

双语语义表征的脑功能成像研究¹⁾

张惠娟 李恋敬 周晓林

(北京大学脑科学与认知科学中心、北京大学心理学系,北京,100871)

摘 要 简介了认知心理学和认知神经科学有关双语语义表征的理论观点及其研究方法,重点总结了近几年来双语语义表征的脑功能成像研究结果,指出当前双语脑功能研究的主要问题是:1) 不同语言的语义表征是否具有完全一致的神经基础;2) 语言熟练程度和语言获得年龄对语义表征及其神经基础有什么影响;3) 两种语言的转换和翻译由哪些脑区负责,是否具有特异性。

关键词 双语; 语义表征; 脑功能成像

中图分类号 B 842.1

0 引 言

一个人能熟练地掌握和运用两种或两种以上的语言,称为双语者或多语者。表征是指信息在头脑中存在的形式。语言有形式和意义之分,语言的表征即可分为形式表征和语义表征。显而易见,根据语言语音和书写系统的特性,不同的语言有不同的形式表征,但不同语言的语义在双语者头脑中是共同存储在一个语义系统,还是分别存储于不同的语义系统?双语者两种语言形式表征的激活怎样相互转换?这些问题是认知心理学和认知神经科学有关双语研究的热门课题。

围绕着这些问题,几十年以来研究者进行了大量的行为实验和神经心理学研究。随着认知神经科学的发展,近几年来无创伤性脑功能成像技术越来越多地用于双语的研究。这种技术可以使研究者直接观察到人在完成语言作业时大脑的活动状态,为双语问题的研究提供了更为直接的方法。本文就功能成像对双语表征的研究作一简短介绍。

脑功能成像是通过医学影像技术,对脑结构及其活动状态进行显影成像,从而研究大脑在从事语言、记忆、注意、意识和思维等认知功能时的活动状态和活动脑区。脑功能成像术包括正电子发射断层扫描(PET, positron emission tomography)和功能磁共振成像(fMRI, functional magnetic resonance imaging)。人在进行不同的认知活动时,脑内的局部血糖、血流、耗氧量是会发生相应的变化。PET是把发射正电子的核素标记的化合物注入人体,在体外测量脑部正电子湮灭射线从而获得这种标记化合物在脑内分布的断层图像。用这些技术得到的脑功能三维图像,其空间分辨率为数毫米,可用以进行人认知活动中脑激活区的定位。fMRI是利用氢原

1) 国家攀登计划(95-专-09)、国家自然科学基金(30070260)、教育部博士点基金(99000127)、科学技术重点项目基金(01002,01270)和高等学校骨干教师基金资助项目

收稿日期:2002-07-03

子在高强度磁场下发射电磁波,磁共振信号与血液中含氧量有相关性的原理,通过电磁波信号获得特定脑区活动的信息,经过计算机数据处理,重建形成大脑和大脑活动状态的三维图像。与FET相比,fMRI有3个优点:不需要注射放射性同位素,所需的扫描时间较短,空间分辨率精确至1mm。在双语表征的研究中,与反应时技术和神经心理学等非脑成像方法相比,脑功能成像两点最突出的优点是,可以使研究者较直接地观察到人在完成语言作业时脑内特定功能区的激活,另一个特点是可以同时观察到多个脑区的活动,探讨各个功能区域之间的相互关系。

在介绍双语的脑功能成像研究之前,有必要简述一下有关双语表征的3种理论倾向及行为实验和神经心理学的研究方法。功能成像研究沿袭了这些理论倾向,被试的作业任务与其他的研究方法多有类似之处,而且有的实验结论是参照行为实验的结果作出的。

1 双语语义表征的理论观点

对两种语言的语义是如何存储在双语者大脑之中,大致有3种不同的理论。两种相互对立的理论为共同存储论和单独存储论(Kolers,1963)^[1]。前者认为,两种语言的形式与同一个语义表征系统相联结,语义信息共同存储于一个系统之中;后者认为,两种语言的形式分别与各自独立的语义表征系统相联结,语义信息分别存储。还有一种折中的观点(Kolers & Gonzalez,1989)^[2]认为双语的两种语言一部分是同一表征的。

以上观点都有各自的实验证据,这些证据分别来自各种范式的行为实验和神经心理学研究。

双语表征的行为实验研究范式主要采用各种不同类型的语义启动,主要包括词汇联想(Kolers,1963)^[1],双语的类 Stroop 效应实验(Chen & Ho,1986)^[3],词语翻译和图片命名实验,语言间的语义或重复实验。这类实验的理论依据是 Collins 和 Loftus(1975)^[4]的语义激活扩散模型的假设,如果两种语言是共同表征的话,语言内和语言间的启动效应应该是高度一致的。这类实验没有得到一致的实验结论(李荣宝,彭聃龄,1999)^[5]。

有关双语和多语者的失语症患者的研究(Hernandez & Bates)^[6]发现,一些患者好像同时恢复两种语言,而另外一些人选择性地恢复,或一种语言要比另一种语言恢复得又快又好。

事件相关电位(ERP)是一种电生理研究方法,它通过大脑皮层神经元由相关事件所诱发的电位变化来考察神经活动过程的精确时间模式。有的研究通过特殊的神经心理测验方法,如:wada法,单侧颈动脉麻醉剂注射来考察双语患者语言的恢复情况。这些测验的结果也没有得出一致的结论。

2 双语语义表征的脑功能成像研究新进展

2.1 支持两种语言独立存储的研究

脑损伤方面的脑成像研究大多倾向于双语的独立表征理论。Ku(1996)^[7]等人在报告一案例:一名16岁的右利手汉-英双语(母语为汉语,英语为外语)患者,罹患单纯性疱疹性脑炎,病灶侵犯左脑颞叶并继发失语症,入院1周第一语言(母语)汉语即恢复书写,2个月后第二语言(外语)英语的读写功能才恢复。该研究结果与双语分别储存在不同脑区的说法一致。

最近的一个案例是 Morette 等(2001)^[81]对尾状核梗塞的脑损伤患者进行的研究。患者是熟练的克罗地亚语-意大利语双语者。梗塞初期他的母语明显受损,第二语言基本完好,5个月 after fMRI 确认渐进性脑局部缺血扩展到大脑皮层,母语在这时已逐渐得到很大程度的恢复,而意大利语的受损变得十分明显。由此结果作者推测,母语的使用依赖于控制内隐记忆的皮层下结构,第二语言很大程度上依赖于控制外显记忆系统的大脑皮层。较极端的一个病例是 Leker 等(1999)^[9]报告的一例希伯来语-英语的患者,他只表现出一种语言的阅读困难。阅读困难发生在右后枕骨脑内出血后(fMRI 诊断),不能读、写,也不能理解由右向左书写的母语希伯来语;从小学开始学习的第二语言英语(由左向右书写)的各种语言功能完全正常。1年后血肿吸收,第一语言功能恢复。这种现象表明,在右脑存在独立的语言神经网络,它们在不同语言不同的阅读方式中有一定的重要性。

也有来自健康被试的实验研究支持独立语言表征。Perani 等(1996)^[10]用 PET 所作的研究结果与 Leker 等人有所不同。该实验任务是分别听母语、第二语言和第三种陌生语言讲故事,发现双语者听母语时激活的脑区与只会讲母语的单语者相同,而这些脑区在讲第二语言时未被激活。讲第二语言和第三种陌生的语言时产生明显的左半球一些区域的激活,这些区域特属于语言加工功能。

2.2 支持两种语言表征脑区重叠的研究

Illes 等(1999)^[11]对熟练的英语(L1)-西班牙语双语者,作了语义和非语义加工时的 fMRI 实验。被试完成 2 种任务:1. 对词的意义是具体还是抽象进行语义判断;2. 对词是大写还是小写印刷的进行非语义判断。数据收集分 3 种条件:第 1 种,所有的单词为英语,任务为语义和非语义的交替;第 2 种,所有单词为西班牙语,任务为语义和非语义交替;第 3 种,英语和西班牙语部分交替出现,任务为语义判断。当进行语义判断任务时,使用两种语言均可明显激活左额下回(BA 44, 45, 47 区),而实施非语义判断任务时,未发现上述区域的激活。少数被试在使用两种语言时均有 BA 44, 45, 47 区的显著激活,另有个别被试在右中前脑回(BA 46 区)有激活。结果显示,前额叶的左右两半脑区的激活程度在语义加工时比非语义加工任务更强烈;从激活区域来看,两种语言的激活区域很相似。可见英语、西班牙语两种语言在双语者大脑中由共同的神经系统控制语义的加工过程。此外,由于以上实验的被试开始学习第二语言的年龄都在 10 岁以后,所以可以认为学习一门新的语言不需要增加一个新的语义加工系统,也不需要重塑一个新的脑皮层功能区。

Pu 等^[12]于 2001 年,选择右利手的汉英双语者被试,做两种语言的事件相关脑功能成像研究(ER-fMRI),实施动词产生的实验任务。在电脑屏幕上呈现一个名词,要求被试默默地分别用两种语言想出一个有关的动词来。结果表明在两种语言任务下,有类似的脑的血液动力学改变,左中前脑的下后部激活的潜伏期、强度和持续时间有统计学上的相同,其他脑区的激活无统计学上的差异显著。这个结果说明以汉语为母语者的双语加具有类似的神经机制。

Hernandez(2001)^[13]用西班牙语-英语熟练双语者作被试,用一种语言或交替用两种语言做图片命名实验,用 fMRI 比较激活脑区。发现左半球前额叶(包括背外侧前额叶 BA 46 和 9 区),布罗卡(Broca)区 BA 44 和 45 区,在所有的实验组均有激活。表明两种语言的激活模式上没有什么不同,激活的脑区重叠,且命名动作和物体没有差别。

2.3 语言熟练程度和语言获得年龄对语言加工的影响

早期或晚期获得第二语言(儿童时代开始在双语环境中成长的双语者称早期双语者,幼年晚期或成年后才开始学习外语的双语者称晚期双语者)是否影响语言加工的功能解剖学? Chee 等(1999)^[14]所做的 BOLD(blood oxygen level-dependent) fMRI 研究尝试探究这些问题。该研究被试为早期英汉双语者和晚期汉英双语者,作业为两种语言的字或词的完形实验,激活的前脑区域包括喙中区(rostral middle)和额下回(BA 44/45, 46/9 区),辅助运动区和双侧枕骨区和双侧顶骨区(BA 7 区),两种语言之间没有差别,激活像素的不同与被试获得语言的先后顺序无对应关系,提示双语者的大脑不比单语者更不对称。结果说明,完成补词任务中流利汉英双语者激活共同的皮层脑区的假设,与获得第二语言的年龄无关。这个实验的数据也不支持右脑加工汉语单字的说法。虽然有的被试加工汉语时右前脑有激活,但从整体而言,激活的程度与两种语言时相似,无显著差异。

也有相反的实验证据。Kim 等(1997)^[15]用 fMRI 的方法来考察人类母语和第二语言在大脑皮层的空间位置关系,主要关注布罗卡和维尔尼克(Wernicke)两个主要的语言区。被试为婴儿期即浸染在双语(英法双语)环境下的早期双语者和在成年早期才开始接触第二语言的晚期双语者,实验任务为用内部语言(不出声言语)陈述前一天早、中、晚 3 个时段自己经历的事件,内部语言或是英语或是法语。结果发现双语者的类型不同,两种语言在布罗卡区的激活中心点之间的距离有显著差异,但两种类型的双语者两种语言在维尔尼克区无明显不同。由此作者认为人类获得第二语言的年龄是决定人脑布罗卡区语言功能组织的重要因素,语言在布罗卡区表征的建立是在生命的早期形成的,而不是在成年以后完成的,成年以后学习第二语言将激活该区域临近的脑区。

Dehaene 等(1997)^[16]的实验被试为法英双语者,第二语言英语为 7 岁后所学,中等熟练程度。分别听第一语言和第二语言讲故事,故事分段之间用倒放的陌生的第三种语言——日语录音穿插播放。听第一种语言时,所有被试的左颞叶沿着颞上沟和左颞上回、颞中回均激活,也有被试扩展激活到左颞极和左角回。听第二语言时,左颞上沟回激活像素的集中部位与第一语言显著不同,无左颞极和左角回的激活,却有右颞上回的激活,有 2 个被试甚至无左脑区的激活,只局限于右脑的激活,表现为右脑语言优势半球。作者认为,听第二语言时,左半球语言优势明显减弱,甚至显现为完全的右脑优势,这表明第一语言的获得依赖左脑半球的先天皮层网络,晚期第二语言的获得机制却不一定与先天的生物学机制有关。

究竟第二语言的熟练程度和获得年龄哪一个因素对加工语言的脑区影响更大? 围绕这个问题近年来不少心理学家做过相关研究。Perani(1998)^[17]的双语 PET 实验中用一组熟练的意大利语-英语双语者,与不熟练的对照组作对照;再用一组熟练的西班牙语-加泰隆语双语者,与不熟练的对照组作对照。在第一语言条件下观察到左半球的颞角、上颞沟、中颞回及海马结构的激活,而低熟练度的双语者在第二语言的条件下也观察到类似区域的激活。这些发现表明,至少对意大利语-英语、西班牙语-加泰隆语那些第一语言与第二语言比较接近的语言来说,第二语言的熟练度比获得年龄更重要地决定了皮层的第二语言的代表区。但是 Simos 等(2001)^[18]用 fMRI 为英语-西班牙语的双语志愿者作语言特有功能区的图谱测定,发现每一个被试激活的脑区均有实质性的区别,而不管他们的母语是英语还是西班牙语。

也不乏来自种类迥然不同语言的证据。Chee 等(2001)^[19]用行为反应时实验和 fMRI 实验

作对照。实验任务相同,均为语义判断,发现同样的实验任务使用不同的语言,激活的脑区的变化主要与语言的熟练程度有关。加工不熟练的语言,反应时偏长,左前额叶、和左顶叶有强的信号改变,而语言的种类汉语或英语无本质的差别。

2.4 语言转换和翻译的神经基础

如果两种语言表征的脑区重叠,那么怎样能自始至终地保证两种语言相互之间没有干扰?怎样保证使用一种语言而不用另一种语言?研究者近年来致力于找到负责语言转换的脑区。Price(1999)^[20]用 PET 研究翻译和语言转换的神经基础,被试为熟练的德-英双语者。结果发现翻译激活了前扣带回,语言转换激活了布罗卡区和跟语音记录有关的缘上回。看来,翻译和语言转换有不同的加工机制。Hernandez(2000)^[21]的 fMRI 研究指出,混合语言条件下被试的反应时更长,同时缘上回、背外侧前额叶激活增加,说明缘上回和背外侧前额叶与语言转换有关。

Hernandez(2000)^[21]采用了两种语言转换使用的任务。被试为西班牙语-英语双语者,他们学习第二语言的开始年龄在 5 岁以前,且第二语言的熟悉度成绩优于第一语言。研究者发现,一种语言转换成另一种语言时背外侧前额叶显著激活,并且反应时明显延长。所涉及的脑区包括背外侧前额叶(46,9 区),缘上回(40 区),前额叶(44 和 5 区),上颞叶(22 区),两种语言未显示出不同。这表明早期双语者语言的加工没有激活不同的脑区。作者认为,虽然背外侧前额叶是在本实验中语言转换条件下惟一激活增加的脑区,但不能说明该脑区的惟一功能为语言转换,一种可能性是,语言转换如同一般性的任务转换一样,需要执行控制,因此进行此类加工时将导致该区域的激活。Hernandez(2001)^[13]又用 fMRI 作实验,发现交替用两种语言与只用一种语言做图片命名相比,即语言转换命名相对于非语言转换命名,在右背外侧右前额叶激活的强度增加,在左前下回有更广泛区域的激活。这提示语言间转换更需要执行加工过程的参与。^[2]

Rinne 等(2000)^[22]的 PET 实验结果与 Hernandez 上述实验有所不同。他们用 PET 测量专业为同声传译的芬兰语-英语双语者在做同声传译时的脑区活动。最直接的发现是,同声传译中由非母语翻译成母语时比由母语翻译成非母语时更加广泛地激活了左脑的布罗卡区,表明同声传译的方向影响语言的主导脑区的激活范围。翻译成非母语比翻译成母语意味着要求更高的工作努力,即使是第二语言非常熟练的资深同声传译人员也是如此,采用第二语言稍逊一些的双语者也许更能说明这一观点。

病理性转换损伤(即语言转换功能受损,表现为不能按自己的意愿选择使用语言种类)可能有独立的语言机制。Fabbro(2000)^[23]报告了一位晚期熟练双语者,额叶损伤后产生了病理性的语言转换。fMRI 诊断患者左前额叶白质处有 4 cm 大小的肿瘤。2 个月和 5 个月后作肿瘤切除术和肿瘤扩散至右扣带回后的二次切除术。术后患者右侧偏瘫。神经语言学测验未显示任何种语言的失语症症状,患者可以做两种语言之间的相互翻译。患者的病理性语言行为表现为讲话时把两种语言的语音混合在一起。实验者要求他用第一语言讲话,虽然他明白任务是什么,但他讲话 58.3% 的内容用第一语言(口语语音)表达,40.6% 不由自主地用第二语言表达,要求用第二语言讲话,他 56.5% 的内容用第一语言表达,43.5% 用第二语言表达。左前扣带回、前额叶、右扣带回边缘损伤,有语言转换的病理性损伤却无其他语言功能的损伤,如:神经语言学测试未发现任何一种语言的失语症症状,也没有发现两种语言之间互译的错误。这表明病理性转换损伤可能有独立的语言机制。

2.5 语言的结构和语言获得的通道对语言表征的影响

语言的结构和语言获得的通道(听觉的或视觉的)对语言的脑区激活机制有什么影响?考察先天遗传的聋哑人和他们的手势语会有助于说明这个问题。Neville 等(1998)^[24]用 fMRI 测验 3 组被试,一组为听、视觉正常的母语为英语的单语者;一组为先天聋人,母语为手势语,晚期掌握不熟练的英语;第三组为有正常听力的父母为聋哑人的被试,他们为早期手势语和英语的双语者。结果发现,所有被试不管听力正常与否,母语为手势语或英语,在加工他们母语时均激活了经典的左半球语言功能区。另外一点发现是母语为手语者,不管是有正常听力或耳聋者,在右脑相类似的区域有额外的激活,表明语言的特定加工要求部分决定了大脑中的语言系统。

Michael 等(2001)^[25]对英语-美国手语熟练双语被试所做的 PET 实验也有类似的发现。被试为一位婴儿期可能因罹患脑膜炎而遗留脑损伤的英语-美国手语双语患者以及 12 个正常的英语-美国手语熟练双语者。患者左前额叶损伤,没有一般性语言功能损伤,神经心理学检查正常,MRI 扫描显示前脑极(the frontal pole)至中央前回和前扣带回萎缩性损伤并累及左背外侧前额叶、眶额区和脑盖区皮质呈萎缩性损伤。实验任务之一要求被试分别用英语和美国手语叙述自己记忆中的一件事或一系列事件。PET 测试发现,无论用英语或美国手语时,患者的右下前脑盖区和 BA 47 区的激活比对照组明显强烈;而对照组在左半球激活了同源脑区——右后颞上回和 BA 22 区。作者认为,实验结果表明了右脑的可塑性及右脑其他适应性的语言功能产生的可能性。

3 小 结

脑功能成像技术使人们对于双语者的语义表征有了更多的了解,但不同语言语义表征的神经机制是否完全一致,还有待更多的证据。两种语言的转换发生在什么脑部位也是一个没有解决的问题。对中国认知神经科学家来说,由于汉语文字系统的独特性,汉语的认知加工在很多地方不同与拼音文字的加工,进行包含汉语在内的双语脑功能成像研究是摆在我们面前的任务之一,将对探索人类语言加工的普遍性和特殊性具有重要的意义。

参 考 文 献

- 1 Kolers P A. Interlingual Word Associations. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1963, 2: 291 ~ 300
- 2 Kolers P A, Gonzalez E. Memory for words, Synonyms, and Translations. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1980, 6(1): 53 ~ 65
- 3 Chen H C, Ho C. Development of Stroop Interference in Chinese-English Bilingual. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1986, 3: 397 ~ 401
- 4 Collins A M, Loftus E F. A Spreading Activation Theory of Semantic Processing. *Psychological Review*, 1975, 82: 407 ~ 428
- 5 李荣宝,彭聘龄. 双语者的语义表征. *现代外语*, 1999, 3: 255 ~ 272
- 6 Hernandez A E, Bates E. Bilingualism and the Brain. In: Wilson R A, Keil F. *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*(MIT 认知科学百科全书). 上海: 上海外语教育出版社, 2000. 80 ~ 81
- 7 Ku A, Lachmann E A, Nagler W. Selective Language Aphasia from Herpes Simplex Encephalitis. *Pediatric Neurology*. 1996, 15: 169 ~ 171
- 8 Moretti R, Bava A, Torre P, et al. Bilingual Aphasia and Subcortical ~ cortical Lesions. *Perceptual and Motor Skills*, 2001, 92: 803 ~ 814

- 9 Leker R R, Biran I. Unidirectional Dyslexia in a Polyglot. *Journal of Neurological Neurosurgery of Psychiatry*, 1999, 66: 517 ~ 519
- 10 Perani D, Dehaene S, Grassi F, et al. Brain Processing of Native and Foreign Languages. *Neuroreport*, 1996, 7: 2 439 ~ 2 444
- 11 Illes J, Francis W S, Desmond J E, et al. Convergent Cortical Representation of Semantic Processing in Bilinguals. *Brain and Language*, 1999, 70, 347 ~ 363
- 12 Pu Y, Liu H L, Spinks J A, et al. Cerebral Hemodynamic Response in Chinese (first) and English (second) Language Processing Revealed by Event-related Functional MRI. *Magnetic Resonance Imaging*, 2001, 19: 643 ~ 647
- 13 Hernandez A E, Dapretto M, Mazziotta J, et al. Language Switching and Language Representation in Spanish~English bilinguals: an fMRI study. *Neuroimage*, 2001, 14: 510 ~ 520
- 14 Chee M W, Tan E W, Thiel T. Mandarin and English Single word Processing Studied with Functional Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Neuroscience*, 1999, 19: 3050 ~ 3056
- 15 Kim K H, Relkin N R, Lee K M, et al. Distinct Cortical Areas Associated with Native and Second Languages. *Nature*, 1997, 388: 171 ~ 174
- 16 Dehaene S, Dupoux E, Mehler J, et al. Anatomical Variability in the Cortical Representation of First and Second Language. *Neuroreport*, 1997, 8: 3809 ~ 3815
- 17 Perani D, Paulesu E, Galles N S, et al. Proficiency and Age of Acquisition of the Second Language. *Brain*, 1998, 121: 1 841 ~ 1 852
- 18 Simos P G, Castillo E M, Fletcher J M, et al. Mapping of Receptive Language Cortex in Bilingual Volunteers by Using Magnetic Source Imaging. *Journal of Neurosurgery*, 2001, 95(1): 76 ~ 81
- 19 Chee M W L, Hon N, Lee H L, et al. Relative Language Proficiency Modulates BOLD Signal Change When Bilinguals Perform Semantic Judgments. *Neuroimage*, 2001, 13: 1 155 ~ 1 163
- 20 Price C J, Green D W, von Studnitz R E. A Functional Imaging Study of Translation and Language Switching. *Brain*, 1999, 122: 2 221 ~ 2 235
- 21 Hernandez A E, Martinez A, Köhnert K. In Search of the Language Switch: An fMRI Study of Picture Naming in Spanish~English Bilinguals. *Brain and Language*, 2000, 73: 421 ~ 431
- 22 Rinne J O, Tommola J, Laine M, et al. The Translating Brain: Cerebral Activation Patterns during Simultaneous Interpreting. *Neuroscience Letters*, 2000, 294(2): 85 ~ 88
- 23 Fabbro F, Skrap M, Aglioti S. Pathological Switching between Languages after Frontal Lesions in a Bilingual Patient. *Journal of Neurological Neurosurgery of Psychiatry*, 2000, 68(5): 650 ~ 652
- 24 Neville H J, Bavelier D, Corina D, et al. Cerebral Organization for Language in Deaf and Hearing Subjects: Biological Constraints and Effects of Experience. *PNAS*, 1998, 95(3): 922 ~ 929
- 25 Tierney M C, Varga M, Hbsey L, et al. PET Evaluation of Bilingual Language Compensation Following Early Childhood Brain Damage. *Neuropsychologia*, 2001, 39: 114 ~ 121

Brain Imaging Studies of Semantic Representations in Bilinguals

ZHANG Huijuan LI Lianjing ZHOU Xiaolin

(Center for Brain and Cognitive Science, and Department of Psychology, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract The authors review current brain imaging (fMRI and PET) studies of semantic representations in bilinguals and point out that the three issues have taken central ground in these studies: (1) whether semantic representations of different languages have identical neural mechanisms? (2) What effects do the proficiency in languages and the age of second language acquisition have on semantic representation in the brain? (3) Which brain areas are responsible for the switching and translation between languages? And whether these areas are devoted exclusively to language switching and/or translation?

Key words bilingual; semantic representation; brain imaging