

自我主观标准决定执行任务和观察任务中的结果评价*

吴 燕^{1,2} 余荣军³ 周晓林³ 罗跃嘉^{1,4}

(¹ 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室 北京 100875)

(² 成都医学院四川应用心理学研究中心 成都 610083) (³ 北京大学脑科学与认知科学中心 北京 100871)

(⁴ 中国科学院心理研究所, 北京 100101)

摘 要 为了解结果的自我相关性对执行任务和观察任务中内侧额叶负波的影响, 研究使用事件相关电位技术观测男女被试在两种任务中, 知觉自己结果和他人结果时的神经活动。结果发现执行任务中内侧额叶负波波幅大于观察任务; 在执行任务中, 男性的内侧额叶负波相对于他人结果, 观察自己结果时的波幅更大; 在观察任务中, 女性的内侧额叶负波相对于自己结果, 观察他人结果时的波幅更大, 这些结果说明内侧额叶负波反映了个体按照主观标准对结果的情绪动机意义进行监测, 男女对社会信息的奖赏评价具有不同的方向性。

关键词 内侧额叶负波; 性别差异; 结果评价; 赌博任务

分类号 B845; B849:C91

1 问题提出

人们通过快速评价行为结果来做出决策并调整随后的行为。神经科学研究者一直试图了解大脑如何对行为及其结果进行评价编码, 解释评价过程怎样影响决策行为, 以避免出现负性结果。近年来, 研究者利用事件相关电位技术发现了一些对正性和负性结果敏感程度不同的脑电成分。Falkenstein 等(1990)就报道了被试在错误反应后产生了一个错误相关负波(error related negativity, ERN 或 error negativity, Ne)(Falkenstein, Hohnsbein, Hoormann, & Blanke, 1990; Gehring, Goss, Coles, Meyer, & Donchin, 1993), 主要分布在中前额区域, 源定位于扣带前回(anterior cingulate cortex, ACC)附近(Dehaene, Posner, & Tucker, 1994)。Miltner 等(1997)发现被试在表示错误反应的或表示负性的反馈结果后产生了一个反馈相关负波(feedback related negativity, FRN 或 feedback negativity, FN)(Miltner, Braun, & Coles, 1997; Gehring & Willoughby, 2002; Holroyd & Coles, 2002; Martin, Jo, Manfred, &

Markus, 2002)。FRN 也主要分布在中前额区域, 源定位分析同样在 ACC 附近(Nieuwenhuis, Holroyd, Mol, & Coles, 2004a)。FRN 和 ERN 的源定位分析都位于内侧额叶的 ACC 附近, 一些研究者认为这两种成分可能含有相同的认知和神经加工过程, 因此它们也被称为内侧额叶负波(medial frontal negativity, MFN)(Gehring & Willoughby, 2002; Nieuwenhuis et al., 2004a; Fukushima & Hiraki, 2006; Masaki, Takeuchi, Gehring, Takasawa, & Yamazaki, 2006)。

关于 MFN 所反映的结果评价的本质, 目前仍没有定论。ERN 是伴随错误反应后的一个负走向波; FRN 是负性结果后的一个负走向波, 它代表了先前的反应是错误的, 所以 FRN 有时也被称为反馈 ERN。因此有研究者认为 MFN 可能反映了大脑一般错误监测系统的活动(Miltner et al., 1997; Gehring & Willoughby, 2002; Nieuwenhuis, Yeung, Holroyd, Schurger, & Cohen, 2004b)。Gehring 等(2002)的实验利用“赢钱多、少”和“输钱多、少”四种可能结果下的赌博任务分离“得失”和“相对正误”两个因素, 发现结果为输钱时的波幅比赢钱时更大,

收稿日期: 2008-11-02

* 国家自然科学基金(30670698, 30930031)、教育部创新团队项目(IRT0710)资助。

通讯作者: 罗跃嘉, E-mail: luoyj@bnu.edu.cn

但在“赢钱”情况下,“赢钱少”这种相对错误的结果并没有诱发 MFN,而在两种“输钱”的情况下,“输钱少”这种相对正确的结果仍然诱发了 MFN。这说明 MFN 对“输钱”的敏感性不反映错误觉察,而是反映“得失”本身,于是对 MFN 的错误加工观点提出了挑战。Holrold 等发展了 Miltner 的假设,提出了强化学习理论,他们认为当大脑监测系统检测到行为结果比预期更糟时,即有错误误差,不仅会产生一种预期奖赏错误的信号,这种信号由中脑多巴胺系统和 ACC 编码,用以对不合适的行为进行负强化,于是产生由错误反应诱发的 ERN 和由负性反馈诱发的 FRN,而且更重要的是 ERN 和 FRN 所反映的错误误差,将会调节随后的行为(Hilroyd & Coles, 2002; Hilroyd, Yeung, Coles, & Cohen, 2005)。根据该理论的解释(Holrold, Hajcak, & Larsen, 2006),认知系统对外部事件的评价引发的 MFN 与事件的客观价值存在线性关系。而对外部事件的评价与对事件的喜好密不可分。多数研究者认为评价系统根据一个二分函数来对事件的喜好程度作出判断,而非曲线函数的关系,不存在中等喜好程度诱发中等波幅(Yeung & Sanfey, 2004; Hilroyd et al., 2006)。Yeung 等(2004)的实验分离“数值大小”和“得失”两个因素,发现 MFN 波幅对“得失”敏感,而不受反馈结果“数值大小”的影响。因此 MFN 可能反映了神经系统对基于“好”、“坏”二分效价的反馈信息的早期评估。这种假设也得到了脑成像方面的证据(O'Doherty, Dayan, & Friston, 2003; O'Doherty, Buchanan, & Seymour, 2006)。然而这些关于 MFN 的研究都是在被试自己的行为反应后得到的,因此一些研究者提出一个问题:MFN 是否与被试的行为反应有关?

随后的脑电研究发现在被试不反应或者观察他人行为反应的结果后也会出现 MFN 效应。按照强化学习理论的观点,如果 MFN 反映的是神经系统监控当前执行的动作行为的一个学习过程,那么 MFN 只会在被试有实际执行行为时才产生。而如果认为 MFN 是反映 ACC 对当前事件的一个评价过程,那么不管有没有实际行为,都会产生 MFN。Franc 等报道了被试在不反应的任务中,不管反馈刺激是否是金钱数额,是赢钱还是输钱,都产生了 MFN 效应(Franc, Donkers, Geert, & Boxtel, 2005a; Franc, Donkers, Nieuwenhuis, Geert, & Boxtel, 2005b)。Yeung 等发现被试在观察他人行为结果时,也出现了 MFN,并且这种反馈结果并不与被试先

前的行为反应相联系(Yeung, Hilroyd, & Cohen, 2005)。因此,他们认为这种观察中产生的 MFN 反映了对反馈结果情绪动机方面的评价,而反馈结果并不需要与先前的执行行为相关。那么反馈结果需要与自己相关吗?

Fukushima 和 Hiraki (2006) 利用竞争赌博任务,发现女性在观察他人输钱时产生了较为明显的 MFN,尽管她们知道他人输钱意味着自己赢钱,而男性并没有产生明显的 MFN,说明在知觉他人的负性反馈结果时存在性别差异。在竞争条件下,一方的输(赢)意味着另一方的赢(输),被试在看到他人赢钱时并没有产生 MFN,实际上他人赢钱意味着自己输钱,可见,尽管反馈结果与自己相关,但没有产生 MFN。根据强化学习理论,从中我们可以得到一些启示,MFN 可能更多的反映了对反馈结果本身的情绪效价的评价,把反馈结果根据自己的喜好程度分为“好”、“坏”,而不管反馈结果是否与自己相关。然而此研究并没有对反馈结果与自己的相关性进行考察,与他人有关的结果和与自己有关的结果混淆在一起,被试观察他人的结果,实际上与自己相关,看到他人输钱意味着自己赢钱,并不能独立的用来考察反馈结果与自己相关性对 MFN 地影响。

我们之前的研究利用非竞争赌博任务(即一方的输赢并不意味着另一方的赢输)观察了被试在执行任务和观察任务中的脑电变化(Yu & Zhou, 2006)。被试和对家轮流进行赌博选择,输赢都归各自所有。当对家进行赌博时要求被试认真观察,并从他人的输赢中进行学习。我们发现被试在看到他人输钱时也产生了执行任务中相同的 MFN 效应,并且执行任务中 MFN 波幅大于观察任务。但是执行任务中的结果是与自己相关的结果,观察任务中的结果是与自己无关的他人结果。因此自己的行为结果、与自己有关的结果和个体差异因素混淆,我们并不清楚 MFN 是对自己的行为结果还是对与自己相关的反馈结果敏感。

实际生活中我们可能自己做出决策,也可能替他人选择;同样他人也可能帮助我们进行抉择。而对不同对象的选择行为结果,被试的评价过程也不相同。考虑到此前大部分对他人行为反应的结果评价研究均把“结果与自己的相关性”和“自己的行为反应”因素混淆,因此实验力图把“是否做出行为反应”和“反馈结果是否与自我相关”的因素进行区分,以研究不同因素对 MFN 的影响;是否仍然会出现性别差异。实验范式仍然采用两人轮流参加的非竞

争赌博任务,但设置了两种条件:输赢结果归自己所有和输赢结果归对方所有,目的是把执行任务和观察任务中自己的结果和他人的结果进行分离。在执行任务中,被试按键选择,如果输赢结果归自己所有,那么被试反应结果属于自己的结果,如果输赢结果归对方所有,那么被试的反应结果属于他人的结果;在观察任务中他人按键选择,如果输赢结果归自己所有,那么他人的反应结果属于他人的结果,如果输赢结果归对方所有,那么他人的反应结果属于自己的结果。

在 Yeung 等的研究中,相比需要被试进行按键选择的执行任务,观察任务中的 MFN 波幅更小 (Yeung et al., 2005; Yu & Zhou, 2006)。他们认为这与被试主观参与实验的程度有关,人们对自己的行为反应结果往往具有更强的动机。在自我执行任务中,被试自己进行按键反应,根据强化学习理论和情绪动机理论,对于自己相关的结果可能具有更强的动机程度,我们预期在执行任务中男女被试对自己结果的 MFN 波幅要大于他人结果。在观察任务中, Fukushima 和 Hirokita (2006) 发现女性被试在观察他人输钱时也诱发了中前额负波,尽管结果与自己相关,他人失钱自己能够受益,而男性则不会将别人输钱当作负性反馈,说明在观察他人反馈结果时存在性别差异。男性在看到背叛者的负性结果时,激活了与奖赏相关的脑区,而女性则不同,尽管背叛者没有遵守规则,她们仍会同情背叛者受到的惩罚 (Singger, Seymour, O'Doherty, Stephan, Dolan, & Frith, 2006)。因此我们可以预期在观察任务中不管结果是否与自己相关,女性观察他人结果时都会诱发 MFN,而男性可能只有看到与自己相关的结果会诱发 MFN。

2 实验材料与方法

2.1 被试

32 名 (16 男 16 女) 来自北京师范大学的本科生,平均年龄 22 岁 (男性: 22.81, $SD=2.37$; 女性: 22.13,

$SD=2.22$)。所有被试均首次参加心理学实验、身心健康、无心理疾病史、右利手、视力或纠正视力正常。其中一名男被试因脑电数据伪迹很大而被剔除。实验结束后要求被试对结果的关注程度和在赌博任务中希望赢钱和希望不输钱的程度进行 5 点量表评分,其中 1 名男被试和 1 名女被试没有完成对结果关注程度的评分。

2.2 实验程序

两个人参加实验,一名脑电被试,一名行为被试 (行为被试为同一实验助手担任,女性)。让脑电被试放松地坐在一个封闭安静的房间里,头距离电脑屏幕 1m。行为被试坐在脑电被试左侧后方。实验包含两个任务:执行任务 (脑电被试按键选择赌注) 和观察任务 (行为被试按键选择赌注,要求脑电被试观察屏幕上对方的赌博结果)。实验分为两个条件。条件 1: 输赢结果归自己所有,在这种条件下,告知脑电被试每个试次自己选择的输赢结果属于自己,即在自己的总金额中加上或减去相应数额的金钱;条件 2: 输赢结果归对方所有,在这种条件下,告知脑电被试每个试次自己选择的输赢结果属于对方,即在对方的总金额中加上或减去相应数额的金钱。两种条件的顺序在被试间进行平衡。每种条件进行 3 组,每组实验以观察任务试次开始,接着是执行任务,再接着是观察任务,即脑电被试与行为被试轮流进行赌博选择。

每个试次开始屏幕中心出现一个“+”,提醒被试集中注意力,之后出现行为被试或脑电被试的名字 500ms,表示这一试次由谁参加赌博,做好准备。随后,屏幕中心注视点两侧随机出现 25 和 5 两个数字,分别代表 2.5 元和 0.5 元的赌注,被试按鼠标相应键选择赌注,被选择的赌注卡片会出现白色边框以强调。500ms 后被选择的赌注将变成红色或绿色,表示赢得或失去相应数额的金钱 (红绿颜色被试间平衡),并用“+”或“-”强调赢钱或输钱的结果。参见图 1。

结果相关性因素根据两种任务和两种条件可区分为自己的结果和他人的结果。如表 1 所示。

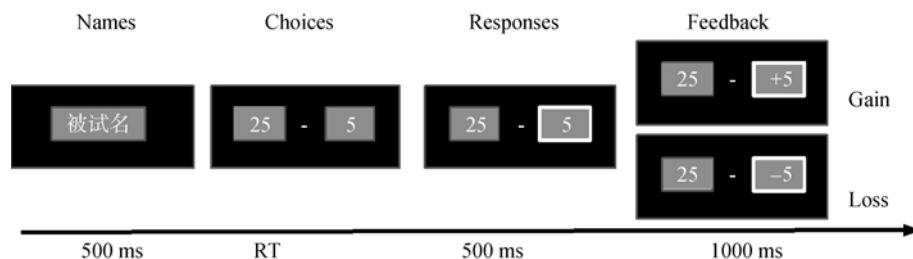


图 1 实验流程图

表 1 结果相关性因素的区分

条件/任务	条件 1: 输赢结果归自己所有	条件 2: 输赢结果归对方所有
执行任务(脑电被试按键反应)	自己的结果(自己赢钱或输钱)	他人的结果(他人赢钱或输钱)
观察任务(行为被试按键反应)	他人的结果(他人赢钱或输钱)	自己的结果(自己赢钱或输钱)

实验中脑电被试并不知道行为被试的选择和反馈结果随机呈现,因此脑电被试在观察任务中看到的四种结果(+25, +5, -25, -5)出现的概率和次数是相同的。两种任务中输赢概率为 0.5。

实验开始前,告知脑电被试他将同行为被试一起轮流进行赌博,并且在行为被试赌博时要认真观察行为被试的反应和结果,从中学习,目的是尽可能赢更多的钱。每组结束电脑会自动对他们的成绩进行加总,如果这组成绩为正值,则累计入净收益,如果为负值,则记为零。脑电被试最后的报酬是在 30 元的基础上加上其在赌博任务中所得的净收益。实验共计 6 组,条件 1 和条件 2 各 3 组。每组 60 个试次,其中 30 个试次为执行任务,30 个试次为观察任务。为了让被试熟悉实验任务,正式实验开始前进行一组练习 60 个试次,输赢结果不计入总成绩。

实验结束后让脑电被试对在两种任务中结果的关注程度和动机强度进行 1~5 的 5 点量表评分。1 表示‘一点也不’,5 表示‘非常,及其’。关注程度包括在两种任务中分别对自己和他人结果的关注程度。动机强度包括在两种任务中分别希望自己赢钱的程度、希望自己不输钱的程度、希望他人赢钱的程度和希望他人不输钱的程度。

2.3 数据记录和分析

采用根据国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽,以 NeuroScan ERP 工作站记录 EEG 信号。以双侧乳突平均值为参考,具体是,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。同时记录水平眼电(EOG)和左眼上下眶的垂直眼电(VEOG)。滤波带通为 0.05~70Hz, AC 采样,采样频率为 500Hz/导,电极与头皮之间阻抗小于 5kΩ。数据从反应刺激提示开始记录(即反馈刺激前 500ms,持续记录 1500ms)。对数据进行离线分析,用眼动校正法校正眼电伪迹。进行 20Hz 低通滤波,自动排除其他波幅大于±80μv 的伪迹信号。

根据反馈刺激类型进行分段,刺激前 100ms 开

始到刺激呈现后 600ms。MFN 效应则是分别根据两种任务和两种条件下各自所得到的输钱减去赢钱的 ERP 差异波来考察的:执行任务中,观察自己输钱的减去观察自己赢钱的 ERP 平均波幅,观察他人输钱的减去观察他人赢钱的 ERP 平均波幅,此为执行任务中的 MFN,也即是自己行为反应结果的 MFN;观察任务中,观察自己输钱的减去观察自己赢钱的 ERP 平均波幅,观察他人输钱的减去观察他人赢钱的 ERP 平均波幅,此为观察任务中的 MFN,也即是他人行为反应结果的 MFN。为了方便数据分析,我们分别计算了 MFN 各种条件下的平均潜伏期,并把 MFN 定义为反馈刺激呈现后 200~400ms(MFN 平均潜伏期加减约 100ms)出现的最大负波值和此负波前的正波的最正值之间的差异,如果 200~400ms 间没有出现 MFN,或者相反只有正波的情况,则 MFN 值记为 0。差异波中的 MFN 用 FCZ 点计算分析。前人研究多观测到 MFN 一般在中前额区域最大,或在 FCZ 点,或在 CZ 点(Nieuwenhuis et al., 2004a; 2004b; Yeung et al., 2005; Masaki, Takeuchi, Gehring, Takasawa, & Yamazaki, 2006)。

本实验是一个三因素设计:2(性别:男和女)×2(任务类型:执行任务和观察任务)×2(结果相关性:自己的结果和他人的结果)。采用 SPSS 16.0 统计软件对行为数据和 MFN 波幅的测量指标进行多重方差分析。关于 MFN 波幅、潜伏期和关注程度,被试内因素是“任务类型”和“结果相关性”,被试间因素是“性别”;关于动机强度,被试内因素是“任务类型”、“结果相关性”和“动机种类(希望赢钱的程度和希望输钱的程度)”,被试间因素是“性别”。所有方差分析的 *p* 值均采用 Greenhouse-Geisser 法进行矫正。

3 结果

3.1 行为结果

对关注程度进行三因素多重方差分析发现,任务类型主效应显著, $F(1,28)=7.08, p=0.01$ 。被试对自己行为反应结果的关注程度(3.71±0.17)大于对他人

行为反应的结果(3.25 ± 0.14)。结果相关性主效应显著, $F(1,28)=11.33$, $p=0.002$ 。被试对自己结果(3.71 ± 0.16)的关注程度大于对他人结果(3.18 ± 0.15)。

对动机强度进行四因素多重方差分析发现, 结果相关性主效应显著, $F(1,30)=16.41$, $p<0.001$ 。被试希望自己(4.55 ± 0.1)赢钱和不输钱的程度大于他人(3.9 ± 0.13)。动机种类主效应显著, $F(1,30)=23.07$, $p<0.001$ 。被试希望不输钱的程度(4.51 ± 0.08)要显著大于希望赢钱的程度(3.96 ± 0.12), 可见相比于赢钱被试更加在乎不要输钱, 对输钱的负性结果赋予了更高的权重; 结果相关性和动机种类交互作用显著, $F(1,30)=18.29$, $p<0.001$ 。简单效应分析发现被试只有在观察他人结果时, 希望他人不输钱的程度(4.36 ± 0.12)大于希望他人赢钱的程度(3.5 ± 0.21), 可见一方面被试不希望他人赢钱, 但另一方面更不愿意他人输钱。

3.2 ERP 结果

图 2 为各种条件下 FCZ 点 -100ms 到 600ms ERP 的平均波幅。从图中可以看出执行任务中的 ERP 总平均波幅比观察任务中更大。在自我执行任务中输钱诱发了明显的反馈相关负波, 而赢钱则没有, 但在观察任务中输钱和赢钱都诱发了反馈相关负波。因此我们用各种条件下输钱减去赢钱的差异波进行进一步统计分析。

图 3 为各种条件下 FCZ 点 -100ms 到 600ms 的差异波(输钱减去赢钱)和 MFN 潜伏期的脑地形图,

MFN 的潜伏期为各条件下 MFN 峰值的平均潜伏期。从图中可以看出在执行任务中 MFN 主要分布在中前额区域, MFN 峰值的平均潜伏期为 275 ± 5.01 ms; 在观察任务中只有女性在看到他人结果和男性看到自己的结果时产生较为明显的 MFN, MFN 峰值的平均潜伏期为 322 ± 2.87 ms。MFN 具有右侧偏向趋势, 这与 Gehring 和 Willoughby(2004)的脑地形图报告是一致的。对 MFN 的潜伏期进行三因素多重方差分析发现执行任务中的 MFN 潜伏期明显小于观察任务, $F(1,29)=99.145$, $p<0.001$ 。

对 FCZ 点 MFN 波幅进行三因素多重方差分析发现任务类型主效应显著, $F(1,29)=32.87$, $p<0.001$ 。MFN 波幅在自我执行任务($6.08 \pm 0.6 \mu\text{v}$)中显著大于观察任务($2.9 \pm 0.26 \mu\text{v}$)。性别主效应显著, $F(1,29)=6.58$, $p=0.02$; 女性波幅($5.46 \pm 0.52 \mu\text{v}$)显著大于男性($3.55 \pm 0.54 \mu\text{v}$)。性别和结果相关性交互作用显著, $F(1,29)=10.45$, $p=0.003$ 。简单效应分析发现性别在观察他人结果时有显著差异, $F(1,29)=11.58$, $p=0.002$; 女性的波幅($5.49 \pm 0.61 \mu\text{v}$)大于男性($2.94 \pm 0.63 \mu\text{v}$)。性别、任务和结果交互作用显著, $F(1,29)=4.57$, $p=0.04$ 。简单效应分析发现在执行任务中, 男性在观察自己结果时的波幅($5.9 \pm 0.88 \mu\text{v}$)大于观察他人的结果($3.68 \pm 1.04 \mu\text{v}$), $F(1,30)=6.47$, $p=0.02$; 女性在观察自己结果($8.05 \pm 1.01 \mu\text{v}$)和他人结果($6.67 \pm 0.85 \mu\text{v}$)时 MFN 波幅无差异, $F(1,30)=2.33$, $p=0.15$ 。在观察任务中, 女性观察他人结果时的波

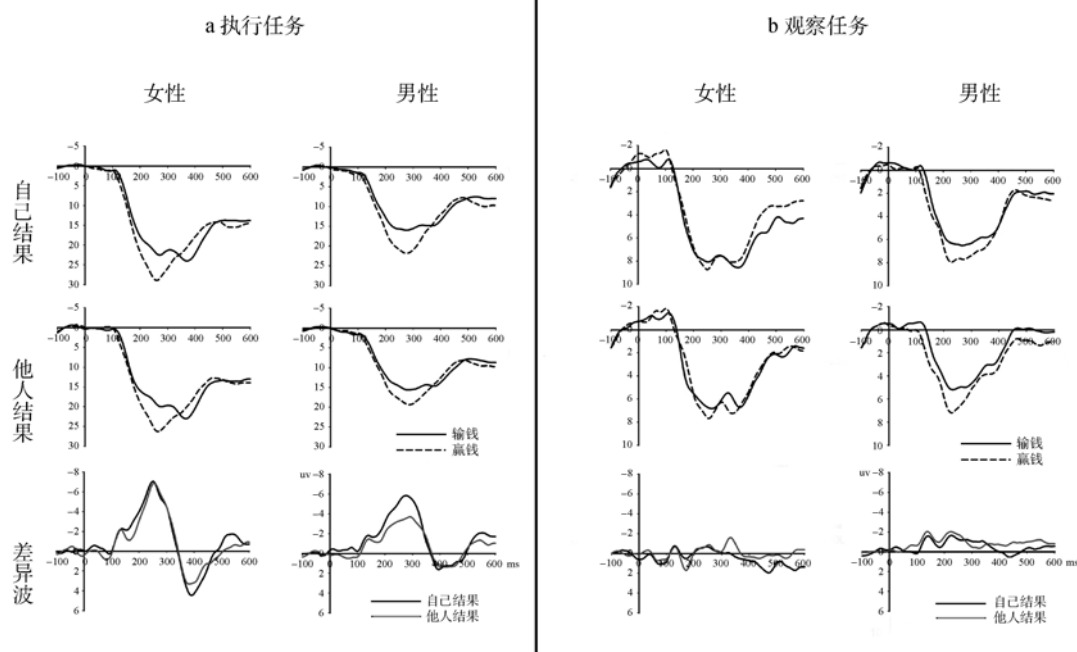


图 2 各种条件下 FCZ 点 -100 ms 到 600 ms ERP 的平均波幅。(a)是男女被试在执行任务中观察自己和他人结果反馈时的 ERP 总平均波幅; (b)是男女被试在观察任务中观察自己和他人结果反馈时的 ERP 总平均波幅。

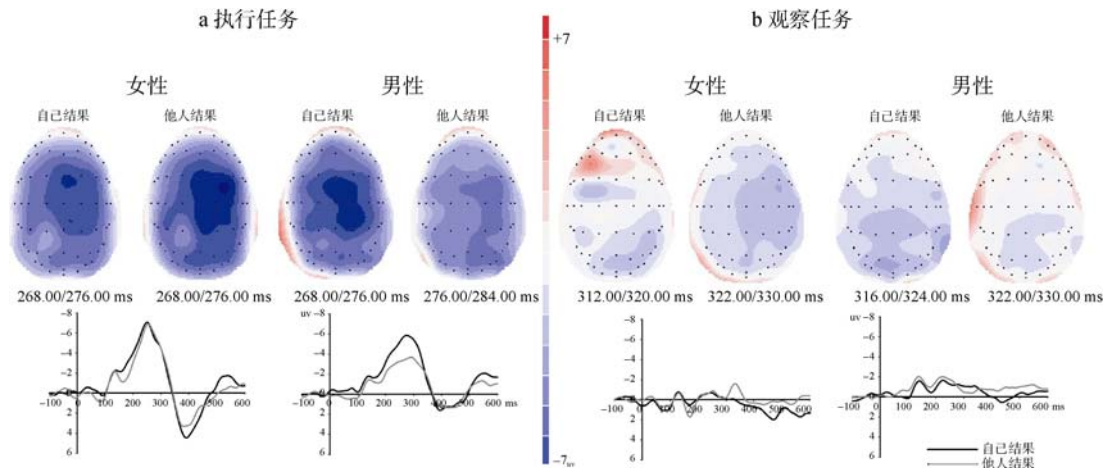


图3 各种条件下FCZ点-100ms到600ms的差异波(输钱减去赢钱)和MFN潜伏期的脑地形图。

幅($4.18 \pm 0.43 \mu\text{V}$)显著大于观察自己的结果($2.94 \pm 0.4 \mu\text{V}$), $F(1,30)=9.41$, $p=0.005$; 而男性在观察自己结果($2.2 \pm 0.845 \mu\text{V}$)和他人结果($2.4 \pm 0.41 \mu\text{V}$)时 MFN 波幅无差异, $F(1,30)=0.15$, $p=0.7$ 。

4 讨论

类似 ERN 和 FRN 的内侧额叶负波多与被试的执行行为相关。因此强化学习理论认为 MFN 是在神经系统对反馈刺激的认知加工过程中产生的, 通过对奖赏或惩罚反馈信息的认知加工, 以对不合适的行为进行负性强化(Holroyd & Coles, 2002)。Hajcad 等(2006)认为被试在执行任务中的 MFN 可以解释为存在一种早期的任务监控系统, 把自己行为反应产生的输钱的负性结果与赢钱的正性结果区别开来。因此, MFN 反映了预期比结果更糟, 是一种预期错误信号的监测判断(Hajcad, Holroyd, Moser, & Simons, 2006)。实际上, Yeung 等(2005)人利用一个不需要被试进行反应的实验任务, 发现尽管被试没有做出反应, 但输钱的反馈刺激也诱发了 MFN。Franc 等(2005)的研究也得到了相同的结论。在不反应任务中的 MFN 波幅相比需要被试进行按键反应的任务更小, 他们认为这与被试主观参与实验的程度有关, 动机因素可能影响了 MFN 的结果。可见 MFN 不仅反映了对先前行为的学习功能, 还有对奖赏或惩罚的反馈结果其情绪动机意义的处理功能。他们认为 MFN 是在对反馈刺激的情绪动机意义的评价过程中产生的。

我们也得到了前人研究相同的结果, 被试在他人反应的观察任务中也产生了 MFN 效应, 执行任务中的波幅大于观察任务, 即自己行为反应的结果

引起的 MFN 波幅大于他人行为反应的结果, 但自己结果和他人结果相比 MFN 波幅无显著差异, 反映了个体对自己的行为反应结果的效价更加敏感。大量研究显示当要求更多的认知控制时, 中前额皮层区域活动会增强, 而认知控制主要表现在任务监控上面(Ridderinkhof, Ullsperger, & Nieuwenhuis, 2004; Ridderinkhof, Nieuwenhuis, & Braver, 2007)。实验中被试对自己反应的任务关注程度显著高于他人反应任务, 参与程度更强, 要求更多的认知控制。然而另一方面, 相比于他人结果, 被试也更加关注自己的结果, 但我们并没有观察到结果相关性的主效应, 只有男性在执行任务中其自己结果的 MFN 波幅大于他人结果, 女性则无差异; 然而在观察任务中, 女性观察他人结果时的波幅大于自己的结果, 男性则没有差异。因此, MFN 不仅反映了认知的评价加工, 并且其波幅是否对自己相关的结果敏感, 受到个体差异的影响, 即个体对反馈刺激的主观标准的影响, 个体通过主观标准将结果简单的评价为“正性”或“负性”的反馈加工过程。

具体地说, 如图 2, 被试在执行任务中, 输钱诱发了明显的 MFN, 赢钱产生的 MFN 极小或者几乎没有产生, 二者差异极大, 而观察任务中输钱和赢钱都产生了 MFN, 并且输赢产生的 MFN 的差异减小了。另外, 执行任务中的 MFN 潜伏期明显比观察任务更早。这些结果说明个体监控自己行为反应结果的效价评估和监控他人的社会信息的效价评估的主观标准不同。被试对反馈刺激评价的主观标准不同, 造成了两种任务中 MFN 的巨大差异。Itagaki 等考察了被试观察他人行为反应结果的 MFN, 发现被试在合作条件下看到他人“输钱”时

和在敌对条件下看到他人“赢钱”时都产生了 MFN (Itagaki & Katayama, 2008)。合作条件下, 他人输钱对于个体来说是负性结果, 而在敌对条件下, 则他人赢钱对个体来说是负性结果。在本实验中对于自己的行为反应结果, 无论结果是属于自己还是他人, 看到“输钱”的结果都诱发了明显的 MFN。说明被试对于自己的行为结果, 无论结果是否与自己相关, 输钱都是负性结果。而在观察任务中, 输赢都产生了 MFN, 说明被试对于他人行为反应结果存在矛盾的标准, 这与行为实验的结果是一致的, 对于他人的行为反应结果, 被试既不希望他人赢钱, 也不希望他人输钱。可见, MFN 反映了反馈刺激的情绪动机评价, 个体观察自己行为反应的标准和观察他人行为反应的标准是不同的。

那么这个评价系统的标准是什么呢? 评价系统并不是简单的以输赢结果的绝对“好/坏”而是以相对情况为标准的 (Holroyd et al., 2004; 2006; Nieuwenhuis et al., 2005)。Fukushima 和 Hiraki 等 (2006) 利用竞争赌博任务发现在观察条件下, 输赢的波幅差异消失了, 被试的评价活动是根据他人的结果得失是否更不利于自己来判断的。我们的研究把结果分离为自己的结果和他人的结果, 仍然出现了这种差异。在执行任务中, 不论是观察自己的结果还是他人结果, 都产生了显著的 MFN 效应, 但在观察任务中, 被试在观察自己与他人结果时的输赢差异都减小了。从行为结果中我们可以得到一些启示, 在观察自己结果时, 被试希望自己赢钱和希望自己不输钱的程度都较大, 二者无差异; 但在观察他人结果时, 被试希望他人不输钱的程度远大于希望他人赢钱的程度, 即表示被试一方面并不希望他人赢钱, 但另一方面他们更加不希望他人输钱。被试可能把他人赢钱看作是一种非正性的结果, 而把他人输钱看作是一种负性结果。这些结果说明个体在监控自己行为反应结果的效价评估和监控他人的社会信息的效价评估时具有不同的标准, 而这个标准来自事件对个体来说是正性还是负性的主观评价。

在执行任务中, 男性知觉自己结果的 MFN 波幅大于他人, 而女性对自己结果和他人结果都产生了较大的 MFN 波幅, 并且无差异, 说明在执行任务中, 相比于他人结果, 男性对自己的负性结果更加敏感, 而女性对自己和他人的负性结果都很敏感, 且无差异。在观察任务中, 女性知觉他人结果时的 MFN 波幅显著大于观察自己的结果, 而男性在知

觉自己与他人结果时几乎都没有产生 MFN, 并且无差异, 说明女性对他人的负性结果更加敏感, 而男性在观察任务中对自己和他人的结果都不敏感。另外在观察他人结果时, 女性的 MFN 波幅大于男性, 说明女性对他人的负性结果更加敏感。Fukushima 等 (2006) 也发现女性在感知他人输钱时也诱发了 MFN, 尽管结果与自己相关, 他人失钱自己能够受益; 而男性则不会将别人输钱当作负性反馈, 说明在感知他人反馈结果时确实存在性别差异。被试在观察他人结果时产生的 MFN 可以看作是一种对社会信息正负评价的早期监控系统, 这种评价系统并不是对反馈信号本身效价的监测, 而是根据事件对自己是正性还是负性的情绪动机监测。因此, 在知觉他人结果时, 女性把他人的损失更多的看作是一种负性结果, 相比较而言男性则把他人的损失更多看作是一种非负性结果。这些结果说明 MFN 也反映了对社会信息的情绪动机意义的判断, 而性别对社会信息的情绪效价判断具有不同的方向性。

5 结论

本研究的实验结果支持了 MFN 不仅反映了对先前行为的学习功能, 还有根据主观标准对奖赏或惩罚的反馈结果其情绪动机意义的处理功能。由自己行为反应结果诱发的 MFN 显著大于被试不反应、观察他人行为反应结果诱发的 MFN, 说明 MFN 对自己的行为反应结果的效价更加敏感。在执行任务中, 男性对自己的负性结果更加敏感; 在观察任务中, 女性对他人的负性结果更加敏感, 说明 MFN 不仅反映了反馈刺激情绪动机意义的评价加工, 而其波幅是否对自己相关的结果敏感, 受到个体主观标准的影响。在观察他人结果时, 性别对他人结果效价的评价具有不同的方向性。女性把他人的损失更多的看作是一种负性结果, 男性则看作是一种非负性的结果。因此 MFN 反映了一种按照主观标准对社会信息的评价判断, 而对社会信息的评价具有很大的性别差异。

参 考 文 献

- Dehaene, S., Posner M. I. & Tucker, D. M. (1994). Localization of a neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 5, 303-305.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J. & Blanke, L. (1990). Effects of errors in choice reaction tasks on the ERP under focused and divided attention. *Psychophysiological Brain Research*, 1, 192-195.

- Franc, C. L., Donkers, S., Geert, J. M. & Boxtel, V. (2005a). Mediofrontal negativities to averted gains and losses in the slot-machine task. *Journal of Psychophysiology*, 19, 256–262.
- Franc, C. L., Donkers, S., Nieuwenhuis, S., Geert, J. M. & Boxtel, V. (2005b). Mediofrontal negativities in the absence of responding. *Cognitive Brain Research*, 25, 777–787.
- Fukushima, H. & Hiraki, K. (2006). Perceiving an opponent's loss: gender-related differences in the medial-frontal negativity. *SCAN*, 1, 149–157.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M., Meyer, D. E. & Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4, 385–390.
- Gehring W. J. & Willoughby, A. R. (2002) The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295, 2279–2282.
- Hajcad, G., Holroyd, C. B., Moser J. S. & Simons, R. F. (2006). Brain potentials associated with expected and unexpected good and bad outcomes. *Biological Psychology*, 71, 148–154.
- Hilroyd, 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, 679–709.
- Holroyd, C. B., Larsen J. T. & Cohen J. D. (2004). Context dependence of the event-related brain potential associate with reward and punishment. *Psychophysiology*, 41, 245–253.
- Hilroyd, C. B., Yeung, N., Coles M. G. H. & Cohen, J. D. (2005). A mechanism for error detection in speeded response time tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 134, 163–191.
- Hilroyd, C. B., Hajcak G. & Larsen J. T. (2006). The good, the bad and the nertral: Electrophysiological responses to feedback stimuli. *Brain Research*, 1105, 93–101.
- Itagaki S. & Katayama J. (2008). Self-relevant criteria determine the evaluation of outcomes induced by others. *Neuroreport*, 19, 383–387.
- Martin, R., Jo, G., Manfred, S. & Markus, K. (2002). Human anterior cingulate cortex is activated by negative feedback: evidence from event-related potentials in a guessing task. *Neuroscience Letters*, 325, 203–206.
- Masaki, H., Takeuchi, S., Gehring W. J., Takasawa, N. & Yamazaki, R. (2006). Affective-motivational influences on feedback-related ERPs in a gambling task. *Brain Research*, 1105, 110–121.
- Miltner, W. H. R., Braun, C. H., & Coles, M. G. H. (1997). Event-related potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: evidence for a “generic” neural system for error detection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 788–798.
- Nieuwenhuis, S., Holroyd, C. B., Mol, N. & Coles, M. G. (2004a). Reinforcement-related brain potentials from media frontal cortex: origins and functional significance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 28, 441–448.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Holroyd, C. D., Schurger, A. & Cohen, J. D. (2004b). Sensitivity of electrophysiological activity from medial frontal cortex to utilitarian and performance feedback. *Cerebral Cortex*, 14, 741–747.
- Nieuwenhuis, S., Heslenfeld, D. J., von Geusau, N. J., Mars, R. B., Holroyd, C. B. & Yeung, N. (2005). Activity in human reward-sensitive brain areas is strongly context dependent. *NeuroImage*, 25, 1302–1309.
- O'Doherty, J. P., Buchanan, T. W., Seymour, B. & Dolan, R. J. (2006). Predictive neural coding of reward preference involves dissociable responses in human ventral midbrain and ventral striatum. *Neuron*, 49, 157–166.
- O'Doherty, J. P., Dayan, P., Friston, K., Critchley, H. & Dolan, R. J. (2003). Temporal difference models and reward-related learning in the human brain. *Neuron*, 38, 329–337.
- Ridderinkhof, S. I., Ullsperger, K. R. & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306, 443–447.
- Ridderinkhof, S. I., Nieuwenhuis, S. & Braver, T. S. (2007). Medial frontal cortex function: an introduction and overview. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7, 261–265.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J. P., Stephan, K. E., Dolan, R. J. & Frith, C. D. (2006). Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others. *Nature*, 439, 466–469.
- Yeung, N. & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 24, 625–6264.
- Yeung, N., Hilroyd, C. B. & Cohen, J. D. (2005). ERP correlates of feedback and reward processing in the presence and absence of response choice. *Cerebral Cortex*, 15, 535–554.
- Yu, R. J. & Zhou, X. L. (2006). Brain responses to outcomes of one's own and the other's performance in a gambling task. *Neuroreport*, 17, 1747–1751.

Self-relevant Criteria Determine the Evaluation of Outcomes in the Self-performance and Other-performance Gambling Task

WU Yan^{1,2}, YU Rong-Jun³, ZHOU Xiao-Lin³, LUO Yue-Jia^{1,4}

(¹ State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

(² Applied Psychological Research Center of Chengdu Medical College, Chengdu 610083, China)

(³ Department of Psychology, Peking University, Beijing 100871, China)

(⁴ Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract

Fast outcome evaluation allows for rapid decision-making and adjustment for future behavior. Recent studies utilizing event-related potentials (ERPs) technique to investigate the evaluative processes in the brain, have found a negative deflection mainly at the media-frontal regions of the brain, called as feedback related negativity (also called, media-frontal negativity, MFN). First, MFN was found in the self-performance task, reflecting that the outcomes were first evaluated as worse than what was anticipated. Subsequent studies found the MFN effects were also obtained in the other-performance gambling tasks while perceiving the outcome, reflecting subjective judgments about whether an event has positive or negative value for the monitored individuals. Our previous study found the MFN was larger in their self-performance task than the other-performance gambling task, but the outcomes of both tasks were their self-related outcomes, with females response differing from males. Previous studies didn't separate these confusing factors and it is not clear whether the MFN amplitude is sensitive to their self-performance outcome or their self-related outcome. So we want to investigate the mechanism of perceiving self-related outcome and other-related outcome separately in both gambling tasks. If the MFN of self-related and other-related outcome shows no difference in the self-performance tasks, besides, the amplitude of MFN in the self-performance gambling task is larger than in the other-performance gambling tasks, these suggest that the MFN is sensitive to the self-response outcome. Nevertheless, we should consider the gender difference.

Thirty-two participants (16 males and 16 females) completed the self-performance gambling task and observed the other-performance gambling task, and both gambling tasks included self-related outcome and other-related outcome. The electroencephalogram was recorded from 64 scalp electrodes. All of the data were segmented into 700ms epochs, including a 100ms pre-stimulus baseline period, based on time markers for the onset of the feedback stimuli. The MFN was statistically evaluated using SPSS 16.0 with multiple df repeated measures comparisons.

We found that the MFN amplitude was larger in self-performance task than the other-performance task, and the self-related and other-related outcome didn't show any difference, indicating that the MFN is sensitive to their self-response outcome. Subjects has strong motivation about their self-related outcome, but while perceiving the other-related outcome, in the one hand, they didn't want to another people to win; in the other hand, they also didn't want to another people to lose. In the self-performance task, when males perceived their self-related outcomes, the MFN was larger than perceiving other-related outcomes. On the contrary, in the other-performance task, the females elicited larger MFN while perceiving other-related outcomes than self-related outcomes. In both tasks, females elicited larger MFN while perceiving other-related outcomes than males. The results indicate that the MFN is sensitive to social information about affective motivation impacts.

All of these results suggest that the evaluation criteria are different between monitoring their self-performance outcomes and other-performance outcomes of social information. Male and female responses vary in different directions of valence and have various significance of affective motivation in terms of whether gains or losses are negative for themselves. Gender differences in complex social behavior, results from the different mechanism of rapid outcome evaluation processing based on individual subjective criteria.

Key words medial-frontal negativity; gender difference; outcome evaluation; gambling task