

# 教育神经科学:探究人类认知与学习的一条整合式途径\*

胡谊 桑标\*\*

(华东师范大学心理与认知科学学院, 上海, 200062)

**摘要** 教育神经科学是第二代认知科学对人的具身认知进行认识深化的必然产物,也是不同层面研究以整合态势来研究教育情境中人的认知过程及其发展的当然结果。在认知神经科学与教育已有的良好沟通下,教育神经科学就是要通过教育学家、心理学家、神经科学家等的合力,借助多种技术(包括脑成像技术),多视角、多层面地分析人的心理活动,以求最终达到科学改进教育理论及其做法的目的。不可否认,本研究领域还存在一些问题;但这并不会就此阻止教育学、心理学、神经科学加快合作与融合的步伐。

**关键词** 神经科学 认知科学 脑科学

教育,需要而且必须依赖于对人脑的认知活动特征及其规律的各类科学研究。这一美好愿景掩盖不了众多不尽人意的研究现实:一方面,包括认知神经科学在内的脑科学研究,已经初步揭示出人类认知与学习的某些规律,而仓促之间提出的各类缺乏充足科学依据的做法,如脑开发、心理发展的关键期训练、丰富环境的教育效用等,则是大行其道;另一方面,教育往往迷惑于脑科学研究的各个精细实验及其结论,抱怨它们与真实的教育需求相差甚远,故而无法从中提出真正有科学意义的教育理论以及有实践指导价值的教学做法。在这一背景下,一个专门探讨心理、脑与教育(Mind, brain, education)之间联系的研究领域开始出现。之所以将“心理”研究放在首要地位,是为了突出其在教育与脑科学“巨大鸿沟”之间的关键性“桥梁”作用。而本质上为认知科学一个分支的教育神经科学(Educational neuroscience)也应运而生(De Smedt, et al., 2010; Szücs & Goswami, 2007)。故此,本文拟在心理学研究中第二代认知科学中发展背景下,浅谈教育神经科学这一领域研究的历史必然性、架构及存在的问题,以期促进教育学、心理学、神经科学等多学科研究的完美融合。

## 1 历史必然

应当承认,教育与神经科学的结合及研究状况,远未达到大多数研究人员(涉及教育学、心理学、神经科学等)尤其是一线教师的期望。但就目前而言,教育神经科学代表着心理学领域认知取向研究的一

种发展趋势,即它是“第二代认知科学”对人的具身认知等认识深化的必然产物,是不同层面研究(行为、认知、生理等)以整合态势来尝试探讨人的认知过程及其发展的当然结果。

### 1.1 第二代认知科学的召唤:具身认知

按照笛卡儿(René Descartes)的说法,脑(brain)与心理(mind)分别对应于自然之存在(res extensa)和精神之存在(res cogitans);在心理学发展历史上,两者曾被理解为有实质区别的存在事物;物质层面的事物可以被客观地观察与测量,而心理层面的事物只能主观体验到;前一认识在行为主义心理学理论框架下奉为圭臬,后一观点则在现象学和建构主义等理论中阐释得淋漓尽致。对脑与心理之联系的科学认识,认知心理学——一门研究认知过程及机能(cognitive processes and functions)的学科——一直在做这样的尝试,期间有过三个主要的研究范型:符号范型(symbolic paradigm)、联接主义范型(connectionist paradigm)和具身范型(embodied paradigm)(Campbell & Group, 2007)。

符号范型形成于20世纪50、60年代并一度成为整个心理学研究的主流范式;几乎同时出现的联接主义范型(基于脑的范型),直到80年代才开始受到重视(Gardner, 1985)。这两个研究范式都要对认知过程和机能进行建模,但在心理和脑的关系上,却有着不同的取向:符号范型对认知的刻画,主要运用与记忆、注意、推理等有关的符号观念(symbolic constructs),其依据是基于推理软件(如专家系统)的规则;联接主义范型则效仿神经元相互连接的特性,

\* 教育部新世纪优秀人才支持计划项目成果。本文学术思想部分来自与叶澜教授、李其维教授、任友群教授、吴庆麟教授、周永迪教授、杨小微教授、李晓文教授、郭秀艳教授、庞维国副教授、邓赐平副教授、周加仙副教授、王兆新副教授、李先春副教授、库逸轩博士等的交流与沟通,在此一并感谢。

\*\* 通讯作者:桑标。Email: bsang@psy.ecnu.edu.cn

这主要得益于神经网络的技术手段在模式识别应用中的价值体现。

应当指出,这两个范型的研究取向都纯粹为自然式和分析式,都受制于这样的本体论和认识论偏见,即忽略了所有人类特有参与的即时意识现实(immediate reality of consciousness);在两者,人之鲜活经验(lived experience)都仍然被认为是次要的。因此,无论从胡塞尔(Husserl)意义上的认识论,还是海德格尔(Heidegger)意义上的本体论,都需要融合来自现象学(phenomenology)的视角,进一步阐释脑与心理的关系。

20世纪90年代,第三个范型——具身范型或者生成论(enactivism)——则应运而生;它试图从自然和现象学等角度提供一个一致且整合的解释框架。依据梅洛-庞蒂(Merleau-Ponty)的两重具身(double-embodiment)概念,即生命体被认为是包括心理和脑的一种存在之物,瓦雷拉(Varela, Thompson, & Rosch, 1991)等人提出了一种将认知视作具身行为(embodied action)的看法:“我们将自己身体既看作物质结构,也看作鲜活的经验结构;在生理学和现象学角度,既是旁观者也是当局人。具身的两面性并不对立;相反,人类(意识)不时地轮换于其间”。

因此,区别于“第一代认知科学”中符号范型和联接主义范型的具身范型,代表着“第二代认知科学”中这样一个基本看法:人的鲜活经验的变化,可以由脑与行为的变化来说明;反之亦然。心理学(主要指认知)从符号范型、联接主义范型到具身范型的转变,有着这样的视角转移:从自然的,到自然的与现象的整合。从转变程度上说,如今的认知神经科学,尽管已经在做这样的尝试,但仍然偏向自然的视角,而教育神经科学则试图要走得更远:既要融合教育中已有的现象学尝试,即呼唤人性,关注学习者的现实鲜活经验,又要吸收神经科学的自然的视角,即采用科学分析方式,揭示人的心理活动(主要指学习)的物质基础;更要沿袭心理学穿梭于自然的与现象的做法,对心理、脑、身体与行为等进行整合式研究。为何要说教育神经科学比传统的认知神经科学在体现“第二代认知科学”的革命精神上更为彻底呢?下文结合学校教育活动,对此进行详细解释。

## 1.2 从自然的到自然的与现象的整合:不同层面研究的融合

对人的活动的解释,存在不同的分析水平,如基因-分子-突触-神经元-网络-系统-行为-测验分数(Ansari & Coch, 2006)。例如,在学校里,一个学生测验分数之所以差,可以从课堂的不专心行

为谈起,说是与注意系统有关;也可以从大脑神经网络或神经元上找原因,讲神经传递介质(如多巴胺)的问题;更可以与课堂环境或者个体基因联系在一起来找答案。但是,怎样来完成这一多水平的整合解释呢?认知神经科学与教育的结合或许是一条途径。

传统的认知神经科学有这样一个基本研究假设:所有的认知功能,或者说是人类讯息处理历程,都是基于人脑中所进行的神经活动,因此认知历程和神经活动有特定的对应关系。值得注意,“认知-脑”的对应关系只是“具身认知”研究图谱中的一种,从现象学角度还存在“经验-脑”、“经验-认知”等对应关系。因此,被视为“第二代认知科学”发展的助推器之一的认知神经科学,其自身也经历着从“第一代”到“第二代”的变化(李其维, 2008);作为一门跨学科的认知神经科学——尽管继承了认知心理学和神经科学研究的自然的、分析的视角——还需要倾情关注“具身认知”蕴含的现象学研究视角,即密切关注人的鲜活经验。

以学校教育中极简单的算术加减法的认知神经科学研究为例。传统的认知神经科学关注这样的问题:许多简单的算术题目(如 $3+4=7$ ,  $5-2=3$ ),经过大量运算或强记后,主要贮存于大脑的语言系统(Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu, & Tsirkin, 1999);而一些复杂计算(如 $15+27=42$ ,  $36-12=24$ )的心理运算,似乎涉及视觉-空间区域(Zago, et al., 2001),这预示着视觉心理表象在多位数运算中的重要作用(Pesenti, Thioux, Seron, & De Volder, 2000)。要注意,仅是从大脑激活区域,区分简单-复杂的运算的不同,或者进一步区分不同类型运算(如加减、乘除、心算、珠心算等)的大脑激活差异,远不能回答学校教育中这样的现实问题:

(1)即使看起来是简单的两位数减法,小学生往往在需要借位的减法(如 $62-18=44$ )上出错,这与不需要借位的减法,是否有生理上的差异?在遇到更容易出错的被减数为0的情形(如 $40-13=27$ ),激活状况又如何?

(2)进一步,既然算术加减法从简单到复杂,体现出不同的脑激活差异,那么如何促使这种转变呢?是专门训练复杂脑区域的激活,还是要安排特殊的算术任务?怎样的算术任务可以尽快促使这种转变?

(3)更进一步,即使从教学干预角度,可以发现标示这种行为成绩变化的脑激活标示因子,但还要分析其中的作用过程,也就是说相应的神经生理机制。

(4)此外,在严格实验室条件下得出的算术成绩与脑激活之间的联系及其变化,仍然受制于复杂课堂环境中的诸多因素,如教师的讲授方法、学生的注意力、课堂反馈状况等等。

因此,认知神经科学与教育的结合并非一气呵成,其中的复杂性远非研究者所能想象得到。美国詹姆士麦克唐纳基金会(James S. McDonnell Foundation)——一个极力支持认知神经科学研究,并力促认知科学与教育相结合的机构——的主席约翰·布鲁尔(Bruer, 1997)提醒道:“尽管神经科学对神经元及突触有大量发现,但并不足以指导教育实践;目前,脑与学习之间的桥梁,似乎不能承担太多的重任”(p. 15)。同时,他建议“认知心理学”这一学科应当利用其对已有教育问题与教育实践的成功经验,以及与神经科学一道来理解“认知-脑”关系的基础性研究优势,在此一联系中扮演关键性角色。

心理学扮演的关键性角色,可以这样来理解:在教育神经科学这一领域研究中,来自现象层面的教育研究与来自自然层面的神经科学研究,应当由兼具自然与现象研究视角的心理学来起关键性桥梁作用;对教育活动中人的认知与学习的解释术语及理论构建,由于教育与神经科学之间存在先天的学科视角、关注层面等差异,因此既不可能是教育也不可能是神经科学的,应当而且只能是心理学的,如此才能最大程度形成观念表达上的共识与规范;而对该领域的研究途径与手段,不应当而且不应该仅仅依赖于神经科学方面的,而是需要进行更多层面的整合式研究,如此才能在一定抽象意义上调和自然与现象这两个层面的研究结果与结论;在这一方面,心理学研究责无旁贷。

从布鲁尔的警示与建议算起,弹指十三年,犹言在耳。认知神经科学与教育的结合,目前的情形怎样?为什么要提出教育神经科学?

## 2 研究架构

应当摒弃这样地说法,教育神经科学研究就是由教育研究者提出问题,然后认知神经科学对此进行实验室研究,在取得结果与达成结论之后反馈于教育。取而代之,教育神经科学的基本研究范式可以是:针对教育中关于学习与教学的诸多问题,运用包括脑成像技术在内的各种手段,从生理/心理/行为等角度来一起探讨学生或教师的认知活动实质、发展特性及相应的教学干预规律。这一研究范式不是简单地运用神经科学的技术来探讨教育问题,也不是粗鲁地为各类教育理论与做法寻求可信的科学生理证据。鉴于教育神经科学对认知神经科学的继

承,因此,对该领域的研究架构,首先要回答这样两个问题:教育与认知神经科学之间的双向沟通已经做了什么?在此基础上,目前的教育神经科学还要做些什么?

### 2.1 领域发展的基础:认知神经科学与教育的双向沟通

神经科学对教育的潜在贡献,至少表现在新解释、新指标、新干预这三方面。首先,通过神经科学的研究,可以对影响学习的生理过程及环境作用进行新的诠释。例如,研究发现,在有计算障碍的儿童的大脑中,与数的大小(numerical magnitudes)加工有关的脑区域同时呈现脑结构(Rotzer, et al., 2008)和脑机能的异常(Kaufmann, et al., 2009; Price, Holloway, Rasanen, Vesterinen, & Ansari, 2007)。这表明儿童算术差可能来自那些支持数大小加工的脑神经元回路的异常发展。同时,神经科学与行为层面研究一起,有助于共同揭示人类心理活动的实质与规律。例如,研究发现阅读(Pugh, et al., 2001)和算术(Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003)都激活同样的脑区域,即左侧颞顶联合皮层;该区域的激活在阅读活动中与语音解码有关,在算术活动中则与算术事实提取有关。在行为层面上的研究,也同样发现语音意识与算术事实提取之间存在相关(De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, in press)。这两个层面研究为探讨阅读与数学之间的关系提供了一个方向。

其次,神经科学可以发现某些学习或发展障碍的早期神经标示因子(nerural marker);也就是说,在正式教育之前,先期发现这些困难,可通过相应补救措施来减少或排除这样的障碍(Booth & Siegler, 2008; Ramani & Siegler, 2008);或者,通过识别婴幼儿这些障碍的相关生理指标,来预期它们将来的学业状况,如人体染色体 22q11 微缺失综合症(22q11 Deletion Syndrome)就被认为与算术障碍有关(De Smedt, Swillen, Verschaffel, & Ghesquiere, 2009)。有时,神经科学可以识别某些行为层面研究不易揭示的内在原因。例如,在数的比较这一任务上,儿童和成人在行为层面上没有差别;但是,神经层面研究却发现了脑区激活差异,如儿童激活了那些涉及抓握和手指移动的区域(左侧缘上回和中央后回),但成人没有;这表明儿童可能靠扳手指头来比较数的大小(Kaufmann, et al., 2008)。

最后,运用神经科学方法来评价各种教学方法、补救措施或教育争议。从神经科学角度,上述这些生理障碍不难识别,在正式学校教育之前就可以进行,而越早发现这种障碍的生理基础,则有助于先期

注意各种发展问题,并开发新的教学与补救措施。某些侧重于发展儿童数字表征能力的补救工具,尤其关注数的符号与数量的对应关系,已经成功地促进了儿童的数的理解,其中有计算障碍儿童(Wilson, Revkin, Cohen, Cohen, & Dehaene, 2006),也有低收入家庭孩子(Griffin, 2004; Ramani & Siegler, 2008)。更为重要的是,神经科学也有助于解释这些教学干预作用的生理机制。例如,在训练之后,对字词视觉表征不仅有选择性地激活左梭状回,也激活运动前回腹侧,与身体动作区域的激活有关。

值得注意,神经科学对教育的贡献不仅仅是某些来自实证研究的科学结论,还涉及神经科学中的思维方式、研究逻辑和研究方法等。例如,基于实证的研究理念正在影响着各类教育理论及其教育实践做法。德国马普研究所心理学教授斯登(Stern, 2005)就认为:“当前,教育政策制定者和实践者在做决策时,试图立足于实证证据,而不是观点、潮流或理念;这一‘基于证据(Evidence-based)’的教育愿望,与神经科学的飞速发展以及对公众兴趣的吸引,可谓是不谋而合”(p. 745)。

应当指出,教育与神经科学之间的联系,不单单指神经科学对教育的影响,同时还存在教育对神经科学研究的指引,这表现在神经科学领域的新问题提出上。例如,教育心理学的研究发现,儿童在做算术题时,可能采用不同策略,如事实提取策略( $12 - 4 = 8$ ),逐步分解策略( $12 - 4 = 12$ 转换为 $12 - 2 - 2 = 8$ ),倒数策略( $12 - 4$ 可看作 $12, 11, 10, 9, 8$ )(Baroody & Dowker, 2003; Verschaffel, Greer, & De Corte, 2007);这促使神经科学研究人员去发现与这些策略使用有关的脑激活变化,并与来自行为层面的言语报告分析一起,揭示从有意识程序性策略向自动化算术提取的心理变化过程。再如,教育研究者尤为关注学习者的差异性,如不同的能力基础对学习的影响作用;这就进一步指引神经科学研究者去关注能力、训练、成绩之间的关系(Grabner, Ansari, et al., 2009; Grabner, Ischebeck, et al., 2009)。

## 2.2 架设教育与认知神经科学的桥梁:教育神经科学

随着教育与认知神经科学之间沟通日益增多,且出现令人欣喜的迹象,研究者越来越意识到这个领域研究的重要性。2007年,美国哈佛大学心理学系教授菲舍尔及其合作者(Fischer, et al., 2007)在国际“心理、脑和教育”学会(International Mind, Brain, Education Society)的会刊“心理、脑、教育”创刊之文章中,开宗明义说道:“整合各个学科来探讨

人类学习与发展的问题;凝聚教育、生理学和认知科学的力量,来形成一个新的研究领域——心理、脑与教育”(p. 1)。同年,英国剑桥大学神经科学中心的斯祖克斯博士和格斯瓦米教授(Szücs & Goswami, 2007)则试图来界定这一学科:“教育神经科学是一门运用认知神经科学方法和行为方法来研究心理表征发展的学科;在此,心理表征就是以电化学活动形式来编码信息的大脑神经网络的活动”(p. 114)。

既然教育神经科学已成为一个热点研究领域,那么不禁要问:它要做什么事情?对这一问题的回答,不妨转化这样的研究模式:谁?通过什么方式?来研究什么?达到什么目标?

从字面上理解,从事教育神经科学研究的人员,只需要教育研究人员和神经科学研究人员。实则不然。无论从不同视角融合,还是从不同水平解释的整合,都需要心理学家的关键性参与;有人称之为“双语者(Bilingual scholar)”的角色(Mason, 2009)。教育学家采用现象学的视角,神经科学家则是自然的视角;心理学家则两种视角兼有。教育学家大多关注行为水平和认知水平的研究,神经科学则关注生理水平和认知水平的研究;惟有心理学家对这三个水平都加以关注(Anderson & Reid, 2009)。心理学家在教育学家与神经科学家之间,不仅仅要转换来自不同话语体系的言语并与有关方沟通,更重要的是要起到研究整合的作用,即将各个视角、不同层面的研究进行整合,以达到对人的心理活动的科学理解。

教育神经科学脱胎于认知神经科学,需要测量人的大脑结构特征以及进行不同认知活动时的脑部活动变化。可以用到教育神经科学研究过程中的神经科学手段主要有:结构性脑成像技术涉及核磁共振技术(MRI)、计算脑地形学(computed tomography),主要用于观察心理发展与干预所伴随的脑结构的变化,尤其擅长揭示诸如学习障碍患者的大脑异常结构特征。功能性脑成像技术涉及非侵入式(noninvasive)手段,主要有头皮脑电图(EEG/ERP)、皮层脑电图(ECoG)、脑磁图(MEG),以及功能性核磁共振(fMRI)等技术,用于动态展现(时空条件下)某一特定认知活动的神经生理状态。另外,透颅磁刺激术(TMS)通过短暂干扰特定脑部位活动,观察相应的行为变化,从而探索特定脑部位与认知活动的功能关系(Pascual-Leone, Walsh, & Rothwell, 2000; Sandrini & Rusconi, 2009)。与此相类似的技术手段还有经颅直流电刺激(tDCS)(Nitsche, et al., 2008),近红外光谱分析(NIRS)(Dresler, et al., 2009)。另外,经典的神经电生理学

技术(包括单细胞记录、多细胞记录等)可用在动物模型或特殊人群(癫痫病人,在大脑内植入电极探测癫痫灶的准确位置时)上某种认知活动的细胞以及神经网络水平上的神经基础研究。要注意,教育神经科学的研究方法必须与其他层面的研究技术,如言语报告、反应时、正确率、计算模拟等,相互支持、印证或者补充对人的学习的解释。

教育神经科学要研究的是“心理(mind)”,而不是“大脑(brain)”,这一点与传统神经科学有显著不同。对教育能发挥实际作用的神经科学研究内容,是心理的机能性结构,而非工作中的脑,或者脑与心理之间的匹配(Cubelli, 2009)。例如,教师在设计与实施课堂教学时,理解神经元交流中的化学过程,知道某些认知操作的生理基础或者大脑左右半球的不同作用,对其帮助并不大。而对心理学理论的理解,如有关特定认知操作(阅读、推理、计算等)的加工水平或者计算机制的心理学理论,则有助于设计有效教学方案和策略。同样,在教育神经科学的研究中,应该是理论驱动(theory driven)的研究,而非技术驱动的研究(Mason, 2009)。只有关于“心理”的理论而非仅是涉及“脑”的理论,才能推动神经科学家去回答教育提出的某些迫切问题,才能为教育研究人员在现象学视角上找到某些教育做法的有效依据。

教育神经科学要达到的远期目标,显然是要促进当前的教育理论及其做法发生根本性变化,尤其在建立“基于证据”的教育目标上,这一趋势将会持续下去。但是,就目前而言,教育神经科学要开发行之有效的课堂应用,对课堂实践产生积极影响,似乎是一个不切实际的目标(Bruer, 1997)。从长远来讲,教育神经科学一定要回答某些应用性问题,但目前必须只能是先集中做一些基础性研究工作。这是因为,所有的应用科学都有赖于实证或理论型基础研究;没有理由认为教育神经科学就是一个特例(Szücs & Goswami, 2007)。对这一问题的目标性认识,同样还来源于对下一问题的深入思考:目前而言,教育神经科学不能做什么?

### 3 领域反思

有人会以“新瓶装旧酒”,说生出“教育神经科学”一词,是用以掩盖当前教育学理论空乏无味、神经科学研究不切实际等现象。对这类批评,不能一笑置之。要知道,想当年(2004年),尊称为“认知神经科学之父”、现在美国加州大学圣芭芭拉分校的伽扎尼噶(Michael Gazzaniga)教授接受美国科学基金会资助,在达特茅斯学院创建认知与教育神经科学中心时,雄心勃勃,但也不得不在研究开展一年后,

因与资助方就研究目标、内容、进度等方面谈不拢而另走他乡,悻悻而归。了解这些批评与失败,就要时刻保持对这个领域研究的必要清醒:在方法与技术上,神经科学真的就那么完美了吗?关于教育问题,神经科学是不是都能回答?谈到实际应用,教育神经科学就能立竿见影吗?显然,三个问题的答案都是否定的。

首先,脑科学研究依赖于各类复杂且昂贵的设备、仪器与软件等,在使用成本上也是代价不菲。这直接制约着教育神经科学的研究计划与过程;而一线教师要单独使用这些技术与手段,也是难上加难。脑成像技术对实验条件的要求极为苛刻,尽管能获得较高的重测信度,但在效度上确实不敢恭维,这主要来自:(1)生态效度差的实验室数据,难以充分解释复杂变化的现实教育情形;(2)不同测量手段获得的数据之间的关联,仍然缺乏必要的整合,因此构想效度差(Ansari & Coch, 2006)。更为重要的是,神经科学的技术是以“肉眼无法见”的脑行为指标替代了传统简单易行甚至可以观察的肢体行为指标,并没有达到能彻底揭示人的“心理‘黑箱’里到底发生了什么”的程度;其对“行为-认知-脑”中各类关系的解释,更多还是关联性的而非因果性的,更不用说内在机制发生及过程的细致表述。

其次,教育问题包罗万象,并不是所有问题,神经科学都可予以解决。目前,认知神经科学对教育问题的关注,大多集中在一些简单的学习内容或任务上。持谨慎看法的研究者认为,认知神经科学还不能研究高级思维过程(如复杂计算、写作、创造等)、个体心理品质(如道德、美感等)、社会互动的内在机制(如教师与学生的课堂交流等),等等(Willingham, 2009);即使是乐观者,也需要将上述这些复杂心理活动进行简化,收集他们在实验室简单任务上的脑活动指标,据此推测可能的“认知-脑”关系;但是,这依旧还是那个效度问题,通过实验室任务的简化后,个体的行为或脑激活差异就可以代表或预测复杂情境中的表现吗?

最后,当前还仅是描述性研究的教育神经科学,要走到处方研究这一步,其实还有较长的路要走(Christodoulou & Gaab, 2009)。这里有个引以为戒的例子,是曾经流行的基于脑的教育开发项目——DORE方案。其逻辑依据是:研究表明,脑干与大多数发展性障碍(如多动症、阅读障碍、动作协调障碍、艾斯伯格症候群等)有关;因此,可以开发一些教学干预方案或措施,来专门训练人的脑干,进而帮助患者克服这类障碍。但是,这个项目的有效性,缺乏必要的大量教育干预研究证据;它只有一个简单的实

验,并且还没有有效的对照组来说明问题。更为重要的是,在DORE方案中的干预措施,其干预机制并不明朗,仍然处于“瞎子抓药”的状态。因此,在学术界,一些研究人员痛心于该方案在缺乏有效证据的情形下仍然流行于50多个国家,这导致国际著名学术期刊《阅读障碍(Dyslexia)》五位编委愤而辞职的事件;在实际运用上,经营该项目的公司也于2008-2009年期间惨遭清算并被另一家公司接管!

#### 4 结束语

我们一直这样期待着:对教育活动中人的认知、学习乃至教学,理应包含来自脑科学的各类研究成果,据此图谋提出更具科学意义的教育理论与做法。同时,我们也持有这样的观点:这一美好构想的实现,需要而且必须由心理学科在其中扮演关键性角色,即:一方面将意欲解决的诸多教育问题转化为可以进行自然科学式研究的心理问题(如记忆、认知表征、问题解决、心理发展等),并开展多个层面的(行为、认知、生理、计算等)的研究;另一方面则需要综合来自上述各个层面(包括认知神经科学在内)的研究结果或结论,提出更易为教育研究者和一线教师理解的心理学概念、理论及相应做法,并通过进一步的现场研究与实验室研究来验证它们的科学意义与价值。

因此,一个美好愿景的展开,不仅需有大胆而美好的设想,而且需有小心而切合实际的做法。这是教育神经科学健康发展的必然前提。教育需要神经科学的有力证据支持,这是其逐渐成为一门科学而不仅仅是一种艺术的必要经历;虽然过程会有反复,这一研究领域的名称(指“教育神经科学”一词)或许以后还会被其它名称所替代,但是,来自教育学、心理学、神经科学等学科的整合趋势应该不容置疑,而其展现的美好愿景值得我们去期待,去实现!

#### 5 参考文献

- Anderson, M., & Reid, C. (2009). Don't forget about levels of explanation. *Cortex*, 45(4), 560-561.
- Ansari, D., & Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 146-151.
- Baroody, A. J., & Dowker, A. (2003). The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, 79(4), 1016-1031.
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*, 24, 4-16.
- Campbell, S. R., & Group, t. E. (2007). The ENGRAMMETRON: Establishing an educational neuroscience laboratory. *SFU Educational Review*, 1, 17-29.
- Christodoulou, J., A., & Gaab, N. (2009). Using and misusing neuroscience in education - related research. *Cortex*, 45(4), 555-557.
- Cubelli, R. (2009). Theories on mind, not on brain, are relevant for education. *Cortex*, 45(4), 562-564.
- De Smedt, B., Ansari, D., Grabner, R. H., Hannula, M. M., Schneider, M., & Verschaffel, L. (2010). Cognitive neuroscience meets mathematics education. *Educational Research Review*, 5(1), 97-105.
- De Smedt, B., Swillen, A., Verschaffel, L., & Ghesquiere, P. (2009). Mathematical learning disabilities in children with 22q11.2 deletion syndrome: A review. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15(1), 4-10.
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (in press). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science*.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsirkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioural and brain-imaging evidence. *Science*, 284, 970-974.
- Dresler, T., Obersteiner, A., Schecklmann, M., Vogel, A. C. M., Ehlis, A. C., Richter, M. M., et al. (2009). Arithmetic tasks in different formats and their influence on behavior and brain oxygenation as assessed with near-infrared spectroscopy (NIRS): A study involving primary and secondary school children. *Journal of Neural Transmission*, 116, 1689-1700.
- Fischer, K. W., Daniel, D. B., Immordino-Yang, M. H., Stern, E., Battro, A., & Koizumi, H. (2007). Why mind, brain, and education? Why now? *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 1-2.
- Gardner, H. (1985). *The mind's new science: A history of the cognitive revolution*. New York, NY: Basic Books, Inc.
- Grabner, R. H., Ansari, D., Koschutnig, K., Reishofer, G., Ebner, F., & Neuper, C. (2009). To retrieve or to calculate? Left angular gyrus mediates the retrieval of arithmetic facts during problem solving. *Neuropsychologia*, 47(2), 604-608.
- Grabner, R. H., Ischebeck, A., Reishofer, G., Koschutnig, K., Delazer, M., Ebner, F., et al. (2009). Fact learning in complex arithmetic and figural-spatial tasks:

- The role of the angular gyrus and its relation to mathematical competence. *Human Brain Mapping*, 30(9), 2936–2952.
- Griffin, S. (2004). Building number sense with number worlds: a mathematics program for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 173–180.
- Kaufmann, L., Vogel, S. E., Starke, M., Krenser, C., Schocke, M., & Wood, G. (2009). Developmental dyscalculia: Compensatory mechanisms in left intraparietal regions in response to nonsymbolic magnitudes. *Behavioral and Brain Functions*, 5, 35.
- Kaufmann, L., Vogel, S. E., Wood, G., Krenser, C., Schocke, M., Zimmerhackl, L.-B., et al. (2008). A developmental fMRI study of nonsymbolic numerical and spatial processing. *Cortex*, 44(4), 376–385.
- Mason, L. (2009). Bridging neuroscience and education: A two-way path is possible. *Cortex*, 45(4), 548–549.
- Nitsche, M., A., Cohen, L., G., Wassermann, E., M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., et al. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. 1(3), 206–223.
- Pascual-Leone, A., Walsh, V., & Rothwell, J. (2000). Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience – virtual lesion, chronometry, and functional connectivity. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(2), 232–237.
- Pesenti, M., Thioux, M., Seron, X., & De Volder, A. (2000). Neuroanatomical substrates of Arabic number processing, numerical comparison, and simple addition: A PET study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 12(3), 461–479.
- Price, G. R., Holloway, I., Rasanen, P., Vesterinen, M., & Ansari, D. (2007). Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia. *Current Biology*, 17, 1042–1043.
- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. R., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., et al. (2001). Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal of Communication Disorders*, 34(6), 479–492.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, 79(2), 375–394.
- Rotzer, S., Kucian, K., Martin, E., Aster, M. v., Klaver, P., & Loenneker, T. (2008). Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *NeuroImage*, 39(1), 417–422.
- Sandrini, M., & Rusconi, E. (2009). A brain for numbers. *Cortex*, 45(7), 796–803.
- Stern, E. (2005). Pedagogy meets neuroscience. *Science*, 310(5749), 745.
- Szűcs, D., & Goswami, U. (2007). Educational neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain and Education*, 1(3), 114–127.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2007). Whole number concepts and operations. In F. Lester (Ed.), *Handbook of research in mathematics teaching and learning* (pp. 557–628). New York, NY: MacMillan.
- Willingham, D., T. (2009). Three problems in the marriage of neuroscience and education. *Cortex*, 45(4), 544–545.
- Wilson, A., Revkin, S., Cohen, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of "The Number Race", an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2(1), 20.
- Zago, L., Pesenti, M., Mellet, E., Crivello, F., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Neural correlates of simple and complex mental calculation. *NeuroImage*, 13(2), 314–327.
- 李其维. (2008). 认知革命与第二代认知科学刍议. *心理学报*, 40(12), 1306–1327.

## Educational Neuroscience: An Integrated Approach to Human Cognition and Learning

Hu Yi, Sang Biao

(School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, 200062)

**Abstract** Educational neuroscience is the research area driven not only by the theory on embodied cognition in the cognitive science, but also by the integrated approach on human cognition in the educational context. Given effective interactions between cognitive neuroscience and education, educational neuroscience is aimed at improving education theory and practice scientifically at the various analysis level through multiple techniques including brain imaging, and the concerted efforts of educationists, psychologists, and neuroscientists. The research field is promising for learning and teaching in spite of some existing problems.

**Key words** Neuroscience, Cognitive Science, Brain Research