

公平的神经基础

王贇^{1,2}, 吴斌^{1,2}, 李纾¹, 周媛¹

1. 中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101
2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要 公平问题是人类长久以来的话题, 研究已经证实人们存在着公平偏好。关于公平的神经基础, 研究者采用脑功能成像技术进行了深入探索, 并提示了其在精神疾病研究中的应用价值。本文介绍研究公平行为的博弈实验范式——最后通牒博弈, 概述基于最后通牒博弈的神经影像学研究发现。从分配额度、得失情境、框架效应、群体意见、社会地位及情绪几个方面, 综述影响公平行为的因素及其神经基础。在临床研究方面, 列举了有关抑郁症、精神病患者及反社会青少年的公平行为及其神经基础的相关研究。分析表明, 未来研究应注意从脑网络的角度对公平行为的神经基础进行探讨, 考虑到具体的社会情境对公平行为的影响, 加强博弈实验范式在神经精神疾病中的应用, 并深入探索公平感知的神经计算模型。

关键词 公平; 最后通牒博弈; 神经基础; 功能性磁共振

中图分类号 B842

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.09.015

Neural basis of fairness

WANG Yun^{1,2}, WU Bin^{1,2}, LI Shu¹, ZHOU Yuan¹

1. Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract Fairness is an essential ingredient in human society. Numerous studies have confirmed that people have fairness preference. With regard to the neural basis of fairness, researchers are focusing on the issue of neural mechanism that underlies fair behavior using neuroimaging techniques, and suggest a possibility to transfer the findings in the neural basis of fairness into clinical applications. In this paper, we first introduce a game theory-based paradigm for investigating fairness—the ultimatum game, and then review neuroimaging studies based on this game. In addition, we address the factors that may influence fairness and their neural mechanisms, namely, stake size, gain-loss contexts, framing effect, group opinion, social status, and emotion. We also summarize the studies that use the ultimatum game to investigate the clinical population, such as major depressive disorder, psychopathy, and antisocial adolescents. Meanwhile, we propose the followings: the neural mechanism of fairness should be examined from the perspective of brain networks, the influence of specific social contexts on fair behavior should be considered, the application of game theory paradigms in neuropsychiatric disorders should be strengthened, and the models of neural computation underlying fairness should be explored more deeply in future studies. Finally, we briefly introduce some Chinese researchers that are representative in this area.

Keywords fairness; ultimatum game; neural basis; fMRI

收稿日期: 2014-12-12; 修回日期: 2015-02-05

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2011CB711000); 国家自然科学基金项目(81371476); 北京市科技新星计划项目(Z121107002512064); 北京市优秀博士学位论文指导教师人文社科项目(20138012501)

作者简介: 王贇, 博士研究生, 研究方向为行为决策, 电子信箱: wangyun@psych.ac.cn; 周媛(通信作者), 副研究员, 研究方向为神经经济学, 电子信箱: zhouyuan@psych.ac.cn

引用格式: 王贇, 吴斌, 李纾, 等. 公平的神经基础[J]. 科技导报, 2015, 33(9): 83-92.

公平问题是人类长久以来的话题。古代思想家很早就认识到公平在社会活动中的重要性,留下了“不患寡而患不均”等传承至今的名言。现代社会和道德同样提倡公平,公平也是各项竞技活动开展的基础。因此,当代学者也一直延续着对公平问题的思考^[1,2]。公平等社会规范从人类文明中进化而来,用于规范人们的社会生活,尤其是在个体的行动会对他人造成负面作用的时候^[3],并且这种规范可以起到限制自利动机以维护集体利益的作用。当传统心理学和经济学正视人类的公平行为并深入探索其心理机制时,认知神经科学等学科则试图探究人类公平行为的神经基础^[4,5]。近年来,随着功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)、事件相关电位(event-related potential, ERP)等技术的日趋成熟,科学家发现了多个脑区与公平行为有关,对公平的神经基础有了更深入的理解。本文综述近年来关于公平行为的神经基础的研究进展。

1 研究公平行为的实验范式

最后通牒博弈游戏(ultimatum game, UG)是研究公平行为最常见的实验范式。在经典最后通牒博弈范式中,由2个实验参与者分配一笔固定数目的钱,其中1名参与者作为提议者(proposer)向另外1个回应者(responder)提出如何分配这笔钱,回应者可以接受也可以拒绝提议者的分配方案。若接受,就按提议者的方案分配;若拒绝,则2人都得不到钱^[6](图1)。按照理性经济人的假设,回应者为了追求利益最大化应该接受任何提议,因为即便少得钱也总比没有钱得好;如果提议者能预测回应者会追求利益最大化,应该分配尽可能少的钱给回应者,从而最大化自己的利益。然而,来自不同国家、采用不同分配金额和不同实验设计的行为学实验,一致证实人们并非都是追求利益最大化^[7]。实际上,提议者通常会给出较为公平的提议,分配给对方的比例约为40%;回应者通常会拒绝不公平的提议,尤其是当分配额度低于20%时,约50%的回应者会拒绝提议,并且随着分配额度的降低,拒绝率增加^[8]。这些行为学研究质疑了经典经济学中的“理性人”假设,表明人们普遍存在着公平偏好。

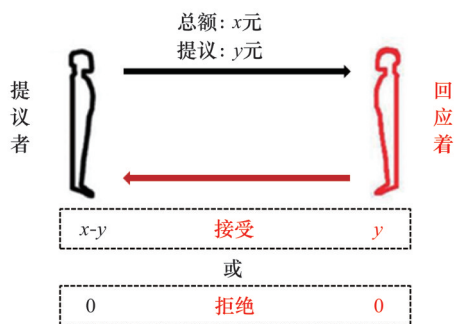


图1 经典最后通牒博弈游戏示意

Fig. 1 Schematic diagram of the classic ultimatum game

除经典最后通牒博弈外,研究者也采用了最后通牒博弈的变式研究人们的公平行为。为了考察人们对某一结果的偏爱是否受其他可能选项的影响,研究者提出了迷你最后通牒博弈实验范式(mini-ultimatum game, mini-UG)。在迷你最后通牒博弈中,研究者将同一不公平分配结果置于不同的备选选项中反映提议者的行为意图,进而考察回应者面对不同提议时的行为特点^[11,9,10]。比如,给定不公平分配方案8:2,备选选项的不同可以使其处于不同的情境中:备选选项公平(5:5 vs 8:2);备选选项超公平(2:8 vs 8:2);备选选项超不公平(10:0 vs 8:2)和无选择情境(8:2 vs 8:2)。研究发现,mini-UG中相同的不公平方案却可以引起显著的拒绝率差异,并且这主要依赖于提议者可获取的备选选项的特点。当备选选项是公平方案的时候,提议者却选择了给定的不公平方案,这时回应者对方案的拒绝率最高;然而当备选选项是超不公平方案的时候,提议者选择给定的不公平方案,此时回应者对方案的拒绝率则较低^[11]。迷你最后通牒博弈的实验范式表明人们的公平行为不仅仅依赖于绝对的物质获益,还会考虑到不同情境因素的影响。

此外, Grosskopf^[12]2003年提出了竞争性最后通牒博弈(ultimatum game with responder competition)。与经典的两人参与的最后通牒博弈不同,在竞争性最后通牒博弈范式的研究中引入了其他回应者即竞争者,只有所有回应者都同意提议者的提议时,才可能获得分配金额。该范式与迷你最后通牒博弈相似,它也强化了回应者的意图揣测能力。因为在该范式中,回应者不仅要考虑自身的想法,还需要揣测其他回应者的想法。利用该范式的研究发现,竞争者的引入,使得回应者更愿意接受不公平的分配方案^[12]。

2 公平行为的神经影像学研究

近年来随着脑成像技术的日趋成熟,公平行为所对应的神经基础也逐步被揭示。研究者分别从提议者、回应者两个角度对公平行为的神经基础进行考察。

2.1 博弈任务中提议者公平行为的神经基础

行为学研究发现,UG提议者倾向于给出较为公平的提议,然而这一公平行为背后的心理机制仍不明确。借助于fMRI技术,有研究通过比较最后通牒博弈和独裁者博弈(dictator game, DG)中提议者决策行为的神经基础为深入理解UG提议者的公平行为提供了思路。独裁者博弈中提议者首先需要对一笔钱提出分配方案,但是回应者只能选择接受该提议。按照理性经济人的假设,独裁者博弈中提议者应该分给回应者最少量的钱使自身利益最大化。然而,实证研究表明提议者至少会分给对方一定比例的钱^[13]。2012年,Weiland等^[14]考察了UG和DG中提议者做出公平及不公平提议时的神经活动,探索了自利动机和利他动机对提议者决策行为的影响。在DG中不存在提议会被拒绝的情况,因此DG和UG中的公平提议反映了提议者的不同决策动机。Weiland等研

究结果表明,UG中提议者提出公平分配方案时,颞上回、颞极、内侧前额叶皮层、内侧眶额皮层及纹状体等涉及心理理论与奖赏的核心脑区的激活程度显著强于提出不公平分配方案时。这表明揣测他人意图使自己获益的自利动机对UG中的公平提议起着首要的作用。然而,DG中公平提议引起了与认知冲突相关的背侧前扣带(dorsal anterior cingulate cortex, dACC)和后扣带的显著激活,这表明在利他和自我获益的冲突中利他动机对DG中的公平提议起着首要作用^[14]。2013年,Zheng和Zhu^[15]采用UG和DG考查了这两种博弈中提议者公平行为的神经活动模式差异,探索了不同动机的影响。他们发现,与最后通牒博弈中的公平提议相比,人们在独裁者博弈中的公平提议引起了右侧缘上回、右内侧前额叶及左侧前扣带更强的激活,这表明DG中的公平行为更多与认知控制及冲突信息的处理相关。然而,反向比较则发现最后通牒博弈中的公平提议引起了右侧颞上回和左侧扣带回更强的激活。以往有研究表明右侧颞上回负责加工威胁相关的信息^[16],因此研究者认为UG中的公平行为更多与威胁信息的处理相关。Zheng和Zhu研究结果表明DG中的公平行为主要受利他的公平动机的驱动而UG中的公平行为主要受自利的策略性动机的驱动^[15]。借助于独裁者博弈,Weiland等及Zheng和Zhu从不同的角度考察了最后通牒博弈中提议者公平行为背后的动机及其神经基础,提示颞叶、额叶、纹状体及扣带等脑区在其中起着关键的作用。

除UG范式之外,也有研究者采用其他范式从其他的视角研究提议者公平行为的神经基础。比如,采用DG范式从优势不均等(自我所得大于他人所得)和劣势不均等(自我所得小于他人所得)的角度对比考察人们的公平行为。2014年,Güroglu等^[17]通过要求被试从均等选项和不均等选项(优势/劣势)二者之间进行选择来做出提议,考察了两种不均等类型的神经活动模式。结果发现,凡是选择不均等选项的人,其dACC、前脑岛和背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)有显著的激活;选择劣势不均等选项的人其腹侧纹状体和腹内侧前额叶皮层(ventralmedial prefrontal cortex, VMPFC)有显著激活。在Yu等^[18]2014年的研究中,为被试呈现优势或劣势不均等方案,被试可选择上下调整对方的收益进而做出最终提议。结果发现,两种条件下人们都有强烈的公平偏好。依据给定的方案,提议者会通过牺牲个人的利益来调整(提高或降低)对方的收益,以使两人之间的收益差距缩小。影像结果发现,两种类型的不均等方案共同激活了壳核、眶额皮层和脑岛。个体差异分析发现,在优势条件下愿意牺牲更多的钱来提高对方收益的人,其壳核的激活程度更高且壳核和眶额皮层及前脑岛的功能连接减弱;相反,在劣势条件下愿意牺牲更多的钱来降低对方收益的人,其杏仁核的激活程度更高且杏仁核和腹侧前扣带的功能连接减弱。Yu等研究结果表明两种类型的不均等有共同的脑区参与加工,但二者之间又有着不同的认知过程且受不同神经回路的调节。在UG中人们的提议同样存在优势不均等和

劣势不均等,这些发现对于进一步考察和理解UG提议者的决策行为提供了参考。

2.2 博弈任务中回应者公平行为的神经基础

与提议者相比,最后通牒博弈回应者拒绝不公平提议行为的神经基础受到更多的研究者关注。2003年,Sanfey等^[19]首次用fMRI研究了最后通牒博弈中回应者拒绝不公平提议的神经基础。该研究发现,与公平的提议相比,当回应者面对不公平的提议时,双侧前脑岛、前扣带皮层(anterior cingulate cortex, ACC)和DLPFC激活显著增强。DLPFC和脑岛活动的相对强弱与不公平提议的决策后果有关,即脑岛活动相对较强时,参与者拒绝不公平提议;而当DLPFC活动相对较强时,参与者接受不公平的提议。通常认为DLPFC与目标维持和执行控制有关,而脑岛与负性情感有关。面对不公平提议时,DLPFC相对稳定的活动强度,可能反映了金钱最大化的稳定的任务表象;前脑岛的活动则随着不公平程度递增,可能反映了对提议的情感反应。这种抵制不公平的情感动机和积聚金钱的认知动机之间的冲突,体现为ACC的激活^[19]。后续大量研究通过对比面对公平和不公平分配方案时的脑激活图,或者对比被拒绝和被接受的分配方案诱发的脑激活图,验证或延伸了Sanfey的发现。2014年,Gabay等^[20]汇总了11篇研究,Feng等^[21]汇总了20篇研究对回应者公平行为的神经基础进行了元分析,两篇综述共同发现,当回应者面对不公平提议的时候,前脑岛、ACC和辅助运动区有显著激活。与被接受的提议相比,被拒绝的提议可诱发ACC、辅助运动区、豆状核和右侧额中回更强的激活^[20]。Feng等^[21]依据其分析结果,认为有两个不同的加工系统参与了UG回应者的策略决定:一个是快速的自动的直觉系统(intuitive system),包括前脑岛、杏仁核和VMPFC;一个是与认知控制有关的深思熟虑系统(deliberate system),包括dACC、DLPFC、腹外侧前额叶皮层和背内侧前额叶皮层。直觉系统在UG中起到快速识别和评估违反公平准则行为的作用;而深思熟虑系统则会整合回应者在追求公平准则和获取自身利益这二者之间的冲突,并进而调节直觉系统以做出更为灵活的决策。此外,也有研究探讨了UG回应者面对公平提议时的脑激活模式。2008年,Tabibnia等^[22]发现与不公平提议相比,公平提议引起了与奖赏有关的脑区的激活,如VMPFC、腹侧纹状体和杏仁核。Feng等^[21]的元分析结果表明,当回应者面对公平提议的时候,双侧VMPFC和后部脑岛、左侧后扣带和楔前叶以及右侧颞下回有显著激活。综上所述,UG中人们偏爱公平选项的一个原因在于公平选项本身对于人们来说是一种奖励,进而引发了与奖赏有关脑区的激活。然而,当面对不公平方案时,人们存在着情感动机和认知动机之间的冲突,进而引发了前脑岛、前额叶皮层及ACC等脑区的激活。

3 影响公平行为的因素及其神经基础

越来越多的证据表明人们的社会决策不仅受方案本身公平性的影响,还会受到其他各种情境因素的调节。研究者

已经开始对公平行为的影响因素及其神经基础进行研究,这些影响因素主要包括分配额度、得失情境、框架效应、群体意见、社会地位和情绪等。

3.1 分配额度

遵从公平准则是人类社会的一个独特特点。然而,有时金钱刺激的大小会影响公平行为。换句话说,人们有时会以牺牲公平的道德准则为代价去追求金钱和财富。最后通牒博弈中不公平方案的提出被视为违反了公平准则,因此拒绝不公平方案被视为一种维护公平的规范性决策^[23]。在决策的过程中,回应者面临着两个相互冲突的动机:自利动机和公平动机,决策即是两种动机之间权衡的结果。以往已经有行为学研究发现面对高额的金钱刺激,人们会摒弃维护公平的规范性决策而选择接受不公平的分配方案^[24-29],尽管也有少量研究报道没有发现分配额度对拒绝率的影响^[30]。对于高分配额度下人们普遍违反公平准则的行为,有研究者从机会成本的角度对其心理机制进行了解释^[29]。机会成本假说认为面对较高的分配总额,选择拒绝一个方案的成本增高而接受这个方案的物质效用亦增高,因此人们倾向于选择接受不公平的分配方案。对于公平准则受金钱调节的神经基础目前仅有一项研究对此进行了探讨。2014年,Zhou等^[31]独立操纵了公平和分配金钱总额两个变量以考察金钱对公平的调节作用。行为结果发现高金钱总额条件下,人们对不公平提议的拒绝率显著低于低金钱总额条件,这与以往的研究发现一致。影像结果发现金钱对公平准则起到显著调节作用的脑区在右侧前额叶皮层及双侧脑岛。此外,左侧额下回的活动强度被调节的程度与拒绝率被调节的程度显著负相关,即个体越倾向于违背公平准则,左侧额下回的激活程度就越强。这些研究结果说明在社会互动情境中,面对高额金钱刺激,前额叶皮层对人们做出与公平相关的规范性决策起着重要的作用。

3.2 得失情境

目前,基于最后通牒博弈的大量公平行为研究集中考察了人们在得钱情境下(即两个玩家共同分配一笔钱进而获得收益)的心理机制^[1,6,19]。然而,在人类社会中,关于损失的博弈同样是普遍且不可避免的,例如破产企业的清算问题。近来已经有一些研究尝试对得失情境下的UG博弈行为进行对比和考察^[32-35]。在此类研究中,获益情境下的设置和经典的UG任务一样;但在损失情境下,提议者和回应者需要共同损失一笔钱。若回应者接受提议者关于失钱的分配方案,那就按照提议者的方案承担损失;若拒绝,两人都要损失给定的总钱数。行为学研究一致表明相比于获益情境,在损失情境下回应者认为方案更不公平且拒绝率更高^[32,33]。对于得失情境下公平行为的神经基础也有相关研究^[34,35]。2013年,Guo等^[35]研究发现,损失情境下人们的拒绝行为和接受行为相比存在显著激活的脑区有左侧DLPFC、双侧前脑岛、ACC以及双侧背侧纹状体,但在获益情境下没有发现相应的结果。2014年,Wu等^[34]发现,相比于获益情境,在损失情境下方案

公平性和腹侧纹状体激活程度的正相关有所下降,而方案公平性和DLPFC激活程度的负相关有所上升。此外,损失情境下与拒绝相关的背侧纹状体的激活水平更高。Guo等及Wu等的研究结果表明,在损失情境下人们体验到了更强烈的不公平感,且有更强的意愿去惩罚违反公平准则的行为,进而引发了较多的与不公平相关脑区的激活。这些研究揭示了得失情境对公平相关社会决策行为的重要影响。

3.3 框架效应

除了探讨获益和损失情境下人们的公平行为及神经基础,也有研究对得失框架下的公平行为进行了考察。经济学领域的很多研究表明,在决策中相比于同等的获益,人们对损失的权重更大且更为敏感^[36-39],即所谓的“框架效应”。框架效应问题在风险决策等领域已经得到了深入的研究,证实了在损失和获益框架下人们的决策出现了偏离^[40,41]。有研究从UG提议者角度考察了框架效应对其公平行为的影响。研究者通过将待分配金额放置于提议者或回应者一方,从而营造出提议者提议后将“失”钱或“得”钱的不同感受。结果发现,在“得”框架下提议者分给对方的额度显著大于“失”框架下的^[42]。此外,近期也有研究通过操纵指导语或实验设置使UG回应者产生“得”和“失”的不同感受,进而对其行为^[43]及神经基础^[44,45]进行了考察。2013年,Sarlo等^[43]的行为学研究发现,相比于“得”框架下,被试在“失”框架下对方案的拒绝率更高。2012年,Wu等^[45]的行为结果重复了上述发现,且ERP结果发现在“得”框架下P300成分的振幅显著高于“失”框架下。2013年,Tomasino等^[44]的行为结果中没有发现与得失框架有关的显著效应。然而,影像结果发现,得失框架和被试的行为反应之间存在交互作用。相比于“得”框架下,在“失”框架下被试的接受和拒绝行为对比后存在显著激活的脑区有右侧罗兰迪克岛盖(rolandic operculum)和ACC。此外,公平提议下对比“失”和“得”框架发现左侧枕颞交界处有显著的激活^[44]。这些研究通过操纵信息的呈现方式丰富了对得失框架下社会决策行为及其神经基础的理解。

3.4 群体意见

当个体的行为和他所属的群体行为存在不一致的时候,个体可能会改变他最初的观点或行为以期和群体规范达成一致。这种现象就是心理学中经典的“从众行为”^[46,47]。前文提到的竞争性最后通牒博弈就是群体意见对公平行为产生影响的一个很好例证。在该范式中,回应者不仅要考虑自身的想法,还需要揣测群体中其他回应者的想法^[12]。研究发现,竞争者的引入使得回应者更愿意接受不公平的分配方案。此外,也有研究采用fMRI考察了UG博弈中群体意见对回应者决策时脑功能活动的影响^[48]。在该研究中,研究者首先让被试选择接受还是拒绝提议者的分配方案,随后告知被试4个同伴的选择(可能与被试选择不一致、中等不一致或一致),然后给被试二次机会让其对相同的方案再次做出选择。行为结果发现,当被试的选择与群体的标准意见存在冲突的时候他们会改变自身的选择,特别是在面对不公平提议

的时候。影像结果发现,与没有任何信息的基线条件相比,个体意见与群体意见冲突的条件下激发了涉及违反社会准则和行为调整的相关脑区激活,比如双侧脑岛、颞中回、双侧额中回、双侧顶下小叶、内侧前额叶皮层及楔前叶。此外,进一步分析发现,在首次选择中拒绝不公平提议的条件下,面对接下来的意见冲突时内侧前额叶皮层有显著的激活。以往研究表明内侧前额叶皮层参与决策行为转变^[49]和心理理论^[50]。因此,内侧前额叶皮层的激活提示,面对不公平提议下的冲突选择,个体会揣测群体其他成员的意图并进而改变行为以期与群体保持一致。这项研究不仅丰富了关于违反社会准则行为的神经基础的研究,也为探索经济博弈中的从众行为的神经基础提供了依据。

3.5 社会地位

社会地位或社会等级指的是个体在某一社会阶层中在财富、能力、教育、声望或专业技能上所处的相对位置^[51]。社会地位作为一种跨物种普遍存在的社会组织准则,影响着我们看待自己和他人的方式。社会地位高的人通常也能获得更多对生存有利的资源,并且权力和影响力也更大^[52]。因此,社会地位可能影响人们对财富资源的分配。2014年,Hu等^[53]采用ERP考察了UG博弈中社会地位对回应者决策时大脑的神经电生理的影响。研究者在每一轮UG任务中,首先通过时间估计任务操纵参与者自身的社会地位,然后让参与者作为回应者进行UG任务。在整个任务过程中记录了参与者的脑电活动。行为结果发现,当被赋予高社会地位时,参与者对不公平方案的拒绝率显著高于低社会地位时。ERP结果发现,高社会地位条件下面对不公平方案ERP的晚期正成分(时间窗:400~700 ms)比低社会地位条件下更为活跃,表明人们处于低社会地位时对不公平的觉醒水平有所下降,即对不公平的敏感性降低。这些研究结果表明,社会地位在调节个人的公平行为及对相应的神经电生理活动中起着重要的作用。

3.6 情绪

以往很多研究已经发现不公平的分配方案会引起负性情绪反应^[54~58]。甚至,有研究通过改变UG任务规则使得回应者的选择对提议者不会产生任何影响,拒绝提议只会损害回应者自身的收益,结果发现回应者依然会拒绝不公平提议。此时拒绝不公平的行为,可能是对自我负性情绪的表达和宣泄^[59]。为了验证情绪对公平行为的影响,研究者们试图在UG中操纵个体的情绪状态,以考察个体在不同情绪状态下面对不公平分配时的行为变化。在Harlé和Sanfey^[60]2007年的研究中,通过电影片段诱发被试的悲伤、喜悦或中性情绪考察情绪对个体在UG中的行为的影响,结果发现悲伤情绪组比中性情绪组拒绝了更多的不公平分配方案。后续影像学研究发现悲伤情绪组面对不公平提议会引起与厌恶情绪状态、体感融合(前脑岛)及认知控制(ACC)相关的脑区激活。同时,悲伤组被试与奖赏有关的脑区(腹侧纹状体)的激活也有所下降。更重要的是,脑岛的激活调节了悲伤情绪和决策行

为之间的关系,表明微妙的情绪状态能在神经层面对公平决策行为造成影响^[61]。2014年,Luo等^[62]的ERP研究发现个体的焦虑特质也会对公平行为产生影响,高焦虑特质的人更倾向于拒绝不公平提议且诱发了其更大的反馈负波。此外,情绪调节也能显著改变个体在UG中的行为模式。2005年,Xiao和Houser^[63]在经典UG中加入了一个书写表达阶段,回应者在做出选择之前,可以在主试提供的卡片上向提议者写下一句话。他们发现与控制组(无书写表达)相比,书写表达组的接受率出现显著提高。这说明UG中的拒绝行为是回应者对不公平分配表达愤怒的一种手段,而书写表达使回应者在决策前宣泄了愤怒,从而减弱了他们接下来执行惩罚的意愿。最近一项研究比较了不同类型的情绪调节策略对UG的影响,结果发现与“表达抑制”策略相比,“认知重评”策略对UG中的决策倾向影响更大,会使回应者更多地接受不公平的分配方案^[64]。2013年,Grecucci等^[65]进一步对比了两种认知重评策略,向上调节(增强对提议者意图的负性评价)和向下调节(减弱负性评价),对个体在UG中的行为和大脑活动的影响,发现向上调节使拒绝率提高,而向下调节的效果则相反。在神经层面,认知重评的过程中,不公平方案显著地激活了额下回、额中回、内侧前额叶皮层及扣带回。左侧额下回参与到了采取向上调节策略的决策制定而额中回参与到了向下调节策略的决策制定。而且,情绪调节的作用在后脑岛体现得尤其明显,向下调节时后脑岛的激活较弱而向上调节时激活较强^[65]。上述研究从不同的层面揭示了个体的情绪因素在公平社会决策中至关重要的作用,为深入理解情绪对公平行为的推动作用提供了重要信息。

综上所述,研究者从不同的视角对公平行为的影响因素及其神经基础进行了研究,加深了对公平行为的认识,表明人们的公平行为会受到各种情境因素的调节。但是也可以看出以往的研究中对某些影响因素(如分配额度、社会地位)的探讨比较少,仍需深入分析这些因素对公平行为的影响。此外,一些影响因素(如框架效应)的行为研究结果之间存在不一致,还需要更多研究的验证。

4 应用于临床的研究

最后通牒博弈等经济博弈通常以博弈论(game theory)作为理论基础考察人们的社会决策行为。来源于经济学领域的博弈论^[7,66],为研究社会交互中人们如何处理他人的互动和行为提供了新的思路^[67]。在过去的10年间,基于博弈论的研究大都集中于考察健康人的决策行为,但是近几年研究者开始将博弈论的研究引入临床精神疾病领域中。2008年,King-Casas等^[68]在*Science*上发表文献,开创性地用博弈范式研究边缘型人格障碍合作和合作修复能力;同期*Science*发表评论文章,提出博弈论的研究方法是研究精神疾病社会功能的新工具^[69]。将经济博弈应用于临床疾病研究,对于理解这些疾病会带来新的思考和启示。在临床研究方面,已经有研究者采用最后通牒博弈对临床群体的公平行为及其神经基

础进行了相应的探索,比如抑郁症、精神病态患者及反社会青少年。

4.1 抑郁症

抑郁症患者普遍存在着社会功能低下^[70]。采用博弈论的研究方法,研究抑郁症患者的社会决策行为特点及其神经基础,将为理解抑郁症的病理生理机制提供新的视角。就目前而言,已有几项研究采用UG对抑郁症的公平决策行为进行了相关探讨,但结果不一^[71-75]。不同研究的差异可能源于不同临床特征对抑郁症患者决策行为的影响,如病程、严重程度、服药情况等都有可能影响抑郁症患者决策行为。因此,当前研究虽然提示抑郁症患者作为最后通牒博弈回应者,其公平决策行为不同于正常人,但其行为特征还有待确定。关于抑郁症公平决策行为的神经基础,目前仅有一项研究对此进行了考察^[76]。该研究发现,面对公平方案,抑郁症患者报告的高兴程度低于正常对照。随着方案公平性水平的提高,正常对照激活的脑区有伏隔核及背侧尾状核,这两个脑区参与社会信息处理且与奖赏有关。然而,没有发现随着方案公平性水平的提高抑郁症患者有相应脑区的激活。此外,研究也发现随着患者快感缺失症状严重程度的增加,与方案公平性相关的伏隔核的激活程度下降;随着患者抑郁程度的增加,与方案不公平性相关的内侧枕叶激活程度在下降。这项研究提示抑郁症患者在处理社会信息过程中的脑功能活动确实与正常对照存在差异,伏隔核及背侧尾状核可能是抑郁症患者异常公平决策行为的神经基础。然而,该研究结果还缺乏验证。

4.2 精神病态患者

精神病态是一种在情感、人际和行为特质上都存在严重社会适应不良的疾病,且这类人群具有高度的冲动性和攻击性^[77]。精神病态特质包括漠视他人权利,缺乏同情心和悔恨,冲动且以自我为中心^[77,78]。这些特质会对患者的社会功能造成影响且阻碍其在社会互动情境中做出适应性的决策。以往有研究发现精神病态的个体表现出非典型的合作模式^[79],并且在社会交换和社会规则的推理中存在困难^[80]。目前已有行为研究采用最后通牒博弈研究了精神病态者的社会决策行为,但研究结果存在着不一致。有研究发现相比于精神病态低得分者,高分者在UG中对不公平方案的接受率更高^[81,82];但也有研究发现高分者对不公平方案的拒绝率更高^[83]或者无差异^[84]。2013年,Vieira等^[84]考察了精神病态者公平感知与其决策行为的关系和其神经基础。他们发现,尽管精神病态高分组在拒绝不公平方案的比例上和低分组没有显著差异,但高分组将不公平方案知觉为更不公平。此外,低分组对方案公平性的感知可以预测其在UG中的接受率,而高分组不存在这种关系。影像结果发现低分组被试对不公平方案的接受率与DLPFC的激活存在正相关,而高分组的接受率则与VMPFC的激活存在负相关,表明两组被试的决策行为对应于不同的神经基础。总体来看,该项研究表明相似的行为反应却可以源于截然不同的神经基础,提示继续探索精神病态患

者适应良好及适应不良社会决策的神经基础的重要性。

4.3 反社会青少年

青春期是人们的反社会行为急剧上升的一个发展阶段。许多研究表明严重的反社会行为是由非典型的社会信息加工导致的^[85,86]。依据信息加工观点,非典型的信息加工无论是在编码阶段还是行为选择阶段都有可能引起异常的社会行为。因此,采用极具生态效度的社会互动研究范式来考察青少年的严重反社会行为及其神经基础对于理解其异常的社会行为是一个很好的途径。2014年,van den Bos等^[87]采用迷你最后通牒博弈对比了反社会青少年和正常对照在社会互动过程中的行为特点及神经基础。结果发现,相比于各择选项是公平的方案,被试在无选择情境下对不公平方案的拒绝率更低,表明被试在做选择的时候考虑了提议者的意图。然而,这个效应在反社会青少年人群中是降低的。影像结果发现,反社会青少年群体在颞顶结合处及额下回的激活程度较低。然而,当规则被违反的时候,两组被试在dACC和右侧脑岛表现出相似的激活水平。这些结果表明具有严重反社会行为的青少年也能适当地处理违反社会准则的行为,但可能难以在社会互动过程中自发地对相关社会情境进行处理。

5 结论

5.1 神经基础方面

关于公平行为的神经基础,在前文中提到了许多在公平相关任务中被激活的脑区。然而,对这些脑区功能的解释还存在很多争议。比如,fMRI研究认为外侧额叶活动增强时,对不公平提议的拒绝率降低,这体现了在不公平的情感动机与积聚金钱的认知动机进行权衡时,认知动机占优势^[9];而脑刺激技术研究发现外侧额叶活动被抑制时,对不公平提议的拒绝率降低,这提示在对经济诱惑的控制和对公平引发的情感冲动的控制进行权衡时,参与者难以抵制经济诱惑^[88-90]。这两类研究得到的结论是完全相反的,一个可能的原因是,这些脑区的功能并不是相互独立的,而是相互影响并形成大尺度的神经网络,当研究者孤立地考察这些脑区的功能时会有许多不一致的发现。可见,后续研究应该更加注重从神经网络的角度对公平行为的神经基础进行探讨,而不是对单个脑区的活动进行解释。采用fMRI技术,结合脑功能连接的分析方法,为这一研究思路的实现提供了可能性。心理生理交互(psychophysiological interaction, PPI)分析允许研究者衡量任务是如何调控一个脑区对另一脑区的影响^[91]。但PPI分析不能确定脑区之间活动的因果关系,即效应连接。动态因果模型(dynamic causal modeling, DCM)是一种衡量脑区之间的效应连接的新方法,它可以同时确定实验刺激输入至脑网络的关键脑区,网络中脑区之间的因果关系,以及任务对脑区之间的效应连接的调节作用^[92]。研究者可以借助这些技术对公平相关的多个脑区间的联系,以及它们与个体公平行为之间的关系进行更加深入的考察。

5.2 影响因素方面

人们社会决策中的行为在很大程度上受公平动机的驱动。采用UG博弈范式,已经证实即使会牺牲自身的利益,人们也要惩罚他人的不公平行为。然而,实证研究表明个体的公平感知不仅仅决定于自我-他人的收益差异^[7,93],还会受到各种情境因素的影响,比如,前文提到的分配额度、得失情境、得失框架、群体意见、社会地位和情绪等。此外,研究还发现公平感知还会受其他因素的调节。例如,UG中回应者的决策还会受到提议者个人特征的影响,比如外貌吸引力^[94]和面部表情^[95]。也有研究发现提议者和回应者之间的社会距离也会影响个体在UG中的行为表现。社会距离越大,个体对不公平的敏感性越低,对方案的接受率就越高^[96]。mini-UG范式中体现的提议者的意图也影响个体的公平感知^[11,97]。工作场合中,人们的决策行为会受到结果公平和程序公平的共同作用^[98]。然而,对于这些影响公平行为的其他因素的神经基础研究还很少,未来的研究可继续对此进行深入探索。此外,这些研究也提示将公平相关的决策行为置于特定的社会情境之下进行考察,可能有助于丰富现有的理论和发现,使研究者对个体执行与遵守公平准则所涉及的动机以及心理机制和神经基础有更为全面的理解。

5.3 临床应用方面

在过去50年间,尽管从业者在为临床精神疾病患者提供更好的治疗方式上取得了令人瞩目的成果,但对疾病的诊断和分类仍依据其临床表现。美国心理健康战略计划研究所曾提出,其目标是“为了研究的目的,基于可观察到的行为维度和神经生物学的方法,开发精神障碍分类的新方法”^[99]。此外,Sharp等^[100]也一直强调从业者需要改善精神障碍的治疗并发展新的疾病分类系统。他们还指出,通过建立起转化研究的桥梁,这两个目标都有可能实现。最后通牒博弈等博弈论的研究范式具有跨学科的性质及与多种研究方法相结合的独特优势,有可能担起这个角色。

此外,对于临床精神疾病患者来说,社会功能的缺陷是其显著、普遍的特征。这不仅对其生活质量有着深远影响^[101],并且可能成为评估其治疗和康复效果的关键因素^[102]。然而,以往的研究通常只关注于患者的核心临床症状及认知功能损害,忽视其社会功能低下。鉴于社会功能在个人社会生活中的重要性,对患者的治疗不能仅以主要临床症状为目标,还要注意到患者所经历的严重的认知和社会功能障碍。基于博弈论范式的社会决策行为是社会功能的重要表现。因此,运用博弈论的范式,研究精神疾患的社会决策特点和神经基础将为了了解患者的病理生理机制进而改善其社会功能提供新的视角。

5.4 公平感知的神经计算模型

随着对公平相关决策行为的深入研究,研究者提出用不同的理论模型解释人们的社会决策行为^[103]。一些研究者指出从社会预期的角度理解人们的决策行为,并进而发展出相应的神经计算模型解释人们的行为^[104,105]。人们在社会互动

中的预期可以反映具体情境和规范下大多数人的行为,并且人们可能会依据情境的不同产生不同的预期进而有不同的行为表现。2011年,Chang和Sanfey^[104]提出了基于预期的计算模型以期更好地解释人们的公平偏好行为。他们验证了UG中回应者对提议者分配行为的预期会影响其在任务中的行为表现,并且发现相较于均等模型,预期模型(expectation model)能更好地解释人们在UG社会博弈中的行为表现。影像结果也发现违背预期的方案会引起负责认知冲突的ACC的显著激活。Chang和Sanfey是在实验前建立被试的预期,而Xiang等^[105]则在实验中实时监控被试个人预期的变化并建立了贝叶斯观测器模型(Bayesian observer model)解释人们的行为,首先运用规则训练范式使两组被试分别对高或低公平水平的方案产生预适应和预期,随后在接下来的任务中转而呈现中等公平水平的方案。结果发现,偏离预期的转换使两组被试面对相同的方案却产生了显著的拒绝率差异。研究者通过建立贝叶斯观测器模型发现人们的预测偏差与腹侧纹状体和前脑岛有关。上述研究表明,不管是在实验前建立被试的预期还是在实验中实时监控被试个人预期的变化,从社会预期的角度均能更好地解释回应者在UG中的行为表现。然而,社会预期能否解释各影响因素条件下人们的公平相关决策行为仍有待进行验证。同时,各种模型的出现也反映了个体社会行为客观上的复杂性。未来研究需要探索神经计算模型与其他理论模型的关系,以期更为准确全面地描述和解释人们的社会行为。

5.5 国内进行相关研究的实验室简介

目前,国内越来越多研究者开始关注公平相关领域的社会决策行为研究。除了中国科学院心理研究所的行为决策课题组,其他研究者结合自己的背景和专长从不同的角度探索了与公平有关的社会行为,丰富和拓展了该领域的研究。比较有代表性的研究者有北京大学神经经济学实验室,致力于决策、社会性决策和社会认知神经基础的研究,在公平方面,主要关注于情境、认知、情绪等因素对公平偏好的调节机制;中国科学院心理研究所朱莉琪研究组,主要研究领域为认知发展与适应行为,其主要关注儿童公平决策行为的发展;深圳大学罗跃嘉和中国科学院心理研究所的古若雷研究组,主要合作探讨高、低焦虑特质人群在最后通牒博弈中的公平行为特征;华东师范大学郭秀艳研究组,主要关注于影响公平行为的重要因素及其神经基础,比如得失情境、个人贡献及参照点等;天津师范大学白学军研究组,主要采用皮肤电这一心理生理实验法,探讨情绪唤醒、情绪抑制等情绪因素对最后通牒博弈中回应者的决策行为和生理唤醒的影响。

参考文献(References)

- [1] Falk A, Fehr E, Fischbacher U. On the nature of fair behavior[J]. *Economic Inquiry*, 2003, 41(1): 20-26.
- [2] Sutter M. Outcomes versus intentions: On the nature of fair behavior and its development with age[J]. *Journal of Economic Psychology*, 2007, 28(1): 69-78.

- [3] Coleman J S. Foundations of social theory[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994.
- [4] 梁竹苑, 周媛, 饶俐琳, 等. 神经经济学:探索人类决策行为的神经基础[N]. 中国社会科学报. 2010-07-29.
Liang Zhuyuan, Zhou Yuan, Rao Lilin, et al. Neuroeconomics: Exploring the neural basis of human decision making[N]. Chinese Social Sciences Today, 2010-07-29.
- [5] 刘长江, 李纾. 神经经济学: 迈向脑科学的决策科学[J]. 心理科学, 2007, 30(2): 482-484.
Liu Changjiang, Li Shu. Neuroeconomics: Decision science for brain science[J]. Psychological Science, 2007, 30(2): 482-484.
- [6] Güth W, Schmittberger R, Schwarze B. An experimental analysis of ultimatum bargaining[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 1982, 3(4): 367-388.
- [7] Camerer C. Behavioral game theory: Experiments in strategic interaction [M]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.
- [8] Glimcher P, Camerer C, Fehr E, et al. Decision Making and the Brain [M]. London: Academic Press, 2008.
- [9] Brandts J, Solà C. Reference points and negative reciprocity in simple sequential games[J]. Games and Economic Behavior, 2001, 36(2): 138-157.
- [10] Güth W, Huck S, Müller W. The relevance of equal splits in ultimatum games[J]. Games and Economic Behavior, 2001, 37(1): 161-169.
- [11] Radke S, Güroglu B, de Bruijn E R. There's something about a fair split: intentionality moderates context-based fairness considerations in social decision-making[J]. PloS One, 2012, 7(2): e31491.
- [12] Grosskopf B. Reinforcement and directional learning in the ultimatum game with responder competition[J]. Experimental Economics, 2003, 6 (2): 141-158.
- [13] Cason T N, Mui V L. Social influence in the sequential dictator game [J]. Journal of Mathematical Psychology, 1998, 42(2): 248-265.
- [14] Weiland S, Hewig J, Hecht H, et al. Neural correlates of fair behavior in interpersonal bargaining[J]. Social Neuroscience, 2012, 7(5): 537-551.
- [15] Zheng H, Zhu L. Neural mechanism of proposer's decision-making in the ultimatum and dictator games[J]. Neural Regeneration Research, 2013, 8(4): 357.
- [16] Kraut M A, Pitcock J A, Calhoun V, et al. Neuroanatomic organization of sound memory in humans[J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2006, 18(11): 1877-1888.
- [17] Güroglu B, Will G J, Crone E A. Neural correlates of advantageous and disadvantageous inequity in sharing decisions[J]. PloS One, 2014, 9(9): e107996.
- [18] Yu R, Calder A J, Mobbs D. Overlapping and distinct representations of advantageous and disadvantageous inequality[J]. Human Brain Mapping, 2014, 35(7): 3290-3301.
- [19] Sanfey A G, Rilling J K, Aronson J A, et al. The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game[J]. Science, 2003, 300(5626): 1755-1758.
- [20] Gabay A S, Radua J, Kempton M J, et al. The Ultimatum Game and the brain: A meta-analysis of neuroimaging studies[J]. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2014, 47: 549-558.
- [21] Feng C, Luo Y J, Krueger F. Neural signatures of fairness-related normative decision making in the ultimate game: A coordinate-based meta-analysis[J]. Human Brain Mapping, 2014, 36(2): 591-602.
- [22] Tabibnia G, Satpute A B, Lieberman M D. The sunny side of fairness preference for fairness activates reward circuitry (and disregarding unfairness activates self-control circuitry)[J]. Psychological Science, 2008, 19(4): 339-347.
- [23] Buckholtz J W, Marois R. The roots of modern justice: cognitive and neural foundations of social norms and their enforcement[J]. Nature Neuroscience, 2012, 15(5): 655-661.
- [24] Straub P G, Murnighan J K. An experimental investigation of ultimatum games: Information, fairness, expectations, and lowest acceptable offers[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 1995, 27(3): 345-364.
- [25] Hoffman E, McCabe K A, Smith V L. On expectations and the monetary stakes in ultimatum games[J]. International Journal of Game Theory, 1996, 25(3): 289-301.
- [26] Slonim R, Roth A E. Learning in high stakes ultimatum games: An experiment in the Slovak Republic[J]. Econometrica, 1998, 66: 569-596.
- [27] Cameron L A. Raising the stakes in the ultimatum game: Experimental evidence from Indonesia[J]. Economic Inquiry, 1999, 37(1): 47-59.
- [28] Munier B, Zaharia C. High stakes and acceptance behavior in ultimatum bargaining[J]. Theory and Decision, 2002, 53(3): 187-207.
- [29] Bechler C. Choices in Two-Person Interactions: The effect of amount and social distance on offers in the dictator and ultimatum games[D]. St. Louis: Washington University, 2013.
- [30] Carpenter J, Verhoogen E, Burks S. The effect of stakes in distribution experiments[J]. Economics Letters, 2005, 86(3): 393-398.
- [31] Zhou Y, Wang Y, Rao L L, et al. Money talks: Neural substrate of modulation of fairness by monetary incentives[J]. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 2014, 8: 150.
- [32] Buchan N, Croson R, Johnson E, et al. Gain and loss ultimatum[J]. Advances in Applied Microeconomics, 2005, 13: 1-23.
- [33] Zhou X, Wu Y. Sharing losses and sharing gains: increased demand for fairness under adversity[J]. Journal of Experimental Social Psychology, 2011, 47(3): 582-588.
- [34] Wu Y, Yu H, Shen B, et al. Neural basis of increased costly norm enforcement under adversity[J]. Social Cognitive and Affective Neuroscience, 2014, 9(12): 1862-1871.
- [35] Guo X, Zheng L, Zhu L, et al. Increased neural responses to unfairness in a loss context[J]. Neuroimage, 2013, 77: 246-253.
- [36] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1979, 47(2): 263-291.
- [37] Novemsky N, Kahneman D. The boundaries of loss aversion[J]. Journal of Marketing Research, 2005, 42(2): 119-128.
- [38] De Martino B, Kumaran D, Seymour B, et al. Frames, biases, and rational decision-making in the human brain[J]. Science, 2006, 313 (5787): 684-687.
- [39] 刘欢, 梁竹苑, 李纾. 行为经济学中的损失规避[J]. 心理科学进展, 2009, 17(4): 788-794.
Liu Huan, Liang Zhuyuan, Li Shu. Loss aversion in behavior economics[J]. Advances in Psychological Science, 2009, 17(4): 788-794.
- [40] 高利苹, 李纾, 时勘. 从对框架效应的分析看风险决策的神经基础 [J]. 心理科学进展, 2006, 14(6): 859-865.
Gao Liping, Li Shu, Shi Kan. A new look at framing effects: The neural basis of decision-making under risk[J]. Advances in Psychological Science, 2006, 14(6): 859-865.

- [41] 李纾, 房永青, 张迅捷. 再探框架对风险决策行为的影响[J]. 心理学报, 2000, 32(2): 229-234.
Li Shu, Fang Yongqing, Zhang Xunjie. What makes frames work?[J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2000, 32(2): 229-234.
- [42] Leliveld M C, van Dijk E, van Beest I. Initial ownership in bargaining: Introducing the giving, splitting, and taking ultimatum bargaining game[J]. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2008, 34: 1214-1225.
- [43] Sarlo M, Lotto L, Palomba D, et al. Framing the ultimatum game: Gender differences and autonomic responses[J]. *International Journal of Psychology*, 2013, 48(3): 263-271.
- [44] Tomasi B, Lotto L, Sarlo M, et al. Framing the ultimatum game: the contribution of simulation[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2013, 7: 337.
- [45] Wu Y, Hu J, van Dijk E, et al. Brain activity in fairness consideration during asset distribution: Does the initial ownership play a role?[J]. *PLoS One*, 2012, 7(6): e39627.
- [46] Cialdini R B, Goldstein N J. Social influence: Compliance and conformity [J]. *Annual Review of Psychology*, 2004, 55: 591-621.
- [47] Turner J C. Social influence[M]. Buckingham, England: Open University Press, 1991.
- [48] Wei Z, Zhao Z, Zheng Y. Neural mechanisms underlying social conformity in an ultimatum game[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2013, 7: 896.
- [49] Falk E B, Berkman E T, Mann T, et al. Predicting persuasion-induced behavior change from the brain[J]. *The Journal of Neuroscience*, 2010, 30(25): 8421-8424.
- [50] Vogeley K, May M, Ritzl A, et al. Neural correlates of first-person perspective as one constituent of human self-consciousness[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2004, 16(5): 817-827.
- [51] Zink C F, Tong Y, Chen Q, et al. Know your place: Neural processing of social hierarchy in humans[J]. *Neuron*, 2008, 58(2): 273-283.
- [52] Chiao J Y, Bordeaux A R, Ambady N. Mental representations of social status[J]. *Cognition*, 2004, 93(2): 49-57.
- [53] Hu J, Cao Y, Blue P R, et al. Low social status decreases the neural salience of unfairness[J]. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 2014, 8: 402.
- [54] Calder A J, Keane J, Manes F, et al. Impaired recognition and experience of disgust following brain injury[J]. *Nature Neuroscience*, 2000, 3(11): 1077-1078.
- [55] Damasio A R, Grabowski T J, Bechara A, et al. Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions[J]. *Nature Neuroscience*, 2000, 3(10): 1049-1056.
- [56] Hewig J, Kretschmer N, Trippe R H, et al. Why humans deviate from rational choice[J]. *Psychophysiology*, 2011, 48(4): 507-514.
- [57] Van't Wout M, Kahn R S, Sanfey A G, et al. Affective state and decision-making in the ultimatum game[J]. *Experimental Brain Research*, 2006, 169(4): 564-568.
- [58] 王芹, 白学军. 最后通牒博弈中回应者的情绪唤醒和决策行为研究[J]. 心理科学, 2010, 33(4): 844-847.
Wang Qin, Bai Xuejun. Emotional arousal and decision-making of respondents in the ultimatum game[J]. *Psychological Science*, 2010, 33(4): 844-847.
- [59] Yamagishi T, Horita Y, Takagishi H, et al. The private rejection of unfair offers and emotional commitment[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(28): 11520-11523.
- [60] Harlé K M, Sanfey A G. Incidental sadness biases social economic decisions in the Ultimatum Game[J]. *Emotion*, 2007, 7(4): 876.
- [61] Harlé K M, Chang L J, van't Wout M, et al. The neural mechanisms of affect infusion in social economic decision-making: A mediating role of the anterior insula[J]. *Neuroimage*, 2012, 61(1): 32-40.
- [62] Luo Y, Wu T, Broster L S, et al. The temporal course of the influence of anxiety on fairness considerations[J]. *Psychophysiology*, 2014, 51(9): 834-842.
- [63] Xiao E, Houser D. Emotion expression in human punishment behavior [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, 102(20): 7398-7401.
- [64] van't Wout M, Chang L J, Sanfey A G. The influence of emotion regulation on social interactive decision-making[J]. *Emotion*, 2010, 10(6): 815.
- [65] Grecucci A, Giorgetta C, van't Wout M, et al. Reappraising the ultimatum: An fMRI study of emotion regulation and decision making [J]. *Cerebral Cortex*, 2013, 23(2): 399-410.
- [66] Tversky A, Kahneman D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases[J]. *Science*, 1974, 185(4157): 1124-1131.
- [67] Sanfey A G. Social decision-making: insights from game theory and neuroscience[J]. *Science*, 2007, 318(5850): 598-602.
- [68] King-Casas B, Sharp C, Lomax-Bream L, et al. The rupture and repair of cooperation in borderline personality disorder[J]. *Science*, 2008, 321(5890): 806-810.
- [69] Meyer-Lindenberg A. Trust me on this[J]. *Science*, 2008, 321(5890): 778-780.
- [70] Hirschfeld R, Montgomery S A, Keller M B, et al. Social functioning in depression: A review[J]. *Journal of Clinical Psychiatry*, 2000, 61(4): 268-275.
- [71] Agay N, Kron S, Carmel Z, et al. Ultimatum bargaining behavior of people affected by schizophrenia[J]. *Psychiatry Research*, 2008, 157(1): 39-46.
- [72] Harlé K M, Allen J J, Sanfey A G. The impact of depression on social economic decision making[J]. *Journal of Abnormal Psychology*, 2010, 119(2): 440.
- [73] Destoop M, Schrijvers D, De Grave C, et al. Better to give than to take? Interactive social decision-making in severe major depressive disorder[J]. *Journal of Affective Disorders*, 2012, 137(1): 98-105.
- [74] Scheele D, Mihov Y, Schwederski O, et al. A negative emotional and economic judgment bias in major depression[J]. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 2013, 263(8): 675-683.
- [75] Wang Y, Zhou Y, Li S, et al. Impaired social decision making in patients with major depressive disorder[J]. *BMC Psychiatry*, 2014, 14(1): 18.
- [76] Gradin V, Pérez A, MacFarlane J, et al. Abnormal brain responses to social fairness in depression: an fMRI study using the Ultimatum Game[J]. *Psychological Medicine*, 2015, 45(6): 1241-1251.
- [77] Hare R D, Vertommen H. The Hare psychopathy checklist-revised [M]. New York, NY: Multi-Health Systems, 2003.
- [78] Blair R J R. Applying a cognitive neuroscience perspective to the disorder of psychopathy[J]. *Development and Psychopathology*, 2005, 17(03): 865-891.
- [79] Rilling J K, Glenn A L, Jaram M R, et al. Neural correlates of social cooperation and non-cooperation as a function of psychopathy[J]. *Biological Psychiatry*, 2007, 61(11): 1260-1271.
- [80] Ermer E, Kiehl K A. Psychopaths are impaired in social exchange and

- precautionary reasoning[J]. *Psychological Science*, 2010, 21(10): 1399-1405.
- [81] Osumi T, Ohira H. The positive side of psychopathy: Emotional detachment in psychopathy and rational decision-making in the ultimatum game[J]. *Personality and Individual Differences*, 2010, 49(5): 451-456.
- [82] Osumi T, Nakao T, Kasuya Y, et al. Amygdala dysfunction attenuates frustration-induced aggression in psychopathic individuals in a non-criminal population[J]. *Journal of Affective Disorders*, 2012, 142(1): 331-338.
- [83] Koenigs M, Kruepke M, Newman J P. Economic decision-making in psychopathy: A comparison with ventromedial prefrontal lesion patients [J]. *Neuropsychologia*, 2010, 48(7): 2198-2204.
- [84] Vieira J B, Almeida P R, Ferreira-Santos F, et al. Distinct neural activation patterns underlie economic decisions in high and low psychopathy scorers[J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2013: 93.
- [85] Crick N R, Dodge K A. A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment[J]. *Psychological Bulletin*, 1994, 115(1): 74.
- [86] Happé F, Frith U. Theory of mind and social impairment in children with conduct disorder[J]. *British Journal of Developmental Psychology*, 1996, 14(4): 385-398.
- [87] van den Bos W, Vahl P, Güroglu B, et al. Neural correlates of social decision-making in severely antisocial adolescents[J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2014, 9(12): 2059-2066.
- [88] van't Wout M, Kahn R S, Sanfey A G, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex affects strategic decision-making[J]. *Neuroreport*, 2005, 16(16): 1849-1852.
- [89] Knoch D, Pascual-Leone A, Meyer K, et al. Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex[J]. *Science*, 2006, 314(5800): 829-832.
- [90] Baumgartner T, Knoch D, Hotz P, et al. Dorsolateral and ventromedial prefrontal cortex orchestrate normative choice[J]. *Nature Neuroscience*, 2011, 14(11): 1468-1474.
- [91] Friston K, Buechel C, Fink G, et al. Psychophysiological and modulatory interactions in neuroimaging[J]. *Neuroimage*, 1997, 6(3): 218-229.
- [92] Friston K J, Harrison L, Penny W. Dynamic causal modelling[J]. *Neuroimage*, 2003, 19(4): 1273-1302.
- [93] Fehr E, Fischbacher U. The nature of human altruism[J]. *Nature*, 2003, 425(6960): 785-791.
- [94] Solnick S J, Schweitzer M E. The influence of physical attractiveness and gender on ultimatum game decisions[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1999, 79(3): 199-215.
- [95] Scharlemann J P, Eckel C C, Kacelnik A, et al. The value of a smile: Game theory with a human face[J]. *Journal of Economic Psychology*, 2001, 22(5): 617-640.
- [96] Kim H, Schnall S, Yi D J, et al. Social distance decreases responders' sensitivity to fairness in the ultimatum game[J]. *Judgment and Decision Making*, 2013, 8(5): 632-638.
- [97] Wright N D, Symmonds M, Fleming S M, et al. Neural segregation of objective and contextual aspects of fairness[J]. *The Journal of Neuroscience*, 2011, 31(14): 5244-5252.
- [98] Bianchi E C, Brockner J, van den Bos K, et al. Trust in decision-making authorities dictates the form of the interactive relationship between outcome fairness and procedural fairness[J]. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2015, 41(1): 19-34.
- [99] National Institute of Mental Health. The National Institute of Mental Health strategic plan[M]. Bethesda, Maryland: The National Institute of Mental Health, 2008.
- [100] Sharp C, Monterosso J, Montague P R. Neuroeconomics: a bridge for translational research[J]. *Biological Psychiatry*, 2012, 72(2): 87-92.
- [101] Cusi A M, Nazarov A, Holshausen K, et al. Systematic review of the neural basis of social cognition in patients with mood disorders[J]. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 2012, 37(3): 154.
- [102] Lam R W, Filteau M J, Milev R. Clinical effectiveness: the importance of psychosocial functioning outcomes[J]. *Journal of Affective Disorders*, 2011, 132: 9-13.
- [103] 罗艺, 封春亮, 古若雷, 等. 社会决策中的公平准则及其神经机制 [J]. *心理科学进展*, 2013, 21(2): 300-308.
Luo Yi, Feng Chunliang, Gu Ruolei, et al. The fairness norm in social decision-making: Behavioral and neuroscience studies [J]. *Advances in Psychological Science*, 2013, 21(2): 300-308.
- [104] Chang L J, Sanfey A G. Great expectations: neural computations underlying the use of social norms in decision-making[J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2013, 8(3): 277-284.
- [105] Xiang T, Lohrenz T, Montague P R. Computational substrates of norms and their violations during social exchange[J]. *The Journal of Neuroscience*, 2013, 33(3): 1099-1108.

(责任编辑 刘志远)

《科技导报》“研究论文”栏目征稿

“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信地址、关键词等信息。在线投稿:www.kjdb.org。