

• 研究构想(Conceptual Framework) •

模糊决策的认知神经机制*

张凤华^{1,2} 张玉婷¹ 向玲¹ 胡竹菁¹

(¹ 江西师范大学心理学院, 江西省心理与认知科学重点实验室, 南昌 330022)

(² 浙江省认知障碍评估技术研究重点实验室, 杭州 310015)

摘要 模糊决策是特殊、复杂的风险决策, 还是一种独立的决策类型, 是当前认知神经科学争论的热点问题。一系列的 fMRI 研究分别得出了不同结论, 但大多数证据支持模糊决策和风险决策之间存在分离, 模糊决策有其独特的决策机制; 模糊决策的认知神经机制也是一个亟待解决的问题。因此本研究拟应用事件相关电位技术、生物反馈技术和基因技术, 采用 IGT 和 GDT 任务范式, 通过网络成瘾人群和正常人群的对比研究, 去探索模糊决策和风险决策之间的分离; 应用事件相关电位技术和磁共振技术, 采用 IGT 范式和选瓶任务范式, 研究模糊决策的认知神经机制; 并从临床角度进一步验证上述结果。该项目的开展, 有助于拓展模糊决策的研究领域和视野, 对理解人类在模糊情境下的决策机制以及模糊决策和风险决策之间的关系, 具有重要的理论意义; 对临床上成瘾人群、脑损伤患者的认知诊断和治疗以及现实中企业和个人的决策, 具有重要的参考价值。

关键词 模糊决策; 风险决策; 认知神经科学; 爱荷华赌博任务; 元分析

分类号 B842; B849:C91

Knight (1921)把不确定性决策分成了两类: 风险决策和模糊决策(decision-making under ambiguity)。在诸如金钱赌博、俄罗斯轮盘赌(Russian roulette)游戏中, 人们能预知事件发生的确切概率, 这是风险决策; 而在诸如恐怖袭击、自然灾害等情境中, 人们很难预知事件发生的确切概率, 这是模糊决策。比如, 家人带孩子去接种疫苗, 不知道疫苗接种的预期结果以及每种结果发生的可能性; 学生择业, 也不知道选择某个职业之后发生的所有可能结果以及每种结果发生的可能性。突发事件情境下的决策则带有更强的模糊性。5·12汶川大地震, “三聚氰胺”污染事件, 在此类突发事件相关的决策中, 不管是企业还是个人, 都体会到突发事件带来的决策信息的模糊性。

近几十年来, 模糊决策成为国内外学者研究的热点问题, 然而由于不同学者采用的研究方法

不同, 导致此领域出现很多争议或不一致的结果。模糊决策往往都非常复杂, 在模糊情境下, 个体究竟如何进行决策? 只有我们确切了解了模糊决策的实际过程和更底层的机制, 我们才能采用一定的方法来预测和指导个体在模糊情境中的决策, 才能在临床上对决策障碍者进行相应的认知功能障碍训练, 改善其决策能力。模糊决策的研究, 在医疗、股票投资决策、投票选举、保险合同、博彩、购车、旅行计划、法律等行业都具有极其重要的应用价值。

1 文献综述

1.1 模糊决策的行为学研究

1.1.1 模糊决策的研究范式

张军伟、徐富明、刘腾飞、陈雪玲和蒋多(2009)综述了模糊决策的部分研究范式: 二阶概率分配范式、概率匹配范式、互补赌注范式。除此之外, 模糊决策常用的研究范式还有以下几种:

艾尔斯伯格选瓶任务(修改自 Ellsberg, 1961): 有两个瓶子, 每个瓶子里面都装有红、黑两种颜色的球, 球的总数是 100 个, 第一个瓶子里面有

收稿日期: 2014-03-31

* 国家自然科学基金项目(31360234)、江西省社会科学
研究“十二五”规划项目(13JY09)。

通讯作者: 张凤华, E-mail: zhangfh@jxnu.edu.cn

50 个红球和 50 个黑球, 第二个瓶子里面红球+黑球=100 个, 红球、黑球的比例未知。然后要求大家选择其中的一个瓶子下一个赌注, 并预测某种颜色的球会被抽到, 随后会在相应的瓶子里面抽球, 如果抽到相应颜色的球就会获得相应的赌注, 反之就失去相应的赌注。其中测量模糊决策倾向的指标主要有三类: 选择偏好、赌注大小和是否同意进行交易。选择偏好, 通过分析被试选择在哪个瓶子里面抽球研究被试的选择倾向。赌注大小, 要求被试对两个瓶子(即两类任务)下赌注, 通过分析被试在两类任务下下赌注的大小测试被试的选择倾向。交易任务, 是和禀赋效应相结合, 通过赋予被试一个赌博机会(如模糊选项的赌博机会), 看被试是否同意和风险选项的赌博机会交换, 或是否同意卖掉这次赌博的机会, 如果同意卖, 是请对方付钱还是付给对方钱等; 通过分析被试是否同意交换、请对方付钱还是付给对方钱等指标来研究被试的决策偏好。

IGT (Iowa gambling task) 任务: 该任务最初由 Bechara, Damasio, Tranel 和 Damasio (1997) 所设计, 通过模拟现实生活中的决策来评估人们在模糊情境中的决策。它有三个特点: (1) 有奖励(得钱); (2) 有惩罚(失钱); (3) 奖励与惩罚的发生是不确定的。在任务开始时, 玩家首先以贷款的方式得到有 2000 美元的资金, 游戏的规则是失最少赢最多。游戏中总共有 4 副牌——ABCD, 每副牌里面有 100 张卡片。每翻一张 A 牌或者 B 牌就会得到即时的较高的奖励(100 美元), 但是在某一特定的时间, 伴随着 A 牌或者 B 牌的是一个较大的损失, 从长远的计划来看, A 牌或者 B 牌会导致最终的损失, 是不利的劣势牌; 而每翻一张 C 牌或者 D 牌就会得到即时的较低的奖励(50 美元), 但是在某一特定的时间, 伴随着 C 牌或者 D 牌的是一个较小的损失, 从长远的计划来看, C 牌或者 D 牌会导致最终的赢利, 是有利的优势牌。游戏前被试对牌的数量, 奖励与惩罚的数量和出现的时间都不知道(整个规则是内隐的), 因此是一种模糊决策。主要通过计算有利牌(C 和 D)的选择次数减去不利牌(A 和 B)的选择次数所得到的不同分数, 来评估被试在 IGT 任务中的风险倾向。其次, 将 100 个 trial 分成 5 个 block, $(C1+D1) - (A1+B1)$, ..., $(C5+D5) - (A5+B5)$, 通过配对 t 检验, 分离随机与找到内隐规则之间的决策成绩(学习)。

封堵器(occlude)任务: Levy, Snell, Nelson, Rustichini 和 Glimcher (2010) 采用该范式研究模糊决策, 见图 1。一个瓶子, 部分被涂成红色, 部分被涂成蓝色, 中间有一个灰色的封堵器, 通过操纵封堵器大小来控制模糊程度的高低, 从而探索被试在模糊决策下的认知神经机制。

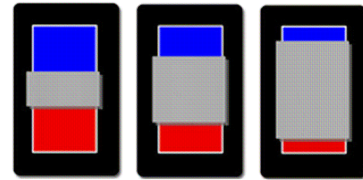


图1 封堵器范式(引自: Levy, et al., 2010)

1.1.2 模糊决策的影响因素

模糊决策受决策情境、决策者的人格特征、情绪状态、能力、性别、年龄等因素的影响。

Becker 和 Brownson (1964) 发现, 当已知的风险备择项下获得某种正性结果的概率非常小时, 人们偏好于模糊备择项。Einhorn 和 Hogarth (1986) 发现人们在面临损失时, 模糊厌恶偏好会出现反转。Roca, Hogarth 和 Maule (2006) 采用交易任务范式, 并把模糊决策与禀赋效应(endowment effect)相结合, 发现被试宁愿保留模糊的备择项, 也不拿被赋予的模糊备择项与风险备择项进行交易, 出现了决策偏向的反转。Samuelso 和 Zeckhauser (1988) 提出了保持现状偏向(the status quo bias)的概念, 保持现状偏向反映了人们的一种倾向, 看重自己当前所拥有的财产, 并且保留这些财产, 不会用其进行交易。Roca 等发现被试宁愿保留模糊的赌博任务, 可能就是保留现状偏向的结果。通过研究作为买者, 愿意付出的最大价格(willing to pay, WTP)和作为卖者, 愿意接受的最小价格(willing to accept, WTA), Roca 和 Maule (2009) 采用出价任务(要求被试给出 WTP 或者 WTA)和交易任务, 再次把模糊决策与禀赋效应结合起来进行研究, 结果也发现, 当模糊备择项变成自己的禀赋时, 在得(gain)和失(loss)的情境下, 在各种不同的概率条件下, 被试都不愿意拿已经成为自己禀赋的模糊备择项与相匹配的等价值风险备择项进行交易, 这也暗示了在这些条件下被试不愿意付出模糊保险金。Liu (2011) 发现任务格式会调节人们的模糊厌恶效应。与“拒绝”任务相比, “选

择”任务中的模糊备择项对被试更具有吸引力。Webber 和 Tan (2012)选取与艾尔斯伯格选瓶任务“同质异构”的“邮寄包裹”问题,发现在跨期选择中,存在模糊厌恶效应。

很多研究发现人格特征和情绪状态影响被试在 IGT 任务中的成绩,但研究结果存在很大的不一致(Crone & Ven der Molen, 2004; Bayard, Raffard, & Gely-Nargeot, 2011)。Crone 和 Ven der Molen (2004)发现,IGT 任务中“高水平感觉寻求/去抑制”儿童倾向于选择劣势牌;也有研究发现,IGT 任务中劣势牌的选择与高行为激活(BAS)和低行为抑制(BIS)相关(Bayard et al., 2011)。Pulford (2009)发现乐观主义人格特质会调节被试的模糊厌恶效应,对决策前景持乐观主义态度的被试容易模糊寻求。Bayard 等(2011)以健康人群为被试,研究了 IGT、GDT (Game of Dice Task)和冲动的四个特质(紧迫感、没有预谋、缺乏毅力和感觉寻求)之间的联系。控制年龄和性别的分层回归表明:感觉寻求、紧迫感和 GDT 的不利决策有关,但感觉寻求和 IGT 没有关系。被试自我报告的冲动特质与决策过程相关,并且风险决策和冲动特质的不同方面有不同联系。研究没有证实模糊决策受到冲动人格特质的影响;却发现风险决策在一定程度上受到冲动人格特质的预测。张凤华、杨清、胡竹菁、罗嗣明和张庆林(2012)发现,自尊水平会影响被试的决策偏好,自尊水平越低,越容易模糊寻求。Buelow 和 Suhr (2013)选取 91 名大学生完成冲动、感觉寻求、行为激活和抑制、情绪状态量表,并完成计算机版本的 IGT 任务,结果发现负性情绪、冲动、感觉寻求和 B 牌的选择呈正相关,和 D 牌的选择呈负相关。Heath 和 Tversky (1991)提出当人们感到有能力或者当对不确定的来源有足够认识时(能力效应, competence effect),模糊厌恶就不会发生。

Schubert, Brown, Gysler 和 Brachinger (1999)发现在投资领域,女性比男性更加厌恶模糊,而在保险领域不存在这种性别差异。Borghans, Duckworth, Heckman 和 Baster (2008)采用 Ellsberg 任务研究模糊厌恶和风险厌恶的性别差异,发现两者均存在性别差异;在实验初始阶段,男性比女性更加厌恶模糊,随着模糊程度的提高,两者对模糊选项的厌恶水平大致相同。Van den Bosa, Homberg 和 Vissera (2013)综述了 IGT 任务中存

在的性别差异,发现 IGT 任务下的决策成绩,男女存在性别差异。在标准的 IGT 范式下(100 个试次),从长远来看,男性会比女性选择更多的优势牌。在早期的试次(trial-block)下(模糊决策任务),男女之间的成绩不存在差异,在 60 个试次(trial)后(风险决策),男女之间的成绩出现了差异。

在模糊决策中,实现结果的概率未知,需要根据已有的经验进行推断,因此基于行动结果调整自己行为的能力对于适应性决策非常重要。一些发展性的研究表明,决策中的反馈监控能力随着年龄的增长而提高(Cassotti, Houdé, & Moutier, 2011; Huizenga, Crone, & Jansen, 2007; Duijvenvoorde, Jansen, Visser, & Huizenga, 2010)。Crone 和 Molen (2004)的研究发现 6~12 岁儿童倾向于选择劣势牌,13~17 岁的青少年开始转向选择优势牌,但做出优势选择的能力还是差于成年人。Lin, Chiu 和 Huang (2009)的研究发现在 IGT 任务下成年人也无法同时兼顾损失的频率和最终的结果。儿童和青少年在 IGT 任务中,不能做出有利选择的行为与前额叶损伤的病患相似。由此可见,“从长远观点来看”做出优势选择的能力,在青春期后期仍在发展。Aite 等(2012)以儿童、青少年和成年人为被试,探讨了模糊决策中,个体兼顾损失频率和最终结果的反馈监控能力的发展性变化,结果发现,儿童和青少年倾向于选择惩罚频率较低的选项,只有成年人能兼顾损失频率和最终的结果,做出优势选择。这些结果表明整合损失频率和最终结果做出优势选择的能力是随年龄发展的。Tymula 等(2012)为了调查青少年和成年人对待风险和模糊的态度,分别选取了 33 个青少年(12~17 岁)和 32 个成年人(30~50 岁),对比了他们在风险和模糊货币彩票选择任务中的偏好。结果发现青少年比成年人更厌恶风险,这与现实生活中青少年更冒险的行为相违背。研究者认为对模糊的高度容忍可以解释此现象;不是因为青少年倾向于选择冒险行为,而是当他们缺乏对事物的完整认识时,愿意去赌。青少年从事风险行为,不是因为他们是冒险者,而是因为他们对周围世界充满了好奇;青少年的冒险行为受模糊容忍性的驱使。

1.2 模糊决策的神经机制研究

模糊决策的神经机制研究多围绕“模糊决策和风险决策”是具有相同加工机制还是具有不同加工机制进行?认知神经科学的一些研究发现:

模糊决策与风险决策激活的脑区存在着一定重叠 (Brand, Fujiwar, Borsutzky, Kalbe, & Kessler, 2005; Brand, Labudda, & Markowitsch, 2006; Brand, Kalbe, Labudda, Fujiwara, Kessler, & Markowitsch, 2005; Brand, Grabenhorst, Starcke, Vandekerckhove, & Markowitsch, 2007; Fiorillo, Tobler, & Schultz, 2003; Levy et al., 2010); 也有一些研究发现: 模糊决策与风险决策相比, 激活了不同的脑区域 (Hsu, Bhatt, Adolphs, Tranel, & Camerer, 2005; Krain, Arbuckle, Wilson, Castellanos, & Milham, 2006; Huettel, Song, & McCarthy, 2005; Huettel, Stowe, Gordon, Warner, & Platt, 2006; Sinz, Zamarian, Benke, Wenning, & Delazer, 2008; Bechara et al., 1997; Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 2005; Bach, Hulme, Penny, & Dolan, 2011)。

Brand 等(2005, 2006, 2007)采用 IGT 和 GDT 任务对科萨科夫综合征(Korsakoff's syndrome)、帕金森病(Parkinson's disease, PD)、病理性赌博(pathological gamblers, PG)的病人所做的一系列研究发现, 不管是在模糊决策中还是在风险决策中, 前额皮层和额叶-纹状体环路(fronto-striatal loop)的一些结构都起到了很大的作用。从神经化学的角度上看, 多巴胺(dopamine)和血清素(serotonin)系统也对两种类型下的决策起到了调节作用 (Fiorillo et al., 2003)。Levy 等(2010)应用 fMRI 技术, 对比了模糊决策和风险决策下主观价值的神经表征, 结果发现两者都通过纹状体(striatum)和内侧前额叶皮质(the medial prefrontal cortex)来表征主观价值。Hsu 等通过 fMRI 的研究发现, 模糊选择和风险选择所激活的脑区域不相同。选择的模糊性与杏仁核(amygdale)、眶额叶皮质(orbitofrontal cortex, OFC)和背内侧前额叶皮层(dorsomedial prefrontal cortex, DMPFC)的激活成正相关, 而与纹状体系统的激活成负相关。杏仁核和眶额叶皮质表征了一种对不确定程度的“预警”(vigilance)评估系统, 而纹状体是与奖励预期相关的。额叶皮质纹状体区环路主要参与风险决策, 而在模糊决策中参与较少。采用 fMRI 技术, Huettel 等发现被试对模糊决策的偏好激活了外侧前额叶皮层, 而对风险决策的偏好激活了后顶叶皮质(the posterior parietal cortex)。

Krain 等(2006)应用最近发展起来的元分析技术, 检验了现有不确定决策领域的 fMRI 的一些

文献, 结果发现: 风险决策和模糊决策在前额叶、顶叶(frontal and parietal regions)、海马(thalamus)以及扣带回(caudate)区域的激活都有所提高。其中风险决策与眶额叶皮层、扣带回的喙侧(rostral portions of the ACC)和左半球顶叶区域(the inferior parietal lobe)的活动有关, 模糊决策与背外侧前额皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、尾部扣带回(caudal ACC)和右半球顶叶区域有关。统计分析表明: 风险决策和模糊决策在额叶区域的激活(OFC、DLPFC、ACC)有显著的差异, 这些发现为风险决策和模糊决策神经环路的分离提供了依据, 也反映了热情感与冷认知过程的不同参与。

Krain 基于 Zelazo 和 Muller 提出的执行功能理论模型(热执行功能依赖于情感输入, 与 OFC 有关; 冷执行功能涉及更多的是纯认知加工成分, 主要依赖于 DLPFC), 认为这些发现说明了以下三个问题: (1)风险决策是一种热认知过程(OFC 的激活), 涉及到有意义的奖赏、输赢的情绪/情感决策与推理; 模糊决策是一种冷认知过程, 少情感参与, 较少涉及风险与奖励。(2)风险决策与前扣带回的一些亚区域相关, 包括 BA (32)和 BA (8/9); 模糊决策激活了胼胝体扣带回的区域, 这个区域是与心理失调、情感混乱有关的(与 OFC 有一定的相关), 而风险决策中没有发现这个区域的激活, 此区域的激活说明了模糊决策可能也有情感成分的参与, 只不过与风险决策相比, 参与的成分要少。(3)顶叶的激活是与认知和感、知觉相关的, 顶叶皮层(尤其是 BA7)与注意过程相关, 此区域在风险决策和模糊决策任务中都有激活。风险决策任务中, 在左侧的下顶叶有大的激活; 模糊决策任务中, 在右侧的下顶叶有大的激活。这种分离反映了在风险决策任务中, 被试需要对数字进行评估和比较, 而在模糊决策任务中, 则不需要对数字进行外显的计算。

Li, Lu, D'Argembeau, Ng 和 Bechara (2010)采用 fMRI 技术研究了正常人完成 IGT 任务时的脑区激活情况, 结果发现激活的脑区域与躯体标记激活和决策假设所激活的神经环路是一致的。具体包括背外侧前额叶皮层(工作记忆)、脑岛和后扣带回(表征情感状态)、腹内侧前额叶皮层(连接前两个过程)、腹侧纹状体和前扣带回(执行行为决策)。

Bach 等(2011)研究了二阶概率的不确定性和模糊决策的认知神经机制, 发现二阶概率的不确

定性以偏悲观的方式影响人们的决策,与后扣带回皮层呈负相关;而模糊决策激活的区域是后顶叶皮层,反映了两者有不同的计算机制。二阶概率和模糊决策神经机制的不同,表明模糊的分类操作不是一个单纯的“二阶概率”的插入。

1.3 模糊决策的脑损伤研究

一些研究者采用 IGT 范式,选取一些临床患者——帕金森病、强迫症患者(obsessive-compulsive disorder, OCD)、癫痫患者(mesial temporal lobe epilepsy)、病理性赌博与正常人进行对比研究,发现模糊决策不同于风险决策(Frank et al., 2009; Starcke, Tuschen-Caffier, Markowitsch, & Brand, 2010; Delazer et al., 2009; Delazer et al., 2010; Brevers et al., 2012)。

Frank 等(2009)选取了 21 名采用多巴胺药物治疗的 PD 患者和 23 名健康被试,采用 IGT 和 GDT 任务,分析被试的决策特点。结果发现非痴呆性 PD 患者在采用多巴胺能治疗的早期阶段风险决策功能受损,但模糊决策功能没有受损。Starcke 等(2010)选取 23 名 OCD 患者和 22 名健康被试,采用 IGT 和 GDT 任务对其进行对照研究。结果发现:OCD 患者在模糊决策任务中存在障碍,在风险决策任务中,处于正常水平。结果进一步强调了 OCD 患者眼窝前额皮质功能失调,背外侧前额皮层的完整功能,支持了模糊决策和风险决策是两个不同的决策过程。Delazer 等(2010)发现癫痫患者在反馈学习和模糊决策任务中存在障碍,在风险决策任务中能选择有利牌。Brevers 等(2012)选取 65 名赌博问题程度不同的被试和 35 名正常被试,检验了赌博问题的程度和模糊决策、风险决策之间的关系。结果发现:赌博问题比较严重的被试在模糊决策中成绩比较差。严孙宏、王海雷、马慧娟、汪凯和陈先文(2012)探讨了早期 PD 患者在概率不明确条件下的模糊决策能力是否受损,并分析该功能损害与其他认知功能的关系以及是否与基底节区病变有关。结果发现早期 PD 患者存在模糊决策障碍和执行功能障碍,两者间存在相关性。单纯基底节区脑梗死对模糊决策和执行功能无显著影响,PD 患者模糊决策障碍可能源于基底节以外脑区损害。

1.4 模糊决策的遗传学研究

国外一些研究发现基因因素能够解释人类风险行为的 20%,基因不仅影响健康人群的决策行

为,而且会影响决策障碍者(成瘾者、抑郁症等)的决策行为(Cesarini, Dawes, Johannesson, Lichtenstein, & Wallace, 2009; Jollant et al., 2007)。基因对模糊决策的影响是目前决策领域的新课题,整合以往研究,发现与模糊厌恶有关的基因主要包括:5-HTT 基因(serotonin transporter length polymorphic region, 5-HTTLPR)、色氨酸羟化酶-2 (tryptophan hydroxylase-2, TPH2)、多巴胺 D5 受体基因(DRD5)的 148 碱基对等位基因、雌激素受体 α 基因(ESR1)、雌激素受体 β 基因(ESR2) (Stoltenberg & Vandever, 2010; He et al., 2010; Da Rocha, Malloy-Diniz, Lage, & Corrêa, 2011; Chew, Ebstein, & Zhong, 2012; 蔡厚德, 张权, 蔡琦, 陈庆荣, 2012)。

为探明模糊决策和风险决策的遗传学基础,He 等人(2010)选取 572 名大学生,要求其完成 IGT 任务和损失厌恶任务(LAT),以检测 5-HTTLPR 多态性对两者的影响。实验过程中测试了被试的智力、记忆力,以控制基本认知能力对决策的影响。结果发现 5-HTTLPR 多态性在 IGT 和 LAT 任务下存在显著差异,携带短等位基因纯合子(S/S)的个体在 IGT 任务前 40 次测试中的成绩要差于携带长等位基因(L/L)纯合子的个体,且对男性的影响更明显。

Stoltenberg 和 Vandever (2010)选取 188 名健康被试,检测其体内 5-HTT 基因和色氨酸羟化酶-2 基因多态性对被试完成 IGT 的影响,发现 5-HTT 基因多态区的多态性会影响 IGT 任务中前 20 次的成绩,而不影响其后 80 次的成绩,说明 5-HTT 基因多态区的多态性仅影响模糊决策而不影响风险决策。

强迫症患者的一个重要特征是决策功能障碍,脑源性神经影响因子(BDNF)基因多态性与神经递质系统有重要联系,在情感决策中起到重要作用。基于此, Da Rocha 等(2011)采用 IGT 任务探讨了强迫症患者模糊决策功能障碍与脑源性神经影响因子(BDNF)基因多态性(Val66Met)的关系,结果发现 Met allele 携带者在 IGT 任务中的成绩比较差,回归分析结果表明 Met allele 仅影响 IGT 任务中前半部分的成绩,即与模糊决策相关。

Chew 等(2012)采用 325 名被试,应用 Ellsberg (1961)抽球任务范式,从行为遗传学角度对模糊厌恶和熟悉偏向进行了研究;行为结果发现,虽然红球和黑球比例不确定的瓶子给出的回报更多,

仍有 49.4% 的被试倾向于选择从红球和黑球比例确定的瓶子里面抽球,表现出模糊厌恶。遗传学结果发现,在女性被试上发现多巴胺 D5 受体基因、雌激素受体基因与模糊厌恶有关。

2 问题提出

整合以往文献,发现研究者多从心理、认知以及生理层面去探索模糊决策的深层次机制,虽然初步揭示了模糊决策的部分机制,但仍存在很多问题和争议,需要进一步系统的探讨。

2.1 以往研究存在的问题和争议

第一,模糊决策是一种独立的决策类型吗?部分研究通过临床患者(科萨科夫综合症、帕金森氏患者、强迫症患者、癫痫病人、病理性赌博者)与正常被试的对照研究,发现模糊决策不同于风险决策。部分研究采用 fMRI 以及 PET 技术,围绕两者激活的脑区域是否相同或者激活了相同的脑区域但激活程度不同,来判断模糊决策和风险决策的关系,结果出现很多不一致的结论。遗传学的一些研究也发现两者是不同的。

第二,通过查阅文献以及预实验,我们认为模糊决策是一种独立的决策模型。因此,深入探讨模糊决策的认知神经机制问题就非常必要。而模糊决策脑机制的研究多采用 fMRI (高空间分辨率)以及 PET 技术进行,研究者们也得出了不一致的结论,如与模糊决策相关的脑区域,究竟是眶额叶、腹内侧前额叶还是背外侧前额叶皮层,还是包含以上脑区域的一个神经环路。

2.2 存在问题和争议的原因

第一,研究方法存在缺陷。① IGT 任务主要用来诊断临床患者的认知功能障碍,为临床诊断、治疗提供参考。任务本身是风险决策与模糊决策的混合,在完成 IGT 任务过程中,被试经过试误、反馈学习逐渐习得了刺激-反应之间联系的一致性,模糊情境下的内隐规则外显化;而后是对内隐规则的具体应用,此时模糊决策转化为了风险决策。很多决策领域的研究者直接拿 IGT 任务研究模糊决策的认知神经机制、直接对照 IGT 任务和 GDT 任务下的结果来判断模糊决策和风险决策的关系,由此得出的结论是不合理的。有研究者意识到 IGT 任务与模糊决策的关系,在数据分析时,将 100 次选择分成 5 组,找出模糊决策和风险决策的分界线;但“划分成 5 组”的做法比

较概括,无法准确判断两者的分界点或准确分析被试的决策策略。在分析数据时,有研究者把实验的前 20 个 trial 作为模糊决策,有研究者则把实验的前 40 个 trial 作为模糊决策。② IGT 任务本身存在混淆变量——“输赢频率”,对于 IGT 功能的一般假设,已有不少学者提出批评(Fernie & Tunney, 2006; Chiu & Lin, 2007; Chiu et al., 2008)。以往研究在进行数据分析时,也没有考虑到输赢频率,将 $(C+D)-(A+B)$, 得到一个总分进行分析,忽略了“B 牌”的优势效应(输的频率低)。③ 原版 IGT 任务,在提供给被试反馈时,同时呈现输、赢的数额(如赢 100, 同时输 300),需要被试计算输、赢的结果,加重了记忆负荷。

第二,模糊决策的研究范式不统一,研究结论缺乏可比性。研究者分别采用艾尔斯伯格任务、IGT 任务、封堵器等任务来研究模糊决策,而每种任务所表述的模糊决策是不同的。如艾尔斯伯格任务,先要求被试选择瓶子(即模糊选项和风险选项),模糊或风险选项后获益-损失的概率随机呈现;IGT 任务下被试需要从四副牌中找到决策的规则,有内在的规律(优势牌、劣势牌、获益-损失的概率等);而封堵器任务则通过图形的方式呈现模糊的概率。

第三,模糊决策脑机制的研究多采用 fMRI (高空间分辨率)以及 PET 技术进行,鲜有研究者采用 ERP 技术(高时间分辨率)来研究模糊决策。

2.3 解决方案

针对以往研究存在的第一个缺陷,本研究从以下两个方面进行改变:①采用多种数据分析方法,更清晰的分离出模糊决策。首先,通过优势选项-劣势选项,得到一个总的评价,并对四副牌每副牌下的选择率进行单独分析;其次,将 100 次试验分成 10 组,对 10 个 block 下的 $(C+D)-(A+B)$ 进行分析,更精确的找到模糊决策和风险决策的分界点。②通过改变每副牌下面随机呈现的金钱数额大小,使输赢的概率匹配。③原版 IGT 任务,需要被试计算输、赢的结果;本研究直接呈现给被试最终的结果,减轻了记忆负荷,使被试更关注 IGT 范式的内在规则。针对以往研究存在的第二、三个缺陷,我们在一个课题中同时采用 Ellsberg 抽球任务、改版的 IGT 任务,将 ERP 和 fMRI 技术相结合,探索模糊决策的认知神经机制,看其是否存在任务的特异性。在 Ellsberg 抽球任

务中,抽到相应颜色球的概率是随机的,被试难以找到一个内在的规则,因此该任务下能提取出相对纯的“模糊成分”或相关的脑区域。改版的IGT任务,通过采用不同的数据分析方法,提取出与模糊决策相关的成分或脑区域。将两种不同任务范式下的结果整合,能够更全面的说明模糊决策的认知神经机制问题。

3 研究构想

基于上述内容,本研究拟从以下三个角度对其进行系统探讨。首先,验证模糊决策和风险决策的关系,证明模糊决策是一种独立的决策模型;接着探讨模糊决策的认知神经机制;最后采用特定的脑损伤患者(与模糊决策相关的脑区域损伤),进一步验证模糊决策的认知神经机制。

3.1 模糊决策是一种独立的决策类型吗?(模糊决策和风险决策的分离实验)

模糊决策是否是一种不同于风险决策的独立决策,目前存在很多争议。就如同前面的分析可见,争议可能是源自原来使用的IGT任务不纯,因此,我们使用前述改版的IGT任务,试图抽离出比较纯粹的模糊决策加工过程,再在此基础上将它和风险决策比较,探索其是否一种不同于风险决策的独立决策类型。

为了探索这一问题,我们采用典型的分离方法:设置两组被试(网络成瘾组和正常控制组),使用两个任务(模糊决策任务和风险决策任务)。如果两者是不同,那么网络成瘾组可能会表现出选择性的模糊决策的损害。之所以选择网络成瘾被试,是因为:1999年,Young根据病理赌博(pathological gambling, PG)的症状演绎,将网络成瘾归属于强迫控制障碍(郑希付,2008),网络成瘾的症状类似病态赌博。张传柱(2010)发现网络成瘾者抑制优势反应的能力受到了损伤;梁三才和游旭群(2010)发现网络成瘾者风险决策能力与对照组无差异,但他们不确定情景下决策能力明显低于对照组;网络成瘾者决策中学习能力差于对照组。Brevers等(2012)发现,病理性赌博者存在着模糊决策功能障碍,模糊决策与执行功能有关。那么网络成瘾者是否也存在着模糊决策功能障碍?而网络成瘾和模糊决策之间的直接研究,鲜有研究者做过。

根据关注的因变量和分析方法的不同,研究一具体设置以下3个实验:实验1应用ERP技术

(并对被试进行神经心理测试),关注两者的脑电成分以及潜伏期、峰值的分离。在ERP研究中,与模糊决策和风险决策相关的脑电成分不同或者成分相同,但两者的潜伏期、峰值存在差异,则证明两者之间存在分离;同时神经心理测试成绩与模糊决策和风险决策之间有无相关、相关的类型、相关的程度等,都可用来验证两者之间的关系。实验2应用生物反馈技术,关注模糊决策和风险决策下提供奖励或惩罚反馈后所产生的SCR的分离。实验3应用基因技术,关注被试体内多巴胺D5受体基因上的分离(与网络成瘾有关的基因),根据“遗传学研究”部分的综述,模糊决策与多巴胺D5受体基因有关,且存在性别差异。

实验1以网络成瘾者和正常人为被试,采用改版的IGT任务和GDT任务,通过E-prime进行编程,并对被试进行抑制控制(威斯康辛卡片分类测验)、工作记忆(verbal storage and dual tasking)、反馈学习测试(a decision-making task, Starcke et al., 2010),探索网络成瘾者是否存在认知功能障碍,通过分析网络成瘾者在IGT和GDT任务中的成绩以及两者与抑制控制、工作记忆和反馈学习之间的相关,判断模糊决策和风险决策之间的关系及其认知机制。研究假设:网络成瘾者存在决策功能障碍;因网络成瘾症状类似于病理性赌博,而赌博患者在模糊决策中的成绩较差,故网络成瘾者在IGT任务(较差)和GDT任务上的成绩(正常)会出现分离;因网络成瘾者沉溺于网络,其抑制控制能力受损,故IGT任务会与抑制控制呈正相关,GDT任务会与反馈学习和工作记忆相关。支持模糊决策和风险决策存在分离。

实验2以网络成瘾者和正常人群为被试,采用改版的IGT任务和GDT任务,应用生物反馈技术,通过记录被试做出有利选择和不利选择之后的皮肤电反应和心率,从情绪情感的角度检查模糊决策和风险决策之间是否存在分离,并进一步检验躯体标记假说。研究假设:网络成瘾者与正常人都能对选牌后的奖励或惩罚反馈做出SCR;但正常人会逐步出现预期性的SCR(做出选择后即出现)。网络成瘾者在IGT任务中出现的SCR要少于GDT任务。

实验3以网络成瘾者和正常人群为被试,采用改版的IGT和GDT任务,控制性别差异,应用基因技术,通过检测被试体内多巴胺D5受体

基因对 IGT 和 GDT 的影响,研究模糊决策和风险决策之间是否存在分离以及模糊决策的遗传根源。研究假设:模糊决策与多巴胺 D5 受体基因有关,且存在性别差异。

3.2 模糊决策的认知神经机制研究

模糊决策脑机制的研究多采用 fMRI (高空间分辨率)以及 PET 技术进行,鲜有研究者采用 ERP 技术(高时间分辨率)来研究模糊决策。研究者所采用的模糊决策的研究范式也不统一,研究结论缺乏可比性。

基于此,将 fMRI 技术和 ERP 技术相结合,在一个课题中同时采用 Ellsberg 抽球任务(能提取出相对纯的“模糊成分”)、改版的 IGT 任务(新的数据处理方法),将两种不同任务范式下的结果整合,以期更好的说明模糊决策的认知神经机制问题。

实验 4 以大学生为被试,采用 Ellsberg 抽球任务,应用 ERP 技术,通过操纵“获得和损失金钱数额的大小”和“模糊程度的高低”来探讨个体在“高、低模糊程度”、“大、小不同数额”条件下,对待模糊决策的态度以及模糊决策的认知神经机制。研究假设:预期在 P3、FRN 等脑电成分(沈翔宇,2011)上出现差异。因模糊决策需要付出更多的认知努力,故要比风险决策诱发更大的脑电成分。风险决策与确定决策相减得到的差异波与模糊决策与确定决策相减得到的差异波存在差异。

实验 5 在实验 4 的基础上,应用 fMRI 技术,采用全脑分析法,考察不同数额、不同模糊程度的模糊决策的脑区激活情况。通过分析脑区激活情况,考察模糊决策有哪些认知成分参与。研究假设:模糊决策会激活前额皮层(与决策有关)、眶额叶皮层(模糊程度预警)、杏仁核(模糊程度诱发情绪反应)等区域。模糊程度的表征方式不同,诱发的模糊程度也会不同,会影响被试对模糊程度的评估,在脑区激活程度上会有所体现。

实验 6 以大学生为被试,采用改版的 IGT 范式,应用 fMRI 技术,对被试完成 IGT 任务的整个过程进行扫描,与实验 5 的数据进行对照,采用新的数据处理方法,与以往的研究结果进行对照。

3.3 脑损伤患者的验证性研究

研究二采用 ERP 技术和 fMRI 技术探讨与模糊决策有关的脑机制,根据研究二得出的结果,研究三选取特定的脑损伤患者(与模糊决策有关的脑区域),进一步验证研究二所得结果的可靠性。

实验 7 选取临床上脑损伤患者(如眶额叶、腹内侧前额叶、背外侧前额叶皮层等区域受损,结合研究二结果),具体受损区域以及受损时间的控制,会结合江西省人民医院的病患情况进行处理。应用 fMRI 技术或 EEG 技术,采用改版的 IGT 任务范式、Ellsberg 抽球任务,研究被试的模糊决策特点,并将研究二和本研究的结果相对照,进一步验证模糊决策的认知神经机制。

4 小结

模糊决策是否是一种独立的决策类型?针对这个问题,本研究应用事件相关电位技术、生物反馈技术和基因技术,采用 IGT 和 GDT 任务范式,通过网络成瘾人群和正常人群的对比研究,去证明模糊决策是一种独立的决策模型。既然模糊决策是一种独立的决策模型,那么其背后的认知神经机制又是怎样的?针对这个问题,应用事件相关电位技术和磁共振技术,采用 IGT 范式和艾尔斯伯格选瓶任务范式,研究模糊决策的认知神经机制;并选取特殊脑损伤患者进一步验证模糊决策的认知神经机制。

总之,本项目采用多项技术:生物反馈技术、ERP 技术、fMRI 技术、基因技术,围绕模糊决策领域存在的一些问题,对其进行系统的研究,进一步拓宽了模糊决策的研究领域,能为临床上决策障碍者的认知诊断提供更多理论参考。该项目的开展,对理解人类在模糊情境下的决策机制以及模糊决策和风险决策之间的关系,具有重要的理论意义;对临床上成瘾人群、脑损伤患者的认知诊断和治疗以及现实中企业和个人的决策,具有重要的参考价值。

致谢:衷心感谢匿名审稿专家所提出的宝贵意见,同时感谢蒋军对本文英文摘要提供的指导。

参考文献

- 蔡厚德,张权,蔡琦,陈庆荣. (2012). 爱荷华博弈任务 (IGT)与决策的认知神经机制. *心理科学进展*, 20(9), 1401-1410.
- 梁三才,游旭群. (2010). 网络成瘾者情感决策能力的对照研究. *中国临床心理学杂志*, 18(5), 597-599.
- 严孙宏,王海雷,马慧娟,汪凯,陈先文. (2012). 早期帕金森病的模糊决策功能障碍. *中国神经精神疾病杂志*,

- 38(5), 271–275.
- 沈翔宇. (2011). 不确定决策的两阶段特征研究—基于决策神经科学视角 (硕士学位论文). 浙江大学.
- 张传柱. (2010). 网络成瘾者抑制能力的对照研究. *中国健康心理学杂志*, 18(6), 652–653.
- 张军伟, 徐富明, 刘腾飞, 陈雪玲, 蒋多. (2009). 行为决策中模糊规避研究的回顾与展望. *应用心理学*, 15(3), 245–250.
- 张凤华, 杨清, 胡竹菁, 罗嗣明, 张庆林. (2012). 自尊与模糊决策中的决策偏好. *心理行为与研究*, 10(6), 459–463.
- 郑希付. (2008). 认知干扰还是情绪干扰: 病理性网络使用大学生的内隐心理特点比较. *心理学报*, 40(8), 920–926.
- Aite, A., Cassotti, M., Rossi, S., Poirel, N., Lubin, A., Houdé, O., & Moutier, S. (2012). Is human decision making under ambiguity guided by loss frequency regardless of the costs? A developmental study using the Soochow Gambling Task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113, 286–294.
- Bach, D. R., Hulme, O., Penny, W. D., & Dolan, R. J. (2011). The known unknowns: Neural representation of Second-Order uncertainty, and ambiguity. *The Journal of Neuroscience*, 31(13), 4811–4820.
- Bayard, S., Raffard, S., & Gely-Nargeot, M. C. (2011). Do facets of self-reported impulsivity predict decision-making under ambiguity and risk? Evidence from a community sample. *Psychiatry Research*, 190, 322–326.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275, 1293–1295.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: Some questions and answers. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 159–162.
- Becker, S. W., & Brownson, F. O. (1964). What price ambiguity? On the role of ambiguity in decision-making. *Journal of Political Economy*, 72, 62–73.
- Borghans, L., Duckworth, A. L., Heckman, J. J., & Baster, W. (2008). The economics and psychology of personality traits. *Journal of Human Resources*, 43, 972–1059.
- Buelow, M. T., & Suhr, J. A. (2013). Personality characteristics and state mood influence individual deck selections on the Iowa Gambling Task. *Personality and Individual Differences*, 54, 593–597.
- Brand, M., Fujiwar, E., Borsutzky, S., Kalbe, E., & Kessler, J. (2005). Decision-Making deficits of korsakoff patients in a new gambling task with explicit rules: Associations with executive functions. *Neuropsychology*, 19, 267–277.
- Brand, M., Labudda K., & Markowitsch, H. J. (2006). Neuropsychological correlates of decision-making in ambiguous and risky situations. *Neural Networks*, 19, 1266–1276.
- Brand, M., Kalbe, E., Labudda, K., Fujiwara, E., Kessler, J., & Markowitsch, H. J. (2005). Decision-making impairments in patients with pathological gambling. *Psychiatry Research*, 133, 91–99.
- Brand, M., Grabenhorst, F., Starcke, K., Vandekerckhove, M. M. P., & Markowitsch, H. J. (2007). Role of the amygdala indecisions under ambiguity and decisions under risk: Evidence from patients with Urbach-Wiethe disease. *Neuropsychologia*, 45, 1305–1317.
- Brevers, D., Cleeremans, A., Goudriaan, A. E., Bechara, A., Kornreich, C., Verbanck, P., & Noël, X. (2012). Decision making under ambiguity but not under risk is related to problem gambling severity. *Psychiatry Research*, 200(2), 568–574.
- Cassotti, M., Houdé, O., & Moutier, S. (2011). Developmental changes of win–stay and loss–shift strategies in decision making. *Child Neuropsychology*, 17, 400–411.
- Cesarini, D., Dawes, C. T., Johannesson, M., Lichtenstein, P., & Wallace, B. (2009). Genetic variation in preferences for giving and risk taking. *Quarterly Journal of Economics*, 124, 809–842.
- Chew, S. H., Epstein, R. P., & Zhong, S. (2012). Ambiguity aversion and familiarity bias: Evidence from behavioral and gene association studies. *Journal of Risk and Uncertainty*, 44, 1–18.
- Chiu, Y. C., & Lin, C. H. (2007). Is deck C an advantageous deck in the Iowa gambling task? *Behavioral and Brain Functions*, 3, 37.
- Chiu, Y. C., Lin, C. H., Huang, J. T., Lin, S., Lee, P. L., & Hsieh, J. C. (2008). Immediate gain is long-term loss: Are there foresighted decision makers in the Iowa gambling task? *Behavioral and Brain Functions*, 4, 13.
- Crone, E. A., & Van der Molen, M. W. (2004). Developmental changes in real-life decision-making: Performance on a gambling task previously shown to depend on the ventromedial prefrontal cortex. *Developmental Neuropsychology*, 25(3), 251–279.
- Da Rocha, F. F., Malloy-Diniz, L., Lage, N. V., & Corrêa, H. (2011). The relationship between the Met allele of the BDNF Val66Met polymorphism and impairments in decision making under ambiguity in patients with obsessive-compulsive disorder. *Genes, Brain and Behavior*, 10, 523–529.
- Delazer, M., Sinz, H., Zamarian, L., Stockner, H., Seppi, K., Wenning, G. K., ... Poewe, W. (2009). Decision making under risk and under ambiguity in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 47, 1901–1908.
- Delazer, M., Zamarian, L., Bonattia, E., Kuchukhidze, G., Koppelstatter, F., Bodner, T., ... Trinka, E. (2010). Decision making under ambiguity and under risk in mesial temporal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 48, 194–200.
- Einhorn, H. J., & Hogarth, R. M. (1985). Ambiguity and

- uncertainty in probabilistic inference. *Psychological Review*, 92, 433–461.
- Ellsberg, D. (1961). Risk, ambiguity, and the savage axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 75, 643–669.
- Fernie, G., & Tunney, R. J. (2006). Some decks are better than others: The effect of reinforcer type and task instructions on learning in the Iowa Gambling Task. *Brain and Cognition*, 60, 94–102.
- Fiorillo, C. D., Tobler, P. N., & Schultz, W. (2003). Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science*, 299, 1898–1902.
- Frank, E., Florian, S., Ralf, S., Wolfram, B., Lars, T., Barbe, M. T., ... Kalbe, E. (2009). Dissociation of decision-making under ambiguity and decision-making under risk in patients with Parkinson's disease: A neuropsychological and psychophysiological study. *Neuropsychologia*, 47, 2882–2890.
- He, Q. H., Xue, G., Chen, C. S., Lu, Z. L., Dong, Q., Lei, X. M., ... Bechara, A. (2010). Serotonin transporter gene-linked polymorphic region (5-HTTLPR) influences decision making under ambiguity and risk in a large Chinese sample. *Neuropharmacology*, 59, 518–26.
- Heath, C., & Tversky, A. (1991). Preference and belief: ambiguity and competence in choice under uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 4, 5–28.
- Hsu, M., Bhatt, M., Adolphs, R., Tranel, D., & Camerer, C. F. (2005). Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making. *Science*, 310, 1680–1683.
- Huettel, S. A., Song, A. W., & McCarthy, G. (2005). Decisions under uncertainty: Probabilistic context influences activation of prefrontal and parietal cortices. *Journal of Neuroscience*, 25, 3304–3311.
- Huettel, S. A., Stowe, C. J., Gordon, E. M., Warner, B. T., & Platt, M. L. (2006). Neural signatures of economic preferences for risk and ambiguity. *Neuron*, 49, 765–775.
- Huizenga, H. M., Crone, E. A., & Jansen, B. J. (2007). Decision-making in healthy children, adolescents, and adults explained by the use of increasingly complex proportional reasoning rules. *Developmental Science*, 10, 814–825.
- Jollant, F., Buresi, C., Guillaume, S., Jaussent, I., Bellivier, F., Leboyer, M., ... Courtet, P. (2007). The influence of four serotonin-related genes on decision-making in suicide attempters. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, 144B (5), 615–624.
- Krain, A. L., Arbuckle, R., Wilson, A. M., Castellanos, F. X., & Milham, M. P. (2006). Distinct neural mechanisms of risk and ambiguity: A meta-analysis of decision-making. *NeuroImage*, 32, 477–484.
- Knight, F. H. (1921). *Risky, uncertainty, and Profit*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Levy, I., Snell, J., Nelson, A. J., Rustichini, A., & Glimcher, P. W. (2010). Neural representation of subjective value under risk and ambiguity. *Journal of Neurophysiology*, 103, 1036–1047.
- Li, X. R., Lu, Z. L., D'Armenteau, A., Ng, M., & Bechara, A. (2010). The Iowa Gambling Task in fMRI images. *Human Brain Mapping*, 31, 410–423.
- Lin, C.-H., Chiu, Y.-C., & Huang, J.-T. (2009). Gain-loss frequency and final outcome in the Soochow Gambling Task: A reassessment. *Behavioral and Brain Functions*, 5, 45.
- Liu, H. H. (2011). Task formats and ambiguity aversion. *Journal of Behavioral Decision Making*, 24, 315–330.
- Pulford, B. D. (2009). Is luck on my side? Optimism, pessimism, and ambiguity aversion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(6), 1079–1087.
- Roca, M., Hogarth, R. M., & Maule, A. J. (2006). Ambiguity seeking as a result of the status quo bias. *Journal of Risk and Uncertainty*, 32(3), 175–194.
- Roca, M., & Maule, A. J. (2009). The effect of endowment on the demand for probabilistic information. *Organization Behavior and Human Decision Process*, 109, 56–66.
- Samuelso, W., & Zeckhauser, R. (1988). Status-quo bias in decision-making. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1, 7–59.
- Schubert, R., Brown, M., Gysler, M., & Brachinger, H. W. (1999). Financial Decision-Making: Are Women Really More Risk-Averse? *American Economic Review (Papers and Proceedings)* 89 (2), 381–385.
- Sinz, H., Zamarian, L., Benke, T., Wenning, G. K., & Delazer, M. (2008). Impact of ambiguity and risk on decision making in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 46, 2043–2055.
- Starcke, K., Tuschen-Caffier, B., Markowitsch, H. J., & Brand, M. (2010). Dissociation of decisions in ambiguous and risky situations in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research*, 175, 114–120.
- Stoltenberg, S. F., & Vandever, J. M. (2010). Gender moderates the association between 5-HTTLPR and decision-making under ambiguity but not under risk. *Neuropharmacology*, 58, 423–428.
- Tymula, A., Belmaker, L. A. R., Roy, A. K., Ruderman, L., Manson, K., Glimcher, P. W., & Levy, I. (2012). Adolescents' risk-taking behavior is driven by tolerance to ambiguity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(42), 17135–17140.
- Van den Bosa, R., Homberg, J., & Vissera, L. D. (2013). A critical review of sex differences in decision-making tasks: Focus on the Iowa Gambling Task. *Behavioural Brain Research*, 238, 95–108.
- Van Duijvenvoorde, A. C. K., Jansen, B. R. J., Visser, I., & Huizenga, H. M. (2010). Affective and cognitive decision-making in adolescents. *Developmental Neuropsychology*,

- 35, 539–554.
- Weber, B. J., & Tan, W. P. (2012). Ambiguity aversion in a delay analogue of the Ellsberg Paradox. *Judgment and Decision Making*, 7(4), 383–389.

The Cognitive and Neural Mechanism of Ambiguity Decision-making

ZHANG Fenghua; ZHANG Yuting; XIANG Ling; HU Zhujing

(School of Psychology, Key Laboratory of Psychology and Cognition Science of Jiangxi,
Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

(² Zhejiang Key Laboratory for Research in Assessment of Cognitive Impairments, Hangzhou 310015, China)

Abstract: So far, numerous studies have focused on the exploration of cognitive and neural mechanism of risk decision-making, but less attention have been paid to that of decision-making under ambiguity. In reality, however, the circumstances of decision-making what we faced are usually ambiguity. Moreover, it still does not reach an agreement on whether decision-making under ambiguity is a kind of special and complicated risk decision-making or a kind of independent decision-making. Hence, it is necessary to reveal the underlying cognitive and neural mechanisms of decision-making under ambiguity. To solve this problem, firstly, using modified IGT task and GDT task, and applying ERP, biofeedback and genetic measures, we will examine the dissociation of decision-making under ambiguity and risk decision-making among Internet addicts and normal populations; Secondly, by modified IGT task and urn drawing task, and employing ERP and fMRI techniques, we plan to investigate the cognitive and neural mechanism of decision-making under ambiguity; Finally, we will validate the above results from a developmental and clinical perspective. Overall, the findings will help to expand research areas of decision-making under ambiguity, and will provide important theoretical guidance to understand human beings' decision-making mechanism under ambiguous conditions and clarify the relationship between the decision-making under ambiguity and risk decision-making. At last, the findings have great theoretical and practical values on guiding cognitive diagnosis and therapy for clinical populations such as the addicts and the brain-impaired patients, and on giving insights to the enterprises and the individuals in real decision-making situations.

Key words: decision-making under ambiguity; risk decision-making; cognitive neuroscience; Iowa Gambling Task; meta analysis.