

唤醒度对情绪加工影响的相关研究进展

李达枢¹⁾ 陈湛愔^{2)△}

1) 广东医科大学, 广东 湛江 524002 2) 湛江中心人民医院, 广东 湛江 524033

【摘要】 情绪的维度理论认为, 情绪效价和唤醒度是影响情绪加工的直接维度。一直以来, 情绪加工的研究多集中在情绪效价上, 往往忽视了唤醒度的重要性。但研究者逐渐发现唤醒度在情绪加工中起着重要的作用, 甚至可能比情绪效价的影响程度更大。目前, 部分研究结果分析了唤醒度在事件相关电位的作用, 并探讨了唤醒度的情绪加工脑机制, 但很多研究得出不一致的结论。而唤醒度与情绪记忆的增强效应关系确切, 高唤醒度的刺激比低唤醒度的刺激记忆效果更好。也有研究揭示了唤醒度与动机之间关系密切, 但现有的研究较少, 还很难有一个确切的说法。

【关键词】 唤醒度; 情绪效价; 情绪加工; 事件相关电位; 脑机制

【中图分类号】 R741.02 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110(2018)20-2308-07

The research progress: The effect of arousal on emotional processing

LI Dashu¹⁾, CHEN Zhanyin²⁾

1) Guangdong Medical University, Zhanjiang 524002, China; 2) Central People's Hospital of Zhanjiang, Zhanjiang 524033, China

【Abstract】 According to the dimension theory of emotion, valence and arousal are the direct dimensions that affect emotional processing. For a long time, the research on emotional processing has been focused on valence, and the importance of arousal is often neglected. But researchers are gradually discovering that arousal plays an important role in emotional processing, even more than valence. At present, some studies have analyzed the effect of arousal on event-related potential, and explored the emotional processing brain mechanism of arousal, but many studies have inconsistent conclusions. The relationship between arousal and emotion-enhanced memory is accurate, and the effect of high arousal is better than that of low arousal. Other studies have revealed a close relationship between arousal and motivation, but there are few existing studies and it is hard to say for sure.

【Key words】 Arousal; Valence; Emotional processing; Event-related potential; Brain

情绪是指人脑对客观现实或事物是否满足自身需要的一种主观体验, 是心理和生理多水平整合的产物。长期以来, 人们对于情绪的定义和理论一直争论不休。争议最多的主要集中在以 EKMAN^[1]、IZARD^[2] 及 LEVENSON^[3] 为代表的基本情绪理论 (basic emotions theory) 以及 OSGOOD 和 GEORGE 等^[4] 为代表的情绪的维度理论 (dimensional model of emotion)。迄今为止, 情绪的维度理论已经占据主导地位, 被越来越多的研究者所认可, 指引着许多的实验研究进行情绪加工的探索。

情绪的维度理论认为, 情绪效价和唤醒度是影响情绪加工的直接维度, 且两个维度之间并不完全独

立, 存在着相互作用。情绪效价维度在愉悦 (积极) 与非愉悦 (消极) 之间变化; 唤醒维度则在平静与兴奋之间变化。对于情绪加工的影响, 研究者以往只倾向于关注情绪效价的作用, 而忽视了另一个重要的维度: 唤醒度。而现在, 研究者逐渐发现唤醒度在情绪加工中起着重要的作用。而情绪词汇加工是一系列超出情绪信息情绪效价之外的更广泛的信息加工过程, 包括情绪性词汇信息的唤醒度的深加工过程^[5-6]。

本文归纳和分析了近年来有关唤醒度的相关研究, 从各方面阐述唤醒度对情绪加工的影响。

1 情绪效价维度和唤醒度理论

1.1 情绪效价维度 情绪效价 (valence) 的理论基础是正负性情绪的分离激活, 指积极和消极两种情绪状态。具体来说, 愉快、满意、赏心悦目、充满希望等代表积极情绪; 伤心、厌恶、恐惧、愤怒、沮丧等代表消极

基金项目: 广东省科技厅社会发展基金 (编号: 2011B031800397)

作者简介: 李达枢, Email: 1002285866@qq.com

△通信作者: 陈湛愔, Email: chenzhanyin@126.com

情绪。效价作为情绪维度中的一个重要维度,被广泛应用于情绪的研究中。而传统情绪效价理论的大脑情绪加工机制的解释有两种,分别是右半球优势理论(right hemisphere advantage theory)和情绪效价特异性理论(emotional valence specificity theory)。右半球优势理论^[7]认为,右脑在情绪加工过程中起着至关重要的作用,无论是积极情绪信息还是消极情绪信息,都将在右脑获得加工。效价特异性理论^[8]认为,大脑的左右半球对不同效价的情绪信息加工存在不同的分工。右半球主要负责消极情绪的加工,而左半球主要负责积极情绪信息的加工。虽然这两种理论都获得了相关实验的支持,但不能完整地解释情绪刺激加工的大脑机制。而关于情绪词汇加工的研究表明,积极和消极情绪加工涉及共同的和相对特异的神经机制,如陈湛愔等^[9]应用不同情绪效价的情绪词汇图片对 31 位健康志愿者进行情绪脑电诱发电位的测试,结果表明正负性情绪词汇的加工不仅是双侧半球的广泛激活,而且是一个自顶而下加工与自底向上加工的整合过程。

1.2 唤醒度理论 一直以来,研究者对情绪效价的关注度较高,对唤醒度的研究很少,甚至会认为其是同一个维度,但实际上还有较大区别。情绪效价是描述情感偏离中性的术语,而唤醒度(arousal)意指兴奋到冷静的醒觉水平,具体如紧张、清醒等高唤醒度水平和睡眠、放松等低唤醒度水平。如“打劫”一词,虽然属于负性词汇,但并非属于低醒度词汇,而是属于高唤醒度词汇。RUSELL 等^[10-11]把唤醒度和情绪效价的关系简单化为一个圆形的数组,纵坐标代表从高到低的觉醒水平,横坐标代表从愉快到不愉快的变化,每一个情绪刺激都可以是两种维度的组合。且神经电生理学研究表明,唤醒度和情绪效价在某些特定成分上有不同的意义;在各种影像学研究里也可发现唤醒度和情绪效价有不一样的神经通路。

1.3 唤醒度和情绪效价共同影响情绪加工 部分研究者提出唤醒度和情绪效价共同影响情绪加工,甚至在情绪加工的某些阶段,唤醒度的作用更大。SINGH 等^[12]在研究情绪诱导目标缺失的实验中表明,积极和消极图片均能使目标图片受到检测缺失;当控制好情绪效价这一维度时发现,高唤醒的刺激得到更大的目标缺失。SUTHERLAND 等^[13]在视觉感知的实验中报道,唤醒度是增强显著性目标视觉感知的关键因素,而情绪效价只是影响因素。JHEAN-LAROSE 等^[14]在情绪的启动效应研究中发现,高唤

醒的积极词和消极词都出现了情绪启动效应,并且唤醒度和情绪效价共同干预着情绪加工。情绪对来源记忆的影响认为,情绪对记忆的影响是因为效价的作用,而唤醒度则被认为决定着资源分配。其中 ARGEMBEAU 等^[15-16]在来源记忆的研究显示,唤醒度是提高空间和时间记忆的关键因素,而情绪效价对其也有一定的影响。由上述不同研究可以得出,近年来有较多研究者重视了唤醒度这一维度,且有实验结果支持唤醒度能在情绪加工中起着不可磨灭的作用。

2 唤醒度的 ERP 研究

综合情绪加工的事件相关电位(event-related potentials, ERPs)研究发现,情绪材料会比中性材料分配到更多的注意力,对早期和晚期的 ERPs 成分振幅产生影响。可是,效价和唤醒度似乎影响着不同时期 ERPs 成分。一般认为,效价主要对情绪加工的早期和中期的脑电成分产生影响,而唤醒度主要在晚期起主要作用^[17-19]。在 PAULMANN 等^[20]一项研究中,被试者们听了 6 种不同情绪的假句子(没有词汇内容的句子),或者用一种中性的声音来评价说话者的兴奋程度或他们自己的兴奋程度。结果证实,不同的情绪声调可以首先在 P200 成分中区分,这反映了刺激的第一个情绪编码可能包括一个效价标记过程。在这个时间窗口中也发现了一种轻微的唤醒效应,高激发的刺激会引起比低激发刺激更强的 P200。随后,在 400~750 ms 之间持续产生了正向的 ERP。在这一晚的时间窗口中发现了情绪觉醒水平的影响。在任何时间窗口中都未观察到任务的影响。该研究表明,在早期处理和后期处理阶段,情绪相关细节被有力地解码,并且情绪效价对早期处理阶段有影响,而唤醒信息只在后期处理中被可靠地加以考虑。因此研究者认为,效价对 ERPs 成分的影响似乎与快速的选择性注意相关,而唤醒度反映了对注意资源的分配调节作用,以及不同唤醒度的情绪信息对脑机制的激活作用^[21]。同样的,ROZENKRANTS 等^[22-23]发现,高唤醒的图片刺激比低唤醒度能产生更大振幅的 P2、N2、P3、晚期慢波成分。其中比较明确的是,唤醒度与晚正复合体(late positive complex, LPC)之间有密切关系:LPC 的振幅会随着唤醒度的变化而变化,高唤醒度的情绪刺激会得到更大的 LPC 成分。而 LPC 的潜伏期代表了大脑对外部刺激进行分类、编码、识别的速度,波幅反映大脑信息加工时有效资源动员的程度,这与上述观点是一致的。但

HOFMANN 等^[24-25]在对用情绪图片或者情绪词汇作为材料得出的脑电成分进行分析时,得出不一样的结论:情绪唤醒刺激与中性刺激相比,在约 120ms 处产生更明显的负性波,这表明唤醒度可能对情绪加工的早期有影响。还有 STYLIADIS 等^[26]在使用脑磁图技术记录 12 个健康者观看情感图片的磁场,结果发现,唤醒度的作用是持续性的,在早期(160ms)时就可被识别,而后能维持到 980 ms,相反,效价未能单独起作用,与唤醒度的交互只在晚期较短时间内进行(420~530 ms 和 570~640 ms)。

3 唤醒度的脑机制

随着脑成像技术的快速发展,功能神经影像学研究的数量越来越多。近年来,功能神经影像学开始致力于研究唤醒度和情绪效价对大脑神经激活的贡献。目前,这项工作主要集中在一些重要大脑区域,包括前额叶皮质、扣带回、丘脑、杏仁核、海马等,其中杏仁核和前额叶皮质尤为重要。有的研究表明杏仁核(amygdala)负责加工情绪唤醒度,前额叶皮质(prefrontal cortex)负责加工情绪效价^[27-28]。

3.1 唤醒度与杏仁核 一直以来杏仁核都被认为与情绪相关,相比于幸福、伤心、厌恶、生气等情绪,恐惧情绪引起杏仁核的激活水平更强^[29-31]。这些结果最初的理解是作为杏仁核参与恐惧情绪信息加工的证据,然而后续的研究还证明了杏仁核可以对其他负性的情绪刺激做出反应,如伤心和厌恶等情绪^[32]。甚至在一定程度上地参与了积极情绪的处理过程,例如,在使用奖励学习的研究中^[33]、在情绪记忆编码中^[34]、对面部知觉的研究中^[35]等。这表明杏仁核对情绪刺激存在激活,无论情绪刺激的正负性,因此情绪效价对杏仁核的激活作用的特异性并没有想象中的高。与其他类型的情绪刺激相比,恐惧刺激具有更高的唤醒水平,这可以将杏仁核的激活和唤醒度联系在一起。对脑损伤的研究发现,与正常人相比,双侧杏仁核损伤的患者对情绪唤醒刺激的记忆有一定程度的损害,而并不损害对中性刺激的记忆^[36]。在一项功能磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)的研究中, KENGINER 和 SCHACTER^[37]考察了 21 名正常参与者对中性、正性、负性(唤醒度水平进行了匹配)图片和文字的大脑激活程度,结果发现高唤醒水平的图片和文字能引起杏仁核的显著激活,无论情绪刺激的正负性。这表明唤醒度水平和杏仁核之间存在关系,并且与情绪效价的关系

可能不大。事实上,大多数 fMRI 的研究发现,杏仁核能被情绪刺激所激活,且激活程度与唤醒度水平相关,不管它们是愉快的还是不愉快的,表明杏仁核是情绪唤醒度脑机制的一部分^[35,38-41]。

3.2 唤醒度与前额叶皮质 有证据表明,不仅是杏仁核对唤醒度有反应,而且前额叶皮质也对唤醒度有反应。NIELEN 等^[42]在研究唤醒度的脑机制中发现,高唤醒度的图片能显著激活中颞区、海马、前额叶皮质腹侧区的大脑区域。DOLCOS 等^[43]的研究表明,前额叶皮质背侧区对唤醒度敏感。SHIBA 等^[44]等对猕猴在暴露恐惧高唤醒或环境下进行 fMRI 的扫描发现了前额叶-岛叶-杏仁核通路。由于前额叶的功能比较复杂,涉及广泛的认知行为功能,一些研究者简单地将其分为腹侧前额叶和背侧前额叶。尽管只有两个分区,但目前的研究对唤醒度和前额叶的解剖关系仍然很难有一个比较统一的结论。

4 唤醒度与情绪记忆的增强效应

4.1 情绪记忆的增强效应 情绪刺激或事件比中性刺激或事件更容易被记住,而且对情绪刺激或事件的记忆能持续很长时间。在近几十年的时间里,研究者们使用了各种各样的刺激、任务或者措施去证实,并提出该现象为“情绪记忆的增强效应(emotion-enhanced memory, EEM)”。这一现象对临床医学和各种心理学均有重要的意义。有人提出这可能是由内部大脑记忆具有可塑性决定的,当大脑系统受到情绪刺激时,更容易重塑新的神经通路,从而提高这些刺激的编码效率^[45],并且有研究表明在编码过程中,杏仁核-海马体的相互作用可以解释 EEM 现象^[34]。也有人提出这可能是由于人们会反复思考这些情感性的材料,并通过激素调节,从而增强了情绪记忆^[46-49]。总的来说,无论是基于哪种机制,最终均是考虑为人们把有限的大脑资源更多或者优先分配给情绪刺激。根据情绪的维度理论,引发了研究者对 EEM 效应影响因素的探索。

4.2 情绪记忆的增强效应与情绪刺激 常识告诉我们,充满情感的图片、文字、语言等通常会产生比较强烈的情感反应,并且会有一定程度地加强回忆。于是从 20 世纪开始,越来越多的实验研究发现,无论是正性还是负性的情绪刺激,也无论是情绪图片、情绪文字、情绪场景等,都能找出情绪内容能增强记忆这一现象。HARRIS 和 PASHLER 等^[50]向被试者展示情绪图片和中性图片(每张图片中有两个数字),并

使用注意力转移的测试方法,在实验前告诉被试者实验重点是忽略视觉刺激,对数字的奇偶配对进行判断,最后让被试者要进行回忆测试。结果发现,情绪图片比中性图片回忆描述得更好。同样地,TALMI 等^[51-52]研究发现,负性刺激比其他刺激对记忆的增强效应更好。以上研究表明,充满情感的刺激对记忆有增强效应,也就是说,不同的情绪效价可以作为 EEM 效应的影响因素,并且负性刺激的增强效应可能更为显著。

4.3 唤醒度增强情绪记忆 如上文所说,研究发现情绪刺激的情绪效价是产生 EEM 效应的一个重要影响因素,那么 EEM 效应是否也会受到唤醒度的影响?BRADLEY 等^[53]向被试者展示中性场景、积极场景(如草莓派、冬日滑雪)和消极场景(如残缺不全的脸),被试者 1 a 后要进行两个回忆测试,分别在浏览完全部场景后和 1 a 后进行。结果发现,令人愉快的和令人不愉快的幻灯片场景比中性的场景回忆描述得更好,但这一结果并不稳定。一般来说,相同效价强度的情绪刺激也会有不一样的情绪唤醒度,唤醒度是否影响了实验结果的稳定性?随后,BRADLEY 等进行另一项的加速测试实验,实验要求被试者观看不同唤醒度场景及中性场景,并为场景进行唤醒度和效价的评分,观看后 15 min 立即进行加速的回忆任务,并且得到一个稳定的结果:高唤醒场景的记忆效果明显优于低唤醒场景的记忆效果。该研究表明,唤醒度对 EEM 效应的影响大于情绪效价。为了支持这一结果,后续有研究发现无论积极还是消极的刺激,高唤醒度的情绪刺激比低唤醒度的情绪刺激的记忆效果更好^[54-56]。但也有相关研究表明,低唤醒度的消极和积极情绪刺激,其记忆效果依旧优于中性刺激^[57-59]。综合以上实验结果,可以发现唤醒度和情绪效价都是 EEM 效应的影响因素,并且唤醒度可能扮演着更为重要的角色,即情绪记忆主要依赖于情绪刺激的唤醒度水平。有研究者提出高觉醒水平的状态下,增加了大脑资源的分配,这可能是产生 EEM 效应的基础。于是 CARR 等^[60]发现在对 37 名正常被试者进行图片回忆测试,并在测试前分别听两首自我喜欢的音乐或两首其他人评选的中性音乐,以及 5 min 的广播。结果发现,听完自我喜欢的音乐后能引起更大的主观和生理的变化,这种变化可能增加了受试者的唤醒水平,从而使回忆测试的评分更高,并且能回忆起图片的更多细节。

5 唤醒度与情绪的动机维度模型

5.1 情绪的动机维度模型 在情绪理论中,情绪与动机(motivation)的关系一直都不缺乏讨论。BRADLEY 等^[61]认为,情绪的表现形式上来源于食欲动机系统(appetitive motivational system)和防御动机系统(defensive motivational system)的不同激活。随后,BRADLEY 与 LANG^[62]提出积极情绪与食欲动机系统相关,在满足或者幸福的状态下,人类表现为交配、养育或趋近等;消极情绪与防御动机系统相关,在威胁的环境下,人类表现为战斗、抵抗或逃跑等。基于上述研究,GABLE 和 HARMONE-JONES^[63]共同提出了情绪的动机维度模型,该模型认为,情绪趋近动机强度的调节会影响认知加工,即高动机强度的情绪会窄化认知加工,而低动机强度的情绪则会扩展认知加工。

5.2 唤醒度与动机的关系 动机有方向性和强度两种特性。动机的方向指趋近或回避防御的驱力,通常被认为与情绪效价相关。动机的强度有高低之分,一般被看作与情绪的唤醒度密切相关。BRADLEY 和 LANG^[62]在高强度和低强度的动机刺激研究中发现,不同的唤醒度就代表着不同的动机水平,如高动机强度的刺激一般会诱发出高唤醒水平,唤起了强烈的唤醒水平。相反,当低强度的动机刺激时,有时参与者被诱发出低唤醒水平,有时相当于中等唤醒水平。根据近来的研究发现,唤醒度和动机属于不同的维度,动机总是含有动作的意义,FREDRICKSON 等^[64]指出,对于“搞笑”,这种状态可以高唤醒水平的,甚至是更高唤醒水平的,但因为其行动意愿不强,我们均认为其都是处于一种比较低的动机强度水平。RIEMER 等^[65]也指出,不一样的动机强度可以影响唤醒度对决策的作用,在实验中得出高强度动机的环境下,被试者会有一种无法控制的轻松去进行判断,从而忽视了唤醒度的影响。以上结果说明,唤醒度与动机是两个不同的情绪维度,但它们之间关系密切,现有的研究较少,还很难有一个确切的说法。葡萄牙学者 LEITE 等^[66]使用含有惊吓刺激的图片进行 ERP 实验的研究指出,平衡情绪效价后,在高唤醒的情绪图片的刺激下,动机的注意力会增加分配,这可能与高觉醒水平会提高注意力有关。

6 总结与展望

情绪加工受到唤醒度的影响,并且在一定的条件下,唤醒度比情绪效价的影响程度更大。事件相关电

位的研究表明,唤醒度主要在情绪加工的晚期起主要作用,代表成分为晚正复合体,波形的振幅与唤醒水平相关,有些研究结果还提出了唤醒度效应可能持续贯穿于从潜伏期到情绪加工结束的整个过程。影像学研究表明高唤醒的刺激可以显著激活杏仁核,而前额叶的激活未能有一个统一的结果,并且与杏仁核相联系的脑区(如颞叶、海马、扣带回等)也可出现信号强度增强。虽然有研究者提出了一些模糊的唤醒度神经通路,但唤醒度的情绪加工通路仍有待进一步完善。相比于情绪效价,唤醒度对情绪记忆的增强效应是确切的,但目前研究仍要解决唤醒度究竟是如何增强情绪记忆这一重大问题。有学者提出情绪认知加工的主要影响因素既不是情绪效价,也不是唤醒度,而是情绪动机的强度,所以在未来的研究应更多地将动机维度整合到对情绪的研究中,在情绪刺激的认知加工中要考虑情绪的动机强度,唤醒度对情绪加工有多大程度的影响,可能会受到情绪刺激类型、实验范式、种族、年龄、性别等干扰,从而引起加工过程的差异,这需要大量的研究结果的支持,但相对于情绪效价,关于研究唤醒度这一领域的文章仍不足。

7 参考文献

- [1] EKMAN P, CORDARO D. What is meant by calling emotions basic[J]. *Emot Rev*, 2011, 3(4): 364-370.
- [2] IZARD C E. Emotion theory and research: highlights, unanswered questions, and emerging issues [J]. *Annu Rev Psychol*, 2009, 60(60): 1-25.
- [3] LEVENSON R W. Basic emotion questions [J]. *Emot Rev*, 2011, 3(4): 379-386.
- [4] OSGOOD C E, SUCI G J, TANNENBAUM P H, et al. The measurement of meaning [M]. Urbana IL: University of Illinois Press, 1957, 342.
- [5] EDER A B, LEUTHOLD H, ROTHERMUND K, et al. Automatic response activation in sequential affective priming: an ERP study [J]. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2012, 7(4): 436-445.
- [6] CITRON F M M. Neural correlates of written emotion word processing: A review of recent electrophysiological and hemodynamic neuroimaging studies [J]. *Brain Lang*, 2012, 122(3): 211-225.
- [7] WALLEZ C, VAUCLAIR J. Right hemisphere dominance for emotion processing in baboons [J]. *Brain Cogn*, 2011, 75(2): 164-169.
- [8] LEE G P, MEADOR K J, LORING D W, et al. Neural substrates of emotion as revealed by functional magnetic resonance imaging [J]. *Cog Behav Neurol*, 2004, 17(1): 10-17.
- [9] 陈湛情, 高俊杰, 张光妍, 等. 情绪词汇认知加工诱发电位时空模式的脑功能研究 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2016, 19(15): 1-4.
- [10] RUSSELL J A. A circumplex model of affect [J]. *J Pers Soc Psychol*, 1980, 39(6): 1 161-1 178.
- [11] LANG P J. The emotion probe [J]. *Am Psychol*, 1995, 50(5): 372-385.
- [12] SINGH D, SUNNY M M. Emotion induced blindness is more sensitive to changes in arousal as compared to valence of the emotional distractor [J]. *Front Psychol*, 2017, 8: 1 381.
- [13] SUTHERLAND M R, MATHER M. Arousal (but not valence) amplifies the impact of salience [J]. *Cogn Emot*, 2017, 32(3): 616-622.
- [14] JHEAN-LAROSE S, LEVEAU N, DENHIERE G. Influence of emotional valence and arousal on the spread of activation in memory [J]. *Cogn Process*, 2014, 15(4): 515-522.
- [15] D'ARSEMBEAU A, Van der LINDEN M. Influence of affective meaning on memory for contextual information [J]. *Emotion*, 2004, 4(2): 173-188.
- [16] SCHMIDT K, PATNAIK P, KENSINGER E A. Emotion's influence on memory for spatial and temporal context [J]. *Cogn Emot*, 2011, 25(2): 229-243.
- [17] CODISPOTI M, FERRARI V, BRADLEY M M. Repetition and event-related potentials: Distinguishing early and late processes in affective picture perception [J]. *J Cognitive Neurosci*, 2007, 19(4): 577-586.
- [18] GIANOTTI L R, FABER P L, SCHULER M, et al. First valence, then arousal: the temporal dynamics of brain electric activity evoked by emotional stimuli [J]. *Brain Topogr*, 2008, 20(3): 143-156.
- [19] YAO Z, YU D, WANG L, et al. Effects of valence and arousal on emotional word processing are modulated by concreteness: Behavioral and ERP evidence from a lexical decision task [J]. *Int J Psychophysiol*, 2016, 110: 231-242.
- [20] PAULMANN S, BLEICHNER M, KOTZ S A. Valence, arousal, and task effects in emotional prosody processing [J]. *Front Psychol*, 2013, 4: 345.
- [21] OLOFSSON J K, NORDIN S, SEQUEIRA H, et al. Affective picture processing: An integrative review of ERP findings [J]. *Biol Psychol*, 2008, 77(3): 247-265.
- [22] ROZENKRANTS B, OLOFSSON J K, POLICH J. Affective visual event-related potentials: Arousal, valence, and repetition effects for normal and distorted pictures [J]. *Int J Psychophysiol*, 2008, 67(2): 114-123.

- [23] CHUN F, LI W, NAI W, et al. The time course of implicit processing of erotic pictures: An event-related potential study[J]. *Brain Res*, 2012, 1489: 48-55.
- [24] HOFMANN M J, KUCHINKE L, TAMM S, et al. Affective processing within 1/10th of a second: High arousal is necessary for early facilitative processing of negative but not positive words[J]. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2009, 9(4): 389-397.
- [25] SCHUPP H T, JUNGHOFFER M, WEIKE A I, et al. The selective processing of briefly presented affective pictures: An ERP analysis[J]. *Psychophysiology*, 2004, 41(3): 441-449.
- [26] STYLIADIS C, IOANNIDES A A, BAMIDIS P D, et al. Distinct cerebellar lobules process arousal, valence and their interaction in parallel following a temporal hierarchy[J]. *Neuroimage*, 2015, 110(1): 149-161.
- [27] ANDERSON A K, CHRISTOFF K, STAPPEN I, et al. Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction[J]. *Nat Neurosci*, 2003, 6(2): 196-202.
- [28] LEWIS P A, CRITCHLEY H D, ROTSHEIN P, et al. Neural correlates of processing valence and arousal in affective words[J]. *Cereb Cortex*, 2007, 17(3): 742-748.
- [29] LEDOUX J E. Emotion circuits in the brain[J]. *Ann Rev Neurosci*, 2000, 23: 155-184.
- [30] WHALEN P J, SHIN L M, MCINERNEY S C, et al. A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger[J]. *Emotion*, 2001, 1(1): 70-83.
- [31] STILLMAN P E, VAN BAVEL J J, CUNNINGHAM W A. Valence asymmetries in the human amygdala: Task relevance modulates amygdala responses to positive more than negative affective cues[J]. *J Cognitive Neurosci*, 2015, 27(4): 842-851.
- [32] STARK R, ZIMMERMANN M, KAGERER S, et al. Hemodynamic brain correlates of disgust and fear ratings[J]. *Neuroimage*, 2007, 37(2): 663-673.
- [33] JANAK P H, TYE K M. From circuits to behaviour in the amygdala[J]. *Nature*, 2015, 517(7534): 284-292.
- [34] DOLCOS F, LABAR K S, CABEZA R. Interaction between the amygdala and the medial temporal lobe memory system predicts better memory for emotional events[J]. *Neuron*, 2004, 42(5): 855-863.
- [35] SABATINELLI D, FORTUNE E F, LI Q, et al. Emotional perception: Meta-analyses of face and natural scene processing[J]. *Neuroimage*, 2011, 54(3): 2524-2533.
- [36] ADOLPHS R, CAHILL L, SCHUL R, et al. Impaired declarative memory for emotional material following bilateral amygdala damage in humans[J]. *Learn Mem*, 1997, 4(3): 291-300.
- [37] KENSINGER E A, SCHACTER D L. Processing emotional pictures and words: Effects of valence and arousal[J]. *Cogn Affect Behav Ne*, 2006, 6(2): 110-126.
- [38] GARAVAN H, PENDERGRASS J C, ROSS T J, et al. Amygdala response to both positively and negatively valenced stimuli[J]. *Neuroreport*, 2001, 12(12): 2779-2783.
- [39] HAMANN S, MAO H. Positive and negative emotional verbal stimuli elicit activity in the left amygdala[J]. *Neuroreport*, 2002, 13(1): 15-19.
- [40] BONNET L, COMTE A, TATU L, et al. The role of the amygdala in the perception of positive emotions: an "intensity detector" [J]. *Front Behav Neurosci*, 2015, 9: 178.
- [41] HRYBOUSKI S, AGHAMOHAMMADI-SERESHKI A, MADAN C R, et al. Amygdala subnuclei response and connectivity during emotional processing[J]. *Neuroimage*, 2016, 133: 98-110.
- [42] NIELEN M M A, HESLENFELD D J, HEINEN K, et al. Distinct brain systems underlie the processing of valence and arousal of affective pictures[J]. *Brain Cogn*, 2009, 71(3): 387-396.
- [43] DOLCOS F, LABAR K S, CABEZA R. Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: an event-related fMRI study[J]. *Neuroimage*, 2004, 23(1): 64-74.
- [44] SHIBA Y, OIKONOMIDIS L, SAWIAK S, et al. Converging prefronto - insula - amygdala pathways in negative emotion regulation in marmoset monkeys[J]. *Bio Psychiat*, 2017, 82(12): 895-903.
- [45] CONWAY M A, PLEYDELL-PEARCE C W. The construction of autobiographical memories in the self-memory system[J]. *Psychol Rev*, 2000, 107(2): 261-288.
- [46] MCGAUGH J L, ROOZENDAAL B. Role of adrenal stress hormones in forming lasting memories in the brain[J]. *Curr Opin Neurobiol*, 2002, 12(2): 205-210.
- [47] KUFFEL A, EIKELMANN S, TERFEHR K, et al. Noradrenergic blockade and memory in patients with major depression and healthy participants[J]. *Psychoneuroendocrino*, 2014, 40: 86-90.
- [48] MCGAUGH J L. Consolidating memories[J]. *Annu Rev*

- Psychol, 2015, 66: 1-24.
- [49] OSTADAN F, CENTENO C, DALOZE J, et al. Changes in corticospinal excitability during consolidation predict acute exercise-induced off-line gains in procedural memory[J]. Neurobiol Learn and Mem, 2016, 136: 196-203.
- [50] HARRIS C R, PASHLER H. Enhanced memory for negatively emotionally charged pictures without selective rumination[J]. Emotion, 2005, 5(2): 191-199.
- [51] TALMI D, SCHIMMACK U, PATERSON T, et al. The role of attention and relatedness in emotionally enhanced memory[J]. Emotion, 2007, 7(1): 89-102.
- [52] NADAREVIC L. Emotionally enhanced memory for negatively arousing words: storage or retrieval advantage? [J]. Cogn Emot, 2017, 31(8): 1 557-1 570.
- [53] BRADLEY M M, GREENWALD M K, PETRY M C, et al. Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory[J]. J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 1992, 18(2): 379-390.
- [54] MATHER M. When Emotion Intensifies Memory Interference[M]. Psychology of Learning and Motivation, Academic Press, 2009: 51, 101-120.
- [55] RIMMELE U, DAVACHI L, PHELPS E A. Memory for time and place contributes to enhanced confidence in memories for emotional events. [J]. Emotion, 2012, 12(4): 834-846.
- [56] SHIELDS G S, SAZMA M A, MCCULLOUGH A M, et al. The effects of acute stress on episodic memory: A meta-analysis and integrative review. [J]. Psychol Bull, 2017, 143(6): 636-675.
- [57] BERNTSEN D. Tunnel memories for autobiographical events: Central details are remembered more frequently from shocking than from happy experiences [J]. Mem Cognit, 2002, 30(7): 1 010-1 020.
- [58] KENSINGER E A, BRIERLEY B, MEDFORD N, et al. Effects of normal aging and alzheimer's disease on emotional memory[J]. Emotion, 2002, 2(2): 118-134.
- [59] GOMES C F, BRAINERD C J, STEIN L M. Effects of emotional valence and arousal on recollective and non-recollective recall[J]. J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 2013, 39(3): 663-677.
- [60] CARR S M, RICKARD N S. The use of emotionally arousing music to enhance memory for subsequently presented images [J]. Psychol Music, 2016, 44(5): 1 145-1 157.
- [61] 何良玉, 陈湛愔, 陈瑞珍, 等. 全面性发作癫痫患者的情绪词汇加工[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2017, 20(12): 1-4.
- [62] BRADLEY M M, LANG P J. Emotion and motivation [M]. Handbook of Psychophysiology, Cambridge University Press, 2007: 3, 581-607.
- [63] GABLE P, HARMON-JONES E. The motivational dimensional model of affect: Implications for breadth of attention, memory, and cognitive categorisation [J]. Cogn Emot, 2010, 24(2): 322-337.
- [64] FREDRICKSON B L, BRANIGAN C. Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires[J]. Cogn Emot, 2005, 19(3): 313-332.
- [65] RIEMER H, VISWANATHAN M. Higher motivation-greater control? The effect of arousal on judgement[J]. Cogn Emot, 2012, 27(4): 723-742.
- [66] LEITE J, CARVALHO S, GALDO-ALVAREZ S, et al. Affective picture modulation: Valence, arousal, attention allocation and motivational significance [J]. Int J Psychophysiol, 2012, 83(3): 375-381.

(收稿 2018-08-15 修回 2018-09-16)

本文责编: 张喜民

本文引用信息: 李达枢, 陈湛愔. 唤醒度对情绪加工影响的相关研究进展 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2018, 21(20): 2308-2314. DOI: 10.12083/SYSJ.2018.20.497

Reference information: LI Dashu, CHEN Zhanyin. The research progress: The effect of arousal on emotional processing [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2018, 21(20): 2308-2314. DOI: 10.12083/SYSJ.2018.20.497