

不同愉悦度面孔阈下情绪启动效应： 来自 ERP 的证据*

吕 勇 张伟娜 沈德立

(天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074)

摘 要 采用事件相关电位技术, 研究阈下情绪启动效应。实验中的因素是阈下呈现的情绪启动面孔的愉悦度, 分为高、低两个水平。被试的任务是对中性靶刺激面孔进行情绪判断。结果发现: 被试在对靶刺激进行情绪判断时出现与启动刺激愉悦度趋于一致的启动效应; 低愉悦度面孔作启动刺激条件下 N1 和 P2 的波幅显著大于高愉悦度面孔作为启动刺激的条件; 不同愉悦度情绪面孔的阈下启动效应是由于启动刺激影响了对靶刺激的知觉加工所致。

关键词 阈下知觉; 情绪启动; 情绪愉悦度; 事件相关电位

分类号 B842

1 问题的提出

人对情绪信息的加工既可以是有意识的受控加工, 也可以是无意识的自动加工(姜春萍, 周晓林, 2004)。大量研究证明, 对情绪信息的自动加工可以调节人们对事物的判断以及社会行为, 这一现象在情绪启动的研究中得到充分证明。情绪启动效应(affective priming effect)指的是个体先行加工具有一定情绪意义的刺激后, 后继加工也易于蒙上相应的情绪色彩。在情绪启动的实验中, 研究者们发现如果将启动刺激呈现时间减少到几十毫秒、十几毫秒、甚至几毫秒, 依然能观察到情绪启动效应。由于启动刺激呈现的时间非常短, 人无法有意识地觉察, 故此时出现的情绪启动称为“阈下情绪启动”(subliminal affective priming)。Murphy 和 Zajonc (1993)的判断偏好实验是阈下情绪启动的典型实验之一。实验中给完全不懂汉语的被试呈现一个汉字, 请被试猜测该字在汉语中是代表“好”还是代表“坏”的概念。在汉字出现之前, 以 4ms 的时间呈现一幅愉快或者愤怒的面部照片。结果表明被试更有可能

将一个跟随着愉快表情的文字猜测为代表“好”的概念, 而将跟随着愤怒表情的文字猜测为代表“坏”的概念。

大量研究发现阈下情绪启动与阈上情绪启动相比, 有其自身的一些特点。首先它对记忆系统的激活作用更小。Greenwald, Draine 和 Abrams (1996)要求被试判断靶子词是“令人愉快的”或“令人不愉快的”, 而启动刺激与靶子的关系分为“一致”和“相悖”两种。结果显示, 当启动刺激呈现时间为 50ms 时, 阈下情绪启动效应在 SOA (stimulus onset asynchrony)大于 100ms 时迅速减弱, 而阈上启动效应最强的 SOA 为 400ms。另外, 阈下情绪启动的作用比阈上启动更大。Murphy 和 Zajonc 的实验表明, 如果将文字前面的表情照片呈现时间改为 1000ms, 使被试能有意识地清晰知觉到人脸时, 他们对文字的评估很少受人的面部表情的影响。这说明无意识知觉到的信息更多地作用于人的情绪。

阈下情绪启动也吸引了神经科学领域研究者的兴趣。Nomura 等人(2004)用 fMRI 研究了在阈

收稿日期: 2009-10-09

* 教育部人文社会科学研究基地重大项目(05JJDXXLX003)、全国高校优秀博士论文作者专项资金项目(200708)、国家社科基金十一五规划教育学科国家重点课题(ABA060004)。

通讯作者: 吕勇, E-mail: ly6312@163.com

下情绪启动条件下杏仁核和右腹侧前额皮质功能上的联系。他们用生气的、中性的面孔和空白屏幕作为启动刺激,呈现时间为 35ms,之后以较为温和的生气面孔作为靶刺激,结果发现阈下呈现生气面孔比中性面孔和空屏引起被试右侧杏仁核有更强的激活;只有在生气面孔的启动条件下,右侧杏仁核的激活度与右腹侧前额皮质呈现负相关;被试对生气的启动刺激的识别率与右侧杏仁核的激活度呈正相关。而这一结果在 Suslow 等人(2006)的研究中再次得到验证,该实验还发现被试对阈下呈现的恐惧表情的识别率与双侧杏仁核的激活度呈显著正相关。对于情感障碍病人的阈下情绪启动脑机制的研究也相继展开,如 Dannlowski 等人(2007)针对抑郁症患者的 fMRI 研究发现,患者右侧杏仁核的活动与所作出的负性判断偏向有显著相关。尽管阈下情绪启动效应的发生和消失都是非常快速的过程,但是无意识条件下获得的情绪信息却可能通过一系列的加工过程而发挥其启动效应。首先无意识的情绪信息可能使感觉器官增加对其的加工,然后将伴随注意焦点的转移,接着会以行动来探查具有威胁性情绪信息的来源,最后做出判断并采取相应的行动。已有的 ERP 研究发现,在情绪性刺激出现后 80ms 就可以表现出对于威胁性情绪信息加工的增强(Palermo & Rhodes, 2007)。Li, Zinbarg, Boehm 和 Paller (2008)的实验中以恐惧和愉快的面孔作为阈下启动刺激,呈现时间为 30ms,之后呈现惊讶的面孔作为靶刺激。ERP 分析表明,相比于愉快面孔,恐惧表情作为启动刺激条件引发的 P1 波幅更大;而愉快面孔作为启动刺激时 P3a 波幅大于恐惧面孔作为启动刺激的条件。Gibbons(2009)的研究中采用高唤醒正性、高唤醒负性、低唤醒正性、低唤醒负性四类情绪词作为阈下启动刺激。结果发现只有高唤醒的正、负性词汇才引发了情绪启动效应,相应的 ERP 结果表现出靶刺激呈现后 250-1000ms 的晚期成分上,高唤醒正性启动比高唤醒负性启动引起的波幅更正;而低唤醒的正、负性启动刺激则没有表现出情绪启动效应,ERP 成分上也未出现差异。Gibbons 认为启动刺激的唤醒度是影响情绪启动效应的重要因素,高唤醒度的启动刺激能使大脑皮层相关区域得到足够强度的激活,进而使得刺激本身的愉悦度信息能进入这些皮层区域得到进一步加工。

在阈下情绪启动的研究中,人类面孔由于带有明显的情绪内容以及大脑对其加工的特异性,使其

成为研究情绪信息自动化加工的理想实验材料。然而到目前为止,使用情绪面孔进行的启动效应研究多从基本情绪论的角度,选取少数几类面孔来进行研究。然而,情绪具有多维度的结构,Osgood 等采用因素分析技术区分出了愉悦度、唤醒度等情绪维度,这种情绪的维度观已经得到了大量支持(白露,马慧,黄宇霞,罗跃嘉,2005)。已有的一些研究证实,大脑对不同维度情绪信息的加工是不同的。例如,采用阈上呈现情绪性图片的 ERP 研究发现,愉悦度的影响相对较早(100~250ms),而唤醒度的影响相对较晚(200~1000ms)。研究还发现不愉快的图片比愉快的图片在枕叶引发更大的 P1,研究者认为这表明不愉快的图片能引发注意更多的集中性加工。愉悦度也影响了 N2 成分,不愉快比愉快的刺激引起 N2 的负性减小。图片的愉悦度水平还会影响 P3b 的波幅,当图片的情绪性质与任务有关时,愉快的图片引发更大的 P3b 成分(Olofsson, Nordin, Sequeira, & Polich, 2008)。

从上面的文献回顾可以看到,面孔作为研究阈下情绪启动理想的实验材料,在以往的研究中仅仅从基本情绪论的角度选择少数几种情绪进行了探讨,而且往往选择的是那些高唤醒度的情绪(如恐惧)。而启动刺激的唤醒度作为影响阈下情绪启动效应的重要因素,在以往很多研究中并没有进行有效控制,我们认为这也许是一些类似研究中出现情绪零启动或者负启动的原因之一(Hermans, Spruyt, De Houwer, & Eelen, 2003; Gibbons, 2009)。另外启动效应可能缘于启动刺激导致对靶刺激知觉加工的易化,这将会在早期的 ERP 成分上如 P1, N1, P2, N2 上表现出差异。此外启动刺激还可能改变了人们对靶刺激的注意定向、判断、反应决策等而产生行为效应,从而引起 P3 或 LPP (late positive potential)成分上的差异,而对启动刺激唤醒度的加工也恰巧发生在这个时程。因此阈下情绪启动效应如果引起晚期 ERP 成分上的变化,究竟是由于正负情绪本身的差别(愉悦度)所引发,还是由与情感状态相联系的机体能量激活的程度(唤醒度)不同所致?因此本实验在对唤醒度进行严格控制的基础上,选择高、低愉悦度两组情绪面孔作为启动材料,利用具有高时间分辨率的事件相关电位技术(ERP)结合行为实验对阈下情绪启动效应进行研究。实验结果将有助于探明阈下情绪启动是否与情绪的愉悦度密切相关,以及这一过程的神经机制。

2 研究方法

2.1 被试

高校在校生 19 人, 其中男 7 人, 女 12 人, 年龄 21~29 岁(平均 24.6 岁)。所有被试均为右利手, 视力正常或矫正视力正常, 无脑外伤及身心健康问题史, 未参加过类似的心理学实验。

2.2 实验材料

从中国情绪材料库(CAPS)(白露等, 2005)新面孔中的 400 张照片中, 将情绪的唤醒度控制在 5.33~7.00 之间, 选取高、低愉悦度的情绪面孔各 12 张(男女各半)作为启动刺激材料(见表 1)。

表 1 高、低愉悦度启动刺激面孔各维度值($M \pm SD$)

组别	高愉悦度面孔	低愉悦度面孔	t 值($df=11$)	p 值
愉悦度	6.86 $\pm$ 0.36	2.55 $\pm$ 0.27	-41.44	< 0.00
唤醒度	5.75 $\pm$ 0.29	5.81 $\pm$ 0.44	0.40	> 0.05

将中国情绪材料库新面孔的中性情绪图片按愉悦度值从高到低进行排序, 选择愉悦度值居中的男性、女性照片各 60 张作为靶刺激。这 120 张情绪面孔的平均愉悦度分值为 4.29(± 0.29), 唤醒度 3.82(± 0.73)。为了避免面部特征、吸引力等对于情绪启动效应的干扰, 将所有中性靶刺激图片进行马赛克处理。

2.3 实验程序

实验程序由 STIM2 软件编制。在每个试次(trial)中, 首先在黑色的屏幕上呈现白色十字注视点(呈现时间在 500~725ms 间随机), 然后呈现启动刺激(愉悦度高或低, 20ms)。接下来呈现靶刺激(800ms), 在 1200ms 的间隔之后进入下一个试次(图 1)。

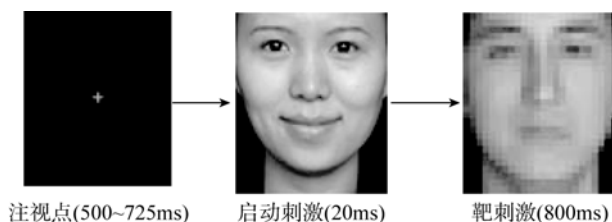


图 1 实验流程示意图

24 张启动刺激照片每张呈现 10 次。120 张靶刺激照片每张呈现 2 次, 一次在高愉悦度启动条件下呈现, 另一次在低愉悦度启动条件下呈现。这样组成 240 个试次, 高或低愉悦度情绪面孔作为启动刺激的试次按随机顺序呈现。被试坐于一个隔音且灯光柔和的屏蔽室内, 前面 1m 为电脑显示器。刺

激材料呈现于显示器中央, 视角为 $5.25^\circ \times 6.05^\circ$ 。被试通过手中的反应盒做出反应, 按键的左右手在被试间进行平衡。

实验任务是对靶刺激面孔进行情绪判断, 指导语为: “首先你会在屏幕中央看到一个注视点, 之后你能清楚地看到一个人的脸。请你判断该图片显示人物的情绪是愉快的还是不愉快的, 并按键进行反应, 愉快按反应盒的左键, 不愉快按反应盒的右键。”

当以上的情绪判断实验结束后, 进行意识探测, 用以检测被试对于启动刺激的觉察情况。情绪判断任务结束后先对被试进行访谈, 提问的顺序和内容如下: (1) 除了注视点和那个清楚的脸之外, 你还看到什么? (2) 你是否在人脸之前看到一闪而过的东西? 你看到了什么? (3) 你是否看到那个一闪而过的东西是一张脸? (4) 在一闪而过的那张脸上, 你看到了什么? 你能分辨它的表情吗?

访谈结束后, 另有一个意识探测程序, 利用信号检测论的方法探测被试是否能意识到快速呈现的启动刺激(Pessoa, Japee, & Ungerleider, 2005)。刺激的呈现方式和内容同情绪判断任务, 指导语为: “在注视点和你清楚看到的那张脸之间还有快速闪现的一张带有表情的脸, 愉快的表情和不愉快的表情各占一半, 你的任务是集中注意看快速闪现的脸并判断它的情绪。如果你判断出它是愉快的就按反应盒的左键, 如果是不愉快的就按右键。如果一闪而过后你没看清无法做出判断, 就做出迫选。”

2.4 EEG 记录

采用根据国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽, 以 Neuroscan ERP 工作站记录 EEG 信号。每个电极与头皮之间的电阻小于 $5K\Omega$ 。连续记录时滤波带通为 0.05~100Hz, 采样率为 1000Hz。以位于左眼上下的电极记录垂直眼电(VEOG), 位于眼外侧 1.5cm 处的左右电极记录水平眼电(HEOG)。以双侧乳突的平均值为参考, 具体是, 在记录中所有电极参考置于左乳突的一个参考电极, 离线分析时再次以置于右乳突的一个有效电极进行再参考, 即从各导联信号中减去 1/2 该参考电极所记录的信号。

2.5 数据分析

两名被试因为脑电伪迹过多而被剔除, 共有 17 名被试进入后面的分析。对 EEG 数据进行离线处理时, 根据被试眼动的大小矫正 VEOG 和 HEOG, 并充分排除其他伪迹。离线滤波的低通为 30Hz (24dB/oct), 而波幅大于 $\pm 80\mu v$ 者被视为伪迹自动

剔除。根据文献普遍采用的标准以及本实验中被试反应的情况,以启动刺激开始呈现的时刻为起点进行脑电分段,选择启动刺激呈现后的 800ms 为分析时程,以启动刺激呈现前 200ms 作为基线,按照启动刺激高、低愉悦度分别叠加出 ERP。

根据总平均图与参考文献确定 ERP 各成分的时间窗口分别为: P1、头皮前部 N1: 70~130ms; P2: 130~190ms; N2: 190~240ms; P3: 240~400ms; LPP: 400~800ms。选择 F5, FZ, F6, C3, CZ, C4 共 6 个电极点统计分布于头皮前部的成分(N1, N2, P3, LPP); 选择 P3, PZ, P4, PO7, POZ, PO8, O1, O2 共 8 个电极点统计分布于头皮后部的成分(P1, P2, P3, LPP)。

采用 SPSS 13.0 统计软件对行为数据以及 ERP 波形的测量指标进行重复测量方差分析,分析 ERP 数据的两个因素是实验条件(启动刺激愉悦度高/低)和电极位置,并对不满足球形检验的统计效应采用 Greenhouse-Geisser 法校正 p 值。采用 sLORETA 软件对两种实验条件出现差异的相关脑电成分进行源定位分析,以了解对阈下情绪启动敏感的 ERP 成分的发生源。

3 结果

3.1 被试对于启动刺激的可视性检测结果

在主观性检测的访谈阶段,17 名被试中的 5 名报告在靶刺激之前看到有其它图像,但不知道该图像的内容。2 名被试报告在靶刺激之前也快速的闪

过一张脸,但却不知道该面孔上还有表情。其余被试没有察觉到靶刺激之前其它图像的呈现。客观性检测表明,被试对启动刺激的敏感程度(d')的平均值为 $0.78(\pm 0.78)$ 。相关分析发现 d' 和高效价启动时将中性靶刺激判断为愉快情绪的比率无显著相关($r = 0.44, p > 0.05$), d' 和低效价启动时将中性靶刺激判断为不愉快情绪的比率也无显著相关($r = 0.11, p > 0.05$)。基于上述对启动刺激可视性检测的结果,可以认为被试对于启动面孔的情绪是无意识的。

3.2 行为结果

统计结果显示,本实验中情绪启动效应明显。在高愉悦度情绪启动条件下,被试更倾向于将中性靶刺激的情绪判断为愉快的,其比率均值为 $0.57(\pm 0.13)$; 在低愉悦度情绪启动条件下,被试更倾向于将中性靶刺激的情绪判断为不愉快的,其比率均值为 $0.57(\pm 0.10)$ 。高愉悦度启动条件下被试将靶刺激判断为愉快和不愉快的比率存在显著差异, $t(1, 16) = 2.44, p < 0.05$; 低愉悦度启动条件下被试将靶刺激判断为愉快和不愉快的比率差异显著, $t(1, 16) = 2.96, p < 0.01$ (表 2)。我们还计算了启动刺激的愉悦度与被试对靶刺激的反应之间的相关,结果为 $r = 0.13, p < 0.01$ 。两种启动条件下被试的反应时差异不显著, $t(1, 16) = 0.59, p > 0.05$, 高愉悦度启动的平均反应时为 $697 (\pm 154)$ ms, 低愉悦度启动的平均反应时为 $700 (\pm 150)$ ms。

表 2 高、低愉悦度启动条件下将中性靶刺激评为愉快/不愉快的比率

启动类型	评价靶刺激与启动一致		评价靶刺激与启动不一致		$t(df=16)$	p
	比率均值	标准差	比率均值	标准差		
高愉悦度	0.57	0.13	0.43	0.13	2.44	<0.05
低愉悦度	0.57	0.10	0.43	0.10	2.96	<0.01

3.3 ERP 结果

观察 ERP 总平均图(图 2、图 3)发现,两种实验条件在头皮前部均引发了较明显的 N1 (70~130ms) 和 N2 (190~240ms) 成分。出现在头皮后部的主要 ERP 成分为 P1 (70~130ms) 和 P2 (130~190ms), 而 P3 (240~400ms) 和 LPP (400~800ms) 成分的头皮分布较为广泛。所有成分无明显半球差异。

统计结果表明,额部和中央部位 N1 的波峰值在高、低愉悦度启动条件下存在着显著差异, $F(1, 16) = 4.83, p < 0.05$, 低愉悦度启动比高愉悦度启动引起的 N1 波峰值更负(见图 2)。纳入统计的 6 个电极点 N1 的平均波峰值在高愉悦度情绪启动下为 $-3.04 (\pm 0.55)$ μV , 在低愉悦度情绪启动下为 -3.49

(± 0.48) μV 。电极位置主效应不显著, $F(7, 112) = 2.74, p > 0.05$ 。实验条件与电极位置间的交互作用也不显著, $F(7, 112) = 0.44, p > 0.05$ 。

统计检验发现,位于顶枕部的 P2 的波峰值在高、低愉悦度两种启动条件下存在着显著差异, $F(1, 16) = 5.12, p < 0.05$, 低愉悦度启动比高愉悦度启动引起的 P2 波峰值更正(见图 3)。纳入统计的 8 个电极点的平均波峰值在高愉悦度情绪启动下为 $4.67 (\pm 0.40)$ μV , 在低愉悦度情绪启动下为 $5.16 (\pm 0.49)$ μV 。电极位置主效应显著, $F(7, 112) = 16.93, p < 0.01$ 。高、低愉悦度情绪启动与不同位置电极点之间的交互作用不显著, $F(7, 112) = 1.17, p > 0.05$ 。

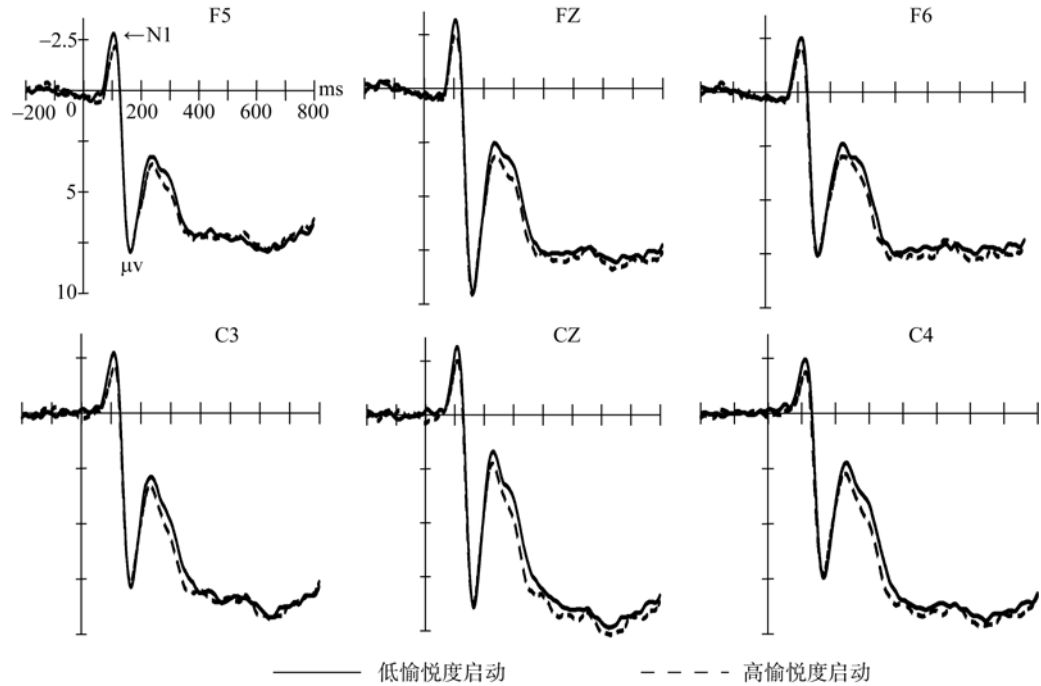


图 2 两种实验条件下 ERP 总平均图 (示 N1 成分, 电极: F5、FZ、F6、C3、CZ、C4)

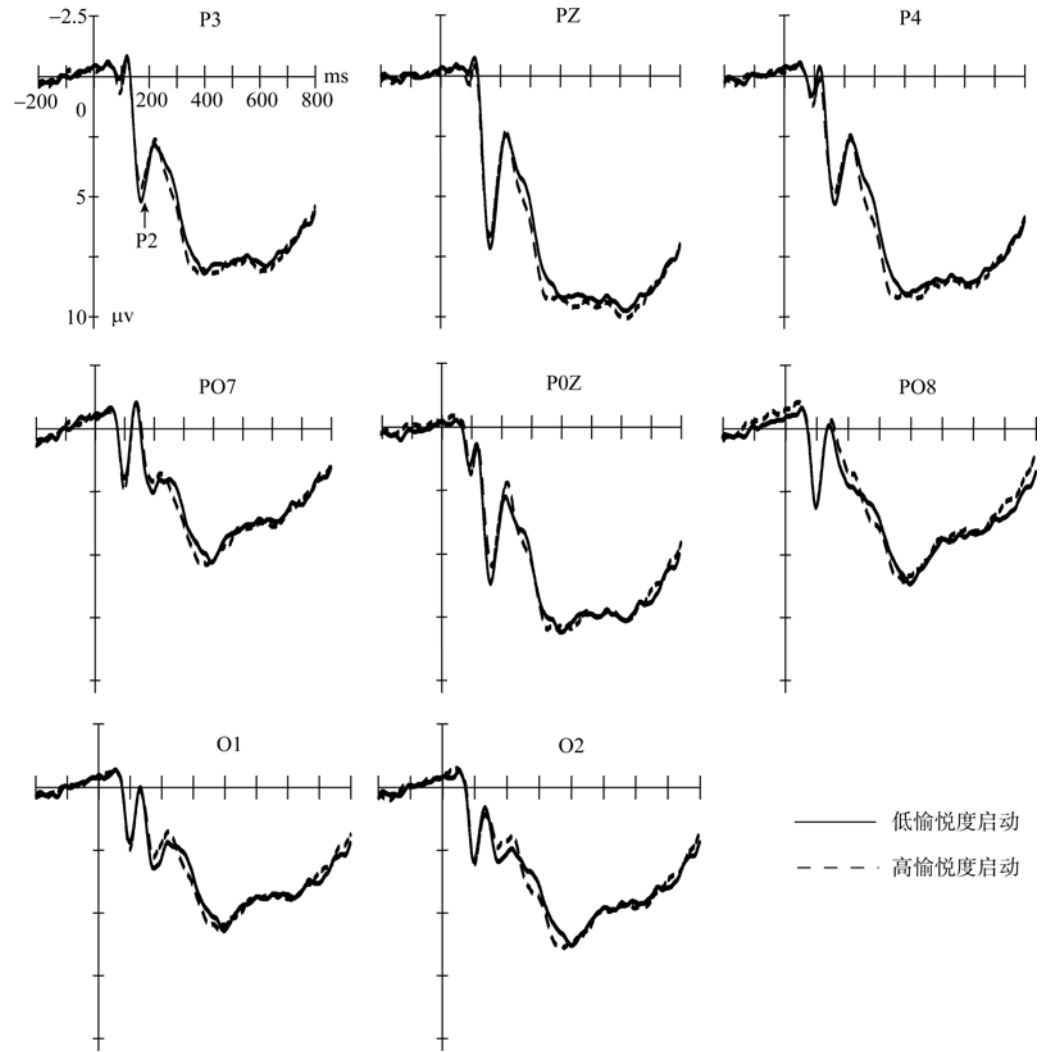


图 3 两种实验条件下 ERP 总平均图 (示 P2 成分, 电极: P3、PZ、P4、PO7、POZ、PO8、O1、O2)

统计检验未发现其它脑电成分在两种实验条件下存在显著差异(统计结果略)。

3.3 sLORETA 溯源分析结果

使用 sLORETA 软件对 N1 进行了溯源分析,发现启动刺激是高/低愉悦度面孔两种实验条件下,激活的脑区都主要位于 Brodmann 19 区,顶枕区的

楔前叶(图 4),对两种条件下激活的脑区进行比较后未发现存在显著差异的脑区。对 P2 进行了溯源分析,发现无论启动刺激是高愉悦度还是低愉悦度,激活的脑区都主要位于 Brodmann 22 区,颞上回(图 5),两种条件下未发现存在显著差异的脑区。

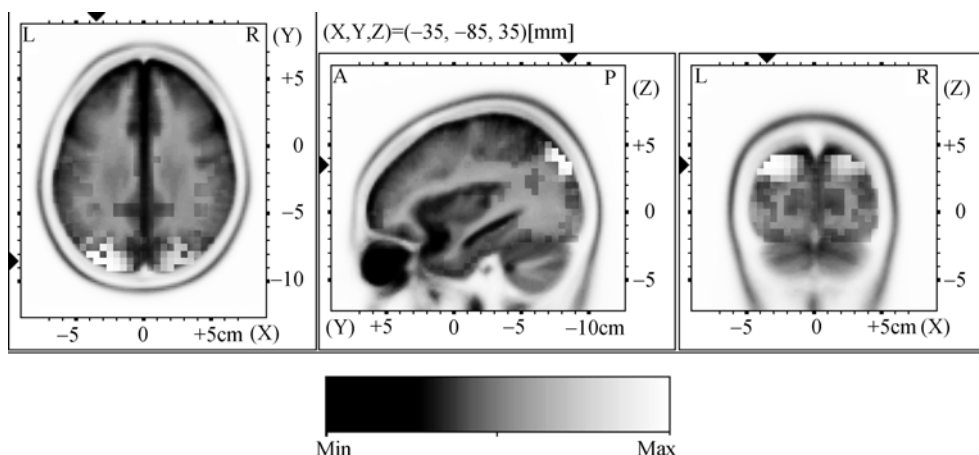


图 4 sLORETA 对 N1 溯源的结果,两种启动条件下的最大激活部位都主要位于 Brodmann19 区,顶枕区的楔前叶。

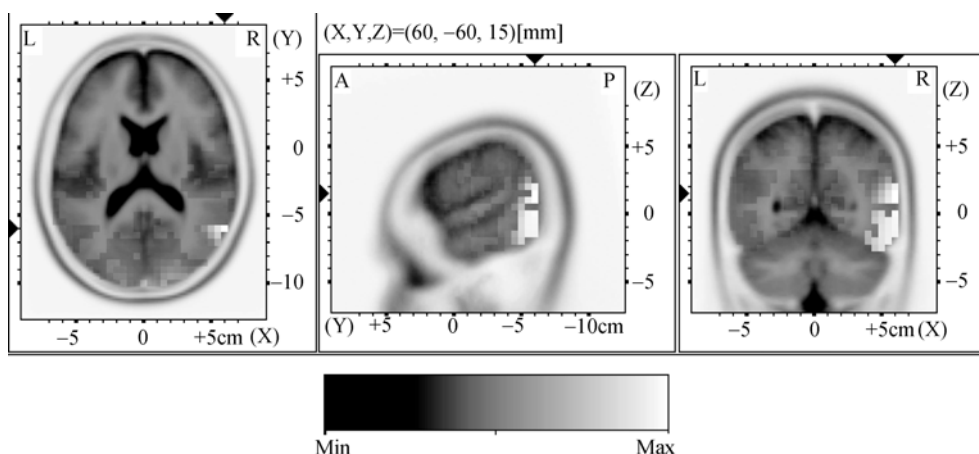


图 5 sLORETA 对 P2 溯源的结果,两种启动条件下的最大激活部位都主要位于 Brodmann22 区,颞上回

4 讨论

在本实验中,我们通过阈下快速呈现高、低愉悦度的情绪面孔作为启动刺激,以经过马赛克处理的中性面孔作为靶刺激,从行为和神经电生理两方面证明了阈下情绪启动效应的存在。对行为数据的统计结果表明,被试在对靶刺激进行情绪性判断时出现与启动刺激愉悦度趋于一致的启动效应。ERP 结果显示,低愉悦度启动条件比高愉悦度启动引发的 N1 波峰值更负,溯源分析发现它主要起源于楔前叶。出现显著差异的另一个 ERP 成分是 P2,低愉悦度情绪启动比高愉悦度情绪启动引发的 P2 更

正,溯源分析发现 P2 主要源于颞上回。

当然,上述结果的价值必须以真正实现了对启动刺激的阈下呈现作为先决条件。在实验中,我们采取了以下措施来保证被试对于启动刺激处于无意识水平:(1)启动刺激的呈现时间为 20ms,之后随即被另外一张既作为掩蔽刺激又作为靶刺激的中性面孔所掩蔽;(2)事先不告诉被试启动刺激的存在;(3)情绪性判断任务是针对阈上呈现的靶刺激而做出的,不需要被试对启动刺激进行判断;(4)在实验任务结束后,首先对被试进行访谈,以考察被试对于阈下情绪启动刺激主观上的觉知。所设计的四个问题层层深入,逐渐将启动刺激的信息

透露给被试; (5) 设计了意识探测程序, 让被试逐个对启动刺激的情绪进行迫选, 根据信号检测论计算出被试对启动刺激的敏感度 d' , 并证实它与被试的反应倾向无关。通过以上一系列的控制以及意识探测, 为本实验实现启动刺激的阈下呈现提供了保证。

使用经过马赛克处理的中性面孔作为进行情绪判断任务的靶刺激是本实验在方法学上的一个特色。先前的研究多采用被试不认识的外国文字 (Murphy & Zajonc, 1993), 人物的后脑勺图片 (蒋重清, 杨丽珠, 刘颖, 2005) 等与情绪毫无关系的材料作为靶刺激。Li 等人使用介于愉快和恐惧之间的惊讶表情作为靶刺激在方法上是一个改进。利用惊讶表情作为一种模糊情绪的特点, 能更有效的研究情绪一致性效应。在本研究中, 我们采用中性面孔作为进行情绪判断任务的靶刺激, 因为中性面孔也是一种特殊的表情, 它在情绪维度上处于居中的位置, 而且在现实生活中, 人可以在愉快之后恢复到中性表情, 也可以从不愉快状态下恢复中性表情, 中性面孔本身的情绪意义可以向情绪愉悦度的两端偏移, 因此利用其这一特点研究阈下情绪启动效应更为合理。为了避免中性面孔本身的面部特征和吸引力等影响被试的判断, 从而削弱情绪启动效应, 我们将中性面孔进行了马赛克处理。

本实验的行为数据表明, 被试在对靶刺激进行情绪性判断时出现与启动刺激愉悦度趋于一致的启动效应, 这再一次肯定了人具有分辨阈下呈现的情绪性刺激的不同愉悦度的能力, 为“情绪优先说”(Affective primacy) 提供了新的证据。该学说认为, 情绪反应可以因很微弱的情绪刺激而诱发, 而且这种无意识中感受到的积极/消极性具有弥漫性 (Murphy & Zajonc, 1993)。Fazio 和 Olson (2003) 则认为情绪启动可由“激活扩散说 (spreading activation)”来解释, 启动刺激会自动激活情绪系统中的相关网络, 因而可以易化被试对目标刺激做出与启动刺激情绪性质一致的反应。在本实验中, 高/低愉悦度启动条件下靶刺激是相同的, 而且对启动刺激的唤醒度水平进行了严格的控制, 因而可以推断, 被试在对靶刺激进行判断时所出现的与启动刺激趋于一致的不同反应偏向是由于启动刺激的不同愉悦度造成的。以往此类研究中经常使用恐惧或愤怒等唤醒度较高的少数几种面孔作为阈下情绪启动刺激, 这可能导致混淆情绪面孔愉悦度和唤醒度等的启动作用, 即不能分清这种阈下启动作用到

底是由情绪面孔的愉悦度还是唤醒度所造成。本实验从情绪维度论的角度, 在控制了情绪唤醒度的条件下, 证实了阈下情绪启动可以在情绪面孔的愉悦度上实现。

在本实验中得到了 N1 和 P2 两个对情绪面孔愉悦度敏感的 ERP 成分, 它们都在启动刺激是低愉悦度的面孔时波幅更大。其中 N1 在启动刺激呈现后约 100ms 达到最大波幅值, P2 在启动刺激呈现约 162ms 后达到最大波幅值。以上结果为我们探索不同愉悦度情绪面孔阈下启动的脑机制提供了有价值的信息。启动效应可能缘于启动刺激导致对靶刺激知觉加工的易化, 此外启动刺激还可能改变了人们对靶刺激的注意定向、判断、反应决策等而产生行为效应。那么, 在本实验中, 阈下呈现的情绪面孔究竟是在哪个环节发挥作用的呢? 我们注意到, 通过阈下情绪启动范式进行实验来推断启动刺激发挥作用的时间点存在着特殊的困难。前已述及, 阈下情绪启动效应衰减得非常快, 当启动刺激和靶刺激间隔 100ms 时, 启动效应即大大减弱, 因而此类实验通常都把启动刺激和靶刺激时间间隔设置得很短, 但这又可能导致启动刺激与靶刺激 ERP 的重叠。在本实验中, N1 和 P2 在两种启动条件下的不同可能是仅仅由于不同启动刺激的区别造成, 也可能是由于不同的启动刺激导致被试对靶刺激的认知加工不同造成, 还可能是启动刺激和靶刺激共同作用的结果。我们认为, 尽管存在上述困难, 但仍然可以通过对本实验得到的结果进行合理的推断来对不同愉悦度的情绪面孔发挥启动作用的时间进程获得一定的了解。目前 ERP 研究领域已积累了大量关于不同 ERP 成分时序性特性的知识。例如, Ritter, Vaughan 和 Simon (1983) 总结了大量研究后提出, P3 属内源性成分, P3 之前的 ERP 成分与外部刺激的模式识别有关, 而 P3 与对刺激的理解和分类有关。N2 分为 N2a 和 N2b, N2a 即 MMN, 与脑对外部事件的差异匹配有关, 而 N2b 与 P3a 才是真正的内源性成分, 它们一同构成 N2b-P3a 复合体, 与人对外部刺激的朝向反射有关 (Folstein & Van Petten, 2008)。可见尽管研究者对于 ERP 成分心理学含义的看法并不完全一致, 但他们都认为比 N2 更早的 ERP 成分与知觉加工相关。在本实验中, N1 在启动刺激呈现后 100ms 达到最大峰值, P2 在启动刺激呈现后 162ms 达到最大峰值, 它们都属于较早的 ERP 成分 (都在 N2 之前), 无论认为它们缘于启动刺激的不同, 还是不同启动刺激导致的被试对靶

刺激加工的不同,抑或是二者共同作用的结果,从其时间进程特征来看,都只能归结为知觉加工造成。因此,可以推断,本实验中不同愉悦度面孔的阈下启动效应是由于启动刺激对靶刺激知觉加工的影响所致。

为了了解 N1、P2 成分在脑内的起源,我们将它们提交到 sLORETA 中进行分析,发现 N1 主要起源于 Brodmann 19 区(顶枕部的楔前叶),P2 主要起源于 Brodmann 22 区(颞上回)。已有研究表明,楔前叶在对情绪刺激的加工中发挥重要作用。Pizzagalli, Greischar 和 Davidson (2003)曾发现厌恶条件反射中的恐惧面孔引起楔前叶的脑电活动增加。此外面孔信息加工过程也有赖于颞叶皮质的特定区域,传达情绪信息的面部运动可激活颞上回。

Wicker, Perrett, Baron-Cohen 和 Decety(2003)曾让被试判断录像中演员眼神所表现出的情绪是敌意的还是友好的, PET 成像发现,被试颞上回的前部在分析对方的情绪时被选择性地激活。Haxby, Hoffman 和 Gobbini (2000)提出颞上回及其附近区域可能负责加工的是面孔信息中可变的方面,如表情、嘴的动作等。在本研究中,面孔的情绪信息可能由初级视皮层传递到顶枕部以及颞上回等处进行知觉分析,也可能通过皮层下途径到达上述两个脑区。情绪脑的主要结构涉及杏仁核和以杏仁核为核心的广泛连接的神经环路。外界的情绪性信息可以通过两条通路传递到杏仁核。一条为皮层通路,视觉信息由视网膜传递到初级视觉皮层,然后投射到颞叶、后顶叶等部位进行分析后再传递到杏仁核。另一条为皮层下通路,是由 LeDoux 于 1995 年在利用动物所做实验的基础上提出的,认为感觉信息输入到丘脑可以直接到达杏仁核而不必首先传递到大脑皮层。这一“捷径”保证个体能更快地检测来自环境的情绪性信息并立即触发先天性粗略的情绪反应。该观点已经得到了大量实验的证实。由杏仁核传递出的信息将投射到梭状回、枕下回、颞上回等大脑许多区域(Palermo & Rhodes, 2007)。在本实验中,我们采用阈下快速呈现情绪面孔作为启动刺激,被试无法看清启动面孔的情绪性内容。在缺乏清晰的情绪信息的条件下,大脑却依然可以进行快速的、无意识的加工,并影响到了随后的判断。我们猜测本实验中阈下呈现的不同愉悦度的情绪信息也经过了上丘-丘脑-杏仁核这条皮层下的通路,然后投射到大脑的顶枕叶和颞上回等脑区。当然,现有的研究证据还不能充分证明对于情绪的这

种快速加工仅仅是由皮层下通路来调节的,大脑皮层的一些通路也可以对情绪刺激进行快速的反应,对于此问题的认识还需要结合更先进的研究技术以及采取多种实验范式来进一步探讨。

在本实验中, P2 后的脑电成分在两种实验条件下没有出现差别,这与某些采用阈上呈现情绪面孔的实验所得到的结果不同(Schupp et al., 2004)。我们认为,这些成分与有意识加工有关,而与阈下情绪信息的加工无关。本实验中 P2 后的脑电成分在高/低愉悦度情绪面孔启动条件下没有出现差异,可以为本实验较好地实现了阈下情绪启动提供佐证,被试没有觉察到启动刺激,也没有意识到他们对靶刺激的判断受到了此前输入的情绪信息的影响。

本实验仅在正常被试中开展,实验结论将有助于对正常人阈下情绪启动现象的理解。然而以往研究表明,患有焦虑症、抑郁症等情绪性疾病的患者有着与正常人不同的情绪启动模式,启动效应受到患者焦虑水平的影响,一些抑郁症患者的情绪启动功能受到损害(Dannlowski et al., 2006; Hermans, Spruyt, De Houwer, & Eelen, 2003)。未来工作需进一步补充临床样本,观察与正常对照组的差别,此类研究将有助于我们探索情绪性疾病的本质,对于疾病的诊断和治疗具有重要意义。

5 结论

本实验在控制情绪唤醒度的条件下,以快速呈现(20ms)高、低愉悦度的情绪面孔作为启动刺激,以经过马赛克处理的中性面孔作为靶刺激,利用事件相关电位(ERP)技术,对阈下情绪启动效应进行了研究,得到以下结论:

(1) 启动刺激造成被试在对靶刺激进行情绪判断时出现与启动刺激愉悦度趋于一致的启动效应。

(2) 低愉悦度面孔作启动刺激条件下 N1 和 P2 的波幅显著大于高愉悦度面孔作为启动刺激的条件,表明情绪面孔愉悦度的阈下启动效应是由于启动刺激影响了对靶刺激的知觉加工所致。

(3) 采用 sLORETA 软件进行溯源分析发现 N1 主要源于楔前叶,而 P2 主要源于颞上回。

参 考 文 献

- Bai, L., Ma, H., Huang, Y. X., & Luo, Y. J. (2005). The development of native Chinese affective picture system—A pretest in 46 college students. *Chinese Mental Health Journal*, 19(11), 719–722.

- [白露, 马慧, 黄宇霞, 罗跃嘉. (2005). 中国情绪图片系统的编制——在 46 名中国大学生中的试用. *中国心理卫生杂志*, 19(11), 719–722.]
- Dannlowski, U., Kersting, A., Lalee-Mentzel, J., Donges, U. S., Arolt, V., & Suslow, T. (2006). Subliminal affective priming in clinical depression and comorbid anxiety: A longitudinal investigation. *Psychiatry Research*, 143, 63–75.
- Dannlowski, U., Ohrmann, P., Bauer, J., Kugel, H., Arolt, V., Heindel, W., Kersting, A., Baune, B. T., & Suslow, T. (2007). Amygdala reactivity to masked negative faces is associated with automatic judgmental bias in major depression: A 3T fMRI study. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 32(6), 423–429.
- Fazio, R. H., & Olson, M. A. (2003). Implicit measures in social cognition research: their meaning and use. *Annual Review of Psychology*, 54, 297–327.
- Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45, 152–170.
- Gibbons, H. (2009). Evaluative priming from subliminal emotional words: Insights from event-related potentials and individual differences related to anxiety. *Consciousness And Cognition*, 18(2), 383–400.
- Greenwald, A. G., Draine, S. C., & Abrams, R. L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 20(273), 1699–1702.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223–233.
- Hermans, D., Spruyt, A., De Houwer, J., & Eelen, P. (2003). Affective priming with subliminally presented pictures. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 57(2), 97–114.
- Jiang, C. P., & Zhou, X. L. (2004). Emotional automatic processing and control processing. *Advances in Psychological Science*, 12(5), 688–692.
- [姜春萍, 周晓林. (2004). 情绪的自动加工与控制加工. *心理科学进展*, 12(5), 688–692.]
- Jiang, Z. Q., Yang, L. Z., & Liu, Y. (2005). Study on adults' subliminal affective priming effect. *Journal of Liaoning Normal University (Social Science Edition)*, 28(4), 48–50.
- [蒋重清, 杨丽珠, 刘颖. (2005). 成人阈下情绪启动效应实验研究. *辽宁师范大学学报(社会科学版)*, 28(4), 48–50.]
- Li, W., Zinbarg, R. E., Boehm, S. G., & Paller, K. A. (2008). Neural and behavioral evidence for affective priming from unconsciously perceived emotional facial expressions and the influence of trait anxiety. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(1), 95–107.
- Murphy, S. T., & Zajonc, R. B. (1993). Affect cognition, and awareness: Affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64, 723–739.
- Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T., & Yonekura, Y. (2004). Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, 21, 352–363.
- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: An integrative review of ERP findings. *Biological Psychology*, 77, 247–265.
- Palermo, R., & Rhodes, G. (2007). Are you always on my mind? A review of how face perception and attention interact. *Neuropsychologia*, 45, 75–92.
- Pessoa, L., Japee, S., & Ungerleider, L. G. (2005). Visual awareness and the detection of fearful faces. *Emotion*, 5(2), 243–247.
- Pizzagalli, D., Greischar, L., & Davidson, R. (2003). Spatio-temporal dynamics of brain mechanisms in aversive classical conditioning: High-density event-related potential and brain electrical tomography analyses. *Neuropsychologia*, 41, 184–194.
- Ritter, W., Vaughan, H. G. J., & Simon, R. (1983). On relating event-related potentials components to stages of information processing. In A. W. Gailard, & W. Ritter. (Eds.), *Tutorials in ERP Research: Endogenous Components*. (pp. 143–158). Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Schupp, H. T., Ohman, A., Junghofer, M., Weike, A. I., Stockburger, J., & Hamm, A. O. (2004). The facilitated processing of threatening faces: An ERP analysis. *Emotion*, 4, 189–200.
- Suslow, T., Ohrmann, P., Bauer, J., Rauch, A. V., Schwindt, W., Arolt, V., Heindel, W., & Kugel, H. (2006). Amygdala activation during masked presentation of emotional faces predicts conscious detection of threat-related faces. *Brain and cognition*, 61(3), 243–248.
- Wicker, B., Perrett, D., Baron-Cohen, S., & Decety, J. (2003). Being the target of another's emotion: A PET study. *Neuropsychologia*, 41, 139–146.

Subliminal Affective Priming Effect by Faces With Different Valence: An ERP Study

LU Yong; ZHANG Wei-Na; SHEN De-Li

(Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

Abstract

Subliminal affective priming refers to a phenomenon where subliminal presentation of a prime object shifts subsequent affective evaluation of the supraliminal object in the affective direction of the prime object, but the neural mechanisms underlying this effect is unclear. The emotional significance and neural specificity of facial processing make faces an ideal prime for automatic processing. But the emotional faces differ in two affective dimensions: valence (unpleasant-to-pleasant) and arousal (low-to-high). They may have different effects on ERP component. Most previous studies used only two or three kinds of emotional faces to study subliminal affective priming. In this study, the dimension of arousal was controlled and two groups of priming faces (unpleasant vs. pleasant) were presented for 20ms, followed by a mosaic neutral face for 800ms. We combined behavioral analyses of subliminal affective priming with recordings of event-related potential (ERP) that provide on-line measurements of neural processing with high temporal resolution. We hypothesized that positive and negative prime faces led to valence-consistent biases in affective judgments of ambiguous neutral faces. We reasoned that P1, N1, P2, N2, P3, and late positive potentials (LPP) could provide evidence on early perceptual processing, attention orienting, and late elaborate processing.

Seventeen volunteers from University took part in this experiment, they were instructed to judge the affect of the neutral target faces as unpleasant or pleasant, while the response speed was not stressed. The EEG was recorded from 64 scalp sites using Ag/AgCl electrodes. Signals were averaged offline for 1000 ms with an additional 200 ms recorded prior to prime onset to allow for baseline correction. The ERP were averaged separately for unpleasant and pleasant trials. Peak amplitude values were computed for 70-130ms (N1); 190-240ms (N2); 400-800ms (LPP) time intervals, time locked to prime onset (time 0), these ERP measures were obtained from six electrodes: F5, FZ, F6, C3, CZ, C4. We also computed peak amplitudes from intervals of 70-130ms, 130-190ms, 240-400ms, 400-800ms, corresponding to P1, P2, P3 and LPP. These ERP measures were obtained from eight electrodes: P3, PZ, P4, PO7, POZ, PO8, O1, O2. A repeated measures ANOVA on the peak amplitude of each component was conducted. In addition, the standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA) technique was conducted to estimate the neural sources of these ERP components which are sensitive to subliminal affective priming.

We found that unpleasant and pleasant prime faces led to valence-consistent biases in participants' affective judgments of neutral target faces. ERP results showed that subliminal primes differentially influenced anterior N1 and posterior P2 potentials, with larger amplitudes in negative priming trials. Source analysis revealed that N1 might be generated from brain regions near the precuneus, while P2 was localized to the superior temporal gyrus.

These results confirm our hypothesis that the subliminal affective priming effect is related to prime valence, suggesting that the early perceptual analysis of targets is affected by subliminal affective information. The results demonstrate the subliminal affective priming effect.

Key words subliminal perception; affective priming; valence; ERP