



构形信息和特征信息在面孔整体加工中的作用

周 鑫, 杨西腾, 王 哲

(浙江理工大学理学院, 杭州 310018)

摘 要: 面孔整体加工的一种表现形式是目标半脸与无关半脸的信息在面孔识别过程中发生自动化整合。实验采用组合面孔任务, 相继呈现两张面孔(均为目标半脸和无关半脸组合而成), 要求被试对目标半脸做异同判断, 考察无关半脸上的构形信息变化或特征信息变化对目标半脸识别的影响, 以此检测这两类信息在面孔整体加工中的作用。实验结果显示: 无关半脸上的构形信息和特征信息变化对目标半脸的异同判断都产生了显著影响, 且二者造成的影响有显著正相关。因此, 构形信息和特征信息在面孔整体加工中都具有重要作用, 二者共同参与了面孔的整体加工。这一发现完善了面孔整体加工的理论。

关键词: 整体加工; 组合面孔效应; 构形信息; 特征信息; 面孔辨别

中图分类号: B842

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2022)01-0069-08

The role of configural information and featural information in face holistic processing

ZHOU Xin, YANG Xiteng, WANG Zhe

(School of Science, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: One of the manifestations of face holistic processing is the automatic integration of the target half-face and irrelevant half-face information during face recognition. In the experiment, the composite-face task was used to display two faces successively (both composed of the target half-face and the unrelated half-face). The participants were required to judge whether the target halves of two faces were same or different, so as to investigate the impact of the configural information changes or the featural information changes of the irrelevant half-face on the recognition of the target half-face, thereby testing the role of the both in face holistic processing. Results show that the changes in both configural information or featural information of the irrelevant half-face have significantly affected the judgement of the target half-face, and the effects of the two types of information have significant positive correlation, indicating that both the configural information and the featural information play an important role in face holistic processing, and both have jointly participated in face holistic processing. This discovery is an improvement of the theory of face holistic processing.

Key words: holistic processing; composite-face effect; configural information; featural information; face recognition

收稿日期: 2021-03-08 网络出版日期: 2021-09-16

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(LY19C090006, LY20C090010)

作者简介: 周 鑫(1995—), 女, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事感觉与知觉的认知心理学机制方面的研究。

通信作者: 王 哲, E-mail: wangzhe@zstu.edu.cn

0 引言

面孔整体加工是指面孔知觉系统把面孔上的多维信息整合成一个整体或格式塔的认知加工过程^[1],相应的实验证据有面孔倒置效应^[2-3]、组合面孔效应^[4-5]和部分/整体效应^[6]。Yin^[2]发现,倒置面孔极其难以识别;Young等^[4]发现,人们对上半脸的加工无法排除下半脸的影响;Tanaka等^[6]发现,人们对面孔部件(例如眼睛或嘴巴)的识别在呈现面孔背景条件时的绩效显著高于不呈现面孔背景时的绩效。与此对应,电生理研究发现,一种特殊事件相关电位(Event-related potential, ERP) N170 对面孔存在特异性反应^[7];脑成像研究发现了面孔特异性脑区梭状回面孔区(Fusiform face area, FFA)^[8]。上述研究都提示了面孔知觉在信息整合方面的特异性。并且,面孔失认症(Prosopagnosia)相关研究^[9]发现,患者会丧失对完整面孔的识别能力,但仍然可以区分单独的面孔部件,也提示人们对完整面孔的加工并不仅仅是局部特征信息的简单加和,而是需要一个整合的过程。

面孔上某些信息的变化不会影响面孔整体加工,例如局部特征的颜色变化^[10]、面部肤色^[11]、头部的旋转^[12]等;但是另一些信息的缺失或者变化会严重破坏面孔整体加工,例如视线方向的变化^[13]、佩戴口罩^[14]等。这些研究提示整体加工存在信息选择性,某些信息对整体加工更加重要。

面孔构形信息(面孔部件之间的空间关系,如两眼间距)和特征信息(面孔部件,如眼睛、鼻子、嘴巴等)的二分法是最常见的面孔信息分类方式^[15-16]。对于面孔构形信息和特征信息在整体加工中的作用,理论界有两种不同的实验发现与理论观点。一种观点认为面孔构形信息比特征信息对面孔整体加工更重要,并得到了一些实验证据的支持^[17-19]。例如,Jiang等^[11]通过改变下半脸的特征信息(面孔颜色)或构形信息(面孔形状)对组合面孔效应进行研究,结果发现,构形信息变化会影响组合面孔效应,特征信息变化不影响组合面孔效应。Barton等^[17]发现,面孔倒置对被试辨别面孔部件位置变化(构形信息)的影响较大,对辨别面孔部件颜色(特征信息)的影响较小;Young等^[19]发现倒置会影响被试对面孔构形变化敏感性的知觉,但不影响对面孔特征变化敏感性的知觉。因为面孔倒置通常被认为会大幅削弱(甚至完全破坏)面孔整体加工,所以上述发现提示构形信息加工(比特征信息加工)与整体加工的

关系更密切。另一种观点认为面孔构形信息与特征信息同等重要,也得到了一些实验证据的支持^[16,20-22]。例如,Riesenhuber等^[20]改变眼间距/嘴鼻距(构形信息)或用同色的眼睛/嘴巴替换掉对应的特征(特征信息),发现这两种改变造成了同等强度的倒置效应。Hayward等^[23]分别操纵了组合面孔中上半脸上的特征信息(眉毛颜色)或构形信息(眼间距),结果发现,特征信息和构形信息发生变化对组合面孔效应造成了同等强度的影响。Yovel等^[21]使用功能性磁共振成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)分别测量了被试加工构形信息与特征信息时 FFA 的激活状态,发现在进行两种任务时 FFA 的激活没有差异,且当面孔倒置呈现时二者的 FFA 的激活都下降了。总之,两种类型信息在整体加工中所起的作用如何,理论界仍有争论。

针对上述争论,本文认为,以往实验研究可能存在变量混淆(Variable Confounding)。例如,Jiang等^[11]和 Hayward等^[23]的实验是各自在面孔的两个区域(上半脸或下半脸)上操纵两种类型的信息(构形信息和特征信息)的变化。Hayward 操纵了上半脸的构形信息,Jiang 操纵了下半脸的特征信息。这就导致了两项研究有半脸区域与信息类型的混淆。而且,信息变化所在的半脸在实验任务中的角色也不一样。Hayward 操纵的信息变化是发生在目标半脸上,而 Jiang 操纵的信息变化是发生在无关半脸上,这也是一种变量混淆。综合起来,这两点都有可能产生相互矛盾的实验结果。因此,为避免上述两种混淆,也为了更准确地体现“无关半脸与目标半脸的自动化信息整合”,本文在实验技术上,根据传统组合面孔任务开发出一种操控半脸区域的变式,将面孔的两个区域(上半脸或下半脸)都设定为无关半脸,操纵无关半脸上的构形信息或特征信息,以此排除混淆,更准确地分辨构形信息和特征信息在面孔整体加工中的作用。

本文的理论假设为:a)如果构形信息比特征信息对面孔整体加工的影响更大,那么被试在判断上半脸/下半脸时,改变构形信息所引起的组合面孔效应较强,改变特征信息所引起的组合面孔效应较弱;反之,如果构形信息与特征信息对面孔整体加工的影响相当,那么被试在判断上半脸/下半脸时,改变构形信息和改变特征信息都会引起组合面孔效应,两者的效应大小应该没有差别。b)如果构形信息和特征信息对面孔整体加工的影响有相似的内在机

制,改变构形信息和特征信息之后被试的绩效应该存在较高相关;反之,如果构形信息和特征信息对面孔整体加工的影响的内在机制完全不同,改变构形信息和特征信息之后被试的绩效应该不存在相关。

1 实验部分

本文包含两个实验。实验一要求被试延迟匹配两张面孔的上半脸,忽略下半脸的构形或特征信息的变化;实验二要求被试延迟匹配两张面孔的下半脸,忽略上半脸的构形或特征信息的变化。除此之外,两个实验的变量设计和试次流程都基本相同。

1.1 被试

实验一招募 31 名在校大学生(男 9 人,女 22 人),平均年龄为(19.7±1.5)岁。实验二招募 32 名在校大学生(男 4 人,女 28 人),平均年龄为(19.6±1.3)岁。所有被试均为右利手,拥有正常的视力或矫正视力。

1.2 材料

中性表情的灰度面孔照片 20 张(男女各 10 张),256×256 像素,平均亮度统一。用中空椭圆覆盖这些照片。从面孔中线将面孔分开,中缝宽 3 像素(错开条件是下半脸向右错开 70 像素)。对齐和错开条件的组合面孔示意图见图 1(实验一)和图 2(实验二)。

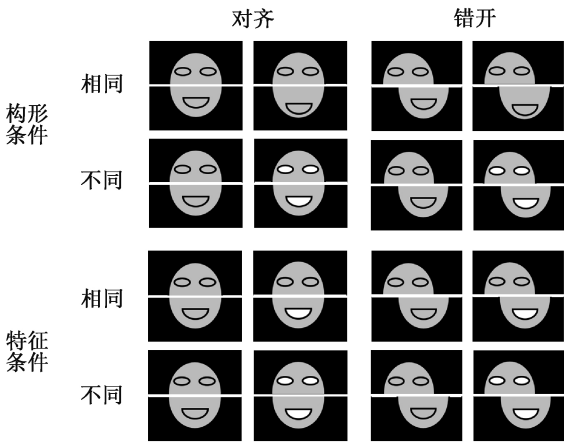


图 1 对齐和错开条件的组合面孔示意图(实验一)

实验一操纵下半脸的构形信息(将嘴巴下移 10 像素)和特征信息(用另一个人的嘴巴替换原有图片的对应区域,并保持新嘴巴和原先嘴巴的中心点重合)。将同一张面孔或两张面孔的上下半脸组合,构成延迟匹配任务中先后呈现两张面孔的三种关系:a)上半脸相同而下半脸构形信息不同;b)上半脸相同而下半脸的特征信息不同;c)上下半脸都不同。

实验二操纵上半脸的构形信息(将眼睛和眉毛

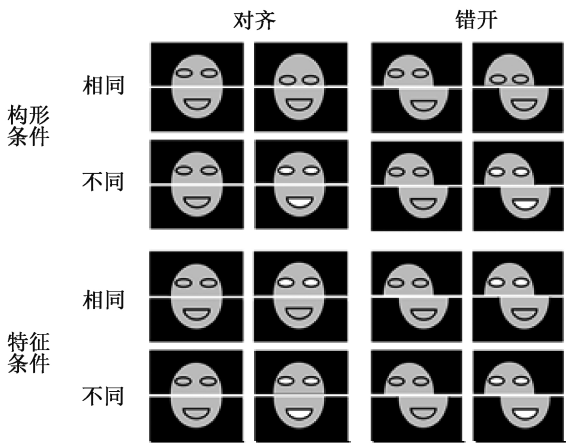


图 2 对齐和错开条件的组合面孔示意图(实验二)

下移 10 像素)和特征信息(用另一个人的眼睛区域替换原有图片的对应区域,并保持双眼中心点与原先的中心点重合)。将同一张面孔或两张面孔的上下半脸组合,构成延迟匹配任务中先后呈现两张面孔的三种关系:a)下半脸相同,而上半脸构形信息不同;b)下半脸相同,而上半脸的特征信息不同;c)上下半脸都不同。

1.3 流程

两个实验均为被试内设计,包含两个自变量。一个自变量是信息类型(构形信息、特征信息),另一个变量是上下半脸的对齐性(对齐、错开)。

实验使用 E-Prime 2.0 呈现刺激材料并记录被试的反应数据。实验任务在 17 寸 CRT 显示器(分辨率 1024×768 像素)上呈现。先进行练习试次,后进行正式试次(正式试次共 160 次)。练习材料为面孔线条画,流程(练习包括反馈)与正式实验相同(见图 3)。实验包括“相同”试次与“不同”试次,每个试次都会先呈现学习面孔,随后呈现测试面孔。在实验一中,“相同”试次的两张面孔的上半脸相同,下半脸不同(构形或特征发生变化);“不同”试次的两张面孔的上下半脸都不同。在实验二中,“相同”试次的两张面孔的下半脸相同,上半脸不同(构形或特征发生变化);“不同”试次的两张面孔的上下半脸都不同。每个试次都微调了“测试面孔”的位置,避免被试采用图像匹配的方法完成任务。被试的任务是“既准又快”地判断两张面孔的上半脸(实验一)或下半脸(实验二)是否相同(按键 1 或 2,按键顺序在被试间平衡)。单个试次流程示意图如图 3 所示。

2 结果与分析

根据组合面孔任务的分析方法^[3],以“相同”试次的正确率和正确反应时间作为因变量,进行信息

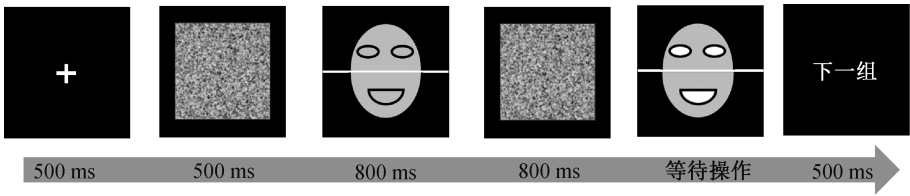


图3 实验单个试次流程示意图

类型×对齐性的重复测量方差分析。

2.1 实验一

实验一中在判断组合面孔上半脸时,不同信息类型条件下的被试绩效如图4所示。由图4可知,在正确率上,对齐性主效应显著($F(1,30)=15.65, p<0.001, \eta_p^2=0.343$,其中: F 指方差检验的 F 值, p 指概率, η_p^2 指效应量);错开面孔的正确率($M_{\text{错开}}=92.4\%, SD_{\text{错开}}=9.7\%$)高于对齐面孔的正确率($M_{\text{对齐}}=84.6\%, SD_{\text{对齐}}=15.5\%$,其中: M 指均值, SD 指标准差),存在组合面孔效应;没有发现显著的信息类型主效应($F(1,30)=0.85, p=0.365, \eta_p^2=0.027$)和交互作用($F(1,30)=0.21, p=0.649, \eta_p^2=0.007$);在正确反应时间上,对齐性主效应显著($F(1,30)=10.82, p=0.003, \eta_p^2=0.265$);错开面孔的正确反应时间($M_{\text{错开}}=794\text{ ms}, SD_{\text{错开}}=168\text{ ms}$)小于对齐面孔($M_{\text{对齐}}=879\text{ ms}, SD_{\text{对齐}}=225\text{ ms}$),存在组合面孔效应,没有发现显著的信息类型主效应($F(1,30)=1.35, p=0.254, \eta_p^2=0.043$)和交互作用($F(1,30)=0.12, p=0.733, \eta_p^2=0.004$)。

为了排除实验任务带来的影响,本文以错开构形条件与错开特征条件为控制变量,进行对齐构形和对齐特征条件下的正确率和正确反应时间的偏相关分析,结果如图5所示。由图5(a)可知,在正确率上,二者偏相关显著($r(27)=0.719, p<0.001$)(r 指相关系数)。由图5(b)可知,在正确反应时间上,二者偏相关不显著($r(27)=-0.064, p=0.740$)。

2.2 实验二

实验二中在判断组合面孔下半脸时,不同信息类型条件下的被试绩效如图6所示。由图6(a)可知,在正确率上,对齐主效应显著($F(1,31)=5.650, p=0.024, \eta_p^2=0.154$),错开面孔的正确率($M_{\text{错开}}=88.5\%, SD_{\text{错开}}=12.2\%$)高于对齐面孔的正确率($M_{\text{对齐}}=85.3\%, SD_{\text{对齐}}=12.8\%$),存在组合面孔效应。没有发现显著的信息类型主效应($F(1,31)=2.11, p=0.156, \eta_p^2=0.064$)和交互作用($F(1,31)=0.25, p=0.623, \eta_p^2=0.008$)。由图6(b)可知,在正确反应时间上,对齐主效应显

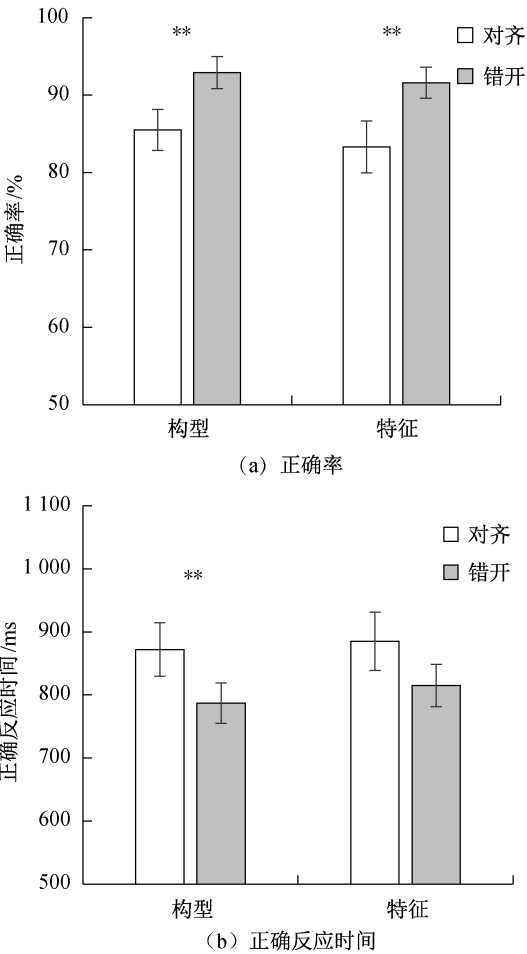


图4 实验一中不同信息类型条件下的被试绩效

著($F(1,31)=9.46, p=0.004, \eta_p^2=0.234$),错开面孔($M_{\text{错开}}=828\text{ ms}, SD_{\text{错开}}=215\text{ ms}$)的正确反应时间小于对齐面孔($M_{\text{对齐}}=869\text{ ms}, SD_{\text{对齐}}=207\text{ ms}$)的正确反应时间,存在组合面孔效应。没有发现显著的信息类型主效应($F(1,31)=0.16, p=0.694, \eta_p^2=0.005$)和交互作用($F(1,31)=3.03, p=0.091, \eta_p^2=0.089$)。

为了排除图片带来的影响,控制错开构形条件与错开特征条件,对对齐构形和对齐特征条件下的正确率和正确反应时间进行偏相关分析,结果如图7所示。由图7(a)可知,在正确率上,二者偏相关不显著($r(28)=0.232, p=0.217$)。由图7(b)可知,在正确反应时间上,二者偏相关显著($r(28)=0.484, p=0.007$)。

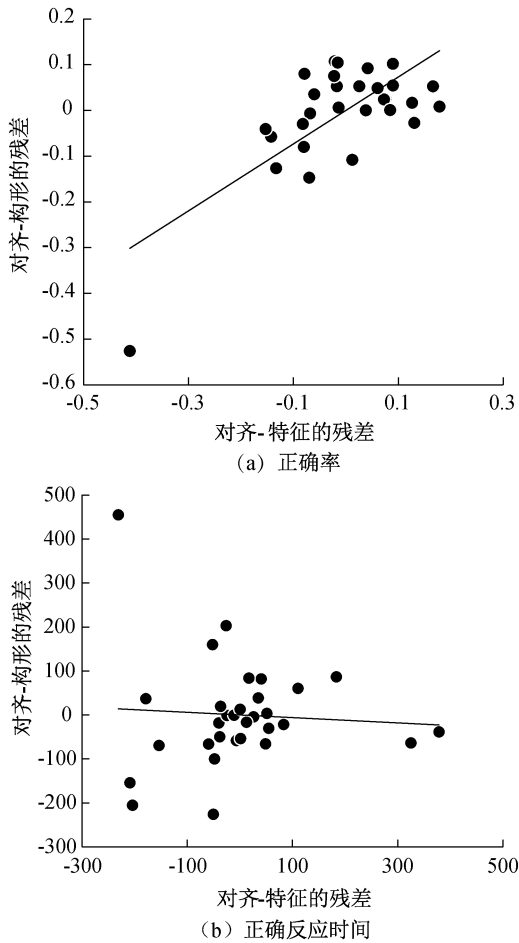


图 5 实验一不同信息类型条件下的偏相关分析

2.3 实验一与实验二的汇总结果

综合实验一与实验二,不同面孔区域下的被试绩效。以“相同”试次的正确率和正确反应时间作为因变量,以面孔区域作为被试间自变量,以面孔信息类型和对齐性作为被试内自变量,进行重复测量方差分析。由图 8(a)可知,在正确率上,对齐主效应显著($F(1,61)=21.47, p<0.001, \eta_p^2=0.260$),区域 \times 对齐性出现了边缘显著的交互效应($F(1,61)=3.76, p=0.057, \eta_p^2=0.058$)。由图 8(b)可知,在正确反应时间上,只有对齐主效应显著($F(1,61)=18.26, p<0.001, \eta_p^2=0.230$),判断上半脸($t(30)=3.44, p=0.002, d=0.398$)和下半脸($t(31)=2.92, p=0.007, d=0.165$)条件均出现组合面孔效应。其他主效应或交互效应均未达到显著水平。

3 讨论

本文考察了面孔构形信息和特征信息的变化对组合面孔效应的影响,发现不论被试判断上半脸还是下半脸,构形信息和特征信息的变化都会影响组

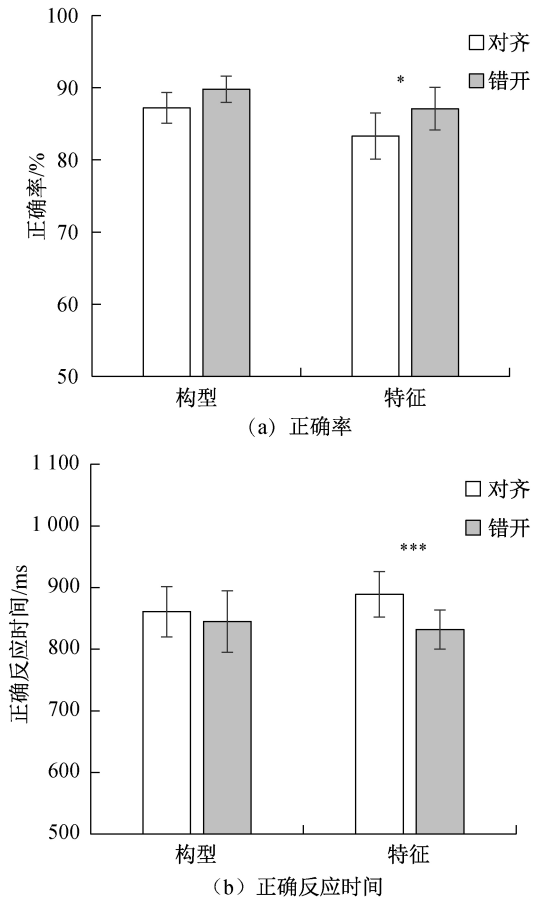


图 6 实验二判断组合面孔下半脸时,不同信息类型条件下的被试的绩效

合面孔效应,而且两种类型的信息变化造成的影响有显著正相关。这一发现支持了面孔整体加工研究中的“特征+构形”的理论观点,且和 Hayward 等^[23]的研究结果一致。他们采用组合面孔任务,改变目标半脸的构形信息或特征信息,测量整体加工的强度,发现:无关半脸对面孔整体加工的影响并不会因为目标半脸是构形信息变化还是特征信息变化而出现差别,被试对目标半脸的整体加工没有受到信息类型的影响。本文不仅检验了上半脸,也检验了下半脸,相似的结果说明此效应具有高度稳定性。进一步,本文还补充了前人研究的不足之处。因为 Hayward 等^[23]对信息的操作发生在目标半脸上,但面孔组合效应更重视无关半脸对目标半脸的影响,所以操纵无关半脸的信息变化更符合探测面孔信息整合加工的目标。其中的理论逻辑是,哪种信息对整体加工更重要,改变哪种信息(在上下半脸对齐的条件下)对面孔整体知觉的影响就越大,对被试识别目标半脸的干扰就越强。因此,本文的结果很好地扩展了 Hayward 等^[23]的结果,共同提示构形信息和特征信息都参与面孔整体加工并产生了同等程度

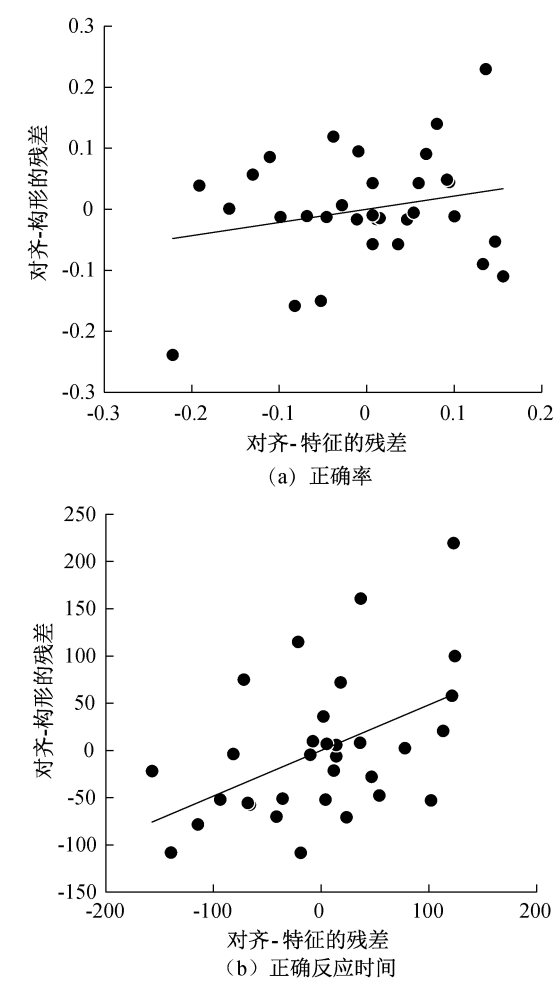


图7 实验二判断组合面孔下半脸时，不同信息类型条件下的偏相关分析

的影响。

但本文与 Jiang 等^[11]的实验结果不同。Jiang 等^[11]只发现构形信息变化影响到组合面孔效应，没发现特征信息变化的影响。造成这种差别的一部分原因可能在于，Jiang 等^[11]对特征的操纵方式是改变面孔颜色，这个变量的识别度极高，很可能导致天花板效应，即被试在对齐和错开条件下的绩效都很好，因此无法观察到组合面孔效应^[18]。但是，本文对特征的操纵是替换一个特征，避免了天花板效应^[30]，具有更高的内部效度。因此，有理由相信本文的结果更可靠。

对于 Jiang 等^[11]和 Hayward 等^[23]的不一致之处，有两种可能的解释。a) 面孔区域差别造成二者的不一致。Hayward 等^[23]操纵的信息在上半脸，Jiang 等^[11]操纵的信息在下半脸。如果面孔上半脸的信息对识别和整体加工比下半脸更重要^[24-26]，就可能造成上述两个研究的结果出现不一致。b) 目标半脸与无关半脸得到注意程度的高低造成的二者

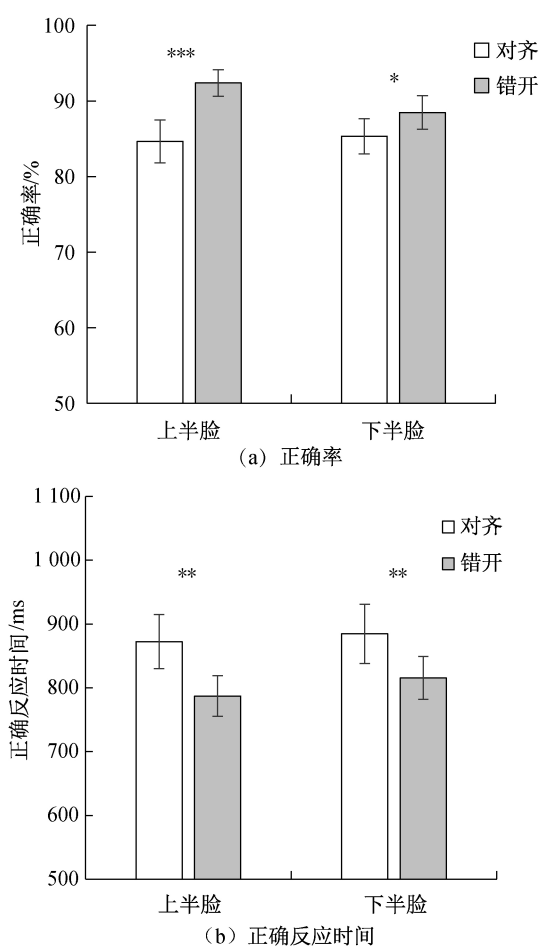


图8 实验一与实验二的汇总分析，不同区域条件下的被试的绩效

的不一致。Hayward 等^[23]的研究改变的是目标半脸的信息(位于注意焦点以内)，Jiang 等^[11]改变无关半脸的面孔信息(位于注意焦点以外)。有证据提示注意投放得少，整体加工会减弱^[27-29]，这就可能造成两个实验的结果不一致。但是，本文对上下半脸信息都做了操纵，而且不存在目标半脸与无关半脸的混淆，避免了上述两种可能，最终支持 Hayward 等^[23]的观点。

本文还发现，被试判断上半脸时，构形信息和特征信息的正确率存在正相关；被试判断下半脸时，构形信息和特征信息的反应时间存在正相关。上下半脸两种信息的相关存在差异，这再次反应了面孔加工中的区域的影响。当被试加工上半脸时，由于上半脸在识别任务中更重要，被试会更关注加工的精度，所以不同类型的加工绩效在正确率上存在相关。而当被试加工下半脸时，由于下半脸中包含的信息量较小且加工难度更低，被试会更关注加工速度，所以不同类型的加工绩效在反应时间上存在相关。这两种相关共同提示面孔的构形信息和特征信息加工

有着紧密联系,二者可能共享同一种整体加工机制。这一点与以往很多研究的观点是一致的。例如 Collishaw 等^[31]发现模糊面孔(保留构形加工、破坏特征加工)和错乱面孔(此时保留特征加工、破坏构形加工)的识别都会受到面孔倒置的影响,提示面孔整体加工既牵涉构形信息又牵涉特征信息。进一步地,很多神经生理研究也支持这一观点。Yovel 等^[12]用 fMRI 技术发现 FFA 对面孔(相对房屋)更敏感,对面孔特征信息和面孔构形信息的激活强度变化却没有差别(二者产生的激活都会被面孔倒置所破坏)。Scott 等^[32]用 ERP 技术发现面孔特征信息和面孔构形信息的变化都会诱发 N170 变化(N170 被认为是面孔整体加工的标志),且波幅和潜伏期都是一致的。

关于面孔区域对整体加工的调节,实验一与实验二在对齐主效应上的效应量略有差别(上半脸呈现优势较大),这一结果与面孔整体加工的区域选择性实验结果一致^[24-25,33]。Tanaka 等^[26]发现,倒置损害了被试对下半脸的信息变化的觉察,但对上半脸的信息辨别影响相对较小。Wang 等^[24-25]考察了被试是否会对自己和其他种族的面孔信息所在区域表现出不同的敏感性,结果显示:当上半脸的信息发生变化时,种族效应较强;而当下半脸的信息发生变化时,种族效应较弱。这些发现表明上下半脸对整体加工可能有不同的贡献。已有研究发现眼睛在面孔加工中有独特的地位^[34-35],人们对眼睛有注视偏好^[36],以眼睛信息作为面孔识别的重要参考^[35,37]。因此,眼睛在面孔加工中的特殊地位可能是上半脸在面孔整体加工中表现出优势的根本原因。

4 结 论

本文在实验中引入面孔区域作为新的变量,在组合面孔任务中操纵半脸区域(上半脸与下半脸)和信息类型(构形信息与特征信息),控制信息变化只出现在无关半脸(而非目标半脸),排除了以往研究中可能存在的变量混淆,并在分析中加入相关性检验,考察了面孔构形信息与特征信息在面孔整体加工中的作用。主要研究结论有:

a) 不论是将上半脸还是下半脸作为目标半脸,无关半脸上的构形信息和特征信息变化都能影响组合面孔效应,并且二者强度没有差异。

b) 不论将上半脸还是下半脸作为目标半脸,无关半脸构形信息和特征信息变化的辨别绩效都存在正相关,面孔构形信息和特征信息在面孔整体加工

中可能受到一些共同认知机制的作用。

这些发现提示两种面孔信息在整体加工中起到同等程度的作用。这在理论上不仅意味着面孔整体加工的“构形+特征”的观点^[12]比传统的“构形决定论”观点得到了进一步实验证据的支持,而且提示眼睛区域信息加工对面孔知觉与记忆会起到关键性作用^[24-25]值得后继研究的深入检验与发展。

参考文献:

- [1] 安德鲁·考尔德,吉利恩·罗兹,马克·H·约翰逊,等. 牛津面孔认知手册[M].王哲,严璘璘,孙宇浩,译.北京:科学出版社,2020:186-203.
- [2] Yin R K. Looking at upside-down faces[J]. Journal of Experimental Psychology, 1969, 81 (1): 141-145.
- [3] 汪海玲,傅世敏. 面孔倒置效应的研究与理论述评[J]. 心理科学进展, 2011, 19 (11): 1588-1594.
- [4] Young A W, Hellawell D, Hay D C. Configurational information in face perception[J]. Perception, 1987, 16 (6): 747-759.
- [5] 朱千,寇慧,毕泰勇. 面孔社会性线索的加工机制[J]. 生理学报, 2019, 71 (1): 73-85.
- [6] Tanaka J W, Farah M J. Parts and wholes in face recognition[J]. The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 1993, 46 (2): 225-245.
- [7] 李明芳,张烨,张庆林. 面孔识别中脑电成分 N170 的研究概述[J]. 心理科学进展, 2010, 18 (12): 1942-1948.
- [8] Kanwisher N, Tong F, Nakayama K. The effect of face inversion on the human fusiform face area[J]. Cognition, 1998, 68 (1): 1-11.
- [9] 林菲菲,陈旭,周春霞,等. 面孔失认症的神经机制[J]. 心理科学进展, 2013, 21 (10): 1755-1762.
- [10] Le Grand R, Mondloch C J, Maurer D, et al. Early visual experience and face processing[J]. Nature, 2001, 410 (6831): 890.
- [11] Jiang F, Blanz V, Rossion B. Holistic processing of shape cues in face identification: Evidence from face inversion, composite faces, and acquired prosopagnosia [J]. Visual Cognition, 2011, 19 (8): 1003-1034.
- [12] Zhou Y, Liu X G, Feng X R, et al. The constancy of the holistic processing of unfamiliar faces: Evidence from the study-test consistency effect and the within-person motion and viewpoint invariance[J]. Attention Perception & Psychophysics, 2021, 83(5): 2174-2188.
- [13] Palmer C J, Clifford C W G. Adaptation to other people's eye gaze reflects habituation of high-level perceptual representations [J]. Cognition, 2018, 180: 82-90.

- [14] Freud E, Stajduhar A, Rosenbaum R S, et al. The COVID-19 pandemic masks the way people perceive faces[J].Scientific Reports,2020, 10 (1): 8-25.
- [15] 汪亚珉, 黄雅梅. 面孔识别中的构形加工与特征加工[J].心理科学进展,2011,19(8): 40-51.
- [16] 郭建伟, 胡凤培, 苏晓华, 等.整体加工方式下面孔结构与特征关系[J].心理学报,2010, 42 (3): 352-359.
- [17] Barton J J S, Keenan J P, Bass T.Discrimination of spatial relations and features in faces: Effects of inversion and viewing duration[J].British Journal of Psychology,2001, 92: 527-549.
- [18] Mckone E, Yovel G.Why does picture-plane inversion sometimes dissociate perception of features and spacing in faces, and sometimes not? Toward a new theory of holistic processing [J]. Psychonomic Bulletin & Review,2009, 16 (5): 778-797.
- [19] Young S G, Slepian M L, Wilson J P, et al.Averted eye-gaze disrupts configural face encoding[J].Journal of Experimental Social Psychology,2014, 53: 94-99.
- [20] Riesenhuber M, Jarudi I, Gilad S, et al. Face processing in humans is compatible with a simple shape-based model of vision [J]. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 2004, 271(6):448-450.
- [21] Yovel G, Kanwisher N. Face perception: domain specific, not process specific[J].Neuron,2004, 44 (5): 889-898.
- [22] Yovel G, Duchaine B. Specialized face perception mechanisms extract both part and spacing information: evidence from developmental prosopagnosia[J].Journal of Cognitive Neuroscience,2006, 18 (4): 580-593.
- [23] Hayward W G, Crookes K, Chu M H, et al. Holistic processing of face configurations and components [J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,2016, 42 (10): 1482-1489.
- [24] Wang Z, Quinn P C, Tanaka J W, et al.An other-race effect for configural and featural processing of faces: Upper and lower face regions play different roles[J].Frontiers in Psychology,2015, 6: 559-569.
- [25] Wang Z, Quinn P C, Jin H Y, et al. A regional composite-face effect for species-specific recognition: Upper and lower halves play different roles in holistic processing of monkey faces[J].Vision Research,2019, 157: 89-96.
- [26] Tanaka J W, Kaiser M D, Hagen S M, et al.Losing face: Impaired discrimination of featural and configural information in the mouth region of an inverted face[J].Attention, Perception, & Psychophysics, 2014, 76 (4): 1000-1014.
- [27] Hoffman E A, Haxby J V.Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception[J]. Nature Neuroscience, 2000, 3 (1): 80-84.
- [28] Schyns P G, Bonnar L, Gosselin F. Show me the features! Understanding recognition from the use of visual information[J].Psychological Science, 2002, 13 (5): 402-409.
- [29] Hills P J, Ross D A, Lewis M B.Attention misplaced: the role of diagnostic features in the face-inversion effect[J].Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,2011, 37 (5): 1396-1406.
- [30] 王哲, 葛列众, 孙宇浩.人脸特征信息反转效应的实验研究 [J].心理科学,2006, 29(6): 1351-1353,1345.
- [31] Collishaw S M, Hole G J. Featural and configural processes in the recognition of faces of different familiarity[J].Perception,2000, 29 (8): 893-909.
- [32] Scott L S. Featural and configural face processing in adults and infants: A behavioral and electrophysiological investigation[J].Perception,2006, 35 (8): 1107-1128.
- [33] 杨西腾. 面孔整体加工的区域选择性:现象与解释[D].杭州:浙江理工大学,2016: 30-34.
- [34] De Heering A, Schiltz C. Sensitivity to spacing information increases more for the eye region than for the mouth region during childhood [J]. International Journal of Behavioral Development,2013, 37 (2): 166-171.
- [35] Royer J, Blais C, Charbonneau I, et al. Greater reliance on the eye region predicts better face recognition ability[J].Cognition,2018, 181: 12-20.
- [36] Smith A D, Hood B M, Hector K. Eye remember you two: Gaze direction modulates face recognition in a developmental study[J].Developmental Science,2006, 9 (5): 465-472.
- [37] Hsiao J H, Cottrell G. Two fixations suffice in face recognition[J].Psychological Science,2008, 19 (10): 998-1006.

(责任编辑:唐志荣)