

## 综述

# 强迫症决策功能的神经机制和评估

周月<sup>1</sup>, 金海燕<sup>2</sup>, 孙伯民<sup>3</sup>, 张陈诚<sup>3</sup>, 占世坤<sup>3</sup>

上海交通大学 1. 医学院, 2. 医学院附属瑞金医院心理科, 3. 医学院附属瑞金医院功能神经外科, 上海 200025

**[摘要]** 强迫症是一种复杂的慢性致残性神经精神障碍, 从神经生物学基础而言, 其与大脑的一些重要脑区如眶额皮质、前扣带皮层有关。同时, 神经影像学研究也表明与决策功能相关的脑区有眶额皮质、背外侧前额叶等。由此可见, 强迫症与决策功能有一定的神经生物学相关性。决策功能受损是强迫症的典型临床表现, 而且强迫症的发病与异常决策功能也有相关性。通常决策可分为风险模糊下决策和风险明确下决策, 常用的评估前者的任务主要是爱荷华博弃任务, 评估后者的有色子任务等。该文对强迫症中决策功能的神经机制和评估进行综述。

**[关键词]** 强迫症; 决策功能; 眶额皮质; 爱荷华博弃任务; 色子任务

**[DOI]** 10.3969/j.issn.1674-8115.2017.07.029 **[中图分类号]** R749 **[文献标志码]** A

## Neural mechanism and evaluation of decision-making function in obsessive-compulsive disorder

ZHOU Yue<sup>1</sup>, JIN Hai-yan<sup>2</sup>, SUN Bo-min<sup>3</sup>, ZHANG Chen-cheng<sup>3</sup>, ZHAN Shi-kun<sup>3</sup>

1. Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; 2. Department of Psychology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; 3. Department of Functional Neurosurgery, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

**[Abstract]** Obsessive-compulsive disorder (OCD) is a chronic, disabling, mental disorder, which has been linked to significant abnormalities in certain brain areas, including the orbital frontal cortex and the anterior cingulate cortex. Neuroimaging studies have also shown that brain areas related to the decision-making function include the orbital frontal cortex and the dorsal prefrontal lobes. Furthermore, the association between OCD and decision-making function has been consistently demonstrated from a neurobiological perspective. Clinically, impaired decision-making ability is commonly observed in OCD patients, and there is a correlation between OCD and abnormal decision function. Decision-making tasks are typically divided into two types, decision-making under risk and decision-making under ambiguity, with the former commonly evaluated using the Iowa Gambling Task (IGT) and the latter using the Game of Dice Task (GDT). In this article the neural mechanism and evaluation methods of decision making in OCD were reviewed.

**[Key words]** obsessive-compulsive disorder; decision making; orbitofrontal cortex; Iowa Gambling Task; Game of Dice Task

强迫症 (obsessive-compulsive disorder, OCD) 是一种常见的慢性致残性精神疾病, 根据《精神疾病诊断与统计手册》第五版 (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5th edition, DSM-5) 定义, 以导致严重的、广泛焦虑的侵入性想法持续出现, 和 / 或持续执行某任务缓解痛苦的强迫行为为特征<sup>[1]</sup>。OCD 常常与抑郁症和其他共病相关, OCD 患者中自杀意念和自杀的发生率较普通人增加<sup>[2]</sup>。OCD 是一种慢性严重致残的异质性疾病, 因对患者及其家庭的生活造成严重影响而导致公共健康损害。它影响着 2% ~ 3% 的世界人群, 同等影响两性。该病发病通常始于青少年, 症状逐渐加重直至阻碍患者进行任何类型

活动<sup>[3]</sup>。即使 OCD 患者正在做的任务与症状无关, 他们也常常表现出犹豫不决、病态的疑问和不确定性<sup>[4]</sup>。

OCD 患者虽能意识到自己过度或不合理的想法和行为, 但却控制不住自己作出反应<sup>[5]</sup>。他们通过作出某种反应来缓解强迫思维和行为所带来的焦虑、痛苦。有研究表明执行功能的损伤与 OCD 发病有关<sup>[6]</sup>。Tranel 等<sup>[7]</sup>把执行功能概括为计划、决策、判断和自我觉知 (self-perception) 的能力。因此, 决策功能是执行功能的一个重要域。而到目前为止, 从认知神经心理学的角度来说, 相比于传统的认知功能如记忆、规划、抑制和定势转移, OCD 的决策功能未能得到足够的重视<sup>[6]</sup>。

**[基金项目]** 国家自然科学基金 (81271518, 81471387); 上海交通大学医学院 – 中国科学院神经科学研究所脑疾病临床研究中心项目 (National Natural Science Foundation of China, 81271518, 81471387; Project from Shanghai Jiao Tong University School of Medicine – Institute of Neuroscience Research Center for Brain Disorder)。

**[作者简介]** 周月 (1995—), 女, 回族, 本科生; 电子信箱: 15121129060@163.com。

**[通信作者]** 占世坤, 电子信箱: shikun\_zhan@163.com。



## 1 决策的定义及分类

决策是指从一组预期将产生不同结果的备选方案中选择特定选项的过程<sup>[8]</sup>，也是一种人类通过奖励或惩罚取得偏爱的能力<sup>[9]</sup>。

从心理学方面来讲，决策至少可以被分为2种：风险模糊决策和风险明确决策<sup>[10]</sup>。前一种决策是在模糊的条件下基于先前的反馈的内隐学习机制；后一种是在风险条件下依赖于能够准确计算危害回报的可能性的能力<sup>[11]</sup>。比如，要在许多种钢笔中选一种使用，开始只能凭感觉选择，在不断使用的过程中才能知道是否好用，这就是风险模糊决策。有一种新药其疗效较好但不良反应较大，而另一种药疗效较差但不良反应较小，这种情况下的决策即为风险明确决策。

## 2 OCD 决策功能的神经机制

决策功能是执行功能的一个重要域<sup>[12]</sup>。而OCD患者的强迫行为表现为在真实生活中扰乱策略规划，其类似于有执行功能缺陷的个体所表现出的问题<sup>[13]</sup>。长期以来，大量研究表明OCD有很强的神经生理基础<sup>[14]</sup>，其可能涉及广泛的大脑网络（brain network）<sup>[15]</sup>。负责认知控制（cognitive control）的上级额叶—扣带回—顶叶也是一系列不同执行功能的基础<sup>[16]</sup>。该网络系统在执行功能中起着重要的枢纽作用<sup>[17]</sup>，其中与决策功能有密切联系的是杏仁核系统和前额叶皮质系统。下面就决策功能的神经机制进行陈述。

早在2005年Bechara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2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，另一个是反射性的（reflective）前额叶皮质系统<sup>[18]</sup>。杏仁核系统包括杏仁核、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、海马等<sup>[18]</sup>。反射系统通过自上而下（top-down）的方式来控制冲动系统，而冲动系统通过自下而上（bottom-up）的方式来影响反射系统<sup>[18]</sup>。前额叶皮层（prefrontal cortex, PFC）在人类的决策活动中起重要作用，主要包括眶额叶（orbitofrontal cortex, OFC）、腹内侧前额叶（ventromedial prefrontal cortex, VMPFC）、背外侧前额叶（dorsal lateral prefrontal cortex, DLPFC）等，这些皮层的损伤可能会导致决策障碍<sup>[18]</sup>。Stern等<sup>[19]</sup>发现VMPFC、脑岛和海马等区域的过度激活（hyperactivation）与能加剧患者在决策过程中不确定性的特定条件相关，还

确定了OCD不经常涉及的其他区域如杏仁核、外侧颞叶皮层的异常激活<sup>[19]</sup>。

OCD是一种慢性的精神疾病，其主要的病理生理学表现是前额—纹状体环路尤其是OFC的功能紊乱<sup>[20]</sup>，而且神经影像学研究也证实了PFC如OFC、前扣带皮层（anterior cingulate cortex, ACC）在各种决策任务及其子流程比如计划、归纳推理、奖赏和使用复杂信息中起到一定的作用<sup>[21]</sup>。抽象的奖惩能够激活OFC：奖励激活OFC内侧，更多的与左侧OFC相关；惩罚激活OFC外侧，主要涉及右侧OFC，而且激活的幅度与奖惩的大小有关<sup>[22]</sup>。同时，上文提出OFC等脑区的激活与决策相关，因此，可以认为协调奖惩能力是决策中重要的过程，尤其是在风险模糊决策过程中。

反映决策功能的协调奖励及惩罚的能力取决于腹内侧前额叶皮层及其相关的通路，包括基底节、丘脑和杏仁核<sup>[23]</sup>。在过去的20多年里，经过大量的研究有学者提出与OCD的奖惩协调能力有关的皮层—纹状体—丘脑—皮层（cortico-striato-thalamo-cortical, CSTC）神经生物学模型<sup>[24]</sup>。比如，异常激活这些大脑区域确实能够调解OCD患者对潜在威胁的夸大关注（即与眶额皮质、前扣带皮层、杏仁核有关），并且能减少对奖励的响应<sup>[25]</sup>。另有研究表明在赌博任务中，OCD患者被即时奖励所鼓舞，但对选择的长期后果不敏感；同时，他们也提出OCD患者的表现，就像在现实生活中一样，是由于强迫思维的存在必须被重复冲动（impulse）中和，这里的重复冲动代表了即时奖励<sup>[13]</sup>。另外，神经影像学技术表明包括OFC和基底节的前额皮质下环路参与OCD的表达是一个核心特征，该环路的完整性与执行认知功能有显著的关系，而OCD与执行认知功能异常相关<sup>[26]</sup>，因此，这些脑区在OCD中有重要作用。Admon等<sup>[25]</sup>通过使用一个模拟现实生活中害怕预期惩罚（punishment anticipation）和期待奖励结果的游戏模式表明，OCD患者在区域和环路水平（regional and circuit levels）上显示出对自己的预期惩罚和奖励结果的神经功能异常反应。具体来说，对于回应预期惩罚显示出更高的杏仁核激活，对于回应奖励结果显示更低的伏隔核（nucleus accumbens, Nacc）激活。OFC和VMPFC区域参与奖励的感知以及适应转变奖励情况时的紧急事件，因此它们在OCD中有着重要的作用<sup>[27]</sup>。

## 3 OCD 患者决策功能评估方法

OCD患者决策功能的评估方法有多种。Grassi等<sup>[28]</sup>提到，评估决策功能可以采用爱荷华博弈任务（Iowa Gambling



Task, IGT) 和色子任务 (Game of Dice Task, GDT)<sup>[28]</sup>。下面就 2 种不同决策功能评估方法进行介绍。

### 3.1 评估风险模糊决策功能

**3.1.1 IGT** 风险模糊决策功能的评估最经常使用的是 IGT<sup>[27]</sup>。决策是一种人类通过奖励或惩罚取得偏爱的能力，在 IGT 中以收益和损失游戏币分别代表奖励和惩罚<sup>[29]</sup>。

IGT 是指将 100 张牌分为 4 堆，分别为 A、B、C、D 堆。被试每次可以选择 1 张牌，并可获得指定数量的模拟金钱的奖励。然而，在一些特定的时间段，散布在这些奖励中的是惩罚（不同的固定金额的金钱损失）。其中，A 和 B 2 堆牌可以立即产生较高的金钱收益，但是在长期运作中却是不利的。剩下的 C 和 D 2 堆牌，尽管立即产生的收益较小，但是在长期运作中却会产生更多的金钱收益，因此被认为是更有利的。被试在任何时候都可以在 4 堆牌中自由选择 1 张牌<sup>[30]</sup>。

**3.1.2 现状和不足** 近年来，作为对 VMPFC 功能敏感的神经心理学程序，IGT 被用于区别 OCD 患者与健康对照组的神经心理学决策的表现<sup>[31]</sup>。在神经心理学的研究中，IGT 可以用来检验模糊决策和风险决策<sup>[32]</sup>。在 IGT 中，OCD 患者似乎始终对高收益的不利选项感兴趣，在获得高惩罚之后仍倾向于不利选项，即 OCD 患者倾向于不惜以高惩罚为代价换取即时高收益，而健康对照组则表现为在获得高惩罚后倾向于选择有利选项<sup>[33]</sup>。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<sup>[34]</sup>。另外，近些年也有大量研究在 IGT 与情绪和认知的关系、IGT 与工作记忆的关系、IGT 与陈述性记忆的关系以及 IGT 加工的神经网络与分子遗传学等方面积累了丰富资料<sup>[35]</sup>。

尽管 IGT 现在被广泛应用于评估个体模糊决策功能，但其也有一定的问题有待解决。第一，任务中好坏纸牌的区分是有问题的。无论在任务中的哪个点上，被试都只能通过前面的选择总结出来纸牌的好坏。第二，IGT 本身的设计存在问题。在最初的计算机版本 IGT 中纸牌的位置安排是不平衡的，这意味着纸牌的选择可能反映的是位置偏好。最后，对数据的统计分析也有不合理之处。以往所有研究在对个体的行为数据进行分析时只是简单地看看个体在每 20 次选择中有利纸牌 / 不利纸牌的选择之差，而整个任务只要求个体选择 100 次。这种统计方式对患者群体是不利的。很有可能患者组也是有区组学习效应存在的，只是这种学习比较缓慢和内隐而已<sup>[36]</sup>。

### 3.2 评估风险明确决策功能

**3.2.1 GDT** GDT 主要用来探查风险明确决策，它也是为赢取更多的虚拟钱币的一个游戏任务。

被试每次从不同的 4 个选项（数字组合）中选择 1 项，电脑会随机掷出 1 个虚拟的色子，以判断被试的选择是否与掷出的色子相符。被试的任务是用虚拟的 1 000 元本金获取最大的收益，总共 18 次机会。每个选择均有明确的和稳定的收益和损失以及获胜概率：选择单个数字的色子收益 / 损失 1 000 元（获胜概率为 1:6），2 个数字的色子组合收益 / 损失 500 元（获胜概率为 2:6），3 个数字的色子组合收益 / 损失 200 元（获胜概率为 3:6），4 个数字的色子组合收益 / 损失 100 元（获胜概率为 4:6）。选择可以分为高风险、不利的决定（1 个或 2 个数字，其获胜概率 <34%）和低风险、有利的决定（3 个或 4 个数字，其获胜概率 ≥ 50%）<sup>[37]</sup>。GDT 中，在风险明确的情况下，OCD 患者与健康对照组没有表现出明显的差异<sup>[37]</sup>。

**3.2.2 现状和不足** 在 GDT 中，风险明确决策与执行功能有关。这个任务反映出明确的和稳定的风险条件下的决策与所提供的先前决策结果的反馈的结合<sup>[37]</sup>。神经心理学和神经影像学研究显示有背外侧前额叶 (DLPFC) 功能异常的患者在该任务中表现次于健康对照组<sup>[37]</sup>。因此，DLPFC 在 GDT 中起了重要的作用。另外，GDT 也被应用于评估其他精神疾病患者的风险明确决策功能，比如健忘综合征、精神分裂症和帕金森病等<sup>[38]</sup>。

在分析色子游戏的成绩时会将 3 个或 4 个数字的决策看作合理的或非冒险的，因为赢的概率超过 50%，最终会导致盈余；选择 1 个或 2 个数字被看作不合理决策或冒险决策，因为赢的概率低于 50%，从长远角度来看会导致亏损。与 IGT 相比，这个任务的输赢金额以及概率都非常明确，并且在整个任务中恒定<sup>[39]</sup>。张龙等<sup>[22]</sup>的研究结果表明，OCD 患者 IGT 上表现受损而在 GDT 上表现完好，即 OCD 患者在风险明确及模糊情境下的决策出现了分离。

GDT 也有一些自身不足。第一，在 GDT 中，风险决策除了受认知过程的影响，还受到个人特征如个性 (personality) 的影响。具体来说，外向性和开放性个性维度得分高的患者，其个性与风险决策有关联<sup>[40]</sup>。第二，为了辅助患者完成任务，电脑会朗读 GDT 规则以及调查者设计的电脑互动，这些均可能会影响患者的注意力<sup>[41]</sup>。

## 4 总结与展望

OCD 至今病因未明，从临床表现来说，决策功能受损是其典型表现之一。决策是对已有方案进行评估和选择



的过程，大量研究证明该功能障碍与相关的大脑网络有关，比如杏仁核系统和前额叶皮质系统。从决策功能和大脑解剖结构的关系角度研究，结果表明 OFC 多与风险模糊决策功能相关，而 VMPFC 则与风险明确决策有关。并且在 OCD 患者中，风险模糊决策通常通过 IGT 来评估，风险明确决策则通过 GDT 来评估。

未来 OCD 的研究方向可能有以下几个。第一，神

经心理学中决策功能异常是典型表现之一，未来需要大样本的研究证实其是否可以作为疾病分类的可靠内表型。第二，除了传统的心理物理手段外，需要结合功能磁共振、脑电图、脑磁图等研究工具，同时研究脑区活动与决策功能。第三，早期诊断与早期治疗是疾病控制的关键，需要明确决策功能损害是否为 OCD 发病前的高危因素。

## 参·考·文·献

- [1] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders[EB/OL]. (2013-05-18) [2016-10-15]. <https://en.wikipedia.org/wiki/DSM-5>.
- [2] Alonso P, Segalas C, Real E, et al. Suicide in patients treated for obsessive-compulsive disorder: a prospective follow-up study[J]. *Affect Disord*, 2010, 124(3): 300-308.
- [3] Ruscio AM, Stein DJ, Chiu WT, et al. The epidemiology of obsessive-compulsive disorder in the National Comorbidity Survey Replication[J]. *Mol Psychiatry*, 2010, 15(1): 53-63.
- [4] Pushkarskaya H, Tolin D, Ruderman A, et al. Decision-making under uncertainty in obsessive-compulsive disorder[J]. *Psychiatr Res*, 2015, 69: 166-173.
- [5] Vandebroucke CL, Gabriels L. The decision-making process in obsessive compulsive disorder[J]. *Tijdschr Psychiatr*, 2012, 54(1): 39-49.
- [6] Dittrich WH, Johansen T. Cognitive deficits of executive functions and decision-making in obsessive-compulsive disorder[J]. *Scand J Psychol*, 2013, 54(5): 393-400.
- [7] Tranel D, Anderson SW, Benton A. Development of the concept of “executive function” and its relationship to the frontal lobes[M]. //Boller F, Grafman J. *Handbook of Neuropsychology*. Amsterdam: Elsevier, 1994: 130.
- [8] Zhang L, Dong Y, Ji Y, et al. Trait-related decision making impairment in obsessive-compulsive disorder: evidence from decision making under ambiguity but not decision making under risk[J]. *Sci Rep*, 2015, 5: 17312.
- [9] Benzina N, Mallet L, Burguiere E, et al. Cognitive dysfunction in obsessive-compulsive disorder[J]. *Curr Psychiatry Rep*, 2016, 18(9): 80.
- [10] Brand M, Labudda K, Markowitz HJ. Neuropsychological correlates of decision-making in ambiguous and risky situations[J]. *Neural Netw*, 2006, 19(8): 1266-1276.
- [11] da Rocha FF, Alvarenga NB, Malloy-Diniz L, et al. Decision-making impairment in obsessive-compulsive disorder as measured by the Iowa Gambling Task[J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2011, 69(4): 642-647.
- [12] Zhang L, Dong Y, Ji Y, et al. Dissociation of decision making under ambiguity and decision making under risk: a neurocognitive endophenotype candidate for obsessive-compulsive disorder[J]. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2015, 57: 60-68.
- [13] Cavedini P, Riboldi G, D'Annucci A, et al. Decision-making heterogeneity in obsessive-compulsive disorder: ventromedial prefrontal cortex function predicts different treatment outcomes[J]. *Neuropsychologia*, 2002, 40(2): 205-211.
- [14] Kikul J, Vetter J, Lincoln C, et al. Effects of cognitive self-consciousness on visual memory in obsessive-compulsive disorder[J]. *Anxiety Disord*, 2011, 25(4): 490-497.
- [15] Zhu Y, Fan Q, Zhang Z, et al. Spontaneous neuronal activity in insula predicts symptom severity of unmedicated obsessive compulsive disorder adults[J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2015, 2015: 5445-5448.
- [16] Niendam TA, Laird AR, Ray KL, et al. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions[J]. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2012, 12(2): 241-268.
- [17] van Amelsvoort T, Hermaus D. Effect of pharmacological interventions on the fronto-cingulo-parietal cognitive control network in psychiatric disorders: a transdiagnostic systematic review of fMRI studies[J]. *Front Psychiatry*, 2016, 7: 82.
- [18] 严万森, 李纾, 隋南, 等. 成瘾人群的决策障碍: 研究范式与神经机制 [J]. 心理科学进展, 2011, 19: 652-663.
- [19] Stern ER, Welsh RC, Gonzalez R, et al. Subjective uncertainty and limbic hyperactivation in obsessive-compulsive disorder[J]. *Hum Brain Mapp*, 2013, 34(8): 1956-1970.
- [20] 张龙, 季益富, 董毅, 等. 强迫症患者及其一级亲属神经认知功能研究 [J].
- [21] Sachdev PS, Malhi GS. Obsessive-compulsive behaviour: a disorder of decision-making[J]. *Aust N Z J Psychiatry*, 2005, 39(9): 757-763.
- [22] 张龙. 强迫症患者在风险明确及不明确情境下的决策分离 [D]. 合肥: 安徽医科大学, 2012.
- [23] Cavedini P, Zorzi C, Baraldi C, et al. The somatic marker affecting decisional processes in obsessive-compulsive disorder[J]. *Cogn Neuropsychiatry*, 2012, 17(2): 177-190.
- [24] Abramovitch A, Abramowitz JS, Mittelman A, et al. Research review: neuropsychological test performance in pediatric obsessive-compulsive disorder—a meta-analysis[J]. *Child Psychol Psychiatry*, 2015, 56(8): 837-847.
- [25] Admon R, Bleich-Cohen M, Weizmant R, et al. Functional and structural neural indices of risk aversion in obsessive-compulsive disorder (OCD)[J]. *Psychiatry Res*, 2012, 203(2-3): 207-213.
- [26] da Rocha FF, Malloy-Diniz L, Lage NV, et al. Decision-making impairment is related to serotonin transporter promoter polymorphism in a sample of patients with obsessive-compulsive disorder[J]. *Behav Brain Res*, 2008, 195(1): 159-163.
- [27] Kim HW, Kang JI, Namkoong K, et al. Further evidence of a dissociation between decision-making under ambiguity and decision-making under risk in obsessive-compulsive disorder[J]. *Affect Disord*, 2015, 176: 118-124.
- [28] Grassi G, Pallanti S, Righi L, et al. Think twice: impulsivity and decision making in obsessive-compulsive disorder[J]. *Behav Addict*, 2015, 4(4): 263-272.
- [29] Cavedini P, Zorzi C, Piccinni M, et al. Executive dysfunctions in obsessive-compulsive patients and unaffected relatives: searching for a new intermediate phenotype[J]. *Biol Psychiatry*, 2010, 67(12): 1178-1184.
- [30] Boisseau CL, Thompson-Brenner H, Pratt EM, et al. The relationship between decision-making and perfectionism in obsessive-compulsive disorder and eating disorders[J]. *Behav Ther Exp Psychiatry*, 2013, 44(3): 316-321.
- [31] Cavedini P, Bassi T, Ubbiali A, et al. Neuropsychological investigation of decision-making in anorexia nervosa[J]. *Psychiatry Res*, 2004, 127(3): 259-266.
- [32] Kikul J, Vetter J, Lincoln TM, et al. Effects of cognitive self-consciousness on visual memory in obsessive-compulsive disorder[J]. *J Anxiety Disord*, 2011, 25(4): 490-497.
- [33] Starcke K, Tuschen-Caffier B, Markowitz HJ, et al. Dissociation of decisions in ambiguous and risky situations in obsessive-compulsive disorder[J]. *Psychiatry Res*, 2010, 175(1-2): 114-120.
- [34] Toplak ME, Sorge GB, Benoit A, et al. Decision-making and cognitive abilities: a review of associations between Iowa Gambling Task performance, executive functions, and intelligence[J]. *Clin Psychol Rev*, 2010, 30(5): 562-581.
- [35] 蔡厚德, 张权, 蔡琦, 等. 爱荷华博奕任务 (IGT) 与决策的认知神经机制 [J]. 心理科学进展, 2012, 20(9): 1401-1410.
- [36] 李秀丽, 李红, 孙昕仪. 简评爱荷华赌博任务 [J]. 保健医学研究与实践, 2009, 6(3): 75-78.
- [37] Starcke K, Tuschen-Caffier B, Markowitz HJ, et al. Dissociation of decisions in ambiguous and risky situations in obsessive-compulsive disorder[J]. *Psychiatry Res*, 2010, 175(1-2): 114-120.
- [38] Pedersen A, Goder R, Tomczyk S, et al. Risky decision-making under risk in schizophrenia: a deliberate choice?[J]. *J Behav Ther Psychiatry*, 2017, 56: 57-64.
- [39] 董晓飞, 齐冰. 执行功能与决策的关系研究述评 [J]. 保定学院学报, 2014, 27(4): 108-113.
- [40] Wood M, Black S, Gilpin A. The effects of age, priming, and working memory on decision-making[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2016, 13(1): E119.
- [41] Masiliunas R, Vitkute D, Stankevicius E, et al. Response inhibition, set shifting, and complex executive function in patients with chronic lower back pain[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2017, 53(1): 26-33.