

内隐面孔记忆的编码机制*

孟迎芳

(福建师范大学心理系, 福州 350007)

摘要 为了探究内隐面孔再认在记忆形成过程中的认知加工状态, 该实验以陌生面孔为刺激, 采用事件相关电位(ERP)技术, 并结合相继记忆(Dm)范式和迫选再认测验, 把学习阶段的面孔分为相继记住、相继启动及相继忘记三类, 以相继记住与相继启动的 ERP 差异为外显记忆 Dm 效应, 以相继启动与相继忘记的差异为内隐记忆的 Dm 效应。结果表明, 内隐记忆表现为 400~500 ms 额中央区负走向的 Dm 效应, 可能反映了额叶皮层对信息的精加工过程, 而外显记忆表现为 400 ms 开始顶区正走向的 Dm 效应, 可能反映了记忆系统对加工后信息的自动登记过程。由此推测, 只有经过额叶加工并被内侧颞叶自动登记的信息, 随后才能被有意识地提取出来, 而未进入内侧颞叶的信息在随后测验中不可能产生有意识地记忆提取现象, 但储存的知觉表征可能触发微弱的记忆痕迹, 从而产生内隐面孔记忆。

关键词 内隐面孔再认; 编码; Dm 效应

分类号 B842

1 前言

面孔是人们在日常生活中经常遇到的一种视觉刺激, 对这种刺激的再认是人类的一项重要功能, 它对于人与人之间社会交往的正常进行有着重要的作用。内隐面孔记忆最初来自于面孔失认症患者的研究, 这些研究表明, 面孔失认症患者虽然不能外显地再认出熟悉面孔, 但仍保存着面孔的启动现象, 如对未能成功再认的著名或熟悉面孔表现出增强的皮肤电反应(Bauer, 1984); 当启动面孔与随后的目标名字是语义相关或者一致时, 对该目标名字进行的著名/非著名判断要明显快于启动面孔与目标名字是语义无关时的判断(Young, Hellawell, & De Hann, 1988; Strierner, Gingerich, Strierner, & Dixon, 2009)等。这种无意识的面孔再认现象被称为内隐面孔再认(covert face recognition)。

自上世纪 90 年代开始, 事件相关电位(event-related potentials, ERP)技术开始应用于面孔再认的相关研究, 探究其认知加工过程的时空特征。这些

研究发现了与内隐面孔再认相关的两个 ERP 成分: 早期和晚期的 ERP 成分。早期 ERP 成分较多通过即时重复的方法观察到, 表现为与之前未见过的面孔相比, 重复面孔在枕颞区电极上会产生一个增强的负波, 这种趋势从刺激后 200 ms 开始, 一般在 230~280 ms 的右侧(right)电极上达到最大值, 因而研究者将其命名为 N250r (Schweinberger, Pfütze, & Sommer, 1995; Schweinberger & Burton, 2003; Schweinberger, Huddy, & Burton, 2004)。近期研究也发现, 与陌生面孔相比, 熟悉面孔也会引起明显的 N250r (Gosling & Eimer, 2011; Eimer, Gosling, & Duchaine, 2012)。由于该成分相对短的潜伏期, 且多位于枕-颞区, 这些区接近人类大脑中的视觉关联皮层, 因此认为该成分主要反映了在视觉皮层中面孔记忆表征的激活。晚期 ERP 成分主要表现在 400~600 ms, 且与早期 ERP 成分有着完全不同的表现, 即与非著名面孔相比, 著名(famous)面孔会引起一个增强的正波, 但其分布的脑区较为广泛, 在前部及后部脑区都有发现, 研究者将其命名为

收稿日期: 2012-10-17

* 全国教育科学规划教育部青年课题: 对学业不良生信息编码与提取加工的脑机制研究(EBA090428); 福建省教育厅 A 类项目(JA11065S; JA09037)资助。

通讯作者: 孟迎芳, E-mail: 175695016@qq.com

P600f (Schweinberger et al., 1995; Eimer, 2000; Bentin & Deouell, 2000; Gosling & Eimer, 2011; Eimer et al., 2012)。由于该成分较多位于中央顶区, 且具有左侧化倾向, 与在词领域中发现的 P600 新旧效应有着极大的相似性(Boehm, Sommer, & Lueschow, 2005; 孟迎芳, 郭春彦, 2006), 因此它可能反映了继面孔记忆表征激活之后的记忆提取过程。

上述对内隐面孔再认现象的研究多集中在提取阶段, 编码和提取是记忆的两个重要加工阶段, 编码是对信息最初的加工, 而提取是对过去编码信息的重复激活或印迹激活。因此进一步了解内隐面孔再认的编码加工机制有助于全面地认识该现象。研究编码神经机制的一个典型范式是相继记忆范式(subsequent memory performance paradigm), 该范式一般包括学习和测验阶段, 首先通过神经成像技术记录被试学习过程中的神经活动, 然后根据随后的记忆测验结果(如再认正确与错误)对学习项目进行分类(如随后记住与随后遗忘), 并探讨不同类别在编码过程中的大脑活动差异, 从而间接探讨记忆形成时大脑的认知加工机制。采用该范式的大量研究已证实, 随后外显记住的项目在学习过程中记录到的 ERP 波幅比随后遗忘的项目更为正偏斜(Paller, McCarthy, & Wood, 1988; 郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆, 2004)。研究者把这种差异称为“相继记忆效应”或“Dm (Differences based on subsequent memory performance, 基于相继记忆行为的差异)效应”。在面孔领域也发现了类似的 Dm 效应, 主要表现在刺激后 400~800 ms 的中央顶区(Guo, Voss, & Paller, 2005)。但以往研究较多涉及随后有意识记住项目与忘记项目在编码过程的大脑活动差异, 并以此作为记忆成功形成时大脑活动的特异性表现, 然而人们对经历过的事件不一定都能有意识提取, 有些信息尽管人们不能在直接的记忆测验中提取出来, 甚至也没有觉察到自己拥有对这些信息的记忆, 但它们却影响着人们对一些特定任务的操作, 即内隐记忆现象, 那它们在记忆形成过程中的大脑活动方式又是怎样呢?

以往研究曾采用间接测验, 以相继启动与未启动项目之间的 Dm 效应来探讨内隐记忆现象的编码加工机制, 但所得结果并不一致(Paller, Kutas, & Maye, 1987; Paller, 1990; Friedman, Ritter, & Snodgrass, 1996)。究其原因, 主要在于间接测验中获得的效应是否完全反映了内隐记忆如启动的“纯

加工”过程。实际上, 任何一个记忆测验中, 多种记忆过程都会同时对个体的行为产生作用(Voss & Paller, 2008)。因此研究者已不提倡单单根据测验模式来定义内隐和外显记忆, 而应把之区分为两种不同的加工过程, 即外显记忆加工, 支持着伴随有意识提取的记忆行为; 内隐记忆加工, 支持着没有有意识提取的记忆行为, 如启动效应。外显与内隐记忆加工会同时存在于任何一个测验中, 重要的是, 如何在测验中分离出外显记忆以及不带提取意识的内隐记忆加工。

Schott, Richardson-Klavehn, Heinze 和 Düzel (2002)首创词干补笔与再认相结合的两阶段测验方式, 在一个测验中同时获得外显记忆及不带再认的知觉启动。被试学习一系列视觉词后进行词干补笔测验, 要求先用学过的词来完成词干, 如果不行, 就用想到的第一个词来完成词干, 补笔完成后回答该词是否来自学习阶段。根据补笔及随后的回答把学习刺激划分为相继记住(用学过的词补笔, 同时也判断该词来自学习阶段)、相继启动(用学过的词补笔, 但随后却判断该词不是来自学习阶段)和相继忘记(用未学过的词补笔, 同时也判断为不是来自学习阶段)三类, 结果发现, 相继记住项目诱发的 ERP 在 600~800 ms 中央区以及 900~1200 ms 右额区比忘记项目更为正走向, 而相继启动项目诱发的 ERP 在 200~450 ms 中央顶区比忘记项目更为负走向, 表现出与外显记忆完全不同的神经反应。因此该实验首次证实了内隐记忆与外显记忆在编码加工机制上的分离, 那么在面孔领域是否也存在着类似的现象呢?

基于面孔刺激的独特性, 我们采用两阶段的迫选再认测验及 Dm 范式, 以陌生面孔作为刺激材料, 期望在一个测验中分离出外显记忆和带有提取意识的内隐记忆现象, 然后对其编码过程的认知加工进行相应比较。采用陌生面孔主要是因为它们没有事前的预先记忆, 其记忆痕迹主要在学习过程中形成, 有助于我们更好地了解面孔记忆的形成机制。在面孔领域, 迫选范式较常用于取得对内隐面孔再认的行为测量。Rivolta, Palermo, Schmalzl 和 Coltheart (2012)曾发现, 与常用的名声判断任务(著名/非著名判断)相比, 迫选名声任务(即著名面孔与陌生面孔同时呈现, 要求被试选出著名面孔)能有效地测量出面孔失认症患者的内隐面孔再认现象。此外, Voss, Baym 和 Paller (2008)采用无意义的万花筒刺激也证实了通过迫选再认范式, 能够在

正常被试中产生不带记忆提取意识的内隐再认行为。被试在学习后进行标准的再认测验或迫选再认测验，每次选择后进行自信度评价，自信度分成高自信度，即选择是基于对学习阶段特定信息的提取；低自信度，即选择只是基于有点熟悉性的感觉，无法提取特定的信息；完全猜测，即完全没有记忆，以至于该刺激“根本不是学习过的”。结果发现，在标准的再认测验中，猜测下的再认准确率低于高低自信度的再认准确率，但在迫选再认测验中，猜测下的再认准确率反而高于高低自信度。这说明在迫选再认的情况下，重复产生的知觉流畅性会提高被试选择旧项目的倾向，即使被试没有意识到这种倾向的存在，而这就是“内隐记忆”的典型特征。因此我们借鉴 Voss 等人的实验，即被试先学习面孔，然后进行迫选再认测验，让被试在同时呈现的两张面孔(其中一张学过)中选择出一个见过的项目，如果两个都是未曾见过的，也必须从中猜测出一个。之后回答刚才所选刺激是否为学习阶段出现过的，根据两次答案对学习阶段的刺激进行分类，随后被选择并告知为见过的定义为“相继记住”；随后被选择但告知是猜测的定义为“相继启动”；随后未被选择，即测验中选择了新刺激且告知为猜测的定义为“相继忘记”。

一般认为，提取加工是编码加工的复原，如编码特异性原则(Tulving & Thomson, 1973)和迁移合适加工观点(Roediger, Gallo, & Geraci, 2002)都认为编码的方式决定了随后提取的内容以及有效提取的方式。因此不同的记忆提取过程应该对应着不同的记忆编码加工，即不同刺激在个体最初加工时就存在着差异，从而导致随后有些刺激能被个体有意识地提取出来；有些刺激虽然个体无法进行有意识地提取，但却对个体当前的任务操作产生了无意识的影响；而还有一些刺激可能在学习阶段根本没有得到被试的加工，因而直接遗忘了。因此，通过迫选再认测验分离出的不同记忆类型与它们在学习阶段所得到的认知加工应该有着密切的关系。

在分析过程中，我们把相继启动与相继忘记在学习阶段的差异作为内隐记忆的 Dm 效应，因为这两类面孔在测验过程中虽都为再认失败，但前者能够对当前任务产生影响，即重复产生的知觉流畅性促使被试选择了它，但却无法进行有意识再认，而另一部分则没有表现出任何的记忆痕迹，即被试完全遗忘了，这二者的差异提供了对内隐记忆较为纯净的测量。另外，我们把相继记住与相继启动在编

码过程的 ERP 差异作为外显记忆的 Dm 效应，因为这两类面孔在测验过程中都被选择，但前者是有意识提取的结果，而后者是无意识提取的结果，因此二者主要在提取意识性上存在着差异，可作为外显记忆的测量指标。类似的比较在以往研究中也曾使用过，如 Duarte, Ranganath, Winward, Hayward 和 Knight(2004)采用生物和非生物图片，结合记得/知道范式，根据测验结果将编码过程的项目分成相继记得、相继知道和相继忘记三类，以相继记得和相继知道的差异来代表记住效应，而以相继知道和相继忘记的差异来代表熟悉性效应，并发现两种效应在时空上都存在着差异。结合前述分析，我们预测，通过迫选再认测验在面孔领域获得的内隐与外显记忆的 Dm 效应也存在差异。

2 研究方法

2.1 被试

共 15 名大学生被试，其中男生 6 人，女生 9 人，年龄在 19~25 岁之间，右利手，视力或矫正后视力正常，身体健康，无严重病史记录。所有被试在正式实验之前告之实验目的，并进行试测，征得同意后进入正式实验，实验结束后付给一定报酬。

2.2 材料

384 张彩色面孔图片，男女各半，图片大小为 $8.01\text{ cm} \times 8.01\text{ cm}$ ，视角为 $5.7^\circ \times 5.7^\circ$ 。使用 Photoshop 去除头发、衣领、背景等外在属性，如图 1 所示。把图片按性别、年龄、表情等方面进行相似性配对，共 192 对，然后随机分成 3 组，每组 64 对，每对图片中随机一张在学习阶段呈现，在测验阶段，每对图片同时呈现，两张图片中间间隔约 1 cm。



图 1 面孔刺激样例

2.3 实验程序

被试坐在隔音室内的沙发里，要求注意计算机屏幕中央的注视点。显示器背景为黑色，距离被试 80cm。实验共 3 个学习-测验组，每组包括三个阶段：(1)学习阶段：被试对每张面孔进行性别判断，男性按左键，女性按右键。每组内刺激随机呈现，

每个刺激呈现 500 ms, 刺激间隔(ISI)为 1600±200 ms。(2)分心作业阶段: 屏幕中间呈现一个 3 位数数字, 被试做 1 分钟倒减 3 运算, 要求大声报告出来。(3)迫选再认阶段: 每对面孔同时出现, 被试从中选择出学习过的面孔, 如果两张面孔都没见过, 也必须从中猜测一张, 选择左边的按左键, 选择右边的按右键。呈现时间为 2000 ms, ISI 为 1800±200 ms。结束后屏幕上出现再次判断的提示, 即确认刚才选择的刺激是学习阶段见过的, 还是猜测的, 见过按左键, 猜测按右键。新旧面孔的位置在被试内平衡, 再次判断的按键在被试间平衡。在正式实验之前让被试练习, 熟悉程序, 练习的面孔不用于正式实验。每组结束后被试稍作休息。整个实验要求被试按键既快又准确。实验程序使用 Presentation 0.71 软件编制, 实验中使用的电脑为 DELL Dimension 8200, 其显示器是 15 寸 CRT, 分辨率为 800×600, 刷新频率为 75 Hz。

2.4 ERPs 的记录

采用 Neuroscan-64 导脑电采集分析系统和 Ag/AgCl 电极帽, 连续记录学习阶段的 EEG。电极位置采用 10~20 扩展电极系统, 单极导联, 以头顶作为参考电极采集数据, 接地点在 Fpz 和 Fz 连线的中点, 左眼眶上、下侧 2 个电极记录垂直眼电, 两眼外侧的 2 个电极记录水平眼电。滤波带通为 0.05~100 Hz, A/D 采样率为 1000 Hz。脑电采集过程中所有电极与头皮接触电阻均小于 5 KΩ。

2.5 数据分析

根据测验过程中两次按键的结果把学习阶段的刺激分成三类: 相继记住, 即迫选中选择了旧面孔并告知为见过的; 相继启动, 即迫选中选择了旧面孔但告知为猜测的; 相继忘记, 即迫选中选择了与旧面孔对应的新面孔且告知为猜测的, 迫选中选择了新面孔且告知为见过的这一部分因与研究目的无关, 不作分析, 具体见图 2。

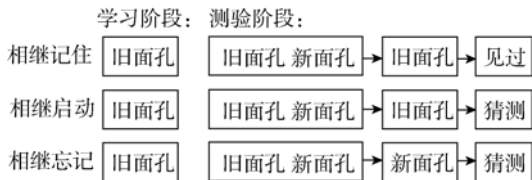


图 2 刺激分类示意图

对学习阶段的脑电记录进行脱机迭加平均处

理, 分析窗口为 -200~1000 ms, 用 -200~0 ms 作为基线进行矫正。伴有眨眼、眼动、肌电等伪迹的数据均被排除, 排除标准为±75 μV。数据离线处理时转化为双侧乳突作参考。对相继记住、相继启动和相继忘记三类项目的 ERPs 进行分类叠加。所有的差异检验均采用重复测量方差分析。数据分析使用 SPSS 10.0 软件包进行。

3 研究结果

3.1 行为结果

我们分别对学习阶段和再认阶段的反应时进行单因素重复测量方差分析, 结果表明, 在测验阶段, 刺激类别主效应显著, $F(2,28) = 9.40, p = 0.002$; 多重比较表明, 差异主要表现为相继记住的再认反应时要明显快于相继启动和相继忘记(相继记住 vs 相继启动: $p = 0.05$; 相继记住 vs 相继忘记: $p = 0.004$), 相继启动与相继忘记之间不存在差异, 即在反应时上未发现有效的面孔启动效应。此外, 对学习阶段的反应时分析也未发现任何刺激类型上的差异。以往研究曾表明, 反应时并不足够敏感以证实内隐条件下面孔启动效应的存在(Hert, Porjesz, Begleiter, & Chorlian, 1994; Begleiter, Porjesz, & Wang, 1995), 这些研究在反应时上也未发现陌生面孔的启动效应, 但却发现启动与未启动的陌生面孔之间显著的差异波, 因此我们更关注不同刺激类别在学习阶段的 ERP 差异。

表 1 各类刺激的行为结果(括号内为标准误)

刺激类别	反应时(ms)	
	学习阶段	迫选再认
相继记住	559(27)	1201(50)
相继启动	561(24)	1272(65)
相继忘记	577(28)	1292(66)

3.2 ERP 结果

总体观察, 三类面孔刺激都在枕颞区(PO7/PO8, P7/P8, CB1/CB2)发现特异于面孔的 N170, 其潜伏期和峰值在三类刺激之间无明显差异。前人研究也表明, N170 只是一个对面孔敏感的 ERP 成分, 即与非面孔刺激相比, 面孔刺激在枕颞区会引起一个增强的负波, 但该成分与面孔的记忆加工并无直接关联(Gosling & Eimer, 2011; Eimer, et al., 2012), 因此本文对该成分不做分析。此外, 在顶区 P8 位置上也未发现明显的 N250r, 结合前述

分析, 该成分主要反映了在视觉皮层中面孔记忆表征的激活, 而陌生面孔没有预先记忆, 故而在学习阶段不可能产生面孔记忆表征的激活。结合前人对内隐和外显记忆的相关研究(Schott et al., 2002; 孟迎芳, 2012), 同时根据头皮分布与电极位置之间的关系, 我们选取前额区(FP1、FPz、FP2)、额区(F3、Fz、F4)、中央区(C3、Cz、C4)、顶区(P3、Pz、P4)和枕区(O1、Oz、O2)进行分析, 具体分析时间段从 300 ms 开始, 每 100 ms 为一分析时段, 由于 600 ms 后的 ERP 曲线趋势较为稳定, 因此每隔 200 ms 为一分析时段。对三类刺激的 ERP 平均波幅分时段分脑区进行 3(记忆类别: 相继记住/相继启动/相继忘记)×3(电极)的重复测量方差分析, 主要报告与记忆类别有关的主效应及交互效应。

结果表明: (1)前额区: 在所有时间段均未发现记忆类别的效应。(2)额区: 只在 400~500 ms 发现记忆类别主效应, $F(2,28) = 6.09$, $p = 0.006$, 差异主要表现在相继启动与相继忘记项目之间($p = 0.006$), 启动诱发的 ERP 要比忘记更为负走向。(3)中央区: 只在 400~500 ms 发现记忆类别主效应, $F(2,28) = 5.06$, $p = 0.016$, 差异主要表现在启动与忘记项目之间($p = 0.011$), 启动诱发的 ERP 要比忘记更为负走向。(4)顶区: 400 ms 开始的每个时间段都发现显著的记忆类别主效应(400~500 ms: $F(2,28) = 5.30$, $p = 0.014$; 500~600 ms: $F(2,28) = 5.32$, $p = 0.018$; 600~800 ms: $F(2,28) = 5.02$, $p = 0.018$; 800~1000 ms: $F(2,28) = 5.25$, $p = 0.016$), 其多重比较表明, 差异主要存在于相继记住与相继启动项目之间(400~500 ms: $p = 0.032$; 500~600 ms: $p = 0.051$; 600~800 ms: $p = 0.040$; 800~1000 ms: $p = 0.014$), 表现为相继记住诱发的 ERP 要比相继启动更为正走向。而相继记住与忘记只在 500~600 ms 存在着差异($p = 0.028$), 表现为相继记住诱发的 ERP 要比相继忘记更为正走向。此外, 在 500~600 ms 处还存在着记忆类型和电极的交互作用, 简单效应表明, 这一时间都表现出记忆类型之间的差异, 但左侧电极的差异明显大于中线和右侧电极。(5)枕区: 在所有时间段均未发现记忆类别的效应。

如前所述, 外显记忆 Dm 效应以相继记住和相继启动之间的 ERP 差异为代表, 而内隐记忆 Dm 效应以相继启动和相继忘记之间的 ERP 差异为代表, 其统计结果表明, 二者在时空特征和差异走向上都存在着明显的差异, 面孔内隐记忆主要表现在 400~500 ms 额中央区, 相继启动诱发的 ERP 要比相

继忘记更为负走向, 即负走向的 Dm 效应(见图 4 左), 而面孔外显记忆主要表现在从 400 ms 开始的顶区, 相继记住诱发的 ERP 要比相继启动更为正走向, 即正走向的 Dm 效应(见图 4 右)。

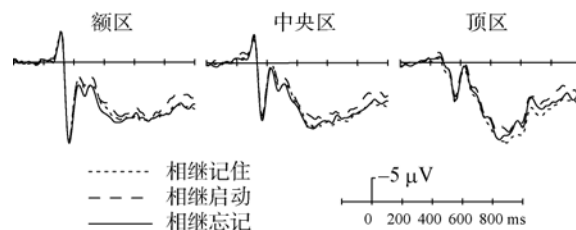


图 3 三类刺激在编码阶段的 ERPs 比较

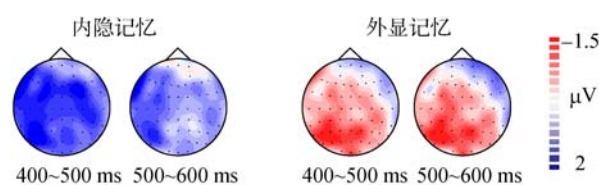


图 4 内隐记忆与外显记忆的 Dm 效应地形图比较

4 讨论与结论

在本实验中, 内隐记忆主要表现为 400~500 ms 额中央区负走向的 Dm 效应, 即相继启动诱发的 ERP 要比相继忘记更为负走向。与内隐记忆关联的负走向 Dm 效应在以往研究中较少发现, 如前所述, 主要在于以往研究较多采用间接测验, 以相继启动与未启动之间的 ERP 差异来代表内隐记忆。由于非随意的内隐记忆经常在内隐测验中发生(Curran, 1999; 孟迎芳, 郭春彦, 2007), 很可能与非随意外显记忆关联的正走向的 Dm 效应减弱或抵消了与启动关联的负走向 Dm 效应。与这个推理一致, 只有少数实验中发现明显的启动 Dm 效应, 并且这些效应都是正走向而非负走向(Friedman et al., 1996), 它们可能反映了外显记忆的编码加工而非启动。而以往通过两阶段测验程序在单一测验中同时获得外显记忆及不带任何提取意识的内隐记忆的相关实验中, 都发现了与内隐记忆相关联的负走向 Dm 效应(Schott et al., 2002; 孟迎芳, 2012)。此外, Voss 和 Paller (2009)采用类似程序在提取阶段也发现与内隐记忆关联的额区负电位, 表现在刺激后 200~400 ms, 而外显记忆表现为 600~900 ms 在后部脑区达到最大值的正电位, 其结果与本实验在编码过程中发现的 Dm 效应差异极为相似。因此我们推测, 负走向的 Dm 效应可能是内隐记忆形成时大

脑活动的特异性反映。

与之前研究类似,在该实验中我们也获得了与外显记忆关联的正走向 Dm 效应,从刺激后 400 ms 开始,主要在后部顶区,相继记得面孔在学习阶段诱发的 ERP 要比相继启动面孔更为正走向(也见 Guo et al., 2005; 彭小虎, 罗跃嘉, 卫星, 王国锋, 魏景汉, 2003)。前人研究曾描述了面孔再认的认知心理学模型(Burton, Bruce, & Hancock, 1999),该模型认为,成功的面孔再认包含几个不同的阶段,首先为知觉加工阶段,包括对面孔视觉特征进行初步编码,随后产生对面孔结构等的整体表征。当这些知觉表征与该面孔已储存的知觉特征成功匹配时,就产生了再认。随后,进一步从长时记忆中提取出相关的语义和情节信息。但该模型主要针对熟悉面孔,且未对面孔形成记忆时的加工过程进行描述。Moscovitch 在 1992 年曾提出编码加工的两阶段神经生理学模型,认为信息在形成记忆的过程中受到两个主要成分的调节:额叶系统和内侧颞叶-海马系统。额叶皮层首先对输入的信息进行精加工,之后内侧颞叶-海马系统自动登记呈现给它的信息,进行信息融合,以形成长期记忆(也见 Buckner, Koutstaal, Schacter, & Rosen, 2000)。随后研究也发现,外显记忆的 Dm 效应大致都集中在额区和中央顶区,其中额区的 Dm 效应出现时间较早,而顶区的 Dm 效应出现较晚(屈南, 郭春彦, 聂爱情, 丁锦红, 2004; 也见秦绍正, 韩布新, 罗劲, 2007)。研究者认为,前者对应由前额皮层引发的神经活动,后者对应内侧颞叶区域的神经活动(Uncapher & Wagner, 2009)。根据这些推论,本实验中所获得的从 400 ms 开始顶区正走向的 Dm 效应应该反映了记忆系统对加工后信息的自动登记过程,是产生有意识记忆时大脑活动的特异性反映。

与之前研究不同,我们在额区没有发现外显记忆明显的 Dm 效应。对此,我们认为可能源于比较的不同。以往研究中多以随后提取成功与提取失败在编码过程的差异来分析外显记忆的 Dm 效应,而在当前研究中,我们以相继记住和相继启动之间的差异来进行分析。为了验证我们的推测,我们单独对相继记住和相继忘记项目之间的差异进行了类似的统计分析,其结果表明,二者的差异首先表现在 200~300 ms 的左前额区($F(1,14) = 4.68, p = 0.048$)以及 400~500 ms 的右额区($F(1,14) = 7.06, p = 0.019$),记住诱发的 ERP 要比忘记更为负走向,其次表现在 500~600 ms 的顶区和枕区(顶区: $F(2,28)$

$= 9.05, p = 0.009$; 枕区: $F(2,28) = 7.81, p = 0.014$),但与之前时间段的差异相反,即记住诱发的 ERP 要比忘记更为正走向。可见在该实验中也存在着与以往研究类似的额区 Dm 效应,但在差异方向上与之前研究相反,且与实验中获得的内隐记忆 Dm 效应有着很大的相似性。

类似的负走向 Dm 效应在内隐与外显记忆之间的重叠现象在 Schott 等(2002)以及孟迎芳(2012)的研究中也都有发现,并且在时间上都要早于与外显记忆关联的正走向 Dm 效应,那么二者之间存在着怎样的关系呢?虽然以往研究多集中在内隐和外显记忆的分离现象上,但近年来关于二者神经机制的重叠现象也倍受关注,认为内隐与外显提取过程可能依赖于相同的神经机制(Dew & Cabeza, 2011),如 Turk-Browne, Yi 和 Chun (2006)采用相继记忆范式,先让被试对风景图片进行一个连续的“户内/户外”判断任务,其中部分图片重复出现,任务结束后进行一个之前未告知的再认测验,并根据再认结果对之前内隐判断任务中的项目进行记住和忘记的分类。结果发现,内隐记忆的神经关联受到相继记忆的调节,随后记住的图片比随后忘记的图片有着更大的行为启动和神经衰减。由此 Turk-Browne 等提出,内隐记忆和外显记忆依赖于类似的知觉加工和表征。因此,我们认为,早期额区负走向的 Dm 效应可能为内隐和外显记忆形成过程中共有的认知加工过程,结合 Moscovitch 的编码加工两阶段神经生理学模型,我们推测,它可能反映了额叶皮层对信息的精加工过程,这一过程对随后产生内隐和外显记忆都是必需的。

综合上述分析,我们推论,在对面孔形成记忆的过程中也经历了几个不同的认知加工阶段,首先大脑会对特定于面孔的知觉特征进行初步的加工(如 N170),之后额叶皮层对这些视觉信息进行进一步的精加工,以形成相应的知觉表征,最后内侧颞叶-海马系统登记这些信息,以形成长期记忆,因此只有经过额叶加工并随后被内侧颞叶自动登记的信息,在测验中才能被有意识地提取出来,而未进入内侧颞叶登记系统的信息在随后测验中不可能产生有意识地记忆提取现象,但储存的知觉表征可能触发微弱的记忆痕迹,从而产生了内隐面孔记忆。

参 考 文 献

- Bauer, R. M. (1984). Autonomic recognition of names and faces in prosopagnosia: A neuropsychological application

- of the guilty knowledge test. *Neuropsychologia*, 22, 457–69.
- Begleiter, H., Porjesz, B., & Wang, W. (1995). Event-related brain potentials differentiate priming and recognition to familiar and unfamiliar faces. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 94, 41–49.
- Bentin, S., & Deouell, L. Y. (2000). Structural encoding and identification in face processing: ERP evidence for separate mechanisms. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 35–54.
- Boehm, S. G., Sommer, W., & Lueschow, A. (2005). Correlates of implicit memory for words and faces in event-related brain potentials. *International Journal of Psychophysiology*, 55, 95–112.
- Buckner, R. L., Koutstaal W., Schacter, A. L., & Rosen, B. R. (2000). Functional MRI evidence for a role of frontal and inferior temporal cortex in amodal components of priming. *Brain*, 123, 620–640.
- Burton, A. M., Bruce, V., & Hancock, P. J. B. (1999). From pixels to people: A model of familiar face recognition. *Cognitive Science*, 23, 1–31.
- Curran, T. (1999). The electrophysiology of incidental and intentional retrieval: ERP old/new effects in lexical decision and recognition memory. *Neuropsychologia*, 37, 771–785.
- Dew, I. T. Z., & Cabeza, R. (2011). The porous boundaries between explicit and implicit memory: Behavioral and neural evidence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1224, 174–190.
- Duarte, A., Ranganath, C., Winward, L., Hayward, D., & Knight, R. T. (2004). Dissociable neural correlates for familiarity and recollection during the encoding and retrieval of pictures. *Cognitive Brain Research*, 18, 255–272.
- Eimer, M. (2000). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clinical Neurophysiology*, 111, 694–705.
- Eimer, M., Gosling, A., & Duchaine, B. (2012). Electrophysiological markers of covert face recognition in developmental prosopagnosia. *Brain*, 135, 542–554.
- Friedman, D., Ritter, W., & Snodgrass, J. G. (1996). ERPs during study as a function of subsequent direct and indirect memory testing in young and old adults. *Cognitive Brain Research*, 4, 1–16.
- Gosling, A., & Eimer, M. (2011). An event-related brain potential study of explicit face recognition. *Neuropsychologia*, 49, 2736–2745.
- Guo, C. Y., Voss, J. L., & Paller, K. A. (2005). Electrophysiological correlates of forming memories for faces, names, and face-name associations. *Cognitive Brain Research*, 22, 153–164.
- Guo, C. Y., Zhu, Y., Ding, J. H., & Fan, S. L. (2004). An event-related potential study on the relationship between encoding and stimulus distinctiveness. *Acta Psychologica Sinica*, 36(4), 455–463.
- [郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆. (2004). 记忆编码与特异性效应之间关系的ERP研究. *心理学报*, 36(4), 455–463.]
- Hertz, S., Porjesz, B., Begleiter, H., & Chorlian, D. (1994). Event-related potentials to faces: The effects of priming and recognition. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 92, 342–351.
- Meng, Y. F., & Guo, C. Y. (2006). Dissociations between implicit and explicit memory: An ERP study of face recognition. *Acta Psychologica Sinica*, 38(1), 15–21.
- [孟迎芳, 郭春彦. (2006). 内隐记忆和外显记忆的脑机制分离: 面孔再认的ERP研究. *心理学报*, 38(1), 15–21.]
- Meng, Y. F., & Guo, C. Y. (2007). ERP dissociation and connection between implicit and explicit memory. *Chinese Science Bulletin*, 52(21), 2945–2953.
- [孟迎芳, 郭春彦. (2007). 内隐记忆和外显记忆的ERP分离与联系. *科学通报*, 52(17), 2021–2028.]
- Meng, Y. F. (2012). ERP dissociation and connection between implicit and explicit memory at encoding. *Acta Psychologica Sinica*, 44(1), 30–39.
- [孟迎芳. (2012). 内隐记忆和外显记忆编码阶段脑机制的重叠与分离. *心理学报*, 44(1), 30–39.]
- Moscovitch, M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 257–267.
- Paller, K. A. (1990). Recall and stem-completion priming have different electrophysiological correlates and are modified differentially by directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16(6), 1021–1032.
- Paller, K. A., Kutas, M., & Maye, A. R. (1987). Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67, 360–371.
- Paller, K. A., McCarthy, G., & Wood, C. C. (1988). ERPs predictive of subsequent recall and recognition performance. *Biological Psychology*, 26, 269–276.
- Peng, X. H., Luo, Y. J., Wei, X., Wang, G. F., & Wei, J. H. (2003). The mechanism of other race effect between eastern and western faces revealed by electrophysiology study. *Acta Psychologica Sinica*, 35(1), 50–55.
- [彭小虎, 罗跃嘉, 卫星, 王国锋, 魏景汉. (2003). 东西面孔异族效应机理的电生理学证据. *心理学报*, 35(1), 50–55.]
- Qin, S. Z., Han, B. X., & Luo, J. (2007). The neural mechanisms underlying successfully encoding episodic memories: Evidence from the subsequent memory paradigm. *Advances in Psychological Science*, 15(3), 401–408.
- [秦绍正, 韩布新, 罗劲. (2007). 相继记忆模式: 展现情节记忆形成脑机制的窗口. *心理科学进展*, 15(3), 401–408.]
- Qu, N., Guo, C. Y., Nie, A. Q., & Ding J. H. (2005). The influence of retrieval format on subsequent memory effect. *Acta Psychologica Sinica*, 37(1), 26–33.
- [屈南, 郭春彦, 聂爱情, 丁锦红. (2005). 提取方式对相继记忆效应的影响. *心理学报*, 37(1), 26–33.]
- Rivolta, D., Palermo, R., Schmalzl, L., & Coltheart M. (2012). Covert face recognition in congenital prosopagnosia: A group study. *Cortex*, 48, 344–352.
- Roediger, H. L. III, Gallo, D. A., & Geraci, L. (2002). Processing approaches to cognition: The impetus from the levels-of-processing framework. *Memory*, 10, 319–332.
- Schott, B. H., Richardson-Klavehn, A., Heinze, H. J., & Düzel, E. (2002). Perceptual priming versus explicit memory: Dissociable neural correlates at encoding. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(4), 578–592.
- Schweinberger, S. R., Huddy, V., & Burton, A. M. (2004). N250r II: A face-selective brain response to stimulus repetitions. *NeuroReport*, 15, 1501–1505.
- Schweinberger, S. R., & Burton, A. M. (2003). Covert recognition and the neural system for face processing.

- Cortex*, 39, 9–30.
- Schweinberger, S. R., Pfütz, E. M., & Sommer, W. (1995). Repetition priming and associative priming of face recognition: Evidence from event-related potentials. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 722–736.
- Striener, C., Gingerich, T., Striener, D., & Dixon, M. (2009). Covert face priming reveals a ‘True Face Effect’ in a case of Congenital Prosopagnosia. *Neurocase*, 15, 509–514.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352–373.
- Turk-Browne, N. B., Yi, D. J., & Chun, M. M. (2006). Linking implicit and explicit memory: Common encoding factors and shared representations. *Neuron*, 49, 917–927.
- Uncapher, M. R., Wagner, A. D. (2009). Posterior parietal cortex and episodic encoding: Insights from fMRI subsequent memory effects and dual-attention theory. *Neurobiology Learning Memory*, 91, 139–154.
- Voss, J. L., Baym, C. L., & Paller, K. A. (2008). Accurate forced-choice recognition without awareness of memory retrieval. *Learning & Memory*, 15, 454–459.
- Voss, J. L., & Paller, K. A. (2008). Brain substrates of implicit and explicit memory: The importance of concurrently acquired neural signals of both memory types. *Neuropsychologia*, 46, 3021–3029.
- Voss, J. L., & Paller, K. A. (2009). An electrophysiological signature of unconscious recognition memory. *Nature Neuroscience*, 12, 349–355.
- Young, A. W., Hellawell, D., & De Hann, E. H. F. (1988). Cross-domain semantic priming in normal subjects and a prosopagnosic patient. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 40, 561–580.

Neural Correlates at Encoding of Covert Face Recognition

MENG Yingfang

(Department of Psychology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract

In everyday life, we encounter familiar and unfamiliar faces in many different environments. Many studies have demonstrated that face recognition is in fact a complex cognitive achievement. Although prosopagnosic individuals are severely impaired with explicit recognition of familiar faces, there have had substantial physiological and behavioral evidences for “covert face recognition”. Many evidences from event-related potential (ERP) investigations of brain activity with healthy participants have confirmed that covert face recognition and overt recognition have different neural bases at retrieval. But at encoding, the neural distinction between covert and overt face-related encoding processes is unknown. A powerful method of examining the neural basis of encoding is to measure neural activity during the study phase of an experiment and then to sort out these measurements according to subsequent memory test performance. ERP experiments employing intentional tests have typically shown positive deflection of waveforms recorded during study of faces that are subsequently recognized, comparing with waveforms recorded during study of faces that are subsequently unrecognized. The deflection is called “difference due to later memory” (DM) effect. However, DM effects for covert recognition in incidental tests have not been consistently observed, owing to methodological ambiguities in prior studies which often compared incidental tests with intentional tests. In fact, brain activity in one test can reflect not only covert but also overt recognition. So it is important to distinguish covert and overt recognition for specific episodes in one test.

An experiment was conducted with subsequent memory paradigm and novel faces as stimuli. ERPs were recorded while participants were studying visually presented faces. The ERPs were sorted by whether or not participants would later recognized the studied face in a forced-choice recognition where two faces (one studied and one new) were presented concurrently, and by whether or not they would indicated that the choice was remembered from the study list. If they could not choose a studied face, subjects were encouraged to guess. Study trials from which the studied faces were later selected and remembered (remembered trials) were compared with those from which the studied faces were later selected and not remembered (primed trials), in

order to measure the ERP difference (Dm effect) associated with later overt recognition. Primed trials were compared with study trials from which the studied faces were later not selected (forgotten trials), in order to measure Dm effect associated with later covert recognition.

The results showed that comparing with forgotten trials, primed faces were associated with more negative waveforms at study over the frontal-central electrodes during 400~500 ms. This negative-going Dm effect was distinct from the positive-going Dm effect associated with later overt recognition by virtue of its polarity and topography, that is, comparing with the primed trials, remembered trials were associated with more positive waveforms at study over the parietal electrodes starting 400ms after face onset. We suggested that the negative-going Dm effect over the frontal-central electrodes could index the elaborated processing of encoding information into the perceptual representation system, and the positive-going Dm effect over the parietal electrodes could index the processing of encoding information into the episodic memory system. So only the stimuli which were encoded into the episodic memory system could be retrieved consciously during a later test. If the stimuli were not encoded into the episodic memory system, rather, they were encoded into the perceptual representation system by the elaborated processing, then minimal activation of corresponding memory traces would be triggered during tests, which could give rise to covert recognition.

Key words covert face recognition; encoding; Dm effect