

健康成人汉语成语尾字识别的事件 相关脑电位 N400 研究

王继军 陈兴时 肖泽萍 张明岛 楼翡璿 梁建华 陈冲

【摘要】目的 研究汉语成语尾字匹配与非匹配事件相关脑电位(ERP)N400 的变化,探讨其认知模式以及汉字认知加工特点。**方法** 应用国产 WJ-1 型 ERP 仪,对 62 名 19~50 岁健康成人右利手受试者,进行汉语成语正常结尾字(匹配)与汉语成语结尾歧义字(非匹配)N400 检测,比较两种情况下 N400 波形、潜伏期和波幅,并测试实验结果的稳定性,观察性别对结果的影响。**结果** ①N400 基本波形分布于 Fz、Cz 和 Pz 等各脑区。②健康成人尾字匹配和非匹配组的 N400 潜伏期和波幅差异有统计学意义($P < 0.05 \sim 0.01$),非匹配组的 N400 较匹配组的 N400 潜伏期长、波幅高。③N400 的潜伏期及波幅随刺激类型不同而变化,主要表现为异音异形异义组潜伏期最长和波幅最大。**结论** 汉语与西文相比词的变化更多,包括音、形、义的不同搭配使 N400 研究更复杂。汉语成语尾字匹配和非匹配的 N400 与字词认知中的语义有关。

【关键词】 健康成人; 事件相关电位; N400; 结尾字

Using event-related potentials to explore language processing WANG Ji-jun*, CHEN Xing-shi, XIAO Ze-ping, ZHANG Ming-dao, LOU Fei-ying, LIANG Jian-hua, CHEN Chong. * Department of Electronic Ephalography Source Imaging, Shanghai Mental Health Center, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China
Corresponding author: CHEN Xing-shi, Email: chenxingshi2008@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the use of component N400 of the event-related potentials (ERPs) elicited by Chinese idioms ending with matching and nonmatching words to explore the cognitive patterns and processing mechanisms elicited by Chinese characters. **Methods** Sixty-two right-handed healthy adults (age 19-50 years), were presented with Chinese idioms ending with words with the same pronunciation but different form and meaning, words with similar forms but different pronunciation and meaning, words with same meaning but different pronunciation and form, and words with different pronunciation, form and meaning. A Guangzhou Runjie WJ-1 instrument was used to record component N400 of the potentials evoked. **Results** N400 showed a midline distribution, and could be detected under electrodes Fz, Cz and Pz. Significant differences were found in N400 latencies and amplitudes between matching and nonmatching ending-words. Compared with idioms with matching ending-words, N400 latencies were prolonged and amplitudes increased in nonmatching cases. The observed changes in N400 latencies and amplitudes were related to stimulus types, and the longest latency and largest amplitude were elicited by ending-words with different pronunciation, form and meaning. No gender difference in N400 latency or amplitude was observed. **Conclusions** Compared with Western phonetic words, Chinese ideographic words are more flexible stimuli for N400 research, offering 3 dimensions for change: pronunciation, form and meaning. The N400 features elicited by matching and nonmatching ending words in Chinese idioms are mainly determined by the meaning of the word.

【Key words】 Event-related potentials; N400; Ending words; Chinese

事件相关脑电位(event related potentials,ERP)中

的 N400 涉及神经科学、精神科学、物理医学、康复医学等多门学科,目前在欧洲及美国的神经精神科受到了广泛的关注和重视^[1-5]。既往报道的 N400 研究以西文材料为多^[6],汉字作为刺激材料进行研究的报道少见。汉字作为一种象形文字,与西方的拼音文字相比明显不同,这种差异将有可能导致其识别过程不同^[6]。我们在汉语成语尾字的匹配(matching)和非匹配(mismatching)情况下进行 N400 检测,探讨其 N400 特点,以便为临床应用提供基础。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2010.07.007

基金项目:国家高技术研究发展计划(2008AA02Z412, 2007AA02Z420),国家自然科学基金资助项目(30770772,30971046),国家重点基础研究发展计划(2010CB529605)

作者单位:200030 上海,上海交通大学医学院附属精神卫生中心脑电影像室(王继军),神经生理室(陈兴时、张明岛、楼翡璿、梁建华、陈冲),心身科(肖泽萍)

通信作者:陈兴时,Email:chenxingshi2008@163.com

对象和方法

一、研究对象

62 名健康志愿者于 2007 年 3 月至 2008 年 11 月入组,为上海交通大学医学院附属精神卫生中心职工以及上海交通大学医学院师生和附近社区居民。入组标准:①体检正常,未发现躯体疾病;②血常规、生化常规和胸片检查均无异常;③确认以往从未发生过各类精神障碍,目前精神状况良好;④没有二系三代精神疾病史;⑤均为右利手,视力和听力正常;⑥母语为汉语,均可说普通话,文化程度大专以上。其中,男 33 名,女 29 名;年龄 19~50 岁,平均(29.6±6.6)岁;受教育年限 12~22 年,平均(16.7±2.0)年。

二、刺激材料

由 76 个汉语成语组成刺激材料,分成 2 组,所有汉语成语选自《成语词典》(表 1)。成语中完全正确的即尾字匹配,如“爱不释手”,称匹配字。成语中第 4 个字(靶字)在字音、字形、字义的某一点上或几点上不正确,如“触目惊泰(心)”,即尾字非匹配。上述成语随机出现在刺激序列中,同一成语不可连续出现超过 3 次。

表 1 汉语成语刺激材料

同音异形异义	异音形似异义	异音异形同义	异音异形异义
爱不释手(手)	举世瞩目(目)	不堪回头(首)	跋山涉陈(水)
爱憎分明(明)	百家争鸣(鸣)	不知所说(云)	班门弄恒(斧)
白手起家(家)	乘风破浪(浪)	惨不忍看(睹)	百折不龙(挠)
百废待星(兴)	独出心裁(裁)	不期而见(遇)	愁眉苦屏(脸)
半途而费(废)	变化多端(端)	川流不停(息)	闭关自丧(守)
本来面目(目)	不学无术(术)	有条不紊(紊)	鞭长莫及(及)
表里如一(一)	十恶不赦(赫)	削足适鞋(履)	波澜壮阔(阔)
恻隐之欣(心)	豪言壮语(语)	从容不急(迫)	不择手雨(段)
冰天雪地(地)	自食其呆(果)	络绎不绝(绝)	车水马计(龙)
不翼而非(飞)	悬崖勒鸟(马)	独树一帜(帜)	怒发冲列(冠)
草木皆冰(兵)	守株待兔(兔)	哑口无语(言)	愁眉不古(展)
持之以横(恒)	无与伦比(比)	尔虞我谗(诈)	初露锋芒(芒)
出神入画(化)	糖衣炮弹(弹)	耳闻目见(睹)	背道而应(驰)
绰绰有鱼(余)	画龙点睛(睛)	废寝忘吃(食)	处之泰负(然)
大公无司(私)	不寒而粟(粟)	扶老携小(幼)	触目惊泰(心)
呆若木基(鸡)	病入膏盲(盲)	负荆请过(罪)	暗箭伤人(人)
得寸进齿(尺)	亡命之徒(徒)	高枕无过(忧)	循序渐田(进)
大器晚乘(成)	风云变换(幻)	孤注一投(掷)	异想天思(开)
等闲视只(之)	未老先充(衰)	含糊其言(词)	叶公好用(龙)

刺激呈现方法参照文献[3]和[7]介绍的汉字音、形、义试验,受试者双眼与刺激成语平行,距屏幕约 1 m 的距离。

三、实验程序

让受试者坐在舒适的椅子上,实验开始前以口

头方式向其说明本实验的性质及要求。指导语如下:在你面前的屏幕上将要呈现汉语成语,3,2,1 倒计时,提示实验开始,请在实验过程中尽量少眨眼,不要出声,认真判断所显示的成语中最后一个字是否正确,不正确按“NO”,正确按“YES”,直至屏幕黑屏。实验结束,仪器自动显示错误的次数(通过按键计数,NO 反应作为非匹配成语,YES 反应作为匹配成语)。

四、脑电生理记录

试验过程中采用广州产 WJ-1-ERP 仪,参照国际 10~20 系统,记录电极置于 Fp1、Fp2、Fz、F3、F4、Cz、C3、C4、Pz、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6,FPz 为接地电极,双耳(A1+A2)为参考电极,极间电阻小于 5 kΩ,滤波为 0.53~60 Hz。N400 分析时间定为 1100 ms。因眼动或其他原因引起波幅超过 75 μV 的波形被删除,将采集的数据存入计算机备用。

五、资料分析

分别对匹配和非匹配情况下 N400 的 Fz、Cz 和 Pz 点峰潜伏期和波幅采用 SPSS 10.0 统计包进行配对 *t* 检验。所用仪器附有自动排除伪迹和抗噪音干扰功能。全部数值均由本机数字游标功能予以自动测验、计算和显示。

结 果

一、N400 波形

在刺激呈现后,尾字非匹配和匹配情况下均先引出一个向下的正波 P200,此后尾字非匹配者表现为一个潜伏期较长、波幅较高的负波,此波的终点与一个晚发正相成分重叠;而尾字匹配者则引出一个较小的负波,此波的终点也出现一个较大的晚发正相成分。

二、N400 潜伏期

健康成人 N400 的潜伏期随刺激类型的不同而变化,表现为异音异形异义刺激的 N400 潜伏期最长。在 Fz、Cz 和 Pz 三个电极记录的 N400 潜伏期比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。每种刺激在匹配与非匹配条件下所诱发出的 N400 潜伏期比较,差异均有统计学意义($P < 0.05 \sim 0.01$),健康成人非匹配条件下的 N400 潜伏期较匹配条件下长。见表 2。

三、N400 波幅

N400 波幅也受刺激类型及匹配条件的影响。主要表现为:异音异形异义刺激下的波幅最大;健康成人的 N400 波幅在匹配和非匹配条件下比较,差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 0.01),在非匹配条件下的 N400 波幅较匹配条件下高。见表 3。

表 2 62 名健康成人汉语成语结尾字匹配与非匹配的 N400 潜伏期比较 (ms, $\bar{x} \pm s$)

脑区	同音异形异义		异音形似异义		异音异形同义		异音异形异义	
	匹配	非匹配	匹配	非匹配	匹配	非匹配	匹配	非匹配
Fz	373.4 ± 37.3	411.6 ± 30.5 ^a	388.0 ± 40.9	437.9 ± 35.8 ^a	369.7 ± 38.4	411.6 ± 31.4 ^a	400.9 ± 44.5	441.2 ± 33.4 ^b
Cz	376.6 ± 39.5	415.2 ± 31.7 ^a	387.3 ± 41.0	439.5 ± 37.3 ^a	367.5 ± 39.0	411.1 ± 32.1 ^a	398.4 ± 46.7	443.1 ± 35.6 ^a
Pz	370.1 ± 36.2	414.3 ± 33.0 ^a	384.6 ± 42.0	441.4 ± 34.2 ^a	365.6 ± 39.4	408.9 ± 29.5 ^a	397.8 ± 39.6	435.3 ± 31.4 ^a

注:与匹配组相比,^a $P < 0.01$,^b $P < 0.05$

表 3 62 名健康成人汉语成语结尾字匹配与非匹配的 N400 波幅比较 ($\mu V, \bar{x} \pm s$)

脑区	同音异形异义		异音形似异义		异音异形同义		异音异形异义	
	匹配	非匹配	匹配	非匹配	匹配	非匹配	匹配	非匹配
Fz	8.7 ± 4.4	9.9 ± 5.7 ^b	8.8 ± 5.3	14.0 ± 6.4 ^a	9.0 ± 4.5	10.4 ± 4.9 ^a	8.8 ± 4.9	13.8 ± 6.3 ^a
Cz	8.8 ± 4.7	10.6 ± 5.9 ^a	8.7 ± 4.9	13.4 ± 6.1 ^a	8.6 ± 5.0	9.9 ± 4.5 ^a	8.9 ± 5.3	14.3 ± 6.1 ^a
Pz	7.9 ± 4.9	9.7 ± 6.3 ^a	8.9 ± 5.4	13.6 ± 5.9 ^a	8.9 ± 4.7	10.2 ± 5.0 ^b	9.1 ± 5.7	15.1 ± 6.8 ^a

注:与匹配组相比,^a $P < 0.01$,^b $P < 0.05$

四、稳定性试验

在 62 名健康成人中随机抽取 7 名(男 4 名,女 3 名),分别相隔 7 ~ 16 d(平均 12 d)重复进行 N400 检测,结果显示前后 2 次记录数值差异无统计学意义 ($P > 0.05$),表明健康成人 N400 是相对稳定的。而且同一受试者在同一实验日连续进行 7 轮 N400 检测,所记录的 N400 波形也较稳定的。

讨 论

N400 是由 Kutas 和 Hillyard^[8]最早描述的,他们发现句子结尾的词如果在语义上与句子的内容不符,则会在这个词提示后约 400 ms 时,在头皮上记录到一个负相电位,并称之为 N400。此后有研究发现,在对词和图画进行命名、阅读非预期词、刺激词在语音和拼写方面发生错误时,也记录到了 N400^[4]。Kutas 和 Hillyard^[8]还证实,只要靶刺激词与刺激语句带有不可预测性就可诱发出 N400。Kiang^[9]改用听刺激语句,也得到了 N400 波形。目前常用来诱发 N400 的刺激方式有:词义分类作业、词义抉择作业、命名作业、图案转动作业、言语作业、记忆识别作业等^[10-13]。上述 N400 诱发作业中都有两个关键要素,即匹配和非匹配。

目前,美国及欧洲检测 N400 所用刺激物都是以拼音语言特别是英语为目标而设计的,受语言及生活习俗的制约,并不适合我国^[2]。汉语属于藏汉语系,与西方印欧语系的语法存在不同之处,比印欧语系复杂,其文字为象形文字^[2,6]。世界上有至少约四分之一的人口,即超过 10 亿人口是以汉语作为母语,说明应用汉语特别字、词和成语等设计制作刺激材料检测 N400 有较高的临床价值。

由于汉字是形体(形)、语音(音)和语义(义)的统一体^[3],故汉字语义的理解是一种复杂的认知心理过程。本研究中,我们特意在刺激序列设计时将刺激材料设计成同音异形异义、异音形似异义、异音异形

同义和异音异形异义 4 种,并且在数据处理上将匹配和非匹配所引起的 N400 分别叠加,以便研究。

在本实验所规定的刺激条件下,当成语前三字与最后出现的字(靶字)所携带的信息不一致时,健康成人心中期待的汉字与屏幕上实际呈现的汉字不相同即所谓非匹配时,N400 波形有一相应的变化。由于匹配与否是由健康成人对刺激进行加工分类后作出,因而它反映刺激呈现前内部期待的不同所导致的加工进程(音、形、义加工分类)的差异,即匹配与非匹配的差异^[6]。汉语成语 4 个字为 1 组,不能拆开,以其整体表达一定的意义,字词匹配有定型性,语境场高度紧凑,对成语正确尾字(匹配字)期待值高,为研究汉字字词认知提供了良好的靶刺激^[3,6]。当健康成人默读到成语第 3 个字时,(如“触目惊”),成语的语境场更为清晰,对“心”字的期待性更为明确,即在第 4 字未显示时,由于成语语义场的紧凑性而被提前“猜出”,一致的语境使匹配字在 N400 波形上相对于非匹配字的波形小,表现为潜伏期短,波幅低。反之非匹配靶字期待值小,引出清晰的 N400。表 2 和表 3 中 N400 的潜伏期及波幅随刺激类型不同而变化,主要表现为 Fz、Cz 和 Pz 三个脑区总平均值比较,异音异形异义组潜伏期最长和波幅最大。同时也显示出非匹配靶字的 N400 波潜伏期较匹配条件下延迟,波幅较匹配条件下大,这表明汉语成语作为刺激材料对 N400 具有良好的语义启动效应。

按照国际心理生理学会 2000 年提出的事件相关电位记录和出版标准,本研究首先建立 N400 测试的规范性操作与分析程序。入组成人是健康志愿者,认知功能完好,样本教育程度也较高。本研究设计了汉语成语结尾词非匹配与匹配条件下的 N400 检测,研究对象的 N400 图形能清晰地加以记录与分析,通过稳定性试验提示健康成人 N400 波形是稳定可靠的。我们采用国际 10 - 20 系统的多导联,从理论上讲检测时脑各部均可记录到 N400 波形,但比较后认为

Cz、Fz 和 Pz 记录的波形清晰,成分易辨认,波幅较大。因而我们推荐今后用于相关检测时,以 Cz 点、Fz 和 Pz 点组合更好。

本实验部分结果与 Kutas (1984) 和 Connolly (1995) 以拼音文字诱发的视觉 N400 比较,存在一定差异^[6,12],而与 Ganis (1996) 用图片引出的 N400 波幅分布相似^[4]。出现差异可能是因为研究方法学或实验细节和操作有所不同,也可能是由于中西语言认知区别或中西方文化的差异所引起。总之,N400 成分与汉字阅读过程中形音义分类加工的过程密切相关,实际应用中的某些临床问题,还需要进一步的研究加以证实。

参 考 文 献

- [1] 尤春景,许涛,欧阳多利. 脑损害认知障碍与功能恢复的相关研究. 中华物理医学与康复杂志,2003,25:158-160.
- [2] 魏景汉,阎克乐. 认知神经科学基础. 北京:人民教育出版社,2008:31-61.
- [3] 杨文俊. 大脑高级功能的神经电生理. 北京:中国科学技术出版社,1998:102-143.
- [4] 张明岛,陈兴时. 脑诱发电位学//陈兴时. 事件相关电位 N400. 2 版. 上海:上海科技教育出版社,2002:311-333.
- [5] Debruille JB, Kumar N, Saheb D, et al. Delusions and processing of discrepant information: an event-related brain potential study. Schizophr Res, 2007, 89:261-277.
- [6] 陈璇,杨文俊. 中西文 N400 的研究现状简述(1). 临床神经电生理学杂志,2004,13:53-55.
- [7] 董瑞国,孙相如,高素荣. 汉字形音义分类的事件相关电位. 临床脑电学杂志,1996,5:195-198.
- [8] Kutas M, Hillyard SA. Reading senseless sentences: brain potentials reflects semantic incongruity. Science, 1980, 207:203-205.
- [9] Kiang M, Kutas M. Association of schizotypy with semantic processing differences: an event-related brain potential study. Schizophr Res, 2005, 77:329-342.
- [10] Olichney JM, Riggins BR, Hillert DG, et al. Reduced sensitivity of the N400 and late positive component to semantic congruity and word repetition in left temporal lobe epilepsy. Clin Electroencephalogr, 2002, 33:111-118.
- [11] Castle PC, Van-Toller S, Milligan GJ, et al. The effect of odour priming on cortical EEG and visual ERP responses. Int J Psychophysiol, 2000, 36:123-131.
- [12] 魏景汉,罗跃嘉. 认知事件相关脑电位教程. 北京:经济日报出版社,2002:220-228.
- [13] Franklin MS, Dien J, Neely JH, et al. Semantic priming modulates the N400, N300, and N400RP. Clin Neurol, 2007, 118:1053-1068.

(修回日期:2010-02-20)

(本文编辑:吴倩)

· 消息 ·

中国康复医学会第七届全国康复治疗学术会议征文通知

中国康复医学会第七届全国康复治疗学术会议拟于 2010 年 11 月上旬在广西省南宁市召开,会议主题是“跟踪先进康复治疗技术,提升与国际同步发展速度”。会议期间将邀请国内外著名康复专家就康复治疗领域中取得的新成果、新发展进行专题报告,并组织大会学术交流。欢迎全国广大康复医学工作者及其他相关学科专业人员踊跃投稿并参加此次盛会。现将本次会议征文有关事项通知如下。

本次会议征文内容:近年来康复评定、物理治疗、作业治疗、语言治疗、心理治疗、假肢矫形器和辅助器具的应用、传统康复治疗、脊柱和骨关节创伤康复、神经康复、心肺康复、癌症康复、烧伤康复等领域中的新技术、新方法,以及相关基础理论研究、康复治疗管理、康复治疗人才培养、康复护理、疾病康复等方面的新成果、新进展。

征文格式及要求如下:已在国内外学术刊物上公开发表或在国际、国内学术会议上报告过的论文恕不受理;投稿论文及摘要请用 A4 纸版面,上、下分别留出 2.5 cm,左、右分别留出 3.0 cm;文题用 4 号黑体居中,作者单位及名字用小 4 号楷体另起一行并居中,正文用小 4 号宋体,单倍行间距,每篇摘要限 500 字。论文请通过电子邮件发送,不接收纸质稿件。

投稿邮箱:jhuang1111@yahoo.com.cn,投稿截止日期为 2010 年 9 月 30 日;联系方式及联系人:430030 武汉市解放大道 1095 号同济医院康复医学科 黄杰老师;联系电话:027-83663251,027-83663310。