

◆ 中枢神经影像学

Functional MRI analysis of semantics processing in skilled Mongolian-Chinese bilingual people

CHEN Xue-zhi¹, ZHOU Lian-jun¹, YANG Qian¹, XU Shu-jun¹,
WANG Xiao-yi², ZHAO Cheng², LU Jie², LI Kun-cheng^{2*}

(1. CT-MR Division, Ningcheng Hospital of Chifeng, Chifeng 024200, China; 2. Department of Radiology, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China)

[Abstract] **Objective** To explore the brain mechanism of the semantics processing in skilled Mongolian-Chinese bilingual people with fMRI. **Methods** Fifteen right-handed skilled Mongolian-Chinese bilingual healthy volunteers (male 8, female 7) underwent fMRI to judge visual words in Mongolian or Chinese. Localized functional areas of brain were analyzed in AFNI, and the difference was detected as well. **Results** fMRI demonstrated the activation of left middle temporal gyrus, left post-parietal lobe and left prefrontal lobe in the visual Chinese and Mongolian semantic tasks. Mongolian and Chinese semantic tasks were compared, and more activation in the left cuneus gyrus and right fusiform gyrus were found in the Mongolian tasks, while more activation in the left posterior temporal gyrus, the left superior parietal lobe, the left middle frontal gyrus and the triangle part of the inferior frontal gyrus were found in the Chinese tasks. **Conclusion** The brain functional segregation of the semantics processing exists in skilled Mongolian-Chinese bilingual people. fMRI can provide imaging information for analysis of the brain mechanism of language processing in bilinguals.

[Key words] Visual semantic judgment; Mongolian-Chinese bilingual; Magnetic resonance imaging

熟练蒙汉双语者语义加工脑机制的 fMRI 分析

陈学志¹, 周连军¹, 杨倩¹, 宿淑君¹, 王晓怡², 赵澄², 卢浩², 李坤成^{2*}

(1. 赤峰市宁城县医院 CT-MR 科, 内蒙古赤峰 024200;
2. 首都医科大学宣武医院放射科, 北京 100053)

[摘要] **目的** 探讨熟练蒙汉双语者在蒙语和汉语语义信息加工的脑机制。**方法** 对 15 右利手、蒙汉双语熟练的健康志愿者(男 8 名, 女 7 名)进行 fMRI 测试, 分析采用蒙语及汉语词语的语义判断任务。应用 AFNI 软件分析两种语言任务的脑功能激活情况及其差异。**结果** 在汉语及蒙语语义信息加工过程中, 语义加工的经典脑区均被激活, 包括左侧颞中回、左侧后顶叶、左侧前额叶等区域。比较加工蒙语及汉语的语义信息过程, 蒙语任务下左侧楔回及右侧梭状回的激活显著增加, 汉语任务下在左侧颞中回后部、左侧额中回及额下回三角部、左侧顶上小叶的脑激活比蒙语显著增加。**结论** 熟练蒙汉双语者在加工蒙语及汉语时, 存在功能加工脑区的分离。fMRI 研究能为双语者的语言加工脑机制提供影像学依据。

[关键词] 视觉语义判断; 蒙汉双语; 磁共振成像

[中图分类号] R445.2; R-3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2012)08-1475-04

在心理学研究中, 掌握第二语言的人一般被称为双语者。随着社会交流的日趋频繁, 我国少数民族居

住区“双语”已成为普遍现象。我国内蒙古大部、东北以及新疆的部分区域分布着大量的蒙汉双语者, 但目前有关蒙汉双语脑加工机制方面的研究很少。fMRI 为研究语言的脑加工处理机制提供了有效手段。本研究采用 fMRI 技术观察蒙汉双语健康志愿者在视觉汉语与蒙语的语义任务的激活脑区差异, 探讨语义信息加工的脑机制。

[作者简介] 陈学志(1965—), 男, 内蒙古赤峰人, 本科, 主治医师。
E-mail: chenxuezhizhi666@163.com

[通讯作者] 李坤成, 首都医科大学宣武医院放射科, 100053。
E-mail: likuncheng1955@yahoo.com.cn

[收稿日期] 2012-03-20 **[修回日期]** 2012-04-28

1 资料与方法

1.1 一般资料 2011 年 11 月收集 15 名熟练蒙汉双语的健康志愿者, 母语为蒙语, 均为右利手。其中男 8 名, 女 7 名, 年龄 18~20 岁, 中位年龄 19 岁; 视力正常或矫正正常, 教育年限及汉语学习年限均为 10 年以上; 体内无金属植入物, 既往无心、肺、肝、肾等重要脏器疾病史, 无精神病史, 头颅 MR 平扫未见颅内病灶。试验前所有志愿者均签署知情同意书。

1.2 试验任务 刺激材料为从舒华等(1989)修订的 Snodgrass 资料库中选出的 80 个与白描图相对应的双字词, 如老虎、草莓、绵羊等。将材料分成两组, 频率、名称一致性、概念一致性、熟悉性、表象一致性、视觉复杂性均无显著差异。由专业蒙文教授将两组材料翻译成蒙文, fMRI 实验测试时随机抽取其中一组作为每名受试者的汉语语义测试材料, 选择另一组材料作为蒙语的语义测试任务。用 7 点量表测查上述蒙语及汉语词的熟悉程度均在 6 以上。

采用组块设计, 任务和控制条件等交替出现, 共 5 个任务组块, 6 个控制组块。每个任务组块内有 8 个项目, 每个项目呈现时间 2000 ms, 间隔 1000 ms, 控制条件为“十”字, 扫描时间 4 min 24 s。采用视觉语义判断任务, 要求受试者对呈现的蒙语或汉语词做危险(如老虎)或不危险(如绵羊)的语义判断, 进行 fMRI 扫描时, 要求受试者注视计算机屏幕中央并保持头部不动。实时记录反应时间(reaction time, RT)。试验模式见图 1。

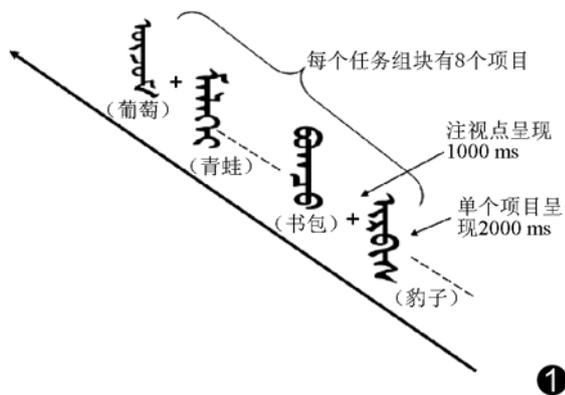


图 1 语义任务的试验设计

1.3 扫描参数 采用 Philips Achieva X-series 3.0T MR 仪, 以标准 8 通道头颅线圈进行图像采集。首先用自旋回波 (spin echo, SE) 脉冲序列获得 25 层颅脑轴位 T1WI, 扫描参数: TR/TE 156 ms/2.46 ms, 层厚

4 mm, 间隔 1.2 mm, FOV 240 mm×240 mm, 矩阵 256×256。再用单次激发平面回波成像 (echo planar imaging, EPI) 序列行 BOLD-fMRI, 扫描层面与 T1WI 相同, 扫描参数: TR/TE 2000 ms/30 ms, 翻转角 90°, 层厚 4 mm, 间隔 1.2 mm, FOV 192 mm×192 mm, 矩阵 64×64。最后用三维 T1 加权成像梯度回波 (3D T1WI/TFE) 序列行矢状位连续 176 层扫描, 覆盖全脑, 以进行三维重建及空间配准, 扫描参数为: TR/TE 7.6 ms/3.7 ms, 翻转角 8°, 层厚 2 mm, 间隔 1 mm, FOV 256 mm×256 mm, 矩阵 256×256。整个扫描过程中要求受试者保持头部不动。所有受试者均完成试验, 头动范围小于 1/2 体素大小。

1.4 数据处理 采用国际通用的 AFNI (Analysis of Functional NeuroImages) 软件分析处理脑成像数据。预处理中首先去掉功能像前 4 个时间点的数据, 然后进行头动校正和去线性漂移处理, 并对图像进行各向同性高斯平滑 (FWHM=6 mm), 之后将功能像与三维全脑结构像对齐, 进行 Talairach 空间标准化, 在该标准坐标体系内以 2 mm×2 mm×2 mm 的体积单元进行重新采样。利用广义线性模型 (general linear models, GLM) 分析得到每名受试者两个任务的 β 值。通过对每名受试者的 β 值做组分析, 得到蒙语和汉语语义判断任务的脑激活结果, 并比较蒙语和汉语语义判断任务之间的脑激活差异。

2 结果

2.1 行为学试验结果 试验程序软件记录所有受试者蒙汉双语两个任务的 RT, 蒙语语义判断任务的 RT 为 (1643.6±224.4) ms, 汉语语义判断任务的 RT 为 (1751.6±358.1) ms, 两者差异无统计学意义 (P=0.12)。

2.2 蒙汉双语者语义判断任务的 fMRI 结果 熟练蒙汉双语健康志愿者蒙语、汉语语义判断任务均显著激活双侧枕叶 (BA17、18、19)、左侧颞中回 (BA21)、双侧主运动区 (BA4) 及运动前区 (BA6)、双侧辅助运动区 (BA6)、左侧顶下小叶 (BA40)、左侧顶上小叶 (BA7)、左侧额中回 (BA6) 及左侧额下回 (BA9/45/47) 等脑区 (图 2A、2B)。蒙语、汉语语义判断任务激活脑区的 Talairach 坐标见表 1。

比较熟练蒙汉双语健康志愿者蒙语、汉语语义判断任务的激活脑区, 蒙语语义判断更多激活左侧楔回及右侧梭状回, 而汉语语义判断更多激活左侧舌回 (BA19)、左侧颞中回 (BA21)、左侧顶上小叶 (BA7)、左侧额中回 (BA9) 及左侧额下回 (BA45/47) 等脑区

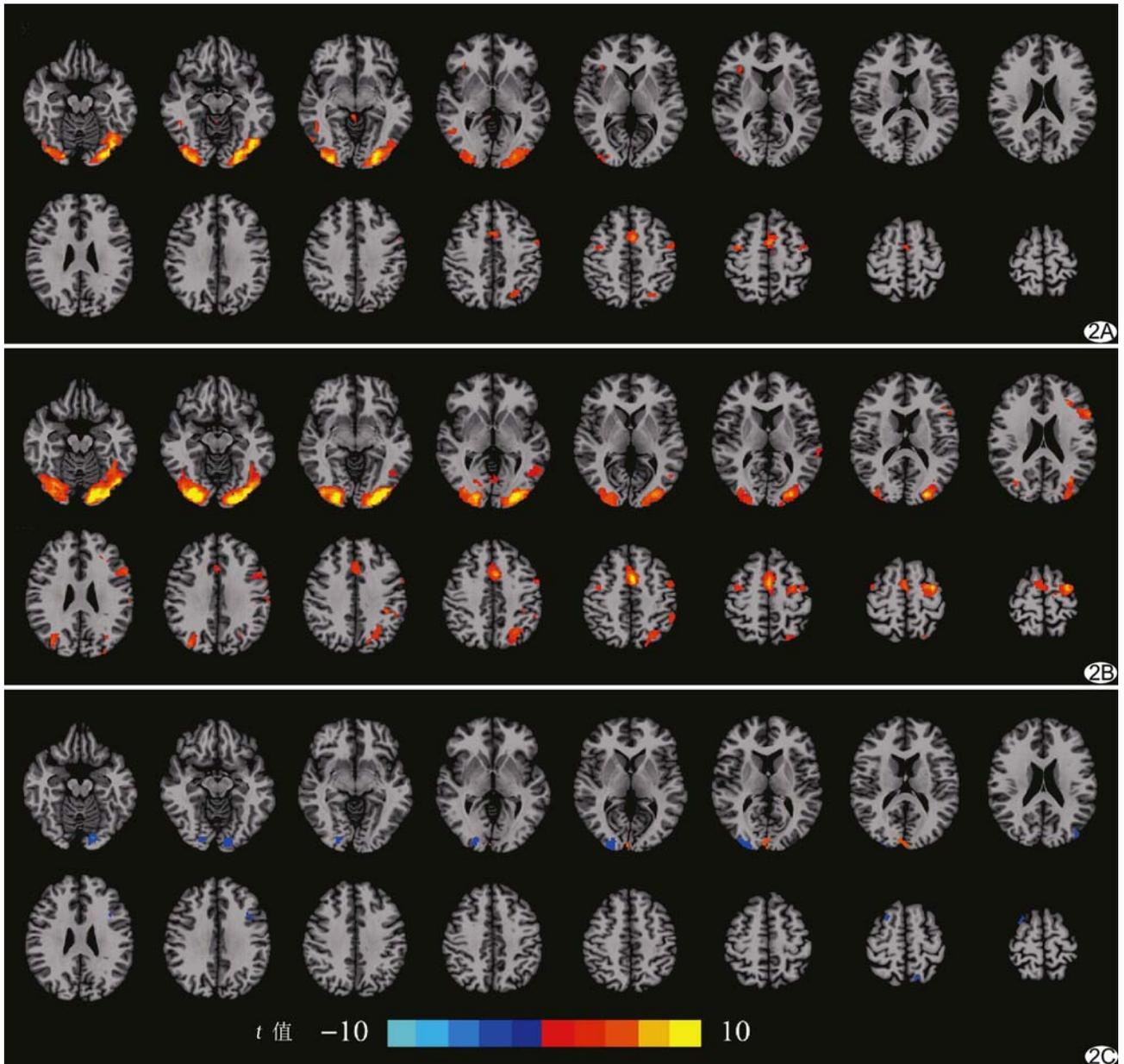


图 2 熟练蒙汉双语健康志愿者蒙语、汉语语义判断任务的脑激活图(校正后 $P < 0.05$) A. 蒙语语义判断任务的脑激活图; B. 汉语语义判断的脑激活图; C. 两个任务的脑激活差异图 (橙黄色表示蒙语任务较汉语激活显著的脑区, 蓝色表示汉语任务较蒙语激活显著的脑区)

(图 2C)。蒙语、汉语语义判断任务激活差异脑区的 Talairach 坐标见表 2。

3 讨论

蒙语是中国内蒙古自治区通用的一种语言,属阿尔泰语系蒙古语族,以传统蒙古语字母书写,内蒙古自治区以及辽宁、吉林、黑龙江、甘肃、青海等省、新疆维吾尔自治区的蒙古族聚居区有相当数量人口以蒙古语为母语。随着第二语言(汉语)的普及,接受蒙汉两种语言教育的人数增多,蒙语研究得到重视,蒙汉双语者逐渐受到关注^[1-2]。

本研究发现蒙语、汉语语义判断任务均显著激活双侧枕叶、左侧颞中回、双侧主运动区及运动前区、左侧顶下小叶,左侧顶上小叶、左侧额中回以及左侧额中、额下回等经典的语言加工脑区,与文献^[3-6]报道的其他双语研究结果类似。有关双语加工的脑机制一直是争论的焦点之一。以往研究^[7]对熟练英语-西班牙语双语者用 fMRI 观察抽象具体词的语义判断任务的脑机制,结果发现两种语言均明显激活左额下回,并且激活区域重叠。本研究结果同样显示熟练蒙汉双语者在加工汉语及蒙语时有些激活脑区相同,仅激活强

度存在差异。fMRI 研究结果显示,西班牙语-英语双语者完成两种语言转换任务时,背外侧前额叶、缘上回、前额叶激活无明显差异^[8]。本研究对象为熟练蒙汉双语者,其母语均为蒙语,且学习两种语言均在 10 年以上,结果显示蒙语语义判断更多激活左侧楔回及右侧梭状回,而汉语语义判断更多激活左侧舌回、颞中回、顶上小叶、额中回及额下回等脑区,提示蒙汉双语者对两种语言加工的脑机制不同。既往研究^[9]认为两种语言表征系统的脑机制相互独立,双语者发生脑损伤后,一种语言功能选择性削弱,而另一种语言功能不受影响,因此两种语言可能具有不同的脑加工机制。

表 1 熟练蒙汉双语健康志愿者蒙语、汉语语义判断任务的激活脑区(校正后 $P < 0.05$)

语义判断任务激活脑区	BA 分区	Talairach 坐标(x, y, z)	t 值
蒙语			
左侧梭状回	37	-37, -71, -12	11.10
右侧枕下回	18/19	29, -89, -6	10.31
左侧辅助运动区	6	-3, 5, 44	7.00
左侧中央前回及额中回	4/6/9	-39, -5, 48	4.86
左侧顶上小叶	7	-27, -63, 42	4.98
右侧中央前回	4/6	35, -5, 50	6.05
右侧岛叶	13	33, 21, 8	5.44
汉语			
左侧枕中回	18/19	-25, -87, -2	14.78
右侧枕中回	18/19	23, -84, -5	13.12
左侧额中回、辅助运动区	6/8	-31, -7, 58	9.69
左侧额下回(三角部)	45	-53, 15, 22	6.64
左侧顶下小叶/缘上回	41	-37, -37, 34	5.48
右侧中央前回/额中回	6/8	35, -7, 50	4.91
左侧额中回	9	-29, 29, 22	6.74
双侧舌回	19	1, -65, 2	4.33
左侧顶下小叶	41	-57, -21, 28	4.11
左侧颞中回	21	-59, -33, 8	4.07

表 2 熟练蒙汉双语健康志愿者蒙语、汉语语义判断任务激活差异的脑区(校正后 $P < 0.05$)

激活脑区	BA 分区	Talairach 坐标(x, y, z)	t 值
蒙语 > 汉语语义判断任务			
左楔回	17	5, -89, 12	5.07
右梭状回	37	37, -13, -20	4.55
汉语 > 蒙语语义判断任务			
右枕中回	18/19	29, -87, 12	5.76
左舌回	19	-13, -81, -16	5.65
左额中回/额下回三角部	9/45	-35, 15, 26	3.94
右额上回	8	23, 9, 56	4.36
左顶上小叶	7	-13, -63, 54	3.80
左颞中回	21	-39, -81, 20	3.18

本研究利用 fMRI 技术研究熟练蒙汉双语者双语加工的神经机制,发现熟练蒙汉双语者在加工蒙语及汉语时存在加工脑区的分离。尽管蒙汉双语者能够熟练运用汉语,但是在语义加工的脑区可见比母语(蒙语)更显著的脑区激活,即需要调用更多的资源来完成汉语信息的加工。蒙汉双语者脑加工机制与汉语者不同,本研究结果对于蒙汉双语、蒙语患者的临床研究也具有指导意义。由于饮食习惯及天气条件,蒙族人群中脑卒中的发生率很高。本研究结果为研究脑卒中语言功能障碍的脑机制及功能恢复,以及脑肿瘤手术中保护患者的语言功能区等提供了有价值的信息。

综上所述,作为揭示语言脑加工处理机制的新方法,fMRI 不仅能为研究蒙汉双语者的语言加工脑机制提供影像学依据,而且随着研究的推广和深入,将对临床积极有效地治疗蒙汉双语患者产生重要价值。

[参考文献]

[1] 照日格图. 内蒙古蒙古语使用现状调查. 满语研究, 2007, 45(2): 70-73.

[2] 德·萨日娜. 关于蒙古语语义分析的思考. 内蒙古社会科学: 汉文版, 2004, 25(3): 95-97.

[3] Pillai JJ, Allison JD, Sethuraman S, et al. Functional MR imaging study of language-related differences in bilingual cerebellar activation. AJNR Am J Neuroradiol, 2004, 25(4): 523-532.

[4] Clements-Stephens AM, Materek AD, Eason SH, et al. Neural circuitry associated with two different approaches to novel word learning. Dev Cogn Neurosci, 2012, 2(Suppl 1): S99-S113.

[5] Willms JL, Shapiro KA, Peelen MV, et al. Language-invariant verb processing regions in Spanish-English bilinguals. Neuroimage, 2011, 57(1): 251-261.

[6] Leonard MK, Torres C, Travis KE, et al. Language proficiency modulates the recruitment of non-classical language areas in bilinguals. PLoS One, 2011, 6(3): e18240.

[7] Schafer RJ, Constable RT. Variation in language networks in monolingual and bilingual English speakers: Consequences for language mapping for surgical preplanning. J Clin Exp Neuropsychol, 2009, 31(8): 945-954.

[8] van Heuven WJ, Schriefers H, Dijkstra T, et al. Language conflict in the bilingual brain. Cereb Cortex, 2008, 18(11): 2706-2716.

[9] Abutalebi J, Annoni JM, Zimine I, et al. Language control and lexical competition in bilinguals: An event-related fMRI study. Cereb Cortex, 2008, 18(7): 1496-1505.