

# 默读汉字词的脑功能偏侧化成像研究\*

唐一源<sup>1,2</sup> 张武田<sup>2\*\*</sup> 马林<sup>3</sup> 翁旭初<sup>2</sup> 李德军<sup>3</sup> 何华<sup>4</sup> 贾富仓<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>大连理工大学神经信息学研究所,大连 116023) (<sup>2</sup>中国科学院心理研究所,北京 100101)

(<sup>3</sup>解放军总医院核磁共振中心,北京 100853) (<sup>4</sup>苏州大学教育学院,苏州 215006)

**摘要** 采用读词名的方法,对12名正常大学生,运用功能性磁共振成像技术(fMRI),研究了汉字词及假词视觉识别时的脑功能偏侧化现象。实验结果表明,汉字词激活左下额区(BA45)以及右颞叶(BA21、22)、右枕叶(BA18),而假词除额区外表现出广泛的激活。此结果显示除左脑半球与汉字词加工密切相关外,右脑半球在汉字词加工中有一定参与但其确切作用有待进一步研究。

**关键词** 汉字词识别,半球偏侧化,功能磁共振。

**分类号** B842.3

## 1 前言

字词阅读是否存在脑功能偏侧化,是否一侧脑半球在加工字词时起主要作用,这是多年来存在争议的问题。对西方拼音文字的阅读,右利手正常人大多数显示为左半球加工为主的结论似乎较为肯定<sup>[1,2]</sup>。对汉字词的加工却有左侧半球为主、右侧为主和双侧均衡等多种实验结果<sup>[3]</sup>。出现这种不一致的原因多种多样,但人脑本身功能的复杂性和灵活性可能是主要原因。过去在行为实验中,主要采用偏侧视野速视呈现刺激物的方法,用以确定大脑左右半球加工刺激物的功能活动情况。这种实验方法在原则上是科学的、可靠的。但在实际操作中,可能由于实验条件的些许差异而导致脑功能的不同反应结果。例如刺激物本身的清晰度和大小,刺激呈现的快慢和视野的偏侧程度、刺激物的性质(词、词的组成成分或图形)、刺激的识别难度、注意指向等都可能影响实验结果<sup>[4]</sup>。

近些年发展起来的脑成像技术(Positron Emission Tomography,简称PET; Functional Magnetic Resonance Imaging,简称fMRI),为人们直接观察和分析人脑功能活动提供了较直观的手段。而且在研究脑功能偏侧化现象时,不必要采用半视野速视呈现刺激物的方式。目前使用较多的是功能性磁共

振成像方法(fMRI)。它的工作原理是:当呈现刺激物时引起脑的活动,相应的脑细胞被激活,因而代谢加快,导致局部血流量和血流容积增加。同时,该部位血液中的氧合血红蛋白与去氧血红蛋白含量相对增减,引起局部磁化率改变。通过磁共振仪检测就可以得到此种局部磁信号变化的脑活动图像,进而得知加工该项刺激的脑区位置。这项技术已广泛应用于心理的脑机制研究的各个领域<sup>[5]</sup>。

国外 Peterson 等最早开展英文词识别的脑成像研究<sup>[6]</sup>,发现当要求被试默读词时激活左额区、双侧枕区及左内侧扣带回。Bookheimer 在阅读英文词条件下发现左额区、左颞区、双侧枕区激活<sup>[7]</sup>。这些结果都支持英文词阅读是以大脑左半球加工为主的结论。Tan 等要求中国被试对视觉呈现的汉语单字或双字词产生一个意义有关的词,同时做磁共振脑成像扫描。结果表明不论单字或双字词都表现为左半球的额区和颞叶底部梭状回显著激活<sup>[8]</sup>。这似乎支持汉字词加工偏侧于左半球的研究结果。但是该实验同时也发现右半球顶区较左半球相应区显著激活,此结果是由加工汉字词本身引起还是由其他原因引起,作者没有解释。有研究表明右顶叶与注意的警觉状态有关<sup>[9]</sup>。我们推测上述右半球的激活,可能与实验要求在短时间里做出语义联想,从而增加注意有关。本研究试图用过去传统研究阅

收稿日期:2002-01-11

\* 本研究得到国家自然科学基金(69790086,30170321)和国家科技部(2001CCA00700)的资助。

\*\* 通讯作者:张武田,E-mail:zhangwt@psych.ac.cn

读汉语词时, 脑半球加工偏侧化常用的读词名(naming)方法, 结合脑功能成像技术进一步探讨该问题。为了更确切地显示汉字词在脑中的激活位置, 实验中还用了假词作为对照。我们设想, 假词只有形状而不具有音义成分, 因此在脑皮层的激活部位应与真词不同, 在脑功能偏侧化上也应有差别。

## 2 实验材料和方法

### 2.1 被试

12名身心健康大学生(其中女性3名), 平均年龄22岁, 通过标准化问卷调查确认为右利手<sup>[10]</sup>。

### 2.2 设计与材料

本实验旨在考察汉语高频词(真词)和假词加工时, 脑激活区在左右半球的表现。语言刺激材料为两种: 真词24个(如钱, 铁), 频率范围为0.033 - 0.1516(根据现代汉语频率词典), 平均笔画数为10.5画; 假词24个(如, ) , 平均笔画数与真词近似, 另有48个“+”为控制刺激材料。按组块设计(Block Design) 每组12个刺激。呈现次序为: 真词—控制—假词—控制—真词—控制—假词—控制。每个刺激呈现2秒, 间隔1秒。每次实验任务历时288秒, 共有96个刺激。

### 2.3 功能成像

采用GE公司Signa Horizon 1.5T超导型磁共振成像系统。实验时, 功能成像采用回波平面成像梯度回波序列, 共取10层, 依据Talairach and Tournoux图谱<sup>[11]</sup>, 最下层Z=10, 最上层为Z=71。其扫描参数如下: TR=3000 ms, TE=40 ms, FOV

24(24 cm, 层厚6 mm, 间距1 mm, 矩阵64 × 64, flip angle = 90°。

实验时, 受试者取仰卧位, 头部固定, 双手自然平放于身体两侧。用与微机相连的LCD投影仪, 在屏幕上呈现黑背景白色单个真词或假词刺激, 真词和假词前后呈现顺序在被试间平衡, 控制刺激为“+”。要求受试者在扫描过程中, 对屏幕上呈现的刺激进行默读, 看到假词和“+”时默读“不”。这是为了在与真词的激活结果做相关分析时, 平衡运动输出的加工成分。共得图像100帧/层。

### 2.4 数据处理

用AFNI(analysis of functional neuroimages)<sup>[12]</sup>软件对数据进行分析处理。首先对功能像矫正头动, 并依据Talairach and Tournoux人脑图谱进行空间标准化。然后以3 × 3 × 3 mm的体积单元进行重新采样, 作各向同性高斯平滑(半高宽, FWHM = 5 mm)以提高信噪比。最后, 依照实验设计进行被试间叠加和平均, 取相关系数为0.45( $p < 0.001$ )的体素作为激活点, 分别通过真词与控制以及假词与控制的相关分析方法获得脑激活图。

## 3 结 果

从图1可见, 呈现真词任务时, 12名被试结果平均后, 相对于基线条件, 在左侧额叶下部, 即Broca区(BA45)出现激活, 此外在右侧颞区(BA 21/22)及右枕区(BA 18)表现出激活, 其它脑区未表现显著激活。

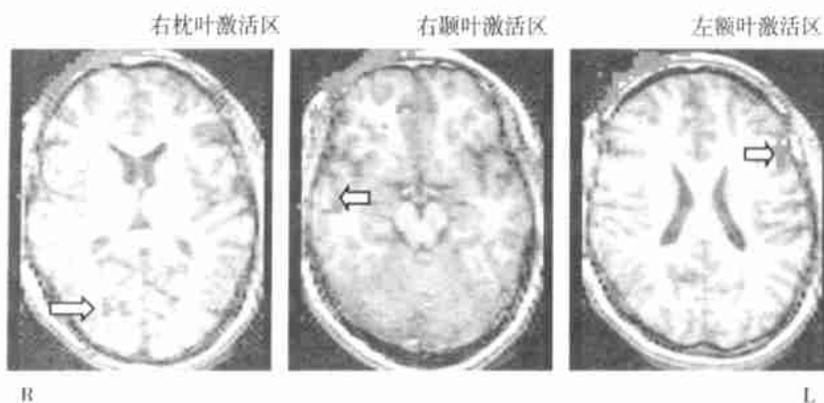


图1 完成真词命名任务时的脑激活区(箭头所示)

R表示脑的右侧, L表示脑的左侧

从最左图到最右图分别为右侧枕区、右侧颞区和左侧额区, 图的左侧为实际脑的右侧, 激活区如箭头所示。

呈现假词任务时, 表现出广泛的脑激活区, 在双侧枕叶(BA18/19)、双侧颞叶(左侧梭状回, 右侧BA20)、双侧顶上小叶(BA7)均有显著激活(图2)。

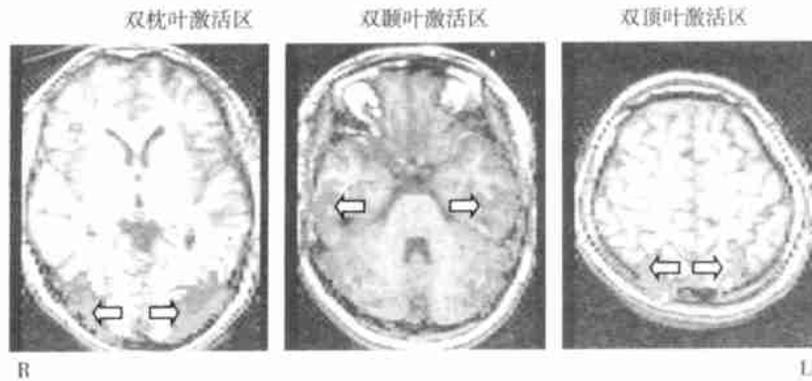


图2 完成假词命名任务时的脑激活区(箭头所示)

R 表示脑的右侧,L 表示脑的左侧

从最左图到最右图分别为双侧枕区、双侧颞区和双侧顶区,图的左侧为实际脑的右侧,激活区如箭头所示。

我们分别对真词与假词的脑激活区做了体积分析(3dclust),从激活体积看出假词的脑激活程度明显大于真词的脑激活(表1)。

表1 被试完成真词、假词命名任务时脑激活情况( $n=12$ )

| 脑激活区 | 真词                 |              | 假词                 |              |
|------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|      | 激活最强点坐标<br>(x,y,z) | 激活体积<br>Vol. | 激活最强点坐标<br>(x,y,z) | 激活体积<br>Vol. |
| 额叶   |                    |              |                    |              |
| L    | (47,-22,21)        | 702          | —                  | —            |
| 颞叶   |                    |              |                    |              |
| L    | —                  | —            | (47,20,-21)        | 2106         |
| R    | (-50,13,-19)       | 243          | (-49,23,-21)       | 2376         |
| 顶叶   |                    |              |                    |              |
| L    | —                  | —            | (19.5,71,50)       | 6750         |
| R    | —                  | —            | (-25,64,46)        | 6882         |
| 枕叶   |                    |              |                    |              |
| L    | —                  | —            | (27,88,23)         | 33750        |
| R    | (-20,72,12)        | 432          | (-25,83,22)        | 32292        |

注:Vol = Activation volume (voxels), L, R 分别表示左右半球,xyz 为 Talairach and Tournoux 脑图谱坐标。

## 4 讨论

本研究采用读词名的方法,这样做一方面为了与以前的行为研究结果相对照,另一方面这种加工方式对认知过程要求简单,不需要被试太多主观努力,从而防止产生过多的干扰因素。此外,采用默读而不是出声读,这是为避免口腔发声引起颅骨共鸣造成对图像干扰。研究结果表明,对汉字词的默读显著激活左额区,这与 Tan 等用词义联想任务得到左额区显著激活的结果相一致,但是具体部位不完全相同。他们的结果主要激活 BA(Brodman)9 区和 47 区,我们是在左额下回(BA45 区)。这可能与实

验任务的差异有关。在阅读时,左下额叶的激活一般认为是对语义和语音加工的结果,但是它们是由同一脑区负责还是分别由不同脑区负责目前尚有争议<sup>[13]</sup>。在本实验条件下采用默读词,语义可能被自动激活。因为有脑成像研究表明,在非语义加工指向的条件下,语义能自动激活<sup>[14]</sup>。同时也不能排除语音加工的参与。因为默读过程应包括形音转换和语音的不出声表达。在假词条件下此部位没被激活,这可能与假词无音义加工参与有关。

在对英文词默读的脑成像研究中,有研究得到左上颞叶的激活。这被认为是语音加工参与造成的<sup>[7]</sup>。在本实验条件下,没有发现左上颞叶的激

活。在 Petersen 等人的研究中也并没有显示出左颞叶的激活<sup>[6]</sup>。Price 等对左上颞叶是否参与语言加工曾进行了比较研究<sup>[14]</sup>。她发现使用磁共振成像技术,在刺激成组呈现条件下,如果每个刺激呈现时间与获得数据的时间成整数比,则左颞上回不一定激活。此结论似乎可以解释我们关于颞叶没有激活的结果,但却不能解释 Petersen 等用 PET 所得与我们相同的结果。因为使用 PET 成像技术不会出现上述的整数比问题。因此本实验条件下左颞叶未出现激活的原因尚待进一步研究。

本实验结果显示,默读汉字词时右颞叶、右枕叶被激活。Tan 等关于同义词判断的实验也发现右侧颞叶激活和右侧枕叶的激活优势<sup>[15]</sup>,只是该两个研究的激活部位不完全相同。Tan 等发现右颞叶的激活区是 BA38,右枕叶的激活区包括 BA 17、18、19。我们的右颞和右枕激活区则分别是 BA21、22 和 18。这些激活部位上的差异或许可以归之为实验任务的不同造成。然而两者都表现出右侧颞、枕区的激活却是共同的特点。已有研究表明右颞上回负责对音高、声调进行知觉和分析<sup>[16]</sup>。但是在我们的研究和 Tan 等关于同义词判断的研究中,并没有语音知觉的任务,因此右颞叶的激活与汉字词识别的关系尚不清楚。有趣的是右枕叶的激活。有研究发现右枕叶与视觉符号的空间识别有关<sup>[17]</sup>,因此上述右枕叶的激活可能与加工汉字词的字形结构有关。但是此结果与以前我们用 ERP 研究字形加工的结果不完全一致。在该项研究中我们发现字形匹配在左右半球没表现出差别<sup>[18]</sup>。这种不一致是由实验任务的不同引起还是由于实验手段的不同造成,有待进一步探讨。

假词的实验结果表明,除了额区未被激活外,在双侧半球的枕、颞及顶等脑区都有明显激活。假词本身没有意义也不能发音,故未激活额区似乎是合理的。同时也从反面证实了真词激活下额区是加工词义或词音的表现。但为什么假词会在额区之外导致广泛的脑区激活,这或许可以用连接主义相互激活理论进行解释<sup>[19]</sup>。假词是由真词的部件组成,符合真词正字法。因此与真词相似的特征和结构会激活相应脑区,但是由于得不到真词表征的响应和抑制,故表现为无序的弥散的激活现象。不管其可能的原因是什么,在本实验条件下,真词激活左额下回而假词在此脑区无激活,这表明在对汉字词加工时,左脑半球的参与是肯定的,这与前人的行为研究及脑成像研究的结论是一致的<sup>[4,8,20]</sup>。同时,本实验

右脑半球某些部位的激活提示我们,对汉字词的默读加工,右半球是可能参与的。但是它参与的条件及其确切的作用尚有待进一步探讨。

## 参 考 文 献

- 1 Bryden M P. Lateralality: Functional Asymmetry in the Intact Brain. New York: Academic, 1982
- 2 Gazzaniga M S. Cognitive Neuroscience: Right hemisphere language following brain bisection: A 20-year perspective. New York: Blackwell publishers, 2000. 411 ~ 430
- 3 Zhang W T. The recognition of Chinese characters and brain hemisphere function (In Chinese). In: Peng D L. et al. ed. Cognitive research on Chinese language. Jinan: Shandong Educational Press, 1997. 335 ~ 369  
(张武田. 字词识别与大脑半球功能. 见:彭聃龄等主编. 汉语认知研究. 济南:山东教育出版社, 1997. 335 ~ 369)
- 4 Zhang W T. Visual half-field recognition of characters and English words for Chinese and Japanese subjects. Psychologia, 1986, 29: 66 ~ 71
- 5 Toga A W, Frackowiak R S J, Mazziotta J C. Neuroimage. 2000, 11: Part 2, S1 ~ S928
- 6 Petersen S E, Fox P T, Snyder A Z, et al. Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. Science, 1990, 249: 1041 ~ 1044
- 7 Bookheimer S Y, Zeffiro T A, Blaxton T, et al. Regional cerebral blood flow during object naming and word reading. Human Brain Mapping, 1995, 3: 93 ~ 106
- 8 Tan L H, Spinks J A, Gao J H, et al. Brain activation in the processing of Chinese characters and words: A functional MRI study. Human Brain Mapping, 2000, 10: 16 ~ 27
- 9 Berger A, Posner M I. Pathologies of brain attentional networks. Neuroscience and Biobehavioral Review, 2000, 24: 3 ~ 5
- 10 Li X T. The distribution of left and right handedness in Chinese people (In Chinese). Acta Psychologica Sinica, 1983, 15(3): 268 ~ 275  
(季心天. 中国人的左右利手分布. 心理学报, 1983, 15(3): 268 ~ 275)
- 11 Talairach J, Tournoux P. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. New York: Thieme Medical Publishes, 1988
- 12 Cox R W. AFNI: Software for analysis and visualization of functional magnetic resonance neuroimages. Computer Biomedical Research, 1996, 29: 162 ~ 173
- 13 Posner M I, Raichle M. Images of mind. Washington, DC: Scientific American Books, 1996. 106 ~ 129
- 14 Price C J, Wise R J S, Frackowiak R S J. Demonstrating the implicit processing of visually presented words and pseudowords. Cerebral Cortex, 1996, 6: 62 ~ 70
- 15 Tan L H, Liu H L, Perfitti C A, et al. The neural systems underlying Chinese logograph reading. Neuroimage. 2001, 13: 826 ~ 846
- 16 Zatorre R J, Evans A C, Meyer E, et al. Lateralization of phonetic and pitch processing in speech perception. Science, 1992, 256:

- 846 ~ 849
- 17 Shen L , Hu X , Yacoub E , Ugurbil K. Neural correlates of visual form and visual spatial processing. *Human Brain Mapping*, 1999 , 8 :60 ~ 71
- 18 Zhang W T , Zhao J Z , Zhao J . Laterality effects of matching Chinese words and event-related potentials(In Chinese) . *Acta Psychologica Sinica* , 1988 , 13 (4) :344 ~ 350  
(张武田 ,赵建洲 ,赵竞. 汉字词匹配的偏侧化效应和事件相关脑电位. *心理学报* , 1988 , 13 (4) :344 ~ 350)
- 19 McClelland J L , Rumelhart D E. An interactive activation model of context effects in letter perception. 1. An account of basic findings. *Psychological Review* , 1980 , 88 :375 ~ 407
- 20 Tang Y Y , Ma L , Li D J , et al. Automatic activation and attention regulation of phonological and semantic processing in reading Chinese words. *Neuro Image* , 2001 , 13 (6) : S613

## THE LATERALITY OF BRAIN FUNCTION IN SILENT READING OF CHINESE WORDS REVEALED BY FMRI

Tang Yiyuan<sup>1,2</sup> , Zhang Wutian<sup>2</sup> , Ma Lin<sup>3</sup> , Weng Xuchu<sup>2</sup> , Li Dejun<sup>3</sup> , He Hua<sup>4</sup> , Jia Fucang<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> *Institute of Neuroinformatics, Dalian University of Technology, Dalian 116023*)

(<sup>2</sup> *Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

(<sup>3</sup> *PLA General Hospital, Beijing 100853*) (<sup>4</sup> *Education School, Suzhou University, Suzhou 215006*)

### Abstract

Functional magnetic resonance imaging was used to examine the lateralization of the cerebral hemisphere during the naming of Chinese single characters and pseudowords with twelve normal students. The result indicated that Chinese single characters activated the left inferior frontal cortex (BA45) but pseudowords did not. This result showed that Chinese word processing is close to the left hemisphere. The right hemisphere was also involved in processing but its mechanism needed to be further studied.

**Key words** recognition of Chinese words , hemispheric lateralization , functional magnetic resonance imaging (fMRI) .