

# 成瘾人群跨期选择的神经机制及干预方法\*

彭娟 冯廷勇

(西南大学心理学部, 重庆 400715)

**摘要** 成瘾可分为物质成瘾和行为成瘾, 两类成瘾人群在跨期选择上都表现出高时间折扣率的缺陷, 但也有各自的特异性特征。成瘾人群跨期选择缺陷的神经基础主要集中在评估网络(腹内侧前额叶、纹状体、后扣带皮层等)、认知控制网络(前额叶皮层、前扣带皮层等)和预期想象网络(海马、杏仁核等); 可利用心理训练来改善成瘾人群跨期选择缺陷, 其干预方法包括工作记忆训练、预期想象训练、金钱管理指导等。未来研究应该从成瘾者跨期选择缺陷的认知机制、3个神经网络系统的交互作用机理、行为遗传学以及开发有效的干预方法等方面展开大量研究。

**关键词** 成瘾; 跨期选择; 时间折扣; 神经机制; 干预方法

**分类号** B849:C91; B845

## 1 引言

跨期选择(intertemporal choice)指个体对发生在不同时间的成本与收益进行权衡, 进而做出的各种判断和选择(Frederick, Loewenstein, & O'Donoghue, 2002; Loewenstein, 1988; 孙彦, 2011)。跨期选择研究的一个重要发现是, 与当前或近期的获益(或损失)相比, 人们倾向于赋予将来获益更小的权重, 这一现象叫做时间折扣(delay discounting)(Green & Myerson, 2004)。当个体面临立即小奖赏和延迟大奖赏时, 人们通常倾向于选择立即小奖赏(O'Donoghue & Rabin, 1999), 这就是时间折扣所导致的结果。时间折扣是跨期选择的核心指标, 它在区分正常人群和成瘾人群上也是一个非常敏感的指标。大量研究表明, 成瘾人群常常为了即时享乐而放弃长远的利益(健康、幸福的家庭、良好的社会关系等), 表现出比正常人群更加明显的冲动行为(Businelle, McVay, Kendzor, & Copeland, 2010; Kishinevsky et al.,

2012; Madden, Petry, Badger, & Bickel, 1997)。成瘾主要分为物质成瘾(药物成瘾、酒精成瘾和吸烟成瘾等)和行为成瘾(网络成瘾、病理性赌博、暴饮暴食等)。成瘾行为的研究是目前国际上重要的研究领域, 而对成瘾人群跨期选择认知与神经机制的研究成为了新近的一个研究热点。该领域的研究对于探明成瘾者冲动行为背后的深层原因及机制具有很高的科学价值, 对于临床上成瘾行为的干预与治疗也具有重要的实践意义。

近年来, 随着认知神经科学技术的快速发展, 成瘾人群跨期选择的神经机制研究取得了较大的突破和进展。本文在总结新近研究的基础上, 首先阐述了物质成瘾和行为成瘾两类成瘾人群在跨期选择上的共同性与特异性; 然后, 重点分析了成瘾人群跨期选择缺陷的神经机制, 并提出了改善成瘾人群跨期选择的干预方法; 最后, 对成瘾人群跨期选择领域的研究未来进行了展望。

## 2 成瘾人群的时间折扣特征

### 2.1 物质成瘾者的时间折扣

物质成瘾指长期摄入某种药物或物质(例如阿片类药物、酒精、香烟)后, 身体和心理产生一种无法控制的依赖该种物质的状态。物质成瘾主要包括药物成瘾、酒精成瘾和吸烟成瘾等。大量研究发现, 物质成瘾者在跨期选择上表现出比正

收稿日期: 2013-10-11

\* 国家自然科学基金面上项目(31271117)、中央高校基本科研业务经费重大培育项目(SWU1309002)和西南大学心理学部 2012 研究团队建设项目(TR201207-2)资助。

通讯作者: 冯廷勇, E-mail: fengty0@swu.edu.cn

常人群更明显的冲动。下面将分别介绍几类典型的物质成瘾者在跨期选择上的表现。

药物成瘾是物质成瘾中最重要的一种成瘾类型,指对阿片类、可卡因类、大麻类等物质冲动性使用及强烈的渴求。Madden 等人(1997)最早对物质成瘾者的时间折扣进行研究。结果发现,阿片类物质成瘾者对金钱的时间折扣比控制组高,且对海洛因的时间折扣又高于对金钱的折扣。Kirby, Petry 和 Bickel (1999)对海洛因成瘾者的研究也发现,海洛因成瘾者对金钱的时间折扣高于控制组,其冲动量表上的得分与折扣率成正相关,该结果为时间折扣作为冲动性测量指标提供了有效的支持。Bickel 等人(2011)的研究则发现,可卡因成瘾者在单一物品和跨物品间的时间折扣存在差异。实验包括 4 种条件:立即获得可卡因 vs. 延迟获得可卡因(C-C)、立即获得金钱 vs. 延迟获得金钱(M-M)、立即获得可卡因 vs. 延迟获得金钱(C-M)、立即获得金钱 vs. 延迟获得可卡因(M-C)。结果发现, M-C 条件下的时间折扣率最大, C-M 条件下的时间折扣率介于 C-C 和 M-M 之间。该研究说明,不同的对比选项改变了个体的时间折扣率,且当药物是延迟选项时折扣率最大。另外,研究者也探讨了药物戒断对时间折扣的影响。对阿片类成瘾者的研究发现,轻度阿片类药物戒断会增加对海洛因和金钱的时间折扣(Giordano et al., 2002),而可卡因戒断(至少 30 天)者与可卡因成瘾者的时间折扣则没有显著差异(Heil, Johnson, Higgins, & Bickel, 2006),该结果说明短期的可卡因戒断不会改善时间折扣。最近,对大麻成瘾者的研究发现,大麻成瘾者对大麻的时间折扣显著高于对金钱的时间折扣,而大麻戒断者降低了对金钱的时间折扣(Johnson et al., 2010)。前述研究表明,不同类型药物成瘾者对特定物质的时间折扣具有特异性,而药物戒断对不同类型药物成瘾者的时间折扣影响也不尽相同。最近, Camchong 等人(2011)运用静息态功能磁共振成像(rs-fMRI)技术的研究发现,可卡因成瘾者的左额中回(left middle frontal gyrus)、前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)、颞中回(middle temporal gyrus)间的功能连接强于控制组,且这些脑区间异常的功能连接与其时间折扣成正相关。

酒精成瘾是物质成瘾中另一种常见的类型,对酒精成瘾者的研究也发现较高的时间折扣。早

期研究就发现,过度饮酒者对金钱的时间折扣显著高于节制饮酒者(Vuchinich & Simpson, 1998)。Kirby 和 Petry (2004)比较了药物成瘾与酒精成瘾者对金钱的时间折扣。结果发现,海洛因和可卡因成瘾者对金钱的时间折扣显著高于控制组,而酒精成瘾者与控制组的时间折扣没有显著差异。这表明与药物成瘾相比,酒精成瘾与金钱时间折扣的关系较弱。Mitchell, Fields, D'Esposito 和 Boettiger (2005)在经典的时间折扣程序中加入时间压力,用来评估被试的行为冲动性(motor impulsivity)。结果发现,酒精成瘾者的时间折扣率显著高于控制组,且时间折扣率与酒精成瘾程度呈正相关。Mitchell 等人(2005)的实验证明酒精成瘾者的时间折扣受酒精成瘾严重程度的影响。另外,酒精成瘾者的时间折扣还与使用酒精的首发年龄密切相关:早期酗酒者(年龄较小就开始饮酒)的时间折扣显著高于晚期酗酒者(年龄较大才开始饮酒)和控制组(Dom, D'haene, Hulstijn, & Sabbe, 2006)。最近研究发现,时间折扣能够预测酒精成瘾者血液中酒精增长的水平(Moore & Cusens, 2010)。Mitchell (2011)指出酒精成瘾者表现出较高的时间折扣可能与遗传因素有关。Acheson, Vincent, Sorocco 和 Lovallo (2011)比较了有酒精成瘾家族史的正常被试和没有酒精成瘾家族史被试的时间折扣,结果发现:有成瘾家族史个体的时间折扣更大。该研究说明,时间折扣可能具有遗传性,有成瘾家族史的个体表现出较高的时间折扣,这会增加患同类成瘾的风险。

吸烟成瘾也是物质成瘾中常见的一种成瘾类型。对该群体的研究发现,吸烟者的时间折扣显著高于控制组;戒烟者的折扣率比现吸烟者低,与控制组没有显著差异(Bickel, Odum, & Madden, 1999)。Reynolds, Richards, Horn 和 Karraker (2004)指出,与概率折扣相比,时间折扣是吸烟行为更好的预测指标。还有研究探讨了吸烟量与时间折扣的关系,发现日吸烟量与时间折扣呈正相关(Ohmura, Takahashi, & Kitamura, 2005)。Yoon 等人(2007)研究了吸烟孕妇的时间折扣,结果发现,时间折扣能够较好地预测孕妇产后复吸的概率。Businelle 等人(2010)比较了既是吸烟者又是药物成瘾者、不使用药物的吸烟者、不吸烟的药物成瘾者和控制组对金钱的时间折扣。结果发现,前 3 组被试的时间折扣显著高于控制组,但三者之间

没有显著差异。该研究表明,吸烟者与药物成瘾者在时间折扣上是相似的,两者可能存在共同的生理机制。

## 2.2 行为成瘾者的时间折扣

行为成瘾指与化学物质(如药物或酒精)无关的一种心理成瘾形式。目前受到广泛关注的行为成瘾主要包括病理性赌博、暴饮暴食和网络成瘾等。

病理性赌博是行为成瘾中的典型成瘾行为。大量研究发现,赌博者的时间折扣显著高于正常人群。Petry 和 Casarella (1999)比较了物质成瘾的病理性赌博者与物质成瘾但很少赌博者对金钱的时间折扣。结果发现,与物质成瘾但很少赌博者相比,物质成瘾的病理性赌博者的时间折扣更高。该结果表明病理性赌博与物质成瘾的交互作用会影响个体的时间折扣。Alessi 和 Petry (2003)进一步探讨了赌博程度与金钱时间折扣的关系,结果发现,赌博成瘾的严重程度与时间折扣呈正相关。赌博成瘾者与物质成瘾者的时间折扣都大于控制组,但两种成瘾形式与时间折扣的关系是否一致?有研究者比较了赌博者、饮酒者、吸食大麻者的时间折扣。结果发现,赌博成瘾者与金钱延迟折扣的关系更为密切,赌博对金钱时间折扣的预测作用显著高于物质成瘾(Stea, Hodgins, & Lambert, 2011)。

暴饮暴食是另一种典型的成瘾行为,对该群体的研究也观察到较高的时间折扣。Weller, Cook, Avsar 和 Cox (2008)控制了被试的年龄、家庭收入和智商,仍然发现肥胖妇女对金钱的时间折扣更大。新近研究发现,体重与时间折扣相关显著,体重越大的被试时间折扣越大(Rasmussen, Lawyer, & Reilly, 2010)。Fields, Sabet, Peal 和 Reynolds (2011)进一步探讨了肥胖的青少年吸烟者与体重正常的吸烟者的时间折扣。结果发现,与体重正常的吸烟者相比,肥胖的青少年吸烟者对金钱的时间折扣更大。该研究说明,肥胖在吸烟者的冲动行为中起着重要作用,肥胖的吸烟者可能表现出更高的冲动性。最近, Kishinevsky 等人 (2012)运用功能性磁共振成像(fMRI)研究发现,肥胖妇女执行功能脑区的激活更低。该结果说明,肥胖与执行功能异常密切相关,肥胖者表现出较高的时间折扣,可能与执行功能脑区功能不足有关。

对网络成瘾者时间折扣的研究也发现,网络

成瘾者对金钱的时间折扣显著大于正常人群(Saville, Gisbert, Kopp, & Telesco, 2011)。国内的研究也发现,网络成瘾大学生更倾向于做出冲动选择,对金钱的时间折扣大于非网络成瘾被试,且随着奖赏时间的延迟,网络成瘾者的时间折扣更大;同时,网络成瘾问卷上的得分与选择立即奖赏的比率成正相关(梅松丽,张明,张秀玲,姜英杰,2010)。该结果表明,网络成瘾者表现出更明显的冲动行为,且网瘾的严重程度会影响时间折扣。

最近,有研究表明时间折扣能够预测成瘾行为的发生概率和治疗效果。Audrain-McGovern 等人(2009)研究了青少年的时间折扣与吸烟行为的关系,结果发现,时间折扣能够预测吸烟行为的发生概率。该研究与先前研究的结果是一致的,Ayduk 等人(2000)研究发现在学龄前评估的时间折扣与20年后的药物使用行为密切相关。Sheffer 等人(2012)的研究发现,时间折扣能够预测戒烟效果,因为时间折扣与戒断之间呈显著负相关。对阿片类成瘾和大麻成瘾者的治疗中也观察到类似的结果(Passeti et al., 2011)。这些研究表明,时间折扣既能够预测成瘾行为的发生概率,也在成瘾行为的戒断中扮演着重要角色。

综上所述,成瘾者都表现出较高的时间折扣,且时间折扣在成瘾的发生、发展和治疗中起重要作用。但物质成瘾与行为成瘾作为两种不同的成瘾形式,既具有共同特征,也具有各自的特异性。共同性主要体现在:在行为层面上,两种形式的成瘾人群都缺乏自我控制的能力,在跨期选择上都表现出比正常人群更高的时间折扣(佟月华,王敏,宋尚桂,2012);在遗传学上,物质成瘾和行为成瘾的研究中都发现了家族聚集性现象,即亲属的时间折扣和同类成瘾行为显著高于一般人群(Black, Monahan, Temkit, & Shaw, 2006)。特异性方面主要体现在:在行为层面上,不同类型的成瘾行为在时间折扣上存在差异(MacKillop et al., 2011);且物质成瘾与行为成瘾者表现出分别对特定物质或对象更高的时间折扣(Stea et al., 2011)。在神经基础上,行为成瘾与物质成瘾的奖赏中枢有部分脑区的重合,但也有各自的特异性脑区。杜贵金(2011)的研究发现,与物质成瘾奖赏中枢密切相关的中脑腹侧被盖区(ventral tegmental area, VTA)、杏仁核(amygdala)等脑区,在网络成

瘾群体中没有被激活。在病理机制上,行为成瘾没有受到摄入性物质的影响,缺乏生理机制的介入,主要是心理依赖上的病理机制,而物质成瘾受到摄入性药物的影响,有明显的生理机制的介入。在神经生物学上,物质成瘾摄入的药物会直接改变神经中枢的递质和激素的水平,而行为成瘾更多受环境影响,对中枢神经系统的影响是间接性的(李梦姣,陈杰,李新影,2012)。

### 3 成瘾人群时间折扣的神经基础

近年来,随着神经成像技术的快速发展,对跨期选择的神经基础进行了大量的研究,并提出了不同的理论解释。目前,主要有3种理论:双机制加工模型(dual-valuation model)、单机制加工模型(single-valuation model)和自我控制模型(self-control model)。双机制加工模型的基本假设是:在跨期选择中,人脑中存在两个不同的加工系统: $\beta$ 系统(冲动系统)和 $\delta$ 系统(理性系统)。其中, $\beta$ 系统包括皮质下边缘结构和相关的侧边缘皮质,主要权重立即奖赏,评估早期事件的价值。 $\delta$ 系统包括额-顶系统,主要权重延迟奖赏,评估延迟事件的价值。该理论认为两系统的相对激活程度决定了个体的选择倾向。McClure, Laibson, Loewenstein, & Cohen (2004)的研究为双机制加工模型提供了脑成像数据支持,但两个系统如何交互作用并影响决策的机制,目前仍不清楚。单

机制加工模型认为,人脑中至少存在一个区域以双曲线折扣的形式编码奖赏的主观价值,通过对延迟奖赏主观价值的比较决定个体选择立即奖赏还是延迟奖赏。这一假设得到了Kable和Glimcher (2007)的实验证明:伏隔核(nucleus accumbens, NAc)和内侧前额叶(medial prefrontal cortex, MPC)的激活与将来奖赏的数量和延迟时间的整合相关,是延迟奖赏的主观价值的神经表征,即这些区域的激活量随着奖赏数量的增加而增长,而随着延迟时间的增加激活下降。自我控制模型则认为,个体可能高估小的立即奖赏,低估大的延迟奖赏,但是由于自我控制的调控作用,个体仍可能选择大的延迟奖赏。Figner等人(2010)采用经颅磁技术证明:左外侧前额叶受到磁脉冲刺激后,个体会更多的选择立即奖赏,但对立即奖赏和延迟奖赏的评估则不受影响。该研究表明左外侧前额叶皮层是自我控制的神经基础。在成瘾者身上确实也发现了自我控制能力较弱的证据。研究发现,长期服用成瘾药物会导致去抑制性和自我控制缺失(Carlson, Johnson, & Jacobs, 2010)。以上3种理论模型都是从正常人群角度来介绍跨期选择的神经基础。最近,Peters和Büchel (2011)提出了成瘾人群的跨期选择神经机制理论。Peters和Büchel (2011)认为在跨期选择中有3个重要的网络——评估网络、认知控制网络、想象/预期网络(如图1所示)。

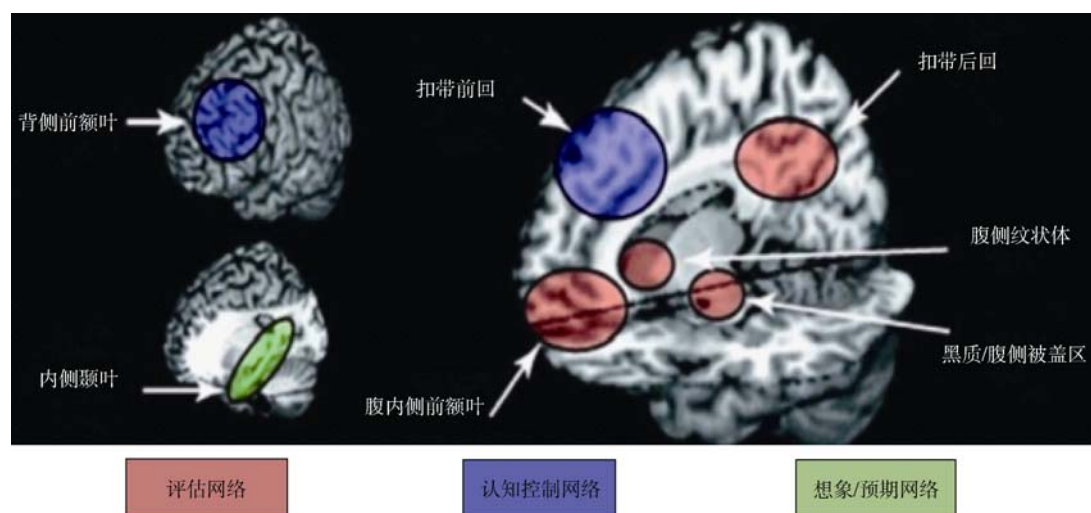


图1 跨期选择的3个重要网络(资料来源:Peters & Büchel, 2011)

### 3.1 评估网络(Valuation network)

评估网络主要包括腹侧纹状体(ventral striatum, VS)、腹内侧前额叶(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)、扣带后回(Posterior cingulate cortex, PCC)等脑区。在评估阶段, vmPFC、VS 和 PCC 脑区的激活与延迟奖赏的主观价值积极相关(Figner et al., 2010; Liu, Feng, Wang, & Li, 2012)。有研究者进一步将评估网络细分成价值网络(对价值大小的评估)和时间网络(对延迟时间的评估)。其中, 纹状体(striatum)、PCC 等脑区主要负责对价值大小的评估; 内侧和背外侧前额叶皮层(the medial and dorsolateral prefrontal cortices)主要负责对延迟时间的评估(Li et al., 2013)。

VS是价值网络中最重要的脑区, 主要表征各种奖赏的激励值(Chib, Rangel, Shimojo, & O'Doherty, 2009; Peters & Büchel, 2010b), 该脑区对奖赏价值的增加非常敏感(Delgado, Locke, Stenger, & Fiez, 2003)。成瘾者在跨期选择上的冲动行为与奖赏加工期间 VS 激活下降有关(Peters & Büchel, 2011): VS 激活下降, 导致个体对延迟奖赏增加的价值不敏感, 从而做出短视选择。Martin-Soelch 等人(2001)使用正电子发射断层扫描技术(PET), 研究阿片成瘾者和控制组对金钱和非金钱强化物的神经反应。结果发现, 与控制组相比, 对非金钱强化物, 阿片成瘾者纹状体的激活下降。对吸烟成瘾者的研究也发现, 青少年吸烟者(Johnson, Bickel, & Baker, 2007)和成人吸烟者(Bühler et al., 2010)在奖赏加工期间, 纹状体的激活下降。

vmPFC 在评估网络中也起重要作用。vmPFC 主要编码未来奖赏的预期信号值, 运用统一的单位编码不同类型奖赏的决策值(decision values)(Chib et al., 2009; Peters & Büchel, 2010b)。已有研究发现, vmPFC 损伤的患者对未来结果(不管是积极的还是消极的)不敏感, 更倾向于做出短视选择(Bechara & Damasio, 2002)。物质成瘾者在赌博任务(gambling task)上的表现与 vmPFC 损伤的患者相似(Bechara, 2003), 都倾向于不顾长远的不良后果而做出短视选择。Tanabe 等人(2007)考察了药物成瘾者在做爱荷华赌博任务(Iowa gambling task, IGT)时的大脑激活情况。结果发现, 药物成瘾者只有在 vmPFC 上的激活程度显著低

于控制组。因此, vmPFC 活动的下降可能是导致成瘾者时间折扣高的重要原因。

PCC 也具有评估功能, 对主观价值比较敏感(Figner et al., 2010; Liu et al., 2012)。已有研究表明, PCC 能够整合奖赏预期和奖赏结果的信息, 使个体最终选择奖赏价值最大的选项(McCoy, Crowley, Haghighian, Dean, & Platt, 2003)。Fujiwara, Tobler, Taira, Iijima 和 Tsutsui (2009)的研究也发现 PCC 与奖赏系统的信息整合有关, 通过整合之前有关的奖赏系统的激活情况, 对当前的奖赏做出判断。最近, 胡文富(2012)考察了海洛因成瘾者 PCC 的相关功能变化。结果发现, 与正常人群相比, 海洛因成瘾者的 PCC 与 PFC、丘脑和对侧顶叶的功能连接都出现了减弱。该研究认为海洛因成瘾者 PCC 功能连接异常, 意味着海洛因成瘾者工作记忆及对奖赏信号的处理出现了问题。

### 3.2 认知控制网络(Cognitive control network)

认知控制网络主要包括背侧前额叶皮层(lateral PFC)和扣带前回(anterior cingulate cortex, ACC)等脑区。对物质成瘾者的研究表明, PFC 在认知控制和反应抑制中起重要作用。Hester 和 Garavan (2004)运用简单的反应抑制范式(GO-NOGO 范式)的研究发现, 与控制组相比, 可卡因成瘾者表现出明显的反应抑制障碍, 这些障碍与 PFC 和 ACC 活动减弱的神经反应有关。Ma 等人(2010)采用静息态技术(rs-fMRI)对海洛因成瘾者的研究也观察到类似结果。研究发现, 与控制组相比, 海洛因成瘾者 PFC 与 ACC、PFC 与 OFC 的功能连接下降。这些功能连接性的变化导致成瘾者大脑功能出现异常, 从而表现出认知控制能力下降。

对行为成瘾的神经机制研究, 也发现认知控制网络能力的下降。Potenza 等人(2003)考察了病理性赌博者在 stroop 任务时的大脑激活, 结果发现, 病理性赌博者的 ACC 和 mOFC 功能受损。对肥胖者的研究也发现, 肥胖者 PFC 的调节能力不足。Volkow 等人(2008)发现, 体重指数(body mass index, BMI)与前额叶皮层(prefrontal cortex)、扣带回(cingulate gyrus)基线的代谢活动呈显著负相关。Hare, Camerer 和 Rangel (2009)的研究进一步指出, 背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)自上而下调节 vmPFC 中的价值信

号。研究中,要求节食者完成3个任务:对食品的健康性评估、对食品的味道评估、在健康食物和偏好食物间做选择。根据他们的选择,把被试分为自我控制组(被试依据健康和味道来做选择)和非自我控制组(被试只依据味道来做选择)。考察DLPFC与vmPFC的功能连接,结果发现在自我控制组成功控制的试次中,vmPFC中的价值信号受到DLPFC的调节。这说明,DLPFC在跨期选择的认知控制中起重要作用。综合而言,DLPFC与ACC、OFC及其他脑区的功能连接受损,导致个体认知控制能力下降,因而表现出较高的时间折扣。

### 3.3 想象/预期网络 (Imagery /Prospection network)

想象/预期网络主要包括杏仁核(amygdala)、海马(hippocampus)等脑区(Peters & Büchel, 2011), vmPFC和PCC等脑区也参与了想象/预期过程。脑损伤研究表明海马、杏仁核在情景预期中起重要作用。损伤啮齿类动物的基底杏仁核(basolateral amygdala, BLA)能够导致时间折扣的增加(Winstanley, Theobald, Cardinal, & Robbins, 2004)。Peters和Büchel(2010a)通过一系列的实验证明了杏仁核在情景预期中的作用。结果表明,进行预期想象后,被试的时间折扣明显下降。Peters和Büchel(2010a)认为积极情绪使杏仁核激活,导致情景预期条件下时间折扣降低。对于杏仁核在时间折扣中的作用机制,也有研究者认为杏仁核是通过与奖赏相联系的躯体标记(somatic-marker)起作用的(Gupta, Koscik, Bechara, & Tranel, 2011)。杏仁核受损的个体,不能使用躯体标记类的线索来指导未来的决策行为,因而导致成瘾者在跨期选择上出现缺陷。海马也在情景预期中起重要作用:已有研究表明,海马健忘症患者存在预期想象障碍(Hassabis, Kumaran, Vann, & Maguire, 2007);损伤海马会导致老鼠的时间折扣增加(Mariano et al., 2009)。有研究者进一步指出,情景预期可能通过海马的参与对跨期选择产生影响(Peters & Büchel, 2010a)。

成瘾者表现出较高的时间折扣,可能是因为成瘾者在药物或行为的长期作用下,预期网络等相关脑区受损,导致个体不能使用情景预期来指导选择,最终导致时间折扣率增加。在成瘾人群上发现了预期网络受损的证据。Reuter等人(2005)

的研究发现,病理性赌博者的vmPFC的激活水平显著低于控制组;阿片成瘾者在药物的长期作用下,杏仁核的功能和结构发生了变化(Upadhyay et al., 2010)。

## 4 改善成瘾人群高时间折扣率的干预方法

### 4.1 工作记忆训练

成瘾人群跨期选择的神经机制研究表明,前额叶皮层在跨期选择中起重要作用。工作记忆的神经基础位于前额叶皮层,较高的时间折扣与前额叶皮层功能不足有关,具体到认知任务上可能与工作记忆能力有关。已有研究发现,工作记忆与时间折扣负相关(Bobova, Finn, Rickert, & Lucas, 2009; Shamos et al., 2008),工作记忆能力差的被试,时间折扣率越大。有研究进一步发现,当工作记忆负荷增加时,时间折扣率会增大(张秀玲, 2006)。以上研究表明,工作记忆会明显影响时间折扣,工作记忆不足导致个体的时间折扣变大。那么,有理由相信通过提高成瘾被试的工作记忆能力,可以有效地降低时间折扣。该假设已经得到了新近研究的支持。Bickel, Yi, Landes, Hill和Baxter(2011)通过工作记忆训练,有效的降低了物质成瘾者(麻黄碱、安非他命等)的时间折扣。具体操作程序是:首先所有成瘾被试接受一次前测(测量其训练前的时间折扣),然后接受多次工作记忆训练(训练次数依据被试的具体表现来定,直到被试能够顺利完成工作记忆任务),最后接受一次后测(测量其训练后的时间折扣)。在每一次训练中,实验组工作记忆训练任务包括:(1)对数字顺序回忆(听觉呈现),对数字进行反向顺序回忆(听觉呈现);(2)对字母的识记和回忆(视觉呈现)、言语记忆-范畴分类任务等。而控制组只是对相同材料的阅读和反应,没有任何工作记忆的训练。结果表明,通过工作记忆训练,物质成瘾实验组的时间折扣显著降低,而物质成瘾控制组的时间折扣则没有发生变化。

### 4.2 预期想象训练

预期想象指个体可以生动想象未来事件的能力。早期的行为研究表明,预期是效用的来源,能够增加或减少对未来奖赏的主观价值(Loewenstein, 1987);而新近的神经机制研究表明,预期网络是跨期选择的核心网络之一。那么是否

可以通过预期想象训练,增强个体的预期想象网络的功能,进而降低时间折扣率呢?该假设得到了Peters和Büchel(2010a)的行为和脑成像数据的支持。Peters和Büchel(2010a)的研究表明,情景预期通过对评估网络和预期网络的调节,能够有效降低跨期选择中的冲动性。具体操作程序是:实验中设置控制条件和预期想象条件。在预期条件下,延迟奖赏下面会呈现特定情景线索(例如参加同学聚会),指导被试想象该情景发生在未来特定时间(即延迟奖赏的时间),然后再进行跨期选择;控制条件下的被试不需要进行预期想象,而直接完成跨期选择。在预期想象过程中,需要注意个体的想象能力、想象的生动性、预期事件的情绪效价、个人卷入度等因素。另外,想象的事件大多是积极事件。结果表明,预期想象条件下,被试的时间折扣明显降低;ACC与海马和杏仁核的功能连接预测了情景预期中时间折扣下降的程度。该研究证明了通过状态性的预期想象,能够降低个体的时间折扣率;当然如果经过长期训练,改善被试的预期想象能力,那么将有可能特质性地降低个体的时间折扣。

#### 4.3 金钱管理指导

时间建构理论(temporal construal theory)认为,未来事件是不具体的、可能不会发生的,但通过定期的想象未来奖赏(例如理财计划)可以增加未来奖赏的显著性,使未来奖赏变得更加清晰具体(Trope & Liberman, 2000)。有研究表明,物质成瘾者感知未来目标的能力相对正常人而言更差,对未来更加不确定(Peters et al., 2005),那么是否可以通过提高成瘾人群对未来目标的感知能力,进而降低他们的冲动行为呢?最近,有研究者从时间建构水平出发提出金钱管理指导(Advisor-Teller Money Manager, ATM),从而有效降低了成瘾者的时间折扣(Black & Rosen, 2011)。具体操作过程是:首先,把被试随机分为ATM干预组和控制组,干预组接受36周的ATM指导训练。ATM主要是给被试提供一些金钱管理上的指导,培养被试在金钱管理上的长远意识。例如,让被试思考物质成瘾的行为会给经济生活造成哪些不良影响;鼓励被试细分短期的消费计划,在做每个月的预算时要考虑长远目标;给被试提供财政计划和监管财政的个性化指导。控制组只要列出每个月的财政计划,而不强调计划要考虑长远目标。

结果显示,随着时间的推移,与控制组相比,ATM干预降低了实验组被试的时间折扣,并且减少了可卡因的使用;而且接受了财政计划和预算具体指导的实验组被试更偏好未来奖赏。该研究表明,ATM干预有效地降低了正常人群的时间折扣,也让可卡因成瘾者减少了冲动行为。

## 5 研究展望

虽然研究者们从行为到神经机制对成瘾人群的跨期选择行为展开了大量研究,但还存在众多疑点和未解之谜,今后可以着重从以下几个方面进行研究。

第一,成瘾人群跨期选择缺陷的认知机制。有研究者认为,成瘾人群的高时间折扣率可能归因于放大的主观时间感知(Zauberman, Kim, Malkoc, & Bettman, 2009)。由于主观感知到的延迟时间长于实际的延迟时间,那么就会对延迟选项赋予更低的主观奖赏值,从而倾向于选择立即小奖赏。先前,已有研究在成瘾者身上发现了高估延迟时间的证据(Wittmann, Leland, Churan, & Paulus, 2007)。时间感知异常观点主要从跨期选择的评估阶段来进行分析和解释。然而,支持冲动和自我控制理论(Impulsive and self-control Theories)的研究者则认为,成瘾人群跨期选择缺陷主要是由于自我控制系统出现了问题所导致的。成瘾人群以杏仁核为核心的热系统(情感系统)并没有发生明显异常的变化,而主要是以海马为基础的冷系统(认知系统)功能明显下降。也就是说,在评估阶段成瘾人群能够正常评估立即奖赏和延迟奖赏,只是由于自我控制能力下降,不能控制对立即奖赏的冲动,从而表现出高延迟折扣率(Figner et al., 2010; Liu et al., 2012)。前者强调成瘾者受损的时间感知对评估阶段的影响,而后者则强调成瘾者自我控制能力在选择阶段的作用。到目前为止,两种观点都得到了一些研究的支持,但也争论不断。弄清成瘾人群跨期选择缺陷的认知机制不仅具有很高的科学价值,也能够为改善和治疗成瘾者跨期选择缺陷提供理论支持和技术指导。

第二,不同类型成瘾行为在跨期选择中的共同机制和特异性特征。一方面,不同类型成瘾人群在跨期选择上都表现出较高的时间折扣率,表明不同成瘾行为可能存在共同的认知神经机制。



虽然研究者试图去探究它们的共同认知与神经机制,但目前还没有明确而一致的结果或结论。另一方面,不同类型的成瘾行为在跨期选择上又表现出明显的特异性特征。例如,不同类型成瘾者对不同物质(成瘾物质、食物、金钱等)的时间折扣率明显不同,表现出明显的特异性;大麻戒断降低了成瘾被试的时间折扣(Johnson et al., 2010),而短期的可卡因戒断则没有改善可卡因成瘾者的时间折扣(Heil et al., 2006)。这些结果都说明,不同类型成瘾行为在跨期选择缺陷上又有其各自独特的机制。因此,探究不同类型的成瘾行为在跨期选择上的共同性和特异性也是未来重要的研究方向之一。

第三,成瘾人群跨期选择的3个神经网络的交互作用机制。虽然研究证明评估网络、认知控制网络和预期想象网络在跨期选择中起重要作用,但三者的交互作用机制并不清楚。例如,评估网络和认知控制网络都涉及到了vmPFC,vmPFC损伤的患者更倾向于做出短视选择(Bechara & Damasio, 2002)。那么,vmPFC损伤是导致对未来奖赏预期下降还是控制能力下降呢?或是两个网络的交互机制出现了问题呢?这些问题都不清楚。同样,有研究表明,不能很好整合金钱网络与时间网络的个体往往在跨期选择上更易做出冲动选择(Li et al., 2013),那么在成瘾者的评估网络中这两者又是如何交互作用的呢?另外,对于预期想象网络(特别是vmPFC和PCC)的研究很少,它与评估网络和认知控制网络之间的交互就更少了。这些问题都有待于进一步的考察和探究。

第四,加强成瘾人群跨期选择的行为遗传学研究。已有研究表明,时间折扣不仅能够预测成瘾行为的发生概率,也是成瘾行为干预或治疗中的关键因素。最近,有研究者指出,时间折扣是成瘾行为的内表,时间折扣可能在一定程度上体现了成瘾风险基因的遗传机制(MacKillop, 2013)。该观点已得到一些研究的支持,但也存在许多不足与争议(Mitchell, 2011; Acheson et al., 2011)。因此,加强遗传、时间折扣和成瘾三者间关系的研究,有助于更好的认识成瘾的遗传机制,并为将来的干预和治疗打下坚实的理论基础。

最后,开发改善成瘾人群跨期选择缺陷的干预方法与技术。对成瘾人群跨期选择缺陷的认知与神经机制的研究,最终是为了改善和治疗成瘾

人群的跨期选择缺陷。然而,对于这方面的干预方法与技术的研究才刚刚起步。研究表明,工作记忆训练、预期想象训练和金钱管理指导能够在一定程度上降低成瘾人群的时间折扣(Bickel et al., 2011; Peters & Büchel, 2010a)。但是,目前这些方法与技术还处于研究阶段,离真正的临床治疗阶段还较远。因此,需要不断细化、完善这些方法和技术,使其具有更好的操作性、规范性和临床效果。同时,还应该开发一些新的方法与技术,例如生物反馈训练、神经反馈训练等。因此,加快将基础研究的成果转化为临床应用具有重要的实践意义,也是临床治疗迫切需要的。

## 参考文献

- 杜贵金. (2011). 青少年网络游戏成瘾者静息态 BOLD-fMRI 研究. 硕士学位论文. 泰山医学院.
- 胡文富. (2012). 应用 fMRI 探讨海洛因成瘾者后扣带回相关功能变化. 硕士学位论文. 安徽医科大学.
- 李梦姣, 陈杰, 李新影. (2012). 非药物成瘾的遗传学和神经生物学机制研究述评. *心理科学进展*, 20(10), 1623-1632.
- 梅松丽, 张明, 张秀玲, 姜英杰. (2010). 基于延迟折扣任务的网络成瘾者冲动性研究. *心理科学*, (3), 722-725.
- 佟月华, 王敏, 宋尚桂. (2012). 成瘾人群的延迟折扣. *中国临床心理学杂志*, 20(5), 670-673.
- 孙彦. (2011). 风险条件下的跨期选择. *心理科学进展*, 19(1), 28-34.
- 张秀玲. (2006). 工作记忆对延迟折扣的影响. 硕士学位论文. 东北师范大学.
- Acheson, A., Vincent, A. S., Sorocco, K. H., & Lovallo, W. R. (2011). Greater discounting of delayed rewards in young adults with family histories of alcohol and drug use disorders: Studies from the oklahoma family health patterns project. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 35(9), 1607-1613.
- Alessi, S. M., & Petry, N. M. (2003). Pathological gambling severity is associated with impulsivity in a delay discounting procedure. *Behavioural Processes*, 64(3), 345-354.
- Audrain-McGovern, J., Rodriguez, D., Epstein, L. H., Cuevas, J., Rodgers, K., & Wileyto, E. P. (2009). Does delay discounting play an etiological role in smoking or is it a consequence of smoking? *Drug and Alcohol Dependence*, 103(3), 99-106.
- Ayduk, O., Mendoza-Denton, R., Mischel, W., Downey, G., Peake, P. K., & Rodriguez, M. (2000). Regulating the interpersonal self: Strategic self-regulation for coping with rejection sensitivity. *Journal of Personality and Social*



- Psychology*, 79(5), 776–792.
- Bühler, M., Vollstädt-Klein, S., Kobiella, A., Budde, H., Reed, L. J., Braus, D. F., & Smolka, M. N. (2010). Nicotine dependence is characterized by disordered reward processing in a network driving motivation. *Biological Psychiatry*, 67(8), 745–752.
- Bechara, A. (2003). Risky business: emotion, decision-making, and addiction. *Journal of Gambling Studies*, 19(1), 23–51.
- 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(10), 1675–1689.
- Bickel, W. K., Landes, R. D., Christensen, D. R., Jackson, L., Jones, B. A., Kurth-Nelson, Z., & Redish, A. D. (2011). Single- and cross-commodity discounting among cocaine addicts: The commodity and its temporal location determine discounting rate. *Psychopharmacology*, 217(2), 177–187.
- Bickel, W. K., Odum, A. L., & Madden, G. J. (1999). Impulsivity and cigarette smoking: Delay discounting in current, never, and ex-smokers. *Psychopharmacology*, 146(4), 447–454.
- Bickel, W. K., Yi, R., Landes, R. D., Hill, P. F., & Baxter, C. (2011). Remember the future: Working memory training decreases delay discounting among stimulant addicts. *Biological Psychiatry*, 69(3), 260–265.
- Black, D. W., Monahan, P. O., Temkit, M. H., & Shaw, M. (2006). A family study of pathological gambling. *Psychiatry Research*, 141(3), 295–303.
- Black, A. C., & Rosen, M. I. (2011). A money management-based substance use treatment increases valuation of future rewards. *Addictive Behaviors*, 36(1), 125–128.
- Bobova, L., Finn, P. R., Rickert, M. E., & Lucas, J. (2009). Disinhibitory psychopathology and delay discounting in alcohol dependence: Personality and cognitive correlates. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 17(1), 51–61.
- Businelle, M. S., McVay, M. A., Kendzor, D., & Copeland, A. (2010). A comparison of delay discounting among smokers, substance abusers, and non-dependent controls. *Drug and Alcohol Dependence*, 112(3), 247–250.
- Camchong, J., MacDonald III, A. W., Nelson, B., Bell, C., Mueller, B. A., Specker, S., & Lim, K. O. (2011). Frontal hyperconnectivity related to discounting and reversal learning in cocaine subjects. *Biological Psychiatry*, 69(11), 1117–1123.
- Carlson, S. R., Johnson, S. C., & Jacobs, P. C. (2010). Disinhibited characteristics and binge drinking among university student drinkers. *Addictive Behaviors*, 35(3), 242–251.
- Chib, V. S., Rangel, A., Shimojo, S., & O'Doherty, J. P. (2009). Evidence for a common representation of decision values for dissimilar goods in human ventromedial prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 29(39), 12315–12320.
- Delgado, M. R., Locke, H. M., Stenger, V. A., & Fiez, J. A. (2003). Dorsal striatum responses to reward and punishment: Effects of valence and magnitude manipulations. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 27–38.
- Dom, G., D'haene, P., Hulstijn, W., & Sabbe, B. (2006). Impulsivity in abstinent early- and late-onset alcoholics: Differences in self-report measures and a discounting task. *Addiction*, 101(1), 50–59.
- Fields, S., Sabet, M., Peal, A., & Reynolds, B. (2011). Relationship between weight status and delay discounting in a sample of adolescent cigarette smokers. *Behavioural Pharmacology*, 22(3), 266–268.
- Figner, B., Knoch, D., Johnson, E. J., Krosch, A. R., Lisanby, S. H., Fehr, E., & Weber, E. U. (2010). Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 13(5), 538–539.
- Fujiwara, J., Tobler, P. N., Taira, M., Iijima, T., & Tsutsui, K.-I. (2009). Segregated and integrated coding of reward and punishment in the cingulate cortex. *Journal of Neurophysiology*, 101(6), 3284–3293.
- Frederick, S., Loewenstein, G., & O'Donoghue, T. (2002). Time discounting and time preference: A critical review. *Journal of Economic Literature*, 40(2), 351–401.
- Giordano, L. A., Bickel, W. K., Loewenstein, G., Jacobs, E. A., Marsch, L., & Badger, G. J. (2002). Mild opioid deprivation increases the degree that opioid-dependent outpatients discount delayed heroin and money. *Psychopharmacology*, 163(2), 174–182.
- Green, L., & Myerson, J. (2004). A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological Bulletin*, 130(5), 769–792.
- Gupta, R., Koscik, T. R., Bechara, A., & Tranel, D. (2011). The amygdala and decision-making. *Neuropsychologia*, 49(4), 760–766.
- Hare, T. A., Camerer, C. F., & Rangel, A. (2009). Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science*, 324(5927), 646–648.
- Hassabis, D., Kumaran, D., Vann, S. D., & Maguire, E. A. (2007). Patients with hippocampal amnesia cannot imagine new experiences. *Proceedings of the National*

- Academy of Sciences of the United States of America*, 104(5), 1726–1731.
- 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(7), 1290–1294.
- Hester, R., & Garavan, H. (2004). Executive dysfunction in cocaine addiction: evidence for discordant frontal, cingulate, and cerebellar activity. *The Journal of Neuroscience*, 24(49), 11017–11022.
- Johnson, M. W., Bickel, W. K., & Baker, F. (2007). Moderate drug use and delay discounting: A comparison of heavy, light, and never smokers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 15(2), 187–194.
- Johnson, M. W., Bickel, W. K., Baker, F., Moore, B. A., Badger, G. J., & Budney, A. J. (2010). Delay discounting in current and former marijuana-dependent individuals. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 18(1), 99–107.
- Kable, J. W., & Glimcher, P. W. (2007). The neural correlates of subjective value during intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 10(12), 1625–1633.
- Kirby, K. N., & Petry, N. M. (2004). Heroin and cocaine abusers have higher discount rates for delayed rewards than alcoholics or non-drug-using controls. *Addiction*, 99(4), 461–471.
- 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(1), 78–87.
- Kishinevsky, F. I., Cox, J. E., Murdaugh, D. L., Stoeckel, L. E., Cook III, E. W., & Weller, R. E. (2012). fMRI reactivity on a delay discounting task predicts weight gain in obese women. *Appetite*, 58(2), 582–592.
- Li, N., Ma, N., Liu, Y., He, X.-S., Sun, D.-L., Fu, X.-M., & Zhang, D.-R. (2013). Resting-State functional connectivity predicts impulsivity in economic decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 33(11), 4886–4895.
- Liu, L., Feng, T., Wang, J., & Li, H. (2012). The neural dissociation of subjective valuation from choice processes in intertemporal choice. *Behavioural Brain Research*, 231(1), 40–47.
- Loewenstein, G. (1987). Anticipation and the valuation of delayed consumption. *The Economic Journal*, 97(387), 666–684.
- Loewenstein, G. F. (1988). Frames of mind in intertemporal choice. *Management Science*, 34(2), 200–214.
- Ma, N., Liu, Y., Li, N., Wang, C.-X., Zhang, H., Jiang, X.-F., & Zhang, D.-R. (2010). Addiction related alteration in resting-state brain connectivity. *Neuroimage*, 49(1), 738–744.
- MacKillop, J., Amlung, M. T., Few, L. R., Ray, L. A., Sweet, L. H., & Munafò, M. R. (2011). Delayed reward discounting and addictive behavior: A meta-analysis. *Psychopharmacology*, 216(3), 305–321.
- MacKillop, J. (2013). Integrating behavioral economics and behavioral genetics: Delayed reward discounting as an endophenotype for addictive disorders. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 99(1), 14–31.
- Madden, G. J., Petry, N. M., Badger, G. J., & Bickel, W. K. (1997). Impulsive and self-control choices in opioid-dependent patients and non-drug-using control patients: Drug and monetary rewards. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 5(3), 256–262.
- Mariano, T. Y., Bannerman, D. M., McHugh, S. B., Preston, T. J., Rudebeck, P. H., Rudebeck, S. R., & Baxter, M. G. (2009). Impulsive choice in hippocampal but not orbitofrontal cortex-lesioned rats on a nonspatial decision-making maze task. *European Journal of Neuroscience*, 30(3), 472–484.
- Martin-Soelch, C., Chevalley, A. F., Küni, G., Missimer, J., Magyar, S., Mino, A., & Leenders, K. (2001). Changes in reward-induced brain activation in opiate addicts. *European Journal of Neuroscience*, 14(8), 1360–1368.
- McCoy, A. N., Crowley, J. C., Haghighian, G., Dean, H. L., & Platt, M. L. (2003). Saccade reward signals in posterior cingulate cortex. *Neuron*, 40(5), 1031–1040.
- McClure, S. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G., & Cohen, J. D. (2004). Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 306(5695), 503–507.
- Mitchell, J. M., Fields, H. L., D'Esposito, M., & Boettiger, C. A. (2005). Impulsive responding in alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 29(12), 2158–2169.
- Mitchell, S. H. (2011). The genetic basis of delay discounting and its genetic relationship to alcohol dependence. *Behavioural Processes*, 87(1), 10–17.
- Moore, S. C., & Cusens, B. (2010). Delay discounting predicts increase in blood alcohol level in social drinkers. *Psychiatry Research*, 179(3), 324–327.
- O'Donoghue, T., & Rabin, M. (1999). Doing it now or later. *American Economic Review*, 89, 103–124.
- Ohmura, Y., Takahashi, T., & Kitamura, N. (2005). Discounting delayed and probabilistic monetary gains and losses by smokers of cigarettes. *Psychopharmacology*, 182(4), 508–515.
- Passetti, F., Clark, L., Davis, P., Mehta, M., White, S., Checinski, K., & Abou-Saleh, M. (2011). Risky decision-making predicts short-term outcome of

- community but not residential treatment for opiate addiction. Implications for case management. *Drug and Alcohol Dependence*, 118(1), 12–18.
- Peters, J., & Büchel, C. (2010a). Episodic future thinking reduces reward delay discounting through an enhancement of prefrontal-mediocortical interactions. *Neuron*, 66(1), 138–148.
- Peters, J., & Büchel, C. (2010b). Neural representations of subjective reward value. *Behavioural Brain Research*, 213(2), 135–141.
- Peters, J., & Büchel, C. (2011). The neural mechanisms of inter-temporal decision-making: Understanding variability. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(5), 227–239.
- Peters, R. J., Tortolero, S. R., Johnson, R. J., Addy, R. C., Markham, C. M., Escobar-Chaves, S. L., & Yacoubian, G. S. (2005). The relationship between future orientation and street substance use among Texas alternative school students. *The American Journal on Addictions*, 14(5), 478–485.
- Petry, N. M., & Casarella, T. (1999). Excessive discounting of delayed rewards in substance abusers with gambling problems. *Drug and Alcohol Dependence*, 56(1), 25–32.
- Potenza, M. N., Steinberg, M. A., Skudlarski, P., Fulbright, R. K., Lacadie, C. M., Wilber, M. K., & Wexler, B. E. (2003). Gambling urges in pathological gambling: A functional magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, 60(8), 828–836.
- Rasmussen, E. B., Lawyer, S. R., & Reilly, W. (2010). Percent body fat is related to delay and probability discounting for food in humans. *Behavioural Processes*, 83(1), 23–30.
- Reuter, J., Raedler, T., Rose, M., Hand, I., Gläscher, J., & Büchel, C. (2005). Pathological gambling is linked to reduced activation of the mesolimbic reward system. *Nature Neuroscience*, 8(2), 147–148.
- Reynolds, B., Richards, J. B., Horn, K., & Karraker, K. (2004). Delay discounting and probability discounting as related to cigarette smoking status in adults. *Behavioural Processes*, 65(1), 35–42.
- Saville, B. K., Gisbert, A., Kopp, J., & Telesco, C. (2011). Internet addiction and delay discounting in college students. *The Psychological Record*, 60(2), 273–286.
- Shamosh, N. A., DeYoung, C. G., Green, A. E., Reis, D. L., Johnson, M. R., Conway, A. R., & Gray, J. R. (2008). Individual differences in delay discounting relation to intelligence, working memory, and anterior prefrontal cortex. *Psychological Science*, 19(9), 904–911.
- Sheffer, C., MacKillop, J., McGeary, J., Landes, R., Carter, L., Yi, R., & Jackson, L. (2012). Delay discounting, locus of control, and cognitive impulsiveness independently predict tobacco dependence treatment outcomes in a highly dependent, lower socioeconomic group of smokers. *The American Journal on Addictions*, 21(3), 221–232.
- Stanger, C., Ryan, S. R., Fu, H., Landes, R. D., Jones, B. A., Bickel, W. K., & Budney, A. J. (2012). Delay discounting predicts adolescent substance abuse treatment outcome. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 20(3), 205–212.
- Stea, J. N., Hodgins, D. C., & Lambert, M. J. (2011). Relations between delay discounting and low to moderate gambling, cannabis, and alcohol problems among university students. *Behavioural Processes*, 88(3), 202–205.
- 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(12), 1276–1286.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2000). Temporal construal and time-dependent changes in preference. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(6), 876–889.
- Upadhyay, J., Maleki, N., Potter, J., Elman, I., Rudrauf, D., Knudsen, J., & Griffin, M. (2010). Alterations in brain structure and functional connectivity in prescription opioid-dependent patients. *Brain*, 133(7), 2098–2114.
- Volkow, N. D., Wang, G.-J., Telang, F., Fowler, J. S., Goldstein, R. Z., Alia-Klein, N., & Ma, Y. (2008). Inverse association between BMI and prefrontal metabolic activity in healthy adults. *Obesity*, 17(1), 60–65.
- Vuchinich, R. E., & Simpson, C. A. (1998). Hyperbolic temporal discounting in social drinkers and problem drinkers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 6(3), 292–305.
- Weller, R. E., Cook, E. W., Avsar, K. B., & Cox, J. E. (2008). Obese women show greater delay discounting than healthy-weight women. *Appetite*, 51(3), 563–569.
- Winstanley, C. A., Theobald, D. E., Cardinal, R. N., & Robbins, T. W. (2004). Contrasting roles of basolateral amygdala and orbitofrontal cortex in impulsive choice. *The Journal of Neuroscience*, 24(20), 4718–4722.
- Wittmann, M., Leland, D. S., Churan, J., & Paulus, M. P. (2007). Impaired time perception and motor timing in stimulant-dependent subjects. *Drug and Alcohol Dependence*, 90(2), 183–192.
- Yoon, J. H., Higgins, S. T., Heil, S. H., Sugarbaker, R. J., Thomas, C. S., & Badger, G. J. (2007). Delay discounting predicts postpartum relapse to cigarette smoking among pregnant women. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 15(2), 176–186.
- Zauberman, G., Kim, B. K., Malkoc, S. A., & Bettman, J. R. (2009). Discounting time and time discounting: Subjective time perception and intertemporal preferences. *Journal of Marketing Research*, 46(4), 543–556.

## Intervention Program and Neural Mechanisms for Intertemporal Choice in Addicts

PENG Juan; FENG Tingyong

*(Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China)*

**Abstract:** Addiction can be divided into substance addiction and behavioral addiction. Although different type of addictions has its own specific characteristics on intertemporal choice, all of addictions show steep delay discounting. The neural basis of addicts' intertemporal choice deficits focuses on the valuation network (ventromedial prefrontal cortex, striatum and posterior cingulate cortex), the cognitive control network (prefrontal cortex and anterior cingulate cortex) and the imagery /prospection network (hippocampus and amygdala). We can use mental trainings to improve addicts' intertemporal choice deficits. With regard to intervention, Working Memory Training、Prospection / Imagery Training and Advisor-Teller Money Manager therapy are the effective ways which have been proved to reduce addicts' delay discounting. Future studies should pay attention to the cognitive mechanism of addicts' intertemporal choice deficits, the interaction between neural networks (valuation network, cognitive control network and imagery/prospection network), the basis of behavioral genetics and developing effective methods to reduce addicts' delay discounting.

**Key words:** addiction; intertemporal choice; delay discounting; neural mechanisms; intervening measures