

内隐与外显记忆编码阶段脑机制的重叠与分离*

孟迎芳

(福建师范大学心理系, 福州 350007)

摘要 记忆包括编码和提取两个重要阶段, 以往研究多关注内隐和外显记忆在提取阶段的脑机制分离, 那二者在编码阶段的脑机制是否不同? 为探讨这个问题, 该实验采用两阶段的迫选再认方式, 把学习项目区分成三类: 随后被选择且告知为见过的项目(记住), 随后被选择但告知为猜测的项目(启动)以及随后未被选择的项目(忘记)。结果表明, 从 200 ms 开始的颞区负走向 Dm 效应为内隐记忆(启动 vs 忘记)所特有, 反映了对刺激的知觉加工过程, 400~500 ms 前额区正走向的 Dm 效应为外显记忆(记住 vs 忘记)所特有, 反映了对刺激的精细加工过程, 而 200~300 ms 中央区及 600 ms 开始的顶区负走向的 Dm 效应为两种记忆类型所共有, 它们分别反映了对刺激的注意状态以及把编码后的刺激信息登记进相应记忆系统的过程。因此, 内隐记忆与外显记忆在编码阶段的脑机制既存在着分离, 也存在着重叠的现象。

关键词 内隐记忆; 外显记忆; 编码; Dm 效应

分类号 B842

1 前言

人们能够记住一些自身所经历的经验事件并将其保持于长时记忆(如情节记忆)中, 也会遗忘另一些经验事件。对此的区分, 主要是通过直接的测验形式, 要求被试参照具体的学习情境将所识记的内容有意识地、明确无误地提取出来, 这时所测得的记忆称为外显记忆(explicit memory), 而无法提取的信息即表现为记忆遗忘。然而, 人们对经历过的经验事件不一定都能明确地意识到, 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, 研究者们把这种记忆称为内隐记忆(implicit memory)。大量的实验研究证实, 这种记忆与传统的、需要有意识回忆的外显记忆是分离的, 它们依赖于不同的记忆系统(孟迎芳, 郭春彦, 2006a; 也见孟迎芳, 郭春彦, 2006b)。可见, 人类记忆具有相当复杂的认知功能, 可表现出多种类型。但以往对记忆的描述多是针对个体在信息提取时的心理经验, 而与此相关但更为

关键的问题是: 形成记忆时, 大脑进行了什么样的加工活动?

编码和提取是记忆的两个重要加工阶段, 编码是指对信息最初的加工, 它产生记忆痕迹。提取是指对过去编码信息的重复激活或印迹激活。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), 迁移合适加工观点(Roediger, Gallo, & Geraci, 2002)等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。按照这些理论, 我们可以认为, 不同的记忆提取过程对应着不同的记忆编码加工, 即随后能被个体有意识提取出的刺激(“外显记住项目”), 随后个体虽然不能进行有意识提取, 但却对个体当前的任务操作产生了无意识影响的刺激(“内隐记住项目”)以及随后完全被个体遗忘的刺激(“遗忘项目”)三者编码阶段得到加工资源, 或者是其加工机制, 应该存在着一定的差异。

研究编码神经基质的一个典型范式是 Dm 范式, 即通过事件相关电位(ERP)技术记录学习阶段的神经成像活动, 然后根据随后的记忆测验结果来分类

收稿日期: 2011-02-22

* 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)资助。

通讯作者: 孟迎芳, E-mail: 175695016@qq.com

学习阶段的这些记录, 并进行相应的比较。采用 Dm 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波幅比随后遗忘的项目记录到的波幅更为正偏斜(Paller, McCarthy, & Wood, 1988; 郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆, 2004)。Paller 把这种差异称为“Dm 效应(Differences based on subsequent memory performance)”。但对“内隐记住”与“遗忘”之间的 Dm 效应研究不多, 且所得结果也不一致(Paller, Kutas, & Maye, 1987; Paller, 1990; Friedman, Ritter, & Snodgrass, 1996)。同时在一个研究中对三者之间的差异比较就更少了。究其原因, 主要在于如何在一个测验中同时获得不同的记忆类型, 即如何在完全相同的实验条件下同时获得外显记忆以及完全不带外显记忆特征的“内隐记忆”。

Schott 等(Schott, Richardson-Klavehn, Heinze, & Düzel, 2002; Schott, Henson et al., 2005; Schott et al., 2006)首创了一种两阶段的测验范式, 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, 要求被试先用学习过的词来完成词干, 如果不行, 就用想到的第一个词来完成词干, 补笔完成后判断该词是否来自学习阶段。根据被试的补笔情况及随后的判断情况对学习阶段的神经关联进行分类。用学习过的词完成了补笔, 但随后却判断该词不是来自学习阶段, 该词干所对应的学习词为内隐记住项目; 用学习过的词来补笔, 同时也判断该词来自学习系列, 该词所对应的学习词为外显记住项目; 用未学习过的词完成词干补笔, 同时也判断为不是来自学习系列, 那么这些词干所对应的学习词为忘记项目。Schott 等把内隐记住项目与忘记项目的差异定义为内隐记忆, 把外显记忆项目与忘记项目的差异定义为外显记忆, 结果发现内隐记忆与外显记忆在编码过程中表现出不同的神经关联, 如内隐记忆表现为 200~450 ms 中央顶区负走向的 Dm 效应, 而外显记忆表现为 600~800ms 中央区以及 900~1200 ms 右额区正走向的 Dm 效应, 其 fMRI 数据表明, 预测随后外显记忆的神经关联表现在双内侧颞叶和左前额皮层的激活增强, 而预测随后知觉启动的神经关联表现在双侧纹外皮层, 左梭状回和双侧下前额皮层的反应减少。随后 Wimber, Heinze 和 Richardson-Klavehn (2010)也采用两阶段的测验方式, 通过快速的知觉识别与再认相结合的方式区分出随后记住(识别出且再认为旧)、随后启动(识别出

但再认为新)和随后未识别(不能识别或识别错误)项目, 结果发现编码过程中不同的额顶皮层网络预测着随后的内隐和外显记忆, 外显记忆主要表现在背侧后顶区和腹外侧前额皮层的激活, 而内隐记忆则表现在腹侧后顶皮层以及背外侧前额皮层与内侧额区的激活。虽然上述的研究结果并不完全一致, 但它们都反映出内隐与外显记忆在编码过程的神经分离现象。

上述研究均集中于内隐记忆与外显记忆编码机制的分离现象, 认为编码进知觉表征系统与编码进情节记忆系统的认知加工过程是相互分离的。如 Wimber 等(2010)研究中, 腹侧后顶皮层在内隐与外显记忆中表现出完全不同的模式, 即在外显记忆中, 该区域表现出负向的相继记忆效应, 而在内隐记忆中表现为正向的相继记忆效应, 表现出一种完全质的分离, Wimber 等认为, 该区域的激活反映了对刺激知觉特征的选择性注意, 这种选择性注意有助于随后的知觉启动, 但对再认记忆却有着破坏作用。但也有研究表明, 对刺激知觉特征的编码将有助于随后的再认记忆。如 Turk-Browne, Yi 和 Chun (2006)也采用 Dm 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。Turk-Browne 等认为, 内隐和外显记忆依赖于类似的知觉加工和表征。而在 Schott 等(2002)的研究结果中也可以发现, 早期(200~450ms)的负走向 Dm 效应在内隐记忆和外显记忆中有着一定的类似性, 虽然 Schott 对此并未做任何解释。此外, 从提取阶段的相关研究来看, 虽然内隐和外显记忆的分离现象得到较多的证实, 但近年来关于二者神经机制的重叠现象也受到了较多的关注, 认为内隐和外显记忆既有着独立的成分, 也包含着重叠的加工过程(孟迎芳, 郭春彦, 2007)。那么知觉加工在内隐和外显记忆的形成过程中是相同的, 还是完全分离的呢? 预测随后知觉启动的神经活动与预测随后再认记忆的神经活动是否不同?

为此, 我们也采用 Schott 等(2002)的两阶段测验范式, 希望在一个测验中同时获得内隐和外显记忆, 并对其编码阶段的神经关联进行比较, 以期对上述问题进行探查。但在 Schott 研究中也发现, 其

使用的词干补笔测验会受到学习词的长度及词干可补笔的数量的影响(Schott et al., 2006), 为此, 我们希望找到另一种更有效的测验方式。另外, 研究者也开始不提倡单单根据测验模式来定义内隐和外显记忆, 因为外显或内隐记忆测验并不是某种记忆类型的“纯”测验, 任何一个记忆测验中, 内隐和外显记忆都会同时对个体的行为产生作用, 因此, “外显记忆”可定义为支持伴随着有意识提取的记忆现象的认知神经加工过程, 在遗忘症中一般已被破坏, 类似的, “内隐记忆”可定义为支持没有有意识提取的记忆的认知神经加工过程, 如启动效应, 在遗忘症中一般显示为保存状态(Voss & Paller, 2008), 它们会同时存在于任何一个测验中。问题的关键是如何通过有效的实验程序在单一测验中分离出内隐和外显记忆过程及其神经关联。Rugg 等在 1998 年曾通过再认测验, 第一次在单一测验中分离出内隐和外显记忆的神经关联。在其实验中, Rugg 等把再认出旧词与新词的 ERP 差异定义为外显记忆的神经关联, 而把未再认出旧词与新词的 ERP 差异定义为内隐记忆的神经关联。但我们认为, 未再认出旧词与新词的 ERP 差异不能与内隐记忆划上有效的等号, 因为它缺乏有效的行为指标, 即无法说明未再认出的刺激能够对当前任务的操作产生影响, 可能在未再认出的刺激中, 有一部分甚至已被完全遗忘, 未产生任何记忆现象, 这部分刺激与能产生启动效应的刺激引起的提取加工应该存在着差异, 同时它们在编码阶段所得到的加工也可能是不一样的, 但 Rugg 等并未探讨编码加工。那么如何通过有效的控制可将被试未再认出的刺激进一步进行划分, 从而获得不同的记忆类型, 并比较其编码加工机制呢?

已有研究表明, 再认测验中包含了两种认知加工过程: 由重复导致的知觉流畅性以及対先前学习信息的有意识提取, 而前者也被认为是调节知觉启动的认知机制(Yonelinas, 2002; 孟迎芳, 郭春彦, 2007; Voss, Baym, & Paller, 2008)。虽然标准的再认(yes/no)测验中, 知觉流畅性并不足以产生正确的再认行为(Conroy, Hopkins, & Squire, 2005), 也无法将之区分出来, 但通过迫选再认的方式可以产生不带记忆提取意识的内隐记忆过程(Voss, Baym, et al., 2008; Voss & Paller, 2009), 例如 Voss, Baym 等人(2008)让被试学习无意义的万花筒刺激, 之后进行二选一的迫选再认测验, 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, 只是迫于任务的要求进行了选择。高自信度和低自信度都意味着被试有主动的外显记忆, 而猜测意味着外显记忆是完全缺失的。结果发现, 猜测选择出的刺激有着极高的再认正确率, 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, 但被试并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, 即相关信息尽管人们在直接的记忆测验中无法提取, 甚至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任务的操作。Westerberg 等(2006)使用有意义的图片刺激对记忆障碍病人的研究也发现, 病人在迫选测验中表现出保持的再认行为。因此我们认为, 迫选再认的方式能够区分出外显记忆和不带提取意识的内隐启动行为, 同时与 Schott 等采用的词干补笔测验相比, 快速的迫选再认测验有着严格的指导语, 行为目标明确, 反应选择有限, 因此被试在如何完成任务上没有太多的自由(Buchner & Wippich, 2000), 基于上述考虑, 我们选择迫选再认测验来代替 Schott 实验中的词干补笔测验, 通过两阶段的范式获得不同的记忆类型。在测验中出现两个词(其中一个为学习过, 但只告知被试可能有, 也可能没有学过的词), 让被试从中选择一个见过的词, 如果两个都是被试未曾见过的, 也必须从中猜测出一个。迫选再认结束后再次按键说明刚才所选择的词是真实见过的, 还是猜测的。根据两次判断的结果对刺激进行分类, 选择了旧项目并告知是真实见过的定义为外显记忆项目; 选择了旧项目却告知是猜测的定义为内隐记忆项目, 即这些项目被试已不能进行有意识提取, 但其在学习阶段产生的知觉流畅性(或熟悉性)对被试当前的任务操作产生了影响, 从而产生了不带外显记忆的知觉启动; 选择了新项目且告知为猜测的, 其对应的旧项目定义为忘记项目; 选择了新项目且告知为见过的, 其对应的旧项目定义为虚报项目。

在分析过程中, 我们把启动项目与忘记项目在学习阶段的差异作为内隐记忆的 Dm 效应, 把记住项目与忘记项目的差异作为外显记忆的 Dm 效应。由于 ERP 技术有着高时间分辨率, 适于研究同认知处理相关脑活动的时间过程, 有助于评价在不同时间进程中内隐记忆和外显记忆的关系。如孟迎芳等(2007)对提取过程中内隐与外显记忆的 ERP 分析

中发现, 内隐记忆和外显记忆早期(300~500ms)的 ERP 成分是共同的, 代表着相同的知觉表征系统的操作; 而晚期(500~700ms)的 ERP 成分在功能上是相互分离的, 可能分别反映了主动的和被动的回忆加工。那么两者的 Dm 效应是否也存在着类似的重叠与分离的现象? 这是我们关注的问题。

2 研究方法

2.1 被试

共 17 名大学生被试, 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, 实验结束后付给被试报酬。

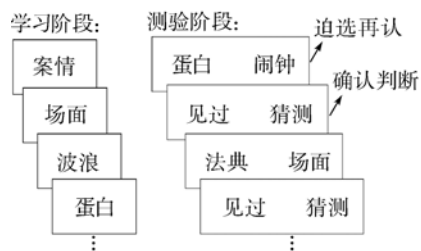
2.2 材料

低频汉语双字词 480 个, 选自北京语言学院语言教学研究所编著的《现代汉语频率词典》(1986 年出版), 词频为 2.3~9.9/百万, 平均词频 4.162/百万, 所有词的意义趋向于中性化。把双字词对等地分 4 组, 每组 120 个词, 它们在词频、笔划、读音、结构等方面基本取得平衡, 其中 2 组用于学习阶段呈现, 2 组作为测验阶段的新词, 与学习阶段呈现过的旧词配对呈现。在学习阶段中, 屏幕中央呈现一个 10.58 cm × 7.06 cm 的白色方框, 单个双字词位于方框中央呈现, 字体大小为 60, 字体颜色每组内一半为红色, 一半为蓝色。在测验阶段, 屏幕中央呈现一个 19.05 cm × 7.06 cm 的白色方框, 旧词与新词配对同时呈现在方框左右两边, 字体

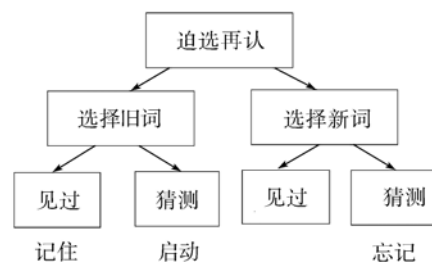
大小为 60, 字体颜色均为黑色, 两个词中间间隔约为 1 cm。

2.3 实验程序

被试坐在隔音室内的沙发里, 要求注视计算机屏幕中央的注视点。显示器背景为黑色, 距离被试 80 cm。实验共 2 组, 每组包括三个阶段: (1)学习阶段: 被试对词进行颜色判断, 红色按左键, 蓝色按右键。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 分钟的倒减 3 运算, 要求大声报告出来。(3)迫选再认阶段: 旧项目与新项目配对出现, 被试从中选择一个刚才见过的刺激, 如果两个刺激都没有见过, 也必须从中猜测出一个, 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按键的提示, 即确认刚才选择的刺激是在学习阶段见过的, 还是猜测的, 见过按左键, 猜测按右键。具体实验流程见图 1A。旧项目与新项目的位置在被试内进行平衡, 再次判断的左右按键在被试间进行平衡。在正式实验之前让被试练习, 熟悉程序, 练习的项目不进入正式实验。两组实验之间被试稍作休息。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 75Hz。



A 实验程序流程图



B 结果分析示意图

图 1 实验程序与结果分析示意图

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

0.05~100Hz, A/D 采样率为 1000Hz。脑电采集过程中所有电极与头皮接触电阻均小于 5kΩ。

2.5 数据分析

根据测验过程中两次选择的结果对学习阶段的刺激进行分类(如图 1B), 被试选择了旧词, 且随后告知见过的为外显记忆项目(记住); 选择了旧词但随后告知猜测的为内隐记忆项目(启动); 选择了

新词且随后告知猜测的,其对应的旧词为忘记项目(忘记);而选择了新词且随后告知为见过的这一部分因与研究目的无关,不作分析。

对学习阶段的脑电记录进行脱机叠加平均处理,分析窗口为-200~1200 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 $\pm 75 \mu V$ 。数据离线处理时转化为双侧乳突作参考。对记住、启动和忘记三类项目的 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

首先为了检验猜测是否能够提高被试的再认准确率,我们先对被试猜测的结果进行分析。被试在迫选再认中通过猜测选择的项目(包括启动和忘记项目)占 44.8%,而在这些项目中,其旧词的再认准确率达到 52.23% (即启动/猜测总数),为了检验被试猜测的结果中新旧项目是否随机分配,我们进行了单一样本 t 检验,结果表明,旧词的再认准确率显著高于随机水平 50%, $t(16)=2.33$, $p=0.033$,说明猜测在一定程度上提高了被试的再认准确率。另一方面,被试通过意识提取选择(即见过)的项目占 55.2%,而在这些项目中,其再认准确率达到 75.7% (即记住/意识提取总数)。另外,对测验阶段三种类型的反应时分析表明差异也是显著的, $F(2,32)=16.71$, $\epsilon=0.57$, $p<0.001$,主要表现为记住项目的反应时要明显快于启动和忘记项目(记住 vs 启动 $p=0.001$; 记住 vs 忘记 $p=0.004$),可见,被试对能够有意识提出的信息反应更快,这也进一步说明这些项目确实为被试所记住,而不是随机选择所得的结果。但在测验阶段没有发现启动和忘记项目的反应时差异。

表 1 各类项目的行为结果(括号内为标准误)

项目类别	平均数目(%)	反应时(ms)	
		学习阶段	迫选再认
记住	41.8	463(14.63)	1099(44.80)
启动	23.4	465(16.21)	1221(60.08)
忘记	21.4	486(19.76)	1217(63.16)

我们更关注的是,三类项目在学习阶段是否也存在着差异,特别是启动与忘记项目之间的比较。由于二者都是被试猜测的结果,前述分析已表明启

动项目的正确率要高于随机水平,如果启动与忘记项目在学习阶段的反应时也存在着差异,就可以进一步证实被试在测验阶段的猜测并不是在新旧项目之间随机进行的,而是启动项目在学习阶段产生的知觉流畅性提高了被试的再认准确率。对学习阶段反应时的单因素重复测量方差分析也发现明显的记忆类别效应, $F(2,32)=4.70$, $p=0.016$,多重比较表明,记住和启动都与忘记项目存在显著差异(记住 vs 忘记 $p=0.008$; 启动 vs 忘记 $p=0.039$),表现为随后忘记的项目在学习阶段的反应时要明显长于随后记住和启动的项目,结果证实了启动项目在学习阶段所获得的加工资源要比忘记项目更多,从而提高了被试的旧词击中率,虽然在测验中被试无法有意识地提取这些项目。但记住和启动在学习反应时上不存在差异,这可能是由于反应时的敏感性相对较低一些,无法区分出记住与启动之间的细微差异(Voss & Paller, 2008)。而 ERP 技术有着高时间分辨率,允许在缺乏行为反应的条件下,检测处理之间的差异,且已有证据表明,ERP 对于启动的测量是敏感的,它能区分出不带外显记忆的启动效应,因此我们进一步关注三种记忆类型的 ERP 结果。

3.2 ERP 结果

总体观察,学习阶段三类项目的 ERP 差异大约从刺激后 200 ms 开始。根据 Schott 等人研究,并结合当前的结果,我们从 200 ms 开始分析,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 200ms 为一分析时段。根据头皮分布与电极位置之间的关系,选取了 21 个代表电极,包括前额区(FP1、FPz、FP2)、额区(F3、Fz、F4)、中央区(C3、Cz、C4)、顶区(P3、Pz、P4)、枕区(O1、Oz、O2)、颞区(FT7、FT8、T7、T8、TP7、TP8)。对原始数据首先进行标准化处理(McCarthy & Wood, 1985),然后分时段分脑区对三类项目的 ERP 平均波幅进行 3(记忆类别:记住、启动、忘记) \times 3/6(电极)的重复测量方差分析。

结果表明,(1)前额区:只在 400~500 ms 发现记忆类别的主效应, $F(2,32)=4.74$, $p=0.045$,多重比较表明,只有记住和忘记之间存在着显著差异($p=0.025$),表现为记住诱发的 ERP 要比忘记更为正走向。(2)额区:在所有时间段均未发现记忆类别的效应。(3)中央区:在 200~300 ms 发现记忆类别主效应, $F(2,32)=5.36$, $p=0.010$,差异主要表现在启动与忘记项目($p=0.047$)、记住与忘记项目($p=0.045$)之间,启动和记住诱发的 ERP 都要比忘记更为负

走向。(4)顶区: 600 ms 开始的三个时间段都发现显著的记忆类别主效应(600~800 ms: $F(2,32)=3.490$, $p=0.043$; 800~1000 ms: $F(2,32)=3.69$, $p=0.042$; 1000~1200 ms: $F(2,32)=4.90$, $p=0.014$), 其多重比较表明, 差异主要存在于记住与忘记项目之间(600~800 ms: $p=0.055$; 800~1000 ms: $p=0.030$; 1000~1200 ms: $p=0.027$), 而启动与忘记之间也存在着临界的差异(600~800 ms: $p=0.081$; 1000~1200 ms: $p=0.057$), 其差异的趋势都表现为启动和记住诱发的 ERP 都要比忘记更为负走向, 但记住与启动之间没有差异。(5)枕区: 在所有时间段均未发现记忆类别的效应。(6)颞区: 从 200 ms 开始, 除了 500~600 ms 时间段没有发现记忆类别效应, 其它时间段都有明显的记忆类别主效应($p<0.05$), 其多重比较表明, 各个时间段中记忆类别的差异只存在于启动和忘记项目之间, 即启动诱发的 ERP 要比忘记更为负走向。

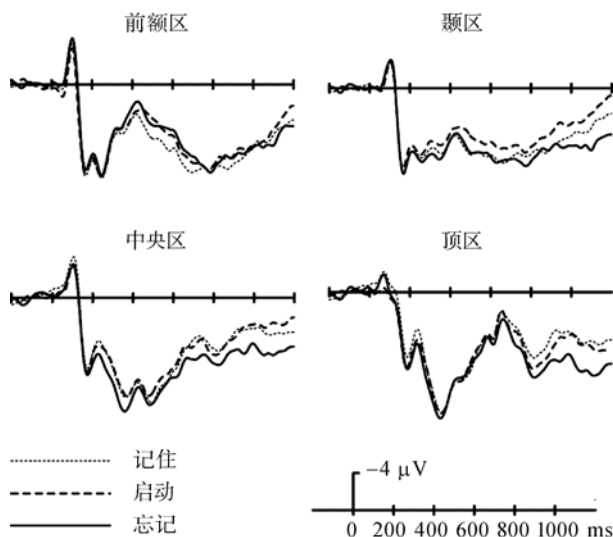


图2 三类项目在编码阶段的 ERPs 比较

综上所述, 通过迫选再认的方式, 我们在测验过程中区分出不同的记忆类型, 包括记住、启动和忘记, 然后比较它们在编码过程中加工机制的差异, 以记住和忘记的差异来代表外显记忆的 Dm 效应, 以启动和忘记的差异来代表内隐记忆的 Dm 效应, 结果发现明显的内隐记忆和外显记忆 Dm 效应, 但两类 Dm 效应在时间和脑区上既表现出差异, 也表现出一定程度的重叠: 外显记忆(即记住与忘记之间特有的差异)主要表现在 400~500 ms 前额区正走向的 Dm 效应, 内隐记忆(即启动与忘记之间特有的差异)主要表现在颞区从 200 ms 就开始的负走向 Dm 效应。而它们之间的重叠表现为内隐记忆和外显记忆在 200~300 ms 中央区, 以及 600 ms 之后的

顶区都表现出负走向的 Dm 效应。

4 讨论与结论

4.1 内隐记忆的 Dm 效应

我们的实验结果表明, 内隐记忆的 Dm 效应从 200 ms 开始, 随后启动诱发的 ERP 比忘记更为负走向, 且这种趋势在颞区表现最为明显, 一直持续到记录结束。此外, 在 200~300 ms 的中央区也发现了明显的内隐记忆 Dm 效应, 且与外显记忆存在着类似性。

与 Schott 研究结果(Schott et al., 2002)类似, 我们也发现了内隐记忆早期中央区负走向的 Dm 效应(200~300 ms)。那么早期这个负走向 Dm 效应是否特异于内隐记忆的编码加工呢? 有意思的是, 在 200~300 ms 我们也发现了外显记忆明显的 Dm 效应, 并且从波形图(图 2)和地形图(图 3)来看, 这一时间段内隐记忆与外显记忆的 Dm 效应极为相似。而我们在 Schott 研究中也发现了外显记忆类似的效应, 虽然在其研究中该效应未达到显著。以往研究也有发现外显记忆早期成分的 Dm 效应, 如郭春彦、朱滢、丁锦红和范思陆(2003)使用汉字刺激在 230~280 ms 的额区和额中央区发现 Dm 效应。研究者认为, 这种较早的 Dm 可能更多反映了“记住”与“遗忘”在注意或工作记忆上的差异(秦绍正, 韩布新, 罗劲, 2007)。而 Schott 等(2002)把这一效应与词的知觉和词汇加工联系起来, 因为在其研究中该效应表现的时间窗口(200~450 ms)与 N400 效应重叠。但在我们研究中, 这一效应只表现在 200~300 ms, 且学习任务(颜色判断)与词汇加工无直接联系, 同时由于这一效应在外显记忆和内隐记忆中均有发现, 且无太大差异, 因此我们认为不太可能反映词汇加工, 可能更多反映了在编码加工过程中对词给予的注意状态, 而这是保证该词在随后能进行提取(不论是内隐还是外显提取)的必要条件。

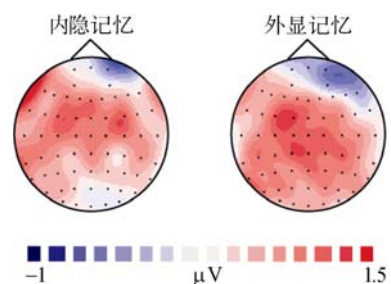


图3 内隐记忆与外显记忆在 200~300ms 的 Dm 效应地形图比较

已有研究表明,记忆失败主要源于编码过程中对该刺激缺少注意(DeCarlo, 2003)。虽然许多研究认为,只要加工过的信息,在记忆过程中都会留下痕迹(Parks & Yonelinas, 2009),产生随后在测验中的启动效应,如 Rugg 等(1998)发现在再认测验中,未再认出旧词的神经机制与新词存在着差异,并把这种 ERP 差异定义为内隐记忆的神经关联。但如前所述,在 Rugg 的研究中缺乏有效的行为指标,不能与内隐记忆划上有效的等号。而在我们实验中,通过迫选再认,把未正确再认的刺激又分成了两部分,一部分能够对当前任务产生影响,即被试选择了这些刺激,但却不能进行有意识提取(启动),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(忘记)。通过相应学习阶段的比较,我们发现,这两部分刺激不论在反应时还是在 ERP 结果上都存在着显著差异,可见对于随后能产生启动的项目,在编码阶段也需要获得一定的加工资源,并非是完全的自动加工。许多研究虽未直接监控编码过程中的认知变化,但他们均发现,在学习阶段未得到足够注意状态的刺激无法产生随后的知觉启动(Mulligan, 2002; 孟迎芳, 郭春彦, 2006a)。而我们的实验结果为启动和注意之间的关系提供了直接的证据。

另外,我们发现,内隐记忆的 Dm 效应在颞区表现得非常明显,从 200 ms 开始一直持续到 1200 ms,随后被启动刺激诱发的 ERP 比随后未被启动刺激诱发的 ERP 更为负走向,并且这一效应在外显记忆中没有发现。颞区负走向的 Dm 效应在以往研究中也发现,如 Mangels, Picton 和 Craik (2001)在该皮层区也发现从 200 ms 开始,随后提取的项目在编码阶段诱发的 ERP 比随后忘记项目更为负走向,且具有左侧化效应,在记得和知道(R/K)项目之间没有差异,但该研究未涉及到内隐记忆。而在我们实验中通过迫选的方式区分出外显记住项目和内隐记住项目,发现对随后启动的项目,刺激后 200 ms 就开始在颞区出现明显的负走向 Dm 效应,这与 Mangels 等人(2001)结果非常类似,但对随后记住的刺激在颞区几乎没有发现明显的 Dm 效应。此外,虽然 Schott 等(2002)的 ERP 研究中没有直接比较颞区的内隐记忆效应,但其采用相同范式的 fMRI 研究也发现,预测随后知觉启动的神经关联表现在双侧纹外皮层,但在外显记忆中没有发现类似的神经关联(Schott, et al., 2006)。可见,颞区负走向 Dm 效应应该与内隐记忆效应有着更紧密的联

系,这与以往内隐记忆的 PET 和 fMRI 研究结果也是一致的,即参与最初知觉加工(学习阶段)的一部分视觉皮层(枕颞皮层 occipitotemporal cortex)在重复(测验阶段)刺激加工过程中表现出衰减的活动,即与未启动词相比,启动词在枕颞皮层的激活水平更低(也见孟迎芳, 郭春彦, 2006b)。人们把这种枕颞皮层激活的衰减解释为启动的神经关联:反映了对被启动刺激较快的或“更有效的”加工(Henson, 2003)。因此我们认为,颞区负走向的 Dm 效应可能反映了被试对刺激的知觉加工过程,从而产生对该刺激的知觉流畅性,并调节着随后测验中对项目的知觉启动行为。

4.2 外显记忆的 Dm 效应

与内隐记忆相比,我们在实验中发现了一个在潜伏期和地形图上都存在显著差异的外显记忆 Dm 效应:400~500 ms 前额区正走向的 Dm 效应,以及一个与内隐记忆相比程度更大,从 600ms 开始,以顶区为主的负走向 Dm 效应,如图 4 所示。

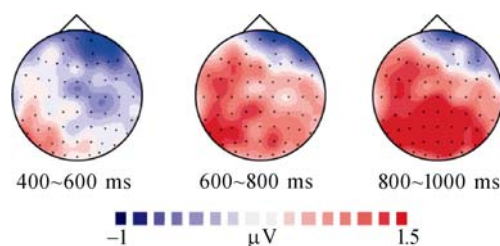


图 4 外显记忆 Dm 效应的地形图

早在 1992 年, Moscovitch 曾提出记忆的两阶段神经生理学模型,该模型认为,外显记忆测验中的行为受到两个主要成分的调节:额叶系统和内侧颞叶-海马系统。在编码中,额叶皮层首先对输入的信息进行精加工,之后内侧颞叶-海马系统自动地登记呈现给它的信息,进行信息融合,以形成长期记忆(Buckner, Koutstaal, Schacter, & Rosen, 2000)。而有关外显记忆的 Dm 效应研究也进一步证实了这个模型,虽然各个研究获得的 Dm 效应不尽相同,但总体而言,根据 ERPs 的头皮分布,大致可分成两类,一类是额叶最大,一类是中央顶区最大。前者对应由前额皮层(PFC)引发的神经活动,后者对应内侧颞叶(MTL)区域的神经活动。如屈南、郭春彦、聂爱情和丁锦红(2004)对图形再认的 ERP 研究发现,外显记忆在额区和顶区都表现出明显的 Dm 效应,且额区的 Dm 效应出现时间较早,但持续时间短;顶区 Dm 效应出现较晚, Dm 效应发展的

趋势随着时间的推移从前向后转移。这与我们当前的结果在时空上都有着较大的相似性,即我们也在前额皮层与顶区皮层发现了外显记忆明显的 Dm 效应,且该效应也表现出随时间推移从前向后转移的倾向。

而我们的实验结果进一步表明,早期前额区的 Dm 效应是为外显记忆所特有的,而晚期顶区的 Dm 效应为外显记忆和内隐记忆所共有。以往有关记忆提取的研究也发现,在外显记忆方面较为一致地观察到前额皮层的激活现象(孟迎芳,郭春彦,2006a;也见孟迎芳,郭春彦,2006b),但在内隐记忆方面几乎没有相关的报告,而从 600ms 左右开始的顶区新旧效应不论是在内隐测验还是在外显测验中都经常有出现,研究者认为,顶区新旧效应都反映了记忆的提取过程,但提取过程有自觉和非自觉两种表现,即当被试没有试图回忆时也会自动地提取某些信息(孟迎芳,郭春彦,2007;孟迎芳,郭春彦,2009)。这与我们当前的结果存在着一致性。而采用分散注意范式的研究进一步证实,在编码过程中的分散注意会减少前额皮层的神经活动,以使前额皮层无法加工和丰富被编码的信息,从而减少了信息被内侧颞叶-海马系统充分登记的可能性,有效地阻止了长时记忆痕迹的形成,导致差的记忆行为(Iidaka, Sadato, Yamada, & Yonekura, 2000; Kensinger, Clarke, & Corkin, 2003)。

根据上述结果,并结合两阶段的神经生理学模型,我们认为早期前额区的 Dm 效应应该反映了早期的信息精细加工过程,而晚期顶区的 Dm 效应反映了记忆系统对加工后信息的自动登记过程。二者相互依赖,共同促进事件的编码从而导致记忆形成。而对于随后被启动的项目而言,由于在编码过程中未得到前额区的精细加工,影响了长时记忆的登记过程,因而在随后的测验中这些项目无法被有意识地提取。

但值得注意的是,以往研究较多证实随后记住的 ERP 比忘记更为正走向,而在我们研究中发现顶区的 Dm 效应表现为随后记住的 ERP 比忘记更为负走向。但以往研究也发现, Dm 效应会受到许多因素的影响,包括刺激类型、学习方式、测验方式以及编码和提取之间的交互作用等等,这些导致了记忆形成过程表现出 Dm 效应性质和大小不同,包括时、空分布方面的差异(秦绍正等,2007)。而负走向的 Dm 效应在以往研究中也发现,如 Otten 和 Rugg (2001)发现深加工学习任务诱发正走向的 Dm

效应,而浅加工学习任务诱发的是负走向 Dm 效应。而我们实验中使用的也正是浅加工的学习任务(颜色判断)。虽然我们无法确定当前的负走向 Dm 效应是否来自于浅加工的学习任务以及迫选再认的测验方式,但我们发现,在另一个实验中使用相同的编码任务,不论在内隐测验还是在外显测验过程中都发现记住或启动项目诱发的 ERPs 比新项目更为正走向,该效应的时空特征与当前的 Dm 效应极为类似(孟迎芳,郭春彦,2009),我们推测,这种负走向的 Dm 效应可能反映了这些项目在学习阶段被有效地加工,因而与未启动(新)项目相比,在测验阶段表现出衰减的活动,从而导致易化效应的产生。

综上所述,内隐记忆与外显记忆在编码阶段的脑机制存在着分离,也存在着重叠的现象。内隐记忆主要与颞区负走向的 Dm 效应相联系,它反映了被试对刺激的知觉加工过程,以产生知觉流畅性;外显记忆主要与早期前额区正走向的 Dm 效应相联系,它反映了被试对刺激的精细加工过程,以形成长时记忆。而早期(200~300ms)中央区及晚期顶区负走向的 Dm 效应是内隐记忆和外显记忆共有的成分,它们可能分别反映了在编码加工过程中对刺激给予的注意状态,以及把编码加工后的信息登记进相应记忆系统的过程。

参 考 文 献

- Buchner, A., & Wippich, W. (2000). On the reliability of implicit and explicit memory measures. *Cognitive Psychology*, 40, 227-259.
- Buckner, R. L., Koutstaal, W., Schacter, D. 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.
- Conroy, M. A., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2005). On the contribution of perceptual fluency and priming to recognition memory. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 5(1), 14-20.
- DeCarlo, L. T. (2003). An application of signal detection theory with finite mixture distributions to source discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 767-778.
- 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.
- Guo, C. Y., Zhu, Y., Ding, J. H., & Fan, S. L. (2003). An event-related potential study of memory encoding. *Acta Psychologica Sinica*, 35(2), 150-156.
- [郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆. (2003). 不同加工与记忆编码关系的 ERP 研究. *心理学报*, 35(2), 150-156.]
- 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.]
- Henson, R. N. A. (2003). Neuroimaging studies of priming. *Progress in Neurobiology*, 70, 53–81.
- Iidaka, T., Sadato, N., Yamada, H., & Yonekura, Y. (2000). Functional asymmetry of human prefrontal cortex in verbal and non-verbal episodic memory as revealed by fMRI. *Cognitive Brain Research*, 9, 73–83.
- Kensinger, E. A., Clarke, R. J., & Corkin, S. (2003). What neural correlates underlie successful encoding and retrieval? A functional magnetic resonance imaging study using a divided attention paradigm. *Journal of Neuroscience*, 23, 2407–2415.
- Mangels, J. A., Picton, T. W., & Craik, F. I. M. (2001). Attention and successful episodic encoding: An event-related potential study. *Cognitive Brain Research*, 11, 77–95.
- McCarthy, G., & Wood, C. C. (1985). Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 62, 203–208.
- Meng, Y. F., & Guo, C. Y. (2006a). 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. (2006a). 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. (2006b). Cognitive neuroscience research on the dissociation between implicit and explicit memory. *Advances in Psychological Science*, 14(6), 822–828.
- [孟迎芳, 郭春彦. (2006b). 从认知神经的角度看内隐记忆和外显记忆的分离. *心理科学进展*, 14(6), 822–828.]
- Meng, Y. F., & Guo, C. Y. (2007). ERP dissociation and connection between implicit and explicit memory. *Chinese Science Bulletin*, 52(17), 2021–2028.
- [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., & Guo, C. Y. (2009). The asymmetric relationship between encoding and retrieval in implicit and explicit memory. *Acta Psychologica Sinica*, 41(8), 694–705.
- [孟迎芳, 郭春彦. (2009). 内隐与外显记忆的编码与提取非对称性关系. *心理学报*, 41(8), 694–705.]
- 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.
- Mulligan, N. W. (2002). Attention and perceptual implicit memory: Effects of selective versus divided attention and number of visual objects. *Psychological Research*, 66, 157–165.
- Otten, L. J., & Rugg, M. D. (2001). Electrophysiological correlates of memory encoding are task-dependent. *Cognitive Brain Research*, 12(1), 11–18.
- 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., & Mayes, 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.
- Parks, C. M., & Yonelinas, A. P. (2009). Evidence for a memory threshold in second-choice recognition memory responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(28), 11515–1519.
- 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.]
- 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.
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., & Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Letters to Nature*, 392, 595–598.
- Schott, B. H., Henson, R. N., Richardson-Klavehn, A., Becker, C., Thoma, V., Heinze, H. J., et al. (2005). Redefining implicit and explicit memory: the functional neuroanatomy of priming, remembering, and control of retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(4), 1257–1262.
- 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.
- Schott, B. H., Richardson-Klavehn, A., Henson, R. N., Becker, C., Heinze, H. J., & Düzel, E. (2006). Neuroanatomical dissociation of encoding processes related to priming and explicit memory. *The Journal of Neuroscience*, 26(3), 792–800.
- 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.
- 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.
- Westerberg, C. E., Paller, K. A., Weintraub, S., Mesulam, M. M., Holdstock, J. S., Mayes, A. R., et al. (2006). When memory does not fail: Familiarity-based recognition in

- mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 20(2), 193–205.
- Wimber, M., Heinze, H. J., & Richardson-Klavehn, A. (2010). Distinct frontoparietal networks set the stage for later perceptual identification priming and episodic recognition memory. *The Journal of Neuroscience*, 30(40), 13272–13280.
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, 441–517.

ERP Dissociation and Connection between Implicit and Explicit Memory at Encoding

MENG Ying-Fang

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

Abstract

The distinction between explicit and implicit memory is fundamental to current memory research. Explicit memory involves conscious remembering of prior episodes, often by means of intentional retrieval of those episodes, whereas implicit memory involves influences of prior episodes on current behaviour without intentional retrieval, and sometimes without conscious remembering of those prior episodes. Much evidence confirms that explicit memory and implicit memory have different neural bases at the retrieval stage, but what about the encoding stage? Little evidence is provided 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 implicit (memory) but also explicit memory. Addressing these ambiguities has awaited a theoretical approach that distinguishes implicit (memory) and explicit memory for specific episodes in one test. To explore this question, a forced-choice recognition was conducted to produce priming without awareness of memory retrieval. We suggest that recognition mechanisms allied with explicit memory are different from recognition mechanisms allied with implicit memory.

An ERP experiment was conducted with a study-to-test paradigm, in which participants performed a color study task, followed by a forced-choice recognition. There are two stages during recognition. Two words (one old and one new) were presented in a forced-choice recognition, and subjects were asked to choose the old one. If subjects could not choose a studied word, they were encouraged to guess. After choosing, subjects would report whether the word was from the study stage or not. Neural activities during the study phase were recorded. The Dm for explicit memory was identified by contrasting ERPs to words for which the studied word was selected and endorsed it as an old word versus ERPs to words for which the studied word was unselected; The Dm for implicit memory was identified by contrasting ERPs to words for which the studied word was selected but failed to endorse it as an old word versus ERPs to words for which the studied word was unselected.

The results showed that implicit and explicit memory share a 200~300ms frontal-central negative-going Dm effect, which maybe reflect attention at encoding, so that these words can be retrieved implicitly or explicitly. Implicit memory involved a temporal negative-going Dm effect from 200ms after stimulus onset, which maybe reflect encoding into the perceptual representation system. Explicit memory involved an earlier (400-600ms) right prefrontal, positive-going Dm effect, as well as a late (600-1200ms) parietal negative-going Dm effect. These effects maybe reflect elaborated processing and encoding into the episodic memory system.

The results suggested that implicit and explicit memory are not completely independent of each other. The truth is that they have both independent and shared components at encoding.

Key words implicit memory; explicit memory; encoding; Dm effect