

应用功能磁共振成像评估汉语名词、动词、形容词词组视觉呈现加工的脑区定位***

封世文^{1,2}, 翁旭初³, 沈兴安^{2,3}, 林冲宇³, 向华东³, 杨亦鸣²

Cerebral responses to the visually presented processing of nouns, verbs and adjectives in mandarin Chinese: A functional MRI evaluation

Abstract

AIM: To identify the brain regions associated with the processing of Chinese Noun Phrases (NP), Verb Phrases (VP) and Adjective Phrases (AP) with functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI).

METHODS: The experiment was carried out in the Beijing Anzhen Hospital, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Language Sciences and Neurocognitive Engineering of Jiangsu Province from May 2004 to November 2006. Eight subjects taking Chinese as their native tongue, in right-handedness, were adopted in this study. Regional blood oxygenation level dependence were recorded with a T₂* weighted gradient echo planer imaging (EPI) sequence while the subjects silently read stimulation of NP, VP, and AP, which were three basic classes of Chinese content words. The E-Prime software was used to control the stimulus presentation and force the subjects to read the words projected on the optical reflector. The experiment was consisted of two scanning sessions and each session contained 9 blocks of stimuli. Each block was composed of the same type of stimuli and for each type of stimuli, they were grouped into four blocks. A Siemens 1.5T superconductor MR machine was employed to conduct the scanning according to three sequences. For each subject, we collected a high resolution 3-dimensional anatomical image of entire brain, three functional EPI images and an location image. For the EPI image, the time of repetition was 100 ms. A whole brain EPI scan was consisted of 20 slices, with each slice of 5-mm thick plus 1.5-mm gap. Field of view was 220 x 220 mm, with the resolution matrix of 64 x 64 pixel. Analysis of functional neuroimage soft package was used for data analysis. The difference of brain regions associate with NP, VP, and AP indicated the brain regions of word processing.

RESULTS: Six subjects were all involved in the result analysis. Reading of Chinese phrases elicited a large set of brain regions, including left superior, middle and inferior frontal gyrus, left superior and middle temporal gyrus, cingulate gyrus, and some regions in the right hemisphere. Those regions were different and/or overlaid for different tasks. The contrast of reading NP with VP and AP revealed a higher brain activation in anterior cingulate gyrus, right inferior frontal gyrus and anterior part of bilateral frontal gyrus.

CONCLUSION: The processing of different types of Chinese phrases (NP, VP, AP) entails intensively overlapped brain areas, the activations of these brain areas are higher in NP than in VP and AP. Moreover, the cingulate gyrus appears to be critical for the process of NP. Different Chinese phrase processing depends on the difference brain regions.

Feng SW, Weng XC, Shen XA, Lin CY, Xiang HD, Yang YM. Cerebral responses to the visually presented processing of nouns, verbs and adjectives in mandarin Chinese: A functional MRI evaluation Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu 2007;11(22): 4333-4336 (China) [www.zgckf.com/zgckfepuma/lupfiles/07-22/22k-4333(ps).pdf]

摘要

目的: 利用功能性磁共振成像探讨大脑中与汉语名词、动词、形容词词组加工的脑区。

方法: 实验于2004-05/2006-11在北京安贞医院与中科院心理研究所以及江苏省语言科学与神经认知重点实验室完成。选择以汉语为母语的正常被试8人,均为右利手。利用基于T₂*成像的EPI成像技术记录被试默念汉语名词动形词组时大脑局部的血氧增减,实验材料选取汉语最基本的三类实词组成词组,利用组块设计通过E-Prime软件通过投影投射到磁体内部的反光镜上,被试平躺在磁体内,透过反光镜默读实验材料。实验分成两个序列,每个序列包含9个组块,每个组块包含一类刺激,每类刺激共4个组块。实验机器是Siemens Sonata 1.5T超导型磁共振设备,分别对被试进行3个序列扫描,包括定位像,功能像和三维全脑像。其中功能像扫描重复时间为100 ms/层,单次扫描20层,每层厚5 mm,层间隔为1.5 mm,观察视野为220 mm x 220 mm,分辨率为64 x 64像素,在扫描结束后利用AFNI软件对两个序列数据进行叠加处理,通过名词动形三类词构成的词组之间脑区的差异分析不同词类加工的对应该脑区。

结果: 6名被试进入结果分析。默念汉语词组激活了大脑的左额上、中、下回以及内侧,左颞叶上、中回,扣带回以及右脑等许多区域,这些区域在不同任务中有区别也有重叠,特别值得注意的是,有名词参与的词组与没有名词参与的词组相比脑区激活差异明显,有名词参与的词组中,前扣带回附近,右额叶下回,双侧额叶前部等部位有明显激活。

结论: 汉语中名词重叠词组要大于动词重叠词组和形容词重叠词组,名词词组要大于名形词组和动形词组。扣带回在与名词相关的词组加工中起重要作用,不同类型的汉语词组加工在大脑中依赖不同的区域。

关键词: 功能性磁共振成像; 名词; 动词; 形容词; 词组; 医学影像学

封世文, 翁旭初, 沈兴安, 林冲宇, 向华东, 杨亦鸣. 应用功能磁共振成像评估汉语名词、动词、形容词词组视觉呈现加工的脑区定位[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(22):4333-4336 [www.zgckf.com/zgckfepuma/lupfiles/07-22/22k-4333(ps).pdf]

¹Nanjing Normal University, Nanjing 210097, Jiangsu Province, China; ²Key Laboratory of Language Sciences and Neurocognitive Engineering of Jiangsu Province, Xuzhou 221116, Jiangsu Province, China; ³Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Feng Shiwen, Studying for doctorate, Lecturer, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, Jiangsu Province, China; Key Laboratory of Language Sciences and Neurocognitive Engineering of Jiangsu Province, Xuzhou 221116, Jiangsu Province, China fengsw@xznu.edu.cn

Correspondence to: Yang Yiming, Key Laboratory of Language Sciences and Neurocognitive Engineering of Jiangsu Province, Xuzhou 221116, Jiangsu Province, China yangym@xznu.edu.cn

Supported by: Key Program of the National Social Science Fund, No. 01AYY004*; the National Natural Science Funds for Distinguished Young Scholar, No. 30425008*; General Program of the National Natural Science Foundation of China, No. 30670674*

Received: 2007-02-09
Accepted: 2007-04-18

¹ 南京师范大学, 江苏省南京市 210097; ² 江苏省语言科学与神经认知工程重点实验室, 江苏省徐州市 221116; ³ 中国科学院心理研究所, 北京市 100101

封世文, 男, 1978年生, 江苏省人, 在读博士, 讲师, 主要从事神经语言学研究。
fengsw@xznu.edu.cn

通讯作者: 杨亦鸣, 江苏省语言科学与神经认知工程重点实验室, 江苏省徐州市 221116
yangym@xznu.edu.cn

国家社科基金重点项目(01AYY004)*, 国家自然科学基金委国家杰出青年基金资助项目(30425008)*, 国家自然科学基金委面上项目(30670674)*

中图分类号 R445
文献标识码 A
文章编号: 1673-8225
(2007)22-04333-04

收稿日期: 2007-02-09
修回日期: 2007-04-18
(07-50-2-909N·Y)

课题背景: 利用功能磁共振探讨脑的高级功能是热点及前沿课题。脑功能成像技术具有较好的空间分辨率, 能对语言功能区进行比较精确定位, 从而为主要语言功能区功能障碍的恢复提供理论支持。

0 引言

迄今利用脑成像技术已经能够基本确定单字词加工的脑结构基础, 但对词组等更复杂的语言加工还所知甚少。少数对拼音文字的研究显示, 参与词组加工的脑区包括大脑的额叶、颞叶和颞顶叶等^[1-3]。而汉语词组的研究还刚刚起步, 如 Luke 等^[3]的功能磁共振成像(fMRI)实验提示, 汉语词组(包括不合法)加工的激活部位包括左额中回、左额下回、右额下回等脑区。该研究只关注词组的句法和语义关系, 而没有探讨不同词组之间加工机制的差异。因此, 对汉语词组的神经机制迄今缺乏系统研究。汉语的词组类型很多, 从语言理论来看, 各类词组的语法性质不一样, 因此其神经机制可能也不尽相同。本实验拟通过 MRI 实验考察名词、动词、形容词构成的 9 类词组加工的相关脑区, 对不同词和词组的神经机制的异同进行初步研究。

1 对象和方法

设计: 单一样本实验。

单位: 江苏省语言科学与神经认知工程重点实验室, 中科院心理研究所脑高级功能实验研究室。

对象: 实验于 2004-05/2006-11 在北京安贞医院与中科院心理研究所以及江苏省语言科学与神经认知重点实验室完成。选择以汉语为母语的正常被试 8 人(男女各半), 年龄 24~30 岁, 文化程度都在大学本科以上。被试均无任何精神和神经疾病史, 通过利手检测^[4,5], 均为右利手。实验前均与被试签署知情同意书。

设计、实施、评估者: 设计以及评估者为所有作者, 实施者为第一作者。参与者都经过神经语言学、神经心理学、功能性磁共振成像研究的系统培训。

方法: 材料由汉语三类词——名词、动词、形容词重叠和相互组合形成的 9 类词组: 名词重叠(如: 仓库仓库)、动词重叠(如: 搜集搜集)、形容词重叠(如: 崇高崇高), 按照 ABAB 方式, 除动词外, 大多数重叠后的词组是现代汉语不用或不常用的。名+动(如: 数据整理)、动+名词(如: 提高能力)、名+形(如: 眼光保

守)、形+名(如: 杰出人才)、动+形(如: 照顾仔细)、形+动(如: 充分强调)。所选的实验词语均为常用词^[5,6]。

采用组块设计(Block Design)。实验包含两个序列, 第二个序列为第一个序列重新随机排序后的重复, 每个序列都包含 9 类词组。每个组块内部都包含相同种类的组合 10 个。实验的刺激目标呈现时间为 1 s, 间隔时间也为 1 s, 每组块结束后用“+”作为实验的基线任务。每个组块的时长为 20 s。实验具体任务是: 被试平躺在磁共振机磁体中, 在脑中默念通过投影仪投射到反光镜上的实验材料。

设备及扫描参数: 成像机器为 Siemens SONATA 超导型 1.5 T 核磁共振机。实验材料采用视觉呈现软件为 Psychology Software Tools 公司提供的 E-Prime (Version 1.0)。

实验的具体过程是: 先扫描大脑水平横切面的 T₁ 结构像, 再扫描与结构像一致的 T₂* 加权功能像, 最后扫描三维的结构像。水平结构像采用快速自旋回波(Fast Spin Echo)序列进行扫描, 获取 20 层的水平位图像, 具体扫描参数是 TE=442 ms、TR=15 ms、层厚=5 mm、间隔=1.5 mm、FOV=220 mm、Matrix=256 × 256; 功能像采用基于 BOLD 的 EPI 成像序列进行扫描, 获取 20 层的水平位功能图像, 具体扫描参数是 TE=30 ms、TR=100 ms、层厚=5 mm、间隔=1.5 mm、FOV=220 mm、Matrix=64 × 64; 三维结构像采用扰相梯度回波(Spoiled Grass)成像序列进行扫描, 获取 128 层矢状位图像, 具体的扫描参数是 TE=1.17 ms、TR=30 ms、层厚=1.30 mm、间隔=0.26 mm、FOV=325 mm、Matrix=128 × 128。

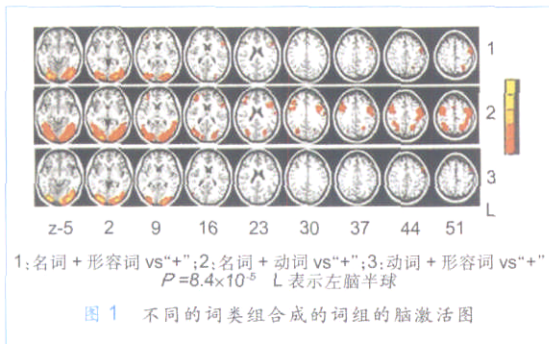
图像处理和分析: 实验处理软件采用由美国威斯康星医学院提供的基于 Linux 操作平台的 AFNI (Analysis of Functional NeuroImage) 软件包(COX 1996, 1997)^[7,8]。首先对功能像进行预处理, 包括校正头动伪影、Talairach 坐标^[9]空间标准化和各向同性高斯平滑(FWHM=6), 最后进行相关分析。

主要观察指标: 确定合适的 P 值 (P < 0.001) 对数据进行相关分析得出脑激活图并用伪彩标示在三维脑图上, 最后对数据进行平均分析和计算不同任务激活脑区的体积。

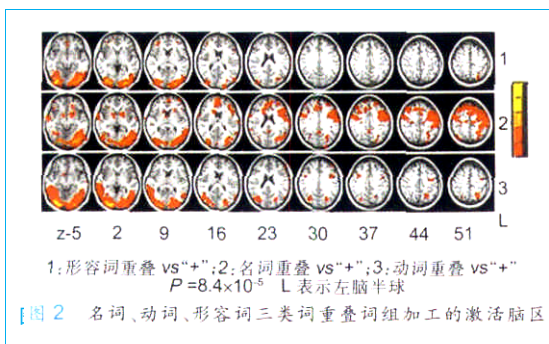
2 结果

2.1 参与者数量分析 共 8 名被试参加实验,其中两名被试由于头动造成伪影被删除,一共 6 名被试进入结果分析。

2.2 不同的词类组合成的词组与控制任务(“+”)的对比 将由两类词按不同顺序组合成的两类词组归为一类词组,简称为名形词组、名动词组、动形词组,并用这三组词组与基线任务进行比较。得出的脑激活图如图 1 所示,主要的激活部位除了双侧纹外区、左侧前额叶外,名形词组还有左侧后顶叶,名动词组还有右额叶、右侧后顶叶的激活,且可以观察到三类任务的激活脑区分布呈现出名动 > 名形 > 动形的趋势。

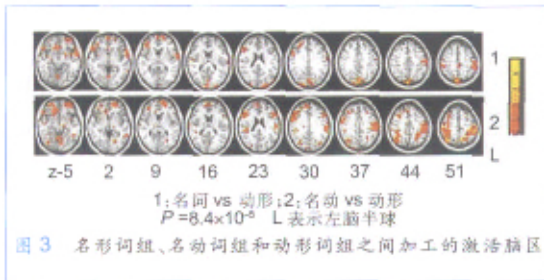


2.3 三类词重叠后的词组与控制任务(“+”)比较 取 P 值为 8.4 × 10⁻⁵,以基线任务(“+”)条件下被试的脑区激活情况为初始状态,通过相关分析,得出名、动、形三类词重叠词组加工的激活脑区情况,如图 2 所示,总体看来,激活的范围呈现出名词重叠 > 动词重叠 > 形容词重叠的趋势。



2.4 名形组合、名动组合和动形组合成的词组之间的比较结果 依据有无显著差异,只列出名形词组、名动词组和动形词组之间的区别,如图 3 所示。名形与动形相比,有双侧颞叶前部、左颞上回、双侧顶叶的激活。名动与动形

相比,有双侧后顶叶、左侧前额叶下部、右侧颞叶上回后部的激活。



2.5 激活脑区的体积比较 通过计算激活脑区的体积,发现在重叠词组任务中,激活体积的大小排列是:名词重叠 > 动词重叠 > 形容词重叠。名词重叠词组以及名动词组的激活体积远大于其他词组加工产生的激活体积,如图 4 所示。表 1 与表 2 是左脑半球的的最大激活点坐标位置与 P 值。

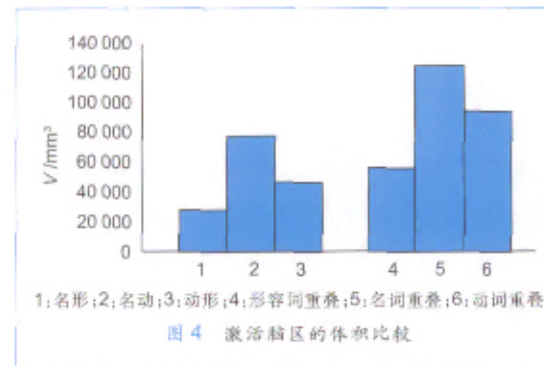


表 1 重叠词组最大激活点脑区坐标及 P 值

激活脑区	Talairach-Toumoux 坐标(x,y,z)		
	名词重叠	动词重叠	形容词重叠
左额上回	—	-13,58,-7	—
左额中回	-44,9,33	-44,44,28	-31,50,7
左额内侧	-5,52,11	-10,59,-6	-1,43,-8
左额下回	-44,30,-15	-44,7,32	-28,20,-15
中央前回	-50,2,43	-41,-4,46	—
左颞上回	—	—	-25,4,-33
左颞中回	-59,-53,9	-65,-10,-4	-28,-70,24
左顶	-28,-50,49	-27,-60,49	-25,-68,54
左纹外区	-28,-82,2	-41,-67,-4	-28,-87,1
前扣带回	-2,49,9	—	—

激活脑区	P 值		
	名词重叠	动词重叠	形容词重叠
左额上回	—	32×10 ⁻⁴	—
左额中回	1.9×10 ⁻⁹	1.9×10 ⁻⁶	2.3×10 ⁻⁴
左额内侧	2.9×10 ⁻⁶	2.5×10 ⁻⁵	5.7×10 ⁻⁵
左额下回	4.6×10 ⁻⁶	4.3×10 ⁻⁵	5.6×10 ⁻⁹
中央前回	3.8×10 ⁻⁷	3.2×10 ⁻⁵	—
左颞上回	—	—	2.9×10 ⁻⁵
左颞中回	5.9×10 ⁻⁹	1.3×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻⁴
左顶	2.6×10 ⁻⁶	3.4×10 ⁻⁹	1.8×10 ⁻⁶
左纹外区	1×10 ⁻¹¹	5×10 ⁻¹¹	4×10 ⁻¹²
前扣带回	1.3×10 ⁻⁴	—	—

相关链接: 生物学语言虽然 1974 年就被提出,但是真正从科学观点出发将语言学看成生物学的一部分进行的研究则刚刚起步,而功能性磁共振成像是这一研究能够取得真正进展的重要实验手段,语言的功能性磁共振成像研究文献,每年都在成倍的增长。现有的文献中已经有场强达 4T 以上的磁共振机器用于人体实验研究,用于动物研究的则已经高达 10T 以上。

同行评价: 本文通过功能磁共振探讨汉语词组的脑加工机制,比较汉语名词、动词、形容词构成的九类词组在视觉呈现后默读时加工的相关脑区,对不同词组的神经机制的异同进行了初步研究,这些结果对进一步通过功能磁共振研究汉语语言认知的神经机制以及协助临床语言功能康复具有一定的意义,有一定的理论与实践价值。

表2 组合后的词组最大激活点脑区坐标及P值

激活脑区	Talairach-Toumoux 坐标(x,y,z)			P 值		
	名动	名形	动形	名动	名形	动形
左额上回	—	—	-10,62,-7	—	—	12×10 ⁻⁴
左额中回	-44,2,45	-50,2,42	-50,11,49	3.8×10 ⁻⁸	13×10 ⁻⁵	1.7×10 ⁻⁵
左额下回	-53,22,21	-50,22,20	—	4×10 ⁻¹¹	5.8×10 ⁻⁶	5.6×10 ⁻⁹
中央前回	-53,-8,47	-59,2,44	—	2×10 ⁻¹²	1.3×10 ⁻⁵	—
左额上回	-55,-41,9	-40,17,-19	—	1.2×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁴	—
左额中回	-68,-11,-2	—	-53,-67,19	3.6×10 ⁻⁶	—	1.4×10 ⁻⁴
左顶	-25,-59,51	-53,-10,50	—	4×10 ⁻¹¹	8.4×10 ⁻⁷	—
左纹外区	-28,-86,-2	-44,-81,-4	-32,-83,-7	2×10 ⁻²⁰	9×10 ⁻¹⁴	1×10 ⁻²¹
前扣带回	0,8,-3	—	—	3.0×10 ⁻⁴	—	—

3 讨论

本实验结果显示,不同词组加工的主要激活部位除了双侧纹外区,左侧前额叶外,名形词组还有左侧后顶叶,名动词组还有右额叶、右侧后顶叶的激活。激活脑区的范围呈现名动词组 > 名形词组 > 动形词组的趋势,也就是说有名词参与的词组比没有名词参与的词组激活脑区范围更广。名动词组与动形词组相比还有右额叶、右侧后顶叶的激活;名形词组与动形词组相比还有左侧后顶叶的激活,这表明不同组词组间的神经机制不同。名词重叠、动词重叠、形容词重叠相似的激活脑区包含双侧枕叶和左侧前额叶。分开来看,名词重叠的激活脑区为双侧纹外区、颞叶、双侧基底核、扣带回前部、额中回、左侧后顶叶、左侧额上回;但动词、形容词重叠未见扣带回、基底核区的激活,且形容词重叠引发的左侧额叶的激活范围较小,仅有额下部小片区域的激活,动词重叠加工激活的左侧额叶比名词重叠加工激活的左侧额叶范围小。名词重叠加工的脑区激活范围、强度和激活体积均要大于动词、形容词重叠的加工,因此,重叠词组加工的激活强度表现为名词 > 动词 > 形容词的趋势。这表明不同类型的词组神经机制各有异同,激活范围和强度按有名词参与词组、有动词参与词组和有形容词参与的词组依次递减。

将不包含名词的词组——动形词组用作基线任务,然后进行统计检验,发现有名词参与的词组与没有名词参与的词组相比,脑区激活差异明显。有名词参与的词组中,前扣带回附近,右额叶下回,双侧额叶前部等部位有明显激活。名形词组与动形词组相比还有双侧颞叶前部,左额上回、双侧顶叶的激活。名动词组与动形词组相比还有双侧后顶叶,左侧前额叶下部,右侧颞叶上回后部的激活。其中,前扣带回附近,右额叶下回,双侧额叶前部等部位,这些是共有的脑区。在名词重叠加工中扣带回也是区别于动词、形容词重叠加工的部位,结合名动词组、名形词组、动形词组加工中分离出来的名词激活脑区,可以认为扣带回在名词参与

的词组加工中起重要作用,这一脑区很可能就是导致了有名词参与的词组加工与有动词、形容词参与的词组加工神经机制差异的脑区。Li等^[10]用判断单个名词和动词的任务的MRI实验表明,单个名词加工有扣带回的激活,而单个动词没有。扣带回一般认为与注意^[11]、痛觉意识^[12]、处理冲突事件^[13]、人格特质相关^[14],与语言相关的证据也有^[15],但是,扣带回与注意之间的关系是一种因果关系,如在Pardo等^[11]设计的stroop实验中,当注意情景出现,发现扣带回激活,但是在语言实验中,并非所有的语言材料都会引起扣带回的激活^[16],但从本实验的结果和Li等^[10]的研究来看,扣带回至少与有名词参与的词组有着重要关系。

结论:参与汉语词组加工的脑区主要有双侧纹外区皮质、双侧颞叶后部的颞枕区、颞叶后部、双侧前额叶、双侧后顶叶等区域。就激活脑区的分布范围和体积来看,汉语中名词重叠要大于动词重叠和形容词重叠,名动词组要大于名形词组和动形词组。名、动、形重叠词组和相互组合成的词组的脑区差异表明汉语中不同词组有不同的神经机制,动词和形容词参与的词组间的神经机制有一定相似性,有名词参与的词组加工需要更多的脑区,扣带回与名词参与的词组有着重要关系。

4 参考文献

- Newman AJ, Pancheva R, Ozawa K, et al. An event-related fMRI study of syntactic and semantic vibrations. *J Psycholinguist Res* 2001; 30(3):339-364
- Kang AM, Constable RT, Gore JC, et al. An event related fMRI study of implicit phrase-level syntactic and semantic processing. *Neuroimage* 1999; 10(5):555-561
- Luke K, Liu H, Wai Y et al. Functional anatomy of syntactic and semantic processing in language comprehension. *Hum Brain Mapp* 2002; 16(3):133-145
- Snyder PJ, Harris LJ. Handedness, sex, and familial sinistrality effects on spatial tasks. *Cortex* 1993; 29(1):115-134
- 北京语言学院语言教学研究所编. 现代汉语频率词典[M]. 北京:北京语言学院出版社,1986
- 刘源. 现代汉语常用词频词典[M]. 北京:宇航出版社,1990
- Cox RW. AFNI software for analysis and visualization of functional magnetic resonance neuroimages. *Comput Biomed Res* 1996; 29(3):162-173
- Cox RW, Hyde JS. Software tools for analysis and visualization for MRI data. *NMR Biomed* 1997; 10(4-5):171-178
- Talairach J, Tournoux P. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. Thieme Medical publishes, New York, 1988
- Li P, Jin Z, Tan LH. Neural representations of nouns and verbs in Chinese: an fMRI study. *Neuroimage* 2004; 21(4):1533-1541
- Pardo JV, Pardo PJ, Janer KW, et al. The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1990; 87(1):256-259
- 张明,王渊,刘海,等.前扣带回参与痛觉调控的功能磁共振成像研究[J]. 中华医学杂志 2006(30):2127-2130
- Botnick MM, Cohen JD, Carter CS. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends Cogn Sci* 2004; 8(12):539-546
- 徐世勇,彭聘龄,金真,等.人格与脑内神经化学物质:一项磁共振氢谱的初步研究[J]. 科学通报, 2005, 50(18):1967-1971
- Chan HD, Liu HL, Yip V, et al. Neural systems for word meaning modulated by semantic ambiguity. *Neuroimage* 2004; 22(3):1128-1133
- Constable R, Pugh KR, Berroya E, et al. Sentence complexity and input modality effects in sentence comprehension: an fMRI study. *Neuroimage* 2004; 22(1):11-21