

汉语名-动兼类效应的神经机制研究*

刘涛^{1,2,3} 马鹏举^{2,3} 于亮^{2,3} 刘俊飞^{2,3} 杨亦鸣^{**2,3}

(¹南京师范大学文学院, 南京, 210029)(²江苏省语言与认知神经科学重点实验室, 徐州, 221009)

(³徐州师范大学语言研究所, 徐州, 221009)

摘要 文章运用ERP技术,从语法角度考察了汉语名-动兼类词的神经机制。实验结果显示,兼类效应反映在N170和N400成分上;名-动兼类词与非兼类名词、动词所诱发的P600成分没有显著差异,名-动兼类词分别作为名词和动词使用时所表现出的P600差异,与非兼类名词、动词的P600差异相同。根据实验结果认为,与相应的非兼类名词、动词相比,从语法角度划分的汉语名-动兼类词没有特异的脑神经机制。

关键词 名-动兼类词 名词 动词 ERP 语法 神经机制

1 引言

兼类词是指具有两种或两种以上词类性质的词,但当分别作为不同词类范畴的词使用时具有相同的语音和正字法形式(如“comb”兼有名词和动词两种词性)。目前对于兼类词神经机制的研究主要集中在名-动兼类词方面,已有研究表明,名-动兼类词在词语的认知加工中起重要作用,会对名动分离的神经激活模式产生影响(Tranel, Martina, Damasio, Grabowski, & Hichwa, 2005)。但是对于名-动兼类词在大脑中的表征方式和加工机制目前还不十分清楚。

一些研究发现,当名-动兼类词分别用作名词和动词时,出现了相互分离的神经机制(Damasio & Tranel, 1993; Federmeier, et al., 2000; Lee & Federmeier, 2006; Tranel, et al., 2005), Ping, Jin和Tan(2004)的fMRI实验对名-动兼类词和非兼类词脑机制的直接比较结果也显示,二者没有显著差异。这些研究表明,名-动兼类词可能是同音同形的两个词,分属于名词和动词两个不同的词类范畴,没有特异的脑神经机制。但Federmeier et al. (2000)、Lee和Federmeier(2006)、Tranel等人(2005)还发现了名-动兼类词具有与非兼类的名词、动词不同的神经机制表现,这又表明名-动兼类词可能具有特异的脑神经机制。

我们认为,上述不同的实验结果很大程度上源于对兼类词本质把握不准。划分词类和判定兼类词

的标准是语法标准,一个词是否为名-动兼类词,主要取决于该词是否兼有名词和动词的语法功能,因此只有从语法角度才能揭示名-动兼类词的神经机制。但上述大多数实验中所使用的名-动兼类词分别作为名词和动词时,除了语法性质不同外,语义上也表现出很大的差别(Federmeier, et al., 2000; Ping, et al., 2004; Tranel, et al., 2005; Van Petten & Kutas, 1987),这种语义歧义有可能会影响实验结果。而且一些实验是在无语境条件下对单个词的加工进行研究(Ping, et al., 2004; Tranel et al., 2005),但有学者指出,词语的语法类别信息不属于词汇表征,只有在任务相关或者在整合加工时才能被提取(Vigliocco, et al. 2006; Vigliocco, Vinson, Arciuli, & Barber, 2008),所以在无语境条件下可能无法揭示名-动兼类词的神经机制。另外,大部分研究使用的是基于语义的词汇判断任务、命名任务、语义相关性任务(Lee & Federmeier, 2006; Ping, et al., 2004; Tranel, et al., 2005; Van Petten & Kutas, 1987),实验任务不能很好的探测到名-动兼类词的语法性质和语法加工。

与印欧语言相比,汉语是一种典型的缺乏形态变化的语言,一个词往往可以具有多种词类的语法功能,而不改变其语音和正字法形式,因此在汉语中存在着大量的兼类词,其中名-动兼类词所占比例最大(胡明扬, 1996)。但目前还鲜有学者对汉语名-动兼类词神经机制进行研究。鉴于此,本研究拟使用ERP技术从语法角度探讨汉语名-动兼类词的神经机制

* 本研究得到国家社会科学基金重大招标项目(10&ZD126)、教育部人文社会科学研究规划项目(07JA740027)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)、江苏高校哲学社会科学重点研究基地重大项目、江苏省社会科学基金项目(08YYB010)、江苏省高校自然科学基金重大项目(10KJA180051)和江苏省高校哲学社会科学基金重点项目(09SJB740001)的资助。

** 通讯作者:杨亦鸣。E-mail: yangym@xznz.edu.cn

问题,即汉语名-动兼类词是否具有与相应的名词、动词相同的神经机制,如果具有相同的神经机制,汉语名-动兼类词就应该是同音同形的两个词,分属于名词和动词两个不同的词类范畴,如果具有不同的神经机制,汉语名-动兼类词就应该属于不同于名词和动词的词类范畴。实验将名-动兼类词置于能凸显其名词和动词语法特征的语境中,以确保对名-动兼类词进行语法加工。同时对语义歧义进行控制,所选取的名-动兼类词分别作为名词和动词使用时,词义相同或相近。实验还选取了非兼类的名词和动词,与名-动兼类词进行对比。

2 实验方法

2.1 被试

共有 14 名母语为汉语的大学本科参加本 ERP 实验(男女比例为 1:1,年龄范围为 19-23 岁)。根据艾丁堡用手倾向测查量表评估(Oldfield, 1971),所有被试均为右利手。所有人视力正常或矫正后正常,均无任何精神和神经疾病史,自愿参与本实验,实验前签署知情同意书和实验协议,实验结束后适当付酬。

2.2 材料

实验目标词包括名词、动词和名-动兼类词三类词语(均选自现代汉语词典(第 5 版),2006,北京:商务印书馆)。在词性上,名词和动词都是非兼类词,仅有一种词性,名-动兼类词兼有名词和动词两种词性。为了控制语义因素对实验结果的影响,要

求 15 名汉语为母语的的健康大学生(6 男 9 女,年龄范围为 19-23 岁,都不进入 ERP 实验)使用 5 度量表对名-动兼类词的词义歧义度进行评估,以确保名-动兼类词分别作为名词和动词使用时意义相同或者相近。等级“1”代表名-动兼类词分别用作名词和动词时词义“十分不同”,等级“5”代表名-动兼类词分别用作名词和动词时词义“十分相近”。根据评估结果,被选择的名-动兼类词词义歧义度等级平均为 4.05,范围为 3.67-4.33。所选的名词、动词和名-动兼类词均为双音节词;名词的平均频率为 75.24 次/百万,动词为 74.8 次/百万,名-动兼类词为 75.1 次/百万,均为高频词(现代汉语频率词典,1986,北京:北京语言学院出版社)。

如表 1 所示,所有的实验目标词被置于名词语境“一个+”和动词语境“不愿+”中,构成 6 组短语:a)一个+AN;b)不愿+AV;c)一个+UN;d)不愿+UV;e)一个+UV;f)不愿+UN*。其中“个”为名量词,“愿”为能愿动词。在汉语中,名量词只能修饰名词,不能修饰动词;能愿动词后只能接动词,不能与名词搭配,因此,“个”和“愿”就成为能够凸显名词、动词和名-动兼类词类身份的语法标记,“一个+”只允许名词性词语进入,“不愿+”只允许动词性词语进入,而名-动兼类词都能够进入这两种语境中。6 组短语中 a-d 为正确搭配短语,e,f 为错误搭配短语,每组短语各 43 个。此外,实验还包括 182 个由两个双音节词搭配组合而成的填充短语。最终实验共有 440 个短语,正确和错误各半。

表 1 各种类型短语示例

一个+AN	不愿+AV	一个+UN	不愿+UV	一个+UV	不愿+UN	填充短语
一个 请求	不愿 请求	一个 警察	不愿 推广	一个 害怕	不愿 帽子	雪花飞舞
一个 提议	不愿 提议	一个 客人	不愿 执行	一个 脱离	不愿 财产	红旗飘扬
一个 设想	不愿 设想	一个 部门	不愿 争取	一个 推动	不愿 耳朵	粮食下马

2.3 程序

实验在隔音的电磁屏蔽室内进行,被试双手拿按键盒坐在离计算机屏幕 80cm 远的座椅上,双眼水平注视计算机屏幕中央,视角为 4°。刺激材料为 60 号宋体,在计算机屏幕中央呈现,字体颜色为银色,计算机显示器背景为灰色。在正式实验开始前,通过计算机给被试呈现实验指导语,并进行简短练习,以熟悉实验任务。实验共分为 5 个 Block,刺激材料被随机编排,在每个 trail 中,首先呈现提示符“+++”,呈现时间为 300ms,提醒被试刺激即将出现;之后出现一个时长为 500-700ms 随机的空屏,随后呈现短语的第一个词,呈现时间为 200ms;接着在一个时长为 800-1000ms 随机的空屏之后呈现短

语的第二个词,呈现时间为 200ms;之后为 2500ms 的空屏,然后下一个 trail 开始呈现。实验任务为词语搭配判断任务,要求被试在短语呈现结束后,对短语中两个词的搭配组合是否正确尽快地按键反应,反应手在被试中交叉平衡设计。

2.4 脑电记录

被试佩戴 Quick-Cap 64 导联电极帽,采用 Neuroscan Synamps 2 记录 64 导脑电,电极以国际 10-20 系统为基础放置。

* UN (unambiguous noun)、UV (unambiguous verb)、AN (ambiguous used as noun)、AV (ambiguous used as verb)分别代表名词、动词、名词语境中的名-动兼类词和动词语境中的名-动兼类词。

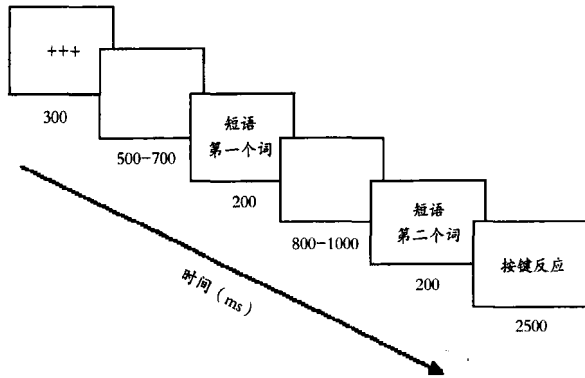


图1 刺激呈现流程图

在线记录脑电时,以左侧耳后乳突为参考,离线分析时重新转换成双侧乳突连线为参考。同时在双眼外侧安置电极记录水平眼电,在左眼上下眶安置电极记录垂直眼电。接地点在 FPz 和 Fz 的中点。电极与头皮接触电阻保持在 5k Ω 以下。采样率为 1000Hz,带宽为 DC-100Hz。

2.5 数据处理和分析

使用 Neuroscan 4.3 对采集的脑电进行离线分析处理。利用回归的方法去除眼电干扰,波幅大于 $\pm 100\mu\text{V}$ 的伪迹信号被剔除。分析时程为目标词呈现前 200ms(作为基线)至目标词呈现后 1000ms。对所考察的目标词的脑电数据进行分类叠加平均,得到正确短语语境中的 AN、UN、AV、UV 等四类刺激的 ERP。用于总平均分析的各类 ERP 的平均叠加次数不低于各类总刺激数的 85%。根据 ERP 总平均图特征,分四个时窗统计分析 ERP 成分的平均幅值:160-190ms(N170)、270-350ms(N400)、450-600ms(P600)。为了考察各种刺激类型在左、右半球和前、后脑区上的差异,进行兼类(兼

类、非兼类) \times 词类(名词性、动词性) \times 半球(左、中、右) \times 前后脑区(额区、额-中央区、中央区、中央-顶区、顶区)的四因素重复测量的方差分析。中线包括 FZ、FCZ、CZ、CPZ、PZ 五个电极点;两侧半球按照左右维度和前后维度分为 10 个区域:左额区(F3、F1)、右额区(F4、F2)、左额-中央区(FC3、FC1)、右额-中央区(FC4、FC4)、左中央区(C3、C1)、右中央区(C4、C4)、左中央-顶区(CP3、CP1)、右中央-顶区(CP4、CP2)、左顶区(P3、P1)、右顶区(P4、P2),将每个区域电极点的幅值进行平均后再进行方差分析。采用 Greenhouse-Geiss 法对 p 值校正。

3 实验结果

3.1 行为数据结果

行为数据结果如表 2 所示,对动词性短语“不愿+AV”与“不愿+UV”判断的反应时要慢于名词性短语“一个+AN”与“一个+UN”,对“不愿+AV”与“一个+AN”判断的错误率要高于“不愿+UV”与“一个+UN”。兼类 \times 词类的重复测量的方差分析结果也表明,词类的反应时差异显著, $F(1, 13) = 28.65, p < .001$,兼类的反应时主效应并不显著;词类的错误率差异不显著,但兼类的错误率差异显著, $F(1, 13) = 35, p < .001$ 。实验结果表明,被试对于动词性短语的加工要显著难于名词性短语的加工,对于包含名-动兼类词短语的加工要显著难于包含非兼类词短语的加工。然而,行为数据主要反映的是对整个短语的加工过程,不能很好的反映出目标词的神经加工机制,而对目标词的 ERP 测量结果则有利于考察行为数据中所表现出的词类效应和兼类效应,以及造成这些效应的本质原因。

表2 四种正确类型短语反应时和错误率结果($M \pm SD$)

	一个+AN	不愿+AV	一个+UN	不愿+UV
反应时(ms)	715.25 \pm 139.3	771.61 \pm 140.42	703.48 \pm 118.58	748.71 \pm 127.51
错误率(%)	8.2 \pm 5.7	13.6 \pm 8.0	4.7 \pm 3.4	3.7 \pm 2.5

3.2 ERP 数据结果

如图 2 所示,四类目标刺激的 ERP 差异主要表现在 N170、N400 和 P600 成分上。

160-190ms 时窗内重复测量的方差分析结果表明,在大脑的广泛区域,兼类主效应显著, $F(1, 13) = 7.98, p = .014$,非兼类名词和动词诱发出比名-动兼类词幅值更负的 N170 成分;同时存在显著的词类主效应, $F(1, 13) = 4.64, p = .05$,动词性词语诱发出比名词性词语幅值更负的 N170 成分。各种因素之间的交互作用均不显著。

270-350ms 时窗内重复测量的方差分析结果表明,兼类主效应显著, $F(1, 13) = 6.09, p = .028$,在大脑广泛区域,非兼类词诱发出比名-动兼类词幅值更负的 N400 成分;词类主效应不显著, $F(1, 13) = 2.59, p = .132$,但是词类与半球之间的交互作用显著, $F(2, 26) = 3.77, p = .043$ 。进一步的简单效应分析表明,在中线位置,词类主效应达到边缘显著, $F(1, 13) = 3.49, p = .085$,动词性词语诱发出比名词性词语更大的 N400 成分。

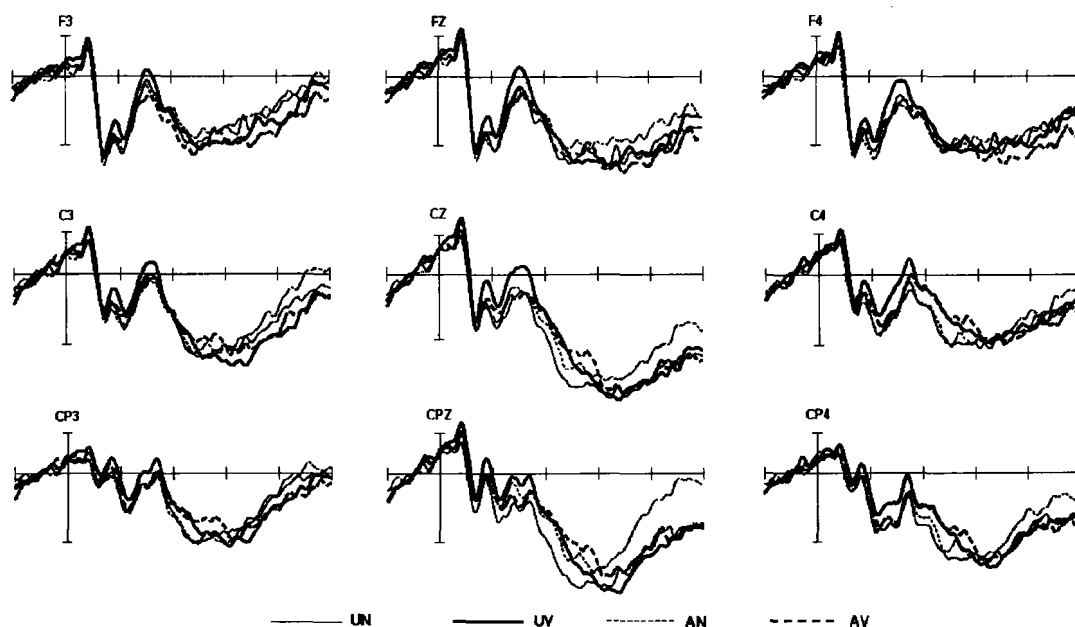


图2 目标刺激诱发的ERP波形图

450 - 600ms 时窗内重复测量的方差分析结果表明,兼类主效应不显著, $F(1, 13) = 3.08, p = .103$, 词类主效应也不显著, $F(1, 13) = 2.14, p = .167$, 但词类与半球之间的交互作用边缘显著, $F(2, 26) = 3.43, p = .056$, 词类与前后脑区之间的交互作用显著, $F(4, 52) = 3.08, p = .006$ 。进一步的简单效应分析表明,在大脑中线和右侧的中央区、中央顶区、顶区等后部脑区存在显著的词类效应, $F(1, 13) = 6.02, p = .029$, 名词性词语诱发出比动词性词语诱发出更大的 P600。

4 分析与讨论

本研究主要考察了正确语境下的名词、动词和名-动兼类词的神经加工机制。首先,非兼类名词、动词诱发出比名-动兼类词更大的 N170 成分,动词性词语也诱发出比名词性词语更大的 N170 成分。目前关于 ERP 早期成分在语言加工中的作用还不明确,但也有研究发现词语的早期加工能够诱发出早期负波。Van Petten 和 Kutas(1991)在封闭类词的早期加工中观察到 N125 成分,李荣宝,彭聆龄和王春茂(2001)指出其实验中的 N140 成分反映了被试对词语语义的初级分类与评价的神经认知过程。所以本实验中 N170 效应可能反映了被试早期对不同词类词汇-语义信息提取加工上的差异。

其次,非兼类词还在大脑广泛区域诱发出比名-动兼类词更大的 N400 成分。在语言加工中,

N400 成分被看作是语义加工的指标,语义整合加工所需要的代价越大, N400 就越大(Kutas, Van Petten, & Kluender, 2006)。所以本实验中动词语境下的 N400 效应一定程度上可能反映了非兼类词同语境进行语义整合加工时难度更大。与本实验不同, Federmeier 等(2000)发现的兼类效应是名-动兼类词呈现后 150ms 诱发的持续额区负波,这可能是因为他们在实验中所选择的一部分名-动兼类词在分别作为名词和动词使用时语义上存在很大差别的原因。当 Lee 和 Federmeier(2006)对名-动兼类词的语义歧义进行区分后,发现只有高度语义歧义的名-动兼类词才诱发出持续的额区负波,而无语义歧义的名-动兼类词诱发出比非兼类词更正的 N400 成分,所以 Lee 和 Federmeier 认为额区负波反映的是语义歧义消解的加工,而并不是兼类效应。本实验名-动兼类词分别作为名词和动词使用时,意义十分相近,结果与 Lee 和 Federmeier 实验中诱发出的 N400 效应类似。然而,我们在 P600 成分上并没有发现兼类效应,在语言加工中, P600 成分被认为是与语法加工相关的重要指标,主要反映了大脑对句法信息的分析、修补以及晚期的整合过程(Kutas, et al., 2006),这表明名-动兼类词与非兼类的名词、动词具有相似的语法加工机制。

本实验也揭示出显著的词类效应,在中线位置,动词性词语诱发出比名词性词语更大的 N400 成分,这与刘涛等人(2008)所发现的名动分离效应一

致。我们认为,由于动词的语义特征比名词更为复杂(Langacker, 1987),所以在对动词加工时要付出更多的代价,从而更大的 N400。另外,在大脑中线和右侧后部脑区,名词性词语诱发出比动词性词语诱发出更大的 P600。在本实验中,“个”与“愿”作为语法标记,能够分别触发目标词所具有的名词性和动词性的语法特征,所以 P600 效应应该反映了名词性词语和动词性词语语法加工上的差异。根据生成语法理论,以动词为中心的结构必须有足够的论元成分与动词同现,并由动词负责给这些论元成分指派合适的题元角色。但是动词短语“不愿+”中没有论元成分与动词性词语同现,动词性词语无法向论元成分指派题元角色,为了构建完整的句法结构,需要投入更多的心理资源支持动词性词语继续寻找论元成分,并指派题元角色。相比较,名词性词语没有向论元成分指派题元角色的能力,被试不需要再进行寻找论元的加工。所以与名词性词语相比,动词性词语消耗了更多的语法加工代价。一些研究表明,心理资源投入量越大,加工越难,P600 波幅反而越小(Friederici & Meyer, 2004; 张珊珊, 赵仑, 刘涛, 顾介鑫, 杨亦鸣, 2006),所以本实验中动词性词语诱发出更小的 P600 成分。

实验结果表明,兼类效应主要表现在 N170 和 N400 成分上,反映了名-动兼类词与非兼类名词、动词语义加工上的差异。但是语法标准才是划分词类的标准,按照语法功能进行词类划分也是有心理现实性的(杨亦鸣, 2007),因此,判定名-动兼类词是否属于特殊的词类,关键是看由名-动兼类词语法特征所诱发的神经加工机制是否具有特异性。在本实验中,代表语法加工的 P600 成分并没有表现出兼类效应,同时,无论是否兼类,动词性词语与名词性词语都具有相似的 P600 差异,这表明名-动兼类词作为名词和动词使用时,分别与非兼类名词、动词具有相似的语法加工机制。所以我们认为,同名词、动词相比,名-动兼类词并没有特异的神经机制,汉语名-动兼类词很可能是同音同形的两个词,分属于名词和动词两个不同的词类。在一些认为名-动兼类词存在特异神经机制的研究中(Federmeier, et al. 2000; Lee & Federmeier, 2006; Tranel, et al. 2005),实验受到了语义因素的干扰,因而所揭示的并不是真正的兼类效应。

5 结语

本研究运用 ERP 技术从语法角度考察了汉语

名-动兼类词的神经机制问题,发现名-动兼类词、名词、动词的语法神经加工机制没有差异,可以推断名-动兼类词并没有特异的神经加工机制,名-动兼类词可能是同音同形,但分属于名词和动词两个词类范畴的词语。总的来说,我们的研究从语法角度设计实验,有利于揭示名-动兼类词神经机制的本质,这对于词语认知加工的研究,尤其是对名动分离的研究具有一定的积极意义。

参考文献

- 胡明扬. (1996). *词类问题考察*. 北京: 北京语言学院出版社.
- 李荣宝, 彭聘龄, 王春茂. (2001). 语言认知加工过程中的早期皮层电位. *心理科学*, 24, 643-647.
- 刘涛, 杨亦鸣, 张辉, 张珊珊, 梁丹丹, 顾介鑫, 等. (2008). 语境下汉语名动分离的 ERP 研究. *心理学报*, 40, 671-680.
- 杨亦鸣. (2007). 语言的理论假设与神经基础——以当前汉语的若干神经语言学研究为例. *语言科学*, 6(2), 60-83.
- 张珊珊, 赵仑, 刘涛, 顾介鑫, 杨亦鸣. (2006). 大脑中的基本语言单位——来自汉语单音节语言单位加工的 ERPs 证据. *语言科学*, 5(6), 3-13.
- Damasio, A. R., & Tranel, D. (1993). Nouns and verbs are retrieved with differently distributed neural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90, 4957-4960.
- Federmeier, K., Segal, J., Lombrozo, T., & Kutas, M. (2000). Brain response to nouns, verbs and class-ambiguous words in cortex. *Brain*, 123, 2552-2566.
- Friederici, A. D., & Meyer, M. (2004). The brain knows the difference: two type of grammatical violations. *Brain Research*, 1000, 72-77.
- Kutas, M., Van Petten, C. K., & Kluender R. (2006). Psycholinguistics Electrified II (1994-2005). In M. A. Gernsbacher, & M. Traxler (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics (2nd edition)* (pp. 659-724). New York: Elsevier Press.
- Langacker, R. W. (1987). Nouns and verbs. *Language*, 63, 53-94.
- Lee, C. L., & Federmeier, K. D. (2006). To mind the mind: An event-related potential study of word class and semantic ambiguity. *Brain Research*, 1081, 191-202.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Handedness Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Ping, L., Jin, Z., & Tan, L. H. (2004). Neural representations of nouns and verbs in Chinese: an fMRI study. *NeuroImage*, 21, 1533-1541.
- Tranel, D., Martina, C., Damasio, H., Grabowski, T. J., & Hichwa, R. (2005). Effects of noun-verb homonymy on the neural correlates of naming concrete entities and actions. *Brain and Language*, 92, 288-299.
- Van Petten, C., & Kutas, M. (1987). Ambiguous words in context:

- An event-related potential analysis of the time course of meaning activation. *Journal of Memory and Language*, 26, 188-208.
- Van Petten, C., & Kutas, M. (1991). Influences of semantic and syntactic context on open and close-class words. *Memory and Cognition*, 19, 95-112.
- Vigliocco, G., Vinson, D. P., Arciuli, J., & Barber H. (2008). The role of grammatical class on word recognition. *Brain and Language*, 105, 175-184.
- Vigliocco, G., Warren, J., Siri, S., Arciuli, J., Scott, S., & Wise, R. (2006). The role of semantics and grammatical class in the neural representation of words. *Cerebral Cortex*, 16, 1790-1796.

An Event-related Potential Study of the Noun-verb Ambiguous Effect in Chinese

Liu Tao^{1,2,3}, Ma Pengju^{2,3}, Yu Liang^{2,3}, Liu Junfei^{2,3}, Yang Yiming^{2,3}

(¹ College of Chinese Language and Culture, Nanjing Normal University, Nanjing, 210029)

(² Jiangsu Key Laboratory of Language and Cognitive Neuroscience, Xuzhou, 221009)

(³ Institute of Linguistics, Xuzhou Normal University, Xuzhou, 221009)

Abstract Electrophysiological techniques were used to examine the effect of word class ambiguity on the brain response to Chinese noun-verb word class ambiguous words, namely, whether noun-verb word class ambiguous words and word class unambiguous items (nouns and verbs) engage different neural mechanism in grammatically well-specified contexts.

There were three sets of stimuli used in the experiments: (1) word class unambiguous nouns, (2) word class unambiguous verbs, and (3) noun-verb word class ambiguous words (which can be used as both nouns and verbs, but nouns and verbs senses have little or no semantic ambiguity). Word length and word frequency were matched across three word types. These stimuli were embedded in two contrastive grammatical phrase contexts that explicitly specified their word class: "yi ge(一个) + -" (e. g., noun-predicting, "ge" is a syntactic cue for nouns and ambiguous words used as nouns) and "bu yuan(不愿) + -" (e. g., verb-predicting, "yuan" is a syntactic cue for verbs and ambiguous words used as verbs). All the phrases were ranged randomly and presented visually word by word. The subjects were asked to decide whether the presented phrase represented a legitimate or illegitimate phrase. ERPs in response to the nouns, verbs and noun-verb ambiguous words in different contexts were recorded. All statistical analyses of ERPs were conducted on repeated-measures ANOVA.

Fig. 2 showed significant ERP differences between noun-verb ambiguous words and word class unambiguous words in the 160-190ms(N170), 270-350ms(N400) and 450-600ms(P600) time windows under the appropriate grammatical context. First, word class ambiguity had clear main effects in the 160-190ms and 270-350ms time windows. In a wide range of brain areas, unambiguous words elicited a larger N170 and N400 than did noun-verb ambiguous words. There was no significant P600 effect between noun-verb ambiguous words and word class unambiguous words. Second, ERP data revealed a significant word class effect. Compared with nouns and ambiguous words used as nouns, verbs and ambiguous words used as verbs elicited a larger N170 and N400. Nouns and ambiguous words used as nouns elicited a larger P600 than did verbs and ambiguous words used as verbs at the midline and right hemisphere of the posterior area. P600 was the index of grammatical process which elicited by grammatical features of word class in our experiment.

According to the present data, we maintain that noun-verb word class ambiguous words in Chinese are not special neural mechanism compared with word class unambiguous nouns and verbs. In summary, the innovation of the current study revealed the neural mechanism of Chinese noun-verb word class ambiguous words according to the grammatical features of words.

Key words noun-verb ambiguous words, noun, verb, ERP, grammar, neural mechanism