

• 研究前沿(Regular Articles) •

# 成瘾人群的决策障碍：研究范式与神经机制\*

严万森<sup>1,3</sup> 李 纾<sup>2</sup> 隋 南<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院心理健康重点实验室, 中国科学院心理研究所, 北京 100101)

(<sup>2</sup>中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101) (<sup>3</sup>中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要** 药物成瘾者和赌博成瘾者常常偏好即刻的奖赏而忽视将来的消极结果。在进行决策任务时, 他们倾向于做出不利的选择, 偏好短时的获益而不顾长期的损失, 这是一种决策障碍的表现。延迟折扣任务(DDT)、爱荷华赌博任务(IGT)和剑桥赌博任务(CGT)是研究决策障碍的三种常用方法和范式, 分别考察成瘾人群的冲动性决策、决策短视和决策时的冒险行为。近十几年来的研究表明, 前额叶皮层(PFC)在人类的决策活动中起重要作用。其中, 腹内侧前额叶(VMPFC)、眶额叶(OFC)、背外侧前额叶(DLPFC)等皮层的功能变化与成瘾人群的决策障碍有密切关系。

**关键词** 成瘾; 决策障碍; 延迟折扣; 赌博任务; 前额叶皮层

**分类号** B842:B845

## 1 引言

成瘾(addiction)在操作层面上可以被定义为“即使被明确要求做出另一种不同的选择, 个体仍然持续地做出非适应性的选择”(Redish, Jensen, & Johnson, 2008)。成瘾者在某种渴求药物或某种吸引行为面前, 常常需要做出“是”或“否”的抉择, 事实上他们面临的是一种行为决策。决策作为一种高级认知活动, 对人类的生存和适应有重要的意义。然而, 令人困惑的是, 成瘾者最后的选择通常都是那些会进一步导致消极后果的行为(继续用药或赌博)。于是, 一个重要的问题很自然地出现了——成瘾者在进行决策时有何特点? 进一步说, 他们的成瘾与其决策特点有何关系? 早期的一些研究初步发现, 药物成瘾者在进行决策实验任务时倾向于做出不利的选择, 偏好短时的获益而不顾长期的损失(Rogers, Everitt, Baldacchino,

Blackshaw, Swainson, Wynne, et al., 1999; Grant, Contoreggi, & London, 2000)。许多研究进一步表明, 不同的药物成瘾者均表现出类似的不良决策行为, 如大麻成瘾者(Whitlow, Liguori, Livengood, Hart, Mussat-Whitlow, Lamborn, et al., 2004)、酒精成瘾者(Fein, Klein, & Finn, 2004; Noel, Bechara, Dan, Hanak, & Verbanck, 2007)等, 与那些没有使用过药物的控制组相比, 药物成瘾者在决策任务上表现得更加差(Fishbein, Hyde, Eldreth, London, Matochik, Ernst, et al., 2005; Stout, Rock, Campbell, Busemeyer, & Finn, 2005; Barry & Petry, 2008), 他们只关注眼前的利益或奖赏而不顾长远的消极结果, 这种决策模式与其成瘾有密切的关系(Bechara, 2005; Barry & Petry, 2008)。继而, 许多研究者提出, 药物成瘾者可能普遍存在着决策障碍(decision-making deficit、dysfunction或impairment)(参见Bechara, Dolan, Denburg, Hindes, Anderson, & Nathan, 2001; Stout et al., 2005; Paulus, 2007; da Rocha, Malloy-Diniz, Lage, Romano-Silva, de Marco, & Correa, 2008; Jollant, Lawrence, Olie, O'Daly, Malafosse, Courtet, et al., 2010)。药物成瘾者的决策障碍主要涉及: 对未来结果的异常加工或未来获益的显著折扣、对短期

收稿日期: 2011-01-05

\* 国家重点基础研究发展计划课题(973 计划, 2009CB522002)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-EW-R-12)资助。

通讯作者: 隋南, E-mail: suin@psych.ac.cn

获益和长期获益的调节能力减退、基于概率的大小而做出不合适的选择、改变易得性选择框架来整合结果的能力削弱(Paulus, 2007)。此外, 病理性赌博(Pathological gambling)作为与药物依赖相似的一种成瘾行为(Petry, 2006; Potenza, 2008), 也与决策障碍有着密切的关系(Goudriaan, Oosterlaan, de Beurs, & van den Brink, 2005, 2006; Labudda, Wolf, Markowitsch, & Brand, 2007; Tanabe, Thompson, Claus, Dalwani, Hutchison, & Banich, 2007)。赌博成瘾者总是为了获得即刻的满足或者减轻不舒服的感觉而忽视长期的负面影响, 其特点表现为决策技能较差、行为转变能力削弱以及对惩罚不敏感(van Holst, van den Brink, Veltman, & Goudriaan, 2010)。

成瘾人群的决策障碍现象引发了人们的极大关注, 研究者开始系统地从决策的角度来深化对成瘾的认识。Redish 等(2008)整合已有的七种成瘾理论, 提出了决策系统缺陷理论。该理论认为, 人类的决策系统是一个复杂的多重交互系统, 由计划系统(planning system)、习惯系统(habit system)和情境识别系统(situation-recognition system)组成, 决策系统的缺陷(vulnerability)如内稳态的偏离、超快速的折扣过程、学习速率的变化等, 可能会导致个体不断寻求某些药物或从事某些非适应性行为。

对成瘾人群的决策障碍进行研究具有重要的意义。一方面, 从决策这个重要心理功能的动态变化来审视人类的成瘾行为, 有助于加深我们对成瘾现象的发生、维持和改变的本质认识; 另一方面, 从成瘾人群这个特殊的群体来考察决策行为的异常现象, 有助于拓广决策研究的领域和视野, 加深我们对人类的决策活动和功能的理解。本文重点介绍了研究成瘾人群决策障碍的三种典型方法和范式, 并对各自的优势和不足进行分析和总结, 同时, 结合决策障碍神经机制方面的研究进展, 对成瘾、决策与脑功能之间的关系进行了初步阐述。

## 2 决策障碍的研究范式

### 2.1 延迟折扣任务(Delay Discounting Task, DDT)

延迟折扣是指与一个立即可得的强化物相比, 另一个被延迟一段时间的强化物其价值会打

折扣, 在这两类强化物之间, 人们常常会选择前一种(Bickel & Marsch, 2001)。延迟折扣任务(DDT)的实验程序通常是让被试在假设的两个强化物之间做出选择: 一个即刻可获得但是价值较小的, 如现在 20 美元; 另一个延迟一段时间但价值较大的, 如 1 周后 55 美元。实验者设计不同量级的强化物和不同的延迟时间, 经过一定次数的选择之后, 可以得到被试对延迟强化物(A)在某个延迟时间点(D)的当前主观价值(V), 使用下面的公式可以计算出被试对延迟强化物的折扣速度, 即折扣率(k), 折扣率越高说明被试做决策时的冲动性(impulsivity)越强(Kirby, Petry, & Bickel, 1999)。

$$V = \frac{A}{1 + kD}$$

尽管个体都有将延迟强化物折扣的倾向, 但这种倾向在冲动性个体上表现得更加明显。DDT 是一种使用得较为普遍的行为测量方法, 它可以用来评估药物成瘾者的冲动性决策(impulsive decision-making)(de Wit, 2009)。对于药物成瘾者来说, 用药的即时结果是精神欣快、心情愉悦、减轻戒断后的烦躁不安等, 这通常发生在摄入药物后的几分钟甚至几秒钟, 而用药的长期消极结果包括失业、家庭人际关系糟糕、违法犯罪问题、过量用药导致的猝死、患艾滋病以及其他感染性疾病等。但是很显然, 在两种选择“用药以体验即时的快感”VS“戒瘾以避免长期的消极后果”之间, 成瘾者常常会坚持继续用药。对成瘾者这种行为的一种可能解释是: 长期结果对当前决策的影响程度不够深, 或者说, 延迟折扣的程度影响了当前的选择。对长期强化物的折扣越大, 其当前价值越低, 因此它对当前决策的影响越弱(Kirby et al., 1999)。

研究发现, 药物成瘾者在 DDT 实验中表现出来的折扣率要显著高于控制组, 包括海洛因成瘾者(Kirby & Petry, 2004)、可卡因成瘾者(Heil, Johnson, Higgins, & Bickel, 2006)、甲基苯丙胺成瘾者(Hoffman, Moore, Templin, McFarland, Hitzemann, & Mitchell, 2006)等。药物成瘾者总是偏好选择那些即刻可获得但价值较小的强化物, 他们对延迟强化物的快速折扣与其药物使用的程度密切相关, 如尼古丁成瘾者在 DDT 中的折扣率与其每天抽烟的数量呈显著正相关(Ohmura, Takahashi, & Kitamura, 2005), 成瘾者在 DDT 上

表现出来的决策冲动性可能反映了他们在现实中对成瘾行为的自我控制失败。Gottdiener, Murawski 和 Kucharski (2008)对冲动性与药物成瘾的关系进行了一项元分析,他们收集了 10 项研究报告,每个研究均使用 DDT 评估冲动且设置了控制组,总的研究对象包括 925 名诊断为物质滥用(substance use disorder, SUD)的被试,包括海洛因、阿片、酒精、尼古丁以及多种药物使用的药物成瘾者。结果发现,药物成瘾者在 DDT 上表现出来的冲动性(折扣率)要显著高于控制组,他们的这种冲动性对其成瘾具有重要的作用。

与药物成瘾者一样,赌博成瘾者同样存在冲动性的问题。Dixon, Marley 和 Jacobs (2003)比较了 20 名病理性赌博者与 20 名控制组被试在 DDT 上的表现。他们使用卡片形式的 DDT,延迟强化物固定为假设的 1000 美元,即刻强化物从 1 美元到 1000 美元之间变化,延迟时间从 1 周到 10 年。结果显示,病理性赌博者的平均折扣率明显要高于控制组(0.0269 vs 0.0022)。Madden, Petry 和 Johnson (2009)采用包含有 27 个条目的问卷式 DDT,让病理性赌博者在即刻强化物和延迟强化物之间进行选择。延迟强化物划分为三类:小数额(25~35 美元)、中数额(50~60 美元)、大数额(75~85 美元),即刻强化物在 11~80 美元之间相应变化,延迟时间从 7 天到 186 天。结果发现,病理性赌博者的平均折扣率高于控制组(0.031 vs 0.019),不过没有统计上的显著差异( $p=0.22$ )。由于不同研究中使用的具体方法并不一致,且目前对赌博成瘾者的相关研究相对较少,因此 DDT 能否真正评估到赌博成瘾者的冲动性决策还需要进一步的研究。

DDT 因其简单易操作而被广泛用于成瘾人群的冲动性决策研究中,但其适用性和机制仍然值得进一步关注。de Wit (2009)认为,冲动性可能既是药物滥用的前因变量,也可能是药物滥用的结果,将 DDT 应用于研究冲动性与药物滥用的因果关系时,可能存在敏感性的问题。此外,DDT 一般在纯获益的条件下评定决策:即刻的但价值较小的强化物 VS 延迟的但价值较大强化物,但成瘾者面临的现实决策情况通常是“即时的获益+长期的损失”VS“即时的损失+长期的获益”的模式,这更多的是一种混合模式,因此单纯的 DDT 范式可能无法完全揭示成瘾者的现实决策过程。

2.2 爱荷华赌博任务(the Iowa Gambling Task, IGT)

在成瘾人群决策功能的研究中,爱荷华赌博任务(IGT)是较为常用的一种模拟现实决策的实验任务。IGT 原是 Bechara 等人在研究腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)受损病人的决策障碍时发展出来的(Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994),这类病人在一般的认知功能上与普通人没有差别,但在社会认知和日常的决策行为上却表现很差。IGT 以纸牌游戏的形式进行,包括 4 副扑克牌 A、B、C、D,每副有 40 张纸牌,任意选择一张牌都可以带来一定的收益。A、B 每张牌的收益为 100 美元,C、D 每张牌的收益为 50 美元。随着选择次数的增加,每副牌也都存在一定的潜在损失,A、B 中每选 10 张牌的损失为 1250 美元,C、D 中每选 10 张牌的损失为 250 美元。因此,从长远来看,A、B 是不利牌(bad decks),C、D 是有利牌(good decks),如图 1 所示。A 和 B 两副牌的总损失数额是相等的,均为 1250 美元,不同之处是 A 牌中出现损失的频率多但数额小,每 10 张牌中出现 5 次损失,数额从 150 到 350 美元;B 牌中出现损失的频率少但数额大,每 10 张牌中出现 1 次损失,数额为 1250 美元。C 和 D 两副牌的总损失数额也是相等的,均为 250 美元,不同之处是 C 牌中出现损失的频率多但数额小,每 10 张牌中出现 5 次损失,数额从 25 到 75 美元;D 牌中出现损失的频率少但数额大,每 10 张牌中出现 1 次损失,数额为 250 美元。由于 IGT 操作和统计不便,Bechara 等很早就使用计算机化的 IGT (Bechara, Damasio, Damasio, & Lee, 1999; Bechara, Tranel, & Damasio, 2000)。被试用鼠标直接在呈现于屏幕上的 4 副扑克牌中任意选

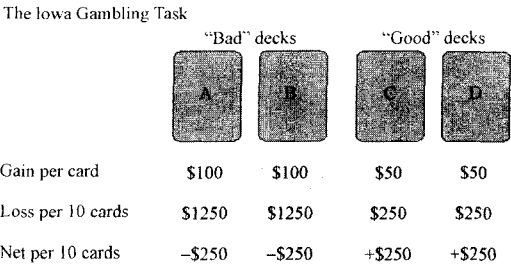


图 1 IGT 的收益和损失规则(转自 Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 2005)

择, 每次1张, 共需选择100次, 选择的次数在实验前并不告知被试。按照选择的先后顺序, 可以将整个实验划分为5个模块(block), 每个模块20次。被试每选择一张牌后, 屏幕上都会出现相应的收益数额以及目前拥有的金钱总额, 如果所选择的牌伴有损失, 则损失数额也会出现在屏幕上。IGT的数据分析主要使用净分数(net score), 是指被试在每个模块中选择的有利牌的次数减去所选择的不利牌的次数, 即净分数 $= (C+D) - (A+B)$ 。比较净分数及其在不同模块中的变化趋势, 可以分析出被试在收益-损失情境下的决策特点及其策略调整情况。

药物成瘾的核心特征之一是不顾严重的长期负面后果而持续地使用药物。IGT将时间维度和结果维度结合起来, 重点考察在短时的获益和长期的损失之间个体如何抉择, 这较好地模拟了药物成瘾者的现实决策过程。许多研究发现, 药物成瘾者在IGT上总是偏好那些较大的短时收益而忽略更大的长期损失(Bechara, 2005; Verdejo-Garcia, Bechara, Recknor, & Perez-Garcia, 2006; Verdejo-Garcia, Rivas-Perez, Vilar-Lopez, & Perez-Garcia, 2007), 这似乎表明, 药物成瘾者与vmPFC病人一样, 表现出“对未来的短视”(myopia for the future, Bechara et al., 2000)。Barry和Petry (2008)对37名正常被试和131名药物成瘾者, 包括酒精、可卡因、海洛因及多种药物成瘾者实施IGT, 结果发现, 药物成瘾者的净分数显著低于控制组, 他们在IGT上更多地做出不利选择。研究还发现, 药物成瘾者不仅在IGT上的总体表现较差, 而且随着实验次数的增加, 控制组在5个模块上的净分数呈升高趋势, 但药物成瘾者并不能呈现出这种趋势, 他们不能调整自己的决策策略来做出对自己更有利的选择, 而似乎总是偏好那些带来较大短时收益的选择(Noel et al., 2007)。

研究者也将IGT应用于赌博成瘾者的决策研究中。Lakey, Goodie和Campbell (2007)比较了57名非问题性赌博者(non-problem gambler)、85名问题性赌博者(problem gambler)和79名病理性赌博者(pathological gambler)在IGT上的表现, 结果发现, 问题性赌博者和病理性赌博者做出不利选择的次数显著多于非问题性赌博者, 在第1个模块, 三组被试的净分数没有显著差异, 但从第2个模块开始, 非问题性赌博者的净分数要高于其他两

组, 而且问题性赌博者和病理性赌博者做出不利选择的次数可以预测他们的病理程度。Goudriaan等人(2005)也发现, 病理性赌博者在IGT上的有利选择次数显著少于控制组, 并且在后几个模块中, 病理性赌博者做出有利选择的次数并没有增加。

IGT自开发以来在研究中得到了极为广泛的应用。大量的研究表明, IGT对决策功能的评估在不同的临床人群中显示出良好的效度, 并且IGT所评估出来的决策功能独立于其他认知能力(Toplak, Sorge, Benoit, West, & Stanovich, 2010)。但也有研究者认为, IGT本身涉及复杂的认知过程, 除了决策过程外, 还可能包括工作记忆(working memory)、反转学习(reversal learning)、刺激物强化(stimulus reinforcement)等, 因而很难辨别清楚成瘾者在IGT上比正常人做出更多不利选择的潜在机制(van Holst et al., 2010)。Pecchinenda, Dretsch和Chapman (2006)让大学生在进行IGT前先完成一项工作记忆任务, 分为两种条件: 高记忆负荷和低记忆负荷, 结果发现, 高记忆负荷任务下的被试在IGT上做出更多的不利选择。此外, Vadhan, Hart, Haney, van Gorp和Foltin (2009)分析了现实金钱和虚拟金钱对IGT结果的影响, 发现在虚拟金钱的奖惩条件下, 可卡因依赖者进行不利选择的次数显著多于控制组, 但在现实金钱的下两组没有差异。Vadhan等人认为, IGT中采用虚拟金钱的奖惩可能对成瘾者的决策起了消极作用。

### 2.3 剑桥赌博任务(the Cambridge Gamble Task, CGT)

与IGT类似, 剑桥赌博任务(CGT)是Rogers等人(1999)在评估眶额叶皮层(orbital prefrontal cortex)受损伤病人的决策障碍时发展出来的, Rogers等用它来评估病人在风险决策条件下的冒险行为(risk-taking)。CGT在计算机上进行, 电脑屏幕上呈现10个小方格, 一些是红色的, 另一些是蓝色的。在这10个小方格中, 其中有一个特殊的方格, 它的另一面有黄色的代币(token)。被试的任务是决定哪一种颜色的方格下藏有黄色的代币, 并要下一定比率的赌注(bet), 赌注是以点数(point)的形式来表示的, 被试的初始点数为100。红色方格与蓝色方格的数量比有九种情况: 9:1、8:2、7:3、6:4、5:5、4:6、3:7、2:8、1:9, 每次由

计算机随机呈现。被试可以选择不同的赌注, 赌注占被试当前拥有点数的比例有五种: 5%、25%、50%、75%、95%, 下多少赌注由被试决定, 实验中, 赌注呈现的顺序有升序和降序两种, 采用随机化方式平衡。如图 2 所示, 红色方格与蓝色方格数量之比为 3:7, 被试首先需要决定要按哪一个颜色按钮, 然后选择下一个赌注。屏幕上会显示结果, 如果赌赢了则增加相应的点数, 输了则减去相应的点数。在实验过程中, 如果被试的点数降到 1, 则当前的实验结束, 自动进行下一轮实验。CGT 的数据分析主要有三个变量: 一是决策速度(speed of decision making), 是指被试考虑哪一种颜色的方格下藏有黄色代币的时间, 即被试从实验开始到按下颜色按钮的时间。对于绝大多数人来说, 方格较多的那种颜色更有可能包含黄色标记, 好的决策应是一贯地选择方格数量较多的颜色且不需要花太多时间; 二是决策质量(quality of decisions), 以被试选择方格数量较多的那种颜色的次数为指标(两种颜色的方格数量之比为 5:5 的情况不做分析); 三是风险调节(risk-adjustment), 以被试投入的赌注占被试当前拥有点数的比例为指标。由于每一次实验红色方格与蓝色方格的数量比会随机变化, 即每次决策有不同的风险, 被试需要相应地调整赌注(增加或减少)以使拥有的点数最大化, 这种随着赢的概率变化而调整赌注是一种风险调节, 但如果被试不考虑概率而一味投入高赌注, 则可能是一种冒险行为。

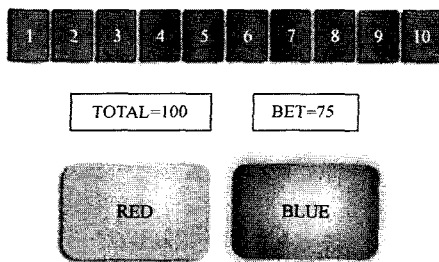


图 2 CGT 的操作界面(转自 Lawrence et al., 2008)

CGT 目前更多地应用于脑损伤病人的决策研究中, 但研究表明, 成瘾者在 CGT 上也表现出不良的决策。Rogers 等人(1999)发现, 慢性苯丙胺滥用者、阿片滥用者在 CGT 上做决策时存在困难,

他们的思考时间要显著地长于控制组被试(3670 ms & 3766 ms vs 2683 ms,  $p < 0.005$ ), 苯丙胺滥用者的决策质量要差于阿片滥用者和控制组(85% vs 92% & 95%,  $p < 0.05$ ), 慢性苯丙胺滥用者与眶额叶皮层病人在 CGT 上表现出类似的决策功能障碍。Ersche, Roiser, Clark, London, Robbins 和 Sahakian (2005)使用修改版 CGT 对 24 名慢性苯丙胺滥用者、27 名以美沙酮维持治疗的阿片滥用者、12 名海洛因滥用者、26 名其他药物滥用者及 27 名控制组进行实验, 发现各组做出良好决策的次数比例为 75%、78%、87%、75%、83%, 组间差异并不显著, 但研究进一步发现, 在受到损失的反馈之后, 药物成瘾者尤其是以美沙酮维持治疗的阿片滥用者表现出更加冒险的决策, 他们更多地选择那些概率较小但赌注更多的颜色。Lawrence, Luty, Bogdan, Sahakian 和 Clark (2009)比较了 21 名赌博成瘾者、21 名酒精依赖病人和 21 名控制组被试(三组均为男性)在 CGT 上的表现。结果表明, 酒精依赖病人的决策潜伏期高于赌博成瘾者和控制组(2742 ms vs 2064 ms & 1970 ms,  $p = 0.005$ ), 赌博成瘾者和酒精依赖病人投入的赌注比例高于控制组(59% & 56% vs 48%,  $p < 0.05$ ), 而且很有意思的是, 赌博成瘾者和酒精依赖病人在实验过程中至少有一次把点数输光或者说破产(bankruptcy)的人数比例显著高于控制组(24% & 19% vs 0%,  $p = 0.022$ )。

## 2.4 DDT、IGT 和 CGT 的比较

作为研究成瘾人群决策障碍的常用方法和范式, DDT、IGT 和 CGT 从三种不同的视角来考察成瘾人群的决策功能状况。DDT 着眼于成瘾者在跨期选择(intertemporal choice)情境中的决策特点, 旨在评估他们的决策冲动性或冲动性决策。IGT 提供了一个模糊的决策情境, 考察成瘾者如何做出有利的选择并根据反馈来调整决策策略, 在此过程中可以评估出他们的决策短视。CGT 则主要考察成瘾者在获益和损失概率已知的风险条件下的决策特点, 目的在于评估他们在做决策时的冒险行为。

DDT 原理简单易操作, 它采用延迟折扣率作为冲动性的指标, 也比较客观。当它应用于成瘾人群的决策研究时, DDT 最大的不足之处可能在于它仅在单纯的获益或损失情境下评估决策, 反映的只是成瘾者对获益或损失的单纯折扣, 以及

在即时强化物和延迟强化物之间的冲动性决策,这不能恰当地模拟成瘾者在现实中获益和损失并存的复杂情况。在此方面,IGT 相比之下似乎更好地模拟了成瘾者的现实决策过程。IGT 提供的模糊决策情境中,同时包括了短时收益和长期损失的成分,被试需要根据得失反馈的情况做出对自己最有利的选择。在实验中,被试做出有利选择的次数可以反映其决策功能状态,而在不同模块中有利选择次数的变化趋势可以反映其策略的调整情况。被试对收益和损失反馈的敏感性和耐受性会影响其决策,这种“对未来的短视”在一定程度上可以体现成瘾者的决策特点。不过,IGT 中涉及的成分确实比较复杂,可能涉及决策、执行功能、工作记忆、强化学习等多种认知过程,虽然研究者(如 Toplak et al., 2010)认为 IGT 评估的决策功能独立于其他认知功能,但可能还需要更多的证据来证实 IGT 中的决策是与其他认知功能相分离的。CGT 与 IGT 最主要的区别在于它在每次实验中为被试提供了收益和损失的已知概率,它巧妙地利用红色方格和蓝色方格的数量比来操控结果出现的概率,考察在风险情境下被试是否倾向于做出冒险的决策以及冒险的程度。CGT 中的概率区分(选择红色或蓝色)和投入赌注(选择下注比例)是分开的两个过程,因而可以降低学习、工作记忆等对决策评估的影响(Clark, Bechara, Damasio, Aitken, Sahakian, & Robbins, 2008),通过分析被试的思考时间、对高概率结果的选择次数和赌注比例,可以评估被试的决策质量和决策时的冒险程度。CGT 不如 IGT 的应用广泛,其中可能的原因之一是 CGT 评估的冒险行为在传统上被认为是异常的行为表现,但对于某些人群来说,这种冒险行为却是创造性活动中的必要因素,比如企业家的创业成功离不开冒险的决策(Lawrence, Clark, Labuzetta, Sahakian, & Vyakarnum, 2008),这是值得研究者注意的。

除了 DDT、IGT 和 CGT 之外,一些新的方法也逐渐被使用,如掷骰子任务(the Game of Dice Task, Brand, Fujiwara, Borsutzky, Kalbe, Kessler, & Markowitsch, 2005; Brand, Heinze, Labudda, & Markowitsch, 2008),主要评估在风险决策情境下的冒险行为;乔治亚赌博任务(the Georgia Gambling Task, Goodie, 2003, 2005)评估人们在做决策时的过分自信(overconfidence),目前已被应

用于病理性赌博的研究中(Lakey, Goodie, & Campbell, 2007; Lakey, Rose, Campbell, & Goodie, 2008)。

### 3 决策障碍的神经机制

近十几年来的研究表明,前额叶皮层(the prefrontal cortex, PFC)在人类的决策活动中起重要作用(Hochman, Yechiam, & Bechara, 2010; Fellows & Farah, 2007; Moll, Krueger, Zahn, Pardini, de Oliveira-Souza, & Grafman, 2006; Clark, Cools, & Robbins, 2004; Bechara et al., 2000; Bechara et al., 1994),主要包括眶额叶(OFC)、腹内侧前额叶(VMPFC)、背外侧前额叶(DLPFC)等,这些皮层的损伤可能会导致决策障碍,成瘾人群的决策障碍也与这些部位有密切关系。

#### 3.1 VMPFC 与决策障碍

VMPFC 是储存和标识未来结果的价值的脑区,该部位的损伤会导致病人倾向于追求可以带来短时获益的行为,即使这种行为会导致长远的有害结果(Bechara & Damasio, 2002)。药物成瘾者与 VMPFC 病人表现出相类似的行为特点,当面临一个能带来即刻奖赏但能招致消极结果的行为时,他们常常选择接受即刻的奖赏而忽视将来的结果(Bechara, 2003)。研究发现,药物成瘾者与 VMPFC 病人在 IGT 上均表现出决策功能障碍,有 61% 的药物成瘾者与 VMPFC 病人的成绩趋向一致,因而,由于 VMPFC 功能受损而导致对未来的短视可能是某些药物成瘾者从偶然用药转变成无法控制的药物滥用的主要机制之一(Bechara et al., 2001; Bechara & Damasio, 2002)。VMPFC 的损伤还会导致病人在风险情境下倾向于做出更加冒险的决策,病人在 CGT 中全然不顾赢输的几率而一直增加赌注,他们的投注行为完全被破坏(Clark et al., 2008)。脑功能成像的研究也表明, VMPFC 的活动不足可能是导致成瘾者在模糊情境下出现决策障碍的重要原因。Tanabe 等人(2007)以功能性磁共振成像技术(fMRI)对 14 名药物依赖者(SD)、16 名有赌博问题的药物依赖者(SDPG)和 18 名控制组在进行 IGT 时的大脑激活情况进行扫描。研究者将原版 IGT 稍作修改以适用于 fMRI 的测试环境,主要的变化是电脑屏幕自动呈现四副牌中的任意一张,被试只需在相应的按钮上按

键反应,以决定“要玩”或“放弃”,如果选择“要玩”,则屏幕呈现结果,赢或输一定数量的钱。实验开始时被试拥有虚拟的2000美元,如果实验结束时拥有超过2000美元,则被试可以获得现实的10美元。每次试验持续14s,被试决策4s,结果呈现4s,还有6s让被试观看屏幕上的“+”,以保证在下次试验前被试的大脑血流反应恢复至基线水平。结果发现,所有被试做决策时的脑部激活区域包括右侧眶额叶、双侧腹外侧额叶/前岛叶、前扣带回、腹内侧额叶、腹侧纹状体、顶叶以及枕叶。药物依赖者(SD、SDPG)只有在VMPFC上的激活程度显著低于控制组,这表明,VMPFC的活动不足可能是导致药物依赖者出现决策障碍的重要原因。

### 3.2 OFC 与决策障碍

OFC在调节刺激物的奖赏效应、编码预期结果的价值以及在冲动的控制上具有非常重要的作用,该部位的损伤会导致病人出现决策障碍和异常的社会行为,病人常常做出带来损失(如经济损失、社会地位和家庭关系的损害)的行为选择(Bechara, 2005)。OFC损伤的病人与VMPFC病人一样,倾向于做出能带来即刻奖赏的选择而不顾将来的消极结果。在进行风险决策任务时(CGT),OFC病人做出了更多的不利选择并且做决策时花费的思考时间更长,苯丙胺滥用者与OFC病人在CGT上有同样的表现,表明药物成瘾者在风险情境下的决策障碍可能与OFC的功能变化有一定的关系(Rogers et al., 1999; Winstanley, 2007)。Bolla, Eldreth, Matochik 和 Cadet (2005)采用正电子发射层描技术(PET)对11名大麻滥用者和11名控制组在完成IGT过程中的大脑活动进行扫描。研究者为了控制实验任务中的视听、运动等因素对决策活动及其大脑激活的混淆,设置了与IGT相类似的控制任务。在控制任务中,四副牌的赢输金额情况是相同的,被试以固定的顺序(A-B-C-D-A-B-C-D)从四副牌中进行选择,被试在进行IGT和控制任务时的大脑激活差异反映被试单纯决策活动的脑机制。结果显示,大麻滥用者在IGT上的成绩显著低于控制组,同时,大麻滥用者在右外侧OFC和右侧DLPFC上的激活程度显著低于控制组,而在左侧小脑和左顶叶上的激活程度高于控制组,这表明OFC的功能减退可能是大麻滥用者表现出决策障碍的机制之一。

### 3.3 DLPFC 与决策障碍

DLPFC与工作记忆密切相关,它的不同部位与不同类型的工作记忆相联系,如DLPFC上部与客体记忆(object memory)有关,DLPFC下部与空间记忆(spatial memory)有关,DLPFC的损伤会直接影响工作记忆(Clark et al., 2004)。研究表明,右侧DLPFC损伤的病人在IGT上也表现出明显的决策障碍,研究者认为,这主要是由于DLPFC损伤会使工作记忆受损,而工作记忆受损则会导致病人在任务上不能做出正常的决策(Bechara, 2004)。Bolla等人(2003)发现,可卡因滥用者在IGT上的成绩显著差于控制组,在进行IGT时,他们右侧DLPFC的激活程度低于控制组。大麻滥用者在IGT上也表现出持久稳固的决策障碍,进行IGT时其右侧DLPFC的激活程度低于控制组,表明药物成瘾者的决策障碍可能与DLPFC的活动减退有关(Bolla et al., 2005)。

除以上几个部位外,前扣带皮层(anterior cingulate cortex, ACC)、脑岛(insula)和下顶叶皮层(inferior parietal cortex)等在决策中也有重要的作用,比如,背侧ACC主要调控不同行为之间的抉择,脑岛对模糊和风险情境下的行为选择起作用,下顶叶与一些认知任务中必需的注意过程相关(Brand, Recknor, Grabenhorst, & Bechara, 2007; Hampton & O'Doherty, 2007)。Bechara(2005)系统地阐述了决策障碍的神经机制。他提出,人们的决策过程由两个互相拮抗的神经系统所控制,一个是冲动性的(impulsive)杏仁核系统,另一个是沉思性的(reflective)前额叶皮质系统。如图3所示,杏仁核系统包括杏仁核(A)、腹侧纹状体(Striatum);前额叶皮质系统包括前扣带回、背外侧前额叶、腹内侧前额叶(含眶额叶的部分区域)、脑岛、海马(Hip)等。沉思系统通过自上而下的(top-down)的方式来控制冲动系统,其机制可能有几种,其一是腹内侧前额叶系统,包括扣带回和基底前脑,该区域出现障碍会导致运动冲动(motor impulsivity),这是一种不假思索的行动倾向;其二是外侧眶额叶和背外侧前额叶,该区域出现障碍会导致认知冲动(cognitive impulsivity),这是一种快速做出决定或注意力集中困难的倾向。冲动系统通过自下而上的(bottom-up)方式来影响沉思系统,其作用方式主要是通过神经递质的活动改变,如多巴胺(dopamine)、5-羟色胺(serotonin)、去甲肾上腺素

(noradrenaline)和乙酰胆碱(acetylcholine)等,来调节神经系统中相应部位的突触活动,从而引起不同的效应。沉思系统的作用是促使人们根据长期的结果来做出决策,正常情况下它控制着冲动系统,但这种控制不是绝对的,冲动系统的过度活跃可以压制沉思系统。比如,成瘾性药物可以触发源自杏仁核的不随意信号,它可以调节甚至劫持那些目标驱动的(goal-driven)认知资源,导致沉思系统不能正常运作而出现决策障碍。当沉思系统的功能变得很衰弱时,人们难以抑制冲动,没有意志力去抵抗即刻的奖赏,会不假思索地行动而不顾消极的后果。沉思系统功能不同的个体对成瘾药物具有不同的易感性,功能较差的个体更容易做出用药的决策。因此,Bechara进一步认为,药物成瘾者的决策障碍不是用药的结果,相反,决策障碍是导致成瘾的原因(Bechara, 2005)。

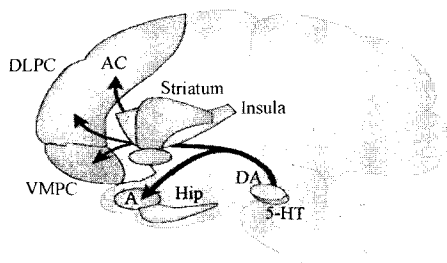


图3 冲动系统和沉思系统的神经结构(转自 Bechara, 2005)

## 4 研究展望

目前用来研究和评估决策障碍的主要方法和范式如 IGT、CGT 等,都是在脑损伤病人的研究中开发出来的,其效度已经得到了较好地实证支持。当这些方法应用于成瘾人群时,也发现成瘾者表现出决策障碍,然而,这种决策障碍是导致他们在面对药物时做出错误决策的原因,还是他们已经存在的成瘾状态导致了这种决策障碍?或者说,成瘾者在 IGT、CGT 等任务上表现出来的决策障碍是在成瘾之前就已存在,还是在成瘾之后出现的?这是个很棘手的问题,而且这也正是使用 DDT、IGT 和 CGT 等方法研究成瘾人群的决策障碍时存在争议的关键所在。虽然 Bechara (2005)从脑功能和神经机制的角度提出决策系统的障碍可能是导致成瘾的原因,但是人类的成瘾

问题太过复杂,成瘾与决策系统的关系似乎不是单向的因果关系这么简单,许多问题仍有待进一步回答和解决,比如,成瘾是否也会导致决策系统的异常?决策系统在成瘾戒断后再次复发过程中的机制是怎样的?此外,人类的决策系统也非常复杂,DDT、IGT 和 CGT 评估出来的冲动性、短视、冒险行为等,涉及的或许只是其中部分成份。那么,成瘾者还可能存在哪些类型的决策障碍,其决策障碍的心理生理机制是怎样的?

从精神病理的视角来看,成瘾的核心特征是不顾严重的后果强迫性地从事成瘾行为,且对这种行为丧失了自我控制。而在做决策任务时,成瘾者常常执着于那些潜在的不利选择,且无法从结果反馈中改变自己的选择偏好,这也表现出相似的强迫和失控。成瘾者的这种行为特征似乎意味着,他们的反转学习、定势转换等心理活动存在异常,他们可能比正常人更难做出灵活的选择、学习新的行为策略,从而导致成瘾相关的刻板行为和固着倾向出现,这些活动的异常或许是成瘾人群决策障碍的心理机制之一。从反转学习、定势转换的角度来探讨决策障碍与成瘾的关系,可能是今后的一个重要研究方向。如果能证实反转学习、定势转换等认知功能的受损是决策障碍与成瘾共同的基础,那么在临床上对成瘾病人进行相关的认知功能训练,不仅可以改善他们的决策能力,还同时可以帮助改善他们的成瘾状况。

从方法学上看,DDT、IGT 和 CGT 等均是通过对实验任务来评估被试的决策功能,尽管这些任务在模拟成瘾人群的现实决策过程方面做出了一些努力,但它们更偏向于神经心理学的评估方法,在实验控制和生态效度上的平衡仍然难以令人满意。在解决这两者间的平衡问题方面,未来的一个重要研究方向是采用虚拟现实技术(Virtual Reality)来模拟现实场景,在更加逼真的环境中考察成瘾者(药物成瘾者和赌博成瘾者)的决策行为及其特点。实际上,目前已有研究者开始尝试使用这种技术来研究吸烟者和大麻成瘾者在模拟现实的情境中对相关线索做出的反应,发现效果非常好(Traylor, Bordnick, & Carter, 2009; Bordnick, Copp, Traylor, Graap, Carter, Walton, et al., 2009)。采用虚拟现实技术模拟吸食毒品和赌场赌博的情境,通过设计相关的活动和实验任务,可以直接考察到成瘾者在类似于现实环境中的决策行为,



可能会更加有效地达到研究目的,这种趋势值得我们关注。

此外,通过神经影像学的方法来探索决策障碍的神经生理机制仍然是最值得期待的,通过比较成瘾者、脑损伤病人和正常人进行决策任务时的脑区激活情况及其程度差异,可以综合地从大脑的结构功能变化来考察成瘾与决策的交互关系及其机制,这是揭示成瘾人群为何存在决策障碍的重要途径,同时也有助于推动成瘾和决策等多个领域的研究发展。

## 参考文献

- Barry, D., & Petry, N. M. (2008). Predictors of decision-making on the Iowa Gambling Task: Independent effects of lifetime history of substance use disorders and performance on the Trail Making Test. *Brain and Cognition*, 66, 243-252.
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to the human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7-15.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19, 5473-5481.
- Bechara, A., Tranel, D., & Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, 123, 2189-2202.
- Bechara, A., Dolan, S., Denburg, N., Hinds, A., Anderson, S. W., & Nathan, P. E. (2001). Decision-making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex, revealed in alcohol and stimulant abusers. *Neuropsychologia*, 39, 376-389.
- Bechara, A., & Damasio, H. (2002). Decision-making and addiction (part I): impaired activation of somatic states in substance dependent individuals when pondering decisions with negative future consequences. *Neuropsychologia*, 40, 1675-1689.
- Bechara, A. (2003). Risky Business: Emotion, Decision-Making and Addiction. *Journal of Gambling Studies*, 19, 23-51.
- Bechara, A. (2004). The role of emotion in decision-making: Evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain and Cognition*, 55, 30-40.
- Bechara, A. (2005). Decision making, impulse control and loss of willpower to resist drugs: a neurocognitive perspective. *Nature Neuroscience*, 8, 1458-1463.
- 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.
- Bickel, W. K., & Marsch, L. A. (2001). Toward a behavioral economic understanding of drug dependence: delay discounting processes. *Addiction*, 96, 73-86.
- Bolla, K. I., Eldreth, D. A., London, E. D., Kiehl, K. A., Mouratidis, M., Contoreggi, C., et al. (2003). Orbitofrontal cortex dysfunction in abstinent cocaine abusers performing a decision-making task. *Neuroimage*, 19, 1085-1094.
- Bolla, K. I., Eldreth, D. A., Matochik, J. A., & Cadet, J. L. (2005). Neural substrates of faulty decision-making in abstinent marijuana users. *Neuroimage*, 26, 480-492.
- Bordnick, P. S., Copp, H. L., Traylor, A., Graap, K. M., Carter, B. L., Walton, M., et al. (2009). Reactivity to Cannabis Cues in Virtual Reality Environments. *Journal of Psychoactive Drugs*, 41, 105-112.
- 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.
- Brand, M., Recknor, E. C., Grabenhorst, F., & Bechara, A. (2007). Decisions under ambiguity and decisions under risk: Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29, 86-99.
- Brand, M., Heinze, K., Labudda, K., & Markowitsch, H. J. (2008). The role of strategies in deciding advantageously in ambiguous and risky situations. *Cognitive Processing*, 9, 159-173.
- Clark, L., Cools, R., & Robbins, T. W. (2004). The neuropsychology of ventral prefrontal cortex: Decision-making and reversal learning. *Brain and Cognition*, 55, 41-53.
- Clark, L., Bechara, A., Damasio, H., Aitken, M. R. F., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2008). Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision-making. *Brain*, 131, 1311-1322.
- da Rocha, F. F., Malloy-Diniz, L., Lage, N. V., Romano-Silva, M. A., de Marco, L. A., & Correa, H. (2008). Decision-making impairment is related to serotonin transporter promoter polymorphism in a sample of patients with obsessive-compulsive disorder. *Behavioural Brain Research*, 195, 159-163.
- de Wit, H. (2009). Impulsivity as a determinant and consequence of drug use: a review of underlying processes.

- Addiction Biology*, 14, 22–31.
- Ersche, K. D., Roiser, J. P., Clark, L., London, M., Robbins, T. W., & Sahakian, B. J. (2005). Punishment induces risky decision-making in methadone-maintained opiate users but not in heroin users or healthy volunteers. *Neuropsychopharmacology*, 30, 2115–2124.
- Dixon, M. R., Marley, J., & Jacobs, E. A. (2003). Delay discounting by pathological gamblers. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 36, 449–458.
- Fein, G., Klein, L., & Finn, P. (2004). Impairment on a simulated gambling task in long-term abstinent alcoholics. *Alcoholism-Clinical and Experimental Research*, 28, 1487–1491.
- Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2007). The role of ventromedial prefrontal cortex in decision making: Judgment under uncertainty or judgment per se? *Cerebral Cortex*, 17, 2669–2674.
- Fishbein, D., Hyde, C., Eldreth, D., London, E. D., Matochik, J., Ernst, M., et al. (2005). Cognitive performance and autonomic reactivity in abstinent drug abusers and nonusers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 13, 25–40.
- Goodie, A. S. (2003). The effects of control on betting: Paradoxical betting on items of high confidence with low value. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 29, 598–610.
- Goodie, A. S. (2005). The role of perceived control and overconfidence in pathological gambling. *Journal of Gambling Studies*, 21, 481–502.
- Gottdiener, W. H., Murawski, P., & Kucharski, L. T. (2008). Using the delay discounting task to test for failures in ego control in substance abusers. *Psychoanalytic Psychology*, 25, 533–549.
- Goudriaan, A. E., Oosterlaan, J., de Beurs, E., & van den Brink, W. (2005). Decision making in pathological gambling: A comparison between pathological gamblers, alcohol dependents, persons with Tourette syndrome, and normal controls. *Cognitive Brain Research*, 23, 137–151.
- Goudriaan, A. E., Oosterlaan, J., de Beurs, E., & van den Brink, W. (2006). Psychophysiological determinants and concomitants of deficient decision making in pathological gamblers. *Drug and Alcohol Dependence*, 84, 231–239.
- Grant, S., Contoreggi, C., & London, E. D. (2000). Drug abusers show impaired performance in a laboratory test of decision making. *Neuropsychologia*, 38, 1180–1187.
- Hampton, A. N., & O'Doherty, J. P. (2007). Decoding the neural substrates of reward-related decision making with functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 1377–1382.
- Heil, S. H., Johnson, M. W., Higgins, S. T., & Bickel, W. K. (2006). Delay discounting in currently using and currently abstinent cocaine-dependent outpatients and non-drug-using matched controls. *Addictive Behaviors*, 31, 1290–1294.
- Hoffman, W. F., Moore, M., Templin, R., McFarland, B., Hitzemann, R. J., & Mitchell, S. H. (2006). Neuropsychological function and delay discounting in methamphetamine-dependent individuals. *Psychopharmacology*, 188, 162–170.
- Hochman, G., Yechiam, E., & Bechara, A. (2010). Recency gets larger as lesions move from anterior to posterior locations within the ventromedial prefrontal cortex. *Behavioural Brain Research*, 213, 27–34.
- Jollant, F., Lawrence, N. S., Olie, E., O'Daly, O., Malafosse, A., Courtet, P., et al. (2010). Decreased activation of lateral orbitofrontal cortex during risky choices under uncertainty is associated with disadvantageous decision-making and suicidal behavior. *Neuroimage*, 51, 1275–1281.
- Kirby, K. N., Petry, N. M., & Bickel, W. K. (1999). Heroin addicts have higher discount rates for delayed rewards than non-drug-using controls. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 78–87.
- Labudda, K., Wolf, O. T., Markowitsch, H. J., & Brand, M. (2007). Decision-making and neuroendocrine responses in pathological gamblers. *Psychiatry Research*, 153, 233–243.
- Lakey, C. E., Goodie, A. S., & Campbell, W. K. (2007). Frequent card playing and pathological gambling: The utility of the Georgia gambling task and Iowa gambling task for predicting pathology. *Journal of Gambling Studies*, 23, 285–297.
- Lakey, C. E., Rose, P., Campbell, W. K., & Goodie, A. S. (2008). Probing the link between narcissism and gambling: The mediating role of judgment and decision-making biases. *Journal of Behavioral Decision Making*, 21, 113–137.
- Lawrence, A., Clark, L., Labuzetta, J. N., Sahakian, B., & Yakarnum, S. (2008). The innovative brain. *Nature*, 456, 168–169.
- Lawrence, A. J., Luty, J., Bogdan, N. A., Sahakian, B. J., & Clark, L. (2009). Problem gamblers share deficits in impulsive decision-making with alcohol-dependent individuals. *Addiction*, 104, 1006–1015.
- Madden, G. J., Petry, N. M., & Johnson, P. S. (2009). Pathological Gamblers Discount Probabilistic Rewards Less Steeply Than Matched Controls. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 17, 283–290.
- Moll, J., Krueger, F., Zahn, R., Pardini, M., de Oliveira-Souza, R., & Grafman, J. (2006). Human fronto-mesolimbic networks guide decisions about

- charitable donation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 15623–15628.
- Noel, X., Bechara, A., Dan, B., Hanak, C., & Verbanck, P. (2007). Response inhibition deficit is involved in poor decision making under risk in nonamnesic individuals with alcoholism. *Neuropsychology*, 21, 778–786.
- Ohmura, Y., Takahashi, T., & Kitamura, N. (2005). Discounting delayed and probabilistic monetary gains and losses by smokers of cigarettes. *Psychopharmacology*, 182, 508–515.
- Patak, M., & Reynolds, B. (2007). Question-based assessments of delay discounting: Do respondents spontaneously incorporate uncertainty into their valuations for delayed rewards? *Addictive Behaviors*, 32, 351–357.
- Paulus, M. P. (2007). Decision-making dysfunctions in psychiatry - Altered homeostatic processing? *Science*, 318, 602–606.
- Pecchinenda, A., Dretsch, M., & Chapman, P. (2006). Working memory involvement in emotion-based processes underlying choosing advantageously. *Experimental Psychology*, 53, 191–197.
- Petry, N. M., Bickel, W. K., & Arnett, M. (1998). Shortened time horizons and insensitivity to future consequences in heroin addicts. *Addiction*, 93, 729–738.
- Petry, N. M. (2006). Gambling and substance use disorders: Current status and future directions. *American Journal on Addictions*, 16, 1–9.
- Potenza, M. N. (2008). The neurobiology of pathological gambling and drug addiction: an overview and new findings. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 363, 3181–3189.
- Redish, A. D., Jensen, S., & Johnson, A. (2008). A unified framework for addiction: Vulnerabilities in the decision process. *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 415–487.
- Rogers, R. D., Everitt, B. J., Baldacchino, A., Blackshaw, A. J., Swainson, R., Wynne, K., et al. (1999). Dissociable deficits in the decision-making cognition of chronic amphetamine abusers, opiate abusers, patients with focal damage to prefrontal cortex, and tryptophan-depleted normal volunteers: Evidence for monoaminergic mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 20, 322–339.
- Stout, J. C., Rock, S. L., Campbell, M. C., Busemeyer, J. R., & Finn, P. R. (2005). Psychological processes underlying risky decisions in drug abusers. *Psychology of Addictive Behaviors*, 19, 148–157.
- Tanabe, J., Thompson, L., Claus, E., Dalwani, M., Hutchison, K., & Banich, M. T. (2007). Prefrontal cortex activity is reduced in gambling and nongambling substance users during decision-making. *Human Brain Mapping*, 28, 1276–1286.
- Toplak, M. E., Sorge, G. B., Benoit, A., West, R. F., & Stanovich, K. E. (2010). Decision-making and cognitive abilities: A review of associations between Iowa Gambling Task performance, executive functions, and intelligence. *Clinical Psychology Review*, 30, 562–581.
- Traylor, A. C., Bordnick, P. S., & Carter, B. L. (2009). Using Virtual Reality to Assess Young Adult Smokers' Attention to Cues. *Cyber Psychology & Behavior*, 12, 373–378.
- Vadhan, N. P., Hart, C. L., Haney, M., van Gorp, W. G., & Foltin, R. W. (2009). Decision-making in long-term cocaine users: Effects of a cash monetary contingency on Gambling task performance. *Drug and Alcohol Dependence*, 102, 95–101.
- van Holst, R. J., van den Brink, W., Veltman, D. J., & Goudriaan, A. E. (2010). Why gamblers fail to win: A review of cognitive and neuroimaging findings in pathological gambling. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 87–107.
- Verdejo-Garcia, A., Bechara, A., Recknor, E. C., & Perez-Garcia, M. (2006). Decision-making and the Iowa Gambling Task: Ecological validity in individuals with substance dependence. *Psychologica Belgica*, 46, 55–78.
- Verdejo-Garcia, A., Rivas-Perez, C., Vilar-Lopez, R., & Perez-Garcia, M. (2007). Strategic self-regulation, decision-making and emotion processing in poly-substance abusers in their first year of abstinence. *Drug and Alcohol Dependence*, 86, 139–146.
- Whitlow, C. T., Liguori, A., Livengood, L. B., Hart, S. L., Mussat-Whitlow, B. J., Lamborn, C. M., et al. (2004). Long-term heavy marijuana users make costly decisions on a gambling task. *Drug and Alcohol Dependence*, 76, 107–111.
- Winstanley, C. A. (2007). The orbitofrontal cortex, impulsivity, and addiction - Probing orbitofrontal dysfunction at the neural, neurochemical, and molecular level. *Linking Affect to Action: Critical Contributions of the Orbitofrontal Cortex*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1121, 639–655.

## Research Paradigms and Neural Mechanisms for Decision-making Deficits in Addicts

YAN Wan-Sen<sup>1,3</sup>; LI Shu<sup>2</sup>; SUI Nan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

(<sup>2</sup>Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

(<sup>3</sup>Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Drug addicts and pathological gamblers usually prefer immediate reward and ignore the future consequences. They are inclined to choose the bad options those bring immediate gains but long-term losses, which implies a kind of decision-making deficits. The Delay Discounting Task (DDT), the Iowa Gambling Task (IGT) and the Cambridge Gamble Task (CGT) are mainly three typical research paradigms and methods on decision-making deficits including impulsivity, myopia and risk-taking in addicts. Studies in recent years have demonstrated that the prefrontal cortex (PFC) plays an important role in human decision-making, such as the ventromedial prefrontal cortex (VMPFC), the orbitofrontal cortex (OFC) and the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). Future directions in this area are introduced and anticipated.

**Key words:** addiction; decision-making deficit; delay discounting; gambling task; PFC