

面孔感知过程中的视觉完形负波

楚向丽^{1,2}, 王荫华¹, 王玉平²

[摘要] 目的 探讨大脑对不完整面孔进行视觉完形加工的神经基础。方法 视觉刺激分两类:完整面孔图片和不完整面孔图片(遮盖了面孔的左上象限),随机呈现,在受试者完成性别判断作业的同时记录头皮事件相关电位。结果 与完整面孔相比,不完整面孔在枕颞区诱发出了明显增大的 N1 波,并且存在着右侧偏侧化优势;与完整面孔相比,不完整面孔诱发的 N2 波的峰潜伏期延长。结论 增大的 N1 与视觉完形加工有关,视觉完形加工需要消耗时间。

[关键词] 事件相关电位(ERP);面孔认知;N1;视觉完形

Visual Completion Negativity to Human Face Perception CHU Xiang-li, WANG Yin-hua, WANG Yu-ping. Department of Neurology, First Hospital of Peking University, Beijing 100034, China

[Abstract] **Objective** To explore the neural basis of visual completion for the occluded faces. **Methods** 2 types of visual stimuli were presented randomly: pictures of complete faces, pictures of incomplete faces (the occluded part was the left-top quadrant). Subjects were instructed to perform a gender discrimination task while event-related potentials (ERPs) were recorded. **Results** Compared with complete faces, incomplete faces enhanced the amplitude of N1 on the occipito-temporal scalp bilaterally, with the right hemisphere advantage. The peak latency of N2 elicited by incomplete faces was delayed compared with that of complete faces. **Conclusion** The enhancement of N1 is related to visual completion processing that requires additional time.

[Key words] event-related potentials(ERP); face perception; N1; visual completion

中图分类号:B842.2 文献标识码:A 文章编号:1006-9771(2006)03-0185-03

[本文著录格式] 楚向丽,王荫华,王玉平.面孔感知过程中的视觉完形负波[J].中国康复理论与实践,2006,12(3):185-187.

在现实世界里,物体的局部经常被其自身或其临近的物体遮挡,视觉系统所接收的视觉信息通常是来自物体可见部分的、不完整的信息。视觉系统为了解决视觉信息缺失造成的视像歧义,必须根据视像上各部分的结构特征,假设它们之间的联系,以补充或推断被遮盖部分的信息,这一加工过程被称为知觉填补或视觉完形^[1]。行为学实验已经证实了视觉完形确实发生在视觉认知过程中^[2]。动物实验显示,当视野中物体被部分遮盖而发生视觉完形时,猴子视皮层 V2 区神经元活动增强^[3]。Lerner 等人应用 fMRI 研究发现,完形过程发生时,枕颞部位(lateral occipito-temporal cortex, LOC)激活,因此提出,LOC 是视觉完形加工的中枢^[4]。Sekuler 等的研究发现,完形过程在刺激呈现后相当短的时间内(<200 ms)即可完成^[5]。

面孔包含着丰富的社会信息,如性别、年龄、表情、种族等,是一种特殊的视觉刺激,在人类生活中占据非常重要的地位。面孔识别可以不受图像大小、光线、背景、位置、年龄、表情、姿势等的影响。对面孔的电生理研究主要集中在 N170,即 N1^[6-7]。N1 是事件相关电位的第 1 个负性成分,任何呈现在中心视野的复杂图片均可以在枕颞皮层引出该负波,只是面孔诱发的 N1

波幅更大,因此有人称之为面孔特异性负波^[6-7]。面孔作为一个特殊的视觉刺激物,其各部分之间有着固定的联系,且有实验证明,面孔的认知是基于整体而非部分^[8],因此,本实验选择面孔作为视觉刺激物来研究视觉完形过程。

本实验室以往研究发现,不完整的三维立体图形引出的 N1 波幅比完整图形的 N1 波幅高,因此提出,增大的 N1 可能与视觉完形有关^[9]。因此,我们假设,N1 可能是反映视觉完形加工的一个电生理指标,当不完整面孔激活视觉完形过程时,N1 也会改变。我们采用事件相关电位技术来进行这一研究。

1 材料和方法

1.1 研究对象 16 名正常受试者,女 8 名,男 8 名,年龄 23~27 岁,右利手,本科学历,既往无精神病、神经病史,视力正常或矫正至正常。知情同意后参与实验。

1.2 仪器设备 美国 Neuroscan 4.1 (Neurosoft, Inc. Sterling, USA) 多导脑电诱发电位工作站。STIM 系统控制视觉刺激的呈现,SCAN 系统同步记录脑电。

1.3 刺激序列 刺激图片为陌生面孔照片,共 160 张,男女各半,表情中性,无任何面部标志(眼镜、胡须、皮肤痣、首饰等)。用 Photoshop 软件处理后达到大小、亮度和对比度等物理性质一致的灰度照片,视角为 2.74°×2.28°。其中 80 张照片被遮盖左上象限而不完整。遮盖部分底边经过面孔鼻根,其右侧的边缘经过面孔中线,遮盖面积为总面积的 25%,该部分视角为 1.34°×1.14°。面孔照片呈现 300 ms,刺激间隔(SOA)

基金项目:国家自然科学基金项目(30370477)。

作者单位:1.北京大学第一医院神经内科,北京市 100034;2.首都医科大学附属宣武医院神经内科,北京市 100053。作者简介:楚向丽(1977-),女,河南洛阳市人,博士生,主要研究方向:神经电生理、临床神经心理。通讯作者:王荫华、王玉平。

3 s。刺激序列分两段并按先后顺序呈现,第 1 段呈现的刺激图片均为不完整面孔照片;第 2 段呈现的刺激图片均为完整面孔照片。被试者的任务是区分性别,男性照片按左键,女性照片按右键。被试者按键在组内进行平衡。

1.4 脑电记录 按照国际标准 10-20 系统,在头皮安装 30 个记录电极,鼻尖置参考电极,前额发际下 1 cm 处置接地电极,同时记录水平眼电和垂直眼电。信号由放大器放大,滤波带通为 0.10 ~ 40 Hz,采样频率为 1000 Hz,头皮电阻小于 5 kΩ。分析时程(epoch)为刺激呈现前 200 ms 至刺激后 800 ms,以刺激前 200 ms 为基线。错误反应和混有眼电的脑电事件被去除。

1.5 数据处理 根据被试者正确反应的结果对 EEG 分类叠加,可得到完整面孔和不完整面孔诱发的两类 ERP,每类 ERP 平均叠加超过 70 次。两类 ERP 差异曲线地形图由 30 导电极记录得出(不包括眼电)。根据总平均图,完整和不完整面孔均诱发出了 P1、N1 和 N2,主要分布在枕颞部。应用 STATISTICA 统计软件,对上述 3 波波幅进行 3 因素的重复测量方差分析(ANOVA),因素为:完整(2 水平:完整和不完整)、左右侧(2 水平:左半球和右半球)、电极部位(2 水平:颞部和枕部,即 T5、O1;T6、O2)。对 N1 和 N2 的峰潜伏期和行为学数据进行单因素的重复测量方差分析,因素为完整(2 水平)。以 $P < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果

2.1 行为学 被试者对完整面孔和不完整面孔的反应时分别为(495 ± 67) ms 和(502 ± 78) ms,正确率分别为(97.3 ± 4.9) %和(96.7 ± 6.2) %。单因素方差分析结果显示,受试者对两种刺激的反应时和正确率均无显著性差异($P > 0.05$)。

2.2 ERP 在后头部,无论是完整面孔还是不完整面

孔,都诱发出了 P1、N1 和 N2。见图 1。根据方差分析的结果,在左右半球以及不同电极部位,完整面孔和不完整面孔所诱发的 P1 的波幅和潜伏期均没有显著性差异($F < 1$)。对于 N1 的波幅,完整主效应有显著性差异($F = 20.31, P < 0.0001$),不完整面孔诱发的 N1 波幅比完整面孔的 N1 更负;左右侧主效应有显著性差异($F = 10.04, P < 0.005$),右侧半球 N1 波幅明显大于左侧半球;电极部位主效应亦有显著性差异($F = 57.66, P = 0.000$),提示枕颞区记录点之间,N1 波幅有显著性差异,N1 波在颞区更负。还有完整和左右侧的交互效应($F = 9.62, P < 0.007$),提示不完整面孔诱发的 N1 波幅在右侧增大更明显;完整和电极部位的交互效应($F = 5.44, P < 0.03$),与枕区相比,不完整面孔诱发的 N1 波幅增大在颞区更明显;完整、左右侧、电极部位三者的交互效应($F = 10.29, P < 0.006$),即不完整面孔诱发的 N1 在右侧颞区波幅增大最明显,达到其波幅最大值。在 225 ~ 275 ms 时间窗内,N2 的波幅在各个条件下均无显著性差异,亦无显著交互效应。见表 1。

表 1 不同状态 N1 波在 120 ~ 190 ms 时间窗内的波幅(μV)

部位	完整面孔	不完整面孔
T5	-3.68 ± 6.4	-7.1 ± 8.54 ^a
T6	-5.41 ± 8.34	-11.64 ± 10.18 ^a
O1	-0.57 ± 6.9	-4.05 ± 8.27 ^a
O2	-1.98 ± 6.9	-5.97 ± 7.69 ^a

注:与完整面孔的 N1 波幅相比, $P < 0.01$ 。

2.3 脑电地形图 对不完整面孔和完整面孔诱发的 ERP 做差值运算,可在刺激后 120 ~ 190 ms 潜伏期内得到一差异负波(图 2A);应用脑电地形图观察该差异负波的分布,可见明显偏向右侧。说明完形过程可能存在右侧半球偏侧化优势(图 2B)。

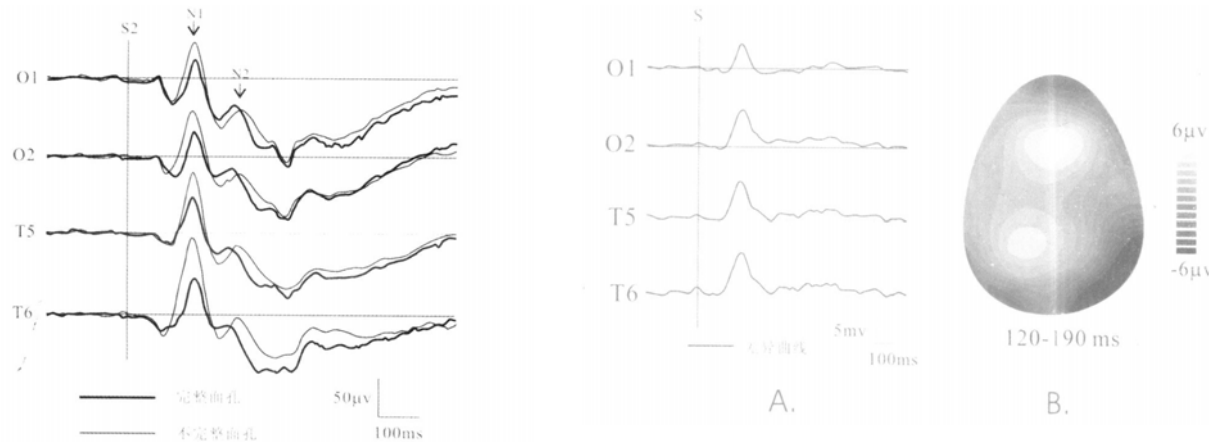


图 2 面孔视觉完形过程中 ERP 差异图
A:ERP 差异曲线;B:N1 电压差异地形图

2.4 潜伏期 N1 的潜伏期在各个条件下均无显著性差异,亦无显著交互效应。在 O1 和 O2 部位,N2 的潜伏期有完整主效应($F = 31.15, P = 0.000$),提示与完整面孔相比,不完整面孔所诱发的 N2 潜伏期延长。见表 2。

表 2 不同状态 N1 和 N2 的峰潜伏期 (ms)

	部位	完整面孔	不完整面孔
N1	O1	165 ± 9	166 ± 9
	O2	163 ± 12	163 ± 10
N2	O1	258 ± 14	282 ± 18 ^a
	O2	253 ± 14	279 ± 15 ^a

注:a:与完整面孔的 N2 峰潜伏期相比, $P < 0.01$ 。

3 讨论

本实验应用不完整面孔和完整面孔照片作为视觉刺激,研究了完形过程的 ERP。我们发现,与完整面孔相比,不完整面孔诱发的 N1 波幅更大,N2 峰潜伏期更长。

视觉系统能够自动填充被遮盖物体的边缘,使我们对物体形成一个完整的知觉概念,这是视觉系统信息加工的一个非常重要的特点。视觉系统中,视觉输入信息无一例外地到达其感受器——视网膜,但其输出的信息需要经过高级中枢的计算、整合等过程。这是一个迅速而有效的信息处理过程,即便是只有非常有限的视觉输入信息^[10]。从行为学上来看,对完整面孔和不完整面孔的反应正确率均达到了 95 % 以上,两者的反应时亦无显著性差异,说明面孔的完整与否,并不影响受试者对面孔性别的判断。这说明,不完整面孔并没有增加作业的难度;因此,N1 的变化与认知努力无关。目前,多数人认为,面孔诱发的 N1 与面孔的结构编码过程相关,其证据是,倒置面孔引起 N1 波幅增大,潜伏期延长^[7,11]。文献认为,N1 的变化是由于倒置面孔改变了面孔的结构信息^[7,11-12],即破坏了面孔各部分之间的位置关系。在本实验中,与完整面孔相比,不完整面孔引起 N1 波幅增大,但是其潜伏期没有变化,这说明,虽然不完整面孔与倒置面孔均引起 N1 波幅增加,但是两者的神经机制可能不同。不完整面孔引起的 N1 波幅增大,可能反映了脑对不完整物体的视觉填补过程。

Lerner 等研究发现,在腹侧物体识别脑区存在一个有“高低分工”的认知轴,该轴起于初级视皮层(V4/V8 区),终于枕叶外侧复合体(lateral occipital complex, LOC)^[13]。初级视皮层只对简单的视觉刺激如边界、轮廓有反应,而 LOC 则负责形成整体概念。Lerner 等人还发现,视觉完形的中枢部位在 LOC^[4]。LOC 分为两个部分:位于背侧的枕侧沟(lateral occipi-

tal sulcus, LO) 和位于腹侧的梭状回后部(posterior fusiform gyrus, pFs),这两个部位也参与面孔的感知^[12,14-15]。因此,我们在枕颞部位记录到的增大的 N1 反映了视觉皮层对不完整面孔的完形加工过程。

至于不完整面孔诱发的 N1 右侧波幅大于左侧,同时,视觉完形效应存在右侧优势,这与以往的研究结果^[9]一致,提示右侧大脑半球在视觉完形中占优势。

此外,与完整面孔诱发的 N2 相比,不完整面孔诱发的 N2 潜伏期延长。这说明,视觉完形是发生在 N2 所代表的视觉加工过程之前的,并且消耗了时间,使得其后的加工过程延迟。

从复杂图片如面孔照片可引出一系列 ERP 成分,其中,N1 可受不完整面孔的调制,波幅增高,增大的 N1 可能与视觉完形有关。视觉完形需要消耗时间,且存在右侧半球偏侧化优势。

[参考文献]

[1] Kellman PJ, Yin C. A common mechanism for illusory and occluded object completion[J]. J Exper Psychol, 1998, 24(3): 859 - 869 .
[2] Rensink RA, Enns JT. Early completion of occluded objects[J]. Vision Res, 1998, 38(15 - 16): 2489 - 2505 .
[3] Bakin JS, Nakayama K, Gilbert CD. Visual responses in monkey areas V1 and V2 to three-dimensional surface configurations[J]. J Neurosci, 2000, 20(21): 8188 - 8198 .
[4] Lerner Y, Hendler T, Malach R. Object-completion effects in the human lateral occipital complex[J]. Cereb Cortex, 2002, 12(2): 163 - 177 .
[5] Sekuler AB, Palmer SE. Perception of partly occluded objects: a microgenetic analysis[J]. J Exp Psychol Gen, 1992, 121(1): 95 - 111 .
[6] Eimer M. The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces[J]. Neuroreport, 2000, 11(10): 2319 - 2324 .
[7] Bentin S, Allison T, Puce A, et al. Electrophysiological studies of face perception in humans[J]. J Cogn Neurosci, 1996, 8(6): 551 - 565 .
[8] Sagiv N, Bentin S. Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes[J]. J Cogn Neurosci, 2001, 13(7): 937 - 951 .
[9] Wang Yuping, Zhang Yuangyuan, Wang Huijun, et al. Brain potentials elicited by matching global and occluded 3-dimensional contours [J]. Brain Cogn, 2003, 53(1): 28 - 33 .
[10] Carey S, Diamond R. From piece meal to configurational representation of faces[J]. Science, 1977, 195(4275): 312 - 314 .
[11] Eimer M. Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces evidence from event-related brain potentials[J]. Cogn Brain Res, 2000, 10(1 - 2): 145 - 158 .
[12] Rossion B, Gauthier I. How does the brain process upright and inverted faces[J]? Behav Cogn Neurosci Rev, 2002, 1(1): 62 - 74 .
[13] Lerner Y, Hendler T, Ben Bashat D, et al. A hierarchical axis of object processing stages in the human visual cortex[J]. Cereb Cortex, 2001, 11(4): 287 - 297 .
[14] Halgren E, Dale A, Sereno M, et al. Location of human face-selective cortex with respect to retinotopic areas[J]. Hum Brain Map, 1999, 7(1): 29 - 37 .
[15] Kanwisher N, McDermott J, Chun M. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception [J]. J Neurosci, 1997, 17(11): 4302 - 4311 .

(收稿日期:2006-02-26)