

双语脑机制的几个重要问题 及其当前研究进展*

董奇, 薛贵

(北京师范大学发展心理研究所, 北京 100875)

摘要: 双语是人脑所特有的重要功能, 对其脑机制的研究在近几年有了很大的进展。当前, 加工的观点已经逐渐取代了存储的观点以解释两种语言神经基础的异同。前额叶在双语加工中的作用逐渐受到重视, 研究者已经发现其在语音分析、执行功能和避免两种语言干扰中的作用。同时, 研究者在对第二语言的接触时间、第二语言的熟练程度、语言类型等与双语脑机制的关系上取得了一些新的发现, 但在这些领域还有很多重要问题值得深入研究。我国应该利用自身在研究资源上的优势, 加强中英文加工的脑机制研究。

关键词: 脑与双语; 关键期; 熟练程度; 前额叶; 语言类型

中图分类号: B845 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-0209(2001)04-0091-08

语言是人脑所特有的一种高级功能。人类不仅能够正常地掌握母语, 而且, 在一定条件下还能够学会和使用两种甚至多种语言。对于人脑的双语功能及其机制, 有很多重要的问题值得思考与研究, 例如, 这些语言在头脑中是如何存储的, 人脑如何加工这两种语言, 为什么人脑能够有选择性地使用这两种语言而不相互干扰, 两种语言是如何切换和翻译的? 对这些问题的深入探讨不仅对于揭示语言和思维的本质, 以及人脑的功能具有重要的意义, 同时也为人类解开脑与行为的关系之谜开启了希望之门。从上个世纪初以来, 人们采用了神经检查、韦达测试、半视野呈现、双耳分听和脑电等多种技术对双语的脑机制进行了大量的探索, 为揭示双语功能大脑半球一侧化和双语的功能区作出了积极的贡献, 大大丰富了人们对脑与双语关系的认识。但是, 由于在研究方法、手段和对象的限制, 人们对正常人在加工两种语言过程中大脑的活动情况知之甚少。

近年来, 随着多导脑电仪、正电子断层扫描、功能磁共振成像和脑磁扫描成像等为代表的新的脑功能研究手段的出现, 大大突破了神经心理学、认知心理学和传统脑电方法对双语脑机制进行研究的局限, 使得研究者能够在无损的条件下直接观察正常被试在完成各种言语任务时大脑活动情况, 在很大程度上扩大了研究对象的范围, 提高了研究结果的科学性, 从

* 收稿日期: 2001-04-05

作者简介: 董奇(1961-), 男, 重庆市人, 北京师范大学发展心理研究所, 教授。

基金项目: 国家攀登计划(95-专-09)、国家杰出青年科学基金项目(39725010)

而促进了这一领域研究的发展。为此,对双语的脑机制的研究在近年来迅速成为认知神经科学的一个重要分支。下面,我们将结合当前认知神经科学的最新研究进展,从双语加工中脑激活的异同、前额叶在双语加工过程中的作用、第二语言接触时间、熟练程度和语言类型对双语脑机制的研究的影响等方面,对双语脑机制的问题进行讨论与分析。

一、双语的脑机制的异同及其理论解释

同时存在于人脑的两种语言在人脑中是独立存储的,还是具有共同的神经基础,这是研究者所关心的一个核心问题。

一些神经心理学的研究表明,两种语言在脑机制上是相互独立的。对脑损伤的双语病人进行的研究表明,大脑的损伤可能有选择性地削弱一种语言功能,而另一种语言功能不受影响。同时在脑损伤病人两种语言的恢复过程中,也表现平行恢复、母语恢复得更好和第二语言恢复得更好等多种模式。Aglioti等(1993)报告了一个70岁的右利手病人,由于缺血导致左侧的基础神经中枢受损,但是左侧皮层没有损伤。结果发现,病人的母语受到严重的削弱,但是其第二语言却没有受到较大损伤。说明,两种语言可能具有不同的加工机制[1]。Gomez等(1995)报告一个22岁的右利手双语病人,由于左脑外侧裂动静脉连接处发生畸形,结果导致两种语言轻微的命名障碍。但是在切除这个区域后,其母语产生了新的障碍,而第二语言没有改变。表明在左脑外侧裂区域,母语与第二语言可能具有不同的皮层代表区[2]。对病人脑区的电极刺激也发现,对某个区域的刺激可能激活母语,而刺激别的脑区则会激活第二语言。根据上述有关研究结果,一些研究者认为,母语与第二语言是独立存储的,在人脑中分别有不同的脑区与母语和第二语言对应。

上述观点在历史上对人们认识脑与双语的关系起到了积极的推动作用,使人们认识到某些脑区在双语认知功能中的重要作用。但如其研究基础、结论推导等方面进行仔细的分析,我们不难看出,该观点均存在一些问题,例如,对脑损伤病人的研究结果只能证明受损脑区是完成这一语言功能的必要条件,而不是充分条件,还有一些别的皮层也可能参与了该语言功能。因此,不能说该皮层就是该语言的代表区,更不能说两种语言具有完全不同的皮层代表区。再比如,某脑区的损伤导致两种语言功能不同程度的削弱的现象也不能说明该脑区更多参与了一种语言功能,而可能是由于这个功能区的损伤程度与两种语言功能的削弱之间存在不同的数学关系所导致。由此可见,从一些神经心理学对双语失语症研究的结果推导出两种语言具有不同的皮层代表区的理论依据是不充分的。

近年来,随着很多无损脑成像技术的运用,使得研究者可以观察正常被试在完成母语和第二语言任务过程中大脑激活的情况。一些研究发现,在两种语言的加工过程中,人脑反映出多个脑区协同活动的特点,两种语言所导致的激活区域在部分地方重叠,同时也会出现有些区域分离的情况。如对中英文双语者加工母语和第二语言的脑功能成像研究表明,中英文双语者在加工中文时,会激活大脑的额中回,而在加工英文时这个区域不激活[3]。但是,在完成两种语言的动词产生任务时,母语和第二语言都激活了左侧的额上皮层,背外侧额叶,额叶和顶叶以及右侧小脑等区域[4]。上述最新的研究成果表明,在母语和第二语言的加工过程中,并没有出现两种语言各自对应某个单一脑区激活的情况,而是表现出多个区域的共同激活。对于不同的语言来说,脑激活区域既有重叠,又有分离。同时,对这些出现分离的激活

区域的分析发现,它们在认知加工中分别执行不同的功能。在这些研究的基础上,一些研究者指出,两种语言都会导致多个区域的激活,不同语言在激活区域的差异是由于其在认知加工过程的差异所导致的。

从上可以看出,在认识双语的脑机制及其原因解释的问题上,我们应该注意全面把握正常人在加工母语和第二语言过程中多个脑区的激活情况,重视对两种语言任务内在认知加工过程的分析和比较,并注意从认知加工过程的差异角度来解释人脑在加工两种语言时在大脑激活区的差异。

从目前的研究状况而言,在双语的神经基础及其解释方面,还有很多值得进一步研究的问题,比如,当前人们对双语现象以及各种双语加工任务中的脑激活情况还远没有得到一个比较完整的认识,运用最新的脑成像技术研究双语的脑机制只是近年来才逐渐兴起,对很多问题的探索还处于开始阶段,很多结论也都是初步的。同时,当前对双语的认知加工过程的分析还不够深入,对认知加工过程差异缺乏精确的界定,同时还没有完全揭示认知过程差异与脑激活差异之间可能的关系。由于双语加工是一个非常复杂的过程,各个因素之间又存在错综复杂的关系,因此,对双语的神经生物基础及其理论解释的探讨,在今后还将成为研究者关注的重要问题。它不仅有助于全面揭示双语的脑机制,同时还能对脑与行为关系的理论建立起积极的推动作用。

二、前额叶在双语加工过程中的作用

前额叶在人类的思维、语言、计划等功能中起着十分重要的作用。早在19世纪,人们就发现了前额叶的布洛卡区与言语加工中的密切关系,这个区域的损伤可能导致运动性言语障碍,后来的很多研究也都表明布洛卡区是语言加工的重要脑区。当前研究表明,前额叶在很多高级认知加工过程中都被激活,特别是在工作记忆和记忆提取过程具有重要的作用。对左右侧前额叶功能的研究发现,言语、语义提取和事件记忆编码过程导致左侧前额叶的激活,注意保持和事件记忆提取导致右侧前额叶的激活,而工作记忆导致两侧区域的激活[5]。但是,人们对整个前额叶在双语加工过程和双语切换过程中的作用的认识却相对缺乏。近些年,随着人们对工作记忆与第二语言学习和加工的关系,以及对工作记忆的神经基础研究的深入,前额叶在双语加工中的作用日益受到研究者的普遍重视。

一些认知行为层面的研究表明,工作记忆在第二语言的学习和加工中具有重要的作用。根据Baddeley的理论,工作记忆包括了中央执行功能、语音回路和视觉-空间画板三个模块,其中前两个模块与第二语言的学习和加工密切相关。很多研究发现,语音回路不仅对言语产生、阅读和听力来说非常重要,而且在言语获得中扮演着重要的角色。同时,工作记忆的能力与第二语言学习的绩效具有正相关,即使排除了词汇和语法知识后,工作记忆还能够单独解释托福阅读理解成绩的变异。对母语和第二语言障碍儿童的研究发现,工作记忆能力不足是导致其语言障碍的一个重要原因[6]。

对工作记忆的脑机制研究表明,前额叶是工作记忆功能的重要的皮层代表区。工作记忆任务通常导致前额叶区域,特别是6、44、9和46区的激活。其中,44区与语音/数字任务的关系更为密切,而且在多数情况下都在左侧脑区。而第6区、9区和46区则与一般的工作记忆操作任务有关,并且都是双侧化的[5]。这些结果进一步促进了人们对前额叶在双语加工过

程中的作用的研究,并加深了人们对这些区域的功能以及双语的认知加工过程的了解。最新的研究结果表明,第二语言的加工导致右侧前额叶区域的激活,而这些区域与工作记忆的执行功能有关。从而从神经生物层面证明了工作记忆在第二语言加工中的作用。

一直以来,人们对人脑为什么能够同时拥有两个独立的语言系统而不相互干扰的现象表现出极大的兴趣。近期研究表明,前额叶在监控两种语言切换、避免两者相互干扰中起着的重要作用。Hernandez(2000)等的研究表明,两种语言的切换会导致背外侧前额叶皮层激活强度的增加[7]。对脑损伤病人的研究表明,前额叶的损伤可能导致语言切换的障碍。

综上所述,有关前额叶在双语加工过程中的作用的研究使得人们对双语的脑机制的认识超出了传统语言区的范围,也使得人们对正常人双语加工过程中前额叶的作用有了更深入的了解。这对于人们更好地认识双语的认知加工过程和脑机制具有非常重要的意义。有关前额叶的各个部分在双语加工过程中的具体功能及其影响因素问题,当前已成为研究者关注的一个重要研究领域。

三、第二语言接触时间与双语脑机制的关系

接触第二语言时间不同的双语者在加工母语和第二语言过程中脑机制是否相同的问题一直受到研究者的普遍重视,它对于揭示第二语言的学习和发展规律以及人脑结构和功能发展变化的机制具有重要的意义。很多教育行为层面的研究表明,在青春期以后接触第二语言的个体不仅在学习效率上低于青春期以前学习第二语言的个体,同时在最终的熟练水平上也相对较低。但目前还缺乏对这个现象的令人信服的解释,成为当前研究的一个重要问题。从脑的神经生物基础的角度讲,由于随着年龄的增长,儿童的大脑发育逐步趋于成熟,其可塑性程度可能逐渐降低。大脑可塑性的降低一方面可能导致青春期以后第二语言学习的速度减慢。同时,由于早期语言区的可塑性强,所以母语和第二语言可能定位在语言区;而在青春期以后学习第二语言,原来负责语言学习的神经组织结构的可塑性降低,使得人脑可能使用或者发展别的神经组织来负责第二语言的学习。如果这个理论成立,第二语言的接触时间不仅可能影响第二语言学习的效率,而且还可能会导致人脑在加工母语和第二语言时具有不同的神经机制。但是,目前还缺乏对这个理论的有力的研究支持。

对于这一问题,Wuillemin等人(1994)进行了研究,结果表明,同早期双语者相比,晚期双语者的右脑更多地参与了第二语言的加工[8]。Kim等在1997做了一个研究,他要求不同语言的双语者分别用母语和第二语言描述前一天发生的事情,结果发现,晚期双语者两种语言在布洛卡区的皮层代表区存在差异,而早期双语者的两种语言的皮层代表区重叠[9]。这些结果表明,对于早期学习者而言,大脑左半球参与了母语和第二语言的加工,而且两者可能具有相同的脑生理基础;而对于晚期学习者而言,右半球可能参与了第二语言的学习和加工,或者在左半球可能分别有不同的区域负责母语与第二语言的加工。

但同时也有研究并不支持这一观点。Michael等(1998)用fMRI考察中英双语者词汇产生任务中大脑活动的特点。被试被分为两组,第一组被试在6岁前接触英语,第二组被试在12岁以后才接触英语。结果发现,对于不同学习起始时间的学习者来说,前额叶、颞叶和顶叶等都有激活,并且表现出相似的激活模式[10]。同时,Perani(1998)综合考察了第二语言接触时间和熟练程度与双语脑机制的关系,结果发现,对于非熟练的双语者来说,在听母语故事和第二语言

的故事时大脑激活区域不同;但是,对熟练的双语者来说,两者并不存在明显差异。从而说明同接触时间相比,第二语言的熟练程度是预测大脑激活区域的更好指标[11]。

最近一些研究还表明,对于不同的学习内容而言,第二语言的接触年龄可能具有不同的作用模式,其内在的神经机制也可能存在差异。Weber-fox 等(1996)考察了学习第二语言年龄不同的中英文双语被试在阅读句子并判断其语法正确性上的事件相关电位和行为上的特点。被试学习英语的时间分别为1-3岁,4-6岁,7-10岁,11-13岁和16岁以后。结果发现,在判断违反句法规则的句子时,不同接触年龄的被试在准确性和相关的ERPs上均存在差异,早期双语者集中在左半球颞叶前部,而晚期双语者的脑电波活动则分散得多。但是,在判断语义不规则的句子时,在准确性和N400波特点上,学习早晚不同的被试之间不存在差异[12]。这表明第二语言学习可能存在多个关键期,句法学习的关键期在青春期以前;而词汇和语义学习的关键期可能在其他时间。

综合上述研究我们可以看到,第二语言接触时间与双语脑机制的关系是一个非常重要的问题。第二语言接触时间不同的学习者其双语加工的脑机制存在差异的观点得到了一些研究证据的支持,但同时也存在一些反对的证据。由于第二语言接触时间与学习者的熟练程度之间存在密切的关系,而后者可能影响双语加工的脑机制,从而可能对前者与双语脑机制的关系造成干扰。同时,学习内容、方式以及不同的学习阶段等也可能对第二语言接触时间与双语的脑机制的关系产生影响,这些问题都非常值得进一步探讨。

四、第二语言熟练程度与双语脑机制的关系

熟练程度与个体在完成有关认知加工任务时的行为表现和成绩之间存在密切的关系,不同熟练程度的个体在完成这些任务时的认知加工过程和脑活动机制也存在差异。同母语相比,第二语言学习更多经历了一个较长的从不熟练到熟练的过程,同时还有相当多的学习者其第二语言一生都没有达到与母语相当的熟练程度。但是长期以来,人们对不熟练的第二语言学习者加工第二语言时脑激活特点,不同熟练程度的学习者在加工第二语言时激活模式的差异,以及随着任务难度的增加,人脑激活模式的变化等问题的认识还较少。对这些问题的深入探讨,不仅有助于揭示人们的行为、思维活动与脑的建构关系,同时对于揭示语言自动化加工与控制加工的特点及其脑机制,解释学习者在学习过程中的一些重要的双语加工现象具有重要的意义。近年来,随着研究方法及手段的发展,人们在这个领域的研究取得了一定的进展。

一些研究证明了非优势半球在非熟练者加工第二语言过程中的作用,同时,随着第二语言掌握程度的增加,左右半球的关系上会呈现非线性的变化模式。Dahaene 等(1997)利用fMRI技术考察了中等熟练程度的法英双语者在听不同语言的故事时脑区活动的特点。结果发现,被试在听英语故事的时候,会现出左右侧颞叶和额叶的激活,有时仅表现为右侧大脑的活动。对于不同的被试而言,会表现出明显的个体差异,从完全右侧化到标准的左侧化都有[13]。Mohr(1985)运用双耳分听技术,考察英法双语者在重复两侧耳朵同时呈现的刺激对时的准确程度和优势半球,结果发现,随着任务难度的增加,被试右半球的偏向会逐渐增加[14]。Kotik(1983)运用双耳分听和口头重复任务发现,在学习的第一个阶段,非优势半球起着相当大的作用;随后,优势半球的作用超过非优势半球;当完全掌握第二语言后,两个半球在加工第二语言的关系模式上与加工母语时一致[15]。

在左侧语言区的激活强度与熟练程度的关系上,目前的研究结果还不一致。从理论上讲,随着熟练程度的增加,第二语言加工的激活区会逐渐集中在语言区,从而导致语言加工区激活强度的增强。但同时也可能是,随着第二语言加工自动化程度的提高,语言区可能只需要较小的激活就能实现语言加工的任务,因此,第二语言熟练程度提高也可能导致语言区激活强度的降低。这两个解释都得到某些研究的支持。Perani (1998) 考察了熟练的双语者与非熟练的双语者在听用两种语言讲述的故事使大脑激活的差异。结果表明,随着被试熟练程度增加,颞叶部分的语言区的激活强度增加,但同时也有研究发现,随着被试熟练程度的增加,右耳在加工第二语言中优势会减弱。说明对于不熟练的第二语言学习来说,需要更大程度的语音加工 [11]。

由此我们可以看到,随着熟练程度的增加,大脑的激活机制可能在激活区域和激活强度等多个方面发生变化。在学习早期,大脑的右半球可能更多地参与了第二语言的学习,而随着第二语言熟练程度的提高,左右半球的关系上会表现出非线性的改变模式。同时,左半球语言区的激活模式也会随着熟练程度的改变而发生变化,但在具体的变化模式及其原因解释上,还有待进一步的深入研究。

五、第二语言类型与双语脑机制的关系

当前世界上存在数千种不同的语言,各种语言之间既有普遍性,又存在显著的差异性。一些研究者从语言学的角度,对不同的语言在词形、语音、词法、句法等方面的差异进行了大量的研究,对于人们正确认识各种语言的特点起到了重要的作用。但这些语言在语音、词形和语法等上的差异如何影响内在的认知加工过程,它们与人们在加工两种语言时大脑激活的差异有什么关系,两种语言之间的相互影响怎样? 这些均是具有重要价值的科学问题,值得研究者的重视。当前,一些研究者在这些方面进行了初步的研究,取得了一些很有意义的发现。

已有研究表明,对于两种语言特征相差较大的语言来说,两者在字词构成和语音规则上的差异可能导致大脑激活模式的差异。如中文是典型的方块文字,由错综复杂的笔划和部件所组成,字的识别依赖于对笔划和部件的空间位置特征的精细分析。而英文则是典型的拼音文字,字母—声音的转化对于语义通达具有非常重要的作用,因此可以预期中英文加工的脑机制之间会存在差异。这个观点得到了有关研究的支持。对中英文双语者在加工母语和英文时大脑激活的结果表明,负责处理视觉刺激(如物体、图形)的空间位置特征的左半球颞中回在加工中文单词时激活,而在加工英文单词时不激活 [8]。表明不同语言的表面特征会导致内在认知加工过程的差异,从而引起大脑激活的差异。

对于语义任务来说,一些研究发现不同语言也可能具有相同的激活模式。如对中英文动词产生任务的研究发现,作为母语的英语和作为第二语言的汉语都激活了左侧的额上皮质、背外侧额叶、颞叶和顶叶以及右侧小脑等区域,两种语言任务之间不存在差异。还有研究者对口语和手语双语者进行研究表明,手语和口语都激活了双侧的颞后侧区域;同时,与空间能力有关的皮层区域在手语表达中并没有激活 [16]。这些研究表明可能存在一个凌驾于各个语言之上的共同的语义系统,但目前在这个问题上还需进一步研究。

研究者还发现对同一语言而言,第二语言者对其的加工过程与母语者对其的加工过程存在差异。如对中国人加工英语和美国人加工英语的对比研究表明,即使是熟练的中英文双语

者,其在加工英语时,并没有激活美国人加工英语时负责字母—声音转换的左颞上回区域。这表明中国人大脑天生的语言加工模式就与英语所需要的加工模式不同;但也不排除母语学习对第二语言加工的干扰,或者青春期以后脑的可塑性降低等原因。

由此可见,语言类型与双语的脑机制之间存在复杂的关系。两种语言特征的差异并不必然导致大脑激活区域的差异,不同语言在词形、语音加工和语义通达机制之间可能存在差异,从而导致大脑激活的差异;但母语和第二语言却可能具有共同的语义系统,在语义加工中,母语和第二语言具有相同的激活模式。同时,母语对第二语言的加工过程可能产生干扰,使得同一语言在作为第二语言时的加工过程不同于作为母语时的加工过程。在这些问题上,还需要进一步的研究证实。

当前,随着这一领域研究的深入,双语研究的范围也有了很大的扩展。一方面,研究者对更多国家的通用语言以及这些语言的不同组合进行了研究。同时,对各国少数民族的语言、方言,手语、盲文的研究也开始受到研究者的注意,并取得了一些初步的结论。由于这些语言在语言特征及其与第一语言关系上的独特性,对这些类型的第二语言加工时脑激活模式的研究对于人们深入认识语言的本质以及双语的脑机制具有重要的推动作用。

总之,随着最新的脑功能研究手段的运用,双语脑机制的研究取得了长足的进展。现在,人们对双语加工过程中脑激活特点有了更多的认识,并对两种语言激活区域异同的原因做出了较为合理的解释。同时,人们对前额叶在双语加工中作用以及影响双语脑机制的接触年龄、熟练程度和语言类型等因素有了更多的认识,有关这些方面的问题正在得到进一步的研究。中文在很多方面与英文相区别,对中英文加工过程中的脑机制问题进行深入研究对于检验、修正和发展双语脑机制的理论具有特别重要的价值。我国在这个方面具有独特的语言资源优势,在中文认知加工过程研究方面具有很好的基础。开展中英文加工的脑机制研究将有助于我们充分利用已有的研究优势,并在国际双语脑机制研究、认知神经科学研究领域建立我们的优势。在这个领域,我们应该密切关注、跟踪、把握和吸收当前国际研究的最新成果,集中力量积极运用新技术,从多层次整合角度对一些重要问题集展开展系统、深入的研究[17]。同时,国家应该加强制定研究规划,投入专项资金、组织多学科人员联合攻关,以促进我国在双语脑机制科学研究领域的发展。

参考文献:

- [1] Aglioti, S., Beltramello, A., Girardi, F. & Fabbro, F., 'Neurolinguistic and follow-up study of an unusual pattern of recovery from bilingual subcortical aphasia. 700R', *Brain*, 1996, 119 (5), 1551-1564.
- [2] Gomez, T. E. et al, 'Selective deficit of one language in a bilingual patient following surgery in the left perisylvian area', *Brain and Language*, 1995, 48 (3), 320-325.
- [3] Pu, Y. et al, 'the temporal response of left frontal lobe during Chinese and English word generation by native Chinese speakers; an event-related fMRI study', *Neuroimage*, 2000, 267.
- [4] Klein, D. et al, 'Cerebral organization of bilinguals; A PET study of Chinese - English verb generation', *NeuroReport*, 1999, 10 (13), 2841-2846.
- [5] Cabeza, R. & Nyberg, L., 'Imaging cognition II; an empirical review of 275 pet and fmri studies', *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2000, 12 (1), 1-47.
- [6] Carpenter, P., Miyake, A. & Just, M. A., 'Working memory constraints in comprehension',

- Handbook of Psycholinguistics* (pp. 1075—1122), New York: Academic Press, 1994.
- [7] Hernandez, A. E., Martinez, A. & Kohnert, K., 'In Search of the Language Switch: An fMRI Study of Picture Naming in Spanish—English Bilinguals', *Brain and Language*, 2000, 73: 421—431.
- [8] Wulfein, D., Richardson, B. & Lynch, J., 'Right hemisphere involvement in processing later—learned languages in multilinguals', *Brain and Language*, 1994, 46 (4): 620—636.
- [9] Kim, K. H. S., Relkin, N. R., Lee, K. Min. & Hirsch, J., 'Distinct cortical areas associated with native and second languages', *Nature*, 1997, 388 (6638): 171—174.
- [10] Michael, W. L. et al., 'Mandarin and English single word processing studied with functional magnetic resonance imaging', *The Journal of Neuroscience*, 1999, 19 (8): 3050—3056.
- [11] Perani, D. et al., 'The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language', *Brain*, 1998, 121 (10): 1841—1852.
- [12] Weber—Fox, C. & Neville, H. J., 'Maturational constraints on functional specializations for language processing: ERP and behavioral evidence in bilingual speakers', *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1996, 8 (3): 231—256.
- [13] Dehaene, S. et al., 'Anatomical variability in the cortical representation of first and second language', *Neuroreport: An International Journal for the Rapid Communication of Research in Neuroscience*, 1997, 8 (17): 3809—3815.
- [14] Mohr, E. & Costa, L., 'Ear asymmetries in dichotic listening tasks which increase in difficulty', *Brain and Language*, 1985, 24 (2): 233—245.
- [15] Kotik, B. S., 'Inter—hemispheric cooperation during speech in bilinguals', *Voprosy Psikhologii*, 1993, 6: 114—120.
- [16] Birgitta, S., Jerker, R. & Jarl, R., 'Regional cerebral blood flow in sign language users', *Brain and Language*, 1994, 46 (1): 59—68.
- [17] 董奇, 陶沙. 论脑的多层面研究及其对教育的启示 [J]. 教育研究, 1999, (10).

Brain and Bilingual: Several Important Issues and Current Research

DONG Qi, XUE Gui

(Institute of Developmental Psychology, BNU, Beijing 100875, China)

Abstract: Recent years have witnessed a rapid progress in brain and bilingual research. Processing hypothesis is now gradually taking the place of Storage hypothesis in explaining the difference between neurobiological process of L1 and that of L2. Increasing emphasis has been put on the role of prefrontal in bilingual processing. And it has been found to play an important role in phonetic analysis, central executive function and elimination of interference during bilingual processing. New findings are discovered on the influence of second language learning time, second language proficiency, and language type on the relationship between brain and bilingual. There are, however, still a lot of important issues worth further research in this field. We advocate, making full use of plentiful resource in China, that research on the brain mechanism of Chinese—English bilingual processing be strengthened.

Key words: brain and bilingual; critical period; proficiency; prefrontal; language type