简化类Emoji面孔识别特征调控的ERP研究

张 晶^{1,2},石金富^{1,2*},张 娜^{1,2}

1华北理工大学心理与精神卫生学院,河北 唐山 2河北省心理健康与脑科学重点实验室,河北 唐山

收稿日期: 2025年1月15日; 录用日期: 2025年2月17日; 发布日期: 2025年2月28日

摘要

目的: 探究简化emoji人脸是否能引起面孔识别脑区和一般人脸相似的变化,面孔倒置效应是否存在。方法: 使用结合emoji表情特征的简化面孔图片,通过调控眉毛旋转角度、眼睛与嘴巴之间距离及图片方向, 对34名大学生使用ERP记录并观察N170的波幅及潜伏期的变化情况。结果: 在各个条件下,右侧脑区的 平均波幅显著大于左侧脑区,潜伏期更短; 倒置面孔刺激的平均波幅显著大于正立面孔刺激,潜伏期更 长。结论: 大脑对面孔的识别受到特征之间的位置及形状的影响,简化的面孔图片依然能够引起大脑类 似于正常人脸的反应,面孔识别的倒置效应和大脑的偏侧化优势依然存在。

关键词

面孔,N170,面孔倒置效应

ERP Study on the Regulation of Facial Recognition Features of Simplified Emoji Faces

Jing Zhang^{1,2}, Jinfu Shi^{1,2*}, Na Zhang^{1,2}

¹School of Psychology and Mental Health, North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei ²Hebei Key Laboratory of Mental Health and Brain Science, Tangshan Hebei

Received: Jan. 15th, 2025; accepted: Feb. 17th, 2025; published: Feb. 28th, 2025

Abstract

Objective: To explore whether simplified emoji faces can cause similar changes in the brain regions responsible for facial recognition as normal faces and whether the face inversion effect exists.

*通讯作者。

Methods: Using simplified face images combined with emoji expression features, the rotation angle of evebrows, the distance between eves and mouth, and the direction of the images were controlled. ERP was used to record 34 college students and observe the changes in the amplitude and latency of N170. Results: Under all conditions, the average amplitude of the right brain region was significantly greater than that of the left brain region, and the latency was shorter; the average amplitude of inverted face stimuli was significantly greater than that of upright face stimuli, and the latency was longer. Conclusion: The brain's recognition of faces is affected by the position and shape of features. Simplified face images can still cause similar responses in the brain as normal faces, and the face inversion effect and the brain's lateralization advantage still exist.

Keywords

Face, N170, Face Inversion Effect

Copyright © 2025 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

面孔(Face)作为社会生活中一种蕴含丰富信息的特殊视觉刺激,一直是认知神经科学研究的热点。准 确识别熟悉的面孔对于正常的社会交往至关重要。面孔为识别身份提供了有力的视觉线索,我们通常可 以从一眼就确定我们是否认识一个人。面孔识别(Face recognition)是在个体对面孔信息进行加工的过程中, 对复杂的视觉刺激进行识别整合。

fMRI和PET等神经影像学方面的研究发现,大脑颞叶(位于太阳穴下方)有一些蓝莓大小的区域专门 负责面部识别。神经科学家称这些区域为"面部识别块"(face patches)(Landi, Viswanathan, Serene, & Freiwald, 2021).

Kanwisher 等人 1997 年在被试快速观看面孔序列和熟悉的无生命物体序列时,利用 fMRI 技术对被 试进行扫描。结果在大多数被试的梭状回中发现了一个区域,在大约一半的被试的颞上沟中发现了第二 个区域,在看面孔时比看物体时产生了更强的 MR 反应(Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997)。在证明了 这一区域对面孔的反应至少是其他任何控制刺激的两倍后,Kanwisher 等人得出结论,这个区域确实选择 性地参与了面孔处理,并将其命名为梭状回面孔区(FFA)。FFA 有选择地或专门地对面孔做出反应的说法 并不意味着它只对面孔做出反应(McCarthy, Puce, Gore, & Allison, 1997)。虽然 FFA 对面孔的反应要比对 物体的反应大得多,但它对物体的反应要比对基线条件的反应大得多。这里采用的神经选择性的标准是, 首选刺激类别的反应必须至少是其他任何刺激类别的两倍(Tsao, Freiwald, Tootell, & Livingstone, 2006)。

迄今为止,关于面孔识别的ERP研究已经相当成体系了,人们发现了几个特殊的脑电成分P100、N170、 P200,他们对于面孔刺激格外敏感(Jeffreys, 1989)。其中 N170 是面孔识别中最具标志性的 ERP 早期成分, 其时间窗口为130 ms~200 ms,测量指标是潜伏期和峰值。它是刺激呈现之后大约170 ms出现的负波,最 大波峰位于双侧枕颞区,与面孔选择有关,除了人类面孔没有其它刺激类别能这样明显地引起负波。它体 现了面孔结构信息处理的早期阶段(Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996; Rossion et al., 2000)。

根据已有的对面孔识别机制的相关研究,我们可以得知加工过程既是独立又是相互关联的,面孔特 征的大小和特征之间的位置和比例关系也会影响个体对面孔信息的加工。2009 年 Doris 等人通过运用大 脑成像和单神经元记录(single-neuron recording)技术对恒河猴进行研究,在灵长类动物面部识别的神经机 制领域取得重大突破。研究人员研究了"面部识别块"中每个神经元对某一特定面部特征进行编码时产 生的电信号的特征,发现这些细胞会对外界信息作出响应,以不同的方式组合在大脑中产生的灵长类动物看到的每张面孔的图像(Freiwald, Tsao, & Livingstone, 2009)。

Doris 等人的研究发现面部系统是一个独特的进化结果,具有面部选择细胞集群且当改变面孔的眉毛、眼睛、嘴巴等的大小或相对位置比例时,细胞集群中的细胞对这些不同的面孔成分反应大小不同,其中 对面孔的长宽比、虹膜大小、眼间距和特征高度四个维度的反应细胞最多,表明不同面孔成分对面部识 别具有不同程度的重要性(Freiwald et al., 2009)。那么如果可供辨别的面孔特征更少,人类是否还能将其 作为面孔识别?相关特征变化是否能区分?是否依然存在倒置效应?因此在本研究中对 Doris 等人使用 的面孔材料进行了进一步地简化,只保留了眉毛眼睛和嘴巴几种最基本的面孔部件,结合 emoji 表情的 基本特征,制作了更简化的面孔图像,试图探究在更简化的维度上是否会得出同样的结果。

2. 实验

2.1. 被试

在校大学生 34 名(其中男 17 名),年龄 18~26 岁,平均年龄 23.17。所有被试全部为右利手,无神经 系统疾病及病史,无色盲或色弱,视力或矫正视力正常。实验采取匿名形式,通过口头方式向被试介绍 脑电实验的基本原理,说明不会给被试造成任何身体损害,获得被试知情同意后,开始收集数据。实验 结束后,被试获得一定的报酬。

2.2. 实验材料

使用 Photoshop2020 绘制简单的线条人脸,并分别对面孔的眉毛方向(逆时针或顺时针旋转,以 10°为一个单位)和眼睛嘴巴间距(扩大或缩小,以 30 像素为一个单位)进行五个水平调控,得到正立组和倒立组分别 5 张,共 20 张面孔材料,图片分辨率为 400 * 400,如图 1。



(在实验中一共使用 22 张图片, 20 张为面孔材料, 2 张为蝴蝶照片, 其中蝴蝶图片充当填充材料以维持被试在实验中的注意力。)

Figure 1. Experimental materials of faces 图 1. 面孔实验材料

2.3. 实验设计

采取自变量为2(图片方向:正立、倒立)*5(水平)的被试内实验设计。

2.4. 实验流程

通过 E-prime 呈现刺激,一共有 420 个 trial,每 105 个 trial 休息一次,实验共四组。采用被动观看 任务,每个 trial 流程是先呈现注视点 "+" 500 毫秒,然后随机呈现一张面孔图片 500 毫秒,空白间隔 500 毫秒;为保持被试对实验的注意填充材料采用按键反应,流程是先呈现注视点 "+" 500 毫秒,然后呈现 蝴蝶图片直至被试按数字 "1"键。单个试次的实验流程见图 2。



Figure 2. Experimental flow of a single trial 图 2. 单个试次的实验流程

2.5. 实验数据采集

使用戴尔台式电脑,用 E-prime 3.0 软件呈现刺激。采用根据国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽,使用 NeuroscanERP 工作站记录 EEG 信号。控制每个电极与头皮之间的电阻小于 10 KΩ。连续记录时,滤波带宽为 0.05~100 Hz,采样率为 1000 Hz。以位于左眼上下的电极记录垂直眼电(VEOG),位于眼外侧 1.5 cm 处的左右电极记录水平眼电(HEOG)。记录中以双侧乳突为采集参考电极。

2.6. 数据分析方法

脑电数据分析:使用 Matlab 软件中 eeglab 工具进行离线数据分析处理。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 30 Hz (24 dB/oct),而波幅大于±80 µv 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,在刺激开始呈现开始,并持续 1000 毫秒。以刺激开始呈现的时刻为起点进行脑电分段,选择刺激呈现 70 ms~240 ms 分析时程,以探测 刺激呈现前 200 ms 作为基线,叠加平均出实验 ERP,每种条件下的平均试次不低于 10 个。根据已有研 究以及本实验的 ERP 波形特征,选取 130 ms~190 ms 之间的时间窗口表征 N170 成分。基于记录期间数 据质量差或硬件故障,从最终样本中总共排除了 8 份数据。

采用 SPSS26.0 统计软件对 ERP 波形的测量指标进行重复测量方差分析, ERP 数据进行简单效应分析。进行对不满足球形检验的统计效应采用 Greenhouse-Geisser 法矫正 *p* 值。

3. 脑电数据结果

3.1. 调控眉毛方向时 N170 的平均波幅及潜伏期结果

对眉毛方向进行调控时,观察事件相关电位波幅峰值和潜伏期,N170成分平均波幅图和地形图见图 3、图 4。



Figure 3. Average amplitude of N170 components in different eyebrow directions in different eyebrow directions

图 3. 不同眉毛方向的 N170 成分的平均波幅图



Figure 4. Topographic map of N170 components in different eyebrow directions in different eyebrow directions

图 4. 不同眉毛方向的 N170 成分的平均波幅图成分的地形图

3.1.1. 平均波幅

根据以往研究及脑电数据结果,选取 P7、P8 通道 N170 成分的平均波幅进行面孔方向(正立/倒立) × 眉毛方向旋转角度(-20°、-10°、0°、10°、20°)× 脑区(左侧/右侧) 三因素重复测量方差分析,结果发现:

方向主效应显著, F(1,25) = 10.62, p = 0.003, $\eta_p^2 = 0.30$, 正立面孔刺激的波幅($-0.42 \pm 0.27 \mu$ V)显 著小于倒立面孔刺激的波幅($-1.04 \pm 0.27 \mu$ V)。左右脑区主效应显著, F(1,25) = 8.68, p = 0.007, $\eta_p^2 = 0.26$, 左侧脑区的波幅($-0.22 \pm 0.22 \mu$ V)显著小于右侧脑区的波幅($-1.25 \pm 0.37 \mu$ V)。

方向和旋转角度交互作用显著, F(1,25) = 2.62, p = 0.050, $\eta_p^2 = 0.10$, 进一步简单效应分析结果显示: 在正立条件下,旋转-20°诱发的平均波幅(-0.40 ± 0.31 µV, p = 0.034)、旋转 0°诱发的平均波幅(-0.14 ± 0.24 µV, p = 0.034)、旋转 10°诱发的平均波幅(-0.27 ± 0.28 µV, p = 0.034)均显著小于旋转-10°诱发的平均波幅(-0.72 ± 0.34 µV)。在倒立条件下,旋转 10°诱发的平均波幅(-1.25 ± 0.30µV)显著大于旋转 20° (-0.88 ± 0.29 µV, p = 0.047)。

方向和脑区交互作用显著, F(1,25) = 23.90, p = 0.000, $\eta_p^2 = 0.49$, 进一步简单效应分析结果显示: 在右侧脑区,正立面孔刺激诱发的平均波幅($-0.34 \pm 0.25 \mu$ V)显著小于倒立面孔($-1.74 \pm 0.38 \mu$ V, p = 0.000);正立条件下,左侧脑区的平均波幅($-0.09 \pm 0.23 \mu$ V)显著小于右侧脑区($-0.75 \pm 0.39 \mu$ V, p = 0.081); 倒立条件下,左侧脑区的平均波幅($-0.34 \pm 0.25 \mu$ V)显著小于右侧脑区($-1.74 \pm 0.38 \mu$ V, p = 0.001)。左侧脑区正立与倒立面孔刺激之间差异不显著。

3.1.2. 潜伏期

对 P7、P8 通道 N170 成分的潜伏期进行面孔方向(正立/倒立) × 眉毛方向旋转角度(−20°、−10°、0°、 10°、20°) × 脑区(左侧/右侧)三因素重复测量方差分析,结果发现:

方向主效应显著, F(1,25) = 10.91, p = 0.003, $\eta_p^2 = 0.30$, 成对比较发现,正立面孔刺激的潜伏期 (155.66 ± 2.15 ms)显著小于倒立面孔(161.12 ± 2.01 ms)。

方向和脑区交互作用边缘显著, F(1,25) = 3.19, p = 0.076, $\eta_p^2 = 0.11$, 进一步简单效应分析结果显示: 在左侧脑区, 正立面孔刺激的潜伏期(157.85 ± 2.39 ms)显著小于倒立面孔(161.57 ± 2.25 ms, p = 0.052); 在右侧脑区, 正立面孔刺激的潜伏期(153.48 ± 2.19 ms)显著小于倒立面孔(160.66 ± 2.31 ms, p = 0.000)。正立条件下, 左侧脑区的潜伏期(157.85 ± 2.39 ms)显著大于右侧脑区(153.48 ± 2.19 ms, p = 0.011); 倒立条件下, 左右脑区之间的差异不具有统计学意义。

P7、P8 电极点上 N170 成分的平均波幅及潜伏期描述性统计结果见表 1。

Table 1. Average amplitude (M±SD, μV) and latency (M±SD, ms) of N170 at P7 and P8 electrode points under eyebrow direction **表 1.** 眉毛方向条件下 P7、P8 电极点上 N170 的平均波幅(M±SD, μV)及潜伏期(M±SD, ms)

方向	旋转角度 -	平均波幅		潜伏期		
		P7(左脑)	P8 (右脑)	P7 (左脑)	P8(右脑)	
正立	-20°	-0.28 ± 1.41	-0.52 ± 2.31	157.85 ± 14.48	154.31 ± 13.18	
	-10°	-0.43 ± 1.55	-1.01 ± 2.45	159.31 ± 16.65	153.62 ± 14.85	
	0°	0.41 ± 1.50	-0.70 ± 1.73	157.46 ± 15.45	152.85 ± 13.00	
	10°	-0.04 ± 1.19	-0.50 ± 2.27	158.31 ± 16.91	152.338 ± 11.57	
	20°	-0.11 ± 1.64	-1.03 ± 2.41	156.31 ± 13.09	154.23 ± 13.73	
倒立	-20°	-0.34 ± 1.66	-1.61 ± 2.22	161.46 ± 17.98	161.08 ± 11.60	
	-10°	-0.11 ± 1.37	-1.67 ± 1.92	163.92 ± 15.25	160.62 ± 14.71	
	0°	-0.59 ± 1.71	-1.82 ± 2.30	159.31 ± 17.03	158.77 ± 15.30	
	10°	-0.60 ± 1.59	-1.90 ± 1.99	161.38 ± 15.36	160.92 ± 13.76	
	20°	-0.05 ± 1.43	-1.71 ± 2.32	161.77 ± 15.50	161.92 ± 12.86	
正立 ————————————————————————————————————	$ \begin{array}{c} -10 \\ 0^{\circ} \\ 10^{\circ} \\ 20^{\circ} \\ \hline -20^{\circ} \\ -10^{\circ} \\ 0^{\circ} \\ 10^{\circ} \\ 20^{\circ} \\ \end{array} $	$\begin{array}{c} -0.43 \pm 1.55 \\ 0.41 \pm 1.50 \\ -0.04 \pm 1.19 \\ -0.11 \pm 1.64 \\ \hline -0.34 \pm 1.66 \\ -0.11 \pm 1.37 \\ -0.59 \pm 1.71 \\ -0.60 \pm 1.59 \\ -0.05 \pm 1.43 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} -1.01 \pm 2.45 \\ -0.70 \pm 1.73 \\ -0.50 \pm 2.27 \\ -1.03 \pm 2.41 \\ \hline \\ -1.61 \pm 2.22 \\ -1.67 \pm 1.92 \\ -1.82 \pm 2.30 \\ -1.90 \pm 1.99 \\ -1.71 \pm 2.32 \end{array}$	$\begin{array}{c} 159.31 \pm 16.65 \\ 157.46 \pm 15.45 \\ 158.31 \pm 16.91 \\ 156.31 \pm 13.09 \\ \hline \\ 161.46 \pm 17.98 \\ 163.92 \pm 15.25 \\ 159.31 \pm 17.03 \\ 161.38 \pm 15.36 \\ 161.77 \pm 15.50 \\ \hline \end{array}$	153.62 ± 14.8 152.85 ± 13.00 152.338 ± 11.5 154.23 ± 13.73 161.08 ± 11.60 160.62 ± 14.7 158.77 ± 15.30 160.92 ± 13.70 161.92 ± 12.8	

3.2. 调控眼睛 - 嘴巴间距时 N170 的平均波幅及潜伏期结果

对眼睛 - 嘴巴间距进行调控时,观察事件相关电位波幅峰值和潜伏期,N170成分平均波幅图和地形 图见图 5、图 6。



Figure 5. Average amplitude of N170 components in different eye-mouth distances at different eye-mouth distances 图 5. 不同眼睛嘴巴间距的 N170 成分的平均波幅图



围立组. -60 -30 0 30 60

Figure 6. Topographic map of N170 components in different eye-mouth distances at different eye-mouth distances **图 6.** 不同眼睛嘴巴间距的 N170 成分的地形图

3.2.1. 平均波幅

根据以往研究及脑电数据结果,选取 P7、P8 通道 P100、N170、P200 成分的平均波幅进行面孔方向 (正立/倒立)× 眼睛 - 嘴巴距离(-60、-30、0、30、60)× 脑区(左侧/右侧)三因素重复测量方差分析,结果 发现:

方向主效应边缘显著, F(1,25) = 3.74, p = 0.055, $\eta_p^2 = 0.13$, 正立面孔刺激的波幅($-0.47 \pm 0.26 \mu V$) 显著小于倒立面孔刺激的波幅($-0.84 \pm 0.24 \mu V$)。左右脑区主效应显著, F(1,25) = 14.32, p = 0.001, $\eta_p^2 = 0.36$, 左侧脑区的波幅($-0.12 \pm 0.23 \mu V$)显著小于右侧脑区的波幅($-1.29 \pm 0.33 \mu V$)。

方向和脑区交互作用边缘显著, F(1,25) = 3.81, p = 0.062, $\eta_p^2 = 0.13$, 进一步简单效应分析结果显示: 在右侧脑区,正立面孔刺激诱发的平均波幅($-1.04 \pm 0.36 \mu$ V)显著小于倒立面孔($-1.54 \pm 0.34 \mu$ V, p = 0.043); 正立条件下,左侧脑区的平均波幅($-0.10 \pm 0.23 \mu$ V)显著小于右侧脑区($-1.04 \pm 0.36 \mu$ V, p = 0.006); 倒立条件下,左侧脑区的平均波幅($-0.14 \pm 0.24 \mu$ V)显著小于右侧脑区($-1.54 \pm 0.34 \mu$ V, p = 0.000)。左侧脑区正立与倒立面孔刺激之间差异不显著。

水平和脑区交互作用显著, F(1,25) = 2.75, p = 0.032, $\eta_p^2 = 0.10$, 进一步简单效应分析结果显示: 当眼睛与嘴巴之间距离缩小 60 像素时, 左侧脑区的平均波幅(0.07 ± 0.24 µV)显著小于右侧脑区(-1.29 ± 0.35 µV, p = 0.000); 当眼睛与嘴巴之间距离缩小 30 像素时, 左侧脑区的平均波幅(0.21 ± 0.22 µV)显著小 于右侧脑区(-1.025 ± 0.36 µV, p = 0.000); 当眼睛与嘴巴之间距离为正常水平时, 左侧脑区的平均波幅 (-0.30 ± 0.24µV)显著小于右侧脑区(-1.03 ± 0.33 µV, p = 0.038); 当眼睛与嘴巴之间距离扩大 30 像素时, 左侧脑区的平均波幅(-0.28 ± 0.30 µV)显著小于右侧脑区(-1.45 ± 0.36 µV, p = 0.003); 当眼睛与嘴巴之间 距离扩大 60 像素时, 左侧脑区的平均波幅(-0.31 ± 0.26 µV)显著小于右侧脑区(-1.43 ± 0.40 µV, p = 0.002)。 各水平上左侧脑区的平均波幅均显著小于右侧脑区。

3.2.2. 潜伏期

对 P7、P8 通道 N170 成分的潜伏期进行面孔方向(正立/倒立)× 眼睛嘴巴间距(-60、-30、0、30、60) × 脑区(左侧/右侧)三因素重复测量方差分析,结果发现:

方向主效应显著, F(1,25) = 16.77, p = 0.000, $\eta_p^2 = 0.40$, 正立面孔刺激的潜伏期(155.45 ± 2.25 ms) 显著小于倒立面孔(161.17 ± 2.10 ms)。左右脑区主效应显著, F(1,25) = 5.43, p = 0.0328, $\eta_p^2 = 0.18$, 左侧脑区的潜伏期(160.52 ± 2.21 ms)显著大于右侧脑区(156.11 ± 2.32 ms)。

方向与脑区之间交互作用边缘显著, F(1,25) = 3.62, p = 0.069, $\eta_p^2 = 0.13$, 进一步简单效应分析结

果显示: 在右侧脑区,正立面孔刺激的潜伏期(152.02 ± 2.23 ms)显著小于倒立面孔(160.20 ± 2.54 ms, *p* = 0.000);正立条件下,左侧脑区的潜伏期(158.89 ± 2.65 ms)显著大于右侧脑区(152.01 ± 2.23 ms, *p* = 0.001)。 左侧脑区和倒立条件下差异不显著。

P7、P8 电极点上 N170 成分的平均波幅及潜伏期描述性统计结果见表 2。

Table 2. Average amplitude ($M \pm SD$, μV) and latency ($M \pm SD$, ms) of N170 at P7 and P8 electrode points under eye-mouth distance 表 2. 眼睛 - 嘴巴间距条件下 P7、P8 电极点上 N170 的平均波幅($M \pm SD$, μV)及潜伏期($M \pm SD$, ms)

	距离	平均波幅(M ± SD, μV)		潜伏期(M ± SD, ms)	
		P7(左脑)	P8(右脑)	P7(左脑)	P8(右脑)
	-60	0.01 ± 1.19	-1.12 ± 2.16	160.54 ± 16.48	153.31 ± 11.73
	-30	0.11 ± 1.11	-0.93 ± 2.29	159.08 ± 15.59	149.92 ± 12.58
正立	0	-0.25 ± 1.39	-0.59 ± 1.90	158.38 ± 19.65	150.38 ± 13.48
	30	-0.10 ± 1.86	-1.12 ± 2.11	157.85 ± 19.76	152.00 ± 12.81
	60	-0.28 ± 1.55	-1.39 ± 2.16	158.62 ± 16.79	154.46 ± 14.03
	-60	0.13 ± 1.58	-1.47 ± 1.83	162.92 ± 16.20	160.38 ± 15.42
	-30	0.31 ± 1.28	-1.56 ± 1.88	163.46 ± 20.55	158.08 ± 14.16
倒立	0	-0.35 ± 1.40	-1.48 ± 1.97	158.92 ± 15.57	158.54 ± 13.99
	30	-0.45 ± 1.64	-1.71 ± 1.94	163.46 ± 13.92	162.31 ± 14.76
	60	-0.35 ± 1.48	-1.46 ± 2.30	161.92 ± 17.51	161.69 ± 12.65

4. 讨论

本研究通过调控眉毛的旋转角度和眼睛与嘴巴之间的距离,观察梭状回面孔区(FFA)、枕叶面部区 (OFA) N170 成分平均波幅及潜伏期的变化情况。使用 ERP 技术记录检测对于不同方向的面孔材料左右 脑区的神经反应。与前人的研究一致,面孔特征之间位置及形状的变化都会影响到大脑对面孔的识别 (Farah, Tanaka, & Drain, 1995)。ERP 分析结果表明,几乎在所有成分上,倒立面孔材料和正立面孔材料都 有明显的平均波幅和潜伏期的不同,倒立面孔诱发更大的脑电波幅以及更长的潜伏期;其次右侧脑区普 遍呈现更大的脑电波幅以及更短的潜伏期。

4.1. 面孔特征加工分析

从实验结果上看,大脑对面孔的识别受到特征之间的位置及形状的影响,N170 成分上眉毛顺时针或 逆时针旋转诱发的平均波幅普遍大于正常面孔,潜伏期更长。以往的研究证明 N170 是类别敏感成分 (Amihai, Deouell, & Bentin, 2011),在本研究中正立面孔和倒立面孔都能引起明显的振幅,这表明正立面 孔和倒立面孔都属于在类别上识别。同时在正立和倒立面孔上都产生了经典的 ERP 复合体 P100-N170-P200 (如图 3),遵循视觉处理的系列框架,这三个成分被经典地解释为早期、中期和晚期对象处理机制的 标志(Rousselet, Husk, Bennett, & Sekuler, 2007)。特征调控引发的大脑不同反应与 Doris 等人 2009 的研究 发现呈现一致的结果,说明了我们制作的简化类 emoji 面孔材料也能引起与真实人脸类似的大脑反应。

4.2. 面孔识别的倒置效应

在 N170 成分上, 倒立面孔材料诱发的平均波幅均大于正立面孔, 潜伏期均长于正立面孔。面孔倒置 效应(FIE)就是倒置面孔再认成绩明显低于正立面孔再认成绩, 并且, 面孔倒置效应大于普通物体倒置效 应(Yin, 1969)。这可能是由于两个因素: 熟悉单向对象的一般因素和仅涉及面孔的特殊因素。一般因素即

影响所有材料识别的因素,使它们在上下颠倒时更难以识别;特殊因素与倒置面孔识别的不成比例的困 难有关。本研究的结果与此一致,倒立情况下左右脑区之间的差异受到不同程度的抑制。

4.3. 面孔识别脑区的偏侧化优势

实验结果表明,面孔识别具有右半球偏侧化优势。人们在识别面孔时都需要利用专家化的视觉加工,以精细辨别高度相似且差异细微的刺激(Davies-Thompson et al., 2017)。成年人的神经成像研究(Canário, Jorge, & Castelo-Branco, 2020; Gerrits, Van der Haegen, Brysbaert, & Vingerhoets, 2019)、电生理研究(Inamizu et al., 2020; Sehyr et al., 2020)和神经心理研究(Sabsevitz et al., 2020; Susilo, Wright, Tree, & Duchaine, 2015)显示,面孔识别的关键脑区位于视觉腹侧枕 - 颞皮层(ventral occipitotemporal cortex, vOTC)中的梭状回(fusiform gyrus, FG),其中右半球的梭状面孔区(FFA)优先处理面孔信息(Behrmann & Plaut, 2014; Gerrits et al., 2019; Lochy, de Heering, & Rossion, 2019; Moret-Tatay, Fortea, & Sevilla, 2020)。本实验中两种条件下右侧脑区的平均波幅均大于左侧脑区,潜伏期均小于左侧脑区也印证了这一结论。

5. 结论

本文在 Doris2009 年创建的标准化人脸图片基础上,结合 emoji 表情特征,使用简化的人脸图片,通 过调控眉毛旋转角度和眼睛与嘴巴之间的距离这两个面部特征,观察梭状回面孔区(FFA)、枕叶面部区 (OFA) N170 成分平均波幅及潜伏期的变化情况。结果表明了简化的面孔图片依然能够引起大脑类似于正 常人脸的反应,面孔识别的倒置效应和大脑的偏侧化优势依然存在。未来可以调控其他的面部特征或进 一步简化面孔图片,以继续扩充面孔识别领域的研究广度与深度。

参考文献

- Amihai, I., Deouell, L. Y., & Bentin, S. (2011). Neural Adaptation Is Related to Face Repetition Irrespective of Identity: A Reappraisal of the N170 Effect. *Experimental Brain Research*, 209, 193-204. <u>https://doi.org/10.1007/s00221-011-2546-x</u>
- Behrmann, M., & Plaut, D. C. (2014). Bilateral Hemispheric Processing of Words and Faces: Evidence from Word Impairments in Prosopagnosia and Face Impairments in Pure Alexia. *Cerebral Cortex*, 24, 1102-1118. https://doi.org/10.1093/cercor/bhs390
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 551-565. <u>https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.551</u>
- Canário, N., Jorge, L., & Castelo-Branco, M. (2020). Distinct Mechanisms Drive Hemispheric Lateralization of Object Recognition in the Visual Word Form and Fusiform Face Areas. *Brain and Language, 210*, Article ID: 104860. <u>https://doi.org/10.1016/j.bandl.2020.104860</u>
- Davies-Thompson, J., Fletcher, K., Hills, C., Pancaroglu, R., Corrow, S. L., & Barton, J. J. S. (2017). Perceptual Learning of Faces: A Rehabilitative Study of Acquired Prosopagnosia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29, 573-591. <u>https://doi.org/10.1162/jocn_a_01063</u>
- Farah, M. J., Tanaka, J. W., & Drain, H. M. (1995). What Causes the Face Inversion Effect? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 628-634. <u>https://doi.org/10.1037//0096-1523.21.3.628</u>
- Freiwald, W. A., Tsao, D. Y., & Livingstone, M. S. (2009). A Face Feature Space in the Macaque Temporal Lobe. Nature Neuroscience, 12, 1187-1196. <u>https://doi.org/10.1038/nn.2363</u>
- Gerrits, R., Van der Haegen, L., Brysbaert, M., & Vingerhoets, G. (2019). Laterality for Recognizing Written Words and Faces in the Fusiform Gyrus Covaries with Language Dominance. *Cortex*, 117, 196-204. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.03.010
- Inamizu, S., Yamada, E., Ogata, K., Uehara, T., Kira, J., & Tobimatsu, S. (2020). Neuromagnetic Correlates of Hemispheric Specialization for Face and Word Recognition. *Neuroscience Research*, 156, 108-116. <u>https://doi.org/10.1016/j.neures.2019.11.006</u>
- Jeffreys, D. A. (1989). A Face-Responsive Potential Recorded from the Human Scalp. *Experimental Brain Research*, 78, 193-202. <u>https://doi.org/10.1007/bf00230699</u>
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The Fusiform Face Area: A Module in Human Extrastriate Cortex

Specialized for Face Perception. *The Journal of Neuroscience*, *17*, 4302-4311. https://doi.org/10.1523/jneurosci.17-11-04302.1997

- Landi, S. M., Viswanathan, P., Serene, S., & Freiwald, W. A. (2021). A Fast Link between Face Perception and Memory in the Temporal Pole. *Science*, *373*, 581-585. <u>https://doi.org/10.1126/science.abi6671</u>
- Lochy, A., de Heering, A., & Rossion, B. (2019). The Non-Linear Development of the Right Hemispheric Specialization for Human Face Perception. *Neuropsychologia*, *126*, 10-19. <u>https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.06.029</u>
- McCarthy, G., Puce, A., Gore, J. C., & Allison, T. (1997). Face-Specific Processing in the Human Fusiform Gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 605-610. <u>https://doi.org/10.1162/jocn.1997.9.5.605</u>
- Moret-Tatay, C., Baixauli Fortea, I., & Grau Sevilla, M. D. (2020). Challenges and Insights for the Visual System: Are Face and Word Recognition Two Sides of the Same Coin? *Journal of Neurolinguistics*, 56, Article ID: 100941. https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2020.100941
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J., Crommelinck, M., Gelder, B. d. et al. (2000). Hemispheric Asymmetries for Whole-Based and Part-Based Face Processing in the Human Fusiform Gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 793-802. <u>https://doi.org/10.1162/089892900562606</u>
- Rousselet, G. A., Husk, J. S., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2007). Single-Trial EEG Dynamics of Object and Face Visual Processing. *NeuroImage*, *36*, 843-862. <u>https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.02.052</u>
- Sabsevitz, D. S., Middlebrooks, E. H., Tatum, W., Grewal, S. S., Wharen, R., & Ritaccio, A. L. (2020). Examining the Function of the Visual Word Form Area with Stereo EEG Electrical Stimulation: A Case Report of Pure Alexia. *Cortex*, 129, 112-118. <u>https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.04.012</u>
- Sehyr, Z. S., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., Emmorey, K., Plaut, D. C., & Behrmann, M. (2020). Unique N170 Signatures to Words and Faces in Deaf ASL Signers Reflect Experience-Specific Adaptations during Early Visual Processing. *Neuropsychologia*, 141, Article ID: 107414. <u>https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107414</u>
- Susilo, T., Wright, V., Tree, J. J., & Duchaine, B. (2015). Acquired Prosopagnosia without Word Recognition Deficits. Cognitive Neuropsychology, 32, 321-339. <u>https://doi.org/10.1080/02643294.2015.1081882</u>
- Tsao, D. Y., Freiwald, W. A., Tootell, R. B. H., & Livingstone, M. S. (2006). A Cortical Region Consisting Entirely of Face-Selective Cells. Science, 311, 670-674. <u>https://doi.org/10.1126/science.1119983</u>
- Yin, R. K. (1969). Looking at Upside-Down Faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141-145. https://doi.org/10.1037/h0027474