

脑功能成像研究对语言功能一侧化的新认识*

董奇, 薛贵, 乔文达

(北京师范大学心理学院脑与认知科学研究所, 北京 100875)

摘要: 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。近10多年来, 运用fMRI、PET以及ERPs等脑功能成像手段, 研究者发现语言功能的半球优势模式具有时间、空间的特异性和任务的相关性; 它在个体发展的早期就已经显现, 任务难度、生理成熟是影响一侧化年龄发展模式的重要中介因素; 材料的语言属性而非物理特性可能是影响激活侧化的关键因素, 语言功能的一侧化与大脑结构不对称性密切相关。这些结果大大丰富了人们对语言功能一侧化现象的认识, 同时表明, 运用脑功能成像技术, 研究者已经开始触及到语言一侧化的核心问题, 即其一侧化的内在认知与神经机制问题。

关键词: 语言; 功能成像; 一侧化; 线索相关; 任务相关

中图分类号: B842 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-0209(2003)04-0060-08

引言

在人类探讨脑与认知关系的进程中, 对语言功能一侧化的研究具有最悠久的历史, 也产生了最广泛的影响。早在19世纪60年代, 人们就发现左侧的前额叶区域在语言产生中的重要作用[1]。整整一个世纪过后, Sperry等人对裂脑人的研究明确得出了两个半球具有功能分工的思想[2]。这以后, 运用双耳分听、半视野速示以及WADA测试等神经心理学研究手段, 对半球功能一侧化的研究一直受到广泛的重视。从一定意义上说, 在新的脑功能成像技术产生和发展起来以前, 整个认知神经科学的研究, 特别是无创脑科学研究, 都深深打上了一侧化的烙印, 而对语言功能的一侧化的研究则是其中重要的部分。

20世纪90年代以前的认知神经科学研究以语言功能的一侧化为重心, 其首要原因在于一侧化现象本身的特殊性, 它让人们认识到看似相同的左右半球居然执行完全不同的功能; 另一个原因在于语言功能一侧化研究本身的重要性。语言是人脑最重要的高级功能之一, 对脑与语言关系的研究对于揭示思维的本质、脑与认知的关系具有突出的科学价值。同时, 由于语言在人类发展、个体的生活中的重要作用, 临床上已经将避免手术过程对语言区的损伤作

* 收稿日期: 2003-05-02

作者简介: 董奇(1961-), 男, 重庆市人, 北京师范大学心理学院脑与认知科学研究所, 教授。

基金项目: 本研究得到国家攀登计划项目(95-专-09)资助。

为一个重要的考虑因素。语言功能一侧化的研究能够在一定程度上为解决这些问题提供重要的依据。但由于当时主流的神经心理学研究手段只能从半球水平对脑与认知的关系进行推断,而难以从更细致的层面揭示认知活动与大脑神经活动的关系,始终缺乏对语言一侧化在时间、空间模式,以及年龄发展特点上的细致描述,更难以揭示语言功能一侧化的内在机制。

本文拟结合脑功能研究手段在语言功能一侧化研究领域取得的最新成果,就语言功能一侧化的时间、空间模式、年龄差异、影响因素以及内在认知与神经机制做一简要的探讨。

一、语言功能一侧化的空间和时间特异性

传统双耳分听、半视野速示通过比较大脑在加工左右感觉通道输入的语言材料时的快慢来推论语言加工的优势半球,在逻辑推论和实际操作上均存在诸多困难。裂脑人研究切断了连接左右半球的胼胝体,以避免两个半球之间的功能联系对结果的干扰,却也人为地改变了大脑半球正常的工作模式;WADA 测试通过麻醉一侧半球考察语言功能的受影响程度,与脑损伤病人的研究思路一致,可以探讨大脑某一半球对于语言功能顺利执行的必要性,但也不能对大脑的正常工作方式进行研究。同时,上述这些方法都只能在半球水平探讨语言功能的一侧化,从而大大限制了研究结果的精确性。

PET 和 fMRI 能够很好描述正常大脑在完成某个任务时各个区域的活动变化情况,进而对脑与行为的关系进行推断。采用多导事件相关脑电记录手段,还可以在毫秒级的时间单元内描述大脑各个脑区的活动情况。这些手段的综合运用,能够有效揭示大脑半球功能一侧化的时间和空间模式。

运用脑功能成像技术,研究者对正常人语言加工的一侧化特征进行了重新描述。当前对西方文字的研究结果几乎一致地发现,多数右利手成人在完成语言任务时,左侧半球具有更强的激活 [3]。通过直接比较整个左右半球以及感兴趣区域内的激活量,都发现语言功能的优势半球在左侧 [4] [5] [6] [7]。另一方面,对一些以往存在争议的结果,脑成像的方法也提供了新的更具说服力的证据。比如以前单视野速示研究发现中文单字词的加工存在右侧优势 [8];而脑功能成像的结果则提示,同其他语言一样,中文加工优势半球在左脑 [9] [10]。

当前研究还发现,语言功能的半球优势具有空间的特异性。通过事先设定的感兴趣区域,有研究者发现,中国人在加工汉语时额叶和颞叶具有左侧优势,而在小脑、顶叶和枕叶具有右侧优势 [9];由于在半球水平或者脑区水平设置感兴趣区域,并根据区域中的激活量来计算一侧化系数的方式实际上限制了 fMRI 和 PET 所能提供的空间分辨率。我们提出了左右半球激活强度直接相减的统计分析思路,从而对一侧化的空间模式有了更细致的描述 [10]。通过这种方法,我们发现,中国儿童在加工汉语语音和语义时具有左侧优势的区域在额下回、顶下小叶、扣带回和梭状回以及一些皮层下区域。但在颞叶 Wernicke 区和枕叶的初级视皮层区域并没有表现出左侧优势。

还有一些研究发现,语言加工的一侧化程度的空间特异性受到任务因素的调节。如在加工消极词、抽象词以及低频词时,大脑多个区域的左侧优势均会减弱。另外,上面提到的 Tan 等人 (2000) 的研究也发现,被试在加工单字词和双字词时,大脑各个区域的一侧化程度不尽相同 [9];我们的研究表明,儿童在押韵判断任务中顶叶的左侧优势比语义相关判断任务更为明显 [10]。还有研究发现,颞叶区域左侧优势在听故事、句子重复任务中表现突出,但在言

语流畅性任务中并不明显 [6]。这表明语言功能一侧化的空间特异性是任务相关的。

同时,采用多导 ERPs 技术,研究者能够从时间和空间相结合的角度探讨语言加工的半球模式。最近的结果发现,中文语义加工中左右半球的不对称性具有潜伏期和强度两维的半球不对称性。在时间维度上,右脑出现 N1 波的潜伏期较短;而左脑 N1 波的幅度更大,作者认为这可能说明大脑左半球的语言加工需要接受右半球的信息输入 [11]。这个结果提示有必要从时间、空间等多个维度全面揭示语言加工的半球优势问题。

这些结果表明,并不存在一个在整个半球水平上一致、不变的语言一侧化模式,而是具有时间、空间上的特异性,并受到任务因素的调节。通过把这些结果同相应的认知任务相结合,研究者不仅能够更好地考察大脑各个脑区的认知功能,而且能够对语言功能一侧化的年龄发展模式以及内在的认知、神经机制进行深入的探讨。

二、语言功能一侧化的年龄发展模式及其影响因素

早在 1967 年, Leneberg 就提出在 2 岁以前,不存在语言功能的不对称性,成人所表现出来的典型模式是到了青春期才发展完成的。这以后,渐成说的观点在语言功能一侧化的研究中占据了统治地位。但近年来,随着新的研究技术所得到的新的证据的不断涌现,对这个问题也重新展开了新的争论。

有关渐成假说的最初证据基于对脑损伤病人的研究。研究者发现,早期左侧语言区出现损伤的病人,可以在右侧脑区得到有效的代偿。而在成人后出现语言区的损伤,则很难在对侧区域发生功能代偿。研究者据此认为早期左右半球都具有语言功能,而右半球的语言功能则会逐步退化。对于这个逻辑推导进行深入分析,我们不难发现其中还存在很多值得深究的地方。同人体的其他器官不同,大脑的神经元细胞虽然很难再生,但其功能上却具有很强的可塑性。大脑功能的可塑性可以发生在多个层面,多个解剖结构间。如有研究发现,左侧脑区的损伤可以在左侧临近区域和右侧的脑区进行代偿;对于先天盲人来说,其负责视觉加工的梭状回区域可能用于听觉刺激的加工,这种跨通道的可塑性可以在触觉、视觉、听觉等多个感觉通道之间发生。从这个意义上讲,很难说右侧脑区能够出现语言功能的代偿,就一定说明其在个体发展的早期参与了语言的加工。

有关渐成假说的第二个方面的证据来自于一些对大脑形态和代谢发展的研究。如研究者发现,早期婴儿大脑的活动模式并没有出现左侧的优势,相反,在感知运动区和颞顶联合区则表现出右脑的优势,然后在 12 到 30 个月以后才逐渐表现出左侧优势 [12]。还有一些研究发现大脑颞叶区域的左侧优势随着年龄递增 [13]。从这个现象出发,研究者推断大脑功能的一侧化也是逐步形成的。对于这些发现和推断,一方面还存在不一致的研究结果 [14];同时,目前也还需要进一步的证据来支持功能的一侧化同结构的一侧化具有必然的因果关系。

近年来,研究者运用脑功能成像技术,对语言加工一侧化的发展模式进行了直接的描述。有研究发现,对于 7 到 18 岁的被试来说,语言加工的左侧化程度随着年龄的增加而升高 [5]。对成人被试的大样本脑功能成像研究则提示,大脑语言功能的侧化程度随着年龄增加而逐渐降低 [7]。还有一些结果发现老年人在语言加工中出现双侧优势 [15]。这些研究结果表明,并不能简单地认为语言功能是从双侧化到一侧化发展的过程,而可能在生命全程发展中存在持续的、动态的变化。

当前很多研究结果表明任务难度是影响大脑激活模式和一侧化的重要因素。人脑是一个非线性的反应系统，任务难度的增加不仅导致大脑激活强度和激活量的变化，同时导致参与的脑区变化。如有研究发现，当被试加工复杂句法的时候，不仅左侧脑区激活增加，同时右侧对应区域也有很强的激活[16]。在第二语言学习领域同样也有研究发现，对于不熟练的双语者，其在加工第二语言时有更多的右脑参与[17]。由于不同年龄被试在语言能力上的差异，导致同一任务对他们来说具有不同的难度，从而导致一侧化程度的变化。如 Gaillard 等人发现，儿童在完成言语流畅性任务时在作业成绩上较成人差，同时在双侧额叶的激活都比成人多[18]。这些结果提示，我们所观察到不同年龄段被试在一侧化程度上的差异可能反映的是他们在语言熟练程度和一般认知能力上的差异。

采用一些简单的语言任务，研究者在很小的儿童身上也观察到和成人类似的一侧化模式。对 11 岁左右的儿童的研究发现，青春期以前的儿童已经表现明显的左侧优势。通过与成人的结果比较，儿童在额叶表现出和成人类似的一侧化模式，同时在顶叶和枕叶区域可能比成人的一侧化模式更强[10]。国外对更小年龄的被试研究发现，早在 8 岁时，儿童也已经表现出显著的左侧化优势[4][19]。最近的 fMRI 研究则发现，30 个月的婴儿身上业已表现出语言功能的左侧化[20]。

另一重要的因素是大脑的生理成熟和老化。很久以来，研究者就发现人脑的前额叶是人类最新发展的皮层区域，在出生后到 14 岁以后才逐步发育成熟。随着人的不断老化，左侧前额叶的功能也逐渐衰弱[15]。大脑皮层生理的不成熟或者老化在脑功能成像结果中可能表现为其在完成某个任务时激活水平低。如有研究者发现，语言加工时，左侧前额叶的激活水平随着年龄的增加而增强[5]；这种由于左前额叶不成熟导致的左侧激活水平降低则最终会表现为儿童语言功能一侧化程度下降，但这并不表明儿童在语言加工中有更多右脑参与[5]。最近，有研究对生理成熟和任务难度对额叶激活程度的影响进行了综合考察[21]，结果表明，生理成熟，任务难度语言加工时大脑的激活模式具有重要的调节作用，同时在不同的脑区可能具有不同的效应。

从上可以看到，在一定的任务条件下，脑功能成像技术可以在很小的婴儿身上观察到与成人相似的一侧化模式。这表明儿童并不必然需要两个半球的同等参与才能完成语言功能，这对传统的观点提出了挑战。同时，我们也必须看到语言功能一侧化的定量结果受到任务难度、大脑生理成熟等多个因素的综合调节，这些因素在影响大脑激活水平上具有不同的作用，同时在不同的脑区可能具有不同的表现模式，从而使得一侧化的年龄比较变得异常复杂。另一方面，这些因素的发现使人们认识到语言功能在很多情况下是难以轻易“定位”的，虽然语言加工具有左侧化的倾向，但这种倾向会受到其他因素的调节。

三、语言功能一侧化的内在认知与神经机制

通过脑成像的研究手段，研究者能够很容易直接观察到大脑活动的不对称模式，同时能够通过一定的实验操作把大脑特定区域活动与相应的认知活动联系起来，进而可以在一定程度上揭示语言功能半球一侧化的内在认知机制；另一方面，随着高清晰度脑结构扫描手段和统计分析技术的发展，研究者能够对左右半球的结构差异进行更好的描述，从而可以考察大脑结构不对称性和语言功能不对称性的关系。

（一）大脑语言功能一侧化的认知机制

有关语言功能一侧化研究的一个核心问题就是,大脑半球的这种功能分工的机制是什么。例如,有关裂脑人的研究 [2] 以及脑功能成像的研究 [22] 都证明语言和音乐的加工具有不同的优势半球。但是对于该现象的内在原因解释上却存在两种不同的观点。

第一个是线索相关 (Cue dependence) 的观点,即大脑左右半球的功能分工是依据任务内在的加工成分进行的。如果语言与非语言的任务均包含了相同的加工成分,如视觉分析、语音分析等,则大脑激活模式相同。根据这种观点,语言与音乐具有不同的优势半球在于两种刺激的物理特征不同。相对而言,口头语言具有更为复杂的时间特征,而音乐则具有较慢和有规律的声音变化;由于左侧额下回负责复杂声音的时间特征分析,而右侧负责慢的声音变换的加工,因此语言和音乐的加工分别在左右两个半球 [23]。

第二个是任务相关 (Task dependence) 的观点,即大脑半球的分工是依据材料进行,左侧额下回负责语言刺激的加工,而非语言的材料加工则不激活这个区域 [24]。为了验证上述观点,研究者采取的主要思路是在使用同样的语言刺激材料的前提下,选择两组被试,其中一组被试以该语言为母语,而另一组被试则对这门语言完全陌生。这样,前一组被试对这个材料进行语言加工,而后一组被试则进行的是非语言的加工。由于两组被试所加工的材料物理刺激完全相同,如果我们发现两组被试表现出相反的半球激活模式,则支持任务相关的观点,否则就支持线索相关的观点。

Gandour 等人 (1998) 比较了美国人和泰国人在加工听觉呈现的泰语时大脑激活的差异。结果发现,泰国人的 Broca 区激活,而美国人则在右侧额叶出现激活 [25]。还有研究者以中国人和不懂中文的外国人为被试,考察他们加工中文语音时大脑激活模式,也得到了非常类似的结果 [24] [26]。由于英语中没有声调,为了避免声调经验缺乏对结果的影响,Gandour 等人做了进一步的实验。他们让中国人、美国人和泰国人三组被试同时来加工泰语的声调。结果发现,只有泰国人表现出 Broca 区域的激活。虽然中国人具有声调的经验,但是在加工泰语时 Broca 区同样不激活 [27]。这些结果都支持了任务相关的观点。

任务相关的观点还得到了对中文的研究支持。我们知道,汉字是最具代表性方块图形文字,它由多个笔划构成一个复杂的方块结构。汉字的识别需要大量的视觉特征分析。按照线索相关的思想,我们可以推测中文的加工应该是右侧优势。但实际的研究结果表明,除了额叶的左侧优势外,在负责物体识别的梭状回区域,左侧区域在汉字加工中也有明显的优势,表明汉字整体识别的优势半球在左脑 [10]。这些结果提示语言功能的半球分工可能更多与材料的语言属性有关,而材料的表面特征并不会在半球水平上影响语言的侧化模式。

这些结果表明,语言加工的一些高级成分可能对其视觉、听觉加工的一侧化起到重要的调节作用。但迄今为止,还不清楚这个成分究竟是什么?是语义,还是形音的联系?由于语言本身是一个形音义的集合体,即使控制了语言加工的要求,这些成分还是会自动地激活,从而导致对这个问题研究的困难。另外,无论是在语言和非语言材料比较,还是对不同人群的比较中,都不可避免地遇到材料的熟悉性问题,因而这种观察的差异也可能仅仅反应了熟悉性的差异。这些问题的解决,对于更好地认识语言功能一侧化的内在认知机制具有重要意义。

（二）结构与功能：大脑半球分工的物质基础

有关语言功能半球不对称性的内在机制的研究的另一个方面就是对结构和功能关系的探

讨。其中研究的重点是在额叶的 Broca 区和颞叶的 Wernicke 区。这两个脑区作为经典的语言加工区域,其在语言加工中的重要作用得到了大量来自脑损伤以及功能成像研究证据的支持。当前一些研究表明,大脑这些区域在结构上也可能与其对应的右侧脑区存在差异。

通过验尸法,早在 20 世纪 60 年代就有研究发现成人左侧颞平面区域大于右侧 [28],而这个区域正好与 Wernicke 区在解剖上部分重叠。后来,研究者在活体高分辨率 CT 或者 MR 图像基础上,采用基于特定区域的体积测量法发现左额叶的三角区域 (Pars Triangular),即 Broca 区的一部分,在体积上大于右侧 [29]。最近,采用基于体元的形态学分析思路,我们不仅重复了 Broca 区和 Wernicke 区大于右侧的结果,同时还发现左侧梭状回和角回等语言区也大于右侧 [30]。这些结果提示,语言功能的半球分工与内在结构可能存在一定的关系。

有关结构和功能的进一步的证据来自于对非典型语言功能一侧化的被试的研究。如 Foundas (1996) 考察 10 个正常的左侧语言优势的被试和 1 个右侧语言优势的被试。结果发现,具有左侧语言优势的被试其左侧三角区域大于右侧,而具有右侧语言优势的被试则相反 [29]。这个结果进一步支持了结构和功能相关的观点。

在此基础上,研究者还从发展的角度对大脑结构的不对称性的年龄发展模式进行了研究,进而对大脑结构一侧化和功能一侧化之间的相关关系做出因果上的推论。其中一些研究者认为大脑结构的一侧化是功能的一侧化前提,其依据是大脑的结构不对称性是由遗传决定的,早在胎儿期已经出现 [31],并且稳定不变 [14]。而另外一些研究则发现颞叶区域的不对称随着年龄的增长而加大 [13],对儿童和成人的比较也发现成人在 Broca 区、Wernicke 区以及角回的不对称性都较儿童更强 [30]。前面提到,目前研究者已经在很小的儿童身上发现了语言功能的一侧化 [20]。据此,也有学者认为大脑功能的不对称性影响了大脑结构不对称的发展。由于大脑某个区域负责语言加工,而语言是人类运用最多的一种高级认知功能,从而使得这个区域在体积上不对称性越来越明显。

从当前研究进展看,虽然现在研究者发现了大脑的结构不对称性和功能不对称性之间存在显著的相关关系,但是在这种结构不对称性的年龄发展模式上还存在争论,因此也导致在结构和功能的因果关系的推论上的对立。对这个问题,我们认为一方面需要在大脑结构不对称的发展模式上积累更多详细和准确的证据,同时,在利用这些结果进行推论的时候还需要更加谨慎。比如,即使我们发现大脑某些脑区的结构不对称性具有先天的遗传性,也无法就此证明这种不对称性必然与语言功能有关。同样,即使大脑特定区域的不对称性随着年龄的增长而发展,也无法完全将这种发展变化归结为语言经验的作用,也有可能它只是基因决定的大脑生理发展模式。更复杂的情况是,大脑结构和功能的关系可能是基因和环境的相互作用的结果,同时这种关系在一定条件下还可能发生改变。

在语言功能一侧化的内在机制上,还有研究者从性别、利手等个体差异角度探讨遗传、认知及环境因素等的综合作用,这里由于篇幅关系就不详细介绍。

总之,当前认知神经科学技术和理论的发展为语言功能一侧化这个古老问题的研究注入了新的活力。传统定位的理论受到了极大的挑战,人们更多从动态神经网络的角度来全面看待语言功能一侧化的时间、空间模式以及材料、难度、认知发展、生理成熟等对其的调节作用。更重要的是,由于研究技术的持续更新和研究思路的不断突破,研究者正开始尝试揭示语言功能一侧化的内在机制,对这一核心问题的探讨也是今后语言功能一侧化研究的重点。

参考文献:

- [1] Broca P, Perte de la parole, 'Ramollissement chronique et destruction partielle du lobe anterieur gauche du cerveau', *Bull Soc Anthropol*, 2: 235—238, 1861.
- [2] Sperry RW, 'Cerebral organization and behavior', *Science*, 133, 1749—1757, 1961.
- [3] Petersen SE, Fox PT, Posner MI, et al. , 'Positron emission tomographic studies of cortical anatomy of single—word processing', *Nature*, 331: 585—589, 1988.
- [4] Balsamo LM, Xu B, Grandin CB et al. . 'A functional magnetic resonance imaging study of left hemisphere language dominance in children', *Arch Neurol*, 59: 1168—1174, 2002.
- [5] Holland SK, Plante E, Weber Byars A, et al. , 'Normal fMRI brain activation patterns in children performing a verb generation task', *Neuroimage*, 14: 837—843, 2001.
- [6] Lehericy S, Cohen L, Bazin B, et al. , 'Functional MR evaluation of temporal and frontal language dominance compared with the Wada test', *Neurology*, 54: 1625—1633, 2000.
- [7] Springer JA, Binder JR, Hammeke TA, et al. , 'Language dominance in neurologically normal and epilepsy subjects: a functional MRI study', *Brain*, 122: 2033—2046, 1999.
- [8] Tzeng O, Hung D, Cotton B, et al. , 'Visual lateralization effect in reading Chinese characters', *Nature* 282: 499—501, 1979.
- [9] Tan LH, Spinks JA, Gao JH et al. 'Brain activation in the processing of Chinese characters and words: A functional MRI study', *Hum Brain Mapp* 10: 16—27, 2000.
- [10] Xue G, Jin Z, Zhang L, et al. , 'fMRI Evaluation of Language Dominance in Chinese Children: a Subtractive Approach', Paper presented at the International conference on brain and mind development. Oct. 11—13, 2002, Beijing, China.
- [11] Wei JH, Peng DL, Yang ZL et al. , 'The hemispheric difference of semantic processing of Chinese characters in two dimensions as revealed by ERPs', *Neuroreport* 12: 3697—3701, 2001.
- [12] Chiron C, Jambaque I, Nabbout R, et al. , 'The right brain hemisphere is dominant in human infants', *Brain*, 120: 1057—1065, 1997.
- [13] Wada JA, Clarke R, Hamm A. , 'Cerebral hemispheric asymmetry in humans. Cortical speech zones in 100 adults and 100 infant brains', *Archives of Neurology*, 32: 239—246, 1975.
- [14] Preis S, Jancke L, Schmitz—Hillebrecht J, et al. , 'Child age and planum temporale asymmetry', *Brain Cogn*, 40: 441—452, 1999.
- [15] Cabeza R. , 'Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults: The HAROLD Model', *Psychology and Aging*, 17: 85—100, 2002.
- [16] Just M, Carpenter P, Keller T, et al. , 'Brain activation modulated by sentence comprehension', *Science*, 274: 114—116, 1996.
- [17] Dehaene S, Dupoux E, Mehler J, et al. , 'Anatomical variability in the cortical representation of first and second language', *Neuroreport*, 8: 3809—3815, 1997.
- [18] Gaillard WD, Hertz—Pannier L, Mott SH, et al. , 'Functional Anatomy of Cognitive Development: fMRI of Verbal Fluency in Children and Adults', *Neurology*, 54: 180—185, 2000.
- [19] Lee BC, Kuppusamy K, Grueneich R et al. , 'Hemispheric language dominance in children demonstrated by functional magnetic resonance imaging', *J Child Neurol*, 14: 78—82, 1999.
- [20] Dehaene—Lambertz G, Dehaene S, Hertz—Pannier L. , 'Functional Neuroimaging of Speech Perception in Infants', *Science*, 298: 2013—2015, 2002.
- [21] Schlaggar BL, Brown TT, Lugar HM, et al. , 'Functional neuroanatomical differences between adults

- and school-age children in the processing of single words', *Science*, 296: 1476—1479, 2002.
- [22] Zatorre RJ, Evans AC, Meyer E, Gjedde A. . 'Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing', *Science*, 256: 846—849, 1992.
- [23] Tallal P, Miller S, Fitch RH. , 'Neurobiology of speech perception', *Annals of New York Academy of Science*, 682: 27—47, 1993.
- [24] Hsieh L, Gandour J, Wong D, et al. , 'Functional heterogeneity of inferior frontal gyrus is shaped by linguistic experience', *Brain Lang*, 76: 227—252, 2001.
- [25] Gandour J, Wong D, Hutchins G. . 'Pitch processing in the human brain is influenced by language experience', *Neuroreport*, 9: 2115—2119, 1998.
- [26] Klein D, Zatorre RJ, Milner B, et al. , 'A cross-linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers', *Neuroimage*, 13: 646—653, 2001.
- [27] Gandour J, Wong D, Hsieh L, et al. , 'A crosslinguistic PET study of tone perception', *J Cogn Neurosci*, 12: 207—222, 2000.
- [28] Geschwind N, Levitsky W. , 'Human brain: left—right asymmetries in temporal speech region', *Science*, 161: 186—187, 1968.
- [29] Foundas AL, Leonard CM, Gilmore RL, et al. , 'Pars triangularis asymmetry and language dominance', *Proc Natl Acad Sci U S A*, 93: 719—22, 1996.
- [30] Xue G, Dong Q, Jin Z, et al. , Voxel-based Morphometric Analysis on the Hemispheric Asymmetry of Chinese Children and Adults. (In Review)
- [31] Hering—Hanit R, Achiron R, Lipitz S, et al. , 'Asymmetry of fetal cerebral hemispheres: in utero ultrasound study', *Arch Dis Child Fetal Neonatal*. Ed, 85: F194—6, 2001.

(责任编辑 刘伟 责任校对 刘伟 蒋重跃)

Evaluation of Language Asymmetry with Functional Neural Imaging Techniques: Patterns, Development and Mechanism

DONG Qi, XUE Gui, QIAO Wen-da

(Brain and Cognitive Neuro Science, School of Psychology, BNU, Beijing 100875, China)

Abstract: Functional asymmetry of language in human brain has been a topic of scientific research for nearly one and a half centuries. In the past two decades, prominent advances have been achieved by using functional magnetic resonance imaging (fMRI), positron emission tomography (PET) and multiple-channel event-related potentials (ERPs). Recent functional imaging results indicated that most normal right-handed adults have left hemispheric predominance for language function, but the exact pattern of lateralization is task-related and also specified in a given temporal and spatial scale. Language asymmetry can be observed in very young children, the degree of laterality is modulated by task difficulty and also brain maturation. Furthermore, most current studies on the underlying cognitive and neuroanatomical mechanism of language asymmetry tended to suggest that the involvement of left hemisphere for language maybe be task dependent rather than cue dependent, and there exists significant correlation between the functional asymmetry and structural asymmetry. These findings greatly further our understanding on the spatial and temporal pattern of language asymmetry, as well as its development. Most importantly, this indicated that by using functional imaging techniques, we now begin to touch the core question of language asymmetry, that is, the cognitive and neural mechanisms underlying language lateralization.

Key words: language; functional imaging; lateralization; cue dependence; task dependence