

# 打开黑箱：学习与发展的科学基础(上)

——美国“以学生为中心”的本科教学改革研究之二

赵炬明

**【摘要】** 本文是美国“以学生为中心”本科教学改革系列研究的第二篇，主要探讨这场改革的科学基础。这场改革有四大基础：了解大脑、了解学生、了解认知、了解学习，分别代表脑科学与神经科学、青春期大学生发展研究、认知心理学与认知科学、学习心理学与学习科学。在简要介绍这四个领域发展的基础上，探讨了它们对这场改革的贡献和意义。由于原文较长，故本文分为上下两篇发表。上篇主要介绍脑科学和和青春期大学生发展，并讨论它们对 SC 改革的贡献和意义。其余两部分将在下篇介绍。

**【关键词】** 脑科学 神经科学 青春期发展 成人呈现期研究 大学生发展研究 本科教学 以学生为中心 大学教学改革

**【收稿日期】** 2017 年 4 月

**【作者简介】** 赵炬明，华中科技大学教育科学研究院教授、博士生导师。

前一篇文章介绍了“以学生为中心”(student-centeredness, SC)的本科教学改革的概念以及美国 SC 改革的简要历史。文章结尾总结道，SC 改革之所以重要，是因为它是以科学为基础的一次教学改革。故在这篇文章中，将系统地介绍 SC 改革的科学基础。目前文献中有四个领域为 SC 改革提供了科学基础，它们是：脑科学与神经科学、青春期大学生发展研究、认知心理学和认知科学、学习心理学和学习科学。大脑是学习的器官和工具，了解脑与神经活动方式有助于了解人如何学习，并据此改进大学教学。青春期是大脑发展的第二高峰。了解青春期大学生大脑与心理的发展，帮助我们更好地了解学生。了解认知心理学和认知科学，使我们更好地了解学习。学习心理学和学习科学有助于科学地设计与改进教学。这四个领域可以分别表述为：了解大脑、了解学生、了解认知、了解学习。

这些领域的知识无疑均有助于改进大学教学。但由于种种原因，长期以来这些领域的研究发展与大学教学实践是分离的。尽管过去五六十年里这些领域已经取得了巨大进步，但它们对大学教学实践的影响非常有限。直到今日很多大学教师仍然把大学教学看成艺术，任由教师们自己在实践中体验总结，艰苦探索。这种分离的恶果之一便是“老三中心”模式得以长期延续，而“新三

中心”模式难以成长。因此这种分离状况不应再继续下去。如果大学要从事 SC 改革，就必须重视大学教学的科学基础，促成科学研究与实践智慧的结合。这是本文致力探讨大学教学科学基础的基本原因。

事实上，当年潘懋元先生在中国推动高等教育研究时就曾有这种想法。厦门大学高教所建立之初，他就专门设立了一个青年心理学研究室。1986 年访问厦大时他告诉我，他希望这个教研室能为教学改革提供科学基础。可惜的是，由于种种原因，他的这个梦想没能很好实现。

应该指出，即使在美国，各校教学支持中心也多是关心技巧方法培训，科学基础培训较少。<sup>[1]</sup>流行的说法是，如果需要，给教师们讲一点就行了，培训还是要重在技术方法。这听起来很像高职教育中的“理论适度、重在实践”的做法。若真如此，那无异于是用培养技工的方法来培训大学教师。对此，我深不以为然。每当参加这类培训，我都会有很多为什么，无论是关于对象、方法或环境。我们都知道，大学教学深受学科知识的性质与结构的影响，是高度学科差异化的，因此我非常怀疑这些技术与方法在大学教学中的普适性。技术与方法只有被正确使用时才能有效。在高度差异化情况下，技术的选择、调整、变通、创造是必然的，其基础是对原理的整体把握和清楚认识。这就是为

什么我认为,在大学教学培训中,科学基础比技术方法更重要。我们必须注意到,是科学研究的进步促成了这场改革。如果我们对这些科学基础都缺少了解,如何能保证这场改革不会走弯路呢?

大学教师都是学者,不会满足于依葫芦画瓢。他们会问原因,要酌情选择、变通与创造,因此他们会关心原理。我自己就是这样走过来的。我相信还有很多教师会和我一样,关心技术与方法背后的科学基础。如果真心热爱教学,我们就要搞清楚、弄明白,不会满足于当个懵懂的教书匠!正因如此,我呼吁加强大学教学的科学基础研究,改变轻原理重技艺的想法,真正把 SC 教学改革看成是有深厚科学基础和丰富实践智慧的专门学术领域。高度重视其科学基础,开展大学教学学术研究,惟此方可为中国 SC 改革提供前进之方向、不绝之动力。

显然本文不可能全面介绍这四个领域的所有发展,仅只涉及一些基本知识和当前发展概况。即令如此,本文内容也显得过多。好在本文仅是一个知识地图,希望帮助读者了解这些领域的大体发展情况,能建立起全局观,以更开阔的新视野来看待大学教学。若此,本文目的就达到了。希望深入者,可根据本文提供的参考文献做进一步研读。

文献可分为专业文献与科普文献两类。前者指以记录当前学术进展、供学者们进行学术交流为目的的专业期刊,后者指专家们为外行撰写的普及性文献,如大学教科书、专业百科全书或手册、“自然”和“科学”之类的科普期刊等。本文主要依赖后者。

本文主要关心认知与认知发展,它是大学教学的核心,对非认知领域尽可能不涉及。下面分别介绍这四个领域的基本知识与主要进展,并探讨它们对 SC 改革的意义。最后是一个简要总结。

### 一、了解大脑——脑科学与神经科学及其对学习意义

脑科学和神经科学都研究大脑。脑科学注重宏观,研究脑结构与功能、功能分区与联系、大脑工作过程等;神经科学关注微观,研究脑神经的类型与结构、神经信息传递方式与机制等。因此有人说,狭义的脑科学是神经科学,广义的神经科学是脑科学。事实上在文献中这两个词经常互换使用。<sup>[2]</sup>

脑是学习器官,学习是脑的功能,是人适应外部世界的基本途径和方法。了解脑的基本知识,有助理解学习的生理过程。本节有四部分:① 脑研究发展史;② 脑的结构与功能;③ 学习、记忆、情绪、脑的个体差异;④ 社会脑。<sup>[3]</sup>

#### 1. 脑研究简史。

脑研究史可大体分为三个阶段。<sup>[4]</sup>首先是哲学阶段。脑研究始于哲学,即人通过体验和反思来思考大脑如何工作、如何认知与学习。历史上很多认识论哲学家都研究过大脑认知问题,如柏拉图、亚里士多德、洛克、笛卡尔、康德、王阳明等。这类研究至今仍在继续。<sup>[5]</sup>由于这类研究主要依靠体验和反思,故属于哲学研究。

脑的科学研究始于脑的解剖学和脑损伤研究阶段。这类研究在公元 10 世纪的阿拉伯就已出现。解剖学诞生后,通过解剖来研究脑成为主要方法。此外,若有人因脑部受伤而出现行为异常,可根据行为异常来推断受伤脑部位的功能,此即为脑损伤研究。这两类研究积累了大量关于脑和脑神经的解剖学知识,是脑科学研究的重要基础。目前这两类研究仍然是脑研究的重要方法。例如,美国著名的阿兰脑科学研究所<sup>[6]</sup>和欧洲的蓝色大脑项目都在做这类工作,他们的目标是在 2030 年左右,建立起全脑的神经网络模型。<sup>[7]</sup>这些研究将对脑科学研究产生革命性影响。

第三阶段是无损伤脑研究阶段。前两个阶段都因无法在不损伤大脑情况下研究大脑活动,因此研究大受限制。手术、X 光、计算机断层扫描等都会损伤脑,不宜广泛使用。直到 1980 年代核磁共振成像技术(MRI)和功能核磁共振成像技术(fMRI)出现,才克服了这个障碍。这使脑研究进入新阶段。<sup>[8][9]</sup>

大脑活动需要血液提供能量。较活跃的脑区血液较多,不活跃的脑区血液较少。故可通过检

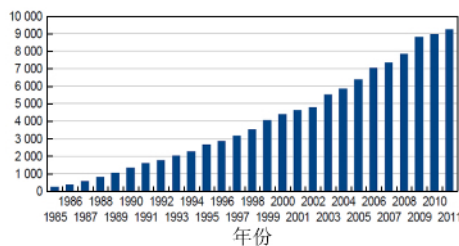


图 1 1985 年至 2011 年每年用 fMRI 方法研究脑发表的文献数量

来源: UNESCO 教育政策与改革研究系列报告。<sup>[12]</sup>

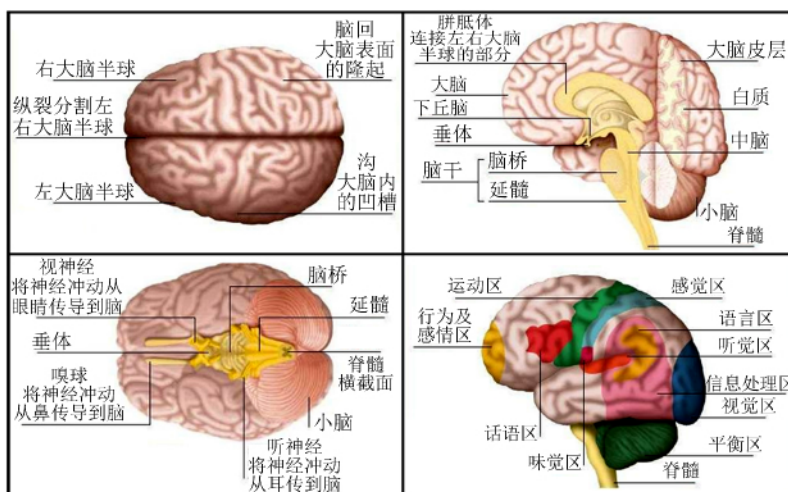


图 2 大脑结构与功能<sup>[16]</sup>

测大脑血液的流量分布与变化来显示大脑活动情况。MRI 技术通过测量脑血液中水分子分布密度和流动来显示大脑活动情况。由于 MRI 主要依靠电磁场,对活脑无损伤,可在儿童和常人身上反复使用,因此成为大脑活动可视化的有力工具。<sup>[10]</sup>MRI 对脑科学发展的影响犹如超声波对内科学、X 光对外科学的影响。确实,自 1990 年后随着 MRI 技术成熟,数字图像处理 and 存储技术发展,MRI 扫描仪的质量越来越高,价格越来越低。<sup>[11]</sup>目前已经成了普及化设备,于是脑研究出现了井喷式发展(见图 1)。

此外,近 20 年来其他非损伤脑研究技术也不断涌现,如颅磁刺激、事件相关电位、脑磁图、近红外光谱学等,这些都为近 30 年脑科学的快速发展提供了条件。有人说,当前脑科学五年的发展相当于过去五千年的发展;脑研究终于走出石器时代,进入了科学时代。<sup>[13]</sup>就是在这种形势下,“人是如何学习的”首次把脑科学作为当代教育研究的主要基础之一。<sup>[14]</sup>出现了教育神经科学,这对教育教学研究是革命性的发展。

2. 脑的结构与功能。<sup>[15]</sup>

人脑重约 1200~1500 克,约 1200 毫升,主要成分是水(78%)、脂肪和蛋白质。大脑像个大蘑菇,自上而下分别是大脑皮质、边缘体、中脑、脑干和小脑。大脑皮质分四块:枕叶、颞叶、顶叶和额叶。图 2 和表 1 显示了大脑的基本结构和各主要脑区的功能。

人胚胎发育始于神经系统。最初是一个片状神经板,然后神经板卷曲成神经管。神经管逐渐

表 1 大脑各脑区功能

区域	功能
大脑皮层	加工感觉信息、调节各种学习与记忆功能
网状结构	控制身体功能(如呼吸、血压)、觉醒、睡眠、清醒
小脑	调节身体平衡、姿势、肌肉控制、移动、运动技能获得
丘脑	将感觉信息(除嗅觉外)传递到皮质层
下丘脑	控制体内平衡功能(如温度、睡眠、水分、食物),在压力下加快心跳和呼吸
海马体	保持短时记忆和工作记忆;建立长时记忆中的信息
胼胝体	连接左右脑
枕叶	加工视觉信息
顶叶	加工触觉信息,决定身体姿势,整合视觉
颞叶	加工听觉信息
额叶	加工有关记忆;其中前额叶负责中央执行功能,运动皮质区负责调节肌肉运动
布罗卡区	控制语言产生
韦尼克区	理解语言,说话时调整使用适当语法

来源:(美)申克,《学习理论》。第 6 版,第 35~36 页,江苏教育出版社,2012 年。

变长,前半段发育成大脑,后半段发育成脊椎神经系统。前半段进一步发育成前脑、中脑、后脑。前脑再发育成大脑皮层。中脑发育成中脑及边缘结构,包括海马体、杏仁核、扣回带、丘脑、下丘脑、脑垂体等。边缘结构是信息传中转站,负责各感官与大脑皮层之间的信息传递。后脑发育成脑干和小脑。脑干中的网状结构负责身体基本功能,如呼吸、血压、睡眠、清醒等。小脑负责控制肌肉、身体平衡、运动与姿态等。大部分运动学习需要脑皮质和小脑协同。一旦熟练到自动的程度,大脑则不管了,由小脑独立完成,形成下意识反应或肌肉记忆。而大脑则把精力用于其他需要意识注意的地方。

人脑的发育过程几乎重复了所有脊椎动物神经系统的发育过程,因此脊椎动物都有基本相同的脑结构。但脊椎动物中,哺乳动物的前脑最为不同。首先是规模,哺乳动物的脑是鸟类的2倍,是爬行类的10倍。其次是结构,哺乳动物发展出了大脑皮质,这是思维的基础。此外在大脑皮质与中脑之间还发育出了边缘结构,使哺乳动物有较好的记忆能力和情绪表达能力。

虽然人与哺乳动物的脑结构相同,但人脑要大得多。用脑指数衡量<sup>[17]</sup>,以猫的脑指数为1,人的脑指数为7.4~7.8、海豚为4.14、黑猩猩为2.2~2.5、狗为1.2、老鼠为0.4。人脑化指数高的主要原因是人在进化中形成了较大的大脑皮质。人的大脑皮质不仅充满了颅腔,还要形成大量褶皱以便把超过颅腔面积2/3的大脑皮层装进颅腔。为了塞进更多的脑皮质,人出生时还不能让颅骨封闭。待到18个月后颅骨封闭时,脑又长大了一圈。所以在所有哺乳动物中,人的脑化指数最高。

动物为什么需要脑?人为什么需要这么大的脑?剑桥大学神经学家沃普特认为,这与运动有关。<sup>[18]</sup>运动使动物可以通过变换环境来提高生存机会。环境变化需要动物通过学习来适应环境。学习能力越强的动物,环境适应能力越强。因此动物大脑在进化过程中就变得越来越大,越来越复杂。运动能提高生存机会,也带来环境变化,促使动物大脑不断发展以适应不断变化的环境,故在进化过程中形成了脊椎动物、哺乳动物、灵长类,最后是人类。

这个“运动——环境变化——生存挑战——大脑发展”的逻辑对本科教育有什么启示呢?一个重要启示是,要想帮助学生发展大脑能力,就要挑战他们,让他们动起来!通过不断改变其学习环境,对他们形成挑战。如果能成功应对挑战,大脑就会获得发展。环境变化越大,生存挑战越大,对大脑的促进也越大。中国“读万卷书、行万里路”的古训、近代培根关于把游学作为教育最高阶段的建议、当代大学强调国际学习经历等,都是这个规律的体现,也都是促进学生发展的好方法。“见多识广”从来就是人类的基本经验!

在这方面最为大胆的试验可能要算美国的“密涅瓦计划”(Minerva Project)。该计划要求学生四年本科期间,除了第一年在总部旧金山学习外,其余6个学期要分别在柏林、布宜诺斯艾利

斯(阿根廷)、海德拉巴(印度)、首尔、伦敦、台北等六个城市生活和学习。学校没有传统校园,把学生撒向世界各地、散于城市各处,让学生们亲身体会世界各主要文化,师生之间依靠网络保持联系。该校把这称为“全球浸润式学习”。相信通过这种教学安排,这可以使学生自己探索,亲身投入,通过直接与各国人民交往,感受不同文化和社会的冲击,最后变成有全球视野和国际活动参与能力的一代新人。显然,这些差异巨大的环境会给学生带来严峻的生存挑战,同时也为学生提供强大的刺激和学习动力。如果学生能够成功克服挑战,完成学业,他们将能获得比传统校园学生更多的学习经验和能力发展,这也是该项目设计的核心所在。简言之,密涅瓦计划的特点是,把环境变换和生存挑战变成了主要教学形式。在这个模式中,学校需要关心的主要是提供指导和布置好安全网,但不用担心学习动力问题。两者相比,前者显然易于后者!如果使用适当,其效果可期。<sup>[19]</sup>

总之,“运动—变化—挑战—发展”的逻辑对理解与设计学习有重要意义。挑战可以激发人的潜能和学习动力,学生会在经验与成败中成长。事实上,只要你看到有学生还没全力投入学习,就证明你给他的挑战还不够大。就此而论,现在的大学教学不是太难了,而是太容易了。还有太多的学生没有全力投入学习,空耗时光。如何让学生全力投入学习,仍然是大学尚未很好解决的大问题。

较大的脑可以提高生存能力,但却需要更多的神经细胞,消耗更多的能量。例如人脑体积仅为人体体积的2%,却消耗了人体20~25%的能量,婴儿时甚至可以达到60%!如何获取足够能量来养活脑,是动物进化中的大问题。例如,如果大象有和人一样的大脑,它24小时吃草都不能提供足够能量来养活其大脑。所以它只能选择一个比较小的脑。根据自然系统能量最小原理,各种动物必须保持在维持其生存所需能量的最低能级上,并发展出刚好够用的脑,人也不能例外。直到农耕与驯化技术出现,人类才基本上解决了食物问题,也才有闲暇去发现发明,创造出人类文明。<sup>[20]</sup>今天人类已经很好解决了食物问题,成为自然系统中第一个不需要为能量摄取而担心的动物。因此人才可以不断扩大其活动范围,闯入前所未见之环境,迎接前所未见之挑战,创造出前所未有的奇迹。这一切源于人发展出了特殊的大

脑,是脑帮助人解决了自己的生存挑战。从这个意义上讲,大脑是人类文明的源泉!

从能量消耗角度看大脑,对本科教育有什么启示呢?我认为有一条,即要保证学生大脑始终能获得足够的能量。这意味着:① 要注意为学生提供足够的营养,使大脑能获得足够的能量;② 要让学生有足够的睡眠,有足够精力投入学习;③ 要让学生参加体育活动,以保证身体能把足够的能量输送到大脑。一般而论,良好的生活习惯是较好学习成就和个人发展的保障。而形成良好生活习惯的前提是自律,自律是成功的前提。总之,要注意学生大脑的营养供给问题。

了解大脑功能还须了解大脑神经组织。大脑皮质有两类细胞,神经元细胞与神经胶质细胞。神经元细胞覆盖脑皮层表面,约2~4厘米,厚达6层。神经元彼此连接形成神经网络,神经信号通过神经网络传递到大脑各处。神经元下面是神经胶质细胞。胶质细胞有两个作用,一是为神经元提供支撑和营养,清除死亡细胞和物质,维持神经网络的有效运行。二是形成“髓鞘”,提高神经信号传递速度。从解剖上看,神经元是灰色的,故称“灰质”;胶质细胞是白色的,故称“白质”。

人脑大约有860亿个神经元和大体相同数量的胶质细胞。<sup>[21]</sup>每个神经元可与其他神经元形成大约7000个连接,这就构成了一个约 $10^{15}$ 个连接的巨大而复杂的神经网络。每立方毫米脑皮层上可聚集数百万个神经元和上亿个神经连接。<sup>[22]</sup>在这样有限的体积内聚集这样大量的细胞和连接,其密度及复杂性可想而知。这个密度使得脑神经结构和绘制大脑神经网络全图成为一个巨大挑战。因此每一次显微技术发展,都能给脑神经网络结构研究带来进步。但直至今日,我们仍然没有一个完整的人脑神经网络全图。

为什么人脑神经网络全图如此重要?因为人的所有感觉、知觉、意识、记忆、情绪、知识、思想等,都存储在这个神经网络里。如果知道这个网是什么样的,如何构建的,就可以知道感觉、知觉、意识、记忆、情绪、知识、思想等在人脑中是如何形成并储存的,从而帮助解开意识与学习之谜,设计出更好的学习和教学模式。

脑神经网络不仅决定和记录人的感觉和精神活动,还指挥身体与外部世界互动。这种互动又反过来改变神经网络。脑神经网络就是所谓心智(mind)。科幻片喜欢用坐在头颅中的小人来比

喻心智,这个比喻相当准确,正是心智在决定和指挥人体其他部分的活动。每个人的基因和经验都不相同,每个人的大脑也都不同,因此每个人也都不同。这就是脑科学家们所说的:汝即汝脑,汝脑即汝!

人体所有感官和随意肌都在大脑皮层上有对应区域,形成特定脑功能区。<sup>[23]</sup>最近研究发现,人脑共有360个功能区,每个脑半球各有180个脑区。<sup>[24]</sup>脑通过这些功能区来控制人与外部世界的互动。在互动中会形成感知觉和记忆,它们就存储在各自的形成区,如视觉经验和记忆存储在视觉区、听觉存储在听觉区等。甚至表征这些感知觉的词汇的语义,也都存在相应功能区。<sup>[25]</sup>

面对这么多脑区,大脑要正常工作,就需要一个脑区负责指挥协调工作。这个脑区位于额叶前端,叫执行功能区(executive functions, EF)或中央控制功能区。额叶之于大脑,如指挥之于交响乐团、将军之于军队、CEO之于企业。<sup>[26]</sup>由此可知EF区的重要性。

在常态下,各感官(眼、耳、鼻、舌、皮肤等)都会收到大量信号,然后传递到相应脑区,要求大脑注意。在面临众多注意要求时,EF区必须做出决定,忽视哪些信号、关注哪些信号、加工哪些信号。这些决定确定了各脑区是兴奋还是抑制状态。像听课、打球这样的复杂活动,EF区还要完成一系列管理任务,包括选择目标、确定任务、制定规划、组织行动、管理时间、保持注意、控制情绪、检查与评价效果等。由于这些活动涉及多个脑区,需要EF区进行协调控制,因此多脑区调控能力是大脑的一个重要能力。涉及的脑区越多,调控挑战越大。

研究表明,EF区调控能力可以通过多脑区综合训练获得发展。因此针对不同发展需要,设计不同类型和不同强度的综合学习任务,可以促进学生大脑发展。这是为什么在美国的SC改革中,非常重视通过各类综合性任务来培养学生的思维能力。

EF区的另一个重要能力是注意力保持能力。当面临众多脑区注意要求相互竞争时,如何保持注意力而不分心,始终聚焦核心任务,是评价EF区调控能力的重要指标。这是一项高级心智技能,需要终身培养与维持。如何让学生保持注意力,是老师们关心的问题,也是脑科学家们关心的重要主题。这个领域的一些研究对SC本科教学

产生了深刻影响。例如,研究发现,在讲课方式下,学生有效注意力保持时间为6~12分钟。超过这个时间,学生注意力会迅速下降。因此,一节50~100分钟的课,需要分割成若干小段,每段之间要有变化,有节奏感,让学生从兴奋中摆脱出来,达到休息之目的。这就涉及到大学教学活动安排和课程设计模式。总之,目前这种每次上课50~100分钟、一讲到底的做法是不科学的,因为这种安排本身就降低了学生学习效果。目前网络课程已普遍采取十几分钟一小节的“微课”方法,但校内面授课程教学如何据此改进课程设计,尤其是教学活动安排,仍是尚未解决的大问题。

研究还发现,注意力保持能力与充足睡眠有关。青春期大脑的特点是晚睡晚起,是否需要据此改变学校作息时间,也成了SC改革的重要议题。

EF区的重要性还在于,为了使人适应外部世界,EF区在大脑中要构建一个与外部世界相对应的心智世界(mental world),并根据这个心智世界来认知和应对外部世界。如何构建这个心智世界并保证其有效性等,是心智发展的关键。大学教育的中心任务就是帮助学生构建这个心智世界。这个问题留待认知科学部分再细作讨论。

EF区如此重要,但非常不幸的是,在所有大脑皮层中,EF区成熟得最晚,衰退得最早。二十多岁还没懂事,四五十岁就想事费力了。也就是说,EF区存在最佳发展窗口期。如果抓住这个最佳窗口期,则一生受益;反之则会受阻。青春期后期正好是EF区的发展高峰期,也是大学教育时期。从EF区发展角度看青春期大学生发展和大学教育,对理解大学教学的本质有重大意义。这个问题在青春期大学生发展部分再做讨论。

### 3. 学习、记忆、情绪与个体差异。

从脑科学看,学习包括两个环节:学习与记忆。学习是神经网络接收与加工外部信息并改变自身结构从而造成行为变化的过程;记忆是信息存储和提取的过程。

大脑如何学习涉及神经元的工作机制。神经元由胞体、树突、轴突三部分组成(见图3)。树突像天线,负责收集信息;轴突像电缆,负责传递信息。神经信号通过神经元的轴突传递到其他神经元的树突,两者连接之处叫突触。突触是个微小空间,信息通过神经传递物质传递。只要有突触形成,就有信息传递。只要有学习发生,就会形成

新的突触。出现新的信息传递,这意味着形成了新的神经网络。反之,如果突触消失,神经网络分解,信息传递终止,已学到的东西就消失了。简单说,任何学习,无论是感觉、知觉、意识、记忆、情绪、知识、思想等,都需要形成相应的神经环路,并通过这个神经环路来承载和体现。如果神经环路构建出来了,就“学到”了;如果被强化了,就“记住”了;如果环路分解了或信号传不出去了,就“忘记”了。这就是学到、记住和忘记的神经学解释。

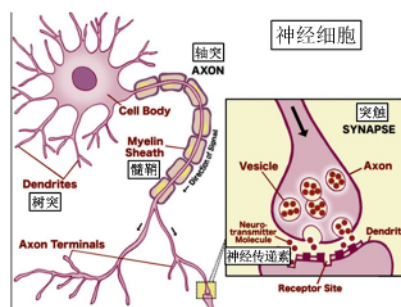


图3 神经元细胞示意图<sup>[27]</sup>

围绕突触,大脑用三种方式建构神经网络。首先是突触增生。从出生前到3岁,大脑内神经元会形成大量突触,3岁儿童大脑中的突触是成人的两倍,形成超量突触的目的是让神经网络为不可预见之未来做好充分准备。但超量突触会消耗大量资源和能量,降低信号传递效益。于是从儿童期开始,大脑会根据使用状况对突触进行修剪。保留经常使用的突触,清除不常使用的突触。这叫突触修剪。突触修剪会持续终身,但主要发生在25岁以前。突触修剪量可达到儿童期的50%,即25岁时脑中突触的数量仅为3岁时的50%。显然,突触修剪剪掉了什么,保留了什么,对大脑神经网络功能有重大影响。决定突触修剪的关键是使用频率。

第三种方式是髓鞘化。神经元轴突外面包裹了一层物质,叫髓鞘,由胶质细胞组成。其作用类似于电线的外层包皮,目的是提高信号传递效益。髓鞘包裹轴突的过程叫髓鞘化。髓鞘越厚信号传递速度越快。髓鞘最厚可达150层。未经髓鞘化的信号传递速度为0.2~1米/秒,髓鞘化后可达到2~120米/秒,相差100倍。决定髓鞘化厚度的也是使用频率。越常用的神经元髓鞘越厚,信号传递也越快;不常用的神经元髓鞘较薄,信号传递速度也较慢。这是为什么无论是思维还是行为,反复训练都可以提高速度和精确性。反复练

习甚至会导致下意识反应,即相应信号环路非常通畅,不需要 EF 区关注,相应神经网络自动执行。但如果长时间不训练,就都会出现速度与精度下降,甚至是无反应,即虽然 EF 区发出了指令,但由于信号不畅通,命令不能得到执行。髓鞘强化神经元信号传递速度,降低信号损失,改善信号传输的速度与效率。

图 4 显示了大脑神经网络构建三种方式的发展时间表。很明显,突触修剪和髓鞘化主要发生在青少年和成人初期。

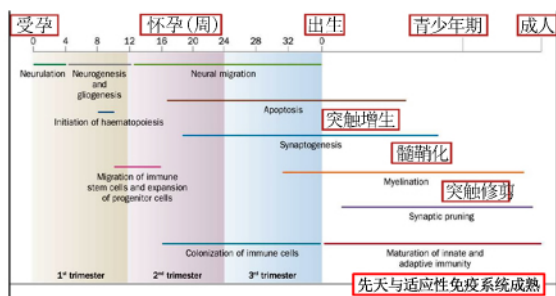


图 4 大脑神经系统发展时间表  
来源:Knuesel, I. et al. (2014).<sup>[28]</sup>

简言之,对大脑来说,凡有需要和经常性的活动,大脑都会构建出相应神经环路,并通过突触修剪和髓鞘化来提高其速度和效益;而对不需要和不经常的活动,大脑则不会构建相应神经环路,也不会通过髓鞘化来强化,已经建立的环路也会被弱化,甚至消解。这就是大脑发展的“用进废退”原则!这个原则是大脑发展的最重要原则,是大脑弹性的表现。

用进废退原则对教育的意义重大,尤其值得家长、教师和学校高度注意。作为儿童生活环境的营造者和活动的提供者,他们基本决定了儿童面临何种环境、参与什么活动、构建出怎样的神经网络,以及这些神经网络是否足以为儿童的未来成人生活做好准备。如果没能帮助儿童发展出未来所需要的神经网络,儿童就可能在未来成人生活中面临困境、遭遇失败。如此,那就真是“毁人不倦”了!

“老三中心”模式的主要缺点就在于此!这种教育模式把学生囿于单一的学习环境和被动的学习方式中,限制了学生大脑的发展。这是为什么要用“新三中心”取代“老三中心”的基本原因之一。

教育神经科学的积极倡导者、哈佛大学教授索萨说,教学的本质是改变大脑,教师是“大脑改

变者”(brain changer)。教师不了解大脑,好像做手套的不知道手长什么样,是不能做好工作的。<sup>[29]</sup>反之,若教师能从大脑改变者角度看待自己的工作,则可以加深其对教学工作的本质和意义的理解。与“灵魂工程师”的说法比,“大脑改变者”的说法更加准确。从“灵魂工程师”到“大脑改变者”,反映的是从哲学时代到科学时代的变化。

万事利弊相生。突触增生意味着构建更多的神经网络,扩大了探索空间,思维可以在更大范围内流动,更多地创新创造空间。突触修剪与髓鞘化则意味着认知选择完成、认知模型和神经环路形成、认知空间缩小、思维开始固化。认知模式和神经环路形成可以提高思维的确定性和有效性,但同时减少了思维的流动性和创造性,是思维僵化的开始。两者各有利弊。前者称为“认知流动性”,后者称为“认知结晶化”<sup>[30]</sup>,这两个术语很贴切地反映了思维的流动性与模式化之间的矛盾。

用这个理论很容易说明,为什么人在年少时眼睛总是睁得大大的,思维空灵多变、朝气蓬勃,极富创新性和创造性;而一到成人期,思想就开始固化、僵化,最终暮气沉沉。

“用进废退”原理也给大学教学带来两个挑战。第一个挑战是知识的有用性。人在不同时期对同一知识的有用性的认识并不相同,儿时认为有用的成人时未必有用,如打游戏。因此不能根据学生兴趣而要根据其未来需要来安排学习。这会引出学习兴趣和主动性问题。怎么办呢?当前做法是两条,一是强制与奖惩。设立学校制度,规定学习科目,通过考试制度进行奖惩,希望通过系统性强制和奖惩来把学生纳入所期望的轨道。二是寓教于乐。如果学生觉得学习内容枯燥,那就设法把它变得更有意思些,以此促进学习。然而这些做法能使所有学习都变得有趣有效吗?至少到目前为止的教学实践,还没有显示出这种可能性。也就是说,为了未来发展,教学要尽可能变得有趣,但教学仍然需要基本的约束和奖惩。对此要有清醒认知。

此外今天学的知识明天可能没用,尤其是在知识飞速发展的今天。信息化与人工智能已经使记忆变得不那么重要,而适应性学习能力与创新能力将变得更加重要。在今天这种大变革中,如何把教学的重点从知识记忆转到能力培养,对所有学校和老师来说,都是巨大挑战,因为这意味着要转变教学理念,创造大量新的教育教学形

式。

另一个大挑战是重复与兴奋。根据“用进废退”原理,只有不断重复才可能形成强大稳定的神经网络。<sup>[31]</sup>但另一方面,大脑好奇,喜新厌旧。一般而言,同样的信息刺激重复三次,大脑兴奋程度就下降。<sup>[32]</sup>如何解决这个矛盾?目前的主要方法有两条,一是动机激励。让学生认识到所学内容的重要性,通过学习目标来激励学生,为重复性记忆提供学习动力;二是新颖性激励。通过教学设计,用多种方式重复相同内容,以此保持大脑兴奋。这些将在方法与实践部分讨论。

学习的第二个基本环节是记忆。记忆是信息的储存和提取,“记”是存,“忆”是取。大脑从出生就在接受和存储信息,这些信息就是记忆。脑科学认为,人即其记忆。一个人的记忆一旦消失,这个人也就消失了。例如,失忆症患者不认识熟知的人和事,甚至不认识自己,这个人也就不在了。因此,了解大脑如何记忆非常重要。

图5是记忆过程的一个图示。首先看中间部分,记忆过程可分为三个阶段。首先是大脑从各感官收集信息形成感觉记忆。五类感觉记忆中视觉记忆和听觉记忆最为重要。视觉记忆是记忆的主要通道,大脑中80%的信息来自视觉。<sup>[33]</sup>视觉记忆注册速度最快,是听觉记忆的五倍,因此是信息输入的主要渠道。其次是听觉记忆,这也是记忆的主要通道。其他三类记忆在记忆信息中的比例要小得多。从图下部的模型可以看出,EF系统依靠视觉回路和听觉回路进行回忆,这也说明这两类记忆在记忆系统中的重要地位。

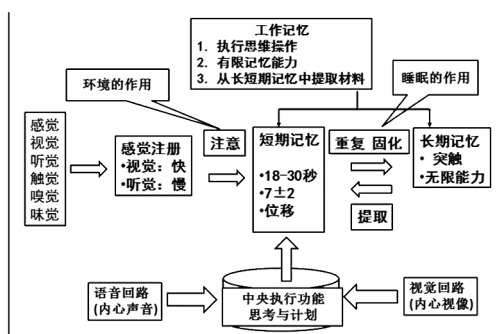


图5 记忆模型

来源:根据 Mark Gluck 讲座整理而成<sup>[34]</sup>

研究表明,多感官参与可以增强记忆效果。例如看一遍再听一遍,记忆效果会好很多。现场教学通常会给学生留下较深印象,也主要是得益于多感官记忆。能否调动学生多感官参与学习,

取决于教学法设计和教学环境设计。多媒体材料、实景教学、增加互动等,均可调动学生的多感官参与,学习效果会好得多。但是,不正确使用多感官参与也会带来负面效果。因为信息太多会造成干扰,不利于注意力保持。这是为什么有数学老师反映,简单的板书比花哨的PPT更有利教学。这里的关键是,老师要明确自己教什么和要什么。

感觉记忆非常短暂,通常为18~30秒,最长不超过1分钟,得不到注意就很快消失,故称“短期记忆”。短期记忆不仅短暂,而且容量有限,只能同时容纳7±2个信息单位。但可以通过组块(chunking)方法增加信息量。例如,要记住710261025102这个数很难,但把它变成7102-6102-5102就会较容易,因为分节后变成了3个信息单元;若再变成2015-2016-2017就更容易,因为记三个连续年份只要1~2个信息单位。

组块是记忆的重要方法,本质是在信息之间建立结构以减少信息单元。那么,这是人类创造“理论”或“认知模型”的原因吗?现象太多太复杂,用简单的理论模型来代表大量经验信息,可以大大减轻记忆负担。这是很迷人的想法,到认知科学部分再作讨论。

工作记忆加工过程就是“思考”过程。和短期记忆类似,工作记忆也很短暂且容量有限。这是知觉仅是神经元之间的偶然连接,尚未形成稳定神经环路。要把工作记忆变成长期记忆就必须对其进行加工,形成稳定神经环路,这个过程叫固化。固化要对信息进行分析、整理、剪裁、连接,去掉多余信息,形成初级认知模型,表现为“明白了”。这是第一步加工。只完成第一步形成的记忆是孤立的。虽然也会进入长期记忆,但由于缺少和其他信息单元的联系,因此容易丢失,不易提取。

第二步加工是把初级认知模型和脑中其他已有认知模型联系起来,形成更大的认知模型。这可以使初级模型在已有认知模型中获得“解释”和“意义”,表现为“理解了”。如果长期满足于建立初级认知模型,只有碎片化的知识。只有经过二次加工后,才能形成更大的知识框架,知识才是整体性的。更大的结构为信息提取提供了更多切入点,因此更便于信息的回忆和提取。把短期记忆变成初级认知模型的能力是初级认知能力的表现;把初级认知模型二次加工,形成更大认知模型



的能力,是高阶认知能力的表现。前者重在认知,后者重在整理。

但很遗憾的是,大多数人做了第一步就不做第二步,浅尝辄止。因此大多数人头脑中知识是散乱片段的。未经整理,不成体系,故将来需要时很难提取。恰如要从一堆杂物中寻找有用之物是很难的。杂货堆越大越难找!结果是知识的存储状态限制了对知识的使用能力。

了解学生头脑中的知识存在状态对理解学生的学习问题非常重要。故美国本科教学名著《聪明教学7原理》中,把“了解学生知识组织方式”作为第二条重要原则。<sup>[35]</sup>

思维整理非常费力。研究表明,人脑用了人体20~25%的能量,而其中绝大部分(95%)用于思考,只有5%的能量用于指挥身体活动,可见思考之辛苦。这也是很多人不愿意动脑筋、满足于简单记忆的重要原因。通过知识整理构建较大知识框架是对思维能力的挑战。只有少数人能长期坚持思考,并最终成为伟大的思想者,无论哪个行业都是如此。

思维整理既是知识固化过程,也是大脑探索新的神经连接方式、探索更有效的神经环路、强化信号传递效果的过程。凡是经过反复思考而形成的知识,一般很难遗忘。也只有到了这个阶段,知识才真正联网成片,真正“活”了起来。犹如飞散的蒲公英找到了扎根发芽的土壤。

思维整理也是思维创新过程,很多新思想都是在思维整理过程中发现的。当把不同认知模式整合在一起时,会发现它们之间存在的空白和缝隙,这些地方就是新思想和新知识的生长点。例如,当爱因斯坦把牛顿力学和麦克斯韦电磁学放在一起考察时,发现牛顿力学体系中速度叠加可以无限大,但麦克斯韦方程组中光速不能超过每秒30万公里,两个物理体系中关于速度的说法不一致!正是为了解决这个差异,爱因斯坦提出了狭义相对论。而元素周期表干脆就是门捷列夫试图把所有元素都按照其性质和原子量排放在一起的结果。

那如何帮助学生养成建构与整理知识的习惯呢?美国小型文理学院的一个经典做法是:课前阅读、课中讨论、课后写作。和中国老师愿意把知识整理好之后再教给学生不同,这些学校强调课前阅读,因为这是培养学生自己发现和构建知识框架能力的关键。只有读了书才可能参加课堂讨

论,而讨论是让不同的知识框架相互碰撞,取长补短。然后写作,即用知识框架所特有的概念、理论和方法来分析或讨论具体问题。如果长期坚持下去,学生建构与整理知识框架的能力自然得到发展。这种安排的基础是课前阅读。如果学生不做课前阅读,后面一切都无法参与。如果老师把课程都消化好了再交给学生,就等于剥夺了学生自己学习的机会!因此,是否重视课前阅读,是新老教学模式之间的根本差别之一,也是中美大学教学方式中最主要的区别之一。要求学生课前阅读在中国是从研究生阶段才开始,但美国在大学、甚至中小学阶段就开始了。

很显然,思维是艰苦的劳动。实施SC模式意味着要求学生把更多精力投入学习,做更艰苦的思考。因此要寓教于乐,把教学过程搞得令人兴奋一点,保证学生可以较长时间投入学习。但要防止一种错误想法,以为SC改革是要把教学变成娱乐、学习像游戏,这是误导!尤其是大学学习,究其本质是劳动而不是娱乐。可以愉快地劳动,但劳动不是娱乐!

简言之,固化过程是思维过程,是认知与整理过程,是构建新认知模式和神经环路,提高信息传递效果的过程。固化中大脑形成新知识,构建起新环路,短期记忆变成长期记忆。

关于睡眠。研究发现,大脑白天处于积极活动状态,大量涌入的信息会促使突触大量形成,从而带来大量信号和噪音。当信号和噪音超过大脑处理能力时,大脑要关闭通道,通过修剪来清除无用突触,减少信号和噪音。当我们感到疲倦时,是大脑发出的信息过载信号,也是人需要睡眠的原因。<sup>[36]</sup>大脑白天工作,晚上整理内务。睡八小时后又感到精力充沛了,表明大脑已处理完积压信息,可以重新接受新信息了。如果睡眠不足就会感到头晕,工作效率下降,这表明大脑在信息过载条件下不能有效工作。

常人每天需要8小时睡眠。大学生每天接受的信息量远多于常人,更需要充足睡眠。学生大脑本来容易信息过载,加之青春期大脑有晚睡晚起的特点,如果学校排课时仍按常人作息习惯排课,就可能人为造成大学生睡眠不足问题。因此,学校作息排课时间也是SC改革中的一个重要问题。需要学校在研究基础上,做出有利大学生作息的时间安排。

情绪影响学习和记忆。大脑中负责情绪的是

边缘系统,包括杏仁核、海马体、扣带回、丘脑、下丘脑、脑垂体等。其中杏仁核、海马体、丘脑、下丘脑是核心。人的各种情绪反应都与边缘系统有关。但最近研究发现,大脑情绪反应还会延伸到其他脑区,并根据不同情绪在不同脑区会形成专有的情绪回路。<sup>[37]</sup>

杏仁核负责情绪识别,并根据关切程度为各个事件添加情绪标签,如愤怒、厌恶、恐惧、高兴、悲伤、惊讶等。杏仁核对恐惧、愤怒、入侵等反应尤其强烈,是大脑危险识别中心。边缘体其他部分会根据杏仁核的情绪标签,分泌肾上腺素,为情绪行为提供刺激,表现为心跳、亢奋、出汗等,目的是让人紧张起来以应对紧急事件。为了维持紧张状态,海马体还分泌一种激素类物质叫皮质醇。它可以提高血压和血糖水平,使人持续亢奋,故称“压力荷尔蒙”。但皮质醇会妨碍突触形成,造成神经网络形成障碍。长期紧张状态会导致脑内积累大量皮质醇,长时间紧张会使人的反应变慢,学习能力和记忆能力下降,并最终伤害海马体。故人不能长期处于紧张状态。

边缘系统还控制了多巴胺分泌。多巴胺是一种神经传递物质,会让感到人快乐,故称“快乐物质”。大脑中围绕多巴胺形成了一个“期望/奖励”系统,专门负责奖励各种期待行为。如果一个愿望得到满足,边缘系统就会让神经元分泌多巴胺以资鼓励。例如,爱情会使大脑产生多巴胺,人因此会变得兴奋。还有一些行为如抽烟、喝酒、吸毒、打游戏机等也会刺激大脑大量分泌多巴胺,让人上瘾,故称为“上瘾行为”。围绕多巴胺分泌形成的期待/奖励系统是人类追求愉悦行为的生理基础。

多巴胺和皮质醇可以解释维果斯基的最近发展区理论。根据维果斯基的最近发展区理论,学生对学习的情绪反应可以表现为由近及远的三个同心圆:舒适区、发展区、恐怖区。当学生处于舒适区时会因缺乏挑战而不会发展;但若处于恐怖区时会因为挑战过大、过分紧张而不能发展。只有为学生提供适当挑战,并会因克服挑战而得到奖励时,他才能发展。这时他就位于“最近发展区”。

多巴胺和皮质醇还可以解释记忆的优先性。记忆优先性指记忆对不同事件的情绪排序。例如与生死相关的记忆优先,如红绿灯或触电,一次就记住了,因为它会激发恐惧。其次是有浓厚情感

色彩的事件如爱恨别离,其因为情绪浓重而终身难忘。第三位才是专业知识。除非认识到有用,它们通常不能激发强烈情绪,因此专业教学中动机激励是关键,即明确教育目标,说明其有用性,是激发学生主动学习的关键。

多巴胺还可以为“以学习效果为中心”提供解释。根据期望/奖励机制,大脑分泌多巴胺以奖励期望达成,因此是结果导向的。也就是说,大脑奖励的不是“学习”而是“学会”。是“学会”这个结果让人产生愉悦体验。因此老师要尽可能保证学生学会,让“学会”为学习行为提供激励。一旦学生知道如何“学会”,学习就可能成为令人愉悦的“上瘾”行为。这就是学霸们的奥秘。

尽管人类有大体相同的情绪类型,但对同一事件不同大脑会有不同的情绪反应。这有认知和生理两方面原因。首先是认知,如何看待同一件事会影响人们的情绪认知,从而影响其情绪标签和情绪反应。其次是生理差异。例如,杏仁核较大的人好冲动,杏仁核较小的人较冷漠。<sup>[38]</sup>好冲动者扣带皮质体积较小且活动性较弱,故行动引导与监控能力较弱。海马体受损人会变得麻木。肾上腺素分泌过剩的人会比较紧张。<sup>[39]</sup>如此等等。因此对学生行为进行情绪判断时,要考虑到情绪的个体差异性。

事实上脑的个体差异普遍存在,天下没有相同的脑。基因和经验是塑造大脑的主要力量,脑是基因和环境的函数。从基因看大脑个体差异,例如,女性胼胝体和前连合都比男性大,因此处理复杂任务时女性倾向于使用大脑双侧,而男性倾向于使用单侧;女性的语言表达要求远强于男性。右利手的语言中心多在左脑,左利手中70%的人语言中心也在左侧,其余的在大脑两侧。右利手通常逻辑思维较好,左利手想象能力较好,但多有口吃和阅读困难。冷血连环杀手的杏仁核比常人小17%;艺术家的感觉综合区(视觉、听觉、体感交汇的脑区)比常人大8倍。好社交者的纹状体对友善者反应较强,孤僻者的杏仁核对不友好行为反应强烈。猎奇者的纹状体和海马体之间有较强联系,因为纹状体一发现新鲜事物,海马体马上分泌多巴胺以资鼓励。喜合作者的岛叶皮质对不公平对待反应强烈,而不好合作性者的岛叶皮质对此反应迟钝。爱因斯坦在空间和运动想象方面能出类拔萃,据说与其大脑顶叶中负责空间与运动想象的脑区缺一个脑沟有关。由于缺少这个脑

沟,该脑区神经元信息可以更便捷地传递。脑容积与智力也似乎关系不大,作家乔纳森·斯威夫特的脑体积为2000克,而心理学家巴甫洛夫的脑仅有1517克,但他们都同样出类拔萃。<sup>[40]</sup>脑科学已经证明,人脑的个体差异性远远大于过去所认为的程度,因此学校和教师要更加注意学生的个体差异,创造出尽可能满足每个学生特点的教学系统。帮助每个学生发展是SC改革的重要目标之一。

经验对大脑的影响更为明显。经验直接决定突触的增生、修剪、髓鞘化,从而塑造出不同的神经网络,形成不同的大脑。故大脑犹如面孔,彼此相似,但又各不相同。

老师们应当认识到,学生们是各怀梦想,带着自己的个性、知识和经验来到学校的,我们面对的是这样一群大脑。教育从来都不是从白纸开始,而是要在这些现有基础上和这些大脑互动,让他们按你所希望的方向发展。从大脑互动的角度看待教学会更贴近现实,也更容易理解教学中出现的问题。老师要尽可能创造出适合每个学生的学习环境,学校要创造出适合所有学生发展的校园,这才是SC改革的理想!

然而,教育经验的重要性也不可高估。有研究表明,基因与经验对智力的影响大体各占50%。若此,在25岁前人的三种基本经验——家庭经验、学校经验、社会经验中,学校经验的影响大概不会超过20%。也就是说,有80%的影响由遗传和非学校经验负责。因此我们或许要承认一个由来已久的说法:教育不是无能的,也不是万能的。凡是把学生未来发展结果完全或主要归结于学校教育的说法,无论是诺奖得主还是冷血杀手,都属于过度归因。既不科学,也没必要。老师要教好书,但学生得自己成长;学校要做好工作,但不能承担学生发展的全部后果。

但很不幸的是,当前关于教育的很多讨论中,这种过度归因普遍存在。政府、学者、公众、甚至学校和老师,常有这类简单化宏论。但这些宏论除了扭曲事实、误导舆论外,对政策制定和教育实践均无好处。政府主管部门和学校领导者对此要有清醒认识。

#### 4. 社会脑。

人在社会中生存,社会是人的基本生存环境。人创造出了语言、知识、文化、制度等社会性产物,并在社会中培育后代。帮助学生认识与适应社

会,为成人生活做好准备,是教育的基本目标。

最能反映社会对人脑影响的现象是,大脑发展出了整套组织和功能来满足社会性学习。其中最重要的两个系统是镜像神经元系统和语言神经系统。前者为了模仿,后者为了交流。

镜像神经元是自己做某个活动和看别人做同样活动时都会兴奋的那些神经元。比如你看见别人打球时你可以感受到自己好像在打球。让你有这种能力的是镜像神经元。镜像神经元是观察学习和模仿学习的神经基础,而这两类学习是最基本的社会性学习。

群体性哺乳动物如狗、海豚、猴子等都有镜像神经系统,都能通过观察和模仿来学习。镜像神经元最早是在研究猴脑时发现的,但很快发现人也有镜像神经元。研究发现,人脑的镜像神经系统更加广泛和复杂,其不仅涉及运动脑区,还涉及到感觉、知觉、情绪、意识等脑区。因此,人不仅有模仿能力,还有感受到他人感觉、情绪、意图的能力。婴儿很早就会模仿,四岁时已能揣摩他人意图。这种通过观察他人表情和行为来揣摩其感觉和意图,并能从他人角度思考的能力叫同理心(empathy),或换位思考能力。这是一项高级心智能力,需要终身学习。

镜像神经系统对理解模仿性学习尤其重要,因为很多学习都依靠模仿。随着人的成长和发展,镜像神经系统会和语言、情绪、认知系统等融合,形成更复杂的神经系统。<sup>[41]</sup>镜像神经元还为心智理论(theory of mind)提供了科学基础。心智理论研究人是否有了解他人心智状态的能力?这过去一直是哲学问题,但现在镜像神经的发现为它提供了科学答案。

镜像神经系统缺陷会导致学习困难。例如,自闭症儿童不能很好阅读他人表情和理解他人意图,这被认为是镜像神经系统缺陷所致。<sup>[42]</sup>

美国著名神经科学家拉马钱德兰认为,发现镜像神经系统对理解人类文明发展至关重要。因为镜像神经元不仅在模仿和语言习得等社会性学习中有重要作用,还和理解他人感觉和意图有关。同理心表明人能区别自我和他人,这是自我意识形成的标志。拉马钱德兰认为,镜像神经元为理解人类文明发展提供了神经生理学解释。<sup>[43]</sup>

镜像神经系统与模仿性学习是社会学习理论的基础,这也是在大学教学中广泛实施群体学习或团队合作学习的根据。把学生组织成团队,学

生们在团队中学习到的东西会远多于单纯与老师互动。学生们可以从其他人在解决同一问题时表现出的不同思路中获益、从观察他人成败得失中获益、从他人生活与思想的多样性和丰富性中获益。这些都是单纯师生互动无法提供的。此外,学生们还可以在群体或团队中学会如何与人相处、如何发挥组织与领导作用等等,这些也都是从单纯师生互动无法学到的。把学生组成团队,打开群体学习的大门,让学生在互教互学中相互促进,共同成长,可以大大提高学生学习效果。这是为什么现在群体学习与团队学习是 SC 教学改革设计的基本维度之一。

语言是人类交流工具,是大脑的重要功能。尽管很多动物都有通过声音、姿势等进行交流的能力,但只有人创造出了语言系统。人不仅用语言进行交流,还用它保存和传播文化。

人脑发展出了专门脑区来处理语言(见图1)。大致地说,说和口语句子组织主要在布洛卡区、听觉语言中枢和视觉语言中枢主要在韦尼克区。文字是智人形成后很久才出现的,因此大脑并没有形成专门的书面语言脑区。大脑很多脑区都参与阅读与书写功能,但主要分布在角回、额中回、额后回等脑区。各区之间有神经网络相连,形成完整的书面语言功能网。认知心理学家们普遍用“心理词典”,来表征语音、语义、语法、视像等。但现在知道,这些语言要素存在于大脑各处。例如,视像分布在视觉区、声音分布在听觉区、语义分布在整个脑皮层等。语法可能由专门脑功能模块处理,也可能由很多网络环路共同处理。如果这些脑区受损,会出现相应的语言能力缺失症。<sup>[44]</sup>脑中有语音回路和视觉回路(见图5),口语和书面语的专门化提高了大脑语言处理的效率。这两个通道可各行其道,也可相互配合。

人先学会听,其次是说,然后是阅读和书写。研究发现,从青春期起,认知开始向表征和抽象化阶段发展,语言也随之开始变得更加精准和复杂,并向专门化方向发展。词汇量变得越来越大,表达也变得越来越丰富,越来越精准。词汇、概念、术语、符号等都是思维的表征方式。语言与思维互为表里,语言能力通常是思维能力的可靠指标,通过语言能力可以看出思维能力的发展状况。因此大学应注意通过语言能力训练来发展学生的思维能力。

一个常见的狭隘理解是,语言能力培养是语

文课的事。如要培养语言表达能力就增加一门大学语文课。但这个理解是狭隘的,因为学习任何一门课,都意味学习一种新知识、新思考、新概念和新表达。让学生通过阅读、讨论、写作、报告、辩论等方法来掌握这些新概念和新术语,学会用它们来表述新知识和新思考,这是大学所有课程都要承担的语言发展任务。

美国小型文理学院的一个做法是,要求所有课程都必须参与到学生思维和语言能力发展的任务中去。让学生通过各门课程学习,反复训练其思维与语言能力,并最终达到较高水平。这个做法被称为“通识教育专业化”。因此,当美国小型精英文理学院说要培养学生的交流和表达能力时,它们指的不是增加一门语言课,而是指要求所有课程都以统一的方式对学生进行思维和语言训练。由于所有课程都必须参与学生的思维和语言能力培养。因此学校需要制定统一的教学规范和教学制度,对任课教师进行统一的教学法训练。通过这些制度,使各种思维和语言要素训练在不同学术课程中以统一的方式表现出来,最终叠加成较好的思维能力和语言交流能力。正因如此,它们才可能集群力而成伟业,在美国本科教育中独占鳌头!这是美国小型精英文理学院通识教育的成功秘诀之一,非常值得中国大学学习。

模仿和交流是塑造社会脑的两个主要工具,但脑社会化的核心是大脑要为自己设计并营造出自己的微型生态空间(eco-niche)。在这个过程中,社会各方面如制度、文化、生活方式等都会对其施加巨大影响。青春期发展就是这样一个过程,下一节再做讨论。

以上是关于脑科学和神经科学的一些基本知识。罗杰斯大学神经科学教授格洛克从脑科学角度就学习与记忆给学生提了10条建议:①在所学知识之间建立联系,形成知识网络,可以增强记忆。知识越多,联系越广,记忆越好;②广泛使用视觉记忆。人类视觉记忆远好于文字记忆。把文字转化为图像和视频可以提高记忆;③要意识到记忆的局限性,意识到人类记忆是不可靠的。要接受并防范记忆错误。人有高估自己记忆能力的倾向,对此要保持警惕;④技巧性知识只能通过不断练习来提高记忆,练习是提高技巧性记忆的最佳方法;⑤保持足够睡眠。午间小睡对提高记忆非常重要;⑥健康用脑。注意用脑适度,过度用脑会导致严重的记忆问题;⑦放松。让大脑放

松,瑜伽冥想可以帮助放松大脑;⑧ 多动笔。“好记性不如滥笔头。”勤动笔有助于提高记忆;⑨ 有氧运动。大脑需要心脏和肌肉提供血液和养料,有氧训练有助于保持和提高记忆;⑩ 用进废退原则,大脑越用越好。<sup>[45]</sup>

我从大学教学设计和教学改进角度给教师和学校提 14 条建议:① 经验塑造大脑,把经验获取和经验多元化作为教学设计的基本维度;② 把环境设计和环境变换作为教学法设计的基本维度;③ 把挑战学生、令其发挥最大潜力作为教学法设计的基本维度;④ 关注学生大脑能量供给问题;⑤ 注意教学过程的节奏感,给学生留出思考和消化时间;⑥ 在教学过程中注意调动学生情绪,使其主动参与学习;⑦ 把多样化重复作为教学法设计基本维度;⑧ 把课前阅读、课中讨论、课后作业作为教学法设计的基本原则;⑨ 把发展认知框架构建能力和认知框架整合能力作为教学法设计的基本维度;⑩ 把群体学习和团队学习作为教学法设计的基本维度;⑪ 把“学会”作为教学法设计的基本维度;⑫ 把教学生“学会学习”作为全校教学法训练的统一要求;⑬ 把在所有课程教学中发展学生语言和思维能力作为学校教学法训练的统一要求;⑭ 关注学生在学习与发展方面的个体差异性。待到关于分析 SC 改革的实践与方法、技术与环境时,再具体讨论这些建议。

## 二、了解学生——青春期大学生发展研究

“了解学生”是美国 SC 改革的主要推力之一。青春期大学生发展研究包括三个学术领域:① 青春期大脑发育研究;② 成人呈现期研究;③ 大学生发展研究。下面分别加以介绍。

### 1. 青春期大脑发展研究。

传统认为,人脑在 3 岁之后就不再有大大变化了。但现在知道人脑一生都在变化。人脑在 25 岁之前有两次重大变化,一次是 0~3 岁,一次是青春期。促成这两次变化的原因不同,因此两次变化的性质也不同。促成第一次变化的原因是大脑要适应从母腹到外部世界的转变,变化最明显的是体积、结构、功能等。第二次变化是青春期。促成这次变化的原因是大脑要从被保护状态变成能独立在社会中生活。变化最大的是神经网络结构,重点是认识自我和适应社会。第一次变化是生命意义上的独立,第二次变化是社会意义上的独立。大脑的这两个“争取独立”的过程,主导了 25 岁之前的大脑发展。

其次是传统认为,人到 18 岁就成熟了,应该独立生活并自负其责,因此包括中国在内的很多国家都把 18 岁作为成人法定年龄。然而近十几年来的研究表明,人脑要到 25 岁左右才完全成熟,因此需要在这个基础上,重新考虑人的社会成熟定义以及相关社会制度安排,其中之一便是大学教育制度。

美国国家健康研究所(NHI)研究员基德从 1991 年起开始领导了一项长期研究,用核磁共振扫描成像(MRI)方法研究 3 岁至 30 岁的健康儿童及青年,研究其脑发育情况。到 2011 年为止,该研究共积累了共计 2000 人的 6000 份扫描资料。这是历史上首次利用 MRI 成像技术对人脑发育做长期研究,这为了解大脑发育提供了宝贵资料。

图 6 是该研究的一个合成图。<sup>[46]</sup>从中可以看出,大脑确实一直在变化。成熟的过程是从后向前逐步发展,直到前额叶。额叶成熟最晚,直到 20 岁还有相当部分尚未完全成熟。目前学界普遍接受的标准是,人脑要到 25 岁左右才完全成熟。

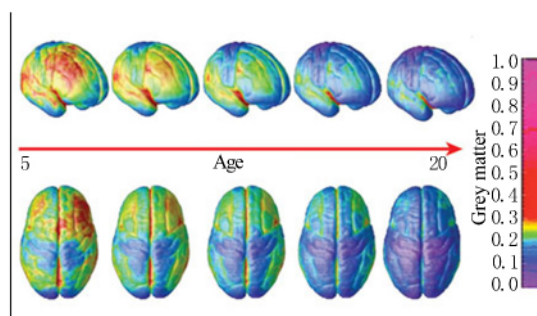


图 6 5~20 岁大脑灰质的变化

来源:Kendall Powell, Nature, 442, 865-867 (24 August 2006), adopted from Giedd.

此外,他们还测量了四个脑叶中灰质(神经元)和白质(神经胶质细胞,主要是髓鞘)的变化情况(见图 7)。<sup>[47]</sup>从图 7 左面四个图可以看出,从 6 岁到 20 岁这段时间,四个脑叶的神经元体积都经历了类似的先升后降的过程。体积增加是由于神经元突触增生,而体积下降是由于突触修剪。下降最明显的是额叶和顶叶。额叶是 EF 区和运动区,负责理性思维和身体运动;顶叶主要负责触觉、味觉、体感、身体认知、空间认知、身体协调、语言等。其次是负责听力的颞叶。最不明显的是负责视觉的枕叶。

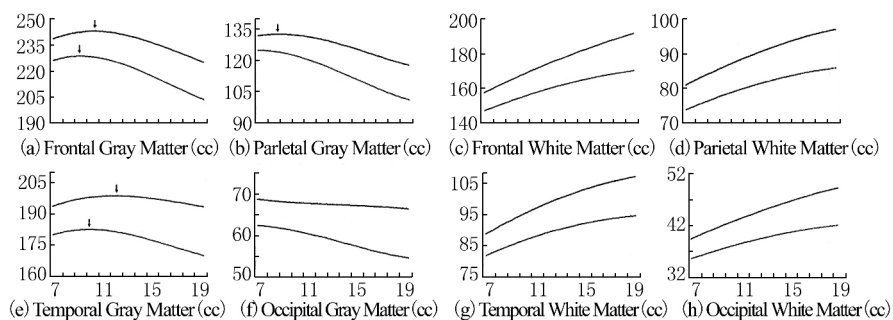


图7 6~20岁各脑叶灰质和白质体积的变化。

左面是灰质,右面是白质。A、B、C、D分别是额叶、顶叶、颞叶和枕叶。

来源:Giedd, 2013<sup>[48]</sup>

一般而言,神经网络变化越明显的脑区,相应的感觉与行为的变化越大。

随着各脑区灰质体积下降,白质体积却不断增加。白质主要是髓鞘,目的是提高信号传递速度。灰质下降和白质增加说明,在外部经验刺激下,大脑一方面根据用进废退的原则,快速形成各种特定神经环路,清除不用的神经元及突触链接;另一方面在常用神经环路上迅速髓鞘化,以提高信号传递速度。

推动神经网络变化的决定性因素是经验。大脑根据经验对神经网络进行选择构建、修剪和髓鞘化。青春期神经网的明显变化说明此时大脑在经历巨大变化。要想知道经验如何塑造学生大脑神经网络,只要观察他们都在做什么就可以知道了。一般而言,神经网络变化越明显的脑区,相应的感觉与行为变化也越大。

为了支持这些变化,大脑超量分泌激素或荷尔蒙,使人在精神、体力、耐力、承受力等方面都达到顶峰,此时大脑发展也达到最高峰。随着青春期结束,大脑基本定型,人的发展也随之进入基本稳定的成人期。

青春期一结束,大脑就开始衰退,直至死亡。从图8可以看出,青春期后大脑的各种功能都开始衰退,唯有语词知识随着知识和经验增加而继续增长。这清楚表明,青春期是人发展的关键窗口期,一旦错失会终身遗憾。如何帮助学生抓住这个窗口期,是大学教育的重要任务。

成人期神经环路重建之所以困难,是因为此时灰质和白质已充满大脑所有空间,很难有空间让大脑发展新的神经网络。因此过了青春期,人就不太可能再像青春期那样高效快速学习了。当然,尽管困难,如有需要,大脑仍然能冲破阻力构

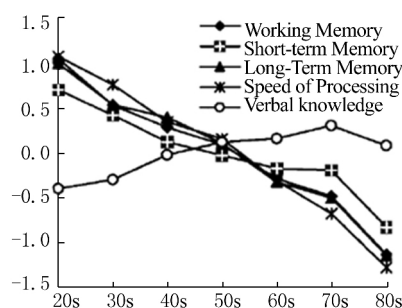


图8 青春期后大脑功能的变化

来源:斯坦福大学 Brunet 实验室网站<sup>[49]</sup>

建新的神经环路。这种能力叫“大脑弹性”,是人可以“活到老、学到老”的原因。但这时的学习不仅困难多,而且效果差。因此“少壮不努力,老大徒伤悲”,实在是千真万确的真理。

青春期大脑发展的第二个特点是额叶晚熟。尤其是前额叶,是大脑中最后成熟的脑区。由于EF区在前额叶,是理性的核心,由此可以判定理性发展最晚,因此理性是人成熟的标志。

尽管前额叶和EF区如此重要,但对它们的研究直到近20年才得到较快发展。即令如此,目前对前额叶是如何发挥作用的、包含哪些功能区、彼此如何互动等问题,仍然是众说纷纭,莫衷一是。

巴格塔等人总结了2000年至2013年间发表的106个经验研究,涉及到EF区功能的主题包括:抑制与抑制控制、工作记忆、转换(shifting)、更新(updating)、认知流动性、计划、任务变换(switching)、注意、情绪控制和规范、流畅性、行为控制与规范、自我监控、问题解决、分类、中央执行、首倡启动(initiation)、组织、视觉与空间信息处理、认知控制、概括、元认知、目的性行动、自我控制、语词处理、创造性、演绎推理、多任务协同、

活动有效性、同理心、执行控制、反馈性学习、全神贯注、动机驱动、冲突回应、奖励处理、安排顺序、战略回溯、警觉、意愿决定等。这些主题显示了当前学界对 EF 区功能的看法。<sup>[50]</sup>

归纳起来,EF 区有八类基本功能:① 工作记忆。在大脑中提取、保持与操作信息的能力,构建与整合认知框架的能力;② 计划能力。计划当前及未来活动的的能力;③ 任务转换能力。能根据特定情况,让思维在不同思路之间转换的能力。转换能力是产生不同思路,对其做评价,并择善从之等一组能力的表现。④ 组织能力。在信息、空间、活动中寻找并创造秩序的能力。⑤ 抑制能力。控制和停止某个思考和行为的能力。抑制也是一系列分析、判断和决策能力的结果。抑制意味着能分析、判断和决策,并能把思考结果付诸行动等。⑥ 情绪控制。能根据目标和策略恰当控制与表达情绪的能力,是成熟的重要标志。⑦ 首倡启动。主动提出和启动一项任务或活动的的能力。首倡意味着已经有了主动、创新、规划和担当的能力。⑧ 自我监控能力,即元认知能力。能对自己的思维和行动进行观察和分析,并根据标准或结果做出评估和调控的能力。这些功能都与“理性”相关。因此脑科学界普遍认为,EF 区的特点是理性。上述八项为 EF 区的理性功能或理性能力。

说 EF 区的特征是理性,不是说它与非理性因素如情绪、动机、直觉等无关。而是说,EF 区要协调和控制这些非理性因素,使其在理性框架内活动。如坝与水,水提供动力,坝控制方向与流量。如果水冲破坝,则意味着人失去理智,整个心智系统会因此崩溃。

总之,青春期大脑研究发现,青春期各脑叶都出现明显灰质下降和白质增加,说明这段时间大脑在经历巨大变化。前额叶成熟最晚,衰退最早。由于 EF 区是理性思维所在,因此理性和理性能力发展是青春期大脑发展的主要特征,故大学教育应当把理性发展作为其主要任务之一。

## 2. 成人呈现期研究。

除理性和理性能力发展外,青春期大学生发展的第二个基本任务是人的社会化发展。在这个发展中,年轻人逐渐从被保护者变成能独立生活的成人。在这个时期年轻人究竟是怎样发展变化的呢?对此做出了开创性研究的是克拉克大学心理学教授阿奈特。他提出了“成人呈现期”(emerging adulthood, EA)的概念。今天,EA 研究已经成为发展心理学、社会学、脑科学、教育、职业发展等多学科合作的专门研究领域。

阿奈特说,今天如果你问 18~24 岁的年轻人,你们是青少年吗?他们会说不是;如果你再问,那你们是成人吗?他们也会犹豫一下说,也不是。那他们是什么人呢?阿奈特认为,他们属于一个特殊发展期:成人呈现期,他们应该被称为“呈现期成人”(emerging adults)。也就是说,在传统的青少年研究和成人研究之间,阿奈特发现了一个新的发展阶段,并认为这个阶段有其特有的发展特点和问题,需要做专门研究。

“今天”这个词很重要。也就是说,这是一个当代问题,50 年前这个阶段并不存在。阿奈特说,比较 50 年前和现在的年轻人,会发现他们之间有很大不同。如果把稳定工作和婚姻作为成人标志会发现,1950 年代很少有人上大学,中学毕业后就工作,然后结婚生子,因此男性工作年龄为 18 岁左右,平均结婚年龄为 22 岁。当时女性多为家庭妇女,中学毕业后立刻结婚,平均结婚年龄为 20 岁。但今天的年轻人要上大学甚至研究生院,一般要多次换工作之后才逐渐稳定下来。结果是稳定工作和结婚年龄都普遍延迟。今天平均结婚年龄男性为 28 岁,女性 26 岁,而且还有延长的趋势。这个新出现的延迟期就是所谓“EA 期”。

EA 期的人有五个特点:① 自我认同。探索并回答“我是谁”,这是 EA 期的最大挑战。他们不仅要思索,还要通过尝试各种新经验来发现与认识自己的特点、爱好、梦想、能力、潜力等,并根据回答来规划自己的成年生活。一旦自我认同问题有了答案,发展就进入平稳的成人期。② 不确定性。为了回答自我认同问题,EA 期的人非常不稳定,充满变化。他们对自己和周围世界会产生各种不同想法,并不停探索和尝试。结果这些人的生活像过山车,不停上下起伏,左右旋转。为了刺激这种生命探索,大脑提高了荷尔蒙分泌水平,使身体、思维、情绪等都处于巅峰状态。这是一个“糖比糖还甜,痛比痛还痛”的年龄。在这个时期形成的记忆不仅充满细节,而且充满情感!③ 可能与乐观。EA 期的人思维灵活多变,愿意尝试各种可能性,愿意通过亲身经历来获取对自己和外部世界的认知。EA 期的另一个特点是乐观。相信“天生我才必有用,千金散尽还复来”。

EA 期的人有五个特点:① 自我认同。探索并回答“我是谁”,这是 EA 期的最大挑战。他们不仅要思索,还要通过尝试各种新经验来发现与认识自己的特点、爱好、梦想、能力、潜力等,并根据回答来规划自己的成年生活。一旦自我认同问题有了答案,发展就进入平稳的成人期。② 不确定性。为了回答自我认同问题,EA 期的人非常不稳定,充满变化。他们对自己和周围世界会产生各种不同想法,并不停探索和尝试。结果这些人的生活像过山车,不停上下起伏,左右旋转。为了刺激这种生命探索,大脑提高了荷尔蒙分泌水平,使身体、思维、情绪等都处于巅峰状态。这是一个“糖比糖还甜,痛比痛还痛”的年龄。在这个时期形成的记忆不仅充满细节,而且充满情感!③ 可能与乐观。EA 期的人思维灵活多变,愿意尝试各种可能性,愿意通过亲身经历来获取对自己和外部世界的认知。EA 期的另一个特点是乐观。相信“天生我才必有用,千金散尽还复来”。

无论对自己的能力、机会和未来,都估计乐观。调查表明,83%的人相信“万事皆有可能”,73%的人相信自己会好于父辈,多数人认为自己高于平均水平。尽管这些乐观未必有根据,但正是这些乐观预期推动了他们发展。<sup>[4]</sup> ④ 专注自我。由于忙于认识自我、认识社会、规划未来,巨大的成长压力使他们几乎把全部注意力都集中到自我,无暇他顾。但专注自我不是自私。前者只是“没注意到别人”,后者是“只关心自己”。也就是说,一旦他们忙完了,也会和我们一样,变成富于同情心的利他主义者。用阿奈特的话说,他们“专注自我但不自私”。<sup>[5]</sup> ⑤ 中间感(feeling in-between)。EA期的人普遍有一种两头不靠的中间感。这是他们的特点,也是他们变化的不稳定状态的原因。他们是孩子,但正变成成人;他们还得依赖父母,但想摆脱父母;他们不熟悉社会,但想进入社会,如此等等。这种中间感会伴随始终。一旦稳定下来,中间感消失,他们就变成了成人。

显然,阿奈特是以“自我认同”为轴心来解释其他四个特点。这些特点适合描述大多数美国大学生,也适合于描述大多数中国大学生。因此在这个阶段给他们最好的帮助是,为他们提供各种脚手架,让他们专心完成发展任务。<sup>[51]</sup> 而不是用成人标准来批评他们,例如把他们忙于“专注自我”看成是“精致的利己主义”。

为什么会出现这个延迟的EA发展期呢?阿奈特认为有四个原因:一是社会经济发展。1950年代是工业经济,今天是知识经济;那时需要的是肌肉,今天需要的是大脑。社会需要更多受过大学教育的人,因此需要付出更多时间来培养新一代劳动者。二是避孕药。避孕药使性行为 and 婚姻分离。前者是生理需求,后者是社会责任。统计显示,首次性行为年龄下降,但结婚年龄却不断上升。三是女性运动。1950年代前女性很少参加工作,给女性的工作机会也很少。但今天女性的社会环境大不相同。她们有更多选择,可以自己规划未来。女性自主意识觉醒最好的证据是当代大学女生比例已经超过男生。四是青年运动(youth movement)。今天青年人认识到,他们可以不必遵循前辈经验和传统,不必匆忙跳入成人生活,可以花更多时间来探索未来。“不愿长大”就是这种倾向的生动反映。由于这些因素,当代人的发展出现了EA期。阿奈特把这个发展期定为18—25岁,这和大脑发育年龄一致。

阿奈特认为,EA期出现是社会发展的必然结果,且对个人对社会都是好事。由于EA期,社会会有更高素质的劳动者,孩子会有更成熟的父母,经过较长成长期的人的生活会更幸福,整个社会会有更高素质的公民。因此,EA期是社会进步的表现。

阿奈特提出这个理论部分源于他自己的成长经历。<sup>[52]</sup> 2000年他发表论文:“成人呈现期:一个关于青少年晚期到二十多岁的发展理论”。<sup>[53]</sup> 文章发表后立刻引起广泛注意,并很快被接受。2003年召开首次学术年会、2013年正式成立学会、同年《成人呈现期研究》创刊,到2016年该学会已在全球拥有500多名会员。十余年来该领域出现了很多理论探索和实证研究。2016年出版的《牛津成人呈现期手册》基本反映了该领域目前的发展状况。<sup>[54]</sup>

我认为这个理论给这一时期年轻人的发展一个更加清晰的定位,填补了传统青少年研究和成人研究之间的空白,丰富了对这个特殊阶段的人的发展的认识。尤其是对这个时期人的特点及其发展的研究,可以使我们可以更好地理解当代大学生,尤其是他们在发展方面所面临的巨大压力和艰难曲折的发展历程。

### 3. 大学生发展研究。

大学生发展研究是美国高等教育研究中的主要领域。从了解学生角度看,有两个研究领域值得注意,一是大学生发展研究,二是“大学如何影响学生”研究。前者主要是理论研究,后者主要是实践研究。

和中国一样,美国大学也要对学生身心健康发展负责,扮演“代身父母”的角色。因此,学生管理与学生服务一直是大学的主要工作之一。美国大学很早就从教育学、社会学、心理学等方面对大学生进行了大量研究。但过去的研究是分散的,缺少整体性框架。1990年代发展心理学提供了新的视角,可以用发展角度把大学生的生理、心理与社会发展纳入其中,于是出现了“大学生发展”(student development in college, SDC)研究。1998年艾文斯等人撰写的《大学生发展:理论与实践》出版<sup>[55]</sup>,立即成为培养大学学生事务人员的主要参考书。2010年和2016年该书先后再版。下面根据该书来介绍这个领域的基本理论和主要发展。<sup>[56]</sup>

和EA研究类似,该书也是以“自我认同”为



轴心来组织材料。也即是说,SDC 研究也认为自我认同是大学生发展的核心问题。自我认同包括:种族认同(racial)、民族认同(ethnic)、生理性别(sexual)认同、社会性别认同(gender)、失能认同(disability)、社会阶层认同(social class)等。显然社会阶层认同范围太宽,还可进一步分解为政治立场认同、经济地位认同、社会角色认同、社会等级归属认同等。在我看来,这些政治、经济、社会方面的认同对人生定位影响更大,认同过程也更复杂。大学生在求学期间要基本完成对这些问题的探索、体验与认定,形成关于“我是谁”的认知框架,并为其未来成人生活提供基本参数。在大学期间,正是这些自我认同,驱动着大学生的学习与社会活动。

北卡罗莱纳大学威名顿分校学生事务助理副校长沃尔克从大学生发展工作角度总结了美国大学教育的基本理念:① 全人。把学生看成一个整体(holistic),对其进行全面教育,使其得到全面发展。这就是全人教育理念。② 个体独特性。每个学生都是独特的,应该按其个体特点对待每个学生。这是个体化和差异化教育的基础;③ 行为。行为是遗传与环境的函数。学生在与环境互动的过程中成长,行为是实现互动的基本方式。教育的关键是提供适当的环境,让学生通过活动成长。这个假设把环境和活动提到了前所未有的高度,为教育环境营造和学生活动设计提供了基础;④ 最大化。学校应设法使学生发展最大化。发展最大化的方式是挑战学生、激发潜力、提供支持。学校要为学生学习提供足够的挑战和支持。⑤ 能力与技能。发展的对象是能力和技能。让学生通过克服挑战获得能力与技巧,并实现发展。⑥ 危机。危机是失衡,是挑战与能力之间的失衡,是能力不足的表现。危机可以来自体力、情感、智力、精神等方面。帮助学生克服危机的关键是使其获得能力,从而战胜困难、重建平衡、实现发展。⑦ 阶段性。发展有阶段性,应按发展阶段循序渐进地帮助学生发展。跳跃可能会导致失败;⑧ 局部与整合。发展是具体、局部、分别、孤立的;整合是看到全局。要在局部发展之间建立关系,使之最终成为整体。<sup>[57]</sup>

这些原则体现了 SC 改革的思路,不仅指导着美国大学的学生工作,也指导着其教育教学工作。尤其是第 3、4、5、6 条关于环境挑战、行动、能力与技能、平衡与失衡、局部与整体的说法,清楚

地显示了美国大学教学强调设计环境挑战,让学生通过实际活动来克服困难,并在问题解决中培养能力、实现发展的基本思路。

此外还有一些理论对美国大学生工作有重要影响,如埃里克森的心理发展模型、齐格林的人格发展向量模型、马斯洛的需求层次模型、科尔伯格的伦理认知发展模型、佩里的智力发展模型、科根和玛格尔达的自主自决理论、布鲁姆的认知目标分类模型等。

埃里克森(E. Erikson)于 1959~1980 年提出人格认知发展模型。他认为人格发展有八个阶段,每个阶段都有一个矛盾。矛盾造成危机,危机推动发展,危机解决后进入下一阶段,最后完成人格的终身发展。这八个阶段为:基本信任/不信任(0~1 岁)、自主/羞愧与怀疑(1~3 岁)、主动自发/罪恶感(3~6 岁)、勤奋/自卑(6~12 岁)、角色认同/角色混乱(12~20 岁)、亲昵/疏远(20~25 岁)、产出/迟滞(25~65 岁)、自我统合/失落(65 岁以上)。他认为人格在每个发展阶段都有一些变与不变。不变延续了自我的一致性,但变化增加了人格的丰富性。他还认为,有五个要素能促进人格认知变化:① 尝试不同角色;② 体验各种选择;③ 获得有意义成就;④ 能摆脱过度焦虑;⑤ 能有机会反思。埃里克森的人格发展阶段论和矛盾推动人格发展的看法,对后人有较大启发。

齐克林(A. Chickering)于 1959 年至 1965 年提出一个人格发展向量模型,即人格发展有七个维度:能力发展、情绪管理、从自主向依存发展、发展成熟人际关系、建立自我认同、发展个人事业目标、发展品德完整性。齐克林是在负责学生发展工作时从实际工作中总结出这个向量模型的,目的是为大学学生工作提供基本的维度和指向。这个模型据说很受实践者欢迎。

马斯洛把人的各种需求按满足优先性进行排序,提出了需求发展层次模型。这个满足优先性顺序为:生理需要、安全需要、爱与归属感需要、尊重需要、自我实现的需要。这五个需要非严格地构成递进结构,认为人的追求由低向高逐级发展。这个模型也被认为有重要参考价值。

科尔伯格(L. Kohlberg)把人的道德发展分三个层次、六个阶段。三个层次分别为前习俗、习俗和后习俗。前习俗层次以自我利益为标准、习俗层次以社会习俗为标准,后习俗层次以普适原则为标准。每个层次又可细分为两个阶段。第一

层次人关注的是自我,第二层次关注到社会,第三层次注意到天下。随着认知范围扩大,认知水平提高,道德也因此得到发展。

佩里(W. Perry)是哈佛大学学习研究中心主任,他研究大学生价值判断的特点和变化,得出了他的认知伦理模型(intellectual and ethnic model)。他发现大学生作价值选择时有三种基本模式。一是二元模式,非黑即白、非对即错、非好即坏。此时学习的任务是找到正确答案。二是多元相对模式,认识到价值的多元性及语境的重要性。但由于缺少价值立场选择能力,因此认为所有价值选择都有同等的合理性,出现价值相对主义态度。三是价值选择能力成熟,愿意在多元价值情境中做出自己的价值选择,自己成为价值决定主体。每个模型又可细分为三种情况。他认为这三个模型和九种情况反映了大学生们智力发展的过程,反映了大学生们如何在各种信息、理论、经验、观点中“构建意义”(meaning making)的能力的发展。这个模型对大学教学设计、学习效果评估、学生事务管理等领域都产生了重要影响。

科根(R. Kegan)是哈佛大学教育学院的心理教授。他首先提出自主自决(self-authorship)理论。科根认为,人的一生始终是围绕自我来构建意识世界。其认知发展、道德发展、与外部世界关系的发展,均受这个围绕自我意识构建的模型的影响。从出生时只感受到自我,经过有外部客体意识、能对外部客体分类、建立抽象概念系统,最后到建立包括所有事物的统一体系。这一系列发展都是为了让自己的获得对自己经验的感觉和对所知事物的意义的理解。这个围绕自我构建经验与知识体系的过程,就是自主自决过程。自主自决意味着对自己意识的自主、自建、自有、自享。只有对自己有意义和有价值的知识和经验,才可能进入自己的意识过程和意识世界。自己(self)是自己意识世界的创造者和拥有者(authorship)。

布鲁姆是芝加哥大学教授。1956年至1964年他领导的研究组提出了一套教育目标分类系统模型,涉及认知、态度、技能三方面。他把认知发展分为记住、理解、应用、分析、综合、评价六级,认知水平逐级递增。可以根据这个模型组织课程和教学设计,也可以据此进行学习与教学效果评价。这个模型对美国大学课程设计和学习效果评价产生了巨大影响。2001年有人对这个模型做了进

一步修改,变成:记住、理解、应用、分析、评价、创造。这是今天美国大学被广泛使用的课程设计模型之一。实践与方法部分具体介绍这个模型,故不在此赘述。

除了理论研究,美国还对大学生发展做过很多实证研究。帕斯卡里拉和特仑兹尼等人以“大学如何影响学生”为题,对1970年至2015年间的上万个研究进行了总结。先后分三卷发表,分别覆盖了1970年至1990年、1991年至2005年、2005年至2015年三个时期。这套书是研究美国“大学如何影响学生”问题的重要参考资料。<sup>[58]</sup>以下是前两卷报告的一些重要发现。

表2归纳了2005年美国大学生学习与认知方面发展的情况。从中可以看出,和同龄组相比,大学四年使大学生在各智力维度都向前移动0.5~0.8个标准差(SD)。在反思性推理和认知复杂性方面的进步尤其明显,达到0.9~2.0个SD,使他们在同龄组中位居前列。换言之,大学四年极大地提高了学生在思维、审辨、反思、认识与分析复杂现象方面的能力。这显然是大学教育学的结果。

表2 美国大学生大学四年在学习与认知方面的变化

1990年以前的研究		1990年以后的研究	
维度	效果/SD*	维度	效果/SD
语言技巧	.56	英语(阅读、文献、写作)	.77
定量技巧	.24	数学(普通数学能力、代数、几何)	.55
特定专业知识	.84	科学(实验室/现场工作、理解科学基础概念)	.62
口头表达技巧	.60	社会研究(历史、社会科学)	.73
写作交流	.50	通识能力(如使用科学与艺术的能力,问题解决能力)	.80
形式推理(皮亚杰形式推理)	.33	审辨思维技巧	.50
审辨思考技巧	1.00	审辨思考习惯	.50
反思性判断推理(后皮亚杰形式推理)	1.00	反思性判断推理	.90
观念复杂性	1.20	认识复杂性或成熟	2.00

\*:SD=标准差单位<sup>[59]</sup>

社会心理变化主要表现在学生社会角色丛、个人态度空间、个人社会活动空间的构建。青春期变化包括摆脱家庭与进入社会两个方面。前者表现为自我觉醒和摆脱庇护,后者表现为认识自我和融入社会。学生在大学阶段的发展主要在后

者,即社会化过程。这个过程包括四个主要环节:认识社会(有哪些社会组群)、认识自我(确定自我价值偏好系统)、自我定位(根据价值偏好系统确定对各社会组群的关系)、融入社会(实际行动与反馈调整)。自我认同包括种族认同、民族认同、性别认同、社会性别认同、社会阶层认同、组群忠诚认同、精神信仰认同等基本认同,以及亚组群认同,如国家认同、出生地认同、专业职业认同、兴趣爱好认同等。这些认同构成了个人社会角色丛。角色丛是个人偏好的集合,偏好决定了对不同社会组群的态度,如欣赏、融入、接受、中立、拒绝、忽视、敌视等。这些态度又进而决定了个人的社会活动空间,如和谁接近、和谁疏远、和谁保持距离等。从建立角色丛,到确定态度集合、确定社会关系集合、构建个人基本社会空间这四步,大学生完成其社会化过程。此后若无重大变化,这个个人化的社会认知与活动空间很可能终其一生。也就是说,大学的校园环境和校园活动决定性地影响了大学生的社会化过程。

1990年以前的研究发现,经过大学四年,学生的自我认同更加清晰、精细和复杂。个人在学术、社会角色、自尊自信等方面变得更加积极。最大的变化是降低了对权威与教条的依赖(0.7~0.9SD),变得更加自主(0.59SD),更独立于家庭影响(0.60SD)及同辈群体影响(0.20SD),自我控制能力增强(0.25~0.3SD),人际关系得到改善(0.16SD)。同时种族中心主义倾向下降(0.40SD)。

1990年以后的研究进一步证实了1990年前的基本发现。但还发现,1990年后大学生的认同变得更加精致和复杂,例如开始辨析种族与民族之间的差异、对同性恋群体表现出认可和支持等。但在自我学术认同和自我社会认同方面,1990年代后的大学生作为整体进步较低,分别为3个和5个百分点。这个统计得分较低被认为是由于内部分化造成的。有人变得更积极,有人变得更消极,结果在统计上被抵消。如果分别测量,两者的变化率分别可达到10~18个百分点左右,可见变化还是很大。

关于价值与态度。1990年前的研究显示,经过大学教育,在自由与保守之间,大学生们通常转向自由一端。随着时间增加,宗教信仰对大学生的影响逐渐减弱。他们变得更加支持性别平等,同时对不同政治、宗教、社会观点抱有更大的宽

容。但1990年代后的大学生群体在社会与政治问题上出现两极化倾向,同时对社会与政治问题的热情降低。大学生们更乐意作为志愿者参与社会服务,大学生志愿者比例比高中生要高出2~3倍。1990年代以来美国大学校园内的多元化运动明显提高了大学生对多元种族与文化的理解和敏感性。

在道德发展方面,大学生们最明显的变化是,从根据习俗或社会权威进行道德判断,转变成根据普遍原则进行道德判断。1990年以前的测量值为0.77SD,而1990年以后的测量为0.59SD。一年级新生的变化最明显,高达0.33SD。也就是说,主要变化发生在大学一年级。<sup>[60]</sup>

对照大学生发展研究中的各种理论模型会发现,大学生们的实际变化与这些模型基本吻合。大学四年学生们在各方面都得到了很大发展,但变化最明显的是理性和理性能力的发展。人在青少年期经历了肌体、感觉、情绪等方面的大发展后,终于在大学期间迎来了理性的成熟。理性能力发展表现在各个方面,包括学术能力、社会角色认定、态度价值自由化、道德判断原则化、情商或逆商提高<sup>[61]</sup>等等,都得到明显提高。理性和理性能力的发展,是大学生发展的最重要表现,也是人走向成熟的最重要标志。因此,大学教育教学应当把理性和理性能力培养,作为最重要的目标。

以上是美国关于大学生研究的基本状况。大学生发展研究丰富了对大学生心理与社会发展的认识,为大学生工作提供了指南。尤其是那套基本假设,对中国的大学生研究与大学教学研究也应有启示作用。关于“大学如何影响学生”的研究表明,大学阶段认知发展的主要特征是理性和理性能力发展,理性的发展进而影响了大学生们在认知、情感、道德、社会认知、社会融入等方面能力的发展。理性的发展尤其表现在更好的理性判断能力和理性控制能力。

但是美国的大学生发展研究似乎有一点不足,即其所依赖的主要理论均产生于1980年之前,没能很好吸收1980年代后脑科学、认知科学、发展科学等领域的新成果。这种脱节现象对该领域未来发展不利。

以上简要介绍了美国在青春期大脑研究、成人呈现期研究、大学生发展研究三个领域的发展情况。这些研究显示,围绕“了解学生”已经形成了一个多学科研究领域。该领域的发展对SC改

革产生了重大影响。但目前的研究还比较分散,缺乏整合,跨学科研究较少,尤其是从 SC 改革角度的研究更少。但我认为,这是一个既有学术基础又有广泛实践前景的领域,非常值得高等教育领域的学者们关注。

(未完待续)

本文特别感谢《高等工程教育研究》原常务副主编姜嘉乐先生及现任常务副主编余东升先生长期以来的支持和帮助,过去十年与他们之间的无数对话使我受益匪浅。我还特别感谢 UCLA 东亚图书馆馆长陈肃女士的长期支持和帮助。和她的无数讨论不仅帮我澄清了很多观点,还使我得以利用 UCLA 图书馆的丰富资源。我还感谢参加“以学生为中心本科教学改革研究课题”的所有学校和老师们,他们在研究与实践中提出的各种问题丰富了我的思考。最后感谢何进先生对本研究的信任和长期支持。

#### 参 考 文 献

- [1][46] 戴尔·申克:《学习理论》,江苏教育出版社,2012年第1、2章。还可参见 Erik de Corte, “Historical development in understanding learning”, In H. Dunont et al (edited), Nature of Learning. 2010, OECD publication. 其中,研究与教学实践的脱节被称为“大脱节”(great disconnection)。我认为这种脱节和学科分化有关。传统上大脑、认知、学习、教学在研究上各成一家,彼此很少往来。直到2000年《人是如何学习的》一书出版,这种情况才开始改变。但变化较大的是普教领域,在大学教学领域变化依然缓慢。
- [2] 国家自然科学基金会、中国科学院:《脑与认知科学》,科学出版社2012年版。
- [3] 这部分主要参考了2013年 Rutgers 大学神经科学教授 Mark A Gluck“Learning and Memory”的课程录像(13讲),教材为“Learning and Memory: From Brain to Behavior”,2010年由 Worth Publishers 出版社出版。美国阿兰脑科学研究所2012年的脑科学系列讲座(共12讲),由哈佛大学神经科学家 Clay Reid 和阿兰研究所首席科学家 Christof Koch 主讲。前者从生理角度介绍脑与神经研究,后者从人工神经网络角度介绍脑模拟和脑计算的发展和现状。2015年 PBS 播出的6集电视系列节目“大脑”(The Brain),该节目由 Rice 大学神经科学家 David Eagleman 主持,介绍了当前脑科学的发展状况。此外,美国一些著名学术机构和大学如美国健康研究所、阿兰脑科学研究所、加州大学伯克利分校、斯坦福大学、范德比尔特大学、牛津大学、剑桥大学等都经常上传其脑科学和神经科学的学术讲座到 YouTube 上供人观看。此外,脑科学与神经科学的大学教科书如由 MIT 医学院拜尔(Mark F. Bear)教授等2007年出版的《神经科学:探索脑》(Neuroscience: Exploring the Brain)(3<sup>rd</sup> edition)、由 UCSD 医学院帕石乐(Harold Pashler)教授主编的两卷集《心智百科全书》(Encyclopedia of the Mind)(2014)、中国国家自然科学基金会和中国科学院2012年出版的《未来10年中国学科发展战略:脑与认知科学》综述了欧美发达国家和中国在脑科学、神经科学与心理学的发展状况。这些资料和文献,可以为读者深入了当代脑科学与神经科学的发展提供一个基础。关于脑科学与教学的中文文献,可参考教育科学出版社的《脑与学习科学新视野译丛》及华东师范大学出版的《心智、脑与教育译丛》。这两套书对解当前脑科学对学习教学的影响很有帮助。
- [4] Rita Carter, et al, (2014), The Human Brain. 2<sup>nd</sup> edition. Pp. 8-11. DK Press.
- [5] 约翰·克里斯蒂安·史密斯:《认知科学的历史基础》,科学出版社2014年版。
- [6] <http://alleninstitute.org/>
- [7] <http://bluebrain.epfl.ch/page-52741-en.html>.
- [8] 经济合作与发展组织编,《理解脑:新的学习科学的诞生》附录:脑成像技术,2010年,教育科学出版社。
- [9] David Sousa 主编,《心智、脑与教育》第2章 神经成像工具与教育神经科学的发展,2013年,华东师范大学出版社。
- [10] MRI 技术原理简单解释如下,血液中的水分子是极化的。先在脑外加一个强大的外磁场(30—40T),这时所有水分子在外磁场作用下吸收能量,并按顺外磁场方向排列。然后释放外磁场,水分子又会返回无序分布状态,并释放所吸收能量。这时检测被释放的能量,并以图像方式呈现,于是这些图像反映的则是脑内血液分布情况。如果连续反复,则可显示血液在脑内流动情况。这些图像可以显示脑及神经网络的结构与活动情况。
- [11] 1990年通用 fMRI 机价格为三四百万美元,到2016年这个价格已经下降到15~50万美元。
- [12] Ilkka Tuomi, (2013), Educational Neurosciences: More Problems than Promise?. Education Policies and Reform Unit of UNESCO.
- [13] Discovery Science Channel, (2015), The Human Brain: Documentary.
- [14] 约翰·布兰克福德等:《人是如何学习的》(拓展版),华东师范大学出版社2012年版。
- [15] 关于大脑基本事实和当前发展,请参阅“Brain Facts”(2012)及该网站其他信息。<http://www.brainfacts.org>.
- [16] 爱分享图库。根据该网医用大脑解剖图图片整合而成。<http://www.iaweg.com/tupian/fzlnnlqq>.
- [17] 根据生长相关率,哺乳动物身体各部分大小存在特定比例关系。但不同哺乳动物的脑与身体的关系比例亦不同,衡量这种不同的指标叫脑指数。脑指数越大表示脑越大。由于脑的大小被认为与智力有关,因此通常用脑指数来研究不同哺乳动物的智力。

- [18] Daniel Wolpert, "The real reason for brains", TED 讲座 (2011-11-3), <https://www.youtube.com/watch?v=7s0CpRfyYp8>.
- [19] 参见该校网站
- [20] Suzana Herculano-Houzel, "What is so special about the human brain?" TED Lecture 讲座 (2013-11-26) <https://www.youtube.com/watch?v=-7-XH1CBzGw>.
- [21] F. Azevedo, et al., "Equal numbers of neuronal and non-neuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain". *Journal of Comparative Neurology*, 513: 532-541, 2009. 关于人脑中两类细胞的数量和比例,存在不同看法。2009 年以前学界普遍认为大脑有 1000 亿个神经元细胞。但此文根据其新的计数方法,实际"数"了人脑细胞,提出大脑有  $860.6 \pm 81.2$  亿个神经元细胞,  $846.1 \pm 98.3$  亿个非神经元细胞,两者之比为 0.99。此文发表后,学界逐渐接受了此文提供的数据,改变了原有的看法。还可参见, Suzana Herculano-Houzel 的 TED 讲座: "What is so special about the human brain?" TED Lecture 讲座 (2013-11-26)。
- [22] D Stuss, R. Knight ed. *Principles of Frontal Lobe Function* (2<sup>nd</sup>), p. 135, 2013, Oxford University Press.
- [23] 人体肌肉分两类,不随意肌(不受主观意志影响的肌肉如呼吸、心跳、血液流动、消化系统的肌肉)和随意肌(受主观意志影响的肌肉如四肢、面部肌肉、眼睛、舌头等器官的肌肉)。前者受脑干指挥,后者受大脑皮层指挥。
- [24] Mathew F. Glasser, et al. (August, 2016), A multi-modal parcellation of human cerebral cortex. *Nature*. 536, 171-178.
- [25] Alexander G. Huth, et al. (April, 2016), "Natural Speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex. *Nature*, 532, 453-458.
- [26] E. Goldberg:《大脑总指挥》,华东师范大学出版社 2013 年版,第 2 页。
- [27] 引自美国城市儿童健康研究所, March 26, 2017. <http://www.urbanchildinstitute.org/why-0-3/baby-and-brain>.
- [28] Knuesel, I. et al. (2014) "Maternal immune activation and abnormal brain development across CNS disorders" *Nature Review, Neurology*, 2014 Nov;10(11): 643-660.
- [29] David Sousa: What are teachers. American Program Bureau lecture on July 9, 2013. YouTube.
- [30] OECD 编:《理解脑》,教育科学出版社 2010 年版,第 221~222 页。
- [31] 关于重复对记忆作用还可参见学习幂函数,(美)约翰安德森:《认知心理学》(第 7 版)人民邮电出版社 2010 年版,第 173~176 页。
- [32] 重复与大脑兴奋程度之间的关系非常复杂,在此不做深究。有兴趣者可做专门研究。
- [33] 中国国家自然科学基金会和中国科学院:《未来 10 年中国学科发展战略:脑与认知科学》,科学出版社 2012 年版,第 81 页。
- [34] Mark A Gluck "Learning and Memory" 课程录像,第 6 讲。教材为 "Learning and Memory: From Brain to Behavior", 2010, Worth Publishers.
- [35] 苏珊·安布罗思等:《聪明教学 7 原理》,华东师范大学出版社 2012 年版。这本书也是加州理工学院教师发展中心推荐给该校老师们阅读的参考书。
- [36] Sandro Lecci, et al, Coordinated infraslow neural and cardiac oscillations mark fragility and offline periods in mammalian sleep, *Science Advances*, Feb. 12, 2017. <http://advances.sciencemag.org/on February 12, 2017>. 原文只涉及实验鼠,并未涉及人类。但该文结论被认为可用于理解人类睡眠。
- [37] M. Gazzaniga 等:《认知神经科学》(第三版),中国轻工业出版社 2009 年版,第九章。
- [38][39] 根据对美国重刑犯监狱监押的 300 多名系列杀手的脑部扫描发现,这些人的杏仁核要比正常人的平均小 17%。Historical Channel: Top Secretes about the Human Brain—Full Documents. 2015 年 7 月 30 号。YouTube.
- [40] Rita Carter, *The Human Brain* (2<sup>nd</sup> ed.), pp. 194-204. 2014, DK Press.
- [41] 镜像神经与行为学习和语言学习的研究,参考 Arbib, Michael A, (ed.) *From Action to Language via the Mirror Neuron System*. 2006, Cambridge University Press.
- [42] Rita Carter, *The Human Brain* (2<sup>nd</sup> ed.), p. 122-123, DK Press. 2014. "Mirror neuron", "Theory of mind" Wikipedia. Aug. , 10, 2016.
- [43] V. S. Ramachandran, *The Tell-Tale Brain*. WW Norton & Company, Inc. 2011.
- [44] 这是极简化说法。深入讨论参见 M. Gazzaniga 等编撰的《认知神经科学》(第三版),中国轻工业出版社 2009 年版,第 10 章。
- [45] Mark A Gluck, *Learning and Memory* 课程录像,第 6 讲, 2013 年。
- [46][47][48] J. J. Giedd et al, adolescent Frontal Lobes under construction. In D. Stuss & R. Knight (edit), *Principles of Frontal Lobe Function*, pp. 135-143, 2013, Oxford University Press.
- [49] <http://web.stanford.edu/group/brunet/projects%202009.html>. 2016 年 8 月 5 日提取。
- [50] P. Baggeta et al, Conceptualization and Operationalization of Executive Function, *International Mind, Brain and Education*. Volume 10, Issue 1, March 2016, Pages 10-33. 这是一篇文献综述,综述了 2000 年至 2013 年发表的 106 篇以 EF 功能为题的经验研究论文。

- [51] M. Mascolo & K. Fischer, Dynamic development of thinking, feeling and acting. In W. Overton & P. Molenaar (ed) Handbook of Child Psychology and Developmental Science. 7th edition, Vol. 1, pp. 113 – 161. 2015, Welly Press. 该文图. 4. 4. 显示了在不同支持条件下, 18~26岁青年在思考、感觉和行动方面可能出现的明显差异。尤其是在这一时期髓鞘化对技能技巧的影响。
- [52] J. Arnett, President Address: The emergence of emerging adulthood. : A personal history. Emerging Adulthood, 2014, vol. 2(3), 155-162.
- [53] J. J. Arnett, Emerging Adulthood: A Theory of development from the late teens through the twenties. American Psychology, 2000, V. 55, No. 5, pp. 469-480.
- [54] J. J. Arnett (edit), Oxford Handbook of Emerging Adulthood. 2016. Oxford University Press.
- [55] Nancy Evans, at el, Student development in College: Theory, Research and Practice, 1998, Jossey-Bass. 该书于2010年和2016年先后出第2、3版。本文主要参考第3版。该书第三版中文版即将由湖南教育出版社出版。
- [56][57] 本处参考了北卡罗莱纳大学威名顿分校学生事务助理副校长 Mike Walker 2008年撰写的《大学生事务工作与大学生发展理论精要》(Working with College Students and Student Development Theory Prime)。
- [58] Ernest Pascarella & Patrick Terenzini, (1991), How College Affects Students: Findings and Insights from Twenty Years of Research, Jossay-Bass; Ernest Pascarella & Patrick Terenzini, (2005), How College Affects Students: A Third Decade of Research, Jossay-Bass Publisher. Matthew J. Mayhew, et al., (2016), How College Affects Students: 21st Century Evidence that Higher Education Works, Jossay-Bass Publisher.
- [59] 同上。第2卷, 第573~574页。
- [60] Ernest Pascarella & Patrick Terenzini, (2005), How College Affects Students: A Third Decade of Research, chapter 11, Jossay-Bass Publisher.
- [61] 情商指控制与管理情绪的能力。逆商指在逆境中理性处事的能力。

## Open the Blackbox: The Scientific Foundation of Undergraduate Learning and Development (Part 1)

### ——A Series of Study of the SC Undergraduate Education Reform in the USA (2)

*Zhao Juming*

This article is the second of a series of studies of the “student-centeredness” (SC) undergraduate education reform in the USA. It addresses the scientific foundations of the reform. The author suggested that the foundation has four pillars: brain science and neurosciences, studies of emerging adulthood study and undergraduate development, cognitive psychology and cognitive sciences, learning psychology and learning sciences. Due to its length, this article is splitted into two parts. The first part focuses on brain science and neurosciences, and studies of emerging adulthood and undergraduate development. The other two are left for the second half.