

应激对风险和社会决策的影响*

杨 群¹ 李 煜¹ 孙得琳^{2,5} Tatia M. C. LEE^{2,3,4}

(¹ 杭州师范大学教育学院心理学系, 杭州 311121)

(² 香港大学神经心理学实验室; ³ 香港大学认知情感神经科学实验室;

⁴ 香港大学脑与认知科学国家重点实验室, 香港) (⁵ 美国 Duke-UNC 脑成像分析中心)

摘 要 应激是有机体在受到真实或者潜在的威胁刺激时所表现出来的全身性非特异性反应, 伴随着紧张和焦虑的心理体验, 交感神经系统的兴奋, 糖皮质激素分泌的增多以及脑干-边缘系统-前额叶神经环路的改变。应激对个体在风险决策行为中的风险寻求和风险回避倾向, 社会决策行为中的利己和利他倾向都会产生重要影响。策略使用异常、习惯化和自动化反应增强、反馈学习过程以及奖惩敏感性的改变是应激影响决策行为的认知基础; 应激激素的分泌, 及杏仁核、前额叶等在决策过程发挥重要作用的脑区活动的改变则为应激作用于决策行为的神经基础。未来研究应重点关注: 应激的个体差异与应激对决策影响效应多样性的关系; 综合多种指标对应激进行测量; 考察应激的时序效应; 揭示个体的最佳应激水平; 加强对慢性应激影响决策以及应激对决策影响效应可逆性的研究; 揭示应激影响决策的神经机制。

关键词 应激; 特里尔社会应激测试; 风险决策; 社会决策

分类号 B845

应激和决策之间可能存在密切的关系。研究表明, 专业证券交易商的心血管特征改变和市场起伏动荡事件存在显著关联(Lo & Repin, 2002); 男性证券交易者的皮质醇水平和交易过程中的不稳定性呈显著相关(Coates & Herbert, 2008), 而这些生理变量, 尤其是皮质醇水平反映了个体的应激水平。对应激和决策关系的研究对于我们理解决策机制和进一步提高决策能力都是非常必要的。

1 应激的生理反应及其诱发

1.1 应激的生理反应

应激是实际或者潜在威胁到身体动态平衡的刺激以及有机体试图重获平衡过程所产生的反应(Chrousos & Gold, 1992)。引起应激的刺激往往具有不可预测和不可控制的特点(Koolhaas et al., 2011); 应激反应过程由生理、心理和行为等多个

方面组成, 其中个体在应激影响下出现的生理变化被认为是测量应激反应的最重要指标。

一方面, 交感神经-肾上腺髓质系统(the sympathetic adrenomedullary system)在应激状态下会出现快速激活, 在该系统的影响下, 去甲肾上腺素、肾上腺素的分泌会增加, 进而引发一系列的心血管反应, 包括心率、脉搏、血压以及生物电的增加(Het, Rohleder, Schoofs, Kirschbaum, & Wolf, 2009; Kirschbaum, Pirke, & Hellhammer, 1993)。

另一方面, 下丘脑-垂体-肾上腺轴(hypothalamus-pituitary-adrenal-axis, HPA-axis)作为应激最典型的神经内分泌反应系统会出现响应, 但速度相对较慢。伴随HPA轴活动的增强, 下丘脑室旁核中的促垂体细胞释放促肾上腺皮质激素释放激素(corticotrophin releasing hormone, CRH), 该激素作用于垂体前叶, 刺激促肾上腺皮质激素(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)的分泌, 促肾上腺皮质激素通过血液最终会达到肾上腺皮质, 和受体相结合, 刺激糖皮质激素的合成。在人类身上, 主要的糖皮质激素就是皮质醇(cortisol)(Dickerson & Kemeny, 2004)。与此同时, 脑干、

收稿日期: 2015-07-22

* 国家自然科学基金项目(31440046, 31500907)和浙江省“之江青年社学者行动计划”项目资助。

通讯作者: Tatia M. C. LEE, E-mail: tmclee@hku.hk

边缘系统以及前额叶这些大脑结构形成一个应激管理的脑网络,共同参与到HPA轴的反应以及应激激素的合成与释放的管理过程中(杨娟,侯燕,张庆林,2011)。

1.2 应激的诱发

应激可以区分为慢性和急性两种类型。慢性应激是个体在自然生活中持续一段时间暴露于某些应激源(例如,高强度的工作)而引起的反应,较难在实验室条件下进行诱发。然而,急性应激一般是短暂性的,通常可以在实验室条件下诱发。

生理性急性应激诱发的常用实验范式是冷压测试(Cold Pressor Test, CPT),该测试要求被试必须把手放入冰水(0~4℃)中至少3分钟(Blandini, Martignoni, Sances, Bono, & Nappi, 1995)。研究表明,该测试会增加ACTH的释放(McRae et al., 2006),提高血浆儿茶酚胺的浓度(Kotlyar et al., 2008),也会导致唾液中皮质醇水平的显著增加(Kubota et al., 2014; Porcelli et al., 2008),皮质醇水平大约在任务后的10~30分钟达到顶峰(Giles, Mahoney, Bruny , Taylor, & Kanarek, 2014; Kubota et al., 2014)。

心理性急性应激诱发的常用实验范式是特里尔社会应激测试(the Trier Social Stress Test, TSST),该测试要求被试在一个压力的环境中发表公共演讲,并且完成数学连续减法任务(Kirschbaum et al., 1993)。国内外研究均发现,该测试能有效地诱发较高的应激水平,显著提高皮质醇的浓度(杨娟,侯燕,杨瑜,张庆林,2011; de Timary, Roy, Luminet, Fill e, & Mikolajczak, 2008; Gathmann et al., 2014),皮质醇水平一般在10~30分钟达到顶峰(杨娟等,2011; Kubota et al., 2014)。研究发现,让被试仅仅完成演讲或者连续减法任务(Hostinar, McQuillan, Mirous, Grant, & Adam, 2014; Pruessner et al., 2008),甚至仅对演讲任务产生预期也能诱发应激(Preston, Buchanan, Stansfield, & Bechara, 2007; Starcke, Wolf, Markowitsch, & Brand, 2008)。需注意的是,在TSST程序的实施过程中,模拟陪审团对被试做出负面社会评价对诱发较高水平的应激是必要的(Wiemers, Schoofs, & Wolf, 2013)。

为确保所用的程序能有效诱发出应激,实验人员可以从几个方面对被试的应激水平进行测量。首先,最为常见的是对生理指标,尤其是应激

激素水平的测量,例如从唾液样本中测量皮质醇的水平。而自主神经系统的指标,例如心率、血压、a-淀粉酶(alpha-amylase)水平并不是应激反应特异性的,但也可以作为辅助参考。其次,可以采用一些常用的量表了解被试的主观体验,例如使用特质焦虑问卷(the State Trait Anxiety Inventory)来测量被试的烦躁程度;使用积极和消极情绪量表(the Positive and Negative Affect Schedule)来测量被试当前的情绪反应;使用应激问卷(the Perceived Stress Scale)来测量被试对生活中应激事件的知觉(Starcke & Brand, 2012)。相比较而言,TSST被证明是实验室环境下诱发应激最为有效的程序,无论测量的是情绪困扰的主观体验、自主神经系统的反应,还是皮质醇水平,TSST诱发的应激反应指标都比较稳定(Giles et al., 2014)。

2 应激对决策的影响

2.1 风险决策

在不确定性决策任务中,如果选择结果可知,但每个决策选项出现的概率未知时被认为是模糊决策,而如果选择结果的概率可知时,则被称作是风险决策。研究结果显示,应激会导致人们在风险决策中更愿意冒险。在一项掷骰子任务(the Game of Dice Task, GDT)中,被试需要猜骰子出现的点数(1~6),他们每次可猜1个到4个点数,分别对应猜对赢或者猜错输1000元、500元、200元和100元,猜的点数越少,正确的概率越低,例如猜1个点,正确的概率为16.7%,而猜4个点,正确的概率则为66.7%,那些赢钱多的选项同时也是输钱多的选项。结果发现,对演讲预期的压力会导致被试对那些高回报但同时也是高损失的选择表现出偏好,而且被试的皮质醇水平和GDT的成绩呈显著负相关(Starcke et al., 2008)。个体在应激影响下风险倾向增加的现象在青少年被试身上也同样存在。在使用TSST程序诱发青少年被试的应激之后,让他们完成气球模拟风险决策任务(the Balloon Analog Risk Task, BART)。结果发现,应激会导致被试更愿意冒着气球爆破、当下试次奖励全部清零的风险,给模拟气球充气,因为气充得越多,累积获得的奖励也就越多(Johnson, Dariosis, & Wang, 2012; Reynolds et al., 2013)。除了急性应激之外,日常生活中经历的慢性应激也被证明会增加被试在决策任务中对风险选项的偏

好(Galván & McGlennen, 2012; Putman, Antypa, Crysovergi, & van der Does, 2010)。还有研究发现,那些服用了皮质醇的男性被试比服用安慰剂的被试更多地选择那些同时伴随高回报和高损失的风险性赌博(Putman et al., 2010)。

然而,也有研究发现了相反的结果。在一项考察CPT任务诱发的压力对风险性交通灯决策行为影响的研究中,被试需要做出在黄灯面前是要加速还是减速的决策。黄灯出现时间的长短是随机的,顺利通过黄灯会有奖励性收益,而如果闯过红灯则要被扣分。结果发现,较年轻被试(18~33岁)的决策结果不会受到应激影响,较年长的被试(65~89岁)在应激影响下出现了更强的风险回避倾向(Mather, Gorlick, & Lighthall, 2009)。近期,有研究者在实验中给被试服用氢化可的松(hydrocortisone)以提高被试的皮质醇水平,结果发现,皮质醇水平的临时提高对风险决策并没有产生显著影响,然而,当皮质醇水平连续几天都保持较高的水平则增强了风险厌恶(Kandasamy et al., 2014)。

上述研究结论之间的分歧说明应激对风险决策施加的影响效应不是单一方向的。研究表明,其他变量,例如被试的性别、被试的人格特征、任务范式和研究程序等因素可能和应激产生交互作用,共同影响风险决策行为。

首先,男性和女性在应激情境下表现出不同的风险决策模式。研究发现,男性被试在应激条件下表现出更高的风险寻求倾向(Lighthall, Mather, & Gorlick, 2009; Putman et al., 2010; Zhang et al., 2011),女性被试在应激影响下却表现出更高的风险回避倾向(Lighthall et al., 2009; Mather & Lighthall, 2012)。Preston等人(2007)发现,在爱荷华博弈任务(the Iowa Gambling Task, IGT)中,应激组男性比控制组做出更多的高风险不利选择,而应激组女性则会做出更多低风险的可利选择。这种应激影响风险决策对性别因素的依赖性在中国青少年被试身上也得到了验证。对于男性青少年被试,较高的皮质醇水平和高风险决策行为相关;对于女性被试,虽然皮质醇水平和冒险行为指标之间没有表现出显著相关,但女性皮质醇应答者在决策任务中分数表现更佳(陆青云, 陶芳标, 侯方丽, 孙莹, 2014)。

其次,个体的人格特征对应激影响风险决策

的过程具有调节作用。研究发现,对于冲动型的青少年被试,应激会增加风险决策行为,而对于保守型的青少年被试,无论是否在应激影响下,都只做出很少的风险决策行为(Johnson et al., 2012)。Wise, Phung, Labuschagne 和 Stout (2015)在成年人被试中发现,冲动型人格、性别以及应激产生交互作用,共同影响风险决策结果。具体来说,在应激条件下,积极和消极紧迫感(positive and negative urgency: 在极端积极或者消极情绪影响下容易产生冲动行为的人格倾向)分数低的女性和分数高的男性比其他被试做出更少的风险决策。特质焦虑是一种反映个体在跨时间和跨情境中稳定的焦虑倾向的人格特征(王妍, 杨娟, 2015)。在一项结合TSST应激范式和BART风险决策任务的研究中,研究者发现,社会焦虑特质高的青少年被试在应激条件下爆破气球的数量更多,而社会焦虑特质低的被试则不会受到应激的影响(Reynolds et al., 2013)。Richards等(2015)进一步发现,具有高社会焦虑特质的被试在应激条件下的风险决策倾向还可能受到奖赏结果性质的调节,即当决策的反馈结果为积极的,具有奖赏性质时,风险寻求行为会增加;如果当反馈结果为消极,具有惩罚性质时,则风险寻求行为反而会降低。

第三,任务范式和研究程序的差异也可能是应激对风险决策产生不同影响的原因。应激对风险决策行为中的损失或者获益选项的影响可能是不同的。例如,当需要在“80%的可能输0.75美元还是20%的可能输3美元”两个预期结果一致但概率不同的损失选项之间做出抉择时,被试在应激条件比在控制条件下表现得更为冒险;然而当需要在“80%的可能赢0.75美元还是20%的可能赢3美元”两个获益选项之间做出选择时,被试在应激条件下则表现得更为保守(Porcelli & Delgado, 2009)。然而,另一项类似的研究发现,应激对获益条件下的风险决策没有产生显著影响;在损失条件中,被试的选择倾向反而变得更为保守。据研究者分析,决策时间阶段的不同可能是两个研究出现差异的原因(Pabst, Brand, & Wolf, 2013b)。研究显示,在TSST开始后的5分钟,或者刚结束时,应激组在GDT风险决策中表现出显著更少的冒险行为;然而在TSST结束后的10分钟,应激组表现出更多的冒险行为。这可能是因为在TSST

程序实施早期阶段快速释放的儿茶酚胺和在后期阶段释放的皮质醇对风险决策的影响是不同的(Pabst, Brand, & Wolf, 2013a)。有研究者采用 IGT 任务的大鼠模型, 分别在决策任务之前的 30 分钟(快速条件)和 180 分钟(延迟条件)之前, 给大鼠注射皮质醇。结果发现, 大鼠在 IGT 决策任务中的训练成绩只有在快速条件下才会被破坏(Koot, Baars, Hesseling, van den Bos, & Joëls, 2013)。

研究普遍发现, 决策过程中的风险偏好存在个体差异和情境特异性, 例如男性比女性更具冒险性, 冲动型的人格特质会增加个体的风险行为, 人们在损失框架下更多地表现出风险寻求而在获益框架下更多地表现出风险规避(Penolazzi, Gremigni, & Russo, 2012; 刘永芳, 毕玉芳, 王怀勇, 2010; 仲轶璐, 刘永芳, 2013)。而应激被证实会削弱个体的目标导向能力, 增加其习惯化行为, 导致个体更多地依赖直觉经验系统, 增强已有的认知偏向(Morgado, Sousa, & Cerqueira, 2015)。因此, 风险偏好原有的个体和情境差异在应激影响下可能会表现得更加明显。事实上, 已有研究表明, 应激会加快决策的速度。例如, 在一项考察生活中的自然应激和不确定条件下金钱决策之间关系的研究中, 那些报告临近考试承受高应激的被试比低应激组和无应激组做决策的速度更快(Gray, 1999)。

2.2 社会决策

社会决策是指基于复杂的社会互动, 有关信任、公平、互惠、利他、惩罚、报复、竞争、从众和社会学习等方面, 同时对自己和他人产生影响的决策(古若雷, 施媛媛, 杨璟, 石晶, 蔡华俭, 2015; 苏彦捷, 张慧, 张康, 2012; Rilling & Sanfey, 2011)。如今, 人们在社会生活中每天都面临各种压力, 社会决策行为也常常是在压力重重的环境下做出的。为此, 研究者近年来逐渐开始关注应激如何影响社会决策行为, 但所获得的研究结论之间存在争议。

一方面, 应激会提高个体的唤醒度和警觉度, 从而为个体面对应激源时做出适应性的行为反应做好准备, 其中最为典型的反应为“抗争-或-逃跑(fight-or-flight)”。这种“抗争-或-逃跑”反应倾向可能会促使个体在社会决策过程中表现出更多攻击性和社会焦虑, 并且呈现出更多的利己特征(Steinbeis, Engert, Linz, & Singer, 2015)。在一项应

激影响道德决策的研究中, 被试的任务是在利己或利他的两个选项之间做出选择。结果发现, 皮质醇水平和高情绪冲突道德情境中的利己选择反应成显著正相关(Starcke, Polzer, Wolf, & Brand, 2011)。近期, 有研究者考察了应激对信任、互惠、分享、惩罚等社会决策的影响。被试的任务是与他人一起来完成多项游戏任务。结果他们发现, 在应激影响下, 被试表现出更少的信任和利他惩罚行为(Steinbeis et al., 2015)。还有研究发现, 人们在应激环境下, 皮质醇水平的提高会破坏社会记忆, 而社会记忆对基于互惠利他的合作行为具有重要作用。此外, 应激水平和量表测得的人际间的信任分数呈显著负相关(Takahashi, 2005)。另外一项研究发现, 在要求对一个慈善机构进行匿名捐款时, 应激组被试捐款数量更少。在最后通牒游戏中, 在 TSST 程序实施 90 分钟后, 应激组的利他性惩罚行为相比控制组有所减少(Vinkers et al., 2013)。

另外一方面, 有研究者指出, 应激并不一定会伴随攻击和焦虑性的行为, 而可能会促使个体更多地表现出“照料-与-结盟(tend-and-befriend)”的反应模式, 因为只有通过和社会群体结盟, 个体才可能获得更多资源来对应激环境, 从而将生存机会最大化。那么, 这种“照料-与-结盟”反应倾向则可能增加个体在社会决策过程中的利他和亲社会决策行为(von Dawans, Fischbacher, Kirschbaum, Fehr, & Heinrichs, 2012)。Takahashi, Ikeda 和 Hasegawa (2007)使用独裁者游戏来考察应激对亲社会决策的影响, 结果表明, 处于社会评价条件下的被试会在任务中给另外一个虚设的参与者分配更多的钱, 并且该效应只在表现出 α -淀粉酶(α -amylase)反应的被试身上存在。以动物为被试的研究发现, 动物在应激情境下会分泌催产素(Neumann, Krömer, Toschi, & Ebner, 2000), 而催产素会增加个体的亲社会行为(Donaldson & Young, 2008)。有研究结果显示, 在包含社会互动性的金钱游戏任务中, 那些接受了 TSST 程序的应激组被试在社会互动过程中表现出更多的信任、可信度以及分享行为。研究者指出, 人们在受到威胁, 面临应激源的时候, 可能更愿意提供或者接受群体内部的联合帮助(von Dawans et al., 2012)。

应激对社会决策的影响效应之所以会出现分歧, 一方面可能是因为研究所采用的任务范式和

决策情境不同。有研究者认为只有当对方处于弱势和痛苦,需要依赖他人的情境中,而决策者本身没有任何自身安危的顾虑,与对方没有利益冲突时,应激才会驱使其做出亲社会行为(Buchanan & Preston, 2014)。另一方面,研究结果之间的一致可能与应激反应的个体差异有关。不同个体对应激的响应程度存在差异,只有那些对应激响应程度高的被试才会在决策过程中受到应激的影响(Takahashi, 2005; Radenbach et al., 2015)。此外,其他因素也可能会调节应激对社会决策的影响。例如,性别因素被认为是调节应激影响社会决策的重要变量,处于应激状态的男性会变得更加以自我为中心,并且更难区分自己和其他人之间的情绪和意图,处于应激状态的女性会出现更多的亲社会行为(Tomova, von Dawans, Heinrichs, Silani, & Lamm, 2014)。

尽管当前有关应激影响社会决策的研究在结论上争议较多,但研究者普遍认同的是,高水平的应激会导致个体的认知控制力和理性推理能力受到一定的抑制,此时,人们都更倾向于根据情绪直觉做出反应。无论是利己或者利他的决策反应在特定的情境中都可能是一种直觉反应。这种应激导致对直觉经验增强的倾向对社会决策行为的影响有时候和利己或者利他性无关。例如一项研究采用道德两难情境考察应激如何影响被试做出功利性(utilitarian)和道义性(deontological)道德判断。结果显示,应激组在包含高冲突的道德两难情境中做出更少的功利性道德判断,皮质醇浓度和这一类道德两难情境下的功利性反应呈现显著负相关。功利性的道德判断需要更多的认知控制,而应激可能会增强被试的直觉反应,从而减少功利性选择(Youssef et al., 2012)。另外有研究者发现,被试在经历了应激事件后,对日常生活和犯罪情境下的行为进行归因时,犯基本归因错误的概率会明显增加,即更愿意相信行为的发生是个体特质性因素而不是外在的情境因素导致的。研究者认为,这种基本归因错误的增加是因为应激导致个体更多地依赖自动化的直觉反应(Kubota et al., 2014)。

3 应激对决策影响的内在机制

3.1 认知机制

研究表明,应激会对一系列的认知功能产生

负面影响:在应激的影响下,个体持续性注意力下降,注意资源受到限制(Olver, Pinney, Maruff, & Norman, 2015; Verdejo-Garcia et al., 2015),工作记忆能力、执行控制能力受到破坏(Sänger, Bechtold, Schoofs, Blaszkewicz, & Wascher, 2014; Schoofs, Wolf, & Smeets, 2009),情绪调控能力下降(Giles et al., 2014; McRae et al., 2006; Morgado et al., 2015)。而事实上,这些基本的认知过程往往也是决策的必要成分。概括来说,应激影响决策的认知机制与策略使用异常、习惯化和自动化反应增强、反馈学习过程以及奖惩敏感性的改变几方面有关(Starcke & Brand, 2012)。

个体在决策过程中需要使用有效的策略来保证最终选择的有利性。大多数风险决策都需要决策者采用适当的策略,例如结合概率和效益对每个选项进行评价。在有多方参与的社会决策过程中,对其他参与者的心理状态的推测对于帮助做出明智的选择也是非常必要的。应激会导致个体能够同时考虑到的信息量显著减少,对选项的损失-效益之间的联系的学习时间会明显变慢(Leder, Häusser, & Mojzisch, 2013)。更为关键的是,在应激的影响下,决策者会从目标导向的行为策略转向习惯化的行为反应(Morgado et al., 2015)。因此,人们在决策过程中通常会表现出来的直觉反应在应激影响下会变得更加明显(Porcelli & Delgado, 2009; Youssef et al., 2012)。然而,这种自动化的反应模式并不一定是破坏性的,很多时候甚至是具有适应性的选择,它表现了人们在受到威胁以及资源有限时的生存本能(Caviola & Faulmüller, 2014)。

在诸多决策任务中,被试需要根据外界提供的或者学习获得的反馈信息做出最佳选择。应激可能改变个体决策中的反馈加工过程(Petzold, Plessow, Goshke, & Kirschbaum, 2010; Treadway, Buckholz, & Zald, 2013)。一方面,应激可能促使被试更愿意接受他人所提供的建议或信息。一项较早的研究考察了应激对在决策中采纳他人想法的影响,被试的任务是判断两个棋盘哪一个包含的白色区域更大,他们在做出最终选择之前,被允许观察同伴的选择。结果显示,应激组做出最终选择时更加依赖同伴的选择(Driskell & Salas, 1991)。另外一方面,应激可能导致被试在决策过程中对内隐反馈信息变得更不敏感。IGT 任务通

常被认为是一种模糊决策, 不过, 在经过大量试次的学习后, 被试会逐渐习得奖惩大小和概率的信息, 区分出有利和不利选项, 这些有关奖惩的反馈信息, 可促使被试逐渐从一种模糊决策过程转化为风险决策过程。研究显示, 应激情境下的被试在 IGT 任务中对这些反馈信息的习得要比控制组更慢一些(Preston et al., 2007)。

除了反馈信息, 个体的奖惩敏感性水平在决策过程中, 尤其是风险决策中起到了重要的作用。高风险寻求行为往往和惩罚敏感性降低、奖励敏感性增强有关。应激可能提高个体的奖赏敏感性, 导致被试忽视长期的惩罚性后果, 对那些高回报但同时也是高惩罚的选项表现出选择偏好(Starcke & Brand, 2012)。例如, 有研究显示, 人们在应激影响下往往无视对健康的考虑, 摄入过量的食物或有害的药物, 以满足当前的需求(Zellner et al., 2006)。

值得注意的是, 应激对认知功能的影响并不一定是破坏性的。应激在某些情境下也可以促进个体集中注意、改善对相关信息的记忆(Joëls, Pu, Wiegert, Oitzl, & Krugers, 2006; Roozendaal, McEwen, & Chattarji, 2009), 应激还可以提高男性的社会认知技能(Smeets, Dziobek, & Wolf, 2009)。这也意味着应激对决策的影响不一定是负面的。应激的强度和持续时间、任务的复杂程度、情境本身的性质可能都是决定应激对决策产生积极或者消极影响的重要变量(Morgado et al., 2015)。例如, 有研究发现, TSST 程序实施后初期, 决策成绩会表现得更好; 而只有当皮质醇水平过高后, 被试的决策成绩才出现下降(van den Bos, Hartevel, & Stoop, 2009)。个体对应激的认知方式也会改变应激对决策的影响。如果被试把应激视作一种挑战而不是威胁时, 他们在决策任务中则表现得更好(Kassam, Koslov, & Mendes, 2009)。

3.2 神经机制

研究表明, 一方面, 应激会破坏与工作记忆和注意管理相关的脑区, 抑制目标-联接相关的脑网络, 例如内侧前额叶、内侧眶额皮层、前扣带回、背内侧纹状体等脑区(Morgado et al., 2015); 减弱自我控制能力, 表现在腹内侧前额叶和杏仁核、纹状体区域的连接会增强, 而和背外侧前额叶的连接则会减弱(Arnsten, 2015; Maier, Makwana, & Hare, 2015)。在慢性应激的影响下, 前扣带回、

前额叶的边缘前区以及背内侧纹状体的神经元轴突的体积和数量均会出现减少, 而这些脑区对于我们基于目标对决策进行自上而下的加工至关重要(Radley et al., 2005; Soares et al., 2012)。另外一方面, 应激会促进感觉运动脑网络的激活, 例如, 背外侧纹状体、腹前侧丘脑的激活会增强被试的自下而上的习惯化行为倾向, 导致个体快速地引发结构化的行为序列, 产生自动化的决策倾向(Morgado et al., 2015)。同时, 在应激影响下, 杏仁核会激活下丘脑和脑干的应激神经环路, 引发大量儿茶酚胺的释放。儿茶酚胺的释放又将进一步增强杏仁核以及相关皮层下结构的功能, 带来快速的情绪反应(Arnsten, 2009)。

应激改变个体反馈加工过程, 导致追求奖赏增强、回避惩罚减弱的行为倾向也存在神经生理学的基础。研究发现, 在加工奖赏或者损失的反馈信息时, 应激组被试在内侧前额叶的反应会显著减弱(Treadway et al., 2013)。糖皮质激素会激活多巴胺神经元, 增加伏隔核中多巴胺的释放, 该过程可以增加奖励寻求行为(Shaham, Erb, & Stewart, 2000)。在应激影响下, 大脑对奖励性刺激的加工会从负责自上而下加工的前额叶区域转向腹侧纹状体(Ossewaarde et al., 2011), 腹侧纹状体中的多巴胺的释放会出现增加(Scott, Heitzeg, Koepp, Stohler, & Zubieta, 2006), 皮质醇水平提高的程度和纹状体多巴胺的释放呈显著相关(Pruessner, Champagne, Meaney, & Dagher, 2004)。然而, 近期有研究发现, 男性受到应激的影响后在 BART 决策任务中表现出更多的奖赏寻求和更快的反应, 背侧纹状体和前脑岛的反应激活增强, 而女性则出现更少的奖赏寻求和更慢的反应, 在背侧纹状体和前脑岛的激活减少(Lighthall et al., 2012)。

总的来说, 应激激素的分泌被认为是应激和决策之间的一个主要的调节因素。那些在决策任务中扮演着重要角色的脑区, 例如前额叶、杏仁核、基底核等, 都包含着大量的应激激素的受体, 同时也是应激的易感脑区。皮质醇的释放会改变包含皮质醇受体的脑区的神经活动, 影响注意、工作记忆、执行功能、反馈学习、情绪控制的能力, 增强奖赏敏感性、降低惩罚学习能力。由于这些认知要素都是决策过程的必要成分, 它们在应激作用下的功能改变也会给决策带来各种影响。

4 总结和展望

应激相关的研究成果已相当丰富,但应激影响决策的研究却是近10年才受到关注。无论是风险决策还是社会决策领域,应激所产生的影响效应大小和方向并不是唯一确定的,不同的研究之间可能存在截然相反的结论。然而,研究者也获得了一些较为一致的结论:例如,应激对决策的影响过程受到诸如性别、人格、信念、决策情境等多种变量的调节;应激通过改变注意、记忆、执行功能等一些基本的认知过程,从而作用于决策,那些在决策中常被激活的重要脑区往往也是应激的易感脑区。然而,由于这是一个新的研究领域,尚有很多问题需要在未来的研究中进行考察。

首先,未来研究应重点关注应激的个体差异。研究发现,即使使用同样的应激诱发程序,同一组被试在行为上所表现出来的应激水平以及在生理上所表现出来的激素水平和脑活动均存在很大的差异(Dedovic, D'Aguiar, & Pruessner, 2009; Scott et al., 2006; Treadway et al., 2013)。未来的研究应进一步探明应激的个体差异和上述应激对决策的影响效应多样性的关系。

第二,未来的研究应综合采用多种指标对应激做出有效测量,探索应激发生的时序效应,揭示个体的最佳应激水平。研究者以往通常采用一些生理指标,例如皮质醇的诱发程度来衡量应激,然而单纯的使用生理指标较难衡量应激是否超出个体的承受力。即使个体主观上对应激的感受相同,皮质醇的响应程度也可能有所区别(Kudielka, Hellhammer, & Wust, 2009)。此外,有研究发现,应激具有时序效应,即在应激事件早期,儿茶酚胺水平的适当增加可以提高决策成绩,而应激事件后期分泌的皮质醇则对决策会产生负面效应(Pabst et al., 2013a)。类似地,有研究发现,应激和决策成绩之间呈现倒U关系,开始的时候,决策成绩随皮质醇水平的上升而提高,而后期当皮质醇上升到一定水平,决策成绩出现下降(van den Bos et al., 2009)。结合这些结果可以推测,个体身上可能存在一个最佳的应激水平,在这个水平上,认知功能以及决策表现都是最理想的,而低于或者高于这个水平,决策成绩就可能出现下降。那么,是否每个人都存在最佳应激水平呢?如果有,它受制于哪些因素?对这些问题的探讨,对于实

践中开展的抗压训练、改善人们的认知和决策能力,都具有重要的指导意义。

第三,人们在实际生活中更多受到的是来自生活中慢性应激的影响,然而,由于较难在实验室条件下对慢性压力进行操纵,目前大多数的研究都集中在对急性应激的研究上。有研究者认为慢性应激可能减少皮质醇的分泌(Starcke & Brand, 2012),也有研究者发现慢性应激会增加皮质醇的释放(Morgado et al., 2015; Soares et al., 2012)。由于有关慢性应激对风险决策的研究尚比较少见,这些研究结论的可靠性还值得进一步的验证。此外,应激影响决策的研究当前集中在风险决策领域,应激如何影响其他类型的决策行为,例如司法决策,也有待于考察。

第四,已有少量的研究表明,虽然应激会导致个体在决策过程中产生偏向,但是无论是在行为上还是神经活动上,应激对决策影响的改变是可逆的。当应激源消失后,人们会重新从习惯导向的行为回到目标导向的行为上,在行为表现和神经结构上均表现出一定的可塑性(Soares et al., 2012)。该研究结论对于了解和改善人们的应激应对机制非常重要。然而,由于目前研究证据的缺乏,对于这种可逆性的程度以及影响因素亟待研究。

最后,未来需要进一步加强对应激影响决策的神经机制的研究。由于有关应激或者决策本身的神经机制的研究已相当丰富,研究者对应激影响决策行为的机制的基本假设是,参与决策的那些重要脑区,例如前额叶、边缘系统等往往是应激的作用脑区,但研究者一般都是间接地讨论应激影响决策的神经机制,然而不同的决策行为,应激作用的神经环路有可能是不同的。至今为止,只有非常少量的研究直接考察应激影响下决策的神经基础(Lighthall et al., 2012; Soares et al., 2012)。

参考文献

- 古若雷,施媛媛,杨璟,石晶,蔡华俭. (2015). 焦虑对社会决策行为的影响. *心理科学进展*, 23(4), 547-553.
- 刘永芳,毕玉芳,王怀勇. (2010). 情绪和任务框架对自我和预期他人决策时风险偏好的影响. *心理学报*, 42(3), 317-324.
- 陆青云,陶芳标,侯方丽,孙莹. (2014). 青少年应激下皮质醇应答与风险决策相关性的性别差异. *心理学报*, 46(5), 647-655.

- 苏彦捷, 张慧, 张康. (2012). 社会决策: 自我利益与他人利益的权衡. *心理科学*, 35(6), 1423–1428.
- 王妍, 杨娟. (2015). 人格特质对个体心理性应激反应的调节作用. *心理科学进展*, 23(8), 1453–1460.
- 杨娟, 侯燕, 杨瑜, 张庆林. (2011). 特里尔社会应激测试 (TSST) 对唾液皮质醇分泌的影响. *心理学报*, 43(4), 403–409.
- 杨娟, 侯燕, 张庆林. (2011). 应激神经成像的研究述评. *心理科学进展*, 19(8), 1174–1178.
- 仲轶璐, 刘永芳. (2013). 金钱竞拍任务上的风险偏好: 自尊水平和性别的作用. *心理学报*, 45(3), 353–362.
- Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410–422.
- Arnsten, A. F. (2015). Stress weakens prefrontal networks: Molecular insults to higher cognition. *Nature Neuroscience*, 18(10), 1376–1385.
- Blandini, F., Martignoni, E., Sances, E., Bono, G., & Nappi, G. (1995). Combined response of plasma and platelet catecholamines to different types of short-term stress. *Life Sciences*, 56(13), 1113–1120.
- Buchanan, T. W., & Preston, S. D. (2014). Stress leads to prosocial action in immediate need situations. *Frontier in Behavioral Neuroscience*, 8, 5.
- Caviola, L., & Faulmüller, N. (2014). How stress influences our morality. Retrieved July 1, 2015, from http://www.academia.edu/8883834/How_stress_influences_our_morality
- Chrousos, G. P., & Gold, P. W. (1992). The concepts of stress and stress system disorders: Overview of physical and behavioral homeostasis. *Journal of the American Medical Association*, 267, 1244–1252.
- Coates, J. M., & Herbert, J. (2008). Endogenous steroids and financial risk taking on a London trading floor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(16), 6167–6172.
- de Timary, P., Roy, E., Luminet, O., Fillée, C., & Mikolajczak, M. (2008). Relationship between alexithymia, alexithymia factors and salivary cortisol in men exposed to a social stress test. *Psychoneuroendocrinology*, 33(8), 1160–1164.
- Dedovic, K., D'Aguiar, C., & Pruessner, J. C. (2009). What stress does to your brain: A review of neuroimaging studies. *Canadian Journal of Psychiatry-Revue Canadienne De Psychiatrie*, 54(1), 6–15.
- Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, 130(3), 355–391.
- Donaldson, Z. R., & Young, L. J. (2008). Oxytocin, vasopressin, and the neurogenetics of sociality. *Science*, 322(5903), 900–904.
- Driskell, J. E., & Salas, E. (1991). Group decision making under stress. *Journal of Applied Psychology*, 76, 473–478.
- Galván, A., & McGlennen, K. M. (2012). Daily stress increases risky decision-making in adolescents: A preliminary study. *Developmental Psychobiology*, 54(4), 433–440.
- Gathmann, B., Schulte, F. P., Maderwald, S., Pawlikowski, M., Starcke, K., Schäfer, L. C., ... Brand, M. (2014). Stress and decision making: Neural correlates of the interaction between stress, executive functions, and decision making under risk. *Experimental Brain Research*, 232(3), 957–973.
- Giles, G. E., Mahoney, C. R., Brunyé, T. T., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2014). Stress effects on mood, HPA axis, and autonomic response: Comparison of three psychosocial stress paradigms. *PLoS One*, 9(12), e113618.
- Gray, J. R. (1999). A bias toward short-term thinking in threat-related negative emotional states. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25, 65–75.
- Het, S., Rohleder, N., Schoofs, D., Kirschbaum, C., & Wolf, O. T. (2009). Neuroendocrine and psychometric evaluation of a placebo version of the 'Trier Social Stress Test'. *Psychoneuroendocrinology*, 34(7), 1075–1086.
- Hostinar, C. E., McQuillan, M. T., Mirous, H. J., Grant, K. E., & Adam, E. K. (2014). Cortisol responses to a group public speaking task for adolescents: Variations by age, gender, and race. *Psychoneuroendocrinology*, 50, 155–166.
- Joëls, M., Pu, Z. W., Wiegert, O., Oitzl, M. S., & Krugers, H. J. (2006). Learning under stress: How does it work? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 152–158.
- Johnson, S. B., Dariotis, J. K., & Wang, C. (2012). Adolescent risk taking under stressed and nonstressed conditions: Conservative, calculating, and impulsive types. *Journal of Adolescent Health*, 51(2 Suppl), S34–S40.
- Kandasamy, N., Hardy, B., Page, L., Schaffner, M., Graggaber, J., Powlson, A. S., ... Coates, J. (2014). Cortisol shifts financial risk preferences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3608–3613.
- Kassam, K. S., Koslov, K., & Mendes, W. B. (2009). Decisions under distress: Stress profiles influence anchoring and adjustment. *Psychological Science*, 20(11), 1394–1399.
- Kirschbaum, C., Pirke, K. M., & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test'—a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28, 76–81.
- Koolhaas, J. M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., De Boer, S. F., Flügge, G., Korte, S. M., ... Fuchs, E. (2011). Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(5), 1291–1301.

- Koot, S., Baars, A., Hesselings, P., van den Bos, R., & Joëls, M. (2013). Time-dependent effects of corticosterone on reward-based decision-making in a rodent model of the Iowa Gambling Task. *Neuropharmacology*, 70, 306–315.
- Kotlyar, M., al'Absi, M., Brauer, L. H., Grant, J. E., Fong, E., & Kim, S. W. (2008). Naltrexone effect on physiological and subjective response to a cold pressor task. *Biological Psychology*, 77(2), 233–236.
- Kubota, J. T., Mojdehbaghsh, R., Raio, C., Brosch, T., Uleman, J. S., & Phelps, E. A. (2014). Stressing the person: Legal and everyday person attributions under stress. *Biological Psychology*, 103, 117–124.
- Kudielka, B. M., Hellhammer, D. H., & Wüst, S. (2009). Why do we respond so differently? Reviewing determinants of human salivary cortisol responses to challenge. *Psychoneuroendocrinology*, 34(1), 2–18.
- Leder, J., Häusser, J. A., & Mojzisch, A. (2013). Stress and strategic decision-making in the beauty contest game. *Psychoneuroendocrinology*, 38(9), 1503–1511.
- Lighthall, N. R., Mather, M., & Gorlick, M. A. (2009). Acute stress increases sex differences in risk seeking in the balloon analogue risk task. *PLoS One*, 4(7), e6002.
- Lighthall, N. R., Sakaki, M., Vasunilashorn, S., Nga, L., Somayajula, S., Chen, E. Y., ... Mather, M. (2012). Gender differences in reward-related decision processing under stress. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(4), 476–484.
- Lo, A. W., & Repin, D. V. (2002). The psychophysiology of real-time financial risk processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 323–339.
- Maier, S. U., Makwana, A. B., & Hare, T. A. (2015). Acute stress impairs self-control in goal-directed choice by altering multiple functional connections within the brain's decision circuits. *Neuron*, 87(3), 621–631.
- Mather, M., Gorlick, M. A., & Lighthall, N. R. (2009). To brake or accelerate when the light turns yellow? Stress reduces older adults' risk taking in a driving game. *Psychological Science*, 20(2), 174–176.
- Mather, M., & Lighthall, N. R. (2012). Both risk and reward are processed differently in decisions made under stress. *Current Directions in Psychological Sciences*, 21(2), 36–41.
- McRae, A. L., Saladin, M. E., Brady, K. T., Upadhyaya, H., Back, S. E., & Timmerman, M. A. (2006). Stress reactivity: Biological and subjective responses to the cold pressor and Trier Social stressors. *Human Psychopharmacology*, 21(6), 377–385.
- Morgado, P., Sousa, N., & Cerqueira, J. J. (2015). The impact of stress in decision making in the context of uncertainty. *Journal of Neuroscience Research*, 93(6), 839–847.
- Neumann, I. D., Krömer, S. A., Toschi, A., & Ebner, K. (2000). Brain oxytocin inhibits the (re)activity of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis in male rats: Involvement of hypothalamic and limbic brain regions. *Regulatory Peptides*, 96, 31–38.
- Olver, J. S., Pinney, M., Maruff, P., & Norman, T. R. (2015). Impairments of spatial working memory and attention following acute psychosocial stress. *Stress and Health*, 31(2), 115–123.
- Ossewaarde, L., Qin, S. Z., van Marle, H. J. F., van Wingen, G. A., Fernandez, G., & Hermans, E. J. (2011). Stress-induced reduction in reward-related prefrontal cortex function. *Neuroimage*, 55(1), 345–352.
- Pabst, S., Brand, M., & Wolf, O. T. (2013a). Stress and decision making: A few minutes make all the difference. *Behavioural Brain Research*, 250, 39–45.
- Pabst, S., Brand, M., & Wolf, O. T. (2013b). Stress effects on framed decisions: There are differences for gains and losses. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 7, 142.
- Penolazzi, B., Gremigni, P., & Russo, P. M. (2012). Impulsivity and Reward Sensitivity differentially influence affective and deliberative risky decision making. *Personality and Individual Differences*, 53(5), 655–659.
- Petzold, A., Plessow, F., Goshke, T., & Kirschbaum, C. (2010). Stress reduces use of negative feedback in a feedback-based learning task. *Behavioral Neuroscience*, 124(2), 248–255.
- Porcelli, A. J., Cruz, D., Wenberg, K., Patterson, M. D., Biswal, B. B., & Rypma, B. (2008). The effects of acute stress on human prefrontal working memory systems. *Physiology & Behavior*, 95, 282–289.
- Porcelli, A. J., & Delgado, M. R. (2009). Acute stress modulates risk taking in financial decision making. *Psychological Science*, 20(3), 278–283.
- Preston, S. D., Buchanan, T. W., Stansfield, R. B., & Bechara, A. (2007). Effects of anticipatory stress on decision making in a gambling task. *Behavioral Neuroscience*, 121(2), 257–263.
- Pruessner, J. C., Champagne, F., Meaney, M. J., & Dagher, A. (2004). Dopamine release in response to a psychological stress in humans and its relationship to early life maternal care: A positron emission tomography study using [¹¹C] raclopride. *Journal of Neuroscience*, 24(11), 2825–2831.
- Pruessner, J. C., Dedovic, K., Khalili-Mahani, N., Engert, V., Pruessner, M., Buss, C., ... Lupien, S. (2008). Deactivation of the limbic system during acute psychosocial stress: Evidence from positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging studies. *Biological Psychiatry*, 63(2), 234–240.
- Putman, P., Antypa, N., Cryosovergi, P., & van der Does, W. A.

- J. (2010). Exogenous cortisol acutely influences motivated decision making in healthy young men. *Psychopharmacology*, 208(2), 257–263.
- Radenbach, C., Reiter, A. M., Engert, V., Sjoerds, Z., Villringer, A., Heinze, H. J., ... Schlagenhaut, F. (2015). The interaction of acute and chronic stress impairs model-based behavioral control. *Psychoneuroendocrinology*, 53, 268–280.
- Radley, J. J., Rocher, A. B., Janssen, W. G. M., Hof, P. R., McEwen, B. S., & Morrison, J. H. (2005). Reversibility of apical dendritic retraction in the rat medial prefrontal cortex following repeated stress. *Experimental Neurology*, 196, 199–203.
- Reynolds, E. K., Schreiber, W. M., Geisel, K., MacPherson, L., Ernst, M., & Lejuez, C. W. (2013). Influence of social stress on risk-taking behavior in adolescents. *Journal of Anxiety Disorders*, 27(3), 272–277.
- Richards, J. M., Patel, N., Daniele-Zegarelli, T., MacPherson, L., Lejuez, C. W., & Ernst, M. (2015). Social anxiety, acute social stress, and reward parameters interact to predict risky decision-making among adolescents. *Journal of Anxiety Disorders*, 29, 25–34.
- Rilling, J. K., & Sanfey, A. G. (2011). The neuroscience of social decision-making. *Annual Review of Psychology*, 62, 23–48.
- Roosendaal, B., McEwen, B. S., & Chattarji, S. (2009). Stress, memory and the amygdala. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 423–433.
- Sänger, J., Bechtold, L., Schoofs, D., Blaszkewicz, M., & Wascher, E. (2014). The influence of acute stress on attention mechanisms and its electrophysiological correlates. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 353.
- Schoofs, D., Wolf, O. T., & Smeets, T. (2009). Cold pressor stress impairs performance on working memory tasks requiring executive functions in healthy young men. *Behavioral Neuroscience*, 123(5), 1066–1075.
- Scott, D. J., Heitzeg, M. M., Koeppe, R. A., Stohler, C. S., & Zubieta, J. K. (2006). Variations in the human pain stress experience mediated by ventral and dorsal basal ganglia dopamine activity. *Journal of Neuroscience*, 26(42), 10789–10795.
- Shaham, Y., Erb, S., & Stewart, J. (2000). Stress-induced relapse to heroin and cocaine seeking in rats: A review. *Brain Research Reviews*, 33(1), 13–33.
- Smeets, T., Dziobek, I., & Wolf, O. T. (2009). Social cognition under stress: Differential effects of stress-induced cortisol elevations in healthy young men and women. *Hormones and Behavior*, 55(4), 507–513.
- Soares, J. M., Sampaio, A., Ferreira, L. M., Santos, N. C., Marques, F., Palha, J. A., ... Sousa, N. (2012). Stress-induced changes in human decision-making are reversible. *Translational Psychiatry*, 2, e131.
- Starcke, K., & Brand, M. (2012). Decision making under stress: A selective review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(4), 1228–1248.
- Starcke, K., Polzer, C., Wolf, O. T., & Brand, M. (2011). Does stress alter everyday moral decision-making? *Psychoneuroendocrinology*, 36(2), 210–219.
- Starcke, K., Wolf, O. T., Markowitsch, H. J., & Brand, M. (2008). Anticipatory stress influences decision making under explicit risk conditions. *Behavioral Neuroscience*, 122(6), 1352–1360.
- Steinbeis, N., Engert, V., Linz, R., & Singer, T. (2015). The effects of stress and affiliation on social decision-making: Investigating the tend-and-befriend pattern. *Psychoneuroendocrinology*, 62, 138–148.
- Takahashi, T. (2005). Social memory, social stress, and economic behaviors. *Brain Research Bulletin*, 67(5), 398–402.
- Takahashi, T., Ikeda, K., & Hasegawa, T. (2007). Social evaluation-induced amylase elevation and economic decision-making in the dictator game in humans. *Neuroendocrinology Letters*, 28(5), 662–665.
- Tomova, L., von Dawans, B., Heinrichs, M., Silani, G., & Lamm, C. (2014). Is stress affecting our ability to tune into others? Evidence for gender differences in the effects of stress on self-other distinction. *Psychoneuroendocrinology*, 43, 95–104.
- Treadway, M. T., Buckholtz, J. W., & Zald, D. H. (2013). Perceived stress predicts altered reward and loss feedback processing in medial prefrontal cortex. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 180.
- van den Bos, R., Harteveld, M., & Stoop, H. (2009). Stress and decision-making in humans: Performance is related to cortisol reactivity, albeit differently in men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 34(10), 1449–1458.
- Verdejo-García, A., Moreno-Padilla, M., García-Ríos, M. C., López-Torrecillas, F., Delgado-Rico, E., Schmidt-Rio-Valle, J., & Fernández-Serrano, M. J. (2015). Social stress increases cortisol and hampers attention in adolescents with excess weight. *PLoS One*, 10(4), e0123565.
- Vinkers, C. H., Zorn, J. V., Cornelisse, S., Koot, S., Houtepen, L. C., Olivier, B., ... Joëls, M. (2013). Time-dependent changes in altruistic punishment following stress. *Psychoneuroendocrinology*, 38(9), 1467–1475.
- von Dawans, B., Fischbacher, U., Kirschbaum, C., Fehr, E., & Heinrichs, M. (2012). The social dimension of stress reactivity: Acute stress increases prosocial behavior in humans. *Psychological Science*, 23(6), 651–660.
- Wiemers, U. S., Schoofs, D., & Wolf, O. T. (2013). A

- friendly version of the trier social stress test does not activate the HPA axis in healthy men and women. *Stress*, 16(2), 254–260.
- Wise, R. J., Phung, A. L., Labuschagne, I., & Stout, J. C. (2015). Differential effects of social stress on laboratory-based decision-making are related to both impulsive personality traits and gender. *Cognition and Emotion*, 29, 1475–1485.
- Youssef, F. F., Dookeeram, K., Basdeo, V., Francis, E., Doman, M., Mamed, D., ... Legall, G. (2012). Stress alters personal moral decision making. *Psychoneuroendocrinology*, 37(4), 491–498.
- Zellner, D. A., Loaiza, S., Gonzalez, Z., Pita, J., Morales, J., Pecora, D., & Wolf, A. (2006). Food selection changes under stress. *Physiology & Behavior*, 87(4), 789–793.
- Zhang, X. L., Shi, J., Zhao, L. Y., Sun, L. L., Wang, J., Wang, G. B., ... Lu, L. (2011). Effects of stress on decision-making deficits in formerly heroin-dependent patients after different durations of abstinence. *American Journal of Psychiatry*, 168, 610–616.

The effects of stress on risky and social decision making

YANG Qun¹; LI Yu¹; SUN Delin^{2,5}; LEE Tatia M. C.^{2,3,4}

(¹ Department of Psychology, School of Education, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China)

(² Laboratory of Neuropsychology; 3 Laboratory of Cognitive Affective Neuroscience;

⁴ The State Key Laboratory of Brain and Cognitive Sciences, The University of Hong Kong, Hong Kong, China)

(⁵ Duke-UNC Brain Imaging and Analysis Center, Durham, NC 27705, USA)

Abstract: Stress refers to systematically nonspecific reactions to actual or potential threats. It is accompanied with psychological experiences of nervousness and anxiety, excitation of the sympathetic nervous system, increment of glucocorticoid, and alternations in the brainstem-limbic-prefrontal neural circuit. Stress significantly influences risk-seeking and risk-averse behaviors in risky decision making as well as prosocial and prosocial behaviors in social decision making. The cognitive basis of stress's influences on decision making are formed by dysfunctional strategies, an increase of habitual and automatic responses, alterations in feedback processing and changes in reward and punishment sensitivity. On the other hand, the neural foundations of stress's influences on decision making are formed by secretion of stress hormones and brain activation changes in areas that are crucial in decision making, such as prefrontal cortex, amygdala. Future studies should focus on the following topics: 1) revealing the relationship between individual differences in stress and diverse effects of stress on decision making; 2) measuring stress with multiple indexes; 3) investigating the temporal course of stress; 4) uncovering an individual's optimal stress level; 5) strengthening research about the influence of chronic stress on decision making and the reversible effects; 6) unlocking the neural mechanism of how stress affects decision making.

Key words: stress; trier social stress test; risky decision making; social decision making