

Neural Mechanism of Explicit and Implicit Processing of Facial Attractiveness

Junchen Shang¹, Xuejiao Hou¹, Weijun Li^{2*}, Jinfeng Huang³

¹School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

²Research Center of Brain and Cognitive Neuroscience, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

³Angang Senior Middle School, Anshan Liaoning

Email: li_wj@126.com

Received: Jul. 20th, 2020; accepted: Aug. 4th, 2020; published: Aug. 11th, 2020

Abstract

Facial attractiveness plays a crucial role in human survival and social interaction. A lot of researchers used ERP and fMRI to examine brain responses elicited by facial attractiveness and the factors which influence the processing of facial attractiveness. ERP studies of explicit task found differences in N3 induced by different levels of facial attractiveness, while facial attractiveness elicited N1 and N2 in implicit task, because of the differences among various studies in stimuli, paradigm, etc. Moreover, explicit tasks found that the dorsal posterior parietal cortex, cuneus, post-centralgyrus, left inferior parietal lobe, and middle temporal gyrus were activated by facial attractiveness, whereas implicit tasks found that the putamen, ventral tegmental areas, fusiform face area, paracentral lobule, superior temporal gyrus, and precuneus were activated by facial attractiveness. Meanwhile, due to the reward value of facial attractiveness, it elicited multiple similar neural activities in both explicit and implicit tasks, suggesting automatic and unconscious processing of facial attractiveness. Specifically, both explicit task and implicit task found differences in P1, P2, N170, EPN, P3 and LPC induced by different levels of facial attractiveness. The neuroimaging studies of explicit and implicit tasks found that facial attractiveness activated the amygdala, caudate nucleus, nucleus accumbens, cingulate cortex, prefrontal cortex, cerebellum, hippocampus, the occipital visual regions (lingual gyrus, middle occipital gyrus, ventral occipital region), and insula. Future research could explore the neural mechanisms of unconscious processing of facial attractiveness, and cross-channel integration processing of attractiveness.

Keywords

Facial Attractiveness, Explicit Processing, Implicit Processing, ERP, fMRI

面孔吸引力外显加工和内隐加工的神经机制

尚俊辰¹, 侯雪娇¹, 李卫君^{2*}, 黄金凤³

*通讯作者。

¹辽宁师范大学, 心理学院, 辽宁 大连

²辽宁师范大学, 脑与认知神经科学研究中心, 辽宁 大连

³鞍钢高级中学, 辽宁 鞍山

Email: ¹li_wj@126.com

收稿日期: 2020年7月20日; 录用日期: 2020年8月4日; 发布日期: 2020年8月11日

摘要

面孔吸引力在人类的生存和社会交往中扮演着重要的角色。前人使用ERP和fMRI技术探讨了面孔吸引力加工的神经机制及其影响因素。研究发现, 由于刺激材料、范式等不同, 面孔吸引力在外显任务中诱发了N3, 在内隐任务中诱发了N1、N2。同时, 外显任务激活了楔叶、颞中回、背侧后顶叶、顶下小叶、中央后回; 内隐任务则激活了壳核、腹侧被盖区、梭状回、楔前叶、颞上回和旁中央小叶。然而, 面孔吸引力在外显和内隐任务中的加工均诱发了包括P1、P2、N170、EPN、P3和LPC在内的脑电效应, 并激活了诸如前额叶、尾状核、伏隔核、右侧杏仁核、脑岛、小脑、扣带回、海马和枕叶皮层(舌回、枕中回、腹侧枕叶)这些类似的脑区。表明面孔吸引力加工兼具自动性和奖赏性特点, 未来可探讨面孔吸引力的无意识加工, 以及跨通道吸引力整合加工的神经机制。

关键词

面孔吸引力, 外显加工, 内隐加工, ERP, fMRI

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

尚美之道, 千古之风。人们似乎生来就对美的面孔存在偏好, 认为“美即是好”。面孔吸引力(facial attractiveness)是指“目标人物面孔所诱发的积极愉悦的情绪体验并驱使他人产生一定程度的接近意愿”(综述见, 寇慧等, 2013; 李欧, 陈红, 2010)。有面孔吸引力的个体被认为拥有更多良好的人格特质(Langlois et al., 2000), 会获得更高的薪水(Hamermesh & Biddle, 1994)。从进化角度讲, 面孔吸引力还会影响人们的择偶行为(综述见, 徐华伟, 牛盾, 李倩, 2016; Rhodes, 2006), 而且对男性择偶影响大于女性(王雨晴, 姚鹏飞, 周国梅, 2015)。

Haxby, Hoffman 和 Gobbini (2000)提出面孔知觉的分布式神经系统模型。该模型包括两个系统: 核心系统和外围系统。前者包括枕下回、颞上沟和外侧梭状回, 主要负责加工视觉信息, 例如面部特征的早期知觉和对面孔表情、身份、眼睛注视方向的知觉等; 后者包括顶内沟、听觉皮层、杏仁核、脑岛、边缘系统和前颞叶, 主要负责对他人情绪、注意、言语和身份信息处理。Senior (2003)在核心系统颞上沟的基础上进一步扩展了该模型, 特别是面孔吸引力加工中涉及的奖赏系统, 包括豆状核下延伸的杏仁核、腹侧被盖区、伏隔核、眶额皮层和腹内侧前额叶皮层。由此, 面孔吸引力的加工受到越来越多研究者的关注(综述见, 马华维, 俞琴燕, 陈浩, 2007; 尚俊辰, 陈文锋, 季琬妍, 2018; 张小将, 刘迎杰, 刘昌, 2015; 朱千, 寇慧, 毕泰勇, 2019; Hahn & Perrett, 2014)。

目前,有关面孔吸引力加工的脑科学研究主要考察了外显或内隐任务下,人们感知高低吸引力面孔在动态时间进程和脑区活动上的差异,进而揭示面孔审美的普遍机制。外显任务要求被试直接评价面孔吸引力,需要与面孔审美有关的注意资源的参与,属于非自动加工;内隐任务通过考察被试完成与面孔吸引力评价(审美)无关的任务,获得其对面孔吸引力的各种反应,属于自动加工(张小将等, 2015; Bzdok et al., 2011; Mende-Siedlecki, Said, & Todorov, 2013)。本文主要从外显任务和内隐任务两方面,阐述面孔吸引力加工过程中诱发的脑电效应和激活的大脑区域,并对未来的研究方向进行展望。

2. 外显任务下面孔吸引力的加工

外显任务属于直接的审美评价任务,受到刺激材料、被试和任务影响,各研究得到的结果存在一定差异。

2.1. 面孔吸引力外显加工的时间进程

Schacht 等(2008)发现高、低吸引力比中等吸引力面孔在 150 ms 左右诱发了更大的早期成分(在大脑后部为正波,大脑前部为负波)及 LPC (Late positive component, 492~792 ms)。不过该研究的面孔表情评分与吸引力评分相关,无法确定结果代表吸引力加工还是情绪加工。与此类似, Marzi 和 Viggiano (2010)也没控制面孔表情,发现高吸引力比低吸引力面孔诱发波幅更大的 P2 (150~200 ms)、N170 (150~200 ms)、EPN (early posterior negativity, 200~300 ms)和 LPC (300~500 ms)。张妍等人的系列研究控制了面孔表情、唤醒度和优势度,发现高吸引力比低吸引力面孔诱发了更大的 N3 和 LPC (350~550 ms) (Zhang et al., 2011; 张妍等人, 2010)。可以看到,在排除了表情因素后,高低吸引力面孔加工差异主要体现在了晚期的脑电效应上,这说明外显的面孔吸引力加工主要表现为非自动化的加工过程,并且高吸引力面孔会激活反映奖赏价值的 LPC 效应。

一些研究者让被试在评价吸引力的同时完成其他任务,考察复杂任务中面孔吸引力加工的时间进程 (Rellecke, Bakirtas, Sommer, & Schacht, 2011; Zhang & Deng, 2012)。Rellecke 等(2011)要求被试先辨别音调高低,再评价面孔吸引力,并在两任务之间设置不同的 SOA (stimulus onset asynchronies)。结果发现,高吸引力比中等吸引力面孔诱发更大的 260~1000 ms 间的后部负波(仅在 344~464 ms 间,低吸引力比中等吸引力面孔诱发的效应更大),而且吸引力效应仅在短 SOA (100 ms)时显著。研究者认为,在长 SOA 条件下,人们有充足的认知资源判断吸引力,就会克服对低吸引力面孔的社会偏见。相反,当认知资源减少时,人们来不及思考太多,就会表现出对美丽面孔的偏好,因此吸引力效应只在短 SOA 下显著。Zhang 和 Deng (2012)使用 oddball 范式,请被试在很多物体中探测面孔然后判断吸引力,发现高吸引力比低吸引力面孔诱发更大的 P1 (100~140 ms, 女性潜伏期更短)、P2 (150~230 ms)、N3 (230~330 ms)和 P3b (330~500 ms)。而且,对男性来说,高吸引力比低吸引力面孔诱发更大的 N170 (140~190 ms)和更长的 P3b 潜伏期,而女性诱发的 N170 和 P3b 则没发现吸引力效应。还有研究者使用特殊刺激如卡通面孔,发现高吸引力比低吸引力面孔在男性诱发更大的 N170 和 LPC (400~600 ms),在女性则诱发了更小的 N170, LPC 没有显著差异(Lu, Wang, Wang, Wang, & Qin, 2014)。陈红和朱岚(2012)则使用特殊被试比较了相貌负面图式者(不满意自己的相貌从而对相貌产生消极认知)和正常人对吸引力的加工过程。研究发现,对相貌负面图式者而言,低吸引力面孔比高、中等吸引力面孔诱发更大的 P1 和 N170。对正常被试来说,高吸引力面孔比中等、低吸引力面孔诱发更大的 P1 和 N170。表明相貌负面图式者不存在对高吸引力面孔的偏好。综上,虽然实验材料、实验任务和被试略有差异,各研究得到的结果有所不同,但可以看到面孔吸引力加工在早期阶段开始发生,并持续到加工晚期。这表明吸引力加工至少包括了早期结构编码以及晚期高水平整合、评估两个过程,并且被试性别调制了面孔吸引力加工过程,即男性相比女性对异性

面孔吸引力更为敏感(这在下面介绍的研究中有进一步体现)。

2.2. 面孔吸引力外显加工的激活脑区

相比面孔吸引力在时间进程上发现的结果,其脑区激活在不同研究中差异似乎更大。*Winston, O'Doherty, Kilner, Perrett 和 Dolan (2007)*发现,高、低吸引力相比中等吸引力面孔在右侧杏仁核激活程度更大。*Cloutier, Heatherton, Whalen 和 Kelley(2008)*则发现面孔吸引力激活了伏隔核、前扣带回、内侧前额叶皮层和眶额皮层组成的脑网络,且前三个脑区的活动随吸引力水平的增加而增加,而右外侧眶额皮层的活动随吸引力水平的增加而减弱。同时,性别也影响面孔吸引力加工,高吸引力女性比低吸引力女性面孔在男性眶额皮层激活程度大,然而不同吸引力男性面孔在女性眶额皮层的激活程度差异不显著。*Chatterjee 等(2009)*进一步发现了一个由腹侧枕叶、背侧后顶叶、前脑岛、下侧和内侧前额叶组成的分布式网络,这些脑区的活动随吸引力的增加而增加。但是,前后扣带回的活动随吸引力的增加而减弱。此外,*Tsukiura 和 Cabeza (2011a)*要求女性被试评价男性面孔吸引力。结果发现,随吸引力水平的增加,眶额皮层、前扣带回、楔叶和小脑的活动随之增强,并且眶额皮层与海马的功能连接更强。另一项研究(*Shen et al., 2016*)使用电脑合成面孔和吸引力评价任务,考察了面孔各局部特征在面孔吸引力加工中的作用。结果发现,耳朵长度,鼻子大小,眼间距离和下巴长度是决定面孔吸引力的重要面部特征。吸引力越高,眶额皮层、尾状核和右侧中央后回的激活越强,而左侧中央后回的激活越弱。而且对男性被试来说,高、低吸引力比中等吸引力面孔在右侧杏仁核激活程度更大。*Yin, Fan, Lin, Sun 和 Wang (2017)*发现人们对婴儿面孔吸引力加工也存在性别差异。婴儿面孔吸引力越高,女性的腹内侧前额叶皮层和伏隔核的活动越强,男性的背内侧前额叶皮层的活动则越弱。以上研究都是比较不同吸引力的面孔诱发的神经活动差异,*Vartanian, Goel, Lam, Fisher 和 Granic (2013)*则发现对同一批面孔的吸引力加工存在个体差异。与对面孔吸引力评分较低的被试相比,对面孔吸引力评分较高的被试颞中回的激活程度更强。

另一些研究考察了面孔审美与道德审美的关系。*Tsukiura 和 Cabeza (2011b)*请女性被试完成对男性面孔吸引力的评价任务和对行为的道德判断任务,比较两个任务对大脑的激活情况。面孔审美任务发现,随面孔吸引力水平的提高,眶额皮层和后扣带回的活动随之增强,而右侧脑岛、左侧额下回和缘上回(supramarginalgyrus)的活动随之减弱。另外,高、低吸引力面孔比中等吸引力面孔在前扣带回、舌回(Lingual gyrus)和小脑的激活程度更大。重要的是,道德审美任务发现,道德崇高、中等、低下的句子的激活效应分别类似于高、中、低吸引力面孔的激活效应,这表明面孔审美和道德审美的神经机制相似。*Luo, Yu, Li 和 Mo (2019)*则将每个面孔和一个道德或不道德的行为匹配呈现,被试要根据面孔吸引力和与之配对的行为,对目标人物做出综合审美评价。结果发现高吸引力比低吸引力面孔在双侧枕中回和内侧眶额皮层的激活更强,而低吸引力比高吸引力面孔在楔叶、左侧额中回、左侧顶下小叶的激活更强。上述研究虽然都不同程度的涉及吸引力评价,但不同研究中面孔吸引力激活的脑网络不同,且面孔吸引力与激活脑区的关系也差别较大。综合来看,面孔吸引力加工涉及广泛而复杂的脑区,包括:前额叶、右侧杏仁核、伏隔核、尾状核、脑岛、扣带回、小脑、眶额皮层与海马的功能连接、腹侧枕叶、舌回、枕中回、楔叶、颞中回、背侧后顶叶、顶下小叶、中央后回。其中大部分属于大脑奖赏环路,一些还涉及情绪加工脑区,只是在不同的认知过程中其激活模式存在差异。这表明面孔吸引力加工本身是一种复杂的认知活动,需要多个脑区的协同活动。此外,面孔吸引力与道德审美神经机制的相似性暗示了“美”的一致性,提示未来研究可以将不同类型美的事物(如风景,艺术品)联系起来考察人类审美机制。

3. 内隐任务下面孔吸引力的加工

除了要求被试对面孔进行审美加工外,研究者还在注意、决策、性别判断等认知过程中考察面孔吸

引力诱发的神经反应。其中一些研究使用被动观看任务，由于没有提示被试对面孔吸引力进行评价，因此我们把这些研究视为内隐加工。

3.1. 面孔吸引力内隐加工的时间进程

Oliver-Rodriguez, Guan 和 Johnston (1999)要求被试被动观看面孔，不做任何反应。结果发现，异性面孔吸引力评分与男性被试的 P300 波幅呈正相关；对排卵期前和排卵期后的女性而言，异性面孔吸引力评分与 P300 波幅也呈正相关，但是排卵期女性却没出现这种效应。van Hooff, Crawford 和 van Vugt (2011)使用内隐朝向任务考察了面孔吸引力对注意的影响。实验先呈现一张异性面孔，随后在面孔上、下、左、右任意位置呈现一个目标，要求被试尽快判断目标是什么。结果发现，高、低吸引力比中等吸引力面孔诱发更大的 P2 (120~220 ms)，说明高、低吸引力面孔更能引起被试的注意。研究者认为较大的 P2 可能是高、低吸引力面孔出现的频率比中等吸引力面孔低，更容易吸引被试的注意导致的，毕竟在日常生活中我们看到普通面孔的机率更高。该研究还发现高吸引力女性比中、低吸引力女性面孔在男性被试诱发更大的 LPC (200~650 ms)，而不同吸引力男性面孔在女性被试诱发的 LPC 差异不显著。Wiese, Altmann 和 Schweinberger (2014)控制了面孔独特性，编码阶段使用性别判断任务，结果发现，高吸引力面孔比低吸引力面孔诱发更大的 N250/EPN (270~400 ms)和 LPC (300~700 ms)，表明人们对高吸引力面孔存在记忆偏好。Zhang, Wei, Zhao, Zheng 和 Zhang (2016)进一步考察了面孔吸引力记忆偏好的性别差异，请被试判断图片出现位置是否与前一张图片一致，之后完成面孔再认任务。结果发现，再认出的高吸引力旧面孔对男性诱发的 P1, P2 和 N170 波幅显著高于女性。这些研究表明高吸引力面孔更容易引起注意和被记住，且男性比女性更关注异性面孔吸引力，这提示今后研究在选择材料和被试时都应该将性别作为重要考虑因素。

更多研究者考察了经济决策任务中面孔吸引力诱发的神经活动。Chen 等(2012)使用信任决策任务先呈现面孔，然后由被试作为金钱的掌控者决定是否对其投资。结果发现高吸引力比低吸引力面孔诱发更小的 P2 (130~170 ms)和 LPC (450~650 ms)以及更大的 N2 (180~230 ms)。与此任务不同，被试在最后通牒博弈任务中作为接受者，有权决定是否接受虚拟分配者提出的分配方案。Ma, Hu, Jiang 和 Meng (2015)使用该范式，先呈现女分配者面孔，再呈现其对 10 元钱的分配方案，男被试决定是否接受(如果接受，则按方案分配钱；如果不接受，双方均得不到钱)。实验发现高吸引力比低吸引力面孔诱发更小的 N2 (240~280 ms)和更大的 LPC (350~550 ms)。Ma, Qian, Hu 和 Wang (2017)进一步考察了男分配者面孔吸引力对女被试决策的影响，发现高吸引力面孔诱发更大的 LPC (380~480 ms)，但没发现 N2 的差异。Jin, Fan, Dai 和 Ma (2017)使用传统风险承担范式先呈现借款人面孔，然后由被试决定借出 1000 元还是 5000 元，之后呈现借款人能否及时还款的反馈。发现高吸引力比低吸引力面孔诱发更小的 N2 (250~350 ms)。与上述研究不同，在独裁者游戏中被试只能接受分配者提出的方案，Pei 和 Meng (2018)使用该范式，同样发现高吸引力面孔诱发更小的 N2 (200~260 ms)和更大的 LPC (450~800 ms)。此外，刘金平和李藏(2018)使用竞争决策范式还发现了更早的成分：高吸引力比低吸引力面孔诱发更大的 N1 (70~130 ms)。综上，尽管不同决策任务中被试对金钱的掌控权不同，但多数研究发现了面孔吸引力诱发了 N2 和 LPC 的差异，表明在经济决策任务中人们会无意识地持续加工面孔吸引力，并影响他们的决策过程。

一些研究者还利用其他复杂决策任务考察面孔吸引力在其中的作用。Ma, Zhang, Pei 和 Abdeljelil (2017)探讨了代言人的面孔吸引力是否影响被试对不熟悉品牌的偏好。实验中先呈现代言人面孔，然后被试对品牌商标进行偏好评价。结果发现高吸引力比低吸引力面孔诱发更小的 N2 (180~280 ms)和更大的 P300 (300~500 ms)及 LPC (420~580 ms)。汝涛涛等(2017)考察了女性面孔吸引力对男性诚实道德决策行为的影响。每轮实验中，呈现一位虚拟的女性游戏记录员面孔照片，被试通过对系统随机投掷硬币的正反

面进行预测以获取奖励, 预测正确率完全基于被试的主观报告, 并且被试可以说谎来获得奖励。结果发现, 在高面孔吸引力记录员情境中被试倾向于更加真实地报告自己的预测结果, 而且高吸引力比低吸引力面孔在大脑中后部诱发更大的 N2。最近, Cui, Cheng, Lin, Lin 和 Mo (2019) 让被试判断线条图中人物的行为是否道德, 以及该人物的心灵是否美, 来对比面孔吸引力在道德善和心灵美判断中的效应。结果发现, 在心灵美判断任务中, 高吸引力比低吸引力面孔诱发更小的 P2 (170~230 ms) 和 LPC (400~900 ms), 而在道德善判断任务中, 未发现面孔吸引力效应, 表明面孔吸引力会影响心灵美但不会影响道德善的判断。综上, 研究者在决策领域对面孔吸引力开展了大量研究, 涉及了金钱分配、品牌偏好、道德行为等复杂过程, 大多发现高吸引力面孔诱发波幅更大的 LPC。这表明人们会不自主的加工“内隐”层面上的面孔吸引力信息, 关注其奖赏性价值, 从而影响了当前进行的决策判断过程。

3.2. 面孔吸引力内隐加工的激活脑区

Aharon 等(2001)请男性被试被动观看仅呈现 200 ms 的面孔, 发现高吸引力比低吸引力女性面孔在右侧眶额皮层、双侧伏隔核、右侧豆状核下的杏仁核延伸部(sublenticular extended amygdala, SLEA)和双侧腹侧被盖区的激活程度更大。高吸引力比低吸引力男性面孔在左侧腹侧被盖区的激活程度更大, 但在双侧伏隔核和左侧 SLEA 的激活程度更小。此外, Yu, Zhou 和 Zhou (2013) 要求被试先猜测模糊面孔的吸引力, 之后被动观看一张清晰的反馈面孔。结果显示, 高吸引力比低吸引力反馈面孔在双侧梭状回的激活程度更大; 并且与猜测结果一致的高吸引力反馈面孔比与猜测结果不一致的高吸引力反馈面孔在腹内侧前额叶皮层的激活程度更大。Yu 等人认为清晰面孔属于内隐反馈, 被试通过观看清晰面孔就会知道自己的判断是否正确, 但是被试先前评价了模糊面孔的吸引力, 在观看清晰面孔时, 难免会进行外显加工, 因此该研究不能算严格的内隐加工面孔吸引力。

其他研究为了避免对面孔审美的选择性注意, 让被试被动观看面孔时完成另一任务。Kampe, Frith, Dolan 和 Frith (2001) 请被试观看面孔, 面孔的眼睛注视方向分为直视和斜视。在刺激序列中随机插入闭眼的面孔, 请被试一旦发现闭眼的面孔就按键, 结果发现腹侧纹状体在直视条件下的活动随面孔吸引力的增加而增加, 在斜视条件下则随吸引力的增加而减小。Liang, Zebrowitz 和 Zhang (2010) 让被试被动观看面孔, 并要求其一旦发现中央注视点变大就按键。结果发现面孔吸引力和外侧眶额皮层、前扣带回、纹状体(尾状核、伏隔核、壳核)以及腹侧被盖区的激活存在非线性关系, 具体为: 高、低吸引力比中等吸引力面孔在前扣带回、左外侧眶额皮层和右侧壳核的激活程度更大, 但高、低吸引力面孔在这些脑区的激活程度没有差异; 低吸引力比高、中等吸引力面孔在右侧尾状核、右外侧眶额皮层和腹侧被盖区的激活程度更大, 但高、中等吸引力面孔在这些脑区的激活程度没有差异; 低吸引力比中等吸引力面孔在左侧伏隔核的激活程度更大, 但高吸引力和中、低吸引力面孔在左侧伏隔核的激活程度没有差异。Kocsor, Feldmann, Bereczkei 和 Kállai (2013) 在随机呈现的面孔序列中插入打散的面孔, 被试一旦发现打散面孔图就按键。结果发现, 面孔吸引力越高, 前扣带回, 中央前回, 梭状回, 枕中回, 舌回和额下回的活动越强。另外, 面孔吸引力还激活了女性被试的海马、颞上回、小脑、脑岛、额中回和额上回。

Winston 等(2007)在年龄判断任务中发现, 高、低吸引力面孔在右侧杏仁核的激活大于中等吸引力面孔。Chatterjee 等(2009)在身份判断任务中发现, 腹侧枕叶区域和梭状回面孔区的活动随面孔吸引力的增加而增强。O'Doherty 等(2003)用性别判断任务, 发现高吸引力比低吸引力面孔在内侧眶额皮层和后扣带回的激活程度更大, 而在脑岛、额下回和背侧扣带回的激活程度更小。而且, 与女性相比, 高吸引力异性面孔在男性的内侧前额叶皮层的激活更大。翟洪昌、张维和苏经宇(2010)使用类似任务发现, 对无异性朋友被试而言, 高吸引力比低吸引力面孔在右侧扣带回和左侧脑岛的激活程度更大, 而在右侧旁中央小叶、右侧前额皮质中央和左侧楔前叶的激活程度更小。对有异性朋友被试, 高吸引力比低吸引力面孔在

右侧梭状回和左侧梭状回的激活程度更小。Wang 等(2015)也使用性别判断任务发现,左下侧眶额皮层、左侧壳核、左侧额上回和右侧枕中皮层组成了面孔审美的脑网络,高吸引力面孔在这些脑区的激活程度更大。总之,即使不需要外显评价面孔吸引力,高吸引力和低吸引力面孔激活的大脑活动也存在明显差别。虽然在不同任务中发现的脑区及其激活程度与面孔吸引力的关系不尽相同,但可以看出面孔吸引力的加工具有较强的自动性。此外,由于内隐任务的多样性,广泛的神经网络都得到了激活,包括前额叶、尾状核、伏隔核、壳核、腹侧被盖区、扣带回、右侧杏仁核、梭状回、脑岛、枕中回、舌回、腹侧枕叶、小脑、海马、颞上回、楔前叶和旁中央小叶。这些脑区除加工面孔吸引力,还涉及视觉、决策、奖赏加工、记忆等认知过程。

4. 总结和展望

综上,以往研究在外显和内隐任务下,考察了面孔吸引力诱发的脑电成分和激活的脑区。外显的面孔吸引力评价任务属于自上而下的信息加工,由审美相关的选择性注意驱动;内隐任务属于自下而上的自动加工,不需要审美的选择性注意。因此外显任务和内隐任务诱发的脑电活动和激活脑区存在不少差异。具体而言,面孔吸引力在外显任务中诱发了N3,在内隐任务中诱发了N1、N2。同时,外显任务激活了楔叶、颞中回、背侧后顶叶、顶下小叶、中央后回;内隐任务则激活了壳核、腹侧被盖区、梭状回、楔前叶、颞上回和旁中央小叶。不过,两种任务下面孔吸引力加工也存在很多相似性,其诱发了相同的脑电成分,如P1、P2、N170、EPN、P3和LPC,并激活了类似的脑区,包括前额叶、尾状核、伏隔核、杏仁核、脑岛、小脑、扣带回、海马和枕叶皮层(舌回、枕中回、腹侧枕叶)。这些神经活动表明,面孔吸引力加工不需要有意识注意,具有较强的自动化特性。此外,面孔吸引力的加工过程并非在单一脑区发生,而是根据实验任务、范式和被试等不同激活了复杂而广泛的大脑网络。更重要的是,面孔吸引力诱发的脑电效应和激活的很多脑区都反映了奖赏过程,也与情绪加工有关,不再局限于Haxby 等(2000)和Senior (2003)提出的面孔知觉的分布式神经模型。未来研究需继续探讨面孔吸引力加工的时间进程和激活的脑网络,不断丰富和完善面孔加工的神经模型。

纵观以往研究,不同研究者采用的面孔图片不同,对情绪效价和独特性也缺乏统一控制,因此难以直接对比不同的研究结果。而且,目前研究多使用静态面孔,与现实生活中人们常见的动态面孔差异较大。今后有必要对实验材料进行改进,使其更具生态效度。另外,目前少有研究同时使用外显任务和内隐任务,难以直接比较面孔吸引力自下而上和自上而下加工过程。未来研究可以使用相同实验材料,利用被试内设计(一组被试先做内隐再做外显任务)或被试间设计(一组被试执行外显任务,另一组被试执行内隐任务),考察两种任务下面孔吸引力加工的神经机制。此外,以往ERP和fMRI研究集中考察面孔吸引力的阈上加工。行为研究(Hung, Nieh, & Hsieh, 2016; Nakamura & Kawabata, 2018)使用突破连续闪烁抑制范式,发现高吸引力比低吸引力面孔优先突破抑制进入意识,说明面孔吸引力在无意识下仍能被加工,且高吸引力面孔具有加工优势。未来研究可以进一步考察面孔吸引力无意识加工的神经机制。最后,目前研究大多为视觉通道的吸引力,在生活中,嗓音和气味也会影响人们对吸引力的知觉(Groyecka et al., 2017; Zhang, Liu, Li, & Sommer, 2020)。大脑如何对来自不同感觉通道的吸引力信息进行整合加工?多通道吸引力整合机制在外显加工和内隐加工中是否相同?这些问题都是值得探讨的课题,以在此基础上提出和完善吸引力加工的认知神经模型。

基金项目

本研究得到辽宁省社会科学规划基金项目(L19BSH005)资助。

参考文献

- 陈红, 朱岚(2012). 相貌负面图式女性对面孔的加工偏向: 来自ERP的证据. *西南大学学报(社会科学版)*, 38(4), 74-82.
- 寇慧, 苏艳华, 张妍, 孔繁昌, 胡媛艳, 王洋, 陈红(2013). 面孔吸引力的影响因素: 观察者假设. *心理科学进展*, 21(12), 2144-2153.
- 李鸥, 陈红(2010). 面孔吸引力的回顾与前瞻. *心理科学进展*, 18(3), 472-479.
- 刘金平, 李藏(2018). 竞争任务下面孔吸引力对结果评价的影响. *心理科学*, 41(1), 145-153.
- 马华维, 俞琴燕, 陈浩(2007). 面孔吸引力研究方法综述. *心理科学*, 30(4), 906-908.
- 汝涛涛, 范若琳, 陈庆伟, 李静华, 莫雷, 周国富(2017). 女性面孔吸引力的加工及其对男性诚实道德行为的影响: 一项ERP研究. *心理科学*, 40(6), 1428-1432.
- 尚俊辰, 陈文锋, 季琨妍(2018). 面孔吸引力在认知过程中的作用及其神经机制. *心理科学进展*, 26(2), 241-253.
- 王雨晴, 姚鹏飞, 周国梅(2015). 面孔吸引力、人格标签对于男女择偶偏好的影响. *心理学报*, 47(1), 108-118.
- 徐华伟, 牛盾, 李倩(2016). 面孔吸引力和配偶价值: 进化心理学视角. *心理科学进展*, 24(7), 1130-1138.
- 翟洪昌, 张维, 苏经宇(2010). 面孔吸引力加工的功能磁共振成像. *中国科学: 生命科学*, 40(6), 551-560.
- 张小将, 刘迎杰, 刘昌(2015). 面孔审美加工的神经机制及个体差异. *心理科学*, 38(3), 574-579.
- 张妍, 孔繁昌, 陈红, 向燕辉, 高笑, 陈敏燕(2010). 男性对女性面孔吸引力的认知偏好: 来自ERP的证据. *心理学报*, 42(11), 1060-1072.
- 朱千, 寇慧, 毕泰勇(2019). 面孔社会性线索的加工机制. *生理学报*, 71(1), 73-85.
- Aharon, I., Etcoff, N., Ariely, D., Chabris, C. F., O'Connor, E., & Breiter, H. C. (2001). Beautiful Faces Have Variable Reward Value: fMRI and Behavioral Evidence. *Neuron*, 32, 537-551. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(01\)00491-3](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(01)00491-3)
- Bzdok, D., Langner, R., Caspers, S., Kurth, F., Habel, U., Zilles, K., Eickhoff, S. B. et al. (2011). ALE Meta-Analysis on Facial Judgments of Trustworthiness and Attractiveness. *Brain Structure and Function*, 215, 209-223. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0287-4>
- Chatterjee, A., Thomas, A., Smith, S. E., & Aguirre, G. K. (2009). The Neural Response to Facial Attractiveness. *Neuropsychology*, 23, 135-143. <https://doi.org/10.1037/a0014430>
- Chen, J., Zhong, J., Zhang, Y., Li, P., Zhang, A., Tan, Q., & Li, H. (2012). Electrophysiological Correlates of Processing Facial Attractiveness and Its Influence on Cooperative Behavior. *Neuroscience Letters*, 517, 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.02.082>
- Cloutier, J., Heatherton, T. F., Whalen, P. J., & Kelley, W. M. (2008). Are Attractive People Rewarding? Sex Differences in the Neural Substrates of Facial Attractiveness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 941-951. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20062>
- Cui, X., Cheng, Q., Lin, W., Lin, J., & Mo, L. (2019). Different Influences of Facial Attractiveness on Judgments of Moral Beauty and Moral Goodness. *Scientific Reports*, 9, Article No. 12152. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53743-9>
- Groyeck, A., Pisanski, K., Sorokowska, A., Havlicek, J., Karwowski, M., Puts, D., Sorokowski, P. et al. (2017). Attractiveness Is Multimodal: Beauty Is Also in the Nose and Ear of the Beholder. *Frontiers in Psychology*, 8, 778. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00778>
- Hahn, A. C., & Perrett, D. I. (2014). Neural and Behavioral Responses to Attractiveness in Adult and Infant Faces. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 46, 591-603. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.08.015>
- Hamermesh, D. S., & Biddle, J. E. (1994). Beauty and the Labor Market. *The American Economic Review*, 84, 1174-1194. <https://doi.org/10.3386/w4518>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01482-0)
- Hung, S.-M., Nieh, C.-H., & Hsieh, P.-J. (2016). Unconscious Processing of Facial Attractiveness: Invisible Attractive Faces Orient Visual Attention. *Scientific Reports*, 6, Article No. 37117. <https://doi.org/10.1038/srep37117>
- Jin, J., Fan, B., Dai, S., & Ma, Q. (2017). Beauty Premium: Event-Related Potentials Evidence of How Physical Attractiveness Matters in Online Peer-to-Peer Lending. *Neuroscience Letters*, 640, 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.01.037>
- Kampe, K. K. W., Frith, C. D., Dolan, R. J., & Frith, U. (2001). Reward Value of Attractiveness and Gaze. *Nature*, 413, 589. <https://doi.org/10.1038/35098149>
- Kocsor, F., Feldmann, A., Bereczkei, T., & Kallai, J. (2013). Assessing Facial Attractiveness: Individual Decisions and

- Evolutionary Constraints. *Socioaffective Neuroscience & Psychology*, 3, 1. <https://doi.org/10.3402/snp.v3i0.21432>
- Langlois, J. H., Kalakanis, L., Rubenstein, A. J., Larson, A., Hallam, M., & Smoot, M. (2000). Maxims or Myths of Beauty? A Meta-Analytic and Theoretical Review. *Psychological Bulletin*, 126, 390-423. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.3.390>
- Liang, X., Zebrowitz, L. A., & Zhang, Y. (2010). Neural Activation in the “Reward Circuit” Shows a Nonlinear Response to Facial Attractiveness. *Social Neuroscience*, 5, 320-334. <https://doi.org/10.1080/17470911003619916>
- Lu, Y., Wang, J., Wang, L., Wang, J., & Qin, J. (2014). Neural Responses to Cartoon Facial Attractiveness: An Event Related Potential Study. *Neuroscience Bulletin*, 30, 441-450. <https://doi.org/10.1007/s12264-013-1401-4>
- Luo, Q., Yu, M., Li, Y., & Mo, L. (2019). The Neural Correlates of Integrated Aesthetics between Moral and Facial Beauty. *Scientific Reports*, 9, Article No. 1980. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38553-3>
- Ma, Q., Hu, Y., Jiang, S., & Meng, L. (2015). The Undermining Effect of Facial Attractiveness on Brain Responses to Fairness in the Ultimatum Game: An ERP Study. *Frontiers in Neuroscience*, 9, 77. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00077>
- Ma, Q., Qian, D., Hu, F., & Wang, L. (2017). Hello Handsome! Male’s Facial Attractiveness Gives Rise to Female’s Fairness Bias in Ultimatum Game Scenarios—An ERP Study. *PLoS ONE*, 12, e0180459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180459>
- Ma, Q., Zhang, L., Pei, G., & Abdeljelil, H. (2017). Neural Process of the Preference Cross-Category Transfer Effect: Evidence from an Event-Related Potential Study. *Scientific Reports*, 7, Article No. 3177. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02795-w>
- Marzi, T., & Viggiano, M. P. (2010). When Memory Meets Beauty: Insights from Event-Related Potentials. *Biological Psychology*, 84, 192-205. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.01.013>
- Mende-Siedlecki, P., Said, C. P., & Todorov, A. (2013). The Social Evaluation of Faces: A Meta-Analysis of Functional Neuroimaging Studies. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8, 285-299. <https://doi.org/10.1093/scan/nsr090>
- Nakamura, K., & Kawabata, H. (2018). Preferential Access to Awareness of Attractive Faces in a Breaking Continuous Flash Suppression Paradigm. *Consciousness and Cognition*, 65, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.07.010>
- O’Doherty, J., Winston, J., Critchley, H., Perrett, D., Burt, D. M., & Dolan, R. J. (2003). Beauty in a Smile, the Role of Medial Orbitofrontal Cortex in Facial Attractiveness. *Neuropsychologia*, 41, 147-155. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00145-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00145-8)
- Oliver-Rodriguez, J. C., Guan, Z., & Johnston, V. S. (1999). Gender Differences in Late Positive Components Evoked by Human Faces. *Psychophysiology*, 36, 176-185. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3620176>
- Pei, G., & Meng, L. (2018). What Do We Expect from a Beauty? Facial Attractiveness of the Opposite Sex Gives Rise to Discrepancies in Males’ Anticipation and Demand. *International Journal of Psychology*, 53, 411-416. <https://doi.org/10.1002/ijop.12393>
- Rellecke, J., Bakirtas, A. M., Sommer, W., & Schacht, A. (2011). Automaticity in Attractive Face Processing: Brain Potentials from a Dual Task. *Neuroreport*, 22, 706-710. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32834a89ad>
- Rhodes, G. (2006). The Evolutionary Psychology of Facial Beauty. *Annual Review of Psychology*, 57, 199-226. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.57.102904.190208>
- Schacht, A., Werheid, K., & Sommer, W. (2008). The Appraisal of Facial Beauty Is Rapid But Not Mandatory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8, 132-142. <https://doi.org/10.3758/CABN.8.2.132>
- Senior, C. (2003). Beauty in the Brain of the Beholder. *Neuron*, 38, 525-528. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00293-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00293-9)
- Shen, H., Chau, D., Su, J., Zeng, L., Jiang, W., He, J., Hu, D. et al. (2016). Brain Responses to Facial Attractiveness Induced by Facial Proportions: Evidence from an fMRI Study. *Scientific Reports*, 6, Article No. 35905. <https://doi.org/10.1038/srep35905>
- Tsukiura, T., & Cabeza, R. (2011a). Remembering Beauty: Roles of Orbitofrontal and Hippocampal Regions in Successful Memory Encoding of Attractive Faces. *Neuroimage*, 54, 653-660. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.07.046>
- Tsukiura, T., & Cabeza, R. (2011b). Shared Brain Activity for Aesthetic and Moral Judgments: Implications for the Beauty-Is-Good Stereotype. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6, 138-148. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq025>
- van Hooff, J. C., Crawford, H., & van Vugt, M. (2011). The Wandering Mind of Men: ERP Evidence for Gender Differences in Attention Bias towards Attractive Opposite Sex Faces. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6, 477-485. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq066>
- Vartanian, O., Goel, V., Lam, E., Fisher, M., & Granic, J. (2013). Middle Temporal Gyrus Encodes Individual Differences in Perceived Facial Attractiveness. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7, 38-47. <https://doi.org/10.1037/a0031591>

- Wang, T., Mo, L., Mo, C., Tan, L., Cant, J. S., Zhong, L., & Cupchik, G. (2015). Is Moral Beauty Different from Facial Beauty? Evidence from an fMRI Study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10*, 814-823. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu123>
- Wiese, H., Altmann, C. S., & Schweinberger, S. R. (2014). Effects of Attractiveness on Face Memory Separated from Distinctiveness: Evidence from Event-Related Brain Potentials. *Neuropsychologia, 56*, 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.12.023>
- Winston, J., O'Doherty, J., Kilner, J., Perrett, D., & Dolan, R. (2007). Brain Systems for Assessing Facial Attractiveness. *Neuropsychologia, 45*, 195-206. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.009>
- Yin, L., Fan, M., Lin, L., Sun, D., & Wang, Z. (2017). Attractiveness Modulates Neural Processing of Infant Faces Differently in Males and Females. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 551. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00551>
- Yu, H., Zhou, Z., & Zhou, X. (2013). The Amygdalostratial and Corticostriatal Effective Connectivity in Anticipation and Evaluation of Facial Attractiveness. *Brain and Cognition, 82*, 291-300. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.04.011>
- Zhang, Z., & Deng, Z. (2012). Gender, Facial Attractiveness, and Early and Late Event-Related Potential Components. *Journal of Integrative Neuroscience, 11*, 477-487. <https://doi.org/10.1142/S0219635212500306>
- Zhang, Y., Kong, F., Chen, H., Jackson, T., Han, L., Meng, J., ul Hasan, A. N. et al. (2011). Identifying Cognitive Preferences for Attractive Female Faces: An Event-Related Potential Experiment Using a Study-Test Paradigm. *Journal of Neuroscience Research, 89*, 1887-1893. <https://doi.org/10.1002/jnr.22724>
- Zhang, H., Liu, M., Li, W., & Sommer, W. (2020). Human Voice Attractiveness Processing: Electrophysiological Evidence. *Biological Psychology, 150*, Article ID: 107827. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.107827>
- Zhang, Y., Wei, B., Zhao, P., Zheng, M., & Zhang, L. (2016). Gender Differences in Memory Processing of Female Facial Attractiveness: Evidence from Event-Related Potentials. *Neurocase, 22*, 317-323. <https://doi.org/10.1080/13554794.2016.1151532>