

人际合作与冲突影响博弈决策的结果评价*

白丽英¹ 袁博² 张蔚¹ 张振³ 兰姣³ 王益文³

(¹福州大学人文学院应用心理学系, 福州 350116) (²宁波大学心理学系暨研究所, 宁波 315211)

(³天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074)

摘要 人际合作与冲突是人际互动的两种主要形式, 在人类社会的发展中有着重要作用。脑成像研究表明, 当个体和人类同伴进行博弈时, 选择合作与选择冲突激活脑区的强度有所不同。但目前尚不清楚, 人际合作与冲突如何影响决策选择之后的结果评价过程。本研究采用 Chicken Game 任务对此问题进行了探讨, 研究记录了 22 名健康成人被试与人类同伴进行 Chicken Game 任务时的脑电活动。结果表明, 反馈负波(FRN)和 P300 不仅受到结果效价的影响, 同时也受到人际合作与冲突的影响。相对于选择冲突, 个体选择合作时, 输钱和赢钱反馈引发的 FRN 以及 P300 波幅差异更大。相关分析表明, RA (被试和解对方进攻)反馈引发的 FRN 波幅与接受该反馈后下一个 trials 中和解的选择率(以及总的和解率)呈显著的负相关。上述结果表明, 在社会博弈中, 合作增加了个体对博弈结果的预期, 从而引发更大的 FRN 效应; 并且合作共赢的结果所具有的物质意义与社会意义, 使其诱发更大的 P300 波幅。

关键词 合作; 冲突; FRN; P300; Chicken Game

分类号 B849:C91

1 引言

人类社会和其他灵长类动物界都存在着合作与冲突行为。在人类社会中, 合作与冲突行为是儿童社会化的一个主要方面, 也是人际互动的两种主要形式。人际合作表现为两个或两个以上的人或群体为达到共同目的, 自觉或不自觉地在行动上相互配合的一种互动方式; 人际冲突则指人与人、群体与群体对于一个共同目标的争夺(Decety, Jackson, Sommerville, Chaminade, & Meltzoff, 2004)。在实验室研究中, 研究者借助于表现人际互动行为的社会博弈任务, 研究和分析人类的合作与冲突行为。这些社会博弈任务对现实中的社会困境进行了简化, 并且提供了选择策略的数学化形式, 可以让研究者在实验室情境中为类似于“合作”或者“冲突”这样的概念进行操作性的定义(Camerer, 2003; Rilling et al., 2002)。囚徒困境(Prisoner's Dilemmas Game)是

研究人类合作行为的一个经典博弈任务, 在这个任务中, 两个玩家分别选择合作或者背叛, 每个玩家根据两个人的共同选择获得一定数目的收益。对每个玩家而言, 无论对方做出何种选择, 做出背叛选择对自己总是最优选择策略。但当两个玩家都选择背叛, 两个人的总体收益最低; 而两个人都选择合作, 则总体的收益最大(Rilling et al., 2002; Wong & Hong, 2005)。目前, 囚徒困境任务被心理学家和社会学家广泛应用于研究人类的合作行为。与囚徒困境任务类似, Chicken Game 任务(有译为: 斗鸡博弈任务)也是一个研究合作与冲突行为的博弈任务。Chicken Game 创设了一个更为真实的社会情境, 在这个任务中, 两个博弈者可以独立地选择和解或者进攻两种策略, 两个人都选择和解双方都会获得一定数目的收益; 如果其中一方选择和解, 另一方选择进攻, 选择和解的一方将损失一定数目的收益, 选择进攻的一方将获得一笔较大的收益; 如果两个

收稿日期: 2013-04-19

* 教育部人文社科研究基地重大项目(12JJD190004)、国家自然科学基金(31371045)、新世纪优秀人才支持计划(NCET-11-1065)和中国青年骨干创新人才培养计划资助。

袁博为同等贡献第一作者和单位。

通讯作者: 张蔚, E-mail: zhangweipsy@126.com; 王益文, E-mail: wangeven@126.com

人都选择进攻, 双方都会损失一笔更大数目的收益。与囚徒困境不同, Chicken Game 中没有严格的优势策略, 选择进攻的收益并不一定比选择和解的收益大(Rapoport & Chammah, 1966)。Chicken Game 的收益与人类合作与冲突行为所导致的结果非常类似(详见方法部分)。

随着脑成像技术的发展, 研究者已不满足仅仅从表层的行为结果来探讨人际合作与冲突行为。借助于功能性磁共振成像技术(functional-Magnetic Resonance Imaging, fMRI)和事件相关电位技术(event-related potentials, ERPs), 研究者将视点转向了人际合作和冲突行为背后的认知神经机制。Rilling 等人(2002)采用 fMRI 记录了被试与人类同伴进行囚徒困境任务(Iterated Prisoner's Dilemma Game)时的大脑激活情况, 结果发现, 个体选择相互合作时所激活的脑区主要包括: 伏隔核(nucleus accumbens)、腹内侧额叶/眶额皮层(ventromedial frontal/orbitofrontal cortex)以及前扣带回(anterior cingulate cortex)。上述脑区都与奖励加工有关, 研究者认为这些脑区的激活促使被试抵制自私的诱惑, 进而选择互惠利他的合作行为。Fukui 等人(2006)采用 fMRI 技术探讨了 Chicken Game 任务中与人类同伴进行社会博弈是否会激活心理理论的相关脑区, 并试图阐明心理理论脑区在博弈决策中的作用。研究设置了被试与人类同伴以及与电脑博弈两种实验条件。结果表明, 相对于和电脑进行博弈, 与人类同伴博弈时, 旁扣带回前部(anterior paracingulate cortex)以及后侧颞上沟(posterior superior temporal sulcus)有显著激活。并且研究发现, 当与人类同伴博弈时, 旁扣带回前部在选择冲突时激活更强。这些结果表明后侧颞上沟与旁扣带回前部在心智化过程中有不同的作用。后侧颞上沟可能参与心智化的一般功能, 而旁扣带回前部可能还参与社会风险决策过程。

除了采用 fMRI 技术探讨个体进行博弈决策选择阶段的脑区激活, 也有研究者采用 ERPs 技术考察决策之后的结果评价过程。结果评价是决策链中的一个重要环节, 合理的决策需要我们对先前的结果进行编码, 进而做出更好的抉择(Platt, 2002)。人类大脑已经发展出某些机制对结果反馈的各种属性进行快速评价, 已有研究表明, 结果评价涉及到对结果的效价(如输赢)、金额大小以及其他与结果反馈有关的信息加工过程(Leng & Zhou, 2010; Yeung, Holroyd, & Cohen, 2005; Yeung & Sanfey,

2004)。研究者采用 ERPs 技术发现了一个特定的与结果评价有关的 ERP 成分, 被称为反馈相关负波(feedback-related negativity, FRN)或者内侧额叶负波(medial frontal negativity, MFN)。该成分大约在反馈呈现后 250~300 ms 内达到峰值, 其源定位在前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)附近, 输钱会比赢钱引发更大的 FRN 波幅(Gehring & Willoughby, 2002; Masaki, Takeuchi, Gehring, Takasawa, & Yamazaki, 2006; Yu, Luo, Ye, & Zhou, 2007)。Holroyd, Hajcak 和 Larsen (2006)认为 FRN 反映了个体对当前所得到的结果是否符合预期的一种评价。另一些研究者则认为 FRN 反映的是对反馈刺激情绪动机意义的评价过程(Gehring & Willoughby, 2002; Masaki et al., 2006; Yu et al., 2007)。最近也有研究者提出, FRN 可能反映了大脑的冲突监控过程, 反馈刺激引起的冲突越大, 其诱发的 FRN 波幅越大。FRN 脑内源定位于 ACC, 而 ACC 正是负责冲突监控的脑区(Gehring & Fencsik, 2001; Jia et al., 2007; Veen & Carter, 2002)。与结果评价有关的另一个 ERP 成分是 P300, 其波峰出现在反馈后 200~600 ms 之间, 研究者认为 P300 主要是对结果的金额大小的加工(Sato et al., 2005; Yeung & Sanfey, 2004), 但近期的研究也发现 P300 对结果的输赢也敏感(Hajcak, Holroyd, Moser, & Simons, 2005; Wu & Zhou, 2009; Yeung et al., 2005; Zhou, Yu, & Zhou, 2010)。Yeung 和 Sanfey (2004)认为 P300 可能代表的是一种高水平的情绪动机的评价, 而不是结果效价的直接评价。

近期, 研究者采用 FRN 和 P300 成分作为电生理指标, 考察了各种社会情境中的结果评价过程。Hewig 等人(2011)采用最后通牒任务研究了社会博弈中公平加工有关的心理生理学机制。其研究表明, 相对于公平提议, 不公平提议诱发了更大的 FRN, 并且 FRN 的波幅可以预测被试对不公平提议的拒绝率。这表明, 在最后通牒任务中 FRN 与理解他人行为公平与否有关, FRN 可以作为公平感觉的一个指标。Long, Jiang 和 Zhou (2012)研究发现, 信任感可以影响结果评价后的 FRN 和 P300 波幅, 相对于信任情境, 在不信任情境下, FRN 效应会显著减弱。也有研究探讨了责任分散对结果评价的影响, 结果表明, 相对于低责任情境, 在高责任情境下结果反馈会诱发更大的 FRN 和 P300 波幅(Li, Han, Lei, Holroyd, & Li, 2011; Li et al., 2010)。这些研究均表明, FRN 或者 P300 可以作为区分不同社会情境的脑电指

标。那么, 人际合作与冲突情境中的结果评价过程, 如何体现在 FRN 和 P300 波幅上?

现实生活中, 很多决策都是发生在复杂的社会情境中, 决策双方的选择是相互影响的。在一个可以产生相互合作或者冲突的社会博弈情境中, 个体如何评价不同博弈策略所导致的结果, 这些评价过程如何影响随后的决策行为; 博弈后的合作与冲突结果评价的时间进程反映在 FRN 和 P300 上有何差异? 目前尚无研究深入地探讨这一问题。为此, 本研究试图采用 ERPs 技术和 Chicken Game 博弈任务探究合作与冲突社会互动情境中的结果评价过程。研究记录了被试与人类同伴进行 Chicken Game 博弈时的脑电活动, 将结果评价有关的 FRN 和 P300 作为电生理指标, 考察被试评价合作或者冲突结果时的心理加工过程。在 Chicken Game 任务中, 相对于选择冲突, 选择合作时个体会更加期待对方也选择合作; 因此, 选择合作可能会增加个体对博弈结果的预期。根据 Holroyd 等人(2006)的研究, FRN 反映预期与实际结果之间的差异。本研究假设, 选择合作后输钱与赢钱引发的 FRN 波幅差异更大, 即合作情境下的 FRN 差异波(dFRN)会大于冲突情境下的 FRN 差异波(dFRN)。此外, 根据以往的研究, P300 是反映注意分配或者高水平动机/情感以及社会性信息评价的成分(Leng & Zhou, 2010; Ma et al., 2011; Nieuwenhuis, Aston-Jones, & Cohen, 2005), 而合作共赢的结果除了具有本身的物质奖励还有社会奖励的意义, 相互合作后的赢钱比单纯的赢钱更有意义。因此, 除了预期赢钱会比输钱引发更大的 P300, 本研究还预期, 选择合作后的赢钱与输钱引发的 P300 差异会更大。

2 方法

2.1 方法

22 名在校大学生(11 男 11 女, 年龄在 18~25 岁之间, 平均年龄 22.7 ± 2.41)参加了本次实验。2 名实验助手充当与被试进行博弈任务的对手, 男女各 1 名, 年龄分别为 24 岁和 26 岁。实验中, 被试和对手之间性别匹配。所有被试都身心健康, 右利手, 无神经系统疾病, 视力正常或矫正视力正常。实验前签署知情同意书, 实验后按照被试在实验任务的表现给予一定报酬。

2.2 任务和程序

本实验采用 Chicken Game 作为实验任务。Chicken Game 类似于囚徒困境, 是研究人类合作

与冲突行为的一种博弈任务。在这个任务中, 两个参与者都可以选择“和解”(Reconciliation)或者“进攻”(Aggression)这两种策略, 每个参与者得到的报酬由双方的选择共同决定。Chicken Game 有四种可能的结果: 参与者 A 和参与者 B 都选择和解(简称 RR); 参与者 A 选择和解而参与者 B 选择进攻(简称 RA); 参与者 A 选择进攻而参与者 B 选择和解(简称 AR); 两个参与者都选择进攻(简称 AA)。四种结果的收益满足以下条件: $AR > RR > RA > AA$, 并且 $AR + AA = RA + RR = 0$ (Fukui et al., 2006)。Chicken Game 强调的是, 如何在博弈中采用妥协的方式取得利益。如果双方都换位思考, 他们就会尽量选择和解的策略以保证两个人都可以获得一定的收益。但如果只从自己立场出发考虑问题, 就会更多地选择进攻策略, 为自己争取更多利益。Chicken Game 可以给博弈者呈现一个比较真实的社会情境, 在这个情境中可以产生相互合作或者相互冲突的社会行为。囚徒困境 (Prisoner's dilemma Game)任务中虽然也可以产生相互合作或者背叛的社会情景, 但囚徒困境任务中存在明显的优势策略, 即无论对方选择何种策略, 选择背叛的收益总是大于选择合作的收益。Chicken Game 并不存在上述的优势策略, 因此 Chicken Game 更类似于人类生活中经常遇到的社会问题。并且由于该任务没有明显的优势策略, 更适合于 ERP 实验范式(ERP 的平均叠加需要各种实验条件下的 trials 达到一定的数目)。

被试(A)来到实验室后, 先向他/她介绍另一名参与实验的被试 B (实际为实验助手), 然后采集他们的照片, 作为实验的提示线索。告诉被试他/她将与参与者 B (实验助手)通过局域网进行一个博弈任务, 并且依据他们在任务中的表现得到奖励。在调试好 EEG 电极之后, 被试坐在脑电实验室的房间, 参与者 B 在邻近的另一房间。为了增加任务的真实性, 在实验开始前会带被试去另一个房间观看, 并且让被试看到参与者 B 就坐在这个房间的电脑前准备与他/她进行博弈任务。正式实验开始时告知被试在任务开始他们有 20 元的本钱, 这笔钱将会根据他们在随后任务的结果增加或减少, 每一局的博弈结果都和他们最终的报酬有关。被试可以在每一局的博弈中做出对自己最有利的选择。

每个 trial 开始首先呈现参与者 B 的照片 500 ms, 接着呈现一个由不同选择策略导致不同结果的收益矩阵(水平视角: 6.9° ; 垂直视角: 4.6°)。被试在看到这个收益矩阵后 2000 ms 内做出和解或者进

攻的选择, 键盘上‘1’和‘3’分别代表和解和进攻策略, 按键在被试间平衡。要求被试在认真考虑后按键进行选择。在被试做出按键选择之后, 他/她所选择的策略会用红色标出, 并呈现 1000 ms。最后呈现被试和搭档的共同选择所导致的结果 1500 ms (水平视角: 4.9°; 垂直视角: 3.5°)。为了使结果反馈简单明了, 在呈现的反馈中, 只有被试和搭档的选择所引起的结果的单元被保留, 其他三个单元都被隐去。括弧外面用红色标出的钱数是被试所得到的收益, 括弧里面的钱数是参与者 B 的收益。被试得到对方“和解”或“进攻”(A 或 R)的反馈结果按 50% 的概率伪随机呈现。即当被试选择和解时, 50% 的 trials 给被试呈现对方选择和解(即双方都选择和解, 每人均赢得 10 元, RR)或者 50% 的 trials 给被试呈现对方选择进攻(即被试选择和解对方选择进攻, 被试输 10 元对方赢 30 元, RA)的结果; 同样当被试选择进攻时, 50% 的 trials 给被试呈现对方选择和解(即被试选择进攻对方选择和解, 被试赢 30 元对方输 10 元, AR)或者对方选择进攻(即双方都选择和解, 每人均输 30 元, AA)的结果。结果反馈出现在收益矩阵中的位置在被试间进行平衡。实验刺激之间的间隔以及 trials 之间间隔均为 600~800 ms 随机。被试先和搭档进行 15 个 trial 的练习实验, 在确保被试真正理解了实验程序之后开始正式实验。正式实验分为 2 个 block, 每个 block 包括 100 trials, 整个实验持续大约 30 min。所有被试均表示相信实验中对对方的选择是真人做出的。

2.3 脑电记录与分析

采用 NeuroScan ERP 记录与分析系统(NeuroScan Inc., USA), 按国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG。以双侧乳突平均值为参考, 具体做法是, 在记录中所有电极参考置于右乳突的一只参考电极, 离线分析时再次以置于左乳突的有效电极进行再参考, 即从各导联信号中减去该电极所记录信号的 1/2。双眼外侧安置电极记录水平眼电(HEOG), 左眼上下安置电极记录垂直眼电(VEOG)。每个电极处的头皮电阻保持在 5 k Ω 以下。滤波带通为 0.05~100 Hz, 采样频率为 1000 Hz, 采样增益(Gain)为 20000。完成连续记录 EEG 后离线(off-line)处理数据, 用 Scan 软件校正 VEOG 和 HEOG (Semlitsch, Anderer, Schuster, & Presslich, 1986), 并充分排除其他伪迹, 波幅大于 $\pm 75 \mu\text{V}$ 者被视为伪迹自动剔除。

本研究主要分析博弈结果评价阶段的 ERP, 根据反馈刺激类型进行分段叠加, 刺激前 200 ms (作

为基线)开始到刺激呈现后 1000 ms, 分析的 ERP 成分分为 FRN 和 P300。根据已有的研究, FRN 在反馈刺激后 250 ms 左右达到峰值(Gehring & Willoughby, 2002; Marco-Pallares et al., 2008; Yeung & Sanfey, 2004), 我们首先将 200~300 ms 的平均波幅作为 FRN 进行重复测量方差分析。考虑到 FRN 成分可能会受到晚期正成分(P300)的影响, 我们也测量了 200~300 ms 之间最负峰值作为 FRN (Rigoni, Polezzi, Rumiati, Guarino, & Sartori, 2010), 以及选择和解与进攻两种情境下的 FRN 差异波(dFRN, 输钱引发的波幅减去赢钱引发的波幅), 将两种情境下的 dFRN 效应定义为 200~400 ms 时间窗口内差异波的最负的峰值(Chen et al., 2012; Hajcak et al., 2005; Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2007)。P300 测量的是 300~600 ms 时间内的平均波幅(Gu, Wu, Jiang, & Luo, 2011; Polezzi, Sartori, Rumiati, Vidotto, & Daum, 2010)。选择中线上的 5 个电极点进入统计分析: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz, 对 FRN 和 P300 进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 2 (反馈效价: 输, 赢) \times 5 (电极: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz)的三因素重复测量方差分析(repeated measure ANOVA), 对 FRN 差异波(dFRN)进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 5 (电极: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz)二因素重复测量方差分析。统计结果非球形性时采用 Greenhouse-Geisser 法校正 p 值, 多重比较时采用 Bonferroni 校正。

3 结果

3.1 行为结果

在 Chicken Game 任务中, 和解与进攻的选择率分别为 0.42 ± 0.08 和 0.58 ± 0.08 。配对 t 检验表明, 选择和解的比率选择小于选择进攻的比率, $t(21) = -4.721, p < 0.01$ 。选择和解与选择进攻的平均反应时(RT)分别为 561.83 ± 164.12 ms 和 570.99 ± 177.29 ms。选择两种策略的反应时之间没有显著差异, $t(21) = -0.826, p > 0.05$ 。

为了探讨不同反馈类型对被试随后选择策略的影响, 分别计算被试接受 4 种反馈(RR, RA, AA, AR)后的下一个 trials 中和解的选择率。对四种反馈后和解的选择率进行单因素方差分析。结果表明, 反馈类型的主效应显著, $F(3, 63) = 19.89, p < 0.001, \eta^2 = 0.49$ 。事后比较表明, 在接受 RR (两人都选择和解)反馈后, 被试选择和解的比率($M = 0.55, SE = 0.039$)大于接受 RA 与 AA 反馈后选择和解的比率($M = 0.37, SE = 0.041; M = 0.22, SE = 0.028$); RR 反

馈后选择和解的比率($M = 0.55$, $SE = 0.039$)与 AR 反馈后选择和解的比率($M = 0.52$, $SE = 0.030$)之间没有显著差异(见图 4A)。

3.2 ERP 结果

去除伪迹后进行 ERP 数据分析时, 四种反馈条件下叠加平均的有效 trials 数分别为: 参与者 A 和参与者 B 都选择和解(RR)33 个 trials; 参与者 A 选择和解而参与者 B 选择进攻(RA)37 个 trials; 参与者 A 选择进攻而参与者 B 选择和解(AR)55 个 trials; 两个参与者都选择进攻(AA)45 个 trials。

3.2.1 FRN

首先对 200~300 ms 的平均波幅 FRN 进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 2 (反馈效价: 输, 赢) \times 5 (电极: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz) 的三因素重复测量方差分析。反馈效价的主效应显著, $F(1, 21) = 13.03$, $p = 0.002$, $\eta^2 = 0.38$, 输钱引发的 FRN ($M = 2.99 \mu V$, $SE = 0.86$) 比赢钱引发的 FRN 更大($M = 5.14 \mu V$, $SE = 1.12$)。选择策略与反馈效价的交互作用显著, $F(1, 21) = 13.99$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.40$ 。简单效应分析表明, 选择和解时, 反馈效价主效应显著($F(1, 21) = 19.91$, $p < 0.01$), 输钱反馈引发的 FRN ($M = 1.95 \mu V$, $SE = 0.89$) 大于赢钱反馈引发的 FRN ($M = 5.79 \mu V$, $SE = 1.21$)。选择进攻时, 反馈效价主效应不显著($F(1, 21) = 0.55$, $p > 0.05$)。此外, 上述 FRN 的交互作用也可以从另一个角度进行分解, 即在赢钱条件下, 选择策略的主效应不显著($F(1, 21) = 2.76$, $p = 0.11$); 在输钱条件下, 选择策略的主效应显著, ($F(1, 21) = 19.91$, $p < 0.01$), 选择和解反馈引发的 FRN ($M = 1.95 \mu V$, $SE = 0.89$) 大于选择进攻反馈引发的 FRN ($M = 4.03 \mu V$, $SE = 0.96$)。

对 200~300 ms 的最负峰值 FRN 进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 2 (反馈效价: 输, 赢) \times 5 (电极: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz) 的三因素重复测量方差分析。选择策略与反馈效价的交互作用显著, $F(1, 21) = 4.91$, $p = 0.038$, $\eta^2 = 0.19$ 。但简单效应分析表明, 选择和解与选择进攻条件下, 反馈效价的主效应都没达到显著水平, ($F(1, 21) = 2.36$, $p = 0.139$; $F(1, 21) = 0.76$, $p = 0.394$)。根据上述结果, 我们只选择了 FRN 波幅最大的电极点 Fz 上的峰值进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 2 (反馈效价: 输, 赢) 的两因素重复测量方差分析。结果表明, 在 Fz 电极点上, 反馈效价的主效应显著, $F(1, 21) = 11.91$, $p = 0.002$, $\eta^2 = 0.36$, 输钱引发的 FRN ($M = -0.61 \mu V$, $SE = 0.90$) 比赢钱引发的 FRN 更大($M = 1.69 \mu V$, $SE = 1.00$)。选择策略

与反馈效价的交互作用显著, $F(1, 21) = 16.32$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.44$ 。简单效应分析表明, 选择和解时, 反馈效价主效应显著($F(1, 21) = 22.59$, $p < 0.01$), 输钱反馈引发的 FRN ($M = -1.66 \mu V$, $SE = 1.03$) 大于赢钱反馈引发的 FRN ($M = 2.65 \mu V$, $SE = 1.07$)。选择进攻时, 反馈效价主效应不显著($F(1, 21) = 0.15$, $p > 0.05$) (见图 1 与图 2)。

对 FRN 差异波进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 5 (电极: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz) 二因素重复测量方差分析。选择策略的主效应显著, $F(1, 21) = 9.23$, $p = 0.006$, $\eta^2 = 0.31$, 选择和解策略下的 dFRN 波幅 ($M = -6.21 \mu V$, $SE = 0.82$) 显著大于进攻策略下的 dFRN 波幅 ($M = -3.70 \mu V$, $SE = 0.83$)。电极点的主效应显著, $F(4, 84) = 5.78$, $p = 0.018$, $\eta^2 = 0.22$ 。事后比较表明, Fz 以及 FCz 电极点上的 dFRN 波幅 ($M = -6.28 \mu V$, $SE = 0.84$; $M = -5.96 \mu V$, $SE = 0.90$) 大于 CPz 电极点上的 dFRN 波幅 ($M = -4.65 \mu V$, $SE = 0.68$, $p < 0.05$) (见图 1 与图 3)。

3.2.2 P300

对 P300 进行 2 (选择策略: 和解, 进攻) \times 2 (反馈效价: 输, 赢) \times 5 (电极: Fz/Fcz/Cz/CPz/Pz) 的三因素重复测量方差分析。结果表明, 反馈效价的主效应显著, $F(1, 21) = 13.60$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.39$, 赢钱引发的 P300 波幅 ($M = 9.84 \mu V$, $SE = 1.07$) 大于输钱引发的 P300 波幅 ($M = 7.67 \mu V$, $SE = 0.79$)。选择策略与反馈效价的交互作用显著, $F(1, 21) = 16.43$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.44$ 。简单效应分析表明, 选择和解时, 反馈效价主效应显著($F(1, 21) = 19.32$, $p < 0.01$), 赢钱引发的 P300 波幅 ($M = 10.39 \mu V$, $SE = 1.30$) 大于输钱引发的 P300 波幅 ($M = 6.57 \mu V$, $SE = 0.73$)。选择进攻时, 反馈效价主效应不显著($F(1, 21) = 1.04$, $p > 0.05$) (见图 1 与图 2)。P300 的交互作用也可以从另一个角度进行分解, 即在赢钱条件下, 选择策略的主效应不显著($F(1, 21) = 1.10$, $p = 0.31$); 在输钱条件下, 选择策略的主效应显著, ($F(1, 21) = 6.74$, $p = 0.017$), 进攻反馈引发的 P300 ($M = 8.77 \mu V$, $SE = 1.04$) 大于和解反馈引发的 P300 ($M = 6.57 \mu V$, $SE = 0.73$)。电极点的主效应显著, $F(4, 84) = 7.20$, $p = 0.005$, $\eta^2 = 0.26$ 。事后比较表明, Cz 以及 CPz 电极点上的 P300 波幅 ($M = 9.91 \mu V$, $SE = 0.896$; $M = 9.63 \mu V$, $SE = 0.96$) 大于 Fz 以及 FCz 电极点上的 P300 波幅 ($M = 6.38 \mu V$, $SE = 0.82$; $M = 8.23 \mu V$, $SE = 0.90$, $p < 0.05$)。

3.2.2 ERP 波幅与和解选择率的相关与回归分析

对 4 种反馈引起的 FRN 以及 P300 波幅与接受 4 种反馈后和解的选择率进行相关分析。结果表明,

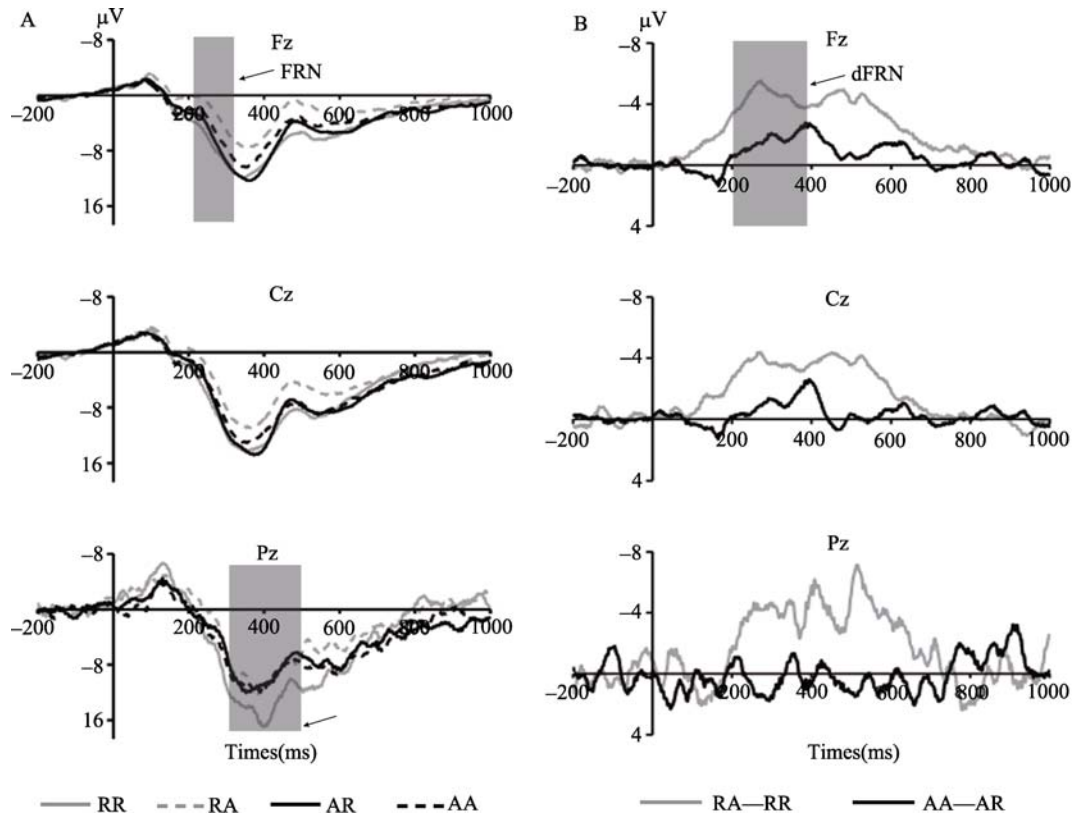


图1 (A)四种反馈结果在Fz, Cz和Pz电极点上总平均的波形图。RR表示被试和对方都选择和解(+10/+10); RA表示被试选择和解对方选择进攻(-10/+30); AR表示被试选择进攻对方选择和解(+30/-10); AA表示被试和对方都选择进攻(-30/-30)。(B)选择和解与选择进攻条件下的dFRN在Fz, Cz和Pz电极点上总平均的波形图。RA-RR表示和解条件下输钱与赢钱的FRN差异波, AA-AR表示选择进攻条件下输钱与赢钱的FRN差异波。

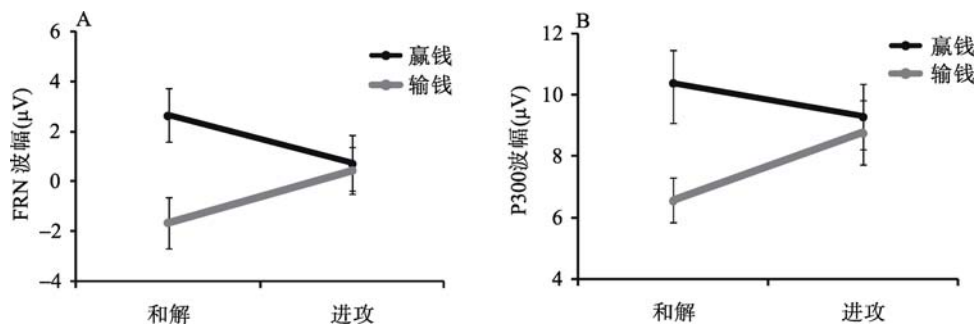


图2 (A) Fz电极点上和解与进攻条件下输钱与赢钱引发的FRN (峰值)的均值与标准误。(B) Fz /Fcz /Cz /CPz /Pz 电极点上和解与进攻条件下输钱与赢钱引发的P300的均值与标准误。

RA反馈所引起的FRN波幅(Fz点)与接受RA反馈后下一个trials中和解的选择率呈显著的负相关($r = -0.55, p = 0.009$)。回归分析表明, RA反馈所引起的FRN波幅越大的被试, 在接受RA反馈的下一个trials中选择和解的比率越大, FRN波幅可以解释RA反馈后和解选择率30%的变异量($R^2 = 0.30, F(1,20) = 8.41, p = 0.009$)。对RA反馈引起的FRN波幅与总的和解选

择率进行相关分析, 结果表明, RA反馈所引起的FRN波幅与总的和解选择率也呈显著的负相关($r = -0.59, p = 0.004$)。其他三种反馈(RR, AA, AR)引起的FRN波幅与接受该反馈后和解的选择率(或者总的和解选择率)之间相关不显著。此外, 四种反馈引起的P300波幅与接受四种反馈后和解的选择率之间相关不显著(见图4B)。

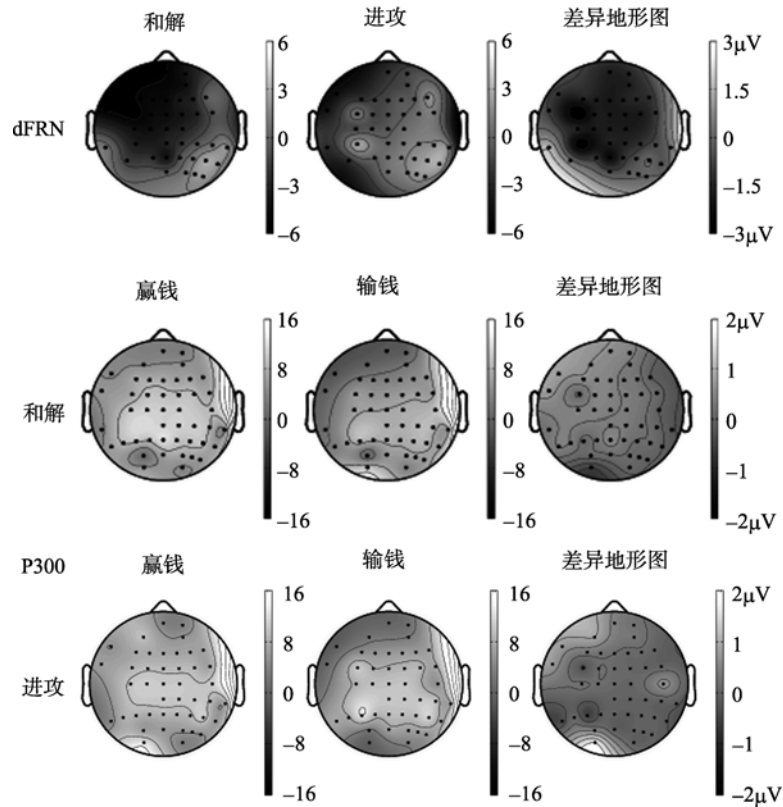


图3 和解与进攻条件下FRN差异波dFRN (250 ms)以及两种条件下赢钱和输钱的P300 (300~600 ms)的脑地形图。最右一列的差异地形图是指前两列中两种条件相减的后的地形图分布。

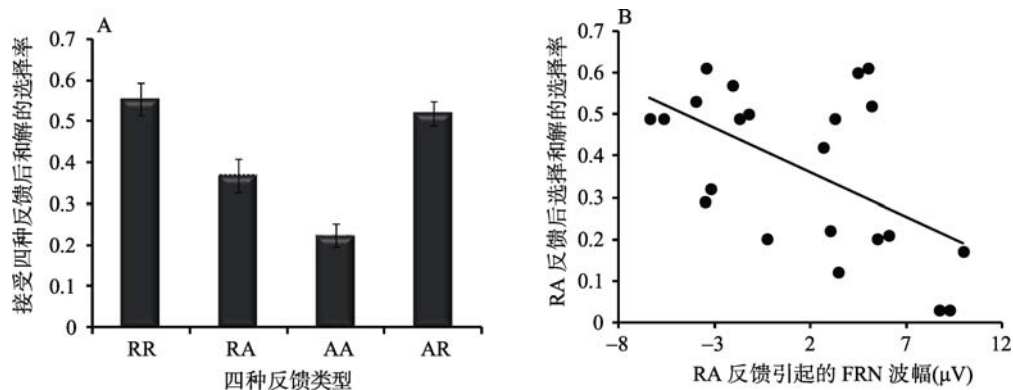


图4 (A) 接受4种反馈之后被试选择和解的比率, RR表示两人都和解, RA被试选择和解对方选择进攻, AA表示两人都选择进攻, AR表示被试选择进攻对方选择和解。(B) RA反馈引起的FRN波幅与接受RA反馈后被试选择和解比率的相关散点图。

4 讨论

目前为止,采用ERPs技术深入考察人际合作与冲突如何影响个体决策选择之后结果评价过程的研究尚显不足。本研究结合ERPs技术与Chicken Game任务,采用FRN和P300作为电生理指标,考察了合作与冲突预期对社会博弈中结果评价的影响。研究进一步揭示了个体对合作与冲突结果的认

知评价过程,为进一步了解社会决策加工过程提供了一定的电生理学证据。下面分别从FRN和P300这两个脑电指标讨论人际合作与冲突对社会博弈中结果评价过程的影响。

4.1 FRN反映主观预期与实际结果之间的冲突强度以及相对损失大小

ERP的结果表明,FRN选择策略的主效应不显著。本研究中选择策略也对应着数量大小维度,这

表明FRN波幅并不直接受到收益或者损失大小的影响,这与前人的一些研究结果是一致的,即FRN对反馈大小这个维度不敏感(Gehring & Willoughby, 2002; Yeung & Sanfey, 2004)。但本研究发现,FRN的波幅受到选择策略和反馈效价的共同影响,简单效应分析表明,只有在选择和解时输钱引发的FRN波幅才显著大于赢钱引发的FRN波幅,而选择进攻时输赢所引起的FRN波幅差异并没有达到显著。FRN差异波(dFRN)的结果也与上述结果一致,选择和解条件下的dFRN波幅大于选择进攻条件下的dFRN波幅。根据以往的研究,FRN反映的是大脑ACC区域对负性结果的加工(Gehring & Willoughby, 2002; Masaki et al., 2006; Yu et al., 2007)。从另一个角度对FRN的交互作用进行简单效应分析表明,FRN波幅的差异主要是源自于输钱条件下,选择和解与进攻之间的差异。选择和解输钱的FRN大于选择进攻输钱的FRN,这表明个体对负性结果的评价并不是由客观的损失大小所决定,个体的主观预期会显著影响对负性结果的评价过程。在本研究中,被试选择和解,表明此时被试愿意与对方一起合作共赢,因此主观上更加期待对方选择和解。当电脑给予的反馈是对方选择进攻时,这一结果与被试的预期差异很大;此时被试可能会对该结果感到失望与懊恼,因为如果对方也选择合作,两人就会都赢得到10元。因此,被试选择和解对方选择进攻的结果,引起的认知或者情绪冲突会更加强烈,所引发的FRN波幅也更大。

在非社会互动情境中,FRN一般是由负性反馈引发,并且与反馈大小无关(Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2006)。强化学习理论以及冲突监控理论认为,FRN反映的是实际结果与预期之间的差异。Oliveira, McDonald和Goodman (2007)提出的预期偏离假说(expectancy deviation hypothesis)认为无论反馈的效价如何,只有当实际结果与预期不匹配时才会产生明显的FRN。如果个体对事件结果的预期是负性的,而实际结果却是正性反馈也会产生明显的FRN。也就是说FRN产生根本原因是实际结果与预期之间的不匹配,而不是效价上的差异。本研究中选择进攻时输赢所引起的FRN波幅差异并未达到显著。出现这种结果的可能原因是,选择进攻之后,虽然也有效价(输赢)上的差异,但在选择进攻情境下被试对他人选择合作预期可能并不强烈,或者说此时被试会事先猜测对方可能也选择进攻。因此,被试选择进攻时,不管对方选择何种策略,被

试可能已经做好最坏的打算,此时的输钱反馈与被试主观预期的冲突并不那么强烈,所以输钱引发的FRN并没有显著大于赢钱所引发的FRN。与本研究结果一致,Long等人(2012)研究发现,信任感可以调节大脑对结果的反应。在信任条件下输赢之间的FRN差异显著;而不信任条件下,输赢之间的FRN差异不显著。研究者认为在信任情境下,输赢之间的FRN差异反映了对社会预期违反的检测。而不信任情境下之所以出现FRN效应显著减弱,是因为不信任激活了被试的超然感(a sense of aloofness),在这种情境下被试根本或者较少地对随后的事件产生预期。此外,我们推测本研究中选择进攻条件下FRN效应减弱也可能与被试的个体差异有关。我们对每个被试的AVG观测发现,有些被试选择进攻之后的输赢之间的FRN差异非常明显,而有些被试选择进攻后输赢之间的FRN则没有差异,这种结果背后的个体差异机制还有待进一步的研究。

已有研究表明,预期会影响FRN波幅,与预期不一致的负性结果会产生更大的FRN波幅(Gibson, Krigolson, & Holroyd, 2006; Holroyd & Coles, 2002; Wu & Zhou, 2009),但也有研究发现预期对FRN波幅没有影响,而只影响P300的波幅(Cohen & Ranganath, 2007; Hajcak et al., 2005; Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2007)。根据本研究结果,我们认为,预期对FRN的影响取决于主观预期和实际结果之间的冲突强度,两者之间冲突越大,所引起的FRN波幅越大。Zhou等人(2010)研究发现,FRN的波幅受到个体的行动与否的影响,相对于不行动条件,在行动条件下输钱比赢钱引发更大的FRN波幅。研究者认为行动增加了个体对结果的主观期待,因此在行动条件下引发的FRN更大。也有研究表明个体所承担的责任大小会影响FRN的波幅,对于同样的负性结果,当个体在决策时承担的责任越大,所引发的FRN的波幅就越大(Li et al., 2010)。这些结果表明,对负性结果的评价受到个体对反馈结果主观认知或者体验的影响。结合上述研究结果,我们认为在本研究合作行为增加了个体对博弈结果的主观预期,因此,在合作情境下,损失与收益引起的FRN差异更大。

FRN波幅与和解选择率之间的相关分析表明,RA反馈引起的FRN波幅越大的被试,在接受RA反馈后下一个trials中选择和解比率以及总体选择和解的比率越大。这表明RA反馈引起的FRN可以在一定程度上预测个体随后的决策行为。Boksem和De

Cremer (2010)采用最后通牒任务研究了公平感与FRN之间的关系,结果表明,相对于公平提议,不公平提议引发了更大的FRN,并且这种效应在那些更在意公平(公平感更强)的被试中更加明显。如前所述,本研究中RA反馈是博弈对方违背个体的合作意愿而选择进攻的一种结果;因此,RA反馈引起的FRN波幅反映了个体对他人合作行为的社会预期强度,RA反馈引发的FRN波幅越大,表明被试对他人合作的预期越强烈,或者说这些被试更愿意相信对方表现出合作行为。因此,RA反馈引起的FRN波幅越大的被试在随后的博弈中(以及总的博弈过程中)会更多地选择合作行为。

此外,根据本研究的FRN结果,我们认为社会博弈中结果评价的FRN成分也可能反映了个体对博弈结果进行社会比较的过程。根据社会比较理论(Social Comparison Theory),个体会自觉或者不自觉地将自己与他人进行比较(Festinger, 1954)。这种比较会影响到个体对结果的评价,同样是损失10元,如果此时别人得到30元,个体对损失的负性体验就会增加;而如果此时别人也损失同样的钱数,损失引起的负性体验就会降低。Wu, Zhou, Van Dijk, Leliveld和Zhou (2011)采用最后通牒任务考察了社会比较对结果公平性评价的影响,研究结果表明,对不公平提议的评价的确受到社会比较的影响。在本研究中,如果被试和对方都选择进攻,虽然两人都损失30元,但从相对损失来看,他们相对损失差异是零。而当被试选择和对方选择进攻时,被试损失10元但对方得到30元,对被试来说相对损失差异就是40元。被试可能更加难以接受后者,因此引发的FRN波幅更大。总之,FRN结果表明,社会博弈情境下的FRN反映的并不是反馈结果本身的性质与量,而是主观预期与反馈评价的符合程度。反馈信息虽然是客观的,但只有主观知觉后才能起作用。产生FRN的系统在评价得失时包括着对社会情境因素的认知,换言之,产生FRN的系统不是评价收益或者损失的绝对价值,而是评价该收益或者损失相对于可能的收益或损失的总体价值。

4.2 P300 反映金钱奖励与社会奖励的加工过程

结果表明,赢钱引发的P300比输钱引发的P300更大,这重复了先前的一些研究结果(Hajcak et al., 2005; Leng & Zhou, 2010; Wu & Zhou, 2009; Yeung et al., 2005)。很多关于结果评价的ERP研究都已涉及到P300,这些研究一致认为P300和FRN都是反映结果评价的重要脑电成分。有些研究表明,

P300只对反馈的大小敏感,而对反馈效价不敏感(Yeung & Sanfey, 2004)。但最近的很多研究也发现反馈效价也可以影响P300的波幅,赢钱会引发更大的P300(Hajcak et al., 2005; Wu & Zhou, 2009; Yeung et al., 2005; Zhou et al., 2010)。对于赢钱引发的P300大于输钱引发的P300的解释,目前并没有一致的结论。一般认为, P300和决策或结果评价中的注意资源分配(Gray, Ambady, Lowenthal, & Deldin, 2004)以及高水平的动机/情感评价(Leng & Zhou, 2010; Nieuwenhuis et al., 2005; Yeung & Sanfey, 2004)有关。

除了发现赢钱引发的P300大于输钱引发的P300,更有意义的是,本研究发现反馈效价对P300的影响受到人际合作与冲突的调节,选择和解后,赢钱和输钱的P300差异显著;选择进攻后,两者差异没有达到显著。结果评价中P300所代表的意义目前还没有一致的结论,很多研究者认为结果评价中P300与社会性的注意资源分配或者反馈引起动机和意义有关(Gray et al., 2004; Leng & Zhou, 2010; Linden, 2005; Yeung & Sanfey, 2004)。根据本研究P300的结果,我们认为社会博弈结果评价中的P300可能反映了金钱奖励与社会奖励的加工过程。在本研究中,当两人都选择和解时,双方都赢10元,这是一种互利共赢的博弈结果,这一结果引起的P300波幅更大,表明个体认为互利共赢的结果比单纯赢钱更有意义。Rilling等人(2002)采用囚徒困境任务发现,个体相互合作时激活了伏隔核(nucleus accumbens)、腹内侧额叶/眶额皮层(ventromedial frontal/orbitofrontal cortex)等与奖励加工有关的脑区。也有研究采用fMRI发现,社会奖励与金钱奖励激活了相同的脑区(Rademacher et al., 2010)。这表明个体把合作共赢的结果作为一种社会奖励,在一定程度上,其意义与金钱奖励的意义是等价的。Elliott等人(2006)的研究发现合作也是一种奖励加工过程,相互合作所得到奖励更强的激活了内侧眶额皮层(medial orbitofrontal cortex),通过合作得到的奖励比单独做得到的奖励更有价值。

本研究从结果评价的角度印证了上述研究结果,合作条件下赢钱与输钱引发的P300差异大于进攻条件下赢钱与输钱引发的P300差异。这表明社会奖励与金钱有着同样的价值,甚至更大的价值。合作共赢带来的社会奖励对人类的生存和发展有着重要的意义,在现实生活中,很多时候我们需要与他人共同进行一些任务,人类这种与他人为了同

一个目标而共同工作的能力对人类的群居生存具有重要意义(Newman-Norlund, Noordzij, Meulenbroek, & Bekkering, 2007)。基于互惠利他的合作不仅仅在一小部分物种中演化, 也构成了人类社会生活的核心行为准则(Rilling et al., 2002), 人们与他人寻求合作是为了获得共同的利益, 以达到合作共赢的目的, 只有这样才能更好地适应人类社会的发展。因此, 合作共赢的结果不仅具有物质奖励的属性, 还有社会奖励的价值。个体在评价社会博弈结果的过程中, 既加工其本身的物质意义, 也加工其背后隐含的社会价值, 并且这一加工过程可能反映在结果评价晚期的P300成分上。

参 考 文 献

- Boksem, M. A., & De Cremer, D. (2010). Fairness concerns predict medial frontal negativity amplitude in ultimatum bargaining. *Social Neuroscience*, 5(1), 118–128.
- Camerer, C. F. (2003). *Behavioral game theory: Experiments in strategic interaction*. Princeton: Princeton University Press.
- Chen, J., Zhong, J., Zhang, Y., Li, P., Zhang, A., Tan, Q., & Li, H. (2012). Electrophysiological correlates of processing facial attractiveness and its influence on cooperative behavior. *Neuroscience Letters*, 517(2), 65–70.
- Cohen, M. X., & Ranganath, C. (2007). Reinforcement learning signals predict future decisions. *Journal of Neuroscience*, 27(2), 371–378.
- Decety, J., Jackson, P. L., Sommerville, J. A., Chaminade, T., & Meltzoff, A. N. (2004). The neural bases of cooperation and competition: An fMRI investigation. *NeuroImage*, 23(2), 744–751.
- Elliott, R., Völlm, B., Drury, A., McKie, S., Richardson, P., & William Deakin, J. (2006). Co-operation with another player in a financially rewarded guessing game activates regions implicated in theory of mind. *Social Neuroscience*, 1(3-4), 385–395.
- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations*, 7(2), 117–140.
- Fukui, H., Murai, T., Shinzaki, J., Aso, T., Fukuyama, H., Hayashi, T., & Hanakawa, T. (2006). The neural basis of social tactics: An fMRI study. *NeuroImage*, 32(2), 913–920.
- Gehring, W. J., & Fencsik, D. E. (2001). Functions of the medial frontal cortex in the processing of conflict and errors. *Journal of Neuroscience*, 21(23), 9430–9437.
- 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.
- Gibson, J., Krigolson, O., & Holroyd, C. (2006). Sensitivity of the feedback error-related negativity to reward probability. *Psychophysiology*, 43, S41–S42.
- Gray, H. M., Ambady, N., Lowenthal, W. T., & Deldin, P. (2004). P300 as an index of attention to self-relevant stimuli. *Journal of Experimental Social Psychology*, 40(2), 216–224.
- Gu, R., Wu, T., Jiang, Y., & Luo, Y. J. (2011). Woulda, coulda, shoulda: the evaluation and the impact of the alternative outcome. *Psychophysiology*, 48(10), 1354–1360.
- Hajcak, G., Holroyd, C. B., Moser, J. S., & Simons, R. F. (2005). Brain potentials associated with expected and unexpected good and bad outcomes. *Psychophysiology*, 42(2), 161–170.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2006). The feedback-related negativity reflects the binary evaluation of good versus bad outcomes. *Biological Psychology*, 71(2), 148–154.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2007). It's worse than you thought: The feedback negativity and violations of reward prediction in gambling tasks. *Psychophysiology*, 44(6), 905–912.
- Hewig, J., Kretschmer, N., Trippe, R. H., Hecht, H., Coles, M. G., Holroyd, C. B., & Miltner, W. H. (2011). Why humans deviate from rational choice. *Psychophysiology*, 48(4), 507–514.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. H. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109(4), 679–708.
- Holroyd, C. B., Hajcak, G., & Larsen, J. T. (2006). The good, the bad and the neutral: Electrophysiological responses to feedback stimuli. *Brain Research*, 1105(1), 93–101.
- Jia, S., Li, H., Luo, Y., Chen, A., Wang, B., & Zhou, X. (2007). Detecting perceptual conflict by the feedback-related negativity in brain potentials. *Neuroreport*, 18(13), 1385–1388.
- Leng, Y., & Zhou, X. (2010). Modulation of the brain activity in outcome evaluation by interpersonal relationship: An ERP study. *Neuropsychologia*, 48(2), 448–455.
- Li, P., Han, C., Lei, Y., Holroyd, C. B., & Li, H. (2011). Responsibility modulates neural mechanisms of outcome processing: An ERP study. *Psychophysiology*, 48(8), 1129–1133.
- Li, P., Jia, S., Feng, T., Liu, Q., Suo, T., & Li, H. (2010). The influence of the diffusion of responsibility effect on outcome evaluations: Electrophysiological evidence from an ERP study. *NeuroImage*, 52(4), 1727–1733.
- Linden, D. E. (2005). The P300: Where in the brain is it produced and what does it tell us? *The Neuroscientist*, 11(6), 563–576.
- Long, Y., Jiang, X., & Zhou, X. (2012). To believe or not to believe: Trust choice modulates brain responses in outcome evaluation. *Neuroscience*, 200, 50–58.
- Ma, Q., Shen, Q., Xu, Q., Li, D., Shu, L., & Weber, B. (2011). Empathic responses to others' gains and losses: An electrophysiological investigation. *NeuroImage*, 54(3), 2472–2480.
- Marco-Pallares, J., Cucurell, D., Cunillera, T., García, R., Andres-Pueyo, A., Münte, T. F., & Rodríguez-Fornells, A. (2008). Human oscillatory activity associated to reward processing in a gambling task. *Neuropsychologia*, 46(1), 241–248.
- Masaki, H., Takeuchi, S., Gehring, W. J., Takasawa, N., & Yamazaki, K. (2006). Affective-motivational influences on feedback-related ERPs in a gambling task. *Brain Research*, 1105(1), 110–121.
- Newman-Norlund, R. D., Noordzij, M. L., Meulenbroek, R. G., & Bekkering, H. (2007). Exploring the brain basis of joint action: Co-ordination of actions, goals and intentions. *Social Neuroscience*, 2(1), 48–65.
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, 131(4), 510–532.
- Oliveira, F. T., McDonald, J. J., & Goodman, D. (2007). Performance monitoring in the anterior cingulate is not all

- error related: Expectancy deviation and the representation of action-outcome associations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(12), 1994–2004.
- Platt, M. L. (2002). Neural correlates of decisions. *Current Opinion in Neurobiology*, 12(2), 141–148.
- Polezzi, D., Sartori, G., Rumiati, R., Vidotto, G., & Daum, I. (2010). Brain correlates of risky decision-making. *NeuroImage*, 49(2), 1886–1894.
- Rademacher, L., Krach, S., Kohls, G., Irmak, A., Grunder, G., & Spreckelmeyer, K. N. (2010). Dissociation of neural networks for anticipation and consumption of monetary and social rewards. *Neuroimage*, 49(4), 3276–3285.
- Rapoport, A., & Chammah, A. (1966). The game of chicken. *American Behavioral Scientist*, 10(3), 10–28.
- Rigoni, D., Polezzi, D., Rumiati, R., Guarino, R., & Sartori, G. (2010). When people matter more than money: An ERPs study. *Brain Research Bulletin*, 81(4), 445–452.
- Rilling, J., Gutman, D., Zeh, T., Pagnoni, G., Berns, G., & Kilts, C. (2002). A neural basis for social cooperation. *Neuron*, 35(2), 395–405.
- Sato, A., Yasuda, A., Ohira, H., Miyawaki, K., Nishikawa, M., Kumano, H., & Kuboki, T. (2005). Effects of value and reward magnitude on feedback negativity and P300. *Neuroreport*, 16(4), 407–411.
- Semlitsch, H. V., Anderer, P., Schuster, P., & Presslich, O. (1986). A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts, applied to the P300 ERP. *Psychophysiology*, 23(6), 695–703.
- Veen, V., & Carter, C. S. (2002). The timing of action-monitoring processes in the anterior cingulate cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(4), 593–602.
- Wong, R. Y., & Hong, Y. Y. (2005). Dynamic influences of culture on cooperation in the prisoner's dilemma. *Psychological Science*, 16(6), 429–434.
- Wu, Y., & Zhou, X. (2009). The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Research*, 1286, 114–122.
- Wu, Y., Zhou, Y., Van Dijk, E., Leliveld, M. C., & Zhou, X. (2011). Social comparison affects brain responses to fairness in asset division: An ERP study with the ultimatum game. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 131.
- Yeung, N., Holroyd, C. B., & Cohen, J. D. (2005). ERP correlates of feedback and reward processing in the presence and absence of response choice. *Cerebral Cortex*, 15(5), 535–544.
- Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 24(28), 6258–6264.
- Yu, R. J., Luo, Y. J., Ye, Z., & Zhou, X. L. (2007). Does the FRN in brain potentials reflect motivational/affective consequence of outcome evaluation? *Progress in Natural Science*, 17, 136–143.
- Zhou, Z., Yu, R., & Zhou, X. (2010). To do or not to do? Action enlarges the FRN and P300 effects in outcome evaluation. *Neuropsychologia*, 48(12), 3606–3613.

Interpersonal Cooperation and Conflict Influenced Outcome Evaluation in Social Decision-making

BAI Liying¹; YUAN Bo²; ZHANG Wei¹; ZHANG Zhen³; Lan Jiao³; WANG Yiwen³

(¹ Department of Applied Psychology, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China)

(² Department of Psychology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

(³ Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

Abstract

Interpersonal cooperation and conflict are two primary types of interpersonal interaction, and take important role in human social development. Previous fMRI study employing the Chicken Game task has demonstrated that the anterior PCC were more active after risky/aggressive choices than safe/reconciliatory choices when the participants play the game against a human counterpart. However, it is still unclear how people evaluated the feedback when they played such a complex social game, where the mutual cooperation or mutual conflict might occur. In order to address this problem, we use the Chicken Game task and event-related potentials (ERPs) technique to explore how interpersonal cooperation and conflict affect the processing of outcome evaluation and the time course of evaluation to complex social interactive outcome feedback.

Brain potentials were recorded while 22 healthy adult participants played the Chicken Game against a human counterpart. In Chicken Game task, two players choose reconciliation or aggression each other; each was rewarded with a sum of money that depends upon the interaction of both players' choices. There are four possible outcomes: player A (subject) and player B reconcile (RR), player A reconciles and player B aggresses (RA), player A aggresses and player B reconciles (AR), or both player A and player B aggress (AA). The

behavioral data and ERP amplitudes (FRN and P300) associated with the four feedbacks were analyzed.

The behavioral data suggested that participants selected more aggression than reconciliation. The ERP results indicated that the amplitudes of FRN and P300 were not only influenced by feedback valence but also modulated by the interpersonal cooperation and conflict. The FRN and FRN effect (dFRN) were increased when the participants' anticipation were higher violated. Specifically, the FRN were largest when participants chose the conciliation while the counterpart chose aggression. The differences P300 between gains and losses were increased when participants chose cooperation, relative when they chose aggression.

These results indicated that interpersonal cooperation and conflict influenced the early and later stage of outcome evaluation under complex social game. In social gambling, cooperation increased the anticipation to the gambling outcome, and induced the larger FRN effect, and the double material and social significance of cooperation reciprocal outcome might induce the larger P300 amplitudes. The present study first provides preliminary evidences that interpersonal cooperation and conflict can modulate our outcome evaluation process.

Key words interpersonal cooperation; interpersonal conflict; FRN; P300; Chicken Game