

Effect of differential process on the degree of lateralization during Chinese language processing

DONG Zong-wang^{1,2}, DONG Guo-zhen¹, YU Wei³, ZHAI Hong-chang^{2,4},
ZHANG Zhao-qi³, WENG Xu-chu^{1*}

(1. Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Division of Students Affairs, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;

3. Department of Radiology, Anzhen Hospital, Capital University of Medical Sciences, Beijing 100029, China;

4. College of Education Science, Guangzhou University, Guangzhou 510400, China)

[Abstract] Objective To investigate the effect of differential process on the degree of language lateralization and to develop a more reliable analysis of Chinese language processing. **Methods** Thirteen subjects performed 48 Chinese characters reading and verb generation tasks during scanning, respectively. A repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was used to get the average active map of naming and generation. So the lateralization was computed in naming and generation processing, respectively. **Results** The activation pattern for word naming was bilateral and that for verb generation was mainly left lateralized. **Conclusion** Varying the cognitive commands while keeping the stimuli constant across task provided the powerful evidence to understand how the change on the lateralization of Chinese character processing.

[Key words] Magnetic resonance imaging, functional; Lateralization; Word naming; Verb generation

汉语单词加工方式对脑功能偏侧化的影响

董宗旺^{1,2},董国珍¹,于薇³,翟洪昌^{2,4},张兆琪³,翁旭初^{1*}

(1. 中国科学院心理研究所脑高级功能研究实验室,北京 100101; 2. 河北师范大学学生处,河北 石家庄 050016;

3. 首都医科大学附属安贞医院放射科,北京 100029; 4. 广州大学教育学院,广东 广州 510400)

[摘要] 目的 探讨汉语不同加工方式对脑功能偏侧化的影响。从而更加系统的了解汉语加工的偏侧化机制。**方法** 13 名被试在磁共振扫描过程中对 48 个汉语双字名词分别进行词汇命名和动词产生反应,通过 ANOVA 分析的到每种任务的平均脑激活图,对激活的结果进行定量分析,计算不同脑区的偏侧化指数。**结果** 词汇命名任务的激活更倾向于双侧化分布。而动词产生任务时的额叶和颞叶激活则呈现明显的左侧化,顶叶和枕叶的激活右半球占优势。**结论** 本实验通过改变任务,从不同角度考察了被试对同一刺激材料的脑激活模式,从而为认识汉语加工的一侧化机制提供了更为完整的实验数据。

[关键词] 磁共振成像,功能性;偏侧化;词汇命名;动词产生

[中图分类号] R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2005)09-1321-03

语言功能的半球一侧化是近一个半世纪以来科学研究的重要问题之一。大量针对西方拼音文字的研究已经得出较为一致的结果,即左侧大脑半球是语言加工的优势半球^[1-3]。但对汉字加工的偏侧化模式还存在很大争议,实验结果也很不一致^[4-8]。导致这些不一致结果的可能原因有:一是可能由于

汉字词具有较强的图形特征,使右半球更多地参与;二是偏侧化的神经机制与任务性质有关。

为解决以上这些问题,本实验采用同质的汉语名词作为刺激材料,但要求被试完成两种不同的任务。一种任务是词汇命名,默读视觉呈现的名词;另一种是词汇产生任务,联想与视觉呈现名词相关的动词。前者为浅层的形音匹配,后者以深度的语义加工为主,两种任务分别考察汉语加工的两个方面。

1 资料和方法

1.1 被试 13 名健康志愿者,其中女 10 名,男 3 名,年龄 18 ~ 23 岁,均为中文版标准问卷确定的右利手,母语为汉语,无精神神经病史,无色盲或色弱等。均自愿参加本实验,实验前

[基金项目] 国家自然科学基金资助(30170325、30128005、30425008)。

[作者简介] 董宗旺(1978 -),男,河北廊坊人,在读硕士。研究方向:汉语认知加工。E-mail: dongpsy @163.com

[通讯作者] 翁旭初,中国科学院心理研究所脑高级功能研究实验室,100101。E-mail: wengxc @psych. ac. cn

[收稿日期] 2005-06-13 **[修回日期]** 2005-08-22

签订知情同意书。

1.2 实验设计 采用组块设计,两种任务:词汇命名任务,看到屏幕中间呈现的汉语双字词,又快又准的在心里默念出来;动词产生任务,看到屏幕中间呈现的汉语双字词,又快又准的在心里默念出一个与呈现名词相关的双字动词。对照任务是要求被试注视屏幕中间的十字。

采用的刺激材料均为汉语双字具体名词 48 个,频词为每百万词 50~1000。刺激呈现 500 ms,间隔 2500 ms,每种条件持续呈现 60 s,然后是 20 s 的控制任务,刺激材料经过随机化处理。

1.3 图像采集 采用 Siemens SONATA 1.5 T 磁共振仪进行图像采集。在扫描过程中,被试的枕部衬垫硬海绵垫,以限制其头部运动。

功能像扫描:采用对血氧水平变化敏感的 T2* 加权的梯度回波-回波平面成像脉冲序列(EPI)。参数如下:TR = 2 s, TE = 60 ms, FOV = 220 mm × 220 mm, flip angle = 90°, Matrix = 64 × 64, 层厚 = 5 mm, 间距 = 1.5 mm。20 层连续轴位扫描以覆盖全脑。

解剖像扫描:使用 T1 加权的快速旋转回波(SE)脉冲序列(TR = 447 ms, TE = 15 ms, flip angle = 90°, FOV = 220 × 220, Matrix = 256 × 256)采集解剖像,扫描位置与功能像相同。解剖像提供了全脑高分辨率的解剖定为依据。

三维结构像扫描:为了便于空间标准化,还采用快速低角度射频脉冲序列(FLASH)进行无间隔三维全脑扫描(TR = 30 ms, TE = 1.17 ms, flip angle = 35°, FOV = 325 × 325, Matrix = 192 × 256, 层厚 = 1.3 mm)。

1.4 数据分析

1.4.1 预处理 首先对功能像进行头动校正,并对图像进行各向同性高斯平滑(FWHM = 5 mm),然后计算功能像的信号变化率,对其进行数据标准化。最后把功能像与三维全脑结构像对齐和空间标准化,并在该标准坐标系内以 3 mm × 3 mm × 3 mm 的体积单元进行重新采样。

1.4.2 后处理 利用反卷积对个体的功能像进行分析。首先将全模型与每个像素点的原始数据进行多重回归分析。由最小二乘法得到回归的拟合曲线,并进行 F 检验得到多个被试的脑平均激活图(F = 60, P = 6 × 10⁻¹¹),分别得到动词产生任务和名词命名任务脑激活模式。

划定左右半球皮层兴趣区,计算两种任务左右半球的激活体积变化及一侧化指数的变化。一侧化指数计算公式如下:LI = (L - R) / (L + R)^[9,10]。公式中,L 代表左侧半球某脑区的激活体素的体积,R 代表右侧相应区域激活体素的体积。LI 如果大于 0 提示该功能左半球占优势,如果小于 0 则提示右半球优势。

2 结果

词汇命名主要激活左侧梭状回(BA37)、双侧舌回(BA19)、右侧岛叶、左侧初级运动区(BA4)、双侧运动前区(BA6)和双侧小脑。而动词产生主要激活左侧额下回(BA45、BA47)、左侧额中回(BA46、BA9、BA6)、左侧颞上回(BA22)、右侧颞上回(BA38)、扣带回前部、楔前叶(BA7)和

右侧小脑等区域。

为了定量地比较两种任务脑功能偏侧化的差异,我们进一步计算各主要脑区的偏侧化指数。结果显示:词汇命名任务左侧额叶和小脑的激活体积稍大于右侧半球相应区域,而顶叶、颞叶和枕叶相反。从总体上看,词汇命名任务的激活更倾向于双侧化分布。而动词产生任务时的额叶和颞叶激活则呈现明显的左侧化,顶叶和枕叶的激活右半球占优势。

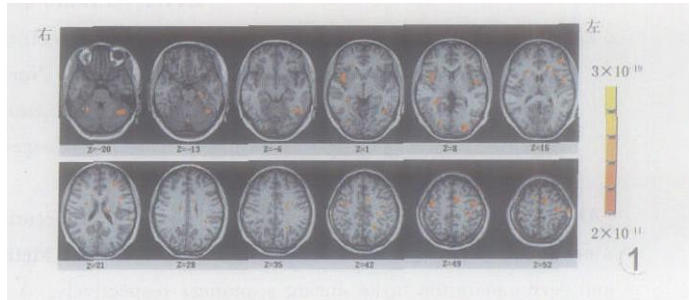


图 1 词汇命名的平均激活图 z 表示与 Tarailach 坐标 0 平面的距离(mm),伪彩色表示 P 值

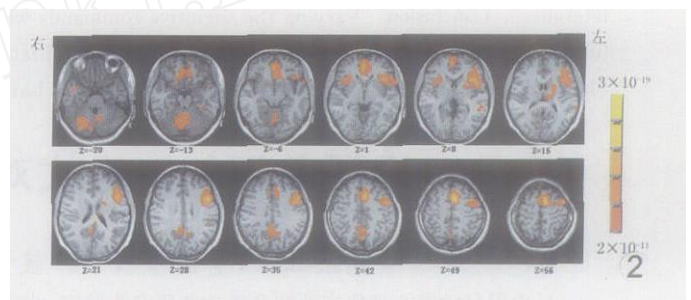


图 2 动词产生的平均激活图 z 表示与 Tarailach 坐标 0 平面的距离(mm),伪彩色表示 P 值

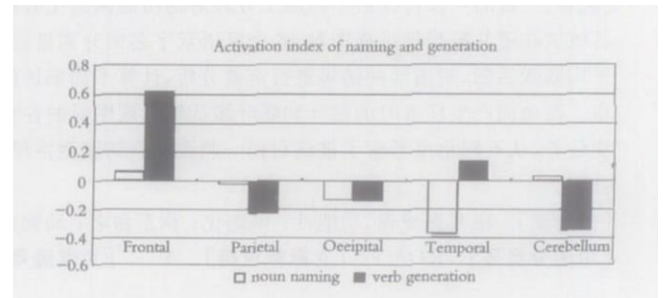


图 3 执行词汇命名和动词产生任务时,各脑区激活的偏侧化指数

3 讨论

本实验采用 fMRI 直接比较了在进行词汇命名和动词产生两种汉语加工任务时两半球加工模式的差异。结果显示,采用相同的汉语刺激材料时,词汇命名任务需要两半球共同参与;而动词产生任务以大脑左侧为优势。

词汇命名任务激活双侧半球,这可能是由于汉字具有较强的图形特征,且词汇命名任务更多地涉及形音转换,导致在视觉空间信息的整合加工中有重要作用的右半球更多地参与了汉字整体加工^[4,11]。汉语形音转换的双侧化机制目前尚未阐明。虽然一些研究发现右半球具有一定的字形及语音加工

功能^[12,13],如 Pugh 等神经成像的结果也发现,被试在阅读过程中,其右半球上某些特定区域会显著地激活,但裂脑人的右半球却几乎没有这些功能。一些非语言因素在语言加工中也会对偏侧化产生作用,如任务难度和情绪状态的影响^[14]。

本实验同时考察了动词产生任务的脑激活模式及功能偏侧化,发现左侧额叶(BA45、47、9)和颞叶(BA22)的激活显著强于右侧的相同区域,呈现明显的功能左侧化;而顶叶和小脑表现出明显的右侧化。左侧 BA47 及 BA22 的激活被认为与语义加工有关^[1,5,7,15,16]。Poldrack 和 Fiez 曾提出左侧额叶存在功能分离,其中后部/背侧相当于 BA44/45 区,负责语音加工,而前部/腹侧相当于 BA45/47 区,负责语义加工。本实验的结果与这一理论吻合。

Tan 等^[5-7,17]的一系列研究,BA9 在汉语加工中有显著激活,这个模式在英文的加工中很少有报告。Tan 认为这脑区可能与汉字阅读有重要关系,同时一些研究^[8,18,19]也都发现额中回在汉语加工中的激活。然而,有研究对此结论有不同看法^[20]。他们比较了阅读汉字和拼音时的脑激活,发现汉字加工时左侧额中回(BA9/46 区)没有明显激活,相反,拼音加工任务时该区域有显著激活。有关 BA9 在中文加工中的认知机制,还有待进一步研究。

本实验发现顶叶(BA7)及枕叶的激活表现出右侧化趋势,这与 Tan 的研究结果基本一致^[7]。有研究者^[21]认为右枕叶与视觉符号的空间识别有关,因此上述右枕叶的激活可能与加工汉字的字形结构有关。右侧顶叶区域的激活目前还没有明确的解释,但可能与汉字空间构型较复杂有关。

总之,本实验通过改变任务,从不同角度考察了被试对同一刺激材料的脑激活模式,从而为认识汉语加工的一侧化机制提供了更为完整的实验数据。

[参考文献]

- [1] Petersen SE, Fox PT, Posner MI, et al. Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing [J]. *Nature*, 1988, 331(6157): 585-589.
- [2] Stephan KE, Marshall JC, Friston KJ, et al. Lateralized cognitive processes and lateralized task control in the human brain [J]. *Science*, 2003, 301(5631): 384-386.
- [3] Hutsler J, Galuske RAW. Hemispheric asymmetries in cerebral cortical network [J]. *Trends Neurosci*, 2003, 26(8): 429-435.
- [4] Tzeng OJ, Huang DL, Cotton B, et al. Visual lateralisation effect in reading Chinese characters [J]. *Nature*, 1979, 282(5738): 499-501.
- [5] Tan LH, Feng CM, Fox PT, et al. An fMRI study with written Chinese [J]. *Neuroreport*, 2001, 12(1): 83-88.
- [6] Tan LH, Liu HL, Perfetti CA, et al. The neural system underlying Chinese logograph reading [J]. *Neuroimage*, 2001, 13(5): 836-846.
- [7] Tan LH, Spinks JA, Gao JH, et al. Brain activation in the processing of Chinese characters and words: a functional MRI study [J]. *Hum Brain Mapp*, 2000, 10(1): 16-27.
- [8] Kuo WJ, Yeh TC, Duann JR, et al. A left-lateralized network for reading Chinese words: a 3T fMRI study [J]. *Neuroreport*, 2001, 12(18): 3997-4001.
- [9] Vikingstad EM, George KP, Johnson AF, et al. Cortical language lateralization in right handed normal subjects using functional magnetic resonance imaging [J]. *J Neurol Sci*, 2000, 175(1): 17-27.
- [10] Binder JR, Swanson SJ, Hammeke TA, et al. Determination of language dominance using functional MRI: a comparison with the Wada test [J]. *Neurology*, 1996, 46(4): 978-984.
- [11] Fang SP. Morphological properties and the Chinese character word difference in laterality patterns [J]. *J Exp Psychol (Human Perception and Performance)*, 1997, 23(5): 1439-1453.
- [12] Neville H, Bavelier D, Corina D, et al. Cerebral organization for language in deaf and hearing subjects: biological constraints and effects of experience [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, 95(3): 922-929.
- [13] Pugh KR, Shaywitz KR, Shaywitz SE, et al. Predicting reading performance from neuroimaging profiles: the cerebral basis of phonological effects in printed word identification [J]. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 1997, 23(2): 299-318.
- [14] Just MA, Carpenter PA, Keller TA, et al. Brain activation modulated by sentence comprehension [J]. *Science*, 1996, 274(5284): 114-116.
- [15] Poldrack RA, Wagner AD, Prull MW, et al. Functional specialization for semantic and phonological processing in the left inferior prefrontal cortex [J]. *Neuroimage*, 1999, 10(1): 15-35.
- [16] Fiez JA. Phonology, semantics, and the role of the left inferior prefrontal cortex [J]. *Hum Brain Mapp*, 1997, 5(2): 79-83.
- [17] Tan LH, Spinks JA, Feng CM, et al. Neural systems of second language reading are shaped by native language [J]. *Hum Brain Mapp*, 2003, 18(3): 158-166.
- [18] Chee MW, Weekes B, Lee KM, et al. Overlap and dissociation of semantic processing of Chinese characters, English words, and pictures: evidence from fMRI [J]. *Neuroimage*, 2000, 12(4): 392-403.
- [19] Kuo WJ, Yeh TC, Lee CY, et al. Frequency effects of Chinese character processing in the brain: an event-related fMRI study [J]. *Neuroimage*, 2003, 18(3): 720-730.
- [20] Fu S, Chen Y, Smith S, Iversen S, et al. Effects of word form on brain processing of written Chinese [J]. *Neuroimage*, 2002, 17(3): 1538-1548.
- [21] Shen L, Hu X, Yacoub E, et al. Neural correlates of visual form and visual spatial processing [J]. *Human Brain Mapping*, 1999, 8(1): 60-71.