

# 词汇的获得年龄效应:ERP研究\*

白学军 王丽红 吕勇 胡伟

(天津师范大学 心理与行为研究院,天津 300074)

**摘要:**采用听觉呈现条件下的词汇判断任务和ERP技术探讨了汉语双字词获得年龄效应。结果发现:1)在行为数据上,同晚获得词相比,早获得词的反应时更短且错误率更低。2)在ERP数据上,早获得词和晚获得词所诱发的LPC(800ms~1000ms)的平均波幅存在显著差异,同晚获得词相比,早获得词所诱发的LPC波幅更大,且这种差异主要是在中央顶区,说明获得年龄是影响汉语双字词识别的一个重要因素,获得年龄效应出现在认知加工进程的后期。

**关键词:**获得年龄效应;事件相关电位;LPC;N540

**中图分类号:**B842.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5184(2010)01-0021-06

## 1 引言

词汇的获得年龄(age of acquisition, AoA)指个体以口语形式或书面语形式接触到某个词并理解其意义的年龄。研究发现,个体对早获得的词加工要比晚获得的词加工更快且更准确,并将此现象称为词汇的获得年龄效应<sup>[1]</sup>。词汇的获得年龄效应最初是在图片命名任务中发现的,随后,又在语义分类、阅读、视觉词汇判断及听觉词汇判断等任务中得到证实。

在汉语词汇的获得年龄效应的行为研究方面,陈宝国等人的研究采用单词、图片命名及词汇判断任务发现了视觉词汇获得年龄效应的存在,认为获得年龄效应是相对于词频效应而独立存在的<sup>[2-8]</sup>。近年来,研究者采用fMRI技术和ERP技术,探讨了拼音文字(如英文)的词汇获得年龄效应。Fiebach等通过fMRI技术,分别采用视觉任务和听觉任务来探讨获得年龄和词频对词汇识别的影响。结果发现,在阅读英文词汇时,词汇获得年龄因素影响大脑神经的活动。早获得词在听觉皮层产生更多的激活,而晚获得词在额叶后下回区产生更多的激活。这表明早获得词和晚获得词在大脑中的表征方式不同,其中,早获得词在大脑中是以更直观的方式加以表征的<sup>[9]</sup>。Tainturiera等以英语抽象词为刺激材料,让被试执行听觉词汇判断任务,结果发现ERP中P300成分与词汇的获得年龄因素有关。早获得词能够诱发波幅更大、潜伏期更短的P300成分<sup>[10]</sup>。

Cuetos等也使用ERP技术探讨了词频和获得年龄在视觉词汇识别中的作用,结果发现词频仅影响词汇识别的早期,而获得年龄效应则在词汇识别的后期起到作用。但是这些研究都是以拼音文字(如英文和法文)等语言所取得的<sup>[11]</sup>。在Tainturiera等的研究中,选用抽象词作为刺激材料似乎并不能很好的对获得年龄做更好的区分,并且在词汇筛选中也没有做更严格的控制。

相对于视觉语言,听觉语言具有方向性、连续性和及时性等特点。而汉语听觉词汇更具有特殊性。一些关于词汇加工的研究发现了汉语听觉词汇加工具有与拼音文字不同的机制,声调信息、词的多义信息及词汇在正字法和语音上的家族相似度均对词汇加工起作用<sup>[12-14,8]</sup>。

研究关注了汉语听觉词汇加工中,词汇的获得年龄这一因素是否起作用,如果词汇的获得年龄这一因素起作用,其作用产生于词汇识别的哪一个阶段?研究在以下两个方面在前人研究的基础进行了改进。首先,选择汉语的双字词为材料,因为在汉语中双字词所占比例要明显高于汉语单字词<sup>[15]</sup>;且所有材料均为具体名词,这主要考虑在儿童习得词汇的早期最先习得的是具体名词,这样能够对获得年龄做更好的区分。其次,针对汉语听觉词汇的特点,对实验材料进行了更为严格的控制,所选择出的早获得词和晚获得词,研究控制了它们的词频、具体性、意象性、词类以及首词、尾词的声调,即早获得词

\* 基金项目:全国高等学校优秀博士论文作者专项资金(200708),教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(05JJDXLX003, 08JJDXLX266)。

通讯作者:吕勇, E-mail: ly6312@163.com。

和晚获得词在这些因素上完全匹配,这样可更深入探讨词汇获得的年龄效应。

## 2 方法

### 2.1 被试

本科生 16 名(8 男,8 女),年龄在 20~23 岁之间(平均年龄 21 岁),身体健康,普通话标准,所有被试的听力正常,均为右利手。实验后付给一定的报酬。

### 2.2 实验材料

实验材料由 98 个真词和 294 个假词构成。其中真词包括 49 个早获得词和 49 个晚获得词。实验中材料以声音的形式呈现。材料的具体筛选过程如下:

真词材料来自于 Snodgrass 等人(1980)的图片名称<sup>[16]</sup>,共 400 个具体名词,根据前人词汇的获得年龄测定方法,研究采用 11 点主观评定法,对每 400 个词的获得年龄进行评定。60 名大学生对 400 个具体名词进行评定。其中“1”表示 0~2 岁之间获得;“2”表示 2 岁获得,依此类推,“11”表示 11 岁及 11 岁以上获得。每个词的词频是通过查阅《现代汉语频率词典》<sup>[17]</sup>获得。由 40 名大学生对这 400 个词的具体性进行 1~7 的等级评定。“7”表示这个词所指代的事物能被人直接感知、非常具体,或者说具有形象;“1”表示这个词所指代的是非常抽象的内容,没有具体的形象。从 1~7 表示抽象性逐渐减弱,具体性逐渐增强。请另外 40 名大学生对这些词的意象性进行 1~7 的等级评定,1 代表很难或根本不能唤起心理图画,7 代表能够立即、非常容易的唤起心理图画。从 1 到 7 唤起心理图画的能力逐渐增强。

最后筛选出 49 个早获得词和 49 个晚获得词,它们的具体性、意象性及词频见表 1,双字词首字、尾字声调见表 2。

表 1 早获得词与晚获得词的 AOA、具体性、意象性和词频

	早获得词	晚获得词	<i>t</i>	<i>p</i>
AOA	4.01(0.57)	7.57(0.85)	-24.287	0.000
具体性	6.36(0.41)	6.21(0.49)	1.680	0.096
意象性	6.21(0.23)	6.12(0.36)	1.444	0.152
词频	110.29(402.17)	122.6265(292.21)	-0.174	0.863

从表 1、表 2 中可以看出,词的获得年龄有显著差异,其它方面没有差异,能够满足实验的需要。

实验材料的录制采用 Wavecn 软件,由普通话标准的女声读出,经 16 位 A/D 转换录制于电脑中,采样频率 22050Hz,经声音编辑软件处理,使左、右声道完全相同,且每个词的声音文件长度控制在 650~750ms 之间。

表 2 早、晚获得词首字、尾字声调

	早获得词		晚获得词		$\chi^2$	<i>p</i>
	首字	尾字	首字	尾字		
一声	7	17	9	13	2.184	0.535
二声	18	8	15	16		
三声	12	18	14	9		
四声	12	6	11	11		

### 2.3 实验程序

被试坐在隔音电磁屏蔽室内的沙发里,双手拿着反应键盒(被试使用贴有“1”的一个反应键),头戴 64 导电极帽。刺激通过耳机以 80dB(SPL)双耳呈现。声音文件长度在 650~750ms 之间,被试的任务是尽可能又快又准确地判断听到的每个刺激是否为词。若是词,尽快按“1”键;若不是词,不反应。被试的反应限定时间为 1600ms(1600ms 内包括呈现声音文件的时间),如果在 1600ms 内反应,则反应后持续 1300ms 出现下一个刺激,即反应与下一个刺激的开始的间隔时间是 1300ms;如果在 1600ms 内不反应,则接下来持续 1300ms 出现下一个刺激。反应时从刺激开始记录。

实验的刺激系列被分成两个区组,每个区组均包括 12.5%早获得词,12.5%晚获得词,75%假词。刺激呈现是随机的。实验中对区组顺序和反应手做了平衡。为了减少不必要的眼动,实验中要求被试注视屏幕上的一个红点。实验之前先有一个练习程序,以确保被试理解实验任务。两个区组之间有 5 分钟短暂休息。

### 2.4 脑电记录与分析

采用美国 NeuroScan 公司生产的 ESI-64 导脑电记录系统。记录 EEG 的 Ag/AgCl 电极按照国际 10-20 系统标准固定于电极帽上。参考电极为左右乳突的均值,具体是,在记录中所有电极参考置于左乳突的一只参考电极,离线分析时再次以置于右乳突的一只有效电极进行再参考,即从各导联信号中减去 1/2 该参考电极所记录的信号。前额际下 1cm 处接地,垂直眼电(VEOG)与水平眼电(HEOG)均为双极记录,VEOG 电极分别置于左眼眶上和眶下正中,HEOG 置于左右外眦外侧。头皮电阻小于 5k $\Omega$ ,模拟滤波带通为 0.05~100Hz,采样频率为 500Hz/导。分析时程(epoch)从刺激出现前 200ms 开始,持续到刺激出现后 1200ms。

剔除行为数据中被试错误反应、重复反应以及偏离平均数正负三个标准差的数据;同时,结合 Neuroscan 软件剔除伴有眨眼伪迹过多的被试数据以及被试做出错误反应、重复反应,波幅超过  $\pm 100 \mu\text{V}$  者在叠加时被剔除。对 EEG 分类叠加,共得到假词、早习得词、晚习得词产生的 3 类 ERP,叠加次数均超过 40 次,如图 1 所示。用 Neuroscan 的自动波幅测量软件,分别测量 ERP 曲线中脑电成分的波幅和峰潜伏期。

用 SPSS 统计软件包对反应时、错误率进行重复测量方差分析。该因素的三个水平分别为假词、早习得词、晚习得词。在对脑电成分的波幅和潜伏期进行重复测量方差分析

时,加入了电极位置因素。多因素方差分析采用 Greenhouse-Geiss 法校正。

### 3 结果

#### 3.1 行为结果

实验的行为数据是被试完成词汇判断任务的正确反应时和错误率。剔除反应时在三个标准差之外的数据(剔除 1% 的数据)。结果发现:早获得词的反应时(994.18ms ± 79.19)与晚获得词的反应时(1015.50 ms ± 56.67)之间差异显著,  $t_{(15)} = -2.190, p < 0.05$ , 早获得词的反应时短于晚获

得词的;在错误率上,早获得词的错误率(0.10 ± 0.05)显著低于晚获得词(0.14 ± 0.08)的,  $t_{(15)} = -2.199, p < 0.05$ 。

#### 3.2 ERP 波形结果

图 1 分别标明了由三类词所诱发的 ERP 波形。可以看出,三类词均诱发出明显的 N130 成分,之后是一个正波 P220。P220 之后,有一个分布广泛的负向波,波峰位于约 540ms(N540),N540 成分主要分布在中央顶区, CPz 处最大。N540 之后,是一个正波(晚正成分-LPC),波峰约为 900ms,主要分布在中央顶区和顶区,最大峰在 Pz 点。

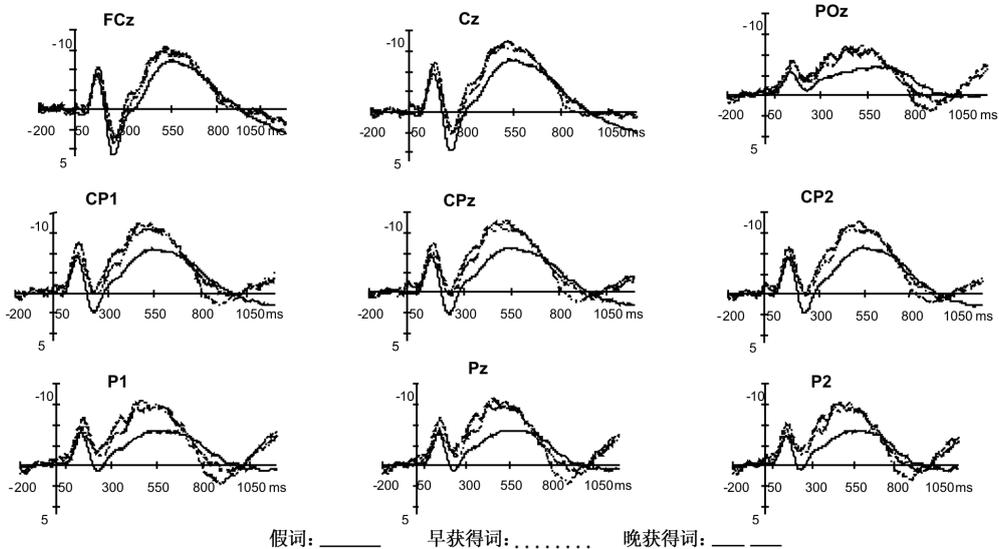


图 1 被试在三种条件下各个电极上的总平均图

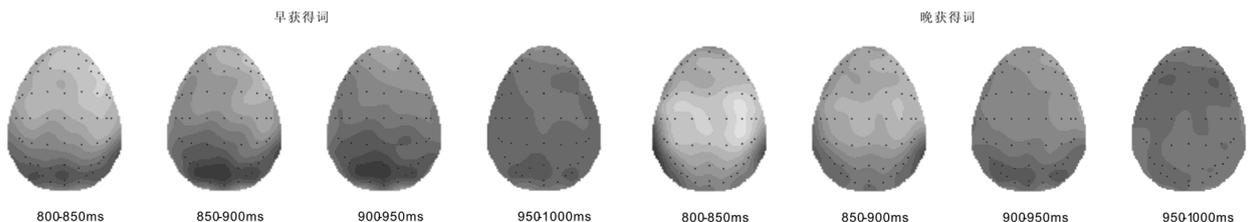
由于在研究中刺激材料采用听觉呈现,并且均为双字词。不同于视觉呈现,双字词两个汉字的呈现存在时间上的先后关系,在词汇呈现的 300ms 以前的一段时间,被试仅对第一个汉字的读音进行编码,因此在数据分析中对 300ms 以前的成分不做分析。根据已有研究和总平均图,将 N540 和 LPC 的时间窗口分别设定为: N540: 300~750ms; LPC: 800~1000ms。在研究中由于 N540 成分的时间窗口较长,为了更细致的寻找差异,将 N540 成分分为 300~450, 450~600, 600~750ms 3 个时间窗口进行平均波幅的分析。选取的记录电极是: FCZ, CZ, CPZ, CP1, CP2, PZ。对 LPC 成分分析时所选取的记录电极是: CZ, CPZ, PZ, P1, P2, POZ, 以平均波幅为测量指标。

在以下的统计分析中,词汇类型因素中包括假词、早获得词和晚获得词三个水平,但由于研究关心的是早获得词和晚获得词的差异,所以对假词所带来的差异在下文中均不做讨论。

##### 3.2.1 LPC

对于 LPC 的平均波幅值进行 3(词类:早获得词、晚获得词、假词) × 6(电极位置: CZ, CPZ, PZ, P1, P2, POZ) 的重复测量方差分析。

统计结果表明,词类主效应显著,  $F_{(2,30)} = 12.847, p < 0.001$ ,早获得词和晚获得词之间存在显著差异,假词和早获得词、晚获得词之间显著差异(早获得词: 0.741uv ± 0.426, 晚获得词: -0.108uv ± 0.312, 假词: -0.909uv ± 0.194)。同晚获得词相比,早获得词所诱发的 LPC 波幅更大,而假词所诱发的波幅更小。电极位置主效应显著,  $F_{(5,75)} = 13.496, p < 0.001$ 。LPC 的最大峰出现于 POZ(0.25uv),电极和词类的交互作用显著,  $F_{(10,150)} = 10.690, p < 0.001$ 。简单效应分析结果表明,在 CPZ, PZ, P1, P2, POZ 电极上,早获得词与晚获得词均存在显著差异(t 值分别为 2.33, 2.88, 2.84, 2.39, 2.39),皆为早习得词波幅大于晚习得词。脑地形图(图 2)亦验证了相同的时间进程中早获得词与晚获得词在相关脑区确实存在不同。同时,从图 3 中可以更为直观的看出两类词引发的该成分的头皮分布的不同。



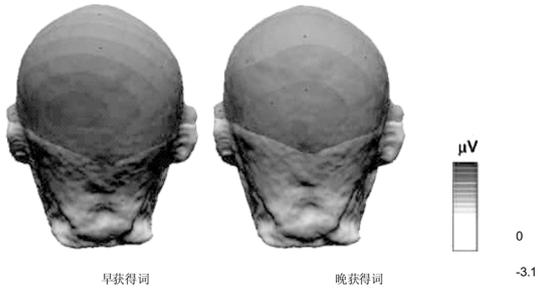


图3 早、晚获得词关于LPC成分头皮分布的三维脑地形图

### 3.2.2 N540

#### 1) 时窗 300~450ms 的平均波幅

对时窗 300~450ms 的平均波幅进行 3(词类:早获得词、晚获得词、假词)×6(电极位置:FCZ、CZ、CPZ、CP1、CP2、PZ)的重复测量方差分析,结果表明词类主效应显著,  $F_{(2,30)} = 21.619, p < 0.001$ ,假词与早获得词、晚获得词之间均存在显著差异(假词:  $-2.599 \mu\text{v} \pm 0.686$ ;早获得词:  $-4.851 \mu\text{v} \pm 0.784$ ;晚获得词:  $-5.599 \mu\text{v} \pm 0.746$ ),而早获得词和晚获得词之间差异不显著。与早获得词和晚获得词相比,假词所诱发的波幅更小。电极位置主效应显著,  $F_{(5,75)} = 7.417, p < 0.01$ ,在该时间窗口内 N540 的最大峰位于 CPZ(4.90 $\mu\text{v}$ )。电极和词类的交互作用显著,  $F_{(10,150)} = 4.476, p < 0.001$ 。简单效应分析表明在所有电极上,假词与早获得词、晚获得词之间显著差异,假词的平均波幅显著小于早获得词和晚获得词的;在所有电极上,早获得词与晚获得词之间不显著差异。

#### 2) 时窗 450~600ms 的平均波幅

对时窗 450~600ms 的平均波幅进行 3(词类:早获得词、晚获得词、假词)×6(电极位置:FCZ、CZ、CPZ、CP1、CP2、PZ)的重复测量方差分析。结果表明,词类主效应显著,  $F_{(2,30)} = 16.070, p < 0.001$ ,假词与早获得词、晚获得词之间差异显著(假词:  $-5.474 \mu\text{v} \pm 0.737$ ;早获得词:  $-7.854 \mu\text{v} \pm 0.757$ ;晚获得词:  $-7.898 \mu\text{v} \pm 0.752$ ),而早获得词和晚获得词之间差异不显著。与早获得词和晚获得词相比,假词所诱发的波幅更小。电极位置主效应显著,  $F_{(5,75)} = 2.340, p < 0.05$ ,在该时间窗口内 N540 的最大峰位于 CZ(7.45 $\mu\text{v}$ )。电极和词类的交互作用显著,  $F_{(10,150)} = 6.016, p < 0.001$ 。简单效应分析表明在 CZ、CPZ、CP1、CP2、PZ 五个电极上,假词与早获得词、晚获得词之间显著差异;在 FCZ 电极上假词与早获得词差异显著,与晚获得词不显著,假词的平均波幅显著小于早、晚获得词。在所有电极上,早获得词与晚获得词之间差异不显著。

#### 3) 时窗 600~750ms 的平均波幅

对时窗 600~750ms 的平均波幅进行 3(词类:早获得词、晚获得词、假词)×6(电极位置:FCZ、CZ、CPZ、CP1、CP2、PZ)的重复测量方差分析。结果表明,词类主效应不显著(假词:  $-4.950 \mu\text{v} \pm 0.742$ ;早获得词:  $-5.786 \mu\text{v} \pm 0.744$ ;晚获得词:  $-5.775 \mu\text{v} \pm 0.829$ ),  $F_{(2,30)} = 2.713, p > 0.05$ 。电极位置主效应显著,  $F_{(5,75)} = 2.983, p < 0.05$ ,在该时间窗口内 N540 的最大峰位于 CZ(5.93 $\mu\text{v}$ )。电极和词类的交互作用

不显著,  $F_{(10,150)} = 1.251, p > 0.05$ 。

## 4 讨论

研究采用听觉呈现条件下的词汇判断任务和 ERP 技术考查了汉语词汇获得年龄效应的神经机制。实验中采用了 Oddball 的经典 ERP 实验范式,通过听觉通道呈现真词(早获得词、晚获得词)、假词两种刺激,假词概率很大,真词概率很小,两种刺激随机呈现,实验任务要求被试关注小概率刺激,让其尽快对真词做按键反应。运用这种实验范式可以获得的 ERP 成分之一是 P300。研究的结果发现,早获得词和晚获得词在 LPC 成分上存在显著差异,同晚获得词相比,早获得词诱发出更大的波幅。而这种差异开始于刺激呈现后的 800ms,出现在中央顶区。

从研究的行为数据结果支持词汇的获得年龄效应,即同晚获得词相比,早获得词反应时更短,这与国内有关汉语词汇获得年龄效应的研究结果也基本一致<sup>[2,4-7]</sup>。但研究中被试对晚获得词判断的错误率高于早获得词,其原因是与词汇的呈现方式有关,因为汉语中同音词很多,从而干扰被试对听觉词汇的判断。

早获得词的平均波幅高于晚获得词,这表明早获得词引发更强的识别反应,同晚获得词相比,它更容易提取。结果与 Tainturier<sup>[10]</sup> 和 Cuetos<sup>[11]</sup> 等的研究结果一致。因在研究中早获得词和晚获得词的词频完全匹配,所以在词汇识别中获得年龄因素是独立于词频而起作用的。

早获得词和晚获得词在 ERP 成分上的差异开始于刺激呈现后的 800ms,持续到大约 1000ms。每个听觉词汇的呈现时间大约在 650~750ms 之间,对听觉词汇的编码在此之前已开始,而被试的平均反应时为 1012ms。从认知的时间进程上看,研究中的 LPC 成分出现 800ms~1000ms,是紧跟反应之前的一段时间。Cuetos 等以西班牙语的视觉词汇研究发现,获得年龄效应在 400~610ms<sup>[11]</sup>;Tainturier 等经英语听觉词汇的研究发现,获得年龄效应出现在 550~900ms<sup>[10]</sup>。由于汉语听觉词汇的每个音素具有独立的含义,音义结合并不像拼音文字那样紧密,汉语听觉词汇识别要比拼音文字的晚。因此研究中获得年龄效应的的时间进程相对于 Tainturier 以及 Cuetos 等的晚是合理的。由此可以推测,汉语词汇的获得年龄效应出现在认知加工的后期。这与已有汉语口语获得年龄的研究结果一致<sup>[7]</sup>。

在实验中,分 3 个时间窗口对 N540 进行了更为细致的分析,结果在 3 个时间窗口上都没有发现早获得词和晚获得词在 N540 成分上的差异,而只有假词与真词(早获得词和晚获得词)之间在 N540 成分上的不同,同真词相比,假词所引发的波幅更小。实验中以听觉形式呈现的词汇在 650~750ms 之间,大约从 350ms 左右被试能够听到双字词尾字的发音,也就是说从这时起开始了对整个词的加工,在 540ms 左右出现了 N540 的峰值,而从实验结果来看,没有发现早获得词和晚获得词在 N540 上的不同,由此可推测在对整个词汇加工的前期,早、晚获得词的加工并没有差异。当然,要对此做出更为肯定、明确的结论,尚需进一步的研究。汉语听

觉词汇的获得年龄效应与拼音文字类似,均受到LPC成分的调节,在时间进程上,汉语听觉词汇的获得年龄效应出现较晚。

因此,研究对汉语词汇加工的ERP研究的启示是:研究中需要控制词汇获得年龄这一因素。

## 5 结论

5.1 汉语词汇的获得年龄是影响双字词识别的一个重要因素。

5.2 听觉词汇识别中词汇的获得年龄效应与LPC相关。

5.3 词汇的获得年龄效应这一因素在词汇加工的后期阶段起作用。

## 参考文献

- Zevin J. Age of acquisition effects in word reading and other tasks. *Journal of Memory and Language*, 2002, 47: 1-29.
- 陈宝国,王立新,王璐璐,等. 词汇习得年龄和频率对词汇识别的影响. *心理科学*, 2004, 27: 1060-1064.
- Chen B, Dent K, You W, et al. Age of acquisition affects early orthographic processing during Chinese character recognition. *Acta Psychology*, 2009, 130: 196-203.
- 管益杰,方富熹. 单字词的学习年龄对小学生汉字识别的影响(I). *心理学报*, 2001, 33: 425-430.
- 管益杰,方富熹. 单字词的学习年龄对小学生汉字识别的影响(II). *心理学报*, 2002, 34: 23-28.
- 张仙峰,闫国利. 大学生词的获得年龄、熟悉度、具体性和词频效应的眼动研究. *心理与行为研究*, 2005, 3: 194-198.
- 郝美玲,刘友谊,舒华,程晨曦. 汉语图片命名中获得年龄的作用. *心理与行为研究*, 2003, 1: 268-273.
- Liu Y L, Hao L M, Shu H, et al. Age-of-acquisition effects on oral reading in Chinese. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2008, 15(2): 344-355.
- Fiebach C J, et al. Distinct brain representations for early and late learned words. *NeuroImage*, 2003, 19: 1627-1637.
- Tainturier M J. Age of acquisition modulates the amplitude of the P300 component in spoken word recognition. *Neuroscience Letters*, 2005, 379: 17-22.
- Cuetos F, Barbon A, Urrutia M, et al. Determining the time course of lexical frequency and age of acquisition using ERP. *Clinical neurophysiology*, 2009, 120: 285-94.
- 武宁宁,舒华. Gating技术与汉语听觉词汇加工. *心理学报*, 2003, 5: 582-590.
- 周晓林,等. 汉语听觉词汇加工中声调信息对语义激活的制约作用. *心理学报*, 2004, 5: 379-392.
- 龚文进. 汉语双字词听觉词汇识别进程中词频效应和多义词效应研究. 硕士论文. 华南师范大学, 2005.
- 江新. 词的复现率和字的复现率对非汉字圈学生双字词学习的影响. *世界汉语教学*, 2005, 4: 31-38.
- Snodgrass J G, Vanderwart M. A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1980, 6: 174-215.
- 北京语言学院语言教学研究所. 现代汉语频率词典. 北京:北京语言学院出版社, 1986.

## An ERP Study on Age of Acquisition Effect

Bai Xuejun Wang Lihong Lv Yong Hu Wei

(Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074)

**Abstract:** An experiment was conducted to explore Age of acquisition effect with two Chinese character words using ERP technique and lexical decision task presenting by auditory. Results showed that: the early-acquired words have a relatively shorter reaction time and a lower error rate comparing with the late-acquired words. The LPC (800-1000ms) component elicited by the early-acquired words had a more positive ERP deflection than that of the late-acquired words and the difference mainly consisted in the central parietal region. The result indicates that Age of acquisition effect is an important influence factor of the Identification of two Chinese character words, Age of acquisition effect might influence the course of lexical processing in the late stage.

**Key words:** age of acquisition effect; event-related potentials; LPC; N540