



面部表情的阈下情绪启动效应及其机制*

李才文^{1,2)} 陈 琴^{1,2)} 禰宇明^{1,2)}** 傅小兰^{1,2)}

(1) 中国科学院心理研究所, 脑与认知科学国家重点实验室, 北京 100101; (2) 中国科学院大学心理学系, 北京 101408)

摘要 人类大脑是否可以加工阈下情绪信息? 阈下情绪启动效应为此提供了直接证据。使用视觉掩蔽和连续闪烁抑制范式, 以面部表情作为启动刺激的研究发现, 个体在注意和记忆、社会性评价和行为倾向中都受先前启动刺激情绪属性的影响, 即表现出了阈下情绪启动效应。还有研究发现, 阈下面部表情增强了个体的皮肤电导水平和心血管系统反应。而神经机制的研究发现, 阈下面部表情对目标刺激的早期知觉加工和晚期情绪意义分析产生了影响, 杏仁核等脑区在其中具有重要作用。情绪优先假设和感受即信息理论分别从情绪系统领域特殊性和情绪归因的角度试图阐释该效应产生的机制。在总结和分析以往研究基础上, 本文对这一领域的未来研究提出了具体建议。

关键词 阈下情绪启动效应, 面部表情, 自主生理反应, 神经机制, 理论解释

中图分类号 B842, R338

DOI: 10.16476/j.pibb.2022.0474

周围的环境中充斥着纷繁复杂的信息, 但它们并非都能被觉察到。例如, 一般人都听不见频率在 20 Hz 以下的声音, 也看不见比红光波长 (630~760 nm) 更长的色光^[1]。但大量研究发现, 某些没有被个体意识所觉察的感觉信息仍然会被大脑加工。如朝向^[2]、形状^[3]、颜色^[4]、运动^[5]、语义^[6]和物体类别^[7-8]等。在众多环境信息中, 情绪信息在大脑中具有加工优势, 这是因为情绪信息与人类生存和社交密切相关^[9-11]。那么, 情绪信息是否可以被无意识地加工呢? 这一问题关乎情绪与意识的关系, 是情绪心理学研究的热点之一。有关情绪的定义和本质的理论研究^[12-14], 以及对情绪进行测量的实证研究^[15]都将“主观体验”(subjective experience)或者“感受”(feeling)视为情绪的中心成分, 强调了意识在情绪产生中的必要性。然而, 随着计算机技术的出现和无意识视觉技术的发展, 无意识信息加工的研究挑战了情绪的产生必须要有意识参与的观点。情绪的无意识过程受到了人们的关注, 越来越多研究发现, 具有情感意义的视觉刺激在没有被个体有意识觉察的情况下, 依然可以得到加工并引起相应的情绪反应^[16-19]。阈下情绪启动效应(subliminal affective priming effect)^[17-18, 20-26]的研究为此提供了有力

证据。

阈下情绪启动效应属于情绪启动效应的范畴。很多采用启动范式的研究发现, 当启动刺激具有情绪属性时, 个体对随后目标刺激的判断会受到启动刺激情绪属性的影响。例如, 正性或积极的情绪刺激会诱发个体对随后呈现刺激更积极的评价, 而负性或消极的情绪刺激则会产生相反的效果^[27-29]。再如, 与目标刺激情绪属性一致的启动刺激相比不一致的启动刺激, 会促进个体对目标刺激的识别, 表现出更短的反应时^[30-33]。这种先前呈现的情绪刺激对个体随后做出的评价或判断产生情绪一致性影响的现象被称为情绪启动效应(affective priming effect)^[20, 34-36]。一些研究中, 情绪启动刺激一般是阈上呈现的, 个体对启动刺激具有明确的意识体验, 这种情况下的情绪启动效应被看作是阈上情绪启动效应^[37-39]。而在另一些研究中, 当研究者将启动刺激呈现的时间缩短至十几毫秒甚至几毫秒时, 仍然可以观察到情绪启动效应^[23, 40-41]。这种情况下, 极短时间内呈现的启动刺激达到了阈

* 国家重点研发计划(2021ZD0204202)资助项目。

** 通讯联系人。

Tel: 010-64846950, E-mail: xuanyim@psych.ac.cn

收稿日期: 2022-10-08, 接受日期: 2023-01-11

下呈现的效果,以致个体很难对其有明确的意识体验。因此,人们将这类情绪启动效应称为“阈下情绪启动效应”^[24, 42-43]。

在日常生活中,面部表情是表达和识别情绪的重要途径和线索^[44-45],准确理解面部表情有助于更有效地社交,建立和谐的人际关系,促进个体的社会适应。面部表情还能显示他人的行为意图和动作需求^[46],人们借此可以觉察到周围环境中是否存在威胁或潜在的不安全因素。此外,面部表情识别也具有特异性的加工脑区和神经环路^[47-49]。因此,阈下情绪启动效应的研究更多地采用面部表情作为启动刺激。当然,部分研究也采用情绪词语或情绪图片考察了阈下情绪启动效应^[38, 50-54],但情绪词语涉及阈下语义启动^[55-59],而情绪图片和面部表情的加工机制存在差异^[60-61]。同时,以往采用面部表情作为阈下启动刺激的研究得出的结论相对比较一致,而其他材料的研究结果不尽相同^[62]。鉴于此,本文只聚焦于面部表情的阈下情绪启动效应。

对面部表情的阈下情绪启动效应进行系统综述,能够有效地回答情绪信息是否可以被无意识加工的问题,对理解情绪与意识的关系具有重要意义。由此,本文重点关注以下几个问题:在面部表情的阈下情绪启动效应实验中,如何阈下呈现面部表情,并保证其有效性?面部表情的阈下情绪启动效应有哪些具体表现?其产生的神经机制是什么?如何解释面部表情的阈下情绪启动效应?针对以上问题,本文将首先介绍面部表情阈下情绪启动效应的研究范式和实验中对意识水平的测量;其次,从认知和行为层面以及自主生理反应的角度介绍面部表情的阈下情绪启动效应的具体表现;然后,通过整理神经电生理和脑成像研究发现,阐释面部表情的阈下情绪启动效应产生神经机制;接着,述评已有解释面部表情的阈下情绪启动效应产生机制的理论假设;最后,针对现有研究的不足,对未来研究进行展望。

1 面部表情的阈下情绪启动效应的研究方法

1.1 研究范式

在面部表情的阈下情绪启动效应研究中,实验操作的关键是保证所呈现的启动刺激必须处于被试的感觉阈限之下。为了实现这一目的,在实验室当中主要使用的范式有视觉掩蔽 (visual masking, VM)^[63-65]和连续闪烁抑制 (continuous flash

suppression, CFS) 范式^[7, 66-68]。

VM 范式包括后掩蔽 (backward masking, BM)^[69]、前掩蔽 (forward masking, FM)^[70]和三明治掩蔽 (sandwich masking, SM)^[71-73]三种形式 (图 1a), VM 范式中通常会在目标刺激出现之前以几十毫秒甚至更短的时间呈现面部表情,作为启动刺激,在启动刺激之前 (FM) 或之后 (BM) 呈现较长时间的掩蔽刺激,掩蔽刺激一般为中性面部表情或面部结构打乱重组的图片。在 VM 范式中,短暂呈现的启动刺激会被之前或之后的掩蔽刺激所掩蔽,从而使启动刺激处于被试的感觉阈限之下^[74-76]。BM 范式在实际应用中较为频繁,而在一些实验当中,研究者们为了能够获得更好的掩蔽效果,会将 FM 范式和 BM 范式结合起来使用,形成 SM 范式,即在启动刺激之前和之后都呈现较长时间的掩蔽刺激^[71, 77-78]。

CFS 范式在双眼竞争范式的基础上发展而来,一般通过两种方式实现,一种使用立体反光镜,另一种则使用红蓝 (绿) 眼镜。使用立体反光镜的方式^[79-83] (图 1b),被试的优势眼接受高对比度的视觉抑制刺激,一般为固定变化频率 (10 Hz 或 20 Hz) 的彩色或黑白蒙德里安图片或视觉噪音图片,非优势眼接受低对比度的启动刺激。被试通过立体反光镜观察刺激,优势眼中动态变化的抑制刺激形成了很强的眼间抑制,使得非优势眼中的启动刺激在较长时间内不可见,从而确保了启动刺激一直处于感觉阈限之下。使用红蓝 (绿) 眼镜的方式^[7, 84-89] (图 1c),研究者通过红色 RGB 通道给被试的优势眼呈现高对比度的固定变化频率的红黑色蒙德里安图片或视觉噪音图片,通过蓝 (绿) 色 RGB 通道给被试的非优势眼呈现低对比度的蓝 (绿) 色启动刺激。被试佩戴红蓝 (绿) 眼镜观看刺激,这种方式同样通过眼间抑制实现了启动刺激阈下呈现的效果。

VM 范式和 CFS 范式在阈下启动刺激的呈现方式和持续性方面存在明显区别。VM 范式通过极短的呈现时间以及掩蔽刺激的快速阻断实现阈下呈现的效果,这对刺激呈现时间的精度要求较高,同时需要掩蔽刺激与启动刺激之间保持很强的时空邻近性。因此,VM 范式很难实现阈下启动刺激的长时呈现。相比较而言,CFS 范式采用双眼分视的方法阈下呈现启动刺激,优势眼中高对比度视觉抑制刺激对非优势眼中低对比度启动刺激的抑制可长达数秒。不过,其准备工作比较繁琐,研究者需要事先

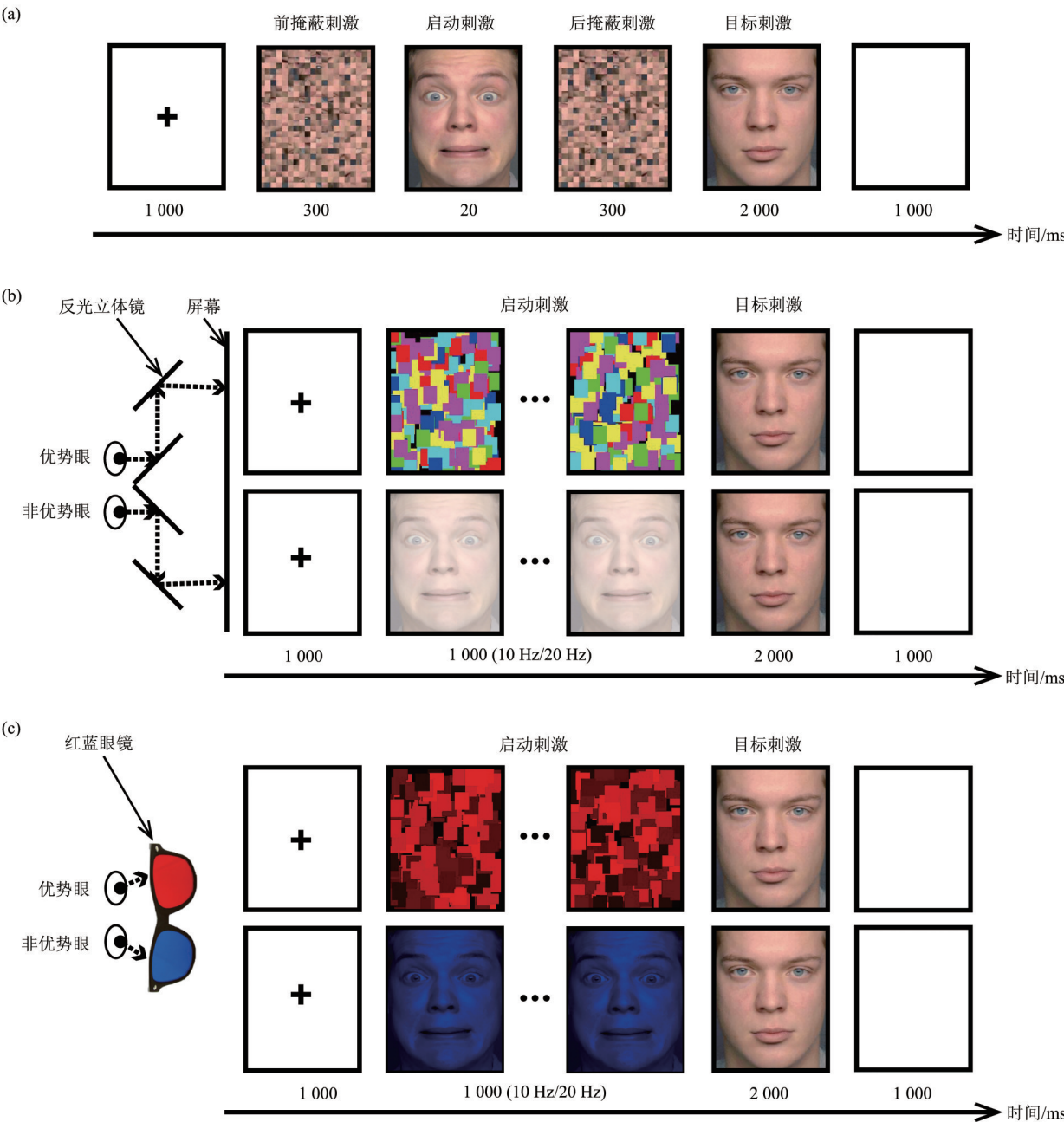


Fig. 1 Schematic illustration of sandwich masking (a) and continuous flash suppression (b and c) paradigms
图1 SM范式 (a) 和CFS范式 (b和c) 示意图

测量被试的优势眼，准备反光立体镜或立体眼镜，使用反光立体镜的方式还需要对左右视野进行对焦校准，并要求实验在灯光关闭或昏暗的环境下进行。

VM 范式和 CFS 范式也具有各自的优势。在 VM 范式中，由于启动刺激很快被掩蔽刺激所代替，掩蔽刺激削弱和缩短了与目标相关的视觉信号输入，可以消除后期处理过程中的逆向反馈^[90]，

有效阻断意识对启动刺激信息加工的影响。在实验操作方面，VM 范式实现起来相对简单，不需要辅助器材，只要呈现刺激的显示器满足所需的刷新率（60 Hz 及以上）即可，实验成本较低。CFS 范式的优势在于，长时呈现的阈下启动刺激能够得到充分的加工，有利于考察大脑对阈下信息加工的动态特征^[91]。同时，CFS 范式还可以实现动态面部表情的阈下呈现^[92]，提高研究的生态效度。此外，在

CFS范式中, 阈下启动刺激的呈现时长也可以被灵活控制^[93], 研究者能够借此考察不同持续时间对阈下情绪启动效应的影响, 探讨阈下情绪启动效应的时间特性问题。在实验操作中, CFS范式可以通过立体反光镜和立体眼镜等多种方式实现。

1.2 意识水平的测量

虽然, 借助VM和CFS范式可以使情绪启动刺激达到阈下呈现的效果。但为了保证个体对阈下情绪启动刺激的确没有意识觉察, 研究者们还需要检查启动刺激阈下呈现的有效性, 测量被试对启动刺激的意识水平。以往研究中意识测量通常有两种方

式, 即主观测量和客观测量。

主观测量一般采用知觉意识量表 (Perceptual Awareness Scale, PAS)^[94], 该量表包含4个项目 (表1)。具体操作为, 每个试次结尾要求被试通过4点评分对阈下情绪启动刺激的意识水平进行主观报告^[86, 95-96]。其中, 1分表示没有体验, 2分表示短暂瞥见, 3分表示比较清晰的体验, 4分表示清晰的体验^[97]。为了确保最终的结论是基于被试对情绪启动刺激的无意识加工, 研究者在数据分析时一般只会保留主观评分为1的试次 (也有研究会将评分为2的试次纳入分析^[98])。

Table 1 Each item of Perceptual Awareness Scale and its description^[94]

表1 PAS的项目及其含义^[94]

项目	描述	评分
没有体验 (No experience)	对刺激没有印象, 所有的回答都是纯猜测	1
短暂瞥见 (Brief glimpse)	感觉到有什么东西出现过, 但不能描述具体内容, 不能进一步详细说明	2
比较清晰的体验 (Almost clear experience)	对刺激的感受比较模糊, 可以比较清晰地感受到刺激的某些特征, 几乎可以肯定自己的回答	3
清晰的体验 (Clear experience)	对刺激有很明确的感受, 对自己的回答毫无疑问	4

虽然采用主观测量方式可通过被试回顾性的主观报告快速测量意识水平, 但此方法也因完全基于无法证实的自我反省和决策过程而受到批评^[17, 99-100]。首先, 被试在主观报告前, 需要正确反省和评估自己先前的知觉印象。然而, 他们有可能无法反省或者在评估中犯错。其次, 即使他们能够准确评估自己先前的知觉印象, 在推断意识水平时采用的阈限也很可能会随时改变, 做出的判断有时根据较少的刺激线索, 有时又根据较多的刺激线索, 这取决于他们对自己做出判断的信心。因此, 不同的自我报告可能反映了个体做出反应的阈限差异而非对刺激本身意识觉察水平的差异^[101]。

鉴于此, 一些研究采用了比较客观的测量方式。客观测量主要使用实验任务, 要求被试在完成主实验之后, 在相同的任务参数设置下继续完成一个只对阈下情绪启动刺激的出现有无或情绪类型 (积极或消极) 的二项迫选 (two alternative forced-choice) 任务^[85, 93, 102-103]。最后, 根据二项分布检验阈下情绪启动刺激反应正确率与随机水平 (0.5) 的差异, 或者根据信号检测论, 计算辨别力指数 d' , 并比较其和0的差异。若以上两种比较的差异不显著, 则认为被试对阈下情绪启动刺激的加工是无意识的。相比于主观测量, 客观测量的可操作

性更强, 可以相对保守和严格地测量被试对阈下情绪启动刺激的意识水平, 在研究中使用更为广泛。不过也有研究^[104]在实验中同时使用主观和客观测量, 以确保意识水平测量的有效性。

一些有关意识的研究^[105-107]系统地讨论了两种意识水平测量方式的准确性。在主观测量中, 大部分个体做选择时会采取比较保守的反应标准, 在对刺激属性具有较为清晰的感受时才做出肯定的回答, 这会使得很多“没有体验”的回答中, 个体可能仍然短暂地瞥见了刺激的部分特征 (如形状), 但这部分意识觉察没有达到按键反应的阈限标准, 从而导致意识水平测量中对无意识的高估。在客观测量中, 研究者借助于最终的统计结果来说明个体对阈下启动刺激是否有意识体验, 依赖于个体对刺激的辨别能力或敏感性。这种方法将辨别能力和意识等同起来, 认为能够辨别就一定具有意识。但在一些情况下, 当反应正确率略高于随机水平时, 并不能将其归因于有意识^[4, 105, 108-109]。因为个体主观上还是认为自己完全凭猜测做出反应, 并没有任何意识体验, 因此客观测量的方式可能会导致意识水平测量中对无意识的低估。

如上所述, 在对意识水平的测量方面, 研究者一般将意识分为排他性的两极, 即个体能意识到或

者不能意识到阈下启动刺激。而实际上, 现有研究还不能明确意识与无意识之间的关系^[110-111]。从无意识到意识可能是一个连续变化的过程, 二者之间存在中间状态^[112]。研究发现的很多无意识加工的情况很可能是少部分意识加工所引起的^[58]。因此, 未来研究在探索更加有效的测量个体意识水平的方法之前, 应当先明确意识和无意识之间的关系。

2 面部表情的阈下情绪启动效应

利用上述阈下呈现启动刺激的两种范式, 结合对阈下启动刺激的意识水平的测量, 研究者发现, 面部表情的阈下情绪启动效应体现在个体认知和行为的多个层面。具体涉及个体对目标刺激的注意和记忆、社会性评价和行为倾向三个方面。

2.1 注意和记忆

阈下面部表情在个体信息加工的早期阶段就产生了影响。研究者通过考察阈下面部表情启动下个体的注意特征来说明这一问题^[113-115]。Mogg 和 Bradley^[114] 研究发现, 在点探测任务中, 与阈下中性或高兴表情相比, 阈下愤怒表情可以加快个体对相同位置出现的探测点的反应。而且当阈下愤怒表情和探测点出现在屏幕左侧时, 这种效应更明显。这反映了阈下情绪刺激调节注意分配的优先倾向, 左视野中较强的效应反映了大脑右半球在此过程中的重要作用。

虽然该研究证实了阈下面部表情对注意分配的影响, 但未能说明影响的是个体对目标的注意定向还是注意解除。Carlson 和 Reinke^[116] 通过比较阈下恐惧表情和探测点位置一致或不一致与基线条件来说明阈下面部表情究竟改变了注意的哪一成分。研究假设如果一致条件下比基线条件反应更快, 则说明阈下面部表情影响了注意定向成分; 如果不一致条件下比基线条件反应更慢, 则说明阈下面部表情影响了注意解除成分。结果发现, 与不一致条件和基线条件相比, 一致条件下被试对探测点的反应时间更短, 未发现不一致条件和基线条件之间的差异, 表明阈下恐惧表情增强了个体的注意定向, 但并未使个体对其产生注意解除困难。

在注意成分的考察中, 个体观察目标刺激时的眼动特征可以更直接地反映某一类刺激引起了个体的注意定向还是注意解除困难^[117]。有研究在被试对阈下面部表情启动下的中性表情效价评分过程中记录其眼动数据。结果发现: 阈下恐惧表情启动后, 被试会更快地将注视点转向随后出现的中性表

情的眼部区域; 而在阈下高兴表情启动后, 被试会更快地将注视点转向随后出现的中性表情的嘴部区域。同时, 被试对随后呈现的中性表情的嘴部和眼部区域的注视时间更长^[118]。该研究表明, 阈下面部表情首先会加速个体的对目标面部表情关键特征的注意定向, 之后也会使个体很难将注意从目标面部表情的关键特征上解除。

除了注意之外, 面部表情阈下情绪启动效应也存在于个体的记忆过程中。Yang 等^[119] 考察了阈下面部表情启动效应对个体内隐记忆的影响。他们将被试分为有意识和无意识组, 通过连续呈现恐惧或中性表情, 要求被试完成线段朝向 (水平或垂直) 的判断。间隔 3 min 后要求被试对阈上呈现的与之前启动刺激身份相同且表情一致或不一致或新的目标面部表情进行分类。结果发现, 两组被试在恐惧条件下对目标面部表情正确分类的反应时均快于其他条件。除了影响对面部表情本身的记忆加工之外, 杨金华等^[120] 发现阈下面部表情还影响随后字母序列的记忆。该研究显示, 被试在阈下正性或负性面部表情的启动下, 再认字母的正确率均达到 80% 以上, 并且阈下正性面部表情启动下的反应时更短, 表明阈下正性面部表情促进了对随后字母序列的信息加工。

以上研究都是在阈下面部表情启动后较短时间间隔内考察了个体对目标刺激的记忆, 另有研究考察了较长时间间隔后, 阈下面部表情启动对记忆的影响。例如, Sweeny 等^[121] 的实验发现, 经过长时间 (21~27 h) 间隔后, 相比于阈下恐惧或中性表情, 阈下高兴表情启动下, 个体对随后出现的作为掩蔽刺激的惊讶表情的评价会更积极, 记忆效果也更好。该研究表明, 阈下面部表情对记忆的影响并不是短暂的, 至少可以持续 24 h 左右。

2.2 社会性评价

实际上, 面部表情的阈下情绪启动效应最早发现于个体对不认识文字的喜好度评价中。经典的实验为 Murphy 和 Zajonc^[23] 的文字偏好判断实验。该实验结果发现, 被试对阈下高兴表情之后出现的汉字喜好度评价更高, 而对阈下愤怒表情之后出现的汉字喜好度评价更低, 并且, 被试也倾向于将阈下高兴表情之后的汉字评价为“好的”, 而将阈下愤怒表情之后出现的汉字评价为“坏的”。此后, 很多研究^[40-41, 85, 88, 122] 也发现了类似的结果。还有研究^[103] 发现, 在对不熟悉的文字喜好度评价中, 阈下动态面部表情相较于静态面部表情会诱发更强的

情绪启动效应。

在对面部表情的情绪评价和分类中,也存在面部表情的阈下情绪启动效应,且当所判断的面部表情为中性或模糊情绪时效应更强^[123]。Suslow等^[34]发现,与阈下中性表情相比,阈下悲伤表情启动下被试对中性面部表情的评价更负。Siegel等^[124]也发现,被试会将阈下不愉快表情之后出现的目标表情判断为更不愉快,将阈下愉快表情之后出现的目标表情判断为更愉快。这些研究在效价维度上探讨了阈下面部表情对目标表情分类判断的影响,Li和Lu^[125]的研究则同时考察了效价和唤醒度在阈下情绪启动效应中的作用。他们发现,只有在消极的高唤醒度面部表情启动下被试对目标面部表情的唤醒度评价才会显著高于低唤醒度条件。在目标表情的情绪分类中,面部表情的阈下情绪启动效应会受个体年龄的影响。Simonetti等^[70]考察了老年人和年轻人在阈下高兴和愤怒表情启动下对目标面部表情的识别。结果发现,对于年轻人而言,两类面部表情均产生了阈下情绪启动效应,而对老年人而言,只有高兴表情产生了阈下情绪启动效应。

面部表情的阈下情绪启动也会影响对他人特质的评价。柳恒超等^[126]考察了阈下呈现的恐惧和厌恶表情对随后中性表情的人物特质评价的影响。结果发现:阈下恐惧表情启动下,被试评价随后出现的中性表情人物具有更强的攻击性和威胁性;阈下厌恶表情启动下,被试评价随后出现的中性表情人物具有更强的无礼性和讨厌性。此外,Anderson等^[127]研究发现:与阈下中性表情启动相比,阈下愉快表情启动下被试对中性面部表情人物的可信度(trustworthiness)评价更高,而阈下不愉快表情启动的情况则相反;与阈下中性表情和不愉快表情启动条件相比,阈下高兴表情启动下被试对中性面部表情人物的讨喜性(likeability)和吸引力(attractiveness)评价更高。他们还发现,与阈下不愉快表情启动条件相比,阈下高兴表情条件下被试对中性面部表情的目标人物的胜任力(competence)和人际温暖性(warmth)评价更高。还有研究发现,双向情感障碍和精神分裂症个体在他人特质评价任务中也表现了类似的阈下情绪启动效应^[128-129]。

在社交情景的评估和疼痛共情方面,也存在面部表情的阈下情绪启动效应。最近,Sagiano等^[86]研究发现,无论是阈下还是阈上条件,愤怒和恐惧

表情都可以促进个体对社交场景的威胁检测,而且阈上条件的效果会更强。同时,阈上愤怒和恐惧表情都会加快个体对模糊社交情景的威胁判断,而在阈下条件中,这种影响仅限于愤怒表情。该研究表明,阈上和阈下面部表情都会影响个体对社会互动的判断。在疼痛共情方面,Ibanez等^[130]考察了自我和他人中性面部表情对随后个体识别疼痛相关刺激的影响。他们发现,在他人面部表情阈下启动下,被试对疼痛词语和图片的分类正确率更高、反应时更短,表现出了阈下他人面部表情对疼痛刺激识别的促进作用。

2.3 行为倾向

研究还发现阈下面部表情会影响人们的行为倾向。Winkielman等^[131]做了一项有趣的研究,在实验中,他们给口渴和不口渴的被试阈下呈现高兴、愤怒和中性面部表情,随后要求被试对一张中性表情做性别判断,紧接着完成自身情绪状态评估或倾倒饮料的任务。结果发现,尽管被试对自身情绪状态的评估没有发生变化,但阈下面部表情对其倾倒饮料的行为产生了影响。具体表现为,阈下高兴表情促使口渴的被试倒出并喝下更多的饮料,而阈下愤怒表情则产生了相反的效果。该项研究表明,阈下面部表情在未引起外显情绪变化的情况下,能够与内在动机产生相互作用,从而影响个体的消费行为。

此外,最近的一项研究^[132]考察了阈下面部表情对婴儿客体选择行为的影响。研究者记录了8~10个月龄的婴儿对两个中性客体(如绿色三角板或圆板)的手动选择行为,而两个中性客体在先前的熟悉化阶段分别被阈下高兴和愤怒表情启动。结果发现,婴儿会更多地抓取被阈下高兴面部表情启动的中性客体,而回避被阈下愤怒表情启动的中性客体。这项研究表明阈下面部表情对人们行为倾向的影响在个体发展的早期就已经形成。

综上所述,面部表情阈下情绪启动效应广泛存在,主要涉及个体的注意和记忆等认知过程,也涉及个体对文字的喜好度评价、中性和模糊表情的情绪分类、他人特质评价、社交情景评估和疼痛共情等社会性评价过程,还涉及个体的消费行为等一些特定行为倾向。这些研究发现也表明,面部表情阈下情绪启动效应在不同类型的目标刺激和任务中具有较强的稳定性。

3 面部表情的阈下情绪启动效应中个体的自主生理反应

上文从行为指标方面总结梳理了面部表情的阈下情绪启动效应的具体表现。除了外在的行为表现之外,大量研究发现,情绪刺激还会引起个体内在自主神经系统活动,从而产生一系列的自主生理反应^[133-135],包括皮肤电反应、心血管系统反应和呼吸系统反应^[136]等。部分研究发现,在面部表情阈下情绪启动效应的产生中也会伴随一些明显的自主生理反应,如皮肤电和心血管系统反应。

3.1 皮肤电

Lapate等^[137]考察了阈上和阈下启动条件下,个体对中性表情做喜好度评价时的皮肤电反应。结果发现,无论是在阈上还是阈下条件,恐惧表情都比花朵图片诱发了更强的皮肤电反应。相关分析发现,在阈下条件中,个体皮肤电反应的幅值与对随后中性表情喜好度评价得分之间呈负相关。而在阈上条件中,个体皮肤电反应的幅值与对随后中性表情的喜好度评价之间不存在显著的相关关系。此外,最近的一项研究^[138]考察了3个月龄的婴儿在阈下面部表情启动下的皮肤电反应。实验中研究者通过前后两个阶段让婴儿观察一个由不同几何图形构成的中性客体,在两个阶段中间阈下呈现高兴、中性或愤怒表情。结果发现,婴儿在阈下愤怒表情启动后的皮肤电反应显著高于启动前的皮肤电反应。同时,在阈下愤怒表情启动后皮肤电反应幅值与婴儿对中性客体的注视时间之间存在显著负相关。然而,这一结果未在阈下高兴和中性表情条件下观察到。

3.2 心血管系统

Gendolla和Silvestrini^[139]考察了被试在阈下面部表情启动下完成简单或困难短时字母记忆任务期间的心血管指标(心电图和血压)在习惯化阶段的变化特点。结果发现,相比于阈下高兴或愤怒表情,阈下悲伤表情启动下交感神经系统向心脏的放电活动更强,即射血前期(cardiac pre-ejection period)的时间更短,收缩压(systolic blood pressure)更高。该研究团队在后来的研究^[140-141]中也发现,在任务简单时阈下悲伤表情会比阈下愤怒表情产生更强的心室射血前期反应,但在任务困难时的反应模式相反。心率结果显示,阈下愤怒表情比悲伤表情引发的情绪反应更强烈。这些发现表明,阈下愤怒和悲伤表情对心血管反应产生了不同

的影响,这种影响会受到任务难度的调节。

4 面部表情的阈下情绪启动效应的神经机制

如前文所述,阈下面部表情使个体对随后目标刺激的认知加工、社会性评价和行为倾向产生了影响。那么,在此过程中,阈下面部表情在个体对目标刺激信息加工的时间进程中产生了怎样的影响?大脑中哪些关键脑区参与了这一过程的信息加工?这些问题涉及到面部表情的阈下情绪启动效应产生的神经机制。现有研究已经采用事件相关电位技术(event-related potential, ERP)和功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术探究了这些问题。

4.1 时间进程

研究发现,在阈下情绪启动效应产生的过程中,阈下面部表情对后续目标刺激的早期加工就产生了影响。例如,阈下恐惧表情引起目标表情情绪分类时的枕叶早期脑电成分P1波幅变化显著大于高兴表情^[142]。还有研究^[143]发现,在阈下低愉悦度的面部表情启动条件下,个体在对马赛克处理的中性面部表情的效价进行分类时,N1波幅显著大于阈下高愉悦度面部表情启动条件。同时,P2波幅的变化与N1成分具有相同的模式。该研究团队在后续的研究^[144]中也发现,当个体对目标刺激情绪分类时,与阈下正性面部表情相比,阈下负性面部表情启动下N1的波幅变化更大。

在众多的ERP成分当中,N170被认为是对面部表情信息进行加工时产生的特异性成分^[145]。Tanaka等^[146]的研究发现,被试在判断模糊恐惧目标表情的情绪类型时,N170的波幅在阈下恐惧表情启动条件下显著小于阈下中性表情启动条件。女性被试在判断中性目标面部表情时,阈下恐惧表情启动条件下的N170波幅显著大于阈下中性表情启动条件。而男性被试在判断中性目标面部表情和恐惧目标面部表情时,阈下恐惧表情启动条件下的N170波幅略小于阈下中性表情启动条件。由于相比于N1,N170通常在160~180 ms的时间窗内达到峰值,也有研究将其看成是潜伏期较晚的N1成分,不对二者进行严格区分^[91, 147]。

此外,一些研究发现,阈下面部表情也会对目标刺激的晚期信息加工过程产生影响。例如,Wang等^[148]采用两种状态的面部表情作为阈下启动刺激,一种是个体正常水平下的常态面部表情

(normal facial expression), 另一种是情绪特别激动时的强烈面部表情 (intense facial expressions)。结果发现, 在强烈面部表情启动下, 当目标面部表情与启动面部表情效价不一致时, N250 的波幅变化显著大于情绪效价一致条件。在常态面部表情启动下, 该模式发生了反转。此外, 在阈下常态面部表情启动下, 当目标面部表情与启动面部表情不一致时, 晚期正成分 (late positive potential, LPP) 波幅显著大于一致条件。Li 等^[142] 研究发现, 与阈下恐惧表情启动条件相比, 阈下高兴表情诱发了目标表情分类时更强的 P3a 波幅变化, 这一差异的头皮区域分布相当广泛, 且在前额到中央区中线位置达到最大值, 反映了个体对正性面部表情的注意定向。Lu 等^[144] 研究还发现, 阈下负性面部表情相比于正性面部表情诱发了目标表情分类时更强的 N300 波幅变化。还有研究^[125] 考察了阈下面部表情启动下效价和唤醒度对模糊面部表情唤醒度评分时的交互影响。结果发现, 在负性面部表情条件下, 与高唤醒面部表情相比, 低唤醒面部表情能够诱发更大的 LPP 和 N400 的波幅变化。然而, 在正性面部表情条件内未观察到这种效应。

总之, 以上时间进程研究的结果表明, P1、N1 和 P2 成分的变化可能反映了个体对目标情绪刺激注意前的处理, 这一过程相对快速、粗糙。因此, 在启动范式下, 阈下面部表情可能改变了个体对目标表情早期的感知分析。P3a 成分在阈下恐惧和高兴表情启动下的差异反映了阈下两类表情引导个体在目标表情信息处理时的注意选择。对于 N300、N400 和 LPP 等晚期成分而言, 以往研究表明它们反映了个体对刺激的情绪类型进行分析和评价的过程, 与更高层次的认知加工相关。因此, 阈下面部表情还可能促进了个体对随后目标表情的认知评价和选择。综合而言, 阈下面部表情启动影响了个体对目标面部表情早期感知, 注意分配, 以及后期的情绪分析与评价, 最终导致了阈下情绪启动效应。

4.2 脑区

杏仁核作为情绪信息加工的关键脑区, 在面部表情阈下情绪启动效应中也扮演重要角色^[149]。Yang 等^[102] 通过记忆任务考察了阈下面部表情启动下的杏仁核的激活状态。在编码阶段, 被试会接受 6 次阈下重复呈现的面部表情。在提取阶段, 被试需要对每张阈上呈现的编码阶段出现过的面部表情或新的面部表情做恐惧或中性的判断。其中一半

的面部表情与编码过程中看到的面部表情效价相同 (一致条件), 另一半效价不同 (不一致条件)。fMRI 的结果显示, 在编码阶段, 相比于中性表情, 阈下恐惧表情条件下杏仁核激活更强。在提取阶段, 相比于一致条件, 不一致条件下杏仁核激活更强。这项研究表明, 杏仁核在阈下面部表情的记忆中具有重要作用。研究还发现, 在阈下情绪启动效应中, 杏仁核的激活模式会受到个体因素的影响。Suslow 等^[150] 研究发现, 在抑郁症个体当中, 阈下悲伤表情启动下右侧杏仁核激活显著强于阈下高兴表情启动条件。而在健康个体当中右侧杏仁核激活模式却相反。

此外, 一些研究发现随着启动刺激意识水平的变化, 杏仁核在阈下情绪启动效应中的作用会受到前额叶皮层的调控。例如, Nomura 等^[151] 研究发现, 在阈下愤怒表情启动下, 右侧杏仁核的激活程度与右腹侧前额叶的激活程度呈负相关。这表明, 在阈下负性面部表情的启动中, 杏仁核和右腹侧前额叶的激活存在此消彼长的关系。此外, 杏仁核的激活程度与被试将目标表情判断为愤怒的比率呈正相关。Lapate 等^[152] 考察了阈上和阈下面部表情启动下, 杏仁核与前额叶的功能连接。结果发现, 在阈下启动中, 右侧杏仁核激活越强时, 个体越倾向于对随后中性表情做出较低的喜好度评价。而在阈上启动中, 杏仁核和前额叶皮层之间的功能连接调节了这种负性评价偏向, 这种效应在前额叶皮质和杏仁核白质通路连接性较强的个体中这更为明显。这项研究表明阈下恐惧表情引起较强的右侧杏仁核激活, 从而使个体对随后中性刺激的评估出现了负性偏差, 但当恐惧表情处于阈上时, 由于受到前额叶皮质的调控, 这种偏差随即减弱。

杏仁核在面部表情的阈下情绪启动效应中发挥了重要作用。这也为情绪信息加工的双通路模型 (dual route model)^[153-157] 提供了证据。该模型的主要观点认为, 大脑的情绪系统包含两条通路: 皮层上通路和皮层下通路^[19]。其中, 皮层上通路主要有颞枕部, 前额叶和扣带回等脑区组成。皮层下通路主要有杏仁核、上丘和丘脑枕等脑区组成^[158-159]。研究发现, 皮层上通路主要参与意识上的情绪信息加工, 而皮层下通路主要负责无意识水平的情绪信息加工^[157-158, 160-162]。在皮层下通路中, 无意识水平的情绪信息首先通过视网膜传递到上丘, 接着经过丘脑枕到达杏仁核, 杏仁核进行情绪意义的分析之后, 再将信息传递到更高级的脑

区^[1, 163]。这条通路绕过了初级感觉皮层和高级认知控制脑区, 可以非常快速地传递情绪信息, 能够对威胁性或负性情绪信息产生自动化反应, 也被人们称为情绪信息加工的“快通路”^[155, 162, 164]。

除了杏仁核之外, 其他脑区也参与阈下情绪启动效应的信息加工。有研究^[28]通过间接方式考察了不同脑区与面部表情阈下情绪启动效应的关系。研究者首先使用fMRI技术记录了大脑不同脑区对被掩蔽的高兴、悲伤和愤怒表情的激活反应。随后要求被试在扫描仪外进行面部表情的阈下情绪启动任务。结果发现, 杏仁核、脑岛、中央前回、中央后回、额下回、纹状体、海马以及枕叶视觉区对被掩蔽的悲伤和愤怒表情的激活反应与在阈下情绪启动任务中对中性目标面部表情的负性评价之间存在显著的正相关。相比较而言, Suslow等^[34]的研究更为直接, 他们在被试对不同面部表情启动下的目标中性面部表情做效价评分时记录了大脑不同脑区的激活。结果发现, 阈下悲伤表情引起杏仁核的激活越强, 个体对其后出现的中性表情的负性评价倾向就越强。其中还涉及内侧、中部、上部额叶区域, 颞中回、枕中回以及脑岛的激活。

在面部表情的阈下情绪启动效应的脑基础研究中一个有趣的发现是, 大脑的激活存在右半球的偏侧化^[16, 157]。除了上述脑影像的研究中杏仁核的激活特点可以说明这种偏侧化现象之外, Sato和Aoki^[165]的行为研究结果也支持这一点。他们发现, 只有当刺激呈现在左侧视野时, 阈下愤怒表情比高兴表情和控制条件能够更大程度地降低个体对中性目标刺激的喜好度评价, 说明了右半球在阈下情绪启动效应的信息加工中具有一定的优势。

总结而言, 面部表情的阈下情绪启动效应中信息加工的关键脑区为杏仁核, 也涉及腹侧前额叶、伏隔核、颞枕区域、海马和脑岛等脑区。这些不同区域的激活可能跟阈下面部表情的情绪类型和具体实验任务有关。同时, 在面部表情的阈下情绪启动效应产生过程中, 大脑右半球存在信息加工优势, 这一现象在杏仁核上尤为明显。

5 面部表情的阈下情绪启动效应的理论解释

如前文所述, 阈下面部表情可以在很多方面产生情绪启动效应。那么, 面部表情的阈下情绪启动效应到底是怎么产生的? 其背后的机制是什么? 回顾以往研究, 人们从不同的角度出发提出了各自的

理论和假设, 尝试解释面部表情的阈下情绪启动效应产生的机制。其中, 具有代表性的有情绪优先假设和感受即信息理论。

5.1 情绪优先假设

Zajonc^[166]提出了情绪优先假设(the affective primacy hypothesis)。该假设认为, 情绪反应可以通过极少的刺激输入而诱发。关注目标评价的情绪系统独立于或部分独立于关注目标意义的认知系统, 情绪反应只需要很少的刺激信息, 就可以快速地发生^[166-168]。情绪系统具有领域特殊性, 关注对情绪凸显性的评价, 对非语义的信息输入(先于意义层面)产生作用, 具有封闭性(独立于加工其他属性的模块), 优先于高阶认知产生的影响^[169]。

Murphy和Zajonc^[23]的实验研究为情绪优先假设提供了支持证据。该研究通过在阈下和阈上条件中比较情绪启动和认知启动两种效应来检验这一假设。研究结果发现, 在阈下启动条件中, 只有情绪启动刺激在被试对目标刺激做出判断时会产生显著作用。而在阈上启动条件中, 只有认知启动刺激对被试的判断产生了显著作用。基于该研究结果, 他们认为, 无意识诱发的情绪具有弥漫性和非特异性, 其来源可能不易受到影响。由于很少受到认知的参与, 这种非特异性的情绪反应会扩散或者移动到个体随后的认知评价和行为反应上, 从而产生了阈下情绪启动效应。

5.2 感受即信息理论

Schwarz和Clore^[170-173]将感受(feeling)看作是情绪影响行为的核心。提出了感受即信息理论(the feelings-as-information theory), 认为人们将自身感受作为信息来源, 不同类型的感受提供了不同类型的信息。人们在做复杂的判断任务时, 会倾向于将自身的情绪感受转向被选择的目标, 通常会问自己“我对它的感受如何”, 当个体处于积极情绪状态时, 就会对目标作出更积极的评价, 而当处于消极情绪状态时, 就会对目标作出更消极的评价。

后来, 一些研究者将感受即信息理论的观点解释为一种情绪的错误归因(affective misattribution)^[127]。认为阈下情绪启动效应的产生是由于个体将阈下启动刺激引起的情绪感受错误地归因到了目标刺激, 从而对目标刺激的判断产生了偏差。此外, Wormwood等^[83]在最近的一项研究也提出了感受即信息理论的一种变式, 即情绪现实主义假设(the affective realism hypothesis), 该假设认为, 偶然的或非偶然的情绪感受会自然地渗入

到人们的知觉当中,并使人们相信它们是感知现实世界的有效窗口。换言之,愉快或不愉快的感受就像颜色和亮度一样,是人们形成的外部世界感知的内在元素。周围有些物体或人被认为是“积极的”或“消极的”,是因为它们曾经和某种情绪感受同时出现过。例如,在对蛇的认识过程中诱发了非常不愉快的感受,之后,蛇就会被认为是非常消极的;再如,当一个法官在饿得难受的时候看到被告人,那么被告人就会被认为是不可信任的。不论是情绪错误归因还是情绪现实主义假设的解释,都立足于感受即信息理论的基本观点,强调阈下情绪启动效应源于启动刺激引起的情绪感受。个体在对这种情绪感受的来源存在疑惑或模棱两可的情况下,就会自然地将其(错误)归因于当前面临的目标刺激上,从而使目标刺激的认知评价出现偏差,产生阈下情绪启动效应。

情绪优先假设和感受即信息理论分别从情绪系统领域特殊性和情绪归因的角度尝试阐释了面部表情的阈下情绪启动效应产生的机制。虽然情绪优先假设具有很强的解释性,但它并未明确情绪和认知这两个系统在人脑当中的具体结构,只是指出下丘脑在情绪表达和唤醒中的重要作用^[167]。并且该理论也未明确阈下情绪信息在情绪系统中如何传递和加工。不过,结合上述情绪信息加工的双通路模型,我们推测,情绪信息加工的皮层下通路可能是情绪优先假设的神经基础,因为这一通路在处理情绪信息时很少受到高级认知皮层的影响,具有一定的领域特异性。但对于这一推测,还需要未来研究进一步验证。此外,情绪优先假设认为情绪系统和认知系统是相互独立的。尤其是情绪系统,具有封闭性,独立于加工其他属性的模块。而实际上情绪系统与认知系统会产生相互作用。因此,与其说二者之间相互独立,不如说二者在信息加工的时程上存在先后顺序。

感受即信息理论最初被提出时主要用于解释阈上情绪启动效应。后来,被人们引入到对阈下情绪启动效应的解释当中,这一理论核心观点是强调个体的情绪感受对随后认知评价的影响。但阈下情绪启动刺激能否真正引起个体的情绪感受,还是一个开放的问题。例如,上述 Winkielman 等^[131]关于饮料消费行为的研究发现,在阈下三类面部表情启动下,被试的情绪感受并没有显著差异。不过,面部表情相比于情绪图片等刺激所诱发的情绪感受可能相对比较微弱,通过主观报告这种外显的方式测查

可能会受到其他因素的影响。当然,已有研究在不同阈下面部表情启动下未发现个体情绪感受的变化,也可能意味着阈下情绪启动并不足以产生一般意义的情绪感受。总之,感受即信息理论在研究者未测查到个体主观情绪感受发生显著变化的情况下,对于阈下情绪启动效应的解释力就会明显削弱。

6 总结与展望

面部表情的阈下情绪启动效应广泛存在,涉及人们的注意和记忆、社会性评价以及行为倾向等多个方面。在情绪启动过程中,阈下面部表情也会引起个体的皮肤电导水平和心血管系统反应增强。以往研究尝试揭示了面部表情的阈下情绪启动效应潜在的神经机制,同时也提出了不同的理论假设对其产生的机制进行解释。这些研究帮助我们对面部表情的阈下情绪启动效应有了较为全面的认识,但还存在一些关键问题亟待解决。以下将从基础理论和实际应用两方面展开,为未来研究提出建议。

在基础理论研究方面:a. 现有研究更多地从现象角度出发,利用不同的任务从多个层面考察了面部表情的阈下情绪启动效应的有无,以及效应在不同范式和任务情景下的稳定性,缺乏对该效应产生机制的两种理论,即情绪优先假设和感受即信息理论的系统性验证。未来研究可以考虑结合两种理论的关键区别,如将有无情绪感受和情绪与认知的神经环路的分布及二者的联接性作为考察指标,系统验证两种理论在不同任务情境下对面面部表情阈下情绪启动效应产生机制解释方面的适用性和准确性。b. 在研究方法中,面部表情阈下呈现的有效性决定实验结论的可靠性。以往采用CFS范式的实验,在测量被试感觉阈限方面还没有形成准确的、统一的方法。本课题组在近期末发表的预实验中也发现,针对单个被试事先测得的感觉阈限,在随后的正式实验中发生了变化,使得有一部分被试在正式实验的很多试次中仍然可以觉察到阈下面部表情,这一情况在以往研究^[85, 87, 127]中也并不罕见。因此,未来研究在采用CFS范式时,需要开发一种有效且快速测量阈下启动刺激感觉阈限的方法,同时保证该方法能够适应不同个体和多种实验环境的差异,从而提高阈下呈现启动刺激的有效性。c. 加强面部表情的阈下情绪启动效应脑机制的研究。一方面,面部表情的阈下情绪启动效应证实了情绪信息的无意识加工,但不能就此说明意识在情绪信息的加工中

没有作用。未来研究可以设置阈下和阈上两种条件, 从神经环路的激活模式入手, 比较不同意识水平下面部表情情绪启动效应的关系, 考察意识在情绪信息加工中的作用。另一方面, 虽然现有研究已经尝试揭示了面部表情的阈下情绪启动效应产生的神经机制。但这些研究大多采用VM范式, 使得启动阶段和目标阶段的信息加工过程可能存在时空重叠。因此, 很难将阈下启动刺激信息加工和其对目标刺激信息加工影响的神经机制有效区分, 无法说明阈下启动刺激究竟对目标刺激信息加工的哪个阶段产生了影响。建议未来研究采用CFS范式将启动阶段和目标阶段有效分离, 准确揭示面部表情的阈下情绪启动效应产生的神经机制。

在实际应用研究方面: a. Winkielman等^[131]关于饮料消费行为的研究振奋人心, 为阈下情绪信息启动可以改变个体的消费行为提供了强有力的证据。因此, 未来研究可以尝试验证阈下情绪启动效应在实际广告或消费场景中的可行性。b. 如前文所述, 阈下面部表情可以诱发个体社会性评价方面的偏差。因此, 阈下情绪启动技术可能还可以应用到说服等与个体态度、观点和行为改变有关的情景中。如通过在对被说服对象呈现说服信息之前, 阈下呈现积极或消极情绪信息, 达到引导被说服对象接受或者拒绝某种观点, 致使其态度或行为倾向发生变化的效果。不过, 这些实际应用研究面临的重要问题是, 在不经严格控制之实验室之外环境中, 要想获得预期的效果存在很大的挑战。一方面, 在非实验环境中实现情绪信息的阈下呈现效果存在技术难度; 另一方面, 即使可以在非实验环境中实现情绪信息的阈下呈现, 但阈下呈现的有效性也难以保证。

参 考 文 献

- [1] 徐茜, 蒋毅. 无意识的情绪面孔加工及其潜在神经机制. 科学通报, 2012, **57**(35): 3358-3366
Xu Q, Jiang Y. Chin Sci Bull, 2012, **57**(35): 3358-3366
- [2] Rajimehr R. Unconscious orientation processing. Neuron, 2004, **41**(4): 663-673
- [3] Hesselmann G, Darcy N, Ludwig K, *et al.* Priming in a shape task but not in a category task under continuous flash suppression. J Vision, 2016, **16**(3): 17
- [4] Boyer J L, Harrison S, Ro T. Unconscious processing of orientation and color without primary visual cortex. Proc Natl Acad Sci USA, 2005, **102**(46): 16875-16879
- [5] Weiskrantz L, Barbur J L, Sahraie A. Parameters affecting conscious versus unconscious visual discrimination with damage to the visual cortex (V1). Proc Natl Acad Sci USA, 1995, **92**(13): 6122-6126
- [6] Yang Y H, Tien Y H, Yang P L, *et al.* Role of consciousness in temporal integration of semantic information. Cogn Affect Behav Neurosci, 2017, **17**(5): 954-972
- [7] Fang F, He S. Cortical responses to invisible objects in the human dorsal and ventral pathways. Nat Neurosci, 2005, **8**(10): 1380-1385
- [8] Almeida J, Mahon B Z, Nakayama K, *et al.* Unconscious processing dissociates along categorical lines. Proc Natl Acad Sci USA, 2008, **105**(39): 15214-15218
- [9] Yiend J. The effects of emotion on attention: a review of attentional processing of emotional information. Cogn Emot, 2010, **24**(1): 3-47
- [10] Fox E. Processing emotional facial expressions: the role of anxiety and awareness. Cogn Affect Behav Neurosci, 2002, **2**(1): 52-63
- [11] Carrette L, Hinojosa J A, Martin-Loeches M, *et al.* Automatic attention to emotional stimuli: neural correlates. Hum Brain Mapp, 2004, **22**(4): 290-299
- [12] Frijda N H. Emotions and Hedonic Experience//Daniel K, Ed D, Norbert S. Well-Being: the foundations of hedonic psychology. New York: Russell Sage Foundation, 1999: 190
- [13] Clore G. Why emotions are never unconscious//Ekman P, Davidson R J. The nature of emotion: fundamental questions. New York: Oxford University Press, 1994: 285-290
- [14] 陈丽, 陈侠, 涂桑, 等. 无意识情绪研究的新方向. 心理科学进展, 2015, **23**(10): 1701-1710
Chen L, Chen X, Tu S, *et al.* Adv Psychol Sci, 2015, **23**(10): 1701-1710
- [15] Larsen R J, Fredrickson B L. Measurement issues in emotion research//Kahneman D, Diener E, Schwarz N. Well-being: the foundations of hedonic psychology. New York: Russell Sage Foundation, 1999: 40-60
- [16] Dahlen A D, Schofield A, Schioth H B, *et al.* Subliminal emotional faces elicit predominantly right-lateralized amygdala activation: a systematic meta-analysis of fMRI studies. Front Neurosci, 2022, **16**: 868366
- [17] Rohr M, Wentura D. Degree and complexity of non-conscious emotional information processing: a review of masked priming studies. Front Hum Neurosci, 2021, **15**: 689369
- [18] Elgendi M, Kumar P, Barbic S, *et al.* Subliminal priming-state of the art and future perspectives. Behav Sci, 2018, **8**(6): 54
- [19] Tamietto M, De Gelder B. Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. Nat Rev Neurosci, 2010, **11**(10): 697-709
- [20] Winkielman P, Knutson B, Paulus M, *et al.* Affective influence on judgments and decisions: moving towards core mechanisms. Rev Gen Psychol, 2007, **11**(2): 179-192
- [21] 刘蓉晖, 王垒. 阈下情绪启动效应. 心理科学, 2000, **23**(3): 352-365
Liu R H, Wang L. J Psychol Sci, 2000, **23**(3): 352-365
- [22] 廖声立, 陶德清. 无意识情绪启动研究新进展. 心理科学,

- 2004, **27**(3): 701-704
- Liao S L, Tao D Q. *J Psychol Sci*, 2004, **27**(3): 701-704
- [23] Murphy S T, Zajonc R B. Affect, cognition, and awareness: affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures. *J Pers Soc Psychol*, 1993, **64**(5): 723-739
- [24] Winkielman P, Zajonc R B, Schwarz N. Subliminal affective priming resists attributional interventions. *Cogn Emot*, 1997, **11**(4): 433-465
- [25] Sato W, Rymarczyk K, Minemoto K, *et al.* Cultural moderation of unconscious hedonic responses to food. *Nutrients*, 2019, **11**(11): 2832
- [26] Wu C G, Zhang J, Yuan Z. Affective picture processing is modulated by emotion word type in masked priming paradigm: an event-related potential study. *J Cogn Psychol*, 2020, **32**(3): 287-297
- [27] Payne B K, Cheng C M, Govorun O, *et al.* An inkblot for attitudes: affect misattribution as implicit measurement. *J Pers Soc Psychol*, 2005, **89**(3): 277-293
- [28] Dannlowski U, Ohrmann P, Bauer J, *et al.* Amygdala reactivity predicts automatic negative evaluations for facial emotions. *Psychiatry Res Neuroimaging*, 2007, **154**(1): 13-20
- [29] Gibbons H. Evaluative priming from subliminal emotional words: insights from event-related potentials and individual differences related to anxiety. *Conscious Cogn*, 2009, **18**(2): 383-400
- [30] Spruyt A, Hermans D, De Houwer J, *et al.* On the nature of the affective priming effect: affective priming of naming responses. *Soc Cogn*, 2002, **20**(3): 227-256
- [31] Fazio R H, Sanbonmatsu D M, Powell M C, *et al.* On the automatic activation of attitudes. *J Pers Soc Psychol*, 1986, **50**(2): 229-238
- [32] Bargh J A, Chaiken S, Raymond P, *et al.* The automatic evaluation effect: unconditional automatic attitude activation with a pronunciation task. *J Exp Soc Psychol*, 1996, **32**(1): 104-128
- [33] Hermans D, De Houwer J, Eelen P. A time course analysis of the affective priming effect. *Cogn Emot*, 2001, **15**(2): 143-165
- [34] Suslow T, Kugel H, Ohrmann P, *et al.* Neural correlates of affective priming effects based on masked facial emotion: an fMRI study. *Psychiatry Res Neuroimaging*, 2013, **211**(3): 239-245
- [35] Fazio R H. On the automatic activation of associated evaluations: an overview. *Cogn Emot*, 2001, **15**(2): 115-141
- [36] Musch J. Affective priming: findings and theories//Musch J, Klauer K C. *The psychology of evaluation: affective processes in cognition and emotion*. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2003: 7-49
- [37] 杨玲, 苏红婷, 曹华, 等. 海洛因戒断者的阈上情绪启动加工特点. *中国心理卫生杂志*, 2020, **34**(7): 567-571
- Yang L, Su H T, Cao H, *et al.* *Chin Ment Health J*, 2020, **34**(7): 567-571
- [38] Su H T, Yang L, Cao H, *et al.* Effect of automatic emotional processing on response inhibition among heroin abstainers. *Psych J*, 2022, **11**(6): 913-921
- [39] Gupta P, Ray D, Sarkar S. Do you see what I see: exploring the role of personality in emotion recognition using a priming paradigm. *Indian J Health Wellbeing*, 2021, **12**(3): 334-338
- [40] Murphy S T, Zajonc R B, Monahan J L. Additivity of nonconscious affect: combined effects of priming and exposure. *J Pers Soc Psychol*, 1995, **69**(4): 589-602
- [41] Rotteveel M, de Groot P, Geutskens A, *et al.* Stronger suboptimal than optimal affective priming?. *Emotion*, 2001, **1**(4): 348-364
- [42] Sato W. Association between dieting failure and unconscious hedonic responses to food. *Front Psychol*, 2020, **11**: 2089
- [43] 杨玲, 苏红婷, 曹华, 等. 海洛因戒断者的阈下情绪启动研究. *心理科学*, 2018, **41**(5): 1247-1253
- Yang L, Su H T, Cao H, *et al.* *J Psychol Sci*, 2018, **41**(5): 1247-1253
- [44] Darwin C, Lorenz K. *The Expression of The Emotions in Man and Animals*. Chicago: University of Chicago Press, 1965: 144-175
- [45] Ekman P. Facial expression and emotion. *Am Psychol*, 1993, **48**(4): 384-392
- [46] Horstmann G. What do facial expressions convey: feeling states, behavioral intentions, or action requests?. *Emotion*, 2003, **3**(2): 150-166
- [47] Haxby J V, Gobbini M I, Furey M L, *et al.* Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science*, 2001, **293**(5539): 2425-2430
- [48] Kanwisher N, McDermott J, Chun M M. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J Neurosci*, 1997, **17**(11): 4302-4311
- [49] Tsao D Y, Freiwald W A, Knutsen T A, *et al.* Faces and objects in macaque cerebral cortex. *Nat Neurosci*, 2003, **6**(9): 989-995
- [50] Kiefer M, Liegel N, Zovko M, *et al.* Mechanisms of masked evaluative priming: task sets modulate behavioral and electrophysiological priming for picture and words differentially. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2017, **12**(4): 596-608
- [51] Winkielman P, Gogolushko Y. Influence of suboptimally and optimally presented affective pictures and words on consumption-related behavior. *Front Psychol*, 2018, **8**: 2261
- [52] Yamada M, Decety J. Unconscious affective processing and empathy: an investigation of subliminal priming on the detection of painful facial expressions. *Pain*, 2009, **143**: 71-75
- [53] Imbir K, Pastwa M, Walkowiak M. The role of the valence, arousing properties and subjective significance of subliminally presented words in affective priming. *J Psycholinguist Res*, 2023, **52**(1): 33-56
- [54] Wu C G, Zhang J, Yuan Z. Exploring affective priming effect of emotion-label words and emotion-laden words: an event-related potential study. *Brain Sci*, 2021, **11**: 553
- [55] Abrams R L, Greenwald A G. Parts outweigh the whole (word) in unconscious analysis of meaning. *Psychol Sci*, 2000, **11**(2): 118-124
- [56] Greenwald A G, Draine S C, Abrams R L. Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 1996, **273**: 1699-1702
- [57] Van den Bussche E, Van den Noortgate W, Reynvoet B. Mechanisms of masked priming: a meta-analysis. *Psychol Bull*, 2009, **135**(3): 452-477

- [58] 伍姗姗, 谭金凤, 王丽君, 等. 阈下语义启动效应影响因素述评. 心理科学进展, 2013, **21**(4): 626-636
Wu S S, Tan J F, Wang L J, *et al.* Adv Psychol Sci, 2013, **21**(4): 626-636
- [59] Donges U S, Suslow T. Associations between trait emotional awareness and automatic emotion processing. Nord Psychol, 2018, **70**(2): 160-175
- [60] Britton J C, Taylor S F, Sudheimer K D, *et al.* Facial expressions and complex IAPS pictures: common and differential networks. NeuroImage, 2006, **31**(2): 906-919
- [61] Geday J, Gjedde A, Boldsen A S, *et al.* Emotional valence modulates activity in the posterior fusiform gyrus and inferior medial prefrontal cortex in social perception. NeuroImage, 2003, **18**(3): 675-684
- [62] Cox E J, Sperandio I, Laycock R, *et al.* Conscious awareness is required for the perceptual discrimination of threatening animal stimuli: a visual masking and continuous flash suppression study. Conscious Cogn, 2018, **65**: 280-292
- [63] Esteves F, Ohman A. Masking the face: recognition of emotional facial expressions as a function of the parameters of backward masking. Scand J Psychol, 1993, **34**(1): 1-18
- [64] Ohman A. Face the beast and fear the face: animal and social fears as prototypes for evolutionary analyses of emotion. Psychophysiology, 1986, **23**(2): 123-145
- [65] Wentura D, Rohr M. Emotion-specific priming effects with marginally perceptible facial expression primes: evidence from the "Leave-One-Out" paradigm. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 2018, **44**(12): 1946-1969
- [66] Tsuchiya N, Koch C. Continuous flash suppression reduces negative afterimages. Nat Neurosci, 2005, **8**(8): 1096-10101
- [67] Pourmaghdali A, Schwartz B L. Continuous flash suppression: known and unknowns. Psychon Bull Rev, 2020, **27**(6): 1071-1103
- [68] Blake R, Goodman R, Tomarken A, *et al.* Individual differences in continuous flash suppression: potency and linkages to binocular rivalry dynamics. Vision Res, 2019, **160**: 10-23
- [69] Morris J S, Ohman A, Dolan R J. Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. Nature, 1998, **393**: 467-470
- [70] Simonetti S, Davis C, Kim J. Older adults get masked emotion priming for happy but not angry faces: evidence for a positivity effect in early perceptual processing of emotional signals. Cogn Emot, 2022, **36**(8): 1576-1593
- [71] Henson R N, Mouchlianitis E, Matthews W J, *et al.* Electrophysiological correlates of masked face priming. NeuroImage, 2008, **40**(2): 884-895
- [72] Harris J A, Wu C T, Woldorff M G. Sandwich masking eliminates both visual awareness of faces and face-specific brain activity through a feedforward mechanism. J Vision, 2011, **11**(7): 3
- [73] Pesciarelli F, Leo I, Serafini L. Electrophysiological correlates of unconscious processes of race. Sci Rep, 2021, **11**(1): 11646
- [74] Dimberg U, Thunberg M, Elmehed K. Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. Psychol Sci, 2000, **11**(1): 86-89
- [75] Smith M L. Rapid processing of emotional expressions without conscious awareness. Cereb Cortex, 2012, **22**(8): 1748-1760
- [76] Whalen P J, Rauch S L, Etcoff N L, *et al.* Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. J Neurosci, 1998, **18**(1): 411-418
- [77] Stein T, Seymour K, Hebart M N, *et al.* Rapid fear detection relies on high spatial frequencies. Psychol Sci, 2014, **25**(2): 566-574
- [78] Kimchi R, Devyatko D, Sabary S. Can perceptual grouping unfold in the absence of awareness? Comparing grouping during continuous flash suppression and sandwich masking. Conscious Cogn, 2018, **60**: 37-51
- [79] Adams W J, Gray K L H, Garner M, *et al.* High-level face adaptation without awareness. Psychol Sci, 2010, **21**(2): 205-210
- [80] Yang E, Hong S W, Blake R. Adaptation aftereffects to facial expressions suppressed from visual awareness. J Vision, 2010, **10**(12): 24
- [81] Tsuchiya N, Koch C, Gilroy L A, *et al.* Depth of interocular suppression associated with continuous flash suppression, flash suppression, and binocular rivalry. J Vision, 2006, **6**(10): 1068-1078
- [82] Zhan M Y, de Gelder B. Unconscious fearful body perception enhances discrimination of conscious anger expressions under continuous flash suppression. Neuropsychologia, 2019, **128**: 325-331
- [83] Wormwood J B, Siegel E H, Kopec J, *et al.* You are what I feel: a test of the affective realism hypothesis. Emotion, 2019, **19**(5): 788-798
- [84] Jiang Y, He S. Cortical responses to invisible faces: dissociating subsystems for facial-information processing. Curr Biol, 2006, **16**(20): 2023-2029
- [85] Almeida J, Pajtas P E, Mahon B Z, *et al.* Affect of the unconscious: visually suppressed angry faces modulate our decisions. Cogn Affect Behav Neurosci, 2013, **13**(1): 94-101
- [86] Sagliano L, Maiese B, Trojano L. Danger is in the eyes of the beholder: the effect of visible and invisible affective faces on the judgment of social interactions. Cognition, 2020, **203**: 104371
- [87] Troiani V, Price E T, Schultz R T. Unseen fearful faces promote amygdala guidance of attention. Soc Cogn Affect Neurosci, 2014, **9**(2): 133-140
- [88] Chiesa P A, Liuzza M T, Acciarino A, *et al.* Subliminal perception of others' physical pain and pleasure. Exp Brain Res, 2015, **233**(8): 2373-2382
- [89] Quettier T, Gambarota F, Tsuchiya N, *et al.* Blocking facial mimicry during binocular rivalry modulates visual awareness of faces with a neutral expression. Sci Rep, 2021, **11**: 9972
- [90] Dehaene S, Changeux J P, Naccache L, *et al.* Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. Trends Cogn Sci, 2006, **10**(5): 204-211
- [91] Jiang Y, Shannon R W, Vizueta N, *et al.* Dynamics of processing invisible faces in the brain: automatic neural encoding of facial expression information. NeuroImage, 2009, **44**(3): 1171-1177

- [92] Han S, Alais D, Palmer C. Dynamic face mask enhances continuous flash suppression. *Cognition*, 2021, **206**: 104473
- [93] Yang Y H, Yeh S L. Unconscious processing of facial expression as revealed by affective priming under continuous flash suppression. *Psychon Bull Rev*, 2018, **25**(6): 2215-2223
- [94] Ramsøy T Z, Overgaard M. Introspection and subliminal perception. *Phenomenol Cogn Sci*, 2004, **3**(1): 1-23
- [95] Stein T, Peelen M V. Dissociating conscious and unconscious influences on visual detection effects. *Nat Hum Behav*, 2021, **5**(5): 612-624
- [96] Lahteenmaki M, Hyona J, Koivisto M, *et al.* Affective processing requires awareness. *J Exp Psychol Gen*, 2015, **144**(2): 339-365
- [97] Vetter P, Badde S, Phelps E A, *et al.* Emotional faces guide the eyes in the absence of awareness. *Elife*, 2019, **8**: e43476
- [98] Izatt G, Dubois J, Faivre N, *et al.* A direct comparison of unconscious face processing under masking and interocular suppression. *Front Psychol*, 2014, **5**: 659
- [99] Merikle P M, Reingold E M. Measuring unconscious perceptual processes//Bornstein R F, Pittman T S. *Perception without awareness: Cognitive, clinical, and social perspectives*. New York: Guilford Press, 1992: 55-80
- [100] Schmidt T. Invisible stimuli, implicit thresholds: why invisibility judgments cannot be interpreted in isolation. *Adv Cogn Psychol*, 2015, **11**(2): 31-41
- [101] Eriksen C W. Discrimination and learning without awareness: a methodological survey and evaluation. *Psychol Rev*, 1960, **67**(5): 279-300
- [102] Yang J, Cao Z, Xu X, *et al.* The amygdala is involved in affective priming effect for fearful faces. *Brain Cogn*, 2012, **80**(1): 15-22
- [103] Sato W, Kubota Y, Toichi M. Enhanced subliminal emotional responses to dynamic facial expressions. *Front Psychol*, 2014, **5**: 994
- [104] Lohse M, Overgaard M. Emotional priming depends on the degree of conscious experience. *Neuropsychologia*, 2019, **128**: 96-102
- [105] Timmermans B, Cleeremans A. How can we measure awareness? An overview of current methods//Morten Overgaard. *Behavioral Methods in Consciousness Research*. Oxford: Oxford University Press, 2015: 21-46
- [106] Dienes Z. Assumptions of subjective measures of unconscious mental states: higher order thoughts and bias. *J Conscious Stud*, 2004, **11**(9): 25-45
- [107] Fu Q F, Fu X L, Dienes Z. Implicit sequence learning and conscious awareness. *Conscious Cogn*, 2008, **17**(1): 185-202
- [108] Merikle P M, Smilek D, Eastwood J D. Perception without awareness: perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 2001, **79**(1-2): 115-134
- [109] Mazzi C, Bagattini C, Savazzi S. Blind-sight vs. degraded-sight: different measures tell a different story. *Front Psychol*, 2016, **7**: 901
- [110] 周仁来. 阈下知觉研究中觉知状态测量方法的发展与启示. *心理科学进展*, 2004, **12**(3): 321-329
Zhou R L. *Adv Psychol Sci*, 2004, **12**(3): 321-329
- [111] Jacoby L L, Toth J P, Yonelinas A P, *et al.* The relationship between conscious and unconscious influences: independence or redundancy?. *J Exp Psychol Gen*, 1994, **123**(2): 216-219
- [112] Wiens S. Subliminal emotion perception in brain imaging: findings, issues, and recommendations//Anders S, Ende G, Junghoffer M, *et al.* *Progress in Brain Research*. Amsterdam: Elsevier Science & Technology, 2006: 105-121
- [113] Sun Y L, Xu L Z, Luo X Y, *et al.* Unconscious social relation threats: Invisible boss face biases attention. *Atten Percept Psychophys*, 2022, **84**(1): 76-88
- [114] Mogg K, Bradley B P. Orienting of attention to threatening facial expressions presented under conditions of restricted awareness. *Cogn Emot*, 1999, **13**(6): 713-740
- [115] Wang M M, Han B X, Liu Q, *et al.* Attentional bias of subliminal emotional faces in adolescents with obsessive-compulsive disorder. *Neurocase*, 2021, **27**(1): 22-29
- [116] Carlson J M, Reinke K S. Masked fearful faces modulate the orienting of covert spatial attention. *Emotion*, 2008, **8**(4): 522-529
- [117] Bodenschatz C M, Skopinceva M, Russ T, *et al.* Face perception without subjective awareness: emotional expressions guide early gaze behavior in clinically depressed and healthy individuals. *J Affect Disord*, 2020, **265**: 91-98
- [118] Bodenschatz C M, Kersting A, Suslow T. Effects of briefly presented masked emotional facial expressions on gaze behavior: an eye-tracking study. *Psychol Rep*, 2019, **122**(4): 1432-1448
- [119] Yang J J, Xu X H, Du X Y, *et al.* Effects of unconscious processing on implicit memory for fearful faces. *PLoS One*, 2011, **6**(2): e14641
- [120] 杨金华, 邱江, 王曼, 等. 阈下正负性情绪启动对图像记忆影响的ERP研究. *西南大学学报(自然科学版)*, 2011, **33**(8): 162-166
Yang J H, Qiu J, Wang M, *et al.* *J Southwest Univ (Nat Sci)*, 2011, **33**(8): 162-166
- [121] Sweeny T D, Grabowecky M, Suzuki S, *et al.* Long-lasting effects of subliminal affective priming from facial expressions. *Conscious Cogn*, 2009, **18**(4): 929-938
- [122] Kim M, Kim J, Jeong B. Diffusion model-based understanding of subliminal affective priming in continuous flash suppression. *Sci Rep*, 2021, **11**: 11534
- [123] Haneda K, Nomura M, Iidaka T, *et al.* Interaction of prime and target in the subliminal affective priming effect. *Percept Mot Skills*, 2003, **96**(2): 695-702
- [124] Siegel E H, Wormwood J B, Quigley K S, *et al.* Seeing what you feel: affect drives visual perception of structurally neutral faces. *Psychol Sci*, 2018, **29**(4): 496-503
- [125] Li T T, Lu Y. The subliminal affective priming effects of faces displaying various levels of arousal: an ERP study. *Neurosci Lett*, 2014, **583**: 148-153
- [126] 柳恒超, 许燕, 周仁来. 阈下启动的恐惧和厌恶情绪对人际判断的影响. *心理学探新*, 2010, **30**(1): 37-41
Liu H C, Xu Y, Zhou R L. *Psychol Explor*, 2010, **30**(1): 37-41
- [127] Anderson E, Siegel E, White D, *et al.* Out of sight but not out of mind: unseen affective faces influence evaluations and social impressions. *Emotion*, 2012, **12**(6): 1210-1221

- [128] Gruber J, Siegel E H, Purcell A L, *et al.* Unseen positive and negative affective information influences social perception in bipolar I disorder and healthy adults. *J Affect Disord*, 2016, **192**: 191-198
- [129] Kring A M, Siegel E H, Barrett L F. Unseen affective faces influence person perception judgments in schizophrenia. *Clin Psychol Sci*, 2014, **2**(4): 443-454
- [130] Ibanez A, Hurtado E, Lobos A, *et al.* Subliminal presentation of other faces (but not own face) primes behavioral and evoked cortical processing of empathy for pain. *Brain Res*, 2011, **1398**: 72-85
- [131] Winkielman P, Berridge K C, Wilbarger J L. Unconscious affective reactions to masked happy versus angry faces influence consumption behavior and judgments of value. *Pers Soc Psychol Bull*, 2005, **31**(1): 121-135
- [132] Nava E, Turati C. Preverbal infants tune manual choices on subliminal affective information. *Infant Behav Dev*, 2022, **69**: 101774
- [133] 易欣, 葛列众, 刘宏艳. 正负性情绪的自主神经反应及应用. *心理科学进展*, 2015, **23**(1): 72-84
Yi X, Ge L Z, Liu H Y. *Adv Psychol Sci*, 2015, **23**(1): 72-84
- [134] Levenson R W. The autonomic nervous system and emotion. *Emot Rev*, 2014, **6**(2): 100-112
- [135] Lang P J. Emotion's response patterns: the brain and the autonomic nervous system. *Emot Rev*, 2014, **6**(2): 93-99
- [136] Kreibitz S D. Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biol Psychol*, 2010, **84**(3): 394-421
- [137] Lapate R C, Rokers B, Li T Y, *et al.* Nonconscious emotional activation colors first impressions: a regulatory role for conscious awareness. *Psychol Sci*, 2014, **25**(2): 349-357
- [138] Nava E, Turati C. Subliminal affective priming changes the 'feeling' towards neutral objects in infancy. *Soc Neurosci*, 2020, **15**(4): 447-457
- [139] Gendolla G H E, Silvestrini N. Smiles make it easier and so do frowns: masked affective stimuli influence mental effort. *Emotion*, 2011, **11**(2): 320-328
- [140] Freydefont L, Gendolla G H E, Silvestrini N. Beyond valence: the differential effect of masked anger and sadness stimuli on effort-related cardiac response. *Psychophysiology*, 2012, **49**(5): 665-671
- [141] Framorando D, Gendolla G H E. Prime visibility moderates implicit anger and sadness effects on effort-related cardiac response. *Biol Psychol*, 2018, **135**: 204-210
- [142] Li W, Zinbarg R E, Boehm S G, *et al.* Neural and behavioral evidence for affective priming from unconsciously perceived emotional facial expressions and the influence of trait anxiety. *J Cogn Neurosci*, 2008, **20**(1): 95-107
- [143] 吕勇, 张伟娜, 沈德立. 不同愉悦度面孔阈下情绪启动效应: 来自ERP的证据. *心理学报*, 2010, **42**(9): 929-938
Lu Y, Zhang W N, Shen D L. *Acta Psychol Sin*, 2010, **42**(9): 929-938
- [144] Lu Y, Zhang W N, Hu W, *et al.* Understanding the subliminal affective priming effect of facial stimuli: an ERP study. *Neurosci Lett*, 2011, **502**(3): 182-185
- [145] Eimer M, Holmes A. An ERP study on the time course of emotional face processing. *Neuroreport*, 2002, **13**(4): 427-431
- [146] Tanaka M, Yamada E, Maekawa T, *et al.* Gender differences in subliminal affective face priming: a high-density ERP study. *Brain Behav*, 2021, **11**: e02060
- [147] Suzuki M, Noguchi Y. Reversal of the face-inversion effect in N170 under unconscious visual processing. *Neuropsychologia*, 2013, **51**(3): 400-409
- [148] Wang Y M, Chen J, Ku Y X. Subliminal affective priming effect: dissociated processes for intense versus normal facial expressions. *Brain Cogn*, 2021, **148**: 105674
- [149] Morris J S, Ohman A, Dolan R J. Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 1998, **393**: 467-470
- [150] Suslow T, Konrad C, Kugel H, *et al.* Automatic mood-congruent amygdala responses to masked facial expressions in major depression. *Biol Psychiatry*, 2010, **67**(2): 155-160
- [151] Nomura M, Ohira H, Haneda K, *et al.* 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*, 2004, **21**(1): 352-363
- [152] Lapate R C, Rokers B, Tromp D P M, *et al.* Awareness of emotional stimuli determines the behavioral consequences of amygdala activation and amygdala-prefrontal connectivity. *Sci Rep*, 2016, **6**(1): 25826
- [153] Ledoux J E. Cognitive-emotional interactions in the brain. *Cogn Emot*, 1989, **3**(4): 267-289
- [154] LeDoux J E. Brain mechanisms of emotion and emotional learning. *Curr Opin Neurobiol*, 1992, **2**(2): 191-197
- [155] LeDoux J E. Emotion circuits in the brain. *Annu Rev Neurosci*, 2000, **23**(1): 155-184
- [156] LeDoux J. The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life. London: Phoenix, 1999: 161-165
- [157] Gainotti G. Unconscious processing of emotions and the right hemisphere. *Handbook of Clinical Neurology*, 2021, **183**: 27-46
- [158] Morris J S, DeGelder B, Weiskrantz L, *et al.* Differential extrageniculate and amygdala responses to presentation of emotional faces in a cortically blind field. *Brain*, 2001, **124**(6): 1241-1252
- [159] Kragel P A, Ceko M, Theriault J, *et al.* A human colliculus-pulvinar-amygdala pathway encodes negative emotion. *Neuron*, 2021, **109**(15): 2404-2412
- [160] Morris J S, Ohman A, Dolan R J. A subcortical pathway to the right amygdala mediating "unseen" fear. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1999, **96**(4): 1680-1685
- [161] Williams L M, Das P, Liddell B J, *et al.* Mode of functional connectivity in amygdala pathways dissociates level of awareness for signals of fear. *J Neurosci*, 2006, **26**(36): 9264-9271
- [162] Ladavas E, Bertini C. Right hemisphere dominance for unconscious emotionally salient stimuli. *Brain Sci*, 2021, **11**(7): 823

- [163] Liddell B J, Brown K J, Kemp A H, *et al.* A direct brainstem-amygdala-cortical ‘alarm’ system for subliminal signals of fear. *NeuroImage*, 2005, **24**(1): 235-243
- [164] LeDoux J. The emotional brain, fear, and the amygdala. *Cell Mol Neurobiol*, 2003, **23**(4-5): 727-738
- [165] Sato W, Aoki S. Right hemispheric dominance in processing of unconscious negative emotion. *Brain Cogn*, 2006, **62**(3): 261-266
- [166] Zajonc R B. Feeling and thinking: preferences need no inferences. *Am Psychol*, 1980, **35**(2): 151-175
- [167] Zajonc R B. On the primacy of affect. *Am Psychol*, 1984, **39**(2): 117-123
- [168] Ekman P E, Davidson R J. The nature of emotion: fundamental questions. New York: Oxford University Press, 1994: 291-297
- [169] Fodor J A. The modularity of mind: an essay on faculty psychology//Adler J E, Rips L J. *Studies of human inference and its foundations*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008: 878-914
- [170] Schwarz N. Feelings-as-information theory//Paul Van L, Arie K, Higgins E. *Handbook of theories of social psychology*. London: SAGE Publications Ltd, 2012: 289-308
- [171] Schwarz N. Feelings as information: implications for affective influences on information processing//Martin L L, Clore G L. *Theories of Mood and Cognition: A User’s Guidebook*. London: Psychology Press, 2001: 159-176
- [172] Schwarz N, Clore G L. Mood as information: 20 years later. *Psychol Inq*, 2003, **14**(3-4): 296-303
- [173] Schwarz N, Clore G. Feelings and phenomenal experiences//Higgins E T, Kruglanski A W. *Social Psychology: Handbook of Basic Principles*. New York: Guilford Press, 1996: 433-465

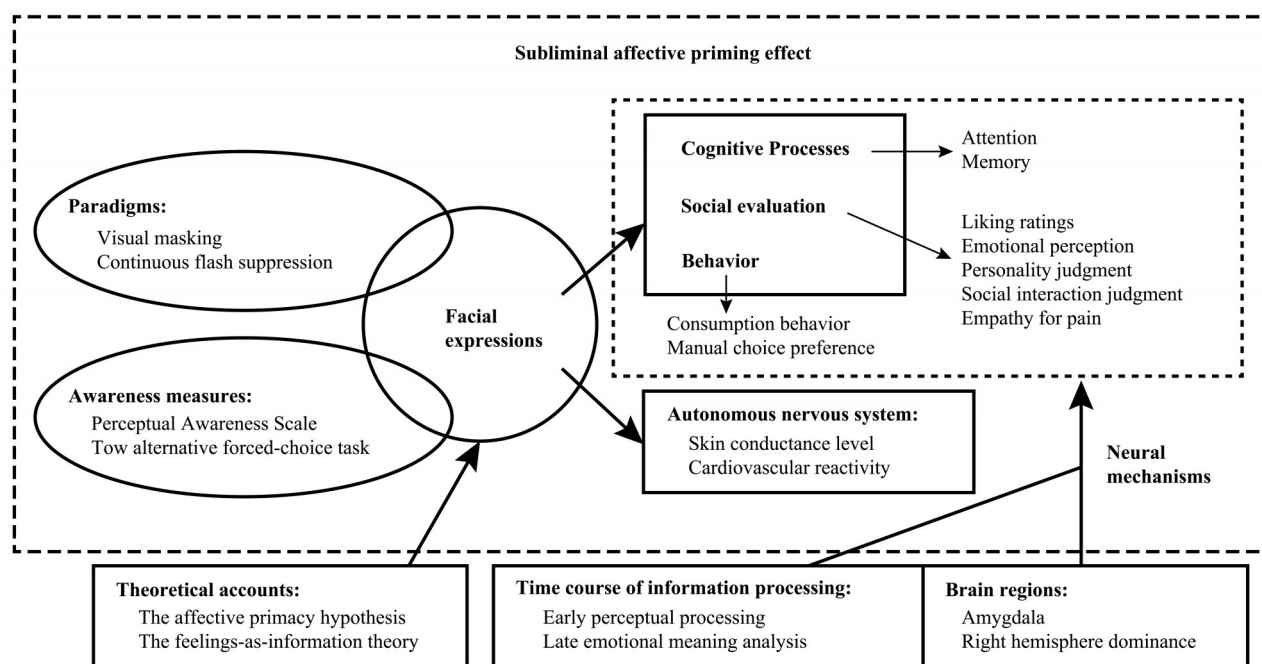
The Subliminal Affective Priming Effect of Facial Expression and Its Mechanisms*

LI Cai-Wen^{1,2)}, CHEN Qin^{1,2)}, XUAN Yu-Ming^{1,2)**}, FU Xiao-Lan^{1,2)}

⁽¹⁾State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

⁽²⁾Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China)

Graphical abstract



Abstract Can emotional information be unconsciously processed by the brain? The subliminal affective priming effect provides rigorous evidence for this question. With the visual masking and continuous flash suppression paradigms, the subliminal affective priming effect has been found in tasks on attention and memory, social evaluation and even behavior preference when invisibly facial expressions are employed as primes. It has also been shown that the participants' skin conductance level and cardiovascular reactivity are enhanced in these tasks. The findings from studies that aimed to explore neural mechanisms suggest that unconsciously perceived facial expressions have an influence on the early perceptual processing and late emotional meaning analysis of the target stimuli, in which the amygdala plays an important role. The affective primacy hypothesis and the feelings-as-information theory are proposed to explain the mechanism of the subliminal affective priming effect from the perspectives of domain specificity of affective system and affective attribution. Finally, potential directions for future studies are suggested.

Key words subliminal affective priming effect, facial expression, autonomic physiological response, neural mechanisms, theoretical accounts

DOI: 10.16476/j.pibb.2022.0474

* This work was supported by a grant from the National Key R&D Program of China (2021ZD0204202).

** Corresponding author.

Tel: 86-10-64846950, E-mail: xuanym@psych.ac.cn

Received: October 8, 2022 Accepted: January 11, 2023