

主观幸福感的脑机制*

顾媛媛¹ 罗跃嘉^{1,2}

(¹认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京师范大学, 北京 100875) (²中国科学院心理健康重点实验室, 北京 100101)

摘要 主观幸福感是社会认知领域一直关注的重要问题。Kahneman 等人提出的评价系统模型为主观幸福感的研究提供了基本框架。主观幸福感形成过程中, 评价系统的主要产物包括即时效用、回忆效用、抉择效用和预期效用, 这些效用都有着各自特殊的神经机制。主观幸福感的影响因素分为内部和外部因素, 它们也对应着各异的神经基础。未来主观幸福感领域的研究应遵循生理机制和心理机制相结合的整合研究思路。

关键词 主观幸福感; 脑机制; 评价系统

分类号 B845;B849

什么是幸福? 幸福学领域的学者认为, 主观幸福感就是人们根据自定标准对自己生活的一种评价。幸福对人类来说是一个永恒的主题, 人们对它的探索由来已久, 最早可追溯到古希腊时期。但是, 幸福学的研究一直都不在主流研究领域之内, 小部分学者对幸福学的不同方面各自进行了一些研究。这种局面使得幸福学的研究在结构和内容上比较松散。比如, 研究食物满足感的人员与考察疾病病痛的研究者间没有任何共有的研究框架; 探讨各种情绪机制和幸福感的学者们对他们研究内容之间的相关性也所知甚少。总而言之, 至今学术界对幸福感的生理机制和心理机制的研究一直是分开进行的。大多数涉及主观幸福感的文献考察的都是幸福体验的心理机制, 对其生理机制涉及甚少。要真正实现对人们幸福体验的全面认识, 需要一个全新的整合的研究思路。究竟人们是如何产生幸福或者不幸的体验? 这样的认知评价和心理感受从何而来? 这些评价和感受又是如何影响人们制订下一步的计划, 采取日后的行动? 追根究底, 这些复杂的评价和感受都是人的大脑产生的。那么, 这些过程在大脑中是通过哪些认知过程实现的呢? 对于这些问题的回答都需要对幸福感的生理机制进行研究。在过去的二三十年间, 认知神经科学领域的学者对情绪体验

和认知评价过程的研究中有不少内容是与幸福感的生理机制密切相关的。这些相关研究成果对于全面地考察和探索人类的主观幸福感具有重要的指导和借鉴意义。下面将对中西方学者在幸福感脑机制方面现已获得的发现和结论进行系统综述, 以期为国内该领域的研究提供启示。

1 主观幸福感的评价系统

现今幸福学领域的研究者都一致认为, 评价系统在人们的主观幸福感形成过程中担当了重要角色。人们对各种生活事件的评价结果与其幸福体验及其后来的行为反应密切相关。诺贝尔奖得主 Kahneman 及其研究小组对人们的各种评价进行了大量的研究 (Kahneman, Wakker, & Sarin, 1997), 总结出在主观幸福感的形成中发挥重要作用的四类效用, 主要包括: 即时效用 (instantaneous utility)、回忆效用 (remembered utility)、抉择效用 (decision utility) 和预期效用 (expected utility)。

自评价系统的模型提出以来, 心理学家已发展出行为学的研究方法。首先, 对即时效用的考察主要采用经验取样法 (experience sampling method, ESM)。具体做法是: 在一段时间内 (例如 1 周、几周、半年或 1 年), 要求被试每天在随机的时间点 (如下午 3 点 10 分) 报告其当时的幸福体验。其二, 对回忆效用的测量主要是通过有关幸福体验的回忆任务来实现的。这些任务包括短期和长期回忆, 以口头报告或是量表打分的形式进行。最后, 在观察抉择和预期效用时, 行为学家发明了各种类型的决策

收稿日期: 2008-11-12

* 教育部创新团队 (IRT0710)、自然科学基金 (30670698)、
国家高技术研究发展计划 (863) 重点项目 (2008AA021204)。
通讯作者: 罗跃嘉, E-mail: luoyj@bnu.edu.cn

任务如风险投资等来分析其心理机制。

2 主观幸福感的形成——评价系统的神经机制

2.1 即时效用的神经基础

我们时时刻刻都在对不断发生的知觉体验进行着评价,并根据这些评价调节自身的行为。Kahneman 及其研究小组将这种即时发生的情绪性评价的产物称为“即时效用”。这一情绪性评价的结果也就决定了个体将继续或是终止当前的某种行为。对即时情绪性评价的神经机制的研究已获得了初步成果。某一个事件所诱发的的情绪评价并不是两极的,即正性和负性的两点模型。事实上,人们遭遇某个事件的时候,这两种情绪评价可能同时存在,即这种即时效用是在一个由好与坏两种幸福体验维度组成的空间内变动。Cacioppo, Tassinary 和 Berntson(2000)提出了情绪评价空间的双变量模型,为这一复杂的共变关系提供了可能的解释。

首先,“苦”与“乐”这两种情绪评价发生时大脑运作方式是不同的。已有的脑成像研究发现,额叶——边缘系统回路在情绪评价的过程中扮演了重要角色。“苦”与“乐”的不同则体现在其相关刺激的激活区域上。Zahn 等(2007)采用内隐的词汇关联任务对评价过程进行了新近的考察。fMRI 数据显示,被试对正负性社会概念词汇对(如荣誉-勇敢,笨拙-粗鲁)的关联进行判断时都选择性激活了前额叶皮层,并且这两种社会概念都激活了与社会认知密切相关的脑区(眶额叶皮层,内侧前额叶,颞顶联合区)。但是与负性的社会评价性概念相比,正性概念更强烈地激活了内侧前额叶前部。正性和负性评价机制的差异甚至可在神经细胞水平上观察到。这种不同体现在神经细胞之间传送信号的突触传递过程中。人在产生某个正性评价时,如遇到奖励性事件,从中脑的伏隔核(nucleus accumbens, NAc)投射到腹侧被盖区(ventral tegmental area, VTA)的多巴胺系统会被激活;而某个负性评价的产生,例如接触到令人厌恶的东西,则与乙酰胆碱的生成密切相关(Hoebel, Avena, & Rada, 2007)。

更重要的是,“苦”与“乐”不仅仅是简单的性质不同,对人类更有着不同的生存意义。“趋乐避苦”是人的天性。这一点无疑会体现在人们决定采取趋近还是躲避之前的正负评价中。如上所述,人们对事件的评价不是两极的,甚至可能好坏参半。也就是说,与正性和负性评价相对应的神经机制可能共

同参与了对某个刺激的评价过程。但是,如果该事件或许能带来快乐,却更可能会导致不可逆的危害后果,人们通常依然会采取躲避行为。这是因为威胁性刺激对个体来说,无论在心理和生理上都会产生更强烈的反应。已有神经电生理学的证据验证了这一负性偏向。Ito, Larsen, Smith 和 Cacioppo(1998)采用 oddball 范式进行的一系列 ERP 实验发现,获得负性评价的图片所诱发的脑电成分 LPP 在波幅上要大于正性和中性的图片。在脑成像研究方面,过去十几年间大量的实验都发现杏仁核在负性信息的加工过程中扮演了重要角色(Morris et al., 1996; Isenberg et al., 1999; LeDoux, 2000),但后期不少研究数据显示在某些情况下正性刺激也会激活杏仁核(Hamann, Ely, Hoffman, & Kilts, 2002; Breiter et al., 1996)。综合分析这些研究可以发现,实验情境和任务的不同设置是这些分歧产生的重要原因。最近, Cunningham, Bavel 和 Johnsen(2008)通过巧妙的设计证实了刺激的情绪效价与杏仁核活动之间的关系随具体评价目标的不同而变化。实验中,被试对一系列名人的名字做三种不同的评价判断:整体评价、正性评价、负性评价。整体评价在从坏到好的四点量表上进行;正性评价和负性评价分别在“没有好坏”到“很好”或者“很坏”的4点量表上进行。fMRI 的数据显示,被试在做整体评价时,正性和负性名字都会引发杏仁核的显著激活;当做正性评价时,正性名字会诱发杏仁核的活动;做负性评价时,则负性名字会诱发杏仁核的活动。但是,在不同的评价目标下仍然存在上述的负性偏向:负性评价条件下,正性名字呈现时杏仁核几乎不会被激活;在正性评价条件下,负性名字虽为任务不相关信息,仍然观察到了杏仁核的活动。也就是说,杏仁核可以根据当前的目标灵活地加工相关的评价信息,但是它对负性信息的加工似乎是“不由自主”的。

2.2 回忆效用的神经基础

即时效用可能会时刻产生波动和变化。个体对其自身在对某一段时间内的幸福体验通过回忆给出单一而稳定的评价结果就称为回忆效用。在对这段时间内大量的即时效用进行压缩而获得一个单一的评价时,我们并不会对所有的即时评价计算绝对的平均值,而是多采用启发式的捷径,根据多快好省原则,即运用最少量的记忆和计算资源简单快速地执行这一操作得出一个评价性结论。回忆是人们精

神生活的一个重要组成部分,其中对情绪事件的回顾占了较大比重。众所周知,人们的回忆并不是原先所发生即时事件的精确重现,这是由于记忆重构往往会产生偏差。这也就一定程度上解释了为什么回忆效用不等于之前所有即时效用的平均值。

有研究表明,与即时效用相比,回忆效用产生过程中人们所能回忆的积极事件(积极的自传体回忆)的数量更能准确地预测其整体幸福感水平(Kim-Prieto, Diener, Tamir, Scollon, & Diener, 2005)。认知神经科学领域有关记忆的研究对人们的自传体回忆(尤其是包含情绪体验的自传体回忆)所对应的神经机制提供了初步的解答。其一,由于情绪体验和情景提取的参与,杏仁核(LaBar & Cabeza, 2006)和视觉皮层(Greenberg & Rubin, 2003)在这种特殊的回忆中会明显地增强活动。杏仁核是人类情绪系统的核心结构,它在情绪记忆中的作用不可小觑。有研究发现,杏仁核通过与海马、前额叶的相互作用共同影响自传体回忆(LaBar & Cabeza, 2006)。情景记忆中会发生视觉空间想象,因而枕叶视皮层、楔前叶和海马旁回在这种视觉空间想象任务中都会被显著激活(Greenberg & Rubin, 2003)。其二,海马在人类记忆的编码、储存和提取阶段都发挥了重要作用,在自传体回忆过程中自然也不例外。关于海马在自传体记忆的提取阶段是否具有时限性还存有争议。有数据显示,短时的自传体回忆发生时海马的激活较长时回忆更强,但也有证据显示海马在短时和长时自传体回忆中的激活程度是相似的(Rekkas & Constable, 2005)。其三,自传体回忆还需要监控和自我相关信息加工的参与,因而发挥执行功能的额叶皮层尤其是前额叶皮层在此过程中也发挥了重要作用(Cabeza & Jacques, 2007)。外侧前额叶与该回忆过程中的搜索和控制提取密切相关(Svoboda, McKinnon, & Levine, 2006),其中,腹外侧和背外侧前额叶所发挥的作用可能不同(Petrides, 2005)。而内侧前额叶则与自我相关信息的加工相对应(Kelley et al., 2002)。

如上所述,个体包含情绪体验的自传体回忆是其做出幸福感评价的重要信息来源(Kim-Prieto et al., 2005)。在对主观幸福感做出评价的过程中,个体的大脑需要从记忆系统中提取相关信息,即各种各样的情绪体验。在做出评价的即时即刻个体所提取的或好或坏的信息则是其自身幸福感水平的依据。个体提取这些相关情绪信息的时候,位于杏仁

核、海马和前额叶皮层内的多巴胺 D1、 β -去甲肾上腺素和类胆碱感受器会对该提取进行调节(Barros, Izquierdo, Medina, & Izquierdo, 2003)。其中,去甲肾上腺素系统在情绪信息的加工和提取阶段都发挥了核心作用(Korz & Frey, 2007)。临床研究发现,主观幸福感水平低于健康人群的 PTSD 患者进行自传体回忆时,去甲肾上腺素和糖皮质激素水平都大大高于健康被试(Roozendaal, Hahn, Nathan, Sde Quervain, & McGaugh, 2004)。这是由于提取精神创伤信息过程中, PTSD 患者的去甲肾上腺素系统高强度激活,并且高水平糖皮质激素对其提取积极信息造成了破坏。PTSD 患者的神经系统在神经递质水平上的受损正是造成其主观幸福感水平较低的根本原因之一。

2.3 抉择和预期效用的神经基础

在得出回忆效用后,人们再由此对不同行为所导致的后果进行权重分析,从而影响其日后的行为举措。这一过程的产物称为抉择效用。回忆效用使个体获得相关行为结果的情绪性经验,这些经验所对应的幸福体验好坏则是决定其未来行为举措的一个很重要的标准。基于这些情绪性经历调整将来的决策行为这一过程所对应的神经机制目前已成为神经经济学的研究热点。该领域基于强化学习模型的相关系列研究发现,反馈负波(feedback negativity, FN)这一特异的 ERP 成分反映了对前期行为结果的情绪性评价。此类研究多是设置两个抉择的选项,通过操纵这两个选项所对应的输赢概率来实现强化学习。在结果评价阶段,用负反馈信息诱发的 ERP 减去正反馈诱发的 ERP,得出一个负走向的波,即为 FN。源定位分析表明, FN 很可能源于内侧额叶皮层以及扣带前回皮层。

个体的幸福感水平是处在动态变化过程中的,去年与今年的幸福感水平有可能相似也有可能差异很大。这是因为人们每时每刻都在经历着新的事件,产生相应的情绪体验。如上所述,抉择效用决定了个体在未来的行为模式。一项用猴子进行的动物实验(Matsumoto, Matsumoto, Abe, & Tanaka, 2007)验证了内侧前额叶在个体根据正负反馈对其行为结果进行总结从而调整其后续行为的过程中扮演了重要角色。另外,不少 fMRI 和单细胞记录研究都证实了内侧额叶皮层和扣带前回在个体根据反馈的情绪信息来调节后续行为这一认知控制和行为监控过程中发挥了关键性作用(van Schie, Mars, Coles, &

Bekkering, 2004; Brown & Braver, 2005; Mars et al., 2005; Williams, Bush, Rauch, Cosgrove, & Eskandar, 2004)。对于能够带来正性反馈从而促进了个体某阶段幸福感提升的行为很可能将会被重复,反之亦然。而行为模式的改变又会作用于个体日后的幸福感水平。简单来说,在个体幸福感动态变化的过程中,内侧前额叶、扣带回和背外侧前额叶是个体调控进而改变其幸福感水平的神经中枢。

抉择效用评价不仅反映了回忆效用评价的结果,而且对于未发生行为的“预期效用”也具有很大的预测力。预期效用指的是个体基于过去的经历,对未来采取某个行为会导致的幸福体验所进行的预测和估计。比如,我们对之前去过的某个旅游胜地做出风景卓越的评价,从而决定在下个假期故地重游,不仅说明对当时游玩之感的回忆效用评价颇好,而且也反映了我们对重游此地、再次度过一个美好假期的期望。神经经济学领域的学者大量关注的另一个 ERP 成分错误相关负波(error-related negativity, ERN),被认为是反映了人们预期发生的电生理指标。当某个行为的反馈结果好坏与预期不一致时,则会诱发 ERN。扣带回可能正是利用这些预期错误来改善接下来的行为举措从而达到提高幸福体验的目标(Botvinick, Cohen, & Carter, 2004; Kerns et al., 2004)。一系列单细胞记录研究已经验证了实际结果与预期差别越大,显示预期错误的信号——位于中脑的多巴胺神经元放电就越大(Fiorillo, Tobler, & Schultz, 2003)。导致负性情绪体验的错误预期会促使位于中脑的多巴胺系统向前扣带回发送需要调整未来行为的神经信号,从而实现对接下来决策行为的影响(Holroyd & Coles, 2002)。除了扣带回,Zanoli, Leijenhorst, Rombouts 和 Crone (2008)最近发现,内侧前额叶和背外侧前额叶都参与了加工反馈的情绪信息从而调整行为的过程,并且各自发挥了不同的作用:内侧前额叶和扣带回对于导致负性反馈的错误预期更为敏感;背外侧前额叶对于负性反馈的信息价值更为敏感。也就是说,当个体采取某一行动后没能实现其积极预期,内侧前额叶和扣带回会即时报误,发出需要调整行动的信号。而背外侧前额叶则能进一步确定这一没能实现积极预期的“失败”行动是否能预示下一步稳操胜算的行为策略。

预期效用是主观幸福感形成的一个重要成分。个体是否能对不同行为所导致的结果进行正确预期

决定了其未来的幸福感水平。如上所述,内侧前额叶、扣带回和背外侧前额叶具有纠错和提高预期准确率的功能。预期效用在主观幸福感形成过程中的影响作用远不止纠错和修正,这些积极或消极的期望还可以发挥巨大的安慰剂效用。许多临床数据都显示,大脑的神经通路和神经递质系统都会受到安慰剂效应的影响,诱发相应的生理变化。其中,位于喙部前扣带回、背外侧前额叶、眶额皮层、伏隔核、杏仁核等区域的阿片和多巴胺系统在安慰剂效用的发挥过程中起到了主要作用。比如,处在疼痛中的病人在服用被告知是止痛药但其实是没有任何特殊药效的药片后,伏隔核内的多巴胺感受器会被激活,患者也报告疼痛减少(Zubieta, & Stohler, 2009)。阿片和多巴胺系统的激活会使个体产生愉悦感,这也是为什么一个对未来充满希望之情的个体与一个对未来没有期望甚至绝望的个体相比,其主观幸福感水平要高的多。

3 主观幸福感影响因素的神经机制

自 20 世纪 50 年代幸福学的研究在西方兴起以来,关于整体主观幸福感的影响因素的研究一直是重中之重,并构建了相关的基本理论。现今,该领域的大部分学者认为这些影响因素包括内部和外部两类。外部因素中文化、经济状况、社会关系等起主要作用;内部因素则主要指人格特质以及与自我有关的概念(自尊、自我效能感、个人信念等)。其中,习惯化、个体差异和文化因素的影响作用巨大,并且在认知神经科学领域也已获得了相关证据的支持。

3.1 惯化的神经基础

良性和恶性事件会分别引起幸福感的提高和降低。但这种影响作用会随时间的推移而减弱,即产生习惯化,也称适应效应。适应理论最早由 Helson 在 1964 年提出。他指出,人们对重复出现的刺激反应会减少或减弱。Ed Diener 在此基础上进一步提出社会适应理论,认为个体对新异的生活事件最初反应强烈,但随着时间的推移这种反应会逐渐减弱。行为调查研究结果显示,丧偶等重大创伤事件会使个体的主观幸福感水平大幅度降低,但经过一段时间之后,其幸福感水平出现显著的回升(Kim-Prieto et al., 2005)。这种对重复刺激的习惯化效应已在脑成像研究中获得了验证。一系列考察情绪的相关研究都发现了杏仁核对重复的情绪性刺激会产生习惯化,表现为其激活程度的显著减弱。除了杏仁核之

外, Fischer 等(2003)在实验中发现呈现情绪性刺激和中性刺激时, 右侧海马以及两侧的颞中和颞下皮层也会产生这种适应效应。关于这些脑区所反映的适应是否属于同种性质还需要进一步的考察。大量 ERP 研究发现, 晚期成分 P300 与视听通道的定向反应密切相关(Wintink, Segalowitz, & Cudmore, 2001; Muller-Gass, Macdonald, Schröger, Sculthorpe, & Campbell, 2007)。新异刺激出现后的 300ms 左右会诱发 P3a 成分, 但是随着该刺激的重复出现, 该成分波幅会显著减小。这也就反映了定向反应的习惯化过程。总的来说, 脑成像研究中的激活脑区和脑电成分都初步验证了即时效用产生过程中一般适应效应的存在, 即从生理机制的角度为主观幸福感形成中“回归基线”的现象提供了解析。

3.2 个体差异的神经基础

现代人格心理学认为, 特质是个体所具有的神经特性, 具有支配个人行为的能力, 使得个人在变化的环境中给予一致的反应。利用脑成像技术考察人格特质对幸福感体验影响的研究一般是通过比较具有某种人格障碍的个体与正常个体的神经反应机制来实现的。不少相关研究都一致发现, 某种人格障碍群体在进行即时情绪反应、情绪回忆任务时与正常组都存在显著差异。Cavanagh 和 Geisler(2006)在比较具有抑郁倾向的学生和正常学生的一项 ERP 研究中发现, 抑郁个体即时评价快乐信息的认知功能受损, 主要表现为其 P3 成分的潜伏期和波幅有异于正常个体。与之相对应, Dietrich 等(2000)在以提取情绪信息为任务的实验中发现了抑郁患者在提取负性信息时存在优势。这些研究结果都体现了个体差异对幸福感形成过程的正面或负面影响。总的来说, 不同人格特质的个体在接受相同的刺激信息比如半杯水时, 他们的生理反应机制是不同的, 也就是他们产生“还有一半或是只剩一半”这两种截然不同评价结果的根本原因所在。主观幸福感水平高与主观幸福感水平低的个体之间在神经活动上的详细差异还需进一步研究探索。这对于临床领域改善患有性格或精神障碍个体的幸福体验, 提高他们的生活质量是具有重大实践意义的。

3.3 文化差异的神经基础

大量的跨文化研究都证明, 文化对主观幸福感的影响作用是巨大的。该领域学者认为, 文化之所以对幸福感有如此大的影响是因为不同文化背景下的个体在人格特征、社会取向、价值判断、目标追

求、情绪体验等方面都存在很大差异。Hot, Saito, Mandai, Kobayashi 和 Sequeira(2006)采用 ERP 技术, 为进一步探索文化的影响提供了神经心理学上的证据。其 ERP 数据结果揭示了处于两种不同文化背景中的个体在对同样的刺激进行情绪评价时, 两组被试早期阶段的神经活动没有显著差异, 但是在后期阶段会产生分离。另外, Moriguchi 等(2005)在一项有关面孔的跨文化研究中, 挑选 Ekman 图片库中的图片作为刺激呈现给来自日本和欧洲的被试, 结果令人惊讶: 欧洲被试在对刺激进行反应时, 激活了扣带回后部和杏仁核; 日本被试却表现出额下回和脑岛的显著活动。在黄宇霞和罗跃嘉(2004)的研究中, 他们用中国人对国际情绪图片系统的评价与美国人相比较, 二者既有相关性, 也有显著的组间差异性, 也为文化差异提供了有价值的信息。以上研究结果表明, 不同文化氛围中的个体对同一刺激做即时情绪评价时, 不论在电生理还是脑成像数据上都存在差异。文化因素对主观幸福感的影响方式十分广泛, 通过作用于人们评价系统的各个方面来实现。它的这种高渗透性也为其考察研究带来了困难。不同文化比如东西方文化中个体的在生理机制上的哪些不同是导致其幸福感差异的起源将是跨文化研究学者所需关注和解决的重要课题。

4 结语

在过去几十年间, 主观幸福感在心理机制方面的研究获得了大量的证据。但这些结论需要与其生理机制结合起来分析才能真正实现对主观幸福感形成过程的全面认识。Kahneman 等人提出的评价系统为这一形成过程的研究奠定了理论基础。在这四个效用方面, 认知神经科学家已经获得了重要发现, 并对心理机制的一些相关假设进行了相应的考证和支持。对主观幸福感的影响因素方面的考察也取得了一些有价值的成果。然而, 现今对幸福感脑机制的探索仍然处在浅显阶段, 存在很多亟待解决的重要问题。例如, 在幸福感形成过程中, 评价系统中的四个效用具体是如何互相影响, 从而产生最终的整体幸福感? 究竟哪些因素对幸福感的变化起着关键性作用? 这些不同因素作用过程中大脑又是如何运作的? 近年来, 认知神经科学、生物科学、计算机科学等领域都不断获得突破性进展, 将这些领域的新发现、新技术结合起来, 进一步探索主观幸福感的生理和心理机制的整合模型, 势必为未来幸福学领域的研究注入新的活力。

参考文献

- 黄宇霞, 罗跃嘉. (2004). 国际情绪图片系统在中国的试用研究. *中国心理卫生杂志*, 18(9), 631-634.
- Barros, D. M., Izquierdo, L. A., Medina, J. H., & Izquierdo, I. (2003). Pharmacological findings contribute to the understanding of the main physiological mechanisms of memory retrieval. *Curr Drug Targets CNS Neurol Disord*, 2(2), 81-94.
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Science*, 8, 539-546.
- Breiter, H. C., Etcoff, N. L., Whalen, P. J., Kennedy, W. A., Rauch, S. L., Buckner, R. L., et al. (1996). Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron*, 17, 875-887.
- Brown, J. W., & Braver, T. S. (2005). Learned predictions of error likelihood in the anterior cingulate cortex. *Science*, 307, 1118-1121.
- Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. G. (2000). *Handbook of Psychophysiology*. Elsevier Science.
- Cabeza, R., & St Jacques, P. (2007). Functional neuroimaging of autobiographical memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 219-227.
- Cavanagh, J., & Geisler, W. M. (2006). Mood effects on the ERP processing of emotional intensity in faces: A P3 investigation with depressed students. *International Journal of Psychophysiology*, 60, 27-33.
- Cunningham, W. A., Van Bavel, J. J., & Johnsen, I. R. (2008). Affective Flexibility: evaluative processing goals shape amygdala activity. *Psychological Science*, 19, 152-160.
- Dietrich, D. E., Emrich, H. M., Waller, C., Wieringa, B. M., Johannes, S., & Munte, T. F. (2000). Emotion cognition-coupling in word recognition memory of depressive patients: an event-related potential study. *Psychiatry Research*, 96, 15-29.
- Fiorillo, C. D., Tobler, P. N., & Schultz, W. (2003). Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science*, 299, 1898-1902.
- Fischer, H., Wright, C. I., Whalen, P. J., McInerney, S. C., Shin, L. M., & Rauch, S. L. (2003). Brain habituation during repeated exposure to fearful and neutral faces: A functional MRI study. *Brain Research Bulletin*, 59, 387-392.
- Greenberg, D. L., & Rubin, D. C. (2003). The neuropsychology of autobiographical memory. *Cortex*, 39, 687-728.
- Hamann, S. B., Ely, T. D., Hoffman, J. M., & Kilts, C. D. (2002). Ecstasy and agony: Activation of the human amygdala in positive and negative emotion. *Psychological Science*, 13, 135-141.
- Hoebel, B. G., Avena, N. M., & Rada, P. (2007). Accumbens dopamine-acetylcholine balance in approach and avoidance. *Current Opinion in Pharmacology*, 7, 61-627.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109, 679-709.
- Hot, P., Saito, Y., Mandai, O., Kobayashi, T., & Sequeira, H. (2006). An ERP investigation of emotional processing in European and Japanese individuals. 2006, *Brain Research*, 3, 171-178.
- Isenberg, N., Silbersweig, D., Engelen, A., Emmerich, S., Malavade, K., Beattie, B., et al. (1999). Linguistic threat activates the human amygdala. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 96, 10456-10459.
- Ito, T. A., Larsen, J. T., Smith, N. K., & Cacioppo, J. T. (1998). Negative information weighs more heavily on the brain: The negativity bias in evaluative categorizations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 887-900.
- Kahneman, D., Wakker, P. P., & Sarin, R. (1997). Back to Bentham? Explorations of experience utility. *Quarterly Journal of Economics*, 112, 375-405.
- Kelley, W. M., Macrae, C. N., Wyland, C. L., Caglar, S., Inati, S., & Heatherton, T. F. (2002). Finding the self? An event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 785-794.
- Kerns, J. G., Cohen, J. D., MacDonald, A. W., 3rd, Cho, R. Y., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2004). Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303, 1023-1026.
- Kim-Prieto, C., Diener, E., Tamir, M., Scollon, C. & Diener, M. (2005). Integrating the diverse definitions of happiness: a time-sequential framework of subjective well-being. *Journal of Happiness Studies*, 6, 261-300.
- Korz, V., & Frey, J. U. (2007). Hormonal and monoamine signaling during reinforcement of hippocampal long-term potentiation and memory retrieval. *Learning & Memory*, 14, 160-166.
- LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2006). Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 54-64.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155-184.
- Mars, R. B., Coles, M. G., Grol, M. J., Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Hulstijn, W., et al. (2005). Neural dynamics of error processing in medial frontal cortex. *NeuroImage*, 28, 1007-1013.
- Matsumoto, M., Matsumoto, K., Abe, H., & Tanaka, K. (2007). Medial prefrontal cell activity signaling prediction errors of action values. *Nature Neuroscience*, 10, 647-656.
- Moriguchi, Y., Ohnishi, T., Kawachi, T., Mori, T., Hirakata, M., Yamada, M., et al. (2005). Specific brain activation in Japanese

- and Caucasian people to fearful faces. *Neuroreport*, 16, 133–136.
- Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I., Rowland, D., Young, A. W., Calder, A. J., et al. (1996). A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 383, 812–815.
- Muller-Gass, A., Macdonald, M., Schroger, E., Sculthorpe, L., & Campbell, K. (2007). Evidence for the auditory P3a reflecting an automatic process: Elicitation during highly-focused continuous visual attention. *Brain Research*, 71–78.
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: architectonic and functional organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 360, 781–795.
- Rekkas, P. V., & Constable, R. T. (2005). Evidence that autobiographic memory retrieval does not become independent of the hippocampus: an fMRI study contrasting very recent with remote events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1950–1961.
- Roozendaal, B., Hahn, E. L., Nathan, S. V., de Quervain, D. J., & McGaugh, J. L. (2004). Glucocorticoid Effects on Memory Retrieval Require Concurrent Noradrenergic Activity in the Hippocampus and Basolateral Amygdala. *The Journal of Neuroscience*, 24, 8161–8169.
- Svoboda, E., McKinnon, M. C., & Levine, B. (2006). The functional neuroanatomy of autobiographical memory: a meta-analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2189–2208.
- van Schie, H. T., Mars, R. B., Coles, M. G., & Bekkering, H. (2004). Modulation of activity in medial frontal and motor cortices during error observation. *Nature Neuroscience*, 7, 549–554.
- Williams, Z. M., Bush, G., Rauch, S. L., Cosgrove, G. R., & Eskandar, E. N. (2004). Human anterior cingulate neurons and the integration of monetary reward with motor responses. *Nature Neuroscience*, 7, 1370–1375.
- Wintink, A. J., Segalowitz, S. J., & Cudmore, L. J. (2001). Task Complexity and Habituation Effects on Frontal P300 Topography. *Brain and Cognition*, 46, 307–311.
- Zahn, R., Moll, J., Krueger, F., Huey, E. D., Garrido, G., & Grafman, J. (2007). Social concepts are represented in the superior anterior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 104, 6430–6435.
- Zanolie, K., Van Leijenhorst, L., Rombouts, S. A., & Crone, E. A. (2008). Separable neural mechanisms contribute to feedback processing in a rule-learning task. *Neuropsychologia*, 46, 117–126.

Neural Mechanism of Subjective Well-being

GU Yuan-Yuan¹; LUO Yue-Jia^{1,2}

(¹State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

(²Key laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Well-being has been an everlasting theme of the human lives. Kahneman and his colleagues proposed the he Appraisal System, which provided the framework for studying subjective well-being (SWB). Relevant researches and significant findings in the neural basis for SWB in the past decade were reviewed in details, which covered four aspects (instantaneous utility, remembered utility, decision & predicted utility) of the Appraisal System and internal & external factors for global SWB.

Key words: SWB; neural mechanism; appraisal system