

经颅直流电刺激左背外侧前额叶减少对群际威胁注意偏向

张超^{1,2†}, 陈玉洁^{1,2†}, 邬鑫^{1,2}, 赵玉芳^{1,2*}

1. 西南大学心理学部, 重庆 400715;

2. 认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715

† 同等贡献

* 联系人, E-mail: zhaobee@swu.edu.cn

2018-01-23 收稿, 2018-03-01 修回, 2018-03-02 接受, 2018-03-26 网络版发表

国家自然科学基金(31371055)和教育部人文社科基地重大项目(16JJD190007)资助

摘要 对威胁信息的注意偏向虽然有保护作用, 但持续的注意偏向既会占用更多认知资源, 也会造成焦虑, 干扰个体的判断和决策. 注意偏向与左侧背外侧前额叶皮层(DLPFC)的活动水平呈现负相关. 本研究应用经颅直流电刺激(tDCS)技术并结合点探测任务, 考察通过tDCS刺激改变左侧DLPFC的活动水平是否会减少对群际威胁信息的注意偏向. 结果发现, 与伪刺激条件相比, 阳极刺激显著降低了对群际威胁的注意偏向. 进一步分析发现, 当面孔与探测目标一致时, 在伪刺激组, 被试对出现在威胁群体面孔后的探测目标的反应时显著短于出现在无威胁群体面孔后的探测目标的反应时; 而在阳极刺激组, 并未发现注意偏向. 这些结果表明, 阳极tDCS刺激左侧DLPFC可以有效减少对群际威胁信息的注意偏向.

关键词 群际威胁, 注意偏向, 经颅直流电刺激, 背外侧前额叶

注意偏向(attentional bias, AB)是选择性注意的一种特殊形式, 指个体对某些特定的信息具有较高敏感度而表现出不同的注意分配或优先加工的偏好^[1]. 由于威胁性刺激与人类的生存密切相关, 人类会优先注意威胁性刺激^[2,3], 即对威胁刺激有注意偏向^[4,5], 即使处在意识阈限之下, 威胁注意偏向也会发生^[6]. 相较于非威胁性刺激(花、蘑菇), 个体对威胁性刺激(蛇、蜘蛛)的探测反应更快、错误率更小^[7]; 即使学龄前儿童也出现了这种注意偏向^[8]. 社会刺激也会产生注意偏向, 个体将更多的注意资源分配给负性面孔(如生气、愤怒表情)表现为个体对负性面孔的注意偏向^[9,10]; 对伴侣关系缺乏安全感的女性会对高吸引力的女性面孔产生显著的注意偏向, 注意解除

时间更长^[11]; 人们会选择性跟随威胁性群体面孔的目光, 对威胁性群体面孔分配更多的注意力^[12], 白人被试会无意识地对黑人面孔产生注意偏向^[13].

虽然个体对威胁的优先加工是出于自我保护的目的以应对可能存在的危险, 是一种适应性的表现; 但如果这种注意加工偏向过于强烈, 可能会给个体的生活带来一系列的不良影响^[14]. 过多的威胁注意偏向会占用大量认知加工资源^[15,16], 窄化注意范围并降低威胁刺激的探测阈限, 造成对非威胁刺激以及所有刺激的过度警觉^[17]; 会夸大刺激的威胁程度和个体自身的失控程度, 产生过多焦虑, 无法将注意力从威胁刺激中解脱出来并长时间沉浸在更多妨害性的想法中^[18], 甚至干扰目标导向性行为, 影响判

引用格式: 张超, 陈玉洁, 邬鑫, 等. 经颅直流电刺激左背外侧前额叶减少对群际威胁注意偏向. 科学通报, 2018, 63: 836–845

Zhang C, Chen Y J, Wu X, et al. Stimulating the left dorsolateral prefrontal cortex reduces attentional bias for intergroup threat (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 836–845, doi: 10.1360/N972017-01057

断与决策. 而群际威胁作为一种社会性威胁, 对群际威胁表现出强烈的注意偏向不仅会产生焦虑、愤怒、蔑视、羞辱、恐惧等消极情绪, 甚至会由于占用个体大量的注意与认知资源而进一步导致群际感知中的认知偏向^[19]. 例如, 高估外群体的大小与对内群体的威胁程度, 加剧群体间的敌对情绪与冲突; 降低对外群体的同情心, 并对外群体成员的痛苦表现出幸灾乐祸甚至导致对外群体的去人性化^[20,21]; 增加刻板印象证实偏向, 对外群体的评价更加消极, 会将外群体的消极行为归因为自身特质, 而将积极行为归因为外部环境因素^[22,23]. 这些影响会破坏人际互动与群际交往. 所以, 对群际威胁的注意偏向进行研究, 有助于揭示群际威胁的消极后果, 可以为缓解群体间的矛盾与冲突、实现群体间的有效交流与合作提供基础.

对社会性威胁线索的加工涉及额叶的内侧和外侧(medial and lateral frontal cortex)、顶上小叶(superior parietal lobes)、颞中回后部 (posterior middle temporal gyrus)等皮层结构^[24]. 对威胁刺激的注意偏向与前额叶皮层活动的下降有关^[25,26], 主要受两个神经系统的调节, 即来自杏仁核的自下而上调节和前额叶的自上而下调节^[27,28]. 神经影像学研究也证明了前额叶、尤其是背外侧前额叶(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)对注意的调节作用^[29]. 前额叶通过将杏仁核对威胁信息的反馈与动机、抑制控制等高级认知功能联系起来, 形成了对威胁信息加工的皮层通路^[30]. 提高前额叶皮层活动可以实现对威胁刺激注意偏向的调节. 注意偏向矫正训练(attention bias modification, ABM)可以减少对威胁刺激的注意偏向, 也可以提高背外侧前额叶和腹内侧前额叶的活动水平^[25,31]; 神经调节技术直接改变背外侧前额叶皮层兴奋水平可以实现对威胁性情绪面孔注意偏向的调节^[32,33]. 这些研究证实了背外侧前额叶在注意偏向中的调节作用, 表明了前额叶尤其是背外侧前额叶与注意偏向的关系.

经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)是一种非侵入性的、利用恒定微弱直流电调节大脑皮层神经元活动的技术, 阳极刺激会增强皮层兴奋水平, 阴极刺激会降低皮层兴奋水平^[34]. 与经颅磁刺激相比, 更加安全且能更好实现控制组对照研究^[35].

人们会对群际威胁表现出注意偏向, 过度的注意偏向对人们生活与社会交往带来诸多不良影响,

有必要适当降低对威胁信息的注意偏向. 本研究采用点探测任务, 使用tDCS调节皮层兴奋水平来降低对群际威胁的注意偏向水平. 威胁注意偏向的注意成分包括注意警觉、注意解除困难等, 在前人研究中, 使用了多种刺激呈现异步性时间(stimulus onset asynchrony, SOA)来研究注意偏向. 根据相关理论与研究, 人们对威胁的注意偏向是由注意警觉与注意解除困难共同导致的, 如Carlson和Reinke^[36]采用点探测任务发现在同一SOA下被试对恐惧面孔既表现出注意警觉, 也表现出注意解除困难. 但是也有研究发现注意警觉在SOA较短时(如200 ms)更易观察到^[37]; 而注意解除困难在较长的SOA中(如800 ms)更易观察到^[38,39]. 所以在综合考虑前人对注意偏向时程研究的基础上, 本研究采用200和800 ms两种SOA来探索群际威胁下的注意偏向. 由于采用阳极tDCS刺激被试的左侧背外侧前额叶可以增强该脑区的激活水平, 而减少的注意偏向与该脑区的激活水平增强有关, 所以本研究预期, 左侧DLPFC接受了tDCS阳极刺激会降低对群际威胁的注意偏向.

1 预实验: 群际威胁信息的注意偏向研究

1.1 方法

(i) 被试. 41名在校大学生参加了实验. 其中, 男性21名, 女性20名, 均为中国国籍, 右利手, 视力或矫正视力正常, 无精神或神经遗传病史, 以前均未参加过类似实验, 平均年龄为19.95岁($SD=1.24$).

(ii) 实验设计. 本研究采用2 (群际威胁: 有威胁vs.无威胁) $\times$ 2(一致性: 一致vs.不一致) $\times$ 2(SOA: 200 ms vs.800 ms)的被试内设计, 因变量为注意偏向, 因变量指标为反应时(不一致反应时减一致反应时).

(iii) 实验材料. 8张来自中国情绪图片库的中性面孔图片被用作实验材料, 其中男性图片4张, 女性图片4张^[40]. 随机的将一半图片分配到“A组”(2男2女), 另一半图片分配到“B组”(2男2女). 分配完毕后, 每张图片的组别便固定下来, 不再更改. 采用自编威胁材料. 材料主要内容是一些描述文字及其相关的照片. 采用威胁相关情绪词(愤怒、害怕、焦虑、威胁、生气、担心)评定作为威胁操作检查. 被试从1到7进行评分, 越高的分数代表着被试体验到更高的威胁及消极情绪.

(iv) 实验程序. 被试进入实验室后, 先填写一

份情绪词问卷,包括“担心、焦虑、威胁、生气、愤怒、害怕”,记录被试此刻情绪状态,作为情绪前测。

面孔学习任务:给被试3 min时间学习记住每张面孔的国籍。3 min的识记后进行面孔国籍判断,并有反馈提示,正确率达到90%以上时,进入实验下个环节。

群际威胁操作及操作检查:阅读上述威胁材料。阅读完毕后,再次填写情绪问卷作为后测。

点探测任务:要求被试坐在电脑屏幕正前方,眼睛与电脑屏幕距离约70 cm。在实验过程中,首先屏幕中心会出现一个800~1200 ms的“+”,以提示被试集中注意力。然后会在屏幕的正上方或正下方出现一张面孔,面孔图片大小为600像素×450像素,面孔持续时间为200 ms(或800 ms)。面孔消失后会出现一个符号“*”,直径为0.5 cm;被试需要对“*”的位置做出反应。当“*”的位置与面孔的位置出现在同位置(即都在上方或都在下方)时请按数字键“1”;当“*”的位置与面孔的位置不同时请按数字键“2”;直到被试按键反应(或被试在2500 ms内没有反应)后“*”消失,下一个试次开始。实验指导语要求被试又快又准确地做出按键反应(图1)。

在正式实验开始前,每名被试均要完成16个试次的练习,以此来熟悉任务要求。正式实验共256个试次,分为4个组块来呈现,每个组块包含64个试次,试次被平均分配于群际威胁(威胁群体,无威胁群体)、一致性(一致,不一致)、SOA(200 ms, 800 ms)三个因素组成的8种刺激条件中。威胁群体面孔图片

与非威胁群体面孔图片出现机会均等,面孔图片与探测目标在屏幕上的呈现方位(上、下)平衡,面孔图片与探测目标位置的一致性平衡;被试之间实验试次出现的顺序随机。

1.2 结果

(i) 操作检查。对威胁相关情绪问卷的前后测得分进行配对样本 t 检验,结果发现,被试在担心、焦虑、威胁、生气、愤怒、害怕等6个情绪上的后测得分均显著高于前测得分($P_s < 0.001$),表明威胁操作成功。

(ii) 注意偏向。参照以往研究^[41~43],首先对数据进行预处理,为了避免错误反应及抢键反应与延迟反应对分析结果的影响,剔除反应错误的试次和反应时小于300 ms及大于1500 ms的试次。计算被试在实验设计中每个因素水平的平均反应时,见表1。

以注意偏向为因变量,进行2(群际威胁:有威胁 vs. 无威胁)×2(SOA: 200 ms vs. 800 ms)的重复测量方差分析。结果发现,群际威胁的主效应不显著($F(1,40)=1.726$, $P=0.196$, $\eta_p^2=0.041$), SOA的主效应不显著($F(1,40)=2.242$, $P=0.142$, $\eta_p^2=0.053$),威胁×SOA的交互作用显著($F(1,40)=5.628$, $P=0.023$, $\eta_p^2=0.123$)。以注意偏向为因变量进行简单效应分析发现(结果见图2),当SOA为200 ms时,威胁群体面孔的注意偏向分数显著大于非威胁群体面孔的注意偏向分数, $F(1,40)=6.558$, $P=0.014$, $\eta_p^2=0.141$,出现了注意偏向效应;当SOA为800 ms时,威胁群体面孔与非威胁群

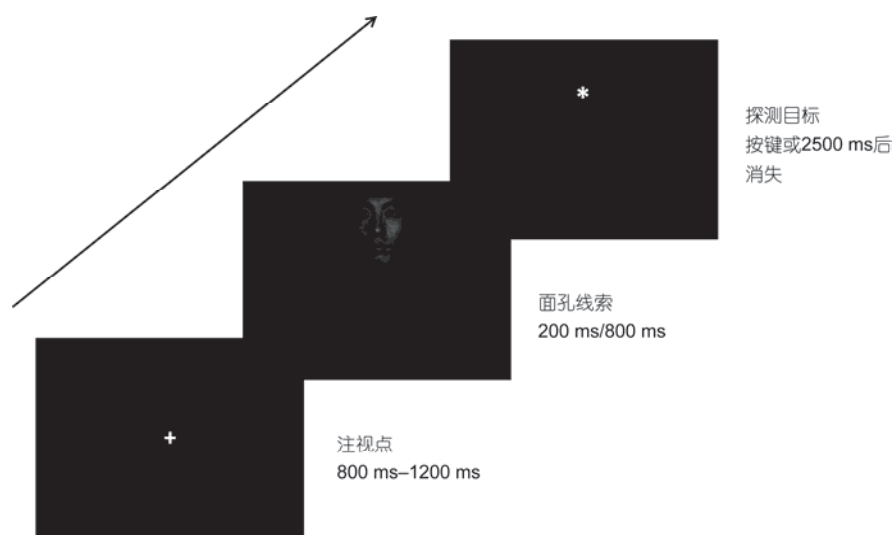


图1 实验中一个trial示例

Figure 1 An example of trial in experiment

表 1 被试在各因素水平上的平均反应时(ms)

Table 1 The average reaction time of the subjects at all factors

群际威胁	SOA(ms)	一致	不一致
无威胁群体面孔	200	592.58±17.41	639.99±17.06
	800	555.71±16.64	607.43±19.98
威胁群体面孔	200	574.68±13.44	652.29±18.23
	800	559.69±18.03	603.76±20.93

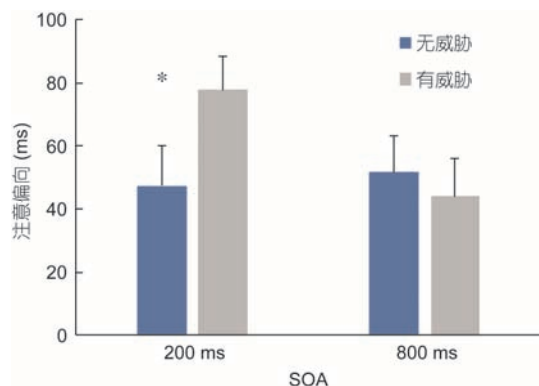


图 2 (网络版彩色)被试在不同SOA条件下对群际威胁的注意偏向 ($\bar{x} \pm SE$). *: $P < 0.05$

Figure 2 (Color online) Attentional bias of participants for intergroup threat under 200-ms SOA and 800-ms SOA conditions ($\bar{x} \pm SE$). *: $P < 0.05$

体面孔的注意偏向无显著差异, $F(1,40)=0.430$, $P=0.516$, $\eta_p^2=0.011$. 为了进一步检验一致和不一致条件下的注意偏向效应, 以平均反应时为因变量指标进行了方差分析.

对SOA为200 ms的反应时进行了2(群际威胁: 有威胁vs.无威胁) $\times$ 2(一致性: 一致vs.不一致)的重复测量方差分析. 结果发现: 群际威胁的主效应不显著 ($F(1,40)=0.310$, $P=0.581$, $\eta_p^2=0.008$), 一致性主效应显著 ($F(1,40)=38.696$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.492$), 群际威胁 $\times$ 一致性的交互作用显著 ($F(1,40)=6.558$, $P=0.014$, $\eta_p^2=0.141$). 对这一交互作用做进一步的简单效应分析发现(结果见图3), 在一致条件下, 被试对威胁群体面孔提示探测目标的反应时显著短于无威胁群体面孔提示探测目标的反应时 ($F(1,40)=5.227$, $P=0.028$, $\eta_p^2=0.116$); 而在不一致的条件下, 被试对威胁群体面孔提示探测目标的反应时与无威胁群体面孔提示探测目标的反应时无显著差异 ($F(1,40)=2.573$, $P=0.117$, $\eta_p^2=0.060$).

对SOA为800 ms的反应时同样进行了2(群际威胁: 有威胁vs.无威胁) $\times$ 2(一致性: 一致vs.不一致)的

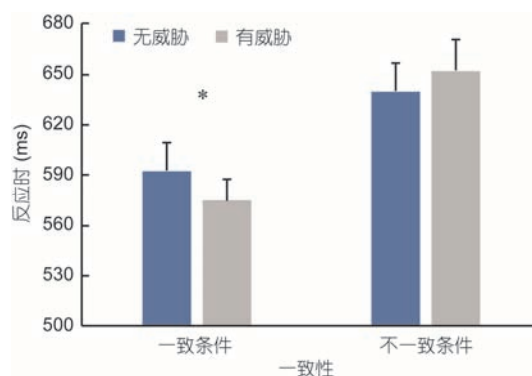


图 3 (网络版彩色)SOA为200 ms条件下, 被试在一致性条件下对群际威胁的平均反应时 ($\bar{x} \pm SE$). *: $P < 0.05$

Figure 3 (Color online) Mean reaction times ($\bar{x} \pm SE$) of participants for intergroup threat under congruent and incongruent conditions for 200-ms SOA. *: $P < 0.05$

重复测量方差分析. 结果发现: 群际威胁的主效应不显著 ($F(1,40)=0.001$, $P=0.977$, $\eta_p^2<0.001$), 一致性主效应显著 ($F(1,40)=22.154$, $P<0.001$, $\eta_p^2=0.356$), 群际威胁 $\times$ 一致性的交互作用不显著 ($F(1,40)=0.430$, $P=0.516$, $\eta_p^2=0.011$).

预实验的结果验证了群际威胁的注意偏向效应. 当SOA为200 ms且一致条件下, 相对于无威胁群体面孔, 被试对威胁群体面孔反应更快, 表现出对群际威胁的注意警觉. 该结果与前人研究一致, Carlson等人^[44,45]采用点探测实验范式进行了一系列的研究, 研究结果证明了对威胁刺激的注意偏向是由注意警觉引起的. 相关眼动研究发现, 第一次的眼动发生在刺激呈现后的150~200 ms, 此时代表最开始的注意定向^[46]; 同时人们对威胁刺激的加工是快速的、自动化的^[47], 这两者可能是对群际威胁的注意警觉出现在SOA为200 ms而不是800 ms上的原因.

2 正式实验: tDCS刺激DLPFC降低对群际威胁的注意偏向

2.1 方法

(i) 被试. 51名在校大学生参加了实验. 被试被随机地分配到真刺激和伪刺激两种条件下, 其中真刺激组有25人(男性9人, 女性16人), 平均年龄20.44岁($SD=2.22$); 伪刺激组26人(男性8人, 女性18人), 平均年龄19.92岁($SD=1.32$). 所有被试均为右利手, 身体健康, 无精神系统疾病及脑部损伤史, 无癫痫或癫痫家族史, 视力正常或矫正后正常, 无金属植

人物。所有被试在实验之前均签署知情同意书。

(ii) 实验设计. 本研究采用2(刺激类型: 真vs. 伪)×2(群际威胁: 有威胁vs. 无威胁)×2(一致性: 一致vs. 不一致)×2(SOA: 200 ms vs. 800 ms)的混合实验设计. 刺激类型为组间变量; 群际威胁、一致性和SOA为组内变量; 因变量为注意偏向。

(iii) 实验材料. 同预实验。

(iv) 实验程序. 被试进入实验室后, 先填写一份情绪词问卷, 包括“担心, 焦虑, 威胁, 生气, 愤怒, 害怕”, 记录被试此刻情绪状态, 作为情绪前测。随后准备好实验设备, 将电极固定在相应的位置; 刺激电极在F3, 参考电极在同侧胳膊。

面孔学习任务: 给被试3 min时间学习记住每张面孔的国籍。3 min的识记后进行面孔国籍判断, 并有反馈提示, 正确率达到90%以上时, 进入实验下个环节。

群际威胁操作及操作检查: 阅读上述威胁材料。阅读完毕后, 再次填写情绪问卷作为后测。

tDCS刺激与点探测任务: 对被试进行tDCS刺激(被试只接受真实刺激或伪刺激一种条件), 在刺激进行到10 min时, 被试开始进行点探测任务。一般刺激9~13 min, 产生的tDCS后效应可以稳定地持续1 h以上^[34]。点探测任务时间约为20 min, 在任务进行到10 min时tDCS刺激结束, 为保证被试任务完成的连续性, tDCS设备会在被试完成所有任务之后再统一摘除。点探测任务要求同预实验一致。

实验共有4个组块, 每个组块包含64个试次, 共256个试次。正式实验开始前, 每名被试均要完成16个试次的练习熟悉任务要求。

2.2 经颅直流电刺激参数及方法

采用Low Intensity Transcranial DC Stimulator刺激仪器(美国Soterix medical公司)进行tDCS刺激, 电极片大小5 cm×7 cm。参考前人的研究^[34], 根据EEG10-20系统坐标和相关的磁共振成像定位研究, 用胶带将阳极电极固定放置在头皮左侧F3电极点的位置, 参考电极固定在同侧胳膊处。根据以往研究, 实验参数设置为在真刺激条件下, 用1.5 mA的轻微电流刺激被试20 min。而在伪刺激条件下, 采用1.5 mA的轻微电流刺激刺激被试30秒后停止刺激, 但电极放在被试头上时间同样为20 min^[48]。采用单盲实验设计, 被试不知道自己接受的刺激类型。

2.3 结果

(i) 操作检查. 对威胁相关情绪问卷的前后测得分进行配对样本 t 检验, 结果发现, 除了“害怕”情绪($t(50)=-1.273$, $P=0.209$, cohen's $d=-0.244$)外, 其他5个情绪上的后测得分均显著高于前测得分($P_s<0.01$)。威胁操作成功。

(ii) 注意偏向. 剔除反应错误的试次和反应时小于300 ms或大于1500 ms的试次, 计算被试在实验设计中每个因素水平的平均反应时, 见表2。

以注意偏向为因变量, 进行2(刺激类型: 真vs. 伪)×2(群际威胁: 有威胁vs. 无威胁)×2(SOA: 200 ms vs. 800 ms)的重复测量方差分析。结果发现, 群际威胁、SOA、刺激类型的主效应不显著($P_s>0.105$), 所有二阶交互作用不显著($P_s>0.216$), 群际威胁×刺激类型×SOA的三阶交互作用显著($F(1,49)=4.325$, $P=0.043$, $\eta_p^2=0.081$)。对群际威胁×刺激类型×SOA三阶

表2 被试在各因素水平上的平均反应时(ms)

Table 2 The average reaction time of the subjects at all factors

刺激类型	群际威胁	SOA (ms)	一致	不一致
真刺激组	无威胁群体面孔	200	605.51±17.23	641.39±16.99
		800	581.04±15.66	601.61±16.31
	威胁群体面孔	200	601.42±17.33	626.44±16.13
		800	591.44±17.74	609.09±20.92
伪刺激组	无威胁群体面孔	200	583.94±18.59	619.58±18.45
		800	550.49±19.35	595.27±22.13
	威胁群体面孔	200	568.39±16.51	617.39±17.46
		800	554.10±18.94	580.30±18.29

交互作用做简单效应分析发现,在SOA为200 ms条件下,真刺激组与伪刺激组在威胁群体面孔上的注意偏向存在显著差异 ($F(1,49)=4.354, P=0.042, \eta_p^2=0.082$),伪刺激组的注意偏向分数(49.005 ms)显著大于真刺激组的注意偏向分数(25.028 ms);真刺激组与伪刺激组在无威胁群体面孔上的注意偏向差异不显著($F(1,49)<0.001, P=0.983, \eta_p^2<0.001$),实验结果见图4。在SOA为800 ms条件下,真刺激组与伪刺激组在威胁群体面孔和无威胁群体面孔上的注意偏向差异均不显著($P_s>0.091$)。结果说明,当SOA为200 ms时,相比于伪刺激组,真刺激组显著减少了对威胁群体面孔的注意偏向。为了具体分析这一显著差异,以平均反应时为因变量指标对真刺激组与伪刺激组分别进行了方差分析。

对真刺激组进行2(群际威胁:有威胁vs.无威胁) $\times$ 2(一致性:一致vs.不一致) $\times$ 2(SOA: 200 ms vs.800 ms)的重复测量方差分析。结果发现,群际威胁的主效应不显著($F(1,24)=0.006, P=0.937, \eta_p^2<0.001$),一致性的主效应显著($F_{1,24}=15.777, P<0.001, \eta_p^2=0.397$),SOA的主效应显著($F(1,24)=17.751, P<0.001, \eta_p^2=0.425$),群际威胁 $\times$ 一致性 $\times$ SOA的三阶交互作用不显著($F(1,24)=0.426, P=0.520, \eta_p^2=0.017$),所有的二阶交互作用不显著($P_s>0.135$)。该结果说明tDCS刺激左DLPFC后,真刺激组的威胁面孔注意偏向消失了。

对伪刺激组也进行2(群际威胁:有威胁vs.无威胁) $\times$ 2(一致性:一致vs.不一致) $\times$ 2(SOA: 200 ms vs.800 ms)的重复测量方差分析。结果发现,群际威胁主效应显著($F(1,25)=4.887, P=0.036, \eta_p^2=0.164$),一致性的主效应显著($F(1,25)=43.906, P<0.001, \eta_p^2=$

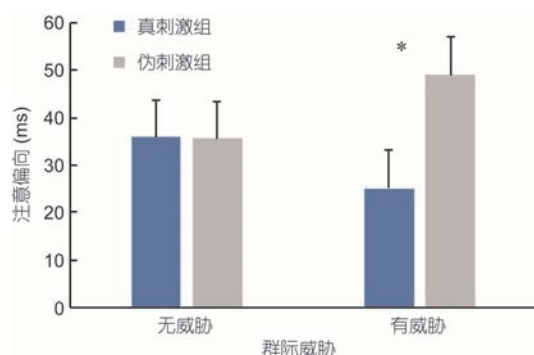


图4 (网络版彩色)SOA为200 ms条件下,tDCS刺激对群际威胁注意偏向的影响($\bar{x} \pm SE$)。*: $P<0.05$

Figure 4 (Color online) Change in attentional bias for intergroup threat as a function of tDCS condition for 200-ms SOA($\bar{x} \pm SE$)。*: $P<0.05$

0.637), SOA的主效应显著($F(1,25)=20.167, P<0.001, \eta_p^2=0.446$),所有的二阶交互作用不显著($P_s>0.451$),群际威胁 $\times$ 一致性 $\times$ SOA的三阶交互作用显著($F(1,25)=4.703, P=0.040, \eta_p^2=0.158$)。对群际威胁 $\times$ 一致性 $\times$ SOA的三阶交互作用做进一步的简单效应分析发现,在SOA为200 ms,一致条件下,被试对威胁群体面孔提示探测目标的反应时显著短于无威胁群体面孔提示探测目标的反应时($F(1,25)=6.513, P=0.017, \eta_p^2=0.207$);在SOA为200 ms,不一致条件下,被试对威胁群体面孔提示探测目标的反应时和无威胁群体面孔提示探测目标的反应时无显著差异($F(1,25)=0.174, P=0.680, \eta_p^2=0.007$),实验结果见图5。而在SOA为800 ms的情境下被试对威胁群体面孔和无威胁群体面孔提示的探测目标的反应时均无显著差异($P_s>0.139$)。该结果说明在SOA为200 ms时,伪刺激组表现出对威胁面孔的注意偏向,且与预实验结果一致,表现为对威胁面孔的注意警觉。

3 讨论

本研究在验证了对群际威胁产生注意偏向的基础上,采用阳极tDCS刺激左侧DLPFC,发现在对威胁群体面孔上,真刺激组的注意偏向分数显著小于伪刺激组;进一步分析发现,伪刺激组与预实验结果一致,出现对威胁群体面孔的注意警觉,而真刺激组并没有产生对威胁群体面孔的注意警觉。本研究结果表明,通过阳极tDCS刺激左侧DLPFC增强其皮层兴奋水平,减少了个体对群际威胁的注意偏向,为

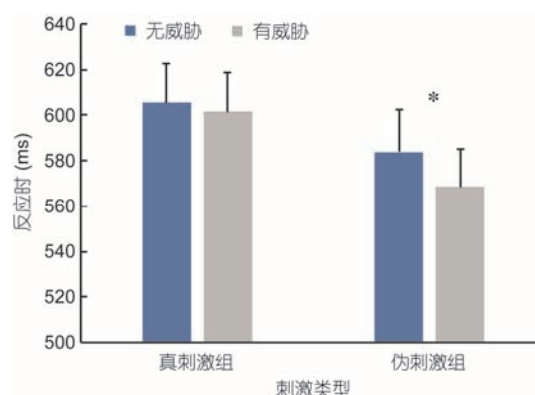


图5 (网络版彩色)SOA为200 ms且一致条件下,真刺激组与伪刺激组被试对群际威胁的平均反应时($\bar{x} \pm SE$)。*: $P<0.05$

Figure 5 (Color online) Mean reaction times($\bar{x} \pm SE$) as a function of intergroup threat under real tDCS and sham tDCS for 200-ms SOA and congruent condition. *: $P<0.05$

DLPFC对威胁刺激注意偏向的调节作用提供了有力的实证支持。

威胁性事件对个体生存具有重要意义,对威胁刺激投入更多的注意资源及优先加工,是人类进化过程中发展出来的自我保护机制;并在个体成长与外界环境不断的交流互动中进化出特有的神经机制来应对处理^[49]。本研究发现的对群际威胁的注意偏向与基于种族的威胁注意加工一致,当启动对黑人的威胁刻板印象时,白人被试才会更快地察觉黑人面孔^[50]。根据恐惧激活模型^[7],存在一个对感知到的信息的重要性与意义进行自动评估的系统,环境中的威胁刺激会优先进入这一系统得到快速加工。在群际交往中,群际威胁对群体的生存发展具有重要意义,因而环境中的群际威胁信息会得到人们的优先注意与快速加工,产生注意警觉。

对威胁注意的优先性虽然有先天基础,但依然会受到后天经验的影响^[51]。对焦虑患者的研究发现,DLPFC对注意偏向具有自上而下的调节作用;DLPFC过低的活动水平是焦虑患者对威胁刺激注意偏向的重要原因之一;通过对左侧DLPFC活动水平的神经干预,有效地降低了焦虑患者对威胁刺激的注意偏向^[35];以健康人被试的研究也同样发现对威胁刺激的注意偏向受到左侧DLPFC活动水平的调节^[32]。本研究通过阳极tDCS对左侧DLPFC施加刺激增强该脑区的活动水平,降低了对群际威胁的注意偏向,该结果与以往采用神经调节技术研究威胁刺激注意偏向得出的结论一致,并进一步支持了左侧DLPFC在对群际威胁刺激注意偏向上地调节作用;而且这种注意偏向的调节表现为阳极tDCS刺激左侧DLPFC减少了对群际威胁的注意警觉。虽然有研究认为DLPFC是注意解除的重要脑区,但也有研究显示DLPFC可以自上而下的调节与注意警觉相关的杏仁核及边缘系统的活动,进而影响人们对威胁的注意警觉^[52]。神经影像学研究表明,较低的DLPFC活动水平会导致对边缘脑区的抑制控制不足,DLPFC会通过眶额叶皮层(the orbitofrontal cortex, OFC)调节杏仁核及相关皮层下结构的的活动,增强DLPFC活动水平会提高对杏仁核及边缘脑区的抑制控制^[53]。本研究中,通过阳极tDCS刺激左侧DLPFC会增强其活动水平,左侧DLPFC活动水平的增强可能提高了DLPFC对杏仁核及边缘脑区的抑制控制;与注意警觉相关的杏仁核及边缘脑区由于受到DLPFC自上而下的调节进

而可能降低了对群际威胁的过度激活,并降低了对群际威胁的注意警觉。

另外,相关经颅磁刺激研究揭示了DLPFC对威胁注意加工的早期作用与大脑半球在情绪处理上的功能偏侧化有关,由于对DLPFC的神经干预暂时改变了左右大脑功能平衡,从而调节了对威胁的注意偏向^[54]。根据情绪的效价不对称假说,右半球对负性情绪的加工具有偏侧化优势^[55],增加左侧DLPFC的活动水平会间接降低右侧DLPFC的加工优势,从而减少对威胁刺激的注意偏向^[54]。本研究中,阳极tDCS刺激在增强左侧DLPFC活动水平的同时可能间接影响了右侧DLPFC的活动水平及其对威胁刺激的加工优势,从而降低了对群际威胁的注意警觉。本研究与Ironsides等人的^[56]的研究结果一致,他们发现同时采用阳极tDCS刺激左侧DLPFC,阴极刺激右侧DLPFC减少了人们对恐惧情绪面孔的注意警觉。这也验证了左侧DLPFC与右侧DLPFC不同的活动水平对威胁注意偏向的调节作用,未来研究可以通过阴极刺激或对DLPFC的双相tDCS刺激来相互补充验证本研究得出的结果。

总之,本研究在验证群际威胁产生注意偏向的基础上,证实使用tDCS阳极刺激增强左背外侧前额叶活动水平减少了对群际威胁的注意偏向,与脑区定位研究共同为左侧DLPFC调节注意偏向提供了双向实验证据。前人研究发现了人们对群际威胁存在注意解除困难^[12],本研究则发现群际威胁会引起注意警觉,这说明群际威胁的注意偏向不仅表现为注意解除困难,也可表现为注意警觉。在采用返回抑制现象研究威胁注意偏向机制的实验中发现威胁注意偏向是注意解除困难^[57];而以恐惧面孔为威胁线索进行的系列研究表明对威胁刺激的注意偏向是注意警觉^[44,45];也有研究同时发现威胁刺激注意偏向中的注意警觉与注意解除困难^[36]。实验结果的不同可能与刺激强度、刺激呈现时间、研究范式、被试特征及测量手段等因素有关,实验参数的不同会对注意偏向造成不同的影响从而观察到不同的注意偏向成分^[4]。在未来研究中可以采用不同的研究范式,更多的测量手段如tDCS与眼动技术、脑电技术等相结合,探索不同注意成分在群际威胁注意偏向中的表现模式。另外,虽然已有研究证实了包括左侧DLPFC在内的等前额叶皮层和丘脑——杏仁核通路间的动态关联^[58],但在对威胁刺激注意加工的过程中,具体交互作用还不清楚,也没有很好地将行为反应与大脑

激活及功能连接联系起来考察;两者在功能连接上如何相互协作,在时间和空间上是如何实现整合的还缺少相关的研究,这也是未来研究的方向。在后续研究中可以采用tDCS结合神经影像技术,监控tDCS

刺激引起的皮层活动变化以及各脑区之间连接性的动态变化,明确对群际威胁注意偏向的神经机制及与脑区的关系,从而对构建威胁刺激注意偏向的神经网络提供完整信息。

参考文献

- Barhaim Y, Lamy D, Pergamin L, et al. Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: A meta-analytic study. *Psychol Bull*, 2007, 133: 1–24
- Vuilleumier P. Facial expression and selective attention. *Curr Opin Psychiat*, 2002, 15: 291–300
- Reeck C, Labar K S, Egner T. Neural mechanisms mediating contingent capture of attention by affective stimuli. *J Cogn Neuros*, 2012, 24: 1113–1126
- Zhang Y, Luo Y, Zhao S Y, et al. Attentional bias towards threat: Facilitated attentional orienting or impaired attentional disengagement (in Chinese)? *Adv Psychol Sci*, 2014, 22: 1129–1138 [张禹, 罗禹, 赵守盈, 等. 对威胁刺激的注意偏向: 注意定向加速还是注意解除困难? *心理科学进展*, 2014, 22: 1129–1138]
- Wang M, Tao R, Hu S J, et al. The origin, effects and mechanisms of attentional bias training (in Chinese). *Adv Psychol Sci*, 2011, 19: 390–397 [王曼, 陶嵘, 胡姝婧, 等. 注意偏向训练: 起源、效果与机制. *心理科学进展*, 2011, 19: 390–397]
- Mogg K, Bradley B P. Selective orienting of attention to masked threat faces in social anxiety. *Behav Res Ther*, 2002, 40: 1403–1414
- Öhman A, Flykt A, Esteves F. Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. *J Exp Psychol Gen*, 2001, 130: 466–478
- Lobue V, Deloache J S. Detecting the snake in the grass: Attention to fear-relevant stimuli by adults and young children. *Psychol Sci*, 2008, 19: 284–289
- Eastwood J D, Smilek D, Merikle P M. Differential attentional guidance by unattended faces expressing positive and negative emotion. *Percep Psychophys*, 2001, 63: 1004–1013
- Cooper R M, Langton S R. Attentional bias to angry faces using the dot-probe task? It depends when you look for it. *Behav Res Ther*, 2006, 44: 1321–1329
- Maner J K, Gailliot M T, Dewall C N. Adaptive attentional attunement: Evidence for mating-related perceptual bias. *Evol Hum Behav*, 2007, 28: 28–36
- Chen Y J, Zhao Y F, Song H W, et al. The neural basis of intergroup threat effect on social attention. *Sci Rep*, 2017, 7: 41062
- Trawalter S, Todd A R, Baird A A, et al. Attending to threat: Race-based patterns of selective attention. *J Exp Soc Psychol*, 2008, 44: 1322–1327
- Sheppes G, Luria R, Fukuda K, et al. There's more to anxiety than meets the eye: Isolating threat-related attentional engagement and disengagement biases. *Emotion*, 2013, 13: 520–528
- Beilock S L, Rydell R J, McConnell A R. Stereotype threat and working memory: Mechanisms, alleviation, and spillover. *J Exp Psychol Gen*, 2007, 136: 256–276
- Schmader T, Johns M. Converging evidence that stereotype threat reduces working memory capacity. *J Pers Soc Psychol*, 2003, 85: 440–452
- Zhu Y, Zhao Y F, Ybarra O, et al. Enhanced memory for both threat and neutral information under conditions of intergroup threat. *Front Psychol*, 2015, 6: 1759
- Dandeneau S D, Baldwin M W, Baccus J R, et al. Cutting stress off at the pass: Reducing vigilance and responsiveness to social threat by manipulating attention. *J Pers Soc Psychol*, 2007, 93: 651–666
- Maner J K, Kenrick D T, Becker D V, et al. Functional projection: How fundamental social motives can bias interpersonal perception. *J Pers Soc Psychol*, 2005, 88: 63–78
- Gallagher C A. Miscounting race: Explaining whites' misperceptions of racial group size. *Sociol Perspect*, 2003, 46: 381–396
- Leach C W, Spears R, Branscombe N R, et al. Malicious pleasure: Schadenfreude at the suffering of another group. *J Pers Soc Psychol*, 2003, 84: 932–943
- Pettigrew T F. The ultimate attribution error: Extending allport's cognitive analysis of prejudice. *Pers Soc Psychol B*, 1979, 5: 461–476
- Quist R M, Resendez M G. Social dominance threat: examining social dominance theory's explanation of prejudice as legitimizing myths. *Basic Appl Soc Psych*, 2002, 24: 287–293
- Han S, Gao X, Humphreys G W, et al. Neural processing of threat cues in social environments. *Hum Brain Mapp*, 2008, 29: 945–957
- Browning M, Holmes E A, Murphy S E, et al. Lateral prefrontal cortex mediates the cognitive modification of attentional bias. *Biol Psychiat*, 2010, 67: 919–925
- Eysenck M W, Derakshan N, Santos R, et al. Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 2007, 7: 336–353

- 27 Vuilleumier P. How brains beware: Neural mechanisms of emotional attention. *Trends Cogn Sci*, 2005, 9: 585–594
- 28 Bishop S J. Neural mechanisms underlying selective attention to threat. *Ann N Y Acad Sci*, 2008, 1129: 141–152
- 29 Ochsner K N, Silvers J A, Buhle J T. Functional imaging studies of emotion regulation: A synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion. *Ann N Y Acad Sci*, 2012, 1251: E1–E24
- 30 Du L. Brain mechanisms of threatening information detection (in Chinese). *Adv Psychol Sci*, 2013, 21: 243–251 [杜蕾. 威胁性信息检测的脑机制. *心理科学进展*, 2013, 21: 243–251]
- 31 Månsson K N T, Carlbring P, Frick A, et al. Altered neural correlates of affective processing after internet-delivered cognitive behavior therapy for social anxiety disorder. *Psychiat Res*, 2013, 214: 229–237
- 32 De R R, Leyman L, Baeken C, et al. Neurocognitive effects of HF-rTMS over the dorsolateral prefrontal cortex on the attentional processing of emotional information in healthy women: An event-related fMRI study. *Biol Psychol*, 2010, 85: 487–495
- 33 Clarke P J F, Browning M, Hammond G, et al. The causal role of the dorsolateral prefrontal cortex in the modification of attentional bias: Evidence from transcranial direct current Stimulation. *Biol Psychiat*, 2014, 76: 946–952
- 34 Nitsche M A, Cohen L G, Wassermann E M, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimul*, 2008, 1: 206–223
- 35 Heeren A, Billieux J, Philippot P, et al. Impact of transcranial direct current stimulation on attentional bias for threat: A proof-of-concept study among individuals with social anxiety disorder. *Soc Cogn Affect Neur*, 2017, 12: 251–260
- 36 Carlson J M, Reinke K S. Spatial attention-related modulation of the N170 by backward masked fearful faces. *Brain Cogn*, 2010, 73: 20–27
- 37 Koster E H W, Crombez G, Verschuere B, et al. Attention to threat in anxiety-prone individuals: Mechanisms underlying attentional bias. *Cogn Ther Res*, 2006, 30: 635–643
- 38 Li H J, Jia L, Luo J L, et al. Attentional bias among individuals with low self-esteem: An event-related potential study (in Chinese). *Psychol Dev Edu*, 2013, 29: 2–9 [李海江, 贾磊, 罗俊龙, 等. 低自尊个体注意偏向的 ERP 研究. *心理发展与教育*, 2013, 29: 2–9]
- 39 Cisler J M, Olatunji B O. Components of attentional biases in contamination fear: Evidence for difficulty in disengagement. *Behav Res Ther*, 2010, 48: 74–78
- 40 Luo W, Feng W, He W, et al. Three stages of facial expression processing: ERP study with rapid serial visual presentation. *NeuroImage*, 2010, 49: 1857–1867
- 41 Deaner R O, Shepherd S V, Platt M L. Familiarity accentuates gaze cuing in women but not men. *Biol Lett-UK*, 2007, 3: 64–67
- 42 Chen Y J, Zhao Y F. Intergroup threat gates social attention in humans. *Biol Lett-UK*, 2015, 11: 20141055
- 43 Chen Y J. the effect of perceived intergroup threat on gaze cueing: Behavioral and fMRI evidence (in Chinese). Master Dissertation. Chongqing: Southwest University, 2015 [陈玉洁. 群际威胁对“目光追随现象”的影响: 来自行为和 fMRI 的证据. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学, 2015]
- 44 Carlson J M, Reinke K S, Habib R. A left amygdala mediated network for rapid orienting to masked fearful faces. *Neuropsychologia*, 2009, 47: 1386–1389
- 45 Carlson J M, Beacher F, Reinke K S, et al. Nonconscious attention bias to threat is correlated with anterior cingulate cortex gray matter volume: A voxel-based morphometry result and replication. *NeuroImage*, 2012, 59: 1713–1718
- 46 Stevens S, Rist F, Gerlach A L. Eye movement assessment in individuals with social phobia: Differential usefulness for varying presentation times? *J Behav Ther Exp Psy*, 2011, 42: 219–224
- 47 Boyer P, Bergstrom B. Threat-detection in child development: An evolutionary perspective. *Neurosci Biobehav R*, 2011, 35: 1034–1041
- 48 Heeren A, Baeken C, Vanderhasselt M A, et al. Impact of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex during attention bias modification: An eye-tracking study. *PLoS One*, 2015, 10: e0124182
- 49 Brosch T, Wieser M J. The (non)automaticity of amygdala responses to threat: On the issue of fast signals and slow measures. *J Neurosci*, 2011, 31: 14451–14452
- 50 Donders N C, Correll J, Wittenbrink B. Danger stereotypes predict racially biased attentional allocation. *J Exp Soc Psychol*, 2008, 44: 1328–1333
- 51 Eilam D, Izhar R, Mort J. Threat detection: Behavioral practices in animals and humans. *Neurosci Biobehav Rev*, 2011, 35: 999–1006
- 52 Salzman C D, Fusi S. Emotion, cognition, and mental state representation in amygdala and prefrontal cortex. *Annu Rev Neurosci*, 2010, 33: 173–202
- 53 Siegle G J, Thompson W, Carter C S, et al. Increased amygdala and decreased dorsolateral prefrontal BOLD responses in unipolar depression: Related and independent features. *Biol psychiat*, 2007, 61: 198–209
- 54 Sagliano L, D'Olimpio F, Panico F, et al. The role of the dorsolateral prefrontal cortex in early threat processing: A TMS study. *Soc Cog Affect Neur*, 2016, 11: 1992–1998
- 55 Davidson R J, Irwin W. The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends Cogn Sci*, 1999, 3: 11–21
- 56 Ironside M, O'Shea J, Cowen P J, et al. Frontal cortex stimulation reduces vigilance to threat: Implications for the treatment of depression and anxiety. *Biol Psychiat*, 2015, 79: 823–830
- 57 Fox E, Russo R, Dutton K. Attentional bias for threat: Evidence for delayed disengagement from emotional faces. *Cogn Emot*, 2002, 16: 355–379
- 58 Das P, Kemp A H, Liddell B J, et al. Pathways for fear perception: Modulation of amygdala activity by thalamo-cortical systems. *NeuroImage*, 2005, 26: 141–148

Summary for “经颅直流电刺激左背外侧前额叶减少对群际威胁注意偏向”

Stimulating the left dorsolateral prefrontal cortex reduces attentional bias for intergroup threat

Chao Zhang^{1,2†}, Yujie Chen^{1,2†}, Xin Wu^{1,2} & Yufang Zhao^{1,2*}

¹ School of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

² Key Laboratory of Cognition and Personality (SWU), Ministry of Education, Chongqing 400715, China

† These authors contributed equally to this work

* Corresponding author, E-mail: zhaobee@swu.edu.cn

Attentional bias (AB) towards threat is a common phenomenon in the context of intergroup threat, which plays an important role of protection for individuals. However, sustaining attentional bias towards the information of intergroup threat has a lot of negative effects on people's life and social interaction. For example, it not only occupies cognitive resources, but also brings anxiety and interferences with individual's judgment, even causes conflicts and contradictions among groups. So, it is significant to reduce excessive attention bias toward intergroup threat appropriately for the effective communication and cooperation among individuals and groups. According to Neurocognitive models of selective attention to threat, the allocation of attention in the presence of threat is regulated by two primary neural systems: a bottom-up amygdala-based system and a top-down system relying on the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and anterior cingulate cortices (ACC). The first system would be related to the rapid response to the perceived salience of threatening stimuli in the environment, while the second system would be related to attentional control, responsible for regulating the attention to threatening stimuli. In this perspective, the attentional bias towards threat would be related to an increase of amygdala activation and a reduced activity of the DLPFC. What's more, reducing AB via attention bias modification (ABM) procedures is associated with increased activation of the left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). These suggested that DLPFC, in particular in the left hemisphere, is involved in the attentional control in presence of threatening stimuli. Therefore, in the present study, the causal role of the left DLPFC on AB towards intergroup threat was investigated by using the transcranial direct current stimulation (tDCS) technique during the completion of a dot-probe measure task.

The transcranial direct current stimulation (tDCS), another non-invasive method of brain stimulation, which is able to reach the modulation of the cortical activities *t* through electrodes positioned over one's scalp. Anodal stimulation facilitates cortical activity, whereas cathodal stimulation has opposite effects. In the present study, to stimulate the left dorsolateral prefrontal cortex, the anode electrode was positioned centered over the F3 according to the 10–20 international system and the reference electrode was placed at the ipsilateral arm. The results are as follows: compared to the sham stimulation; anodal tDCS exhibited a significant reduction in attentional bias towards intergroup threat. Further, the reaction time of target after threatening group significantly shorter than that after non-threatening group in sham group; we didn't find attentional Bias for Intergroup threat in anodal group. Finds suggested that Anodal tDCS over the left DLPFC can reduce attentional bias to intergroup threat.

intergroup threat, transcranial direct current stimulation (tDCS), attentional bias, dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC)

doi: 10.1360/N972017-01057