全民科学素质行动
科学教育专栏

[脑科学与科学教育]

脑的功能回路举例（1）
——语言

文_韦　钰



韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，中国少数民族教育学会理事长，国家教育咨询委员会委员。曾任教育部副部长、中国科协副主席。

1861 年，法国科学家布罗卡（Paul Broca）治疗了一位行为十分怪异的病人。她能理解语言，她的嘴和舌头都并没有妨碍她讲话，但是她既不能讲话，也不能用文字表达她的思想，她只能习惯地发出“Tan”的声音，“Tan”就被用作她名字了。这个病人逝世以后，布罗卡解剖了她的脑，发现在她的左脑前额叶的下部有一个区域缺失。之后，他研究了有类似病状的 8 个病人，发现了相同的脑部位缺失。因而，当时他说了一句有名的话“我们在用左脑说话”。这是科学家第一次发现脑解剖组织与行为的相关性，这个脑的区域就此以布罗卡的名字命名，称为布罗卡区，被人们认为是“语言中心”。

1871 年，德国的神经科学家韦尼克（Carl Wernicke）发现，如果人们缺失左颞叶的后部，他们能说话，但是说出来的话是互不相关，没有意义的。韦尼克的研究被确认后，人们命名这个脑区为韦尼克区，认为在我们听和读词时，这个区域负责语义解释和话语的组织。总之，最早神经科学家认识到的语言通路是沿着左脑的外侧沟（lateral sulcus），又称为西尔维厄斯氏裂（fissure of Sylvius）周围的脑区。在这个通路的前端是布罗卡区，另一端是韦尼克区。两个区域之间由一束神经纤维弓形束（arcuate fasciculus）相连，共同构成了理解和产生语言的基本语言通路。

当脑成像技术发展起来以后，科学家进一步认识到，脑中并不存在着明晰的语言中心，在产生语言和理解语言的功能之间，并不具有明晰的界定区域，实际上与语言有关的区域要广泛得多，有关的通路和回路要复杂得多。现在定义的布罗卡区大致位于博德曼分区的 44 和 45 区，如果这个区域缺失，会使语言功能发生障碍，产生失语症。但是布罗卡区的作用不是单一的，它具有 2 个分区，大致对应于 44 和 45 区。44 区位于前额回下部靠后的区域，接近运动前区中控制嘴和舌头运动的部位，此区域参与了语音的处理和口语的产生。45 区位于前额叶下部，较 44 区要更前的位置，参与了语言中有关语义的处理过程。它的功能不是在给出语句的含义，而是参与语言记忆有关的语义单元的提取和运作。

同样，韦尼克区也不是单一均匀的区域。它大致可以分成 3 个区域，第 1 个区域会对自己与他人的口语和其他声音产生反应；第 2 个区域仅对他人的口语产生响应，但是当本人回想起一串词句时，这个区域也会被激活。这两个区域和理解语言有关。相对于理解语言含义的功能来说，第 3 个区域与合成语句的关系更大。韦尼克区总的作用是和一系列语句的表达有关，不管这一系列的语句是当时听到的，还是自身产生的，或是从记忆中提取出来的。

在 20 世纪 60 年代科学家还发现了第 3 个对语言十分重要的区域，这个区域位于顶下小叶（inferior parietal lobule），包括角回和缘上回（angular gyrus and supramarginal gyrus）。这个区域通过一大束神经纤维和布罗卡区以及韦尼克区相连。左脑的顶下小叶位处脑中的关键位置，在听觉、视觉和躯体感觉皮层的交接处，和上述区域都有广泛地连接。此外，在顶下小叶中的神经元具有特殊的多模特性，它们能够同时处理不同类型的刺激（声音、视觉信息、感觉和运动等信息）。顶下小叶具有这种组合处理信息的特点，因而很有利于理解口语和书写语言的多方面特性：发音、形态和功能等。顶下小叶也

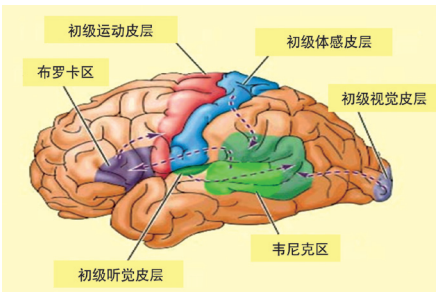


图 1 人脑中对应于语言的主要神经通路

能对事物进行分类和标示，这些正是形成抽象概念和思维的前提。顶下小叶在灵长类动物的脑中只有一个雏形，是人脑在进化过程中最后进化完成的结构。人类获得语言能力和 *FOXP2* 基因有关，这个基因的变异大约发生在距今 10—20 万年之间，也就是在这个期间人类才产生发音清晰的语言。由 *FOXP2* 基因在人脑中产生的蛋白质，和它在其他生物中产生的蛋白质相比，只有 2 ~ 3 个氨基酸的差别，好像就是这 2 ~ 3 个氨基酸的差别，使人具有了说话的能力。因而看来语言的出现是动物已存在结构逐步进化改变而成，并不是在脑中出现了完全新的结构。

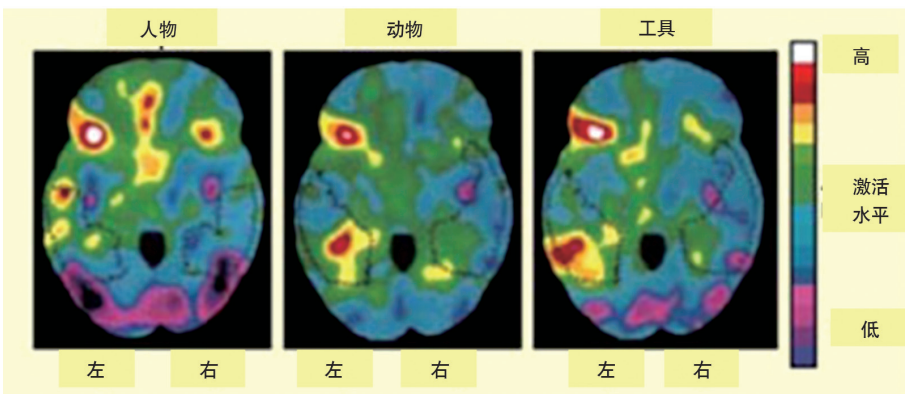


图 2 不同范畴的语义的激活部位

同样的，在儿童发育过程中，顶下小叶也是比较晚才发育完成的。因而，儿童一般在 5 ~ 6 岁以后，才能具有较好的读写能力。在上述两个与语言密切相关的布罗卡区以及韦尼克区之间存在两条平行的通路，一条通过弓形束直接相连的通路和另一条通过顶下小叶相连的通路。这两条通路是并行的通路，在每条通路的主要区域之间则存在着串行的处理过程（图 1）。

左、右脑的语言功能是不对称的，语言回路主要在左半脑。右利手的人语言回路的 90%，左利手人的 70% 在左脑。令人惊奇的是即使是对使用肢体语言的聋人，语言回路也是位于相同的脑的部位。因此，这个回路好像并不是只针对听说的语言，而是更为广泛地和人类个体的语言模式有关。

研究的逐步深入，不仅使我们认识到对应着语言行为，脑内并不存在明晰的所谓语言中心，而是对应着一些神经回路。科学家还进一步认识到这些神经回路并不是孤立存在的，它们会与其他的功能回路之间产生重叠，交叉和形成复杂的连接。目前的研究结果显示，脑所获取的不同特性目标的语义，属陈述性记忆，会按范畴存储在脑中不同物理位置。例如说，如果颞叶的前端，称之为颞极（temporal pole）的部位受损，记忆熟悉人名字的范畴会消失；如果受到损坏的脑部位是颞叶内侧的中部和下部，关于命名动物的范畴会消失；说到工具时，运动前区的前部（frontal premotor areas）会被激活；而说到动物时，视觉区也会被激活。这时无论是布罗卡区还是韦尼克区却都没有被激活（图 2）。在脑中语言处理功能还可能分布于不同的结构之中，如基底节、小脑和丘脑等分皮层区域。从记忆系统来看，这些部位是和非陈述性记忆有关的脑区，而母语的文法记忆正是属于非陈述性记忆。

1992 年，意大利的生理学家瑞左拉蒂（Giacomo Rizzolatti）发现了镜像神经元。他在猴子的前额皮层中发现一类神经元，当猴子用它们的手或口做一些特定的动作时，这些神经元会被激活。产生这种现象的原因并不奇怪，因为这些镜像神经元位于猴子脑的运动皮层中，所以在做动作时会被激活。令人惊奇的是，即使猴子本身不在做动作，而只是观看到别人做同样动作时，同一组神经元也会被激活。这些神经元因之被命名为镜像神经元（mirror neurons）。在你自己执行一个的动作，和你看到其他人执行动作时，镜像神经元都会被激活。除了镜像神经元以外，又发现了另外一类神经元称为循规神经元（canonical neurons，这一术语尚未见到国内译名，这里根据含义作者把它初译作循规神经元。——作者注）。它在你做动作时会被激活，但是当你不再做动作，只要你看到某些可以用手去抓的物体，这些抓的动作曾经被编码记忆过，循规神经元就会被激活，好像你的脑能预见到你可能和这些物体发生互作用，而已经开始做一些相应的准备了。

在发现镜像神经元和循规神经元的机制以后，对语言处理机制的认识，又有了新的重要突破。这类神经元构成了人们发展，包括语言在内的，有意向交流系统的基础。它们可以使一个人去模拟另一个人的四肢运动或者是口的动作，以至于可以复制姿势或是再生具有意义的声音。以这种方式，逐渐两个不同的个体会共享相同的语言。这种语言的形成，不一定需要声音的传递，而可以依靠口型和姿态的模仿。对于新生婴儿来说，这是很重要的语言获得途径。

该文章获 2011 年度教育部人文社会专项项目（《基础教育阶段技术和设计教育的国际比较研究》项目批准号：11JDGC026）支持。

注：文中图译自 http://thebrain.mcgill.ca。