

# 正常儿童汉字语义事件相关电位的研究

刘小军<sup>1</sup>, 董选<sup>2</sup>, 赵合庆<sup>1</sup>, 王苏弘<sup>2</sup>, 杨伊林<sup>2</sup>, 孟平<sup>2</sup>, 徐枫<sup>2</sup>

(1.苏州大学附属第二医院, 江苏 苏州 215004; 2.常州市第一人民医院, 江苏 常州 213003)

【摘要】 目的: 探讨单个汉字语义刺激正常儿童的事件相关电位, 对三种不同类别(有关联、无关联、假字)ERP的特征进行比较研究。方法: 对 31 名 10 岁的儿童采用加拿大 Stellate systems 32 道数字化无纸脑电图仪, 并用单个汉字语义刺激模块进行检测。刺激信号同步触发, 脑电图(EEG)同步记录, 从 EEG 中提取三种不同类别刺激的 ERP, 对 P2 和 N2 进行分析。结果: 单个汉字语义有关联的 P2 及 N2 潜伏期与无关联、假字组相比有显著性差异( $P < 0.01$ ); 波幅无显著性差异( $P > 0.05$ ); N2 波广泛分布头皮各区, 左右大脑半球无明显差异( $P > 0.05$ )。结论: 三种不同类别的 ERP 波形及潜伏期各不相同; N2 是语义刺激 ERP 的主成分, P2 可认为与儿童语义的早期理解有关。

【关键词】 汉字语义; 儿童; 事件相关电位

中图分类号: R395.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2006)01-0103-03

Research on Children's Event-Related Potentials by Single Chinese Character Semantics Stimulus

LIU Xiao-jun, DONG-xuan, ZHAO He-qing, WANG Su-hong, et al

The Second Affiliated Hospital of Suzhou University, Suzhou 215004, China

【Abstract】 Objective: To study the feature of event-related potential waveforms elicited by single Chinese Character semantic stimulus in normal children, compare and investigate the character of different types of event-related potentials. Methods: 31 10-year-old healthy children were examined with Canadian Stellate Systems 32 Channels Digital EEG and three lists of single Chinese Character semantic stimulus (related, non-related, pseudowords). While the stimulus information is shown to participants, EEG is recorded simultaneously. ERPs of three different stimuli are extracted from EEG and the P2 and N2 are analyzed. Results: The latencies of N2 and P2 in related semantic stimulus are significantly different from that in the unrelated semantic stimulus and pseudowords. The amplitudes are not significantly different. The N2 waveform distributes all regions in the scalp, and there is no significant difference in right and left hemisphere. Conclusion: The waveforms and latencies of event-related potentials elicited by three types of stimuli are different. N2 is the main component of semantic stimulus, component P2 is considered to be related with the early semantic comprehension in children.

【Key words】 Chinese Character Semantics; Children; Event-Related Potentials

儿童语言的发育越来越引起认知神经科学家的重视与关注。目前, 事件相关电位 (Event-Related Potentials ERP) 的研究亦有很大的发展, 国内外有关成人在语言方面以西文 ERP 的研究较多, 而汉字 ERP 研究, 尤其儿童单个汉字语义 ERP 较少报道<sup>[1]</sup>, ERP 可用于语言认知的发展的评价及学习障碍等方面的研究, 如注意力不足、智能发育迟缓等。本课题主要研究单个汉字语义刺激正常儿童的 ERP, 对儿童三种不同类别(有关联、无关联、假字)的 ERP 波形和特征进行比较研究, 以便儿童汉字认知的发展及临床方面的研究打下一定的基础。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

对象来源于常州市一所普通小学, 随机抽取 31 名小学五年级学生, 男 16 名, 女 15 名, 年龄在 10.1

—10.9 岁, 平均年龄  $10.4 \pm 0.3$  岁, 受试者均进行简易韦氏学龄儿童量表 (WISC-R) 测量智商 IQ, IQ  $\geq 85$ , 讲普通话, 纠正视力大于 1.0, 无神经系统疾病, 无特殊学习困难及语言障碍, 均为右利手, 检查对象均取得知情者同意。

### 1.2 方法

1.2.1 刺激材料 所有刺激汉字材料采用人民教育出版社的小学教材课本, 我们选择了(如动物, 颜色, 方向等)9 大类别的汉字, 选择一年级学生可认字频最高的 225 个汉字。刺激材料共分为三类字, 有关联, 无关联, 假字。比例为 1: 1: 1, 每类各组成 75 对。有关联字对: 同一类别(如“牛”与“马”, “红”与“黑”)组成 75 对, 共 150 个字。无关联字对: 不同一类别(如“牛”和“白”, “红”与“下”)组成的 75 对, 与以上的 150 个汉字相同。假字对: 为了避免以上的汉字重复, 故另选 75 个汉字, 作为启动字, 与假字(假字的编排是对正常汉字结构进行打乱或调换, 但笔画相

【基金项目】 国家自然科学基金资助(项目号: 30470566)

同)组成假字对,如“时”与“寸日”为假字对。

**1.2.2 刺激模式** 刺激字位于液晶屏中央,黑屏白字,大小为6x6cm,两个字为一次刺激。第一个字是启动汉字,第二个字为作答靶字(有关联,无关联,假字),随机出现。每对启动字出现前首先出现一个预备“十”符号,这样使受试者尽量避免眨眼及眼球转动,持续250ms,随后闪现启动汉字,持续250ms,再出现靶字,持续2s,两次刺激间隔为1.5s<sup>[2]</sup>,要求被试者尽快作出反应,按键作答。如:“十”——启动汉字——按键靶字。实验前常规描记脑电图2-3分钟,再播放指导语及文字图片,进行预试验,待完全理解后再开始刺激,要求有关联的字对右手按键,无关联字对左手按键,不可认假字则不按键。

**1.2.3 脑电及反应及时记录** 采用加拿大32道Stellate数字化无纸脑电图仪及汉字刺激模块,将数字信号通过并口方式与数字化脑电图仪通讯,刺激信号同步触发、脑电信号同步记录。记录电极按照国际脑电图学会标准10/20系统法,记录电极FP<sub>1</sub>、FP<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、P<sub>3</sub>、P<sub>4</sub>、O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub>、F<sub>7</sub>、F<sub>8</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>6</sub>、F<sub>z</sub>、C<sub>z</sub>、P<sub>z</sub>、O<sub>z</sub>,参考电极A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>,FP<sub>z</sub>接地,眼动(EOG)记录电极分别位于左眼上、右眼下各2cm处,电阻小于5K $\Omega$ 。观察距离为80cm,水平和垂直视角为4.5度,使用德国的Besa软件进行ERP分析。数据采集时间为靶刺激前200ms,及靶后2000ms,滤波通频带0.16-35Hz,并同时记录按键平均反应时间等。

**1.2.4 ERP的测量及统计分析** 主要测量F<sub>z</sub>、C<sub>z</sub>、P<sub>z</sub>、O<sub>z</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> ERP的P2和N2的潜伏期(Latency)及波幅(Amplitude),采用SPSS10.0软件,对ERP的Amp和Lat应用随机区组方差分析和SNK法进行统计分析,对ERP的平均反应时间用配对t

检验进行比较分析。语义有关在C3/C4、F3/F4、T3/T4导联的P2、N2的两两比较采用t检验。

## 2 结 果

### 2.1 三种汉字刺激各导联P2及N2的Lat和Amp比较

有关联组的P2与N2潜伏期明显短于无关联及假字,  $P < 0.01$ ; 有关联组的P2及N2波幅与无关联及假字比较无明显差异  $P > 0.05$ , 如F<sub>z</sub>导联(见表1); F<sub>z</sub>导联P2、N2潜伏期和波幅有关联-无关联和有关联-假字差异值的比较无明显差异  $P > 0.05$  (见表2), 语义有关联C3/C4、F3/F4、T3/T4导联P2和N2波的波幅和潜伏期比较均无明显差异  $P > 0.05$  (见表3)。

表1 F<sub>z</sub>导联P2、N2潜伏期和波幅比较( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=31$ )

		有关联	无关联	假字
潜伏期 (ms)	P2	333.06 $\pm$ 78.88 <sup>ab</sup>	458.35 $\pm$ 111.54	469.67 $\pm$ 110.44
	N2	791.29 $\pm$ 101.94 <sup>cd</sup>	940.13 $\pm$ 176.98	958.80 $\pm$ 129.80
波幅 ( $\mu$ V)	P2	6.37 $\pm$ 3.96	7.28 $\pm$ 4.26	6.37 $\pm$ 3.96
	N2	7.99 $\pm$ 3.92	7.22 $\pm$ 3.62	7.88 $\pm$ 4.07

注:  $P < 0.01$ ; a.有关与无关P2 Lat比较  $F=17.332$ ,  $P < 0.001$ ; b.有关与假字P2 Lat比较  $F=17.332$ ,  $P < 0.001$ ; c.有关与无关N2 Lat比较  $F=12.776$ ,  $P < 0.001$ ; d.有关与假字N2 Lat比较  $F=12.776$ ,  $P < 0.001$

表2 F<sub>z</sub>导联P2、N2潜伏期和波幅有关联-无关联和有关联-假字差异值的比较

		有关联-无关联	有关联-假字
潜伏期(ms)	P2	129.71 $\pm$ 109.02	136.45 $\pm$ 114.62
	N2	153.87 $\pm$ 174.06	188.00 $\pm$ 136.92
波幅( $\mu$ V)	P2	1.05 $\pm$ 4.20	0.98 $\pm$ 2.82
	N2	0.44 $\pm$ 2.19	0.74 $\pm$ 2.81

注:  $P > 0.05$ ,下同。

表3 语义有关在C3/C4、F3/F4、T3/T4导联的P2、N2的两两比较( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=31$ )

		C3	C4	F3	F4	T3	T4
P2	Lat(ms)	371.55 $\pm$ 76.49	358.67 $\pm$ 80.86	379.84 $\pm$ 91.02	358.67 $\pm$ 80.86	384.19 $\pm$ 95.25	379.84 $\pm$ 95.25
	Amp( $\mu$ V)	6.93 $\pm$ 5.12	6.22 $\pm$ 4.42	7.76 $\pm$ 4.40	6.32 $\pm$ 5.12	6.58 $\pm$ 3.49	6.17 $\pm$ 4.52
N2	Lat(ms)	833.55 $\pm$ 145.9	778.67 $\pm$ 132.3	834.84 $\pm$ 154.6	778.67 $\pm$ 132.3	831.55 $\pm$ 152.88	745.00 $\pm$ 100.95
	Amp( $\mu$ V)	6.64 $\pm$ 2.56	7.48 $\pm$ 3.39	6.31 $\pm$ 3.43	7.48 $\pm$ 3.39	5.55 $\pm$ 3.00	6.17 $\pm$ 3.41

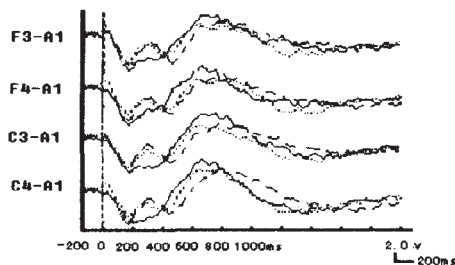
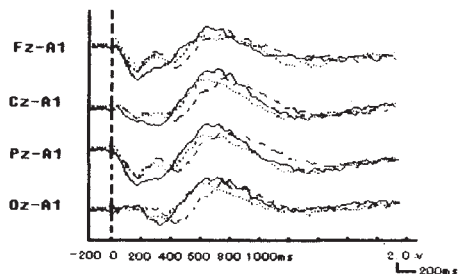


图1 三种不同刺激类型的ERP的总平均图

注: 实线——语义相关, 点线.....语义不相关组, 虚线-----假字组

## 2.2 ERP 反应时间(Reaction Time RT)

相关组的按键 RT 为  $1059.7 \pm 175.7\text{ms}$ , 明显短于不相关组的 RT  $1216.1 \pm 19.0\text{ms}$ , 两者比较有显著性差异  $P < 0.05$ 。语义相关的 RT 明显长与相应 N2 波的潜伏期, 比较有显著性差异  $P < 0.05$ 。

## 2.3 三种不同刺激 P2, N2 波形

## 3 讨 论

本研究为了使受试者正确完成任务, 必须注意前后两个刺激, 首先理解启动字, 然后对第二个靶字作出准确反应。此任务包含了大脑处理过程的几方面: 记忆, 注意及语义启动<sup>[3]</sup>, 本试验单个汉字语义 ERP 中儿童语义的认知过程主要产生 P2 和 N2, 在儿童单个汉字语义 ERP 中语义有关联组由于“语义启动效应”<sup>[4,5]</sup>, 启动刺激对目标靶刺激在反应时有促进作用, 有三种不同的机制: 自动激活、被试的预期、语义匹配。本试验的刺激间隔 ISI (Interstimulus Interval) 是 1.5s 大于 300ms, 受试者更易对随后的靶刺激产生期待作用, 当与启动刺激语义相关的刺激出现时, 受试者会立即把其注意力转向相应的语义场 (Semantic Fields), 而当不相应的靶刺激呈现, 反应过程会相应延长, 故无论 P2 和 N2 的潜伏期均短于无关联组及假字组。假字组由于字形结构颠倒, 难以辨认, 儿童可能进行猜想和联想, 这种认知加工较真字的认知加工消耗的资源更大, 其感觉、知觉、记忆、理解、判断和推理等心理过程亦越复杂, 所需要的时间亦越长, 故潜伏期也延长。

文献报道成人语义 ERP 的  $N_{400}$  潜伏期约 400ms, 而本研究儿童 N2 潜伏期明显长于成人  $N_{400}$ , 认为语义  $N_{400}$  的潜伏期随年龄增加而缩短<sup>[6]</sup>。

三种不同类别刺激儿童 ERP 的 P2、N2 波幅比较均无显著性差异, 此与成人在语义不相关或不匹配情况下  $N_{400}$  波幅更高不同, 可认为儿童的心理认知过程与成人不同, 与西文研究的  $N_{400}$  的结果也有所不同, 也提示汉语与拼音语言认知加工过程不同。汉语作为表义文字的符号, 其认知神经加工机制与表音文字有所不同, 语言单位的大小可能就是其中一个重要的影响因素<sup>[7]</sup>。

国外研究儿童  $N_{400}$  在顶部的波幅最大<sup>[8]</sup>, Connolly 以拼音文字诱发的视觉  $N_{400}$  以顶-中央优势或脑后部优势<sup>[9]</sup>, 本研究儿童 N2 波幅 Cz、Pz 最明显, Pz 导联波幅最高: 儿童左右大脑比较, ERP 的 N2 波幅无明显差异。与有关文献  $N_{400}$  无论成人还是

儿童均无不对称性基本相符<sup>[8,10]</sup>, 因汉字是音形意的复合体, 认知加工较为复杂, 不能简单归为一侧半球, 可能为一侧优势, 也可能双侧半球均参与汉字语义的处理过程<sup>[11]</sup>。

三种不同类别刺激的 ERP 波形也各不相同, 语义有关组的 P2 呈“V”形, 而无关联及假字组 P2 为“W”形, 由于语义有关联组只为一个类别的语义, 而无关联组有两个类别的语义, 而假字组则为一个语义, 而一个缺乏语义, 这说明 P2 也部分参与了早期靶刺激的识别和分类及注意加工, 可认为 P2 是语言处理过程的早成分。

本研究汉字认知波较为稳定, 其 ERP 将来可作为评价儿童语言认知发展的一个客观电生理指标。

## 参 考 文 献

- 1 董瑞国, 高素荣. 字词再认的事件相关电位. 心理学动态, 1995, 3: 13
- 2 Matthias W, Markus K, Sabine W, et al. Electrophysiological correlates of direct semantic priming in normal volunteers. Cognitive Brain Research, 1999, 8: 289-298
- 3 Alon S, Hillel P. Electrophysiological Evidence for Priming in Response to Words and Pseudowords in First and Second Language. Brain and Language, 2002, 80: 240-252
- 4 Chiarello CH. Hemispheric dynamics in lexical access: automatic and controlled priming. Brain and Language, 1985, 26: 146-172
- 5 Koivisto M. Time course of semantic activation in the cerebral hemispheres. Neuropsychologia 1997, 35: 497-504
- 6 Holcomb P, Coffey S, Neville H. Visual and auditory sentence processing: a developmental analysis using event-related brain potentials. Dev. Neuropsychol, 1992, 8: 203-241
- 7 王湘, 程灶火, 姚树桥. 汉语再认过程中回忆及熟悉感判别机制的 ERPs 研究. 中国临床心理学杂志, 2005, 13(1): 76-79
- 8 Holcomb PJ, Coffey SA, and Neville HJ. Visual and auditory sentence processing: a developmental analysis using event-related brain potentials. Dev. Neuropsychol., 1992, 8: 203-204
- 9 Connolly JF, Phillips NA, Forbes KA. The effects of phonological and semantic feature of sentence-ending words on visual event-related potentials. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995, 94(4): 276-87
- 10 Licht RA, Bakker DJ, and Bouma A. The development of lateral event-related to word naming: a four year longitudinal study. Neuropsychologia, 1988, 26: 327-330
- 11 陈璇, 金梅. 正常人汉语句子事件相关电位 N400 的研究. 第一军医大学学报, 2003, 8: 23

(收稿日期: 2005-05-31)