

面孔识别中脑电成分P1, N170和N250的民族特征反应

岳亚奇

石河子大学, 新疆 石河子
Email: yueyaqi@stu.shzu.edu.cn

收稿日期: 2020年11月9日; 录用日期: 2020年12月8日; 发布日期: 2020年12月15日

摘要

目的: 为了调查面孔识别中的脑电成分P1, N170, N250是否能够准确的反映出面孔的民族特征, 本研究设计了专门检测面孔民族特征信息的实验范式进行探究。方法: 选取31名大学生作为被试, 采用“平均面孔”以凸显民族信息, 改变“平均面孔”的变形程度操纵被试对该特征信息的判断, 同时记录被试的脑电与行为数据。结果: 对被试反应时间数据的方差分析显示出变形水平的主效应十分显著 $F(6,174) = 25, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.46$ 。被试民族与目标面孔民族交互作用显著 $F(1,29) = 8.7, P = 0.006, \eta_p^2 = 0.23$ 。脑电结果显示同族与异族面孔所引起的P1, N170波幅差异并不显著 $t(30) = 1.70, p = 0.09; t(30) = 1.87, P = 0.07$, 而N250波幅差异十分显著 $t(30) = 2.84, P = 0.01$ 。结论: 面孔识别中早期的脑电成分P1, N170成分对面孔的民族特征并不敏感, N250成分对不同民族面孔的特征信息具有良好的检出性。

关键词

面孔识别, P1, N170, N250, 异族效应

The Ethnic Characteristic Reaction of EEG Components P1, N170 and N250 in Face Recognition

Yaqi Yue

Shihezi University, Shihezi Xinjiang
Email: yueyaqi@stu.shzu.edu.cn

Received: Nov. 9th, 2020; accepted: Dec. 8th, 2020; published: Dec. 15th, 2020

Abstract

Objective: To investigate whether the eeg components P1, N170 and N250 in face recognition can accurately reflect the ethnic characteristics of faces. In this study, an experimental paradigm specifically designed to detect the ethnic characteristics of faces was designed to explore. **Methods:** Thirty-one college students were selected as subjects, and “average face” was used to highlight national information, and the deformation degree of “average face” was changed to manipulate the judgment of the characteristic information. Meanwhile, eeg and behavioral data of the subjects were recorded. **Results:** The variance analysis of the reaction time data showed that the main effect of deformation level was very significant: $F(6,174) = 25, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.46$. The participants' ethnicity had significant interaction with the target face ethnicity ($F(1,29) = 8.7, p = 0.006$, and $\eta_p^2 = 0.23$). The eeg results showed that the amplitude of P1, N170 caused by homologous and alien faces was not significantly different $t(30) = 1.70, P = 0.09$. $t(30) = 1.87, P = 0.07$, and N250 amplitude difference is very significant $t(30) = 2.84, P = 0.01, d = 0.47$. **Conclusion:** In the early stage of face recognition, components P1 and N170 are not sensitive to the ethnic characteristics of faces, while N250 has a good ability to detect the characteristic information of faces of different ethnic groups.

Keywords

Face Perception, N170, P1, N250, Other Race Effect

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

面孔识别是一种高度特异化的认知能力。人类面孔识别过程的特征之一是“异族效应”(other race effect, ORE) (Meissner & Brigham, 2001)。即, 人们对本民族个体面孔的处理效率显著高于其他民族个体的面孔。

大量的研究采用 ERP (Event-related potential) 技术对这一连续的认知过程进行了测量, 发现了许多与“异族效应”相关的脑电成分。例如, Hahn, Jantzen 和 Symons (2012), Colombatto 和 McCarthy (2017) 观察到在刺激呈现后最早至 100 ms 时(即 P1 成分), 面孔的视觉处理便会受到面孔的民族特征信息的影响。N170 成分也受面孔民族信息的影响, 研究表明与其他民族相比本民族的面孔会引起更大的 N170 波幅 (Herrmann et al., 2007; Stahl, Wiese, & Schweinberger, 2010; Walker, Silvert, Hewstone, & Nobre, 2008; Senholzi & Ito, 2013)。此外, 面部识别的过程也与更晚期的脑电成分相关, Boehm 和 Sommer (2005) 采用刺激呈现 - 适应的研究范式报告了 N250 成分对民族信息的敏感情况, 表明其他民族的面孔会引起更大的 N250 波幅 (Stahl, Wiese, & Schweinberger, 2010)。这在一定程度上, 造成了解释异族效应机理的感知经验化理论(perceptual expertise model)和社会性认知理论(social cognitive model)的对立: 感知经验化理论认为本族面与异族面孔处理的差异发生在认知过程的早期阶段 (McKone, Crookes, & Kanwisher, 2009)。而社会性认知理论认为这二者的差异发生在认知过程的晚期阶段, 异族面孔的识别效率较低与动机、注意力和刻板印象等社会性认知因素有着很大的关系 (Hugenberg, Miller, & Claypool, 2010)。

许多研究人员在实验中观察到同族面孔与异族面孔引起 P1, N170, N250 的不同变化, 由此认为这是面孔所包含的民族特征所引起的效应。但事实上, 这一方面的证据十分混杂。例如, 一些研究显示出不同民族的面孔所诱发的 N170 存在显著差异。Herrmann 等研究者(2007)发现, 与其他民族相比自己民族的面孔会引起更大的 N170 波幅。相反, 也有研究者发现异族面孔也可能诱发出更大的 N170 波(Stahl, Wiese, & Schweinberger, 2008; Senholzi & Ito, 2013)。国内学者彭小虎, 罗跃嘉, 卫星, 王国锋和魏景汉(2003)比较东西方面孔学习和再认过程的区别时也发现, 西方面孔产生的早期成分与东方面孔相比存在一个更为正向的变化。此外, 李诸洋, 韩仁生和刘璐(2014)以国内大学生为被试, 采用非洲, 欧洲, 亚洲三个不同民族的面孔照片, 探究异族效应与加工方式的关系时发现亚洲面孔的 N170 波幅显著小于非洲和欧洲面孔的波幅。另一些研究则没有显示出 N170 成分对民族信息有任何敏感性, 个体对同族面孔的反应类似于其他民族。例如, Caldara 等研究者(2003)要求被试观看白种人面孔(同族)和亚洲人面孔(异族)以测量民族信息对 N170 成分的调制情况, 结果发现 N170 成分对两种面孔的反应是相同的, 表明该成分与面孔的民族特征并无关联。之后, 在 Caldara, Rossion, Bovet 和 Hauert (2004)的一项面孔分类任务中, 研究者发现其他民族面孔与本民族的面孔的处理差异并不体现在 170 ms 左右, 而是在约 240 ms 的时间里开始显现。类似的, Tanaka 和 Pierce (2009)要求被试在民族基本归类和个体次级水平上区分黑人面孔和西班牙面孔时发现, 不同民族面孔的分类处理对 N170 潜伏期差异并无显著影响, 但个体次级水平上的处理却导致 N250 波幅的增大。这表示了面孔的民族信息对 N170 成分的影响很小, 或 N170 对面孔的民族特征并不敏感。

以上结果的异质性大多是因为实验任务与处理水平的不一致造成的, 关于 P1, N170, N250 等脑电成分是否对面孔的民族特征敏感需要作进一步的探讨。如何将面孔的民族特征提取至一个独立的水平是此类问题的关键, 本研究提供了一个新的实验范式专门用于检测面孔的民族特征识别。以往的研究者们通常将一组同时含有身份信息和民族信息的面孔图片呈现给被试, 这使民族特征很难作为一个独立的变量进行考察。为此, 本实验采用人工合成的“平均面孔”来解决这一问题。每一张“平均面孔”都是 8 张真实人脸的平均结果, 平均多个相同民族的面孔后, 面孔的身份信息趋于抵消, 而民族信息越来越凸显。然后, 本研究通过改变这些“平均面孔”的变形程度(7 种变形水平)使其远离某一民族, 来操纵被试对民族信息的判断。

按照感知经验化理论, 本族面孔与异族面孔的识别差异至少发生在认知过程的早期阶段(Hugenberg, Young, Bemstein, & Sacco, 2010), N170, P1 成分对包含本民族特征的面孔应十分敏感。而社会性认知理论认为本族面孔与异族面孔的识别差异发生在认知过程的晚期(Hugenberg, Wilson, See, & Young, 2013), 因此, 本族面孔与异族面孔识别引起的 N250 成分应有显著差异。

2. 研究方法

2.1. 被试

本研究使用 GPower 3.1 推算样本量, 将最大效果量设置为 0.4 (Meadows, Gable, Lohse, & Miller, 2016), $\alpha = 0.05$, $1 - \beta = 0.8$, 算出最低样本数为 19。实际选择 31 名在校大学生参与本次实验(男性 15 名), 其中包括 15 名汉族学生和 16 名维吾尔族学生。被试平均年龄 21.1 ± 2.5 岁, 所有被试视力或矫正视力正常, 未参加过类似实验, 无精神病史或视觉疾病, 均为右利手。实验开始前被试签署知情同意书, 实验结束后获得适当的报酬。

2.2. 实验材料

为了避免刺激图片的身份信息对被试反应造成干扰并突出面孔的民族特征, 本实验采用没有真实身份的“平均面孔”。选出 32 张维吾尔族学生和 32 张汉族学生的身份证照片(一半男性), 通过 Morpheus Photo

Animation Suite V3.17 软件将 8 张照片进行组合, 每个民族创建出 4 张“平均面孔”(每个性别两张)。然后使用该软件将不同民族、同一性别的照片匹配成对, 并将每对“平均面孔”融合生成 7 个变形面孔。总共生成 56 张变形面孔(每个性别 28 张), 变形水平分别为 12.5%, 25%, 37.5%, 50%, 62.5%, 75%, 87.5%。最后通过 Photoshop 软件调整图片亮度、对比度、色温和鼻尖位置至同一水平以避免刺激间的视觉差异。

2.3. 实验程序

采用 E-prime2.0 软件进行编程, 刺激图片通过 DELL23 英寸 LCD 显示器呈现, 分辨率 1680×1050 像素, 刷新率为 60 Hz。面孔大小 356×391 像素, 被试眼睛距离屏幕中心约为 80 cm。任务要求被试区分面孔的所属民族, 如图 1 所示(图中该名女生已同意在本实验中使用其肖像权)。为了控制被试的记忆负荷, 本研究不要求被试直接报告面孔的民族, 而是要求被试在整个实验过程中将面孔区分为目标民族和非目标民族。实验流程共包括 500 次试验, 每 50 次试验为一组, 每组间隔 5 分钟进行。在每组试验中, 首先向被试展示目标面孔, 即维吾尔族或汉族的平均面孔(持续 10 s 或直至被试按键), 实际呈现时间平均为 2.13 ± 1.47 s。然后随机地向被试呈现 5 张与目标面孔性别一致的变形面孔, 呈现时间为 1500 ms。要求被试最快的判断所呈现的面孔是否与目标面孔的所属民族相同, 按键反应的内容为相同的, 不确定, 不同的。

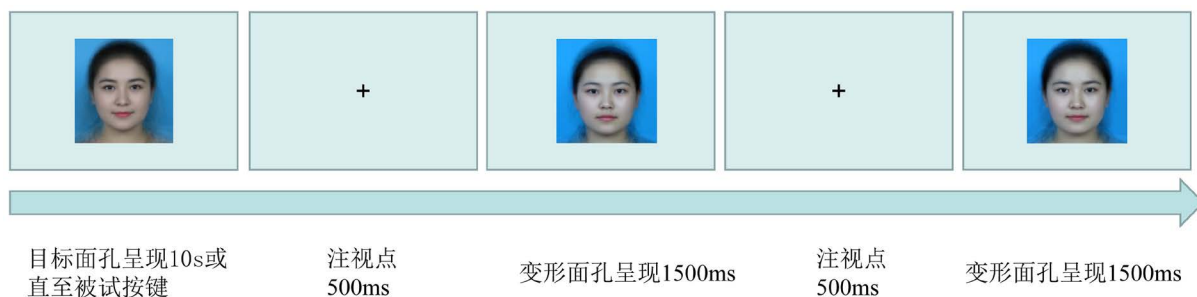


Figure 1. Experimental task

图 1. 实验任务

2.4. 实验设计

本实验设计为三因素被试内实验, 自变量为被试种族(汉或维), 目标面孔种族(汉或维)和变形水平(7 种水平), 因变量指标为被试的行为反应时, 同时记录脑电数据。

2.5. EEG 记录与数据分析

EEG 记录使用美国 Neuroscan 公司生产的 64 导脑电系统。将记录垂直眼电(vertical electrooculogram, VEOG)的电极放置在被试左眼上下 1 cm 处, 记录水平眼电(horizontal electrooculogram, HEOG)的电极安置在被试双眼外侧 2 cm 处。数据采集时以单侧乳突(M1)作为参考。实验开始前, 头皮与记录电极之间的阻抗低于 5 k Ω 。采样频率 1000 Hz/导, DC 模式下采集脑电, 实验开始时 DC~100 Hz 带通滤波器在线滤除脑电数据。

连续记录原始 EEG 后使用 Curry7.0 软件进行离线处理, 并参考被试眼动的大小对水平眼电和垂直眼电进行矫正, 滤波带通为 0.05~85 Hz。根据以往的研究(Kim & Yang, 2016)以及本实验中被试反应的情况, 选取的分析时程是刺激呈现前的 100 ms 到呈现后的 500 ms, 以刺激呈现前 100 ms 的 EEG 为基线, 分析时程为 600 ms, 波幅大于 $\pm 80 \mu\text{V}$ 者视为伪迹自动剔除(Kim & Yang, 2016)。为了探究个体识别同族和异族面孔之间的脑电成分差异, 将 7 个变形比例的面孔分为两种类型: 汉族面孔(87.5%和 75%汉族)和维吾尔族面孔(12.5%和 25%汉族)。最后, 对每个被试识别同族、异族面孔的脑电波段进行叠加平均。

根据以往的研究及本实验的情况,最后选择 P7, P8 电极记录 P1 成分(Schweinberger & Neumann, 2016; Wuttke & Schweinberger, 2019)。N170 与 N250 成分的电极记录点分别为 PO7, PO8 和 O1, OZ, O2 (Bindemann, Mikeburton, Leuthold, & Schweinberger, 2008; Mercure, Dick, & Johnson, 2008)。在结合本研究的 ERP 成分波形图的基础上,将 P1 的时间窗口确定为 100~130 ms, N170 成分的时间窗口为 150~200 ms, N250 成分的时间窗口为 270~350 ms。

3. 结果

3.1. 行为结果

对被试反应时间数据的方差分析(图 2(a))显示出变形水平的主效应十分显著 $F(6,174) = 25, P < 0.001, \eta_p^2 = 0.46$ 。另外,在反应时间的数据分析中,被试民族与目标面孔民族交互作用显著 $F(1,29) = 8.7, P = 0.006, \eta_p^2 = 0.23$ (图 2(b))。简单效应分析发现,被试民族与目标面孔民族一致时,反应时间更加快速。

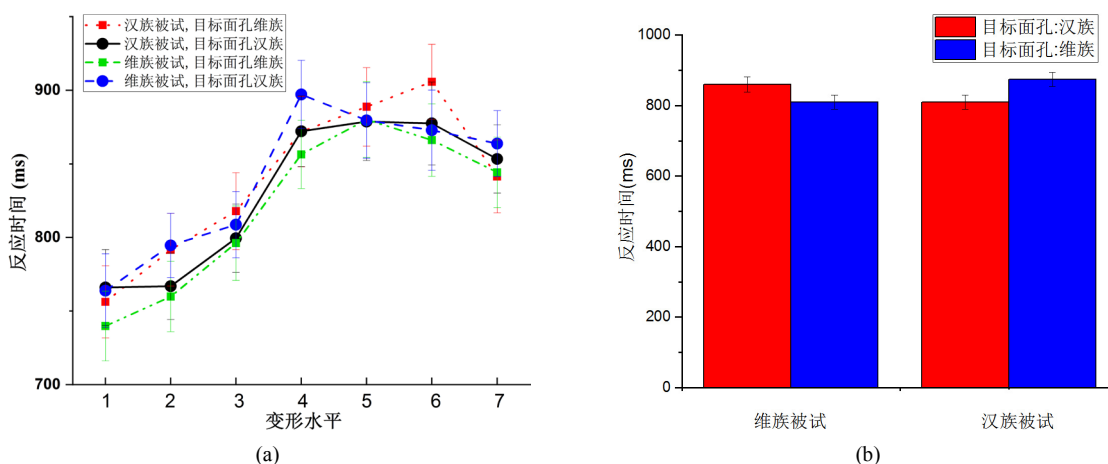
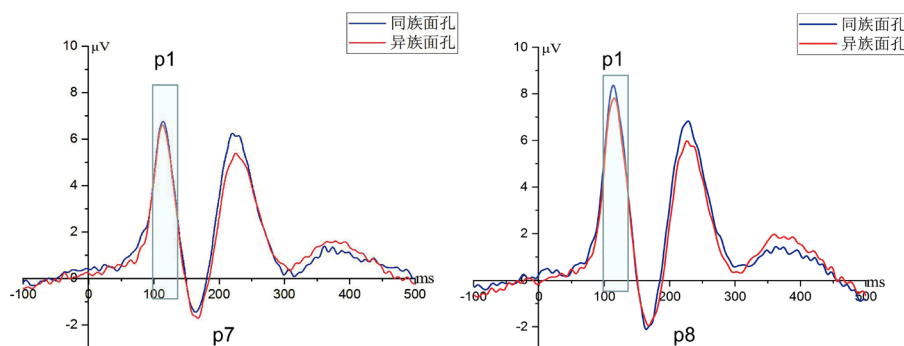


Figure 2. (a) Changes in average response time of subjects under 7 deformation levels; (b) The interaction between the ethnicity of the subjects and the ethnicity of the target face is significant

图 2. (a) 7 种变形水平下被试的平均反应时变化; (b) 被试民族与目标面孔民族交互作用显著

3.2. ERP 结果

对所有被试识别同族($6.47 \pm 2.19 \mu\text{V}$)与异族面孔($6.18 \pm 2.23 \mu\text{V}$)所引起的 P1 波幅(图 3)进行 t 检验时发现,差异并不显著 $t(30) = 1.70, P = 0.09$ 。同族面孔($5.44 \pm 1.89 \mu\text{V}$)和异族面孔($5.29 \pm 1.75 \mu\text{V}$)的 N170 成分波幅(图 3)差异也不显著, $t(30) = 1.87, P = 0.07$ 。对 N250 成分的分析中,发现异族面孔($0.18 \pm 0.03 \mu\text{V}$)所引起的 N250 波幅(图 3)显著大于同族面孔($0.006 \pm 0.001 \mu\text{V}$), $t(30) = 2.84, P = 0.01$ 。



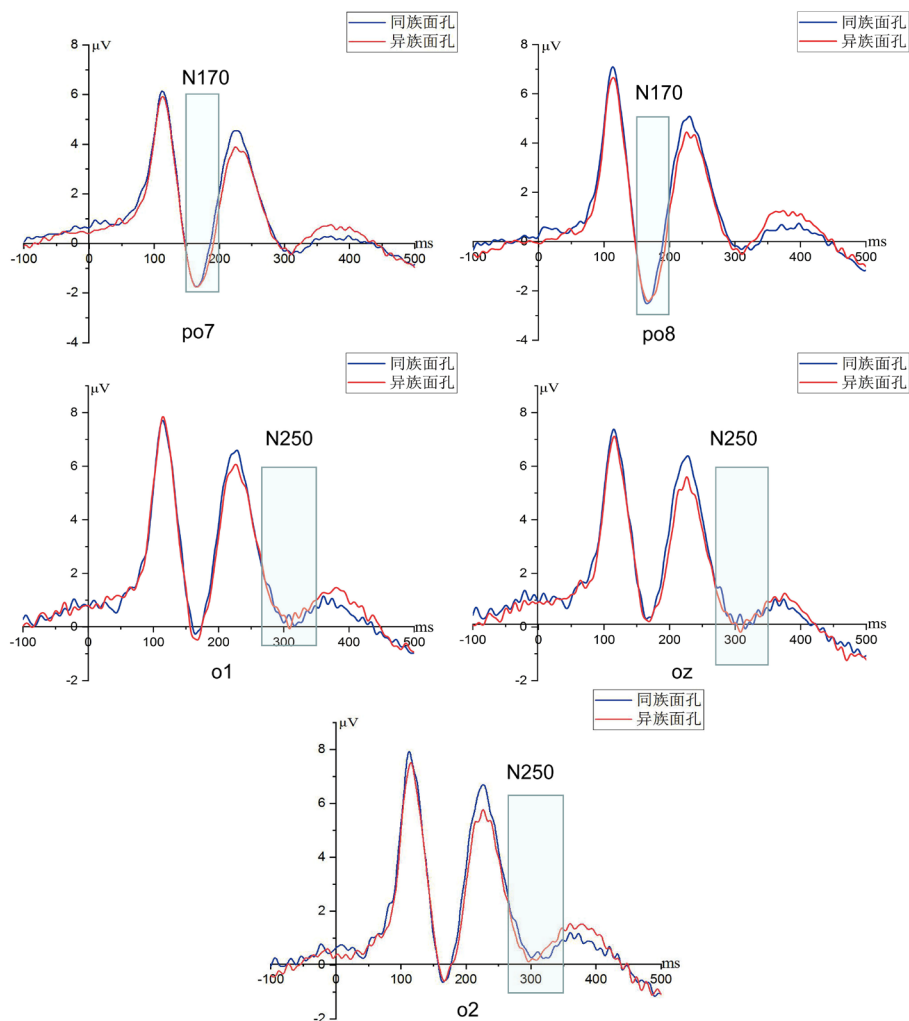


Figure 3. P1、N170、N250 component waveforms

图 3. P1、N170、N250 成分波形

4. 讨论

行为数据中, 被试民族与目标面孔民族一致时反应时间更加快速, 反应了异族效应的效应量。成年人只能对他们最常接触到的人群(如, 本民族的人)的面孔保持高效率的处理, 当要求人们辨别不熟悉的民族的面孔时, 判断的反应速度会显著下降。大量的研究已经证实了异族效应的稳定性与可靠性, 但本研究关心的是早期电位 P1, N170 与晚期电位成分 N250 是否能准确的反应出面孔的民族特性。

在本研究中, 研究者发现在面孔的民族特征信息被提取至独立的水平后, P1, N170 成分并未有显著差异, 这表明该成分对面孔的民族特征信息并不敏感。这与 Colombatto 和 McCarthy (2017) 的研究并不一致, 研究者采用倒置与正立的不同民族的面孔作为实验材料, 观察到不同民族面孔引起的 P1 波幅具有显著差异。同时, Vizioli, Foreman, Rousselet 和 Caldara (2010) 发现了在倒置的情况下, 同族面孔比异族面孔诱发出更大的 N170 波幅。但其实, 这些差异可能是受面孔“倒置效应”所影响的结果。Rossion 和 Caharel (2011) 曾提出, P1 和 N170 成分与面孔的分类和构形处理相关。倒置显然破坏了面孔的结构, 而又因个体对异族面孔较为陌生, 因此识别异族面孔时变得更加困难, 因此 P1 与 N170 的波幅也随之变化。

本研究与 Tanaka 和 Pierce (2009) 的研究较为一致, 他们曾要求被试在个体次级水平上和种族基本归类水平上区分白种人面孔和西班牙面孔, 结果发现两种不同民族的面孔的分类训练对 N170 成分并无显著影响, 只是导致 N250 成分发生显著的变化(次级水平上所引起的 N250 成分波幅大于归类水平)。此外, Bindemann, Burton, Leuthold 和 Schweinberger (2008) 报告了 N250 与面孔表征的激活有关, 并指出这些表征在低级视觉线索的转换中是保持不变的, 能够反应出面孔特定的身份信息(Wuttke & Schweinberger, 2019)。本研究的脑电结果反映出同族面孔与异族面孔所引起 N250 波幅具有显著的差异, 同族大于异族面孔。作者推测, 个体对同族面孔与异族面孔不同的识别经验导致了这一差异。例如在最近的一项报告中, Schweinberger 和 Neumann (2016) 发现重复呈现的面孔会引起更大 N250 波幅, 这一结果暗示了 N250 成分或许与面孔的熟悉程度相关。

本实验的结果更符合社会性认知理论模型的预测, 在早期的脑电成分中, P100, N170 成分对面孔的民族特征信息并不显著, 而晚期电位 N250 成分差异十分显著。这暗示了同族与异族面孔的处理差异更多的体现在面部识别的晚期。本研究的创新之处在于采用“平均面孔”的方式抵消了面孔的身份信息, 进而突出面孔的民族特征。未来的研究者可以在此基础上, 利用功能性脑成像或多体素模式分析(multivariate pattern analysis, MVPA)的方法测量面孔民族特征认知的完整神经过程。

5. 结论

本研究设计了一个专门用于检测面孔民族特征信息的实验范式, 更进一步证明了面孔识别中早期的脑电成分 P1, N170 成分对面孔的民族特征并不敏感。此外, 本研究观察到的 N250 成分显示出对不同民族面孔的识别差异具有良好的检出性, 以后的研究者应多考虑动机、注意力、刻板印象等因素在异族效应中所起的作用。

参考文献

- 李诸洋, 韩仁生, 刘璐(2014). 面孔加工的结构编码阶段异族效应的加工方式: ERPs 研究. *心理科学*, 37(6), 1308-1312.
- 彭小虎, 罗跃嘉, 卫星, 王国锋, 魏景汉(2003). 东西方面孔异族效应机理的电生理学证据. *心理学报*, 35(1), 50-55.
- Bindemann, M., Burton, A. M., Leuthold, H., & Schweinberger, S. R. (2008). Brain Potential Correlates of Face Recognition: Geometric Distortions and the N250 Brain Response to Stimulus Repetitions. *Psychophysiology*, 45, 535-544. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00663.x>
- Boehm, S. G., & Sommer, W. (2005). Neural Correlates of Intentional and Incidental Recognition of Famous Faces. *Cognitive Brain Research*, 23, 153-163. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.10.008>
- Caldara, R., Rossion, B., Bovet, P., & Hauert, C. A. (2004). Event-Related Potentials and Time Course of the “Other-Race” Face Classification Advantage. *NeuroReport*, 15, 905-910. <https://doi.org/10.1097/00001756-200404090-00034>
- Caldara, R., Thut, G., Servoir, P., Michel, C. M., Bovet, P., & Renault, B. (2003). Face versus Non-Face Object Perception and the “Other-Race” Effect: A Spatio-Temporal Event-Related Potential Study. *Clinical Neurophysiology*, 114, 515-528. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00407-8](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00407-8)
- Colombatto, C., & McCarthy, G. (2017). The Effects of Face Inversion and Face Race on the P100 ERP. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29, 664-676. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01079
- Hahn, A. C., Jantzen, K. J., & Symons, L. A. (2012). Thatcherization Impacts the Processing of Own-Race Faces More So than Other-Race Faces: An ERP Study. *Social Neuroscience*, 7, 113-125. <https://doi.org/10.1080/17470919.2011.583080>
- Herrmann, M. J., Schreppel, T., Jager, D., Koehler, S., Ehlis, A. C., & Fallgatter, A. J. (2007). The Other-Race Effect for Face Perception: An Event-Related Potential Study. *Journal of Neural Transmission*, 114, 951-957. <https://doi.org/10.1007/s00702-007-0624-9>
- Hugenberg, K., Miller, M., & Claypool, M. (2010). Categorization and Individuation in the Cross-Race Recognition Deficit: Toward a Solution to an Insidious Problem. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43, 334-340. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2006.02.010>
- Hugenberg, K., Wilson, J. P., See, P. E., & Young, S. G. (2013). Towards a Synthetic Model of Own Group Biases in Face

- Memory. *Visual Cognition*, 21, 1392-1417. <https://doi.org/10.1080/13506285.2013.821429>
- Hugenberg, K., Young, S. G., Bernstein, M. J., & Sacco, D. F. (2010). The Categorization-Individuation Model: An Integrative Account of the Other-Race Recognition Deficit. *Psychological Review*, 117, 1168-1187. <https://doi.org/10.1037/a0020463>
- Kim, S., & Yang, S. C. (2016). Memory-Based Attentional Capture by Colour and Shape Contents in Visual Working Memory. *Visual Cognition*, 24, 51-62. <https://doi.org/10.1080/13506285.2016.1184734>
- McKone, E., Crookes, K., & Kanwisher, N. (2009). The Cognitive and Neural Development of Face Recognition in Humans. *Cognitive Neurosciences*, 4, 240-255.
- Meadows, C. C., Gable, P. A., Lohse, K. R., & Miller, L. B. (2016). The Effects of Reward Magnitude on Reward Processing: An Averaged and Single Trial Event-Related Potential Study. *Biological Psychology*, 118, 154-160. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.06.002>
- Meissner, C. A., & Brigham, J. C. (2001). Thirty Years of Investigating the Own-Race Bias in Memory for Faces: A Meta-Analytic Review. *Psychology, Public Policy, and Law*, 7, 3-35. <https://doi.org/10.1037/1076-8971.7.1.3>
- Mercure, E., Dick, F., & Johnson, M. H. (2008). Featural and Configural Face Processing Differentially Modulate ERP Components. *Brain Research*, 1239, 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.07.098>
- Rossion, B., & Caharel, S. (2011). ERP Evidence for the Speed of Face Categorization in the Human Brain: Disentangling the Contribution of Low-Level Visual Cues from Face Perception. *Vision Research*, 51, 1297-1311. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.003>
- Schweinberger, S. R., & Neumann, M. F. (2016). Repetition Effects in Human ERPs to Faces. *Cortex*, 80, 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.11.001>
- Senholzi, K. B., & Ito, T. A. (2013). Structural Face Encoding: How Task Affects the N170's Sensitivity to Race. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8, 937-942. <https://doi.org/10.1093/scan/nss091>
- Stahl, J., Wiese, H., & Schweinberger, S. R. (2008). Expertise and Own-Race Bias in Face Processing: An Event-Related Potential Study. *NeuroReport*, 19, 583-587. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f97b4d>
- Stahl, J., Wiese, H., & Schweinberger, S. R. (2010). Learning Task Affects ERP-Correlates of the Own-Race Bias, but Not Recognition Memory Performance. *Neuropsychologia*, 48, 2027-2040. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.024>
- Tanaka, J. W., & Pierce, L. J. (2009). The Neural Plasticity of Other-Race Face Recognition. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 9, 122-131. <https://doi.org/10.3758/CABN.9.1.122>
- Vizioli, L., Foreman, K., Rousselet, G. A., & Caldara, R. (2010). Inverting Faces Elicits Sensitivity to Race on the N170 Component: A Cross-Cultural Study. *Journal of Vision*, 10, 15. <https://doi.org/10.1167/10.1.15>
- Walker, P. M., Silvert, L., Hewstone, M., & Nobre, A. C. (2008). Social Contact and Other-Race Face Processing in the Human Brain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3, 16-25. <https://doi.org/10.1093/scan/nsm035>
- Wuttke, S. J., & Schweinberger, S. R. (2019). The P200 Predominantly Reflects Distance-to-Norm in Face Space Whereas the N250 Reflects Activation of Identity-Specific Representations of Known Faces. *Biological Psychology*, 140, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.11.011>