



论文

人际关系影响竞争情境下结果评价的 ERP 证据

王益文^{①*}, 袁博^①, 林崇德^{②*}, 郑玉玮^①, 张振^①, 杜翠利^①^① 天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074;^② 北京师范大学脑与认知科学研究院, 认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京 100875

* 联系人, E-mail: wangeven@126.com; linchongde@263.net

收稿日期: 2011-08-25; 接受日期: 2011-09-17

国家自然科学基金(批准号: 30870780)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目、教育部新世纪优秀人才支持计划和认知神经科学与学习国家重点实验室开放课题资助

doi: 10.1360/052011-377

摘要 为了研究竞争情境下人际关系影响结果评价的认知神经机制, 记录 16 名健康成人进行扑克大小游戏时的脑电波, 分析被试与朋友以及与陌生人竞争时输赢反馈的 ERP. 在竞争情境下, 人际关系对与结果评价有关的反馈负波(FRN)和 P300 两个成分都有影响. 和朋友竞争的 FRN 波幅比和陌生人竞争的 FRN 波幅大, 表明 FRN 除了反映对结果输赢的快速评价, 还可能反映了由竞争所引起的认知冲突, 和朋友竞争引发更大的认知冲突. 和陌生人竞争的 P300 波幅比和朋友竞争的 P300 波幅大, 表明 P300 可能反映了一种晚期和社会性注意分配以及动机/情感有关的自上而下的结果评价过程.

关键词人际关系
竞争情境
朋友
结果评价
FRN
P300

在日常生活中, 竞争无处不在, 人们通过竞争获得好的或坏的结果. 竞争对手既可能有朋友, 也可能有陌生人. 对朋友和陌生人, 个体可能会采取不同的心理加工, 例如人们对朋友会比对陌生人给予更多的同情、关注和帮助^[1], 并会表现出更多的合作行为^[2,3]. 在竞争中, 与朋友竞争和与陌生人竞争会引发不同的情绪和生理唤醒程度^[4]. 已有研究发现, 个体与朋友互动和与陌生人互动引发的大脑的神经机制是不同的^[5]. 那么在决策任务中, 与朋友竞争和与陌生人竞争所引起的心理活动差异, 如何影响个体的结果评价过程?

结果评价是决策过程中重要的一步, 合理的决策需要对先前的结果(好的或者坏的)进行编码, 进而做出抉择^[6]. 近年来, 结果评价的神经机制越来越受到认知神经科学的关注^[7]. 已有研究表明, 结果评价涉及对结果的效价(如输赢)、金额大小以及结果反

馈有关的信息加工过程^[8-10]. 采用事件相关脑电位技术(event-related potentials, ERPs), 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, 输钱反馈会比赢钱反馈引发更大的 FRN 波幅^[10-13]. 有研究认为, FRN 反映的是对反馈刺激情绪动机意义的评价过程^[11,14,15]. 也有研究提出, FRN 可能反映了大脑的冲突监控功能. 他们认为, FRN 定位于 ACC, 冲突越大时, ACC 激活越强烈, 引发的 FRN 波幅越大^[16-19]. 与结果评价有关的另一个脑电成分是 P300, 其波峰出现在反馈后 200~600 ms 之间. 有研究认为, P300 主要是对结果金额大小的加工^[10,20]. 但近期的研究发现, P300 对结果的输赢也敏感^[9,13,21,22]. Yeung 和 Sanfey^[10]

认为, P300 可能代表的是一种高水平的动机/情感评价, 而不是结果效价的直接评价. 也有研究认为, P300 可能反映了结果评价中注意资源的分配以及有关社会性信息的加工过程^[8,23,24]. 综上所述, FRN 和 P300 分别反映结果评价过程中, 早期和晚期两个阶段对反馈结果不同内容的评价.

最初研究者大多采用单人的赌博游戏来研究结果评价, 但最近的研究开始关注不同社会情境以及人际关系对结果评价的影响. 竞争和合作是两种不同的社会情境, 它们在社会互动中都有着重要的作用. 近期的一些研究通过让被试观察和他/她有竞争或者合作关系的人进行赌博任务, 来探究不同社会情境下的结果评价. Itagaki 和 Katayama^[25]采用金钱赌博任务, 让被试在两种条件下观察对方进行赌博任务, 一个是合作条件——对方的输赢也是自己的输赢, 另一个是竞争条件——对方赢钱则自己输钱, 对方输钱则自己赢钱. 结果发现, 在合作情境中, 对方的输赢引发的 FRN 与自己完成任务时的输赢引发的 FRN 一样; 而在竞争情境中, 对方的赢钱, 相对被试就是输钱, 也引发了被试更大的 FRN. 这些结果表明, 个体对输赢的结果评价是依据自己利益为标准的. 人际关系也是影响结果评价的一个重要因素, 在人际互动中理解他人心理是进行良好的社会互动的认知基础^[26,27]. 研究者采用 ERP 技术记录被试观察陌生人以及朋友完成颜色命名 Stroop 任务时的脑电活动. 结果表明, 与观察陌生人相比, 观察朋友 ACC 激活的强度更强, 观察朋友进行任务时所引发的 FRN 比观察陌生人时更大^[28]. Leng 和 Zhou^[8]采用 ERP 技术记录被试自己进行赌博游戏, 以及观察朋友和观察陌生人进行赌博游戏时的脑电反应. 结果发现, FRN 的波幅和潜伏期在观察朋友和陌生人之间没有差异, 但人际关系会影响 P300 的波幅. 他们认为, 大脑对结果评价的反应可能分为两个阶段: 早期的半自动化加工和晚期注意加工, 人际关系可能对晚期注意敏感阶段起重要调节作用. 上述几项研究表明, 社会情境和人际关系都对结果评价有一定的调节作用, 但这种调节发生在结果评价的哪个阶段, 目前并没有得一致的结果, 这可能和不同研究者在研究中采用的任务不同有一定关系.

以往探究人际关系影响结果评价的研究^[8,24,28]都是让被试被动地观察朋友或者陌生人进行输赢结果与被试自己利益无关的赌博任务, 或者只是探讨竞

争情境下观察陌生人进行赌博的结果^[25]. 而在现实生活中, 通常会与和自己有不同人际关系的人进行直接竞争, 如朋友或者陌生人. 但目前, 还没有研究将人际关系与竞争情境两者结合起来, 探讨在直接竞争情境中, 人际关系如何影响个体的结果评价过程. 综合这些方面的考虑, 本研究为进一步增加实验任务的真实性和生态学效度, 让被试在直接竞争情境下和朋友以及陌生人互动进行一个赌博游戏, 并记录他们的脑电活动. 根据以往的研究^[11,13,29], FRN 反映了对结果效价的快速评价, 本研究假设一: 输钱比赢钱引发更大的 FRN 波幅. 根据 FRN 的冲突监控理论^[16,19], FRN 反映了对冲突大小的监控; 由于和朋友竞争引起的认知冲突更大^[4]; 本研究假设二: 和朋友竞争会比和陌生人竞争引起更大的 FRN 波幅; 根据以往的研究^[8,9,13,21,22], 本研究假设三: 赢钱可能会引起更大的 P300 波幅; 另外, 由于和陌生人竞争会引起更强的赢钱动机, 而 P300 作为一种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^[8,23,24], 本研究假设四: 与陌生人竞争可能会引起更大的 P300 波幅.

1 方法

1.1 被试

被试为 16 名本科生或研究生(8 男, 8 女, 年龄 19~26 岁之间, 平均年龄 22.3 岁), 参加实验前, 要求被试带一位同性别的好朋友一起参加实验. 2 名实验助手充当参加游戏被试的陌生人, 男女各 1 名, 年龄分别为 24 和 26 岁. 实验中, 将陌生人和被试之间进行性别匹配. 被试均为右利手, 身体健康, 无精神系统疾病, 没有脑部损伤史, 视力正常或校正后正常. 实验前签署知情同意书, 实验后给予被试一定报酬.

1.2 实验程序

采用扑克牌作为刺激材料, 选取红桃 A 到 K 共 13 张牌, 分别对应着 1~13 的点数. 用 Photoshop 统一处理照片的像素、大小、背景、亮度、对比度和色彩饱和度, 以确保刺激材料的一致性.

被试带一名同性别朋友来到实验室, 采集他们的照片, 作为实验情境的提示线索. 告诉被试他/她将与朋友以及另一个人(实验助手)通过局域网玩一个扑克牌游戏, 并且依据他们在游戏中的表现得到

奖励。被记录脑电波(electroencephalogram, EEG)的被试坐在脑电实验室的房间, 他/她的朋友或者陌生人在邻近的另一房间。为了增加游戏的真实性, 在实验开始前会带被试去另一个房间观看, 并且让被试看到他/她朋友或者陌生人就坐在这个房间的电脑前。这样设计了被试和朋友或者陌生人一起游戏的情境, 但实际上游戏的输赢是提前设定好的。实验开始时告知被试在实验开始时会有有一定数目的本钱, 并且这笔钱将会根据他们在随后的赌博任务的结果增加或减少, 他们每一局游戏的结果都和他们最终的报酬有关, 不管采用什么策略, 他们要尽可能地赢钱。

被试坐在电屏蔽室的椅子上, 距离电脑屏幕约 1 米远。首先, 让被试跟朋友或者陌生人进行 15 个练习(trial), 练习的输赢结果不计入最后的报酬中。随后, 让被试进行两种情境下的赌博游戏: 一种是与朋友竞争, 另一种是与陌生人竞争。实验流程见图 1, 第一步呈现被试和朋友的照片或者被试和陌生人的照片 500 ms, 来提示这两种游戏情境; 第二步呈现扣着扇形摆放的 13 张扑克牌 2000 ms, 在每种情境下, 被试点击鼠标左键选择其中一张, 并告诉被试他/她的朋友或陌生人随后也会通过隔壁联机的电脑从中选择一张, 实际上是按预先确定的伪随机顺序进行发牌; 第三步在屏幕的左右会呈现被试和对手的牌

800 ms, 左边翻开的牌是被试选择的, 而右边扣着的牌是朋友或者陌生人选择的, 被试只看到自己牌的大小, 看不到对方牌的大小。输赢规则为如果被试摸到的牌的点数大于朋友或者陌生人摸到的牌的点数, 那么被试就赢 10 块钱, 他/她的朋友或者陌生人就输 10 块钱, 反之亦然; 第四步呈现金钱得失的结果反馈 1000 ms, 红框内“+10”表示赢钱, 绿框内“-10”表示输钱。屏幕左边呈现的是被试的输赢结果, 右边呈现的是朋友或者陌生人的输赢结果(水平视角: 5.7°; 垂直视角: 1.8°)。刺激间的间隔 ISI 以及 trial 之间时间间隔 ITI 均为 600~800 ms 之间随机。

实验共有 2 个 block, 一个是与朋友竞争的 block, 另一个是与陌生人竞争的 block。需要指出的是, 本研究为了控制输赢预期这一变量, 对每种实验条件下的扑克点数大小都进行了严格的平衡匹配。在每个 block 中 2 到 Q 这 11 张牌每张都出现 12 次, 输赢各 6 次。无论点数大小, 被试摸到每张牌均会得到输赢各半的反馈结果。另外, 两个 block 除指导语、提示照片和伪随机顺序外其他完全相同, 并且其施测顺序在被试间 ABBA 平衡。因此, 在 2(人际关系: 朋友, 陌生人) $\times$ 2(效价: 输, 赢)的实验设计中, 点数大小的输赢预期这一变量得到了完全匹配平衡。由于摸到 A 一定输钱, 摸到 K 一定赢钱, 设置 A 和 K 各

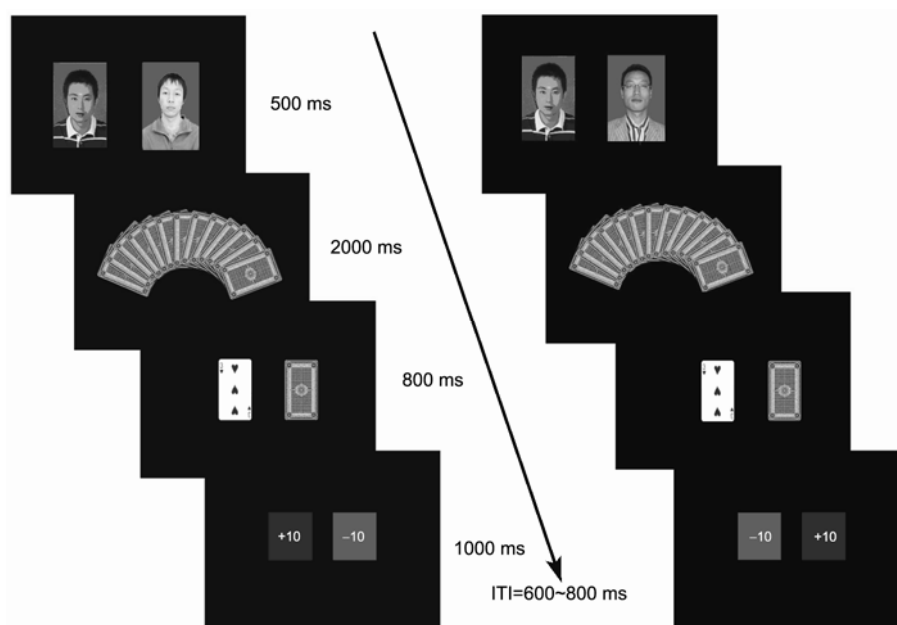


图 1 实验流程图

左边为被试和朋友照片, 右边为被试和陌生人照片, ERP 分析为出现输赢反馈阶段

出现 6 次, 并且不对其进行分析. 实验共 288 个 trials, 输赢各 144 个 trials, 分析的只有 264 个 trials. 正式实验前被试进行 15 次练习, 整个实验持续约 30 min.

1.3 脑电记录和分析

采用 NeuroScan ERP 记录与分析系统, 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左乳突的一只参考电极, 离线分析时再次以置于右乳突的有效电极进行再参考, 即从各导联信号中减去 1/2 该参考电极所记录的信号. 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, 采样频率为每导 1000 Hz. 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, 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.

本研究分析输赢结果时段的脑电波, 即刺激前 200 ms(作为基线)开始到刺激呈现后 800 ms, 分析的 ERP 成分有 FRN 和 P300. 根据已有的研究, FRN 出现在刺激后 250 ms 左右^[10,11,30], 将 200~300 ms 的平均波幅作为 FRN 进行重复测量方差分析. P300 是测量 300~600 ms 时间内的平均波幅^[31]. 选择 9 个电极点进入统计分析: F3/Fz/F4, C3/Cz/C4, P3/Pz/P4, 对 FRN 和 P300 进行 2(人际关系: 朋友, 陌生人) $\times$ 2(效价: 输, 赢) $\times$ 3(电极前后位置: 前, 中, 后) $\times$ 3(电极左右位置: 左, 中, 右)四因素重复测量方差分析(ANOVA), 所有 P 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正, 多重比较采用 Bonferroni 校正.

2 结果

2.1 行为结果

在扑克游戏中, 被试和朋友竞争情境和与陌生人竞争情境下选牌的反应时(RT)分别为(681 $\pm$ 196)和(668 $\pm$ 172) ms; 配对样本 t 检验发现, 两种情境下被试选牌的反应时没有显著差异, $t_{(15)}=0.54$, $P>0.05$.

2.2 ERP 结果

排除伪迹后在进行 ERP 数据分析时, 各种实验条件下叠加平均的有效 trial 数分别为: 与朋友竞争

赢钱 57 段, 与朋友竞争输钱 56 段, 与陌生人竞争赢钱 55 段, 与陌生人竞争输钱 58 段. 图 2 表示 16 个被试在与朋友竞争和与陌生人竞争情境下, Fz, Cz 和 Pz 点的总平均波形图和脑地形图. 由图 2 可见, 在 200~300 ms 之间, 两种情境下, 输钱都比赢钱诱发了更负的波幅, 并且与朋友竞争比与陌生人竞争诱发的波幅更负. 在 300~600 ms 之间, 赢钱比输钱诱发更正的波幅, 并且与陌生人竞争比与朋友竞争诱发的波幅更正.

(1) FRN. 对 FRN 进行 2(人际关系) $\times$ 2(效价) $\times$ 3(电极前后位置) $\times$ 3(电极左右位置)四因素重复测量方差分析(ANOVA), 结果发现效价的主效应显著, $F(1,15)=11.31$, $P=0.004$, $\text{MSE}=15.60$, 输钱引发的 FRN 波幅($M=2.82 \mu\text{V}$, $\text{SE}=0.76$)比赢钱引发的 FRN 波幅($M=3.93 \mu\text{V}$, $\text{SE}=0.87$)更大. 人际关系的主效应显著 $F(1,15)=4.93$, $P=0.042$, $\text{MSE}=37.26$, 与朋友竞争情境下 FRN 波幅($M=2.81 \mu\text{V}$, $\text{SE}=0.88$)比与陌生人竞争条件下波幅($M=3.94 \mu\text{V}$, $\text{SE}=0.79$)更大(图 2). 电极点前后分布主效应显著, $F(2,30)=17.73$, $P=0.001$, $\text{MSE}=89.30$, 前部电极点 FRN 波幅最大($M=1.64 \mu\text{V}$, $\text{SE}=0.94$).

(2) P300. 对 P300 进行 2(人际关系) $\times$ 2(效价) $\times$ 3(电极前后位置) $\times$ 3(电极左右位置)四因素重复测量方差分析(ANOVA). 结果发现, 效价的主效应显著 $F(1,15)=8.05$, $P=0.012$, $\text{MSE}=30.91$, 赢钱引发的 P300 波幅($M=6.10 \mu\text{V}$, $\text{SE}=1.06$)比输钱引发的 P300 波幅($M=4.76 \mu\text{V}$, $\text{SE}=0.99$)更正. 人际关系的主效应显著, $F(1,15)=4.99$, $P=0.041$, $\text{MSE}=55.00$, 与陌生人竞争情境下 P300 波幅($M=6.13 \mu\text{V}$, $\text{SE}=1.01$)比和朋友竞争情境下 P300 波幅($M=4.75 \mu\text{V}$, $\text{SE}=1.07$)更大(图 2). 电极点前后分布的主效应显著, $F(2,30)=23.58$, $P=0.000$, $\text{MSE}=75.10$, 后部电极点的 P300 波幅最大($M=7.69 \mu\text{V}$, $\text{SE}=1.14$). 图 3 为 4 种条件下, Cz 点上 FRN 和 P300 波幅的柱状图. 输钱反馈引发的 FRN 比赢钱反馈引发的 FRN 更大, 与朋友竞争引发的 FRN 都比与陌生人竞争引发的 FRN 更大. 赢钱比输钱诱发了更大的 P300, 与陌生人竞争比与朋友竞争诱发了更大的 P300.

3 讨论

本研究在以往研究的基础上试图探讨在直接竞

争情境下人际关系如何影响结果评价过程. 探讨不同人际竞争下的结果评价, 一方面, 有利于揭示更真实情境下的结果评价过程; 另一方面, 也有利于认识不同人际竞争所引起的心理活动的差异. 本研究采用结果评价相关脑电成分 FRN 和 P300 作为指标. ERP 的结果表明, 人际关系对和结果评价有关的 FRN 和 P300 都有影响. 下面从 FRN 和 P300 两个脑电指标讨论人际关系对竞争情境下结果评价的影响.

3.1 人际关系影响竞争情境下的 FRN

本研究 FRN 结果表明, 输钱引发的 FRN 比赢钱引发的 FRN 更大, 这与以往的研究结果一致^[11,29,32], 这表明 FRN 是结果效价的一个重要指标^[33]. 更重要的是, 本研究发现了人际关系对竞争情境下 FRN 产生影响, 与朋友竞争下的 FRN 波幅显著大于和陌生人竞争下的 FRN 波幅. 类似的研究发现, 观察朋友进行颜色命名 Stroop 任务时所引发的 FRN 比观察陌生人时更大, ACC 激活的强度更强^[28]. 研究认为, 与陌

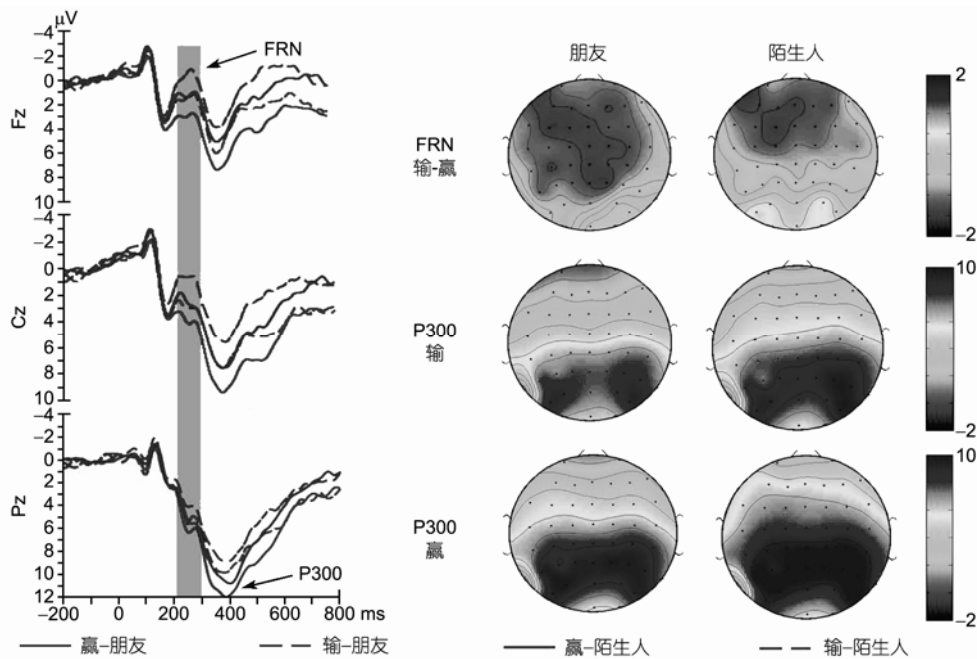


图 2 4 种反馈刺激呈现条件下的 Fz, Cz 和 Pz 点 ERP 波形图和脑地形图

左边为 Fz, Cz 和 Pz 点 FRN 和 P300 的波形图, 右边为两种情境下输-赢 FRN 差异波以及两种情境下赢钱和输钱的 P300 脑地形图

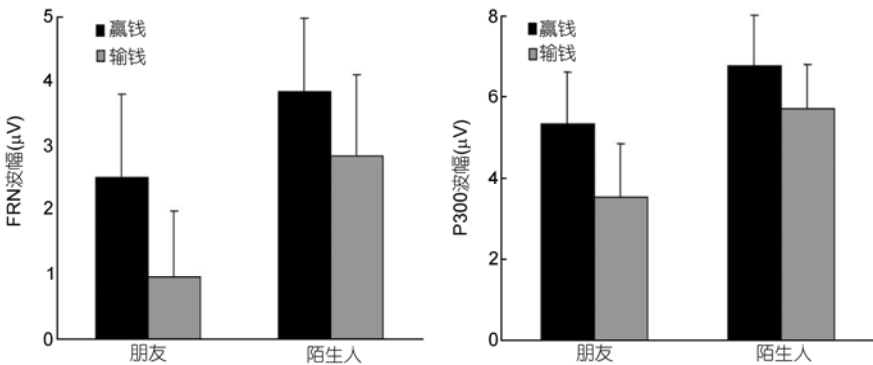


图 3 4 种条件下 Cz 点 FRN 和 P300 的波幅, FRN 和 P300 均有效价以及人际关系的主效应

生人相比, 朋友更容易被归入到自我概念中, 对朋友的行为进行观察时个体更在意结果的正误反馈, 因此, 观察朋友犯错可能更有利于调整自己随后的行为. 但 Leng 和 Zhou^[8]采用赌博任务发现, 在观察情境下, 并且他人的输赢与自己没有利益关系时, 人际关系只影响 P300 的波幅, 而对早期的 FRN 没有显著影响. Ma 等人^[24]认为, Leng 和 Zhou 的研究没有控制被试的自我参与程度, 他们认为上述研究之所以没有发现人际关系对 FRN 有影响, 是因为被试本身也参与了赌博任务. 因此, 他们采用两个赌博任务的实验来探究人际关系的熟悉度和自我参与度如何调节观察朋友或者陌生人输赢时的神经反应. 实验的一个任务中只让被试观察朋友和陌生人进行游戏, 被试自己不进行游戏; 另一个任务中被试除了观察朋友和陌生人进行赌博游戏, 自己也进行游戏. ERP 结果表明, 在两个任务中被试观察朋友表现时比观察陌生人表现时都引发了更大的 P300 波幅. 但是, 观察朋友输赢和观察陌生人输赢所引起的 FRN 差异, 只有在被试自己不参与赌博任务而只观察朋友或者陌生人游戏时才会出现. 研究者认为, 被试观察朋友比观察陌生人, 给予了更多的共情和关注, 但是被试的这种共情反应只有在被试不参与任务时才是明显的. 上述的两个研究都是让被试观察朋友或者陌生人的输赢, 对方输赢和被试自己没有利益关系. 在本研究中, 被试和朋友或者陌生人是一种直接竞争的关系. 在这种竞争情境下, 发现和朋友竞争引发的 FRN 比和陌生人竞争引发的 FRN 波幅更大, 这表明当个体参与赌博任务并且和朋友或者陌生人有利益冲突时, 人际关系也能影响 FRN 的波幅, 并且和朋友竞争引发更大的 FRN 波幅. 因此, 推测竞争情境下的 FRN 除了反映对结果效价的快速评价, 可能还反映了由竞争所引起个体的认知冲突, 与朋友竞争引发了更大的认知冲突. 在社会情境下, 追求利益是人类个体的一种本能. 与朋友竞争时, 一方面要追求自己的利益, 尽可能地多赢钱和少输钱, 但另一方面竞争对手是自己亲密的朋友. 在这种情境下, 竞争下的输钱反馈和赢钱反馈引起个体的认知冲突更大, 所引发的 FRN 波幅也更大. 根据以往的研究, FRN 源定位在 ACC, 而 ACC 一般被认为与冲突监控有关, 冲突越强烈, ACC 激活的程度越强^[34-37]. 目前, 直接报告 FRN 反映认知冲突监控的文献目前还很少见, 但最近有研究发现 FRN 反映了对知觉冲

突的检测^[17], 并且有研究表明和 FRN 相似的另一脑电成分 ERN(error-related negativity)反映了冲突监控的过程^[38]. 另外, 从发生的时间和源定位, FRN 是 N2 家族的一个成分, 而根据以往的研究 N2 是反应冲突监控的脑电成分, 冲突越大所引起的 N2 波幅越大^[39-41]. 综合已有研究和本研究结果, 推测在竞争的社会情境下, FRN 不仅反应了对反馈结果效价的快速评价, 也可能和认知冲突监控有关, 冲突越强烈, 所引发的 FRN 波幅越大.

3.2 人际关系影响竞争情境下的 P300

本研究还发现, 结果效价和人际关系影响竞争情境下的 P300 波幅. 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^[8,9,13,21]. 一般认为, P300 和决策或结果评价中的注意资源分配^[42,43]以及高水平的动机/情感评价^[8,10,23]有关. 相对于输钱引起负性情绪上的体验, 赢钱可能会引起更多注意. 另外, 本研究同时发现, 与陌生人竞争所引发的 P300 比与朋友竞争所引发的 P300 更大. 这和以往的研究结果有所不同, Leng 和 Zhou^[8]以及 Ma 等人^[24]的研究都发现, 观察朋友比观察陌生人引发了更大的 P300, 研究者认为, 由于个体对朋友投入更多的共情和关心, 观察朋友游戏会比观察陌生人游戏引起个体更多的注意. 而本研究发现, 与陌生人竞争比与朋友竞争引发更大 P300 波幅, 推测这也是由于两种情境下引起个体的注意分配或者动机不同导致. 相对于与朋友竞争, 被试和陌生人竞争时赢钱的动机更强烈, 投入的注意资源也更多, 因此, 结果反馈所引起的 P300 波幅会更大. Harris 和 Miller^[44]调查发现, 相对于亲密朋友, 人们对陌生人感到更多的危险和敌意. 进化心理学的研究也表明, 人类对从婴儿时期就对陌生人面孔有恐惧感, 并且对陌生人表现出更多的攻击行为. Bronstein 等人^[45]采用团体斗鸡博弈(chicken game)任务研究个体对组外成员的冲突, 发现和组外成员进行博弈时, 个体表现出更强的竞争性, 个体赢钱动机更强烈. 研究表明, 个体更容易将朋友归入到自我概念中^[28]. 一般而言, 人们容易把朋友作为组内的成员, 而将陌生人视为组外的个体. 因此, 当与陌生人竞争时, 个体可能更具有竞争性, 赢钱动机更强烈. 与陌生人竞争时会对输赢反馈投入更多的注意资源, 输赢反馈引起动机/情感评价也更强烈. 另一方面, 有研究表明, 复杂社会情境会减

弱个体对结果输赢的注意程度^[46], 因此推测, 与朋友竞争所引起的认知冲突以及复杂的人际竞争的心理加工也可能削弱了个体对输赢结果所带来的自我利益的关注程度, 所以与朋友竞争的 P300 比与陌生人竞争的 P300 小。本研究结果进一步验证了先前研究的结论, P300 反应了一种晚期自上而下的结果评价过程, 可能和社会性注意资源分配以及高水平的动机/情感评价的加工过程有关^[8,24], 在人际竞争中, 与陌生人竞争可能会引起个体对结果反馈更多的注意和更强烈的动机/情感评价。

本研究发现, 人际关系对竞争情境下结果评价的两个阶段都产生影响。在人际竞争的结果评价早期阶段, 个体首先会对结果效价进行快速评价, 并且对结果反馈引起的认知冲突进行监控, 这一阶段主要反映在早期的 FRN 波幅。在结果评价的晚期阶段, 个体对结果反馈进行社会性注意资源的分配以及高水平的动机/情感评价加工, 这一阶段主要反映在 P300 波幅。本研究表明, 不只是在被动观察情境下, 即使在有利益冲突的情况下, 不同的人际关系依然能影响个体的结果评价过程。

致谢 感谢北京大学周晓林教授对本研究提供的建议和帮助。

参考文献

- Schlenker B R, Britt T W. Strategically controlling information to help friends: effects of empathy and friendship strength on beneficial impression management. *J Exp Soc Psychol*, 2001, 37: 357-372
- Wong R Y, Hong Y Y. Dynamic influences of culture on cooperation in the prisoner's dilemma. *Psychol Sci*, 2005, 16: 429-434
- Majolo B, Ames K, Brumpton R, et al. Human friendship favours cooperation in the iterated Prisoner's dilemma. *Behaviour*, 2006, 143: 1383-1395
- Ravaja N, Saari T, Turpeinen M, et al. Spatial presence and emotions during video game playing: does it matter with whom you play? *Presence*, 2006, 15: 381-392
- Guroglu B, Haselager G J, van Lieshout C F, et al. Why are friends special? Implementing a social interaction simulation task to probe the neural correlates of friendship. *Neuroimage*, 2008, 39: 903-910
- Platt M L. Neural correlates of decisions. *Curr Opin Neurobiol*, 2002, 12: 141-148
- Cohen M X, Elger C E, Ranganath C. Reward expectation modulates feedback-related negativity and EEG spectra. *Neuroimage*, 2007, 35: 968-978
- Leng Y, Zhou X L. Modulation of the brain activity in outcome evaluation by interpersonal relationship: an ERP study. *Neuropsychologia*, 2010, 48: 448-455
- Yeung N, Holroyd C B, Cohen J D. ERP correlates of feedback and reward processing in the presence and absence of response choice. *Cereb Cortex*, 2005, 15: 535-544
- Yeung N, Sanfey A G. Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *J Neurosci*, 2004, 24: 6258-6264
- Gehring W J, Willoughby A R. The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 2002, 295: 2279-2282
- Miltner W H R, Braun C H, Coles, M G H. Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: Evidence for a "Generic" neural system for error detection. *J Cognitive Neurosci*, 1997, 9: 788-798
- Hajcak G, Holroyd C B, Moser J S, et al. Brain potentials associated with expected and unexpected good and bad outcomes. *Psychophysiology*, 2005, 42: 161-170
- Masaki H, Takeuchi S, Gehring W J, et al. Affective-motivational influences on feedback-related ERPs in a gambling task. *Brain Res*, 2006, 1105: 110-121
- Yu R J, Luo Y J, Ye Z, et al. Does the FRN in brain potentials reflect motivational/affective consequence of outcome evaluation? *Prog Nat Sci*, 2007, 17: 136-143
- Gehring W J, Fencsik D E. Functions of the medial frontal cortex in the processing of conflict and errors. *J Neurosci*, 2001, 21: 9430-9437
- Jia S W, Li H, Luo Y J, et al. Detecting perceptual conflict by the feedback-related negativity in brain potentials. *Neuroreport*, 2007, 18: 1385-1388
- Carter C S, Braver T S, Barch D M, et al. Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 1118

- 1998, 280: 747–749
- 19 Veen V, Carter C S. The timing of action-monitoring processes in the anterior cingulate cortex. *J Cognitive Neurosci*, 2002, 14: 593–602
- 20 Sato A, Yasuda A, Ohira H, et al. Effects of value and reward magnitude on feedback negativity and P300. *Neuroreport*, 2005, 16: 407–401
- 21 Wu Y, Zhou X L. The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Res*, 2009, 1286: 114–122
- 22 Zhou Z H, Yu R J, Zhou X L. To do or not to do? Action enlarges the FRN and P300 effects in outcome evaluation. *Neuropsychologia*, 2010, 48: 3606–3613
- 23 Nieuwenhuis S, Aston-Jones G, Cohen J D. Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychol Bull*, 2005, 131: 510–532
- 24 Ma Q G, Shen Q, Xu Q, et al. Empathic responses to others' gains and losses: an electrophysiological investigation. *Neuroimage*, 2011, 54: 2472–2480
- 25 Itagaki S and Katayama J. Self-relevant criteria determine the evaluation of outcomes induced by others. *Neuroreport*, 2008, 19: 383–387
- 26 Wang Y W, Liu Y, Gao Y X, et al. False belief reasoning in the brain: an ERP study. *Sci China Ser C*, 2008, 51: 72–79
- 27 Wang Y W, Lin C D, Yuan B, et al. Person perception precedes theory of mind: an event related potential analysis. *Neuroscience*, 2010, 170: 238–246
- 28 Kang S K, Hirsh J B, Chasteen A L. Your mistakes are mine: self-other overlap predicts neural response to observed errors. *J Exp Soc Psychol*, 2010, 46: 229–232
- 29 Holroyd C B, Hajcak G, Larsen J T. The good, the bad and the neutral: electrophysiological responses to feedback stimuli. *Brain Res*, 2006, 1105: 93–101
- 30 Marco-Pallares J, Cucurell D, Cunillera T, et al. Human oscillatory activity associated to reward processing in a gambling task. *Neuropsychologia*, 2008, 46: 241–248
- 31 Polezzi D, Sartori G, Rumiati R, et al. Brain correlates of risky decision-making. *Neuroimage*, 2010, 49: 1886–1894
- 32 Hajcak G, Moser J S, Holroyd C B, et al. It's worse than you thought: the feedback negativity and violations of reward prediction in gambling tasks. *Psychophysiology*, 2007, 44: 905–912
- 33 Fukushima H, Hiraki K. Perceiving an opponent's loss: gender-related differences in the medial-frontal negativity. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2006, 1: 149–157
- 34 Carter C S and Van V. Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2007, 7: 367–379
- 35 Sohn M H, Albert M V, Jung K, et al. Anticipation of conflict monitoring in the anterior cingulate cortex and the prefrontal cortex. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104: 10330–10334
- 36 Botvinick M M. Conflict monitoring and decision making: reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2007, 7: 356–366
- 37 Walsh B J, Buonocore M H, Carter C S, et al. Integrating conflict detection and attentional control mechanisms. *J Cognitive Neurosci*, 2011, 23: 2211–2221
- 38 Gehring W J, Fencsik D E. Functions of the medial frontal cortex in the processing of conflict and errors. *J Neurosci*, 2001, 21: 9430–9437
- 39 Clayson P E, Clawson A, Larson M J. Sex differences in electrophysiological indices of conflict monitoring. *Biol Psychol*, 2011, 87: 282–289
- 40 Yang J, Li H, Zhang Y, et al. The neural basis of risky decision-making in a blackjack task. *Neuroreport*, 2007, 18: 1507–1510
- 41 Mennes M, Wouters H, Van Den Bergh B, et al. ERP correlates of complex human decision making in a gambling paradigm: Detection and resolution of conflict. *Psychophysiology*, 2008, 45: 714–720
- 42 Gray H M, Ambady N, Lowenthal W T, et al. P300 as an index of attention to self-relevant stimuli. *J Exp Soc Psychol*, 2004, 40: 216–224
- 43 Linden D E J. The P300: Where in the brain is it produced and what does it tell us? *Neuroscientist*, 2005, 11: 563–576
- 44 Harris M B, Miller K C. Gender and perceptions of danger. *Sex Roles*, 2000, 43: 843–863
- 45 Bornstein G, Budescu D, and Zamir S. Cooperation in intergroup, N-person, and two-person games of chicken. *J Conflict Resolut*, 1997, 41: 384–406
- 46 Rigoni D, Polezzi D, Rumiati R, et al. When people matter more than money: an ERPs study. *Brain Res Bull*, 2010, 81: 445–452

Influence of Interpersonal Relationship on Outcome Evaluation in Competitive Situations: an ERP Study

WANG YiWen¹, YUAN Bo¹, LIN ChongDe², ZHENG YuWei¹, ZHANG Zhen¹ & DU CuiLi¹

1 Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China;

2 National Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Previous studies employing monetary gambling tasks have demonstrated that the brain potentials were different between observing a friend and a stranger's gain or loss. However, it is still unclear whether the outcome evaluation process is different while the participants are directly competing with a friend or stranger. Brain event-related potentials (ERPs) were recorded while 16 normal adults were playing an interactive gambling task with his/her friend and a stranger. The results revealed that under the competitive situation, the interpersonal relationship modulated two ERP components that were related to outcome evaluation—the feedback-related negativity (FRN) and P300. Losses evoked greater FRN than gains, and competing with friends evoked greater FRN amplitudes than competing with strangers. The results demonstrate that the FRN might not only reflect rapid processing of monetary gains and losses, but also reflect the conflict monitoring, as competing with friends induced higher levels of conflict. In addition, P300 was greater after gains than after losses, and was greater when competing with strangers than with friends. The results suggest that P300 reflects the later stage of evaluation processes which are related to social attentional allocation and high-level motivational/affective evaluations.

interpersonal relationship, competition, outcome evaluation, FRN, P300

doi: 10.1360/052011-377