

事件相关电位早成分及行为学变化在大脑对面孔识别特异性中的作用*☆

吴文, 罗跃嘉, 刘湘江

吴文, 解放军第一军医大学珠江医院康复科, 广东省广州市 510282

罗跃嘉, 中国科学院心理研究所心理健康重点实验室, 北京市 100101

刘湘江, 利川市民族中医院内科, 湖北省利川市 445400

吴文☆, 男, 1966年生, 湖北省利川市人, 汉族, 解放军第三军医大学博士在读, 主治医师, 讲师, 主要从事脑高级功能及脑功能成像研究。

wuwen66@163.com

电话: +86-20-84129987

教育部优秀博士学位论文奖励基金(2001)*

中图分类号: R445 文献标识码: A 文章编号: 1671-5926(2004)16-3049-03

收稿日期: 2004-01-14 修回日期: 2004-03-09 (14/SN)

Effects of early components of event-related potential and behavior changes on specificity of face recognition Wen Wu, Yue-Jia Luo, Xiang-Jiang Liu

Wen Wu, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Zhujiang Hospital, First Military Medical University, Guangzhou 510282, Guangdong Province, China

Yue-Jia Luo, Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China

Xiang-Jiang Liu, Department of Internal Medicine, Lichuan National Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lichuan 445400, Hubei Province, China

Wen Wu☆, Male, Han Nationality, Born in 1966 in Lichuan, Hubei Province, China, Studying in Third Military Medical University for doctor degree, Attending physician, Lecturer. Research direction: advanced brain function and brain function imaging. wuwen66@163.com Telephone: +86-20-84129987

Supported by: the grants from Ministry of Education for Excellent Doctor Papers, No. 2001*

Received: 2004-01-14 Accepted: 2004-03-09

Abstract

AIM: To explore whether face recognition is special by using event-related potential(ERP), and if special, to ascertain that it is special in degree or in kind.

METHODS: Identity matching task was adopted, including two stages of learning and test. The subject's task in test stage was to press a button on a response-box to any stimulus presented in study stage, and another button to any new stimulus as fast and accurately as possible whether upright or inverted stimuli. ERPs and behavior performances were synchronously recorded in response to the color photographs of the three stimuli material including human faces, dogs' faces and handset pictures in different conditions.

RESULTS: Accuracy rate was the lowest and reaction time(RT) was the longest to human faces relative to other objects, and inversion effect for human faces was the biggest. The early components N1, P1, P170 and N170 were affected by stimulus category and orientation presented. The P1 and N170 of human faces had the longest latency and the biggest amplitude, and P170 of human faces had the shortest latency and the biggest amplitude, showing hierarchical relations to these components of the three stimuli. In addition, inverted human face significantly increased P1, P170 and N170 latencies and most remarkable increase was found in amplitudes.

CONCLUSION: Face recognition is special in degree on ERPs and behavior performance. Increased amplitudes and/or delayed latencies of P170 and N170 for inversion faces can reflect the disruption of relational features enabling the encoding of human face identity.

Wu W, Luo YJ, Liu XJ. Effects of early components of event-related potential and behavior changes on specificity of face recognition. *Zhongguo Linchuang Kangfu* 2004; 8(16): 3049-51(China)

吴文, 罗跃嘉, 刘湘江. 事件相关电位早成分及行为学变化在大脑对面孔识别特异性中的作用[J]. *中国临床康复* 2004 8(16) 3049-51

http://www.zglckf.com/2004ml/04-16zy/3049.pdf

摘要

目的:用事件相关电位(event-related brain potential, ERP)及行为学方法探讨面孔加工是否是特异的,如果是特异的,确定是程度特异性或类别特异性。

方法:采用“识别匹配”任务,包括“学习”和“测试”两个阶段,在电脑屏幕上相继呈现人面孔、狗面孔和手机照片(其中一半的照片是倒立的)。受试者在测试阶段的任务是对在学习阶段呈现的刺激尽可能快和准确的按压一个键,未在学习阶段呈现的刺激按压另一个键。各个条件下的行为反应及ERP数据自动保存到电脑中。

结果:相对于狗面孔及手机照片,对人脸反应的识别率最低,反应时间最长,且受刺激倒置的影响最明显。3类刺激均可诱发出N1、P1、P170和N170等ERPs早成分,人脸诱发的P1和N170潜伏期最长且波幅最大,P170潜伏期最短波幅最大,且倒立人脸诱发的P1、P170和N170的潜伏期延长,波幅增加最明显。

结论:大脑对面孔的加工具有程度特异性,倒立面孔引起P170和N170潜伏期的延长和波幅的增加可能反应了人脸识别编码过程中关联特征的破坏。

关键词: 脑 模式识别 视觉 面部;事件相关电位

0 引言

一般认为人们对面孔的识别是大脑的特殊部位发生的特异性的过程^[1]。一些证据提示面孔识别过程在性质上不同于其他非面孔的物体识别过程。例如相对于物体识别过程,刺激的倒置对面孔识别的不利影响显著地大于物体的识别^[2]。神经心理学的证据显示面孔识别与物体识别存在双分离现象,一些患者具有正常的物体识别能力,但存在面孔识别障碍,这类患者被称为面孔失认症(prosopagnosia);另一类患者保留有正常的面孔识别能力,但有物体识别的障碍,这类患者被称为物体失认症。因此,面孔与物体加工可能发生在不同的脑区^[3]。正电子发射断层扫描(PET)和功能性磁共振(fMRI)研究发现正常人面孔加工的部位可能位于梭状回(右侧为主),而一般物体的识别加工脑区范围更广^[4,5]。单细胞记录发现猴的颞下回皮质及颞上沟的皮质细胞对面孔有更强烈的反应,呈现为面孔特异性细胞,并且这些细胞对面孔成分的构型敏感,当面孔的特征改变后,这些细胞的活动常降低^[6]。面孔识别具有特异性的另一个证据是从人的发育方面得到的启示,当遇到一个人时,通常看别人的面孔而不是看身体的其他部位,并且这种行为在婴儿刚出生不久都如此,人类注意面孔的习惯是同人的进化密切相关的行为。面孔姿势对人们的心理状态提供了独特的线索,面孔姿势有助于人们分析别人的心理活动^[7]。然而,也有观点主张面孔加工并不是特异的,普通的物体识别机制可以解释正常人及脑损伤患者的面孔识别特征^[8]。因此,探讨大脑对面孔的加工过程是否具有特异性应该基于一般的视觉模式识别进行分析验证,包括刺激类型(面孔VS.非面孔)、分类水平(基本水平VS.从属水平)以及对观察材料的专长水平。

事件相关电位(event-related brain potential, ERP)为人们提供了一种面孔知觉及识别过程中时时了解大脑加工特性的一种方法。ERP可用于标记面孔知觉及识别的连续过程。面孔特异的ERP成分应该对影响面孔加工效率的实验因素敏感。有研究发现面孔可诱发出N1、P1、N170、P170等早成分,这些早成分对面孔加工来说相对较稳定。但这些成分是否具有面孔特异性以及特异

性的性质尚有争议^[9,10]。因此,本研究比较人面孔与动物面孔及一般物体的知觉识别过程中的事件相关电位及行为变化特点探讨面孔加工是否具有特异性,是程度特异性或类别特异性。

1 对象和方法

设计 随机设计,各实验因素或水平间的相互对照。

地点和对象:本研究在中科院心理所心理健康重点实验室认知神经实验室完成。实验是在静电屏蔽安静的环境下进行。18名被试者(9名女性)从北京市中国农业大学大学生中单纯随机入选,平均年龄为22岁,视力正常或校正视力正常,均为右利手,没有心理失常或神经精神疾病病史。一名女被试和一名男被试因为行为成绩不合格以及另外两名男被试因为脑电干扰太大被剔除,其余14名被试作数据分析。

刺激材料:504张彩色照片,其中普通人面孔,狗面孔和手机正面照片各168张。所有照片均为相同的背景,亮度、色度及反衬度相似,人面孔均为中性表情。所有照片为相同大小,视角 $6 \times 5^\circ$ 。倒立照片由正立照片通过Photoshop 6.0获得。

参与者:实验设计者为第一作者,资料收集者为第三作者,干预实施者和评估者为第二作者,均接受过培训。

方法:采用“学习-测试”范式,在同一“学习-测试”组内均为同一类别的刺激。在学习阶段每组相继呈现7张照片(呈现时间2s,间隔时间3.2s)。在测试阶段相继呈现28张照片(呈现时间1.2s,间隔2.8~3.2s),其中一半是新照片,一半为学习阶段呈现的照片,且所有照片中50%是倒立的。被试的任务是对在学习阶段见过的刺激不论是正立或倒立均按尽可能快及准确地按压反应盒上的“1”(“4”)键,未见过的照片按压“4”(“1”)键。各组照片呈现的顺序及按键的左右手在被试间平衡。

数据的采集及处理:被试坐在舒适的沙发上,在光线较暗,静音的电子屏蔽室实验。实验前休息10min,调整心情,适应环境。实验仪器为美国NeuroScan公司ERP工作站,采用锡电极帽记录64导脑电波,参考电极置于双侧耳后乳突连线,同时记录水平眼电和垂直眼电,滤波带通为0.01~40Hz,采样频率为500Hz/导,头皮电阻均小于5k Ω ,分析时程为1000ms,含基线200ms,自动矫正眨眼等伪迹,波幅大于 $\pm 50 \mu\text{V}$ 者,在叠加中被自动剔除。

分别计算3类刺激不同条件的识别率及反应时间(RT)。根据实验设计对EEG分类叠加,可得到6个不同ERP(ERP早成分不受刺激重复的影响,故图中已将新旧刺激的ERP融合)。依据前人的经验及本实验的总平均图确定分析的成分分别为N1、P170、P1和N170 4个早成分。总平均图中各峰的最大值 $\pm 30 \text{ms}$ 界定分析峰值的间隔,4个成分的间隔分别为:P1(70~130ms),N1(70~130ms),P170(130~190ms)和N170(130~190ms)。N1和P170发生在头颅前面的电极,本研究选取F3、Fz、F4、Cz、C5、C6和CPZ 7个电极进行分析,P1和N170在头颅后部的电极可记录到,选取P3、P4、P7、P8、PO3、PO4、PO7、PO8、OZ和POZ10个电极进行数据分析。

主要结局观察指标:主要观察人面孔、狗面孔和手机3类刺激材料在正立和倒置方向对新材料的判定情况,包括正确识别率和反应时间两种行为学指标,N1、P1、P170和N170 4种ERP早成分在不同条件下的峰潜伏期和波幅,以及这些成分在头皮的分布特征。

统计学分析:根据实验设计对EEG分类叠加,由第一作者

用SPSS 10.0软件对数据作重复测量的方差分析(repeated-ANOVA)。用Greenhouse-Geisser法对自由度及P值进行调整,用最小显著差异法(LSD)计算有主效应的因素内的各水平的两两比较。

2 结果

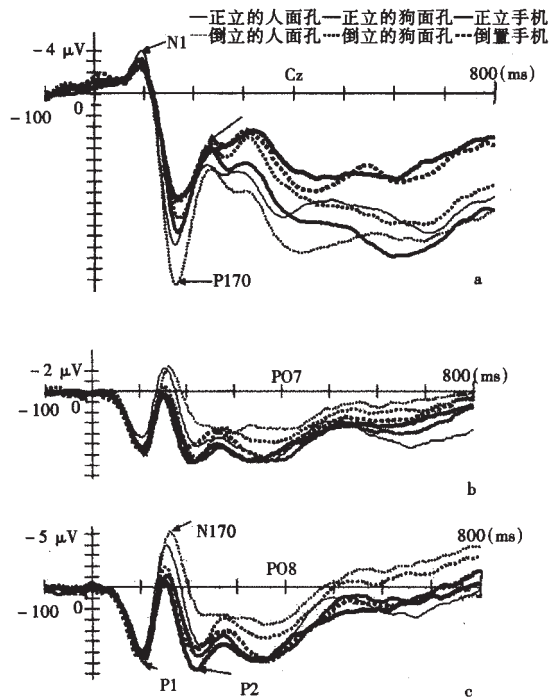
2.1 行为学结果 RT分析揭示刺激类型主效应 [$F(1, 542, 20.046) = 11.501, P < 0.001$],对人面孔的反应时间最长。方向主效应 [$F(1, 13) = 111.66, P < 0.001$]揭示对正立刺激显著地快于倒立的刺激。识别率分析发现刺激类型主效应 [$F(1, 992, 25.896) = 18.806, P < 0.001$],对人面孔的正确识别率最低(76.72%),狗面孔次之(81.36%),手机照片的识别率最高(86.53%)。方向主效应 [$F(1, 13) = 174.03, P < 0.001$]倒立刺激的识别率低于正立刺激的识别率。方向与刺激类型间的交互效应 [$F(1, 783, 23.179) = 21.403, P < 0.001$],提示人面孔的倒立效应显著大于狗面孔的倒立效应,手机照片无倒立效应。

2.2 ERPs早成分P1和N1波 P1成分的潜伏期显示刺激类型主效应 [$F(1, 579, 20.527) = 10.271, P < 0.01$],人面孔的P1显著长于狗面孔($P < 0.05$)和手机照片($P < 0.05$)。刺激类型与刺激方向存在交互效应 [$F(1, 362, 17.706) = 7.791, P < 0.01$],只有在倒立方向人面孔P1波的潜伏期长于狗面孔和手机的。P1波幅呈现刺激类型与刺激方向的交互效应 [$F(4, 425, 57.523) = 2.734, P < 0.05$],只有人面孔和狗面孔有方向主效应,且人面孔的方向效应大于狗面孔的方向效应,倒立的人面孔和狗面孔的P1波幅大于各自正立方向的P1波幅(见图1)。N1成分未发现方向与刺激类型主效应。

2.3 ERPs早成分N170波 N170成分的潜伏期有刺激类型主效应 [$F(1, 725, 22.425) = 16.189, P < 0.0001$],刺激方向主效应 [$F(1, 13) = 6.98, P < 0.05$]和刺激类型与刺激方向的交互效应 [$F(1, 982, 25.76) = 20.126, P < 0.0001$] (见图1)。显示倒立的人面孔的N170潜伏期长于正立的人面孔的($P < 0.0001$),狗面孔有倒立效应倾向($P = 0.07$),手机无倒立效应。N170波幅有刺激类型主效应 [$F(1, 721, 22.373) = 6.322, P < 0.01$],人面孔比狗面孔及手机的N170波幅大(更负)。电极主效应 [$F(3, 770, 49.01) = 3.639, P < 0.05$],显示颞枕电极(PO8, PO6, P8, P6)的波幅显著大于其他电极的N170波幅(如图1)。刺激类型与刺激方向及记录电极的位置间存在交互效应 [$F(3, 562, 46.306) = 3.812, P < 0.05$],显示倒立的人面孔比正立的人面孔在颞电极及颞枕电极的N170波幅更大,正立的人面孔比倒立的人面孔在顶区及顶枕区的N170波幅大,正立的狗面孔比倒立的狗面孔N170波幅大,狗面孔的N170波幅与电极无交互效应,手机照片无倒立效应(见图1)。

2.4 ERPs早成分P170波 P170波幅有刺激类型主效应 [$F(1, 478, 19.214) = 67.641, P < 0.0001$] (见图1),人面孔的P170波幅显著大于狗面孔的,手机照片的P170波幅最小。此外,刺激类型与刺激方向有交互效应 [$F(1, 645, 21.385) = 19.935, P < 0.0001$],倒立的人面孔比正立的人面孔的P170波幅大,正立的狗面孔比倒立的狗面孔波幅大,手机照片的P170波幅无方向效应。P170潜伏期也呈现刺激类型主效应 [$F(1, 355, 17.615) = 16.774, P < 0.0001$]人面孔的P170潜伏期显著短于狗面孔的P170潜伏期($P < 0.0001$)手机照片的P170潜伏期($P <$

0.005 s (见图 1)。N1, P1, N170 和 P170 的潜伏期及波幅均无新旧主效应,刺激的重复对这些早成分无显著影响。



a: Cz 记录点 ERPs 曲线; b: PO7 记录点 ERPs 曲线; c: PO8 记录点 ERPs 曲线

图 1 人面孔、狗面孔和手机照片 3 类刺激在正立与倒立方向诱发出的 6 类曲线叠加在一起的 ERPs 总平均图

3 讨论

本研究发现人们对人面孔,狗面孔和手机照片的加工本身有不同的行为表现,且对刺激方向的改变也有不同的反应。正立方向的刺激无明显行为反应差异,但刺激倒立引起识别率明显降低,反应时间延长。而且刺激方向的改变与刺激类型之间存在交互效应,倒立对人面孔的负面影响最大,狗面孔次之,对手机照片无明显影响。提示在行为学方面大脑对人面孔的加工呈现一定的特异性。

通过比较人面孔与非人面孔刺激诱发出的 ERPs 受方向及重复因素的影响以探讨人脑对面孔加工在神经电生理方面是否具有特异性以及特异性的性质。研究发现 3 类刺激均可诱发出 N1, P1, N170 和 P170 等 4 种早成分,但 N1 成分不受刺激的方向及刺激类型的影响。P1, N170 和 P170 等成分的潜伏期及波幅对刺激类型和/或刺激的方向有主效应,人面孔的 P1, N170 和 P170 等成分的波幅最大,狗面孔次之,手机的最小,呈现明显的等级效应。更重要的是存在刺激类型与方向的交互效应,显示刺激倒立对人面孔的 P1, N170 和 P170 的负面影响最大,狗面孔次之,对手机的影响最小,甚至没有明显影响。此外,人面孔的 N170 波幅存在电极主效应,右侧颞电极及右侧颞枕电极的 N170 波幅明显大于其他电极的 N170 波幅。重复因素对这些早成分无明显影响。实验结果提示与非人面孔刺激相比,人面孔在神经电生理方面也具有程度特异性,与行为结果相符。

人面孔倒立引起 P1 潜伏期延长波幅增加可能是由于倒立引起面孔整体结构加工的破坏所致^[11,12],因此,在面孔倒立时感知刺激为面孔需要更长的时间,且更困难。而倒立引起人面孔的 P170 和 N170 波幅增加及潜伏期延长可能反应了面孔倒立引起大脑对人脸的结构编码过程中关联特征的破坏有关^[11,13-15]。面孔是一种内容非常丰富的非语言刺激,面孔识别是人类社会生活中的一项重要功能,能使人们对面孔的熟悉度、情绪状态、社会地位、性别、年龄和种族等有一个正确的认识,从而有助于人们的交往和环境适应,在人类生活中占据重要地位。

面孔失认症是由脑损伤,特别是右侧颞枕区损伤引起的一种特殊临床表现,他们对面孔识别有着特别的困难,他们识别熟悉面孔主要依靠非面孔线索,如嗓音、衣服或发型等^[1-3,16]。面孔失认症患者有时严重得连自己最亲密的朋友和家庭成员都不能识别,甚至连自己的镜像也不认识。但这些患者对其他物体的识别却毫无困难或困难很小。这说明面孔识别系统与物体识别系统是相互独立。更准确地说,大脑中有些系统对面孔识别是必要的,而对物体识别则是不必要的^[3]。本研究结果与神经心理学、行为学、发育学及脑功能成像方面的结果相符^[3-7],从神经电生理角度证明了面孔识别的特异性。但它并不是“全”或“无”的类别特异性,而是程度特异性,说明面孔识别系统与物体识别系统之间也存在一定的共性。通过对面孔识别过程中 ERP 特征的研究有助于人们对视觉模式加工及面孔失认症发生机制的认识,从而为面孔失认症患者的康复治疗提供理论基础。

结论:面孔识别是一种特殊的视觉模式识别,与其他非面孔的物体识别相比具有程度特异性,非类别特异性。

4 参考文献

- 1 Eimer M. Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces: evidence from event-related brain potentials. *Brain Res Cogn Brain Res* 2000; 10(1-2): 145-58
- 2 Yin RK. Looking at upside-down faces. *J Exp Psychol* 1996; 81: 141-5
- 3 Bentin S, Allison T, Puce A, et al. Electrophysiological studies of face perception in humans. *J Cogn Neurosci* 1996; 8: 551-65
- 4 Puce A, Allison T, Asgari M, et al. Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letter strings, and textures: a functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci* 1996; 16: 5205-15
- 5 Haxby JV, Ungerleider LG, Clark VP, et al. The effect of face inversion on activity in human neural systems for face and object perception. *Neuron* 1999; 22: 89-199
- 6 Desimone R, Albright TD, Gross CG, et al. Stimulus selective properties of inferior temporal neurons in the macaque. *J Neurosci* 1984; 4: 2051-62
- 7 Gazzaniga MS, Ivry RB, Mangun GR. *Higher perceptual functions. Cognitive neuroscience: the biology of the mind*. 2nd ed. New York: W. W. Norton & Company Press 2002: 114
- 8 Davies GM, Ellis HD, Shepherd JW. Face recognition accuracy as a function of mode of representation. *J Appl Psychol* 1978; 63: 180-7
- 9 Halit H, de Haan M, Johnson MH. Modulation of event-related potentials by prototypical and atypical faces. *Neuro Report* 2000; 11: 1871-5
- 10 Itier RJ, Taylor MJ. Inversion and contrast polarity reversal affect both encoding and recognition processes of unfamiliar faces: a repetition study using ERP. *NeuroImage* 2000; 15: 353-272
- 11 吴文, 吴宗耀. P3a 波的立体分别研究[J]. 现代康复, 2001, 5(5下): 47-8
- 12 汪凯, 王长青. 认知神经科学 10 年与记忆的神经机制研究[J]. 中国临床康复, 2002, 6(23): 3467-8, 3471
- 13 Hole GJ, George P, Dunsmore V. Evidence for holistic processing of faces viewed as photographic negatives. *Perception* 1999; 28: 341-59
- 14 张纪水, 吴大兴, 苏林雁, 等. P300 认知电位检测学习障碍儿童脑认知功能缺陷[J]. 中国临床康复, 2003, 7(27): 3721-3
- 15 Wu W, Luo YJ, Ye XJ. A Comparison Between Episodic and Semantic Memories of Eastern and Western Face Recognition Revealed by ERPs. *J Cogn Neuroscience* 2003; supplement: 45
- 16 傅求真, 罗宇, 王者晋, 等. 事件相关诱发电位-听觉 P300 检测偏头痛患者认知功能障碍[J]. 中国临床康复, 2003, 7(16): 2336-7