 1339-1345.

意见 4:

实验中一致条件下反应时的延长，是否有可能是返回抑制所导致的呢？如何排除 tDCS 刺激对返回抑制的可能影响？

回应:

感谢审稿人的宝贵的意见。首先，本研究的结果可能在受到注意回避影响同时也受到了返回抑制的作用。已有研究表明，情绪注意偏向和返回抑制两种注意机制对认知加工存在交互影响(关荐, 李文瑞, 赵旭东, 2018)。对负性情绪刺激的注意回避是情绪注意偏向的重要机制之一(Cisler, & Koster, 2010)。在反应模式上，注意回避和返回抑制体现的都是注意不再投入线索刺激位置的机制，并共同表现为一致条件下反应时更长。而且，已有研究者同时从注意回避和返回抑制角度解释了线索目标任务中一致条件下反应时更长的表现。例如，Waters, Nitz, Craske, & Johnson 在 2007 年的实验任务与本研究的任务相同，同样是在 500ms 的线索之后立刻呈现探测点，要求被试对探测点的位置进行判断。结果发现，低焦虑女性被试在厌恶刺激线索一致条件下反应时更长。Waters 等人(2007)认为这一结果符合了返回抑制的模式，反映的是被试对厌恶刺激的注意回避。从这一角度，返回抑制的机制可能和注意偏向共同作用了本研究的结果。这一点也将加入在修改稿的讨论之中。

然而，Waters 等人(2007)进一步提出，对返回抑制的研究需要在线索刺激消失之后呈现一段时间的中央注视点，而非直接呈现探测点。近来，有关返回抑制的研究范式大多在线索刺激和探测点之间插入了新的注视点或者空屏，以清晰模拟抑制注意返回这一过程。本研究与以上范式不同，使用的是探究注意偏向的点探测范式，即，一对刺激呈现之后探测点立刻在其中一个位置上出现，被试对探测点的位置按键反应。在点探测范式中，当结果出现一致线索下反应时比不一致线索下反应时更短，会被解释为发生了注意警觉(vigilance)，而一致线索下反应时更长往往会被解释为产生了注意回避(avoidance)(Price, Tone, & Anderson, 2016; Roelofs, Peters, van der Zijden, Thielen, & Vlaeyen, 2003; Wieckowski, Capriola-Hall,

Elias, Ollendick, & White, 2019; Winer, & Salem, 2016, for a review)。例如, Roelofs 等人(2003)向被试呈现 500ms 注视点, 之后出现 500ms 的疼痛刺激 vs 中性刺激, 随后即刻出现探测点, 要求被试对探测点的位置进行按键反应。研究中将与疼痛刺激位置不一致条件下的反应时减去一致条件下的反应时, 若正值提示注意警觉, 若负值表明注意回避。类似的方法与解释也在 Dewitte, Koster, De Houwer, & Buysse (2007)的研究中使用。综上, 由于本研究感兴趣的是自动情绪调节下的注意偏向, 故而在点探测任务中, 对不一致条件下反应时短于一致条件解释为注意回避具有一定的合理性。

参考文献

- 关荐, 李文瑞, 赵旭东. (2018). 返回抑制和情绪信息注意偏向的竞争:来自眼动的证据. *心理科学*, 41(6), 1353–1358.
- Cisler, J. M., & Koster, E. H. (2010). Mechanisms of attentional Biases towards threat in the anxiety disorders: An Integrative review. *Clinical Psychology Review*, 30(2), 203–216.
- Dewitte, M., Koster, E. H., De Houwer, J., & Buysse, A. (2007). Attentive processing of threat and adult attachment: A dot-probe study. *Behaviour Research and Therapy*, 45(6), 1307–1317.
- Price, M., Tone, E. B., & Anderson, P. L. (2011). Vigilant and avoidant attention biases as predictors of response to cognitive behavioral therapy for social phobia. *Depression and Anxiety*, 28, 349–353.
- Roelofs, J., Peters, M. L., van der Zijden, M., Thielen, F. G., & Vlaeyen, J. W. (2003). Selective attention and avoidance of pain-related stimuli: A dot-probe evaluation in a pain-free population. *The Journal of Pain*, 4(6), 322–328.
- Waters, A. M., Nitz, A., Craske, M. G., & Johnson, C. (2007). The effects of anxiety upon attention allocation to affective stimuli. *Behaviour Research and Therapy*, 45(4), 763–774.
- Wieckowski, A. T., Capriola-Hall, N. N., Elias, R., Ollendick, T. H., & White, S. W. (2019). Variability of attention bias in socially anxious adolescents: differences in fixation duration toward adult and adolescent face stimuli. *Cognition and Emotion*, 33(4), 825–831.
- Winer, E. S., & Salem, T. (2016). Reward devaluation: Dot-probe meta-analytic evidence of avoidance of positive information in depressed persons. *Psychological Bulletin*, 142(1), 18–78.

意见 5:

引言第二段最后一句, 作者提到“对调节目标的自动激活是操纵自动情绪调节产生的关键”。这句话和本研究的关系是什么呢? 是 OFC 参与了对调节目标的自动激活吗?

回应：

感谢审稿专家的意见。论文原稿的表述不够清晰严谨。修改稿对自动情绪调节的论述内容进行了调整和缩减，这句话所在的段落已经删除。

意见 6：

作者在引言第三段提出阈下启动范式与句子整理等其他范式相比，就具有操作简单、耗费认知资源少、更强群体适用性等优势，这些观点的提出依据是什么呢？

回应：

感谢审稿专家的意见。原文的表述不够严谨。在修改稿中，我们对阈下启动范式的优势进行了更严谨和准确的论述。修改为“阈下启动任务中被试在无意识觉察的情况下接受启动信息，避免了对完成目标词义进行有意识加工而产生的认知需求(Blakemore, Neveu, & Vuilleumier, 2017)。因而，本研究将使用阈下启动情绪控制词来激活相关目标表征，从而引发相应的自动情绪调节。”参见修改稿前言第 5 段。

参考文献：

Blakemore, R. L., Neveu, R., & Vuilleumier, P. (2017). How emotion context modulates unconscious goal activation during motor force exertion. *NeuroImage*, 146, 904–917.

意见 7：

作者在引言中提到高低心理弹性个体的 OFC 在威胁线索加工上具有相反的激活模式，但是在本研究中，却仅比较了两组被试的特质和状态焦虑，没有考察心理弹性，这是为什么呢？

回应：

感谢审稿专家的意见。只将被试的焦虑水平纳入本研究的考察范围，是出于如下两方面的考虑：

一方面，本实验以注意偏向为因变量。已有研究表明，特质焦虑和状态焦虑会增加被试对负性刺激的注意偏向(Koster et. al., 2005; Sass et al., 2010; Telzer et al., 2008)。为保证结果不受到被试焦虑水平的影响，我们选取了非特质焦虑个体，且保证实验开始前和结束后被试处于不焦虑的状态，因而在前测中对被试进行了状态-特质焦虑的测量，在后测中对被试的状态焦虑进行了再次测查。

另一方面，以往研究表明，心理弹性与焦虑水平存在显著相关。例如，钟雪等人(2016)将焦虑自评量表为效标，发现老年人心理弹性与焦虑水平显著相关。张露等人(2013)发现青少年焦虑与心理弹性存在显著相关。Brailovskaia, Schöfeld, Kochetkov, & Margraf (2019)以及 Lyvers, Holloway, Needham, & Thorberg (2019) 的研究也发现，心理弹性与焦虑在大学生和未婚人群中存在显著的负相关。本研究中，我们测量了焦虑水平并发现两组被试焦虑水平无差异，这一结果可能间接提示被试在心理弹性上不存在显著差异。

然而，为了更加精确控制无关变量，在未来关于 OFC 与情绪调节的研究中，我们将对心理弹性因素进行控制。

参考文献：

Brailovskaia, J., Schöfeld, P., Kochetkov, Y., & Margraf, J. (2019). What does migration mean to us? USA and Russia: Relationship between migration, resilience, social support, happiness, life satisfaction, depression, anxiety and stress. *Current Psychology*, 38(2), 421–431.

Koster, E. H., Verschuere, B., Crombez, G., & Van Damme, S. (2005). Time-course of attention for threatening pictures in high and low trait anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 43(8), 1087–1098.

Lyvers, M., Holloway, N., Needham, K., & Thorberg, F. A. (2019). Resilience, alexithymia, and university stress in relation to anxiety and problematic alcohol use among female university students. *Australian Journal of Psychology*, 72(1), 59–67.

Sass, S. M., Heller, W., Stewart, J. L., Siltan, R. L., Edgar, J. C., Fisher, J. E., & Miller, G. A. (2010). Time course of attentional bias in anxiety: Emotion and gender specificity. *Psychophysiology*, 47(2), 247–259.

Telzer, E. H., Mogg, K., Bradley, B. P., Mai, X., Ernst, M., Pine, D. S., & Monk, C. S. (2008). Relationship between trait anxiety, prefrontal cortex, and attention bias to angry faces in children and adolescents. *Biological Psychology*, 79(2), 216–222.

张露，范方，覃滢云，孙仕秀.(2013). 快速城市化地区青少年焦虑性情绪问题及影响因素. *中国临床心理学杂志*, 3, 434–438.

钟雪，吴大兴，夏结，聂雪晴，刘翊.(2016). Connor-Davidson 弹性量表在我国社区老年人中的信效度检验. *中国临床心理学杂志*, 2, 264–266.

意见 8:

引言第六段，作者提到 tDCS 阳极刺激增强皮质兴奋性，阴极刺激则相反。实际上，这个结果仅仅是在刺激运动皮层时发现的，在刺激非运动皮层时，其刺激效应可能更加复杂。请作者在引言中注意这个结论的确切条件和范围。

回应：

感谢审稿专家的宝贵建议。确实原文对经颅直流电刺激的表述不够精确。经过文献查阅，我们重新进行了表述。作出如下修改：“tDCS 能够对目标区域施加极其微弱的直流电以刺激大脑皮层，通过阳极刺激和阴极刺激导致神经元细胞膜电位去极化和超极化，来改变某些脑区的皮层兴奋程度，进而促进或抑制与该脑区有密切相关的认知、情绪和行为活动 (Utz, Dimova, Oppenländer, & Kerkhoff, 2010; Nitsche & Paulus, 2000; Stagg & Nitsche, 2011; Civai, Miniussi, & Rumiati, 2015)。并且这种脑区兴奋性的持续时间为 1 小时以上(Nitsche et al., 2001)，能够满足大多心理实验的时间需求，因而 tDCS 越来越多地被用于检验认知行为与可能的神经回路之间的关系(Coffman, Clark, & Parasuraman, 2014; Jacobson, Koslowsky, & Lavidor, 2012)。”

参考文献：

- Coffman, B. A., Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *Neuroimage*, 85(2), 895–908.
- Jacobson, L., Koslowsky, M. & Lavidor, M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. *Experimental Brain Research*, 216, 1–10.
- Utz, K. S., Dimova, V., Oppenländer, K., & Kerkhoff, G. (2010). Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology –a review of current data and future implications. *Neuropsychologia*, 48(10), 2789–2810.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*, 527(3), 633–639.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899–1901.
- Stagg, C. J., Nitsche, M. A. (2011). Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist*, 17(1), 37–53.
- Civai, C., Miniussi, C., & Rumiati, R. I. (2015). Medial prefrontal cortex reacts to unfairness if this damages the self: A tDCS study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(8), 1054–1060.

意见 9:

引言第三段第二行，“双意词”是不是“双义词”？请核实。

回应:

修改稿已将其替换为“双义词”。

意见 10:

文中有些时候写“阴极刺激”，有些时候写“阴刺激”，类似问题还有“假刺激”与“假性刺激”、“刺激类型”与“刺激条件”。请统一术语表达。

回应:

感谢审稿专家的意见。原文中对术语的表述存在不统一的问题，现已根据专家意见核查并进行了统一表达。文中术语统一使用：“阴极刺激”、“阳极刺激”“假刺激”、“刺激条件”，并在修改稿中作出相应修正。

意见 11:

实验材料部分，关于情绪控制目标启动词，最好能举一两个例子。

回应:

感谢审稿专家的建议。在修改稿中，实验材料部分详细描述了启动词的相关信息。内容如下：“经前期评定的情绪控制目标启动词 10 个(如：控制、隐藏、冷静)、无关中性动作词 10 个(如：坐下、站立，弯腰)作为实验材料。词语均为中性效价、高频词语。在评定中，请 20 名心理学专业的学生对 40 个双字词进行打分。首先是对其情绪控制的类别归属进行评价，1=不属于，2=属于，3=不确定。其次是对词语的效价进行 1~7 等级的评定，1=非常负性，4 中性，7=非常正性。最终选择其中属性明确、效价中性的两组词共 20 个作为实验材料。实验组词语的平均得分为 3.98，对照组的平均得分为 4.18。两组的效价没有显著差异 [$t(19)=-1.26, p=0.22$]。然后对两组启动词的使用频率进行配对样本 t 检验，两组启动词使用频率没有显著差异 [$t(9)=-0.82, p=0.44$]。”

意见 12:

tDCS 参数部分，需要说明放在 FP1 和 P4 的分别是阳极还是阴极电极。

回应:

感谢审稿专家的意见。方法部分对于 FP1 和 P4 放置电极的表述不够清晰，修改后的描述如下：“在本实验中，按照国际 EEG 10-20 系统的标准，FP1 是针对左侧 OFC 的 tDCS 研究常用的刺激位置(Koessler et al., 2009; Nejati, Salehinejad, Nitsche, Najian, & Javadi, 2017; Yang, Gao, Shi, Ye, & Chen, 2017)，因此在 FP1 位置进行阴极刺激或假刺激。为了降低通过头皮的电流分流和深度增加电流密度，通过计算选择 P4 作为距离阴极电极最远的参考电极(Rockstroh, 1989)。”

意见 13:

结果部分，应提供每个实验条件下的平均值和标准差，而不仅仅是报告是否有显著差异。

回应:

按照专家建议，修改稿放入了各实验条件下反应时的平均数和标准差的汇总表(见表 1)。

表 1 各实验条件下的反应时(平均数±标准差)

	刺激前		刺激后	
	一致条件	不一致条件	一致条件	不一致条件
假刺激	429.52±49.27	422.58±49.49	412.30±46.69	402.30±38.08
阴刺激	436.11±44.71	428.87±42.63	405.07±30.43	411.93±36.85

意见 14:

结论部分，作者提出“左侧 OFC 是自动情绪调节的重要脑区”，但是本实验并没有操控自动情绪调节，无法排除在非自动情绪条件下，调节 OFC 也能影响注意加工，所以无法得出 OFC 是自动情绪调节的关键脑区的结论。

回应:

感谢审稿专家的重要意见。修改稿中，我们将结论做如下表述：“本研究使用 tDCS 技术对左侧眶额皮层(OFC)进行操纵，检验了对左侧 OFC 施加阴极刺激和假刺激对自动情绪调节下负性情绪注意选择的影响。结果表明，阴极刺激左侧 OFC 会减弱个体对恐惧刺激的注意回避，降低阈下启动的情绪调节目标对注意的影响。这说明左侧 OFC 的兴奋性会影响自动情绪调节下的注意选择。该结果提示左侧 OFC 在自动情绪调节下的注意选择过程中具有重要意义。基于自动情绪调节模型(Mauss et al., 2007)，OFC 与外侧前额叶、腹内侧前额叶负责了自上而下自动的改变对负性情绪刺激注意偏向这一过程。故而，本研究的结果也为

该理论提供了实证依据。”

第二轮

审稿人 1 意见:

该作者已经按照之前的意见和建议进行了修改，还有两个小问题，建议修改后发表。

意见 1:

建议题目改为“左侧眶额皮层在自动情绪调节下注意选择中的作用：来自经颅直流电刺激的证据”，英文题目也应做相应调整；

回应:

感谢审稿专家的建议。修改稿中修改了论文的题目，现为：左侧眶额皮层在自动情绪调节下注意选择中的作用：来自经颅直流电刺激的证据。英文题目相应改为了：The role of left orbitofrontal cortex on selective attention in automatic emotion regulation: Evidence from transcranial direct current stimulation

意见 2:

文章的讨论和结论要严谨，结合实验数据，勿过度引申。比如“结果还进一步提示了左侧 OFC 在以背外侧前额叶、腹内侧前额叶—OFC—(杏仁核、纹状体、脑岛)为关节点的情绪调节环路中扮演的重要作用。”这部分完全是作者的主观推论，没有任何数据支持，放入结论是不合适的。

回应:

修改稿中删除了这一结论。我们进一步检查了修改稿讨论和结论中的语句，对过度引申的语句进行了修正或删除。

.....

审稿人 2 意见:

作者已经较好的回答了之前审稿人提出的问题，建议发表。

回应:

非常感谢审稿专家提出的宝贵意见。

审稿人 3 意见：

文章较上一稿做出了较多的修改，在逻辑上和主题上更加突出了，对审稿人的问题也做出了较好的回答和讨论，但稿件目前还存在一些问题：

意见 1：

引言第一段提到自动情绪调节“不需要投入注意”，而本研究又旨在考察自动情绪调节下的注意选择，在表述上容易给人前后矛盾的感觉，建议再修改一下措辞。

回应：

感谢审稿人十分宝贵的意见。按照审稿人的建议，对照与概念相关的参考文献，最终对自动情绪调节的概念表述如下：“自动情绪调节是由无意识目标驱动的、不需要有意控制的情绪调节过程(Mauss, Bunge & Gross, 2010)。”

意见 2：

引言第一段中提到自动情绪调节可以影响“心脏活动“，建议明确是什么指标，而且在情绪研究中，更常用”生理唤醒”来表达，而不是“心脏活动”。

回应：

感谢审稿人的宝贵意见。修改稿重新规范了表述。在参考文献中，研究发现与自动情绪调节显著相关的生理指标为交感兴奋活动(Sympathetic activation, 正相关)、心输出量(Cardiac output, 正相关)、总外周阻力(Total peripheral resistance, 负相关)(Mauss, Evers, Wilhelm, & Gross, 2006)。

按照审稿人建议，结合文章的可读性，相关内容修改如下：“已有研究证实自动情绪调节可以影响个体对情绪信息的认知加工、主观情绪体验以及相关生理反应，如交感神经兴奋性(Mauss, Evers, Wilhelm, & Gross, 2006; Schwager, & Rothermund, 2013; Vogt, Lozo, Koster, & De Houwer, 2011; Zhang & Lu, 2011)。”

意见 3：

引言第三段最后，在介绍了 N2-P3a 的结果之后，应该进一步说明该结果表明什么结论。

回应：

感谢审稿人的宝贵建议。修改稿中，第三段在介绍相关文献的脑电实验结果之后，做出了修改，加入了对结果的解释。修改后如下：

“例如，在 Hartikainen, Ogawa, & Knight(2012)的研究中，被试观看屏幕中央呈现的情绪图片或中性图片(150ms)，在图片消失 200ms 之后判断屏幕左侧或右侧呈现的三角形的上下朝向。结果发现 OFC 损伤病人在情绪刺激分心物下 FCz 电极点的 N2-P3a 的波幅减小，对目标刺激的 N2-P3b 的波幅更大，而正常人呈现相反的脑电模式(Hartikainen, Ogawa, & Knight, 2012)。这一结果表明 OFC 受损会损伤对情绪刺激自动的注意朝向和对目标刺激的注意分配(Hartikainen, Ogawa, & Knight, 2012)。”

意见 4:

论文中还有不少语句表述不够严谨，或不够通顺，例如引言第二段第二行“OFC 是自动情绪调节的重要机制”，一般不会说某个脑区是心理活动的机制。类似还有第三页第一段中的“研究发现左侧 OFC 卷入在对情绪刺激自动注意脱离之中”。

回应:

感谢审稿人的宝贵意见。通过多轮阅读以及邀请他人阅读的方式，论文作者从严谨性和流畅性上对论文语言进行了认真的修改。第二段第二行“OFC 是自动情绪调节的重要机制”改为：“OFC 是与自动情绪调节相关的重要脑区”。第三页第一段中的“研究发现左侧 OFC 卷入在对情绪刺激自动注意脱离之中”改为：“研究发现左侧 OFC 卷入在对负性情绪刺激进行自动注意选择相关的脑活动中。”其他被修改的文字在文中已标记为绿色。

意见 5:

引言第二段中介绍了 Pourtois 等人(2006)的研究，其中无效和有效线索条件具体是指的什么？这个没有讲清楚，另外，为何该结果说明左侧 OFC 与注意脱离有关，而不是注意偏向/警觉有关呢？

回应:

感谢审稿人的宝贵意见。修改稿对 Pourtois 等人(2006)的研究进行了更准确的描述和更充分的解释。

“Pourtois 等人(2006)采用线索目标范式，将左右呈现的面孔(快乐-中性，恐惧-中性)作为线索刺激，将随后立刻呈现在表情同侧位置(有效线索条件)或中性面孔所在位置(无效线索条件)的灰色条形作为目标刺激，请被试判断灰色条呈现在屏幕的左侧还是右侧。结果发现在恐惧-中性线索下，左侧 OFC 在无效线索条件下的激活强于有效线索条件。这提示，当目标刺激出现在与恐惧表情相反的位置时，恐惧面孔线索刺激获取的大量注意资源与目标刺激

获取任务相关的注意资源产生了冲突(Pourtois et al., 2006)。该研究提示，左侧 OFC 的激活与负性情绪刺激的注意分配过程相关。”

根据 Pourtois 等人(2006)的实验流程及其对相关结果的解释，左侧 OFC 的激活在无效线索条件下强于有效刺激这一结果提示，当目标刺激出现在与恐惧表情相反的位置时，恐惧面孔线索刺激获取的大量注意资源与目标刺激获取任务相关的注意资源产生了冲突。基于此，修改稿将相关内容重新表述为：“该研究提示，左侧 OFC 的激活与负性情绪刺激的注意分配过程相关。”修改稿对其他表述不够清楚和不严谨的内容进行了修改。

意见 6:

请作者检查参考文献，例如，引言第五段中“Legal J-B 等人 (2012)”的文献，在文末列表中就没看到。

回应:

感谢审稿人的宝贵意见。修改稿已加入参考文献。文章中作者索引也做了相应的修改。文章中索引如下：“例如，Légal, Chappé, Coiffard, & Villard-Forrest (2012)的研究发现，阈下启动“信任”目标会使个体对广告内容产生更为积极的评价。”

参考文献:

Légal, J-B., Chappe, J., Coiffard, V., & Villardforest, A. (2012). Don't you know that you want to trust me? Subliminal goal priming and persuasion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(1), 358–360.

意见 7:

文中还有不少使用”阴性刺激”的地方，请作者认真检查和修改这些细节问题!

回应:

感谢审稿人的宝贵意见。修改稿将阴性刺激统一改为了阴极刺激。在本次修改中，我们对论文进行了多轮逐字逐句的检查，以避免细节性问题。修改的内容在文章中标记为了绿色。

第三轮

审稿人 3 意见:

这版修改稿，作者较好地回答了我的问题和意见，我没有其他问题了。

回应：感谢审稿专家对文章和修改内容的肯定。

编委复审

编委意见：

经过 3 位审稿人的评审，作者按照修改意见进行了认真修改，在进一步修改的基础上，建议发表。

回应：

感谢编委专家对本文的宝贵意见和肯定。经过认真检查和多次通读，修改稿在语言严谨性和通顺性方面做出了如下修改。修改内容在文中已被标红。

1. 摘要中

“结果发现，使用阴极刺激抑制左侧 OFC 活动可以加快被试对与恐惧刺激位置一致的探测点的位置判断。”改为

“结果发现，使用阴极刺激抑制左侧 OFC 活动可以加快被试对与恐惧刺激位置一致的探测点的反应。”

2. 前言第一段最后一句

“然而与自动情绪调节下注意选择相关的脑活动尚不清楚。”改为

“然而，当前该领域对与自动情绪调节下注意选择相关的脑活动尚不清楚。”

3. 前言第二段中

“另一方面，OFC 上行参与到控制情绪的脑网络中，调节了背外侧前额叶和腹内侧前额叶与杏仁核的连接，调节了情绪性行为与生理反应(Stein et al., 2007; Phillips, Ladouceur, & Drevets, 2008)。”改为

“另一方面，OFC 上行参与到控制情绪的脑网络中，调节了背外侧前额叶和腹内侧前额叶与杏仁核的连接，影响着情绪性行为与生理反应(Stein et al., 2007; Phillips, Ladouceur, & Drevets, 2008)。”

4. 第四段最后一句

“本研究将通过操纵 tDCS 的阴极刺激和假刺激操纵左侧 OFC 的激活程度，检验自动情绪调节下恐惧刺激注意偏向是否能够随之改变。”第一个“操纵”删除。

5. 前言第五段

“而且阈下启动任务中被试在无意识觉察的情况下接受启动信息，避免了对完成目标词义进行有意识加工而产生的认知需求。”改为

“与句子整理任务相比，在阈下启动任务中，被试于无意识觉察的情况下接受启动信息，避免了对完成目标词义进行有意识加工而产生的认知需求。”

6. 前言最后一段

“在对左侧 OFC 施加 tDCS 刺激阴极刺激或者假刺激之后，被试进行后测，完成与前测相同的流程。”删掉“刺激”后改为

“在对左侧 OFC 施加 tDCS 阴极刺激或者假刺激之后，被试进行后测，完成与前测相同的流程。”

7. 讨论第一段

“具体地，当抑制了左侧 OFC 激活后，阈下启动情绪控制目标词不再能够引发被试对负性刺激的注意回避，被试表现出对与负性刺激位置一致的探测点反应更快。”改为

“具体地，当抑制了左侧 OFC 激活后，被试在接受阈下情绪控制目标词后不再对负性刺激产生注意回避，而是表现出对与负性刺激位置一致的探测点反应更快。”

8. 讨论第四段

“从这一角度来看，返回抑制的机制可能和注意回避共同作用了本研究的结果。”改为“基于此，返回抑制的机制可能和注意回避共同作用了本研究的结果。”

9. 结论部分

“结果表明，不同于假刺激组被试在前后测中都表现出对负性刺激注意回避，阴极刺激左侧 OFC 会减弱被试对恐惧刺激的注意回避，弱化阈下启动的情绪调节目标对负性刺激注意选择的影响。”改为

“结果表明，不同于假刺激条件下被试在前测与后测对负性刺激均表现出注意回避，阴极刺激作用于左侧 OFC 减弱了被试对恐惧刺激的注意回避，弱化了阈下情绪调节目标对负性刺激注意选择自上而下的影响。”

主编终审

主编意见：同意外审和编委意见，建议录用。