



脑科学与教育译丛

译丛主编 董奇

How the Brain Learns (Second Edition)

脑与学习

【美】 David A. Sousa 著

“认知神经科学与学习”国家重点实验室 脑与教育应用研究中心 译

 中国轻工业出版社

脑科学与教育译丛

译丛主编 董奇

How the Brain Learns (Second Edition)

脑与学习

【美】David A. Sousa 著

“认知神经科学与学习”国家重点实验室 脑与教育应用研究中心 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

脑与学习 / (美) 苏泽 (Sousa, D.A.) 著; “认知神经科学与学习”国家重点实验室, 脑与教育应用研究中心译. —北京: 中国轻工业出版社, 2005.2

(脑科学与教育译丛)

ISBN 7-5019-4701-5

I. 脑... II. ①苏... ②认... ③脑... III. 少年儿童—学习—能力的培养 IV. G791

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 133506 号

版权声明

How the Brain Learns, 2E

Copyright © 2001 by David A. Sousa

Original publisher CORWIN PRESS, INC., A Sage Publications Company

Published by arrangement with Sage Publications, Inc.

总策划: 石 铁

策划编辑: 赵 萍

责任编辑: 朱 玲 赵 萍 责任终审: 孟寿萱

版式设计: 史春雨 责任监印: 刘智颖

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京天竺颖华印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2005年2月第1版 2005年2月第1次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 15.75

字 数: 230千字

书 号: ISBN 7-5019-4701-5/G · 530 定价: 32.00元

著作权合同登记 图字: 01-2003-8265

咨询电话: 010-65595090, 65262933

发行电话: 010-65141375, 85119845

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

E-mail: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部 (邮购) 联系调换

总 序

近十几年来,随着大脑研究技术的创新,脑与认知神经科学飞速发展,已成为当前科学研究领域最前沿、最重要、最活跃的学科之一。目前,世界发达国家已将脑科学研究纳入国家重点科学发展战略规划,如美国的“脑的十年”计划、欧共体的“EC 欧洲脑十年”计划、日本的“脑科学时代”计划等。世界各国著名大学也纷纷建立跨学科、跨领域的认知神经科学研究机构,如牛津大学的认知神经科学中心、MIT的脑与认知科学系、斯坦福大学的认知神经科学实验室、加州大学的认知神经科学中心等。在科学界最权威的刊物《科学》(*Science*)和《自然》(*Nature*)上,几乎每期都可以看到相关最新成果发表。

语言、学习、记忆、思维、情感与社会行为等人脑高级功能是当前认知神经科学研究的重要内容,学习与脑的可塑性则是目前最引人瞩目的领域之一。人脑内的单个神经元如何组织起来,执行复杂的高级功能?日常生活的经验与学习,又如何引起脑结构功能的变化?究竟用什么样的办法可以改善脑的学习、帮助脑更好更快地进行学习?诸如此类的问题,汇聚成为学习与脑可塑性研究的主题,即了解脑与学习的复杂交互作用,解释脑结构与功能随学习所发生的变化,在此基础上为儿童与成人的发展和学习提供科学的依据。1999年,经济合作组织的教育研究与创新中心(OECD - CERI)发起了“学习科学和脑的研究”项目,强调通过学习科学和脑科学研究人员之间的互动,对学习问题开展多学科、深层次的对话与研究。

我国是世界第一人口大国,但整体而言人口素质偏低、高素质人才资源缺乏,这已成为制约我国社会与经济瓶颈。为此,党的“十六大”强调“形成全民学习、终身学习的学习型社会,促进人的全面发展”。这一目标的实现必须有坚实的科学基础。我国3亿多儿童青少年的教育与学习质量、效率的提高有赖于对他们大脑认知活动规律的了解。许多研究表明,在我国儿童青少年群体中,阅读障碍的发生率为6%左右,计算障碍的发生率为5%左右,注意缺陷障碍的发生率为7%左右,学习障碍的发生率则可能高达10%。它们正严重地影响着数以千万计的儿童青少年的健康成长,急需我们吸取当前脑与认知神经科学研究的最新成果,提出科学、有

效的解决方案。

自20世纪90年代中期以来,在党和国家领导的直接关心下,在科技部和教育部的大力支持下,北京师范大学于2000年、2001年分别建立了“认知科学与学习”教育部重点实验室和教育部“脑与认知科学”网上合作研究中心,并于今年申报获准成为“认知神经科学与学习”国家重点实验室。我本人也主持了国家攀登计划项目、国家杰出青年基金项目、科技部重点国际合作项目、教育部人文社科重大项目等重要课题,组织北京师范大学和国内外有关专家从多学科角度进行联合攻关,并取得了许多重要成果或有所突破。

在脑与认知神经科学研究领域,探索未知奥秘与应用该方面成果解决儿童青少年学习、教育实践中的重大问题,是国家赋予我们重点实验室的两项同等重要的任务。我们的研究和国内外其他相关研究已表明,脑与认知神经科学方面的研究成果对教育、儿童青少年的学习有着极其重要的应用价值。在国外,该方面的成果已经开始得到普及,并正对教育决策和实践产生重要影响。

建立“基于脑、适于脑、促进脑的教育”,根据脑发育与活动规律、根据脑认知活动的规律进行教育教学,在充分了解和认识脑的认知功能、情感功能和自我意识等高级功能的前提下建立适应儿童认知能力发展特点的教育教学方法和教学组织策略、教育评价方式方法等,真正奠定教育的科学基础,做到科学地教与学,努力提高教与学的质量和效率,已成为世界各发达国家教育科学研究和改革的重点之一。

但是,值得注意的是,目前我国广大教育科学研究与实践工作者对脑与认知神经科学方面的新成果还了解不多,对其重要应用价值的认识也不足。鉴于此,我们重点实验室脑与教育应用研究中心决定翻译出版一套《脑科学与教育译丛》,较系统地将当前脑科学研究的最新进展、最重要的研究成果介绍给广大读者,尤其是广大教育工作者、决策者与实践者,把国外学者、教育工作者关于脑与教育、脑与学习的一些新的理念与较成功的做法推荐给大家,供大家了解、参考。虽然广大读者不是脑生物科学、生理科学与认知科学方面的专家,但我们希望通过对脑科学最新研究成果的学习和思考,有助于大家去探索、认识、发现、实践“基于脑、适于脑、促进脑”的教育和学习,为广大儿童青少年探索出一条更加科学、有效、愉快的学习途径。

这套丛书的一个最大特点在于,其作者很多并不是从事脑科学的基础与理论研究的专家、学者,而更多是对美国本土教育和教育培训有着丰富经验和深刻经历的教育实践者和改革倡导者,他们对美国教育实践中的实际问题有着独特的认识,对如何应对这些问题、改变教育现状有着极大的热情、强烈的责任感与大胆的实践精神。他们

对脑科学最新研究进展的钻研和学习不仅体现在对最新研究成果的关注和了解上,而且还更多地体现在他们将自己对于这些研究成果的理解和教育实践结合起来的行动上。正因为如此,他们所阐发的种种认识与观点才更显真实、生动和弥足珍贵,他们所总结的种种具体操作方法与建议才对我们当前的教育实践有着一定的借鉴意义和参考价值。

当然,作为当前科学研究的前沿,脑科学的研究进展日新月异,我们对于人脑的认识每时每刻都在被激动人心的新成果修正和丰富,这些变化是一套译丛无法囊括的。因此,广大读者不应仅仅局限于某些研究结论。同时,由于文化背景和教育制度等方面的差异,读者更应该注意结合我国教育的实际情况,对译丛各书中的观点和做法加以分析并判断其正确性、适用性,并创造性地思考解决自己所遇到问题的方法与途径。

最后,我要感谢中国轻工业出版社“万千教育”的同志为该套译丛的引进出版所做的大量工作,感谢各书原作者和译者的辛勤工作。同时,我还要借此机会感谢国务院科技领导小组办公室、国家科技部、教育部、自然科学基金委长期以来对脑与认知神经科学方面的基础与应用研究的大力支持。

愿本套译丛对推动我国的素质教育和基础教育课程改革、对提高教育教学质量和促进儿童青少年健康发展有所帮助。

董奇

2004年12月16日

于北京师范大学

我们教书的人从不应停止学习。

——John Cotton Dana

作者简介

David A. Sousa 博士是一名资深的国际教育咨询专家。他曾多次在美国国内的教育学大会上被邀发表专题演讲，并且在美国、加拿大和欧洲的许多中小学以及部分大学建立了脑与科学教育的咨询工作室。

Sousa 博士早年在马萨诸塞州立大学获得化学学士学位，之后进入哈佛大学获得了艺术教育硕士学位，后来在 Rutgers 大学取得博士学位。他从事过各个年级的教学工作。曾担任初中、高中科学课的老师，K-12 的科学课教研员，并且还曾是 New Jersey、West Orange 等地区的教育督学。他后来成为了 New Providence、New Jersey 和一些公立学校的督导。他是 Seton Hall 大学教育系副教授，Rutgers 大学的客座教授。他还曾于 1992 年担任过全美教师发展委员会的主席。

Sousa 博士撰写了多部科学论著，并在教育核心期刊上发表了许多关于教师发展、科学教育以及脑科学研究的文章。他已经被列入了东部地区名人录和美国教育事业名人录。他在专业领域的研究、教师发展以及科学教育上的突出贡献，使他赢得了行业协会和各地方学校为其授予的许多荣誉。

NBC Today 节目和美国公共广播电台曾报道过他在各个学校所开展的脑研究工作。目前，Sousa 博士居住在佛罗里达州。

目 录

绪 论	(1)
教师在过去学到了什么	(1)
新研究进展	(2)
教学中的启示	(3)
一些告诫和提醒	(3)
本书为何能够有助于改善教学	(4)
自我尝试——开展行动研究	(6)
实践者园地	(8)
你已经了解了多少有关脑科学的知识?	(8)
适于脑的教学在教学/学校/学区中进行得如何?	(8)
开展行动研究	(9)
注 释	(11)
第一章 脑的基础知识与脑的发展	(13)
脑的外部结构	(14)
脑的内部结构	(15)
儿童的神经元发展	(19)
探索新奇世界的脑	(23)
促进脑探索新奇事物的环境因素	(23)
脑与心智	(24)
实践者园地	(26)
把脑比作拳头	(26)
复习脑的功能区	(26)
在课程中,采用新颖的教学	(27)

要点与思考	(28)
注 释	(29)

第二章 脑是如何加工信息的 (31)

信息加工模型	(31)
感觉	(34)
感觉登记	(35)
短时记忆	(35)
长时记忆存储	(43)
自我概念	(45)
实践者园地	(47)
了解脑的活动	(47)
重新设计信息加工模型	(47)
感觉偏好和学习风格	(47)
感觉偏好的测查	(48)
形成有益于学习的课堂气氛	(50)
运用幽默改善学习氛围以促进保持	(51)
通过增强动机增加加工时间	(53)
在新学习中创造意义	(54)
利用总结来加强理解和意义获得	(55)
检查信息是否被保存在了长时记忆存储中	(56)
利用协作来提高学习	(57)
神经宾果游戏	(58)
要点与思考	(60)
注 释	(61)

第三章 记忆、保持与学习 (63)

记忆是如何形成的	(64)
记忆的阶段与类型	(65)
学习和保持	(68)
影响学习保持的因素	(68)

对教师的启示·····	(72)
运动技巧的学习·····	(76)
熟必能生巧吗? ·····	(78)
日常生物周期如何影响教与学·····	(80)
智力与提取·····	(83)
实践者园地 ·····	(93)
避免教两种相似的运动技巧·····	(93)
使用复述提高保持·····	(93)
在课堂上使用首因 - 近因效应·····	(95)
单元时间安排的策略·····	(96)
有效地利用练习·····	(97)
通过回忆再学习·····	(98)
生物节律对学校 and 班级的影响·····	(99)
充分利用等待时间加强学生参与·····	(99)
利用组块促进保持·····	(100)
利用记忆术帮助保持·····	(101)
要点与思考 ·····	(104)
注 释 ·····	(105)
第四章 迁移的力量 ·····	(107)
什么是迁移·····	(107)
迁移的类型·····	(108)
迁移的影响因素·····	(111)
迁移的教学·····	(116)
实践者园地 ·····	(119)
与过去学习相联系策略·····	(119)
避免教授非常相似的概念·····	(119)
为准确获得迁移, 辨认关键属性·····	(120)
迁移的教学: 搭桥·····	(123)
迁移的教学: 情境模拟·····	(124)
利用隐喻提高迁移·····	(125)

· IV · 脑与学习

利用写日记提高迁移和记忆..... (126)

要点与思考..... (128)

注 释..... (129)

第五章 脑的特异化与学习..... (131)

半球特异化..... (132)

言语特异化..... (140)

实践者园地..... (149)

测测你的半球优势..... (149)

全脑教学：一般原则..... (151)

全脑教学策略..... (152)

概念关系图 (concept mapping) ——一般原则..... (154)

获得第二语言..... (157)

阅读教学方面的考虑..... (159)

适用于所有教师的阅读原则..... (160)

要点与思考..... (162)

注 释..... (163)

第六章 脑与艺术..... (165)

艺术是人类经验的基础..... (165)

为什么要教授艺术..... (167)

科学需要艺术..... (167)

艺术对学生学习的影响..... (169)

音乐..... (171)

视觉艺术..... (176)

运动..... (178)

实践者园地..... (181)

所有的课程中都应包含艺术..... (181)

在课堂上使用音乐..... (181)

运用意象..... (183)

形象化的笔记..... (184)

使用运动的策略·····	(185)
要点与思考 ·····	(187)
注 释 ·····	(188)
第七章 思维技能与学习 ·····	(189)
思考中的脑·····	(189)
思维可以学习吗·····	(191)
人类思维的维度·····	(193)
重温 Bloom 的认知领域分类法·····	(194)
实践者园地 ·····	(204)
理解 Bloom 分类法·····	(204)
采用概念/情境分类法 ·····	(205)
使用 Bloom 分类法的一些窍门·····	(205)
Bloom 分类法：增加复杂程度 ·····	(205)
理解复杂程度与难度的差异·····	(206)
激发高级思维的问题·····	(208)
要点与思考 ·····	(209)
注 释 ·····	(210)
第八章 总论：为今天和未来而规划 ·····	(211)
日常教学计划的思考·····	(211)
今后教学中的持续发展·····	(216)
结语·····	(217)
实践者园地 ·····	(218)
课程设计的反思·····	(218)
要点与思考 ·····	(219)
注 释 ·····	(220)
专业名词解释 ·····	(221)
参考文献 ·····	(225)
译者后记 ·····	(235)

绪 论

你来源于一对夫妇的精子和卵子结合的单细胞，这个细胞不断分裂：一分为二，二分为四，而后为八，如此不断继续，在某个阶段，出现了一个单细胞，这个单细胞不断繁衍，最终发育为人脑。这个单细胞的存在本身就应该地球最惊人的壮举之一。

——Lewis Thomas,

The Medusa and the Snail

人类的脑结构精巧绝伦，令人惊叹，让人折服！脑在适应生存和习得经验的过程中不断成形和重塑，即使没有外界输入的刺激，它也会自我复制。人脑是如何形成思想，如何获得经验，又是如何阻止记忆随时间流逝的？人脑强大的威力让人惊叹也让人好奇！虽然人脑不足以产生足够点亮一盏灯的能量，但其巨大的威力仍可以使其成为地球上最为强大的神奇物质。

在历史的长河中，人类历经数千载，坚持不懈地探索这个奇妙的脑世界，试图探明它是如何执行其技艺非凡的才能的。脑学习的机制和加工过程始终吸引着所有教师的浓厚兴趣。当人类昂首阔步进入 21 世纪时，必将对被称之为教与学的卓越非凡过程有更深刻的认识。

教师在过去学到了什么

教育者一直在努力了解脑工作的机制，以便使其教学和学习方法更有效。对于许多教师而言，他们所接受的有关人脑学习机制的培训基本上是集中于行为主义模型的。行为主义模型理论试图根据观察外显行为（反应），来推测脑内的变化（刺激后的反应）。通过充分的观察，行为学家可以推测脑内的加工过程。其中，有些推测经得起时间的考验，另外一些，已被认知神经科学取而代之。我怀疑，在当今的学校教育中，行为主义模型仍然是主要的——尽管不是唯一的——给未来教师们

呈现的模型。

这些理论模型对于教育实践的作用是巨大的，但是，行为主义学派——甚至后来的认知神经心理学学派——有两个明显的局限。首先，他们无法在脑的主人活着、并使用脑的时候看到脑的内部；第二，他们需要处理自由意志，即，人的行为并非总是精确反映脑内所发生的一切。虽然教师还可以从行为主义和认知心理学中了解许多，但更多的发现是在令人激动不已的生物学领域，包括认知神经科学方面的研究。

新研究进展

1989 年，美国科学界宣布了 20 世纪 90 年代的“脑十年计划”，那是多么辉煌的十年！近年来，大量有关人脑工作机制的研究文献面世。我们对脑认识得越多，脑就越显得非凡无比。日臻精良的医疗设备可以记录到脑工作时的图像。计算机断层扫描（CT，正规的称谓 CAT）采用聚焦 X 线扫描技术，对脑结构进行扫描，可以用于中风、癌症和畸形等的检测，然而它却无法显示脑功能。事实上，CT 扫描无法区分活脑和死亡脑。

正电子发射断层摄影术（PET），通过将 ^{18}F -脱氧葡萄糖（ ^{18}F -FDG）等糖示踪剂注射到病人的脑血流中，借此观察脑内的活动状况。当人在唱歌、吃苹果或回忆时，脑的不同区域被激活，PET 扫描仪将这些脑激活记录下来，并且将其转换成脑图像。通过提供脑在完成这些事件过程中不同时间段的图像，PET 扫描可以提供脑内活动如何发生和在哪里发生的信息。

磁共振成像（MRI）使用无线电波使机体内的原子在磁场中的排列被打乱。原子根据不同的组织发射不同的无线电信号，信号由计算机记录并形成。它可以记录脑内 50 毫秒间隔的变化。每秒就可以对全脑进行一次拍照。

功能性磁共振成像（functional MRI, fMRI）属无创性技术，它也可以通过检测脑血流的情况观察脑活动状况。该方法安全可靠，空间分辨率较高（空间分辨率可达 1mm），每秒钟可以扫描多个图像。由于脑在半秒内对刺激产生反应，该快速扫描技术就可以显示脑在对不同刺激进行反应和执行特定任务时不同部位的活动状况。脑在进行各种活动时，譬如阅读、谈话和观看等等，计算机就可以产生一系列脑的 fMRI 图像。fMRI 技术是在活体下，在患者体外检测脑血流变化，所以避免了注射放射性物质的缺陷。通过 PET、MRI 和 fMRI 等脑成像扫描技术检查，研究者

可以确定在完成特定任务时,脑的哪个部位参与了活动,哪些部位处于静息状态⁽¹⁾。传统的脑电图(EEG)也发展出了更精良的新设备。脑磁图(MEG),这种无创性技术,每秒可以进行4000次磁性脑部检测。

研究者已发现了被称为神经递质的脑化学物质的整个族系,并在深入调查它们与各种脑功能的关系。为了确定哪些脑功能由哪些脑结构控制,神经外科专家使用微电极技术刺激单个神经元细胞,记录其反应。除此以外,对于各种脑损伤中恢复的个体不断增长的个案研究也提供了大量的证据,使人类可以更好地了解脑是如何发展变化、学习和记忆的。

教学中的启示

在对学习研究的考察中,我们认识到它对教育事业的重要性。教师们每天走入课堂,带着课程计划和经验,并希望他们所讲的可以被学生理解、记忆和对其有所帮助。这种希望能否实现在很大程度上取决于教师用于设计这些计划的知识基础,或者更为重要的是,取决于他们在课堂上选择的教学方法。教师每天都在试图改变着人脑,他们对学习的机制理解得越多,他们就越能够取得成功。就像培根在四个世纪前说过的,“知识就是力量。”

自研究者在探讨脑如何学习的研究方面取得重大进展至今已有近20年,但很多刚刚从业的和未来的教师对脑学习机制只知道些皮毛。然而,在过去的几年中,越来越多的教育工作者对脑科学研究及其在教育实践方

教师每天都在试图改变着人脑,他们对学习的机制理解得越多,他们就越能够取得成功。知识就是力量。

面的可能应用产生了兴趣。这种逐渐增长的意识信号随处可见:职业发展项目已对该领域给予了更多的时间和关注;越来越多的有关脑方面的书籍可以参考;适于脑的教学如雨后天晴,大多数主要的教育组织的期刊为该主题开辟了专刊⁽²⁾。我相信,人们对最近脑功能研究的关注将改善教学的质量,并有助于帮助他人进行学习。

一些告诫和提醒

大量研究揭示了人脑基于输入不断进行自我重构的非凡方式,该过程被称为神

经可塑性。尽管这种过程可以持续终身，但其在早期进行得更快。因此，稚嫩的脑在家里和学校中的经验将有助于神经通路的定形，这些神经通路将决定脑如何学和学到了什么。

随着研究的不断深入，有关人脑工作机制的认识也越来越深刻。教育者在确定如何将 these 发现应用于实践时，需要谨慎从事。目前存在的批评认为，脑研究不应在目前阶段应用于学校和课堂。有些批评者认为，至少应该再过若干年，才可以将这些成果应用于教学实践。还有些人担心可能会出现一些未经证实的论断，或者担心教育者没有得到足够的训练，无法从大量天花乱坠的宣传中识别出科学事实。这些担心是可以理解的，但不应当阻碍教育者学习他们需要了解的事实，并以此来确定有关研究是否可以应用于他们的实践中。

有些研究者坚决不同意批评意见，并责怪教育者缺乏对神经科学的关注。旧金山加利福尼亚州立大学的神经生物学家 Michael Merzenich 认为，加深对脑是如何学习的理解将带来基于神经科学的教育。他预言，在 10 ~ 15 年内，每所学校将可以开展基于学生脑可塑性特点的教育工作⁽³⁾。底特律 Wayne 州立大学的儿科神经病学家 Harry Chugani 称，“我们在教育的生物学原理方面注意得太少”，有关脑方面的新发现要求在国家教育课程方面的根本性改变⁽⁴⁾（Kotulak, 1996, p. 36）。

当然，使教与学成为完美过程的万能药并不存在，其中也包括脑研究。实验室的研究成果应用于学校，并导致学校的转变，然后将这种发现应用于实践，都需要有漫长的历程。对于教育者来说，这是一个激动人心的时代，但我们必须保证不要让激动遮盖了我们的正常思维。

本书为何能够有助于改善教学

我这里主要是想报告那些有关的研究（包括神经科学、行为和认知科学），这些研究是足以信赖的，可以为教育实践提供有益的信息。这并非新奇的想法。早在 20 世纪 60 年代后期，Madeline Hunter 就曾将有关理念引入教育中，她倡导教师要广泛应用所了解的有关学习的内容，并调整传统的课堂教学以及教育策略。她在 UCLA 教育学院的项目被称为“教学理论的实际应用”（Instructional Theory into Practice），或称为 ITIP。读者们可能会熟悉 Hunter 博士的一些理论模型，特别是有关迁移方面的内容。我曾与她一起工作了九年。我坚信，正是她的推动，使教育者清醒地认识到不断更新其知识，以及关注以研究为基础的策略的重要性。