

人人都能学好数学——神经科学的视角

廖冬梅

(重庆师范大学教育科学学院, 重庆 400000)

摘要: 在义务教育阶段, 数学教育的目标是使每个学生都学好数学, 即提高他们的思维能力。中国的《义务教育数学课程标准(2022版)》和美国的《Principles and Standards for School Mathematics》都强调了数学教育的公平性和通过数学教育提升学生思维能力的必要性。同时人神经系统的可塑性表明只要方法正确且努力学习, 每个人的思维能力都可以通过教育得到提升, 所以人人都能学好数学。

关键词: 数学; 神经系统的可塑性

文中, “数学”特指义务教育阶段的数学, “人人”指所有智力正常的小学和初中学生。“学好数学”的标准参考《义务教育数学课程标准(2022版)》, 并结合笔者的研究定义为: 在习得“四基”的基础上, 提升思维能力, 具体包括解决问题的思维能力和反思的思维能力。解决问题的思维能力由理解问题、简化问题、找到突破口、逻辑推导、反复探究和验证六个步骤构成。无论问题被成功解决与否, 对解决问题的过程进行归纳和反思; 以及对自己的思维习惯, 尤其特点和弱点加以反思则构成一个人反思的思维能力。根据维基百科的定义, 神经科学是对神经系统及其功能的科学研究, 神经系统包括大脑、脊髓和外围神经系统。经过大量实验, 神经学家们对人类神经系统的基本物质、结构和功能, 以及它们与人类思维的关系归纳出大量研究成果。这些成果可以证明, 在义务教育阶段, 每个学生都能够学好数学。

一、中国和美国都强调通过数学教育提高每个学生的思维能力

此处有两个关键词, 每个学生和思维能力。无论中国还是美国都强调义务教育阶段数学教育的普及性和对思维能力的培养。

在中国的《义务教育数学课程标准(2022)》中, 课程理念被表述为: “义务教育数学课程……致力于实现义务教育阶段的培养目标, 使得人人都能获得良好的数学教育。”。在课程性质的第二段提出“数学素养是现代社会每一个公民应当具备的基本素养。”。美国的全国数学教师学会简称NCTM, 于2000年制定了K-12年级数学学校教育的原则和标准, 称为“Principles and Standards for School Mathematics”, 书中规定六个学校数学教育的原则, 第一条便是“人人平等”, 在总结中再次强调学校教育应支持每个学生的发展。可见, 中国和美国都在义务教育阶段强调学校数学教育以“每个学生”的发展为目标, 而非选拔数学天才。

中国的《义务教育数学课程标准(2022)》在之前强调“四基”和“四能”的基础上进一步提出发展学生的核心素养, 并在课程目标部分将数学课程要培养的核心素养明确为: “1. 会用数学的眼光观察世界; 2. 会用数学的思维思考现实世界; 3. 会用数学的语言表达现实世界。”第二点直接指向思维能力, 第一和第三点其实是思维能力的另一种表达方式, 如课程标准说, “数学的眼光”主要表现为抽象能力、创新意识等; “数学的语言”主要表现为数学意识、模型意识等。NCTM在“标准”中从数字和运算、代数、

几何、测量、数据分析和概率五个方面描述了对内容标准的要求。五个部分无不反复强调使学生理解知识, 思考知识背后的思维方法的重要性。如书中说, 代数能够很好培养人构建模型和运用规律的思维能力。几何是一个能够培养学生逻辑推理能力和证明能力的天然场所。

所以在义务教育阶段, 每个学生都学好数学本就是学校数学教育的目标。同时, 学好数学的标准是发展思维能力。

那么, 这个目标可以实现吗? 究竟思维能力是由先天的基因决定? 还是后天的环境特别是教育决定呢? 这似乎又回到那个古老的争论“nature or nurture”。神经科学的大量实验和数据告诉我们, 作为思维物质载体的神经系统, 其基本物质的性状、结构和功能都显著受后天环境的影响。换言之, 只要教育方法恰当, 学生正确并努力地学习, 每个人的思维能力都可以通过教育得到提升, 所以都能学好数学。

二、人神经系统的可塑性表明人的思维能力可以通过教育显著提升

具体地, 神经科学从三个方面论证后天环境对每个人神经系统的形成发挥至关重要的作用: 神经系统是人类思维的物质载体; 后天环境在每个人神经系统的结构形成过程中发挥重要作用; 从出生到死亡, 人类的神经系统都会因时而变。

(一) 神经系统是人类思维的物质载体

神经系统由两部分构成, 中央神经系统简称CNS和外围神经系统简称PNS。CNS包括大脑中的神经体系和脊髓, PNS由叫作nerves的传感器系统构成, 把信号从躯体传入大脑的叫sensory nerves, 把信号从大脑传出到躯体的叫motor nerves。在细胞层面, 神经系统由神经元细胞构成。神经元有特殊结构用于接收和传导信号, 树突接收信号, 轴突向其他细胞输送信号。信号以电子或化学物质的形式传导。收到信号的神经元细胞会因信号的不同内容而被激活、抑制或改变性状。信号传递的速度非常迅速, 最快可到每秒100米以上。

由此不难看出, 人类的思维活动: 从感知外界信号, 到传递到大脑的不同部位, 到大脑处理信号, 再到大脑做出反应并将相应指令发送给躯体等, 无不在神经系统中进行, 所以, 神经系统是人思维活动的物质载体。

(二) 人神经系统形成和发展的过程表明: 后天刺激和学习是决定人思维能力和习惯的重要因素

人神经系统的基本单位分别是神经元和胶质细胞。科学家对神经元展开深入研究后, 将一个典型的神经元的结构按照其各部分的特征和功能不同分为: 细胞体、树突和轴突。神经元之间通过轴突传递信号, 无数这样的链接形成突触系统。

人类的记忆以编码的形式储存在约16, 340, 000, 000个神经元里, 而输入与输出大脑的信号则通过约2, 170, 000, 000突触来传递。

奇妙的是, 个体出生后的经历直接影响这些海量神经元的编

码内容,以及突触的链接走向和强度。

人在刚出生时突触很少,到6岁时达到高峰,然后会经历修剪直到20岁左右基本稳定。通过解剖和MRI等仪器的记录,神经科学家们发现每个个体的突触体系都不相同(神经元的编码过程还不甚清楚),突触形成和强度大小与后天刺激,特别是持续刺激有直接因果关联。

所以,虽然在彻底明了引起人身体和心理改变的所有因素以及它们间的关系前,“nature”与“nurture”之争尚无法裁决,但据现有的科学证据可以确定:后天学习对形成思维能力和思维习惯至关重要。因此从物质基础看,每个智力正常的孩子都有潜力将义务教育阶段的数学学好。(注:此话反推不成立。)

(三)“人的神经系统可因环境而改变”表明:思维能力和习惯会随环境和教育等的不同而改变

人神经系统的可塑性是指人大脑中的神经系统可以因生长或重组而发生变化的能力。这些改变从重新搭建神经元间的通道到整个神经系统的调试,如大脑皮层的重新规划。大量实验室数据证明,神经系统在结构和功能两个方面都展示出很强的可塑性。如Bottari·Davide和他的团队在《Neuro Image》2014年7月发表其对聋人大脑皮层中视力和听力区域的神经系统的研究结论,指出患者大脑中原本主管听力的神经元和突触在患者丧失听力一段时间后被重新编码,并与主管视力的神经元链接起来。说明人类神经元的分工可以因实际情况不同而被重新规划。另一项以双语能力的人群为对象的研究结果表明,会双语的人的大脑灰质比单语组的灰质显著地更加紧密;同时这些双语学习者的大脑灰质在学习的末期比学习初期显示出更大的密度。说明大脑的结构因学习而发生显著变化。这样的实验数据还很多,都证明后天的刺激、学习对神经系统的结构和功能都能产生重大影响。

很遗憾在实际生活中,“学好数学靠天赋”之类的观点却仍然普遍存于学生、家长甚至教师的心中。他们看到,上同一个老师的课,学同样的教材,做同样的练习,有些孩子反应快,学得既好又轻松,有的孩子却迟迟不得要领。加上在数学专业领域,数学家们都说:要做出像欧几里得、高斯、欧拉那样的成就,天赋必不可少。因此人们便顺理成章认为因为有些孩子缺乏数学天赋,所以天生没有办法学好数学。但他们错了。诚然成为数学家需要天赋,甚至年龄来助力;但在义务教育阶段,每个孩子都可以通过数学教育来改变其神经系统的物质结构和功能,从而提升思维能力。

其实只要对学生的状况进行个性化的深入分析不难发现,那些孩子数学学得好的孩子靠的不是天赋,而是学习方法。他们在学习新知识和做题时都有意识地去思考“背后的东西”——如分配律的推导过程,除法和乘法的关系,为什么2是最小的质数等。相应地,那些苦于大量刷题却总也学不好数学的孩子也绝非不够聪明,他们只是学习方法错了,用死记硬背来学数学,没有学会去总结知识和练习题背后隐含的思维方法(注意不是做题的方法),缺少将学习和做题转化为提升思维能力的步骤,错误地用背题型、背技巧等背诵的方法来学习数学。

这也解释了为什么数学学得好的孩子也大都都能学好物理、化学、生物等其他学科。因为他们可以通过学习来不断提升思维能力(其看得见的部分被称为学习方法),并经过强化而最终形成

了与之对应的神经系统。当遇到新问题,学习新知识时,这些学生自然能表现出更强的学习能力,抓重点并将新旧知识前后联系,融会贯通。归根结底不是躺平靠基因,而是受益于后天正确的教育引导,自我的努力思考使其思维能力得以提升,终究达到举一反三,触类旁通。心理学家们也注意到此现象的普遍性,于是提出“general intelligence”这个概念,并做了大量调查和实验,用大量数据证明思维能力作为“G factor”的重要组成部分,明显影响人的认知能力。

之所以很多人没有看到这些,只因为思维活动都是“隐形的”。旁人只能看到表象——大家听一样的课,做一样的题,但有些孩子学什么都更快更好。但是人们却看不见每个孩子的大脑中究竟经历了怎样的变化?他们的思维过程如何?学得好的学生在思考中如何进行深度思考?又如何运用了分类、找本质、逻辑推导等正确的思维方法?学得不好的孩子在思维过程中是如何跳过了追问公式背后的原因,只是机械背诵;是如何在遇到一道复杂的应用题时跳过简化问题、寻找本质等正确方法,只凭记忆中的题型模板生搬硬套?这些学生的问题绝非天赋不行,只是方法错了而已。

数学之美正在于它是思维的艺术和游戏。数学家哈代在《一个数学家的辩白》中说,“If intellectual curiosity, professional pride, and ambition are the dominant incentives to research, then assuredly no one has a fairer chance of gratifying them than a mathematician.”(大意是成为数学家最能满足一个人对智力、卓尔不群等的渴望)。义务教育阶段数学的教育目的不是使更多学生在升学考试中拿高分,而是通过学习数学知识,做习题来提升每个学生的思维能力。《义务教育数学课程标准(2022版)》强调核心素养,笔者强调解决问题和反思的思维能力,其实殊途同归,本质基本一致。

参考文献:

- [1](美)保罗·洛克哈特(Paul Lockhart).一个数学家的叹息[M].上海:上海社会科学出版社,2021.
- [2](英)戈弗雷·哈代(Godfrey Harold Hardy).一个数学家的辩白[M].北京:人民邮电出版社,2022.
- [3](日)永野裕之.数学好的人如何思考[M].北京:北京时代华文书局,2016.
- [4]中华人民共和国教育部.义务教育数学课程标准2022版[S].网络版
- [5]郑毓信.“数学与思维”之深思[J].数学教育学报,2015(2).
- [6]林夏水.论数学的本质[J].哲学研究,2000(9).
- [7]NCTM.Principles and Standards for School Mathematics.[OL] <https://www.nctm.org/standards/>.
- [8]Wikipedia.Neuroscience.[DB] <https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience>.

作者简介:廖冬梅(1974-),女,汉族,重庆人,博士,副教授,硕士研究生导师。工作单位:重庆师范大学教育科学学院。2006年美国佛罗里达大学访问学者,研究方向:数学教育、英语教育、家庭教育。