

字频和预存表征对相继记忆效应的影响^{*}

刘聪慧^{1,2} 郭春彦² 丁锦红² 俞国良¹

(¹中国人民大学心理研究所, 北京 100872) (²首都师范大学教科院心理系, 北京 100037)

摘 要 采用学习-再认研究范式和事件相关电位方法, 研究高频字、低频字、假字和非字的相继记忆效应(Dm 效应)。18 名大学生为被试, 根据其测验结果将刺激分成记住和未记住两类, 对相应编码过程的 ERPs 进行分析。结果表明: (1) 真字中发现了相继记忆效应, 低频字比高频字的相继记忆效应更大, 随后正确再认的 ERPs 比不能正确再认的 ERPs 有更大的晚正成份; (2) 非字中的相继记忆效应比真字中的效应更大, 出现的时间也较早(140ms ~ 200ms), 而假字中没有发现显著的相继记忆效应。这些结果表明, 字频是影响相继记忆效应的重要因素, 高、低频字的相继记忆效应可能存在不同的神经机制, 而预存表征不是相继记忆效应出现与否的前提条件。

关键词 事件相关电位(ERPs), 相继记忆效应, 预存表征, 字频。

分类号 B 842.3

1 前言

人类为什么记住了某些经验, 而遗忘了另一些经验。负责记忆的脑区是如何加工这些经验而造成相反的结果。局部脑损伤病人的神经心理学研究为这一问题提供了初步的答案^[1]。近年来, 无创伤性脑功能成像方法的发展, 为深入了解记忆过程中的神经活动模式提供了有效的途径。其中具有高时间分辨率的事件相关电位(ERPs, Event-Related Potentials)技术, 允许对人类认知活动的神经基础进行精细的实时探测, 尽管这种技术不能对神经活动发生源做精确定位, 但多个电极能提供更为细致的大脑皮层活动信息^[2]。

关于记忆编码过程与大脑的神经电生理活动之间的关系, 许多研究对此问题进行了深入探讨, Sankuist 等人最早对记忆编码过程的相继记忆效应进行了研究, 发现记住项目诱发的 ERPs 比遗忘项目诱发的 ERPs 有更大的晚正成分(LPC, Late Positive Component), 他们把这两类 ERPs 的差异称为相继记忆效应(SME, Subsequent Memory Effect)^[3]。Palmer 等人的研究也发现了类似的结果, 他们把这种现象称为 Dm 效应(ERP Differences based on later memory performance)^[3,5]。随着针对此现象研究的

深入开展, 发现了多个影响相继记忆效应的因素, 其中主要包括刺激类型^[6~9]、加工方式^[10,11]、测验方式^[10,12]以及编码和提取之间的交互作用等^[3,13,14]。

词汇作为刺激材料在相继记忆效应研究中最普遍, 这些研究大多应用单词作为实验材料, 无论抽象词还是具体词, 无论是再认还是自由回忆任务, 都发现了稳定的相继记忆效应^[4~7,10]。随着研究的深入, 很多研究者发现, 低频词比高频词的再认成绩更好, 相继记忆效应更大, 他们认为这种结果可能和低频词的加工获得了更多注意资源有关^[11,15~17]。Fernandez 用德语词汇为研究材料发现了两类相继记忆效应: 第一类在高频字和低频词中都存在, 出现在刺激呈现后 300 ~ 700ms; 第二类只在高频词中存在, 出现在刺激呈现后 900 ~ 1300ms, 他们还发现低频词的第一类相继记忆比高频词更大^[13]。Rugg 等人的研究也发现了类似的结果, 但是最近有研究者应用汉字为材料没有在高频字中发现显著的相继记忆效应^[11]。在高频词中没有出现一致的结果可能是不同研究中所选高词频的频率不同造成的。

尽管以往应用词汇和图片材料的研究几乎都发现了显著的相继记忆效应, 但是也有几项研究没有发现显著的结果。如 Van Petten 和 Senkfor 用抽象图形作为实验材料, 没有发现显著的效应, 他们制作

收稿日期: 2007-08-06

* 国家自然科学基金(批准号: 30570603)、北京市重点《学习与认知》实验室及北京市属市管高校人才强教计划资助项目。

通讯作者: 郭春彦, E-mail: guocy@cnu.edu.cn, 电话: 010-68902228

的抽象图形是由五条线段画在 3×3 的格栅上形成的,被试以前从未看到过这种图形,被试的任务是判断这种图形是否能够没有重复地“一笔”画出来^[18]。研究者认为没有发现显著的相继记忆效应是因为这些刺激不能激活预存的知识表征。Fox 等人应用无意义的几何符号作为实验材料也没有发现显著的相继记忆效应^[19]。另外,Swick 和 Knight 应用假词作为实验材料,也没有发现相继记忆效应^[8]。这些结果一致表明,可能通达预存知识表征是出现相继记忆效应的必要条件,可是 Fox 等人在辅音-元音-辅音组成的无意义音节中发现了显著的相继记忆效应^[19]。很明显,存在不一致的结果,预存知识表征的提取是否为相继记忆效应出现的前提条件还没有定论。为了清晰地呈现两者之间的关系,在本研究中,我们通过系统变化编码项目的特征,从而达到变化与编码项目有关的预存知识表征的数量,观察相继记忆效应的变化情况。

词汇的预存知识表征包括音、形、义等方面的信息。每一个真字都有比较完整的语音、字形、语义和句法等信息。本研究为了考察预存知识表征对相继记忆效应的影响,我们通过设置真字、假字和非字来改变预存表征的信息量,假字和非字都不能通达整字的预存表征^[8,14,20]。组成真字和假字的偏旁部首符合正字法规则,而非字中的部件则不符合正字法规则。相比较而言,假字比非字包含更多的信息,而假字、非字和真字相比,它们的预存知识表征更少。按照这个逻辑,如果相继记忆效应的大小与预存知识表征的通达数量呈线性相关,则真字比假字、非字的效应大,假字比非字的效应大。相反,如果假字或非字的效应比真字大,或者非字的效应比假字大,则预存信息的提取不是相继记忆效应产生的前提条件,它们两者之间不存在线性关系。以往应用非语义任务,在无意义图形材料中没有发现相继记忆效应^[19,20]。有研究者发现,语义任务比非语义任务的相继记忆效应要大,即没有发现相继记忆效应可能不是因为预存表征没有通达,而是因为应用的浅加工编码任务^[4,11]。为了更为严格地考察预存表征是否为相继记忆效应的前提假设,我们选用了深加工的语义任务。

词频是影响相继记忆效应的重要因素,但是关于相继记忆效应的词频效应还没有一致的结论,尤其是高频字是否存在相继记忆效应存在争议。以往研究者考察词频效应,高频刺激的平均字频为 73.73/百万和 86.3/百万^[11,13],本研究为了考证高

频字是否存在效应,把高频字的平均字频设定为 162.94/百万(见正文方法部分),如果还能发现显著的相继记忆效应,则我们可以得出高频刺激材料中能够发现稳定的相继记忆效应的结论。另外,高、低频刺激的相继记忆效应的神经机制是否存在差异,还需要进一步的研究^[11,13,21]。以往研究大多采用较少的电极,很难对相继记忆效应的空间模式进行细致的分析。本研究采用 119 导脑电记录技术,通过“学习-再认”的实验范式,考察高频字、低频字、假字和非字中相继记忆效应的时空特征,以及它们之间的差别。从而探讨预存表征和频率在相继记忆效应中的作用。

2 实验方法

2.1 被试

18 名首都师范大学本科生或研究生(男 8 人,女 10 人)参加本实验,年龄 18~23 岁,平均年龄为 19.7 岁。全部为右利手(其直系亲属也为右利手),视力或矫正视力为 1.0 以上,给被试有限报酬。

2.2 刺激材料

实验材料分为两部分。在第一部分中,每个学习组 118 个字(填充字:8 个真字;靶子字:12 个假字;学习字:98 个真字),每个再认组 196 个字(新字:98 个真字;在学习组学习过的字:98 个真字),共有三个学习组和三个再认组,每个组中高频字和低频字各占一半。第二部分中,每个学习组 78 个字(填充字:7 个假、非字;靶子字:9 个真字;学习字:31 个假字、31 个非字),每个再认组 124 个字(新字:62 个假、非字;在学习组学习过的字:62 个假、非字),共有四个学习组和四个再认组。所有刺激材料为 600 个真字、256 个假字和 256 个非字。靶子字随机插入到学习组中,填充字放在学习组的开始和末尾。

真字组中高频字和低频字各占一半。字频从 2/百万到 350/百万,平均字频为 86.52/百万;笔划从 5 到 13 划,平均笔划为 9.66 划。高频字字频从 44/百万到 350/百万,平均字频为 162.94/百万;低频字字频从 2/百万到 27/百万,平均字频为 10.11/百万。组间字频从 86.48/百万到 86.55/百万,组间笔画为 9.64 画到 9.67 画^[22]。

2.3 实验程序

被试坐在隔音电磁屏蔽房间的沙发上,面对计算机屏幕的距离为 50cm,字体为楷体。视角为 $1.617^\circ \times 1.617^\circ$,计算机的显示器背景为黑色,刺激

为白色。要求被试注视屏幕的中央,在刺激呈现的过程中尽量少眨眼。刺激呈现的方式为:首先在屏幕中央呈现一个“十”字,1500ms 之后是指导语(提示被试如何对呈现的刺激进行反应),随后为刺激序列。本实验中的第一部分采用典型的“学习-再认实验模式”。

(1)学习阶段:在任务1中,给被试呈现真字(高、低频字)和假字组成的刺激系列,其中假字为靶子,要求被试看到假字按左键或右键,否则不按键,左右手对应的键在被试之间平衡。每个刺激的呈现时间为200ms,SOA为 $1600 \pm 200\text{ms}$ 。

(2)分心阶段:给被试1个3位数的数字,做1分钟的倒减3运算,并大声报告结果。

(3)再认阶段:给被试呈现一系列的真字,其中除了有前面学习过的字之外,还有相同数量的新字。

呈现汉字的时间为500ms,SOA为 $2100 \pm 200\text{ms}$ 。要求被试对这些字做新/旧判断,如果是前面呈现过的字按左键,否则按右键。左右手对应的键在被试之间平衡。

第二部分同样分三个阶段。学习阶段为任务2,真字为靶子,假字和非字为非靶子,要求被试看到真字按键,否则不按键,刺激呈现时间和SOA与第一部分相同。分心阶段同第一部分。再认阶段给被试呈现一系列的假字和非字,其中除了有前面学习过的假字和非字之外,还有相同数量的新的假字、非字。呈现汉字的时间为500ms,SOA为 $2100 \pm 200\text{ms}$ 。要求被试对这些字做新/旧判断,如果是前面呈现过的字按左键,否则按右键。左右手对应的键在被试之间平衡。在所有的学习和再认阶段中,按键要求快且准确。实验模式见图1。

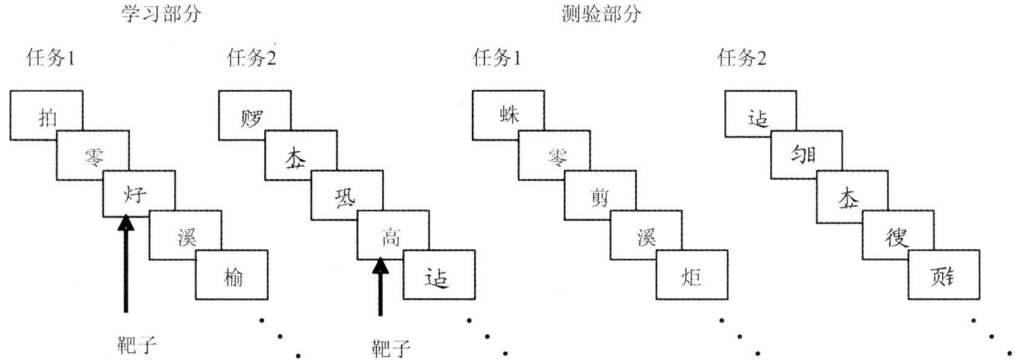


图1 学习与测验流程图

2.4 脑电记录

采用美国 NeuroScan 公司生产的 ESI-128 导脑电记录分析系统,利用 Ag/AgCl 电极帽记录实验时的脑电(EEG),从128个电极中选取119个电极,电极的位置是在国际10-20系统基础上增加其他的电极(见图2)。另有两导记录垂直眼电和水平眼电,参考电极置于左耳乳突处,右乳突也放置一个电极,用于计算两侧乳突的代数平均参考电压。接地点在 Fpz 和 Fz 连线中点。脑电信号采集增益为500,滤波带通为0.01~50Hz,A/D采样频率为250Hz。头皮电阻小于5kΩ。

2.5 数据处理

连续记录原始脑电,然后离线叠加。截取每个刺激呈现前200ms到呈现后1000ms的脑电,以刺激呈现前200ms的脑电为基线,自动排除眼电伪迹,振幅在±80微伏区间之外在叠加中被自动剔除。叠加后分别得到:高频字、低频字中能正确再认

的编码 ERPs、不能正确再认的编码 ERPs;假、非字中能正确再认的编码 ERPs、不能正确再认的编码 ERPs。

本实验根据头皮分布和电极之间的关系,选出了少数代表性的电极,包括左额区(88, F5, F3)、右额区(93, F6, F4)、左颞区(72, T7, C5)、右颞区(86, T8, C6)、左顶区(P3, P1, PO5)、右顶区(P4, P2, PO6)、中央区(FCZ, C1, CZ, C2)、枕区(O1, O2),电极位置见图2。

相继记忆效应分析的时程为刺激前200ms到刺激后1000ms,为了更好地评价相继记忆效应在各个时程上的状况,本研究首先应用t检验方法,每20ms为一段,逐段对各种条件的差异波进行检验。根据差异发生的时程和同一时间段的脑地形图,确定分析时间段为:刺激呈现后140~240ms,440~500ms,500~650ms,650~720ms,720~800ms。本实验方差分析的结果都采用 Greenhouse-Geisser 的

校正 n 值。

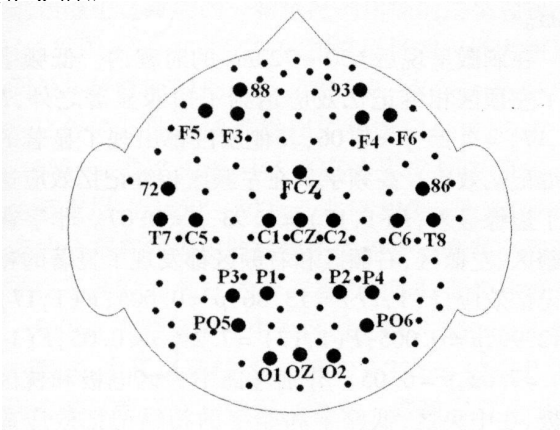


图2 128 导选定电极位置分布图

3 实验结果

3.1 行为数据结果

反应时小于 200ms 看作是错误反应,不参与反应时的计算。学习阶段,被试从真字序列中挑假字比在假字、非字中挑真字不仅反应慢,而且错误率更高,结果见表 1。再认阶段,低频字和假字的再认率分别比高频字和非字要高,结果见表 2。

表 1 不同刺激类型编码任务的反应时和错误率比较($M \pm SE$)

刺激类型	任务 1	任务 2	p 值
反应时(ms)	705.51 \pm 17.53	672.45 \pm 15.53	<0.001
错误率(%)	5.94 \pm 0.56	3.40 \pm 0.41	<0.001

表 2 不同刺激类型提取任务中正确率比较($M \pm SE$)

刺激类型	高频字	低频字	假字	非字
正确率(%)	53.47 \pm 4.34	63.11 \pm 3.99	57.16 \pm 3.74	44.81 \pm 3.48
p 值	<0.001		<0.001	

3.2 ERPs 的基本特征

如图 3 所示,无论是高频字、低频字还是假字、非字,正确再认项目对应编码阶段的 ERPs 波幅比遗忘项目诱发的 ERPs 波幅更正。可是不同刺激类型中出现的相继记忆效应的大小、皮层分布位置、持续时程有不同的特点。

非字相继记忆效应最大,而且持续的时程也最长。差异主要集中在 140 ~ 240ms 和 LPC (440 ~ 800ms) 两个时段。在头皮前部两类 ERPs 几乎都有 P88 (88ms)、N116 (116ms)、P180 (180ms)、N340 (340ms)、LPC (500ms),而且假字、高频字、低频字都有相似的脑波成分。

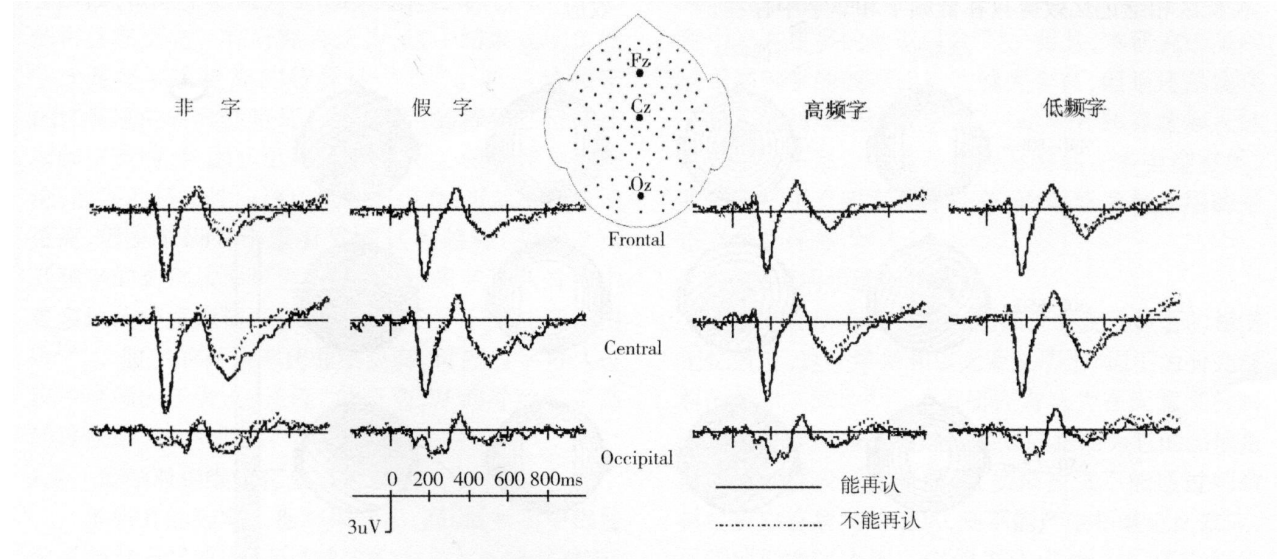


图3 再认正确与错误记忆编码 ERPs

3.3 相继记忆效应分析

本实验按照不同时程对记忆编码过程中的平均电压进行五因素重复测量方差分析 (Repeated - Measure ANOVA), 分析因素包括半球(左、右)、位置(额区、颞区和顶区)、电极(三个电极,见图 2)、类型(高频字、低频字、假字和非字)和记忆(记住、未记住)。另外,对中央区 and 枕区(分别为四个电极

和三个电极,见图 2) 分别进行三因素重复测量方差分析,分析因素包括电极、类型和记忆。在刺激呈现 140 ~ 240ms 的时程内,应用重复测量的五因素方差分析(半球、位置、电极、类型和记忆),发现类型 \times 记忆的交互作用显著, $F(3, 51) = 4.073, p < 0.05$ 。进一步简单效应的分析表明:相继记忆效应只在非字中存在, $F(1, 17) = 18.78, p < 0.001$ 。分别考虑

中央区电极和枕区电极,进行三因素(电极、类型和记忆)重复测量的方差分析,结果显示:非字在中央区和枕区中都发现了相继记忆效应, $F(3, 51) = 11.37, p < 0.005; F(1, 17) = 10.71, p < 0.005$ 。

在刺激呈现 440 ~ 500ms 的时程内,非字在左额区、左颞区、左顶区和右顶区相继记忆效应显著, $F(1, 17) = 6.08, p < 0.05; F(1, 17) = 7.03, p < 0.05; F(1, 17) = 11.24, p < 0.005; F(1, 17) = 8.07, p < 0.05$ 。分别考虑中央区电极和枕区电极,在中央区相继记忆效应只在低频字和非字中存在, $F(1, 17) = 7.09, p < 0.05; F(1, 17) = 9.49, p < 0.01$ 。在枕区没有发现显著的相继记忆效应。

在刺激呈现 500 ~ 650ms 的时程内,高频字在左额区和左颞区相继记忆效应显著, $F(1, 17) = 4.61, p < 0.05; F(1, 17) = 5.48, p < 0.05$ 。低频字在右颞区和右顶区相继记忆效应显著, $F(1, 17) = 5.89, p < 0.05; F(1, 17) = 6.56, p < 0.05$ 。非字在所有脑区都存在显著的相继记忆效应。分别考虑中央区电极和枕区电极,在中央区相继记忆效应在高频字、低频字和非字中存在, $F(1, 17) = 5.70, p < 0.05; F(1, 17) = 5.44, p < 0.05; F(1, 17) = 20.30, p < 0.001$ 。在枕区相继记忆效应只在低频字和非字中存在,

$F(1, 17) = 5.79, p < 0.05; F(1, 17) = 5.46, p < 0.05$ 。

在刺激呈现后 650 ~ 720ms 的时程内。低频字除了左顶区相继记忆效应达到了边缘显著之外, $F(1, 17) = 4.25, p < 0.06$,其他脑区都出现了显著的相继记忆效应。高频字只在左颞区相继记忆效应达到了边缘显著, $F(1, 17) = 3.93, p < 0.07$ 。非字在左额区、左颞区、右额区和右颞区都发现了显著的相继记忆效应, $F(1, 17) = 13.86, p < 0.005; F(1, 17) = 12.99, p = 0.005; F(1, 17) = 7.21, p < 0.05; F(1, 17) = 7.62, p = 0.05$ 。分别考虑中央区电极和枕区电极,在中央区,低频字和非字的相继记忆效应显著, $F(1, 17) = 8.66, p < 0.01; F(1, 17) = 11.12, p < 0.005$ 。在枕区相继记忆效应只在低频字中存在, $F(1, 17) = 6.31, p < 0.05$ 。

在刺激呈现 720 ~ 800ms 的时程内,非字除了在左顶区和右顶区之外其他脑区都发现了显著的相继记忆效应。在其他三类刺激中都没有发现显著的相继记忆效应。分别考虑中央区电极和枕区电极,在中央区,相继记忆效应只在非字中存在, $F(1, 17) = 9.10, p < 0.01$ 。枕区四类刺激都不存在相继记忆效应。

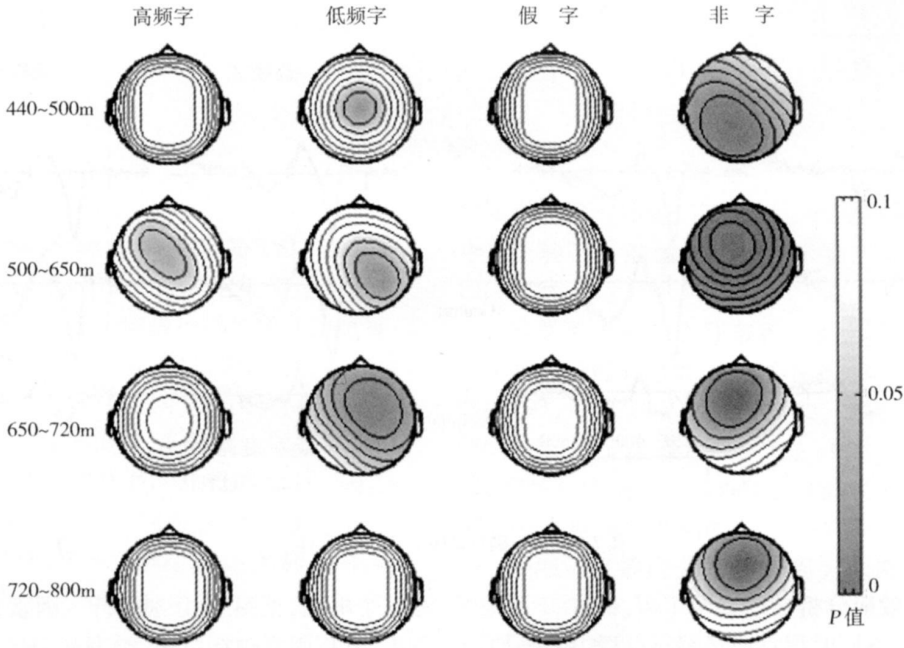


图4 高频字、低频字、假字和非字在不同时段相继记忆效应头皮分布情况
注:图中 p 值大于 0.1 显示为 p 值等于 0.1

总之,高频字、低频字和非字都存在相继记忆效应,只是它们存在的时程和脑区的分布有所不同。

为了更为清晰的查看不同时间段、不同条件和不同脑区的差异情况,有研究者把统计检验的结果呈现

在二维的脑图上^[23,24]。本研究应用了类似的方法把相继记忆效应的分布情况利用插值法呈现在头皮上(见图4)。在非字中的相继记忆效应最大而且时间最早持续时间也最长。在440~500ms,非字在枕区之外的其他区域都发现了相继记忆效应,在500~650ms,非字相继记忆效应的头皮分布涵盖了整个脑皮层,在650~800ms,非字相继记忆效应在头皮的分布有向头皮前部集中的趋势。高频字和低频字在不同时程头皮的分布有所不同,低频字在440~500ms主要集中在中央区,在500~650ms扩展到右颞区、右顶区和枕区,在650~720ms效应几乎在所有脑区都存在相继记忆效应。高频字只在500~650开始出现显著的相继记忆效应,部位主要在左额区、左颞区和中央区。

4 讨论

从行为实验结果中可以发现,在记忆编码阶段,被试从真字序列中检测假字(任务1)比在假字、非字序列中检测真字(任务2)反应时更长,可能识别假字比识别真字更困难,尤其是符合正字法的假字,本研究的这一结果和以前的研究发现一致^[8]。再认阶段,低频字比高频字的再认率更高,假字比非字的再认率更高。有研究者认为,这一结果表明低频字比高频字有更高的特异性^[11,13,15]。再认依赖于记忆痕迹的特异性特征,而低频字的特异性特征比高频字更明显,因此更容易再认^[13]。根据特异性理论,假字的特异性应该比低频字更高,再认率也应该更高,但是本研究中没有发现这种趋势(见表2)。低频字的高再认率可能是因为:低频字再认过程中更多地依赖意识提取,尽管再认任务不需要意识提取^[20]。假字的再认率比非字更高,可能假字再认过程中更倾向于做出“正性”的反应,从而导致了更高的再认率^[25]。

4.1 词频对相继记忆效应的影响

本研究的脑电数据结果显示,高、低频字中都发现了相继记忆效应,而且效应的大小存在频率效应,低频字比高频字出现效应要早,持续的时间要长,而且在头皮的分布也更为广泛。这个结果和Fernandez等人应用德语材料获得的结果一致,他们在高、低频字中都发现了显著的相继记忆效应^[13]。总的来看,低频字的相继记忆效应比高频字大。大多研究者认为低频刺激材料的特异性以及由此导致的精细加工是影响相继记忆效应的重要因素^[7,11,13,15,17]。尽管特异性假设经常用来解释相继记忆效应中的频

率效应,但是这一理论很难解释本研究中假字的结果,根据这个假设推测,假字的高特异性能够导致更为精细的加工,产生更大的相继记忆效应,但是本研究中假字没有出现显著的相继记忆效应。

根据以前的研究结果和本研究中地形图结果的分析,我们有理由认为,相继记忆效应中的词频效应可能是因为高、低频字的提取过程具有不同神经机制^[20]。低频字的相继记忆效应在440~650ms集中在中央区和顶区,650~720ms集中在额区、中央区和顶区;而高频字只在500~650ms出现相继记忆效应,集中在额区和中央区(见图4)。ERP、fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging)和脑损伤方面的很多研究发现熟悉性和意识提取可能存在不同的头皮分布,熟悉性集中在前额区域,意识提取集中在顶叶区域^[26~31]。我们的研究结果显示,高频字的效应出现在额区-中央区域,可能和熟悉性有关,低频字在440~600ms的中央区-顶区效应和650~720ms的额区效应可能分别与意识提取和熟悉性相关。高频字的再认仅依赖于额区的熟悉性;而低频字不仅依赖额区的熟悉性,还依赖顶叶区域的意识提取。本研究的这一结果和Gardiner和Java的行为研究结果相符,他们发现低频字比高频字再认过程中具有更多的意识提取^[20]。另外,本研究中虽然应用高频字的频率比以往研究要高,但是还是发现了稳定的相继记忆效应,这一结果和郭春彦等人的发现不太一致。可能与实验材料和任务类型有关,我们应用了真假字判断任务,而郭春彦等人用的是语义分类任务^[11,32]。

4.2 假字的相继记忆效应

假字在所有的分析时段都没有发现显著的相继记忆效应,这一结果和以无意义图形/词汇为研究材料的结果一致^[8,18,19]。有研究者认为在无意义材料中没有发现显著的相继记忆效应是因为它的出现是以通达预存表征为前提的,如果被试不能通过刺激材料提取有意义的信息,则不能产生相继记忆效应,尽管他们能够达到一定的再认成绩^[18]。还有研究者持类似的观点,认为虽然假字和真字都是词汇材料,但假字的记忆痕迹比真字更弱^[8]。还有一种可能的原因是个体对抽象视觉模式进行编码比对言语刺激编码有更大的认知和神经变异性,尤其是熟悉性很低的时候^[18]。虽然这些假设都能够解释假字的结果,但是很难解释本研究非字出现显著相继记忆效应的结果。

4.3 非字的相继记忆效应

到目前为止,还没有发现应用非字作为实验材料的研究。本研究中非字的相继记忆效应最大,持续的时间最长,而且最早出现得时程为 140 ~ 240ms。这一结果表明,非字中的相继记忆效应比真字出现得更早,或者说这个时段的效应可能反映了一个独立效应。有研究者认为相继记忆效应可能是一个大家族,我们发现的这个比较早的效应和最近的一项用汉字为材料获得的效应非常类似^[32]。

440 ~ 650ms 相继记忆效应集中在额叶 - 中央区 - 顶叶区域,650 ~ 800ms 主要集中在额区 - 中央区(见图 4),这一结果和在低频字中出现的效应模式有些类似,和以往应用类似范式从言语材料中得出的结果也比较吻合^[4, 11]。非字的两个部件都不符合汉字的正字法规则,它和假字比起来缺少了正字法的信息,通达预存知识表征量应该更少,但是在非字中发现了更大的相继记忆效应。这一结果表明通达预存表征不是相继记忆效应产生的必要前提。

4.4 真字、假字和非字相继记忆效应比较

真字和非字中发现了显著的相继记忆效应,而假字中没有发现相继记忆效应,这一结果表明,通达预存表征和相继记忆效应之间没有线性关系,通达预存表征也不是相继记忆效应产生的前提条件。Gardiner 和 Java 认为,对假字进行再认判断时,更大程度上是依赖于对项目的熟悉性(“知道”),而不是意识性提取(“记得”),而对真字进行再认判断时情况则相反,从而造成假字的相继记忆效应更小,甚至消失^[15]。本研究中假字没有发现显著的相继记忆效应可能和假字仅依赖熟悉性的判断有关。本研究在非字中发现了显著的相继记忆效应,这一结果可能和被试在提取过程中的意识提取以及自信度有关。尽管假字的再认率比非字要高,但是,再认率的高低和相继记忆效应产生与否以及大小没有必然的联系^[8]。假字、非字在再认过程中,与假字相比,被试对非字再认可能更多地依赖于意识提取,其判断的自信度可能更高,从而导致非字相继记忆效应更大。这个假设还需要进一步实验证据的支持。

5 结语

本研究结果进一步证实了相继记忆效应中存在频率效应,高、低频字都出现了显著相继记忆效应。两类效应可能反映了大脑不同的加工机制,和高频字相比,低频字在再认过程中可能更多地依赖于意识性提取。真字、假字和非字相继记忆效应的结果

说明,激活预存知识表征不是获得相继记忆效应的前提条件。对照以往研究^[8, 20],我们可以推论假字中未出现显著的相继记忆效应可能是因为它仅依赖熟悉性提取,而非字中出现显著的相继记忆效应和再认过程中的意识提取及自信度较高有关。

参 考 文 献

- 1 Cave C B, Squire L R. Intact verbal and nonverbal short-term memory following damage to the human hippocampus. *Hippocampus*, 1992, 2; 151 ~ 163
- 2 Friedman D, Johnson J R. Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: a selective review. *Microscopy Research and Technique*, 2000, 51; 6 ~ 28
- 3 Sanquist T F, Rohrbaugh J W, Syndulko K, et al. Electrophysiological signs of levels of processing: perceptual analysis and recognition memory. *Psychophysiology*, 1980, 17 (6); 568 ~ 576
- 4 Paller K A, Kutas M, Mayes A R. Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1987, 67; 360 ~ 371
- 5 Paller K A, McCarthy G, Wood C C. ERPs predictive of subsequent recall and recognition performance. *Biological Psychology*, 1988, 26; 269 ~ 276
- 6 Paller K A. Recall and stem-completion priming have different electrophysiological correlates and are differentially modified by directed forgetting. *Journal Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1990, 16(6); 1021 ~ 1032
- 7 Rugg M D. Event-related brain potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Memory and Cognition*, 1990, 18(4); 367 ~ 397
- 8 Swick D, Knight R T. Event-related potentials differentiate the Effects of aging on word and nonword repetition in explicit and implicit memory tasks. *Journal Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1997, 23(1); 123 ~ 142
- 9 Rugg M D, Curran T. Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 2007, 11(6); 251 ~ 257
- 10 Friedman D, Ritter W, Snoggrass J G. ERPs during study as a function of subsequent direction and in direction memory testing in young and old adults. *Brain Research, Cognition Brain Research*, 1996, 4(1); 1 ~ 13
- 11 Guo C Y, Zhu Y, Fan S L, et al. An electrophysiological investigation of memory encoding, depth of processing, and word frequency in humans. *Neuroscience Letters* 2004, 356; 79 ~ 82
- 12 Fabiani M, Donchin E. Encoding processes and memory organization: a model of the von Restorff effect. *Journal Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1995, 21(1); 224 ~ 240.
- 13 Fernandez G, Weyerts H, Tendolkar I, et al. Event-related potentials of verbal encoding into episodic memory: dissociation between the effects of subsequent memory performance and distinctiveness. *Psychophysiology*, 1998, 35; 709 ~ 720

14

Wagner A D, Koutstaal W, Schacter D L. When encoding yields remembering: insights from event – related neuroimaging, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences, 1999, 354: 1307 ~ 1324

15

Gregg V. Word frequency, recognition, and recall. In: Brown J (Ed.), Recall and Recognition, Wiley, London, 1976. 183 ~ 216

16

Rugg M D, Cox C J C, Doyle M C, et al. Event – related potentials and the recollection of low and high frequency words. Neuropsychologia, 1995, 33(4): 471 ~ 484

17

de Zubicaray G I, McMahon K L, Eastburn M M, et al. fMRI evidence of word frequency and strength effects during episodic memory encoding. Cognitive Brain Research, 2005, 22(3): 439 ~ 450

18

Van Petten C, Senkfor A J. Memory for words and novel visual patterns; repetition, recognition, and encoding effects in the event – related brain potential. Psychophysiology, 1996, 33(5): 491 ~ 506

19

Fox A M, Michie P T, Volheart M. ERP effects of temporal and spatial recall with verbal and visual stimuli. In: Brunia C H M, Gaillard A W, Kok A (eds). Psychophysiological brain research. Tiburg, Germany: Tilburg University Press, 1990. 236 ~ 239

20

Gardiner J M, Java R I. Recollective experience in word and nonword recognition. Memory and Cognition, 1990, 18(1): 23 ~ 30

21

Chee M W L, Westphal C, Goh J, et al. Word frequency and subsequent memory effects studied using event – related fMRI. NeuroImage, 2003, 20: 1042 ~ 1051

22

Modern Chinese Frequency Dictionary (in Chinese), Beijing Language Institute Publisher, 1986
(现代汉语频率词典, 北京语言学院出版社, 1986)

23

Badgaiyan B E, Posner M I. Mapping the Cingulate Cortex in Response Selection and Monitoring. NeuroImage, 1998, 7: 255 ~ 260

24

Badgaiyan R D, Posner M I. Time course of cortical activations in implicit and explicit recall. The Journal of Neuroscience, 1997, 17(12): 4904 ~ 4913

25

Greene R L. Recognition memory for pseudowords. Journal of Memory and Language, 2004, 50: 259 ~ 267

26

Curran T, Cleary A M. Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition. Brain Research, Cognition Brain Research, 2003, 15(2): 191 ~ 205

27

Yonelinas A P. The nature of recollection and familiarity: a review of 30 years of research. Journal of Memory and language, 2002, 46: 441 ~ 517

28

Kahn I, Davachi L, Wagner A D. Functional – neuroanatomic correlates of recollection; implications for models of recognition memory. The Journal Neuroscience, 2004, 24(17): 4172 ~ 4180

29

Jetter W, Poser U, Freeman R B, et al. A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients. Cortex, 1986, 22(2): 229 ~ 242

30

Duarte A, Ranganath C, Winward L, et al. Dissociable neural correlates for familiarity and recollection during the encoding and retrieval of pictures. Cognitive Brain Research, 2004, 18(3): 255 ~ 272

31

Yonelinas A P, Kroll N E, Quamme J R, et al. Effect of extensive temporal lobe damage or mild hypoxia on recollection and familiarity. Nature Neuroscience, 2002, 5(11): 1236 ~ 1241

31

Guo C Y, Zhu Y, Ding J H, et al. An event – related potential study of memory encoding (in Chinese). Acta Psychologica Sinica, 2003, 35(2): 150 ~ 156
(郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆. 不同加工与记忆编码关系的 ERP 研究. 心理学报, 2003, 35(2): 150 ~ 156)

Effects of Character Frequency and Preexisting Representation on the Subsequent Memory Effect

LIU Cong-Hui^{1,2}, GUO Chun-Yan², DING Jin-Hong², YU Guo-Liang¹

(¹*Institute of Psychology, Renmin University of China, Beijing 100872, China*)

(²*Department of Psychology, Capital Normal University, Beijing 100037, China*)

Abstract

The late positive component (LPC) difference based on later memory performance is called the Dm effect. Many studies have shown that the LPC for items recognized in a subsequent memory test was more positive than for those that were not recognized. This effect was moderated by many factors, such as material type, encoding or orientating tasks, testing format, and study – test relationship. Most of the existing studies found that the low – frequency words showed a greater Dm effect than did the high – frequency words. However, some researchers did not find a significant Dm effect for high-frequency words. In addition, there is no consistency in whether or not access to preexisting representation is a prerequisite for the emergence of the Dm effect. In order to test the hypothesis that the Dm effect depends on accessing preexisting representation and to further explore the role of word frequency in the Dm effect, the present ERP study was

designed to investigate the temporal and spatial distributions of the Dm effects for high/low – frequency characters, pseudocharacters, and noncharacters.

Eighteen healthy undergraduates participated in this study. There were seven blocks in the experiment including three real character blocks and four pseudo and noncharacter blocks. In each real character block, 118 characters (8 filler characters, 12 targets, and 98 study characters) were selected and presented on the screen during the study phase, after which the participants had to perform a test with 98 other additional characters. In each pseudo/noncharacter block, 78 stimuli (7 filler characters, 9 targets, and 62 study pseudo/noncharacter) were presented on the screen during the study phase, which was followed by a test phase with 62 additional pseudo/noncharacters. In each block, the stimuli were randomly presented on the screen for 200ms. The duration between the onset of a stimulus and the very beginning of the next adjacent trial was randomized between 1400ms to 1800ms. The task was to determine whether or not each stimulus presented on the screen was a real character. An electroencephalography (EEG) was recorded continuously using an electro – cap with 119 locations (the extension of the International 10-20 System).

The results were analyzed using a five – way repeated – measures ANOVA for five time windows: 140 ~ 240ms, 440 ~ 500ms, 500 ~ 650ms, 650 ~ 720ms, and 720 ~ 800ms. The five factors were hemisphere (left, right), location (frontal, temporal, central, parietal, and occipital), electrode, stimuli type (high – and low – frequency character, pseudocharacter, and noncharacter), and recognition (remember and forget). In addition, a three – way repeated – measures ANOVA was used for the central and occipital areas. The three factors were electrode, stimuli type (high – and low – frequency character, pseudocharacter, and noncharacter), and recognition (remember and forget). The ANOVA results indicated that the temporal and spatial distributions of the Dm effects for low – frequency characters were longer and wider than those for high – frequency characters. Moreover, the Dm effect was generally greater for noncharacters than it was for high/low – frequency characters. However, the Dm effect was not observed for pseudocharacters in any interval.

First, a significant character frequency effect was found in the Dm effect, suggesting that less commonly used characters are processed in a manner that facilitates their subsequent recognition. There might be different neural mechanisms between subsequent memory effects of high – and low – frequency characters. Second, the emergence of a subsequent memory effect may not depend on accessing preexisting representation.

Key words event-related potentials, subsequent memory effect, pre-existing representation, character frequency.