

自主欺骗决策过程与结果评价的 ERPs 研究*

聂衍刚 彭小燕 窦凯** 马祎晨

(广州大学教育学院心理学系 & 青少年心理与行为研究中心, 广州, 510006)

摘要 本研究基于事件相关电位技术,以 32 名大学生为研究对象,采用 2(诱发条件:高奖赏、低奖赏)×3(反馈类型:欺骗成功、欺骗失败、诚实)的组内实验设计,以点判断任务操控被试的自主欺骗水平,并结合欺骗及时反馈范式来操纵被试的结果评价。结果发现:(1)在决策过程,做出欺骗决策比诚实决策诱发更大波幅的 P300;(2)在结果评价过程,相比欺骗成功反馈和诚实反馈,欺骗失败反馈诱发更负的 FRN 波幅。结果显示个体做出欺骗决策比诚实决策需要更多的注意资源参与和心理努力,并且对欺骗失败反馈的敏感度远高于欺骗成功反馈和诚实反馈。这一定程度上揭示了个体做出欺骗决策和面对欺骗结果时的心理和神经机制,为教育者采取必要措施来降低和预防青少年欺骗行为奠定了研究基础。

关键词 自主欺骗 决策加工 结果评价 P300 FRN

1 引言

欺骗是人类社会普遍存在的一种现象,因其加工过程的复杂性、道德性和隐蔽性(Cui et al., 2018),一直是心理学、经济学和神经科学领域学者们关注的热点问题(Gerlach, Teodorescu, & Hertwig, 2019)。日常生活中,青少年为了推卸责任、逃避惩罚、爱慕虚荣而主动欺骗他人的现象时有发生,这些看似微不足道的欺骗行为将来可能会发展成更大的违法犯罪行为,对个人和社会带来严重损害(Garrett, Lazzaro, Ariely, & Sharot, 2016)。因此,揭示青少年自主欺骗的加工过程及其内在机制,不仅有助于我们更好地理解青少年欺骗行为产生的动力机制,还可为教育者采取必要措施来降低和预防青少年的欺骗行为奠定研究基础。

近年来,关于欺骗的研究从观察外在行为表现,到记录生理指标,发展到功能核磁共振成像(fMRI)等技术探测欺骗的神经机制(Meijer, Verschuere,

Gamer, Merckelbach, & Ben-Shakhar, 2016)。大多数关于欺骗的认知神经科学研究较多关注欺骗执行控制过程,例如反映在背外侧前额叶、背/中内侧前额叶和下顶叶等区域的活动增强(Lisofsky, Kazzner, Heekeren, & Prehn, 2014)。目前相对缺乏从决策过程和结果评价过程的视角探究青少年自主欺骗的电生理机制。事件相关电位(event-related potentials, ERPs)具有高时间分辨率,故本研究将采用 ERPs 技术进一步探究自主欺骗决策过程和结果评价过程的心理和神经机制。

1.1 自主欺骗的范式

自主欺骗(spontaneous deception)是个体为了趋利避害自主地操纵他人错误信念的心理过程(Abe, 2009),例如通过隐瞒实情来误导他人的判断、虚构事实以逃避警察追责、考试作弊以获得优异成绩等都属于欺骗行为。以往研究探究个体的欺骗行为主要采用被动欺骗范式,被试只能根据实验者的要求被动做出欺骗,存在缺乏自主性、生态效度被质

* 本研究得到国家自然科学基金项目(31671153, 31800938)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(16JJD880006)、广东省自然科学基金自由申请项目(2018A030313406)和广州大学 2020 年第一批校内科研重点项目(YK2020025)的资助。

** 通讯作者: 窦凯。E-mail: psydk@gzhu.edu.cn

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20200616

疑等问题 (Sip, Roepstorff, McGregor, & Frith, 2008; Zhang, Liu, Pelowski, & Yu, 2017)。近年来研究者们开始采用点判断任务 (Dots task) 来诱发个体自主欺骗, 在该任务中被试自主地选择是否通过欺骗来改变实验结果, 该任务被证实可有效诱发自欺 (聂衍刚, 利振华, 窦凯, 毛兰平, 2018; Mazar & Zhong, 2010; Sharma, Mazar, Alter, & Ariely, 2014)。因此相比被动欺骗范式, 采用点判断任务可以让被试自主地选择是否欺骗, 进而便于观察自主欺骗的相关心理机制和神经机制。

1.2 欺骗决策过程与结果评价相关的 ERPs 成分

1.2.1 决策过程: P300

自主欺骗就是一个行为决策过程 (Ding, Sai, Fu, Liu, & Lee, 2014), 欺骗决策和诚实决策是不同的加工决策过程, 当个体做出欺骗决策时动机水平更强烈, 同时会关注欺骗结果 (Fang, Liu, & Shen, 2003)。P300 反映了对刺激物产生动机的注意过程 (Nieuwenhuis, De Geus, & Aston-Jones, 2011)。决策者对刺激投入的注意资源越多, P300 波幅就越大 (Polich, 2007)。相比诚实意图, 个体做出欺骗决策时认知负荷更高, 需要付出更多的心理努力抑制真实反应 (Adams-Quackenbush, 2015)。由此做出欺骗决策可能比诚实决策需要投入更多的注意, 则可以用 P300 来表征欺骗决策的加工过程。同时 P300 反映了对奖励刺激单独迅速地评估, 奖赏数额越大 P300 的波幅越大 (Yeung & Sanfey, 2004)。此外, 有研究者提出避免损失的动机要比获得相同价值的奖励更加强烈, 并主动采取措施去避免损失 (Rick, Cryder, & Loewenstein, 2008)。有研究表明被试为了避免时间损失从而增强了欺骗动机 (Ding, Gao, Fu, & Lee, 2013)。因此利用避免损失的动机可能会有效诱发个体做出欺骗决策。具体提出如下假设:

假设 1: 在决策过程中, 个体做出欺骗决策比诚实决策诱发更大波幅的 P300;

假设 2: 高奖赏欺骗比低奖赏欺骗诱发更大的 P300 波幅。

1.2.2 结果评价: FRN

当个体已经撒下一个小谎, 像滚雪球一般, 接着还会不会继续撒谎? 研究发现在决策过程中, 外部反馈决定了一项行动是否会在未来继续重复 (Wischnewski & Schutter, 2018)。给予结果反馈会诱发个体紧张情绪, 增强心理符合和欺骗动机, 从而影响欺骗决策过程 (Fang et al., 2003)。对欺骗

结果的评价本身属于欺骗过程的一部分, 才能观测到欺骗行为的真实表征 (Sip et al., 2008)。因此对欺骗结果进行加工可能会诱发独特的大脑激活模式 (崔茜, 蒋军, 杨文静, 张庆林, 2013)。FRN 是决策后反馈加工过程紧密相关的脑电成分, 起源于扣带前回 (ACC) (Weismüller & Bellebaum, 2016), 可以表征结果评价过程 (Sai et al., 2016)。孙世月和罗跃嘉 (2008) 指出 FRN 代表了对结果的简单快速评价。与正性刺激相比, FRN 表现为更加敏感于负性刺激 (Walentowska, Moors, Paul, & Pourtois, 2016)。比如有研究发现, 在虚拟赌博游戏范式中, 输钱比赢钱反馈诱发更负性的 FRN (刘耀中, 张建良, 窦凯, 2015)。据此提出如下假设:

假设 3: 在结果评价过程中, 相比于欺骗成功反馈和诚实反馈, 欺骗失败反馈诱发更负的 FRN 波幅。

1.3 本研究概况

本研究采用点判断任务来操控被试的自主欺骗水平 (聂衍刚等, 2018; Mazar & Zhong, 2010; Sharma et al., 2014), 结合欺骗及时反馈范式设置结果反馈条件, 利用被试避免时间损失动机诱发欺骗行为 (Ding et al., 2013; Fang et al., 2003), 同时借助 ERPs 技术记录被试在欺骗决策过程 (P300) 和结果评价过程 (FRN) 的脑电反应, 以期揭示青少年自主欺骗的加工过程及其内在机制。

2 研究方法

2.1 被试

共有 34 名大学生 (女性 15 名) 参与实验, 视力或矫正视力正常, 没有任何精神疾病史, 均是右利手。被试签署了知情同意书, 同时在做实验前已了解整个实验情况, 实验结束后获得一定的酬劳。因有 2 人脑电数据严重伪迹而被剔除, 最后有效被试 32 名 (女性 14 名), 平均年龄 20.22 ± 1.58 岁。

2.2 实验设计

采用 2 (诱发条件: 高奖赏、低奖赏) \times 3 (反馈类型: 欺骗成功、欺骗失败、诚实) 的两因素被试内设计, 因变量为被试在点判断任务中欺骗决策次数及脑电指标。

2.3 材料与程序

如图 1 所示, 实验开始时先呈现 500ms 的注视屏“+”, 随后一个短暂的空屏过后将呈现点判断任务,

20 个黑点按照 13:7、14:6、15:5 三个比例^①分别随机排列在左右两个方框内（呈现时间为 1500ms），被试的任务就是判断哪个框内的点数较多，左框与右框哪边点数较多进行了平衡处理；被试在随即出现的提示屏“*”时做出判断（左框多按“F”键，右框多按“J”键），按键后星号消失，并在 800ms 的空屏过后呈现反馈界面（呈现时间为 1500ms）。

告知被试该实验时长不定，需通过完成点数判断累计获得 10000 个积分方可退出实验。点数判断界面的左框和右框上方将随机呈现一定数额的积分值（10, 20, 100），选择哪个框将有可能获得相应数额的积分，能否获得积分取决于脑电波的监测判断。指导语告知被试，脑电波监测可以判断被试的意图，并不关注被试实际操作是否正确。如果被试的意图是正确的，则判断为诚实决策，将获得其选择所对应的积分；如果被试的意图是错误的，则判断为欺骗决策。因此被试在做出欺骗决策时需要尽可能的控制自身的意识以逃过脑电监测。

诱发刺激设置 3 种条件：“低奖赏欺骗”、“高奖赏欺骗”和“诚实”（试次比例为 3:3:2）。在“低奖赏欺骗”诱发条件下，点数少的框上方为 20，而点数多的框上方为 10（如图 1A）；在“高奖赏欺骗”诱发条件下，点数少的框上方为 100，而点数多的框上方为 10（如图 1B）。在这两种条件下，被试为了

尽快获得 10000 个积分早早退出实验，需要做出欺骗决策选择“点数少但积分多”的框来获得更高的积分，因此点数判断的错误率是衡量被试欺骗决策次数的指标。“诚实”诱发条件下，点数少的框上方为 10，点数多的框上方为 20（如图 1C），即被试只需做出诚实反应就可以获得较高积分。“诚实”诱发条件是无关条件，不纳入欺骗决策的统计分析。

反馈结果有 3 种：欺骗失败、欺骗成功和诚实，前两种反馈条件是在有奖赏诱发条件下设置的（比例为 2:1），随机呈现。“欺骗失败”反馈是在被试做出欺骗决策后呈现红色的“×”（如图 1D）；“欺骗成功”反馈是在被试做出欺骗决策后呈现较高积分（如图 1E）；“诚实”反馈是被试在三种诱发条件下所做出的诚实决策所获得的积分（如图 1F）。

2.4 实验流程

被试受邀来到安静的实验室，在听完主试人员介绍实验情况并签署知情同意书后开始实验。被试与电脑屏幕相距 80cm，带上脑电采集帽舒服地坐在椅子上，并保持视线与目标刺激的夹角为 $8.08^{\circ} \times 9.65^{\circ}$ 。实验总共包括 504 个试次，其中包括 24 个无奖惩的练习试次，480 个正式实验试次。给被试讲解完指导语后进入练习环节；在确认被试已经熟悉实验规则后进入正式实验，每隔 48 个试次休息一次，休息时长由被试自主控制。实验结束后，

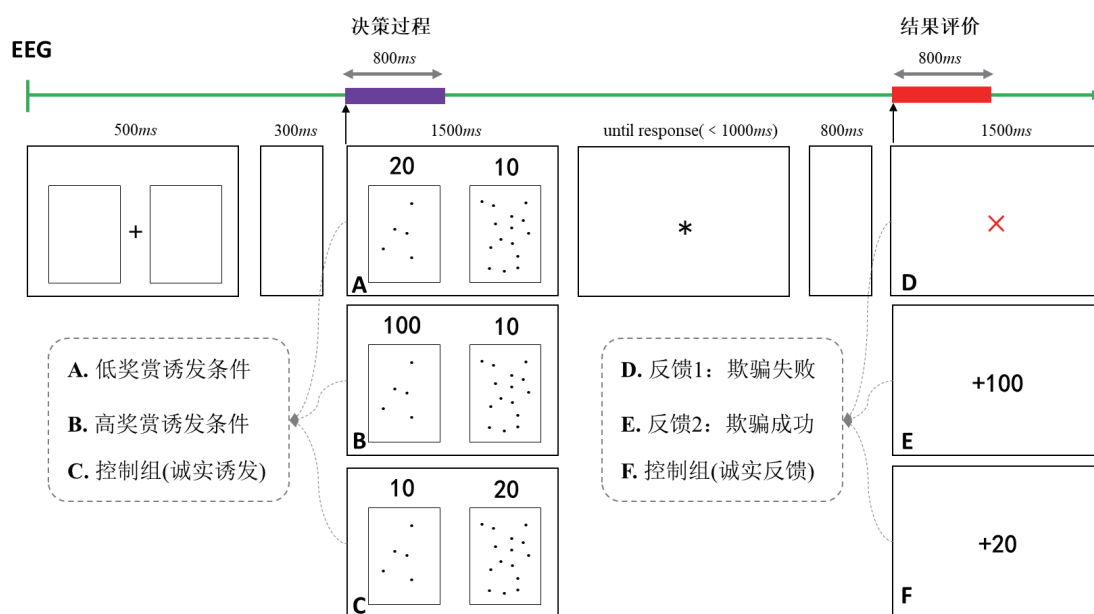


图 1 点判断任务单个试次示意图

注：提示屏 * 表示提醒被试做出判断

^①按照 Mazar 和 Zhong (2010) 的设计，这三个比例设置的目的在于方便判断，即被试无需投入过多认知资源也可以快速做出正确判断。

被试获得一定的实验报酬并离开实验室。

2.5 ERP 数据记录与分析

根据国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽记录电极,参考电极为 FCz 点,接地点为 AFz 点,记录右水平眼电(HEOG)和左眼下眶的垂直眼电(VEOG)。滤波带通为 .016~100Hz,采样率为 500Hz,自动矫正 50Hz 陷波(市电频率),并放大十万倍。头皮与电极间阻抗小于 5K Ω 。EEG 离线处理分析时程为 1000ms(即 -200~800ms),参考电极为双侧乳突,采用 ICA 半自动模式去除眼电伪迹。

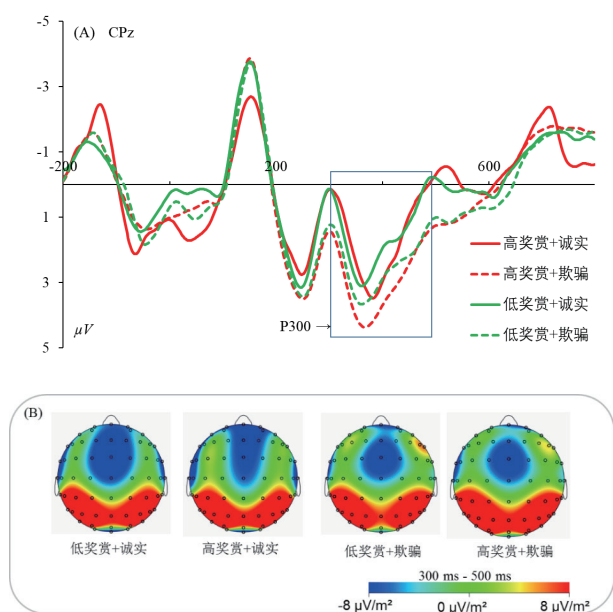


图 2 高、低奖赏下决策过程的总波形图(A)和脑地形图(B)

在决策过程,按照欺骗诱发条件(高奖赏、低奖赏)和决策类型(诚实、欺骗)所组成的四种情况进行分段;在结果评价过程,根据欺骗诱发条件(高奖赏、低奖赏)和结果评价类型(欺骗失败、欺骗成功、诚实)所组成的六种情况进行分段。检查脑电数据,去除伪迹(波幅大于 $\pm 80\mu V$),并对无相数字滤波(.05~20Hz)和基线矫正(-200~0ms),进行叠加处理后,获得被试在自主欺骗决策过程和结果评价过程的总波形图和脑地形图(如图 2、图 3)。P300 为 300~500ms 诱发的平均波幅(Johnson, Barnhardt, & Zhu, 2003);FRN 为反馈信息呈现后 200~400ms 出现的最大负波值与此负波前出现的正波最正值之间的差异(Leng & Zhou, 2014)。

对 P300 波幅进行 2(诱发条件:高奖赏、低奖赏) \times 2(决策类型:诚实、欺骗)的两因素重复测量方差分析,对 FRN 波幅进行 2(诱发条件:高奖赏、低奖赏) \times 3(反馈类型:欺骗失败、欺骗成功、诚实)两因素重复测量方差分析。统计结

果采取 Greenhouse-Geisser 法对 p 值进行矫正,事后多重比较采用 Bonferroni 法。

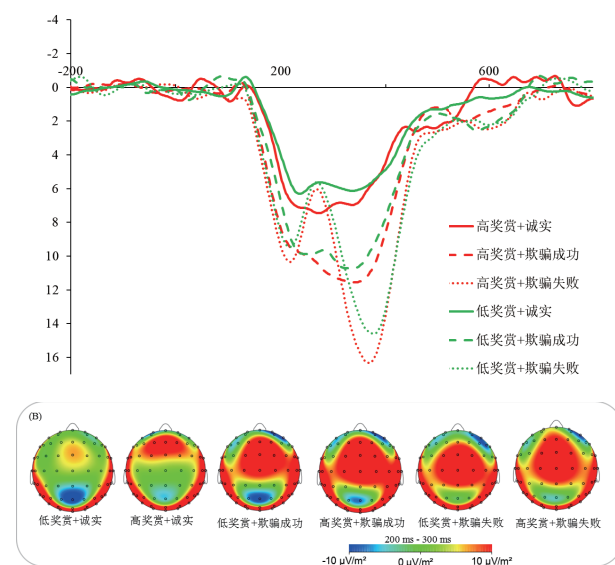


图 3 高、低奖赏下结果评价的总波形图(A)和脑地形图(B)

3 研究结果

3.1 行为结果

在分析数据之前,剔除反应时超过 1000ms 的无效数据。结果表明,在低奖赏、高奖赏和诚实三种条件下,被试做出欺骗决策的平均次数为 294.24、394.56、28.8 次,比例分别为 61.3%、82.2% 和 6.0%;反应时主效应和交互效应均不显著($RT_{\text{高奖赏+诚实}}=499.76 \pm 167.64\text{ms}$, $RT_{\text{高奖赏+欺骗}}=478.97 \pm 180.80\text{ms}$, $RT_{\text{低奖赏+诚实}}=459.04 \pm 156.47\text{ms}$, $RT_{\text{低奖赏+欺骗}}=502.65 \pm 182.85\text{ms}$)。

3.2 ERP 结果

因为需要一定量的试次才能分段叠加 ERP 数据,故剔除一些无效数据,最后欺骗决策过程 P300 数据共 27 份、结果评价过程 FRN 数据共 26 份。

3.2.1 P300

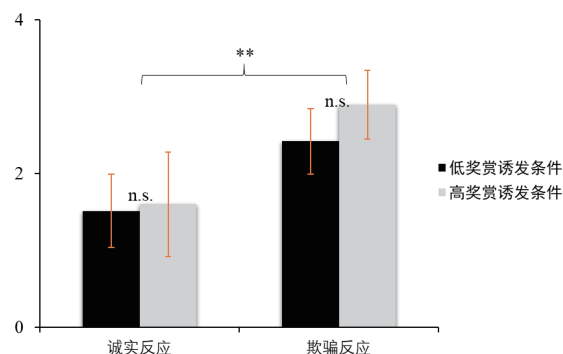


图 4 自主欺骗决策过程所诱发的 P300 波幅

注:误差线代表标准误;ns 代表 $p > .05$, 差异不显著; ** 代表 $p < .01$, 差异显著

结果如图 4 所示, 决策类型的主效应显著 ($F(1, 26)=10.73, p<.01, \eta^2=.29$), 即被试做出欺骗决策比诚实决策在决策过程所诱发的 P300 波幅更大 ($M_{\text{欺骗}}=2.79 \pm .49\mu\text{V}; M_{\text{诚实}}=1.67 \pm .55\mu\text{V}$)。此外, 未发现其它显著的主效应和交互效应。

3.2.2 FRN

结果如图 5, 结果反馈类型的主效应显著 ($F(2, 50)=10.63, p<.001, \eta^2=.30$); 事后检验结果为, 相比欺骗成功反馈和诚实反馈, 欺骗失败反馈诱发更负的 FRN 波幅 ($p<.01$); 欺骗成功反馈与诚实反馈所诱发的 FRN 无显著差异 ($M_{\text{欺骗成功}}=-3.08 \pm .75\mu\text{V}; M_{\text{欺骗失败}}=-6.69 \pm 1.09\mu\text{V}; M_{\text{诚实}}=-3.06 \pm .75\mu\text{V}$)。此外, 未发现其它显著的主效应和交互效应。

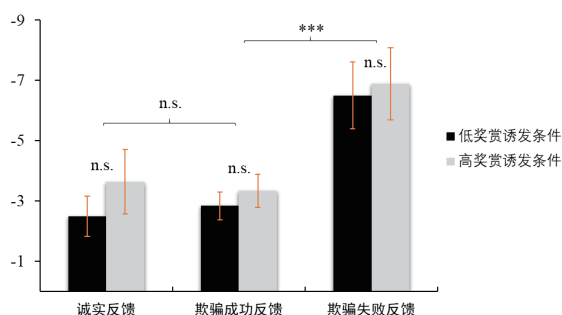


图 5 自主欺骗结果评价所诱发的 FRN 波幅

注: 误差线代表标准误; ns 代表 $p>.05$, 差异不显著; ** 代表 $p<.01$, 差异显著

4 讨论

本研究采用 ERP 技术, 考察了个体在自主欺骗决策过程与结果评价过程的电生理特点。结果发现, 在决策过程, 被试做出欺骗决策比诚实决策所诱发的 P300 波幅更大; 在结果评价过程, 相比欺骗成功反馈和诚实反馈, 欺骗失败反馈诱发更负的 FRN 波幅。

4.1 自主欺骗决策过程的 P300

在决策过程, ERP 的结果表明, 被试做出欺骗决策比诚实决策在决策过程所诱发的 P300 波幅更大, 验证了假设 1。这表明当个体在做出欺骗决策时对刺激投入的注意资源更多, 需要付出更多的心理努力, 因此产生更大的 P300 波幅。由此表明 P300 可以用来表征欺骗决策过程。奖赏和评估在欺骗决策过程中扮演着重要作用, 当个体做出欺骗决策时会涉及一系列心理过程, 如到奖赏预期、风险评估、以及情绪加工等因素 (Sip et al., 2008)。在本研究结果中, 高奖赏欺骗诱发的 P300 波幅与低奖赏欺骗诱发的 P300 波幅差异不显著。这说明个体在做出欺骗决策时, 可能将更多的注意资源和心理努

力放在如何控制自身的意识以成功逃过脑电监测, 而奖赏的数值大小并不参与个体的决策过程, 不存在认知冲突, 从而不影响个体的决策过程。

近年来 P300 稳定性和有效性开始受到质疑, 随着欺骗行为次数的增加情绪中枢反应逐渐减弱, 欺骗产生了练习效应 (Garrett et al., 2016), 从而欺骗反应难以反映在 P300 上。关于这种欺骗练习效应, 可能的原因是欺骗动机易受实验范式的影响, 例如犯罪知识测验 (Vega et al., 2016)、隐藏信息测验 (Farah, Hutchinson, Phelps, & Wagner, 2014) 等, 这些范式内容被试可能难以切身体会, 可能导致被试主观卷入度不高, 难以有效诱发自欺欺骗。本研究通过采用点判断任务, 设置一种惩罚情境, 利用被试避免时间损失动机有效地诱发自欺欺骗, 从而较好地观察自主欺骗反应在 P300 上。

4.2 自主欺骗结果评价过程的 FRN

在结果评价过程, 相比欺骗成功反馈和诚实反馈, 欺骗失败反馈诱发更负的 FRN 波幅, 验证了假设 3。FRN 能对反馈进行监控以帮助个体调节随后的行为决策 (Gehring & Willoughby, 2002)。其中可能会受到情感卷入程度的影响, 当个体逃过脑电检测时, 收到欺骗成功的反馈信息时可能会诱发侥幸、兴奋、开心等正性情感体验; 当个体未能逃过脑电检测, 收到欺骗失败的反馈信息时则诱发紧张、沮丧、惋惜等负性情感体验, 占用了更多的认知资源, 个体会更加关注损失的结果 (窦伟, 曲璐璐, 曲琛, 2014), 从而导致诱发出更明显的 FRN。可见, 个体更倾向于将“欺骗失败”看成是一种负性结果, 对欺骗失败反馈的敏感度远高于欺骗成功反馈和诚实反馈。

此外, 本研究没有发现奖赏诱发条件的主效应显著, 即高奖赏欺骗与低奖赏欺骗诱发的 FRN 波幅不存在显著差异。原因可能是 FRN 反映的是一种对结果反馈信息初级自动化加工, 只对“成功”或“失败”刺激进行反映, 而高、低数值刺激并没有参与其中 (Gehring & Willoughby, 2002)。FRN 体现的是简单快速评估结果与预期是否匹配, 只做“好”、“坏”的二分评价 (孙世月, 罗跃嘉, 2008)。个体在欺骗后对反馈结果存在不确定性, 可能只是预期自己会“得到积分”或“失去积分”, 于是当结果信息呈现时, 简单快速地将“得到积分”或“失去积分”评价为“好”或“坏”, 从而忽略了“失去积分较少”或“失去积分较多”这种数值信息。

综合以上结果, 在决策过程, 个体在做出欺骗

决策比做出诚实决策需要投入更多的注意资源参与和心理努力；在结果评价过程，相比于欺骗成功反馈和诚实反馈，个体对欺骗失败反馈结果更敏感。这提示了决策过程和结果评价是青少年做出欺骗行为的两个关键过程，探究这两个过程可以较好地理解和解释自主欺骗行为背后的心理机制和神经机制。

4.3 不足与理论贡献

本研究存在一些不足，比如本研究的被试来自于校园招聘，故被试性别、年龄在实验分组中未能有效平衡；由于 ERPs 技术的低空间分辨率故无法精确定位大脑激活具体区域，故未来可以结合脑电与成像技术进一步探究自主欺骗的神经生理机制。当然，本研究的贡献体现在如下几点：第一，基于自主欺骗决策过程的视角，利用 ERPs 技术，一定程度上揭示了青少年做出欺骗决策和面对欺骗结果时的心理和神经机制，为避免和预防青少年欺骗行为奠定了理论基础。第二，实验范式具有一定创新性，采用点判断任务操控被试的自主欺骗水平，并且探讨了自主欺骗的结果评价反应，增强了被试主观卷入度，提高了生态效度。第三，实验设计有一定的创新性，利用被试避免时间损失的动机有效诱发自主欺骗。

5 结论

本研究基于自主欺骗决策过程的视角，对青少年做出欺骗决策和面对欺骗结果时的神经机制特点进行研究，证实了个体在决策过程中做出欺骗决策比诚实决策时诱发更大波幅的 P300，在结果评价过程中欺骗失败反馈比欺骗成功反馈和诚实反馈诱发更负的 FRN。结果说明个体做出欺骗决策比诚实决策需要更多的注意资源参与和心理努力，并且对欺骗失败反馈的敏感度远高于欺骗成功反馈和诚实反馈。

参考文献

- 崔茜, 蒋军, 杨文静, 张庆林. (2013). 欺骗的神经机制和测谎应用: 来自 fMRI 研究的证据. *心理科学进展*, 21(9), 1629-1642.
- 窦炜, 曲璐璐, 曲琛. (2014). 社会比较对合作任务结果评价的影响: 来自 ERP 的证据. *心理学报*, 46(3), 405-414.
- 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.
- 聂衍刚, 利振华, 窦凯, 毛兰平. (2018). 累了会说谎? 自我损耗削弱诚信行为及其缓解机制. *心理与行为研究*, 16(4), 525-533.
- 孙世月, 罗跃嘉. (2008). 欺骗任务中结果评价的 FN 效应. *心理学报*, 40(6), 693-700.
- Abe, N. (2009). The neurobiology of deception: Evidence from neuroimaging and loss-of-function studies. *Current Opinion in Neurology*, 22(6), 594-600.
- Adams-Quackenbush, N. M. (2015). *The effects of cognitive load and lying types on deception cues*. Unpublished master's thesis of Saint Mary's University.
- Cui, F., Wu, S., Wu, H. Y., Wang, C. Y., Jiao, C., & Luo, Y. J. (2018). Altruistic and self-serving goals modulate behavioral and neural responses in deception. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 13(1), 63-71.
- Ding, X. P., Gao, X. Q., Fu, G. Y., & Lee, K. (2013). Neural correlates of spontaneous deception: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Neuropsychologia*, 51(4), 704-712.
- Ding, X. P., Sai, L. Y., Fu, G. Y., Liu, J. G., & Lee, K. (2014). Neural correlates of second-order verbal deception: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *NeuroImage*, 87, 505-514.
- Fang, F., Liu, Y. T., & Shen, Z. (2003). Lie detection with contingent negative variation. *International Journal of Psychophysiology*, 50(3), 247-255.
- Farah, M. J., Hutchinson, J. B., Phelps, E. A., & Wagner, A. D. (2014). Functional MRI-based lie detection: Scientific and societal challenges. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(2), 123-131.
- Garrett, N., Lazzaro, S. C., Ariely, D., & Sharot, T. (2016). The brain adapts to dishonesty. *Nature Neuroscience*, 19(12), 1727-1732.
- 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.
- Gerlach, P., Teodorescu, K., & Hertwig, R. (2019). The truth about lies: A meta-analysis on dishonest behavior. *Psychological Bulletin*, 145(1), 1-44.
- Johnson, R. J., Barnhardt, J., & Zhu, J. (2003). The deceptive response: Effects of response conflict and strategic monitoring on the late positive component and episodic memory-related brain activity. *Biological Psychology*, 64(3), 217-253.
- Leng, Y., & Zhou, X. L. (2014). Interpersonal relationship modulates brain responses to outcome evaluation when gambling for/against others: An electrophysiological analysis. *Neuropsychologia*, 63, 205-214.
- Lisofsky, N., Kazzner, P., Heekeren, H. R., & Prehn, K. (2014). Investigating socio-cognitive processes in deception: A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 61, 113-122.
- Mazar, N., & Zhong, C. B. (2010). Do green products make us better people?. *Psychological Science*, 21(4), 494-498.
- Meijer, E. H., Verschuere, B., Gamer, M., Merckelbach, H., & Ben-Shakhar, G. (2016). Deception detection with behavioral, autonomic, and neural measures: Conceptual and methodological considerations that warrant modesty. *Psychophysiology*, 53(5), 593-604.
- Nieuwenhuis, S., De Geus, E. J., & Aston-Jones, G. (2011). The anatomical and functional relationship between the P3 and autonomic components of the orienting response. *Psychophysiology*, 48(2), 162-175.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128-2148.
- Rick, S. I., Cryder, C. E., & Loewenstein, G. (2008). Tightwads and spendthrifts. *Journal of Consumer Research*, 34(6), 767-782.
- Sai, L. Y., Lin, X. H., Rosenfeld, J. P., Sang, B., Hu, X. Q., & Fu, G. Y. (2016). Novel, ERP-based, concealed information detection: Combining recognition-based and feedback-evoked ERPs. *Biological Psychology*, 114, 13-22.
- Sharma, E., Mazar, N., Alter, A. L., & Ariely, D. (2014). Financial deprivation selectively shifts moral standards and compromises moral decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 123(2), 90-100.
- Sip, K. E., Roepstorff, A., McGregor, W., & Frith, C. D. (2008). Detecting

- deception: The scope and limits. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(2), 48–53.
- Vega, R., Hernandez-Reynoso, A. G., Linn, E. K., Fuentes-Aguilar, R. Q., Sanchez-Ante, G., Santos-Garcia, A., & Garcia-Gonzalez, A. (2016). Hemodynamic pattern recognition during deception process using functional near-infrared spectroscopy. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 36(1), 22–31.
- 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.
- Wischnewski, M., & Schutter, D. J. L. G. (2018). Dissociating absolute and relative reward-and punishment-related electrocortical processing: An event-related potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 126, 13–19.
- Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 24(28), 6258–6264.
- Zhang, M. M., Liu, T., Pelowski, M., & Yu, D. C. (2017). Gender difference in spontaneous deception: A hyperscanning study using functional near-infrared spectroscopy. *Scientific Reports*, 7(1), 7508.

An ERPs Study of Spontaneous Deceptive Decision-Making Process and Outcome Evaluation Process

Nie Yangang, Peng Xiaoyan, Dou Kai, Ma Yichen

(Department of Psychology & Psychological and Behavioral Research Center of Adolescent, School of Education, Guangzhou University, Guangzhou, 510006)

Abstract Previous studies have investigated the executive control process of deceptive behavior. There is a relative lack of electrophysiological mechanism of spontaneous deception of adolescents from the perspective of decision-making processing. Combined with event-related potential (ERPs), this study used dots task and timely feedback paradigm to explore the intrinsic mechanism of adolescents' spontaneous deception.

In this study, 34 college students were selected as paid volunteers, of which 2 were due to artifacts seriously, processing data were excluded, finally got 32 effective participants (14 girls, average age 20.22 ± 1.58).

In this experiment, the dots task was used to control the level of spontaneous deception of the participants, and timely feedback paradigm was used to manipulate the outcome evaluation of the participants. In the experimental task, 20 black spots were randomly arranged in the left and right boxes of the computer screen (13: 7, 14: 6, 15: 5), and the corresponding integral values (10, 20, 100) were presented. It was possible that the participants would get a corresponding integral value when they chose a box. The computer would give feedback on the outcome after each choice, including failed deception, successful deception and honesty. The participants were told that they could only withdraw from the experiment if they had accumulated 10,000 integral values. Meanwhile, participants' EEGs were recorded by a 64-channel ERPs equipment while they were taking the experimental task. In the decision-making process, the resulting amplitudes of P300 were entered into two elicited conditions (high reward, low reward) × 2 reactions (honesty, deception) ANOVAs for repeated measures. In the outcome evaluation process, FRN amplitudes were entered into 2 elicited conditions (high reward, low reward) × 3 feedback types (failed deception, successful deception, honesty) ANOVAs for repeated measures.

ERPs analysis revealed that the main effect of deceptive reaction type was significant, ($F(1, 26) = 10.73, p < .01, \eta^2 \leq .29$), that is, deceptive decision-making elicited more higher amplitude of P300 than honest decision-making ($M_{\text{deceptive}} = 2.79 \pm .49 \mu\text{V}$; $M_{\text{honest}} = 1.67 \pm .55 \mu\text{V}$). The main effect of outcome evaluation type was significant, ($F(2, 50) = 10.63, p < .001, \eta^2 \leq .30$), compared with successful deception feedback and honest feedback, failed deception feedback elicited more negative FRN ($p < .01$). There was no significant difference in FRN elicited by successful deception feedback and honest feedback ($M_{\text{successful deception}} = -3.08 \pm .75 \mu\text{V}$; $M_{\text{failed deception}} = -6.69 \pm 1.09 \mu\text{V}$; $M_{\text{honest}} = -3.06 \pm .75 \mu\text{V}$).

These results revealed that individuals who made deceptive decision required more attention resource and mental efforts than honest decisions. Compared with successful deception feedback and honest feedback, they were more sensitive to failed deception feedback. It does not only help better understand the dynamic mechanism of adolescents' spontaneous deception, but also lays a research foundation for educators to take necessary measures to reduce and prevent the deceptive behavior of adolescents.

Key words spontaneous deception, decision-making process, outcome evaluation, P300, FRN