

幸福感的神经机制： 来自中枢神经系统的证据

陈 红^{1,3}, 肖子伦¹, 李书慧², 刘舒阳¹

(1. 西南大学 心理学部, 重庆市 400715; 2. 西南大学 西南民族教育与心理研究中心, 重庆市 400715;
3. 西南大学 认知与人格教育部重点实验室, 重庆市 402160)

摘 要: 幸福感的先前主要集中在人格、文化等外显领域, 随着技术的发展, 近年来研究开始关注个体内在生理机制, 尤其是对个体中枢神经系统的探索。研究表明, 个体幸福感主要和大脑额叶皮层、扣带回、杏仁核、脑岛、纹状体以及大脑灰质有关联。研究发现胸椎脊髓区域的活性和情绪相关, 表明这一区域也可能和幸福感有关联。通过对比发现, 幸福感的脑区和奖赏系统脑区高度重合, 两者之间是否存在关联有待进一步研究。不同幸福感的个体在基因研究中也显示出了差异。

关键词: 幸福感; 脑机制; 中枢神经系统; 奖赏系统

中图分类号: B840 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9841(2017)02-0106-08

一、前 言

传统上, 研究人类幸福感有哲学与心理学两种取向。根据不同的哲学流派, 心理学研究的幸福感有发展于“快乐论”的主观幸福感(Subjective well-being, SWB)和发展于“实现论”的心理幸福感(Psychological well-being, PWB)两种模型。简单来说, “主观幸福感就是快乐的主观体验, 心理幸福感是心理机能的良好状态和个体潜能的充分实现”^[1]。由于二者概念对于幸福的侧重方面不同, 长期以来实际研究中, 两种幸福感拥有不同的理论指导和研究方法。“主观幸福感重视自己主观的评价, 具有操作主义和实用主义倾向, 而心理幸福感反对把快乐等同于幸福, 更强调人的发展与潜能实现。”^[1]关于幸福感生理基础的研究始于最近十年, 初期研究多通过对临床症状, 诸如抑郁、中风等病人的研究侧面得到, 并未直接研究幸福感的生理基础。随着技术发展, 2004 年 Urry 等人通过脑电图(EEG)首次对心理幸福感的神经联系进行了研究, 并发现心理幸福感与额叶有显著相关。其后更多新技术诸如功能核磁共振(fMRI)等成像技术被应用到两种幸福感的研究中, 发现了幸福感和额叶皮层, 扣带回, 杏仁核等脑区的激活都有关系^[2]。根据最新的研究显示, 在个体生理层面, 两种不同的幸福感都共享了一些相同的资源, 并能够相互影响。例如罗扬眉发现默认网络(Default mode network)和右侧背外侧前额叶皮层(Dorsolateral prefrontal corte, DLPFC)功能连接强度越负性, 和右侧额内侧回上部(Superior medial frontal gyrus)的功能连接强度越强, 主观幸福感和心理幸福感都越高, 并且它们有相似的神经基础^[3]。近年来越来越多的研究者开始关注

收稿日期: 2016-08-19
作者简介: 陈红, 西南大学心理学部, 教授, 博士生导师。
基金项目: 国家社会科学基金项目“中国公民幸福指数的指标体系研究”(12XSH018), 项目负责人: 陈红。

二者的整合,试图探明相对统一的幸福感机制。本文重点梳理了近十年来对两种幸福感的中枢神经系统的研究所发现的关联区域及未来研究趋势,以期为国内主观幸福感及心理幸福感神经机制的研究和整合提供启发。

二、幸福感的神经解剖基础

在对幸福感的生理研究中,研究者通过借助 fMRI 等成像技术发现幸福感和额叶皮层(Prefrontal cortex)、扣带回(Cingulate cortex)、杏仁核(Amygdala)、脑岛(Insula)、纹状体(Striatum)、海马(Hippocampus)、大脑灰质(Gray matter)有关,以下梳理了具体研究和发现。

(一)额叶皮层

关于幸福感和额叶皮层的关系,最早见于 Robinson 和 Starkstein 等人的研究。他们发现相对于右侧前额叶皮层受损的中风患者,左侧前额叶皮层受损的患者会更多的感受到极度的焦虑和压抑。而焦虑和压抑可以看作是幸福感的负性表现,于是可以推测幸福感和额叶皮层之间存在一定的关系^[4-5]。之后,Ochsner 等人和 Davidson 的研究均发现,左侧额叶皮层不对称的人报告了更高的积极情感和主观幸福感,这可能是由于左侧额叶皮层的激活或者右侧额叶皮层的活性减弱导致^[6-8]。进一步研究发现,这种不对称可能还受性别差异调节。男性比女性表现出更明显的左侧偏向不对称^[9-10]。但总的来说,在额叶不对称中左侧偏向的个体主观幸福感的测量分数更高,表现更广泛的积极情感^[11-14]。不仅主观幸福感与左侧额叶有关,心理幸福感也与左侧额叶相关。Urry 等通过 EEG 研究了心理幸福感的神经联系,发现在对食欲刺激做出反应时,左侧前额叶皮层出现了激活,唤起了积极情感体验。这证实了心理幸福感与前额叶皮层活性有关,且左侧额叶上回比右侧相关更强^[2]。后继研究进一步显示对负性图片有效抑制或反复评价的反应增加了左侧腹内侧前额叶皮层活性^[15-17]。负性情感刺激时反映出的腹内侧前额叶皮层(Ventromedial prefrontal cortex)血氧水平依赖(血氧浓度)信号(Blood-oxygen-level-dependent signal)和持续的背外侧前额叶皮层(DLPDFC)活性以及双侧的内侧前额皮层(Medial prefrontal cortex, MPFC)的激活都能够预测幸福感。内侧前额叶皮层可能和心理幸福感有关联^[3,18-20]。由此可见,左侧额叶层的激活与主观幸福感、心理幸福感均有显著正相关。内侧前额叶皮层的激活与心理幸福感是何种相关,以及与主观幸福感是否相关还需要进一步的研究。

(二)扣带回

van Reekum 等报告了有更高心理幸福感的人群在面对负性图片时,其前扣带回(Anterior cingulate cortex, ACC)表现出了更强的活性^[18]。但是进一步的研究发现,其实心理幸福感是与背侧前扣带回皮层(dorsal anterior cingulate cortex, dACC)有相关,因为有研究显示对负性图片反复评价的反应增加了背侧前扣带回皮层活性^[15-17]。在近期的研究中,Gilleen 等使用 fMRI 对精神分裂病人进行全脑分析,证实了精神分裂病人的主观幸福感得分和大脑背侧前扣带回皮层(dACC)活性有关^[21]。这都说明了 dACC 的活性与心理幸福感、主观幸福感有正相关。在近期研究中,也有研究者发现后扣带皮层也与幸福感有关。Luo 等通过 fMRI 技术研究幸福和不幸福的个体在局部一致性(Regional Homogeneity, ReHo)上的差异发现,幸福的个体的默认网络主要包括内侧前额叶皮层和后扣带回皮层(Posterior cingulate cortex)比其他脑区有更高的局部一致性^[22]。但还需要更多的研究进行验证幸福感与后扣带皮层相关,并探究是哪一种幸福感与其相关。

(三)杏仁核和脑岛

起初,Griffiths 等发现了杏仁核和脑岛与幸福感之间的证据,杏仁核和脑岛的左侧半球损伤导致了个体对音乐的强烈积极体验的选择性缺失,而这种积极体验无疑是幸福感的一个重要特

质^[23]。在后来的多项研究中也显示,对负性图片反复评价的反应降低了右侧杏仁核活性^[15-17]。而 van Reekum 等的研究中发现高主观幸福感的人在面对负性图片时杏仁核的活性减弱^[18]。这都说明杏仁核与主观幸福感有关。关于幸福感和脑岛的关联,Lewis 等人发现心理幸福感和大脑右侧脑岛皮层灰质量有正相关,心理幸福感越强,大脑右侧脑岛皮层灰质量越大^[20]。这种联系也反应在实现论幸福感量表的三个维度^[24]。“良好关系”和左侧脑岛灰质量显著相关,“个人成长”与左侧脑岛少量相关,“生活目标”显示出与颞中回灰质量存在少量的负相关^[20]。虽然杏仁核与脑岛都与幸福感的其中一种取向有关,但目前相关研究较少,未来研究可以探究两个脑区和其他幸福感的关联,即探究杏仁核与心理幸福感是否有关,脑岛是否与主观幸福感有关。

(四)纹状体和海马

Kringelbach 和 Berridge 研究指出,大脑区域包括了基本的奖赏加工,比如腹侧纹状体(ventral striatum)和前额叶皮层,可能在主观幸福感中扮演了重要角色^[25]。而 Heller 等发现,对积极图像做出反应时,高心理幸福感个体的大脑激活了纹状体和右侧背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex,DLPFC)两个区域^[19]。综上,可以推测出持续的纹状体活性和持续的背外侧前额叶皮层(DLPFC)活性能够预测心理幸福感^[19]。关于幸福感和海马的证据,Feng Kong 等人研究发现,个体生活满意度和右侧海马旁回(Parahippocampal gyrus)的区域的灰质量容积(Regional gray matter volume)有正相关,而个体生活满意度与心理幸福感也有高相关性^[26]。纹状体与海马都是与心理幸福感有正相关,且是与幸福感的积极方面有关。但还没有研究发现纹状体与海马是否与主观幸福感有关。

(五)大脑灰质

在幸福感的近年的报告中,研究脑区还扩展到了大脑灰质区域。罗扬眉等采用优化的形态测量学(Voxel-based morphometry,VBM)方法,对大脑灰质体积和幸福感进行了研究,发现右侧尾状核(Right caudate nucleus)、海马、颞中回(Middle temporal gyrus)、楔前叶(Precuneus)的灰质体积与总体幸福感有正相关^[3]。但不同幸福感与不同区域有正相关,主观幸福感与颞中回的灰质体积正相关,心理幸福感与顶下沟的灰质体积正相关。Singleton 等人证实了在促进心理幸福感和脑干区域的灰质浓度(Concentration)增加之间呈现正相关。这种改变和脑干的两个对称的双边基团(Bilateral clusters)灰质浓度增加呈正相关,这些基团(Clusters)包含了脑桥被盖部(Pontine tegmentum),蓝斑(Locus coeruleus),脑桥中缝核(Nucleus raphe pontis)以及感官三叉神经(Sensory trigeminal nucleus)。它们都和心理幸福感的改变呈正相关^[27]。Kong 等人研究发现个体生活满意度和右侧海马旁回的区域的灰质量容积有正相关和左侧腹内侧前额叶皮层(Ventromedial prefrontal cortex)有负相关,而生活满意度是心理幸福感的指标之一^[26]。综上所述,心理幸福感与顶下沟的灰质体积、脑干区域的灰质浓度、右侧海马旁回的区域的灰质量容积有正相关,但有研究发现心理幸福感与部分区域的大脑灰质呈负相关。Lewis 等人发现心理幸福感和大脑右侧脑岛皮层灰质量有正相关,与左侧脑岛少量相关,与颞中回灰质量存在少量负相关^[20]。Kong 等在研究社会幸福感(Social well-being)时,发现其和左侧的中外侧前额叶皮层(Mid-dorsolateral prefrontal cortex, mid-DLPFC)的灰质量呈现负相关^[26,28]。

(六)脊髓和神经

研究显示,人类的情绪、认知和行为发生不仅仅来自大脑的活动,同时也来自我们自己对环境的感觉运动经验(Sensory-motor experience)^[29]。而脊髓作为感觉运动的关键,在情绪的研究中也逐渐被重视,并发现了相关的证据。例如:Smith 和 Kornelsen 研究发现胸椎脊髓背侧区域大量的躯体感觉活性(Somatosensory activity)似乎反映了躯体对情绪刺激的反应^[30]。Kornelsen 等人发

现负性情绪刺激诱发了某些脊髓节段的腹侧(运动)区域更高的激活^[31]。相对于观看情绪图片,当被试作出运动(例如按压按钮)时,这种激活会更显著。而神经解剖学研究显示这种反应和不同脊髓区域的激活有联系。从胸椎脊髓发散出来的脊神经支配了躯干和腹腔的肌肉,刺激这些区域的肌肉收缩。这些反应和我们情绪唤醒状态的主观知觉有关系^[31]。而这种积极或消极情绪的关系或许和幸福感存在某种联系,在后续的研究中可能成为幸福感研究的相关证据和线索。对于幸福感和神经的研究,Raison 等发现传入神经的温度感受信号(Afferent thermosensory signals)导致了幸福感和抑郁,温度感受通路和大脑系统相互作用控制了情感功能,在情感紊乱时这些通路也会失调^[29]。当温度感受通路是活跃(Acivating)并温暖(Warm)时促进了心理幸福感。由于对于幸福感的脊髓和神经研究在近些年才开始,并不像脑区研究一样获得了大量明确的结论。但现有证据还是显示了其可能与幸福感存在着关联,目前的研究结论可能会给未来的研究提供一个的思路和方向。

三、幸福感脑区和奖赏系统

Ludlum 通过对先前研究归纳提出,由于外向的人有更敏锐的奖赏系统,所以在外向型和主观幸福感之间存在正相关,奖赏系统和幸福感之间也存在某些关联^[32]。在先前的研究中,对于奖赏系统的研究相较于幸福感脑区研究要更深入。Haber 等研究发现皮质-基底节神经回路是奖赏机制的核心^[33]。在这个网络中的关键结构有前扣带回皮层、眶额叶皮层、纹状体、腹侧苍白球和中脑多巴胺神经系统。另外其他结构,包括背侧前额叶皮层、杏仁核、海马、丘脑以及特殊脑干结构例如外侧缰核和中缝核是控制奖赏系统的关键结构。这些区域相互联合构成了一个复杂的神经网络调节着奖赏机制的不同方面^[33]。Liu 等发现内侧眶额叶,伏隔核和后扣带回会被与正性奖励有关的信息激活,而外侧眶额叶、前扣带回、外侧前额叶和前岛叶则更多参与负性奖励信息的加工^[34]。奖励的预期会选择性地激活前扣带回、脑干和前岛叶,而奖励的结果更多激活伏隔核、杏仁核和内侧眶额叶。Kühn 等发现个体愉悦感在左内侧眶额叶皮层、腹内侧前额叶皮层、左侧腹内侧纹状体、前膝皮层、右小脑、左丘脑和扣带回皮层呈现正相关,在左中央前回、右小脑和额下回呈现负相关,对个体愉悦感评判的比较研究后显示在大脑活性上没有显著不同^[35]。在关于幸福感的脑区研究中,Acevedo 等在一个关于婚姻满意度和幸福感的研究中发现良好的婚姻满意度和以下神经区域有正相关,包括腹侧被盖区(Ventral tegmental area)、眶额皮层(Orbitofrontal cortex)、前脑岛(Anterior insula)、额下回(Inferior frontal gyrus)、前额叶皮层^[36]。而 Kong 等研究显示实现论幸福感(Eudaimonic well-being)和后颞上回(Posterior superior temporal gyrus),与丘脑(Thalamus)有正相关,与丘脑-脑岛连通性(Thalamic-insular connectivity)有负相关^[37]。

通过对奖赏系统和幸福感相应脑区比较可以看到,二者之间存在非常密切的关系。两种研究发现的激活脑区呈现高度重合,其中在大脑额叶皮层,扣带回和纹状体区域,呈现出幸福感脑区域包含奖赏系统区域的特点。另一方面,幸福感研究中所报告的其他区域如脑岛和杏仁核等在奖赏系统里是控制奖赏系统的关键区域。

四、发展趋势

通过对文献的梳理发现,幸福感的生理研究在十年间有了很大变化。第一,在研究被试方面,前期的研究更多是通过对焦虑,抑郁等病人的观察或在研究其他脑区或机制时发现和幸福感关联的区域。很少有人直接研究幸福感的生理机能,而在近十年来研究者们开始直接以幸福感作为直接研究对象,探索其生理层面的意义。第二,研究技术方面,随着科学技术的不断发展,研究使用的

方法也从 EEG 扩大到了事件相关电位(ERP),fMRI 等,报告的内容不只局限于大范围脑区的激活而是更精确的定位。第三,研究结果方面,前期研究报告的结果主要集中在额叶区域。但在最近十年来的研究,更多的报告了脑岛,纹状体和灰质等。第四,研究层次方面,除了尝试整合两种幸福观,也有学者从生理层面更加深入研究单个幸福感并得到结论。例如,Kong 等提出主观幸福感包括了两个相关但是不同的成分:认知和情感幸福感。并指出后颞上回(Posterior superior temporal gyrus)、右后中句前扣带回皮层(Posterior mid-cingulate cortex)、右丘脑(Thalamus)、左中央后回(Postcentral gyrus)、右舌回(Lingual gyrus)和左颞平面(Planum temporale)与认知幸福感正相关。而额上回(Superior frontal gyrus)、右眶额叶皮层(Orbitofrontal cortex)和左侧颞下回皮层与认知幸福感呈负相关。右侧杏仁核能够可靠的预测情感幸福感^[38]。

主观幸福感和心理幸福感的激活脑区既有重合的部分,也有自己特有的区域。对于两种幸福感表现出的重合部分的解释,虽然侧重点不同但毕竟二者都是人类的幸福感,其都会涉及到快乐、愉悦等共同感受和机制。对于两种幸福感在脑区上显示的差异解释,可能是由于两者的定义不同,由于心理幸福感强调的“意义”和“成长”等因素,其概念相对于主观幸福感的“快乐”要更加复杂,所以反应在大脑中,心理幸福感还要涉及到更多高级的生理机能,这种复杂性增加了研究中控制变量的难度,但是,这种复杂性也为幸福感的研究提供了更多的视角,例如,在佛教禅宗的理念中,有“悟道”的方法,从对悟道者的观察可以推测这种对生活的“顿悟”能够极大提高个体的心理幸福感。在这种一念之间的选择中,或许可以推测影响其态度变化的有大脑决策机制,时间感知等因素,同样在传统的道家思想中,隐士的“无为”,“不争”也能看作是一种对人生的选择。这些传统的智慧都能够有效提高个体的心理幸福感。进一步看,也能够推测或许大脑的决策机制等对于心理幸福感也有关联,但这种关联在目前还未看到有研究者对其进行过深入探讨。其次,由于心理幸福感的高低涉及的生理系统较广泛,所以某些单一因素的变化不足以改变心理幸福感,可以推测,相对于偏向“快乐”的主观幸福感心理幸福感具备更高的稳定性,主观幸福感容易随着外界的变化而变化,但心理幸福感会保持相对稳定,这些问题在未来的研究中有待研究者进一步对其进行比较和证实。

对幸福感的生理机制研究范围不断扩大。不仅仅局限于大脑,逐步扩展到脊髓,甚至是遗传和基因。有研究显示幸福感的可遗传因素是个体和环境的交互作用,但对幸福感遗传率的估算上,研究者提出遗传率有 50%、72%甚至是 80%^[39-42]。另外,虽然有研究显示年龄和幸福感之间有重要影响^[43-44]。但是因为研究无法确认二者之间是否存在因果关系,所以无法证实年龄的改变这一因素对于大脑活性和幸福感之间关系的影响^[16]。对幸福感的基因研究开始于最近几年,Fredrickson 等研究显示,不管是快乐论幸福感还是实现论幸福感都表现出了相似的情感联系,但是在他们的基因转录图谱分析中却显示出了明显差异。在对逆境的保护性转录(CTRA)中,拥有高水平快乐论的被试的周边血管单核细胞表现出了高水平表达(Up-regulated expression)。另外,研究发现和炎症相关的基因表达升高,抗病毒反应的基因表达降低。与之相反,高水平的实现论幸福感和逆境的保护性转录的低水平表达有关联^[45]。可以看到,相对于脑区研究发现了的共同激活的脑区,快乐论和实现论幸福感有不同的基因调控程序。最近在一个关于移民生活满意度的研究中,Kashima 等发现,如果一个国家的移民中,拥有五羟色胺转运蛋白长臂基因(5-HTT long allele)的人更多,那么这个国家的移民会更快乐^[46]。

但随着幸福感生理机制的研究不断深入,幸福感的脑区与奖赏系统的关系也受到重视。幸福感和奖赏系统呈现包含关系,这可能是由于先前研究者对奖赏系统的研究相对于幸福感脑区要深入得多,相对于奖赏系统的研究幸福感的脑区的探究要少。所以,对于呈现出的幸福感脑机制系统相关区域包含了奖赏系统区域的现象,可能只是还没有进一步探测出幸福感脑区更精确的区域。

但通过比较可以发现,首先人类的奖赏系统的工作能够使人获得愉悦舒适等正向感受,这与人类的幸福感吻合程度较高。其次,所发现二者的相关的脑区激活也高度相似,因此可以推测幸福感脑机制区域和奖赏系统之间存在高度关联和深度联系。但这种联系在目前还没有专门的研究来提供证据,现有研究也无法判定两个系统之间是否独立或存在包含关系,或者甚至二者都是同一个更大的机能网络的一部分。这些问题在未来的研究中有待研究者进一步对其进行研究和比较。

总体来看相对于幸福感的社会文化或人格研究要少得多,探索还处于初步阶段,还有许多需要改进的地方^[47]。首先在研究中发现的相关激活区域之间的联系和背后意义也没有进行过更深层的探索。这是因为关于幸福感的研究目前较为流行的是应用 MRI 技术,但这种技术不管是功能像还是结构像目前都仅能提供身体相应区域和幸福感的相关的证据,无法证明其因果关系。现有研究也无法证明个体是因为相应神经系统活性较高导致高幸福感或是因为个体自身高幸福感导致了对应的神经系统激活较高。在未来的研究中,更多新技术的应用将会有助于发现更准确的结果。其次,或许研究者可以通过整合现有研究所得到的各个相关区域从而发现一个幸福感的神经生理系统,从而为幸福感研究提供生理层面的理论支撑,对于提高个体幸福感的干预工作提供科学的依据。例如在认知治疗和冥想过程中已经观察到了大脑结构和功能的改变,可以推测幸福感和其他亲社会特征可能可以通过训练得到加强^[48]。而由于目前对于人类幸福感生理机制的研究主要集中在大脑、脊髓和基因等领域,研究者无法使用一些带有副作用的研究方法,这给研究带来一些困难。但已有研究显示人和其他哺乳动物的快乐论的大脑机制有很多相同的地方,在人类、猩猩、猴子甚至是老鼠的身上,很多积极情感是相似和同源的,未来研究或许可以通过对动物的研究能更好地了解人类的幸福感^[49]。

但随着神经生理研究越来越深入,研究者也不能忽略幸福感研究的主旨,即研究的是人类的幸福感,而应避免陷入生理还原论式的研究。所以在幸福感研究中也不能够忽视其哲学、社会学、教育学等其他学科对幸福感研究的理论贡献,应同时将心理学视野中的幸福感与其他学科融汇综合思考,将幸福感的神经生理机制的发现和其他领域的幸福感研究互相结合。从一个全面的宏观视角去审视其意义,对于人类幸福感的探究也会更加全面和有价值。

参考文献:

- [1] 苗元江. 心理学视野中的幸福-幸福感理论与测评研究[D]. 南京:南京师范大学,2003.
- [2] URRY H L, NITSCHKE J B, DOLSKI I, et al. Making a life worth living: neural correlates of well-being[J]. *Psychological Science*, 2004, 15(6): 367-372.
- [3] 罗扬眉. 幸福感的神经机制:来自多模态神经成像的证据[D]. 重庆:西南大学,2013.
- [4] ROBINSON R C, SZTELA B. Mood change following left hemisphere brain injury[J]. *Annals of Neurology*, 1981, 9(5): 447-453.
- [5] STARKSTEIN S E, ROBINSON R C, PRICE T R. Comparison of cortical and subcortical lesions in the production of poststroke mood disorders[J]. *Brain*, 1987, 110: 1045-1059.
- [6] OCHSNER K N, BUNGE S A, GROSS J J, et al. Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, 14(8): 1215-1229.
- [7] DAVIDSON R J. Well-being and affective style: neural substrates and biobehavioural correlates[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 2004, 359: 1395-1411.
- [8] DAVIDSON R J. What does the prefrontal cortex “do” in affect: perspectives in frontal EEG asymmetry research[J]. *Biological Psychology*, 2004, 67: 219-234.
- [9] FLORES-GUTIERREZ E O, DIAZ J L, BARRIOS F, et al. Differential alpha coherence hemispheric patterns in men and women during pleasant and unpleasant emotion induced by music masterpieces[J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2009, 71(1): 43-49.
- [10] WAGER T D, PHAN K L, LIBERZON I, et al. Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging[J]. *NeuroImage*, 2003, 19(3): 513-531.

- [11] COAN J A, ALLEN J B. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion[J]. *Biological Psychology*, 2004, 67: 7-49.
- [12] HARMON-JONES E, ALLEN J B. Behavioral activation sensitivity and resting frontal EEG asymmetry: covariation of putative indicators related to risk for mood disorders[J]. *Journal of Abnormal Psychology*, 1997, 106(1): 159-163.
- [13] JACOBS G D, SNYDER D. Frontal brain asymmetry predicts affective style in men[J]. *Behavioral Neuroscience*, 1996, 100(1): 3-6.
- [14] SUTTON S K, DAVIDSON R J. Prefrontal brain asymmetry: a biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems[J]. *Psychological Science*, 1997, 8(3): 204-210.
- [15] OCHSNER K N, GROSS J J. Thinking makes it so: a social cognitive neuroscience approach to emotion regulation. In BAUMEISTER R F, VOHS K D(Eds.), *Handbook of self-regulation: research, theory, and applications*[M]. New York, USA: Guilford Press, 2004, pp. 229 - 255.
- [16] URRY H L, VAN REEKUM C M, JOHNSTONE T, et al. Amygdala and ventromedial prefrontal cortex are inversely coupled during regulation of negative affect and predict the diurnal pattern of cortisol secretion among older adults[J]. *The Journal of Neuroscience*, 2006, 26: 4415-4425.
- [17] GOLDIN P R, MCRAE K, RAMEL W, et al. The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion[J]. *Biological Psychiatry*, 2008, 63(6): 577-586.
- [18] VAN REEKUM C M, URRY H L, JOHNSTONE T, et al. Individual differences in amygdala and ventromedial prefrontal cortex activity are associated with evaluation speed and psychological well-being[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2007, 19(2): 237-248.
- [19] HELLER A S, VAN REEKUM C M, SCHAEFER S M, et al. Sustained striatal activity predicts eudaimonic well-Being and cortisol output[J]. *Psychological Science*, 2013, 24(11): 2191-2200.
- [20] LEWIS G J, KANAI R, REES G, et al. Neural correlates of the good life: eudaimonic well-being is associated with insular cortex volume[J]. *Social Cognitive and Affect Neuroscience*, 2014, 9(5): 615-618.
- [21] GILLEEN J, SHERGILL S S, KAPUR S. Impaired subjective well-being in schizophrenia is associated with reduced anterior cingulate activity during reward processing[J]. *Psychological Medicine*, 2014, 30: 1-12.
- [22] LUO Y, HUANG X, YANG Z, et al. Regional homogeneity of intrinsic brain activity in happy and unhappy individuals[J]. *PLoS One*, 2013, 9(1): e85181
- [23] GRIFFITHS T D, WARREN J D, DEAN J L, et al. “When the feeling’s gone”: a selective loss of musical emotion[J]. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 2004, 75(2): 344-345.
- [24] RYFF C D. Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being[J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1989, 57(6): 1069-1081.
- [25] KRINGELBACH M L, BERRIDGE K C. Towards a functional neuroanatomy of pleasure and happiness[J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2009, 13, 479-487.
- [26] KONG F, DING K, YANG Z, et al. Examining gray matter structures associated with individual differences in global life satisfaction in a large sample of young adults[J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2014, 10(7):952—960.
- [27] SINGLETON O, HÖLZEL B K, VANGEL M, et al. Change in brainstem gray matter concentration following a mindfulness-based intervention is correlated with improvement in psychological well-Being[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014, 8: 33.
- [28] KONG F, HU S, XUE S, et al. Extraversion mediates the relationship between structural variations in the dorsolateral prefrontal cortex and social well-being[J]. *Neuroimage*, 2015, 105 (15): 269-275.
- [29] RAISON C L, HALE M W, WILLIAMS L E, et al. Somatic influences on subjective well-being and affective disorders: The convergence of thermosensory and central serotonergic systems[J]. *Frontiers in Psychology*, 2014, 5:1580.
- [30] SMITH S D, KORNELSEN J. Emotion-dependent responses in spinal cord neurons: a spinal fMRI study[J]. *Neuroimage*, 2011, 58(1): 269-274.
- [31] KORNELSEN J, SMITH S D, MCIVER T A. A neural correlate of visceral emotional responses: evidence from fMRI of the thoracic spinal cord[J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2014, 10(4):584-588.
- [32] LUDLUM E B. A framework for the pursuit of happiness: personality as it relates to subjective well-being[C]. Unpublished doctoral dissertation, California: Claremont McKenna College, 2015.
- [33] HABER S N, KNUTSON B. The reward circuit linking primate anatomy and human imaging[J]. *Neuropsychopharmacology*, 2010, 35(1): 4-26.
- [34] LIU X, HAIRSTON J, SCHRIER M, et al. Common and distinct networks underlying reward valence and processing stages: a

- meta-analysis of functional neuroimaging studies[J]. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2011, 35(5): 1219-1236.
- [35] KÜHN S, GALLINAT J. The neural correlates of subjective pleasantness[J]. *Neuroimage*, 2012, 61 (1): 289-294.
- [36] ACEVEDO B P, ARON A, FISHER H E, et al. Neural correlates of marital satisfaction and well-being: reward, empathy, and affect[J]. *Clinical Neuropsychiatry*, 2012, 9(1): 20-31.
- [37] KONG F, LIU L, WANG X, et al. Different neural pathways linking personality traits and eudaimonic well-being: A resting-state functional magnetic resonance imaging study[J]. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 2015, 15(2): 299—309.
- [38] KONG F, HU S, WANG X, et al. Neural correlates of the happy life: the amplitude of spontaneous low frequency fluctuation predicts subjective well-being[J]. *Neuroimage*, 2015, 107: 136-145.
- [39] NESSE R M. Natural selection and the elusiveness of happiness[J]. *Philosophical transactions of the Royal Society of London B*, 2004, 359: 1333-1347.
- [40] LYUBOMIRSKY S, SHELDON K M, SCHKADE D. Pursuing happiness: The architecture of sustainable change[J]. *Review of General Psychology*, 2005, 9(2): 111-131.
- [41] KEYES C L M. The structure of the genetic and environmental influences on mental well-being[J]. *American Journal of Public Health*, 2010, 100(12): 2379-2385.
- [42] LYKKEN D, TELLEGEN A. Happiness is a stochastic phenomenon[J]. *Psychological Science*, 1996, 7(3): 186-189.
- [43] COFFEY C E, RATCLIFF G, SAXTON J A, et al. Cognitive correlates of human brain aging: a quantitative magnetic resonance imaging investigation[J]. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 2001, 13(4): 471-485.
- [44] KOLEV V, YORDANOVA J, BASAR-EROGLU C, et al. Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks[J]. *Clinical Neurophysiology*, 2002, 113(6): 901-910.
- [45] FREDRICKSON B L, GREWEN K M, COFFEY K A, et al. A functional genomic perspective on human well-being[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(33): 13684-13689.
- [46] KASHIMA E S, KENT S, KASHIMA Y. Life satisfaction in the new country: a multilevel longitudinal analysis of effects of culture and 5-HTT allele frequency distribution in country of origin[J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 10(1): 50-54.
- [47] 刘舒阳,陈红,胡媛艳. 幸福感提升:跨文化研究及其在我国的应用前景[J]. *西南大学学报(社会科学版)*, 2014, 40(5): 95-104.
- [48] DAVIDSON R J, MCEWEN B S. Social influences on neuroplasticity: stress and interventions to promote well-being[J]. *Nature Neuroscience*, 2012, 15(5): 689-695.
- [49] BERRIDGE K C, KRINGELBACH M L. Building a neuroscience of pleasure and well-being[J]. *Psychological Well-being*. 2011, 1(1): 1-3.

责任编辑 曹 莉

网 址: <http://xbbjb.swu.edu.cn>