



论文

内侧额叶负波受负性情绪下责任感影响: 最后通牒任务的 ERP 研究

王益文^{①†}, 王钰^{①†}, 林崇德^{②*}, 陈雪莹^①, 袁博^①, 沈德立^{①*}

① 天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074;

② 北京师范大学心理学院, 认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京 100875

† 共同第一作者

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

收稿日期: 2011-01-06; 接受日期: 2011-04-15

国家自然科学基金(批准号: 30807780, 30930031)、认知神经科学与学习国家重点实验室开放课题基金资助项目
doi: 10.1360/052010-647

摘要 采用事件相关电位技术探讨人脑的内侧额叶负波在最后通牒任务中是否受不同情绪状态的影响并且其差异是否与责任感这一人格特质有关. 结果发现, 相对于负性情绪及公平情境, MFN 的波幅在正性情绪和不公平情境中显著较大; 相对于正性情绪和公平情境, 在负性情绪和不公平情境中责任感人格维度得分越高, MFN 波幅越正. 结果表明, MFN 反映的是对决策情境的认知评价且正性情绪更有利于对决策情境的知觉; 责任感通过削弱由不利情境带来的认知反应来压制个体对于决策情境的敏感性, 以追求更好的决策结果. 这为 MFN 在真实的社会互动任务中表现出来的差异提供了具有较高生态学效度的神经电生理学证据.

关键词内侧额叶负波
最后通牒
负性情绪
不公平情境
责任感
决策

内侧额叶负波(medial frontal negativity, MFN)最早被发现于赌博任务中反馈结果呈现后 265 ms 左右的内侧额叶皮层, 其源定位于前扣带回区域(anterior cingulate cortex, ACC), 且在输钱中的波幅要比在赢钱中的大^[1]. 随后, 一些源于 ACC 的负性走向的反映奖赏预期错误的事件相关电位(event-related potential, ERP)成分, 如错误相关负波(error-related negativity, ERN)和反馈相关负波(feedback-related negativity, FRN)^[2,3], 由于其与 MFN 都有共同的神经机制, 被统称为 MFN^[4]. 研究认为, MFN 反映了对于负性结果的动机/情绪性评价^[1,5], 并且研究显示 MFN 不仅反映

了结果是否符合期望, 同时也出现在情境信息不符合社会及道德规范(如不公平的分钱方案)的认知评价过程中^[4,6].

最后通牒游戏(ultimatum game, UG)是用来研究不公平分钱方案下个体决策行为的经典实验范式之一^[7]. UG 需要两个参与者来完成, 参与者们通过人际互动行为实现对金钱的划分, 一人作为提议者, 对如何划分金钱作出提议, 另一人作为反应者, 在接受分钱提议或拒绝之间做出选择. 如果其选择的是接受, 则执行分钱方案; 反之, 则两个参与者都得不到任何钱. 在最初大量的行为研究后总结发现, 当所分到的

钱只有总数目的 20%~30%左右时, 反应者就会感觉不公平, 并且会实施惩罚式的拒绝提议的行为, 拒绝率大约为 40%~60%^[8]. 随后, 尝试采用 ERP 技术深入地探查反应者拒绝不公平提议的原因, 发现其结果主要集中在 MFN 上. 不公平提议所诱发的 MFN 波幅要比在公平提议中的 MFN 波幅更负^[4,6]. 这契合于 MFN 的动机/情绪性理论: MFN 反映的是对 UG 中不公平或公平分钱提议的认知评价, 故在社会领域的负性现象(UG 中的不公平提议)出现时显著较大. 由于个体在真实社会生活里进行经济决策时总是处于正性或负性情绪状态中, 而且, 不可否认的是, 个体很多重要的决策都是在不同情绪情境下驱动完成的^[9], 故有人仔细探讨了在决策时实际体验到的情绪对于经济决策的影响. Harlé 和 Sanfey^[10]采用观看不同性质影片的方法来诱发被试的不同情绪, 然后要求被试作为反应者参加 UG 任务. 结果发现, 悲伤情绪显著地导致了较低的接受率, 且这种现象只出现在不公平提议时. Andrade 和 Ariely^[11]采用同样的方法, 发现愤怒的被试不仅会拒绝提议并且情绪的影响可以持续到 20 min 之后. 但是 MFN 在 UG 中是否会受到即时诱发情绪的影响还不清楚.

近年来, 随着实验室研究生态学效度要求的提高, 不仅情绪因素开始在决策行为中被考虑, 不同的人格特点对个体的决策行为的影响也不同^[12]. 大五人格理论将个体的人格特质分为 5 种, 分别为: 责任感(Conscientiousness)、神经质(Neuroticism)、外向性(Extraversion)、开放性(Openness)和宜人性(Agreeableness)^[13]. 其中, 责任人格特质经常被用来预测个体的行为表现^[14-16]. 采用磁共振成像的研究已发现责任感与内侧额回有关^[17,18], 内侧额回通常被认为反映的是大脑通过抑制冲动性来计划和完成复杂规则的能力^[19], 且 MFN 正是分布于内侧额叶区域. 外向性对奖励信息敏感, 其与对奖励敏感的脑区, 如伏核、杏仁核和眶额皮层有关^[17]. 神经质特质与对威胁和惩罚敏感的脑区有关, 包括杏仁核、前和中扣带回、内侧前额叶和海马^[20,21]. 宜人性较强的个体在理解别人的情绪、意图和心理状态方面的能力较强, 其与颞上沟、颞顶联合处和后扣带回相关^[22,23]. 开放性特质与对工作记忆、注意和推理有关的脑区有关, 包括背外侧前额皮层和前顶叶皮层^[24]. 在这 5 种人格特质中, 已有研究认为, 责任感得分较高的个体对冲动性行为有较强的抑制能力并能够坚定地执行行动直

到目标行为的出现^[17]. 对赌博游戏的研究也发现, 被试在不同的责任水平下, 所诱发的 FRN 是存在差异的^[25], 但是作为人格特质的责任感与 MFN 的关系并未得到详细探讨. 且鉴于人脑前额皮层高级认知功能的复杂性, 其他人格特质也与前额皮层有关(如神经质、外向性和开放性), 但其与 MFN 是否存在关联都未得到详细探讨.

综上所述, 研究者多是考察单一环境下决策行为的关系, 而个体的决策活动总是出现在各种复杂情境中, 受到如个体间的人格特征差异、经济决策时的不公平情境、个体自身的情绪状态等影响. 为了提高研究结果的生态学效度, 需要详细探查人格特质、公平与否情境和不同情绪状态是如何影响决策行为的. 本研究拟采用 ERP 技术记录个体在情绪诱发之后作为反应者完成 UG 时的脑电变化, 同时进行人格变量的测量, 以便从 MFN 的变化入手来探查人格特质、公平与否、情绪与决策行为的关系. 根据已有文献^[4,6], 假设与公平提议相比, 不公平提议诱发的 MFN 更负; 个体间的人格特质差异影响 MFN, 且根据已有文献^[14,17,18], 本研究强调认为责任感得分越低, MFN 波幅将越负.

1 方法

1.1 被试

被试为 15 名在校学生, 8 男 7 女, 年龄在 18~25 岁之间, 平均年龄为(22.77±0.38)岁. 所有被试均为右利手, 身体健康, 无精神系统疾病及脑部损伤史, 视力正常或校正后正常. 且所有被试都是自愿前来参与实验并在实验前签署了知情同意书. 为了确保被试能够认真地参与实验任务, 他们的报酬会按他们在实验任务中获得的实际经济收益的 10%加 20 元来计算.

1.2 实验材料

从标准化中国情绪图片系统^[26](Chinese affective picture system, CAPS)中挑选了正性和负性情绪图片各 75 张, CAPS 是国际情绪图片系统^[27](international affective picture system, IAPS)在中国的本土化修订并且已有很多研究证明采用此系统中的图片可以很好地诱发情绪^[28-31]. 对所挑选的正性和负性情绪图片在唤醒度和效价上进行了匹配, 表 1 显示正负性情绪图片的唤醒度之间无显著差异, 效价差异显

表 1 正负性情绪图片各维度值($\bar{x} \pm SD$)

组别	正性情绪图片	负性情绪图片	t 值 (df=148)	P 值
唤醒度	5.32±0.24	5.25±0.30	-1.64	>0.05
效价	6.86±0.59	2.61±0.79	33.17	<0.05

著. 使用 Adobe Photoshop 软件统一处理图片的像素、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. 所有图片的像素均为 433×315, 大小均为 15.28 cm×11.11 cm.

UG 任务的材料均仿照于已有研究^[4,6,32-34], 参与实验任务的两个人需要对 ¥100 进行划分(分给反应者的提议方案在 ¥1~¥50 之间变化). 很多研究表明, 当所分到的钱数在总数目的 20% 左右时, 反应者会认为这是相对不公平的分钱提议并采取拒绝行为^[7,8,32]. 故在本研究中存在 20 个相对不公平的提议(¥1~¥20), 20 个相对公平的提议(¥31~¥50). 同时, 鉴于不同个体对于公平或不公平提议的划分是不同的, 以往研究也表明不同个体对于 ¥21~¥30 中间的提议的公平与否的划分是存在差异的. 而本研究着重研究公平和不公平提议, 因此为了避免混淆, 以确保被试对公平和不公平提议的认同程度相同, 且为了让被试相信本研究是一个真实的人际互动任务, 故并未回避 ¥21~¥30 之间的提议, 本研究所有提议中包括 10 个相对中间值的提议(¥21~¥30).

1.3 实验程序

为了塑造真实的互动决策情境, 告知被试这是一个真实的互动游戏并介绍其与分钱方案的提议者见面, 要求他们互相介绍自己以促进了解. 实际上, 分钱方案的提议者由实验助手扮演, 为消除性别差异, 男性实验助手在被试为男性时扮演提议者, 女性实验助手在被试为女性时扮演提议者, 两位实验助手在实验过程中都表现得与被试一样是自愿来参加实验的. 被试同时被告知其与提议者将会在两个不同的房间通过联网的电脑来进行游戏, 并且让被试和提议者参观了在两个房间中的两台联网的电脑是如何连线的, 展示了这两台电脑同时呈现同一画面的情境. 被试不知道的是, 实际上所有的分钱提议都是事先编制好的. 但是为了制造真实感且消除学习效应, 提议方案的分布是按照人类事先进行真实提议时的分钱提议分布的特点来编制的.

在传统的 UG 中, 两个参与者之间只存在一次分

钱的机会, 但在现实中总是与另一个人在这段时间内反复进行互动行为, 并且频繁更换提议者会使 ERP 实验中的脑电伪迹变大, 同时会增加被试的不信任感. 因此, 采用已被证明较好适用于 ERP 技术的改进版 UG^[6], 两个参与者在其中进行多次的分钱游戏但各自扮演的角色并不发生变化. E-prime 软件被用来编制程序和记录行为反应. 整个任务分为两种条件, 分别为正性和负性情绪组, 在正性情绪条件中, 所呈现的图片均为正性图片; 在负性情绪中, 均呈现负性图片. 每种条件包括 150 个试次(trial), 即每种条件下 75 张正性(或负性)图片重复 2 次, 50 种不同的分钱提议则重复 3 次. 所有被试均参与正负情绪组的游戏, 两组的呈现顺序在被试间平衡. 在每个 trial 中, 被试首先会看到提醒其实验已开始的“+”注视点(二号标准宋体)500 ms, 然后是一张持续 500 ms 的情绪图片用来诱发被试的情绪, 在 400~600 ms 的随机间隔之后, 呈现 1500 ms 的分钱提议(屏幕左边的钱是分给被试的, 右边的钱是提议者分给自己的, 钱的位置在被试间平衡; 被试需要在 1500 ms 内做出反应, 接受分钱提议则按右键, 拒绝按左键, 按键方式也在被试间平衡, 超出 1500 ms 视为未反应), 随后呈现持续 1000 ms 的结果反馈. 在 400~600 ms 随机间隔后进入下一个试次. 实验流程图及实验时被试的位置安排见图 1.

1.4 量表测评

实验结束后要求被试填写大五人格量表. 量表采用 Costa 和 McCrae^[13]编制的 NEO-PI-R(NEO personality inventory revised)中自评量表的中文版. 量表共 60 道题, 题项分别与责任感、神经质、外向性、开放性和宜人性这 5 个维度有关. 量表采用 5 级评分法计分, 要求被试按照自己与量表项目描述的符合程度从非常不同意到非常同意分别给予 1~5 分.

根据已有文献的方法^[10,11], 采用自编的与所呈现的 CAPS 图片有关的自评量表来测量被试在不同的情绪组完成之后所感受到的情绪强度, 以此确认正负性情绪诱发的可靠性. 具体为, 要求被试在每个情绪组完成之后立即对所看到的情绪图片在 4 个方面(厌恶、悲伤、愉快、高兴)进行 1~5 等级的评分, 等级 1 表明感受到的情绪强度最弱, 等级 5 表明感受到的情绪强度最强.

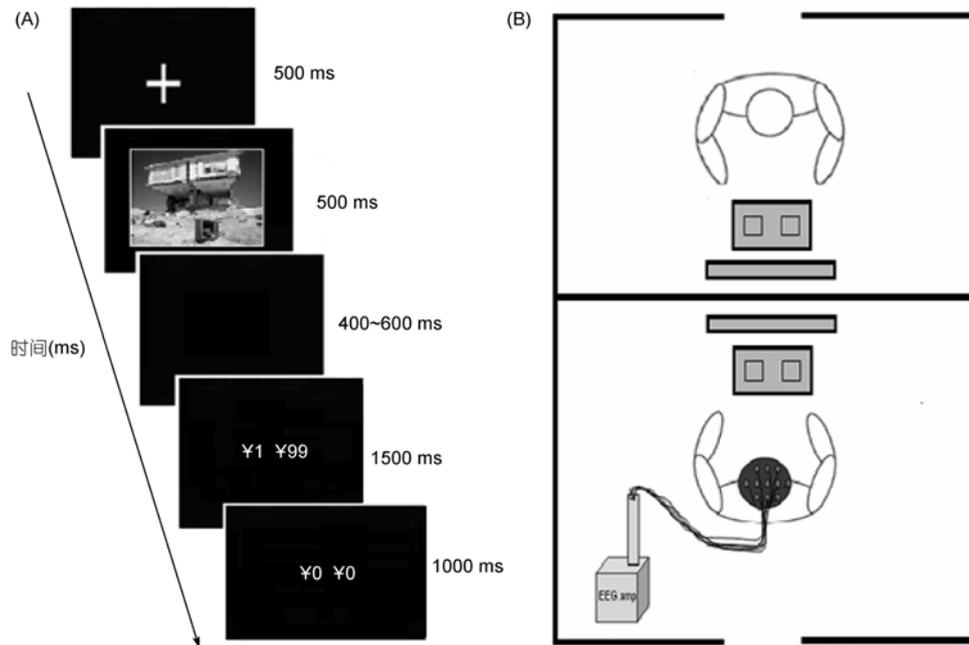


图1 实验流程图(A)及实验时被试位置安排(B)

1.5 脑电记录

采用国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽, 以 NeuroScan 系统记录 EEG 信号. 记录时以右乳突为参考电极点, 离线数据处理时以左右乳突的平均电位为参考. 同时记录双眼外侧的水平眼电(HEOG)和左眼上下眶的垂直眼电(VEOG). 滤波带通为 0.05~100 Hz, AC 采样, 采样频率为 1000 Hz/导, 所有电极与头皮之间阻抗都小于 5 kΩ. 对数据进行离线分析, 校正眼电伪迹, 自动排除其他波幅大于 ±75 μV 的伪迹信号, 进行 30 Hz 低通滤波. 所有主效应和交互作用的 *P* 值都采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正.

2 结果

2.1 NEO-PI-R 人格量表的分數

表 2 是全体被试施测 NEO-PI-R 量表后各人格维度的平均数和标准差, 各维度的平均得分适中, 分布

表 2 被试在人格各维度的 $\bar{x} \pm SD$

组别	神经质	外向性	开放性	宜人性	责任感
\bar{x}	3.02	3.23	3.13	3.17	3.37
SD	0.25	0.30	0.29	0.39	0.45

均匀.

2.2 情绪诱发效果验证

对情绪诱发强度自评量表得分进行统计, 其中正性情绪得分由“愉快”和“高兴”得分组成, 负性情绪得分由“厌恶”和“悲伤”分数组成. 结果发现, 在负性情绪图片组中, 被试会感到明显较多负性情绪 (2.20 ± 0.81) 和较少的正性情绪 (1.38 ± 0.56), $t(14) = 4.24$, $P < 0.05$. 在正性情绪图片组中, 被试感到显著较多的正性情绪 (2.47 ± 0.99) 和较少的负性情绪 (1.20 ± 0.46), $t(14) = -4.29$, $P < 0.05$. 这表明本研究中使用情绪图片来诱发正负性情绪是成功的.

2.3 ERP 结果

本研究意在对 UG 中分钱提议诱发的 MFN 进行分析, 根据已有文献[28~31]和预实验结果, 发现在情绪图片呈现后设置 400~600 ms 随机的黑屏, 被试的脑活动在受到情绪图片这一外界刺激后会重新回到基线水平, 故在对 MFN 的分析中将提议出现之前的 200 ms 作为基线, 分析时程一直延续到分钱提议出现后的 800 ms. 已有研究显示, 对于 MFN 的统计分析存在多种方法^[35]. 根据本研究的需要, 首先测量了分钱提议呈现后 250~400 ms 内基线到最负向峰之

间的值以作为 MFN 的波幅值. 研究表明, MFN 主要分布在额部和额中央部^[1,4,6], 因此选取了 9 个电极点 (F3, Fz, F4, FC3, FCz, FC4, C3, Cz, C4) 对 MFN 波幅进行三因素重复测量方差分析. 方差分析的自变量为 2(提议类型: 公平, 不公平)×2(情绪状态: 正性情绪, 负性情绪)×9(电极点).

图 2 为不同情境下 FCz 点的总平均和差异波波形图以及脑地形图, 可以清晰地看到无论是总平均还是差异波, 在 250~400 ms 之间都有一个显著的负向偏转, 并且 MFN 主要分布在额、额中央和中央区. 对 MFN 进行三因素(提议类型、情绪状态、电极点)重复测量的方差分析后, 发现提议类型的差异显著, $F(1,14)=8.38$, $MSE=42.66$, $P<0.05$, 但是情绪状态的主效应不显著, $F(1,14)=0.09$, $MSE=24.85$, $P=0.766$. 同时存在情绪状态和提议类型的交互作用, $F(1,14)=8.60$, $MSE=9.73$, $P<0.05$. 简单效应分析表明, 正性情绪状态中, 提议类型有显著差异, $F(1,14)=24.29$, $MSE=16.20$, $P<0.05$, 即不公平提议所诱发的 MFN ($M=-1.79 \mu V$, $SE=0.84$) 要显著负于公平提议所诱发的 MFN 波幅 ($M=0.63 \mu V$, $SE=0.80$); 负性情绪状态中, 提议类型的差异不显著, $F(1,14)=1.32$, $MSE=36.20$,

$P=0.271$. 同时, 简单效应分析还发现, 提议为不公平时, 正负情绪的差异未达到显著水平, $F(1,14)=3.37$, $MSE=16.84$, $P=0.088$, 但由于被试量较小等原因可能存在出现显著性差异的趋向. 提议为公平时, 情绪状态之间的差异不显著, $F(1,14)=1.64$, $MSE=17.73$, $P=0.221$. 电极点的主效应不显著, $F(8,112)=2.11$, $MSE=23.85$, $P=0.128$.

已有研究表明^[4,35], MFN 可能会受到其后正成分的影响, 因此建议为了避免其他 ERP 成分对 MFN 的污染, 在对 MFN 原始波进行分析的同时也需要对 MFN 差异波进行分析, 以便多方法检验 MFN 实验效应的有效性. 仿照文献^[4,35], 对差异波(不公平提议减去公平提议)的 250~400 ms 内基线到最负向峰之间的值进行了测量, 以作为 MFN 差异波的波幅值. 选取同样的 9 个电极点对 MFN 差异波的波幅进行 2(情绪状态: 正性情绪, 负性情绪)×9(电极点)重复测量的方差分析. 结果发现, 情绪状态的主效应显著, $F(1,14)=8.60$, $MSE=19.47$, $P<0.05$, 正性情绪下的峰值 ($M=-2.41 \mu V$, $SE=0.49$) 要显著大于负性情绪下的峰值 ($M=-0.84 \mu V$, $SE=0.73$). 电极点的主效应同样显著, $F(8,112)=3.41$, $MSE=4.51$, $P<0.05$, 结合图 1 中

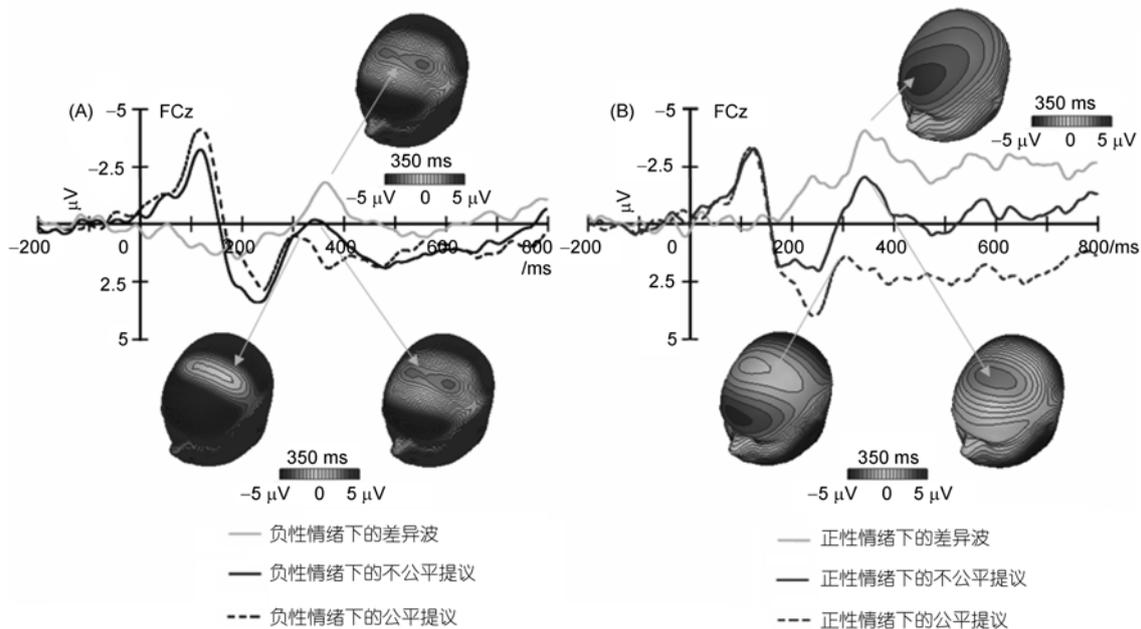


图 2 不同情境下 FCz 点的 ERP 总平均和差异波波形图以及脑地形图
(A) 负性情绪下的波形图和脑地形图; (B) 正性情绪状态下的波形图和脑地形图

的脑地形图, 可以发现额区 3 个电极点的波幅 ($M=-2.08 \mu\text{V}$, $SE=0.62$)要大于额-中央区($M=-1.71 \mu\text{V}$, $SE=0.54$)和中央区($M=-1.09 \mu\text{V}$, $SE=0.57$).

2.4 人格维度与 MFN 相关和回归分析

依照上述 ERP 数据处理和分析中选取 9 个点的方法, 将各种条件下 9 个不同电极点下 MFN 差异波波幅值的平均数与 15 名被试的 NEO-PI-R 人格量表得分进行了相关和回归分析(责任感为自变量, MFN 差异波的波幅值为因变量). 由图 3 可见, 责任感与负性情绪状态中的差异波呈显著正相关($r=0.585$, $P<0.05$), 表现为责任感得分越高, MFN 差异波的波幅越正, 责任感解释了 34.2%的变异($F(1,13)=6.763$, $P=0.022$), 回归方程为 $y=0.41x-16.79$; 但责任感与正性情绪状态中的差异波之间却没有显著相关($r=0.29$, $P=0.295$), 责任感仅解释了其 8.4%的变异($F(1,13)=1.19$, $P=0.295$), 回归方程为 $y=0.14x+7.77$. 由于 MFN 差异波是由不公平提议与公平提议相减而得, 仅关注人格维度与差异波之间的相关分析就忽视了具体的经济决策情境(即公平与否)这一因素, 故对所有被试的人格量表得分与 MFN 原始波的波幅做了进一步相关和回归分析(责任感为自变量, MFN 的波幅值为因变量). 结果发现, 在负性情绪状态下, 当提议为不公平时, 责任感与 MFN 呈显著正相关($r=0.523$,

$P<0.05$), 责任感解释了 27.4%的变异($F(1,13)=4.91$, $P=0.045$), 回归方程为 $y=0.38x-16.01$; 在负性情绪状态下, 当提议为公平时, 责任感与 MFN 之间无显著相关($r=0.034$, $P=0.903$), 责任感仅解释了其 0.1%的变异($F(1,13)=0.015$, $P=0.903$), 回归方程为 $y=-0.03x+0.77$. 先前责任感与 MFN 差异波之间的显著性相关仅出现在负性情绪状态下, 而对 MFN 原始波与责任感之间的相关分析就更深入地推进了研究结果, 即可总结认为, 责任感仅可在负性情绪状态下提议为不公平时影响 MFN.

2.5 行为结果及其与 MFN 的相关和回归分析

表 3 为被试在各种条件下的接受率和反应时的值. 将这些数据带入 2(情绪状态: 正性, 负性) \times 2(提议类型: 公平, 不公平)的重复测量方差分析.

重复测量的方差分析发现, 接受率显著地被提议类型所影响, $F(1,14)=105.452$, $MSE=0.071$, $P<0.05$. 并且就像所预测的那样, 与不公平提议中的较低的接受率($M=2.7\%$, $SE=1.5\%$)相比, 公平提议下的接受率显著较高($M=73.4\%$, $SE=5.8\%$). 但是没有情绪状态的主效应, $F(1,14)=1.862$, $MSE=0.016$, $P=0.194$; 情绪状态和提议类型的交互作用也不显著, $F(1,14)=1.295$, $MSE=0.014$, $P=0.274$.

按照已有的研究方法^[6,36], 将反应时转化为其对

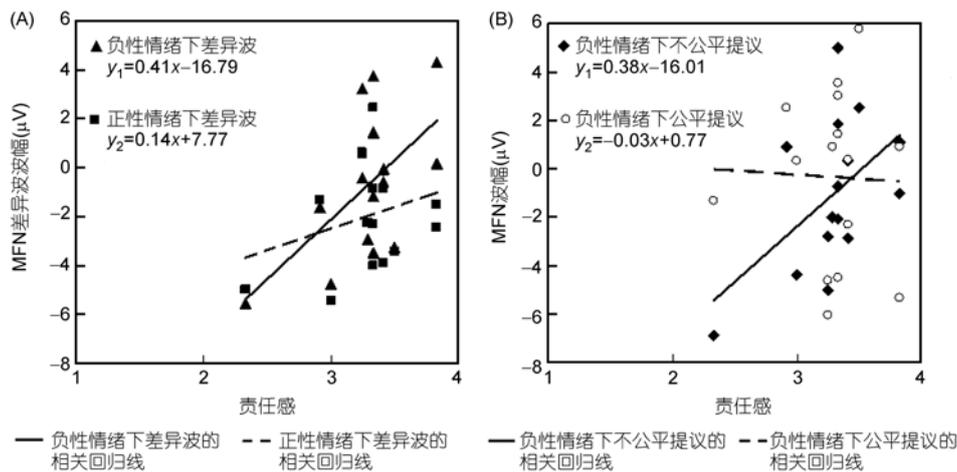


图 3 责任感和 MFN 及其差异波波幅的相关图

(A) 责任感与负性情绪下 MFN 差异波波幅呈显著正相关($y_1=0.41x-16.79$), 却与正性情绪下 MFN 差异波波幅无显著相关($y_2=0.14x+7.77$); (B) 在负性情绪状态下, 当提议为不公平时, 责任感与 MFN 波幅呈显著正相关($y_1=0.38x-16.01$), 但是责任感与提议公平时的 MFN 之间却无显著相关($y_2=-0.03x+0.77$)

表 3 各种条件下接受率和反应时值($\bar{x} \pm SD$)

		接受率(%)	反应时(ms)
正性情绪	不公平提议	2.22±5.97	628.92±88.24
	公平提议	69.44±27.98	719.25±117.13
负性情绪	不公平提议	3.22±6.09	651.58±108.79
	公平提议	77.33±22.81	701.95±106.50

数数据进行计算。结果发现,与接受率相同,仅提议类型存在主效应, $F(1,14)=12.036$, $MSE=0.003$, $P<0.05$,与不公平提议中反应时($M=640.25$ ms, $SE=24.11$)较短相比,公平提议中的反应时显著较长($M=710.60$ ms, $SE=23.50$)。情绪状态的主效应不显著, $F(1,14)=0.015$, $MSE=0.003$, $P=0.904$; 情绪状态和提议类型的交互作用也不显著 $F(1,14)=1.696$, $MSE=0.001$, $P=0.214$ 。

由于接受率与个体的经济收益直接相关,接受率越高,个体在 UG 中所获得的总经济利益就越大,因此对所有被试的不同条件下接受率的差异(不公平提议下接受率与公平提议下接受率相减)和其 MFN 差异波波幅进行相关和回归分析。结果发现,接受率的差异与 MFN 差异波波幅之间成显著相关($r=0.539$, $P<0.05$),可以解释 29.1%MFN 差异波的变异($F(1,13)=5.355$, $P=0.038$),且接受率差异越大, MFN 差异波的波幅越负,回归方程为 $y=5.083x+5.09$ 。

3 讨论

3.1 MFN 在不同情绪状态下的差异

首先采用 ERP 技术发现了 MFN 在不同的决策情境中存在差异:仅在提议为不公平时, MFN 在正性情绪中比在负性情绪显著较大;仅在正性情绪下,不公平提议诱发的 MFN 波幅要比公平提议下的显著较大。关于 MFN 仅在不公平提议时出现情绪状态的差异,这与 Harlé 和 Sanfey^[10]的研究结果相同。他们发现,仅在不公平提议下,被试在不同的情绪影响下出现接受率的显著差异,在公平提议时则没有出现这种情况。本研究中, MFN 仅在正性情绪下出现了不公平和公平提议的差异性反应,并且这点与以往的两项研究^[10,11]中负性情绪对经济决策行为发生较大影响似乎不同。综合比较本研究 and 已有的两项行为研究^[10,11],可从三个方面对此进行解释:首先,已有研

究结果和本研究结果并不冲突。已有研究都是行为研究,呈现都是个体最终的决策行为(接受率),而本研究采用的 ERP 技术,着重于较高的时间分辨率,正是希望借此揭示决策全过程中个体的心理变化情况,特别是认知阶段,而并非仅仅是表层的决策结果的差异。已有的 fMRI 研究发现,扫描被试作为接受者完成 UG 时,背外侧前额皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、ACC 和前脑岛(anterior insula)被激活,而这些区域分别与高级认知、冲突监控和情绪反应有关,这些系统的高激活带来了被试对分钱提议是否公平的清晰认知,由此出现了对不公平提议的拒绝行为^[32]。ERP 研究已显示, MFN 的脑内源正是 ACC^[1,4]。本研究与上述脑成像研究相同, MFN 清楚地表现对于 UG 中提议类型的认知评价,所以 MFN 的差异仅在对决策情境的认知加工阶段出现,自然不同于已有两项行为研究^[10,11]决策阶段的结果;其次,很多研究已经揭示了正负性情绪对于决策行为存在截然不同的影响:正性情绪会增强个体的认知敏感性^[37],对记忆、注意、问题解决等一系列的认知任务都有促进作用^[38,39];从物种进化史来说,因为负性事件的优先加工可以让物种快速激活逃跑或者战斗行为,所以相对于正性情绪而言,负性情绪较为吸引个体的注意,拥有加工上的优先权^[28]。正是由于负性情绪较多地占用了认知资源,从而导致个体对随后的决策情境认知加工不足,由此出现了负性情绪中 MFN 在不公平和公平提议中无显著差异的现象。并且,已有研究从动机/情绪性角度来解释 MFN 的出现且发现 MFN 在负性和不符合期望的事件出现时更大^[1,4];再次,Harlé 和 Sanfey^[10]的研究中所诱发的悲伤情绪,是一种特殊的负性情绪,其在认知和决策中的作用与正性情绪相似^[40]。同时, Raghunathan 和 Pham^[9]的研究认为,不是所有的负性情绪在本质上都是相同的,如悲伤和焦虑在决策中所起的作用就完全相反。加入对于同一效价下不同情绪的考察也是本研究的后续所考虑的一个重点。综合而言,本实验表明, MFN 反映了对决策情境(UG 中提议类型)的认知评价且正性情绪更有利于对决策情境的觉知。另外,本研究在使用原始波测量 MFN 时,情绪的主效应不显著; MFN 差异波的情绪主效应显著。而 MFN 差异波是不公平提议与公平提议相减而得, MFN 的结果也表明情绪与提议类型之间存在交互作用,故当以差异波的形式消除了提议类型这一变量之后,原有的情绪

与提议类型之间的交互作用就表现为 MFN 差异波在不同情绪状态下出现差异, 具体表现为正性情绪下 MFN 差异波波幅要大于负性情绪下 MFN 差异波的波幅, 与 MFN 的结果相同, 表明个体处于正性情绪下更易分辨不同公平程度的决策情境。

3.2 责任感削弱负性情绪下不公平情境中 MFN

本研究发现, 大五人格特质中仅责任感与 MFN 显著相关, 其余 4 种人格特质均于 MFN 无显著相关。已有研究证明, 对奖励敏感是外向性的核心^[17], 而本研究中 MFN 反映的是对不同经济决策情境的认知评价, 并未涉及到“奖励加工”, 故外向性与 MFN 之间无显著相关, 也许其与 UG 中结果反馈阶段(存在金钱奖励)的 ERP 成分之间存在显著相关, 这也是后续研究关注的一个方向。神经质人格特质包括诸如焦虑和 irrationality^[20,21], 虽然神经质也与内侧前额有关, 但研究表明内侧前额在神经质人格特质呈现时多表现为自我评价和情绪调节的能力^[18], 并未涉及到对外部环境的认知评价, 故神经质与 MFN 之间无显著性相关。宜人性格显示的特质都和利他主义有关, 个体会充分考虑到他人的需求、欲望和权力, 其多与心理理论的脑机制有关^[22,23], 但在本研究中参与游戏的双方都以最大化自己的经济利益为出发点, 并未表现出利他行为, 故宜人性格与 MFN 之间无显著性相关。开放性显示其对抽象性知觉信息流畅且有效地加工, 并且其与想象、智力加工和美学兴趣有关^[24]。本研究中, MFN 表现的是对具体的公平与否经济决策情境的认知评价, 并未实现对抽象性知觉信息的加工, 故开放性与 MFN 之间无显著性相关。

NEO-PI-R 量表中有责任感维度的项目清楚地表明责任感表达的是个体对于自我行为的尽责、自律和追求成就等, 如“我有一套清楚的目标, 并以有条理的方式朝它迈进”, 此人格维度包含成就欲望、自我约束、负责、有序、严谨、能力等 6 个层面^[13]。责任感的确对现实生活中的各种决策行为都存在重要影响, 无论是在短期的职业选择还是长期的职业规划^[39,41]、个体自我的经济利益还是团队的集体利益^[42,43]等方面, 责任感得分较高的个体倾向于追求较高的成就, 其行事坚决果断、意志坚强, 因此也有研究者称其为“成就动机”^[16]。已有大量研究证实, 责任感反映了对于规则的遵守和追求长远目标而抑制自己冲动的能力, 与责任感相反的人格特点包括冲动

性、注意力分散、无组织性等^[18]。本研究发现, 在不公平情境下, 责任感得分越高, MFN 波幅越正。MFN 反映的是对 UG 中提议类型的加工, 提议的不公平程度越高, MFN 越负。从个体的经济收益来看, 不公平的提议经常遭遇拒绝行为, UG 的游戏规则显示, 一旦反应者对提议进行拒绝, 则参与者都拿不到任何钱, 即 MFN 波幅越负, 个体的经济收益越少。MFN 差异波与个体接受率的差异之间的显著相关也发现 MFN 差异波越大, 与之相关的被试的不公平提议下接受率与公平提议下接受率相减的所得接受率差异也越大, 即被试对提议的公平与否区分得越清楚, 对不公平提议则会采取更多的拒绝行为, 经济收益越少。而有研究发现, 无论是在职业还是学业成就甚至个体自身的身体健康方面, 责任人格维度是和个体的成就动机成正比的^[14]。显然在追求成就动机的特点下, 高责任感的个体必将集中注意力于金钱收益的增加。个体对于不公平提议进行评价加工的大脑激活程度降低, MFN 变小。即责任感得分越高, 对于经济决策情境认知评价的脑电反应 MFN 就越小, 个体的经济收益就越高。从认知神经科学的角度也可以对本研究中责任感与 MFN 的关系进行解释。由于个体的人格特点已被广泛地证明与个体的教育程度、健康状况、成就水平等行为表现存在高度相关^[14]。近年来, 有研究探讨了个体的人格特点与脑结构之间的关系^[17,18]。采用磁共振成像研究发现, 责任感的得分高低与内侧额回的激活程度成正相关。内侧额回通过抑制冲动来规划和坚持完成活动^[19]。作为 MFN 的脑内源, ACC 是参与冲突监控的脑区^[31], 在 UG 中 ACC 激活可能是个体自身经济收益和不公平情境之间的冲突引起的^[6]。而抑制是额叶执行功能的重要组成部分^[44], 与高级的社会认知和心理理论推理有关^[45,46]。已有研究为本研究的结果提供了佐证, 如采用赌博游戏, 对被试游戏中的责任大小进行分类, 结果发现责任水平的大小对 FRN 也会产生影响^[25,47]。

本研究同时发现, 责任感得分越高, MFN 波幅越正的情况只出现在负性情绪状态。上述关于本研究中 MFN 在不同情绪状态中的差异性表现的讨论已经说明了由于本研究和已有两项行为研究^[10,11]着眼于 UG 的不同加工阶段(本研究为对于提议的认知阶段, 已有两项研究着眼于决策的结果阶段), 所以本研究结果与已有研究结果并不冲突。已有两项行为研究

已经表明, 相对于正性情绪, 处于负性情绪状态的个体对于所处的经济情境没有进行充分的认知加工, 不顾自己的经济收益, 而是宣泄对于不公平提议的愤怒情绪, 采取拒绝行为作为对于提议者的惩罚, 个体的负性情绪状态与其经济收益成反比。鉴于此, 相对于正性情绪, 高责任感的个体必然通过显著地抑制负性情绪状态下的认知反应来追求较高的经济利益。有研究也发现高责任感的个体在不同的动机水平的实验条件下其脑电活动的变化都较小, 认为责任感可能代表的是内部动机, 对外界信息的敏感度随神经变化而变化, 不受外部因素的影响^[48,49]。本研究中, 结合不同情绪状态和公平与否的提议类型讨论, 相对于正性情绪和公平提议, 个体在负性情绪中不公平提议下感受到的外在动机水平显然更强。责

任感的确反映了个体的内部动机水平, 不受到外部动机的影响, 自然会抑制负性情绪和不公平提议下的 MFN。

本研究还存在一些不足和需要改进之处。在对 MFN 波幅进行情绪状态和提议类型的交互作用分析时发现, 在不公平提议时, 正负情绪的差异处于边缘显著水平, 这可能是被试量太少的原因所致。在进一步的研究中, 对于情绪状态的分类需要更为细致, 可以考查某种负性情绪类型(如厌恶)对 MFN 的影响。本研究还设置了中间值提议这一类型, 鉴于其总平均后段数太少, 不符合 ERP 出版标准, 故未对其数据进行分析。已有研究提出中间值提议也许包含着经济决策过程中更为复杂的认知冲突, 这是本研究的缺憾之处, 也是未来的研究方向之一。

参考文献

- Gehring W J, Willoughby A R. The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 2002, 295: 2279-2282
- Falkenstein M, Hohnsbein J, Hoormann J, et al. Effects of Errors in Choice Reaction Tasks on the ERP under Focused and Divided Attention. Tilburg: Tilburg University Press, 1990
- 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
- Boksem M A S, De Cremer D. Fairness concerns predict medial frontal negativity amplitude in ultimatum bargaining. *Soc Neurosci*, 2010, 5: 118-128
- 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
- Polezzi D, Daum I, Rubaltelli E, et al. Mentalizing in economic decision-making. *Behav Brain Res*, 2008, 190: 218-223
- Güth W, Rolf S, Bernd S. An experimental analysis of ultimatum bargaining. *J Econ Behav Organ*, 1982, 3: 367-388
- Camerer C F. Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction. New York: Russell Sage Foundation, 2003
- Raghunathan R, Pham M T. All negative moods are not equal: motivational influences of anxiety and sadness on decision making. *Organ Behav Hum Decision Proc*, 1999, 79: 56-77
- Harlé K M, Sanfey A G. Incidental sadness biases social economic decisions in the ultimatum game. *Emotion*, 2007, 7: 876-881
- Andrade E B, Ariely D. The enduring impact of transient emotions on decision making. *Organ Behav Hum Decision Proc*, 2009, 109: 1-8
- Haruno M, Frith C D. Activity in the amygdala elicited by unfair divisions predicts social value orientation. *Nat Neurosci*, 2010, 13: 160-161
- Costa P T Jr, McCrae R R. NEO PI-R Professional Manual. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources, 1992
- Ozer D J, Benet-Martinez V. Personality and the prediction of consequential outcomes. *Annu Rev Psychol*, 2006, 57: 201-221
- Gaygisiz E. Economic and cultural correlates of subjective wellbeing in countries using data from the organisation for economic co-operation and development (OECD). *Psychol Rep*, 2010, 106: 949-963
- Digman J M, Takemoto-Chock N K. Factors in the natural language of personality: re-analysis, comparison, and interpretation of six major studies. *Multivariate Behav Res*, 1981, 16: 149-170
- DeYoung C G, Gray J R. Personality Neuroscience: Explaining Individual Differences in Affect, Behavior, and Cognition. New York: The

Cambridge University Press, 2009

- 18 DeYoung C G, Hirsh J B, Shane M S, et al. Testing predictions from personality neuroscience: brain structure and the big five. *Psychol Sci*, 2010, 21: 820–828
- 19 Bunge S A, Zelazo P D. A brain-based account of the development of rule use in childhood. *Curr Directions Psychol Sci*, 2006, 15: 118–121
- 20 Eisenberger N I, Lieberman M D. Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain. *Trends Cogn Sci*, 2004, 8: 294–300
- 21 Heatherton T F, Macrae C N, Kelley W M. What the social brain sciences can tell us about the self. *Curr Directions Psychol Sci*, 2004, 13: 190–193
- 22 Nettle D, Liddle B. Agreeableness is related to social-cognitive, but not social-perceptual, theory of mind. *Eur J Personality*, 2008, 22: 323–335
- 23 Saxe R, Powell L J. It's the thought that counts: specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychol Sci*, 2006, 17: 692–699
- 24 DeYoung C G, Peterson J B, Higgins D M. Sources of openness/intellect: cognitive and neuropsychological correlates of the fifth factor of personality. *J Personality*, 2005, 73: 825–858
- 25 张慧君, 周立明, 罗跃嘉. 责任对后悔强度的影响: 来自 ERP 的证据. *心理学报*, 2009, 41: 454–463
- 26 白露, 马慧, 黄宇霞, 等. 中国情绪图片系统的编制——在 46 名中国大学生中的试用. *中国心理卫生杂志*, 2005, 19: 719–722
- 27 Cacioppo J T, Lang P J. Eliciting affect using the international affective picture system: bivariate evaluation and ambivalence. *Pers Soc Psychol Bull*, 1998, 24: 855–879
- 28 Huang Y X, Luo Y J. Temporal course of emotional negativity bias: an ERP study. *Neurosci Lett*, 2006, 398: 91–96
- 29 Li X B, Li X Y, Luo Y J. Differential influences of negative emotion on spatial and verbal working memory: evidence from ERP and source current density analysis. *Neuroreport*, 2006, 17: 1555–1559
- 30 Huang Y X, Bai L, Ai H, et al. Influence of trait-anxiety on inhibition function: evidence from ERPs study. *Neurosci Lett*, 2009, 456: 1–5
- 31 Yuan J J, Luo Y, Yan J H, et al. Neural correlates of the females' susceptibility to negative emotions: an insight into gender-related prevalence of affective disturbances. *Hum Brain Mapp*, 2009, 30: 3676–3686
- 32 Sanfey A G, Rilling J K, Aronson J A, et al. The neural basis of economic decision-making in the Ultimatum Game. *Science*, 2003, 300: 1755–1758
- 33 Rilling J K, Sanfey A G, Aronson J A, et al. The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *Neuroimage*, 2004, 22: 1694–1703
- 34 Sanfey A G. Social decision-making: insights from game theory and neuroscience. *Science*, 2007, 318: 598–602
- 35 Holroyd C B, Krigolson O E. Reward prediction error signals associated with a modified time estimation task. *Psychophysiology*, 2007, 44: 913–917
- 36 Knutson B, Rick S, Wimmer G, et al. Neural predictors of purchases. *Neuron*, 2007, 53: 147–156
- 37 Dreisbach G, Goschke T. How positive affect modulates cognitive control: reduced perseveration at the cost of increased distractibility. *J Exp Psychol-Learn Mem Cogn*, 2004, 30: 343–353
- 38 Chuang S, Lin H. The effect of induced positive and negative emotion and openness-to-feeling in student's consumer decision making. *J Bus Psychol*, 2007, 22: 65–78
- 39 Thoresen C J, Bradley J C, Bliese P D, et al. The big five personality traits and individual job performance growth trajectories in maintenance and transitional job stages. *J Appl Psychol*, 2004, 89: 835–853
- 40 Lerner J S, Small D A, Loewenstein G. Heart strings and purse strings: carryover effects of emotions on economic decisions. *Psychol Sci*, 2004, 15: 337–341
- 41 Kamdar D, Van Dyne L. The joint effects of personality and workplace social exchange relationships in predicting task performance and citizenship performance. *J Appl Psychol*, 2007, 92: 1286–1298
- 42 Bell S T. Deep-level composition variables as predictors of team performance: a meta-analysis. *J Appl Psychol*, 2007, 92: 595–615
- 43 Lodi-Smith J, Roberts B W. Social investment and personality: a meta-analysis of the relationship of personality traits to investment in work, family, religion, and volunteerism. *Pers Soc Psychol Rev*, 2007, 11: 68–86

- 44 王益文, 林崇德, 高艳霞, 等. 视听跨通道干扰抑制: 儿童 ERP 研究. 中国科学: 生命科学, 2010, 40: 273–280
- 45 王益文, 刘岩, 高艳霞, 等. 错误信念推理的时间过程与源定位. 中国科学 C 辑: 生命科学, 2008, 38: 93–100
- 46 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
- 47 Li P, Jia S, Feng T, et al. The influence of the diffusion of responsibility effect on outcome evaluations: electrophysiological evidence from an ERP study. *Neuroimage*, 2010, 52: 1727–1733
- 48 Pailing P E, Segalowitz S J. The error-related negativity as a state and trait measure: motivation, personality, and ERPs in response to errors. *Psychophysiology*, 2004, 41: 84–95
- 49 张述祖, 沈德立. 基础心理学(增编). 北京: 教育科学出版社, 1995. 245–246

Modulation of Conscientiousness on Medial Frontal Negativity in Negative Emotions: an ERP Study on Ultimatum Game

WANG YiWen¹, WANG Yu¹, LIN ChongDe², CHEN XueYing¹, YUAN Bo¹ & SHEN DeLi¹

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

The event-related potential technique was used to explore whether the medial frontal negativity (MFN) was impacted by conscientiousness in different emotional states. We found that compared to negative emotions and fair offers, larger MFN amplitudes were found in positive emotions and unfair offers; in negative emotions and unfair offers, conscientiousness and the amplitude of MFN had a positive relationship, related to positive emotions and fair offers. The results reveal that the MFN reflected the cognitive evaluate process of decision-making situations and positive emotions benefited the cognition of different situations; conscientiousness enhanced the economic incomes by weakening the MFN in negative emotions and unfair situation. This study provides psychophysiological evidence which has high ecological validity of the difference of MFN in real-life interaction task.

medial frontal negativity, ultimatum game, negative emotions, unfair situation, conscientiousness, decision-making

doi: 10.1360/052010-647