

图画优异性效果在编码和提取中的促进作用

米丽萍, 任福继

日本德岛大学工学部先端技术科学教育部, 日本德岛县 770-8502

摘要 为调查图画优异性效果, 比较了在编码和提取过程中图词和单词所诱发的 ERP (事件相关电位)。20 位中国留学生被分成 2 组, 分别参加了图词和单词记忆实验, 每个实验包含 12 个学习-测试序列。在图词记忆实验中, 120 幅图词组合被平均分成 12 组作为视觉刺激物呈现在学习阶段, 相同的 120 个单词呈现在单词记忆实验的学习阶段。在两个实验的测试阶段, 都只呈现单词作为记忆测试的刺激物, 每个序列里随机呈现 5 个旧单词和 5 个新单词。在学习阶段, 图词诱发的 FN400 比单词诱发的 FN400 波幅更大且持续时间更长。在提取阶段, 相对于单词条件, 图词条件的旧项目诱发了更显著的 FN400 熟悉性效果和晚期新旧效果。比较图词条件的新旧项目在提取阶段的 ERP 成分, 发现图词旧项目诱发了显著的 FN400 熟悉性效果和晚期新旧效果。但在提取阶段, 单词条件的新旧项目之间不存在显著的 FN400 波幅和晚期正成分波幅上的差异。因此推测, 由于图词同时进行的图像和语义双编码引起了图词旧项目在测试阶段被更快更好地回忆, 图画优异性效果主要表现为图画能增强编码和促进回忆。

关键词 事件相关电位; 编码; 回忆; 图画优异性效果; 熟悉性

中图分类号 B841.1

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)20-0080-07

Facilitative Effect of the Picture Superiority Effect During Encoding and Retrieval

MI Liping, REN Fuji

*Graduate School of Advanced Technology and Science,
The University of Tokushima, 770-8502, Tokushima, Japan*

Abstract In order to investigate the picture superiority effect, the event-related potential (ERP) is compared between the words combined with pictures (in the picture-word condition) and the pure words (in the word condition) during encoding and retrieval. Twenty Chinese overseas students are divided into two groups to participate in the two experiments, respectively. Each experiment consists of 12 sets of study-test. In the study phase of the picture-word memory experiment, 120 unambiguous line drawings of common objects combined with their Japanese nouns as stimuli are presented and are divided into 12 blocks of 10 items each, the same 120 Japanese nouns as stimuli are used in the study phase in the word condition. One test block includes 5 old (previously seen at the study phase)

and 5 new items. The task of the subject is to memorize the presented stimuli at the study phase. At the test phase, the subject answers "Yes" or "No" if he/she thinks the stimulus is seen or not at the study phase. Comparing the ERP components between the two conditions during encoding, FN400 has greater amplitude and lasts longer under the picture-word condition than under the word condition, and shows a frontal-central scalp distribution predominance, reflecting that the image encoding of the abundant perceptual information of picture is activated the frontal-central sites. The late positive component (LPC) has more positive portion and distributes broadly under the word condition than under the picture-word condition, which can be interpreted in this way: the greater LPC might be related to the much active verbal encoding of words. During the retrieval, considering the ERP components elicited by old items between the two conditions, the FN400 amplitude is much smaller and the LPC amplitude is much greater under the picture-word condition than under the word condition, reflecting the fact that with old words the picture-word condition elicits remarkably FN400 familiarity effect and the parietal old/new effect as compared to the word condition. In the picture-word condition, the P300 amplitude and LPC amplitude are greater, and the FN400 amplitude is smaller for old items than for new items.

收稿日期: 2009-07-20

基金项目: 科学研究补助金 (挑战萌芽研究) 项目 (21650030)

作者简介: 米丽萍, 博士研究生, 研究方向为认知科学、智能信息, 电子信箱: milypin@is.tokushima-u.ac.jp; 任福继 (通信作者), 教授, 研究方向为智能信息, 电子信箱: ren@is.tokushima-u.ac.jp

These results demonstrate that old terms under the picture-word condition not only elicit a remarkably FN400 familiarity effect but also elicit a significant parietal old/new effect. On the other hand, under the word condition, we fail to find a better FN400 familiarity effect and parietal old/new effect for old words. It is suggested that simultaneous image and verbal encoding under the picture-word condition elicit better and faster recollection than under the word condition during the memory test. The results demonstrate that the picture superiority effect is related to the ability of pictures enhancing encoding and facilitating recollection.

Keywords ERP; encoding; recognition memory; picture superiority effect; familiarity recollection

0 引言

记忆是一个对已获得的信息进行编码、存储和提取的过程。Baddeley^[1]认为,工作记忆负责存储和暂时加工复杂认知活动(例如学习和语言理解)中的信息。许多工作记忆的研究主要聚焦于母语的语言系统研究,鲜有双语者学习外语的研究报道,迄今尚未发现同时使用日语单词和图画作为刺激物研究图画增强中国日语学习者的日语记忆的研究。

记忆形成的神经机制是脑科学研究的重要课题。信息的短期存储和复述是记忆保持的关键,进而能被长期储存在脑中而获得知识。怎样提高信息短期存储量和减轻记忆负荷已成为热门研究。正像中国谚语所说,一幅图胜过千言万语。与单纯的词相比,图画能为语言描述提供无以伦比的丰富视觉信息。相对于单词,图画被证明能增强记忆。相对于以单词形式呈现的项目,图画的优异性效果已被证明,学习者更有可能记住以图画方式呈现的项目^[2]。目前,图画和单词的比较记忆已成为记忆研究的一个重要手段。

本研究致力于更进一步理解图画优异性效果的记忆神经基础,尤其是图画怎样影响认知记忆的两个重要因素——熟悉性和回忆。一个对熟悉性很敏感的被称作 FN400 的事件相关电位(Event-Related Potential, ERP)成分在 300~500 ms 间典型地出现在双侧前额部。Curran^[3]发现,熟悉的项目比未学过的项目在额部电极位置诱发了更大的正波波幅。另一个新旧效果成分主要在 500~800 ms 间出现在后部电极位置,这个晚期成分主要与回忆紧密相关,随着学习过的项目被正确认知,晚期正成分的正波波幅增大。根据以上观点,本研究预测学过的项目(旧项目)比未学过的项目(新项目)在提取阶段将诱发更正的 FN400 和 LPC。

大部分有关图画优异性效果的 ERP 研究聚焦于提取阶段的脑活动。然而,图画回忆是否更正确和更快地发生在提取阶段,依赖于它在编码阶段的丰富视觉信息加工、双码假想和感觉-语义假想争论图画的编码。双码假想阐述截然不同但又互相关联的图词加工机制共同负责于编码^[4],图画以图像编码呈现,单词以语汇编码呈现,但这些系统是互相关联的,以至

于任意一种形式能诱发另一种形式的编码^[5]。Paivio^[6-7]提出图画记忆的正确性将可能更好,因为它们更可能以图像和语汇编码(双码)呈现,相对于词,可增加它们被回忆起的可能性。另一方面,感觉-语义假想争论图画所进行的特色的视觉信息和特征加工引起记忆的唯一编码^[8]。相比单词,图画优异性效果的独特性可能引起对学过图画的更快回忆。

基于以上两种不同的编码假想,笔者设计了不同于传统的独特的单一图画刺激实验,即图词组合(同时呈现同一刺激物的图画和单词)作为图示刺激被应用于当前的研究中。为揭示图画优异性效果在单词记忆中的促进作用,比较了图词和单词在学习阶段的编码和记忆测试阶段的提取。笔者预测在记忆测试阶段,图词同时进行的更加活跃的图像和语义编码将比单词的单一语义编码引起更快更好的回忆。

本研究使用 ERP 技术,通过比较中国人学习日语过程中图词和单词的认知记忆,来调查在编码和提取过程中图画优异性效果的神经关联。ERP 技术不仅能记录编码和提取阶段的高时间分辨率的相关脑活动,还能提供有关波形的峰值头皮分布信息。这些优点有利于从时间和空间两方面探测编码和提取的神经机制。另外,还可向学习日语中国人提供生动、有趣、省力的学习方法。因此,笔者认为学习日语的中国人在记忆日语单词时最好利用图画优异性效果来促进日语单词记忆和减少记忆负荷。

1 方法

1.1 实验对象

20 位日本德岛大学的中国留学生(研究生)有偿参加实验(10 男 10 女,年龄为 24~29 岁,平均年龄为 26.1 岁)。所有被实验者日语水平为中级或一级,身体健康,右利手,视力或矫正视力正常,没有神经及其他心理疾病。其中 10 人参加图词记忆实验,10 人参加单词记忆实验。

1.2 刺激材料和设计

本研究由图词记忆、单词记忆实验两个实验组成。每一个实验有 12 个学习测试序列。在图词记忆实验的学习阶段,使用 120 幅普通物体的线条画(选自 Snodgrass 系列的 260 个普通物体的线条画)及其相对应的日语单词作为视觉刺激物呈现在学习阶段,将它们平均分成 10 个一组,共 12 组。在单词记忆实验的学习阶段,使用相同的 120 个单词作为刺激物,随机将它们分成 10 个一组,共 12 组。这样可以避免因实验材料的难度不同而带来的一些人为影响。为了方便与单词记忆实验结果的横向比较,在两个实验的测试阶段,都只呈现单词作为记忆测试的刺激物。在记忆测试阶段的每一个小组里,从学习阶段呈现过的 10 个刺激物里随机选取 5 个作为旧项目,另外再加上 5 个普通名词作为新项目呈现。在学习和测试阶段里,每一个刺激物的呈现时间是 2 s,其后紧随一个呈现时间为 1 s 的黑屏。为了有效减少亮屏引起被实验者的条件反射似的眨眼,所有刺激物都以白色字体黑背景呈现,水平视角为 2°~4.7°,垂直视角为 3°~4°。

1.3 实验程序

被实验者坐在隔音电磁屏蔽室的沙发上,距离呈现刺激物的电脑屏幕 150 cm,眼睛和刺激物保持水平,要求被试者在刺激呈现过程中尽量控制住眨眼和其他体动。为避免眼睛疲劳,被实验者可以在刺激物消失后 1 s 的黑屏呈现时间里眨眼。为保证实验的顺利进行和尽量提高有效的 ERP 记录,在实验开始之前向被实验者解释实验的内容、程序和要求,并且通过一个预备练习让被实验者熟练实验程序。刺激呈现方式为:① 学习阶段。首先在屏幕中央呈现一个英语单词“Study”2 s,提示被实验者学习阶段开始,随后出现一个呈现时间为 1 s 的黑屏。然后向被实验者呈现 10 个刺激物,呈现时间均为 2 s,要求被实验者记住呈现的刺激物。每两个刺激物之间都有一个呈现时间为 1 s 的黑屏。② 测试阶段。首先在屏幕中央出现一个呈现时间为 2 s 的英语单词“Test”,提示被实验者测试阶段开始,在“Test”消失后出现一个呈现时间为 1 s 的黑屏。然后向被实验者呈现 10 个测试刺激物,呈现时间均为 2 s,其中 5 个是学习阶段出现过的旧项目,5 个是第一次出现的新项目,新旧项目随机出现。每个刺激物之后都有一个呈现时间为 1 s 的黑屏,被实验者在黑屏出现的时间内回答刚才出现的刺激是旧项目还是新项目,如果是旧项目就回答“Yes”,如果是新项目就回答“No”(图 1)。每一个学习测试序列的时间为 66 s,被实验者在短时休息以后进行下一个学习测试序列。两个实验在被实验者之间取得平衡。

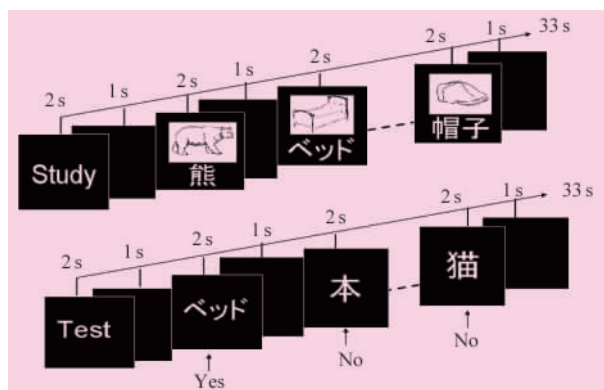


图 1 图词条件的实验程序示例

Fig. 1 Experimental block design under the picture-word condition

1.4 ERP 记录

采用日本 Kissei 公司的脑电记录分析系统。电极的放置采用国际 10/20 系统标准。利用 Ag/AgCl19 导电帽记录相应的 ERP,左眼眶上下侧的 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,以两耳垂为参考电极,接地点为 Fpz 和 Fz 的中点。脑电和 EOG 采样频率为 250 Hz,脑电带通滤波为 0.16~60 Hz,EOG 带通滤波为 0.16~15 Hz,电极阻抗为 <5 kΩ。将采集的数据存入计算机硬盘备用。

1.5 数据分析和处理

采集的 EEG 数据用 Kissei Comtec 公司的分析软件包 BIMUTASHI 进行离线叠加求出平均 ERPs 波形,分析时段取 -200~1 700 ms,排除眼动伪迹,确定分析时段为 100~250,250~400,400~600 和 600~900 ms 4 个时窗。求出 4 个时窗里各条件的 ERP 成分的潜时和波幅。

使用 SPSS 15 软件包对测量结果进行 3 因素 ANOVA 方差分析。学习阶段主要比较图词和单词两条件之间的编码。学习阶段的 3 因素为条件(2 条件:图词和单词条件)、半球(2 半球:左半球和右半球)、前后位置(3 水平:额区、中央区 and 顶枕区)。测试阶段比较:① 两条件之间的旧项目的提取,3 因素为条件(2 条件:图词和单词条件)、半球、前后位置;② 图词条件和单词条件的新旧项目的提取,3 因素为新旧项目、半球、前后位置。

分析 4 个时窗里两条件之间 4 个 ERP 成分(N170,P300, FN400,LPC)的潜时或波幅之间统计上的差异。在存在显著统计差异的条件间,再进行两样本 *t* 检验,求出 *t* 值和 *P* 值($P < 0.05$),以判定显著性差异存在的头部位置。

2 结果与分析

2.1 行为数据

测试阶段,图词条件的反应正确率(对新旧刺激物的正确判断数目与刺激物总数的比率)是 91.5%,单词条件的反应正确率是 87.3%。统计结果表明,测试阶段图词条件和单词条件的反应正确率存在显著性差异($t(18)=2.957, P=0.008$),说明在图词条件下,被实验者回忆单词比单词条件下更好、更正确。

2.2 ERP 结果

2.2.1 学习阶段(编码)

比较图词和单词条件在学习阶段时的编码 ERP,测量出两种条件编码时 N170、P300、FN400 和 LPC 的潜时和波幅。两条件、两半球、前后位置 3 因素 ANOVA 方差分析结果表明, FN400 和 LPC 的潜时和波幅存在非常显著的条件主效应(FN400 的潜时: $f(1, 36)=38.34, P<0.0001$;波幅: $f(1, 36)=36.18, P<0.0001$;LPC 的潜时: $f(1, 36)=11.64, P=0.002$;波幅: $f(1, 36)=24.75, P<0.0001$),也存在非常显著的条件与前后位置的交互作用(FN400 的潜时: $f(2, 35)=58.72, P<0.0001$;波幅: $f(2, 35)=58.83, P<0.0001$;LPC 的潜时: $f(2, 35)=26.52, P<0.0001$;波幅: $f(2, 35)=55.973, P<0.0001$)。ANOVA 方差分析结果表明,图词条件的 FN400 的波幅明显大于单词条件的 FN400 波幅,并且持续时间也显著长于单词条件。两种条件的 FN400 都显示了额中心部的分布优势,在枕颞叶甚至没有出现 FN400(图 2、图 3)。

相反,在中心部和后头部,单词条件的 LPC 的正波波幅明显大于图词条件的 LPC 的正波波幅,显示了后头部波幅大于中心部的分布特征。ANOVA 结果没有显示出条件、半球的交互作用。两样本 *t* 检验表明,两条件间的 FN400 波幅的显著性差异广泛分布于除枕颞通道以外的其他脑区;而 LPC 波幅

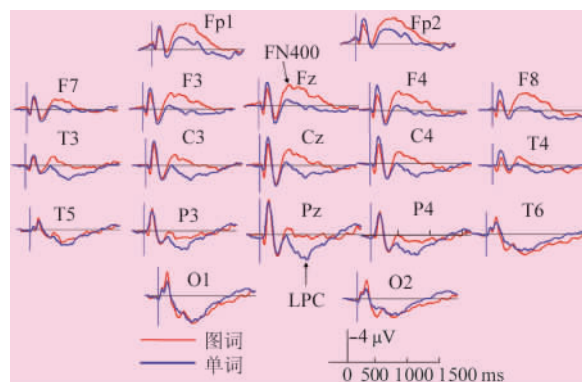


图2 学习阶段两条件间的 ERP 成分比较

Fig. 2 Comparisons of ERP components between the two conditions in the study phase

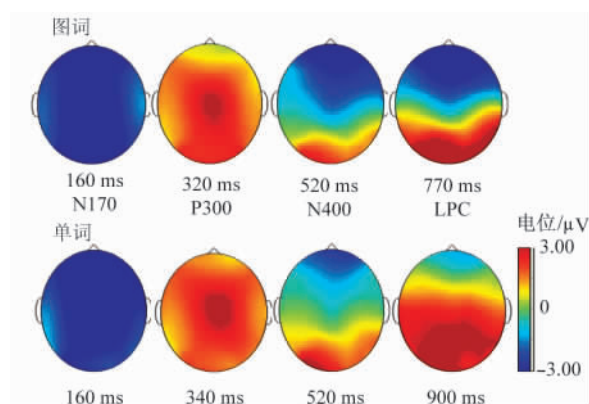


图3 学习阶段两条件间主要 ERP 成分的分布地形

Fig. 3 Topographic distributions of the primary ERP differences between the two conditions in the study phase

注:深红表示阳性电位,深蓝表示阴性电位

Notes: Positivity potential is indicated by dark red, negativity potential by dark blue

的显著性差异只局限于中心后头部的 Cz、Pz、P3、P4 电极位置。

2.2.2 测试阶段(提取)

测试阶段记录了图词条件和单词条件的新旧项目诱发的 ERP。本研究测量了 100~250, 250~400, 400~600, 600~900 ms 4 个时间窗的 N170、P300、FN400 和 LPC 的波幅大小和潜时。比较了 3 种情况下的 old/new 效应:即图词和单词条件的旧项目的 ERP 比较;图词条件下新旧项目的 old/new 效应;单词条件下新旧项目的 old/new 效应。对每一个时间窗进行了条件、半球、前后位置 3 因素 ANOVA 方差分析,对存在显著性差异的 ERP 成分进一步进行两样本 t 检验,确定存在显著性差异的脑区。

2.2.2.1 图词和单词条件旧项目的 ERP 比较

比较了在提取阶段(测试阶段)由图词和单词诱发的 ERP 的不同。图 4 显示了图词旧项目诱发的 P300 和 LPC 波幅大于单词旧项目诱发的 P300 和 LPC 波幅,在图词条件下,

P300 主要出现在中心后头部的中线内侧,即视觉区域。但是单词旧项目诱发的 FN400 的波幅大于图词旧项目诱发的 FN400 的波幅。条件、半球、前后位置 3 因素 ANOVA 方差分析结果表明, P300 ($f(1, 36)=5.78, P=0.02$) 和 FN400 ($f(1, 36)=7.368, P=0.01$) 的波幅存在显著的条件主效应。图词旧项目诱发的更大波幅的 P300 和更小波幅的 FN400 反映了图词旧项目的视觉信息重激活明显大于单词旧项目的视觉信息重激活。由于图词旧项目的丰富图像信息引起了在编码阶段进行更活跃的视觉信息处理,这些丰富的图像信息被自动存储在记忆中。在测试阶段,当图词旧项目再出现时,视觉皮层被重新显著激活。 t 检验结果表明, P300 波幅的显著性差异存在于 Cz ($t(18)=4.733, P<0.0001$) 和 Pz ($t(18)=6.033, P<0.0001$), FN400 的波幅差异主要存在于前额-中心部。

ANOVA 方差分析结果显示了各 ERP 成分的条件-前后位置的交互作用 (N170: $f(2, 35)=44.42, P<0.0001$; P300: $f(2, 35)=29.09, P<0.0001$; FN400: $f(2, 35)=41.42, P<0.0001$; LPC: $f(2, 35)=111.2, P<0.0001$)。这些结果表明,两条件间各 ERP 的头皮分布前后位置显著不同, N170 和 FN400 主要分布于前额叶, P300 和 LPC 主要分布于后部脑区,尤其是顶叶和枕叶。

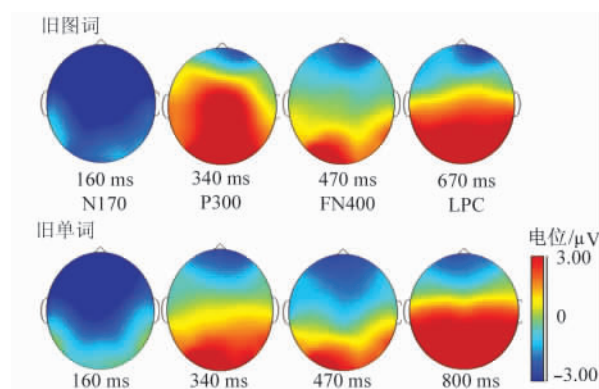


图4 测试阶段旧图词和旧单词诱发的主要 ERP 成分的分布地形

Fig. 4 Topographic distributions of the primary ERP components elicited by old picture-words and words at test phase

注:深红表示最大阳性电位,深蓝表示最大阴性电位

Notes: Positivity potential is indicated by dark red, negativity potential by dark blue

2.2.2.2 图词条件下新旧项目的 ERP 比较

比较图词条件在测试阶段新旧项目(新旧单词)诱发的 ERP 差异,新旧项目、半球、前后位置 3 因素 ANOVA 方差分析结果表明, P300 ($f(1, 36)=17.28, P<0.0001$), FN400 ($f(1, 36)=25.18, P<0.0001$) 和 LPC ($f(1, 36)=20.26, P<0.0001$) 波幅存在非常显著的项目主效应。表现为旧项目诱发的 P300 和 LPC 的波幅明显大于新项目的波幅,在前额-中心部,旧项目诱发的 FN400 的波幅明显小于新项目诱发的 FN400 波幅(图 5)。另

外,ANOVA 方差分析结果也显示,各 ERP 成分波幅的非常显著的项目-前后位置的交互作用(N170: $f(2, 35)=37.5, P<0.0001$; P300: $f(2, 35)=34.1, P<0.0001$; FN400: $f(2, 35)=41.7, P<0.0001$; LPC: $f(2, 35)=128.4, P<0.0001$)。ANOVA 方差分析结果证明了新旧项目的 FN400 潜时($f(1, 36)=528.8, P<0.0001$)和 LPC 潜时($f(1, 36)=202.5, P<0.0001$)存在显著性差异,表现为旧项目的 FN400 和 LPC 出现的时间比新项目的 FN400 和 LPC 的出现时间要早 100~200 ms,有力地说明了旧项目的认知回忆比新项目的认知加工要快得多,新旧项目之间在时间上也存在非常显著的新旧效应。 t 检验结果表明, LPC 波幅的显著性差异存在于 $P_z(t(18)=2.38, P=0.029)$, $O_1(t(18)=2.341, P=0.031)$ 和 $O_2(t(18)=2.135, P=0.047)$ 。

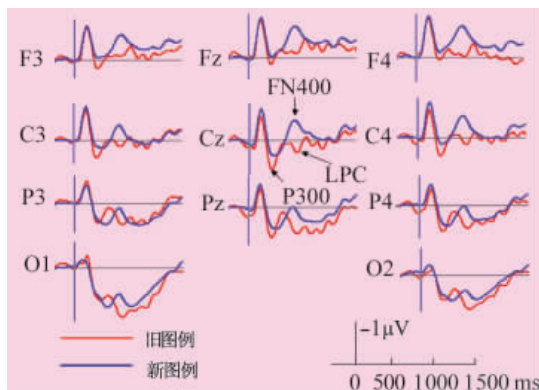


图 5 测试阶段图词条件下新旧项目的 ERP 比较

Fig. 5 Comparison of ERP components elicited by old/new items under the picture-word condition in the test phase

2.2.2.3 单词条件下新旧项目的 ERP 比较

比较单词条件在提取阶段新旧项目诱发的 ERP 差异,新旧项目、半球、前后位置 3 因素 ANOVA 方差分析结果表明,新旧项目的 N170 波幅($f(1, 36)=4.45, P=0.043$)和 P300 波幅($f(1, 36)=17.93, P<0.0001$)存在非常显著的项目主效应,另外各 ERP 成分在波幅上存在项目和前后位置的交互作用($P<0.0001$)。图 6 表明,新项目的 N170 和 P300 的波幅都明显大于旧项目,虽然新旧项目间没有发现 FN400 和 LPC 在波幅上有显著性差异,但是 ANOVA 结果显示在潜时上有着非常显著的差异性(FN400: $f(1, 36)=234.3, P<0.0001$; LPC: $f(1, 36)=468.4, P<0.0001$),说明旧单词比新单词的认知记忆快,时间上存在非常显著的新旧效应。

t 检验结果表明,新单词诱发的 N170 波幅显著小于旧单词诱发的 N170 波幅,显著性差异主要分布在 $P_3(t(18)=2.237, P=0.031)$ 和 $P_z(t(18)=2.286, P=0.035)$,新单词诱发的 P300 波幅明显大于旧单词诱发的 P300 波幅,这些显著性差异主要分布在中心后头部的 $C_3(t(18)=3.27, P=0.004)$, $P_3(t(18)=2.74, P=0.014)$, $O_1(t(18)=2.24, P=0.038)$, $C_z(t(18)=2.54, P=0.02)$ 和 $P_z(t(18)=2.46, P=0.024)$ 。

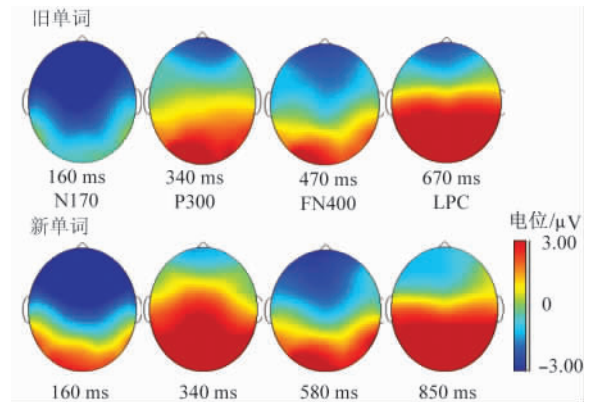


图 6 测试阶段单词条件下新旧单词诱发的主要 ERP 成分分布

Fig. 6 Topographic distributions of the primary ERP

component elicited by old and new words in the test phase

注:深红表示最大阳性电位,深蓝表示最大阴性电位

Notes: Positivity potential is indicated by dark red, negativity potential by dark blue

3 讨论

本研究通过比较图词和单词在编码和提取时诱发的 ERP 差异,探索图画优异性效果的记忆神经机制,比较了图词和单词在学习阶段的编码,图词和单词条件间旧项目在测试阶段的提取,图词条件、单词条件下新旧项目的 old/new 效应。

3.1 图词和单词在学习阶段的编码

在编码过程中,虽然 ANOVA 方差分析结果没有发现两条件间存在 N170 波幅的统计上的显著性差异,但是实际上在右前头叶和枕叶电极,图词的 N170 波幅比单词的 N170 波幅小得多。因为图词条件的刺激物是图画加单词,在编码时被试同时进行了图像和语义编码。图画丰富的视觉信息更加激活枕叶的视觉区,减少视觉加工负荷,因此导致图词的 N170 波幅小于单词的 N170 波幅,并且储存在记忆里的图像表征更加生动深刻。笔者预测,在提取阶段,相对单词的单一语义编码,图词活跃的视觉图像编码将引起更大的熟悉性。

有研究^[10-12]报道,在图示刺激编码时,右前头叶的激活大于左下前头叶,并且更强的激活能预示随后的记忆成绩。在提取阶段记住的图画项目比忘记的项目在编码期间的激活更大。并且右前头叶激活可能与联想的技巧性记忆策略相关,中心-后头部的激活与死记硬背记忆策略相关。与以往研究一致的是,本研究发现在图词条件的编码过程中,右前头叶的激活大于左前头叶,右前头叶的 FN400 波幅比左前头叶的大。但与以往研究不同,本研究发现不仅图词条件的 FN400 波幅比单词条件的更大,且持续时间更长,分布范围更广,显示了一个前头叶明显大于后头部的右前头叶-中心部分布优势。对此结果的解释是,以往研究的图示刺激只是单一的线条图画,本实验中图词条件的刺激物是图词的组合。被实验者同时进行图像和语义双编码,即看到单词和图以后,马上

就明白了单词的意义,不需要再像单词编码那样思考单词的语义,因此,图词的语义编码比单词的语义编码简单。同时被实验者又自然而然地利用图画丰富的视觉信息进行图像编码,采用联想的技巧性记忆策略,通过记忆图画的表象来帮助记忆单词的语义。这样,图词就以更准确的语义和更丰富的表征储存在记忆中,因此,在随后的提取中,图词比单词的回忆更正确。因为图词条件同时进行了图像和语义双编码,所以在负责语义处理的枕颞叶,图词和单词诱发的 ERP 几乎没有差别。但是图词的双编码更加激活了其他脑区,特别是在图像加工占优势的右前头叶,图画的视觉特征编码更加强烈地激活右前头叶,导致图词诱发的 FN400 波幅明显大于单词诱发的 FN400 波幅。

与图词诱发的 LPC 相比,单词诱发的 LPC 波幅明显更大且分布范围更广。其原因在于,本研究要求被实验者记住在学习阶段呈现的单词或者词图,告诉他们随后要进行记忆测试。因为单词只进行单一的语义编码,所以被实验者在编码阶段对呈现的单词进行语义处理,识别它的词义以后,可能采取死记硬背的记忆策略来记忆单词,这种记忆策略增加了记忆负荷,需要大部分脑区来参与编码活动,因而导致 LPC 广泛分布于整个脑区。综上所述,本研究预测图词更活跃的双编码将引起随后更好的视觉熟悉性和回忆。

3.2 提取阶段图词/单词新旧项目的 ERP 比较

在图词条件的提取阶段,ANOVA 方差分析结果显示了旧项目诱发的 P300 波幅在中心-头顶叶明显大于新项目诱发的 P300 波幅,旧项目诱发的 FN400 波幅明显小于新项目诱发的 FN400 波幅,旧项目诱发的 LPC 波幅明显大于新项目诱发的 LPC 波幅。并且,旧项目的 P300、FN400 和 LPC 的出现时间明显比新项目的相应 ERP 成分出现得早。有研究^[3,13-14]报道 FN400 新旧效果与熟悉性相关,旧项目诱发出较小的 FN400 波幅。本研究的实验结果支持以往研究^[3,13-14]的观点,在本实验中图词旧项目的 FN400 波幅更小。图词在编码阶段进行了图像和语义双编码,更丰富的视觉表征储存在记忆中。在提取这些信息时,储存在记忆中的丰富的视觉表现被重复呈现的旧项目重新激活,产生了很大的熟悉性,导致旧项目的 FN400 波幅显著小于新项目的 FN400 波幅。而新项目是第一次出现,被实验者必须对它们进行语义处理,因此出现很显著的 FN400。有研究^[13-15]指出,出现在后头部的晚期新旧效果与回忆相关联。与此一致的是,在本研究中, t 检验显示了新旧项目的 LPC 波幅的显著性差异主要存在于顶枕叶的 Pz、O1 和 O2,旧项目诱发的 LPC 波幅明显大于新项目诱发的 LPC 波幅,旧项目 LPC 的出现时间比新项目早 170 ms,且持续时间短得多。这些结果说明旧项目显示了显著的晚期新旧效果,被实验者对旧项目的回忆比对新项目的回忆更快、更好。本研究中当回忆更好时,旧项目的 LPC 出现的更早和持续的时间更短,一个可能的解释是 LPC 出现和持续的时间可能依赖于需要完成回忆的时间量。当回忆旧项目的时候,由于熟悉性的促进作用,FN400 结束得快,导致 LPC 出现得也早。由于

从记忆中提取旧项目的回忆更容易,所以 LPC 也结束得更快。因此,在本研究中,图词旧项目不仅诱发了显著的 FN400 熟悉性效果,也诱发了显著的晚期新旧效果。这归因于图画优异性效果在编码和提取中发挥的促进作用,促使被试者更快更好地记忆和回忆图词条件的旧项目。

在单词条件的提取阶段,ANOVA 方差分析结果显示,新旧项目之间存在 N170 和 P300 波幅的显著性差异以及 FN400 和 LPC 在潜时上的显著性差异,但是没有发现 FN400 和 LPC 波幅存在统计上的显著性差异。这些结果说明旧词比新词回忆得更快,但是没有明显的证据证明旧词比新词回忆得更好,因为新旧词之间没有明显的 FN400 熟悉性和 LPC 晚期新旧效果的差异。

3.3 提取阶段图词和单词间旧项目的 ERP 比较

图词条件、单词条件下的比较显示了图词条件存在显著的前头叶 FN400 熟悉性和 LPC 晚期新旧效果,单词条件的新旧词之间没有明显的 FN400 熟悉性和 LPC 晚期新旧效果的差异。为了更清楚地阐明图画优异性效果,比较两条件之间的 ERP,本研究发现图词的旧项目诱发的 P300 比单词旧项目诱发的 P300 波幅大很多, t 检验显示了在中心-头顶位置的 Cz 和 Pz 电极点存在显著性差异。相关研究^[5,16]指出,图画比单词拥有更大的知觉和概念上的特殊性,本研究结果支持上述观点。在本研究中,图示和语义刺激的双编码自动加深语义水平的加工和储存丰富的视觉表征,导致了基于概念的信息和详细的视觉信息的储存。这两种不同形式的信息有助于图画的认知,产生图画优异性效果。因此在提取阶段,图词旧项目诱发的更大波幅的 P300 显示了图词具有更大的知觉和概念特殊性。

Paivio^[6-7]认为,图画被记忆得更好是由于它们以图像和语义两种编码形式呈现,增加它们被随后回忆起来的可能性。本研究结果支持上述图画优异性效果的观点。本研究中 ANOVA 方差分析结果发现两条件的旧项目诱发的 FN400 波幅存在统计上的显著性差异, t 检验表明 FN400 波幅的显著性差异主要存在于中心-前额部,单词旧项目诱发的 FN400 波幅大于图词旧项目诱发的 FN400 波幅。这一结果证明图词旧项目比单词旧项目的 FN400 熟悉性效果更大。FN400 的熟悉性效果是一种不需要意志努力、自然产生的效果。这一图画优异性效果促进了图词旧项目在随后的提取阶段被更快地认知和回忆。LPC 是与回忆紧密相关的一种晚期阳性电位,LPC 的波幅越大表明回忆更好,潜时越短表明进行回忆所需时间越少,也就是回忆更快。虽然本实验结果没有发现图词和单词旧项目存在 LPC 波幅上的显著性差异,但是存在潜时上的显著性差异,说明被试者回忆图词旧项目比回忆单词旧项目要快得多。在时间上,图词条件比单词条件有着更大的晚期新旧效果。

4 结论

掌握丰富的词汇量是学好外语的重要前提,但也是外语

学习的一大难点。在日语学习中,如何轻松有效地记忆日语单词成为日语教育的热门研究。本研究聚焦于日语单词记忆时图画优异性效果的神经机制研究,从脑科学的角度阐明了图画优异性效果在编码和提取过程中的促进作用。本研究发现,当图示刺激物被编码时,前头叶被强烈激活,图画优异性效果主要表现为图画能增强编码和促进回忆。基于此结果,笔者建议改进日语教材和学习资料,注重教材的图文并茂,增强对学习者的视觉冲击和留下强烈的感官印象。另外,在教学过程中,教师不能拘泥于传统的灌输式教法,而应当运用现代多媒体教学手段,从视觉、听觉甚至触觉方面给学习者全方面的感觉刺激,使广泛的脑区被激活,尤其是前额叶被激活。前额叶掌管着注意、记忆、思考、创造以及行动和情绪的控制,与记忆功能有着密切的关系。充分发掘大脑的潜力,增强记忆力,在学习过程中强烈激活前额叶,增强编码和促进回忆已成为科学有效的日语教学的评估标准。

致谢 该研究完成于日本德岛大学综合科学部荒木秀夫教授的行动控制实验室,荒木教授为本研究提供了很多宝贵意见。感谢参与本实验的 20 位日本德岛大学的中国留学生。本研究得到科学研究辅助金资助。

参考文献 (References)

- [1] Baddeley A D. Working memory[J]. *Science*, 1992, 225: 556-559.
- [2] Nelson D L, Reed U S, Walling J R. Picture superiority effect[J]. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 1976, 2: 523-528.
- [3] Curran T. Brain potentials of recollection and familiarity [J]. *Mem Cogn*, 2000, 28: 923 - 938.
- [4] Paivio A. Imagery and verbal processes [M]. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971.
- [5] Mintzer M Z, Snodgrass J G. The picture superiority effect: Support for

- the distinctiveness model[J]. *Am J Psychol*, 1999, 112: 113-146.
- [6] Paivio A. Mental representations: A dual coding approach [M]. England: Oxford University Press, 1986.
- [7] Paivio A. Dual coding theory: Retrospect and current status [J]. *Candian Journal of Psychology*, 1991, 45: 255-287.
- [8] Nelson D L. Remembering pictures and words: Appearance, significance, and name [C]//Cermak L S, Craik F I M. Levels of Processing in Human Memory. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1979, 45-76.
- [9] Brewer J B, Zhao Z, Desmond J E, et al. Making memories: Brain activity that predicts how well visual experience will be remembered[J]. *Science*, 1998, 281(5380): 1185-1187.
- [10] Rugg M D, Fletcher P C, Chua P M, et al. The role of the prefrontal cortex in recognition memory and memory for source: An fMRI study[J]. *Neuroimage*, 1999, 10(5): 520-529.
- [11] Wagner A D, Schacter D L, Rotte M, et al. Building memories: Remembering and forgetting of verbal experiences as predicted by brain activity[J]. *Science*, 1998, 281(5380): 1188-1191.
- [12] Brandon A, Ally Ph D, Andrew E, et al. The worth of pictures: Using high density event-related potentials to understand the memorial power of pictures and the dynamics of recognition memory [J]. *NeuroImage*, 2007, 35: 378-395.
- [13] Woodruff C C, Hayama H R, Rugg M D. Electrophysiological dissociation of the neural correlates of recollection and familiarity [J]. *Brain Research*, 2006, 1100: 125-135.
- [14] Friedman D, Johnson Jr R. Event-Related Potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: A selective review [J]. *Microsc Res Tech*, 2000, 51: 6-28.
- [15] Stenberg G, Radeborg K, Hedman L R. The picture superiority effect in a cross-format recognition task [J]. *Memory and Cognition*, 1995, 23: 425-441.
- [16] Weldon M S, Roediger H L. Altering retrieval demands reverses the pictures superiority effect [J]. *Memory and Cognition*, 1987, 15: 269-280.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



“第 4 届中国可信计算与信息安全学术会议”征文

由中国计算机学会容错专业委员会主办,北京工业大学和国家信息中心承办的“第 4 届中国可信计算与信息安全学术会议”拟于 2010 年 5 月 22-24 日在北京举行。

会议现面向相关专家学者、研究开发者、工程技术人员征稿,重点征集可信计算与信息安全理论和技术方面的研究论文。征文范围包括:可信计算理论,可信软件,可信计算体系结构,安全测试,网络与通信安全,密码学,信息隐藏,可信计算与信息安全应用等。征文截稿日期:2009 年 12 月 10 日。

会议网站:www.tc2010.org

通信地址:北京市朝阳区平乐园 100 号北京工业大学计算机学院(100124)

联系人:张兴(zhangxing@bjut.edu.cn);王勇(wangy@bjut.edu.cn)

电话:010-67392370-83