

· 决策心理学专栏(Special Column for Decision-making Psychology) ·

延迟折扣的认知与神经机制：特质性与状态性研究取向^{*}

刘 雷 苏 缙 彭 娟 郭逸群 冯廷勇

(西南大学心理学部, 重庆 400715)

摘 要 延迟折扣是指与当前或近期的获益(或损失)相比, 人们总是倾向于赋予将来获益(或损失)更小的权重。为什么人们在跨期选择中会表现出冲动性行为? 怎样才能让人“目光远大”, 而避免“鼠目寸光”呢? 这些都是延迟折扣研究力求解决的问题。近几年, 本课题组利用行为、ERP、多模态 MRI 等技术, 从特质性和状态性研究角度出发, 系统考察延迟折扣的影响因素、认知机制和神经基础。首先, 从特质性角度, 考察了跨期选择中价值评估和自我控制加工的神经分离、立即选项与延迟选项的神经表征与预测、调控方式对延迟折扣作用的神经机制; 其次, 从状态性角度, 考察了框架效应、贫富线索等对延迟折扣的影响以及预期情绪对延迟折扣的调控机理。最后, 根据特质性因素(控制能力、时间感知、识解水平等)和状态性因素(框架效应、贫富线索、预期情绪等)对延迟折扣的影响及调控机制, 提出了延迟折扣可塑性的研究思路。本课题组的研究对于延迟折扣认知与神经机制的理论建构具有重要的科学价值, 对于延迟折扣的可塑性及临床应用也有重要的指导意义。

关键词 延迟折扣; 特质性; 状态性; 认知机制; 神经基础

分类号 B849:C91; B845

1 引言

延迟折扣(delay discounting)是指与当前或近期的获益(或损失)相比, 人们总是倾向于赋予将来获益(或损失)更小的权重(Green & Myerson, 2004), 它是跨期选择的核心内容。大量研究发现, 当面临立即小奖赏和延迟大奖赏时, 人们总是倾向于选择立即小奖赏(O'Donoghue & Rabin, 1999; Thaler, 1981)。在现实生活中, 有很多这样的现象, 比如吸烟、酗酒、赌博、暴食暴饮等一系列不良行为, 人们清楚地知晓这些行为的危害, 但有些人为了即时享乐而宁愿放弃长远的利益(健康、美满的家

庭、良好的社会关系等)。这些冲动行为的原因是什么? 怎样才能让人“目光远大”, 而避免“鼠目寸光”? 这些都是延迟折扣研究力求解决的问题(刘雷, 赵伟华, 冯廷勇, 2012)。

跨期选择是决策领域中一个重要的研究方向, 延迟折扣现象研究有助于人们做出更加理性、更加科学的判断或决策。现在研究者已在投资、经济政策、气候与环境、教育、健康以及退休储蓄等领域展开了系列研究(Laibson, 2001; Frederick, Loewenstein, & O'Donoghue, 2002; Chen, Ng, & Rao, 2005; Li, Li, & Liu, 2011)。近几年, 本课题组利用行为、ERP、多模态 MRI 等技术, 从延迟折扣的特质性和状态性角度出发, 系统考察延迟折扣行为的影响因素、认知机制和神经基础。本文首先介绍延迟折扣的计算模型, 而后提出了延迟折扣的两种研究取向: 特质性和状态性研究取向; 然后, 详细介绍本课题组从特质性和状态性角度对延迟折扣展开的认知机制与神经基础研究; 最后, 对延迟折扣领域未来的研究方向进行了展望。

收稿日期: 2014-03-26

^{*} 本研究受到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)的资助。

通讯作者: 冯廷勇, E-mail: fengty0@swu.edu.cn

2 延迟折扣的计算模型

2.1 折扣效应模型(discounted utility model, DU)

Samuelson 在 1937 年提出一个理性模型——折扣效用模型,用以解释延迟折扣现象。DU 理论基本假设是:人们会将未来不同时间点的效用按照同一比率(指数函数的形式)进行折扣,而折扣后的未来各期效用之和,就是人们对该决策赋予的总效用(见表 1)。DU 的最大贡献是:它首次引入了延迟折扣率(discounting rate)来描述延迟折扣的个体特征和个体间的差异。但是,研究发现 DU 模型不能解释许多异常现象,例如,符号效应、数量效应、动态不一致等(Shamosh & Gray, 2008; 何嘉梅,黄希庭,2009)。因此,有人提出了双曲线模型来解释异常现象。

2.2 双曲线折扣模型族

双曲线折扣模型族主要包括双曲线折扣模型(hyperbolic discounting model)和准双曲线折扣模型(quasi-hyperbolic discounting model)。双曲线模型最早始于 Ainslie (1975)的研究,随后 Mazur (1984)正式提出双曲线模型解释延迟折扣现象。双曲线模型显示奖赏的主观机制是延迟时间的减函数,表现为随着延迟时间的增长,价值下降的速度减缓(见表 1) (何嘉梅,黄希庭,2009)。后来,Laibson (1997)提出一个准双曲线折扣模型解释时间折扣的现象。准双曲线折扣模型由两个不同的折扣函数组成,一个函数能够明显地区分立即与

延迟奖赏,对立即奖赏给予更大的权重,延迟奖赏随着时间的延迟,被赋予的价值权重迅速降低,时间折扣率大;另一个函数是指数函数的一部分,对相同时间的延迟赋予相同的权重,时间折扣率小(O'Donoghue & Rabin, 1999)。准双曲线函数又称 beta-delta 偏好(见表 1)。

2.3 次可加折扣模型(subadditive discounting model)

双曲线折扣模型可以解释拖延、上瘾、没有为退休做好足够的储蓄等现象,但有研究者提出了不同的观点。Read 和 Roelofsma (2003)认为利用双曲线型函数来刻画时间折扣现象并不恰当,在利用它对实验数据进行曲线回归时,人为的设定了回归曲线的类型,丢失了某些重要信息;相反应该弱化回归曲线的具体形式,采用形式更灵活、适用范围更广的次可加函数来描述时间折扣现象。Read 和 Roelofsma (2003)根据绝对延迟时间和相对延迟时间的比较,提出次可加折扣模型。基本假设是:不管奖赏延迟与否,间隔时间越短,跨期选择的折扣率越大(见表 1)。

2.4 “尽可能快”折扣模型(“as soon as possible”(ASAP) discounting model)

有研究者从另一个角度提出了对时间折扣进行解释的模型:ASAP折扣模型(Kable & Glimcher, 2010)。(准)双曲线折扣模型假设:将来奖赏的主观价值与立即奖赏相比是以双曲线的形式下降

表 1 延迟折扣的计算模型列表

模型名称	提出者/时间	公式	公式介绍
折扣效应模型	Samuelson (1937)	$SV = Ae^{-kd}$	SV 为奖赏折扣后的主观价值; A 为延迟奖赏的客观价值; k 为个人的延迟折扣率; d 为延迟时间
双曲线折扣模型	Mazur (1984)	$SV = A/(1+kd)$	SV 为奖赏折扣后的主观价值; A 为延迟奖赏的客观价值; K 为个人的延迟折扣率; d 为延迟时间。
准双曲线折扣模型	Laibson (1997)	$SV = \beta\delta^d A$	SV 为奖赏折扣后的主观价值; A 为延迟奖赏的客观价值; β 参数表示相对于立即奖赏,在任一延迟时间点的特别的价值($0<\beta\leq 1$),例如,在 $\beta<1$ 时,相对立即奖赏,所有延迟的奖赏都会得到低估; δ 参数是标准指数模型中的折扣率,不管延迟时间多长,折扣率是相等的; d 为延迟时间($d>0$)
次可加折扣模型	Read 等(2003)	$SS = \delta^{d2-d1} LL$	SS:小的较早奖赏; LL: 大的延迟奖赏; δ : 恒定的折扣率, $0<\delta<1$; d1:较早奖赏的获得时间; d2:延迟奖赏的获得时间。
“尽可能快”折扣模型	Kable 等(2010)	$SV^{ASAP} = g(d^{ASAP})A/(1+k^{ASAP}(d-d^{ASAP}))$	SV^{ASAP} 为奖赏折扣后的主观价值; A 为延迟奖赏的客观价值; d 为延迟奖赏的延迟时间; d^{ASAP} : 较早奖赏的延迟时间; k^{ASAP} 为个人的延迟折扣率; $g(d^{ASAP})$: 一个相对于较早奖赏的延迟时间的函数。

的。然而, Kable 和 Glimcher (2010)认为将来奖赏的主观价值不是相对于立即奖赏, 而是相对于早期奖赏呈双曲线下落的, 即 Kable 和 Glimcher (2010)强调与早期奖赏相比, 并不一定仅仅与立即奖赏相比才产生双曲线的折扣模式。因此, 后者提出的模型被称作“尽可能快”折扣模型(见表 1)。

3 延迟折扣的两种研究取向: 特质性和状态性

本课题组对延迟折扣领域的当前研究现状和未来的发展趋势进行了总结(刘雷, 赵伟华, 冯廷勇, 2012)。我们认为在延迟折扣的基础研究领域, 研究者主要从三个方面(决策对象、决策背景和决策主体)对延迟折扣现象展开研究。决策对象变量方面的研究是延迟折扣现象研究的传统领域, 包括选项的物理属性(金钱、健康、环境问题等)、奖惩效价(获益、损失)、数量大小和风险水平等因素对延迟折扣行为的影响(Benzion, Rapoport, & Yagil, 1989; Green & Myerson, 2004; Read, Frederick, Orsel, & Rahman, 2005; Li, Su, & Sun, 2010; Sun & Li, 2010; 梁竹苑, 刘欢, 2011; 孙彦, 2011)。对于决策背景变量, 研究者主要从文化背景、经济背景和政治背景等方面展开了一些研究(Laibson, 2001; Chen et al., 2005; Li, et al., 2011)。目前, 国际上研究者越来越重视决策主体属性在延迟折扣行为中的作用(Shamosh & Gray, 2008; Kim & Zauberman, 2009; 王鹏, 刘永芳, 2009; Sun, Li, Bonini, & Su, 2012)。

近年来, 我们课题组重点从决策主体的特质性和状态性角度研究了延迟折扣的认知机制和神经

基础(见图 1): 一方面延迟折扣在个体之间存在稳定的差异, 而这些差异是由特质性因素(Trait Factors)造成的; 另一方面延迟折扣也会受状态性因素(State Factors)的影响而发生改变, 这反映了个体对变化的环境采取的适应性行为。正如 Peters 和 Büchel (2011)在 Trends in Cognitive Sciences 指出, 未来应该从延迟折扣的特质性因素和状态性因素角度展开大量深入研究, 这与我们的研究思路是一致的。例如, 特质性方面: 对跨期选择与智力关系的元分析表明, 智力与延迟折扣率之间成显著负相关, 也就是说高智力的个体具有更低的延迟折扣率(Shamosh & Gray, 2008); 时间感知的研究表明, 时间估计存在障碍的个体表现出更高的延迟折扣率(Kim & Zauberman, 2009); 我们的研究发现, 在跨期选择中, 主观价值评估脑区与自控加工脑区存在神经分离, 自控加工脑区的激活能够预测个体的延迟折扣率(Liu, Feng, Wang, & Li, 2012); 与此同时, 价值评估脑区的激活也能够指导随后的选择行为(Liu & Feng, 2012)。状态性方面: 在跨期选择中, 积极情绪提升了个体的认知灵活性, 使其建构更高的思维水平, 具有更远见的目光(王鹏, 刘永芳, 2009); 最近, 我们研究发现, 不管是内隐还是外显贫、富状态的启动, 都能改变个体的跨期选择偏好(Liu, Feng, Suo, Lee, & Li, 2012); 想象积极的未来情境降低个体的延迟折扣率, 想象消极的未来情境则增加个体的延迟折扣率(Liu, Feng, Chen, & Li, 2013)。对于本课题组所做的工作, 我们将在下面从决策主体的特质性和状态性因素两条主线来展开论述。

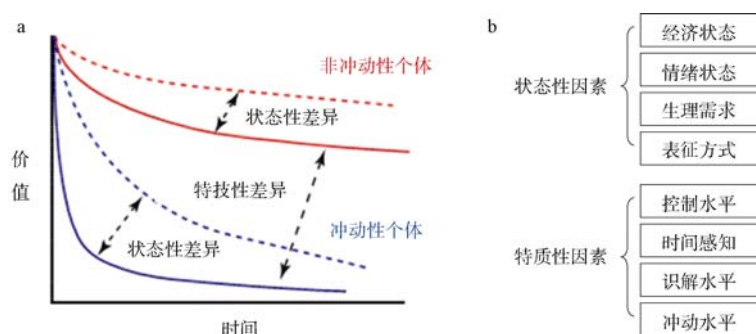


图1 延迟折扣特质性与状态性差异及其影响因素示意图。a.延迟折扣特质性与状态性差异: 蓝色表示冲动个体的延迟折扣曲线, 红色表示非冲动个体的延迟折扣曲线(蓝色实线和红色实线对应的是个体延迟折扣特质性的差异, 蓝色虚线和红色虚线对应的是个体延迟折扣状态性的差异); b.延迟折扣特质性与状态性影响因素: 状态性影响因素——经济状态、情绪状态、生理需求、表征方式等; 特质性影响因素——控制水平、时间感知、识解水平、冲动水平等(彩图见电子版)。

4 特质性延迟折扣的神经机制

4.1 价值评估和自我控制加工的神经分离

目前研究者对产生延迟折扣的神经基础进行了大量的研究,主要有三种神经模型的观点:双机制加工模型、单机制加工模型、自我控制模型。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。其中一个系统权重立即的奖赏,叫做“ β 系统”;然而另一个系统权重所有的延迟奖赏,叫做“ δ 系统”。这两个加工系统相对的激活程度预测被试的选择:在面对立即奖赏与延迟奖赏两个选项时,选择立即奖赏表现为 β 系统相对增长的激活,而 δ 系统激活降低;选择延迟奖赏则结果相反(McClure, Laibson, Loewenstein, & Cohen, 2004; McClure, Ericson, Laibson, Loewenstein, & Cohen, 2007)。单机制加工模型的基本假设是:在跨期选择中,人脑中至少存在一个区域以双曲线折扣的形式编码延迟奖赏的主观价值。个体通过比较在这些脑区被编码的主观价值,从而做出选择立即奖赏或者是延迟奖赏(Kable & Glimcher, 2007; 2010)。单机制和双机制加工模型假设最佳的选择是个体价值比较的结果,而没有其它的进程(例如,自我控制)的介入。自我控制模型则认为,个体可能高估一个小的较早的奖赏,低估大的较晚的奖赏,但是由于个体的自我控制能力,个体仍可能选择大的较晚的奖赏。最近,Figner等人(2010)采用经颅磁技术(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)研究结果显示在延迟折扣行为中,左外侧前额叶皮层是自我控制的神经基础。双机制加工模型和单机制加工模型认为价值评估网络影响个体的延迟折扣行为,而自我控制模型提出了自我控制网络影响个体的延迟折扣行为。因此,我们认为价值评估能力和自我控制能力可能是影响个体延迟折扣的特质性因素。

前人研究显示,跨期选择可能分为两个阶段:价值评估阶段和选择阶段,其中自控加工可能发生在选择加工阶段(Luo, Ainslie, Giragosian, & Monterosso, 2009; Figner et al., 2010)。但是,跨期选择中主观价值评估与自我控制加工有怎样的神经机制,以及它们是否可以预测个体的延迟折扣率,仍然不清楚。因此,我们围绕“主观价值评估与自我控制加工”这个维度进行深入研究,通

过设计一个新颖的实验范式,即通过把评估阶段和选择阶段进行分离,来考察主观价值评估与自我控制加工神经机制的分离,并且进一步考察它们对个体延迟折扣率的预测作用(Liu et al., 2012)。

实验模式:为了考察每个被试的延迟折扣率,所有被试都先完成一个跨期选择的行为前测。被试需要在立即奖赏20元和一个更大的延迟奖赏之间做出选择(奖赏金额的范围:21~120元;延迟的时间:1~90天)。然后确定每个被试在每个延迟时间上相等于立即奖赏(20元)主观价值的延迟奖赏的金额,即无差别点。我们把无差别的金额转换为立即奖赏的比例,然后用一个双曲线的函数拟合这些数据。因此,基于行为前测,我们计算出每个被试在每个延迟时间的奖赏金额。在磁共振实验中,每个被试在一个固定的立即奖赏20元和一个大的延迟奖赏之间做出选择,延迟奖赏的金额与延迟时间进行正交匹配(实验流程见图2)。

实验结果:行为结果显示,被试随着时间的延迟以一个双曲线的形式折扣延迟奖赏。神经成像结果显示,主观价值评估和自控加工分别涉及到不同的神经机制。在评估阶段,腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)、腹侧纹状体(ventral striatum, VS)和扣带回后部(posterior cingulate cortex, PCC)等的脑区激活与延迟奖赏的主观价值相关(见图3);而选择阶段,背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortices, DLPFC)和额下回(inferior frontal gyrus, IFG)等脑区激活与自控加工相关,且它们的激活强度与个体延迟折扣率成负相关(见图4)。

前人研究已经提出一些模型来解释延迟折扣行为的神经机制,双机制加工模型认为跨期选择过程中有两个独立的评估系统:“不耐烦”的 β 加工系统和“自控能力强”的 δ 加工系统。这两个系统之间相互竞争来调控人们的跨期选择(McClure et al., 2004, 2007);单机制加工模型认为在跨期选择中只有一个评估系统调节人的选择行为(Kable & Glimcher, 2007, 2010)。但是,通过比较双机制加工模型和单机制加工模型的实验任务发现,单机制加工模型的实验任务研究的是跨期选择的评估阶段的脑激活,即需要被试评估选项,但不做出选择;而双机制加工模型的实验任务研究的是跨期选择的评估和决策阶段(评估和决策阶段

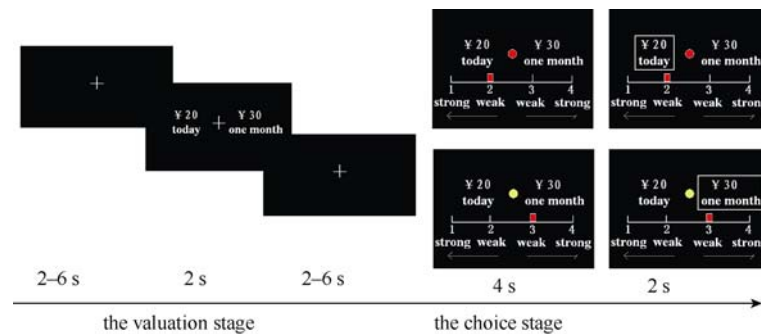


图 2 fMRI 实验流程图(彩图见电子版)。被试需要在一个固定的立即奖赏 20 元和较大的延迟奖赏之间做出选择。选择阶段分两种条件:(1)跟随选择,即出现红点时,被试跟随计算机光标进行选择;(2)自主选择,即出现黄点时,被试根据自己的判断进行选择。“1”、“2”、“3”、“4”代表选择的意愿强度,即“1”:立即奖赏的强接受;“2”:立即奖赏的弱接受;“3”:延迟奖赏的弱接受;“4”:延迟奖赏的强接受(Liu et al., 2012)。

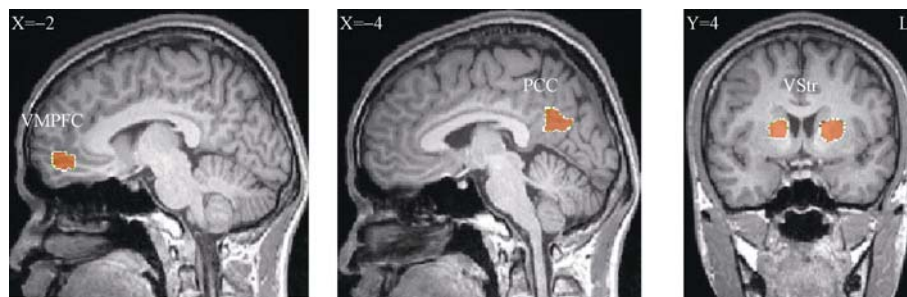


图 3 评估阶段的脑区激活示意图(阈值 $p < 0.05$, 被矫正, 体素数目 ≥ 10) (Liu, Feng, Wang, & Li, 2012) (彩图见电子版)

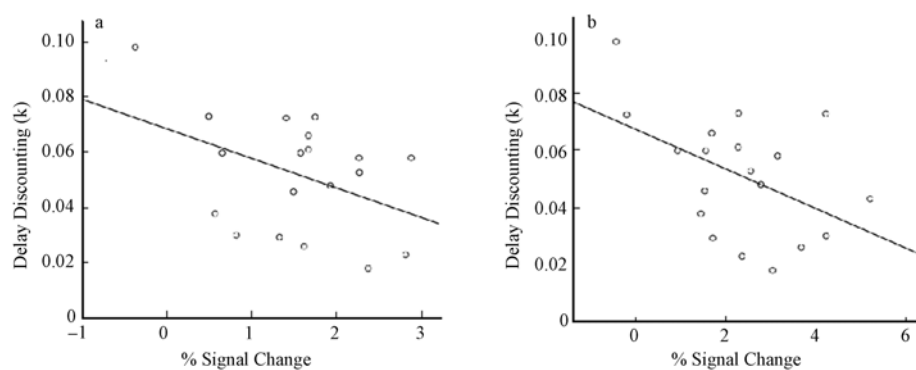


图 4 左侧背侧前额叶和右侧额下回的激活强度能够预测个体的延迟折扣率(a: left DLPFC, $r = -0.491$, $p = 0.033$; b: right IFG, $r = -0.479$, $p = 0.038$) (Liu et al., 2012)

为一个阶段)的脑激活,需要被试做出选择。也许由于两种实验任务中研究阶段的不同导致研究结果的差异,进而得出不同的模型解释,因此,不能直接把这两种模型进行对比。我们的研究对跨期选择的两个阶段进行了区分,即分为评估阶段和选择阶段,结果显示这两个阶段激活不同的脑

区,即在评估阶段发现价值评估网络激活,而在选择阶段发现自我控制网络激活。我们的研究整合了延迟折扣的不同神经理论的解释。

4.2 立即选项与延迟选项的神经表征与预测

最近的研究已经显示延迟折扣与选择偏好相关的神经机制。Tanaka 等人(2004)发现脑岛皮层

(insula cortex)和纹状体(striatum)编码立即奖赏和延迟奖赏选项的选择。例如,当个体选择立即选项时,这两个区域的腹侧前部激活,然而当个体选择延迟选项时,这两个脑区的背侧后部激活。Wittmann, Leland 和 Paulus (2007)研究发现当个体选择延迟奖赏而不是立即奖赏时,脑岛的两侧后部有更强的激活。在另一个类似的研究中,他们发现腹侧纹状体在选择立即奖赏选项时激活(Wittmann, Lovero, Lane, & Paulus, 2010)。

跨期选择分为“价值评估”和“选择”两个阶段,我们的先前研究已经证实它们分别对应着“主观价值评估”和“自我控制加工”两个过程。在跨期选择中,个体首先评估每个选项的主观价值,然后比较两个选项的价值,进而做出选择。前人的研究已经显示,纹状体和内侧前额叶编码主观价值,然后可以预测随后的行为(Kable & Glimcher, 2009; Levy & Wagner, 2011)。除此之外,其他的研究也显示在奖赏基础的决策任务中,前扣带回、内侧前额叶、腹侧纹状体能够编码随后行为选择的信息(Hampton & O'Doherty, 2007)。不过,还没有研究论证在跨期选择中,是否有特殊的神经环路能够编码随后的选择行为。课题组采用我们设

计的新颖实验范式(Liu et al., 2012)对该问题进行了深入探讨(Liu & Feng, 2012)。行为结果显示,个体的延迟折扣率是以双曲线的形式进行折扣的。磁共振结果表明,在评估阶段,在个体选择立即奖赏而不是延迟奖赏时,腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)、扣带前回(anterior cingulate cortex, ACC)和扣带后回(posterior cingulate cortex, PCC)显示更强的激活(见图 5);然而,在选择阶段,在个体选择延迟奖赏而不是立即奖赏时,后脑岛(posterior insula)显示更强的激活(见图 6)。这说明在跨期选择中,在评估阶段和选择阶段有特殊的神经环路能够预测选择行为。

以前的研究显示,被试做跨期选择任务时,价值评估阶段和选择阶段被整合为一个决策阶段(McClure et al., 2004; Tanaka et al., 2004; Wittmann et al., 2007)。目前的研究则把价值评估阶段和选择阶段进行分离,个体首先评估每个选项的主观价值,然后比较两个选项的价值,进而做出选择(Liu et al., 2012)。我们的研究首次直接说明价值评估阶段的激活能够指导随后的选择行为,而后脑岛在选择阶段可能在选择行为中扮演了一个重要的角色。

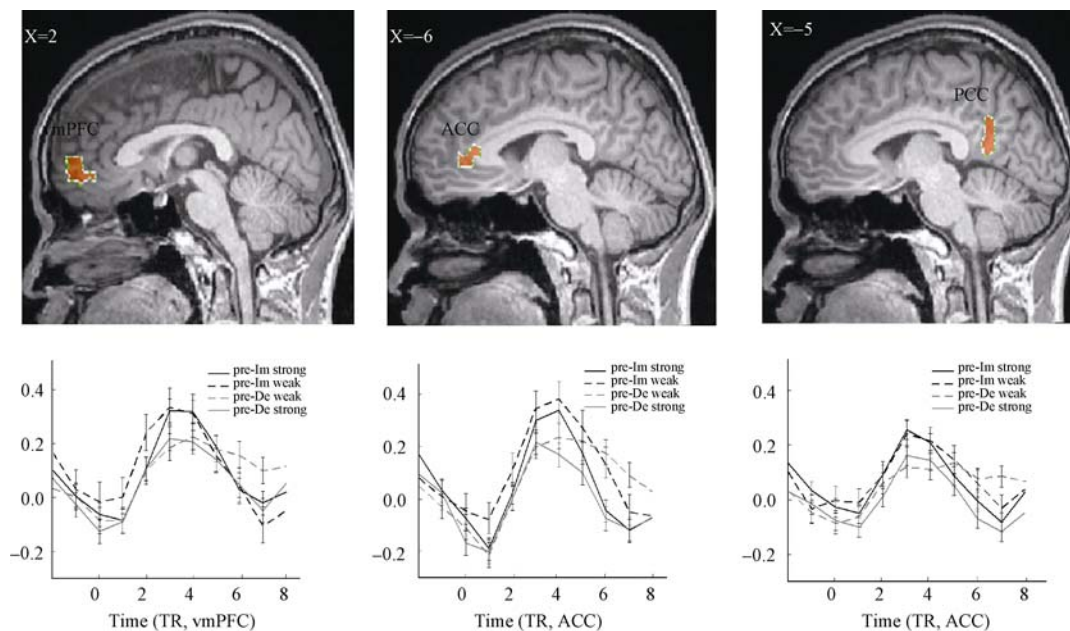


图 5 在价值评估阶段,腹内侧前额叶皮层、扣带前回和扣带后回三个脑区的激活能够预测个体随后的选择(Liu & Feng, 2012) (彩图见电子版)

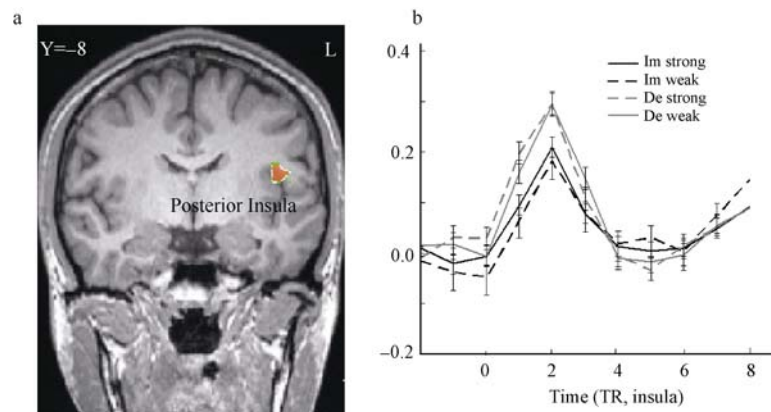


图6 在选择加工阶段, 后脑岛的激活能够预测个体的选择(Liu & Feng, 2012) (彩图见电子版)

4.3 调控方式对延迟折扣的影响: 基于静息态的研究

自我调控(self-regulation)是指个体明确自己的现实状态和目标状态, 以及从现实状态到达目标状态的方法和手段, 然后付诸实际行动(Higgins, Kruglanski, & Pierro, 2003)。人类的行为主要包含两种基本的调控方式: 评估(assessment), 即主要关注于对各种目标和方法进行比较, 然后做出选择, 重点强调“比较”; 行动(locomotion), 即主要关注于做出实际行动, 直接朝向自己的目标努力, 重点强调“行动”。对于决策过程而言, “评估”主要关注对各个选项之间的评价、比较; 而“行动”主要关注对决策选项的选择。到目前为止, 没有人研究“评估”和“行动”两种基本调控方式对延迟折扣的影响及其神经基础。

静息态脑功能磁共振成像(rs-fMRI)可以考察无任务状态下大脑自发的激活, 也能够考察个体不同脑区之间的功能连接(Buckner & Vincent, 2007)。前人研究显示, 静息状态下, 与延迟折扣相关的脑网络的功能连接能够预测个体的延迟折扣率(Li et al., 2013)。因此, 我们采用了静息态磁共振技术, 考察“评估”和“行动”两种调控方式对个体延迟折扣行为的影响及神经机制(Guo & Feng, 2014)。行为结果显示, 个体的“评估”分数和折扣曲线下面积(area under the curve, AUC)呈正相关(如图7a), 而个体的“行动”分数和AUC呈负相关(如图7b); 而且, 用“评估”维度与“行动”维度分数差值的中数将被试分为评估者和行动者, 结果发现“评估者”比“行动者”表现出更小的折扣率

(如图7c)。静息态磁共振(rs-fMRI)结果表明, AUC与L.DLPFC-mPFC功能连接网络负相关, 而与mPFC-VS功能连接网络呈正相关。个体的“评估”分数与L.DLPFC-mPFC功能连接网络呈负相关, 与mPFC-VS功能连接网络呈正相关; 与之相对, 个体的“行动”分数与L.DLPFC-mPFC功能连接呈正相关。进一步的中介效应分析显示, DLPFC-mPFC的功能连接在调控方式对延迟折扣影响中起着中介作用(如图7d)。

我们不难发现, 评估定向越强的个体延迟折扣率越小, 而行动定向越强的个体延迟折扣率越大。前人研究已经显示DLPFC是控制网络的脑区, vmPFC是价值评估网络的脑区(McClure et al., 2004; Liu et al., 2012), “行动者”比“评估者”表现出更大的折扣率可能是因为“行动者”的控制网络对价值评估网络的调控较弱所造成的。这些结果说明, 个体在长期生活中所形成的不同调控方式在大脑静息状态下有所反映, 它也是影响人们延迟折扣的重要特质性因素之一。

5 状态性延迟折扣的认知神经机制

5.1 框架效应对延迟折扣的影响

框架效应(framing effect)是指相同决策任务的不同描述方式会影响决策者对备选选项的表征, 从而影响其决策偏好的现象(De Martino, Kumaran, Seymour, & Dolan, 2006)。经典例子是亚洲疾病问题, 在正(得)框架下, 人们倾向于回避风险, 选择保守的方案; 在负(失)框架下, 人们的选择倾向发生了偏转, 更倾向于选择冒险的方

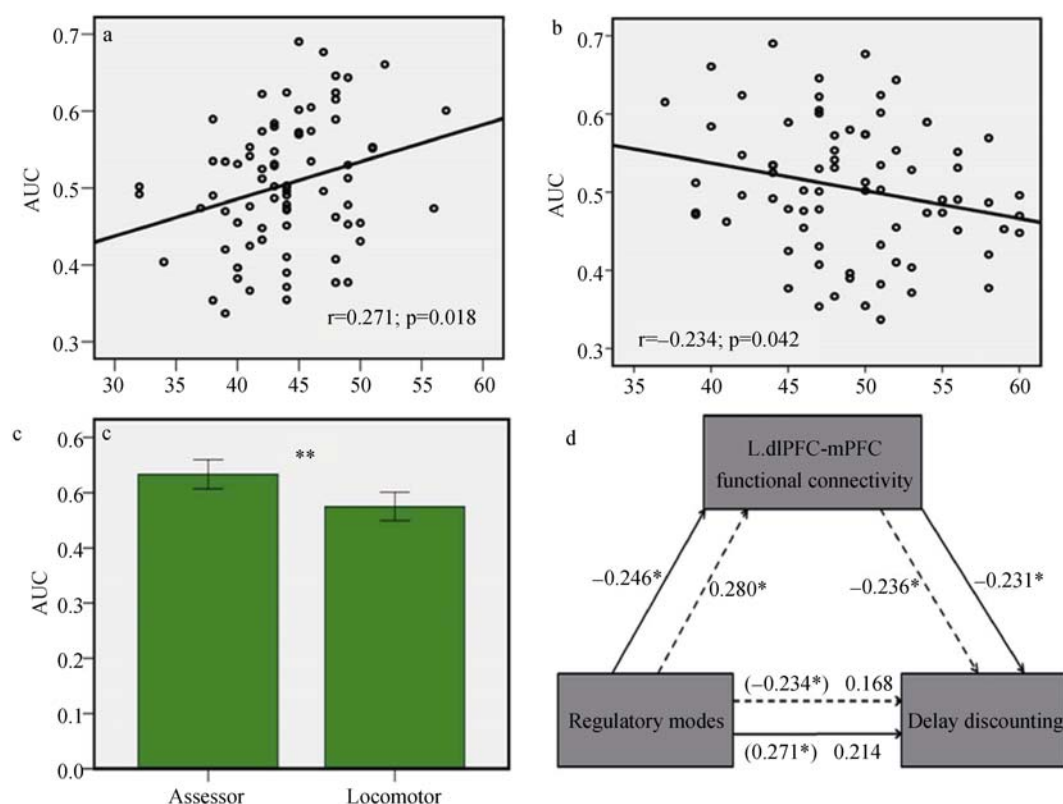


图7 a. 为评估维度得分和 AUC 的相关图; b. 为行动维度得分和 AUC 的相关图; c. 为评估者和行动者 T 检验图; d. 为中介效应图, 实线为评估的中介效应, 虚线为行动的中介效应。注: * 表示 $p<0.05$; **表示 $p<0.01$ (Guo & Feng, 2014)。

案。跨期选择的框架效应研究显示, 想象将在 1 年后获得一台录音机的被试只愿意付出 \$54 来即刻购买, 而那些想象即刻获得的被试却愿意花 \$126 来购买这台录音机 (Loewenstein, 1988), 这被称为“提前—延迟框架效应”。除此之外, 奖赏兑现的时间分别以“日期(1 月 1 号(今天) vs. 6 月 1 号)”或“延迟间隔(今天 vs. 5 月后)”的方式表述时, 会影响个体对立即和延迟奖赏的选择 (Read et al., 2005; Weber et al., 2007)。

综上所述, 在以往的跨期研究中, 所谓的“框架”主要是针对“时间”进行了不同表征, 进而影响决策个体的选择偏好, 但并没有涉及金钱“得、失”框架对延迟折扣的影响。基于此, 我们考察了收益和损失型跨期选择中的“得、失”框架效应、任务难度效应及认知机制 (马文娟等, 2012)。实验中, 我们分别创设了贴近日常生活的收益和损失两类不同的延迟折扣情境, 然后让被试进行选

择。研究发现, 收益型延迟折扣行为只在任务容易的条件下存在得失框架效应, 与失框架相比, 被试在得框架下选择即时获益的概率更高; 在任务困难的条件下得失框架效应消失; 损失型延迟折扣行为中不存在得失框架效应。

这些结果说明, 结果的表述方式(得、失)会影响个体的选择偏好, 得失框架对跨期选择的影响只表现在收益情境中, 而并没有表现在损失情境中。这意味着, 在跨期选择框架效应研究中, 得失框架是一个不容忽视的因素。此外, 在以后的研究中应该注意将决策情境细化分类, 同时注意研究结果的使用范围。这对进一步了解状态性延迟折扣的认知机制, 完善相关理论具有重要的理论价值。另一方面, 本研究贴近现实生活情境, 有较高的生态效度, 这对于帮助人们认识自身存在的非理性现象, 更好地应对日常生活中的抉择, 也有一定的现实意义。

5.2 贫富线索对延迟折扣行为的影响

贫穷和富有的状态会影响到我们生活的许多方面,从自尊、社交、到个体的经济决策行为等(Wood, 1998; Oakes & Rossi, 2003; Piff, Kraus, Côté, Cheng, & Keltner, 2010)。研究显示,与富裕国家相比,贫穷国家的普通民众倾向于更少的储蓄,吃更少的健康的食物,进行更少的身体锻炼(Fehr, 2002)。最近, Giskevicius, Tybur, Delton 和 Robertson (2011)研究表明,在贫穷环境中长大的个体倾向于关注当下,而在相对富裕环境中长大的个体则更加关注未来。原因可能是在贫穷环境长大的个体拥有较少的资源,面临更多的威胁,而在富裕环境长大的个体有更多的资源,更强的控制力。为了适应威胁的情境,在相对贫穷环境中长大的个体对社会资源的需要可能更加急切。同时,前人研究显示即时环境线索可以影响个体的选择偏好,例如, Zhong 和 DeVoe (2010)发现暴露于快餐食物商标的个体有更大的不耐烦,偏好选择立即奖赏。因此,我们提出即时的贫穷与富有线索的感知可能影响个体的延迟折扣。

本研究用三个分实验来考察个体的延迟折扣行为可能受到贫富线索的影响(Liu et al., 2012)。本研究假设:通过“贫穷”和“富有”图片的外显和内隐的启动(实验 A 和实验 B),以及通过实际情景造成被试的暂时“贫穷”和“富有”状态(实验 C),在贫穷状态下个体易于选择立即奖赏,更加的冲动,而富有状态下的被试则倾向于延迟满足。

研究结果显示:(1)通过贫穷线索与富有线索的外显启动(实验 A)和内隐启动(实验 B),与启动前相比,当个体在贫穷线索启动后,他们选择立即奖赏的比例增加,结果差异显著;而当个体在富有线索启动后,与启动前相比,个体选择立即奖赏的比例减少。(2)操纵暂时性真实贫穷与富有状态的改变(实验 C),与富有状态相比,暂时的贫穷状态的被试更倾向于选择小的、立即的奖赏(见图 8)。正负情绪问卷(Positive Affect and Negative Affect Scale, PANAS)显示,研究的操纵没有造成被试情绪的改变,这说明并不是由于情绪的改变导致了个体的选择偏好的变化。以上实验结果说明,“贫、富”的状态可以改变个体的延迟折扣,进而做出不同的选择。

Giskevicius 等人(2011)研究显示儿童的生活环境可能使他们形成了不同的生命历史策略,死

亡的线索导致生活在资源相对贫乏的个体认为现在是重要的,而使生活在资源相对富有的环境中的个体则认为将来是重要的。他们的结果显示了长期形成的特质性因素能够影响人们的经济决策和风险行为。而我们的研究证实了,不需要特质性的改变,仅仅是贫富的状态性改变也会影响到人们的延迟折扣和决策。

5.3 预期情绪对延迟折扣的调控机制

预期想象指个体可以生动想象未来事件的能力(Boyer, 2008; Bar, 2009)。早期的行为研究表明,预期效用能够增加或减少对未来奖赏的主观价值(Loewenstein, 1987)。新近的神经机制研究也认为,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延迟折扣(Peters & Büchel, 2010); Benoit, Gilbert 和 Burgess (2011)的研究也表明,情境预期的能力强的个体更倾向于延迟满足。但是,情境预期影响延迟折扣的认知机制目前并不清楚。

为此,我们提出了一个“情境预期-情绪模型”来解释其影响的认知机制:首先,想象将来的情境能够自动激活与情境相关的经历,而不需要有意地提取或者建构;而后,这些经历会自动激活情绪环路,情绪环路的激活会影响人们对预期情境中的价值评估。值得一提的是,情绪激活本身不受认知的控制,能够根据想象的情境发生相应的改变(见图 9)。因此,情境预期的情绪在改变个体的延迟折扣中扮演着重要的作用。例如,想象积极的未来情境可能使人目光远大(想象即将升职),想象消极的未来情境则可能让人目光短浅(想象即将破产)。据此,我们认为情境预期可能通过情绪来调节个体的延迟折扣:情境预期的情绪效价决定了延迟折扣改变的性质,即预期积极的情境事件会降低延迟折扣率,而预期消极的情境事件会提高延迟折扣率,但预期中性的情境事件则不会改变延迟折扣;情境预期能力的强弱则决定了延迟折扣改变的程度(Liu et al., 2013)。

为检验“情境预期-情绪模型”的科学性,我们开展了一系列研究。实验的基本模式为:在正式实验之前,通过一个前测筛选出大学生认为的 10 个最积极的未来情境(例如,赢得奖学金,生日宴会),10 个最消极的未来情境(例如,生病,考试失利),10 个中性的情境(例如,洗澡,洗衣服)。在实验中,首先让被试完成心理想象问卷

(Questionnaire Upon Mental Imagery)和正负情绪问卷(Positive Affect and Negative Affect Scale, PANAS), 然后完成一个没有想象任务的跨期选择任务(基线任务); 接着, 完成一个带有想象“积极/消极/中性(三种实验条件)”未来情境的跨期选择任务, 其中每种实验条件又分为两种提示条件: 要求想象提示的预期情境和要求不想象提示的预期情境(即纯粹的“标签效应”) (见图 10)。在完成两个任务之后, 对被试的想象预期情境的生

动性、预期想象能力和情境情绪等进行了评估。

在一项以选择立即奖赏为实验指标的研究中(Liu et al., 2013): 相对于基线条件, 想象积极情境条件下, 被试更倾向于选择延迟奖赏; 想象消极情境条件下, 被试更倾向于选择立即奖赏; 但在想象中性情境条件下, 被试的选择偏好则没有发生变化(见图 10)。在一项以延迟折扣率为实验指标的研究中(Qin, Peng, & Feng, 2014), 在控制了被试的想象能力和情境情绪后, 仍然发现: 与基

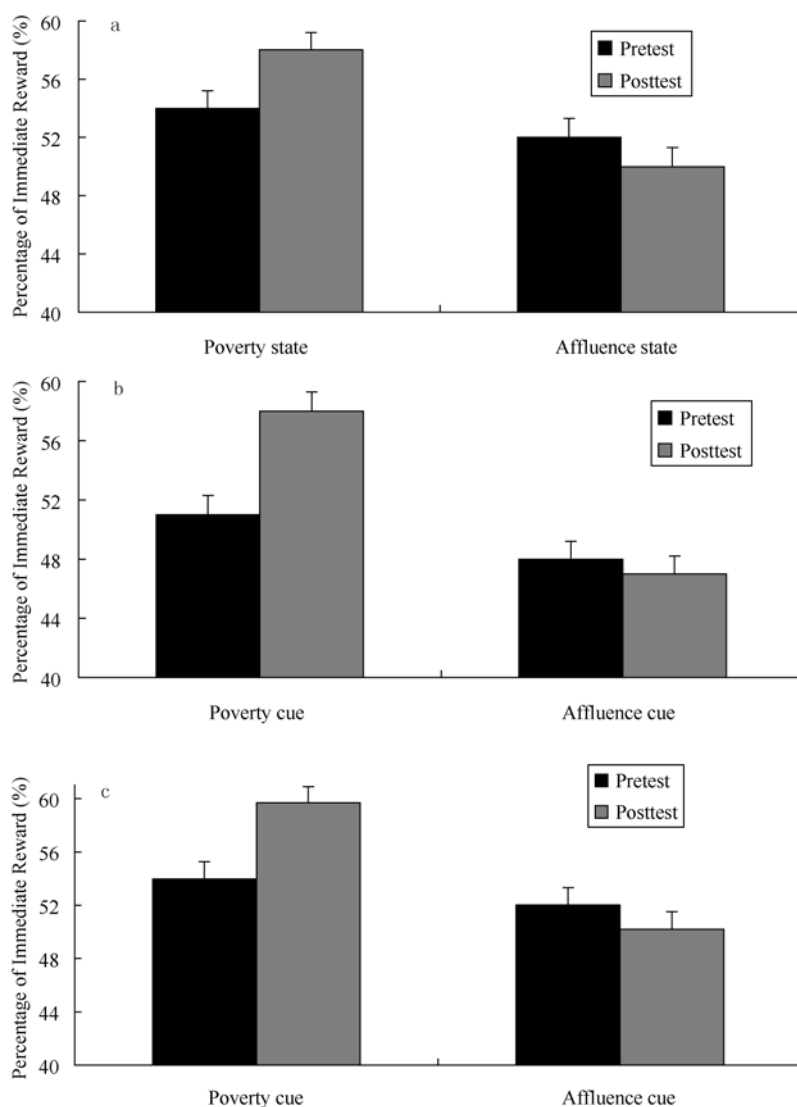


图 8 a. 实验 A 的结果: 在外显启动前后, 贫穷线索组和富有线索组的被试选择立即奖赏的比例; b. 实验 B 的结果: 内隐启动前后, 贫穷线索组和富有线索组的被试选择立即奖赏的比例; c. 实验 C 的结果: 操纵“贫、富”状态前后, 在暂时贫穷状态组和富有状态组的被试选择立即奖赏的比例(Liu et al., 2012)。

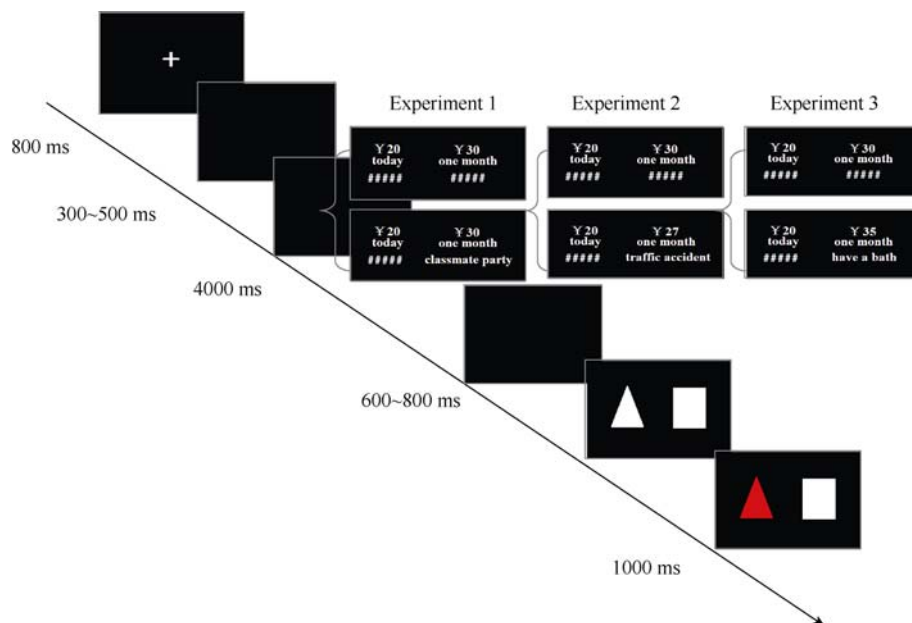


图 9 实验流程图。被试需要在一个小立即奖赏和一个大的延迟奖赏之间选择。在控制情境, 仅仅呈现奖赏数量和延迟时间; 在实验情境, 除了呈现奖赏数量和延迟时间, 还呈现了预期情境的提示标签: 实验 1, 呈现积极情境的标签; 实验 2, 呈现消极情境的标签; 实验 3, 呈现中性情境的标签(Liu et al., 2013)。

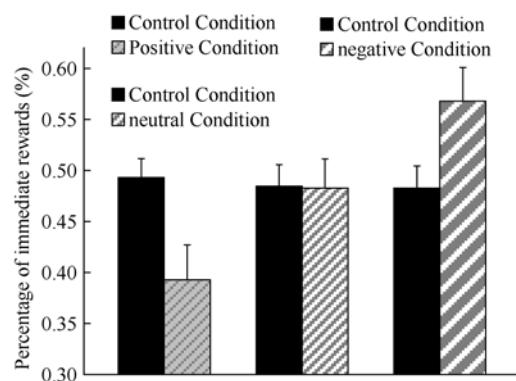


图 10 积极情境预期、消极情境预期、中性情境预期和控制条件下, 被试选择立即奖赏的比例(Liu, Feng, Chen, & Li, 2013)。

线任务相比, 想象积极情境显著降低了被试的延迟折扣率, 而不想象的积极标签条件下, 被试的延迟折扣率并没有发生变化; 想象消极情境显著提高了被试的延迟折扣率, 而不想象的消极标签条件下, 被试的延迟折扣率也没有改变; 想象中性情境条件和不想象中性标签条件下, 被试的延迟折扣率与基线条件没有差异(见图 11)。

这些实验结果支持了“情境预期-情绪模型”, 预期积极的情境事件能够降低个体的延迟折扣率, 而预期消极的情境事件会提高延迟折扣率, 但预期中性的情境事件则不会改变延迟折扣率, 这说明情境预期的情绪效价决定了延迟折扣改变的方向。最近, 我们又通过磁共振技术, 考察了个体预期情绪影响个体延迟折扣的神经机制, 以期用神经成像的证据来证明我们提出的模型的科学性。“情境预期-情绪模型”及相关实验证据, 也为延迟折扣的可塑性开辟了一条新的思路。

6 研究展望

延迟折扣是一个极为普遍的决策现象, 是决策研究中一个重要的研究领域。本课题组从影响决策主体的特质性因素角度出发, 发现延迟折扣的神经基础涉及到价值评估网络和自我控制网络以及两个网络之间的相互作用, 并且对个体的选择行为具有预测作用, 整合了不同的神经理论解释; 从影响决策主体的状态性因素角度出发, 发现框架效应、贫富线索和预期情绪等状态性因素影响延迟折扣的作用机理, 并且进一步探讨其认知神经机制。研究者从行为到神经机制对延迟

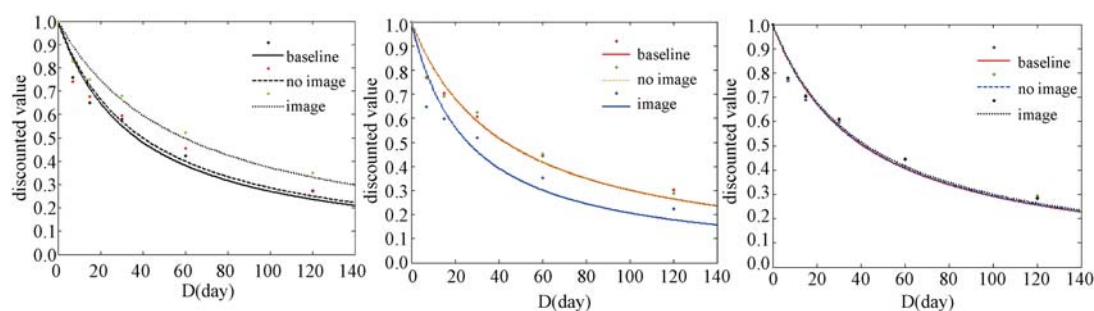


图 11 积极情境预期、消极情境预期和中性情境预期(每种情境预期中包含了想象条件、标签条件和基线条件)中的延迟折扣率(Qin et al., 2014) (彩图见电子版)

折扣领域展开了系列研究,但是还存在众多疑点和未解之谜。今后需要着重从以下几个方面进行研究。

从研究层次上来看,延迟折扣行为的研究主要集中在行为层面,而神经机制层面的研究在2000年后才逐渐兴起。各种研究结果和观点纷争:双机制加工模型(McClure et al., 2004)、单机制加工模型(Kable & Glimcher, 2007)和自我控制模型(Figner et al., 2010)等,其中发现在延迟折扣行为中有评估网络(Valuation network)和认知控制网络(Cognitive control network)等脑网络参与(Peters & Büchel, 2011; Liu et al., 2012)。影响延迟折扣的特质因素的神经表征以及如何调控延迟折扣的神经机制都不清楚;同样,状态性因素如何影响个体延迟折扣的神经机制也有待探究。因此,从特质性和状态性因素角度,对跨期选择的神经基础和运行机制的研究必将成为未来相当长一段时间内的国际研究热点和趋势。

从病理性研究角度来看,已经有大量行为研究表明,许多精神疾病或特殊人群表现出更高的延迟折扣率,更偏好于立即选项。一方面,前人提出时间感知异常观点和支持冲动与自我控制理论来解释特殊人群(如成瘾、暴饮暴食、病理性赌博)延迟折扣行为的认知机制(Zauberman, Kim, Malkoc, & Bettman, 2009; Wittmann, Leland, Churan, & Paulus, 2007; Figner et al., 2010; Liu et al., 2012)。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。弄清特殊人群延迟折扣行为的认知及病理机制不仅具有很高的科学价值,也能够为改善和治疗特殊人群的延迟折扣提供理论支持和技术指导。另一方面,虽然研究证

明价值评估网络和自我控制网络在延迟折扣行为中起重要作用,但这两个神经网络在特殊人群中的具体损害,以及不同类型特殊人群(如成瘾、暴饮暴食)在延迟折扣缺陷上是否又有其各自独特的认知和神经机制,都需要进一步研究。

从干预方法和技术角度来看,对延迟折扣行为进行研究,最终是为了改善和治疗特殊人群(如成瘾、暴饮暴食、病理性赌博)的决策缺陷。对于这方面的干预方法与技术的研究才刚刚起步。我们课题组有专门的文章论述延迟折扣行为的可塑性(彭娟,冯廷勇,2014)。例如,工作记忆是指个体在执行认知任务过程中,暂时储存与加工信息的能力有限的系统,被认为是人类认知活动的核心。通过工作记忆训练在一定程度上能够降低物质成瘾的延迟折扣率(Bickel et al., 2011); Peters和Büchel (2010)的研究表明,情景预期通过对评估网络和预期网络(Prospection network)的调节,能够有效降低跨期选择中的冲动性。我们的研究则发现,只有加入积极情境的预期想象才能降低个体对立即选项的偏好(Liu et al., 2013);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)。但是,目前这些方法与技术都还处于研究阶段,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

- 何嘉梅, 黄希庭. (2009). 时间贴现的性质与脑机制. *心理科学进展*, 17(1), 98–105.
- 梁竹苑, 刘欢. (2011). 跨期选择的性质探索. *心理科学进展*, 19(7), 959–966.
- 刘雷, 赵伟华, 冯廷勇. (2012). 跨期选择的认知机制与神经基础. *心理科学*, 35(1), 56–61.
- 马文娟, 索涛, 李亚丹, 罗笠铎, 冯廷勇, 李红. (2012). 得失框架效应的分离: 来自收益与损失型跨期选择的研究. *心理学报*, 44(8), 1038–1046.
- 彭娟, 冯廷勇. (2014). 成瘾人群跨期选择的神经机制及干预方法. *心理科学进展*, 22(5), 810–821.
- 孙彦. (2011). 风险条件下的跨期选择. *心理科学进展*, 19(1), 28–34.
- 王鹏, 刘永芳. (2009). 情绪对跨时选择的影响. *心理科学*, 32(6), 1318–1320.
- Ainslie, G. (1975). Specious reward, a behavioral theory of impulsiveness and impulse control. *Psychological Bulletin*, 82(4), 463–496.
- Bar, M. (2009). The proactive brain: Memory for predictions. *Philosophical Transaction of the Royal Society London B Biological Sciences* 364(1521), 1235–1243.
- Benoit, R. G., Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2011). A neural mechanism mediating the impact of episodic prospection on farsighted decisions. *The Journal of Neuroscience*, 31(18), 6771–6779.
- Benzion, U., Rapoport, A., & Yagil, J. (1989). Discount rates inferred from decisions: An experimental study. *Management Science*, 35(3), 270–284.
- 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.
- 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.
- Boyer, P. (2008). Evolutionary economics of mental time travel? *Trends in Cognitive Sciences*, 12(6), 219–224.
- Buckner, R. L., & Vincent, J. L. (2007). Unrest at rest: Default activity and spontaneous network correlations. *Neuroimage*, 37(4), 1091–1096.
- Chen, H., Ng, S., & Rao, A. (2005). Cultural differences in consumer impatience. *Journal of Marketing Research*, 42(3), 291–301.
- De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Frames, biases and rational decision making in the human brain. *Science*, 313(5787), 684–687.
- Fehr, E. (2002). Behavioural science: The economics of impatience. *Nature*, 415, 269–272.
- Frederick, S., Loewenstein, G., & O'Donoghue, T. (2002). Time discounting and time preference: A critical review. *Journal of Economic Literature*, 40(2), 351–401.
- 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, 538–539.
- Green, L., & Myerson, J. (2004). A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological Bulletin*, 130(5), 769–792.
- Griskevicius, V., Tybur, J. M., Delton, A. W., & Robertson, T. E. (2011). The influence of mortality and socioeconomic status on risk and delayed rewards: A life history theory approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 100(6), 1015–1026.
- Guo, Y., & Feng, T. Y. (2014). The relationship between regulatory mode and delay discounting is mediated by dlPFC-mPFC functional connectivity. Working Paper.
- 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(4), 1377–1382.
- Higgins, E. T., Kruglanski, A. W., & Pierro, A. (2003). Regulatory mode: Locomotion and assessment as distinct orientations. In M. P. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology*, 35, 293–344.
- Kable, J. W., & Glimcher, P. W. (2007). The neural correlates of subjective value during intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 10(12), 1625–1633.
- Kable, J. W., & Glimcher, P. W. (2009). The neurobiology of decision: Consensus and controversy. *Neuron*, 63(6), 733–745.
- Kable, J. W., & Glimcher, P. W. (2010). An “as soon as possible” effect in human intertemporal decision making: Behavioral evidence and neural mechanisms. *Journal of Neurophysiology*, 103, 2513–2531.
- Kim, B. B., & Zauberman, G. (2009). Perception of anticipatory time in temporal discounting. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 2(2), 91–101.
- Laibson, D. I. (1997). Golden eggs and hyperbolic discounting. *Quarterly Journal of Economics*, 112(2), 443–77.
- Laibson, D. (2001). A cue-theory of consumption. *Quarterly Journal of Economics*, 116(1), 81–119.
- Levy, B. J., & Wagner, A. D. (2011). “Cognitive control and right ventrolateral prefrontal cortex: Reflexive reorienting,

- motor inhibition, and action updating.” *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1224(1), 40–62.
- Loewenstein, G. F. (1988). Frames of mind in intertemporal choice. *Management Science*, 34(2), 200–214.
- Loewenstein, G. (1987). Anticipation and the valuation of delayed consumption. *The Economic Journal*, 97(387), 666–684.
- Liu, L., Feng, T. Y., Chen, J., & Li, H. (2013). The value of emotion: How does episodic prospection modulate delay discounting? *PLoS One*, 8(11), e81717.
- Liu, L., Feng, T. Y., Suo, T., Lee, K., & Li, H. (2012). Adapting to the destitute situations: Poverty cues lead short-term choice. *PLoS One*, 7(4), e33950.
- Liu, L., Feng, T. Y., Wang, J. F., & Li, H. (2012). The neural dissociation of subjective valuation from choice processes in intertemporal choice. *Behavioral Brain Research*, 231(1), 40–47.
- Liu, L., & Feng, T. Y. (2012). The neural predictors of choice preference in intertemporal choice. *Brain Research*, 1436, 92–100.
- Li, S., Su, Y., & Sun, Y. (2010). The effect of pseudo-immediacy on intertemporal choices. *Journal of Risk Research*, 13(6), 781–787.
- Li, J. Z., Li, S., & Liu, H. (2011). How has the Wenchuan Earthquake influenced people's intertemporal choices? *Journal of Applied Social Psychology*, 41(11), 2739–2752.
- 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.
- Luo, S., Ainslie, G., Giragosian, L., & Monterosso, J. R. (2009). Behavioral and neural evidence of incentive bias for immediate rewards relative to preference-matched delayed rewards. *The Journal of Neuroscience*, 29(47), 14820–14827.
- Mazur, J. E. (1984). Tests of an equivalence rule for fixed and variable reinforcer delays. *Experimental Psychology: Animal Behavior*, 10(4), 426–436.
- 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.
- McClure, S. M., Ericson, K. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G., & Cohen, J. D. (2007). Time discounting for primary rewards. *Journal of Neuroscience*, 27(21), 5796–5804.
- Oakes, J. M., & Rossi, P. H. (2003). The measurement of SES in health research: Current practice and steps toward a new approach. *Social Science and Medicine*, 56(4), 796–784.
- O'Donoghue, T., & Rabin, M. (1999). Doing it now or later. *American Economic Review*, 89(1), 103–124.
- Peters, J., & Büchel, C. (2011). The neural mechanisms of inter-temporal decision-making: Understanding variability. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(5), 227–239.
- Peters, J., & Büchel, C. (2010). Episodic future thinking reduces reward delay discounting through an enhancement of prefrontal-mediotemporal interactions. *Neuron*, 66(1), 138–148.
- Piff, P. K., Kraus, M. W., Côté, S., Cheng, H., & Keltner, D. (2010). Having less, giving more: The influence of social class on prosocial behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 99(5), 771–784.
- Qin, L. L., Peng, J., & Feng, T. Y. (2014). The emotional valence in episodic future thinking modulates the changed direction of delay discounting. Working Paper.
- Read, D., Frederick, S., Orsel, B., & Rahman, J. (2005). Four score and seven years from now: The date/delay effect in temporal discounting. *Management Science*, 51(9), 1326–1335.
- Read, D., & Roelofsma, P. (2003). Subadditive versus hyperbolic discounting: A comparison of choice and matching. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 91(2), 140–153.
- Samuelson, P. A. (1937). A note on measurement of utility. *The Review of Economic Studies*, 4(2), 155–161.
- Shamosh, N. A., & Gray, J. R. (2008). Delay discounting and intelligence: A meta-analysis. *Intelligence*, 36(4), 289–305.
- Sun, Y., & Li, S. (2010). The effect of risk on intertemporal choice. *Journal of Risk Research*, 13(6), 805–820.
- Sun, Y., Li, S., Bonini, N., & Su, Y. (2012). Graph-framing effects in decision making. *Journal of Behavioral Decision Making*, 25(5), 491–501.
- Tanaka, S. C., Doya, K., Okada, G., Ueda, K., Okamoto, Y., & Yamawaki, S. (2004). Prediction of immediate and delayed rewards differentially recruits cortico-basal ganglia loops. *Nature Neuroscience*, 7, 887–893.
- Thaler, R. (1981). Some empirical evidence of dynamic inconsistency. *Economics Letters*, 8(3), 201–207.
- Weber, E. U., Johnson, E. J., Milch, K. F., Chang, H., Brodscholl, J. C., & Goldstein, D. G. (2007). Asymmetric discounting in intertemporal choice: A query-theory account. *Psychological Science*, 18(6), 516–523.
- Wittmann, M., Leland, D. S., & Paulus, M. P. (2007). Time and decision making: Differential contribution of the posterior insular cortex and the striatum during a delay discounting task. *Experimental Brain Research*, 179(4), 643–653.
- 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.

- Wittmann, M., Lovero, K. L., Lane, S. D., & Paulus, M. P. (2010). Now or later? Striatum and insula activation to immediate versus delayed rewards. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 3(1), 15–26.
- Wood, M. (1998). Socio-economic status, delay of gratification, and impulse buying. *Journal of Economic Psychology*, 19(3), 295–320.
- 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.
- Zhong, C. B., & DeVoe, S. E. (2010). You are how you eat fast food and impatience. *Psychological Science*, 21(5), 619–622.

The Cognitive and Neural Mechanism of the Delay Discounting: from the Trait and State Perspectives

LIU Lei; SU Ti; PENG Juan; GUO Yiqun; FENG Tingyong

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

Abstract: Delay discounting means that compared with current or recent benefits (or losses), people tend to give future benefits (or losses) less weight, and choose current or recent benefits (or losses). Why are people impulsive? Why do people exhibit the behavior of delay discounting? How can we make people “visionary” and avoid “short-sighted”? All of the problems need to be solved for the research of delay discounting. In recent years, using the behavioral, ERP, and fMRI technologies, we systematically invest cognitive mechanisms, neural basis, and influencing factors of delay discounting behavior from the trait and state delay discounting perspectives. On the one hand, from the trait delay discounting perspective, we examined the neural dissociation between subjective valuation and self-control, the neural prediction between immediate reward option and delayed reward option, and the neural difference of delay discounting behavior for actors and thinkers. On the other hand, from the state delay discounting perspective, we exploited that how framing effects affect individual delay discounting behavior, how wealth and poor cues affect individual delay discounting behavior, and how the emotion of episodic prospection affect individual delay discounting behavior. Our research found that the neural basis of delay discounting included the valuation network and self-control network, and that the modulation of self-control network to valuation network could predict individual delay discounting rate, integrating the different neural theories of delay discounting. In addition, framing effect, wealth and poor cues, and emotion of episodic prospection could affect individual delay discounting behavior. Thus, it is possible to shape individual delay discounting behavior. Our work will provide the theory and practice guidance for the development of behavioral decision making and psychiatry of China.

Key words: delay discounting; trait factors; state factors; cognitive mechanism; neural basis

通讯作者简介:

冯廷勇博士, 西南大学心理学部教授, 美国宾夕法尼亚大学访问学者, 重庆市心理学会发展心理学专业委员会主任。主要从事跨期选择、“接受还是放弃?”决策以及决策信心等领域的认知与神经机制研究, 已主持决策领域的国家自然科学基金项目 2 项, 在 *Human Brain mapping*、*Neuroimage*、*Social Cognitive and Affective Neuroscience*、*PLOS one*、*Behavioural Brain Research*、*Brain Research*、《中国科学》、《科学通报》、《心理学报》等专业期刊发表决策相关的论文 50 余篇。