

Anxiety and Decision-Making: A Neuroeconomic View

Zhenliang Liu, Shoukuan Mu*, Tiantian Liu, Jiahui Han

Department of Educational Science, Minnan Normal University, Zhangzhou
Email: [*msk1967@163.com](mailto:msk1967@163.com)

Received: Jun. 23rd, 2014; revised: Jun. 30th, 2014; accepted: Jul. 8th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Although the everyday decision-making of clinically anxious individuals is easily influenced by their excessive panic and fear, the relationship between anxiety and decision-making remains still getting no answer in neuroeconomic studies. This paper tries to explore the role of anxiety in decision-making with a neuroeconomic approach. The paper first reviews the neural systems mediating fear and anxiety, which overlap with a network of brain regions associated with decision-making. Cognitive effects of anxiety have the potential impact on the decision making. After that, the paper explains the relationship between anxiety and decision-making from uncertainty, framing effect and loss aversion. Finally, we briefly comment and summarize the paper.

Keywords

Anxiety, Decision-Making, Neuroeconomic, Cognitive Effects

焦虑与决策：神经经济学观点

刘振亮, 沐守宽*, 刘田田, 韩佳慧

闽南师范大学教育科学学院, 漳州
Email: [*msk1967@163.com](mailto:msk1967@163.com)

收稿日期: 2014年6月23日; 修回日期: 2014年6月30日; 录用日期: 2014年7月8日

*通讯作者。

摘要

具有焦虑症状的人，每天的决策都很容易受到他过度的恐慌与担忧的影响。但在神经经济学的研究中，焦虑与决策的关系仍然没有得到解答。文章试图用神经经济学的观点来探讨焦虑在决策中的作用。文章回顾了同恐惧与焦虑有关的神经基础，发现它们重叠的区域与决策有关。焦虑所具有的认知效应对决策存在着潜在影响。焦虑与决策的关系分别从不确定性、框架效应以及损失反感三个方面来进行阐述。文章最后进行了简要的述评与总结。

关键词

焦虑，决策，神经经济学，认知效应

1. 引言

在现实生活中，每个人都会有焦虑的时刻，如求职、面试、考试等。但具有焦虑倾向的人更多是与其个人特质有关(Spielberger, 1972)，这也表明，他们具有稳定的潜在神经基础。有焦虑症状的人，其过高的焦虑会妨碍其在日常生活中的适应能力，如人际关系、工作、学习等。对于这些具有不同焦虑的个体，他们在决策当中会展现出不同的行为模式和神经反应(Wu, Luo, Broster, Gu, & Luo, 2013)。但对于焦虑与决策的关系来说，仍需要一个更加全面而细致的理解。新兴的神经经济学为这一问题的解答提供了新的思路与研究方法。

文章基于行为经济学和神经经济学来探讨焦虑对决策的影响。文章首先回顾了恐惧和焦虑有关的神经系统以及它们与决策的关系，接着探讨了认知偏差在决策中的作用以及焦虑与决策的关系。最后，进行了简要的述评与展望。

2. 恐惧与焦虑的神经基础

虽然焦虑与恐惧存在许多相通之处，但他们也存在着明显不同(Sylvers, Lilienfeld, & LaPrairie, 2011)。恐惧的反应通常由具体的刺激所引起，持续时间较短，且随着威胁的消失其也会随之降低。焦虑并没有具体的刺激，并且会持续很长的时间。尽管如此，焦虑仍然被视为是持续恐惧的一种状态。

2.1. 恐惧的神经基础

恐惧的神经基础的研究强调存在一个大脑区域，它能使个体在面对潜在威胁时表达出恐惧以及安全时表现出抑制。已有学者在动物身上研究发现，在条件化恐惧范式中，一个先前的中性刺激(例如铃声)与一个本身能引起反感的刺激(例如电击)相匹配，引起一个自动的非条件化的恐惧反应(Davis, 2000)。在多次条件匹配之后，铃声单独呈现也会有效地引起一个恐惧的条件化反应。一旦联结习得，还可以通过一系列的技术来消退条件化恐惧。在消退过程中，铃声重复出现但不呈现电击，将会导致条件性恐惧反应逐渐降低。有证据显示，在经过成功消退训练的一段时间之后，恐惧会自动恢复(Bouton, 2004)。这种情况表明，最初的恐惧记忆并没有被消除而是受到了抑制。在人类研究中发现，注意的认知策略包括情绪抑制、注意调节、对刺激的重新认知与评估都会有效地降低恐惧(Hartley & Phelps, 2010)。

对支持条件化恐惧的神经基础的研究发现，在恐惧习得、储存以及表达的过程中，杏仁核(amygdale)发挥着重要的作用(Davis, Walker, Miles, & Grillon, 2009)。杏仁核被认为是简单线索的条件化恐惧联结与

储存的地方，它会进一步投射到调节恐惧表达的脑干(brainstem)、下丘脑(hypothalamus)以及与恐惧有关的腹侧纹状体(ventromedial striatum)。同时，下丘脑在情境恐惧的调节方面也扮演着一个重要的角色，它用于情境恐惧的习得与表达。此外，脑岛(insula)和背侧前扣带回皮层(dorsal anterior cingulate cortex)在恐惧习得中起着调节作用。

对于条件化恐惧的消退与抑止需要腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)的参与。在消退过程中，腹内侧前额叶皮层到杏仁核的中间抑制神经元消除了恐惧的表达。在消退之后，情境信息调整了最初恐惧记忆与最新消退记忆的冲突(Bouton, 2004)。下丘脑到腹内侧前额叶皮层以及杏仁核的回路会调节这种消退记忆的情境依赖。在对恐惧或负面的影响进行有意识的认知调节时，杏仁核活动在背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex, dlPFC)的调节下会明显的降低。反过来，腹内侧前额叶皮层与杏仁核的抑制通路会调节消退的自然恢复(Ochsner & Gross, 2005)。总之，杏仁核，腹内侧前额叶皮层和下丘脑对恐惧的习得、消退、储存、恢复以及情境调节方面发挥着重要的作用。虽然这些区域的具体作用还不能被清楚的界定，但可以确定，条件化恐惧有着复杂的神经生理基础。

2.2. 神经基础的重叠

虽然焦虑能够在许多重要的方面从恐惧中区别开来，但许多理论认为，焦虑与恐惧的神经基础存在着诸多的重叠。神经成像的研究发现，与条件化恐惧有关的神经回路在特质性焦虑以及焦虑症状群体中都会发生改变(Cisler & Koster, 2010)。高强度的杏仁核活动在提高恐惧表达的同时，也与特质性焦虑存在关联。此外，与有意识的认知策略调节情绪反应一样，焦虑也会损害恐惧的消退学习与保持。这些损害似乎源于前额叶(prefrontal)与杏仁核回路的损害，这也说明了它们在调节恐惧表达中的作用。焦虑个体在恐惧消退之前或当中会展现出前额叶活动减少的现象，同时，通过认知评估所激活的高强度前额叶回路的活动能成功地减少负性情绪。解剖学的研究发现，杏仁核的前额叶抑制主要是通过从腹内侧前额叶皮层到杏仁核的抑制性神经细胞来实现的(Sehlmeyer et al., 2011)。腹内侧前额叶皮层到杏仁核的通路与特质性焦虑存在着反向关系，这也表明，在焦虑中，这一通路的抑制性功能会加强情绪反应与损害情绪调节。最后，临床焦虑患者的下丘脑萎缩表明，恐惧的情境调节或许在焦虑中也会发生改变。与这一假设相一致，伴有焦虑症状的人会展现出对相似刺激更多的条件化恐惧(Lissek et al., 2010)。

额外的脑区或许有助于区分与焦虑有关的情绪状态。虽然杏仁核调节着威胁刺激所诱发的恐惧性反应，但被视为杏仁核扩展的终纹床核(bed nucleus of stria terminalis, BST)，似乎与焦虑个体更加持久的觉醒和警觉状态有关(Somerville, Whalen, & Kelley, 2010)。焦虑与高度的生理躯体感觉以及内感知觉有关，这或许增强了对威胁的反感反应。脑岛在内感性信息的表达上扮演着一个重要的角色，脑岛调节着焦虑个体所增加的内感意识，这有助于焦虑的维持(Paulus & Stein, 2010)。

恐惧与焦虑的神经回路提供了理解焦虑怎样影响决策的神经基础。决策的神经学研究已经发现了一些大脑区域的作用，如纹状体、杏仁核、腹内侧前额叶皮层、脑岛以及背外侧前额叶皮层，它们与恐惧的表达与控制有关(Rangel, Camerer, & Montague, 2008)。虽然还不清楚这些共享的大脑区域是怎样联结起来影响焦虑与决策的，但这些重叠的脑区表明，调节恐惧与焦虑的大脑系统是 与决策联系在一起的。

3. 焦虑的认知效应

虽然条件化恐惧的神经回路影响焦虑个体的情感过程并不是一件稀奇的事，但最近神经成像的研究发现，当焦虑时，可观测的认知过程的改变有着相同的潜在神经基础(Bishop, 2008)。有研究发现了与焦虑特征有关的两种重要的信息偏差：一种是倾向于与威胁信息相关偏差，一种是针对于模棱两可刺激的负面信息偏差(Mathews & MacLeod, 2005)。研究发现，当探测或识别到一个威胁刺激时，焦虑会加速一

系列的反应；而当探测到一个中性刺激或对威胁刺激进行中性报告时，反应时会降低。这种注意偏差似乎为威胁刺激以及消极刺激的探查提供了便利(Cisler & Koster, 2010; Bar-Haim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, & Van Ijzendoorn, 2007)。

对于刺激来说，当存在多种潜在的解释时，焦虑个体倾向于消极观念。例如，与正常个体相比，焦虑个体更倾向于把模棱两可的面部表情解释为负性信息(Koizumi et al., 2011)。当评价将来不确定的事件时，焦虑个体会不理性地倾向于消极结果。研究发现，对于有焦虑症状的人来说，当对焦虑有关的信息进行解释时会展现出消极偏差，与此同时，可以进一步推测，这种偏差或许会进一步应用到自我相关的信息(Yoon & Zinbarg, 2008)。

当存在注意冲突时，焦虑个体会对威胁信息表现出注意偏差，这也同时反映出了两种机制，一种是前注意杏仁核有关的威胁评估系统，另一种是前额叶抑制机制(Mathews & Mackintosh, 1998; Bishop, Jenkins, & Lawrence, 2007)。与这一假设相一致，高特质焦虑注意到威胁刺激时会伴随着杏仁核活动的增加，而在没有注意到威胁刺激或威胁刺激缺失的情况下，前额叶激活会降低(Bishop, Duncan, & Lawrence, 2004; Etkin et al., 2004)。

在焦虑中，杏仁核和前额叶皮层似乎参与着消极偏差的解释。健康的个体解释模棱两可的面部表情时，其杏仁核血氧水平依赖指标(blood oxygenation level dependent, BOLD)与把表情解释为消极信息的程度存在正相关(Kim, Somerville, Johnstone, Alexander, & Whalen, 2003)。当消极地看待中性刺激或把中性刺激更加消极的解释时，高特质焦虑的个体会表现出其杏仁核的血氧水平依赖指标的大幅度提高(Somerville, Kim, Johnstone, Alexander, Whalen, 2004; Yoon & Zinbarg, 2008)。研究表明，在无法预测的中性刺激情境下，老鼠身上表现出杏仁核活动的增加，还有像焦虑一样的行为，这显示出，杏仁核在对模棱两可的刺激所产生的焦虑进行调节时扮演着一个重要的角色(Herry et al., 2007)。相对的，前额叶皮层区似乎展现出了对消极刺激进行积极解释的倾向(Wager, Davidson, Hughes, Lindquist, & Ochsner, 2008)。

4. 焦虑与决策

总之，当焦虑的个体在注意、评估以及预期消极刺激时，杏仁核会加强对潜在威胁的认知和情感的反应。更进一步说，调节认知和情感过程的前额叶在焦虑中或许会被损害，进而减少了调节这些反应的能力。在这里，文章重新回顾了两种主要的实验证据与理论预期来试图解答，在焦虑中这些认知与情感的改变是怎样影响决策的。

在行为经济学的研究中已经证实，人类的决策行为表现了对标准化决策规则的违背。在对这种理想决策偏差的解释时发现，人们会使用简单策略或启发式来引导决策。研究表明，人们可以通过对决策情境中认知或情感反应来了解到这些启发式和偏差(Greifeneder, Bless, & Pham, 2010)。

4.1. 不确定性：风险反感与模棱两可反感

通过动物研究发现，不确实性刺激能够引起比确定性刺激更大的焦虑(Grillon, Baas, Lissek, Smith, & Milstein, 2004)。在决策情境中，不可预测性或不确定性能诱发焦虑个体对威胁信息的加工偏差或情感反应，这些会明显地影响决策。在行为经济学中，存在两种不确定的形式影响决策。第一种形式，涉及到了风险的选择，它包括许多可以计算概率的潜在结果。在这种形式下，人们会表现出风险反感(risk aversion)。例如，如果给你一个有 50% 的机会获得 50 元的选择，和 50% 机会失去 0 元以及 50% 的机会获得 105 元的选择，虽然不确定性的损失会有更高的期望值(每一种可能结果的总和)，但许多人却会选择确定性的选择。

对反感结果的注意度可以预测它的规避程度，这也表明，对于风险博弈的潜在反感结果的注意偏差

会引起焦虑个体去倾向确定或安全的选择。相应地，焦虑与风险反感存在高度正相关。在球类模拟风险任务(balloon analog risk task)中，对于健康被试的特质焦虑、担忧以及社会焦虑的测量都能很好的预测出高的风险反感，在这里，被试对于存在爆炸倾向的气球存在注意偏差。而有焦虑症状的人在接触风险行为过程中，展现出了比控制组被试更大的风险反感(Maner et al., 2007)。值得注意的是，当替假想的人做出决策时，个体的风险反感程度会下降，这也表明，这种偏差依赖于自我相关的潜在风险结果的威胁(Raghunathan & Pham, 1999)。

此外，认知偏差塑造了风险决策的评估，改变风险的心理反应或许会促进焦虑个体的风险反感。同时，评估决策过程中的情感反应对评估决策信息也是有帮助的(Winkielman, Knutson, Paulus, & Trujillo, 2007; Greifeneder et al., 2010)。研究发现，风险的生理唤醒反应会促进个体行为的风险规避，进而支持了安全寻求(Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1997)。因此，加强对风险的唤起或提升对唤起反应的内在意识(或两者同时)都会诱发焦虑个体变得更具有风险反感。

第二种不确定性的形式是模棱两可反感(ambiguity aversion)，在这种决策情境中，有许多不知道发生概率的可能结果。例如，如果面对从一个包含 10 红球与 10 个黑球的缸中取中一个球，或者不透明的缸中包含 20 个不知比例的红球或黑球，不管选择红球还是黑球会受到奖励，被试更加倾向于选择前者，这种模棱两可反感是确定性偏差的经典证据，这被叫做埃尔斯伯格悖论(ellsgberg paradox)。这种悖论为标准化解决策理论出了一道难题。当不透明的缸包括红球与黑球各 50%的混合时，被试并不存在偏差，但若存在更大数量的红球或黑球时，被试会对哪种颜色球将会被奖励而存在偏差。在假想的模棱两可的情境中，焦虑与发生的可能性以及消极事件的主观价值有关，这也显示出，焦虑的被试更加消极地解释模棱两可事件。

虽然对于理解风险过程的中枢神经系统仍属探索阶段，但功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)的研究已经发现，脑岛和前额叶皮层在风险决策中起着至关重要的作用(Preusschoff, Quartz, & Bossaerts, 2008)。脑岛的血氧水平依赖指标与风险反感是存在关联的，脑岛受损的个体，其风险反感敏感度也会受到损害(Clark et al., 2008)。功能性磁共振成像和经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)的研究发现，前额叶皮层，特别是腹外侧前额叶皮层在风险态度表达中的作用是不容忽视的，腹外侧前额叶皮层的活动与风险反感成正相关(Christopoulos, Tobler, Bossaerts, Dolan, & Schultz, 2009)。用经颅磁刺激方法进行腹外侧前额叶皮层的损害能增加风险选择，而腹外侧前额叶皮层活动的增强则会降低风险选择(Fecteau et al., 2007)。同时，正常群体的眶前额叶区(orbital prefrontal region)和纹状体与风险寻求有关(Tobler, O'Doherty, Dolan, & Schultz, 2007)。而对于焦虑个体来说，改变脑岛反应能够改变这种风险规避的优势倾向。

模棱两可加工过程的神经基础强调了杏仁核和前额叶皮层的作用。虽然对于个体来说，对于风险与模棱两可的态度并没有存在很高的相关，但这两种不确定的形式展现出了相互重叠的神经基础。但从分离风险与模棱两可的研究中发现了不同脑区的贡献。一项研究发现，对于风险信息与模棱两可信息的加工过程会激发杏仁核更多的变化(Bach, Seymour, & Dolan, 2009)，而另一研究则呈现出了一个与腹外侧前额叶皮层同风险反感存在正相关这一事实完全相反的结果(Levy, Snell, Nelson, Rustichini, & Glimcher, 2010)。从风险与模棱两可决策的元分析比较中发现，风险加工过程更多地依赖于眶前额叶区域，而模棱两可加工过程则更多地依赖于腹外侧前额叶皮层(Krain, Wilson, Arbuckle, Castellanos, & Milham, 2006)。

虽然风险与模棱两可反感涉及到了不同的神经机制，但两者的神经回路在恐惧与焦虑中都是存在关联的。消极地解释不确定性状况的趋势是风险与模棱两可反感的关键组成部分。因此，不难发现，为什么焦虑个体会对风险或模棱两可比较反感。

4.2. 框架效应

以往的决策研究发现，是否采取风险行为要受风险决策的确定性陈述形式的影响(是否陈述为获得或损失)。当面对一个确定会得到 50 元中的 20 元的选择或 60% 的机会失去 50 元，而 40% 的机会保留 50 元的选择时，个体会展现出明显的风险反感，会倾向于确定性的选择，而无论期望值是否相等。然而，当面对一个确定损失 30 元的选择时，被试则更可能会变得寻求和选择风险。这种现象被叫做框架效应 (framing effect)。

框架效应与特质焦虑存在相关(Story et al., 2013)。研究发现，个人特质不同会影响到框架决策的信息处理(Peng, Xiao, Yang, Wu, & Miao, 2014)。焦虑个体会存在对损失的认知偏差，也就是说，框架效应是由高度的损失反感或由损失敏感所引起的(De Martino, Kumaran, Seymour, & Dolan, 2006)。因此，对确定损失的评估或许会引起反射性的规避反应，促使对风险的偏爱，虽然这或许要承担潜在的损失。然而，当确定性的想法被视为获得时，那这种想法相对于风险的损失会更易得到偏爱。同时，研究发现，相对于需要更多的认知资源来做出决策的个体来说，框架效应会通过框架情境提供给高焦虑个体可利用的信息，进行启发式决策(Power & Petersen, 2013)。焦虑个体更多地利用情感信息而不是概率信息。焦虑也会降低认知资源的利用，因此，对于高焦虑个体来说，框架效应可能更有效(Xu et al., 2013)。在对框架效应的神经基础进行检验时发现，增强杏仁核的血氧水平依赖指标的激活和降低腹内侧前额叶皮层的激活能够预测对框架的敏感性(De Martino et al., 2006)。就像先前所提到的，大脑的这种活动模式与条件性恐惧的表达和焦虑相关的注意偏差是存在关联的，这也是一个共同的潜在机制。

4.3. 损失反感

损失反感(loss aversion)达到一种程度时，就会出现这样的状况，即避免损失会优先于同等程度的获得。虽然早期研究并没有发现，在损失反感上，是否特质焦虑能预测个体间的差异，但最近的研究发现，相对于获得来说，结果的损失反感与皮电活动有关的，这表明，焦虑个体对潜在损失的生理反应会促进损失反感(Phelps, Delgado, Nearing, & LeDoux, 2004)。有研究发现，杏仁核受损的个体会降低损失反感，杏仁核活动与损失反感程度的相关显示出，杏仁核在增加损失敏感性方面所发挥的作用(Sokol-Hessner et al., 2009)。由于焦虑也是与高度的杏仁核活动有关的，因此，当个体焦虑增加时，会表现出更大的风险反感。神经成像的数据显示，纹状体和外侧前额叶区也与决策的损失反感有关(De Martino, Camerer, & Adolphs, 2010)。

在决策中，损失权重或许在某种程度上反映着人们怎样去解释损失的影响。最近在探究损失反感的观点转换的研究中发现，在一系列的决策中，改变一个人的观念去降低每一种潜在损失的影响也会降低损失反感，就像是激活了对损失的反应一样(Sokol-Hessner, Camerer, & Phelps, 2012)。调节这种效应的神经系统研究发现，这与调节认知恐惧的回路有关(Tom, Fox, Trepel, & Poldrack, 2007)。简言之，当观点转换而降低损失反感时，损失所引起的杏仁核活动也会降低。这种认知观点的转换会伴随着纹状体、腹内侧前额叶皮层以及背外侧前额叶皮层活动的增加。如果相关回路受到损害，那么焦虑个体使用认知策略调节情绪的能力也会受到损害，或许这也会削弱了他们使用观点转换的方法来降低决策中损失的影响。

5. 述评与总结

有焦虑症状的人所做出的日常决策会广泛地影响着他们的适应功能。然而，很少知道焦虑是怎样具体影响决策的。对于现存的文献来说，检验焦虑在决策中的作用是有限的。因此，不得不尝试从调节焦虑、决策以及在决策任务中与焦虑有关的认知偏差所重叠的神经系统来探讨这个话题。

通过一系列关于决策的神经经济学的研究，已经发现了杏仁核回路、脑岛皮层以及前额叶皮层的作

用。杏仁核是大脑调节恐惧、焦虑以及他们的认知效应的一个重要组成部分。同时，在特质或临床焦虑里，在前额叶皮层方面，恐惧的抑制与前额叶活动的降低有关。这种可共享的结构或许能预测焦虑在决策中的影响。具体来说，焦虑会增加注意消极选择的想法，同时，模棱两可的想法可能也会被消极的解释，进而以牺牲潜在获得为代价来增加规避潜在消极结果的趋势。

行为经济学常常描述决策的趋势，例如风险或损失反感，就好像它们是不变的个体特征。这些趋势会被认为是受相对稳定的特质焦虑所影响。然而，最近的研究已经集中在了具体的情境上，即个体怎样改变恐惧或焦虑反应。也就是说，可以这一系列的技术来改变恐惧与焦虑的反应，包括新的消退记忆方法、注意认知调节策略的使用、尽量减少与恐惧相关刺激的接触以及通过药理与行为上去破坏恐惧学习的联结等。此外，在决策情境下，对于潜在反感结果的预期调节或许能影响到个体选择的趋势。虽然文章中已经讨论了焦虑对决策的影响，如焦虑个体对消极决策想法的反应是相对一致的。然而，这几乎是一个极端简单的想法。将来神经经济学对于调节焦虑具体怎样影响决策的研究会进一步揭示焦虑与决策的关系，届时，会比现在对其关系的理解更加灵活与准确。

致 谢

特此鸣谢《心理学进展》编辑部给予的支持与鼓励。

参考文献 (References)

- Bach, D. R., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2009). Neural activity associated with the passive prediction of ambiguity and risk for aversive events. *The Journal of Neuroscience*, *29*, 1648-1656.
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., & Van Ijzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: A meta-analytic study. *Psychological Bulletin*, *133*, 1-24.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, *275*, 1293-1295.
- Bishop, S. J. (2008). Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature Neuroscience*, *12*, 92-98.
- Bishop, S. J., Duncan, J., & Lawrence, A. D. (2004). State anxiety modulation of the amygdala response to unattended threat-related stimuli. *The Journal of Neuroscience*, *24*, 10364-10368.
- Bishop, S. J., Jenkins, R., & Lawrence, A. D. (2007). Neural processing of fearful faces: effects of anxiety are gated by perceptual capacity limitations. *Cerebral Cortex*, *17*, 1595-1603.
- Bouton, M. E. (2004). Context and behavioral processes in extinction. *Learning & Memory*, *11*, 485-494.
- Christopoulos, G. I., Tobler, P. N., Bossaerts, P., Dolan, R. J., & Schultz, W. (2009). Neural correlates of value, risk, and risk aversion contributing to decision making under risk. *The Journal of Neuroscience*, *29*, 12574-12583.
- Cisler, J. M., & Koster, E. H. (2010). Mechanisms of attentional biases towards threat in anxiety disorders: An integrative review. *Clinical Psychology Review*, *30*, 203-216.
- 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.
- Davis, M. (2000). *The role of the amygdala in conditioned and unconditioned fear and anxiety*. Oxford: Oxford University Press.
- Davis, M., Walker, D. L., Miles, L., & Grillon, C. (2009). Phasic vs sustained fear in rats and humans: Role of the extended amygdala in fear vs anxiety. *Neuropsychopharmacology*, *35*, 105-135.
- De Martino, B., Camerer, C. F., & Adolphs, R. (2010). Amygdala damage eliminates monetary loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*, 3788-3792.
- De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Frames, biases, and rational decision-making in the human brain. *Science*, *313*, 684-687.
- Etkin, A., Klemenhagen, K. C., Dudman, J. T., Rogan, M. T., Hen, R., Kandel, E. R., & Hirsch, J. (2004). Individual differences in trait anxiety predict the response of the basolateral amygdala to unconsciously processed fearful faces. *Neuron*, *44*, 1043-1055.
- Fecteau, S., Knoch, D., Fregni, F., Sultani, N., Boggio, P., & Pascual-Leone, A. (2007). Diminishing risk-taking behavior by

- modulating activity in the prefrontal cortex: A direct current stimulation study. *The Journal of Neuroscience*, 27, 12500-12505.
- Greifeneder, R., Bless, H., & Pham, M. T. (2010). When do people rely on affective and cognitive feelings in judgment? A review. *Personality and Social Psychology Review*, 15, 107-141.
- Grillon, C., Baas, J. P., Lissek, S., Smith, K., & Milstein, J. (2004). Anxious responses to predictable and unpredictable aversive events. *Behavioral Neuroscience*, 118, 916-924.
- Hartley, C. A., & Phelps, E. A. (2009). Changing fear: The neurocircuitry of emotion regulation. *Neuropsychopharmacology*, 35, 136-146.
- Herry, C., Bach, D. R., Esposito, F., Di Salle, F., Perrig, W. J., Scheffler, K., Lüthi, A., & Seifritz, E. (2007). Processing of temporal unpredictability in human and animal amygdala. *The Journal of Neuroscience*, 27, 5958-5966.
- Kim, H., Somerville, L. H., Johnstone, T., Alexander, A. L., & Whalen, P. J. (2003). Inverse amygdala and medial prefrontal cortex responses to surprised faces. *Neuroreport*, 14, 2317-2322.
- Koizumi, A., Tanaka, A., Imai, H., Hiramatsu, S., Hiramoto, E., Sato, T., & de Gelder, B. (2011). The effects of anxiety on the interpretation of emotion in the face—Voice pairs. *Experimental Brain Research*, 213, 275-282.
- Krain, A. L., Wilson, A. M., Arbuckle, R., Castellanos, F. X., & Milham, M. P. (2006). Distinct neural mechanisms of risk and ambiguity: A meta-analysis of decision-making. *Neuroimage*, 32, 477-484.
- Levy, I., Snell, J., Nelson, A. J., Rustichini, A., & Glimcher, P. W. (2010). Neural representation of subjective value under risk and ambiguity. *Journal of neurophysiology*, 103, 1036-1047.
- Lissek, S., Rabin, S., Heller, R. E., Lukenbaugh, D., Geraci, M., Pine, D. S., & Grillon, C. (2010). Overgeneralization of conditioned fear as a pathogenic marker of panic disorder. *American Journal of Psychiatry*, 167, 47-55.
- Maner, J. K., Richey, J. A., Cromer, K., Mallott, M., Lejuez, C. W., Joiner, T. E., & Schmidt, N. B. (2007). Dispositional anxiety and risk-avoidant decision-making. *Personality and Individual Differences*, 42, 665-675.
- Mathews, A., & Mackintosh, B. (1998). A cognitive model of selective processing in anxiety. *Cognitive Therapy and Research*, 22, 539-560.
- Mathews, A., & MacLeod, C. (2005). Cognitive vulnerability to emotional disorders. *Annual Review of Clinical Psychology*, 1, 167-195.
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 242-249.
- Paulus, M. P., & Stein, M. B. (2010). Interoception in anxiety and depression. *Brain Structure and Function*, 214, 451-463.
- Peng, J. X., Xiao, W., Yang, Y. B., Wu, S. J., & Miao, D. M. (2014). The impact of trait anxiety on self-frame and decision making. *Journal of Behavioral Decision Making*, 27, 11-19.
- Phelps, E. A., Delgado, M. R., Nearing, K. I., & LeDoux, J. E. (2004). Extinction learning in humans: Role of the amygdala and vmPFC. *Neuron*, 43, 897-905.
- Power, J. D., & Petersen, S. E. (2013). Control-related systems in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 23, 223-228.
- Preusschoff, K., Quartz, S. R., & Bossaerts, P. (2008). Human insula activation reflects risk prediction errors as well as risk. *The Journal of Neuroscience*, 28, 2745-2752.
- Raghunathan, R., & Pham, M. T. (1999). All negative moods are not equal: Motivational influences of anxiety and sadness on decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 79, 56-77.
- Rangel, A., Camerer, C., & Montague, P. R. (2008). A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 545-556.
- Sehmeyer, C., Dannlowski, U., Schönning, S., Kugel, H., Pyka, M., Pfleiderer, B., Zwitserlood, P., Schiffbauer, H., Heindel, W., Arolt, V., & Konrad, C. (2011). Neural correlates of trait anxiety in fear extinction. *Psychological Medicine*, 41, 789-798.
- Sokol-Hessner, P., Camerer, C. F., & Phelps, E. A. (2012). Emotion regulation reduces loss aversion and decreases amygdala responses to losses. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, nss002.
- Sokol-Hessner, P., Hsu, M., Curley, N. G., Delgado, M. R., Camerer, C. F., & Phelps, E. A. (2009). Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 5035-5040.
- Somerville, L. H., Kim, H., Johnstone, T., Alexander, A. L., & Whalen, P. J. (2004). Human amygdala responses during presentation of happy and neutral faces: Correlations with state anxiety. *Biological Psychiatry*, 55, 897-903.
- Somerville, L. H., Whalen, P. J., & Kelley, W. M. (2010). Human bed nucleus of the stria terminalis indexes hypervigilant threat monitoring. *Biological Psychiatry*, 68, 416-424.

- Spielberger, C. D. (1972). *Anxiety: Current trends in theory and research: I*. Oxford: Academic Press.
- Story, G. W., Vlaev, I., Seymour, B., Winston, J. S., Darzi, A., & Dolan, R. J. (2013). Dread and the disvalue of future pain. *PLoS Computational Biology*, *9*, Article ID: e1003335.
- Sylvers, P., Lilienfeld, S. O., & LaPrairie, J. L. (2011). Differences between trait fear and trait anxiety: Implications for psychopathology. *Clinical Psychology Review*, *31*, 122-137.
- Tobler, P. N., O'Doherty, J. P., Dolan, R. J., & Schultz, W. (2007). Reward value coding distinct from risk attitude-related uncertainty coding in human reward systems. *Journal of Neurophysiology*, *97*, 1621-1632.
- Tom, S. M., Fox, C. R., Trepel, C., & Poldrack, R. A. (2007). The neural basis of loss aversion in decision-making under risk. *Science*, *315*, 515-518.
- Wager, T. D., Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A., & Ochsner, K. N. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*, *59*, 1037-1050.
- Winkielman, P., Knutson, B., Paulus, M., & Trujillo, J. L. (2007). Affective influence on judgments and decisions: Moving towards core mechanisms. *Review of General Psychology*, *11*, 179-192.
- Wu, T., Luo, Y., Broster, L. S., Gu, R., & Luo, Y. J. (2013). The impact of anxiety on social decision-making: Behavioral and electrodermal findings. *Social Neuroscience*, *8*, 11-21.
- Xu, P., Gu, R., Broster, L. S., Wu, R., Van Dam, N. T., Jiang, Y., Fan, J., & Luo, Y. J. (2013). Neural basis of emotional decision making in trait anxiety. *The Journal of Neuroscience*, *33*, 18641-18653.
- Yoon, K. L., & Zinbarg, R. E. (2008). Interpreting neutral faces as threatening is a default mode for socially anxious individuals. *Journal of Abnormal Psychology*, *117*, 680-685.