

真实和虚拟金钱奖赏影响风险决策行为*

徐四华^{1,2} 方卓^{2,3} 饶恒毅^{2,3}

(¹广东财经大学应用社会学与心理学系, 广州 510320) (²中山大学心理学系, 广州 510275)

(³ Center for Functional Neuroimaging, Department of Neurology, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA 19104, USA)

摘要 在风险情境下人类如何决策是长久以来心理学和经济学研究中一个极具挑战性的核心问题。众多研究采用真实或虚拟金钱作为奖赏强化物来探索风险决策行为的过程和机制,但对金钱奖赏真实性如何影响决策了解很少。仿真气球冒险任务(BART: Balloon Analogue Risk Task)可以在实验室条件下有效评估个体在真实社会中的风险行为。本研究采用 BART 任务,通过两个实验探讨和比较了真实与虚拟金钱奖赏对风险决策行为的影响。实验一的结果发现,与虚拟金钱奖赏相比,真实金钱奖赏情境下的风险决策更容易受上一次决策结果的影响,上一次决策失败会导致被试的风险偏好水平显著降低(平均吹气球的次数显著减少),同时决策失败(气球吹爆)次数也显著减少,提示真实金钱奖赏下有更强的反馈学习效应。实验二重复了实验一的结果,并进一步发现,虚拟金钱奖赏的幅度对被试的风险决策行为没有影响,而真实金钱奖赏的幅度能显著改变被试的风险决策行为,较大幅度的真实金钱奖赏可以显著降低被试的风险偏好水平,但这种奖赏幅度对风险偏好的调控效应只对感觉寻求水平低的被试有效,感觉寻求水平高的被试不受影响。这些发现表明真实与虚拟金钱奖赏对风险决策行为有不同的影响。我们的结果可以用风险决策的后悔理论或齐当别模型来解释。

关键词 仿真气球冒险任务; 风险决策; 真实金钱奖赏; 虚拟金钱奖赏

分类号 B849:C91

1 引言

风险意味着结果的不确定性。在现实生活中,风险无处不在。在有风险的情境下进行有效决策是人类生存的必备能力之一。风险决策行为及其认知机制也是经济学和心理学长久以来共同关注的一个核心问题。风险决策中的一些经典理论模型,如期望效用(Expected Utility)模型,描述的是理想的决策行为。这些理论的基本假设是人类的决策是完全理性的,其基本原则是效用最大化,决策完全由可能盈利的幅度及概率和可能损失的幅度及概率 4 个因素决定(von Neumann & Morgenstern, 1947)。但是,这种决策理论模型完全忽略了个体的风险偏好问题,无法解释许多实验室和现实社会中观察到的人类的真实决策现象。因此,Simon (1978)曾提出“有限理性”(limited rationality)概念,指出人的理

性是有限的,个体决策时仅考虑几个有限的选项,一旦感到满意则停止搜索。与完全理性假设相比,有限理性假设更符合真实的决策者。在这种思想指导下,前景理论(Kahneman & Tversky, 1979)和后悔理论(Bell, 1982; Loomes & Sugden, 1982)等决策理论模型相继被用来解释真实的决策过程。这两个理论都一致认为个体的风险偏好和决策可能会受到情绪,动机或外在激励等因素的影响而发生改变。

包括风险决策在内的早期决策研究通常采用自陈量表(如感觉寻求量表)来测量个体的风险偏好和决策行为(Arnett, 1996; Zuckerman, 1994; Zuckerman, Kolin, Price, & Zoob, 1964)。尽管这类量表已经被广泛应用,但也存在诸多缺陷。譬如,量表测试结果的准确性受到被试的反应态度及文化水平等因素的影响(Cyders & Coskunpinar, 2011)。为了更好地进行决策的实验室研究,心理学和经济学研究者

收稿日期: 2012-09-05

* 国家自然科学基金(31070984, 91124004) 和广东省教育科学“十二五”规划项目(2012JK095)资助。

通讯作者: 饶恒毅, E-mail: hengyi@gmail.com

们发展了不少有效的行为任务模式, 例如骰子赌博任务(GDT, The Game of Dice Task, Brand et al., 2005)、爱荷华赌博任务(IGT, Iowa gambling task, Bechara, Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, 1994)和延迟折扣任务(DDT, Delay discounting task, Hinvest & Anderson, 2010; Mitchell, 1999)等等。其中, IGT 和 DDT 是决策研究中最常用的任务。IGT 任务最初被用来评测腹内侧前额叶损伤病人的认知决策功能缺损特点 (Bechara et al., 1994)。该任务有 4 副纸牌供被试选择, 其中两副盈利纸牌的即时收益小但可能的损失额度低, 总体净收益为正, 另外两副亏损纸牌即时收益大但可能的损失额度高, 总体净收益为负。通过计算被试选择盈利牌和亏损牌次数的差异, 可以衡量其决策冲动性(impulsivity)和风险偏好水平。被试选择亏损牌的次数越多, 说明其决策冲动性越强, 风险偏好越高。IGT 任务中的行为表现能够很好地反映液态智力和中央执行功能(Lehto & Elorinne, 2003)。DDT 任务则是源于行为经济学的延迟折扣模型, 该模型基于现实生活中人们倾向于对延迟强化物打折扣, 即强化物价值随强化时间的延迟成比例下降的现象, 采用定量分析方法描述人类对延迟强化物的折扣速度与延迟时间的函数关系(Johnson & Bickel, 2002)。DDT 任务通常要求被试在两个强化物间作出选择, 一种是即时支付但价值较小(如立即可得到 100 美元), 另一种是延迟支付但价值较大(如需要等待 1 个月后才能得到 200 美元)。通过改变前者的强化物数量和后者的强化延迟时间, 测定两个强化物在特定延迟时间的主观价值相等点, 可以计算被试的延迟折扣率(Madden, Begotka, Raiff, & Kastern, 2003), 从而衡量其决策冲动性水平。被试的延迟折扣率越大, 冲动性越强。目前, IGT 和 DDT 任务范式已经被广泛用于决策研究并获得了有意义的结果(Gonzalez et al., 2005; Moretti, Dragone, & di Pellegrino, 2009; Takahashi, 2007; Wood, Busemeyer, Kolling, Cox, & Davis, 2005)。

风险决策研究通常都需要给被试一定的激励或者奖赏。其中最常用的奖赏就是真实或虚拟的金钱(Aklin, Lejuez, Zvolensky, Kahler, & Gwadz, 2005; Benjamin, & Robbins, 2007; Grunig et al., 2002; Lejuez, Aklin, Zvolensky, & Pedulla, 2003; Lejuez et al., 2002; Skeel, Neudecker, Jilarski, & Pytlak, 2007)。然而, 在决策中真实和虚拟的金钱奖赏是否具有同样的效度仍然存在着较大争议(Bickel,

Pitcock, Yi, & Angtuaco, 2009; Bowman & Turnbull, 2003; Harrison, Johnson, McInnes, & Rutstrom, 2005; Hinvest & Anderson, 2010; Holt & Laury, 2002, 2005; Jikko & Okouchi, 2007; Johnson & Bickel, 2002; Lagorio & Madden, 2005; Madden et al., 2003, 2004)。心理学研究的结果大多支持真实和虚拟金钱奖赏对风险决策或冲动性决策具有相似的激励效应。例如, Johnson 和 Bickel (2002)采用 DDT 任务比较了真实和虚拟金钱奖赏对 6 名被试的决策行为的影响, 结果发现真实和虚拟奖励条件下的延迟折扣率没有显著差异。Madden 及其同事采用 DDT 任务在 20 名被试中重复了这个结果, 并排除了可能的重复测量效应(Madden et al., 2003, 2004)。Lagorio 和 Madden (2005)在 DDT 任务中加入了强迫选择和自由选择两种选择方式变量, 同样发现真实和虚拟金钱奖赏下的决策行为没有显著差异。Bowman 和 Turnbull (2003)采用 IGT 任务也没有发现被试在真实和虚拟的金钱奖赏下的风险决策行为存在显著差异。此外, Bickel 等人(2009)采用 DDT 任务和脑功能磁共振成像技术(fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging)探讨了金钱激励影响冲动性决策的脑神经机制, 发现被试在真实和虚拟金钱奖赏下奖赏通路的有关脑区及前额叶的控制功能区域都被激活了, 且两种奖赏条件下这些脑区的激活水平没有显著差异, 同样支持了虚拟和真实金钱有类似的激励作用的观点。

然而, 与上述观点不同的是, 经济学研究者们一般认为只有通过真实的金钱激励才能诱发个体真实的经济行为, 真实和虚拟金钱对决策行为的影响可能具有不同的生态效度(Gillis & Hettler, 2007)。该观点也得到了部分研究结果的支持。例如, 近期两个研究采用延迟折扣和概率折扣任务(PDT, Probability discounting task)发现被试在真实金钱奖赏下的冲动性水平和折扣率显著低于虚拟金钱奖赏下的冲动性水平和折扣率(Hinvest & Anderson, 2010; Jikko & Okouchi, 2007)。这些研究结果不一致的一个可能原因是各研究在所用的任务模式上存在的差异。与真实决策情境相比, DDT 等实验室任务的生态性不足, 敏感性较差, 测量的行为指标也比较单一, 并不能准确反映个体真实的决策冲动性和风险偏好水平。例如, DDT 任务更多用于单纯的收益或损失情境下的决策, 反映的只是决策者对获益或损失的单纯折扣, 及即时强化物和延迟强化物之间的冲动性决策。虽然 IGT 任务比

DDT 任务能更好的模拟现实决策过程, 但 IGT 可能涉及决策、执行功能、工作记忆和强化学习等多种认知过程, 它所测量到的决策功能是否独立于其他认知功能仍然存在争议(严万森, 李纾, 隋南, 2011)。此外, 已有研究表明 IGT 和 DDT 所测量的行为结果与自我报告法测量结果的聚合效度比较低(Mitchell, 1999), 与实际生活中的决策行为的相关性也不显著(Pack, Crosby, & St Lawrence, 2001)。另外一个导致结果不一致的可能原因是各研究所采用的实验设计方案上存在差异。多数研究采用了被试内设计(例如, Bickel et al., 2009; Bowman & Turnbull, 2003; Hinvest & Anderson, 2010; Johnson & Bickel, 2002; Lagorio & Madden, 2005; Madden et al., 2003), 少量研究采用了被试间设计(例如, Jikko & Okouchi, 2007; Madden et al., 2004)。虽然被试间设计可以更好的排除各实验条件间的相互影响, 但被试内设计通常有更好的统计检验效力, 研究结果的内部效度不会受到是否随机分配被试等因素的影响(Charness, Gneezy, & Kuhn, 2012)。最后, 各研究所采用的实验报酬方式上的差异也可能会影响结果。在真实金钱奖赏条件下, 多数研究只将部分试验(trial)中的金钱作为被试的实际报酬(例如, Johnson & Bickel, 2002; Lagorio & Madden, 2005; Madden et al., 2003), 这可能会削弱真实金钱奖赏对决策的影响, 影响实验结果的内部效度(Heyman & Ariely, 2004)。除了将部分试验中的金钱给予被试之外, 一些研究还采用额外的金钱或课程学分作为被试完成实验的实际报酬(例如, Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2006; Holroyd, Hajcak, & Larsen, 2006; Wu & Zhou, 2009; Yeung & Sanfey, 2004; Zhou, Z. H., Yu, & Zhou, X. L., 2010), 也可能会改变被试完成决策任务时的努力程度。

仿真气球冒险任务(BART, Balloon Analogue Risk Task)是新近开发的一种更接近现实生活中真实风险决策的认知任务模式(Lejuez et al., 2002)。在该任务中, 计算机屏幕上会呈现一个仿真气球, 被试需要按键逐渐吹大这个气球, 每一次吹气球都会有一定的收益, 同时也有气球爆破的风险, 气球越大, 可能获得的收益越大, 但气球被吹爆的风险也越高, 如果气球被吹爆, 该气球的收益就为零或负值。被试可以选择随时停止吹气球来接受目前的收益。该任务需要被试连续地决策是选择继续冒险还是停止冒险以获得当前的收益。BART 任务能提供多个行为指标来测量个体的风险决策行为(Baker &

Maner, 2009; Bornovalova et al., 2009; Dean, Sugar, Hellemann, & London, 2011; Kathleen Holmes et al., 2009; Lejuez et al., 2002)。例如, 被试在 BART 任务中调整后吹气球的平均次数(未爆气球被吹的平均次数)和吹爆气球的个数可以用来测量个体的风险偏好水平, 气球被吹的平均次数越大, 吹爆气球的个数越多, 被试的风险偏好水平就越高。同时, 前次气球吹爆与否(决策失败或成功)对当前气球被吹次数的影响大小可以用来测量个体在风险决策中的反馈学习效应。被试在 BART 任务中的风险决策行为越容易受前次决策失败或者成功结果的影响, 表明被试的反馈学习效应越显著。与其他冒险任务通常采用武断的风险设定(如 IGT 任务中输赢概率和幅度)相比, BART 任务中气球爆破的风险更类似于现实中的风险。此外, 其他任务通常一个 trial 只涉及一次决策, BART 任务则不同, 它是一个动态的风险决策过程, 更具有生态性。不少研究证实了 BART 任务用于风险决策研究的有效性, 如 Lejuez 等人发现 BART 任务中的行为指标与被试的感觉寻求及冲动性显著相关, BART 任务能更多地解释被试在真实世界冒险行为的个体差异(Lejuez et al., 2002), 可以区分吸烟者和非吸烟者的行为倾向(Lejuez, Aklin, Jones, et al., 2003), 预测青少年的冒险行为(Lejuez, Aklin, Zvolensky, et al., 2003)。目前, BART 研究范式已经在诸多研究中被成功应用, 如 Benjamin 和 Robbins (2007)探讨了 BART 任务中框架效应对风险决策的影响, Acheson, Richards 和 de Wit (2007)探讨了睡眠剥夺后的男性和女性被试在 BART 风险决策任务中的差异, White, Lejuez 和 de Wit (2007)利用 BART 探讨了安非他明对冒险行为的作用, Fein 和 Chang (2008)利用 BART 探讨饮酒经历及饮酒家族史对决策能力的影响。我们也成功改进了 BART 任务用于 fMRI 研究并探讨了被试在自由和强迫选择条件下风险决策的大脑神经机制及其差异(Rao, Korczykowski, Pluta, Hoang, & Detre, 2008)。

当前社会中, 金钱已经成为了人们获取商品的主要手段, 对金钱的追逐是现代社会的的一个重要特征。金钱可以给人们提供购买商品和服务的机会和可能, 它作为一种物品的同时也具有自身的内在价值。以往研究发现, 除了自身的金钱价值以外, 金钱还可能具有减缓疼痛的效用, 金钱启动可以减轻人们的生理疼痛和社会排斥造成的压力(Zhou, Sedikides, Wildschut, & Gao, 2008; Zhou, Vohs, &

Baumeister, 2009)。由于 BART 任务的高生态性和其测量的行为与真实社会中的风险决策的显著相关性, BART 任务也成为研究真实和虚拟金钱奖赏条件下风险决策行为的一个有效实验范式。本研究即采用 BART 任务和被试内实验设计, 通过两个实验探讨真实和虚拟金钱奖励对风险决策的影响。对金钱奖赏的一些脑功能成像研究表明, 金钱奖励会激活与奖赏和动机有关的多巴胺能皮层网络 (Mouras, 2006)。由于真实金钱的重要性, 我们预期, 与虚拟金钱奖赏相比, 个体在真实金钱奖赏条件下会表现出显著降低的风险偏好水平, 即未爆气球被吹的平均次数和吹爆气球个数显著更少。此外, 我们还预期, 与虚拟金钱奖赏相比, 个体在真实金钱奖赏条件下的风险决策行为将更容易受到前次决策结果的影响, 表现出更强的反馈学习效应。本研究的结果有助于我们更深入地理解真实金钱和虚拟金钱在决策中的激励效应的异同, 并为将来的研究中如何采用金钱奖赏调控决策行为提供科学依据。

2 实验一

2.1 方法

2.1.1 被试

44 名商科院校本科生(男性, 18), 年龄范围在 19~22 岁, 平均年龄 20.85 ± 1.02 岁。实验前要求被试口头报告最近两周吸烟和饮酒情况, 所有被试均未吸烟和饮酒, 无神经系统疾病, 实验前告诉被试, 其最终获得的实验报酬包括 5 元(RMB)的补偿, 以及在真实金钱奖赏条件下, 从 BART 任务的全部试验(trial)中获得的金钱总额, 并与其签署知情同意书。

2.1.2 实验材料

实验中被试需要填写感觉寻求自陈量表 (Zuckerman, 1978) 中文版(Wang et al., 2000), 同时完成仿真气球实验任务(BART, 见图 1)。

感觉寻求自陈量表包括 4 个分量表: 寻求激动和惊险 (Thrill and Adventure Seeking, TAS) 表示渴望参加激烈的、具有危险性的活动, 这些活动大多是被社会所承认或接受的; 寻求体验 (Experience Seeking, ES) 是通过独自思维和感觉去寻求各种新异的体验; 去抑制 (Disinhibition, DIS) 是指热衷于使人情绪亢奋的、不受任何限制和约束的活动; 厌恶单调 (Boredom Susceptibility, BS) 是指厌恶平庸乏味的人或事, 讨厌严重和停滞。量表共 40 个项目,

每个分量表各有 10 个项目, 每选中与感觉寻求相应的一项得一分, 除了计算各分量表的得分外, 将 4 个分量表得分相加还可以得到感觉寻求的总分, 分数越高, 代表感觉寻求的水平越高。感觉寻求量表的内部一致性系数为 0.79, 其有效性已经得到了国内外研究的普遍支持 (孙国强, 2007; 王小运, 2009; Zuckerman, 1994; Zuckerman, Eysenck, & Eysenck, 1978)。

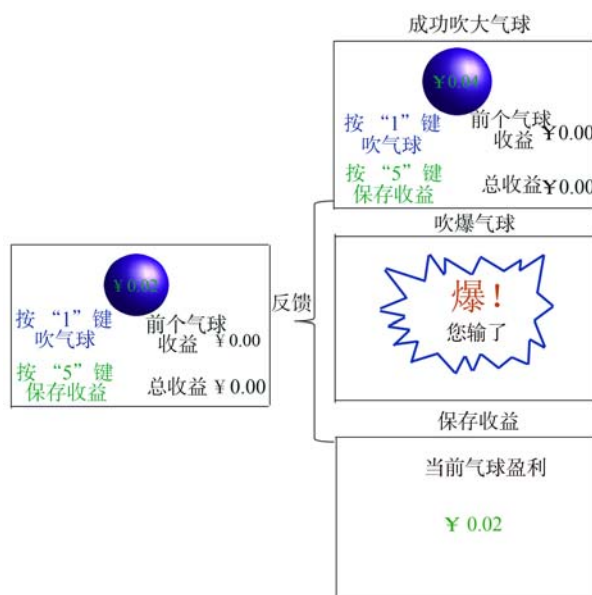


图 1 BART 任务示意图

在 BART 任务中, 被试需要通过按键来吹气球, 每吹 1 次盈利 2 分钱(0.02 元), 每个气球可吹的次数介于 1~128 次之间, 单个气球最多可盈利 2.54 元, 平均爆破点为 64 次, 被试在吹气球过程中, 可以随时停止按键并保存收益。如果被试吹气球的次数达到了气球的爆破点, 气球会爆, 并伴随有爆破声, 当前气球的临时收益变为零, 并从之前的累计收益中扣除与当前气球临时收益相同的金额。

2.1.3 实验设计

采用单因素实验设计。自变量是金钱奖赏种类 (真实金钱和虚拟金钱), 因变量是未爆气球被吹的平均次数、吹爆气球的个数、以及面临正负反馈(前次决策成功/失败)时的未爆气球被吹的平均次数。

2.1.4 实验程序

感觉寻求自陈量表和 BART 任务均在安静的房间完成, 自陈量表和行为实验的顺序在被试间随机。被试需要在 10~15 min 内完成感觉寻求自陈量表。BART 任务的刺激呈现及行为结果记录均用

E-prime 1.1 编写, 被试通过电脑完成任务。

BART 任务共包含 60 个气球(真实和虚拟金钱奖赏情境下各 30 个)。为了避免练习效应和顺序效应, 两种奖赏条件在被试间随机出现。要求被试按“1”键吹大气球, 按“5”键累积收益。正式实验开始前, 给被试呈现指导语和足够的练习, 保证被试完全理解实验任务。在虚拟货币奖赏条件下, 告知被试实验中的盈利是虚拟的金钱奖赏, 要求被试将其想象为真实金钱, 并尽可能盈利; 在真实金钱奖赏条件下, 告知被试实验中的盈利是真实的, 盈利越多, 获得的实验报酬就越多。被试完成两种奖赏条件下的 BART 任务及自陈量表后, 即可获得相应的实验报酬(平均约 15 元 RMB)。

2.2 实验结果

研究中考察的 BART 参数(分数)包括: 未爆气球被吹的平均次数、吹爆气球的个数以及面临正负反馈(前次决策成功/失败)时的未爆气球被吹的平均次数。

2.2.1 感觉寻求量表得分与 BART 分数的相关关系

在两种奖赏条件下, 对被试的感觉寻求量表得分和上述 BART 任务的各项分数进行相关分析, 均未发现显著相关关系(all $ps > 0.05$), 各分量表(TAS, ES, DIS, BS)得分与 BART 的各项分数之间也不存在显著相关(all $ps > 0.05$)。

2.2.2 BART 分数的统计分析

通过配对 t 检验发现, 与真实金钱相比, 虚拟金钱奖赏条件下未爆气球被吹的平均次数有增加的趋势(46.0 vs. 44.2), 但其差异没有达到显著, $t(43) = 1.37, p = 0.18$, 见图 2a。而在虚拟金钱条件下吹爆气球的个数($M = 11.89, SD = 3.85$)则显著大于真实金钱条件下的吹爆气球的个数($M = 10.25, SD = 4.14, t(43) = 2.96, p < 0.05$, 图 2b)。

此外, 我们分析了前次决策结果对当前决策的影响效应。对整体结果进行重复测量方差分析发现, 正负反馈的主效应非常显著, $F(1, 43) = 19.43, p < 0.001$; 而金钱奖赏种类主效应不显著, $F(1, 43) = 1.25, p > 0.05$; 正负反馈与金钱奖赏种类有显著的交互作用, $F(1, 43) = 5.14, p < 0.05$ 。在真实金钱条件下, 正反馈时的未爆气球被吹的平均次数($M = 46.9, SD = 15.03$)显著大于负反馈时的未爆气球被吹的平均次数($M = 41.17, SD = 15.24, F(1, 43) = 24.20, p < 0.001$); 而在虚拟金钱条件下, 正负反馈时的未爆气球被吹的平均次数无显著性差异, $F(1, 43) = 3.86, p > 0.05$ (图 2c)。

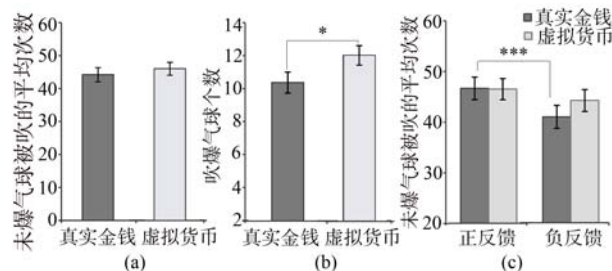


图 2 真实/虚拟金钱奖赏条件下, BART 分数的差异比较($M \pm SE$)

注: (a) 真实/虚拟金钱奖赏下未爆气球被吹的平均次数;

(b) 真实/虚拟金钱奖赏下吹爆气球的个数;

(c) 真实/虚拟金钱奖赏条件下, 正负反馈时未爆气球被吹的平均次数; * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

实验 1 结果表明, 在真实金钱和虚拟金钱两种奖赏条件下, 正负反馈对后续决策行为的影响存在显著性差异。同虚拟金钱奖赏相比, 人们面临真实金钱奖赏时的风险决策更容易受上次决策结果的影响, 表现出更明显的反馈学习效应。这些发现提示, 在真实金钱条件下, 个体会依据前次决策的结果来调整当前的决策策略, 而在虚拟金钱条件下, 个体则并不十分在意前次的决策结果。此外, 在真实金钱条件下, 个体吹爆的气球个数显著更少, 可能反映了较低的风险偏好水平。但是, BART 任务中最常用的测量风险偏好水平的行为指标(未爆气球被吹的平均次数)并没有发现两种金钱奖赏条件下的显著性差异, 只表现出增加的趋势, 其原因可能是实验中给予的奖赏幅度太小, 金钱真实性的影响效应很难在这一指标上显现。为此, 我们设计了实验 2。

3 实验二

实验 2 中, 我们将实验 1 中的 2 分钱的奖赏幅度调整为 1 分钱和 25 分钱两种奖赏幅度, 以检验奖赏幅度对两种金钱奖赏在决策行为影响中的调控作用。

3.1 方法

3.1.1 被试

30 名商院校本科生(男性, 10), 年龄范围在 18~20 岁, 平均年龄为 18.9 ± 0.55 岁。实验前要求被试口头报告最近两周吸烟和饮酒情况, 所有被试均未吸烟和饮酒, 无神经系统疾病。实验前告诉被试, 其最终获得的实验报酬包括 5 元(RMB)的补偿, 以及在真实金钱奖赏条件下, 从 BART 任务的全部试

验中获得的金钱总额, 并与其签署知情同意书。

3.1.2 实验材料

同实验一, 被试需要填写感觉寻求自陈量表(Zucherman, 1978)中文版(Wang et al., 2000), 同时完成仿真气球实验任务(BART)。

3.1.3 实验设计

采用 2×2 的双因素实验设计, 自变量分别是金钱奖赏种类(真实金钱和虚拟金钱)和奖赏幅度(1 分和 25 分)。因变量同样是未爆气球被吹的平均次数、吹爆气球的个数、以及面临正负反馈(前次决策成功/失败)时的未爆气球被吹的平均次数。

3.1.4 实验程序

实验程序与实验一相同, 但在实验二中, BART 任务共包含 80 个气球, 每种幅度(1 分和 25 分)的真实和虚拟金钱奖赏条件下各有 20 个气球。

在 1 分钱的奖赏幅度下, 每吹一次气球盈利 0.01 元, 单个气球最多可盈利 1.27 元; 在 25 分的奖赏幅度下, 每吹一次气球盈利 0.25 元, 单个气球最多可盈利 31.75 元。被试可以通过按“1”键吹大气球, 按“5”键累积收益。

在正式实验开始之前, 给被试呈现指导语和足够的练习, 保证被试完全理解实验任务, 在虚拟货币奖赏条件下, 告知被试实验中的盈利是虚拟的金钱奖赏, 要求被试将其想象为真实金钱, 并尽可能盈利; 在真实金钱奖赏条件下, 告知被试实验中的盈利是真实的, 盈利越多, 获得的实验报酬就越多。被试完成两种奖赏条件下的 BART 任务及自陈量表后, 即可获得相应的实验报酬(平均约 22.5 元 RMB)。

3.2 实验结果

3.2.1 感觉寻求量表得分与 BART 分数的相关关系

对被试的感觉寻求量表得分和未爆气球被吹的平均次数进行相关分析发现, 在真实金钱奖赏条

件下, 当奖赏幅度为 25 分时, 未爆气球被吹的平均次数和感觉寻求量表得分存在显著正相关($r = 0.37$, $p < 0.05$); 当奖赏幅度为 1 分时, 未爆气球被吹的平均次数同感觉寻求量表得分相关则不显著($r = 0.13$, $p > 0.05$)。采用虚拟金钱奖赏条时, 两种奖赏幅度下未爆气球被吹的平均次数与感觉寻求量表得分相关均不显著(all $ps > 0.05$)。

此外, 在两种奖赏条件下, 采用两种奖赏幅度时, 感觉寻求量表得分和吹爆气球个数都不存在显著相关(all $ps > 0.05$), 各分量表(TAS, ES, DIS, BS)得分同真实金钱和虚拟金钱奖赏时的未爆气球被吹的平均次数、吹爆气球个数之间的相关也均未达到显著水平(all $ps > 0.05$)。

3.2.2 BART 分数的统计分析(图 3)

采用重复测量方差分析比较了两种奖赏幅度下, 采用真实金钱和虚拟金钱奖赏时, 未爆气球被吹的平均次数、吹爆气球的个数和正负反馈时的未爆气球被吹的平均次数 3 个 BART 分数指标, 具体方差分析结果见表 1

对未爆气球的平均被吹次数进行分析发现, 在 25 分的奖赏幅度下, 金钱奖赏种类的主效应显著, 真实金钱奖赏条件下未爆气球被吹的平均次数($M = 34.45$, $SD = 14.68$)要显著少于虚拟金钱奖赏条件下未爆气球被吹的平均次数($M = 41.53$, $SD = 16.85$)。而在真实金钱条件下, 奖赏幅度的主效应显著, 25 分奖赏时的未爆气球被吹的平均次数($M = 34.45$, $SD = 14.68$)要显著少于 1 分奖赏时的未爆气球被吹的平均次数($M = 43.44$, $SD = 15.85$) (图 3a)。

对吹爆气球个数进行分析发现, 25 分的奖赏幅度下, 金钱奖赏种类的主效应显著, 采用真实金钱时, 吹爆气球的个数($M = 6.13$, $SD = 2.93$)显著小于虚拟金钱条件下吹爆气球的个数($M = 7.63$, $SD = 3.59$)。此外, 金钱奖赏种类与奖赏幅度的交互作

表 1 两种幅度(1 分/25 分)金钱奖赏(真实/虚拟)下 BART 分数的方差分析表

	未爆气球被吹的平均次数		吹爆气球个数		正负反馈时, 未爆气球被吹的平均次数	
	<i>F</i>	<i>p</i> -value	<i>F</i>	<i>p</i> -value	<i>F</i>	<i>p</i> -value
奖赏幅度	4.27	0.04	2.89	0.10	6.21	0.02
金钱奖赏种类	13.86	0.001	1.78	0.19	4.66	0.04
金钱奖赏种类×奖赏幅度	2.18	0.15	6.89	0.02	1.14	0.29
正负反馈					8.94	0.006
奖赏幅度×正负反馈					1.66	0.21
金钱奖赏种类×正负反馈					3.35	0.07
奖赏幅度×金钱奖赏种类×正负反馈					6.53	0.02

用显著,在真实金钱条件下,25分奖赏幅度下吹爆气球的个数($M = 6.13$, $SD = 2.93$)要显著少于1分奖赏幅度下吹爆气球的个数($M = 7.83$, $SD = 3.04$),但是在两种幅度的虚拟金钱条件下,吹爆气球的个数没有显著差异(图3b)。

分析正负反馈(前次决策成功/失败)对当前决策行为的影响发现,在25分奖赏幅度下,采用真实金钱时,面临正反馈时的未爆气球被吹的平均次数($M = 38.88$, $SD = 16.10$)显著高于面临负反馈时的未爆气球被吹的平均次数($M = 30.78$, $SD = 15.93$),真实金钱和虚拟金钱条件下的差异主要体现在负反馈,真实金钱条件下,负反馈(决策失败)时的未爆气球被吹的平均次数($M = 30.78$, $SD = 15.93$)要显著低于虚拟金钱条件下,负反馈时(决策失败)时的未爆气球被吹的平均次数($M = 40.92$, $SD = 16.73$)。此外,在真实金钱条件下,奖赏幅度的主效应显著,其差异主要体现在负反馈,在面临负反馈时,25分奖赏幅度下未爆气球被吹的平均次数($M = 30.78$, $SD = 15.93$)要显著少于1分奖赏幅度下未爆气球被吹的平均次数($M = 40.90$, $SD = 18.24$) (图3c)。

Bornovaova 等人(2009)采用 BART 任务发现,在3种不同幅度(1分,5分,25分)的真实金钱奖赏条件下,随着奖赏幅度的增加,被试表现出显著降低的风险偏好,未爆气球被吹的平均次数及吹爆气球的个数显著更少,即所谓的风险厌恶倾向。但这种效应会受到冲动性水平的调控,只有感觉寻求水平低的被试在面临真实金钱奖赏时,会随着奖赏幅度的增加而表现出显著更低的风险偏好水平,但感觉寻求水平高的被试在面临真实金钱奖赏时,其风险厌恶倾向并没有随着奖赏幅度的增加而变化。在此基础上,我们将被试按照其感觉寻求得分的高低平均分成两组(每组15名被试),并做进一步分析,分析结果见表2。

对未爆气球被吹的平均次数进行分析发现,感觉寻求水平低的被试在25分的奖赏幅度下,采用真实金钱奖赏时的未爆气球被吹的平均次数($M = 29.31$, $SD = 13.47$)显著小于虚拟金钱奖赏时的未爆气球被吹的平均次数($M = 39.37$, $SD = 20.17$)。同时,仅在真实金钱奖赏条件下发现,25分奖赏幅度下的未爆气球被吹的平均次数($M = 29.31$, $SD = 13.47$)显著小于1分奖赏幅度条件下未爆气球被吹的平均次数($M = 45.16$, $SD = 19.19$)。而感觉寻求水平高的被试,在相同幅度(1分或25分)的两种金钱奖赏(真实金钱和虚拟金钱)条件下未爆气球被吹的平均次

数,以及不同幅度(1分和25分)的同种金钱奖赏(真实金钱或虚拟金钱)条件下未爆气球被吹的平均次数均没有显著差异(all $ps > 0.05$)。

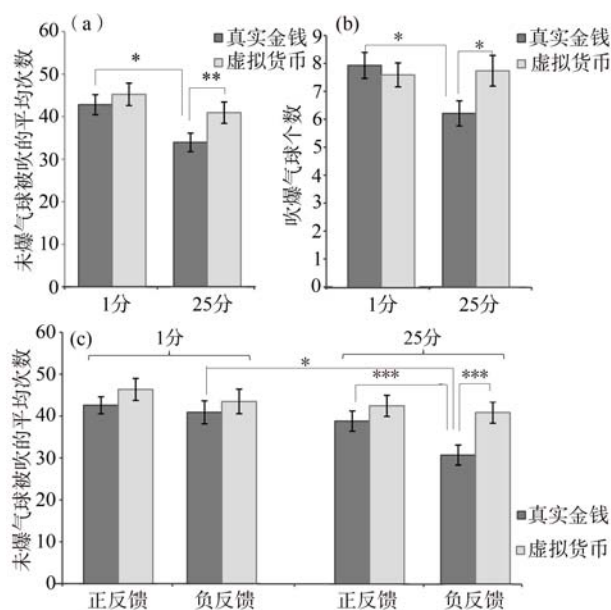


图3 不同幅度的真实/虚拟金钱奖赏下, BART 分数的差异比较($M \pm SE$)

注: (a)两种不同幅度的真实/虚拟金钱奖赏条件下的未爆气球被吹的平均次数;

(b)两种不同幅度的真实/虚拟金钱奖赏条件下吹爆气球的个数;

(c)两种幅度(1分/25分)的真实/虚拟金钱奖赏条件下,正负反馈时的未爆气球被吹的平均次数;

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

对吹爆气球的个数进行分析发现,感觉寻求水平低的被试,在25分的奖赏幅度下,真实金钱奖赏条件下吹爆气球的个数($M = 5.33$, $SD = 3.11$)显著小于虚拟金钱奖赏条件下吹爆气球的个数($M = 8.00$, $SD = 3.76$)。仅在真实金钱奖赏的条件下发现,当奖赏幅度为25分时吹爆气球的个数($M = 5.33$, $SD = 3.11$)显著小于奖赏幅度为1分时吹爆气球的个数($M = 8.60$, $SD = 3.50$)。在虚拟金钱奖赏的条件下,奖赏幅度的主效应则不显著。对感觉寻求水平高的被试而言,在相同奖赏幅度(1分或25分)的两种金钱奖赏(真实金钱和虚拟金钱)条件下吹爆气球的个数,以及不同幅度的(1分和25分)同种金钱奖赏(真实金钱或虚拟金钱)条件下吹爆气球的个数均不存在显著差异(all $ps > 0.05$)。这些结果提示真实金钱和虚拟金钱奖赏在风险决策中的不同效应受到奖赏幅度及冲动性水平的双重调制。

表 2 两种幅度的真实和虚拟金钱及不同感觉寻求水平下 BART 分数的方差分析表

	未爆气球被吹的平均次数		吹爆气球的个数	
	<i>F</i>	<i>p</i> -value	<i>F</i>	<i>p</i> -value
奖赏幅度	4.49	0.04	2.99	0.095
金钱奖赏种类	13.77	0.001	1.74	0.20
感觉寻求水平	0.24	0.63	0.06	0.81
奖赏幅度×感觉寻求水平	2.55	0.12	2.06	0.16
金钱奖赏种类×感觉寻求水平	0.80	0.38	0.32	0.58
奖赏幅度×金钱奖赏种类	2.21	0.15	7.14	0.01
金钱奖赏种类×奖赏幅度×感觉寻求水平	1.40	0.25	7.14	0.01

4 讨论

本研究通过两个实验，验证了真实金钱和虚拟金钱奖赏对风险决策行为的不同影响效应。两个实验结果一致发现，与虚拟金钱相比，真实金钱情境下风险决策更容易受上一次决策结果的影响，上一次决策失败会导致下一步决策出现明显的风险厌恶，被试决策时的风险偏好水平显著降低(平均吹气球的次数显著减少)，同时决策失败(气球吹爆)次数也更少。此外，奖赏幅度较小时(1~2 分/每次吹气球)，真实金钱和虚拟金钱奖赏下被试的风险偏好水平没有差异，但奖赏幅度较大时(25 分/每次吹气球)，真实金钱奖赏能显著降低被试的风险偏好水平。同时，感觉寻求水平低的被试在真实金钱奖赏下的风险决策行为会受到奖赏幅度的调控，奖赏幅度越大，被试的风险偏好水平越低，在虚拟金钱奖赏下则不受奖赏幅度的影响。而感觉寻求水平高的被试在风险决策过程中并不会受到奖赏类型的影响。

实验 1 和 2 均发现在真实金钱奖赏条件，前次决策成功和失败两种情况下，当前气球被吹的平均次数有显著性差异，前次决策失败时，当前气球被吹的平均次数显著更少。这些发现结果符合风险决策的齐当别模型(Equate-to-differentiate model) (Li, 2004)。该模型认为风险决策仅在有限的维度上进行，人们并不是最大限度的追求某种形式的期望值，而是在主观上对两种选项的优越性进行比较，并最终选择优越性较大的选项。本研究所用的 BART 任务中包含 2 个选项，即停止吹气球保存收益的“安全项”和继续吹气球增加收益的“风险项”。气球较小时，爆破的概率较低，“风险项”是明显的优势项，随着气球不断增大，爆破的概率越来越高，“安全项”和“风险项”之间的优势变得比较模糊，前次决策结果就成为了一个参照，会影响到当前的决策。

前次决策成功会使被试倾向于“风险项”，更加冒险。而前次决策失败则会使倾向“安全项”，更为保守。因此，前次决策失败会导致被试在当前的选择中更倾向停止吹气球保存收益，吹气球的次数会显著更少。该实验结果也与后悔理论假设一致。早期后悔理论认为预期情绪可以作为参照点改变效用函数，决策者会将自己的选择项与其他备择项可能出现的结果进行比较，如果备择项可以得到更好的结果，将会产生后悔情绪(Bell, 1982)。反馈条件下的后悔理论假设则认为，前次决策的负性反馈结果将激发决策者产生后悔厌恶，使其在接下来的决策中采用尽可能弱化后悔情绪的决策行为(Zhou et al., 2009)。因此，前次决策失败时，被试会减少吹气球的次数，将后悔情绪降至最低。新近研究对 BART 的脑功能成像研究也发现决策失败(吹爆气球)会激活与厌恶等负面情绪相关的前脑岛(Anterior insula) (Rao et al., 2008)，支持决策失败会诱发后悔情绪的假设。

但本实验结果并不符合风险决策的前景理论假设。前景理论认为，在收益区域中，相对于不确定性的结果而言，人们更偏好确定性结果，表现出“风险厌恶”即“确定效应”。而在损失区域中，相对于一个确定性的损失，人们更偏好不确定性损失，表现出“风险寻求”即“反转效应”(Loomes & Sugden, 1982)。依据该理论假设，当被试前次决策失败后，面临损失情境时应表现出显著的“风险寻求”，那么当前决策中气球被吹的平均次数要显著更多，这与本研究结果相反。一个可能的原因是，前景理论主要来源于一次性决策任务而不是连续决策任务的实验结果(Ackert, Charupat, Church, & Deaves, 2006; Frino, Grant, & Johnstone, 2008; Sullivan & Kida, 1995)。本研究所采用的 BART 任务是一个连续动态的决策任务。Thaler 和 Johnson (1990)的研究发现，在连续动态的风险决策任务中，

先前的收益会增加个体随后的冒险行为;而先前的损失会减少个体的冒险行为,除非冒险后的结果能够弥补以前的损失。Sullivan 和 Kida (1995)的研究也支持了此观点,他们把这种现象解释为决策者对威胁的关注会诱导回避风险的反应,而对机会的关注会诱导冒险的反应。Frino 等人(2008)在有关贸易的金融行为研究中也发现,在收益过后会表现出显著增高的风险偏好水平,而在损失过后会表现出显著降低的风险偏好水平。本研究中也发现 BART 任务中观察到类似的结果,一个可能的解释是人们在风险决策过程中存在多重参照点效应。前景理论在价值函数的论述中对多重参照点做了如下解释:当个体达到预期的目标或参照点时,随着对收益敏感性的降低,个体会终止努力行为。但研究却表明,个体会在完成一个目标的同时会设立另一个目标,从而使个体的注意力从一个参照点转移到另一个参照点(Tversky & Kahneman, 1981)。在风险决策过程中,相对于损失而言,个体更容易适应收益,这种不对称的适应倾向有可能会使参照点的上移,从而导致参照点的不断提高,使其在盈利时表现出“风险寻求”(Lehner, 2000)。这也可以解释本研究中,在前次决策成功的情况下,被试在当前决策中表现的更为冒险,吹气球的平均次数更多。

实验 1 和 2 还发现,同虚拟金钱奖赏相比,在真实金钱奖励下,未爆气球被吹的平均次数及吹爆气球的个数显著减少。同时,在虚拟金钱奖赏下,当前次决策失败时,当前吹气球行为并没有表现明显的改变。一个可能原因是,人们对真实金钱的损失更敏感,并且有更强的情绪反应(Harrison et al., 2005; Holt & Laury, 2002, 2005)。已经有众多神经经济学研究结果表明,金钱奖励会激活与奖赏和动机有关的皮层网络(Mouras, 2006)。行为实验研究结果也表明金钱不仅有金钱价值,还具有减缓疼痛的效用,金钱启动可以减轻人们的生理疼痛和社会排斥造成的压力(Zhou et al., 2008, 2009)。

本研究还发现,只有在真实金钱奖赏条件下,奖赏幅度才对风险决策行为有调控作用,随着奖赏幅度的增大,被试的风险偏好水平会显著降低,在 BART 任务中吹气球次数和吹爆气球的个数显著减少,前次决策的正负反馈信息对被试当前吹气球的行为影响更大。其可能的解释是,人们在决策中总是倾向于削弱负性结果带来的不愉快情绪,并尽可能享受正性结果带来的愉快情绪(Kermer, Driver-Linn, Wilson, & Gilbert, 2006)。人们通常擅长处理

较小的损失,以至于他们往往会低估甚至忽略由较小损失带来的负性结果,因此,在较小奖赏幅度下,人们更倾向于关注盈利并享受由盈利所带来的愉快情绪。但是人们并不擅长处理较大的损失,因此,在较大奖赏幅度下,人们会更关注损失并且高估由损失带来的负性结果及其引发的负性情绪,如后悔、失望等,因此会表现出更明显的“风险厌恶”(Harinck, van Dijk, van Beest, & Mersmann, 2007)。Harinck 等人(2007)通过行为实验和情绪测量发现被试面临较小幅度的奖赏时更关注盈利带来的愉快情绪,面临较大幅度的奖赏时更关注损失带来的不快情绪。但该实验结果并不符合前景理论中有关价值函数的描述。前景理论认为,与盈利相比,人们总是对损失更为敏感(Gilbert, Morewedge, Risen, & Wilson, 2004)。原因是前景理论中价值函数所描述的现象更多的是预期损失所带来的负性情绪。相比之下,真实体验损失时所诱发的负性情绪更弱(Gilbert et al., 2004; Lehner, 2000)。这说明,同预期相比,真实体验盈利和损失所诱发的心理效应并不一定满足上述的函数关系。

这些实验结果与后悔理论假设吻合。依据后悔函数,选择项和备择项造成的结果差异越大,随之产生的后悔情绪就越大(Larrick, 1993)。在 BART 任务中,在较大奖赏幅度下选择“安全选项”获利与选择“风险选项”损失之间的差值远高于在较小奖赏幅度下两个选项产生的差值。因此,在较大奖赏幅度下,吹爆气球诱发的后悔情绪远高于在较小奖赏幅度下诱发的后悔情绪。因此,被试会表现出更显著的风险厌恶倾向。此外,不同奖赏幅度的真实金钱对吹气球行为的影响受到个体感觉寻求水平的调控,低感觉寻求水平的被试更容易受到奖赏幅度的影响,在较高奖赏幅度下会表现出更显著的风险厌恶,提示低感觉寻求水平的被试对风险的敏感性更高。在两种不同幅度的虚拟金钱奖赏条件下,吹气球行为既没有表现出显著性的差异,也没有受到感觉寻求水平的调控,说明人们对虚拟金钱奖赏的损失或盈利不够敏感,虚拟金钱的金钱效应较小,通过增加奖赏幅度并不能够有效的提高金钱效应的变化,虚拟金钱损失所诱发的后悔情绪也相对较弱。以前的研究(Harrison et al., 2005; Holt & Laury, 2002, 2005)也曾发现真实金钱的经济选择行为受到奖赏幅度的调控,随着奖赏幅度的增加呈现出显著的风险厌恶,但虚拟金钱的经济选择行为却没有受到奖赏幅度的显著影响。

Kahneman 和 Tversky (1979)曾认为, 被试在虚拟金钱奖赏情境下没有必要隐藏真实的风险偏好, 是否采用真实的金钱奖赏并不是造成各实验结果不一致的重要因素。我们的实验结果发现, 与虚拟金钱相比, 真实金钱奖赏能显著降低个体的风险偏好水平, 提示真实金钱和虚拟金钱可能有不同的生态效度, 与这种观点不一致。我们的研究与来自其他实验室的决策研究结果 (Harrison et al., 2005; Holt & Laury, 2002, 2005; Hinvest & Anderson, 2010; Jikko & Okouchi, 2007) 一致支持了只有真实金钱奖赏才能诱发真实的经济行为(Gillis & Hettler, 2007)的观点, 为诸多风险决策研究结果的不一致性提供了新的解释视角, 同时对开展风险决策的研究实践有一定的启示意义。在风险决策的实验研究中, 采用虚拟金钱奖赏, 并要求被试将其想象为真实金钱来诱发风险决策行为, 虽然可以节约研究成本, 方便了实验的可操作性, 但很可能会显著降低研究结果的外部效度。值得注意的是, 实验结果还发现, 只有真实金钱奖赏条件下的风险决策会受到奖赏幅度和感觉寻求水平的调控, 较大幅度的奖赏可以降低感觉寻求水平较低的个体的风险偏好水平。这对理解人格特征、奖赏或损失幅度、金钱奖赏的种类和风险决策行为之间的关联性提供了初步的实验证据, 并对具有不同人格特点的健康和非健康群体(例如, 药物成瘾)开展进一步的风险决策的行为学研究有一定的推动作用。另外, 考察风险决策行为中的人格、奖赏或损失幅度, 以及金钱奖赏种类等影响因素, 还有助于完善各种决策认知模型(例如, Busemeyer & Stout, 2002; Wallsten, Pleskac, & Lejuez, 2005), 准确评估真实的风险决策行为, 进而理解风险决策的本质。

5 结论

(1) 金钱奖赏的真实性会影响被试的风险决策行为。与虚拟金钱奖赏相比, 真实金钱奖赏情境下, 个体的风险偏好水平显著降低, 未爆气球被吹的平均次数及吹爆气球的个数都显著减少。

(2) 在真实金钱奖赏下, 个体当前的风险决策行为显著受前次决策结果的影响, 前次决策失败导致个体接下来的风险偏好水平显著降低。在虚拟金钱奖赏下, 前次决策结果对个体当前的风险决策行为没有显著影响。

(3) 真实金钱对风险决策行为的影响受到奖赏幅度的调控, 随着奖赏幅度的增加, 个体的风险偏

好水平显著降低, 但这种调控效应只对感觉寻求水平低的被试有效, 感觉寻求水平高的被试不受影响。虚拟金钱奖赏幅度的变化对风险决策行为没有显著影响。

致谢: 感谢浙江大学王伟老师提供的感觉寻求自陈量表。

参 考 文 献

- Acheson, A., Richards, J. B., & de Wit, H. (2007). Effects of sleep deprivation on impulsive behaviors in men and women. *Physiology and Behavior*, 91, 579–587.
- Ackert, L. F., Charupat, N., Church, B. K., & Deaves, R. (2006). An experimental examination of the house money effect in a multi-period setting. *Experimental Economics*, 9, 5–16.
- Aklin, W. M., Lejuez, C. W., Zvolensky, M. J., Kahler, C. W., & Gwadz, M. (2005). Evaluation of behavioral measures of risk taking propensity with inner city adolescents. *Behaviour Research and Therapy*, 43, 215–228.
- Arnett, J. J. (1996). Sensation seeking, aggressiveness, and adolescent reckless behavior. *Personality and Individual Difference*, 20, 693–702.
- Baker, M. D., Jr., & Maner, J. K. (2009). Male risk-taking as a context-sensitive signaling device. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45, 1136–1139.
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7–15.
- Bell, D. E. (1982). Regret in decision making under uncertainty. *Operations Research*, 30, 961–981.
- Benjamin, A. M., & Robbins, S. J. (2007). The role of framing effects in performance on the Balloon Analogue Risk Task (BART). *Personality and Individual Differences*, 43, 221–230.
- Bickel, W. K., Pitcock, J. A., Yi, R., & Angtuaco, E. J. C. (2009). Congruence of BOLD response across intertemporal choice conditions: Fictive and real money gains and losses. *The Journal of Neuroscience*, 29, 8839–8846.
- Bornoalova, M. A., Cashman-Rolls, A., O'Donnel, J. M., Ettinger, K., Richards, J. B., de Wit, H., & Lejuez, C. W. (2009). Risk taking differences on a behavioral task as a function of potential reward/loss magnitude and individual differences in impulsivity and sensation seeking. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 93, 258–262.
- Bowman, C. H., & Turnbull, O. H. (2003). Real versus facsimile reinforcers on the Iowa Gambling Task. *Brain Cognition*, 53, 207–210.
- Brand, M., Fujiwara, E., Borsutzky, S., Kalbe, E., Kessler, J., & Markowitsch, H. J. (2005). Decision-making deficits of Korsakoff patients in a new gambling task with explicit rules: Associations with executive functions. *Neuropsychology*, 19, 267–277.
- Busemeyer, J. R., & Stout, J. C. (2002). A contribution of cognitive decision models to clinical assessment: Decomposing performance on the Bechara gambling task. *Psychological Assessment*, 14, 253–262.
- Charness, G., Gneezy, U., & Kuhn, M. A. (2012). Experimental methods: Between-subject and within-subject

- design. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 81, 1–8.
- Cyders, M. A., & Coskunpinar, A. (2011). Measurement of constructs using self-report and behavioral lab tasks: Is there overlap in nomothetic span and construct representation for impulsivity? *Clinical Psychology Review*, 31, 965–982.
- Dean, A. C., Sugar, C. A., Hellemann, G., & London, E. D. (2011). Is all risk bad? Young adult cigarette smokers fail to take adaptive risk in a laboratory decision-making test. *Psychopharmacology*, 215, 801–811.
- Fein, G., & Chang, M. (2008). Smaller feedback ERN amplitudes during the BART are associated with a greater family history density of alcohol problems in treatment-naïve alcoholics. *Drug and Alcohol Dependence*, 92, 141–148.
- Frino, A., Grant, J., & Johnstone, D. (2008). The house money effect and local traders on the Sydney futures exchange. *Pacific-Basin Finance Journal*, 16, 8–25.
- Gilbert, D. T., Morewedge, C. K., Risen, J. L., & Wilson, T. D. (2004). Looking forward to looking backward: The misprediction of regret. *Psychological Science*, 15, 346–350.
- Gillis, M. T., & Hettler, P. L. (2007). Hypothetical and real incentives in the ultimatum game and Andreoni's public goods game: An experimental study. *Eastern Economic Journal*, 33, 491–510.
- Gonzalez, R., Vassileva, J., Bechara, A., Grbesic, S., Sworowski, L., Novak, R. M., ... Martin, E. M. (2005). The influence of executive functions, sensation seeking, and HIV serostatus on the risky sexual practices of substance-dependent individuals. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 121–131.
- Grunig, E., Mereles, D., Benz, A., Hansen, A., Kubler, W., & Kuecherer, H. (2002). Contribution of stress echocardiography to clinical decision making in unselected ambulatory patients with known or suspected coronary artery disease. *International Journal of Cardiology*, 84, 179–185.
- 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, 148–154.
- Harinck, F., van Dijk, E., van Beest, I., & Mersmann, P. (2007). When gains loom larger than losses: Reversed loss aversion for small amounts of money. *Psychological Science*, 18, 1099–1105.
- Harrison, G. W., Johnson, E., McInnes, M. M., & Rutström, E. (2005). Risk aversion and incentive effects: Comment. *American Economic Review*, 95, 897–901.
- Heyman, J., & Ariely, D. (2004). Effort for payment: A tale of two markets. *Psychological Science*, 15, 787–793.
- Hinvest, N. S., & Anderson, I. M. (2010). The effects of real versus hypothetical reward on delay and probability discounting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 1072–1084.
- Holroyd, C. B., Hajcak, G., & Larsen, J. T. (2006). The good, the bad and the neutral: Electrophysiological responses to feedback stimuli. *Brain Research*, 1105, 93–101.
- Holt, C. A., & Laury, S. K. (2002). Risk aversion and incentive effects. *American Economic Review*, 92, 1644–1655.
- Holt, C. A., & Laury, S. K. (2005). Risk aversion and incentive effects: New data without order effects. *American Economic Review*, 95, 902–904.
- Jikko, Y., & Okouchi, H. (2007). Real and hypothetical rewards in probability discounting. *Shinrigaku Kenkyu*, 78, 269–276.
- Johnson, M. W., & Bickel, W. K. (2002). Within-subject comparison of real and hypothetical money rewards in delay discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 77, 129–146.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–291.
- Kathleen Holmes, M., Bearden, C. E., Barguil, M., Fonseca, M., Serap Monkul, E., Nery, F. G., ... Glahn, D. C. (2009). Conceptualizing impulsivity and risk taking in bipolar disorder: Importance of history of alcohol abuse. *Bipolar Disorders*, 11, 33–40.
- Kermer, D. A., Driver-Linn, E., Wilson, T. D., & Gilbert, D. T. (2006). Loss aversion is an affective forecasting error. *Psychological Science*, 17, 649–653.
- Lagorio, C. H., & Madden, G. J. (2005). Delay discounting of real and hypothetical rewards III: steady-state assessments, forced-choice trials, and all real rewards. *Behavioural Processes*, 69, 173–187.
- Larrick, R. P. (1993). Motivational factors in decision theories: The role of self-protection. *Psychological Bulletin*, 113, 440–450.
- Lehner, M. L. (2000). Shifts of reference points for framing of strategic decisions and changing risk-return associations. *Management Science*, 46, 63–76.
- Lehto, J. E., & Elorinne, E. (2003). Gambling as an executive function task. *Applied Neuropsychology*, 10, 234–238.
- Lejuez, C. W., Aklin, W. M., Jones, H. A., Richards, J. B., Strong, D. R., Kahler, C. W., & Read, J. P. (2003). The Balloon Analogue Risk Task (BART) differentiates smokers and nonsmokers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 11, 26–33.
- Lejuez, C. W., Aklin, W. M., Zvolensky, M. J., & Pedulla, C. M. (2003). Evaluation of the Balloon Analogue Risk Task (BART) as a predictor of adolescent real-world risk-taking behaviours. *Journal of Adolescence*, 26, 475–479.
- Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L., ... Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 75–84.
- Li, S. (2004). Equate-to-differentiate approach: An application in binary choice under uncertainty. *Central European Journal of Operations Research*, 12, 269–294.
- Loomes, G., & Sugden, R. (1982). Regret theory: An alternative theory of rational choice under uncertainty. *The Economic Journal*, 92, 805–824.
- Madden, G. J., Begotka, A. M., Raiff, B. R., & Kastern, L. L. (2003). Delay discounting of real and hypothetical rewards. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 11, 139–145.
- Madden, G. J., Raiff, B. R., Lagorio, C. H., Begotka, A. M., Mueller, A. M., Hehli, D. J., & Wegener, A. A. (2004). Delay discounting of potentially real and hypothetical rewards: II. Between- and within-subject comparisons. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 12, 251–261.
- Mitchell, S. H. (1999). Measures of impulsivity in cigarette smokers and non-smokers. *Psychopharmacology*, 146, 455–464.
- Moretti, L., Dragone, D., & di Pellegrino, G. (2009). Reward

- and social valuation deficits following ventromedial prefrontal damage. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 128–140.
- Mouras, H. (2006). The investigation of neural correlates of monetary reward by using functional neuroimaging techniques. *Behavior and Brain Science*, 29, 191.
- Pack, R. P., Crosby, R. A., & St Lawrence, J. S. (2001). Associations between adolescents' sexual risk behavior and scores on six psychometric scales: Impulsivity predicts risk. *Journal of HIV/AIDS Prevention & Education for Adolescents and Children*, 4, 33–47.
- Rao, H., Kordzykowski, M., Pluta, J., Hoang, A., & Detre, J. A. (2008). Neural correlates of voluntary and involuntary risk taking in the human brain: An fMRI Study of the Balloon Analog Risk Task (BART). *Neuroimage*, 42, 902–910.
- Simon, H. A. (1978). Rationality as process and as product of thought. *American Economic Review*, 68, 1–16.
- Skeel, R. L., Neudecker, J., Pilarski, C., & Pytlak, K. (2007). The utility of personality variables and behaviorally-based measures in the prediction of risk-taking behavior. *Personality and Individual Differences*, 43, 203–214.
- Sullivan, K., & Kida, T. (1995). The effect of multiple reference points and prior gains and losses on managers' risky decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, 64, 76–83.
- Sun, G. Q. (2007). *Exteroceptive suppression of temporalis muscle activity in subjects with high and low aggression traits*. Unpublished master's thesis, Zhejiang University.
- [孙国强. (2007). 攻击人格特质与颞肌外感受抑制相关性的研究. 硕士学位论文, 浙江大学.]
- Takahashi, T. (2007). Economic decision-making in the ultimatum game by smokers. *Neuro Endocrinology Letters*, 28, 659–661.
- Thaler, R. H., & Johnson, E. J. (1990). Gambling with the house money and trying to break even: The effects of prior outcomes on risky choice. *Management Science*, 36, 643–660.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211, 453–458.
- von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of games and economic behavior* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Wallsten, T. S., Pleskac, T. J., & Lejuez, C. W. (2005). Modeling behavior in a clinically diagnostic sequential risk-taking task. *Psychological Review*, 112, 862–800.
- Wang, W., Wu, Y. X., Peng, Z. G., Lu, S. W., Yu, L., Wang, G. P., ... Wang, Y. H. (2000). Test of sensation seeking in a Chinese sample. *Personality and Individual Difference*, 28, 169–179.
- Wang, X. Y. (2009). *The experiment research on the relationship between sensation seeking and intertemporal choice*. Unpublished master's thesis, Central China Normal University.
- [王小运. (2009). 感觉寻求与跨期决策关系的实验研究. 硕士学位论文, 华中师范大学.]
- White, T. L., Lejuez, C. W., & de Wit, H. (2007). Personality and gender differences in effects of d-amphetamine on risk taking. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 15, 599–609.
- Wood, S., Busemeyer, J., Koling, A., Cox, C. R., & Davis, H. (2005). Older adults as adaptive decision makers: Evidence from the Iowa Gambling Task. *Psychology and Aging*, 20, 220–225.
- Wu, Y., & Zhou, X. L. (2009). The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Research*, 1286, 114–122.
- Yan, W. S., Li, S., & Sui, N. (2011). Research paradigms and neural mechanisms for decision-making deficits in addicts. *Advances in Psychological Science*, 19, 652–663.
- [严万森, 李纾, 隋南. (2011). 成瘾人群的决策障碍: 研究范式与神经机制. 心理科学进展, 19, 652–663.]
- Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 24, 6258–6264.
- Zhou, X. Y., Sedikides, C., Wildschut, T., & Gao, D. G. (2008). Counteracting loneliness: On the restorative function of nostalgia. *Psychological Science*, 19, 1023–1029.
- Zhou, X. Y., Vohs, K. D., & Baumeister, R. F. (2009). The symbolic power of money: Reminders of money alter social distress and physical pain. *Psychological Science*, 20, 700–706.
- Zhou, Z. H., Yu, R. J., & Zhou, X. L. (2010). To do or not to do? Action enlarges the FRN and P300 effects in outcome evaluation. *Neuropsychologia*, 48, 3606–3613.
- Zuckerman, M. (1994). *Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking*. New York: Cambridge University Press.
- Zuckerman, M., Eysenck, S. B., & Eysenck, H. J. (1978). Sensation seeking in England and America: Cross-cultural, age, and sex comparisons. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46, 139–149.
- Zuckerman, M., Kolin, E. A., Price, L., & Zoob, I. (1964). Development of a sensation seeking scale. *Journal of Consulting Psychology*, 28, 477–482.

Real or Hypothetical Monetary Rewards Modulates Risk Taking Behavior

XU Sihua^{1,2}; FANG Zhuo^{2,3}; RAO Hengyi^{2,3}

(¹ Department of Applied Sociology and Psychology, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China)

(² Department of Psychology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

(³ Center for Functional Neuroimaging, Department of Neurology, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA 19104, USA)

Abstract

Understanding human risk taking and decision making behavior poses a major challenge for psychological and economical research during the last decades. Although real or hypothetical monetary rewards are commonly used as reinforcers in previous studies, it remains controversial whether real and hypothetical rewards have the same effects to motivate risk taking and decision making behavior. The recently developed balloon analogue risk task (BART) is a laboratory-based risk taking paradigm and offers an ecologically valid model for objective measurement of risk taking propensity and behavior. In the present study, the authors used the BART paradigm in two experiments to compare the effects of real and hypothetical monetary rewards on risk taking behavior. We predicted that compared with hypothetical monetary reward, real monetary rewards will show stronger impacts on the risk taking behavior during the BART task.

In Experiment 1, forty-four healthy young adults completed both real money and hypothetical monetary versions of the BART task, in which they were required to sequentially inflate a virtual balloon that can either grow larger or explode. The order of two tasks was counter-balanced between subjects. Paired t-tests and one-way Analysis of Variance (ANOVA) were conducted to compare the effects of real and hypothetical monetary rewards on the BART risk taking behavior, including the mean adjusted number of balloon inflations, the number of balloon explosions, and the number of balloon inflations after positive or negative feedbacks. Experiment 2 added a variable of reward magnitude and used a 2 (authenticity: real, hypothetical) $\times$ 2 (magnitude: small, large) factorial design. Thirty healthy young adults completed the experiment 2.

The results from Experiment 1 showed that during the real monetary reward BART condition, subjects stopped inflating balloons earlier and were more risk averse for the current balloon trial if they lost the last balloon (i.e., the balloon exploded). This result suggests a significant learning effect from the negative feedback of real monetary reward. However, no such effect was observed for the BART condition with the hypothetical monetary reward. The results from Experiment 2 replicated the findings from Experiment 1 and revealed significant main effects of both reward authenticity and magnitude on risk taking propensity and behavior. Specifically, subjects were more risk averse during the BART condition with large real monetary reward compared with small real monetary reward. However, no differences were found between large and small hypothetical rewards. In addition, subjects were more risk averse for large real monetary reward comparing with hypothetical monetary reward, while no differences were found between small real and hypothetical monetary rewards. Finally, the effect of reward magnitude on risk taking was significant only in subjects with low sensation-seeking scores, whereas subjects with high sensation-seeking scores were insensitive to variation in reward magnitude.

In conclusion, this study demonstrated that real and hypothetical monetary rewards modulate risk taking behavior during the BART task in a different way. The findings could be explained by the regret theory and/or the equate-to-differentiate model of risky decision making. Our results suggest that real and hypothetical monetary rewards may have different external validity, which will inform the utility of real and hypothetical rewards in future studies.

Key words Balloon Analogue Risk Task; risk taking and decision making; real monetary reward; hypothetical monetary reward