

应激的脑机制及其对社会决策的影响探究*

甄 珍 秦绍正 朱睿达 封春亮 刘 超[†]

(北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, IDG/麦戈文脑科学研究院,
北京师范大学脑与学习协同创新中心, 100875, 北京)

摘要 系统地阐述了应激及其脑机制,并结合决策领域研究,梳理了应激对社会决策的影响.针对以往研究结论的不一致性,从多角度进行解释和分析,并指出未来研究应注重从应激源的类型和强度、个体差异以及时间效应等角度深入考察应激对脑功能和社会决策的影响.

关键词 应激;社会决策;双加工理论;双向交互模型

中图分类号 B84; Q42; R33

DOI: 10.16360/j.cnki.jbnuns.2017.03.020

生活中,个体每天面临着各种各样的应激事件(如考试、超负荷工作、不良人际交往、生活环境差、家庭重大事件、自然灾害等).从心理学上讲,应激是由真实的或者预期的威胁而造成机体“内稳态平衡”的破坏^[1].应激是把双刃剑,其产生有积极作用,能够让个体迅速集中资源应对紧急情况;但过度的应激也会影响身心健康,导致各种生理(如甲亢、冠心病)与心理疾病(如焦虑、抑郁等).从已有研究结果来看,应激的诱发使脑功能由前额叶自上而下的调控转变为皮层下组织自下而上的影响,进而影响个体的心理和行为,社会决策就是其中之一.在某些情境下(如自然灾害、交通事故等),应激会增加人们的合作助人行为;而另外一些应激事件(如工作压力、环境拥挤等)却会让人变得更加冷漠,甚至对外界产生敌对情绪.因此,对这一问题的研究有着重要的理论和现实意义.

1 应激概述

应激是当机体内环境稳态受威胁时,特别是在情景无法控制(uncontrollable)和无法预测(unpredictable)时,机体为了维持内稳态而产生的一系列特异性和非特异性的生理和心理反应^[1-3].在人类被试上,很难通过实验的方式控制无关变量来诱发严重的、慢性的应激,因此实验室大多采用物理诱发、认知诱发、情绪诱发和社会评价诱发等多种方式诱发急性的、轻微的应激.其中,社会评价(social evaluation)是现实生活中经常会遇到的社会性威胁,是应激源的重要成分.研究发现,当社会评价威胁和无法控制性同

时存在时,如特里尔社会应激测验(Trier social stress test, TSST)能够引起最有效的应激反应^[4].

应激被诱发后引起心理、生理、行为上的反应,重要标志是其生理反应,包括快速的交感神经系统兴奋和慢速的下丘脑垂体肾上腺轴(HPA-axis)反应²种.首先,应激会引起交感神经系统兴奋,躯体肾上腺素等儿茶酚胺快速释放(促进机体快速做出“战斗或逃跑反应”),导致心跳加快、呼吸急促、血压上升、瞳孔放大.同时,中枢蓝斑核团分泌去甲肾上腺素(NA)影响大脑,使大脑处于警觉状态.其次,慢速的HPA轴反应是通过一系列激素的分泌引起肾上腺皮质释放皮质醇(cortisol),其主要作用是恢复内稳态.皮质醇进入血液,提高血糖水平,同时也能穿过血脑屏障进入大脑,影响大脑皮层中有其受体(盐皮质激素受体和糖皮质激素受体)的脑区,主要为前额皮质和边缘系统^[1,5-7].

2 应激对脑功能和行为的影响

关于应激对脑功能的影响受到广泛关注,蓝斑分泌的NA,腹侧被盖区及黑质分泌的多巴胺(DA)弥散性地影响广泛脑区;而皮质醇主要通过2种类型的受体在不同脑区的分布和占据率而影响脑区功能^[5].应激会影响前额叶、边缘系统、基底核等广泛脑区^[8-10].虽然众多因素(应激源类型、应激强度、时间和个体差异等)影响了结论的一致性,但相对较一致的结论是应激会损害前额叶(尤其是背外侧前额叶)的功能,而增强杏仁核的功能.Hermans等^[11]提出了应激的双向交互模型(biphasic-reciprocal model),详细阐述了应激

* 国家社会科学基金重大资助项目(12&ZD228)

[†] 通信作者, e-mail: liuchao@bnu.edu.cn

收稿日期:2016-07-21

神经调节的时间和空间效应: 当个体面对应激源时, 以杏仁核为主节点的突显网络(salience network)活动增强, 促进恐惧和警觉反应, 但却牺牲了以背外侧前额叶为主节点的执行控制网络(executive control network)的活动; 当应激源消退之后, 2个网络资源互换, 情绪反应恢复常态, 高级认知功能得以加强^[11]。杏仁核和前额叶分别在情绪和认知加工中起着关键作用, 也是社会决策加工的重要脑区, 以下详细介绍应激对这2个脑区的影响机制。

2.1 应激对脑功能(认知和情绪)的影响 前额叶是高级认知加工(如工作记忆、抑制控制等)的重要脑区。在非应激状态下, 前额叶对其他皮层及皮层下组织起到自上而下的调控作用(表现在腹侧和内侧前额叶调节情绪, 背侧和外侧前额叶调节思想和活动)。同时, 前额叶也直接和间接地调控脑干核团, 使激素分泌达到最佳状态。但在应激状态下, 杏仁核激活了下丘脑和脑干, 促使大量的NA和DA分泌, 它们对前额叶的影响呈倒U型曲线, 应激下高浓度的NA和DA会损害前额叶的功能。这种影响也被皮质醇的快速非基因型效应增强, 共同导致了应激对前额叶功能的损害^[12-13]。许多研究用经典的TSST范式验证了应激对抑制控制、认知灵活性的损害^[14-15]。有研究用情绪视频诱发应激, 用fMRI观测被试N-back任务的表现, 发现应激组被试在工作记忆相关的背外侧前额叶功能的激活抑制^[16]。

应激虽损害了前额叶的功能, 却提高了杏仁核等皮层下组织的功能。研究发现应激能够诱发个体的愤怒和恐惧情绪^[17]。同时, 研究普遍发现应激能够提高对情绪事件的记忆, 其生理机制是在高水平NA等的作用下, 杏仁核提高了与其他脑区(海马、纹状体等)的功能连接, 而增强了对情绪记忆的巩固^[18]。这就解释了为什么人们会对地震等重大事件有更清晰的记忆。同时, 这种现象也在实验研究中得以证实, 有研究发现在应激状态下, 杏仁核反应敏感性提高, 不仅加工恐惧、愤怒等负性情绪, 在快乐情绪下也有激活^[19]。此研究组也发现应激可以提高静息态的杏仁核与脑干、腹侧前扣带回、脑岛的功能连接^[20]。另外, 应激下高水平的DA能够促进基底核的习惯化加工^[21], 把帮助个体脱离危险的行为加工为习惯, 使之能够更快速地应对危险。

在应激下, 大脑由前额叶慢速的、思考的、自上而下的调控变为了由杏仁核和皮层下结构引起的快速的、反射性的、自下而上的反应。这种转变能帮助人们在危险情景下快速逃生, 但是不利于需要进行深刻思考和抑制控制的情景。

2.2 应激对行为决策的双向交互作用 应激影响脑功能由自上而下的加工转变为自下而上的影响, 这种转变进而影响个体的认知、情绪和行为决策。决策领域的双加工理论(dual-process theory)认为有2种不同的决策系统: 系统1(intuition system)特点是直觉的、快速的、往往也是情绪的、非理性的, 主要由杏仁核在内的边缘系统调控; 系统2(reflection system)特点是反省的、慢速的、深思熟虑的、外显的, 主要受前额叶皮层调控。边缘系统负责情绪加工, 而前额叶皮质负责理智加工以免被情绪导向, 最终的行为决策往往是2个系统冲突竞争之后的结果^[22-23]。应激导致大脑由自上而下的高级认知调控转变为皮层下结构调控的自下而上的反应, 即增强系统1的直觉和情绪加工, 削弱系统2的理性和认知加工; 也即, 应激会导致个体的高级认知能力下降, 而增强个体的习惯化情绪反应。在应激源消退之后, 2种加工系统转换角色, 前额叶重新夺回其调控作用使认知能力得以增强, 边缘系统和情绪反应平复。应激对行为的影响也有着类似Hermans等^[11]提出的双向交互作用。

这种应激对行为的影响在很多实验研究中得以证实。关于应激对于目标导向行为的系列研究发现: 应激导致习惯化反应增加, 而使目标导向性行为(个体有目的性的去实施某一行为)受损^[24-25]; 诱发应激之后, 被试在面临食物选择困境时, 其自我控制能力降低(更易受美味的诱惑)^[26]。同时, 在跨期选择的研究中, Cornelisse等^[27]发现口服氢化可的松(一种诱发应激反应的药物)之后15min, 被试倾向选择小的短期利益, 即习惯化的选择偏向, 而在195min后, 这种选择偏向消失。

在应激状态下, 自上而下至自下而上的脑功能转变, 提高了个体的习惯化的反射性反应倾向, 却损害了个体的目标导向性行为以及自我控制能力。应激的双向交互作用也会导致个体的社会决策产生习惯化情绪偏向。

3 应激对社会决策的影响

3.1 社会决策概述 世界充满着不确定性, 人们需要不断做出判断和决策。在复杂的社会环境中, 个体要在社会交互中做出许多决策。社会决策是指个体的选择会影响他人, 也会受他人影响的决策过程。实验室研究采用各种实验经济学范式(如囚徒困境博弈、最后通牒博弈、公共物品博弈等)来研究利他行为、合作与竞争、互惠交换、公平、规则服从等社会决策的心理神经机制^[28-29]。

社会决策的重要脑区, 既包括高级认知加工的前

额叶,也包括广泛的皮层下组织即杏仁核、纹状体、脑岛等^[30],应激导致脑功能的转变会影响个体的社会决策。

3.2 应激对道德判断的影响 道德判断是近年来社会领域的研究热点。Greene^[31]用自我涉入的(personal)和非自我涉入的(impersonal)2种道德两难困境研究道德判断过程中情绪和认知的冲突,提出了道德判断的双加工理论。根据应激的双向交互作用,在面临情绪和认知的冲突时,可以推测应激会使情绪影响超过认知,产生情绪偏向性。Youssef等^[32]的研究发现,在面临自我涉入的道德困境时,应激组被试更少的进行功利主义的选择,也就是更多的受情绪的影响,并且女性受情绪的影响比男性更大,表明了应激导致的情绪偏向性。也有研究发现,在面临日常生活中的两难困境,当两难困境是高情绪诱发时,应激组被试会变得更自私^[33],这反映了应激导致被试更关注于自身,也反映了应激的习惯化情绪偏向。

3.3 应激对合作和利他行为的影响 根据双向交互作用,在面对合作和利他等亲社会行为情境时,一方面,应激可能增加个体更关注自身利益的本能倾向,进而有较少的合作和利他行为。研究发现应激组被试相比控制组,向慈善机构匿名捐赠的行为更少^[34]。另一研究虽然未发现2组被试在独裁者博弈任务(dictator game, DG)中分享行为的差异,但是发现在信任博弈(trust game, TG)中,应激组被试更少的信任对方玩家^[35]。与上述2个研究采用TSST诱发应激相区别,有研究用冷加压任务(cold pressor task, CPT)诱发被试应激,同样发现了应激组被试在TG任务中有更少的信任行为^[36]。另一方面,众多研究发现,应激导致的习惯化情绪偏向在社会决策中也可能是亲社会偏向的。Takahashi等^[37]在DG任务中也发现了应激组被试更加慷慨的表现。von Dawans等^[38]用多项任务来考察个体在社会应激下的亲社会行为,在TG和DG任务中,发现了应激组的亲社会行为显著增多(即更信任对方、更值得信任、更愿意分享)。另有研究将社会距离(social distance)加入进来,考察被试在DG任务中的分享行为,发现应激的亲社会偏向仅局限于社会亲密的对象^[39]。同时,有研究发现应激可以增加环保意识被试的环保机构捐赠行为概率^[40]。这种应激下的亲社会偏向,可能与应激个体的情绪共情水平增加^[41]和心理亲密感增加^[42]有关。对于这些研究表明的应激导致的亲社会偏向,可以从以下2个角度来解释说明。

3.3.1 早在2000年,Taylor^[43]就从社会进化和神经内分泌(应激下更多催产素、雌激素、类阿片等的分泌)的角度,提出女性在应激下的“tend and befriend”反

应,突破了以往单一的“fight or flight”反应模式。在应激状态下,人们更希望得到社会支持以缓解焦虑情绪,获得安慰和保护,因此人们会表现出更多的友好和亲社会行为以保持良好的社会关系^[43-44]。值得注意的是,在上述 von Dawans 等^[38]的研究中,所有被试均为男性。以往认为男女的应激反应会有差异,体现在男性更多的“fight or flight”反应,而女性更多的“tend and befriend”反应,由此可以推测这种“tend and befriend”反应可能是普遍存在的^[38]。

3.3.2 基于双加工理论,Rand等^[45-48]提出了社会启发假设(social heuristic hypothesis),认为个体在以往生活中内化习得了很多直觉性的默认反应(似条件反射),在我们遇到意外的(atypical)社会情境时,这种默认反应会先起作用,之后反省的、思虑的认知加工会取代这种自动化反应,做出最适合当下情境的反应。通常这种内化习得的自动化反应是有利的,所以才能被反复加工成默认反应。Rand等^[45-48]用一系列研究证实了在社会情景中,这种后天内化习得的自动化反应是合作和亲社会的。根据应激影响行为的双向交互模型(习惯化情绪反应偏向),结合社会启发假设人的习惯化默认反应是合作的,也可以推测在应激下个体的亲社会偏向。

应激导致的习惯化情绪偏向既可能是利己偏向,也可能是亲社会偏向的。造成这种影响的原因机制目前仍不明朗^[49],受到应激反应的复杂性、实验任务范式差异、个体差异等多因素的影响。

1) 应激的生理反应除了最常见的 HPA 轴反应外,还有下丘脑垂体性腺的 HPG 轴反应,导致体内的睾酮素水平提高^[50],而睾酮与皮质醇会共同影响个体的攻击和竞争行为^[50-51],这可能是导致“fight or flight”反应模式下更多利己行为的部分原因。而 Taylor^[43]提出的应激下“tend and befriend”反应模式对个体亲社会行为的促进,可能与应激反应中分泌的催产素相关,有研究显示催产素能够抑制皮质醇反应,起到镇定、抗焦虑作用^[52],也能够提高个体的亲社会行为^[53-54]。

2) 在双人互动的 DG 中,应激组被试都表现出更多分享行为,而在 TG 中大部分应激个体却表现为更不信任对方玩家。可能是这2种任务的差异性导致。在 DG 中,被试拥有是否要把资源分享给资源稀缺的对方玩家的权利,对方玩家处于弱势地位。而在 TG 中,对方玩家或者在最初拥有与被试的等量资源^[35],被试与对方玩家处于相对平等的地位或者被试面临较大的自我利益损失风险(只有2个选择,即把自己的资源全部给对方,或者不给)^[36,38]。因此,可以推测亲社会行

为的引发可能与对方玩家是否处于弱势,被试自身是否面临较大利益风险等因素有关。

3) 应激诱发的方式也存在一定差异。诱发应激的CPT是纯粹的物理性诱发,而经典的TSST任务中却包含了心理、社会性的因素,不仅引起生理反应,还会引发情绪、认知等多方面的变化,这就导致了二者引发的应激反应^[4]以及在社会决策中的行为倾向存在一定差异。

4) 被试的个体差异,包括性别^[55]、人格^[56]、认知(如个体把应激源看作挑战还是威胁)^[57]等因素也会造成结果的不一致。这种结论的不一致性提示我们,需要进一步的深入研究,探究应激的利己偏向和亲社会偏向各自的原因机制。

4 应激对脑功能和社会决策影响的研究展望

急性应激下,大脑由前额叶慢速的、自上而下的调控变为了由杏仁核和皮层下结构引起的快速的、自下而上的反应。应激对脑功能的转变,进而导致个体的决策产生习惯化情绪反应偏向。在社会决策中,应激既可能增加个体的利己倾向,也有可能增加个体的亲社会行为。应激反应是极其复杂的系统,受到应激类型和强度、个体差异、时间等多方面因素的限制,未来研究可以从以下几个角度来探究应激对脑功能和社会决策的影响。

4.1 应激源类型和强度对脑功能和社会决策的影响

应激反应依赖于应激源的性质、强度和持续时间。现实生活中个体会面临各种各样的应激源,从强度极大的自然灾害到强度较低的赶公交上班,从持续时间较长的工作压力到短暂的面试紧张。对于不同的应激源,个体有着不同的应激反应。在实验研究中,不同方法诱发的应激类型和强度也是有差异的,如:社会应激诱发(TSST)、物理应激诱发(如CPT)、情绪任务诱发(恐怖视频)、认知任务诱发(MIST)以及直接服用氢化可的松等,这几种应激诱发方式在被试主观心理感受、生理反应以及脑功能上的差异需要进一步探究。不同类型的应激源对脑功能影响有差异,进而导致个体在社会决策上的差异。目前并没有关于不同类型的应激源对社会决策的不同影响的研究或总结,但由于社会决策的特殊性,有无社会评价威胁可能在其中起到重要的作用。未来研究需深入探究不同类型应激源,以及不同强度的同种应激源对脑功能和社会决策的影响机制。

4.2 多种激素的交互对脑功能和社会决策的影响

应激的生理反应除了最经典的HPA轴的终端产物皮质醇外,还体现在DA、催产素、睾酮等多种激素含量

的变化上。考察单个激素对脑和行为的影响,有助于理解该激素可能的作用机制。但是当多种激素共同存在时,激素之间会产生相互抑制或促进的效应,也就意味着一种激素对于脑功能和行为的影响,受其他激素的水平所影响。已有研究把关注点聚焦在“压力激素”皮质醇上,虽然皮质醇确实在应激反应中起到了关键作用,但其他激素的作用同样不容忽视。未来研究欲深入考察应激对脑功能和社会决策的生理机制,就必须要将多种激素与皮质醇的交互作用的影响纳入进来。

4.3 应激对脑功能和社会决策影响的个体差异 应激反应有很大的个体差异性,但是,实验研究通常以整体样本为统计指标,而容易忽略对个体差异的关注。

1) 应激反应引发的各种激素变化对脑功能产生影响,而性别差异本身就涉及到男女性激素分泌的差异,雄性激素睾酮和雌性激素催产素也随着应激反应而波动,进而影响个体的行为反应。通常认为男性在应激下会更冲动,而女性则更保守。从进化的角度看,2种反应都能在一定程度上保障自己和家族的安全。但是,性别因素究竟是如何在其中发挥作用是非常有趣而且有价值的研究方向。因此,深入研究应激对脑和社会决策的影响机制,就必然要了解性别因素的影响及其作用机制。

2) 人格差异也会影响个体的应激反应。在许多危难情景中,既有奋不顾身的见义勇为者,也有一跑成名的“范跑跑”。不同人格特质者的行为差异,是否由应激反应的脑差异所致,以及不同的人格特质(焦虑、共情能力、冲动性等)分别会如何影响个体在应激下的脑功能和社会决策,都是未来研究需要关注的方向。对应激、人格特质、脑与社会决策的交互研究,不仅能丰富理论建构,也能够对临床精神治疗提供一定帮助。

3) 在实验研究中通常以唾液皮质醇的含量作为应激反应的指标,因此皮质醇也被称为“压力激素”。然而,并不是所有个体在应激下都会有皮质醇应答反应,据此可以将应激组被试分为皮质醇应答者(responders)和非应答者(non-responders)^[58]。2个群体生理反应的差异会导致其在脑功能活动上的差异,进而可能引发社会决策任务中的不同反应。但是,行为反应差异是否单纯由于皮质醇非应答者未产生应激反应所引发,是否有其他的干扰因素,仍需要进一步探究。另外,应激组皮质醇非应答者与对照组被试在脑功能和社会决策反应上的差异性,也能侧面反映其作用机制。

4) 个体差异归结到最根本是个体基因的差异,欲从深层理解应激反应的个体差异以及其对脑功能和社会决策的影响,就要探索从基因角度入手,考察基因与

应激的交互效应,这也是未来研究的方向。

4.4 应激对脑功能和社会决策影响的时间效应 应激初期,突显网络活动增强、执行控制网络活动抑制;而当应激源消退之后,2个网络资源互换,情绪反应恢复常态,高级认知功能得以加强。这种应激的时间效应是由快速交感神经系统反应和慢速的HPA轴反应联合作用所致。应激对脑功能的影响随时间而变化,可推测应激对社会决策的影响也受时间因素的限制。进而表现为应激初期的习惯化情绪偏向,及之后的更灵活的认知偏向,这需要在未来研究中进一步证实。探究应激对脑功能和社会决策的时间效应,也可以为个体在实践中提供指导,例如处于应激状态时,要尽量避免快速做出重大决策。但是,应激对脑和社会决策的影响究竟如何随着时间而发生变化,其作用是否一致,仍需要进一步探讨。

4.5 应激对多种社会决策任务的影响 社会决策任务的差异也是探究应激对社会决策影响的重要部分。社会决策包含众多领域,深刻理解应激对社会决策的影响机制,必须要拓宽应激对社会决策影响的研究范畴。

首先,以往应激对社会决策影响的研究对象往往都局限于针对个体,但是群体决策也是社会决策中的研究热点。应激下,群体成员的决议是更冒险还是保守,个体是否更愿意为了群体利益而牺牲个人利益,以及应激是否会增加个体的从众倾向等,这些研究能够为进一步理解社会现象提供更科学的依据。

其次,在社会生活中,个体经常要跟他人进行社会比较和竞争,这涉及到奖赏加工、心智化(mentalizing)等心理过程,且社会比较常常伴随着一种特殊的社会情绪,如嫉妒。个体想维持“自我良好”的概念,但当“别人比我好”的反馈出现时,就会产生认知冲突,在心理上体验到嫉妒。因此,个体的社会比较行为和嫉妒情绪会在应激下产生何种变化,其过程和机制也是未来研究的方向。

4.6 应激对社会决策影响的脑机制探究 应激对社会决策的以往研究,都是以应激的脑功能转变为社会决策改变的神经基础,但目前很少有研究结合脑成像技术来探究应激和社会决策的关系,其原因可能是实验室应激诱发控制和与脑成像相结合的复杂性。而这必将是深入理解应激对社会决策影响的神经机制的必要途径,因此运用脑成像技术(功能性磁共振(fMRI)、近红外光学成像(NIRS)等),深入探究应激、社会决策与脑的交互影响也至关重要。同时,Hermans等^[11]提出的应激的双向交互模型中,可以看到应激不是单独的影响某一脑区,而是对脑的神经网络的整体影响,而

孤立的考察某一单独脑区时往往会产生不一致的结果。因此,未来研究应该更加注重应激对社会决策影响的相关脑区整体性的探讨,而不仅关注杏仁核、背外侧前额叶等某几个脑区的活动。总之,应激和社会决策的相关研究还有很多空白亟须填补,这对于理论体系的建构与完善,对于人们如何在高应激的现实生活中做出适合的决策,有着重大的意义。

5 参考文献

- [1] ULRICH-LAI Y M, HERMAN J P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses[J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2009, 10(6): 397
- [2] MCEWEN B S. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain[J]. *Physiological Reviews*, 2007, 87(3): 873
- [3] 罗跃嘉,林婉君,吴建辉,等. 应激的认知神经科学研究[J]. *生理科学进展*, 2013, 44(5): 345
- [4] DICKERSON S S, KEMENY M E. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research[J]. *Psychological Bulletin*, 2004, 130(3): 355
- [5] DE KLOET E R, JOËLS M, HOLSBOER F. Stress and the brain: from adaptation to disease[J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2005, 6(6): 463
- [6] STARCKE K, BRAND M. Decision making under stress: a selective review[J]. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2012, 36(4): 1228
- [7] FOLEY P, KIRSCHBAUM C. Human hypothalamus-pituitary-adrenal axis responses to acute psychosocial stress in laboratory settings[J]. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2010, 35(1): 91
- [8] DEDOVIC K, REXROTH M, WOLFF E, et al. Neural correlates of processing stressful information: an event-related fMRI study[J]. *Brain Research*, 2009, 1293: 49
- [9] PRUESSNER J C, DEDOVIC K, KHALILI-MAHANI N, et al. Deactivation of the limbic system during acute psychosocial stress: evidence from positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging studies[J]. *Biological Psychiatry*, 2008, 63(2): 234
- [10] WANG J, RAO H, WETMORE G S, et al. Perfusion functional MRI reveals cerebral blood flow pattern under psychological stress[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(49): 17804
- [11] HERMANS E J, HENCKENS M J, JOËLS M, et al. Dynamic adaptation of large-scale brain networks in response to acute stressors[J]. *Trends in Neurosciences*, 2014, 37(6): 304

- [12] ARNSTEN A F T. Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2009, 10(6): 410
- [13] ARNSTEN A F T. Stress weakens prefrontal networks; molecular insults to higher cognition[J]. *Nature Neuroscience*, 2015, 18(10): 1376
- [14] LUETHI M, MEIER B, SANDI C. Stress effects on working memory, explicit memory, and implicit memory for neutral and emotional stimuli in healthy men[J]. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 2008, 2(5): 1
- [15] SCHOLZ U, LA MARCA R, NATER U M, et al. Go no-go performance under psychosocial stress; beneficial effects of implementation intentions[J]. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2009, 91(1): 89
- [16] QIN S, HERMANS E J, VAN MARLE H J F, et al. Acute psychological stress reduces working memory-related activity in the dorsolateral prefrontal cortex[J]. *Biological Psychiatry*, 2009, 66(1): 25
- [17] MOONS W G, EISENBERGER N I, TAYLOR S E. Brain, behavior, and immunity anger and fear responses to stress have different biological profiles[J]. *Brain Behavior and Immunity*, 2010, 24(2): 215
- [18] ROOZENDAAL B, MCEWEN B S, CHATTARJI S. Stress, memory and the amygdala[J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2009, 10(6): 423
- [19] VAN MARLE H J F, HERMANS E J, QIN S, et al. From specificity to sensitivity; how acute stress affects amygdala processing of biologically salient stimuli[J]. *Biological Psychiatry*, 2009, 66(7): 649
- [20] VAN MARLE H J F, HERMANS E J, QIN S, et al. Enhanced resting-state connectivity of amygdala in the immediate aftermath of acute psychological stress[J]. *Neuroimage*, 2010, 53(1): 348
- [21] HOLLON N G, BURGEO L M, PHILLIPS P E M. Stress effects on the neural substrates of motivated behavior[J]. *Nature Neuroscience*, 2015, 18(10): 1405
- [22] KAHNEMAN D. A perspective on judgment and choice; mapping bounded rationality[J]. *The American Psychologist*, 2003, 58(9): 697
- [23] SANFEY A G, CHANG L J. Multiple systems in decision making[J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2008, 1128: 53
- [24] DIAS-FERREIRA E, SOUSA J C, MELO I, et al. Chronic stress causes frontostriatal reorganization and affects decision-making[J]. *Science*, 2009, 325(7): 621
- [25] SCHWABE L, HÖFFKEN O, TEGENTHOFF M, et al. Preventing the stress-induced shift from goal-directed to habit action with a β -adrenergic antagonist.[J]. *The Journal of Neuroscience; the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2011, 31(47): 17317
- [26] MAIER S U, MAKWANA A B, HARE T A. Acute stress impairs self-control in goal-directed choice by altering multiple functional connections within the brain's decision circuits[J]. *Neuron*, 2015, 87(3): 621
- [27] CORNELISSE S, VAN AST V, HAUSHOFER J. Time-dependent effect of hydrocortisone administration on intertemporal choice[J]. *Methods in Enzymology*, 2013, 268: 4081
- [28] RILLING J K, SANFEY A G. The neuroscience of social decision-making. [J]. *Annual Review of Psychology*, 2011, 62: 23
- [29] 古若雷,施媛媛,杨璟,等. 焦虑对社会决策行为的影响[J]. *心理科学进展*, 2015, 23(4): 547
- [30] RUFF C C, FEHR E. The neurobiology of rewards and values in social decision making. [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2014, 15(8): 549
- [31] GREENE J D. Why are VMPFC patients more utilitarian? A dual-process theory of moral judgment explains [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2007, 11(8): 322
- [32] YOUSSEF F F, DOOKEERAM K, BASDEO V, et al. Stress alters personal moral decision making[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2012, 37(4): 491
- [33] STARCKE K, POLZER C, WOLF O T, et al. Does stress alter everyday moral decision-making? [J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2011, 36(2): 210
- [34] VINKERS C H, ZORN J V, CORNELISSE S, et al. Time-dependent changes in altruistic punishment following stress [J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2013, 38(9): 1467
- [35] STEINBEIS N, ENGERT V, LINZ R, et al. The effects of stress and affiliation on social decision-making; investigating the tend-and-befriend pattern[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2015, 40(62): 138
- [36] FELDMANHALL O, RAIIO C M, KUBOTA J T, et al. The effects of social context and acute stress on decision making under uncertainty [J]. *Psychological Science*, 2015, 26(12): 1
- [37] TAKAHASHI T, IKEDA K, HASEGAWA T. Social evaluation-induced amylase elevation and economic decision-making in the dictator game in humans[J]. *Neuro Endocrinology Letters*, 2007, 28(5): 662
- [38] VON DAWANS B, FISCHBACHER U, KIRSCHBAUM C, et al. The social dimension of stress reactivity; acute stress increases prosocial behavior in humans[J]. *Psychological Science*, 2012, 23(6): 651
- [39] MARGITTAI Z, STROMBACH T, VAN WINGERDEN M, et al. A friend in need: time-

- dependent effects of stress on social discounting in men [J]. *Hormones and Behavior*, 2015, 73: 75
- [40] SOLLBERGER S, BERNAUER T, EHLERT U. Stress influences environmental donation behavior in men[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2016, 41(63): 311
- [41] WOLF O T, SCHULTE J M, DRIMALLA H, et al. Enhanced emotional empathy after psychosocial stress in young healthy men[J]. *Stress*, 2015(3890): 1
- [42] BERGER J, BERGER J, HEINRICHS M, et al. Cortisol modulates men's affiliative responses to acute social stress[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2016, 41(63): 1
- [43] TAYLOR S E. Tend and befriend: biobehavioral bases of affiliation under stress[J]. *Current Directions in Psychological Science*, 2006, 15(6): 273
- [44] TAYLOR S, KLEIN L, LEWIS B. Biobehavioral responses to stress in females: tend-and-befriend, not fight-or-flight[J]. *Psychological Review*, 2000, 107(3): 411
- [45] RAND D G, GREENE J D, NOWAK M A. Spontaneous giving and calculated greed[J]. *Nature*, 2012, 489(7416): 427
- [46] RAND D G, PEYSAKHOVICH A, KRAFT-TODD G T, et al. Social heuristics shape intuitive cooperation[J]. *Nature Communications*, 2014, 5(4): 3677
- [47] RAND D G, TARNITA C E, OHTSUKI H, et al. Evolution of fairness in the one-shot anonymous Ultimatum Game[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(7): 2581
- [48] RAND D G, EPSTEIN Z G. Risking your life without a second thought: intuitive decision-making and extreme altruism[J]. *Plos One*, 2014, 9(10): 1
- [49] 杨群, 李煜, 孙得琳, 等. 应激对风险和社会决策的影响[J]. *心理科学进展*, 2016, 24(6): 974
- [50] JOURNAL I, JUNE P, TERBURG D, et al. The testosterone-cortisol ratio: a hormonal marker for proneness to social aggression[J]. *International Journal of Law and Psychiatry*, 2009, 32(4): 216
- [51] MEHTA P H, MOR S, YAPA J, et al. Dual-hormone changes are related to bargaining performance[J]. *Psychological Science*, 2015, 26(6): 866
- [52] HEINRICHS M, BAUMGARTNER T, KIRSCHBAUM C, et al. Social support and oxytocin interact to suppress cortisol and subjective responses to psychosocial stress[J]. *Biological Psychiatry*, 2003, 54(12): 1389
- [53] CARDOSO C, ELLENBOGEN M A, SERRAVALLE L, et al. Stress-induced negative mood moderates the relation between oxytocin administration and trust: evidence for the tend-and-befriend response to stress? [J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2013, 38(11): 2800
- [54] MACDONALD K, MACDONALD T M. The peptide that binds: a systematic review of oxytocin and its prosocial effects in humans[J]. *Harvard Review of Psychiatry*, 2010, 18(1): 1
- [55] TURTON S, CAMPBELL C. Tend and befriend versus fight or flight: gender differences in behavioral response to stress among university students[J]. *Journal of Applied Biobehavioral Research*, 2005, 10(4): 209
- [56] TAKAHASHI T, IKEDA K, ISHIKAWA M, et al. Interpersonal trust and social stress-induced cortisol elevation[J]. *Neuroreport*, 2005, 16(2): 197
- [57] BUCHANAN T W, PRESTON S D. Stress leads to prosocial action in immediate need situations [J]. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 2014, 8(1): 1
- [58] DEDOVIC K, D'AGUIAR C, PRUESSNER J. What stress does to your brain: a review of neuroimaging studies[J]. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 2009, 54(1): 6

Neural mechanism of stress and social decision making under acute stress

ZHEN Zhen QIN Shaozheng ZHU Ruida FENG Chunliang LIU Chao

(State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, IDG/McGovern Institute for Brain Research,

Center for Collaboration and Innovation in Brain and Learning Sciences, Beijing Normal University, 100875, Beijing, China)

Abstract Stress, its neural mechanisms, and social decision making under stress are reviewed from large studies. Inconsistencies in the literature are interpreted and possible problems were elaborated. To build and enrich theoretical structure, we proceeded from specified stressors, time effects, individual differences.

Keywords stress; social decision making; dual-process theory; biphasic-reciprocal model