

[脑科学与科学教育]

# 有关科学概念学习， 神经科学研究告诉我们什么

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，中国电子学会副理事长。曾任教育部副部长，中国科协副主席。



有关儿童科学概念学习的研究在心理科学领域已经有近百年的历史。自上世纪 50 年代认知科学兴起以后，对儿童科学概念学习的研究在认知科学领域也是关注的重点。近几十年来，由于科学技术的进步，特别是脑成像技术的发明和发展，使得科学家可以在线研究活体状态下人的精神状态和活动过程，使我们对儿童科学概念的形成和发展有了进一步的了解。学生科学概念的学习，也成为新出现的学习科学（Learning Science，或神经教育学，Neuro-Education）的研究重点。因为建立正确的科学概念对于学生非常重要，这会影响到他们后续对许多问题的推理和判断。

学生对科学概念的学习不仅是重要的，而且是困难的。在有关学生科学概念学习的大量研究中，多次证明了这一点。有一部美国获奖的科教片“Private Universe”，实地记录了学生对有关电回路和四季概念的学习过程。一些学生尽管很优秀，但是在改变他们的错误前概念时，同样是很困难的，哈佛大学的学生也不例外。长期以来，人们依据不同的学习理论，对这个问题进行解释，而且希望找到对某些核心科学概念的有效教学方法，但是仍然未能得到令人信服的结果。

不同方法的研究都发现，学生概念的发展和历史上人类概念的发展十分相似。人对概念的接受有两种情况：一种是在学习过程中概念的更改不大，只是在已有的概念结构上增加一些知识，与学生原来持有的概念之间不存在冲突。这种微小的概念变化比较容易被学生接受，不需要将原来的知识重新建构。第二种情况是需要概念发生根本性的移转。在这种情况下，需要重新建构概念。当学生需要发生根本性的概念转移时，就比较困难了，往往一两节课的教学无法解决问题。

所以在科学教育中需要知道哪些概念学生转移有困难，为什么会发生这种困难，然后才能研究解决的办法。

现在，由于科学技术的发展，我们可以用脑成像的方法，在活体的情况下，在线监测不同的学习过程中脑不同区域的激活情况。虽然，脑是一个十分复杂的

动态系统,并不能找到一个简单的脑区或是脑中的回路,与完成某一项学习功能完全相对应,但是,大量的研究已经揭示了与某些学习过程有关的脑区激活情况。如在基底节的激活和传统的学习过程相关;位于边缘系统的海马区和副海马区激活表示明晰性记忆发生;当需要监测误差和冲突时,前扣带回会激活等等。神经科学已经得到了许多记忆、学习、注意、推理过程与脑激活区域的关系,为我们在脑、心智和教育的交叉学科领域里研究这些问题提供了基础。现在可以用神经科学的研究方法,得到有关学生学习科学概念过程的脑图像,从而找到学生持有的某些科学概念难以改变的原因。

Dunbar 博士曾做过这样一个实验。在物理领域里,有一个重要的核心概念——自由落体运动问题。在人类历史上,从亚里士多德提出有关自由落体的观点以后,他的错误的观点维持了两千年,直到伽利略用实验和推理才给出了正确的答案,可见关于自由落体运动的物理概念并不是可以自发建立的。Dunbar 设计了一个电脑上运行的电影,让电脑的屏幕上依次显示不同的物体自由下落的过程。一种情况是两个同样的小球下落;另一种情况是两个大小不同的球下落。如果是在不存在摩擦力的情况下,要求受试者判断两个球下落的速度是否一样。受试者由两组人组成,一组是至少学过五级物理课程的物理系大学生,另一组是普通的没有受过大学物理教育的成年人,两组受试者的选择考虑了在 SAT 考试和性别上类似的基础条件。实验时,要求被试者观看电脑屏幕,看到认为是正确的答案时,按下手边的按钮,同时用功能核磁共振脑成像仪对受试者的脑部进行实时成像。

研究结果显示,当实验结果和受试者的预期一致时,脑的核磁功能脑图像显示脑中的尾核和副海马回 (Caudate and Parahippocampal Gyrus) 被激活;表示这两个脑区在运作;而当结果

和受试者的预期不一致时,前扣带回和辅助运动区 (Anterior Cingulate and Supplementary Motor Area) 激活增加,因为他们认为这种情况是和他们的理解冲突的。我们知道,尾核是基底节的一部分,它的激活表示学习过程发生,而副海马区是形成明晰性记忆的重要区域,前扣带回激活表示受试者有认知上的冲突。在不同大小的球以同样的速度下落时,学过物理的学生脑中的尾核和副海马区激活,说明他们已经接受了正确的有关自由落体的科学概念,学习过程发生。物理系的学生看到球落下的速度不一致时,不符合他们学过的物理理论,他们的前扣带回激活增加,表示了概念上的冲突。而普通的成年人显示的结果则相反,他们在观看大小不同的两个球先后落地时,脑中的尾核和副海马区激活;而在看到两个球同时到达地面时,他们的前扣带回和辅助运动区激活增加。这个实验说明即使是成年人,没有经过认真的科学教育,他们仍然持有伽利略以前的关于自由落体运动的错误概念。

实验结果说明,当现实的结果和原来持有的概念一致时,学习过程发生了,现实的实验结果和原有的观念不一致时,脑中会发生抑制这些信息被接受的过程,学习过程并没有被有效进行,这就是为什么学生接受一个新的概念是如此的困难。

同时,实验中发现了内侧前额皮层的激活,这相应于已存在的概念被表现。因而内侧前额皮层激活可以用来作为学生是否具有某种概念表达的一种标志。Dunbar 在实验中发现,即使是物理系的大学生,在他们看到错误的图像时,内侧前额皮层也是被激活的,只是因为结果和学生现在持有的概念不符合时,他们会抑制原有的概念。

这个实验事实是十分重要的,因为它提出了一个问题,当学生的前概念改变时,是知识结构的重构吗?这是教育上一个重要的问题。一直以来,在建构

主义理论的解释中,认为学生概念变化时,学生持有的知识被重构了。但是,根据实验结果,Dunbar 提出了一种新的和不同的观点,认为物理系的学生既表现为建立了新的正确的科学概念,但是并没有重构他们的知识,而是在接受了新的知识、在激活正确的概念以后,抑制了他们原来的前概念。物理系的学生无论是在看到正确的概念,还是不正确的原有概念的影像出现时,他们的内侧前额皮层都被激活了。但是在前概念出现时,内侧皮层被激活的同时,前扣带回也被激活。这说明,即使在概念的改变发生时,学生仍然保留了他们原来的前概念,只是新的知识抑制了他们原来的概念。这和目前在教育界流行的建构主义的结论并不一致。在建构主义的教学理论里,人们认为,在接受了新的教育以后,学生的科学概念是被重新建构了。

这些结果对教育有什么意义呢?首先我们知道了,在学生学习新的科学概念的过程中,有脑中发生的生物过程相伴。而脑中存在的抑制机制造成了学生接受新概念的困难。其次,学生在某些方面具有的前概念,始终不会完全消失,即使在他们接受了良好的教育以后,了解了新的正确的概念以后,这些旧的错误的概念只是被抑制了,而不是被消灭了,原有的知识并没有被重构。

总之,有关教育的神经科学研究说明了学生有些正确的科学概念的建立不是可以自发形成的,需要良好的教学策略。一些概念要比另一些概念更难建立。说明应该尽早对儿童进行科学教育,应在他们巩固这些错误概念以前,帮助他们建立正确的科学概念或是纠正错误的概念。因为可能在许多情况下,这些错误的概念不能被置换或是重新组织,而只是可以被一定程度地抑制。■



全民科学素质行动  
科学教育专栏