

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2018.08.010

· 临床研究 ·

基于汉语高频名词下词图匹配语义判断任务的设计与运用范式

常静玲^{1a,2}, 张斌龙^{1a}, 谭中建^{1b}, 樊瑞文^{1a}, 韦宇飞^{1a}, 高颖^{1a,2}

1. 北京中医药大学东直门医院, a. 神经内科; b. 放射科, 北京市 100700; 2. 国家中医药管理局脑病中医证治重点研究室, 北京市 100700

通讯作者: 高颖. E-mail: gaoying973@126.com

基金项目: 1. 国家自然科学基金面上项目(No. 81473654); 2. 2014 年国家公益性中医药行业科研专项(No. 201407001-9)

摘要

目的 探索基于汉语高频名词的词图匹配语义判断任务的设计思路, 以及该任务下的功能磁共振成像(fMRI)和事件相关电位(ERP)实验研究方法, 为该领域研究提供范式。

方法 阐述汉语高频名词的词图匹配判断任务的材料来源和设计流程, 并纳入 1 例健康受试者, 进行词图匹配语义判断任务下的 fMRI、ERP 实验, 将任务下采集的 fMRI/ERP 数据进行分析, 判断该任务在 fMRI/ERP 实验中的可行性。

结果 fMRI 结果显示, 与注视“+”时相比, 受试者在词图呈现时右侧额中回激活增高; 与词图匹配条件相比, 受试者在词图不匹配条件下右侧额中回激活增高。ERP 结果显示, 词图匹配条件下受试者左侧额颞区激活较明显, 词图不匹配条件下右侧额叶区激活较明显。

结论 基于本实验设计, 采用 fMRI、ERP 技术均可以获得语言相关脑区激活效应, 提示本任务可用于探索汉语语言的脑加工机制。

关键词 语言; 汉语; 词图匹配; 任务设计

Design and Pilot Study of Word-picture Matching Semantic Judgment Task Based on Chinese High Frequency Nouns

CHANG Jing-ling^{1a,2}, ZHANG Bin-long^{1a}, TAN Zhong-jian^{1b}, FAN Rui-wen^{1a}, WEI Yu-fei^{1a}, GAO Ying^{1a,2}

1. a. Department of Neurology; b. Department of Radiology, Dongzhimen Hospital Affiliated to Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China; 2. Key Laboratory of Encephalopathy Treatment of Chinese Medicine, State Administration of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700, China

Correspondence to GAO Ying. E-mail: gaoying973@126.com

Supported by National Science Foundation of China (General) (No. 81473654) and Special Public Welfare Industry and Scientific Research from State Administration of Traditional Chinese Medicine (No. 201407001-9)

Abstract

Objective To explore the design of word-picture matching semantic judgment task based on Chinese high frequency nouns and further explore the way to apply the task in a functional magnetic resonance imaging (fMRI)/event-related potential (ERP) study.

Methods The materials, stimuli and procedure of the word-picture matching semantic task were provided. Then, a healthy subject for the pilot study was included. In the pilot study, fMRI and ERP data of the subject were collected during the word-picture matching task. The fMRI and ERP data were analyzed to test the feasibility of the word-picture matching task in an fMRI/ERP task.

Results The results of fMRI analysis showed an increased activity in the right middle frontal gyrus under the word-picture presenting condition compared with the "+" presenting condition. In addition, fMRI analysis showed an increased activity in the right middle temporal gyrus in the word-picture mismatching condition compared with the word-picture matching condition. The results of ERP analysis showed an increased activity in the left frontal/tem-

作者简介: 常静玲(1970-), 女, 北京市人, 回族, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 主要研究方向: 中医药防治脑病的研究。通讯作者: 高颖, 女, 主任医师, 教授, 博士研究生导师。

poral area in the word-picture matching condition and an increased activity in the right frontal area in the word-picture mismatching condition.

Conclusion Language associated brain regions can be identified in the fMRI/ERP research based on the word-picture matching task described in this article, which indicated that the task is effective in exploring language processing mechanism in the brain.

Key words: language; Chinese; word-picture matching; task design

[中图分类号] R651.1 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2018)08-0917-07

[本文著录格式] 常静玲, 张斌龙, 谭中建, 等. 基于汉语高频名词下词图匹配语义判断任务的设计与运用范式[J]. 中国康复理论与实践, 2018, 24(8): 917-923.

CITED AS: Chang JL, Zhang BL, Tan ZJ, et al. Design and pilot study of word-picture matching semantic judgment task based on Chinese high frequency nouns [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2018, 24(8): 917-923.

随着认知心理学和认知神经学研究的不断深入, 人类语言发生过程中的心理变化和认知机理研究倍受关注^[1-2]。近年来, 研究者们着力探索反映语言加工过程的研究范式, 以期更好地揭示语言加工的认知神经科学机制, 构建相关理论模型。语言加工是大脑处理语音、语义、语法等多层次信息的复杂过程。汉语和西方语言属于不同的语言体系, 西方拉丁字母是表音文字, 而汉字是由字符组成的象形文字, 属于典型的表意体系文字^[3], 较西方文字涉及更多的空间加工脑区参与^[4-6]。因此, 汉语语言研究不能完全照搬国外的研究设计和范式, 应针对汉语特点进行语言的认知心理实验研究。

近年来, 认知领域的语言学研究得到越来越多的关注^[7]。为了更全面探索汉语加工的脑机制, 国内学者引入多种可用于汉语研究的理论模型和假设, 如概念隐喻理论^[8]、复合线索理论^[9]、交互激活模型^[10]、词汇联想模型、负激活效应和竞争启动效应等^[11]。然而单纯的理论模型与行为实验不能深层次解释汉语语言加工机制, 探索汉语的深层加工机制急需借助新方法和新手段的介入。

现代非侵入性神经科学技术日新月异, 为语言学带来契机, 研究者探索拓展语言研究范式, 将非侵入性技术引入语言实验研究中, 开展基于行为学任务下的脑功能磁共振、脑电等实验研究, 为揭示语言加工机制提供新策略, 建立更为客观的语言功能评价体系^[12]。目前开展语言任务实验最常采取的现代技术有功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)和事件相关电位(event-related potential, ERP), 两者均是让受试者在执行特定任务的情况下采集相关的神经信息, 其不同点在于, ERP在高时间分辨率下采集人脑神经元的放电信息, 而fMRI则在高空间分辨率下采集人脑血流动力学的变化信息。结合

fMRI和ERP技术, 可以弥补两个技术各自的理论缺陷, 更可以在高时空分辨率的条件下精准探索语言的发生机制与脑功能定位^[13-14]。

脑是语言的载体, 传统的Wernicke-Lichtheim模型由Broca和Wernicke脑区构成。其中, Wernicke脑区负责语言理解, Broca脑区负责语言产生, Wernicke区接受语言信息后通过弓状束连接, 传递至Broca区, 产生语言^[15], 这个模型奠基了脑与语言研究, 对后续研究产生深远影响。然而语言的接收和产生是一个复杂的过程, 近年随着fMRI和ERP等技术的发展, 研究者们发现了更为广泛的语言脑区, 如颞中回、颞上回前部、皮质下区域等^[16], 进一步提出脑语言区可分为腹侧和背侧通路, 通过相应的白质纤维束连接^[17]。传统的脑部语言加工模型不足以解释诸多的语言理论和语言效应, 而丰富这个模型的过程需要脑与语言研究为其提供基础。研究者们参考行为学实验经典的组块设计和事件相关设计, 提出多种可用于脑与语言实验的任务范式, 如Stroop效应实验^[18]、词图匹配实验、词汇联想实验^[19]、图片命名实验^[20]、语义启动或重复实验^[21]等。其中, 词图匹配任务下的实验是国际上常用的与神经科学技术相结合的语言实验, 该实验涉及跨语言模块、图片理解、文字理解、语义判断、词图干扰效应、语义干扰效应等语言研究的热点问题^[22], 探索这些语言模块与语言效应的脑部结构和功能基础, 可以为完善脑部的语言加工模型提供重要证据。

目前基于汉语的词图匹配实验报道仍较为少见, 我们也没有找到国内研究者详细报道本实验设计与运用方法的文献。为此, 我们提出一项汉语高频名词下词图匹配语义判断任务的实验设计, 并以fMRI/ERP技术为示例, 探索语言机制实验的研究范式, 以期规范脑与语言研究的实验设计, 并为后续研究的展开提

供基础。

1 资料与方法

1.1 任务设计

基于《现代汉语常用词表》中的高频名词,借鉴目前国际推行的词图匹配任务设计方法^[22-23],结合汉语的语言特点、特征,模拟现代语言康复训练场景,经语言学专家论证,形成基于汉语高频名词的词图匹配刺激材料,在此基础上,研制出词图匹配语义判断任务。考虑语言任务实验在 fMRI、ERP 等神经科学技术中的应用范围,对本语言任务实验的相关参数及流程进行规范。

1.1.1 刺激材料

刺激材料由 120 组图片和汉语词汇组成,根据图片与词汇的语义不同分为语义一致(匹配)和语义不一致(不匹配)。所有试验所用词汇均出自 2008 年国家语言文字工作委员会发布的《现代汉语常用词表》,从词频最高的 12,000 个词中选出常用的双字物体名词 60 个,笔划范围为 5~30 划,白底黑字,100 磅宋体字。所有实验用图均为黑白线条画,由同一美术专业人员绘制,图片大小为 6 英寸(15.2×10.2 cm)。图片和汉语词汇示例见图 1。



图 1 图片和汉语词汇示例

1.1.2 刺激呈现顺序

采用 E-prime 2.0 软件进行编程,采用快速事件相关设计,以视觉方式呈现。呈现顺序(图 2)为:①呈现图片 1500 ms;②呈现空屏 500 ms;③呈现汉语词语 1500 ms (词汇与图片均随机抽取,词图语义一致和语义不一致情况出现的次数均等);④注视点“+”随机呈现 1800~2200 ms (平均 2000 ms),提示被试者对词图的语义进行判断,若判断为图片与词汇语义匹配,则按“左”键,判断为不匹配则按“右”键。fMRI 实验共

重复 60 个周期,ERP 实验共重复 120 个周期。通过反馈系统实时记录实验过程,包括呈现的词图刺激、语言判断的反应时间、判断的正确和错误等信息,便于后续分析。

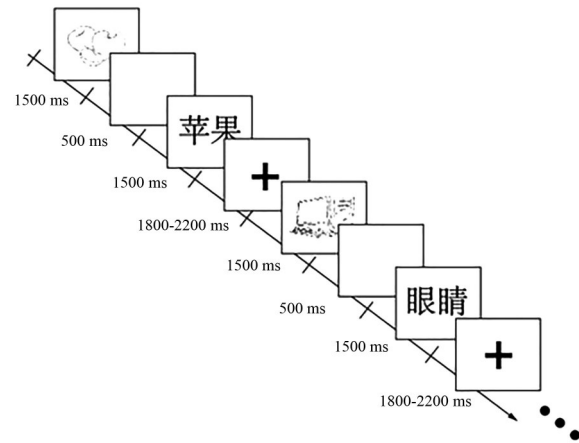


图 2 刺激呈现顺序

1.2 汉语词图匹配任务下的 ERP/fMRI 预实验

1.2.1 实验对象

为了对词图匹配任务在 fMRI 与 ERP 实验中的可行性进行测试,纳入健康受试者 1 例进行预实验。受试者为女性,26 岁,本科学历,母语为汉语,右利手,视力、视野正常,无神经系统疾病史,简易精神状态检查(Mini-Mental State Examination, MMSE)评分为 30 分。

1.2.2 数据采集

fMRI 数据采集在北京中医药大学东直门医院放射科核磁室进行,采集设备采用西门子 Novus 3.0 T 磁共振扫描成像仪,受试者在执行上述语言任务时采集 fMRI,采用 EPI 序列,TR=2000 ms,TE=30 ms,Flip angle=90°,FOV=225×225, Band width=2520,分辨率 64×64, 31 axial slices,层厚 3.5 mm,间距 0.7 mm, Voxel size: 3.5×3.5×3.5,进行不间断性连续扫描,扫描时间 366 s,任务开始前采集高分辨率三维 T₁ 加权成像数据(176 slices, thickness=1 mm, TR=1900 ms, TE=2.13 ms, TI=900 ms, Flip angle=9°, Resolution=256×256, Voxel size: 1.0×1.0×1.0, 扫描时间 258 s)。

ERP 数据采集在北京中医药大学东直门医院脑功能室进行。采用 Quik-Cap 64 导联电极帽(Compumedics Neuroscan, USA),电极排列方式按照 10-20 国际标准。该电极帽上的电极为 Ag/AgCl 合金电极,均被包裹在软橡胶内固定。SynAmps²放大器(Compumedics

Neuroscan, USA)及信号采集系统用于进行信号采集,带通 0.05~250 Hz, 60 Hz 陷波, 采样频率为 1000 Hz。参考电极 M1、M2 贴于耳后乳突。实验在光线较暗、安静的室内进行。实验过程中, 被试戴上耳机以舒服的姿势坐在椅子上, 并尽量克制吞咽口水、眨眼、眼球移动等动作。电极阻抗保持在 5 kΩ 以下。

1.2.3 分析方法

fMRI 数据处理在 SPM 12 (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>)中进行, 预处理包括头动校正、时间层校正、空间校准、6 mm 平滑, 随后在 SPM12 中构建广义线性模型进行统计分析, 对比各个任务条件的差异。ERP 数据处理在 Brainstorm (<http://neuroimage.usc.edu/brainstorm/>)中进行, 预处理包括剔除坏导, 转参考, 滤波, 分段, 基线校正, 随后选取目标时段进行叠加平均, 对比匹配和不匹配任务条件下激活差异。

2 结果

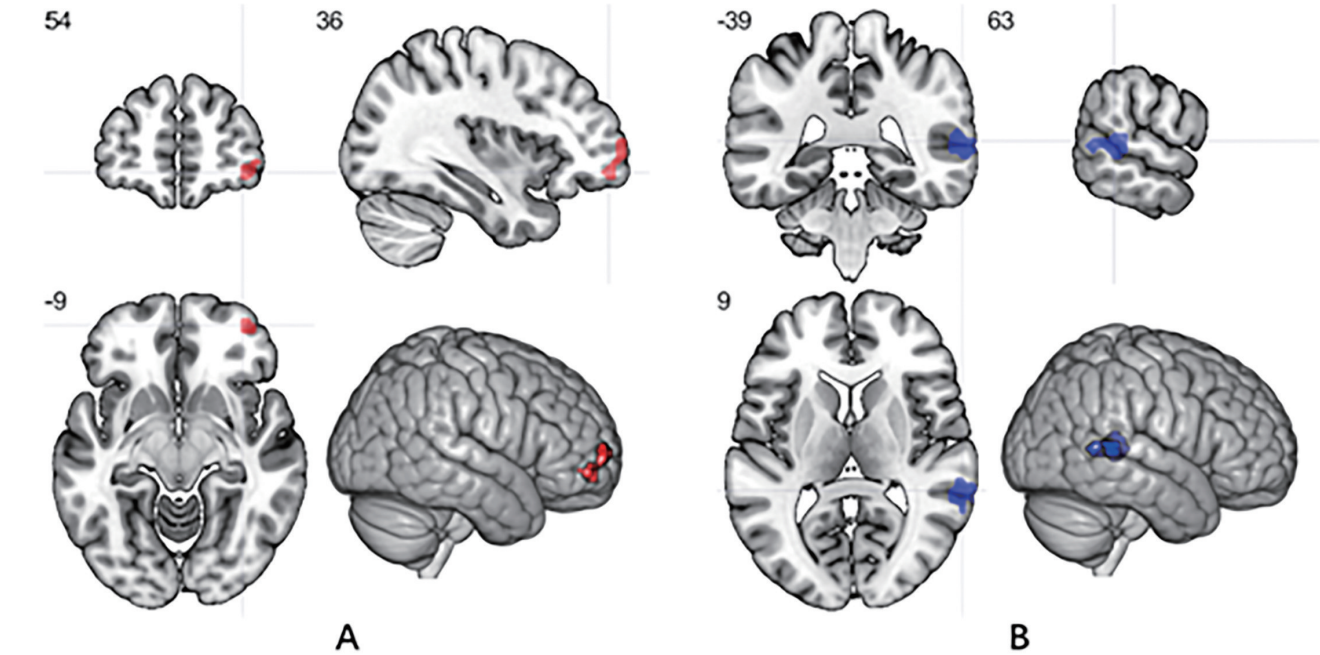
fMRI 分析首先对比词图呈现时与注视 “+” 时的

脑激活差异(图 3A), 发现受试者在词图呈现时, 右侧额中回激活增高($P<0.001$, FWE 校正), 未发现词图呈现对比注视 “+” 有显著激活降低的脑区。进一步, 对比词图匹配条件与词图不匹配条件下的脑激活差异(图 3B), 发现在词图不匹配的条件下, 右侧颞中回的激活较匹配时增高($P<0.001$, FWE 校正), 未发现词图不匹配相比词图匹配激活降低的脑区。具体脑区见表 1。

ERP 分析将任务分为词图匹配和词图不匹配两种条件。纵观所有电极脑电图可以看出, 在两种实验条件下, 受试在 400 ms 前后均出现明显 N400 趋势(图 4A、图 4D), N400 波形在 PZ、CZ 两个导联表现较为明显(图 4B、图 4E), 画出被试在 400 ms 时的脑地形图(图 4C、图 4F), 可以发现, 在执行词图匹配判断任务时, 右侧中央顶部脑区有明显激活。词图匹配条件下受试者在左侧额颞区激活较明显, 词图不匹配条件下受试者在右侧额叶区激活较明显。

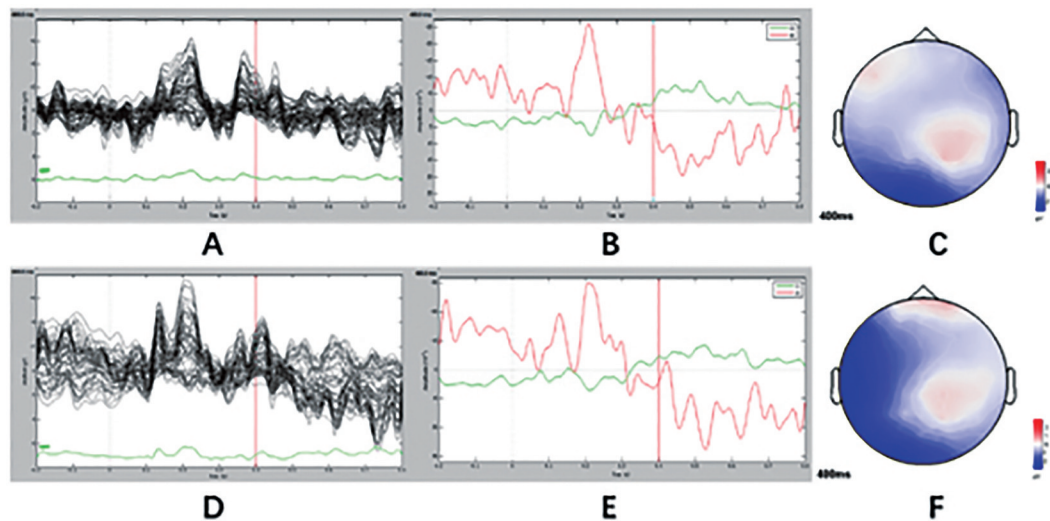
表 1 fMRI 分析结果

条件	脑区	MNI 坐标	簇大小	Z	Voxel-wise P	FWE 校正
词图>“+”	右侧额中回	36 54 -9	44	6.38	$P<0.001$	$P<0.05$
不匹配>匹配	右侧颞中回	63 -39 9	86	3.69	$P<0.001$	$P<0.05$



注: A 为词图呈现时对比注视 “+” 时的脑区激活差异图($P<0.001$, FWE 校正); B 为词图不匹配条件>词图匹配条件的脑区激活差异图($P<0.001$, FWE 校正)

图3 fMRI 分析结果



注：A、B 和 C 图分别为词图匹配刺激条件下所有导联 ERP 结果、PZ 和 CZ 导联结果及 400 ms 时点脑地形图；D、E 和 F 分别为词图不匹配刺激条件下所有导联 ERP 结果、PZ 和 CZ 导联结果及 400 ms 时点脑地形图

图 4 ERP 分析结果

3 讨论

3.1 汉语词图匹配任务形成的理论基础

词图匹配任务从语言学方面解析，认为分为文字理解、图片理解和词图匹配判断三个过程，需要“字形输入词典”、“视觉物体辨认系统”和词图两个语言模块之间映射的参与^[23]。在词图匹配判断的过程中，有研究发现在词图干扰范式中同时存在语义抑制效应和语义促进效应两种相互矛盾的效应^[24]。与语义一致的干扰词语相比，语义不一致干扰条件显著延长语义判断的时间，这一效应被称之为语义抑制效应^[25]；当语义判断任务为词图语义一致时，则会出现语义促进效应^[26]。从词图匹配任务的结果来看，分为判断错误与判断正确两种情况，人脑在进行正确判断与错误判断时的机制目前尚不明确，有研究发现大脑前额叶皮质可能影响判断的结果，然而尚需进一步地实验证实^[27]。故而基于本研究的词图匹配任务，研究者可以从以下方面出发探索语言机制：①通过对比词图呈现瞬间大脑神经信息传递特点，研究语义理解的机制，寻找“字形输入词典”、“视觉物体辨认系统”对应脑区；②通过对比词图匹配与词图不匹配条件下的信息差异，研究语义抑制效应与语义促进效应的机制以及两个效应的差异性；③通过探索出现注视“+”时判断正确与判断错误情况下脑区的激活差异，研究人脑在判断正确与错误的语言信息时的处理差异。

3.2 语言任务的 fMRI/ERP 实验结果分析

本研究为汉语词-图匹配语言任务下的 fMRI/ERP

探索性研究，受试者为 1 例健康人，借助 fMRI、ERP 的先进分析技术，建立多重对比矩阵，探索包括语言理解、文字与图片间映射和语义效应等语言的脑加工机制，并获得差异性脑区，真实、客观呈现语言任务的实验效果。研究结果有以下解释。①fMRI 结果显示，右侧额中回可能参与图片与文字的理解过程，此脑区可能在“字形输入词典”、“视觉物体辨认系统”的语言处理过程中发挥关键作用。传统研究显示，语言理解主要与位于颞叶的 Wernicke 区相关^[28]，近年来的研究发现语言理解与额叶也密切相关^[29]，与本实验结果相契合。②fMRI 与 ERP 结合分析显示，词图匹配条件下左侧额颞区激活较明显，不匹配条件下右侧额颞区激活较明显，目前普遍认为左脑是人类语言的优势半球，结合本实验结果，提示左右脑的差异性可能是语义促进效应与语义抑制效应的基础^[30]。

3.3 局限性与展望

本研究的局限性在于：①实验设计方面，由于本任务需要患者具备基本的判断能力与手部活动能力，故而不适用于全身状况不佳、手部活动不能、严重理解障碍、意识障碍和重度智能低下患者；②实验对象方面，仅对单个被试开展探索性实验研究，仍需进一步扩大样本进行验证；③语言任务方面，尚未进行判断错误与判断正确的对比，后续研究将探索在这两种条件下的脑区激活差异；④分析方法方面，目前仅对 fMRI、ERP 实验数据分别进行分析，未来研究将进一步引入融合分析技术。

本语言任务设计理念是基于词图匹配任务激发语言理解的过程而产生,探索词图匹配语言任务实验研究思路与方法,形成多模态数据采集与分析的流程,证实该任务的客观性和可行性,起到探索和示范效应,为后续开展汉语词图匹配任务的 fMRI/ERP 实验提供思路与范式;但语言加工是一个极其复杂的过程,目前尚无实验可实现完全呈现语言理解的全过程,未来开展多种任务相结合的实验研究应为揭示语言加工过程的有效途径^[31]。在分析方法方面,还可运用联合独立成分分析方法提取 fMRI 数据的空间信息和 ERP 的时间信息后,再将两个模态的数据与受试者行为学量表进行相关,充分发挥 fMRI 和 ERP 技术的优势^[32],并可拓展至脑磁图等技术研究中。本研究中的任务来源为语言康复训练的材料与模式,虽本研究对象为健康被试,未来还将根据临床实际,将实验对象扩展至轻、中度认知功能障碍的患者,如无严重理解障碍的脑卒中后失语、轻中度认知障碍、老年痴呆症、精神分裂症等患者^[33-35],根据不同的人群设计相应的语言刺激任务。

3.4 小结

本研究借鉴语言康复训练理念,模拟汉语语言理解中的词图匹配思维训练过程,形成语言任务的设计流程,将现代神经影像学与神经电生理学技术应用于语言学实验中,采用 fMRI/ERP 的先进实验手段,探索汉语语言加工机制研究的新范式,为揭示认知障碍类疾病的发生、发展和恢复机制提供新方法、新途径,为神经心理学实验任务的设计与研发提供新思路,具有重要的理论指导与现实意义。

[参考文献]

- [1] Wawrzyniak M, Hoffstaedter F, Klingbeil J, et al. Fronto-temporal interactions are functionally relevant for semantic control in language processing [J]. PLoS One, 2017, 12(5): e0177753.
- [2] Piai V, Meyer L, Dronkers NF, et al. Neuroplasticity of language in left-hemisphere stroke: evidence linking subsecond electrophysiology and structural connections [J]. Human Brain Mapping, 2017, 38(6): 3151-3162.
- [3] 冯秋雨. 认知语言学视角下英汉委婉语语义加工机制对比研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学, 2016.
- [4] Ho CS, Chow BW, Wong SW, et al. The genetic and environmental foundation of the simple view of reading in Chinese [J]. PLoS One, 2012, 7(10): e47872.
- [5] 周蕊. 中英文言语流畅性任务的语言间差异的 fNIRS 研究[D]. 天津:天津师范大学, 2015.
- [6] Cao F, Brennan C, Booth JR. The brain adapts to orthography with experience: evidence from English and Chinese [J]. Dev Sci, 2015, 18(5): 785-798.
- [7] 吴珊. 中国语言学研究现状及发展趋势——近十年(2001-2010)国家社科基金资助项目的统计分析[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2012, 25(1): 93-97.
- [8] Huang Y, Tse CS, Xie J. The bidirectional congruency effect of brightness- valence metaphoric association in the Stroop-like and priming paradigms [J]. Acta Psychol (Amst), 2017, pii: S0001-6918(17)30495-X. doi: 10.1016/j.actpsy.2017.10.006.
- [9] Swan K, Hopper M, Wenke R, et al. Speech-language pathologist interventions for communication in moderate-severe dementia: a systematic review [J]. Am J Speech Lang Pathol, 2018, 27(2): 836-852.
- [10] Liang L, Sharwood Smith M, Chondrogianni V, et al. The pre-attentive L2 orthographic perception mechanism utilized by bilinguals with different proficiency levels [J]. Front Psychol, 2017, 8: 1357.
- [11] 范琳,卢植. 双语语言产出过程中语码转换加工机制——从行为研究到神经认知研究[J]. 外语与外语教学, 2015(1): 38-44.
- [12] Rapp B, Caplan D, Edwards S, et al. Neuroimaging in aphasia treatment research: Issues of experimental design for relating cognitive to neural changes [J]. Neuroimage, 2013, 73: 200-207.
- [13] Sommer M, Meinhardt J, Volz HP. Combined measurement of event-related potentials (ERPs) and fMRI [J]. Acta Neurobiol Exp (Wars), 2002, 63(1): 49-54.
- [14] Minati L, Rosazza C, Zucca I, et al. Spatial correspondence between functional MRI (fMRI) activations and cortical current density maps of event-related potentials (ERP): a study with four tasks [J]. Brain Topography, 2008, 21(2): 112-127.
- [15] Geschwind N. The organization of language and the brain [J]. Science, 1970, 170(3961): 940-944.
- [16] Poeppel D, Emmorey K, Hickok G, et al. Towards a new neurobiology of language [J]. J Neurosci, 2012, 32(41): 14125-14131.
- [17] Berwick RC, Friederici AD, Chomsky N, et al. Evolution, brain, and the nature of language [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2013, 17(2): 89-98.
- [18] 陈俊,刘海燕,张积家. Stroop 效应研究的新进展——理论, 范式及影响因素[J]. 心理科学, 2007, 30(2): 415-418.
- [19] 徐歌. 基于构建式词汇联想的二语心理词库组织模式及重组研究[J]. 西安外国语大学学报, 2016, 24(1): 76-79.

- [20] 林枫,江钟立,程少强,等. 非流畅性失语症脑功能网络分析[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(3): 269-274.
- [21] 李瑛,江钟立,王爱丰. 脑卒中后朝鲜族失语症患者汉-朝双语语义启动效应的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(12): 1324-1327.
- [22] Harvey DY, Schnur TT. Different loci of semantic interference in picture naming vs. word-picture matching tasks [J]. Front Psychol, 2016, 13(7): 710.
- [23] McKelvey ML, Hux K, Dietz A, et al. Impact of personal relevance and contextualization on word-picture matching by people with aphasia [J]. Am J Speech Lang Pathol, 2010, 19(1): 22-33.
- [24] 朱雪冰,张清芳. 图画口语命名中的语义效应[J]. 心理科学进展, 2011, 19(9): 1281-1292.
- [25] 马利军,祁伟强. 图-词干扰范式下义符、声符和语音对汉字产生的影响 [J]. 心理研究, 2015, 8(2): 26-31.
- [26] Costa A, Mahon B, Savova V, et al. Level of categorisation effect: A novel effect in the picture- word interference paradigm [J]. Lang Cogn Proc, 2003, 18(2): 205-234.
- [27] Desouza JF, Ovaysikia S, Pynn LK. Correlating behavioral responses to fMRI signals from human prefrontal cortex: Examining cognitive processes using task analysis [J]. J Vis Exp, 2012, 20(64): 3237.
- [28] Hillis AE, Wityk RJ, Tuffiash E, et al. Hypoperfusion of Wernicke's area predicts severity of semantic deficit in acute stroke [J]. Ann Neurol, 2001, 50(5): 561-566.
- [29] Meyer L, Grigutsch M, Schmuck N, et al. Frontal-posterior theta oscillations reflect memory retrieval during sentence comprehension [J]. Cortex, 2015, 71: 205-218.
- [30] Wild C. Contributions of the left and right hemisphere in language: investigating the effects of unilateral brain damage (stroke) on metaphor processing [D]. Leeds, UK: University of Leeds, 2012.
- [31] 全文,闫国利. 语言认知加工中“饱和”现象的研究范式及实验任务述评[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2013, 33(4): 87-96.
- [32] Wynn JK, Jimenez AM, Roach BJ, et al. Impaired target detection in schizophrenia and the ventral attentional network: findings from a joint event-related potential – functional MRI analysis [J]. Neuroimage Clin, 2015, 9: 95-102.
- [33] Mazaheri A, Segaert K, Olichney J, et al. EEG oscillations during word processing predict MCI conversion to Alzheimer's disease [J]. Neuroimage Clin, 2018, 17: 188-197.
- [34] Dollfus S, Razafimandimby A, Maiza O, et al. Functional deficit in the medial prefrontal cortex during a language comprehension task in patients with schizophrenia [J]. Schizophr Res, 2008, 99(1-3): 304-311.
- [35] Ivanova MV, Kuptsova SV, Dronkers NF. A comparison of two working memory tasks in aphasia [J]. Aphasiology, 2017, 31(3): 265-281.

(收稿日期:2018-04-19 修回日期:2018-07-24)