



全民科学素质行动
科学教育专栏

[脑科学与科学教育]

脑的功能系统举例 (6)

——执行功能

文_韦 钰

韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，儿童发展与学习科学教育部重点实验室学术委员会主任，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。



在以前的几期里，我们已经相继介绍了与5种不同心智成分对应的脑功能系统。严格地说，脑总是作为一个整体在运转，但是脑的各个部分不是均匀地被激活和参与整体的运转，对某些功能来说，会有一些特定的脑区，以及以它们为核心构成的网络，在某些心智内容上起到关键的作用。这样的功能系统还可以列举一些，如不同的视觉、听觉、嗅觉等感知功能、动作控制功能和面部识别等。限于篇幅，我们不再继续介绍这样一些功能相对局域化的回路，以后如有机会再行补述。本期开始介绍另一种类型的系统，在心智中它的功能更为高级，因此涉及的脑区也会比较广泛。执行功能就是一个典型的例子，其他的还有情感控制（有意识过程和无意识过程）、社会认知和创新等。

在最近的10年里，执行功能的观念受到越来越广泛的运用，特别是在一些应用科学领域，如医学和教育学领域。这是因为，一方面它是和日常生活中必须有的行为密不可分，又十分重要。它关系到每个人学业和事业的成功、身体健康，以及是否具有良好的社会行为。如果执行功能低下或出现问题，会和许多不良行为乃至神经疾病有关。在教育领域里，常常会把它和学习困难联系在一起；在医学领域里则常把它和多动症（ADHD）的成因联系在一起。另一方面，

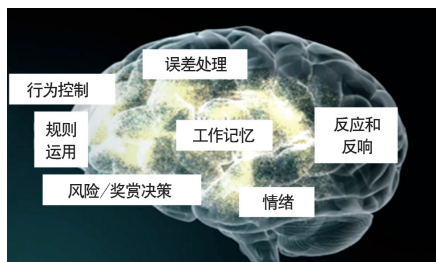


图1 华盛顿州项目中给出的有关脑区
执行功能在人的一生中是不断变化的，它的有些成分可以通过培训来改善，特别是在儿童早期和学前教育的教养和教育中，通过一定的培训，可以改善执行功能的某些方面，并且实践中已有一些成功的例子。基于上述两方面的原因，学术界对执行功能研究的兴趣，以及教育界和医学界对执行功能研究结果的应用热情，快速提升。

一个典型的例子是在哈佛大学支持下美国华盛顿州实施的项目。哈佛大学儿童发展中心建立了一个全国性的网站，称为“革新的前沿”（Frontiers of Innovation）。在这个网站上会推荐一些有针对性的可以在学校实施的方法，供那些被过度应激伤害过的儿童和成年人改善执行功能使用。美国华盛顿州根据哈佛大学和其他有关神经教育学的研究结果，从2011年开始实施了第一个整体综合的全州项目，联合州内的一些相关部门对早期执行功能的培养和矫正提供帮助。该项目指出：执行功能

和自我控制就像驾驶一架飞机，控制飞机的起飞、航行和降落。我们并不是天生就具有这样的能力，但是我们天生就具有发展这种能力的潜能。从出生开始，婴儿就需要开始接受信息、控制动作和纷乱。在这个项目给出的模块中包含有：执行功能的核心能力、执行功能涉及的内容、执行功能的发展、执行功能的受损、作为成年养育者的责任、执行功能的课堂实例等内容。这些对学校和家长来说，很有借鉴的价值^[1]。

但是，从学术研究的观点来看，目前对执行功能的研究还处于一个比较混乱的阶段，对执行功能的定义尚不统一，因此提出的模型也有多种。美国国家儿童心理健康研究所给出的定义比较宽泛。他们定义执行功能为一组心智过程，它帮助我们将以前获得的经验和当前需要采用的行为相联系。人们需要使用执行功能来完成一系列的行动，如计划、组织、制订战略、集中注意和回忆细节，以及管理时间与使用空间。这样一些技能和过程是我们每个人日常生活中必不可少的。执行功能的行为表现的范畴有：①控制冲动，能够在采取行动以前事先进行思考；②情绪控制，能够考虑到所要达到的目标而调控自己的情感；③进行计划和安排优先次序，规划出为达到目的所需的步骤，决定应专注的重点；④灵活性，当情况变化时能够

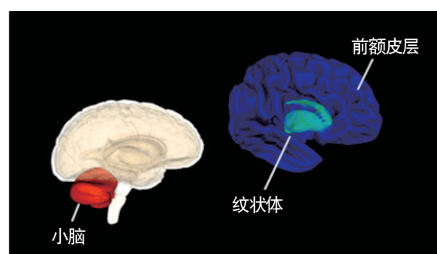


图2 与支持控制行动和注意力有关网络中的核心脑区

改变策略或是修改计划；⑤良好的工作记忆，能够保持必须的信息以完成某个任务；⑥自行监控，能够监控和评估自己的表现；⑦启动新的任务，能够认识到开始从事某项工作的正确时刻，并能及时地而不是拖延地着手进行；⑧组织能力，能够产生和维持某种成体系的做法，并不断有序地积累信息和资料。

在华盛顿州的项目中把执行功能中的工作记忆、抑制控制（延迟满足）、认知或思维的灵活性，列为3个相互有联系的主要成分。工作记忆指在记忆中保持一些规则和步骤，在工作中和工作暂时中断以后仍能继续。抑制控制能力指能够选择、专注和保持注意力，安排优先项目和采取行动。这种能力使我们能专注在重要的任务上，在恰当的时间说合适的话，即使是在愤怒、急迫和忙乱时，还能够控制自己的情绪。具有这些能力的儿童可以在知道答案的情况下，等待召唤才发言；在玩一些类似红灯、绿灯的游戏时成绩较好；在受到不公正的对待时，能够克制自己。认知的灵活性使我们能够发现错误和纠正它；在获得新的信息时能够重新审视自己的思维；能够跳出固有的框框，从某种新的角度来思考问题。儿童具有这个能力就能学习不同的规则；用不同的方法完成科学实验；了解达到同样的结果可以采用不同的方法；在和其他儿童产生冲突时，会尝试用不同的策略去解决。由于上述这样一些定义和模型都是从应用层面来强调的，所以在研究脑的网络和回路时，涉及了大范围的脑区，如图1^[1]所示。

像上述这样一些比较笼统的定义，在科学研究上进一步深入是困难的。下面介绍2个在执行功能研究上，概念和模型比较清晰的研究方向。

一个是医学上对多动症（ADHD，attention-deficit/hyperactivity disorder）的研究。在过去10年里对ADHD的研究已经能较清晰地指出一些关键网络的核心区域，对诊断和治疗ADHD比较有利，如图2^[2]所示。

图2中显示的是支持控制行动和注意力关键网络中的核心脑区。它们包括：①前额皮层，特别是背外侧皮层和图中未能显示的内侧扣带回皮层。以前额区作为核心的网络，其作用在于控制大多数复杂的执行功能，例如注意力的分配、工作的策划和进行决策。它包含的第2个核心是扣带回，它的关键作用是监控环境、调整行为并对改变进行反

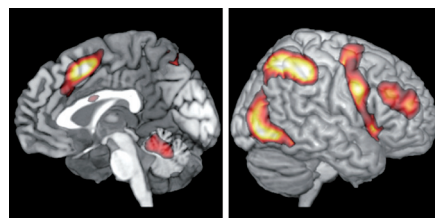


图3 认知控制涉及的多个关键脑区

馈，显然这2个前额脑区也包含在由部分纹状体组成的网络中。②纹状体的一部分——尾核和壳核，它们位于靠近每个半脑内的中心部分，和许多脑区都有密集的联系。以它们为核心的网络支持着许多认知功能，例如注意力的灵活控制和动作的计划性。③小脑，小脑是时间信息处理网络的核心，特别是小脑的中线部分称为“小脑的蚓体”的区域。蚓体和上面提到的2个核心区也有密集的连接。

另一类研究中，比较清晰地把有意识的、自上而下的认知控制提出来加以研究。认知控制是和元认知（metacognition）能力有关的，对自己认知的认知和控制就是元认知。这些能力是人在出生以后逐步发展和获得的。明确区分认知控制过程和无意识的

自动过程更有益于对执行功能的深入研究，特别是对有冲突情况下行为调整神经基础和有关机理的研究，打开了对执行功能研究的一扇窗。研究结果^[3]表明：在执行功能的行为适应和动态调整上，背外侧前额皮层起到关键的作用，其他脑区还包括后顶叶皮层、下额叶连接区和小脑。在检测冲突时，对相应的选择和奖赏不确定性的估计中，前扣带回皮层起到关键的作用。但前扣带回不是直接在认知控制中起到关键作用，除非是在针对一些特定的背景内容时，如动作的控制时，前扣带回皮层会起到关键的作用。因此也提示我们，背景内容不一样，会影响到认知控制回路的改变。有的研究还指出，随着抽象程度的提高，认知控制的关键脑区会从顶叶的后部向前额叶皮层逐渐转移。

这些研究结果表明，脑中有些脑的区域和回路针对着更为普遍的多个功能的控制，其中包括背外侧前额皮层、内侧前额皮层和顶叶皮层的后部，他们是认知控制的关键脑区。内侧前额皮层，特别是前扣带回重点负责监测冲突和作出抉择。扣带回和外侧前额皮层之间的紧密联系，在认知控制中起到关键的作用（如图3^[4]所示）。

我们希望再一次强调，目前科学家对执行功能这一类复杂的高级功能研究得还很不清楚，因此在实际应用上，要谨防对儿童ADHD过度诊断，更不能给家长和儿童造成心理压力。对一些培训方法的效果，要持谨慎和科学的态度。

主要参考文献

- [1] Washington State Department of Early Learning, www.deltraining.com
- [2] ADHD_10_Years_Later.mht#sthash.0jmSGPLH.dpuf, Dana foundation.
- [3] Forshad A. Monsouri, Keiji Tanaka and Mark J. Buckley, Conflict-induced behavioral functions of the prefrontal cortex, *Nature reviews/Neuroscience*, Vol. 10 Feb. 2009 pp141—
- [4] Evelina Fedorenko, John Duncanc and Nancy Kanwisher, Broad domain generality in focal regions of frontal and parietal cortex, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1315235110