

社会比较对合作任务结果评价的影响： 来自 ERP 的证据*

窦 炜¹ 曲璐璐^{1,2} 曲 琛¹

(¹ 华南师范大学心理应用研究中心/心理学院, 广州 520631) (² 潍坊滨海三中, 潍坊 261000)

摘 要 现实生活中人们通过社会比较获得对自身的认识。前人研究探讨了金钱收入的比较对个体结果评价的影响,而非金钱的社会比较效应的神经加工机制尚不清楚。本研究分离比较和金钱收入,使用双人合作的投骰子任务,先呈现“>”或“<”代表两人点数大小的比较结果,再呈现合作任务的输赢结果,考察非金钱的社会比较对合作任务结果加工的影响,记录任务表现的比较结果和最终合作任务结果的 ERP 数据。发现在任务表现比较结果阶段,FRN 和 P300 对代表行为表现好坏的社会比较信息敏感,呈现无金钱输赢提示的点数大小的比较结果时,点数小于他人比大于他人诱发更大的 FRN 和更小的 P300;任务表现的比较结果对合作任务最终的金钱输赢结果的影响并没有反应在 FRN 上。这些表明,对非金钱的社会比较信息的加工始于结果快速评价的早期阶段。

关键词 社会比较; 结果评价; FRN; P300; ERP

分类号 B849:C91

1 引言

社会比较是人类社会活动中一种普遍现象(Festinger, 1954)。根据 Festinger 的社会比较理论,人类有一种与他人的能力、财富和社会地位进行比较的倾向,以此获得对自身的认识。大量研究发现,个体对固定数额的金钱收入的评价,会受到他人收入的影响,从而影响个体的决策(Alpizar, Carlsson, & Johansson-Stenamn, 2005; Hopkins & Kornienko, 2010)。例如,在最后通牒博弈中,向接受者提供所有接受者得到的金钱数目的平均值,即使面对不公平的分配方案,如果接受者获得的金钱比平均值多,他将倾向于接受该不公平方案;反之这个数目少于平均值,则接受者依然会做出更多拒绝不公平方案的选择(Wu, Zhou, Dijk, Leliveld, & Zhou, 2011)。

功能磁共振成像(fMRI)的研究发现社会情境信息(包括他人的收入情况)会影响与奖赏有关的脑区活动。Fliessbach 等人(2007)在实验中让两名被试

同时进行点估计任务,估计错误没有奖励,估计正确获得数额不等的奖励,两人各自所得奖赏结果(估计的正误和所得奖励数额)被同时呈现。结果发现腹侧纹状体(ventral striatum)的激活与个体获得奖励的绝对值无关,而与个体跟另一名被试所得奖励的相对值有关:随着相对值的比值增大,腹侧纹状体的活动显著增强。Bault, Joffily, Rustichini 和 Coricelli (2011)在轮盘赌博游戏中设置六个条件(单人赌博赢钱/输钱,双人同时赌博相对赢/输和同时赢/输),结果发现纹状体、内侧前额叶(medial prefrontal cortex, MPFC)的活动在双人同时赌博相对赢钱的情况下最强烈,与单人赌博输钱相比,双人同时赌博相对输钱明显地抑制了纹状体的活动。社会比较也与背侧纹状体(dorsal striatum),丘脑(thalamus),前脑岛(anterior insula)等的激活有关。有研究显示大脑的奖赏回路主要包括扣带前回(anterior cingulate cortex, ACC)、眶额皮层(orbitofrontal cortex, OFC)、纹状体和中脑多巴胺

收稿日期: 2013-04-09

* 国家自然科学基金项目(31000504)和认知神经科学与学习国家重点实验室开放课题基金资助。

通讯作者: 曲琛, E-mail: chenqu@scnu.edu.cn

神经元(midbrain dopaminergic neurons) (Haber & Knutson, 2010),因此比他人获得更多收入的意义相当于个体获得奖赏(O'Doherty, 2004)。研究者还对非金钱的社会比较做了研究,Beer 和 Hughes (2010)以人格特征作为比较对象,发现存在“优于平均”效应,被试倾向于认为自己比同辈人有更多的积极特征和更少的消极特征,做出该判断的同时 MPFC 和后扣带回(posterior cingulate cortex, PCC)的激活程度明显增强,OFC 受到抑制。Oikawa 等人(2012)指出当自己的面孔吸引力大于陌生人时,激活了 PCC 和腹侧被盖区(ventral tegmental area, VTA)。这些研究说明,在社会比较中如果个体的人格特征、面孔吸引力等个人特征优于他人的结果,对个体的意义也相当于获得奖赏。

近几年也有一些研究者运用事件相关电位(ERP)探讨社会比较对结果评价的影响(Boksem, Kostermans, & Cremer, 2011b; Qiu et al., 2010; Rigoni, Polezzi, Rumiati, Guarino, & Sartori, 2010; Wu, Zhang, Elieson, & Zhou, 2012)。反馈负波(feed-back related negativity, FRN)是 ERP 研究中与结果评价密切相关的脑电成分,是由代表行为错误或失去金钱等负性反馈刺激诱发的负偏向的波,出现在刺激呈现后 250~300 ms 左右,其最大波幅位于大脑皮层前中部。对 FRN 的偶极子溯源分析发现其产生的位置在 ACC (Gehring & Willough, 2002; Miltner, Braun, & Coles, 1997; Nieuwenhuis, Yeung, Holroyd, Schurger, & Cohen, 2004)。Holroyd 和 Coles (2002)提出的强化学习理论认为预期错误信号(实际结果与预期结果有差异)使基底神经节产生的作用于 ACC 的多巴胺减少,不能抑制 ACC 神经元的活动,便产生较大波幅的 FRN。当出现正性预期错误(实际结果比预期好)就会增加多巴胺的分泌,然后降低 ACC 的活动并产生较小的 FRN。ACC 通过与正性奖励有关的行为的强化和与负性结果有关的行为的惩罚,指导行为的选择。FRN 反应了对反馈信息的好坏评价,并且波幅由预期结果和实际结果之间的关系决定(Holroyd & Coles 2002)。另一些研究者则认为 FRN 反应的并不是行为评估或探测预期错误的认知过程,而是反映了评价结果对情绪动机的影响过程,即赋予结果主观意义的过程(Gehring & Willough, 2002; Yeung, Holroyd, & Cohen, 2005)。特别是在社会情境中,FRN 的波幅取决于被试对所犯错误的关注程度。若被试关心自己的社会评价,负性情绪(如焦虑、神经质)和正性情

绪(如喜悦)都会影响 FRN 的波幅(Boksem, Ruys, & Aarts, 2011a; Tops, Boksem, Wester, Lorist, & Meijman, 2006)。在最近的几个研究中,社会比较对 FRN 的影响则有一些不太一致的发现。Qiu 等人(2010)的研究中,当两名被试对呈现的点数都做出了正确估计,但是他们得到的奖金数额可能不同时,在结果呈现 350~550 ms 时间窗内,不等的奖金比相等的奖金诱发了更大的负走向的波,但是比他人多和比他人少这两种不相等情况诱发的负波之间没有差异。Wu 等人(2012)也采用相似的实验范式,发现两名被试同时输钱或赢钱,金钱数额间的比较差异都不能影响 FRN 的变化,也就是说,这两个研究都没有发现社会比较影响 FRN 的证据。但是,两个研究存在同样的问题:被试的表现相同却得到不同的奖惩金额,对这样的结果进行评价很可能会涉及结果的公平性。相比于社会比较,有研究发现 FRN 对公平性更加敏感,即不管结果是对自己不公平还是对他人不公平都比公平结果产生更大的 FRN (Wu et al., 2011),所以对公平性的控制问题可能导致两个研究中观察不到社会比较对 FRN 的影响。

另一项社会比较的研究(Boksem et al., 2011b)让两名被试独立完成时间估计任务,估计正确赢 3 欧元,错误则不赢钱,被试会同时看到自己和他人的估计结果,研究者发现自己不赢钱而别人赢钱比两个人都不赢钱诱发了更大的 FRN,该实验在不涉及结果公平性的情况下证明了 FRN 受到了社会比较的影响。然而,这些社会比较的 ERP 研究都是以金钱作为比较对象,同时呈现双方的输赢结果,这使得金钱效应和比较效应同时存在于一个刺激中,很难分离二者对 FRN 的影响,我们不清楚到底是因为个体对金钱更加敏感从而使金钱的比较影响 FRN,还是单纯因为个体之间做了比较就可以影响 FRN。本研究的目的之一就是探讨非金钱的社会比较是否会影响 FRN。另外,前人研究中两名被试的金钱收入是相互独立的,二者容易形成竞争关系,那么当二者合作完成一项任务并存在利益关联时,社会比较是否依然存在于合作任务中?它是否影响个体对共同金钱收入的结果评价?本实验的另一个目的是探究在所有个体合作完成同一任务的情况下,社会比较是否影响合作任务输赢结果的评价过程。

另一个与结果评价有关的脑电成分是 P300,它与结果评价过程中的注意以及情绪体验有关

(Yeung & Sanfey, 2004), 是在刺激呈现后 300~400 ms 出现的一个正走向的波(Johnson, 1988)。金钱赌博任务中的 P300 既对奖励的效价敏感, 也对奖励的大小敏感, 正性反馈后的 P300 波幅更大, 说明 P300 能区分结果的好/坏(Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2005, 2007; Leng & Zhou, 2010; Wu & Zhou, 2009)。虽然 Wu 等人(2012)的研究中没有发现社会比较影响 FRN 的变化, 却在 P300 上观察到社会比较效应, 比别人赢钱多产生更大的 P300。本研究关注非金钱的社会比较, 不存在金钱多少的比较问题, 比较结果大于他人意味着结果正性, 反之亦然, 因此我们预期比较结果大于他人比小于他人诱发更大的 P300。

本研究修改 Li 等人(2010)在实验中使用的 Chuck-A-Luck Dice Game 任务, 在一个合作任务中, 分别考察社会比较结果以及合作任务结果的脑内时间加工进程。实验使用两人投骰子的合作赌博游戏, 两人投掷的点数和大于 6 则赢钱, 小于等于 6 则输钱, 待两名被试都投完骰子, 分屏呈现社会比较信息和输赢信息, 先反馈两人所投点数孰大孰小而不是实际点数, 接着呈现合作赌博的输赢结果。在第一次反馈中, 只呈现点数相对大小, 并无输赢信息, 考察大脑对非金钱的社会比较信息的加工, 在第二次反馈中呈现合作任务结果的金钱输赢信息, 考察大脑对社会比较后的合作任务结果的评价过程。

2 方法

2.1 被试

被试为 20 名大学本科生, 男生 10 人, 女生 10 人, 年龄 19~24 岁, 平均年龄 22.6 岁。其中两名女性被试的数据伪迹较大, 被剔除。所有被试均为右利手, 双眼视力或矫正视力正常, 无生理或心理方面的疾病。

2.2 程序

被试到达实验室后, 主试向他介绍另一位和他共同完成实验的被试(由实验助手扮演), 并且讲解实验中的规则, 告诉他们合作完成一个投骰子的赌博游戏, 游戏共有两颗骰子, 他们两人分别投出一颗(实际上另一名被试的骰子由计算机自动投出), 当两颗骰子的和大于 6 则赢 1 元, 小于或等于 6 则扣除 1 元, 实验结束后他们所得奖金的总额将平均分给两名被试作为实验报酬, 在游戏中赢的越多, 得到的报酬也越多。讲解完毕后, 被试单独坐在封

闭安静的房间内, 头部距离电脑屏幕 1 m, 刺激呈现后水平视角和垂直视角均小于 6°。

在实验开始前, 告知被试他的电脑与另一名被试的电脑已经联网, 两人所看到的屏幕画面完全相同, 进程条代表投骰子的力度, 进程条越长则力度越大, 力度与骰子的点数之间有某种规律, 但不是力度越大点数越大, 所以被试要认真观察自己和另一名被试的按键位置和相应点数, 从中学习进程条和点数大小之间的规律, 尽可能赢更多的钱。实际上, 进程条和点数大小间没有规律, 比较结果和合作任务结果是事先安排好的, 点数大于他人和小于他人出现的概率相等, 相同比较结果之后出现输钱和赢钱结果的概率相等。这样做的目的是让被试在实验中更投入。

每轮游戏开始屏幕中央呈现注视点, 持续 1000 ms。然后呈现一个向下指的手指, 表示由被试投骰子, 同时显示一个循环增长长度的黄色进程条, 进程条表示投骰子的力度。进程条到达被试认为合适的力度时, 按 J 键投出骰子, 接着呈现一个无点数的空骰子 1000 ms。然后显示另一名被试的进程条, 以及投出骰子时进程条的长度(实际上由计算机自动控制)。两颗空骰子出现 1000 ms 后, 间隔 1500~2000 ms 呈现两名被试骰子点数大小的比较结果, “<”表示被试的点数小于假被试, “>”表示被试的点数大于假被试, 符号两边分别是被试和假被试的名字, 呈现时间为 1000 ms。空屏 1500~2000 ms 后, 呈现任务结果 1000 ms, “+”表示赢钱, “-”表示输钱。间隔 600~1000 ms 后呈现两个骰子的实际点数, 为了让被试在实验中更投入, 实际点数的呈现是随机的, 被试需要根据比较结果来区分自己和对方的点数。实验过程中被试投骰子的顺序随机先后进行。我们选择“比较结果”和“合作任务结果”这两屏进行 ERP 分析。单论游戏流程参见图 1。

正式实验有 280 个试次, 分为 4 个区组, 其中“大于他人”和“小于他人”均有 120 个试次, “大于他人-输钱”、“大于他人-赢钱”、“小于他人-输钱”和“小于他人-赢钱”各 60 个试次, 每个区组中有 10 个试次是为了增加实验真实性而在比较结果中加入“=”, 表示点数相等, 这 40 个试次不进行 EEG 记录。正式实验开始前, 被试有 10 个试次进行练习, 以熟悉实验过程。

2.3 数据记录和分析

使用美国 Neuroscan 公司生产的 ERP 记录与分析系统, 按国际 10-20 系统扩展的 32 导电极帽记录

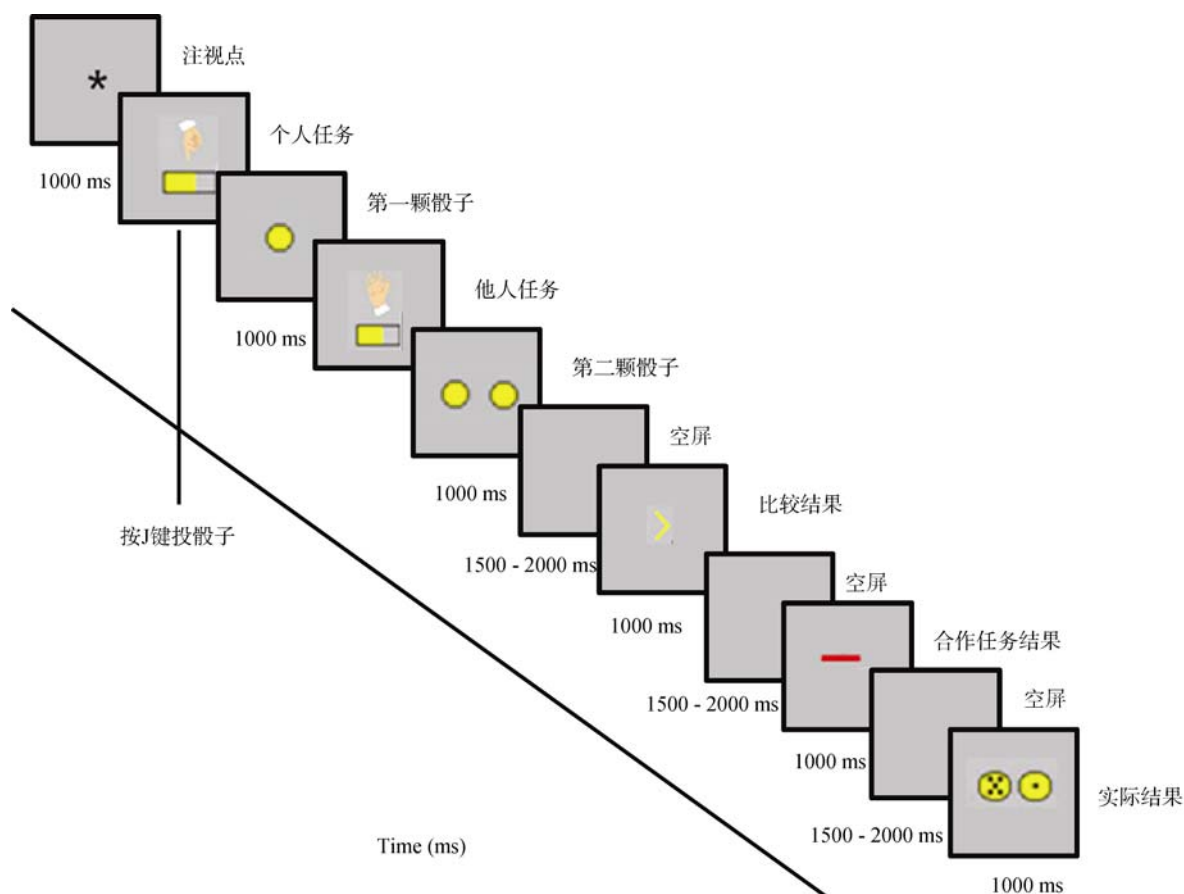


图 1 实验流程图

EEG。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,离线数据处理时以左右两耳乳突的平均点位为参考。同时记录水平眼电(HEOG)和左眼上下眶的垂直眼电(VEOG)。滤波带通为 0.05~100 Hz。信号经 DC 放大,采样频率为 500 Hz/导,电极与头皮之间的电阻小于 5 k Ω 。离线处理采用 NeuroScan 4.5 软件提供的算法,用眼动校正眼电伪迹。进行 30 Hz (24 dB/oct)低通滤波,自动排除其他波幅大于 $\pm 80 \mu\text{V}$ 的伪迹信号。分析时程为 1000 ms,刺激出现前 200 ms 作为基线。

以往的研究(Gehring & Willough, 2002; Hajcak et al., 2005, 2007)表明,FRN 的最大波幅出现在头皮矢状中线的前中部,因此我们选取 Fz、FCz、Cz 进行测量分析。P300 的最大波幅则出现在头皮后部(Yeung & Sanfey, 2004),因此选取 CPz 和 Pz 对 P300 进行测量分析。根据总平均图和参考文献(Gehring & Willough, 2002; Yeung & Sanfey, 2004)确定比较结果和合作任务结果的 FRN 平均波幅的时间窗为 250~350 ms, P300 平均波幅的时间窗为 350~450 ms。我们采取 Holroyd 和 Krigolson (2007)

研究中 FRN 差异波的算法,用合作任务结果中的“大于他人-输”减去“大于他人-赢”得到“大于他人”的差异波,用“小于他人-输”减去“小于他人-赢”得到“小于他人”的差异波,然后比较这两个差异波的波幅。

采用 SPSS 16.0 统计软件对比较结果中的 FRN 平均波幅做 2(比较结果) $\times$ 3(电极位置)的两因素方差分析, P300 平均波幅做 2(比较结果) $\times$ 2(电极位置)的两因素方差分析;对合作任务结果中的 FRN 平均波幅做 2(比较结果) $\times$ 2(合作任务结果) $\times$ 3(电极位置)多重方差分析, FRN 差异波做 2(社会比较: 大于/小于他人) $\times$ 3(电极位置)的两因素方差分析; P300 平均波幅做 2(比较结果) $\times$ 2(合作任务结果) $\times$ 2(电极位置)多重方差分析;对非球形性结果采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正,多重比较采用 Bonferroni 校正。

3 结果

3.1 比较结果中的 FRN 和 P300

表 1 呈现了 FRN 和 P300 在比较结果中的平均

值和标准差。图 2 呈现了比较结果条件下的波形图。

对 FRN 的平均波幅做 2(比较结果: 大于他人和小于他人) $\times$ 3(电极位置: Fz, FCz, Cz,) 的两因素方差分析, 发现比较结果主效应显著, $F(1,17) = 6.98, p = 0.02$, 比较结果大于他人诱发的 FRN 波幅 ($4 \pm 1.33 \mu\text{V}$) 显著大于比较结果小于他人的 FRN 波幅 ($4.11 \pm 1.2 \mu\text{V}$)。电极位置主效应显著, $F(2, 34) = 12.57, p < 0.001$; FRN 在 Fz 点 ($2.16 \pm 1.2 \mu\text{V}$) 上的波幅最大。比较结果和电极位置的交互作用不显著, $F(2,34) = 1.95, p = 0.18$ 。

对 P300 的平均波幅做 2(比较结果: 大于他人和小于他人) $\times$ 2(电极位置: CPz, Pz) 的两因素方差分析, 发现比较结果主效应显著, $F(1,17) = 7.62, p = 0.01$, 比较结果大于他人诱发的 P300 波幅 ($13.05 \pm 1.66 \mu\text{V}$) 显著大于比较结果小于他人的 P300 波幅 ($11.76 \pm 1.58 \mu\text{V}$)。电极位置主效应显著, $F(1, 17) = 27.88, p < 0.001$; P300 在 Pz 点 ($13.35 \pm 1.54 \mu\text{V}$) 上的波幅最大。比较结果和电极位置的交互作用不显著, $F(1,17) = 3.42, p = 0.08$, 如图 2 所示。

3.2 合作任务结果中的 FRN 和 P300

表 2 呈现了 FRN 和 P300 在合作任务结果中的平均值和标准差。图 3 呈现了任务结果条件下平均波形图。图 4 显示了 FRN 的差异波和地形图。

FRN 的合作任务结果主效应显著, $F(1, 17) = 5.6, p = 0.03$, 赢的结果大于输的结果 ($5.54 \pm 1.59 \mu\text{V} > 4.22 \pm 1.35 \mu\text{V}$); 比较结果主效应不显著, $F(1,17) = 0.66, p = 0.43$ 。电极位置主效应显著, $F(2,34) = 16.58, p < 0.001$, FRN 在 Fz 点最大 ($3.61 \pm 1.4 \mu\text{V}$)。合作任务结果和电极位置交互作用不显著, $F(2,34) = 2.11, p = 0.18$ 。比较结果和电极位置交互作用不显著, $F(2,34) = 0.37, p = 0.58$ 。比较结果和合作任务结果交互作用不显著, $F(1,17) = 0.48, p = 0.5$ 。比较结果、合作任务结果和电极位置交互作用不显著, $F(2,34) = 1.28, p = 0.29$, 如图 3 所示。

表 1 FRN 和 P300 在比较结果结果中的平均值和标准差(μV)

电极点	大于他人		小于他人	
	M	SD	M	SD
FRN				
Fz	2.71	1.26	0.68	1.19
FCz	4.13	1.37	2.2	1.21
Cz	5.13	1.41	3.59	1.28
P300				
CPz	12.22	1.72	10.68	1.46
Pz	13.87	1.61	12.83	1.51

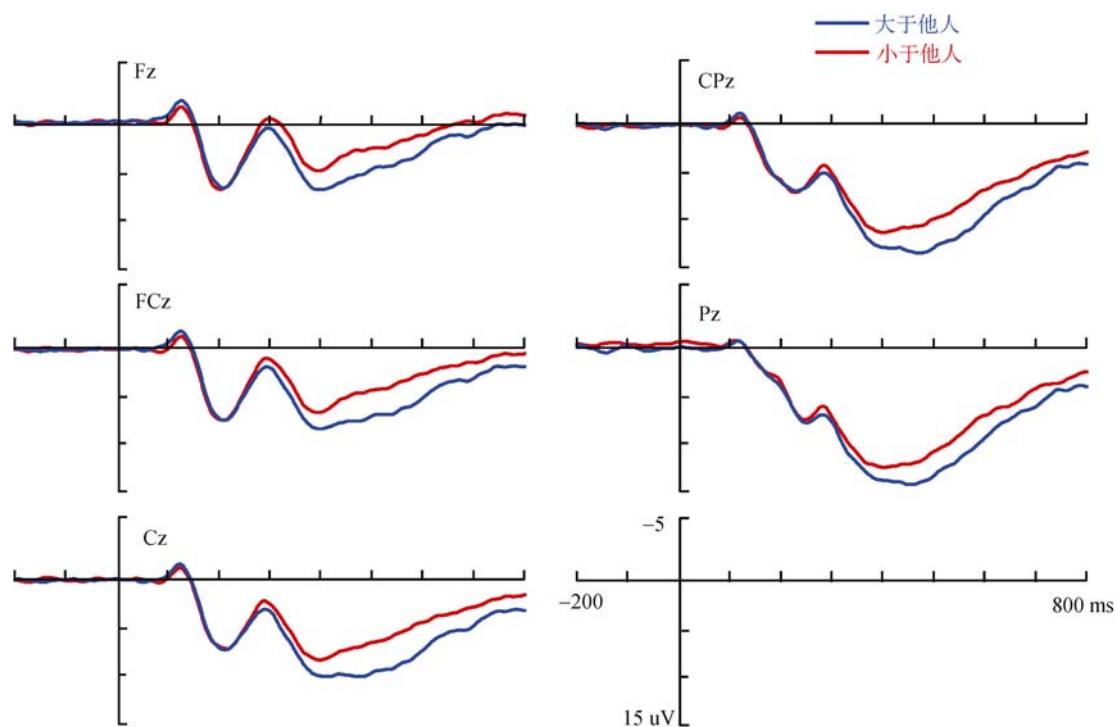


图 2 比较结果条件下 -200 ms 到 800 ms ERP 的平均波幅(彩图见电子版)

表 2 FRN 和 P300 在合作任务结果中的平均值和标准差(μV)

电极点	大于他人				小于他人			
	输钱		赢钱		输钱		赢钱	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
FRN								
Fz	3.07	1.36	4.55	1.47	2.43	1.42	1.42	1.65
FCz	4.77	1.35	5.63	1.58	4.09	1.44	1.44	1.76
Cz	5.87	1.39	6.32	1.57	5.08	1.44	1.44	1.81
P300								
CPz	10.07	1.25	11.98	1.62	9.63	1.53	1.53	1.96
Pz	11.05	1.27	12.82	1.37	10.6	1.29	1.29	1.73

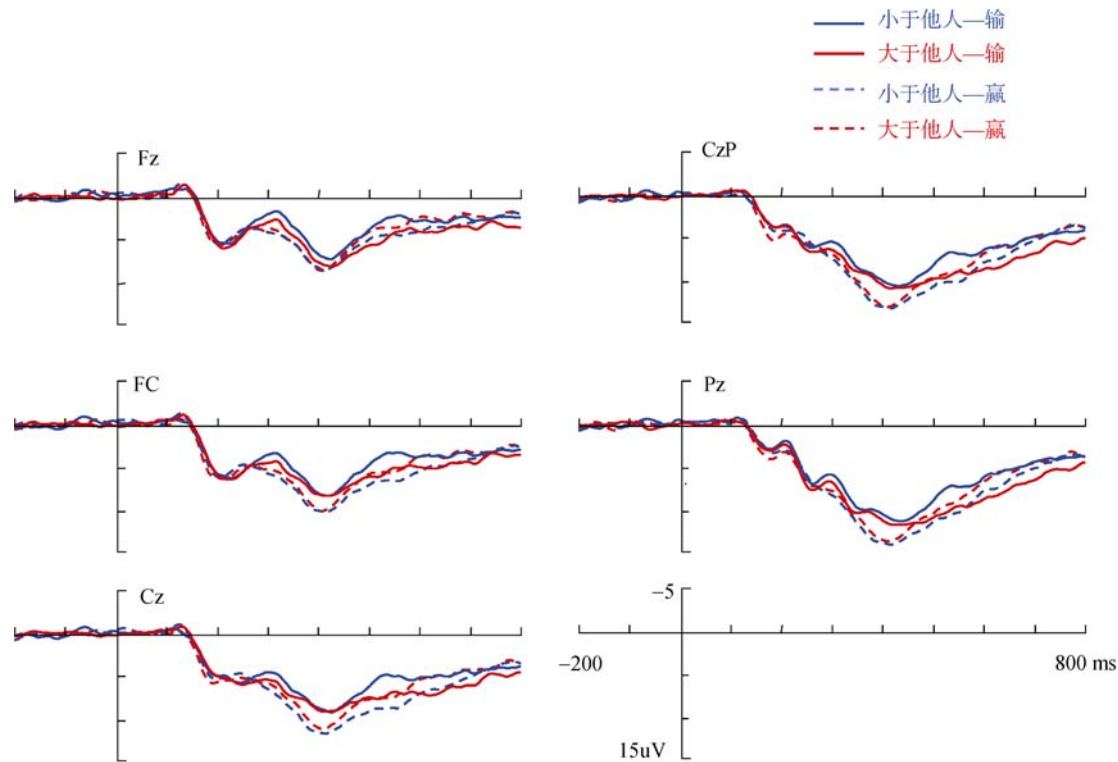


图 3 任务结果条件下-200 ms 到 800 ms ERP 的平均波形图(彩图见电子版)

对 FRN 的差异波做方差分析,发现社会比较主效应不显著, $F(1,17) = 2.9, p = 0.107$; 电极位置主效应不显著, $F(2,34) = 1.66, p = 0.22$ 。社会比较和电极位置交互作用不显著, $F(2,34) = 0.25, p = 0.78$ 。图 4 为 FRN 在 Fz、FCz、Cz 点上的差异波和脑地形图。

P300 的合作任务结果主效应显著, $F(1, 17) = 13.3, p = 0.003$, 赢的 P300 波幅($12.61 \pm 1.61 \mu V$)大于输的 P300 波幅($10.34 \pm 1.3 \mu V$)。比较结果主效应不显著, $F(1,17) = 0.01, p = 0.98$ 。电极位置主效应显著, $F(1,17) = 4.48, p = 0.04$, 在 Pz 点上最大($11.95 \pm 1.36 \mu V$)。比较结果和合作任务结果交互作用不显著, $F(1,17) = 0.99, p = 0.33$ 。如图 3 所示。合

作任务结果和电极位置交互作用不显著, $F(1,17) = 0.03, p = 0.87$ 。比较结果和电极位置交互作用不显著, $F(1,17) = 0.05, p = 0.82$ 。比较结果、合作任务结果和电极位置交互作用不显著, $F(1,17) = 0.06, p = 0.81$ 。

4 讨论

本研究在不涉及社会比较结果公平性的情况下,首次分离了社会比较和金钱输赢,探讨单纯的社会比较信息以及金钱输赢信息分别对结果评价的影响。实验采用一个合作赌博任务,先后分屏呈现双方所投骰子的大小比较和合作任务结果(输/赢),发现在单纯呈现比较大小时没有金钱输赢提示

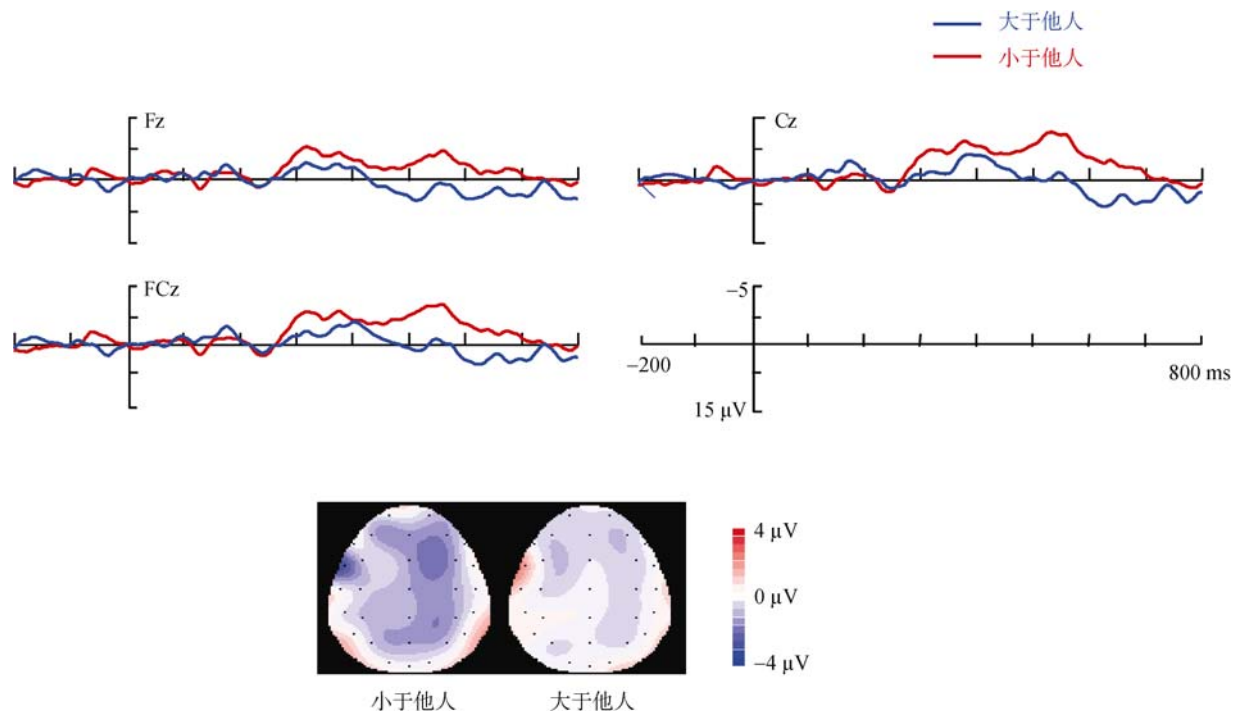


图4 FRN 在 Fz、FCz、Cz 点上的差异波和地形图(彩图见电子版)

时, FRN 和 P300 对双方的比较大小敏感, 点数小于他人比点数大于他人诱发了更大 FRN 波幅, 以及更小的 P300 波幅; 在已知比较大小后呈现输赢信息时 FRN 只对合作任务结果敏感, 即输钱条件下的 FRN 波幅大于赢钱条件的, 已知的比较大小并不反映在 FRN 和 P300 上。

前人研究(Goyer, Woldorff, & Huettel, 2008; Leng & Zhou, 2010; Wu & Zhou, 2009)指出, 结果评价过程可以分为两个阶段: 早期阶段是对反馈刺激的情绪动机意义的快速评估, 是一种初级的自动化加工; 后期认知评估阶段由影响注意资源分配的外界因素促使对反馈刺激做更加精细的自上而下的加工。本实验第一屏, 只提示社会比较结果, 即合作任务的双方掷出骰子的点数孰大孰小, 并没有实际点数大小, 该提示不足以成为被试获得合作任务结果的线索, 结果发现比对方小的结果引起较大的 FRN。也就是说, 即使被试不能通过点数大小的比较信息了解自己的输赢结果, 单纯的大小的绝对值比较就能引起 FRN 的变化, 社会比较效应早在 FRN 阶段就发生了, 表明社会比较信息的加工始于结果评价的早期阶段。在前人研究的基础上, 本研究在不涉及社会比较结果公平性的情况下, 首次分离了社会比较和金钱输赢, 并且在合作任务中, 发现社会比较影响 FRN 的大小。

FRN 的强化学习理论(Hajcak et al., 2007;

Holroyd, Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen, 2003)认为非预期的结果比预期的结果诱发更大 FRN, 说明 FRN 对预期错误敏感。Oliveira McDonald 和 Goodman (2007)的研究发现如果个体预期结果是负性的, 即使实际结果是正性的也会诱发 FRN, 也就是说不管实际结果是好与坏, 只要预期与实际结果不同, 就会产生 FRN 效应。所以说, 预期错误不仅包括结果的效价, 也指实际结果是否与先前建立的、非效价的预期相一致。也有研究发现 FRN 不仅对结果的效价敏感, 也对社会信息敏感: 当被试的意见与所有人不一致时, 产生的 FRN 波幅最大, 说明违背社会期望或规范和非社会情境下结果预期错误引起的大脑反应是相似的(Chen, Wu, Tong, Guan, & Zhou, 2012; Zhang, Li, Qian, & Zhou, 2012); Boksem 等人(2011a)发现, 与微笑表情的面孔相比, 被试看到沮丧表情的面孔诱发了更大的 FRN。在本研究中, 点数大小意味着对合作任务结果的贡献大小, 在与他人合作的情况下, 被试会意识到自己掷骰子的表现影响两人的奖惩结果, 同时也会受到同伴的评价, 如果表现不如他人可能导致他人对自己产生负性评价, 从而使被试感到社会评价威胁(Dickerson & Kemeny, 2004)。Cavanagh 和 Allen (2008)发现 FRN 对惩罚的敏感性和肾上腺皮质激素水平都与社会评价威胁有关。本研究中, 尽管没有输赢提示, 社会比较对 FRN 的影响依然可能是通

过社会评价威胁实现的,这些都进一步证明了 FRN 有关的认知功能不仅仅局限于编码对金钱奖励或行为反馈的预期错误,还可以编码代表行为表现好坏的社会比较信息。

在呈现比较结果大小时,大于他人比小于他人产生的 P300 更大。研究者普遍认为 P300 与注意的分配(Gray, Ambady, Lowenthal, & Deldin, 2004; Linden, 2005; Wu & Zhou, 2009)和高水平的情绪评价(Leng & Zhou, 2010; Yeung et al., 2004)有关,比如有吸引力的面孔比没有吸引力的面孔诱发了更大的 P300(Johnston & Oliver-Rodriguez, 1997; Werheid, Schacht, & Sommer, 2007)。由于比他人获得更多奖励激活了腹侧纹状体等奖励脑区(Bault et al., 2011; Fliessbach et al., 2007),所以在本实验中点数大于他人可能被看做一种奖励,具有更大的动机意义,捕获到更多注意资源。有研究(Bellebaum, Polezzi, & Daum, 2010; Holroyd, Hajcak, & Larsen, 2006; Leng et al., 2010; Wu et al., 2009)发现 P300 对结果的效价和大小敏感,正性反馈比负性反馈诱发更大的 P300 波幅。本研究中 P300 波幅在点数大于他人比点数小于他人时更大,这既说明对结果大小的评估发生在社会比较过程中,也说明点数大于他人对于被试来说是一种正性反馈,它代表了比合作者对最后的合作任务结果做出更多贡献。

在第二屏合作任务结果中,损失金钱比获得金钱诱发更大的 FRN,这与以往关于结果评价的研究一致(Gehring & Willough, 2002; Holroyd & Coles, 2002; Holroyd, Larsen, & Cohen, 2004; Nieuwenhuis et al., 2004),但是社会比较不影响合作任务中 FRN 的大小。我们认为可能导致该结果的一个原因是 FRN 反应的是大脑对结果进行的粗略的初级加工,只对结果做好或坏的二元评估(Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2006; Leng et al., 2010)。Hajcak 等, (2006)、Yeung 和 Sanfey (2004)等人认为 FRN 反映的是对结果的早期评估,这个评估仅仅对结果进行二元(好/坏)分类。他们发现,输钱多、输钱少和不输钱诱发的 FRN 波幅大小没有差异,说明 FRN 对损失的大小不敏感,仅仅反映结果是好还是坏。在本研究中,和不赢钱相比,个体更关注输钱的结果,占用更多认知资源,忽略了社会比较的结果。而且社会比较在合作任务结果之前反馈,合作任务只有输和赢两种结果,被试可能将合作任务结果仅仅分为好和坏,而未把社会比较结果纳入对合作任务的结果评价过程中。

另一个更重要的原因可能是由于以 FRN 为指标的快速结果评价系统编码的是当前情境中最突出的信息(Goyer et al., 2008; Potts, Martin, Burton, & Montague, 2006)。Gu 等人(2011)的实验分离结果的效价和大小,发现先反馈的结果大小不会影响之后的结果效价的 FRN 波幅,即“小-输”产生的 FRN 波幅与“大-输”产生 FRN 波幅之间没有差异,此时 FRN 只对输赢敏感。本研究发现“小于他人-输钱”和“大于他人-输钱”产生的 FRN 波幅没有差异,这与 Gu 等人的研究结果相同,说明 FRN 只编码了当前反馈结果的信息,而之前的短期信息则不参与到当前反馈的结果评价过程中。我们推测 FRN 对间隔情境的信息整合能力不强,早期的快速结果评价系统处理的是当前情境中的信息。

另外,本研究中比较结果大小不影响之后合作任务的输赢,被试既不能通过比较结果预期合作任务的输赢,也不会因为比假被试的点数大而获得更多的奖励,被试可能看到比较结果大小之后无从对结果效价进行预期,被试无需带着比较结果的大小信息进入合作任务结果的评价,因此比较结果大小就不会对合作任务结果的 FRN 波幅产生影响。我们推测,如果社会比较的结果对合作任务结果有提示作用,比如结果比他人大意意味着赢更多的钱,则会在 FRN 波幅上表现出差异,这些有待于未来研究考察。

5 结论

本研究首次在分离了效价和社会比较的情况下,发现单纯的社会比较会影响 FRN 和 P300 的变化,点数小于他人比大于他人诱发了更大的 FRN 和更小的 P300,这表明大脑对社会比较信息的加工发生在结果评价的早期阶段,FRN 可以编码代表行为表现好坏的社会比较信息。在呈现合作任务结果,输钱诱发的 FRN 显著大于赢钱诱发的 FRN,对合作任务结果的评价则不受社会比较的影响,说明 FRN 对间隔情境的信息整合能力不强,早期的快速结果评价系统处理的是当前情境中的信息。

参 考 文 献

- Alpizar, F., Carlsson, F., & Johansson-Stenman, O. (2005). How much do we care about absolute versus relative income and consumption?. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 56(3), 405-421.
- Bault, N., Joffily, M., Rustichini, A., & Coricelli, G. (2011). Medial prefrontal cortex and striatum mediate the influence of social comparison on the decision process. *Proceedings*

- of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108(38), 16044–16049.
- Beer, J. S., & Hughes, B. L. (2010). Neural systems of social comparison and the “above-average” effect. *NeuroImage*, 49(3), 2671–2679.
- Bellebaum, C., Polezzi, D., & Daum, I. (2010). It is less than you expected: The feed back-related negativity reflects violations of reward magnitude expectations. *Neuropsychologia*, 48(11), 3343–3350.
- Boksem, M. A., Ruys, K. I., & Aarts, H. (2011a). Facing disapproval: Performance monitoring in a social context. *Social Neuroscience*, 6(4), 360–368.
- Boksem, M. A., Kostermans, E., & De Cremer, D. (2011b). Failing where others have succeeded: Medial frontal negativity tracks failure in a social context. *Psychophysiology*, 48(7), 973–979.
- Cavanagh, J. F., & Allen, J. J. B. (2008). Multiple aspects of the stress response under social evaluative threat: An electrophysiological investigation. *Psychoneuroendocrinology*, 33(1), 41–53.
- Chen, J., Wu, Y., Tong, G. Y., Guan, X. M., & Zhou, X. L. (2012). ERP correlates of social conformity in a line judgment task. *BMC Neuroscience*, 13(1), 43.
- Dickerson, S.S., & Kemeny, M.E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, 130(3), 355–391.
- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations*, 7(2), 117–140.
- Fließbach, K., Weber, B., Trautner, P., Dohmen, T., Sunde, U., Elger, C. E., & Falk, A. (2007). Social comparison affects reward-related brain activity in the human ventral striatum. *Science*, 318(5854), 1305–1308.
- 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.
- Goyer, J. P., Woldorff, M. G. & Huettel, S. A. (2008). Rapid electrophysiological brain responses are influenced by both valence and magnitude of monetary rewards. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(11), 2058–2069.
- 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., Lei, Z., Broster, L., Wu, T., Jiang, Y., & Luo, Y. J. (2011). Beyond valence and magnitude: A flexible evaluative coding system in the brain. *Neuropsychologia*, 49(14), 3891–3897.
- Haber, S. N., & Knutson, B. (2010). The reward circuit: Linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology*, 35, 4–26.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Yeung, N., & Simons, R. F. (2005). On the ERN and the significance of errors. *Psychophysiology*, 42, 151–160.
- 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.
- Holroyd, C.B., & Coles, M. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109(4), 679–709.
- Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., & Cohen, J. D. (2003). Errors in reward prediction are reflected in the event-related brain potential. *Neuroreport*, 14(18), 2481–2484.
- Holroyd, C. B., Larsen, J. T., & Cohen, J. D. (2004). Context dependence of the event-related brain potential associated with reward and punishment. *Psychophysiology*, 41(2), 245–253.
- 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.
- Holroyd, C. B., & Krigolson, O. E. (2007). Reward prediction error signals associated with a modified time estimation task. *Psychophysiology*, 44(6), 913–917.
- Hopkins, E., & Kornienko, T. (2010). Which inequality? The inequality of endowments versus the inequality of rewards. *American Economic Journal Microeconomics*, 2(3), 106–137.
- Johnston, V. S., & Oliver-Rodriguez, J. C. (1997). Facial beauty and the late positive component of event-related potentials. *Journal of Sex Research*, 34(2), 188–198.
- Johnson Jr., R. (1988). The amplitude of the P300 component of the event-related potential review and synthesis. *Advances in Psychophysiology*, 3, 69–138.
- 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., 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. J. (2005). The P300: Where in the brain is it produced and what does it tell us? *The Neuroscientist*, 11(6), 563–576.
- Miltner, W. H., Braun, C. H., & Coles, M. G. (1997). Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: Evidence for a “generic” neural system for error detection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 788–798.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Holroyd, C. B., Schurger, A., & Cohen, J. D. (2004). Sensitivity of electrophysiological activity from medial frontal cortex to utilitarian and performance feedback. *Cerebral Cortex*, 14(7), 741–747.
- Oikawa, H., Sugiura, M., Sekiguchi, A., Tsukiura, T., Miyauchi, C. M., Hashimoto, T., & Kawashima, R. (2012). Self-face evaluation and self-esteem in young females: An fMRI study using contrast effect. *Neuroimage*, 59(4), 3668–3676.
- 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.
- O'Doherty, J. (2004). Reward representations and reward-related learning in the human brain: Insights from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(6), 769–776.
- Potts, G. F., Martin, L. E., Burton, P., & Montague, P. R. (2006). When things are better or worse than expected: The medial frontal cortex and the allocation of processing resources. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1112–1119.
- Qiu, J., Yu, C., Li, H., Jou, J., Tu, S., Wang, T., Wei D., &

- Zhang, Q. (2010). The impact of social comparison on the neural substrates of reward processing: An event-related potential study. *NeuroImage*, 49(1), 956–962.
- Rigoni, D., Polezzi, D., Rumiati, R., Guarino, R., & Sartori, G. (2010). When people matter more than money: An ERPs study. *Brain Research Bulletin*, 81(4–5), 445–452.
- Tops, M., Boksem, M. A. S., Wester, A. E., Lorist, M. M., & Meijman, T. F. (2006). Task engagement and the relationships between the error-related negativity, agreeableness, behavioral shame proneness and cortisol. *Psychoneuroendocrinology*, 31, 847–858.
- Werheid, K., Schacht, A., & Sommer, W. (2007). Facial attractiveness modulates early and late event-related brain potentials. *Biological Psychology*, 76(1–2), 100–108.
- 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.
- Wu, Y., Zhang, D., Elieson, B., & Zhou, X. (2012). Brain potentials in outcome evaluation: When social comparison takes effect. *International Journal of Psychophysiology*, 85(2), 145–152.
- Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 24(28), 6258–6264.
- 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.
- Zhang, Y., Li, X., Qian, X., & Zhou, X. (2012). Brain responses in evaluating feedback stimuli with a social dimension. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 29.

Social Comparison Affects Outcome Evaluation in The Cooperative Task: An ERP Study

DOU Wei¹; QU Lulu^{1,2}; QU Chen¹

(¹ Center for Studies of Psychological Application; School of Psychology; South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(² No.3 Middle School of Binhai Weifang, Weifang 261000, China)

Abstract

Social comparison is a mental process through which people come to know themselves by evaluating their own abilities, attitudes, outcomes and believes in comparison with others. Previous studies found that social comparison influenced the evaluative process of the outcome in the brain. However, in all those studies, social comparison was manipulated as the comparison between the rewards of two participants, so it remains unclear whether the monetary value or the comparison affects the outcome evaluation. By dissociating the monetary value from comparison, the current study aimed to investigate how non-monetary social comparison affects the process of outcome evaluation in a cooperative task.

Eighteen healthy undergraduates (10 males, 8 females) took part in the ERP experiment. Participants cooperated with a confederate to complete a gambling game on two connected computers. Each of them chucked one dice sequentially and randomly. If the numbers on the two dices totaled greater than 6 in the trial, they would win 1 yuan in the trial; if not, they would lose 1 yuan. The final reward would be portioned out equally between them. After they chucked the two dices, a “>” or “<” between their name cueing comparison feedback indicates which one get a larger number. Then a feedback screen informed about whether they win or loss. However, unknown to the participants, the feedback was independent of their performance. Trails of each conditions were equal. Both social comparison feedback and monetary feedback were included in the final statistical analyses. For FRN analysis, we measured the average amplitude in the 250–350 ms time window for the social comparison feedback and the monetary feedback. P300 amplitude was quantified as the positive peak in the time window of 300–600 ms after feedback onset.

ERP results revealed that FRN and P300 were both sensitive to non-monetary social comparison. When compared with those who had a better performance, participants who got a smaller number showed a larger FRN and a smaller P300. FRN amplitude of gain was more negative than that of loss. P300 showed an opposite pattern relative to FRN. Social comparison did not affect the process of outcome evaluation of the cooperative task.

These findings suggest that the encoding of social comparison occurs at the early stage of the outcome evaluation. And FRN could code not only the prediction errors for monetary reward but also the information in the social context. Our results also indicate that FRN responds to the most notable information in the current context.

Key words social comparison; outcome evaluation; FRN; P300; ERP