

Theory and Researches on Neural Architecture of Emotion Regulation

Xiaoying Wang, Jinfeng Tan, Shanshan Wu

Key Laboratory of Cognition and Personality, Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing
Email: wangxy1986_10@sina.com

Received: Nov. 25th, 2013; revised: Nov. 29th, 2013; accepted: Dec. 6th, 2013

Copyright © 2014 Xiaoying Wang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Xiaoying Wang et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: Emotion regulation has been conceptualized as processes through which individuals modulate their emotions consciously and non-consciously to appropriately respond to environmental demands. The neural structure model of emotion regulation and neural model of voluntary and automatic emotion regulation investigate the neural processing of emotion regulation from the flow of information and awareness. The neural research of emotion regulation proves that connections between the brain regions of the dorsal prefrontal cortex, the ventral prefrontal cortex and the limbic system have a crucial role in emotion regulation. Further research can be extended through the relationship between the process of emotion generation and the process of emotion regulation, the automatic emotion regulation, the development of emotion regulation and the application of emotion regulation in psychopathology.

Keywords: Emotion Regulation; Theoretical Models; Neural Mechanism

情绪调节神经基础的理论及实证研究

王小影, 谭金凤, 伍姗姗

西南大学心理学部, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆
Email: wangxy1986_10@sina.com

收稿日期: 2013年11月25日; 修回日期: 2013年11月29日; 录用日期: 2013年12月6日

摘要: 情绪调节指人们根据环境的需要, 有意识或无意识地调节情绪的产生、体验与表达, 从而做出恰当行为反应的过程。情绪调节的神经结构模型及有意和自动情绪调节神经模型分别从信息流动和意识加工两个角度探讨了情绪调节脑神经加工过程。相关的脑神经包括前额叶皮质的背侧、腹侧区域以及边缘系统等脑区。未来的研究可以从情绪产生与情绪调节之间的关系, 自动化情绪调节, 情绪调节的发展研究及其在异常人群中的应用等方面展开。

关键词: 情绪调节; 理论模型; 神经机制

1. 引言

情绪在日常生活中占有重要的作用, 它可以提高人们对某些重要事件的记忆, 调整个体的行为决定以

及促进人际间的交往等等。生活中, 当人们做出不适当的情绪反应时, 可能引起各种情绪障碍、社会适应困难以及生理疾病(Mennin & Farach, 2007; Lynch,

Trost, Salsman & Linehan, 2007)。因此, 恰当的调节情绪, 对保持身心的健康显得尤为重要。情绪调节(emotion regulation)指人们根据环境的需要, 有意识或无意识的调节个体的情绪, 从而做出恰当的行为反应的过程, 它可能发生在情绪产生过程的一个或多个阶段(Aldao, Nolen-Hoeksema, & Schweizer, 2010; Rottenberg & Gross, 2003; 王振宏 & 郭德俊, 2003)。常用的测量指标有自我报告、行为反应和生理反应。近期, 情绪调节的理论模型和神经机制的探讨逐渐成为研究的重点, 研究发现认知加工相关的前额叶皮质和情绪加工相关的边缘结构密切相关(Lapate et al., 2012)。本文回顾了情绪调节的神经理论模型以及情绪调节脑神经研究的新进展, 旨在总结当前情绪调节研究的最新成果, 并展望该领域将来的发展方向。

2. 情绪调节的理论模型

2.1. 情绪调节的神经结构模型

在动物和人类脑成像研究的基础上, Ochsner 和 Gross (2007)以自下而上和自上而下的观点构建了情绪调节的神经结构模型(见图 1)。这个模型假设情绪的产生与调节是由掌管控制过程的前额叶-扣带回系统和掌管各种类型的情绪性评价过程的皮质下系统之间的交互作用而产生的。自上而下的情绪控制系统位于大脑皮层的额叶区, 包含两种不同类型的系统: 第一类系统是基于描述性的评价系统(Description-Based Appraisal System, DBAS), 包括背侧前额叶皮质(prefrontal cortex, PFC)和扣带回(anterior cingulate gyrus, ACG), 负责对刺激的关系、情绪的特征和状态等进行心理描述, 且不直接与皮质下的情绪评价系统相互连接。它可通过工作记忆、表象及长时记忆等知觉评价系统影响情感评价系统或者通过前额叶皮质

的腹侧区域与皮质下情感评价系统相互影响; 另一类系统是基于结果的评价系统(Outcome-Based Appraisal System, OBAS), 包括眶额皮质(orbitofrontal cortex, OFC)、腹侧 PFC 及扣带回区域, 负责表征情绪性结果与预知到的可能出现的结果或对结果的选择之间的关系(Ochsner & Gross, 2007), 且 OBAS 可直接与皮质下情感评价系统相互影响。DBAS 和 OBAS 一起参与对皮层下情绪反应执行不同类型的控制。自下而上的评价过程与皮质下结构(如下丘脑、杏仁核及边缘皮层)有关。大脑神经网络一方面采用自下而上的方式编码刺激的情绪属性, 对不同类型的情绪进行评价, 产生不同类型的情绪反应; 另一方面以自上而下的方式执行对情绪刺激的评价和情绪表达或体验的控制, 对其调节、疏导以及改变评价情绪刺激物的方式。在没有外部刺激的情况下, 自上而下的加工还可以直接诱发情绪的产生, 如通过信念、期望及记忆引导个体对刺激的评价和解释。

情绪调节神经结构模型强调背侧 PFC、腹侧 PFC、ACG 及 OFC 等脑区在自上而下的情绪调节中的作用及下丘脑、杏仁核、腹侧纹状体、脑岛等脑区在自下而上的情绪调节过程中的作用。情绪调节就是在两者的相互作用下完成的, 自下而上加工系统对外界情绪刺激进行系统的评价, 自上而下系统对自下而上系统进行进一步的认知控制, 从而随时根据情境的变化进行动态的反馈调整, 这一观点得到一些实证研究的支持。例如, Thompson, Lewis 和 Calkins(2008)发现情绪调节过程中较高级脑区可以调节低级脑结构的激活, 低级脑结构同样也可以影响高级脑区, 两者之间的影响是双向进行的。但是, 情绪调节神经结构模型仍有一些不足之处, 如情绪调节过程中 DBAS 和 OBAS 对皮层下情绪反应系统进行调节的过程在时间动力学方面

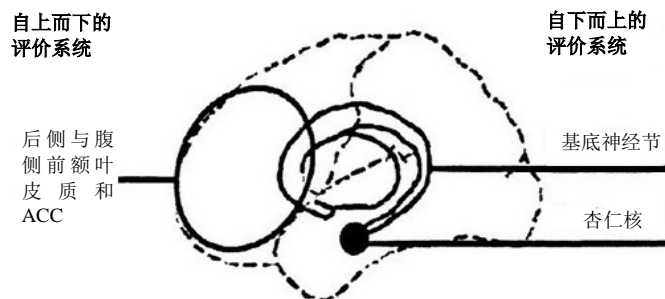


Figure 1. A neural model of emotion regulation
图 1. 情绪调节的神经模型

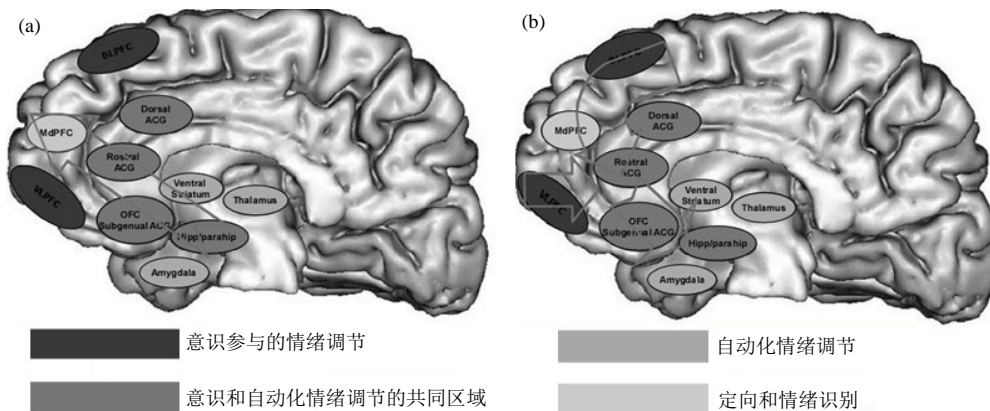
是如何变化的;情绪调节过程中 DBAS 和 OBAS 两个系统之间有何关联等等,没有给出详细的说明。此外,神经结构模型着重于探讨意识参与下的情绪调节的神经机制,忽略了无意识条件下脑神经机制,因而降低了该模型的生态学效度。因此,在今后的研究中我们需要进一步验证和完善该模型,提高其在研究中的应用价值。

2.2. 有意和自动情绪调节神经模型

Phillips, Ladouceur 和 Drevets (2008)从意识和无意识的角度提出了一个新的情绪调节的神经模型,认为情绪调节涉及前额皮质与皮质下脑区之间的相互作用。该模型认为在情绪调节过程中前额区域可分为两个不同的神经系统,即外侧前额叶皮质系统(lateral prefrontal cortical system)和内侧前额叶皮质系统(medial prefrontal cortical system)。外侧前额叶皮质系统包括背外侧前额叶皮质(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、腹外侧前额叶皮质(ventrolateral prefrontal cortex, VLPFC)等通过反馈机制施加影响的新皮层;内侧前额叶皮质系统包括 OFC、膝下 ACG、喙部 ACG 及背内侧前额叶皮质(dorsomedial prefrontal cortex, MdPFC)等通过前馈机制施加影响的旧皮层,且这两个神经系统分别与不同的情绪调节过程有关。其中,外侧前额叶皮质系统与意识参与的情绪调节的子加工有关,而内侧前额叶皮质系统能够促进自动化情绪调节的子加工,这两个系统在情绪状态和行为调整过程中同时得到激活。该模型还强调了 MdPFC 通过接

受来自 OFC 的关于内部状态的信号输入,从而在自动化的认知改变中做出恰当的行为反应。当情绪刺激出现时,由杏仁核、背侧纹状体及丘脑等脑区通过定向及情绪知觉加工产生情绪体验和行为,这些体验和行为将同时激活两个不同的子系统:其一是将知觉到的情绪信息通过 OFC 传递给 MdPFC,再传递给下丘脑和脑干等脑区,使得个体做出自动的情绪反应;另一个则是通过 OFC 同时将信号传递给外侧前额系统的 DLPFC 等区域,个体从而根据情境的变化在意识的参与下对个体的情绪反应做出恰当的认知调节。下图是 Phillips 情绪调节模型意识调节和自动化调节的子过程(见图 2)。

Phillips 等人的情绪调节模型强调了意识和无意识情绪调节的脑神经加工过程,加深了我们对自动化情绪调节情绪调节的脑神经机制的了解。Gyurak, Gross 和 Etkin(2011)认为自动化和意识参与的情绪调节是个体适应社会的两种重要的情绪调节方式,并对两者进行整合提出了情绪调节的双重加工网络。然而,Phillips 等人的情绪调节模型是在总结前人研究的基础上提出的,当前研究较多的集中在意识参与的情绪调节方面,对自动化情绪调节的研究很少。因此,Phillips 等人的情绪调节模型中的意识参与的和自动化情绪调节的脑神经基础缺乏直接的证据支持。Payer, Baicy, Lieberman 和 London(2012)的研究发现意识参与的情绪调节和自动化情绪调节均激活额下回和杏仁核连接,说明意识参与的以及自动化情绪调节两者之间可能激活了相同的神经回路。今后的研究中我们



注:图(a),前馈通路:内侧前额叶皮质系统包括 OFC、膝下前部扣带回(Subgenual ACG)、喙部前部扣带回(Rostral ACG)、海马(hippocampal)、海马旁回(parahippocampus)及 MdPFC。图(b),反馈通路:外侧前额叶皮质系统、MdPFC、ACG、OFC、海马及海马旁回,其中外侧前额叶皮质系统包括 DLPFC、VLPFC。

Figure 2. Neural model of emotion regulation illustrating neural systems implicated in voluntary and automatic subprocesses of emotion regulation
图 2. 情绪调节神经模型中有意和自动情绪调节子过程的神经系统

不仅要加深对意识参与的情绪调节的研究,还要进一步加强对自动化情绪调节的研究,为理解情绪调节的脑神经及其加工过程提供更多的证据支持。

2.3. 模型的比较

情绪调节的神经结构模型和 Phillips 等人提出的情绪调节神经模型都认为个体在解决情绪任务时,首先是觉察到情绪刺激,其次是产生情绪反应,最后是对情绪反应进行适当的认知控制。脑神经方面认为情绪调节与前额叶皮质和皮质下结构的相互作用有关,皮质下系统以自下而上的方式影响 PFC, PFC 则以自上而下的方式对皮质下结构的激活水平进行调整。并且,两者还强调了 DLPFC、VLPFC、ACG、OFC 及杏仁核等脑区在情绪调节中的作用。两者还认为外侧前额叶皮质不能够直接与皮质下结构相互影响,即外侧前额叶皮质可以通过前额叶皮质腹侧区域对皮质下区域进行调节。不同之处在于情绪调节的神经结构模型与 Phillips 等人的情绪调节模型相比,前者是从情绪调节过程中,信息流动的角度总结前人研究的基础上提出的,后者是从意识和无意识的角度进行阐述的。当前的研究也发现自动化情绪调节是一种重要的情绪调节方式,而神经结构模型则忽略了自动化情绪调节的子过程。此外,Phillips 等人的情绪调节模型强调了 OFC 在意识和自动化情绪调节过程中的重要作用,尤其是 OFC 与 MdPFC 的连接在自动化情绪调节过程中的重要作用,而神经结构模型则忽略了这一点。

3. 情绪调节神经基础的实证研究

3.1. 情绪产生的神经基础

杏仁核、腹侧纹状体以及脑岛等皮质下结构与情绪产生的加工过程有密切的关系(Kim & Hamann, 2007; Schaefer et al., 2002)。杏仁核是一个非常复杂且高度连通的脑区,它主要负责对当前的或长期的情感目标有关的刺激属性进行知觉和编码,尤其是偏向于发现潜在的危险信号,而且杏仁核的激活还可以提高个体警觉水平,以促进个体对外界环境潜在危险的评估(Amaral, 2002);腹侧纹状体可通过对社会信号、微笑表情及抽象客体等线索的学习,达到预知奖励信息或加强输出的效果;脑岛通常与负性情感体验有关,负责对内脏感觉输入的信息进行表征,其中脑岛后侧

与身体感觉信息的初级表征有关,脑岛前侧则与身体、动机和情感状态的内部感受有关。近期的研究还发现皮质下结构与前额皮质之间具有密切的联系(Ochsner, Bunge, Gross, & Gabrieli, 2002),皮质下结构不仅负责情绪的产生,还接受自前额皮质的反馈信息,与前额皮质相互作用组成一个动态的神经回路,共同完成情绪的调节过程。

3.2. 认知控制的神经基础

前额皮质(prefrontal cortex, PFC)是与认知加工有关的脑区,主要负责行为决策和情绪调节(Mak, Hu, Zhang, Xiao, & Lee, 2009; Ohira et al., 2006; Welborn et al., 2009),可分为与情绪行为控制有关的内侧额叶皮质和与高级执行功能有关的外侧前额叶皮质。其中,内侧额叶皮质包括眶额皮质、背内侧前额叶皮质及前扣带回(anterior cingulate gyrus, ACG),负责对来自杏仁核、腹侧纹状体输入的情感信息及脑干颞叶内侧等区域的输入的信息进行整合,这些子区域与杏仁核及其它的皮质下边缘系统、旁边缘系统有着密切的联系(Drevets & Price, 2000)。OFC 接受各种形式的知觉输入,在识别情绪性刺激和调节对情绪刺激的自动反应过程中有重要作用;MdPFC 负责将加工结果输出到下丘脑和脑干中的与内脏运动有关的区域,从而引起个体的情绪反应;ACG 的背侧和腹侧区在情绪控制加工中存在功能差异,ACG 的背侧部分负责情绪冲突的监控,腹侧部分通过影响杏仁核的激活来调节情绪冲突的解决(Egner, Etkin, Gale, & Hirsch, 2007)。近期的研究发现前扣带回膝部(perigenual anterior cingulate cortex, pACC)在自动化的对负性情绪进行向下调节过程中具有重要的作用(Lederbogen et al., 2011)。因此,OFC, PFC 的腹内侧部分及胼胝体下扣带回皮层也是自动化情绪调节的重要脑区(马伟娜, 桑标 & 姚雨佳, 2010)。外侧前额叶皮质是与认知控制有关的高级脑区,包括背外侧前额叶和腹外侧前额叶。其中, DLPFC 通过 OFC 与各种皮质下神经区域(丘脑、背侧纹状体、海马及其它首要和次要的皮层相关区域)相连,负责对情绪行为和状态进行有意识的认知调控,再结合先前情绪反应的学习经验,引导当前情绪状态朝着目标状态发展,最终使得个体的情绪体验和情绪行为符合当前情境的需要(Davidson & Irwin, 1999);而 VLPFC 对

情绪行为进行无意识地调节,以抑制杏仁核等脑区对情绪刺激产生过度的反应,实现机体的自我保护功能(Lieberman et al., 2007)。

3.3. 情绪调节的神经回路

3.3.1. 前额皮层的背侧和腹侧连接

前额叶背侧包括外侧前额叶皮质和背外侧前额叶皮质,主要参与工作记忆和认知控制等加工;前额叶腹侧主要包括眶额皮质和内侧前额叶皮质主要参与知觉输入和反应抑制等加工。从情绪的动物模型、人类脑损伤研究和脑功能成像等方面研究的结果表明情绪调节过程中背外侧前额叶皮质并不直接调节杏仁核的激活水平,而是通过前额叶的腹侧区域对杏仁核的激活的水平进行调节(Barbas, 2000; Hartley & Phelps, 2010; McDonald, Mascagni, & Guo, 1996)。因此,前额叶皮层的背侧和腹侧连接是情绪调节的重要神经回路。

情绪调节过程中,前额叶腹侧区域对情绪反应进行无意识的自动调节,抑制杏仁核,纹状体等脑区对刺激产生过度反应,实现机体的自我保护功能;当个体的情绪反应与现实情境产生冲突时,前额叶的背侧区域则有意识的对个体的情绪反应进行认知调整,根据先前的学习到的情绪经验,使得个体的情绪反应符合当前的刺激情境。Urry 等人(2006)同样让个体通过重评策略减少个体对负性图片的情绪反应,发现左背内侧前额叶皮质的激活强度与腹内侧前额叶皮质激活呈正相关,与杏仁核激活呈负相关。而精神分裂症患者在情绪任务中,表现出腹内侧前额叶皮质激活异常,在此基础上 Fan 等人(2013)采用静息态功能连接的方法进行研究发现,精神分裂症患者的腹内侧前额叶皮质与背外侧前额叶皮质的激活强度呈负相关,而腹内侧前额叶皮质与杏仁核的功能连接则与病人的情绪调节成绩正相关。说明精神分裂症患者之所以无法成功的进行情绪调节,可能是由于腹内侧与背外侧前额叶皮质连接异常,使得个体无法有意识的调整自己的情绪造成的。由此可见,在情绪调节过程中前额叶的腹侧区域可能是前额叶背侧与杏仁核的功能连接中的一个重要的节点。

3.3.2. 前额叶皮质与边缘系统

来自动物模型、脑损伤和脑成像研究等方面的研

究结果表明,前额叶皮质及边缘系统是情绪调节的重要神经回路。Wager 等人(2008)采用 fMRI 技术,通过让被试观看中性和负性图片并对负性图片进行积极重评,结果发现这一加工过程中存在各自独立的且与前额皮质有关的两条通路:一条通路是通过伏隔核与腹侧纹状体,这条通路在重评中可以产生积极的评价;另一条通路则是与杏仁核相连的能够产生和增强负性评价的通路,说明不同神经回路在情绪调节过程中具有不同的作用。

McRae 等人(2010)采用分心和重评两种策略调节让被试对负性图片进行情绪调节,发现两种策略均都能够减少个体的负性情感,脑神经上则表现为前额叶皮质和扣带回区域的激活水平的增强及杏仁核的激活水平的降低。Kanske 等人(2011)同样采用重评与分心两种策略对负性图片进行情绪调节,结果不仅发现了前额叶皮质的内侧和背外侧部分与双侧杏仁核的激活水平之间的负相关,还发现眶额皮质仅在重评策略中被激活,而分心策略则激活前扣带回的背侧和顶叶皮质的大部分区域。结果不仅强调了前额叶皮质与杏仁核之间的相互连接,还说明分心策略更多的依赖于在早期阶段对注意的调整,达到情绪调节的目的,而重评策略通过改变个体对刺激的情感意义的认识,从而对个体情绪进行调节。近期的研究还发现内侧前额叶皮质与杏仁核的连接是自动化情绪调节的重要神经回路(Etkin, Egner, Peraza, Kandel, & Hirsch, 2006; Etkin, Prater, Hoefl, Menon, & Schatzberg, 2010)。

异常人群的研究也发现焦虑、抑郁等情绪障碍的个体表现出情绪调节的异常,脑神经机制上则表现为前额叶皮质与杏仁核的连接异常(Perlman et al., 2012; Siegle, Thompson, Carter, Steinhauer, & Thase, 2007; Versace et al., 2010)。Rudebeck, Saunders, Prescott, Chau 和 Murray (2013)在其研究中发现健康对照组左侧 PFC 与杏仁核呈显著的负相关,同对照组相比狂躁型抑郁组的前额叶皮质虽然显著激活,但与杏仁核的连接没有发现相同的相关趋势。精神分裂组则发现前额叶皮质与杏仁核均表现出较弱的激活水平。表明前额叶皮质与杏仁核等皮质下边缘结构的连接障碍可能是导致情绪障碍患者情绪调节失败和行为抑制能力差的主要原因。

总之,前额叶皮质的背侧与腹侧的连接以及前额

皮层与边缘系统的之间的连接是个体能否成功的进行情绪调节的重要脑神经回路。前额叶皮质背侧与腹侧的连接保证了个体能够有意识的对情绪进行调节,而前额叶皮质腹侧与边缘系统之间的连接则可能是自动化的进行情绪调节的重要回路,同时,这些研究为情绪调节的理论模型提供了重要的证据。

4. 问题与展望

情绪调节的研究表明成功地调节个体的情绪能够取得积极效果。但是,情绪调节的相关研究仍是一个相对较新的领域,需要更多的实证性研究来证明情绪调节的有效性。因此,未来的研究可以从以下几个方面展开:

第一,由于实验条件的限制,当前关于情绪调节的脑神经研究较多集中在干扰、抑制和重评这几种策略上(Ochsner & Gross, 2008; 程利,袁加锦,何媛媛, & 李红, 2009),其他策略的研究则相对较少。研究发现个体在面对厌恶情景时会自发的采用不同的情绪调节策略而不是单一的情绪调节策略进行情绪调节(Aldao & Nolen-Hoeksema, 2012)。当前的情绪调节研究较多关注的是如何降低个体的负性情绪体验,对如何调节积极情绪的研究很少。今后研究中我们需要进一步的拓展情绪调节的研究范围。

第二,人们既可以有意识的调节自己的情绪也可以无意识的进行情绪调节,且两者均占据重要的角色。但是,当前研究较多关注的是意识参与的情绪调节,对无意识情绪调节的研究很少(Ochsner, Silvers, & Buhle, 2012)。探究不同的情绪调节方式的神经回路及其异同,对于深入了解人类是如何适应环境的具有非常重要的意义。因此,今后需要对无意识的情绪调节展开研究,从而为情绪调节的脑神经研究提供更多的证据。

第三,我们不仅要关注正常人群的情绪调节研究,还要关注异常人群的研究,加强情绪调节在临床实践中的研究。当前研究者逐渐从情绪调节的角度对其他的精神性疾病进行研究(Rottenberg & Gross, 2007),发现情感异常个体在情绪调节过程中表现出背外侧前额叶皮质与内侧前额叶皮质以及前额叶皮质与杏仁核、前脑岛等脑区之间的连接异常(Chai et al., 2011)。以上研究为各种精神疾病的诊断和治疗提供了更加

具体的科学依据。此外,情绪调节策略也被用于情绪障碍的治疗中。研究发现认知行为治疗能够有效地治疗边缘人格障碍、饮食障碍和抑郁症(Lynch, Morse, Mendelson, & Robins, 2003; Lynch, Trost, Salsman, & Linehan, 2007)。但是,这些治疗在脑神经方面有何改变,至今尚不清楚。因此,我们不仅要探究正常人群的情绪调节方式,还要对情绪障碍个体与情绪调节方式之间的关系展开具体的研究,从而使情绪调节的理论研究能够更多的用于生活实践中。

最后,今后的研究中我们不仅需要了解情绪调节过程中激活的脑区,还要进一步了解这些脑区之间的唤醒强度在时间动力学上的变化。随着静息态和脑网络技术的发展,将其应用于情绪调节神经机制及其理论模型的研究,可以帮助我们了解情绪调节过程各个脑区之间的相关,从时间和空间的维度了解各个脑区之间连接的强度和方向,从而更加明确的了解情绪调节的神经机制及其理论模型,为情绪调节神经加工过程的研究提供更加直观的证据。

参考文献 (References)

- 程利,袁加锦,何媛媛,李红(2009). 情绪调节策略: 认知重评优于表达抑制. *心理科学进展*, 4 期, 730-735.
- 马伟娜,桑标,姚雨佳(2010). 自动化情绪调节及其神经基础的研究概述. *心理科学*, 4 期, 904-906.
- 王振宏,郭德俊(2003). Gross 情绪调节过程与策略研究述评. *心理科学进展*, 6 期, 629-634.
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., & Schweizer, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 30, 217-237.
- Aldao, A., & Nolen-Hoeksema, S. (2012). One versus many: Capturing the use of multiple emotion regulation strategies in response to an emotion-eliciting stimulus. *Cognition & Emotion*, 27, 1-8.
- Amaral, D. G. (2002). The primate amygdala and the neurobiology of social behavior: Implications for understanding social anxiety. *Biological Psychiatry*, 51, 11-17.
- Barbas, H. (2000). Connections underlying the synthesis of cognition, memory, and emotion in primate prefrontal cortices. *Brain Research Bulletin*, 52, 319-330.
- Chai, X. J., Whitfield-Gabrieli, S., Shinn, A. K., Gabrieli, J. D. E., Nieto-Castanon, A., McCarthy, J. M., & Ongur, D. (2011). Abnormal medial prefrontal cortex resting-state connectivity in bipolar disorder and schizophrenia. *Neuropsychopharmacology*, 36, 2009-2017.
- Drevets, W. C., & Price, J. L. (2000). The organization of networks within the orbital and medial prefrontal cortex of rats, monkeys and humans. *Cereb Cortex*, 10, 209-216.
- Egner, T., Etkin, A., Gale, S., & Hirsch, J. (2007). Dissociable neural systems resolve conflict from emotional versus nonemotional distracters. *Cereb Cortex*, 18, 1475-1484.
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D. M., Kandel, E. R., & Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: A role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron*, 51, 871-882.
- Etkin, A., Prater, K. E., Hoefl, F., Menon, V., & Schatzberg, A. F. (2010). Failure of anterior cingulate activation and connectivity with the

- amygdala during implicit regulation of emotional processing in generalized anxiety disorder. *American Journal of Psychiatry*, *167*, 545-554.
- Fan, F. M., Tan, S. P., Yang, F. D., Tan, Y. L., Zhao, Y. L., Chen, N., & Zuo, X. N. (2013). Ventral medial prefrontal functional connectivity and emotion regulation in chronic schizophrenia: A pilot study. *Neuroscience Bulletin*, *29*, 59-74.
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: A dual-process framework. *Cognition Emotion*, *25*, 400-412.
- Hartley, C. A., & Phelps, E. A. (2010). Changing fear: The neurocircuitry of emotion regulation. *Neuropsychopharmacology*, *35*, 136-146.
- Kanske, P., Heissler, J., Schonfelder, S., Bongers, A., & Wessa, M. (2011). How to regulate emotion? Neural networks for reappraisal and distraction. *Cereb Cortex*, *21*, 1379-1388.
- Kim, S. H., & Hamann, S. (2007). Neural correlates of positive and negative emotion regulation. *Cognitive Neuroscience*, *19*, 776-798.
- Lederbogen, F., Kirsch, P., Haddad, L., Streit, F., Tost, H., Schuch, P., & Meyer-Lindenberg, A. (2011). City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature*, *474*, 498-501.
- Lieberman, M. D., Eisenberger, N. I., Crockett, M. J., Sabrina M. T., Pfeifer, J. H., & Way, B. M. (2007). Putting feelings into words: Affect labeling disrupts amygdala activity in response to affective stimuli. *Psychological Science*, *18*, 421-428.
- Lynch, T. R., Morse, J. Q., Mendelson, T., & Robins, C. J. (2003). Dialectical behavior therapy for depressed older adults: A randomized pilot study. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *11*, 33-45.
- Lynch, T. R., Trost, W. T., Salsman, N., & Linehan, M. M. (2007). Dialectical behavior therapy for borderline personality disorder. *Annual Review of Clinical Psychology*, *3*, 181-205.
- Mak, A. K., Hu, Z. G., Zhang, J. X., Xiao, Z. W., & Lee, T. M. (2009). Neural correlates of regulation of positive and negative emotions: An fmri study. *Neuroscience Letters*, *457*, 101-106.
- McDonald, A. J., Mascagni, F., & Guo, L. (1996). Projections of the medial and lateral prefrontal cortices to the amygdala: A *Phaseolus vulgaris* leucoagglutinin study in the rat. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *7*, 55-75.
- McRae, K., Hughes, B., Chopra, S., Gabrieli, J. D., Gross, J. J., & Ochsner, K. N. (2010). The neural bases of distraction and reappraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*, 248-262.
- Mennin, D. S., & Farach, F. J. (2007). Emotion and evolving treatments for adult psychopathology. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *14*, 329-352.
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J., & Gabrieli, J. D. E. (2002). Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 1215-1229.
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). The neural architecture of emotion regulation. In: J. J. Gross (Ed.), *Handbook of Emotion Regulation* (pp.87-100). New York: Guilford Press.
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2008). Cognitive emotion regulation insights from social cognitive and affective neuroscience. *Currents Directions in Psychological Science*, *17*, 153-158.
- Ochsner, K. N., Silvers, J. A., & Buhle, J. T. (2012). Functional imaging studies of emotion regulation: A synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1251*, 1-24.
- Ohira, H., Nomura, M., Ichikawa, N., Isowa, T., Idaka, T., Sato, A., & Yamada, J. (2006). Association of neural and physiological responses during voluntary emotion suppression. *Neuroimage*, *29*, 721-733.
- Payer, D. E., Baicy, K., Lieberman, M. D., & London, E. D. (2012). Overlapping neural substrates between intentional and incidental down-regulation of negative emotions. *Emotion*, *12*, 229-235.
- Perلمان, S. B., Almeida, J. R., Kronhaus, D. M., Versace, A., Labarbara, E. J., Klein, C. R., & Phillips, M. L. (2012). Amygdala activity and prefrontal cortex-amygdala effective connectivity to emerging emotional faces distinguish remitted and depressed mood states in bipolar disorder. *Bipolar Disorders*, *14*, 162-174.
- Phillips, M., Ladouceur, C., & Drevets, W. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: Implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular Psychiatry*, *13*, 829-857.
- Rottenberg, J., & Gross, J. J. (2003). When emotion goes wrong: Realizing the promise of affective science. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *10*, 227-232.
- Rottenberg, J., & Gross, J. J. (2007). Emotion and emotion regulation: A map for psychotherapy researchers. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *14*, 323-328.
- Schaefer, S. M., Jackson, D. C., Davidson, R. J., Aguirre, G. K., Kimberg, D. Y., & Thompson-Schill, S. L. (2002). Modulation of amygdala activity by the conscious regulation of negative emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 913-921.
- Siegle, G. J., Thompson, W., Carter, C. S., Steinhauer, S. R., & Thase, M. E. (2007). Increased amygdala and decreased dorsolateral prefrontal BOLD responses in unipolar depression: Related and independent features. *Biological Psychiatry*, *61*, 198-209.
- Thompson, R. A., Lewis, M. D., & Calkins, S. D. (2008). Reassessing emotion regulation. *Child Development Perspectives*, *2*, 124-131.
- Urry, H. L., Reekum, C. V., Johnstone, T., Kalin, N., Thurow, M. E., Schaefer, H. S., & Davidson, R. J. (2006). Amygdala and ventromedial prefrontal cortex a reinversely coupled during regulation of negative affect and predict the diurnal pattern of cortisol secretion among older adults. *Neuroscience*, *26*, 4415-4425.
- Versace, A., Thompson, W. K., Zhou, D., Almeida, J. R., Hassel, S., Klein, C. R., & Phillips, M. L. (2010). Abnormal left and right amygdala-orbitofrontal cortical functional connectivity to emotional faces: State versus trait vulnerability markers of depression in bipolar disorder. *Biological Psychiatry*, *67*, 422-431.
- 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.
- Welborn, B. L., Papademetris, X., Reis, D. L., Rajeevan, N., Bloise, S. M., & Gray, J. R. (2009). Variation in orbitofrontal cortex volume: Relation to sex, emotion regulation and affect. *Social Cognitive Affective Neuroscience*, *4*, 328-339.