

东西方面孔异族效应机理的电生理学证据*

彭小虎 罗跃嘉** 卫星 王国锋 魏景汉

(中国科学院心理研究所心理健康重点实验室,北京 100101)

摘要 采取事件相关电位方法研究东西方面孔记忆编码的差异(DM效应),从而阐明异族效应的神经机制。14名被试学习和再认东西方面孔照片的实验结果表明,无论记住与否,西方面孔产生的早期成分(潜伏期70~220ms)在头皮额部有一个比东方面孔更为正向的变化,表明在此阶段更多的资源分配于异族面孔,支持异族效应产生的特征选择假说。无论东方面孔还是西方面孔,记住与未记住相比较,则在额部和顶部产生潜伏期在晚期正成分(LPC)范围的正走向变化,但西方面孔在240~320ms潜伏期范围内,DM效应较小。另外,东方面孔在枕部诱发出一个明显的负波N260,而西方面孔产生的N260很小甚至没有,反映了大脑对不同种族面孔的编码机制有所不同,因而可能被称为“种族特异波”。

关键词 事件相关电位,异族效应,DM效应,记忆。

分类号 B842.2

1 引言

在日常生活中,对异族面孔的识别和记忆比较困难,这种现象称之为“异族效应”(other race effect)。对此有不同的解释:分类假说:认为异族面孔与本种族相比,有着更显著的分类标识,如西方人的鼻子高而突出,使人们倾向将其归于一组^[1];更重要的是异族面孔属于一个不同于本种族面孔的组别,因此相对于本种族组这个“组内”(in group)来说形成了“组外”(out group)。Linville等^[2]的实验表明:组外的成员比组内的成员更加具有相似性,所以容易混淆。Levin认为对不同种族面孔的视觉处理也许反映了认知对比^[3]。或许本族面孔和异族面孔在编码上就是按有无种族特征来进行编码的。他还发现白人被试在白人和黑人混合面孔中搜索黑人面孔的时间要远远短于搜索白人面孔的时间(52~75ms),说明黑人面孔比白人面孔有着更显著的分类标志。特征选择假说:人们在异族面孔进行编码时,在种族特征上消耗了太多的资源,导致了个性化信息接受的减少^[4,5]。因为很多面孔认知任务都依靠个性化信息,所以异族面孔记忆起来很困难。这正如小孩识别面孔时对帽子、眼镜等非面孔

成分关注更多^[6,7]。以上两种假说并不互相矛盾,虽然分类假说强调分类标志,特征选择假说强调资源消耗,但它们的共同出发点一致性地强调种族特征。

异族效应是人们对异族面孔的分类或特征选择上所产生的差异引起的,而对异族面孔的分类或特征选择都受面孔材料本身性质的影响。Donchin和Fabiani^[8]认为,材料本身的差异对于记忆编码的效果(不考虑技巧处理)具有重要的决定性作用,即在一个具有物理差异的样本之内,记忆的效果是不同的。一些采取经典“学习—测验”的研究报告指出,对学习阶段的刺激根据被试在测验阶段能否将其正确回忆或再认进行分类后,发现不同类别的刺激在学习时产生的ERP有很大的不同,反应正确(或能再认)产生的ERP减去反应错误(或不能再认)的ERP的差异是非常明显的^[9,10]。Paller等^[9]称这种差异为“后续记忆效应”,简称“DM效应”(difference in subsequent memory)。研究者们发现,学习时呈现的词如果在测验时能回忆或再认的话,那么它的ERP波形在晚期正成分(late positive component, LPC)的时间范围内表现得比不能回忆或再认的更为“正向”(positive-going)。对于面孔材料,

收稿日期:2002-02-21

*中国科学院“百人计划”项目、全国优秀博士学位论文专项资助与中国科学院知识创新工程方向性项目(KGCX2-SW-101)。

**通讯作者。

Sommer^[11]的研究表明:能正确再认面孔时比不能正确再认面孔时表现为额叶 LPC 更为“正向”。

DM 效应与材料本身的性质有关。根据 Bruce 和 Young^[12]的面孔识别模型,面孔识别第一阶段为面孔结构编码阶段。在此阶段,对面孔的结构特征进行编码,以便进行面孔鉴别和视觉处理。这是面孔识别的最初处理阶段,其输出结果再送入面孔识别单元或其他单元进行加工。结构编码阶段包含 2 种编码方式:一种是静态的图形编码,即面孔的亮度、质地、斑点以及静态的姿势和表情等;另一种是动态的结构编码,即更抽象的视觉表征(如头的角度、表情年龄和发型等的改变等)。此阶段之后是 2 条独立的通道:第 1 条通道是有关视觉处理的,包含表情分析、面孔语言分析(如唇语)和直接视觉处理 3 个平行的处理单元;第 2 条通道是有关面孔鉴别的,包含面孔识别单元、个体特征单元和名字产生单元 3 个串行的处理过程。在对面孔特征进行编码后,沿着第一通道就进入了直接视觉处理模块。该单元主要是对面孔的种族、性别和年龄等信息进行编码。根据神经心理学的研究,面孔失认症患者能够区分一张面孔的种族和性别,甚至能根据面孔来判断一个人的年龄,并不需要认识这张面孔^[13,14]。

迄今解释异族效应的假说都是基于行为实验结果,尚没有电生理方面的研究报告。本研究的目的是:考察东西方面孔在记忆编码阶段 ERP 波形的差别,为异族效应提供电生理学证据;考察在控制其他影响 DM 效应因素的情况下,不同的材料(东西方面孔)对 DM 效应是否有着不同的影响以及 DM 效应潜在的认知过程和脑机制,探讨 DM 效应与异族效应之间的关系;证明面孔的种族特征是否属于直接视觉处理,是否影响面孔结构编码阶段的 ERP 波形。本研究假设:由于不同种族的面孔在结构编码或直接视觉处理等初期加工阶段就有所不同,使得人们在识别异族面孔时在种族特征上会消耗更多的认知资源,表现在识别非本族面孔的 ERP 比本族面孔的 ERP 走向更正一些;且由于能正确回忆的和不能正确回忆的消耗的认知资源都较多而差异不明显,所以 DM 效应较小。

2 方法

2.1 被试

14 名有偿被试(7 男 7 女)来自北京师范大学,身体健康,右利手,视力正常或矫正视力正常,年龄 19~24 岁,平均年龄为 21.4 岁;均自陈与西方人无

密切交往史。

2.2 刺激材料

用数码相机拍摄青年东方、西方人面孔各 364 张,其中男女各半,表情中性,面部无明显标志(如胡须、眼镜、皮肤痣、化妆等)。经 photoshop、photoimpact 和 matlab 等软件处理后达到大小、明暗、对比度和空间频率等一致,去除头发、耳朵、脖子等面孔外部特征。为了避免肤色对面孔识别的影响,采用灰阶照片,参见图 1。



图 1 面孔刺激材料(左边两张是西方面孔,右边两张是东方面孔)

2.3 实验过程

采取再认实验范式。东西方面孔分别进行实验,各由 13 个单元组成,每个单元包含学习和测验 2 个阶段。在学习阶段,呈现 14 张面孔,让被试尽可能记住,刺激间隔(SOA)为 3s,刺激呈现时间为 1s。间隔 4s 后,进入测验阶段。呈现 28 张面孔,其中重复呈现的面孔占 50%,SOA 为 3.2s,刺激呈现时间为 1s。告诉被试见过的按左键,没有见过的按右键。东西方面孔和被试按键在组内进行平衡。

2.4 脑电记录

采用电极帽记录 64 导脑电。参考电极置于双侧乳突连线,前额接地,同时记录水平眼电和垂直眼电。滤波带通为 0.10~40Hz,采样频率为 500Hz/导,头皮电阻小于 5k Ω 。分析时程(epoch)为刺激呈现后的 1000ms,基线为刺激前 200ms,自动矫正眨眼等伪迹,波幅大于 $\pm 100\mu\text{V}$ 者在叠加中被自动剔除。

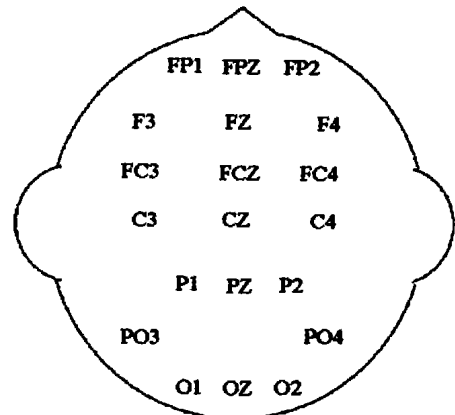


图 2 电极排放位置图

2.5 数据处理

根据测验阶段的结果对 EEG 分类叠加,可得到学习阶段反应正确与反应错误产生的 2 类 ERP。根据前人工作与本实验目的,选取以下 20 个电极点进行数据分析(见图 2) CZ、C3 和 C4 以前 12 个电极点为头皮前部,另 8 个电极点为头皮后部。地形图由 64 枚电极记录得出。根据 ERP 总平均图和前人经验,无论东西方面孔,在头皮前后的分布有明显差别,因此分别进行方差分析(ANOVA)。头皮前部的测量窗口为 40~80 (P60)、90~140 (N110)、150~240 (P170)、250~370 (N320)、380~1000ms (P400);后部为 20~60 (P40)、70~120 (N80)、130~220 (P180)、230~320 (N260)、330~1000ms (P370)。用 SPSS 对上述各段平均波幅进行 3 因素的方差分析,因素为种族(2 水平:东方和西方)、正误(2 水平:能再认和不能再认)和记录部位(头皮前部:12 水平;头皮后部:8 水平)。多因素方差分析的 P 值皆用 Greenhouse - Geisser 法校正,并对数据的

头皮分布进行正常化处理。EC(东方能再认)减去 EF(东方不能再认),得到东方面孔的 DM 效应(EDM);WC(西方能再认)减去 WF(西方不能再认),得到西方面孔的 DM 效应(WDM)。

3 实验结果

3.1 行为数据

本研究考察的是学习阶段被试对面孔的编码,故行为数据是基于测验阶段被试的反应。根据信号检测理论,每个被试的 $P(A)$ 值只要大于 0.5 ($P(A) = (\text{击中数} + \text{正确否定数}) / \text{刺激总数}$),该被试的行为反应就认为是可信的^[11]。本实验中,14 名被试的 $P(A)$ 值均大于 0.55:东方面孔 $P(A)$ 值为 $0.67 \pm 0.06s$,反应时为 $0.78 \pm 0.05s$;西方面孔 $P(A)$ 值为 $0.66 \pm 0.07s$,反应时为 $0.89 \pm 0.06s$ 。

3.2 ERP 数据

3.2.1 ERP 波形

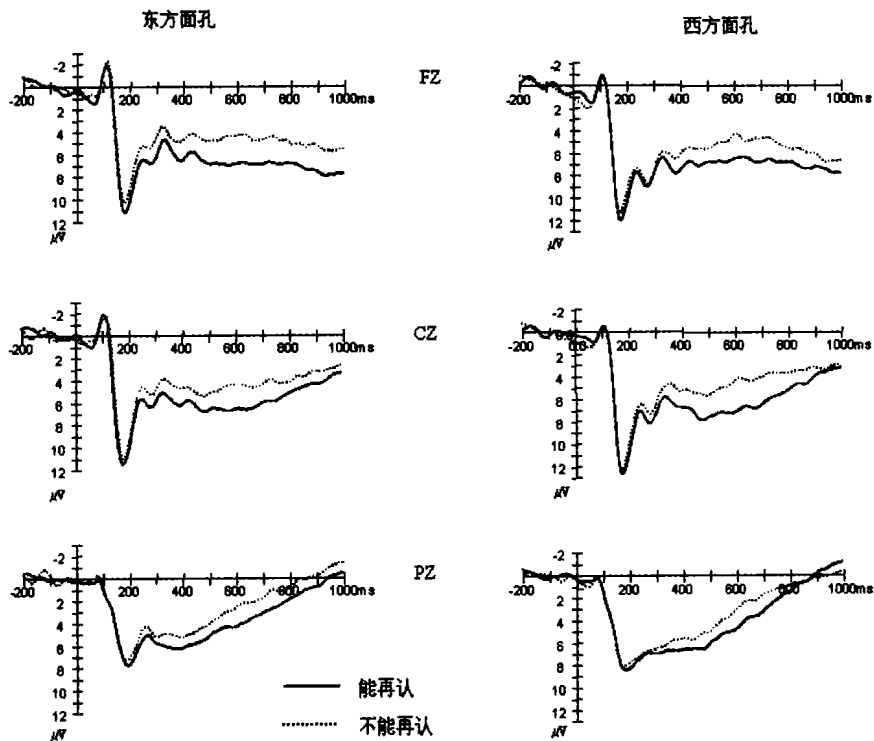


图3 被试对东西方面孔反应的 ERP 总平均图($n=14$)

如图 3 所示,无论东西方面孔,能正确再认面孔的 ERP 波幅比未正确再认面孔的 ERP 波幅表现得更加正向一些;在额叶等头皮前部,无论记住与否,西方面孔产生的早期成分(潜伏期 70~220ms)有一

个比东方面孔更为正向的变化;EC 与 EF 差异的潜伏期在 150~330ms 和 LPC 范围,WC 与 WF 差异的潜伏期在 240~370ms 和 LPC 范围。EC 与 WC 相比,WC 比 EC 的波幅更大;而 EF 与 WF 相比,

WF 比 EF 的波幅也要更大一些;EDM 与 WDM 相比,EDM 比 WDM 的幅度更大(参见图 4,EDM - WDM 的地形图,即东方面孔的 DM 效应减去西方面孔的 DM 效应的地形图)。无论东西方面孔,头皮前后的 DM 效应差异非常明显,且在头皮后部大约 260ms,东方面孔存在一个明显的负波,而西方面孔几乎没有或显著减小。

3.2.2 平均波幅的方差分析 根据方差分析结果,在头皮后部,东西方面孔产生的 P80(70 ~ 120ms)、N180(130 ~ 220ms)以及 N260(230 ~ 320ms)等 ERP 成分均有显著性差异,其中 P80 有种族主效应, $F(1,13) = 4.65, p < 0.05$,为东方面孔产生

的 P80 波幅大于西方面孔;另外,还存在再认与电极点之间的交互效应, $F(7,91) = 2.93, p < 0.05$,表明在某些记录点有再认与否的差别。N180 有种族主效应, $F(1,13) = 8.65, p < 0.01$,为东方面孔的 N180 大于西方面孔,N180 也有电极主效应, $F(7,91) = 4.39, p < 0.0001$,提示后部 8 个记录点之间的 N180 波幅有显著性区别。N260 有种族主效应, $F(1,13) = 10.94, p < 0.01$,为东方面孔的 N260 大于西方面孔,N260 也有电极主效应, $F(7,91) = 2.51, p < 0.05$ 。P40(20 ~ 60ms)仅有电极主效应, $F(7,91) = 3.86, p < 0.001$ 。其他成分均无显著性效应。

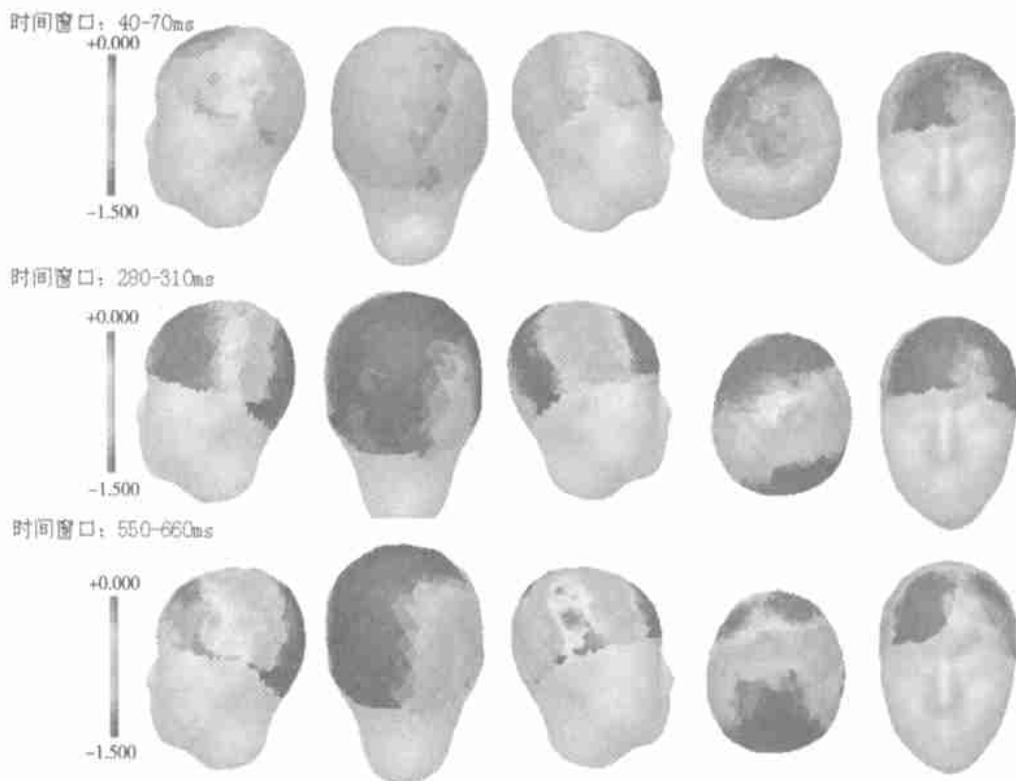


图 4 被试对东西方面孔反应的 DM 反应差异地形图(EDM - WDM)

在头皮前部,P170(150 ~ 240ms)、N320(250 ~ 370ms)和 LPC(380 ~ 1000ms)成分均有显著的东西方 DM 效应差异,其中 P170 有 DM 主效应, $F(1,13) = 8.92, p < 0.01$ 和电极主效应, $F(11,143) = 2.30, p < 0.01$,为西方面孔产生的 P170 波幅大于东方面孔;N320 有 DM 主效应, $F(1,13) = 6.25, p < 0.05$,为西方面孔产生的 N320 波幅大于东方面孔;LPC 也有 DM 主效应, $F(1,13) = 19.04, p < 0.001$ 和电极主效应, $F(11,143) = 7.40, p < 0.001$,为西方面孔产生的 P400 波幅大于东方

面孔;P60(40 ~ 80ms)有电极主效应, $F(11,143) = 9.99, p < 0.001$ 。

4 讨论

本实验结果表明识别东西方面孔时产生的 ERP 波形在枕部差异明显,而在额部和顶部 ERP 差异不明显,表明东西方面孔在视觉初级皮层的加工过程可能不一样,说明东西方面孔在结构编码上有着本质区别。P80 成分的显著差异,说明在前注意阶段被试就已产生无意识的分类;Mouchentant -

Rostaing^[15]的实验也表明,自动、快速而粗糙的分类能够在前注意阶段产生(刺激后 45~85ms),且这种分类是由于被试对不同材料的有意识的期待所造成的。因此,本实验的发现提供了支持异族效应分类假说的电生理学证据。

本研究发现,无论记住与否,西方面孔在前额区产生的一个比东方面孔更为正向(positive-going)的早期 P60 与 N110 成分(潜伏期 70~220ms),提示在主动识别前的前注意阶段,更多的资源分配于异族面孔。根据异族效应的特征假说,人们在对异族面孔进行编码时,在种族特征上消耗了较多的资源,本研究结果提供了支持此假说的电生理学证据;而记住与未记住相比较,则产生 P170、N320 和 LPC 成分的正走向变化,即 DM 效应。东西方面孔的 DM 效应基本类似。但在头皮前部和顶部,(大约自 230 到 320ms)东方面孔的 DM 效应比西方面孔更为明显。这表明,相对于本民族面孔的编码,对异族面孔的编码开始较晚,这种电生理学现象也许提供了异族面孔容易混淆和难以记忆的潜在脑机制。

本实验还发现东西方面孔识别过程中,虽然在额区和顶区 ERP 差异不明显,但两者 DM 效应差异都显著,与其他研究报告基本一致^[15,16]。面孔识别的早期 P1 和 N1 成分出现明显的头皮分布差异,在头皮前部波幅较大,提示面孔识别的初步加工可能不在视觉初级皮层,而更可能在额区,与前注意的发生机制有关。本实验结果表明东方面孔的 DM 效应比西方面孔的 DM 效应要大,这提示东西方面孔在结构编码上有差异,因而与记忆机制有关。Werner^[17]认为 DM 效应是检测不同材料记忆的一个有效工具,且材料的细微差别等在 DM 效应上都会有着明显的反映。

无论东西方面孔,都普遍存在一个头皮前部的 N320 成分和后部的 N260 成分,西方面孔的 N320 比东方面孔表现出正向变化,而西方面孔的后部 N260 显著减小甚至消失,反映了大脑对不同种族面孔进行有意识编码在加工机制上的不同。在记忆的提取阶段,东西方面孔在 N260 上基本无差异(另文论述)。我们将这种对不同种族在编码阶段产生的 N260 称为“种族编码波”。其特点如下: 出现于刺激后 260ms 的负波; 分布于头皮后部的顶枕部和颞后部; 在识别本民族面孔时显著,识别异族面孔时消失。

近年来,有人在面孔识别的 ERP 研究中发现了一个颞枕部(occipitotemporal) N170 或 N200,认为

与面孔特征的结构分析有关,与性别、年龄和种族特征无关,代表面孔识别的特异性^[18,19,20]。但有些面孔识别 ERP 研究报告并未发现 N170 的存在^[21]。本实验未观察到 N170,可能是因为本实验的刺激材料去除了面孔的外部特征。那么,N170 究竟是“面孔特异性成分”还是“面孔外部特征成分”,将是下一个实验中拟进行研究的课题。

致谢:美国国家心理健康研究院(NIMH)脑与认知实验室 Haxby 博士和姜扬博士提供了西方面孔的数码照片。

参 考 文 献

- 1 Sedikides C, Ostrom T M. Perceptions of group variability: Moving from an uncertain crawl to a purposeful stride. *Social Cognition*, 1993, 11: 165~174
- 2 Linville P W, Fischer G W, Salovey P. Perceived distributions of the characteristics of the characteristics of in-group and out-group members: empirical evidence and a computer simulation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1989, 57: 165~188
- 3 Levin D T. Classifying faces by race: The structure of face categories. *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1996, 22: 1364~1382
- 4 Malpass R S, Kravitz J. Recognition for face of own and other race. *Journal of Personality and social Psychology*, 1969, 13: 330~334
- 5 Shepard J. Social factors in face recognition. In: Davies G., Ellis H, Shepard J. ed. *Perceiving and remembering faces*. London: Academic Press, 1981
- 6 Carey S, Diamond R. From piecemeal to configural representation of face. *Science*, 1977, 195: 312~313
- 7 Flin R. Development of face recognition: An encoding switch? *British Journal of Psychology*, 1985, 76: 123~134
- 8 Donchin E, Fabiani M. The use of event-related brain potentials in the study of memory: Is P300 a measure of event distinctiveness? In: Jennings J R, Coles M G H, ed. *Handbook of Cognitive Psychophysiology: Central and Autonomic System Approches*. Chichester: Wiley, 1991. 471~498
- 9 Paller K A, Kutas M, Mayes A R. Brain Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1987, 67: 361~71
- 10 David F, Charlotte T. An event-related potential study of encoding in young and older adults. *Neuropsychologia*, 1999, (1): 1~16
- 11 Sommer W, Schweinberger S R, Matt J. Human brain potential correlates of face encoding into memory. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1991, 79: 457~463
- 12 Bruce V, Young A W. Understanding face recognition. *British of Journal Psychology*, 1986, 77: 305~327

- 13 Sergent J, Signoret J L. Varieties of Functional Deficits in Prosopagnosia. *Cerebral Cortex*, 1992, 2: 375 ~ 388
- 14 Schweich M, Bruyer R. Heterogeneity in the cognitive manifestations of prosopagnosia: The study of a group of single cases. *Cognitive Neuropsychology*, 1993, 10: 529 ~ 547
- 15 Mouchetant - Rostaing Y, Gard M H, Aguera P E, et al. Early signs of visual categorization for biological and non - biological stimuli in humans. *Neuroreport*, 2000, 11: 2521 ~ 2525
- 16 Sommer W, Heinz A, Leuthold H, Matt J. Metamemory, distinctiveness, and event - related potentials in recognition memory for faces. *Memory & Cognition*, 1995, 23: 1 ~ 11
- 17 Sommer W, Komoss E, Schweinberger S R. Differential localization of brain systems subserving memory for names and faces in normal subjects with event - related potentials. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1997, 102: 192 ~ 197
- 18 Bentin S, Allison T, Puce A, et al. Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1996, 8: 551 ~ 565
- 19 Botzel K, Schulze S, Stodieck S R G. Scalp topography and analysis of intracranial sources of face - evoked potentials. *Experimental Brain Research*, 1995, 104: 134 ~ 143
- 20 George N, Evans J, Fiori N, et al. Brain events related to normal and moderately scrambled faces. *Cognitive Brain Research*, 1996, 4: 65 ~ 76
- 21 Rossion B, Gauthier I, Tarr M J. The N170 occipito - temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects: an electrophysiological account of face - specific processes in the human brain. *Neuroreport*, 2000, 11(1): 69 ~ 74

THE MECHANISM OF OTHER RACE EFFECT BETWEEN EASTERN AND WESTERN FACES REVEALED BY ELECTROPHYSIOLOGY STUDY

Peng Xiaohu, Luo Yuejia, Wei Xing, Wang Guofeng, Wei Jinghan

(*Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China 100101*)

Abstract

The difference of memory encoding on eastern and western faces (DM effect) and the neural mechanisms of other race effect were studied by using event - related potential (ERP) experiments. The present results showed that the early components (peak latency 70 ~ 120ms) at frontal scalp elicited by western faces have a more positive - going than those elicited by eastern faces regardless of recalling or not. This suggests that more resources are cost to other race faces in the early stage of processing, and thus supports the characteristic selective theory of other race effect. The late positive component (LPC) evoked by recognized faces is more positive - going than that by not memorized regardless of eastern or western faces. However, the DM effect elicited by western faces is smaller at the latency range 240 to 320 ms. Moreover, there is an obvious N260 at occipital area for the eastern faces, but none or very small N260 for the western faces. The N260 reflects the different encoding manner to different race faces in the brain and we are reasonable to call it "Specific Race Component".

Key words event related potentials (ERP), other race effect, DM effect, memory.