

应激对认知灵活性的影响

欧阳洁茹, 张丹丹

辽宁师范大学心理学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2024年1月3日; 录用日期: 2024年2月20日; 发布日期: 2024年2月29日

摘要

应激在日常生活中随处可见,是影响身心健康的主要风险因素。研究发现应激对前额叶相关的认知功能,尤其是认知灵活性具有重要影响。已有很多研究探究应激对认知灵活性的影响,但尚未得出一致结论。本文从应激源类型以及任务本身的差异探讨了应激与认知灵活性之间的关系,可以更好地理解以往的结果。未来的研究可以借助一些电生理设备,可以进一步探究两者之间的关系。

关键词

急性应激, 慢性应激, 认知灵活性

The Effect of Stress on Cognitive Flexibility

Jieru Ouyang, Dandan Zhang

School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Received: Jan. 3rd, 2024; accepted: Feb. 20th, 2024; published: Feb. 29th, 2024

Abstract

Stress is ubiquitous in daily life and is a major risk factor for physical and mental health. Studies have found that stress has an important impact on prefrontal lobe-related cognitive function, especially cognitive flexibility. There have been many studies exploring the effects of stress on cognitive flexibility, but no unanimous conclusions have been reached. This paper explores the relationship between stress and cognitive flexibility in terms of the types of stressors and the differences in the task itself, which can better understand the past results. Future studies can further explore the relationship between the two with the help of some electrophysiology equipment.

Keywords

Acute Stress, Chronic Stress, Cognitive Flexibility

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 应激的类型及对个体的影响

1.1. 应激的定义

在如今这个快节奏的社会中,个体需要面对各种各样的挑战与挑战,在紧迫与危险情境时,个体会出现精神高度紧张、心跳加快、呼吸急促、出汗等一系列生理与心理反应,这些非特异性反应的总和被称为“应激”。应激是机体与环境交互的结果,是刺激事件打破机体内稳态,超出机体的负荷和控制所引发的综合性反应(罗跃嘉,林婉君,吴健辉,秦绍正,2013)。

根据应激持续的时间可将应激分为急性应激和慢性应激。实验室研究主要是通过一些手段干预引发短暂的应激状态,相对于慢性应激,急性应激的持续时间短,强度较大,易于操作,所以被广泛运用到研究中。依据应激源的性质可将应激分为生理性应激(如冷刺激、热刺激、疼痛刺激等)和心理性应激(如考试、演讲等)(齐铭铭,张庆林,关丽丽,杨娟,2011)。生理性应激的诱发主要是通过打破机体原有的生理平衡状态(例如,体温,疼痛),常用范式包括肢体末端冷加压技术(Cold Pressor Test, CPT)和肘腕部冷加压技术(Cold Pressor Arm Wrap, CPAW)等(段海军等,2017)。心理性应激的诱发是通过营造具有社会评价性威胁和不可控性两大关键因素的应激情境,诱发范式包括特里尔社会压力评估任务(Trier Social Stress Test, TSST)和蒙特利尔脑成像应激任务(Montreal Imaging Stress Task, MIST)。此外,也有研究采用由生理和心理共同主导的复合性应激源,如社会评估冷加压技术(Socially Evaluated Pressor Cold Test, SEPCT)。

1.2. 急性心理应激诱发的方式

1.2.1. 特里尔社会压力评估(TSST)

特里尔社会压力评估测试是由特里尔大学的 Kirschbaum 教授设计的心理性应激方式(Kirschbaum, Pirke, & Hellhammer, 1993)。标准的 TSST 包括自由演讲(free speech)和心算(arithmetic task)两个任务。首先,被试要在职业招聘面试情景下完成 5 分钟的自由演讲,即向两名评委陈述自己应聘该岗位的优势,全程对被试的言语和非言语行为表现进行记录。如果自由演讲不足 5 分钟,评委则按照事先准备好的问题进行提问。随后,被试需要完成心算任务(从 2023 开始依次减去 17),要求被试做到既快又准确。如果计算错误,则需要从 2023 重新开始。实验过程中,所有评委保持中立、冷漠,不做任何言语和非言语的评价反馈。在 TSST 过程中,被试不仅在主观评定上表现出应激反应,如负性情绪增强,而且在客观上也表现出显著的生理反应:下丘脑-垂体-肾上腺轴活动(hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) activity)的改变,体内荷尔蒙水平改变,例如唾液皮质醇含量和肾上腺中促肾上腺皮质激素的增加。

1.2.2. 蒙特利尔脑成像应激任务(MIST)

Pruessner 等人在 TSST 的基础上,设计了蒙特利尔脑成像应激任务(MIST) (Dedovic, Renwick, Mahani, Engert, Lupien, & Pruessner, 2005)。在 MIST 中,被试需要完成心算任务,主试通过计算机程序让被试产生“失败”和“失控感”等强烈的应激状态。整个任务包括两个部分,首先是练习阶段,主试通过这一阶段了解每个被试的心算水平(反应时)。接着是正式实验阶段,正式实验包括三种条件:实验条件、控制条件和休息条件。在实验条件下,主试根据被试在练习阶段的心算结果设置问题解决的时间限制,针对

每个被试而言, 时间限制都会比练习阶段的平均反应时少 10%。与此同时, 程序会持续地记录被试的平均反应时和正确率, 如果连续答对 3 道题目, 限制时间将会继续减少; 相反, 如果被试连续答错 3 道题目, 限制时间增加。目的是让被试产生强烈的“失败”体验但又不至于放弃。被试被告知在整个实验过程中, 其表现将被录像并被实验室外的所有人观看和评价。在控制条件下, 被试完成与实验条件中完全一致的心算任务, 但是没有时间限制, 并且其表现将不被监视仪记录。设置控制条件的目的是记录个体在解决心算作业过程中的大脑皮层活动。在休息条件中, 屏幕上呈现程序的主界面, 被试没有具体的实验任务, 设置休息条件的目的是记录大脑皮层在基线水平上的活动。

1.2.3. 社会评价冷加压技术(SECT)

Schwabe、Haddad 和 Schachinger (2008)提出了社会评估冷加压技术(Socially Evaluated Pressor Cold Test, SECT)。具体操作步骤如下: 应激组被试需要在摄像机记录表情的情况下(这一步骤主要是让被试产生心理压力), 尽可能长时间地(3 分钟)将手或脚放入 0°C~3°C 的冰水(诱发被试的生理反应)。为了让被试产生更大的心理压力, 两名穿着白大褂的研究员(其中一名的性别与被试相反)全程注视被试。控制组被试只需将手或脚放到 35°C~37°C 的温水中保持 3 分钟即可, 实验过程中无摄像记录, 研究员不穿白大褂, 也不注视被试。在实验操作后, 应激组被试的 HPA 轴被高度激活, 唾液皮质醇指标敏感。

1.3. 应激对个体的影响

前额叶皮层(The pre frontal cortex, PFC)在认知和情感行为的整合以及调节自主神经和神经内分泌功能方面发挥着重要作用。PFC 可以被认为类似于计算机的 RAM 存储器, 对于将应激体验转化为适应性行为至关重要。PFC 对应激做出反应, 并通过调节下丘脑室旁核(PVN)来调节对应激的反应, PVN 反过来控制交感 - 肾上腺和下丘脑 - 垂体 - 肾上腺(HPA)的活动。

除此之外, PFC 与多种形式的工作记忆和行为灵活性有关, 它在应激反应中一直处于被激活状态。

应激通过前额叶皮层对有机体的生理、心理与行为活动均有着极大的调节作用。一方面, 应激能促使有机体在面对紧迫与危险情境时快速有效地重新分配生理和心理资源, 从而提高适应和生存能力(段海军等, 2017), 另一方面, 暴露于急性应激中, 会增加前额叶皮层中儿茶酚胺的释放, 进而损害认知控制能力(Arnsten, 2015)。

2. 认知灵活性及其研究范式

2.1. 认知灵活性

人类认知控制的很大的特点就是它的灵活性, 认知灵活性是指根据不断变化的环境适当调整行为的能力, 认知灵活性使个体能有效的工作, 如从先前的任务转移到新的任务中, 从而高效完成工作(Dajani & Uddin, 2015)。认知灵活性在日常生活中扮演者重要的角色。例如, 当在不同系统的电脑上操作的时候(苹果和 windows 系统), 不同的按键或者操作能够达到相同的目的, 甚至连关闭窗口的位置都不一样, 因此需要个体灵活的转换以适应不同的操作方式。与此相反, 认知灵活性的对立面即是认知不灵活, 认知不灵活会阻碍问题的解决, 会使个体产生功能固着现象。具体而言, 在有些情况下人们只考虑到某个东西通常的功能和用途, 没办法想出创新性的用途。从这些方面来看, 认知灵活性无疑是非常重要的。

认知灵活性并不是一个单一的过程, 研究表明, 认知灵活性分为自发灵活性和反应灵活性(Eslinger & Grattan, 1993; Grattan & Eslinger, 1989)。自发灵活性是指思维的发散, 常用范式包括语言联想流畅性范式, 即根据形态学特征而不是语义学特征创造单词; 替代用途测试(Alternative use testing), 即选择一件日常生活中随意可见的物品, 比如椅子, 在两分钟时间内, 尽可能多地说出这一物件的用途。反应灵活性是指

根据特定的需求和情境自由转换认知和行为, 常用的范式是任务转换范式以及威斯康辛卡片分类任务(Grant & Berg, 1948)。

2.2. 威斯康辛卡片分类任务

以往研究通常采用卡片分类任务研究认知灵活性(比如威斯康辛卡片分类任务, 伯格卡片分类任务)。任务在计算机上完成, 实验材料包括 128 张按照颜色(红, 绿, 黄, 蓝)、形状(三角形, 五角星形, 十字形, 圆形)和图形数量(1, 2, 3, 4)的不同而绘制的卡片。首先在屏幕的选择区出现 4 张卡片(刺激卡), 在反应区有 128 张卡片。被试需要根据不同的规则将反应卡与选择区其中一张进行匹配, 匹配的规则是按数量、形状、颜色等维度依次进行。操作时被试并不知道规则, 系统会自动告诉被试每一次选择是正确还是错误的。被试需要通过反馈和不断尝试来确认新规则, 在正确分类 10 张后, 规则改变, 被试需要察觉到新规则并进行分类, 实验持续进行, 直至被试完成 128 图片的分类或者成功完成 9 组分类, 任务结束。衡量指标为持续性错误数, 指规则发生改变, 被试接受到错误的反馈后仍用以前的规则进行分类。持续性错误数越高, 认知灵活性越低。Gabrys 等(2019)使用伯格卡片分类任务(BSCT)测量认知灵活性, 结果发现在急性应激后坚持性错误减少, 表明应激增强了认知灵活性。

2.3. 任务转换范式

任务转换是指为了执行新的、更相关的任务而放弃旧的、不相关的任务的能力(Tayeb & Lavidor, 2016)。由于任务转换是认知灵活性的核心, 近些年研究者通常在实验中采用不同的任务转换范式来研究个体的认知灵活性, 比如, 交替任务转换范式、线索任务转换范式和指示任务转换范式(Cragg & Chevalier, 2012)。Plessow 等(2012)使用任务转换范式, 要求被试进行数字的判断任务, 从大小和奇偶两个维度转换。结果发现, 与重复任务相比, 被试对于转换任务的反应时更长, 准确率更低。这种差异称为转换成本, 反映了认知控制过程。

3. 应激影响认知灵活性的生理假设

研究发现认知控制与背外侧和腹外侧前额叶皮层(DLPFC 和 VLPFC)、前扣带皮质(ACC)、上下顶叶(SPL 和 IPL)、楔前叶和顶内沟的激活有关。背外侧皮层是认知控制任务中持续激活的区域。动物研究表明, 前额叶皮层(PFC)易受到急性和慢性应激的影响(Arnsten, 2009)。在 HPA 轴应激反应期间, 位于海马和前额叶皮层的受体与皮质类固醇激素的相互作用是与应激相关的认知能力差异的一个重要因素(Orem et al., 2008)。应激通过影响 PFC 的结构和功能可塑性, 进而影响认知控制功能。认知控制主要有三个成分, 包括工作记忆(working memory), 抑制控制(inhibition), 和认知灵活性(Weng et al., 2015)。由于认知功能中最重要的一方面为认知灵活性, 近年来关于应激对认知灵活性的影响研究层出不穷, 然而结果却不一致, 有些研究表明应激会损害认知灵活性(Steinhauser et al., 2007; Alexander et al., 2007; Plessow et al., 2011; Plessow et al., 2012; Shields et al., 2016; Kalia et al., 2018; Nikiforuk & Popik, 2011, 2014; Pang et al., 2014; Butts et al., 2013; Liston et al., 2006, 2009; Bondi et al., 2008; Orem et al., 2008), 而有些则表示应激会起到促进的作用(Kofman et al., 2006; Dierolf et al., 2016; Goldfarb et al., 2017; Gabrys et al., 2019)。

4. 应激影响认知灵活性相关研究

4.1. 急性应激对认知灵活性的影响

4.1.1. 急性应激对自发灵活性的影响

发散思维是创造力的核心要素, 许多有创造性的工作都是在压力下进行的, 但是也有研究表明在压

力下创造性的表现受损(Beversdorf et al., 1999), Wang 等人(2019)通过蒙特利尔脑成像应激任务(MIST), 替代用途测试探究急性应激下创造性思维是否会受到损害, 结果显示在应激前的得分显著高于应激后, 急性应激损害了创造性思维。

4.1.2. 急性应激对反应灵活性的影响

暴露在无法控制的压力下会迅速引起大脑中的化学变化, 从而削弱前额叶皮层的高级认知功能(Arnsten, 2015)。Shields 等人(2016)采用 TSST 诱发应激, 使用威斯康辛卡片分类任务进行认知灵活性的测量, 结果显示应激组坚持性错误数显著高于控制组, 得出急性应激会损害认知灵活性中的任务转换。Kalia 等(2018)使用冷压测试诱发应激, 结果显示在应激后, 坚持性错误更低, 得出与 Shields 一致的结论。在其他研究中采用 TSST 诱发应激, 西蒙任务……, 发现被试在任务中由于目标屏蔽的增加, 导致在此任务上的认知灵活性降低(Plessow et al., 2011)。此外还有研究采用不同的认知任务, 发现在急性应激下, 认知灵活性都受到了不同程度的损害(Alexander et al., 2007; Plessow et al., 2012)。Steinhauser 等(2007)通过使用不同难度的智力测验诱发被试的应激反应, 要求被试在完成低水平或高水平应激智力测试任务之后, 立即进行任务转换, 结果表明应激损害了认知控制过程。尽管有很多研究表明在应激下, 认知灵活性会降低, 但认知灵活性是一个多维度的概念, 有关灵活性的另一个方面是更新相关信息(Goldfarb et al., 2017)。为了测量认知灵活性, Goldfarb 等人使用了一项任务, 在第一阶段, 被试需要对两个彩色图进行编码; 在第二阶段, 他们需要继续记住那些彩色图(没有干扰; 忽略)或忘记并记住两个新的彩色图(更新); 在第三阶段, 他们确定呈现的探测图形是否与工作记忆中保存的图形相匹配。通过这个任务, Goldfarb 等人评估了更新和任务转换过程, 结果显示, 皮质醇水平与“更新灵活性”呈正相关, 但应激降低了任务之间切换的能力。急性心理应激对反应灵活性的影响尚未得出一致结论, 究其原因可能是任务难度不同造成的。

4.2. 慢性应激对认知灵活性的影响

4.2.1. 慢性应激对自发灵活性的影响

发散思维是创造力的核心要素, 有研究对时间压力和工作效率之间的关系进行了元分析。结果表明, 在长期有时间压力的工作环境下, 时间压力和创造力之间存在正相关(Ohly & Fritz, 2009), 即时间压力越高, 日常创造力行为表现越好。然而 Lovelace 和 Hunter (2013)通过操纵时间让被试进入不同压力状态, 分别进行三个不同的创造性任务, 结果显示, 处于低压力状态的个体比处于高压状态的个人具有更高水平的创造性表现。造成两个研究结果不一致的原因可能是任务设置的不同。

4.2.2. 慢性应激对反应灵活性的影响

研究表明, 当人或动物处于长期慢性应激时, 其神经内分泌免疫调节网络、学习记忆、行为能力等均会受到明显的影响(Quervain et al., 1998)。有关啮齿类动物的研究表明, 暴露于不可控的情境下会损害它们的前额叶皮层的认知功能(Nikiforuk & Popik, 2011)。在实验室中, 对老鼠进行连续 7 天约束应激处理, 老鼠通过根据不同线索(比如气味, 罐子的纹理)找到目标罐子, 获得食物的奖励, 当老鼠能多次成功完成任务后, 线索改变, 老鼠需要重新利用规则完成任务。结果显示, 慢性应激会损害老鼠在这种任务中的表现(Nikiforuk & Popik, 2014; Butts et al., 2013; Liston et al., 2006)。与动物研究类似, 在人类相关研究中也得到一致结果。研究者招募临近考试的学生作为应激组被试, 采用不同形式的认知任务转换考察慢性应激对认知功能的影响, 结果发现慢性应激会损害认知功能(Liston et al., 2009; Orem et al., 2008)。但 Vedhara 等人(2000)研究表明, 在考试压力后, 被试记忆任务的表现有所提高。Kofman 等(2006)采用任务转换来考察考试压力对学生们认知功能的影响, 与开学时相比, 学生们在考试前两周更加焦虑, 从认知

任务的表现来看, 有学习压力的同学在认知任务中反应时更短, 任务转换成本更低, 说明慢性应激对认知灵活性有促进作用, 表明适度的压力对个体有益。压力对认知任务表现既有有利的影响, 也有不利的影响, 这一概念符合倒 U 型或耶克斯道德森定律(Yerkes & Dodson, 1908), 该定律认为, 如果唤醒水平低于或高于最佳水平, 相对应的任务表现就会恶化。

5. 总结与展望

本篇综述主要介绍了应激以及认知灵活性的概念, 然后具体讨论了应激和认知灵活性的关系。主要从两个方面对应激影响认知灵活性进行讨论: 慢性应激、急性应激对认知灵活性的影响, 而又将认知灵活性分为两方面。应激本身是对威胁刺激的非特异性反应, 会产生一系列生理反应, 从而对认知和行为造成不同程度的影响。近年来关于应激影响认知功能的研究很多, 大部分的结果都表明急性应激会损害认知灵活性, 少数结果表明急性应激会有增强作用, 造成结果不一致的原因有很多, 比如可能是应激源强度的不同、认知任务难度设置的不同, 或者个体差异也会调节应激对认知灵活性的影响, 实验前自身感知到的压力水平(Knauff et al., 2021)、性别(Shields et al., 2016; Kalia et al., 2018)等。认知灵活性是执行功能的最重要的一方面, 是自上而下的认知加工过程。认知灵活性涉及到同时对各种信息进行加工, 产生各种想法, 考虑各种选择或者改变计划去适应特殊的环境, 即认知灵活性是包含多个维度的, 每一个维度受到应激的影响程度会有不同。在未来的研究中可以着重考虑不同的因素是否会调节应激对认知灵活性的影响, 除此之外, 可以采用电生理技术, 进一步探讨两者之间的关系。从而能够帮助我们在应激生活中保持更高的认知灵活性, 来应对生活中的突发事件。

参考文献

- 段海军, 王雪微, 王博韬, 王彤星, 张心如, 王子娟, 胡卫平(2017). 急性应激: 诱发范式、测量指标及效果分析. *心理科学进展*, 25(10), 1780-1790.
- 罗跃嘉, 林婉君, 吴健辉, 秦绍正(2013). 应激的认知神经科学研究. *生理科学进展*, 44(5), 345-353.
- 齐铭铭, 张庆林, 关丽丽, 杨娟(2011). 急性心理性应激诱发的神经内分泌反应及其影响因素. *心理科学进展*, 19(9), 1347-1354.
- Alexander, J. K., Hillier, A., Smith, R. M., Tivarus, M. E., & Beversdorf, D. Q. (2007). Beta-Adrenergic Modulation of Cognitive Flexibility during Stress. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 468-478. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.3.468>
- Arnsten, A. F. T. (2009). Stress Signalling Pathways That Impair Prefrontal Cortex Structure and Function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 410-422. <https://doi.org/10.1038/nrn2648>
- Arnsten, A. F. T. (2015). Stress Weakens Prefrontal Networks: Molecular Insults to Higher Cognition. *Nature Neuroscience*, 18, 1376-1385. <https://doi.org/10.1038/nn.4087>
- Beversdorf, D. Q., Hughes, J. D., Steinberg, B. A., Lewis, L. D., & Heilman, K. M. (1999). Noradrenergic Modulation of Cognitive Flexibility in Problem Solving. *NeuroReport*, 10, 2763-2767. <https://doi.org/10.1097/00001756-199909090-00012>
- Bondi, C. O., Rodriguez, G., Gould, G. G., Frazer, A., & Morilak, D. A. (2008). Chronic Unpredictable Stress Induces a Cognitive Deficit and Anxiety-Like Behavior in Rats That Is Prevented by Chronic Antidepressant Drug Treatment. *Neuropsychopharmacology*, 33, 320-331. <https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301410>
- Butts, K. A., Floresco, S. B., & Phillips, A. G. (2013). Acute Stress Impairs Set-Shifting but Not Reversal Learning. *Behavioural Brain Research*, 252, 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.06.007>
- Cragg, L., & Chevalier, N. (2012). The Processes Underlying Flexibility in Childhood. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65, 209-232. <https://doi.org/10.1080/17470210903204618>
- Dajani, D. R., & Uddin, L. Q. (2015). Demystifying Cognitive Flexibility: Implications for Clinical and Developmental Neuroscience. *Trends in Neurosciences*, 38, 571-576. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.07.003>
- Dedovic, K., Renwick, R., Mahani, N. K., Engert, V., Lupien, S. J., & Pruessner, J. C. (2005). The Montreal Imaging Stress Task: Using Functional Imaging to Investigate the Effects of Perceiving and Processing Psychosocial Stress in the Human

- Brain. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 30, 319-326.
- Dierolf, A. M., Arlt, L. E., Roelofs, K., Kölsch, M., Hülsemann, M. J., Schächinger, H., & Naumann, E. (2016). Effects of Basal and Acute Cortisol on Cognitive Flexibility in an Emotional Task Switching Paradigm in Men. *Hormones and Behavior*, 81, 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2016.02.002>
- Eslinger, P. J., & Grattan, L. M. (1993). Frontal Lobe and Frontal-Striatal Substrates for Different Forms of Human Cognitive Flexibility. *Neuropsychologia*, 31, 17-28. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90077-D](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90077-D)
- Gabrys, R. L., Howell, J. W., Cebulski, S. F., Anisman, H., & Matheson, K. (2019). Acute Stressor Effects on Cognitive Flexibility: Mediating Role of Stressor Appraisals and Cortisol. *Stress*, 22, 182-189. <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1494152>
- Goldfarb, E. V., Frobese, M. I., Cools, R., & Phelps, E. A. (2017). Stress and Cognitive Flexibility: Cortisol Increases Are Associated with Enhanced Updating but Impaired Switching. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29, 14-24. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01029
- Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A Behavioral Analysis of Degree of Reinforcement and Ease of Shifting to New Responses in a Weigl-Type Card-Sorting Problem. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 404-411. <https://doi.org/10.1037/h0059831>
- Grattan, L. M., & Eslinger, P. J. (1989). Higher Cognition and Social Behavior: Changes in Cognitive Flexibility and Empathy after Cerebral Lesions. *Neuropsychology*, 3, 175-185. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.3.3.175>
- Kalia, V., Vishwanath, K., Knauff, K., Vellen, B. V., Luebbe, A., & Williams, A. (2018). Acute Stress Attenuates Cognitive Flexibility in Males Only: An fNIRS Examination. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 2084. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02084>
- 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. <https://doi.org/10.1159/000119004>
- Knauff, K., Waldron, A., Mathur, M., & Kalia, V. (2021). Perceived Chronic Stress Influences the Effect of Acute Stress on Cognitive Flexibility. *Scientific Reports*, 11, Article No. 23629. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03101-5>
- Kofman, O., Meiran, N., Greenberg, E., Balas, M., & Cohen, H. (2006). Enhanced Performance on Executive Functions Associated with Examination Stress: Evidence From Task-Switching and Stroop Paradigms. *Cognition and Emotion*, 20, 577-595. <https://doi.org/10.1080/02699930500270913>
- Liston, C., McEwen, B. S., & Casey, B. J. (2009). Psychosocial Stress Reversibly Disrupts Prefrontal Processing and Attentional Control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 912-917. <https://doi.org/10.1073/pnas.0807041106>
- Liston, C., Miller, M. M., Goldwater, D. S., Radley, J. J., Rocher, A. B., Hof, P. R., Morrison, J. H., & McEwen, B. S. (2006). Stress-Induced Alterations in Prefrontal Cortical Dendritic Morphology Predict Selective Impairments in Perceptual Attentional Set-Shifting. *Journal of Neuroscience*, 26, 7870-7874. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1184-06.2006>
- Lovelace, J. B., & Hunter, S. T. (2013). Charismatic, Ideological, and Pragmatic Leaders' Influence on Subordinate Creative Performance across the Creative Process. *Creativity Research Journal*, 25, 59-74. <https://doi.org/10.1080/10400419.2013.752228>
- Nikiforuk, A., & Popik, P. (2011). Long-Lasting Cognitive Deficit Induced by Stress Is Alleviated by Acute Administration of Antidepressants. *Psychoneuroendocrinology*, 36, 28-39. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2010.06.001>
- Nikiforuk, A., & Popik, P. (2014). Ketamine Prevents Stress-Induced Cognitive Inflexibility in Rats. *Psychoneuroendocrinology*, 40, 119-122. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.11.009>
- Ohly, S., & Fritz, C. (2009). Work Characteristics, Challenge Appraisal, Creativity, and Proactive Behavior: A Multi-Level Study. *Journal of Organizational Behavior*, 31, 543-565. <https://doi.org/10.1002/job.633>
- Orem, D. M., Petrac, D. C., & Bedwell, J. S. (2008). Chronic Self-Perceived Stress and Set-Shifting Performance in Undergraduate Students. *Stress*, 11, 73-78. <https://doi.org/10.1080/10253890701535103>
- Pang, E. W., Sedge, P., Grodecki, R., Robertson, A., MacDonald, M. J., Jetly, R., Shek, P. N., & Taylor, M. J. (2014). Colour or Shape: Examination of Neural Processes Underlying Mental Flexibility in Posttraumatic Stress Disorder. *Translational Psychiatry*, 4, e421. <https://doi.org/10.1038/tp.2014.63>
- Plessow, F., Fischer, R., Kirschbaum, C., & Goschke, T. (2011). Inflexibly Focused under Stress: Acute Psychosocial Stress Increases Shielding of Action Goals at the Expense of Reduced Cognitive Flexibility with Increasing Time Lag to the Stressor. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 3218-3227. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00024
- Plessow, F., Kiesel, A., & Kirschbaum, C. (2012). The Stressed Prefrontal Cortex and Goal-Directed Behaviour: Acute Psychosocial Stress Impairs the Flexible Implementation of Task Goals. *Experimental Brain Research*, 216, 397-408. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2943-1>

- Quervain, D. J., Roozendaal, B., & McGaugh, J. L. (1998). Stress and Glucocorticoids Impair Retrieval of Long-Term Spatial Memory. *Nature*, *394*, 787-790. <https://doi.org/10.1038/29542>
- Schwabe, L., Haddad, L., & Schachinger, H. (2008). HPA Axis Activation by a Socially Evaluated Cold-Pressor Test. *Psychoneuroendocrinology*, *33*, 890-895. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.03.001>
- Shields, G. S., Trainor, B. C., Lam, J. C., & Yonelinas, A. P. (2016). Acute Stress Impairs Cognitive Flexibility in Men, Not Women. *Stress (Amsterdam, Netherlands)*, *19*, 542-546. <https://doi.org/10.1080/10253890.2016.1192603>
- Steinhauser, M., Maier, M., & Hubner, R. (2007). Cognitive Control under Stress: How Stress Affects Strategies of Task-Set Reconfiguration. *Psychological Science*, *18*, 540-544. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01935.x>
- Tayeb, Y., & Lavidor, M. (2016). Enhancing Switching Abilities: Improving Practice Effect by Stimulating the Dorsolateral Pre Frontal Cortex. *Neuroscience*, *313*, 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.11.050>
- Vedhara, K., Hyde, J., Gilchrist, I. D., Tytherleigh, M., & Plummer, S. (2000). Acute Stress, Memory, Attention and Cortisol. *Psychoneuroendocrinology*, *25*, 535-549. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(00\)00008-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(00)00008-1)
- Wang, X. W., Duan, H. J., Kan, Y. C., & Wang, B. T. (2019). The Creative Thinking Cognitive Process Influenced by Acute Stress in Humans: An Electroencephalography Study. *Stress*, *4*, 472-481. <https://doi.org/10.1080/10253890.2019.1604665>
- Weng, T. B., Pierce, G., Darling, W., & Voss, M. W. (2015). Differential Effects of Acute Exercise on Distinct Aspects of Executive Function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *47*, 1460-1469. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000542>
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit Formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, *18*, 459-482. <https://doi.org/10.1002/cne.920180503>