

# 语言认知事件相关电位 N400 的研究进展

韩静<sup>1</sup>, 李华<sup>2</sup>, 席艳玲<sup>1</sup>

(1.石河子大学医学院, 新疆 石河子 832002; 2.石河子大学医学院第三附属医院神经内科, 新疆 石河子 832000)

【摘要】 N400 作为事件相关电位的一个内源性成分, 反映了大脑语言认知的加工过程, 越来越受到广泛关注。本文回顾了事件相关电位 N400 的发现、特点、起源和引出方法, 总结近几年国内外有关语言认知 N400 研究内容及热点, 探讨了事件相关电位 N400 在语言认知研究领域的应用前景。

【关键词】 语言认知; 事件相关电位; N400

中图分类号: R395.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2006)06-0659-03

## Progress of Study on N400 Event-related Potentials in Language Cognition

HAN Jing, LI Hua, XI Yan-ling

Department of Nursing, The Medical College of Shihezi University, Shihezi 832002, China

【Abstract】 N400 as one of endogenous components in event-related potentials, which reflected the cognitive process of language in brain, has been more and more widely concerned. This article reviewed the discovery, the characteristics, the origins and the elicited methods of N400, summarized the investigations and point at issue on the cognitive process of language over the past several years, and explored the application foreground of N400 in the field of language cognition.

【Key words】 Language cognition; Event-related potentials; N400

语言认知研究一直是认知神经心理学及相关学科对脑功能研究的重要课题, 随着现代电生理事件相关电位(ERPs)与脑功能成像(fMRI/PET/MEG)等技术的运用, 极大地促进了大脑语言认知的研究。ERPs 又被称作“认知电位”, 可进行注意、记忆、语言等脑的高级功能的研究, 其中 N400 又称为“语言相关电位”。本文重点阐述与之相关研究。

## 1 事件相关电位 N400 概况

### 1.1 N400 的发现

1980 年 Kutas 与 Hillyard 等<sup>[1]</sup>在词句认知研究中发现受试者在默读 7 个词组成的句子时, 当靶词与整句意思不一致时, 诱出一峰潜伏期在 400 毫秒左右的负相波, 命名为 N400。此后研究相继证明了 N400 的价值, 认为 N400 的发现不仅使 ERPs 增加了一个有特定意义的成分, 扩大了 ERPs 的研究范围, 同时为脑语言认知的研究提供了重要工具。

### 1.2 N400 的特点

N400 是 ERPs 的一个内源性成分, 为语言认知事件相关电位中的一个负相波, 反映了大脑皮层对语言的认知加工过程, 并且可从 N400 的波幅、潜伏期及头皮分布特征等多个维度来描述脑语言认知加工过程。波幅显示了脑语言认知加工的难易程度, 潜伏期反映了语言认知加工的时间进程, 头皮分布特征表明语言认知过程的脑内源<sup>[2]</sup>。这三个指标可用来描述语言精细加工的过程。

### 1.3 N400 的起源

Nobre 等采用颅内电极实验, 在颞叶前部记录到与头皮 N400 相似的成分<sup>[3]</sup>, 认为颞叶很可能是 N400 的重要发生源之一。Simos 等运用脑磁图, 在句子阅读序列作业中, 对左半

球引出的 N400 进行定位, 发现左半球颞叶、海马、海马旁回与 N400 有关, 且视读时左半球后部联合皮层区参与词的再认和语义理解<sup>[4]</sup>。Silva-Pereyra 等认为由于大脑相关自动机制和受控机制的不同, N400 的起源亦不同, 并与所用的刺激方法有关<sup>[5]</sup>。在词汇抉择任务中, N400 效应与颞横回、海马旁回、双侧颞前叶的激活有关。Frishkoff 等的研究也表明, N400 效应与双侧额前叶、右侧颞叶及扣带回的激活有关; 同时发现, 左半球的 N400 效应早于右半球; 大脑前部的 N400 效应早于大脑后部, 且持续时间长<sup>[6]</sup>。总之, 关于 N400 的起源, 多数学者认为可能是多源性、多部位共同作用的结果<sup>[7]</sup>。

### 1.4 N400 的引出方法

目前多采用匹配与非匹配的关系作为刺激方法, 如句尾歧义词、相关词与无关词、词与非词、新词与旧词、文字与非文字符号、图片命名等。N400 能敏感地反映词与词, 词与上下文在语义上的联系。词语、句子等语言作业可以诱发 N400 波。近年研究发现, 非语言作业也可引出 N400 波。国外相关研究显示, 简单乘法运算、图片、手势、音乐、面部表情、笑话等语义不一致时均可引出 N400。所有 N400 诱发作业中都有两个关键要素: 即匹配(match)和非匹配(mismatch)。非匹配的刺激, 与上下文语义无关, 产生一个明显的 N400; 匹配的刺激, 根据与上下文语义相关的程度不同, 产生的 N400 也不同, 语义越相关, 产生的 N400 越窄小。

## 2 语言认知 N400 有关研究

### 2.1 N400 与脑内语言信息加工的关系

目前存在两种观点, 以 Betin 为代表认为, N400 可能反映词汇水平的某些加工特点, 反映认知过程中从心理词典中搜索词汇表征的过程。另一种以 Stuss, Holcomb 等为代表认为 N400 反映词汇后加工、整合过程的困难程度, 主要对话

音、语义等信息整合,从而形成高级意义表征的过程,认为对各种信息的整合越困难,N400波幅越大。

2.1.1 词、句、语段水平 N400 的研究 West 在词汇抉择任务中,发现具体词比抽象词引出的 N400 波幅更大<sup>[8]</sup>。Ruz 研究认为有意识词语与无意识词语间加工不同,当词被有意识感知时,出现 N400 效应;而当刺激被掩饰,被试对词语无意识时,N400 效应消失<sup>[9]</sup>。Matsumoto 的实验进一步证明 N400 反映有意识词语的加工<sup>[10]</sup>。Van Berkum 研究了词在句子和语篇水平的语义整合,发现词在语篇和单个句子中引出的 N400 的时程、波型以及头皮分布都相同,表明将词整合到句子和语篇水平的语境中没有差异<sup>[11]</sup>。

2.1.2 语言理解中句法加工和语义加工的关系 N400 反映了大脑语言理解过程中的语义加工,Gunter 等认为在加工的早期,句法和语义是独立加工;而在加工的晚期,句法和语义加工之间相互影响<sup>[12]</sup>。但 Paldahti 在一项视觉语句理解实验中发现,句法和语义不一致时,引出 P600 成分和一个潜伏期在左前负波(Left Anterior Negativities,简称 LAN)到 N400 之间的负相成分<sup>[13]</sup>,认为语句理解中句法加工和语义加工之间存在较早的交互作用,且左半球具有句法和语义整合加工的偏侧优势。Hagoort 研究发现语义不一致引出的 N400 受句法不一致的影响;但句法不一致时引出的 P600 不受语义不一致的影响<sup>[14]</sup>。故认为句法的加工不依赖于语义场,而语义整合却受到句法加工的影响。Friederici 等研究听觉模式下语句结尾词语义不一致和(或)句法不一致时的 ERP,发现当语句结尾词语义和句法都不一致时只引出 LAN 和 P600,未见 N400 波,认为句法加工在语义加工之前<sup>[15]</sup>。可见,语言理解过程中,句法加工对语义加工有影响,但影响的具体程度以及其中的脑机制还需进一步探讨。

## 2.2 跨感觉通路的 N400 研究

目前认为语言认知 N400 有关研究结果<sup>[16]</sup>不同可能与“通路特异性加工”有关,感觉通路间语义加工机制目前存在两种假说:转换假说认为,在视读或听读过程中,文字在各自通路加工后,从一个通路转换到另一个通路;共同语义系统假说认为,文字在各自知觉通路和词汇系统进行加工后激活一个共同的语义或概念系统。

## 2.3 脑损伤病人语言认知 N400 的研究

国外学者不仅将 N400 运用于正常人语言认知的研究,同时也对脑损伤语言障碍病人及失语病人进行相关研究,进一步探索语言加工的脑机制。

Junko 等研究 11 例轻度失语病人在执行词汇抉择作业时的 ERP。结果显示,当靶词为非词和无关词时,失语病人和正常人都引出了 N400,但失语病人的 N400 波幅小,潜伏期长,与正常人 N400 的波幅和潜伏期均有显著性差异;具体词与抽象词间 N400 亦存在显著差异,失语病人对抽象词反应的错误率较高,反应时也较长;轻度理解障碍的失语病人对词的信息加工较慢,但在视觉模式下的词汇抉择任务中却表现出相对较快的词汇启动效应<sup>[17]</sup>。Swaab 等研究 12 例 Broca 失语病人和 12 例正常人在听觉模式下语句理解的差异性,认为 Broca 失语病人的理解障碍是由脑内词汇信息整合加工延迟所致<sup>[18]</sup>。

## 2.4 N400 临床应用研究

有学者将 N400 用于临床病人语言功能的评定,探讨其

临床应用价值。Marchand 和 D'Arcy 等将失语检查中图片-词听理解测验(Peabody Picture Vocabulary Test-Revised,简称 PPVT-R)计算机化,将图片作为启动刺激以视觉模式呈现,词语作为靶刺激以听觉模式呈现,分别对 10 例左半球损伤的病人进行 ERP 实验,记录头皮 Fz、Cz 和 Pz 三点的 N400。结果发现,当词语和图片语义不一致时,引出 N400;且 N400 和 PPVT-R 测验结果存在直线相关,故认为可以单独使用 ERPs 来评估病人的语言功能<sup>[19]</sup>。

日本人 Kojima 等对 10 例左半球损伤、右利手失语患者分别进行失语检查和 ERP 测试。研究显示,与正常人相比,失语病人 N400 潜伏期延长,N400 效应与口语理解成绩之间存在正相关关系,语言理解能力差的失语病人,N400 效应也低,且这一关系与病人的失语类型无关<sup>[20]</sup>。认为,N400 是传统失语检查的重要补充,临床可作为反映病人词汇语义受损严重程度的可靠指标。

## 3 国内语言认知 N400 相关研究

国内相关研究,主要限汉语语言研究,相关研究报道也较少。由于汉字属于汉藏语系,与印欧语系的拼音文字不同,具有形、音、义特点,这种语系间的差异是否会导致其认知过程的不同,引起了国内学者的关注。

### 3.1 汉字形、音、义的研究

董瑞国等研究了正常人汉字形、音、义的 N400 变化,发现汉字音、义的加工具有明显的脑偏侧化效应(右侧大于左侧),但在字形的加工过程中脑偏侧化效应却不明显,认为字形加工和音、义加工可能具有不同的脑机制<sup>[21]</sup>。杨文俊等对汉语成语结尾字形、音、义的 N400 研究后发现,异音异形组 400 波幅最大、潜伏期最长,故认为汉字 N400 存在形、音、义的启动效应<sup>[22]</sup>。吕勇等在听觉模式下研究汉语双字词的语义启动和语音启动,发现启动词与目标词之间语义相关或语音一致时,N400 波幅较语义无关或语音不一致时降低,认为语义相关或语音一致都能改善对目标词的加工;目标词与启动词语义无关、语音一致时,N400 波幅较语义无关、语音不一致时降低,但目标词与启动词的首音相同比尾音相同时对语义的加具有更大的干扰作用,表现为首音相同时 N400 峰潜伏期提前<sup>[23]</sup>。这些研究都表明了脑内汉字形、音、义加工的复杂性,有关此方面研究有待进一步深入。

### 3.2 汉语词语和句子的 N400 研究

陈璇等在视觉模式下,研究汉语成语结尾字和汉语句子结尾词与前面成语或句子匹配与不匹配时的 N400,发现不匹配组较匹配组 N400 的波幅高、潜伏期长。并认为 N400 广泛分布于大脑皮层各区,且左侧比右侧波幅偏高<sup>[24,25]</sup>。张钦等研究视觉模式下名词与动词加工的 ERP 差异,及表示身体活动动词与心理活动动词加工的 ERP 差异<sup>[26,27]</sup>,结果发现,300~400ms(即 N400)时窗,名词比动词诱发的 ERP 更负,表示身体活动动词比表示心理活动动词诱发的 ERP 更负,名词与动词的差异主要存在于左、右半球的额叶和颞叶。

此外,李荣宝等对母语为汉语的汉英双语者语义加工过程的研究表明,N400 的语义一致性效应不但存在于语言内(启动语言和目标语言为同一语言)的语义整合过程,而且也存在于语言间(启动语言和目标语言为不同语言)的语义整合过程<sup>[28]</sup>;不同的是,作为母语的汉语诱发的 N400 潜伏期显

著短于英语。故认为母语为汉语者对汉语的语义加工速度快于对英语的加工。那么,对母语为英语或其他语言,习得语言为汉语者,脑内两种语言的语义加工是否相同,还是存在差异?大脑对两种语言的加工是否存在偏侧化优势?诸多问题还需要进一步的研究得以证实。

## 4 结 语

目前研究表明,事件相关电位 N400 反映了大脑语言理解过程,具体反映哪一加工过程,至今仍有争论。至于语言的其他功能如阅读、书写、表达是否也与 N400 有关,这一点尚不清楚。由于语言认知过程脑机制的复杂性,运用 N400 进行脑语言认知的研究将不断深入。

目前关于 N400 的研究大都来自印欧语系的西文文字,以汉藏语系—汉语为材料的相关研究较少,对汉语语言认知 N400 的研究有待于进一步探索。至于其他语系研究未见相关报道。因此,对其他语系研究在语言认知中仍然具有重要意义。

国内外关于 N400 的研究多以正常人为被试,对脑损伤后语言障碍和失语症病人的研究相对较少。因此,关于 N400 的临床应用价值将是今后研究者们不断探索的课题。

## 参 考 文 献

- Kutas M, Hillyard SA. Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 1980, 207 (4427):203-205
- 王穗苹, 黄时华, 杨锦绵. 语言理解的 ERP 研究. 华南师范大学学报 (社会科学版), 2004, (6):107-114
- Nobre AC, McCarthy G. Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: II. Effects of word type and semantic priming. *J Neurosci*, 1995, 15(2):1090-1098
- Simos PG, Basile LF, Papanicolaou AC. Source localization of the N400 response in a sentence-reading paradigm using evoked magnetic fields and magnetic resonance imaging. *Brain Res*, 1997, 762(1-2):29-39
- Silva-Pereyra J, Rivera-Gaxiola M, Aubert E, et al. N400 during lexical decision tasks: a current source localization study. *Clin Neurophysiol*, 2003, 114(12):2469-2486
- Frishkoff GA, Tucker DM, Davey C, et al. Frontal and posterior sources of event-related potentials in semantic comprehension. *Brain Res Cogn Brain Res*, 2004, 20(3):329-354
- 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(1):55-57
- West WC, Holcomb PJ. Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: an electrophysiological investigation. *J Cogn Neurosci*, 2000, 12(6):1024-1037
- Ruz M, Madrid E, Lupianez J, et al. High density ERP indices of conscious and unconscious semantic priming. *Brain Res Cogn Brain Res*, 2003, 17(3):719-731
- Matsumoto A, Iidaka T, Nomura M, et al. Dissociation of conscious and unconscious repetition priming effect on event-related potentials. *Neuropsychologia*, 2005, 43(8):1168-1176
- Van Berkum JJ, Hagoort P, Brown CM. Semantic integration in sentences and discourse: evidence from the N400. *J Cogn Neurosci*, 1999, 11(6):657-671
- Gunter TC, Friederici AD, Schriefers H. Syntactic gender and semantic expectancy: ERPs reveal early autonomy and late interaction. *J Cogn Neurosci*, 2000, 12(4):556-568
- Paldiahti M, Leino S, Jokela M, et al. Event-related potentials suggest early interaction between syntax and semantics during on-line sentence comprehension. *Neurosci Lett*, 2005, 384(3):222-227
- Hagoort P. Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension: ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *J Cogn Neurosci*, 2003, 15(6):883-899
- Friederici AD, Gunter TC, Hahne A, et al. The relative timing of syntactic and semantic processes in sentence comprehension. *Neuroreport*, 2004, 15(1):165-169
- 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. 168-197
- Junko I, Sachiko K, Yasuhiro N. Event-related potentials during lexical decision task. Differences in N400 between concrete and abstract words. *International Journal of Psychophysiology*, 1997, 25:29-30
- Swaab TY, Brown C, Hagoort P. Understanding ambiguous words in sentence contexts: electrophysiological evidence for delayed contextual selection in Broca's aphasia. *Neuropsychologia*, 1998, 36(8):737-761
- Marchand Y, D'Arcy RC, Connolly JF. Linking neurophysiological and neuropsychological measures for aphasia assessment. *Clinical Neurophysiology*, 2002, 113:1715-1722
- Kojima T, Kaga K. Auditory lexical-semantic processing impairments in aphasic patients reflected in event-related potentials(N400). *Auris Nasus Larynx*, 2003, 30(4):369-378
- 董瑞国, 孙相如, 高素荣. 汉字认知中脑偏侧化效应的直接证明--基于形音义的事件相关电位研究. 徐州医学院学报, 1998, 18(4):259-261
- 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. 102-135
- 吕勇, 沈德立, 杜英春, 等. 听觉呈现条件下汉语双字词语义和语音启动的 ERP 研究. 心理科学, 2004, 27(1):8-12
- 陈璇, 宋焱. 汉语成语结尾字事件相关电位 N400 的研究. 广东医学, 2003, 24(7):711-713
- 陈璇, 金梅. 正常人汉语句子事件相关电位 N400 研究. 第一军医大学学报, 2003, 23(8):812-815
- 张钦, 丁锦红, 郭春彦, 等. 名词与动词加工的 ERP 差异. 心理学报, 2003, 35(6):753-760
- 张钦, 郭春彦, 丁锦红, 等. 身体活动与心理活动动词加工的 ERP 比较. 心理学报, 2004, 36(6):690-696
- 李荣宝, 彭聃龄, 郭桃梅. 汉英语义通达过程的事件相关电位研究. 心理学报, 2003, 35(3):309-316

(收稿日期:2006-04-08)