

青少年反应性攻击和结果评价的 ERPs 研究： 基于自我控制资源的视角*

聂衍刚^{1,2} 梁梓勤¹ 窦凯^{**1,2} 王瑞琪³

(¹ 广州大学教育学院, 广州, 510006)(² 广州大学广州心理与行为研究中心, 广州, 510006)

(³ 广东交通职业技术学院, 广州, 510815))

摘要 采用竞争反应时任务并结合 ERPs 技术, 以 39 名高中生为有效被试, 从自我控制资源的视角揭示青少年反应性攻击和结果评价的电生理机制。行为结果发现: 高自我损耗者比低自我损耗者表现出更多攻击行为; ERPs 结果发现: (1) 在攻击决策阶段, 高自我损耗者前脑区域所诱发的 P2 波幅显著高于低自我损耗者; (2) 在结果评价阶段, “输”反馈比“赢”反馈诱发更负的 FRN 成分, 且仅在“输”反馈条件下, 高自我损耗者比低自我损耗者所诱发的 FRN 更负。从一定程度上说明自我损耗是导致青少年反应性攻击行为的重要原因, 高自我损耗会加剧反应性攻击行为的发生。

关键词 反应性攻击 自我控制资源 青少年 事件相关电位

1 引言

青少年期是攻击行为爆发的敏感时期, 尤其是面对挑衅或挫折时个体极容易出现反应性攻击行为 (Jara, Casas, & Ortega-Ruiz, 2017)。回顾以往研究, 既有从内部因素考察个体内隐攻击倾向 (陈莹, 冯建国, 王兴华, 张慧泽, 张鹏宇, 2010) 和攻击倾向者的注意偏向 (李静华, 郑涌, 2014); 也有研究关注影响青少年攻击行为的外部因素, 证实了日常环境中的暴力暴露 (张林, 刘荣, 徐强, 吴晓燕, 杨梦圆, 2017)、亲子冲突和家长焦虑 (Smokowski, Rose, Bacallao, Cotter, & Evans, 2017) 均会加剧青少年的攻击行为。面临诸多外在激惹因素, 能否调控不良情绪、抑制攻击冲动是降低青少年攻击行为的关键 (窦凯, 聂衍刚, 王玉洁, 黎建斌, 沈汪兵, 2014; Li, Nie, Boardley, Dou, & Situ, 2015)。

自我控制资源模型理论将自我控制隐喻成一种有限的资源, 前一阶段实施自我控制后会出现暂时性的耗竭, 使个体无法有效应对随后的自我控制任务。这一现象被称为自我控制资源损耗, 以下简称“自我损耗 (ego depletion)” (Baumeister, Vohs, & Tice, 2007; Osgood & Muraven, 2016)。研究发现, 自

我损耗是青少年攻击行为增加的重要原因 (Li et al., 2015)。Anderson 和 Bushman(2002) 提出的一般攻击模型 (GAM) 是目前解释攻击行为的综合性理论框架, 根据该模型的观点: 个体心理资源 (如认知资源、情感资源等) 对攻击行为的影响主要体现在决策过程和结果评价两个阶段, 当个体心理资源不充足或对结果不满意时极易产生攻击冲动, 进而演化成攻击行为 (Anderson & Bushman, 2002)。后续研究也证实, 自我损耗导致个体缺乏足够的认知资源参与认知重评, 面对不满意的结果时更易选择攻击行为 (Denson, DeWall, & Finkel, 2012)。自我损耗状态将影响攻击行为的决策过程和结果评价两个阶段。据此推测, 高自我损耗者面对外部激惹时更易表现出攻击行为 (假设 1)。

近年来, 研究者开始关注青少年攻击行为背后的神经机制, 普遍认为负责自我控制的前额叶皮层激活不足是导致攻击行为出现的神经基础 (Takahashi & Miczek, 2014)。大量相关的 ERPs 研究表明, P2 和反馈相关负波 (feedback related negativity, FRN) 是表征个体决策过程和结果评价阶段的重要脑电成分 (Németh, Kovács, Vakli, Kovács, & Zimmer, 2014; Osinsky, Walter, & Hewig, 2014)。

* 本研究得到国家自然科学基金面上项目 (31671153)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目 (16JJD880006)、广东省普通高校特色创新类项目 (2016 年)、广东省哲学社会科学“十三五”规划课题青年项目 (GD16YXL01)、广州市社科联 2017 年度“羊城青年学人”项目 (17QNXR43) 和广州大学新进“优秀青年博士”培养计划 (YB201707) 的资助。

** 通讯作者: 窦凯。E-mail: psydk@qq.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20180112

P2 主要分布在前额区域和顶枕区域,潜伏期约为 200ms,可表征个体对决策信息的熟悉程度和识别速度(Lin, Xiang, Li, Liang, & Jin, 2015),表现为个体对信息的识别速度越慢, P2 波幅越大(Chen et al., 2017)。此外, P2 与个体注意资源分配相关(郑杰慧, 汪蕾, 陆强, 邱梅, 2016),若个体资源损耗则需要投入更多的资源来应对刺激并导致更大的 P2 波幅(Yuan et al., 2016)。同时,决策识别过程需要自我控制资源的参与(Kocher, Martinsson, Myrseth, & Wollbrant, 2017)。据此推测:青少年完成自我损耗任务后攻击决策的识别能力下降,需要投入更多的资源来控制自己的后续行为,在攻击决策的过程中出现较高的 P2 波幅(假设 2)。

结果评价阶段关注被试如何评估“输”或“赢”两种不同反馈的结果。FRN 是人类进行结果评价时诱发的一个重要成分,出现在反馈刺激呈现后的 200 ~ 300ms(Hauser et al., 2014),主要产生于扣带前回(ACC; Weismüller & Bellebaum, 2016)。研究证实 FRN 对负性刺激更加敏感(Walentowska, Moors, Paul, & Pourtois, 2016),例如在博弈游戏中,输钱的反馈诱发 FRN 更大(刘耀中, 张建良, 窦凯, 2015)。此外,情绪动机假设认为 FRN 是在对反馈刺激的情绪动机意义评价过程中产生的,若个体在决策过程中的动机强度和投入程度越高,FRN 的波幅就越大(袁媛, 刘昌, 沈汪兵, 2012)。而青少年比成年人在赌博决策中面对负性反馈时诱发的 FRN 波幅更大(Zottoli & Grose-Fifer, 2012),说明青少年决策易受情绪驱动,对负性反馈更加敏感,同时自我损耗会使个体的负性情绪体验变强(Finley, Crowell, Harmon-Jones, & Schmeichel, 2017)。由此可见,当青少年处于自我损耗状态,负性反馈会增强负性情绪体验(表现出更大的 FRN),这种情绪卷入会增加随后攻击行为出现的可能性(假设 3)。

综上,本研究基于自我控制资源模型理论,利用 ERPs 技术,考察个体在高、低自我损耗状态下完成竞争反应时任务(competitive reaction time task, CRT)的时程加工特点,为揭示自我损耗促进青少年攻击行为提供 ERPs 证据。

2 研究方法

2.1 被试

40 名高中生(男 20 人)参加本实验,随机分配至高低自我损耗组(每组各 20 人),平均年龄

15.64 ± 1.27 岁。被试实验前已熟知实验情况,同时签署了知情同意书,实验后获金钱奖励报酬。由于 1 人的脑电数据出现严重伪迹而被剔除,最终获得 39 名(男 20 人)有效被试,平均年龄 15.82 ± 1.36 岁。

2.2 实验设计

采用 2(自我控制资源损耗水平:高、低) × 2(反馈类型:赢、输)的两因素混合实验设计,其中自我控制资源损耗水平为组间变量,反馈类型为组内变量。因变量为被试在 CRT 中的攻击性水平和脑电数据。

2.3 材料与程序

2.3.1 自我损耗任务

采用 Stroop 任务操控自我损耗,该方法被研究证实为操控自我控制资源水平的有效任务(窦凯, 聂衍刚, 王玉洁, 黎建斌, 2014)。该任务包括“字—色”失配(如用绿色标记的“蓝”)与“字—色”匹配(如用绿色标记的“绿”)。高损耗组进行“字—色”失配刺激 100 个和中性刺激 20 个(包括黄色的“HHH”与蓝色的“HHH”各 10 个);低损耗组进行“字—色”匹配刺激 100 个和中性刺激 20 个(包括黄色的“HHH”与蓝色的“HHH”各 10 个)。实验中,采用一个 200ms 的“+”作为两个词语之间的掩蔽,随之呈现刺激 3000ms(被试通过“F”和“J”键分别对“字色一致”和“字色不一致”进行反应),随机呈现空屏 500~1000ms,进入下一个 trial。为避免被试屡次出现相同反应,各类刺激随机呈现;在正式实验前被试需进行 20 次有反馈的练习操作,以掌握规则。

2.3.2 攻击行为实验

采用竞争反应时任务(CRT)考察被试的反应性攻击行为,该范式被证实为测查个体反应性攻击反应的有效范式(Krämer, Kopyciok, Richter, Rodriguezfornells, & Münte, 2011)。被试在游戏中与假被试一起完成 CRT 游戏,反应慢的人将会受到噪音惩罚(噪音强度是玩家在每轮游戏开始时为对手设置的)。实验中游戏的结果随机呈现,输赢比例各占 50%;此外,假被试的噪音强度是由计算机设定的,被试则根据自己的意愿为对手选定的噪音强度,此为攻击行为的测量指标。

CRT 单个试次的程序如图 1 所示,先是在屏幕中央处呈现 100~300ms 的注视点,紧接着呈现 1500ms 的“?”,提示被试思考如果自己赢了将给予对手的惩罚等级;当“?”消失后,被试在

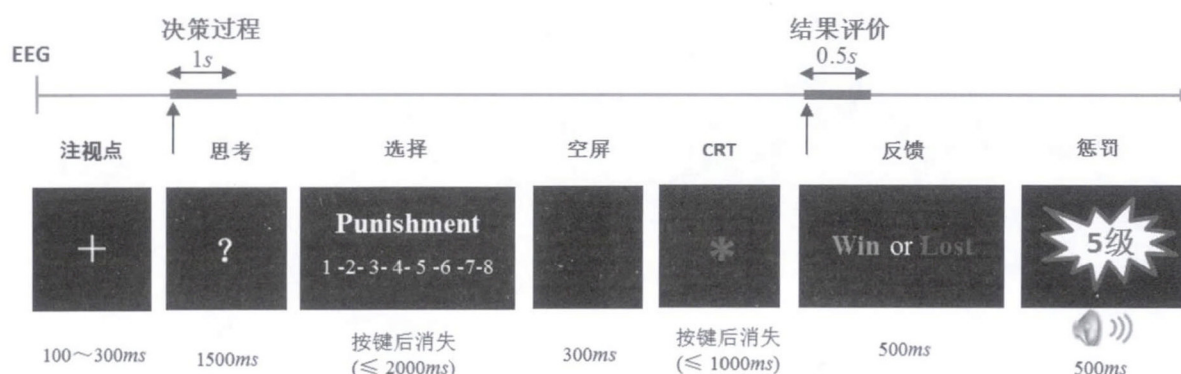


图1 CRT 单个试次示意图

2000ms 内通过按键选择惩罚对方的噪音等级^①，随即 300ms 的空屏后进入竞争反应阶段，即被试与对手在看到“*”后以最快的速度按下“空格键”(< 1000ms)，竞争反应后立即呈现比赛结果(赢或输)500ms，输者将接受对手为自己选定的噪音惩罚(持续 500ms)。

其中，被试在第一个试次开始前未受到外部刺激，不属于反应性攻击，因此后续计算排除第一次攻击所选择的水平(Bushman, Baumeister, & Phillips, 2001)。

2.4 实验流程

ERPs 实验室屏蔽电磁信号并保持安静，被试到达后由主试介绍本实验的基本情况，签署实验知情同意书。鉴于已有研究证明自我控制和攻击倾向对个体攻击行为的影响(Li et al., 2015; Zajenkowski, Zajenkowski, & Stolarski, 2014)，被试在实验前需填写特质自我控制问卷(19 个条目， $\alpha = .78$; Situ, Li, & Dou, 2016)与青少年攻击问卷(34 个条目， $\alpha = .84$; Maxwell, 2008)以控制额外变量。随后，被试在隔音的 ERPs 数据采集室里进行 Stroop 任务，完成后需填写积极与消极情绪量表(PANAS, $\alpha = .71$)，并回答 2 条回溯问题(窦凯等, 2014)。而后立刻进行 CRT 游戏并记录脑电。实验中刺激均呈现于 23 寸显示器，被试与显示器距离固定为 80cm，调整被试注视视线及目标刺激之间为 $4.48^\circ \times 8.96^\circ$ 夹角。所有被试在实验后可获一定的金钱报酬。

^①注：本实验的噪音是由 adobe audition 软件制造出不同分贝相同时长的 12 种 wav 格式噪音，通过分贝测量软件进行分贝的再次测量，并请 8 位研究生对声音分贝的进行等级区分，选出有明显区分的 8 个等级：1 ~ 8 分别表示 50 分贝、55 分贝、60 分贝、65 分贝、70 分贝、75 分贝、80 分贝和 90 分贝。

2.5 ERP 数据记录与分析

本实验记录电极固定在基于国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽上，同时记录右水平眼电(HEOG)和左眼下眶的垂直眼电(VEOG)。参考电极放置于 FCz 点，接地点于 AFz 点。滤波带通设置为 .016~100Hz，AC 采样，设置 500Hz/ 导的采样频率，自动校正 50Hz 陷波(市电频率)，同时放大 100000 倍。所有的电极阻抗均保持在 $5K\Omega$ 以下。本研究设置 EEG 的离线处理的时程为 1000ms(即 -200~800ms)。

采用离线分析法处理 EEG 数据，步骤如下：将参考电极变更为双侧乳突，去除眼电伪迹则采用 ICA 半自动模式(June et al., 2000)，按照反馈类型(赢、输)进行分段，而后检查分段后的脑电数据、去除伪迹(即波幅大于 $\pm 80\mu V$)，进行无相数字滤波(.05~20Hz)以及基线校正(-200 ~ 0ms)，通过叠加处理得到总平均波形图。观察所有被试叠加后的 ERP 总波形图和脑地形图，并结合以往相关研究(Krämer et al., 2008)，共选取前脑(F3、Fz、F4)、中脑(C3、Cz、C4)和后脑(P3、Pz、P4)共 9 个代表性电极点进行分析，分别选取决策阶段诱发的 P2(180~240ms)和反馈阶段诱发的 FRN(280~320ms)两个时间窗的波幅进行统计分析。对 P2 波幅进行 2(自我损耗分组：高、低)×3(脑区：前脑、中脑、后脑)两因素重复测量方差分析；对 Fz 点出诱发的 FRN 波幅进行 2(自我损耗分组：高、低)×2(反馈类型：赢、输)两因素重复测量方差分析，事后多重比较采用 Bonferroni 法，方差分析的 p 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正。

3 研究结果

3.1 预分析

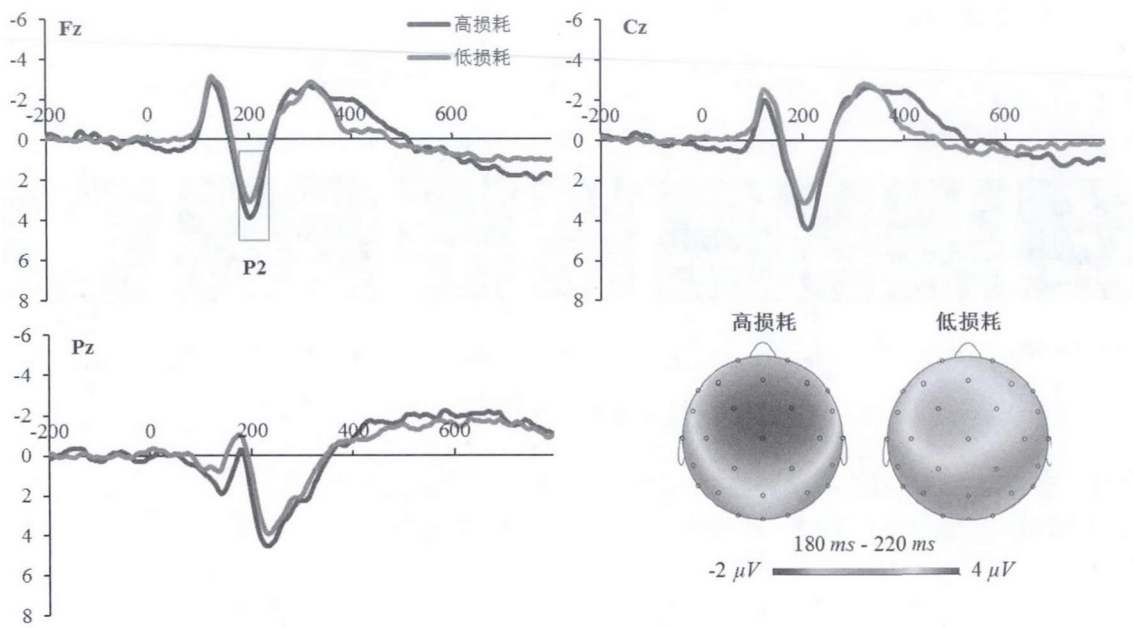


图2 高、低损耗者主动性攻击过程的ERP波形图和脑地形图

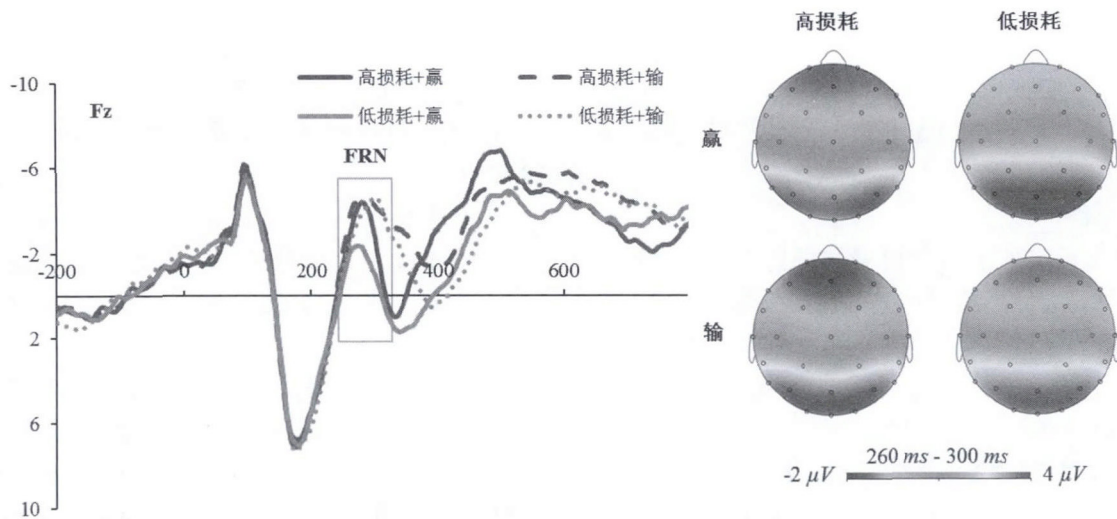


图3 高、低损耗者在结果评价中的ERP波形图和脑地形图

(1) 自我损耗效应

Stroop 任务后发现,高损耗者有更高程度的疲劳 ($t_{(37)} = 4.75, p < .01, d = .18$),且感到自身的资源损耗更多 ($t_{(37)} = 5.01, p < .01, d = .26$)。这表明用 Stroop 任务来操纵被试的自我控制资源水平是有效的。

(2) 心境效应

高、低损耗者在积极情绪体验 ($t_{(37)} = .60, ns, d = .19$) 和消极情绪体验 ($t_{(37)} = .77, ns, d = .24$) 上的差异均不显著,故可排除心境因素对实验效果的干扰。

(3) 额外变量的排除

实验前测量的特质攻击倾向在高自我损耗组与低自我损耗组间不存在显著差异 ($t_{(37)} = .85, ns; M_{高}$

自我损耗组 = $2.31 \pm .54, M_{低自我损耗组} = 2.18 \pm .37$); 特质自我控制、特质攻击与攻击行为的相关不显著; 攻击行为在性别上的差异也不显著 ($t_{(37)} = .74, ns, d = .12$), 故可排除特质攻击、特质自控和性别对实验结果的干扰。但是, 年龄与攻击行为呈显著正相关 ($r = .44, p < .01$), 故后续分析中可将年龄作为协变量加以控制。

3.2 行为结果

以自我损耗组别为自变量, 以被试在 CRT 任务上选择的噪音总分为因变量进行独立样本 t 检验, 结果发现: 高损耗者比低损耗者表现出更高水平的攻击行为 ($t_{(37)} = -2.79, p < .01, d = -.90; M_{高损耗} =$

318.95 ± 94.93 , $M_{\text{低损耗}} = 251.32 \pm 47.87$ 。

3.3 ERPs 结果

在攻击决策阶段的 180~240ms 出现了 P2 成分, 高自我损耗和低自我损耗条件下的平均叠加试次分别为 152 ± 6 、 146 ± 8 ; 在反馈刺激呈现后的 280 ~ 320ms 诱发了 FRN 成分, 高自我损耗和低自我损耗条件下的平均叠加试次分别为 73 ± 5 、 68 ± 7 。下面主要对 P2 和 FRN 的平均波幅进行统计分析。

(1) P2

两因素重复测量方差分析结果发现, 在 P2 平均波幅上, 脑区的主效应显著 ($F(2, 74) = 8.67, p < .001, \eta^2 = .59$), 即后脑诱发的 P2 波幅分别显著高于中脑和前脑 ($M_{\text{前脑}} = 2.72 \pm .30 \mu\text{V}$; $M_{\text{中脑}} = 2.50 \pm .25 \mu\text{V}$; $M_{\text{后脑}} = 3.51 \pm .21 \mu\text{V}$)。脑区与组别的交互作用显著 ($F(2, 74) = 2.99, p < .05, \eta^2 = .38$), 简单效应分析发现, 仅在前脑区域, 高损耗条件下诱发的 P2 波幅显著高于低损耗条件 ($F(1, 18) = 3.68, p < .01, d = .86$)。

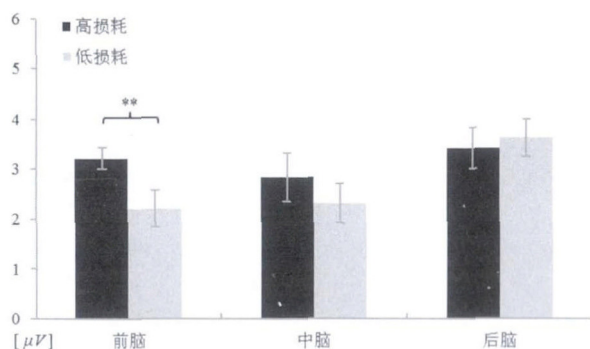


图4 P2在自我损耗组别与脑区上的交互作用

(2) FRN

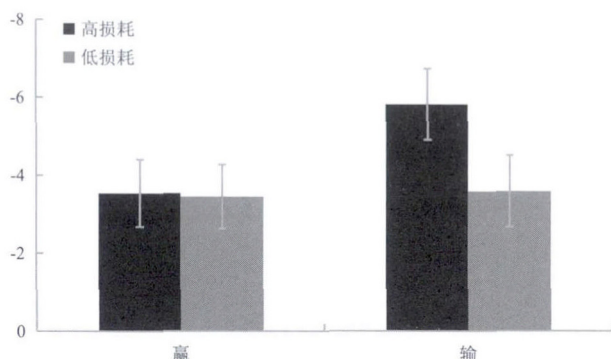


图5 FRN在自我损耗组别与反馈类别上的交互作用

两因素重复测量方差分析结果发现, 在 FRN 波幅上, 反馈类别的主效应显著 ($F(1, 37) = 11.01, p < .01, \eta^2 = .52$), 即 CRT 游戏中“输”反馈比“赢”反馈所诱发的 FRN 更负 ($M_{\text{赢}} = -3.50 \pm .69 \mu\text{V}$; $M_{\text{输}}$

$= -4.71 \pm .68 \mu\text{V}$)。反馈类别与组别的交互效应显著 ($F(1, 37) = 8.61, p < .01, \eta^2 = .47$), 简单效应分析发现 (如图 5 所示), 仅在“输”反馈条件下, 高自我损耗比低自我损耗所诱发的 FRN 更负 ($t_{(1, 18)} = 2.48, p < .05, d = .89$)。

4 讨论

基于自我控制资源模型理论, 采用 ERPs 技术考察了高、低自我损耗状态下青少年在攻击决策过程和结果评价中的电生理特点, 行为结果发现: 高自我损耗者更倾向于在 CRT 中做出攻击性反应, 验证了假设 1, 与以往研究结果保持一致 (Barlett, Oliphant, Gregory, & Jones, 2016; Denson et al., 2012)。自我控制双系统模型指出, 当个体处于自我控制资源充足的状态, 决策由理性系统主导, 此时个体能够抑制冲动、做出慎思决策; 相反, 当自我控制资源匮乏, 决策由冲动系统控制, 个体更倾向于采用直觉启发式加工, 易受外部刺激而采取攻击性反应。本实验结果证明处于自我损耗状态的个体缺乏自我控制资源抵制冲动性, 说明自我控制资源的不足是导致反应性攻击行为产生的重要原因, 高程度的自我控制资源不足会加剧反应性攻击行为。

ERPs 结果显示: 高自我损耗者在攻击决策阶段前脑区域所诱发的 P2 波幅更高, 验证了假设 2。P2 越大表明个体在决策时识别速度越慢且需要投入的控制资源越多 (Chen et al., 2017; Lin et al., 2015; Yuan et al., 2016), 说明高自我损耗状态的青少年由于自我控制资源减少, 在决策中识别能力迅速下降, 削弱了随后的执行控制能力, 因此产生更大的 P2 波幅, 此时“挑衅”刺激发生, 将难以抑制攻击冲动的产生。此结果仅在前脑区域发现, 神经科学的观点认为前额叶皮层控制愤怒和攻击性冲动, 自我控制资源损耗会削弱前额叶皮层的激活, 难以抑制冲动性, 此时尤其容易引发攻击行为 (Denson et al., 2012)。而青少年期个体前额皮层发育未成熟, 认知控制能力发展受限 (Shulman et al., 2016), 由此推测, 高自我损耗状态的青少年自我控制资源匮乏, 前额叶皮层激活不足, 决策过程由冲动系统主导, 倾向于做出攻击反应。

在反馈阶段, “输”反馈比“赢”反馈所诱发的 FRN 波幅更大, 验证了假设 3, 与以往研究结果保持一致 (Jia, Zhang, Li, Feng, & Li, 2013)。且仅在

“输”反馈条件下,发现高自我损耗者比低自我损耗者所诱发的FRN更大,说明高自我损耗者对负性刺激更加敏感。Fischer, Kastenmüller 和 Asal(2012)认为自我控制资源不足会降低个体自我调节的能力,面对负性刺激时高自我损耗者未能及时调动自身资源做出积极反应,持续的负性刺激导致持续的负性情绪体验。根据情绪动机假设的观点(Gehring & Willoughby, 2002),FRN能对反馈进行监控以帮助个体调节随后的行为决策,同时受到情感卷入程度的影响。青少年社会情感系统发育成熟且敏感,负性反馈所诱发的的情绪体验会更加强烈(Meng et al., 2016);但同时认知控制系统未成熟,难以控制负性情绪。可见,“挑衅”的负性刺激使得青少年的情绪卷入程度变高,高自我损耗使个体对“输”反馈异常敏感,诱发强烈的“报复”动机(Zhao, Gu, Tang, Yang, & Luo, 2016),进而导致攻击行为的产生。

本研究具有一定的现实意义:利用ERPs技术揭示了自我损耗影响青少年攻击决策过程和结果评价的电生理机制,一定程度上说明自我控制资源不足是导致反应性攻击行为的重要原因,这提示人们:若能通过其他方式缓解或补充自我控制资源,将弥补自我损耗带来的不良影响,减少反应性攻击的出现。有研究发现延迟反应时间(Osgood & Muraven, 2016)、补充葡萄糖能量(Pfundmair et al., 2015)等均可减少自我损耗者的攻击行为,因此,未来研究需关注调节自我损耗与攻击行为二者关系的变量,寻找提高和恢复自我控制资源的训练方法。同时,近年来由于众多自我损耗现象的重复性研究结果不理想,自我损耗现象是否存在受到学者的争议(Carter, Kofler, Forster, & McCullough, 2015),但仍有大量文献支持自我损耗的存在(Finley et al., 2016; Lee, Chatzisarantis, & Hagger, 2016)。重复研究结果的不理想可能是多方面原因造成的,例如研究方法和统计分析上存在问题(Gilbert, King, Pettigrew, & Wilson, 2016),而本研究通过回溯性问卷等方式对自我损耗的操纵进行了检验,通过严格的实验设计以确保实验控制的有效性。未来研究仍需要更多的学者对自我损耗现象进行检验和完善。

5 结论

本研究基于自我控制资源的视角,对青少年反应性攻击过程与结果评价的时程加工特点进行研究,证实了高自我损耗状态下个体在反应性攻击过程中

诱发的P2波幅更大,在结果评价中对“输”反馈更加敏感(FRN更负),从一定程度上说明自我损耗是导致青少年反应性攻击行为的重要原因,高自我损耗会加剧反应性攻击行为的发生。

参考文献

- 陈莹,冯建国,王兴华,张慧泽,张鹏宇.(2010).内隐攻击的ERP研究.《心理科学》,33(2),419-421.
- 窦凯,聂衍刚,王玉洁,黎建斌.(2014).自我损耗促进冒险行为.《心理科学》,37(1),150-155.
- 窦凯,聂衍刚,王玉洁,黎建斌,沈汪兵.(2014).自我损耗促进冲动决策:来自行为和ERPs的证据.《心理学报》,46(10),1564-1579.
- 李静华,郑涌.(2014).内隐/外显不同水平攻击者的注意偏向:行为和ERP证据.《心理科学》,37(1),40-47.
- 刘耀中,张建良,窦凯.(2015).结果评价中自我体验与替代体验的参照点效应:一项赌博游戏的ERPs研究.《心理科学》,38(5),1147-1154.
- 袁媛,刘昌,沈汪兵.(2012).反馈相关负波与社会关系认知.《心理科学进展》,20(10),1593-1603.
- 张林,刘荣,徐强,吴晓燕,杨梦圆.(2017).日常环境中的暴力暴露对攻击行为的长期影响:一个有调节的中介模型.《心理学报》,49(1),50-59.
- 郑杰慧,汪蕾,陆强,邱梅.(2016).信息过滤与不确定决策:基于认知加工视角.《管理工程学报》,30(1),205-211.
- Anderson, C. A., & Bushman, B. J. (2002). Human aggression. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 27-51.
- Barlett, C., Oliphant, H., Gregory, W., & Jones, D. (2016). Ego-depletion and aggressive behavior. *Aggressive Behavior*, 42(6), 533-541.
- Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science*, 16(6), 351-355.
- Bushman, B. J., Baumeister, R. F., & Phillips, C. M. (2001). Do people aggress to improve their mood? Catharsis beliefs, affect regulation opportunity, and aggressive responding. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81(1), 17-32.
- Carter, E. C., Kofler, L. M., Forster, D. E., & McCullough, M. E. (2015). A series of meta-analytic tests of the depletion effect: Self-control does not seem to rely on a limited resource. *Journal of Experimental Psychology: General*, 144(4), 796-815.
- Chen, Q. F., Liang, X. L., Peng, X. Z., Liu, Y., Lei, Y., & Li, H. (2017). The modulation of causal contexts in motion processes judgment as revealed by P2 and P3. *Biological Psychology*, 123, 141-154.
- Denson, T. F., DeWall, C. N., & Finkel, E. J. (2012). Self-control and aggression. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 20-25.
- Finley, A. J., Crowell, A. L., Harmon-Jones, E., & Schmeichel, B. J. (2017). The influence of agreeableness and ego depletion on emotional responding. *Journal of Personality*, 85(5), 643-657.
- Fischer, P., Kastenmüller, A., & Asal, K. (2012). Ego depletion increases risk-taking. *The Journal of Social Psychology*, 152(5), 623-638.
- Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295(5563), 2279-2282.
- Gilbert, D. T., King, G., Pettigrew, S., & Wilson, T. D. (2016). Comment on "Estimating the reproducibility of psychological science". *Science*, 351(6277), 1037-a.

- Hauser, T. U., Iannaccone, R., Stämpfli, P., Drechsler, R., Brandeis, D., Walitza, S., & Brema, S. (2014). The feedback-related negativity (FRN) revisited: New insights into the localization, meaning and network organization. *NeuroImage*, 84, 159–168.
- Jara, N., Casas, J. A., & Ortega-Ruiz, R. (2017). Proactive and reactive aggressive behavior in bullying: The role of values. *International Journal of Educational Psychology*, 6(1), 1–24.
- Jia, S. W., Zhang, W. X., Li, P., Feng, T. Y., & Li, H. (2013). Attitude toward money modulates outcome processing: An ERP study. *Social Neuroscience*, 8(1), 43–51.
- June, T.-P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T.-W., Mckeown, M. J., Iragui, V., & Sejnowski, T. J. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37(2), 163–178.
- Kocher, M. G., Martinsson, P., Myrseth, K. O. R., & Wollbrant, C. E. (2017). Strong, bold, and kind: Self-control and cooperation in social dilemmas. *Experimental Economics*, 20(1), 44–69.
- Krämer, U. M., Kopyciok, R. P., Richter, S., Rodriguezforrells, A., & Münte, T. F. (2011). The role of executive functions in the control of aggressive behavior. *Frontiers in Psychology*, 2, 152.
- Lee, N., Chatzisarantis, N., & Hagger, M. S. (2016). Adequacy of the sequential-task paradigm in evoking ego-depletion and how to improve detection of ego-depleting phenomena. *Frontiers in Psychology*, 7, 136.
- Li, J. B., Nie, Y. G., Boardley, I. D., Dou, K., & Situ, Q. M. (2015). When do normative beliefs about aggression predict aggressive behavior? An application of I3 theory. *Aggressive Behavior*, 41(6), 544–555.
- Lin, H. Y., Xiang, J. L., Li, S. L., Liang, J. F., & Jin, H. (2015). Anticipation of negative pictures enhances the P2 and P3 in their later recognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 646.
- Maxwell, J. P. (2008). Psychometric properties of a Chinese version of the Buss-Warren aggression questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 44(4), 943–953.
- Meng, X. X., Liu, W. W., Zhang, L., Li, X., Yao, B., Ding, X. S., et al. (2016). EEG oscillation evidences of enhanced susceptibility to emotional stimuli during adolescence. *Frontiers in Psychology*, 7, 616.
- Németh, K., Kovács, P., Vakli, P., Kovács, G., & Zimmer, M. (2014). Phase noise reveals early category-specific modulation of the event-related potentials. *Frontiers in Psychology*, 5, 367.
- Osgood, J. M., & Muraven, M. (2016). Does counting to ten increase or decrease aggression? The role of state self-control (ego-depletion) and consequences. *Journal of Applied Social Psychology*, 46(2), 105–113.
- Osinsky, R., Walter, H., & Hewig, J. (2014). What is and what could have been: An ERP study on counterfactual comparisons. *Psychophysiology*, 51(8), 773–781.
- Pfundmair, M., Dewall, C. N., Fries, V., Geiger, B., Krämer, T., Krug, S., et al. (2015). Sugar or spice: Using I3 metatheory to understand how and why glucose reduces rejection-related aggression. *Aggressive Behavior*, 41(6), 537–543.
- Shulman, E. P., Smith, A. R., Silva, K., Icenogle, G., Duell, N., Chein, J., & Steinberg, L. (2016). The dual systems model: Review, reappraisal, and reaffirmation. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 17, 103–117.
- Situ, Q. M., Li, J. B., & Dou, K. (2016). Reexamining the linear and U-shaped relationships between self-control and emotional and behavioural problems. *Asian Journal of Social Psychology*, 19(2), 177–185.
- Smokowski, P. R., Rose, R. A., Bacallao, M., Cotter, K. L., & Evans, C. B. R. (2017). Family dynamics and aggressive behavior in Latino adolescents. *Cultural Diversity and Ethnic Minority Psychology*, 23(1), 81–90.
- Takahashi, A., & Miczek, K. A. (2014). Neurogenetics of aggressive behavior: Studies in rodents. In: K. Miczek & A. Meyer-Lindenberg (Eds.), *Neuroscience of aggression* (pp. 3–44). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Walentowska, W., Moors, A., Paul, K., & Pourtois, G. (2016). Goal relevance influences performance monitoring at the level of the FRN and P3 components. *Psychophysiology*, 53(7), 1020–1033.
- Weismüller, B., & Bellebaum, C. (2016). Expectancy affects the feedback-related negativity (FRN) for delayed feedback in probabilistic learning. *Psychophysiology*, 53(11), 1739–1750.
- Yuan, Y. R., Leung, A. W. S., Duan, H. X., Zhang, L., Zhang, K., Wu, J. H., & Qin, S. Z. (2016). The effects of long-term stress on neural dynamics of working memory processing: An investigation using ERP. *Scientific Reports*, 6, 23217.
- Zajenkowska, A., Zajenkowski, M., & Stolarski, M. (2014). Why certain time perspectives makes people aggressive? Mediating effect of situational triggers of aggressive behaviors. *Personality and Individual Differences*, 60, S11.
- Zhao, D., Gu, R. L., Tang, P., Yang, Q. W., & Luo, Y. J. (2016). Incidental emotions influence risk preference and outcome evaluation. *Psychophysiology*, 53(10), 1542–1551.
- Zottoli, T. M., & Grose-Fifer, J. (2012). The feedback-related negativity (FRN) in adolescents. *Psychophysiology*, 49(3), 413–420.

An ERPs Study on Adolescents' Reactive Aggression and Outcome Evaluation Process: From the Perspective of Self-Control Resources

Nie Yangang^{1,2}, Liang Ziqin¹, Dou Kai^{1,2}, Wang Ruiqi³

(¹School of Education, Guangzhou University, Guangzhou, 510006)

(² Psychological and Behavior Research Center of Cantonese, Guangzhou University, Guangzhou, 510006)

(³ Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou, 510815)

Abstract Adolescence is a sensitive period which easily occurs aggressive behavior, especially for reactive aggressive one when confronting provocation or setbacks. Facing challenges of provocative factors, whether they can control negative emotion and restrain impulse or not is the key to reduce the adolescents' aggressive behavior.

According to General Aggression Model (GAM), decision-making and outcome evaluation are critical processes for adolescents to make reactive aggression. Moreover, ego depletion, as one of the most important manifestations of self-control resources, is an important cause for adolescents' aggression. This study used competitive reaction time task (CRT) combined with event-related potential (ERPs) to explore the effect of ego depletion in the processes of decision-making and outcome evaluation during adolescents' reactive aggression.

40 high school students participated as paid volunteers in this study, randomly assigned to high ego depletion group ($N = 20$) and low ego depletion group ($N = 20$), of which 1 were due to artifacts seriously, processing data were excluded, finally we got 39 effective participants (20 boys, average age 15.82 ± 1.36).

In the experiment, participants were asked to fill in Trait Self-Control Questionnaire and Adolescent Aggression Questionnaire firstly. Then, a congruent or incongruent Stroop task was used to manipulate participants' self-control resources. After completing it, participants were required to answer three manipulation checks and the Positive and Negative Affect Scale (PANAS) before working on the competitive reaction time task (CRT), which was used to test their reactive aggression. Meanwhile, participants' EEGs were recorded by a 64-channel ERPs equipment while they were taking the CRT task. The resulting amplitudes of P2 were entered into 2 conditions (high ego depletion group, low ego depletion group) \times 3 regions (frontal F3, Fz, F4, central C3, Cz, C4, parietal P3, Pz, P4) ANOVAs for repeated measures. FRN amplitude induced by Fz point out, were entered into 2 conditions (high ego depletion group, low ego depletion group) \times 2 categories (win, loss) ANOVAs for repeated measures.

Behavior results showed that high ego depletion group showed more aggressive behavior than low ego depletion group. Scalp ERPs analysis revealed that in the time window of P2(180~240ms), significant main effect existed in this region, $F(2,74)=8.67, p=.001, \eta^2=.59$. The parietal region elicited significantly higher P2 than that of frontal and central regions, $M_{\text{frontal}}=2.72 \pm .30\mu\text{V}$; $M_{\text{central}}=2.50 \pm .25\mu\text{V}$; $M_{\text{parietal}}=3.51 \pm .21\mu\text{V}$. Significant condition \times region interactions were found, $F(2,74)=2.99, p=.05, \eta^2=.38$. The simple effect analysis showed that only in the frontal region, compared with low ego depletion condition, higher P2 was elicited in high one. In the time window of FRN(280~320ms), there was a significant main effect of category, $F(1,37)=11.01, p=.01, \eta^2=.52$. "Loss" elicited more negative FRN than "win" in CRT task. Significant condition \times category interactions were found, $F(1,37)=8.61, p=.01, \eta^2=.47$. The simple effect analysis showed that only in the "loss" feedback condition, more negative FRN was elicited in high ego depletion than that in low one.

These results indicate that ego depletion increases reactive aggression, and affects the processes of decision-making and outcome evaluation, which enriches the research of self-control resources and the processes of adolescent reactive aggression and outcome evaluation as well as providing a new perspective for the educators to prevent adolescents' reactive attack.

Key words reactive aggression, self-control resources, adolescents, event related potential