



发展认知神经科学:理解和促进人类心理发展的新兴学科*

文/董奇

北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室 北京 100875

【摘要】理解和促进人类心理发展是科学研究的重要使命。近10余年来,发展心理学与神经科学、遗传学、分子生物学日益交叉融合,衍生了新兴的发展认知神经科学,为理解人类心智的起源、发展变化规律、神经生理和社会心理机制提供了崭新的视角,并为有效促进人类心智的发展带来了前所未有的可能。研究者主要在大脑结构、功能发育与心理行为发展、遗传与环境对个体心理行为发展的交互影响、心理行为发展个体差异的神经机制等方面取得了重要进展。由于发展认知神经科学研究具有重要的科学价值与现实意义,我国应积极主动地把握新学科的发展机遇,结合国家人口素质提升的重大战略需求,从国家科技的宏观布局、以问题为导向的大型联合攻关项目的开展以及理论体系与人才培养体系等多个层面,大力促进发展认知神经科学的发展,使我国这一领域在国际上占据前沿位置,并为满足国家人口战略的重大需求提供坚实的科学与技术基础。

【关键词】发展认知神经科学,心理发展,大脑发育,遗传,环境

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2012.Z1.005

1 发展认知神经科学的兴起

发展心理学(最初为儿童心理学)诞生至今已经跨越了一个多世纪的时间。作为研究人类毕生发展(life-span development)进程中个体心理发展规律、机制及其影响因素的一门学科,百年来,发展心理学研究者采用观察法、调查法、实验法等,通过横断设计、纵向设计和聚合交叉设计(横断与纵向设计的结合),围绕身心发展的关系、身心发

展的敏感期与可塑性、心理发展的个体差异(共性与差异性),以及遗传、环境对个体心理发展的交互影响等进行了大量的探讨。著名发展心理学家皮亚杰利用临床观察法对儿童认知发展进行了系统研究,提出了著名的发生认识论,部分解释了人类认识的发生及结构这一重大哲学问题,被誉为20世纪重大的学术成就之一。皮亚杰之后的信息加工范式,通过严格控制的行为实验法,揭示了人类心理发展的精细机制,对精确刻画人类心理发展做出了重要贡献。百余年来,发展心理学的研究大大加深了人类对自身心理产生与发展的理

* 本研究受“高等学校学科创新引智计划”(B07008)资助
收稿日期:2011年10月24日

解,在满足潜能开发、身心健康促进、人口素质提升等方面的重大社会需求上日益发挥重要作用。然而,由于研究手段与技术的限制,传统以外显行为观测为主的发展心理学研究难以无损伤、动态、客观地考察心理的物质基础,无法从根本上阐明“遗传-环境”、“结构-功能”、“身-心关系”等心理发展的基本科学问题。

近20年来,随着认知神经科学(cognitive neuroscience)的兴起,尤其是无损伤脑影像技术的出现,使得探索正常大脑的结构和功能发展成为可能,为发展心理学与脑科学的结合提供了技术上的可行性,并催生了一门新兴的学科——发展认知神经科学(Developmental cognitive neuroscience)。由Mark Johnson撰写的著作《发展认知神经科学》(1997)和Charles A. Nelson领衔主编的《发展认知神经科学手册》(2001)的出版被认为是发展认知神经科学这门新兴学科正式诞生的标志^[1,2]。

发展认知神经科学的主要目标是从基因、神经、认知行为和环境等多个水平上研究生理发育(特别是脑发育)与心理发展及学习的相互作用,进而揭示脑发育与认知功能发展的关系,遗传与环境对心理发展的交互作用,个体差异的脑生物基础以及各种学习过程的大脑活动机制。从研究思路上讲,发展认知神经科学不仅从“静态”的视角研究大脑发展与心理行为发展的关系,而且从“动态”视角研究毕生发展进程中各种认知功能的发生、发展和衰退的过程,以及伴随着学习、经验等影响大脑结构和功能的动态变化及其可塑性。从研究方法和技术手段上讲,发展认知神经科学融合了心理学、认知科学、神经影像学、生物信息学、分子遗传学等多学科的研究方法和技术手段,综合运用磁共振成像技术

(MRI)、功能磁共振成像技术(fMRI)、脑电技术(EEG & ERP)、脑磁图技术(MEG)、近红外成像技术(NIRS)、光学成像技术(optical imaging)、穿颅刺激技术(TMS)、单细胞记录技术(single-cell recording)、基因型检测,以及心理行为测查等多种自然科学和社会科学的研究方法和技术手段。

发展认知神经科学研究居于身心关系和人类智能的产生及丰富两大基本问题之间的交汇处,具有重要的科学价值。科学界日益达成共识,只有理解了人类心智系统是如何在发展中构建起来的,才能真正理解成熟的系统是如何工作的。不仅如此,发展认知神经科学研究还具有重大的现实意义,它可以为开发大脑潜能和优化教育质量,为各类儿童青少年的发展性认知障碍以及老年退行性认知障碍的诊断、治疗和康复,进而为提高人口素质,增强综合国力提供科学支撑。由于发展认知神经科学具有重要的科学价值和现实意义,几乎所有发达国家都站在国家战略的高度,在多个大型“脑科学”研究计划中支持和部署该新兴学科的发展,布局发展认知神经科学研究。我国政府也高度重视认知神经科学,特别是发展认知神经科学的研究,在《2006—2020年国家中长期科学与技术发展规划》中,明确提出要重点开展对“脑发育、可塑性与人类智力的关系,学习记忆和思维等脑高级认知功能的过程及其神经基础”的研究^[4]。在世界各国和相关国际组织的大力支持下,近20年来,发展认知神经科学得到了快速发展。多所世界知名大学成立了发展认知神经科学研究中心与实验室,多个相关学术期刊创刊,2011年,由Elsevier出版的《发展认知神经科学》(Developmental Cognitive Neuroscience)杂志正式出版。从1999—2009年短短的10



中国科学院

年间,发展认知神经科学领域发表的研究论文数量从年均不足150篇上升到将近800篇,有关发展认知神经科学的大量中文译著^[3,4]和文章也纷纷发表^[5,6]。

2 发展认知神经科学研究的主要进展

在过去十几年中,发展认知神经科学主要探讨了大脑结构发育、功能发展与心理行为发展的关系,遗传与环境对个体心理行为发展的交互影响,以及心理行为发展个体差异的神经机制。下面从这4个方面介绍当前发展认知神经科学的主要研究进展。

2.1 大脑结构发育与个体心理行为的发展

结构是功能的基石,不管是儿童、青少年还是成人,其心理行为的发展离不开大脑结构的发展。正常的大脑发育序列是个体心理行为正常发展的基础;反之,异常的脑结构发展可能会导致个体心理行为发育的异常。认识这些问题不仅有助于了解毕生发展进程中大脑发展变化的规律,而且有助于了解人类心智的起源、各种发展障碍的矫治以及认知老化的干预等。在现代脑成像技术出现以前,主要借助尸体解剖(post-mortem)等手段研究大脑结构的发展变化^[7],但由于被试数量非常少,且无法动态揭示活体大脑发育与心理行为发展之间的关系,大大限制了人们的认识。现代脑成像技术的出现,特别是弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)等技术的出现可以帮助我们无创的手段研究活体大脑结构的发育和变化,以及大脑结构发育与心理行为发展的关系。发展认知神经科学从一开始就把大脑结构发育与个体心理行为发展之间的关系作为重点研究领域。

首先,通过研究活体大脑结构的发育规律,发现大脑发育存在非同步性。研究发现,大脑发育的非同步性首先体现在不同皮层区域上。最先发育成熟的是一些初级皮层,比如躯体感觉皮层和视觉皮层等,而最后成熟的则是需要整合各初级

功能的高级联络皮层,如背侧前额叶等^[8]。大脑成熟与老化遵循相反的路径和模式。大脑的成熟遵循着“由后到前”(posterior to anterior)的渐进式成熟过程^[14]。但是,大脑的老化却似乎遵循着相反的模式,即“由前向后”(anterior to posterior)的老化进程^[16]。换言之,成熟越晚的脑区似乎却反而老化的越早,而成熟越早的脑区却反而老化的越晚。大脑发育的非同步性还体现在大脑的两种重要组成部分——灰质和白质的发育上。基于灰质体积的研究发现,大脑的灰质体积随着年龄的增长呈现出倒U型的发育轨迹,到了青春期的时候大脑灰质的体积达到峰值,而青春以后则呈现缓慢下降的趋势^[9,10],而基于白质体积的研究发现,脑白质的体积从儿童期到青春期是持续增加的^[9],不同脑区的白质纤维束的发育曲线不尽相同^[11]。基于皮层厚度的定量研究还刻画了大脑不同区域的发育规律,发现越是与高级功能相关的脑区,其细胞构筑越复杂,并具有更复杂的发育轨迹^[12]。如,对于5—11岁的儿童而言,其右侧额叶、双侧顶枕等脑区的皮层厚度随年龄变薄,但一些语言功能脑区的皮层厚度却随着年龄的增加变厚^[13]。

其次,发展认知神经科学揭示了大脑结构发育的个体差异特点,对提出针对性的促进方案具有重要意义。例如,大脑总体积存在一定的性别差异,男性大脑比女性的大9%—12%^[15]。男性大脑的总体积在14.5岁左右达到峰值,而女性则发育的更快,大约11.5岁就可以达到峰值,6岁时大脑的体积已经发育到峰值的95%^[14]。不管是灰质、白质纤维的发展,还是相关脑区灰白质的分布,也同样存在着性别差异^[11]。

第三,发展认知神经科学为认识个体大脑结构发育与其心理发展之间的内在联系提供了科学依据。有关脑皮层发育与儿童智力发展的研究发现,不同智力水平儿童的脑区皮层厚度变化率有显著的差异,这为研究和预测个体认知能力提供了新的视角^[17]。此外,正常儿童的白质结构(如白质扩散属性)与认知能力有紧密的关系。如儿童

额叶白质与工作记忆容量^[18],额叶白质与语言能力^[18],额叶、枕顶联络皮层的白质与智商^[19],额叶、顶叶白质与阅读能力^[20],以及额叶纹状体区域与抑制控制能力^[21]之间存在着显著的相关性,即各种认知和行为能力与大脑的皮层发育和白质结构的完整性有关,脑结构发育是大脑功能和认知发展的神经基础。

2.2 脑功能发展与个体心理行为的发展

大脑功能发展与个体心理发展紧密相关,大脑功能的模块化、特异化以及相关功能网络的形成是心理发展的重要保障,是心理发展从不成熟转向成熟的重要体现,也是探讨心智起源以及身心关系的重要参照指标。近年来,发展认知神经科学通过 EEG、MEG、fMRI 和 NIRS 等信号的变化以及相关功能网络连接模式的变化,从多个层面、多个角度探讨了脑功能发展与个体心理发展的关系。

利用 EEG 和脑磁图(MEG)等具有高时间分辨率技术,研究发现,随着儿童年龄增长,EEG 各频段波幅强度逐渐减弱,尤其是 delta(0—3 Hz)、theta(4—7 Hz)和 alpha(8—12 Hz)慢波频段。这可能提示不同脑区间随机连接减少了,去除了无用突触,从而保留了脑区间更有效的连接网络^[22]。这些慢波活动的改变不仅仅局限在时间维度上,同样体现在空间维度上:即慢波活动最强的脑区在儿童发育过程中,会有一个从后向前发生转变的过程^[23],这种改变反映了皮层成熟的过程,即大脑皮层的成熟最开始在后部区域,逐渐发展到额叶区域。这与大脑结构的成熟遵循相同的顺序。而且 EEG 和 MEG 信号的发展变化并不是匀速的,中间可能伴随着一些突变。例如:研究发现儿童的 EEG 发展有一个重要的关键期,在大约 10 岁的时候 EEG 的频率范围开始会向 alpha

转变^[24]。更为重要的是,EEG 和 MEG 中某些特定成分可能预测儿童的一些外在行为能力,例如语言能力^[25],视觉能力^[26]等。

近些年来,fMRI 技术和近红外光学成像(NIRS),尤其是静息态 fMRI 技术和近红外光学成像(NIRS)技术由于不需要被试的主动配合,可以提供早期婴幼儿阶段脑功能发展的重要信息,因此,受到发展认知神经科学研究者的格外重视。研究发现,人脑的默认网络在婴儿期就已经存在^[27],6个月大的婴儿已形成了数字处理的右侧顶叶脑功能区^[28],学龄初期(7—9岁)儿童的短程连接逐渐减少而长程连接逐渐增多,反映了不同脑区之间分离和整合的变化规律^[29]。另外,结合复杂的机器学习和模式识别技术,功能连接模式甚至能够预测儿童、青少年的生理年龄^[30]。总之,这些研究说明,儿童脑功能发展过程中相关神经网络进行了相当精密的调整,也提示脑功能发展和个体心理发展与学习之间存在着密切的联系。

2.3 遗传与环境对个体心理行为发展的交互影响

遗传与环境对个体心理行为发展的影响是发展心理学研究的基本问题之一。早在古希腊的柏拉图和亚里士多德就开始从哲学思辨的角度对此进行了探讨。之后,以高尔顿为代表的先天决定论通过家族研究证明了先天因素的影响,而以华生为代表的后天决定论则通过行为塑造的方法揭示了后天经验的重要作用。100 年来的双生子研究、收养研究和家系研究逐渐达成一致,认为遗传和环境都是影响心理发育的重要因素。然而,这些研究并没有触碰到真正的遗传物质——基因,更没法具体分析哪些基因如何与环境因素共同影响心理的发展。近年来,发展认知神经科学融合基因技术、脑成像技术以及信息技术对这个老问题从



中国科学院

新角度进行了探讨^[31]。

发展认知神经科学的重要进展之一是突破了传统心理学只能通过双生子研究估计遗传作用的限制,从基因层面计算行为的遗传率,改变了传统遗传与环境研究中,必须依赖特定被试人群(双生子等)的限制。例如最近一项研究通过分析 549 692 个基因多态位点,估计出人类智力有很高的遗传性,其中晶体智力的遗传率为 40%,流体智力的遗传性为 51%^[32]。人格也有很高的遗传性,仅多巴胺系统相关的基因就能解释敏感性人格 15% 的个体差异,并且遗传和环境因素对人格有各自独特的贡献,其中亲子关系对人格有 2% 的贡献^[33]。

发展认知神经科学对基因与环境交互影响心理发展的机制进行了研究。在人格的研究中发现,DRD4 基因与儿童的冲动性特质相关,但是受到亲子关系的调节,良好的亲子关系下非 7R 基因型的儿童冲动性更高,不良亲子关系条件下则相反^[34]。成年人的抑郁程度与 5HTT 基因有关,按照 5HTTLPR 基因型将被试分成 ll、ls、ss 三组,发现 ss 组的被试其儿童期受到的虐待越严重则成年后抑郁程度也越严重,ll 型被试的受虐待程度则与抑郁程度无关,ls 型被试介于他们之间^[35]。与此类似,Caspi 等人还发现儿童期被虐待的经历与 MAOA 基因交互作用影响个体成年后的攻击性^[36]。

随着技术的发展,最近发展认知神经科学开始把脑-基因-行为联系起来,探讨基因与环境对脑发育以及心理发展之间的交互影响^[31]。例如研究发现儿童脑电与性格的关系受其 DRD4 基因的 VNTR 多态性调节,9 个月时的脑电活动模式及其基因型能较好地预测其 4 岁时的性格:9 个月时 EEG 左侧化且 DRD4 基因 L 型的儿童 4 岁时更听话,9 个月时 EEG 右侧化且 DRD4 基因 L 型的儿童 4 岁时更难集中注意^[37]。

这些研究克服了传统心理学研究难以触及到心理发育的脑和基因机制的弱点,摒弃了分别研究遗传和环境作用的片面思路,识别了影响心理发育的关键基因,探索了基因、脑和环境因素对心

理发展的复杂交互作用,取得了重大研究进展,极大推动了并将继续深化对心理发育规律的认识。

2.4 心理行为发展个体差异的神经机制

发展心理学的一个重要目标就是揭示心理和行为发展的个体差异,包括正常人之间的差异以及正常群体与发展性障碍个体之间的差异。与传统偏重行为指标不同,发展认知神经科学从神经机制角度揭示个体差异的神经指标和机制,并致力于个体差异的早期预测,从而深入揭示个体差异产生的机制、革新人们对发展性障碍的认识,推动早期预测、诊断和干预等带来技术革新。

发展认知神经科学通过揭示个体发展差异的神经指标,结合传统行为和认知的测量,大大提高了个体差异测量的准确性,并在一定程度上做到了个体差异预测的超前性。以语言学习为例,在一系列的研究中,董奇及其同事发现学习前大脑的激活模式能够准确预测两周后^[38],甚至半年以后的学习成绩^[39]。采用追踪研究,Hoeft 等人(2007)^[40]分别采用学年初的行为测试数据、脑结构和功能成像数据以及行为和脑数据的结合来预测学年末的阅读成绩。结果表明,整合了行为数据和脑成像数据的综合模型比单独只包含行为数据的模型以及单独只包含脑成像数据的模型具有更好的预测效度。一般对阅读障碍进行确诊要等到三四年级,但利用脑指标进行预测可以起到早发现、早干预的作用。Molfese 等人(2000)^[41]的研究发现,利用儿童出生时对言语刺激和非言语刺激反应的脑电指标可以成功预测 8 岁时哪些儿童将成为正常阅读者(normal reader),哪些儿童会出现较差的阅读者(poor reader),哪些儿童会有阅读障碍(dyslexia)。Hoeft 等人(2011)^[42]的追踪研究发现所有初期的行为测量(包括一些常用的标准化测验)都不能预测 2.5 年后阅读障碍儿童是否能够提高;而结合 fMRI 与 DTI 方法的两个脑测量指标的多变量模式可以正确预测(72% 正确率)儿童 2.5 年后的阅读能力。fMRI 任务全脑分析指标的多变量模式能够达到 90% 的正确率。采用类似的

研究思路,研究者在老年痴呆等其他临床方面的早期预测上也取得显著进展^[43]。

发展认知神经科学对个体差异的神经机制和指标的研究大大推动了各类发展障碍人群干预方面的研究与实践。首先,由于早期预测的可能,为早期干预提供了宝贵的时间,从而提高了干预的有效性;第二,发展认知神经科学研究能为验证某些传统的行为矫正技术的有效性提供更有说服力的证据。如 Temple 等人(2003)考察了行为矫正对阅读障碍儿童脑功能的影响。fMRI 扫描发现,通过矫正,阅读障碍儿童左侧颞-顶叶、左侧额下回的激活显著增加,说明行为训练可以改善阅读障碍者的脑功能,为阅读障碍儿童的行为矫正提供了有力的证据^[44];第三,发展认知神经科学的研究能为推动基于脑的新的矫正方案和思路,包括直接针对大脑的无损脑刺激技术,神经反馈技术和神经药物技术等;第四,发展认知神经科学的研究能为推动个性化的干预提供有效的指导。比如,不同个体对不同的干预措施具有不同的反应(response to intervention)。采用脑成像技术,研究者能够有效区分对某种干预措施的反应者和不反应者^[45],从而为制定不同的干预措施提供指导。

3 大力促进我国发展认知神经科学发展的建议

由于发展认知神经科学研究可以直接为提高国民素质与健康,尤其是提高儿童、青少年的素质与健康提供重要科学原理,关系到一个国家综合国力和国际竞争力,因此,受到世界各国的高度重视。我国是世界上的人口大国,0—14岁儿童、青少年就达2.2亿(第六次人口普查数据),我国2010年颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,要提升教育质量、促进教育公平、推进我国教育事业的发展,

就必须深入认识并遵循儿童、青少年心理发展规律和学习规律。因此,在我国大力开展发展认知神经科学研究,除了尽快占领这一世界学科发展前沿外,还将为我国国民素质与健康的提升提供科学原理和关键技术,其具有重大的现实意义。

近些年来,我国的相关研究机构和学者已开展了丰富的发展认知神经科学研究,国家科技部支持建立了以儿童、青少年心理发展与学习为研究核心的北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室,中科院心理所、生物物理所、神经所以及北京大学等研究机构也都在布局发展认知神经科学方面的研究。相对于国际发展认知神经科学研究,我国研究的总体水平还存在着一定差距,但由于发展认知神经科学是新兴学科,国外也刚刚起步,因此其差距与传统发展心理学研究相比要小,只要我国继续加强在这方面的布局与投入,研究者们遵循学科发展的最新趋势建立良好的攻关模式,我国在该领域具备在较短时间内站到世界前沿的可能,并同时满足国家社会发展的重大现实需求。为进一步促进我国发展认知神经科学的发展,建议未来应在以下几个方面进一步加强:

3.1 进一步加强发展认知神经科学领域的研究布局

我国的儿童、青少年人口在数量上超过许多国家的人口总和,是世界未来人力资源最重要的组成部分;我国已经进入老龄化社会(第六次人口普查60岁及以上人口的比重占13.26%,达1.78亿),促进他们的成功老化,提高其脑与心理健康水平对于社会和谐发展和家庭幸福至关重要。因此,我国没有理由不重视以研究人类心理发展、尤其是以儿童、青少年和老年心理为主要研究对象的发展认知神经科学。尽管近年来,我国加



中国科学院

大了发展认知神经科学领域的研究,但是与生理发展相关研究相比,无论是国家“973”计划、还是科技支撑计划、自然科学基金委重大研究计划等都还缺乏对发展认知神经科学相关基础研究的支持。与发达国家相比,我国的研究布局也明显不足,例如美国一项全美儿童研究项目(National Children's Study),2010年的投入就达1.938亿美元。建议国家进一步加强发展认知神经科学领域的研究布局,尤其是把加大我国儿童青少年心理发展中的突出问题研究作为重要工作来抓,更好地服务于国家的长远发展。

3.2 开展以问题为导向的“基因-脑-环境-行为”多层面、多学科交叉的大型联合攻关研究

发展认知神经科学的研究现已从基因、脑、行为单一层面的独立研究逐渐转向“基因-脑-环境-行为”的多层面、多学科的交叉整合研究,这就需要发展认知神经科学、心理学、认知神经科学、遗传影像学、分子遗传学、教育学、儿童医学、计算机科学等相关学科高度融合,采集基因、脑、行为等多模态的数据,开展大样本的、长期的追踪研究,显然单一学科的研究者是难以胜任的。其需要不同研究机构、不同学科及擅长不同技术的研究者围绕同一研究问题,加强合作,发挥各自的优势协同创新。例如,由北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室牵头,组织全国52家科研机构单位共同承担的国家科技部基础性工作重点专项“中国儿童青少年心理发育特征调查”,建立了我国儿童、青少年心理发展的首套具有自主知识产权的测评工具、常模和全国首个基础数据库,并且在服务国家重大需求中发挥了重要作用。建议中国心理学会及其二级分会的发展心理学分会,中国认知科学学会、中国神经科学学会、中国教育学会以及中国教育学会脑科学与教育研究分会等相关学术组织,建立多学科对话平台(定期联合举办会议、出版杂志等),推动不同学科研究者的合作,开展多层面、多学科交叉的大型联合攻关研究。

3.3 重视发展认知神经科学的理论体系与人才培养体系建设

发展认知神经科学从正式诞生到现在才十几年的时间,尽管在这十几年中,发展认知神经科学的研究得到了快速发展,但是发展认知神经科学作为一门新兴学科的理论体系与人才培养体系还没有完全建立起来,我国在这方面尤其缺乏,如果一个学科不能建立完善的理论体系与人才培养体系,将严重制约该学科的发展后劲及可持续发展能力。建议我国的发展认知神经科学研究者重视这一学科的知识体系、发展脉络、理论假设、方法论建设,完善发展认知神经科学方向博士研究生与硕士研究生培养目标与要求、课程设置等方案,培养出更多发展认知神经科学高级人才。

致谢 感谢北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室罗良、陶沙、薛贵、王亚鹏、陈春辉、朱昶、刘丽、贺永、宋艳、龚高浪、舒妮、李瑾等同志在文献收集、整理等方面给予的帮助和大力支持。

参考文献

- 1 Johnson M H. Developmental Cognitive Neuroscience. Oxford: Blackwell, 1997.
- 2 Nelson C A, Luciana M. Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience. Cambridge, MA: The MIT Press, 2011.
- 3 马克约翰逊(著),董奇(丛译主编),徐芬(译). 发展认知神经科学. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- 4 董奇(译丛主编). 脑科学与教育译丛. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.
- 5 徐芬, 董奇. 发展的认知神经科学——神经科学与认知发展研究的融合点. 应用心理学, 2002, 8(4): 51-55.
- 6 刘俊升, 桑标. 发展认知神经科学研究述评. 心理科学, 2007, 30(1): 123-127.
- 7 Crone E A, Ridderinkhof K R. The developing brain: from theory to neuroimaging and back. Developmental Cognitive Neuroscience, 2011, 1:101-109.
- 8 Gogtay N, Giedd J N, Lusk L et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood.

- Proc Natl Acad Sci, 2004, 101(21): 8 174-8 179.
- 9 Giedd J N, Blumenthal J, Jeffries N O et al. Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nat Neurosci*, 1999, 2(10): 861-863.
 - 10 Lenroot R K, Giedd J N. Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neurosci Biobehav Rev*, 2006, 30(6): 718-29.
 - 11 Clayden J D, Jentschke S, Munoz M et al. Normative development of white matter tracts: similarities and differences in relation to age, gender, and intelligence. *Cereb Cortex*, Sep 21, 2011, 1-10.
 - 12 Shaw P, Kabani N J, Lerch J P et al. Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *J Neurosci*, 2008, 28(14): 3 586-3 594.
 - 13 Sowell E R, Thompson P M, Leonard C M et al. Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *J Neurosci*, 2004, 24(38): 8 223-8 231.
 - 14 Dekaban A S. Changes in brain weights during the span of human life: Relation of brain weights to body heights and body weights. *Annals of neurology*, 1978, 4(4): 345-356.
 - 15 Giedd J N, Vaituzis A C, Hamburger S D et al. Quantitative MRI of the temporal lobe, amygdala, and hippocampus in normal human development:ages 4-18 years. *J Comp Neurol*, 1996, 366(2): 223-230.
 - 16 Craik, F I M. Brain-behavior relations across the lifespan: A commentary. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2006, 30: 885-892.
 - 17 Shaw P, Greenstein D, Lerch J et al. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 2006, 440(7 084): 676-679.
 - 18 Nagy Z, Westerberg H, Klingberg T. Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *J Cogn Neurosci*, 2004, 16(7): 1 227-1 233.
 - 19 Schmithorst V J, Wilke M, Dardzinski B J et al. Cognitive functions correlate with white matter architecture in a normal pediatric population: a diffusion tensor MRI study. *Hum Brain Mapp*, 2005, 26(2): 139-147.
 - 20 Niogi S N, McCandliss B D. Left lateralized white matter microstructure accounts for individual differences in reading ability and disability. *Neuropsychologia*, 2006, 44(11): 2 178-2 188.
 - 21 Liston C, Watts R, Tottenham N et al. Frontostriatal microstructure modulates efficient recruitment of cognitive control. *Cereb Cortex*, 2006, 16(4): 553-560.
 - 22 Boersma M, Smit D J et al. Network analysis of resting state EEG in the developing young brain: structure comes with maturation. *Hum Brain Mapp*, 2011, 32(3): 413-425.
 - 23 Kurth S, Ringli M et al. Mapping of cortical activity in the first two decades of life: a highdensity sleep electroencephalogram study. *J Neurosci*, 2010, 30(40): 13 211-13 219.
 - 24 Marcuse L V, Schneider M et al. Quantitative analysis of the EEG posterior-dominant rhythm in healthy adolescents. *Clin Neurophysiol*, 2008, 119(8): 1 778-1 781.
 - 25 Benasich A A, Gou Z et al. Early cognitive and language skills are linked to resting frontal gamma power across the first 3 years. *Behav Brain Res*, 2008, 195(2): 215-222.
 - 26 Chen Y, Xiang J et al. Neuromagnetic biomarkers of visuocortical development in healthy children. *Clin Neurophysiol*, 2010, 121(9): 1 555-1 562.
 - 27 Fransson P, Skiold B, Horsch S et al. Resting-state networks in the infant brain. *Proc Natl Acad Sci*, 2007, 104: 15 531-15 536.
 - 28 Hyde D C, Boas D A et al. Near-infrared spectroscopy



- shows right parietal specialization for number in pre-verbal infants. *Neuroimage*, 2010, 53(2): 647-652.
- 29 Fair D A, Cohen A L, Dosenbach N U et al. The maturing architecture of the brain's default network. *Proc Natl Acad Sci*, 2008, 105: 4 028-4 032.
- 30 Dosenbach N U, Nardos B, Cohen A L et al. Prediction of individual brain maturity using fMRI. *Science*, 2010, 329: 1 358-1 361.
- 31 Green A E, Munafo M R, DeYoung C G et al. Using genetic data in cognitive neuroscience: From growing pains to genuine insights. *Nat Rev Neurosci*, 2008, 9: 710-720.
- 32 Davies G, Tenesa A, Payton A et al. Genome-wide association studies establish that human intelligence is highly heritable and polygenic. *Mol Psychiatry*, 2011, 16: 996-1 005.
- 33 Chen C, Moyzis R, Stern H et al. Contributions of dopamine-related genes and environmental factors to highly sensitive personality: A multi-step neuronal system-level approach. *PLoS One*, 2011, 6: e21 636.
- 34 Sheese B E, Voelker P M, Rothbart M K et al. Parenting quality interacts with genetic variation in dopamine receptor D4 to influence temperament in early childhood. *Dev Psychopathol*, 2007, 19: 1 039-1 046.
- 35 Caspi A, Sugden K, Moffitt T E et al. Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science*, 2003, 301: 386-389.
- 36 Caspi A, McClay J, Moffitt T E et al. Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children. *Science*, 2002, 297: 851-854.
- 37 Schmidt L A, Fox N A, Perez-Edgar K et al. Linking gene, brain, and behavior: DRD4, frontal asymmetry, and temperament. *Psychol Sci*, 2009, 20: 831-837.
- 38 Xue G, Chen C, Jin Z et al. Language experience shapes fusiform activation in processing a logographic artificial language: An fMRI training study. *Neuroimage*, 2006, 31: 1 315-1 326.
- 39 Dong Q, Mei L, Xue G et al. Sex-dependent neurofunctional predictors of long-term. *Neuroscience Letters*, 2008, 430: 87-91.
- 40 Hoeft F, Ueno T, Reiss A L et al. Prediction of children's reading skills using behavioral, functional, and structural neuroimaging measures. *Behav Neurosci*, 2007, 121: 602-613.
- 41 Molfese D L. Predicting dyslexia at 8 years of age using neonatal brain in responses. *Brain and Language*, 2000, 72: 238-245.
- 42 Hoeft F, McCandliss B D, Black J M et al. Neural systems predicting long-term outcome in dyslexia. *Proc Natl Acad Sci*, 2011, 108: 361-366.
- 43 Nestor P J, Scheltens P, Hodges J R. Advances in the early detection of Alzheimer's disease. *Nature Review Neuroscience*, 2004, 5: s34-41.
- 44 Temple E, Deutsch G, Poldrack R A. Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI. *Proc Natl Acad Sci*, 2003, 100: 2 860-2 865.
- 45 Davis N et al. Functional correlates of children's responsiveness to intervention. *Developmental Neuropsychology*, 2011, 36(3): 288-301.

Developmental Cognitive Neuroscience: A New Discipline on Understanding and Promoting Psychological Development

Dong Qi

(National Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning,
Beijing Normal University 100875 Beijing)

Abstract Understanding and promoting psychological development is an important mission of scientific research. In the past decade, developmental psychology integrated with neuroscience, genetics, and molecular biology and gave birth to developmental cognitive neuroscience, which provided new perspective for understanding the origin, development, and neural and social mechanism of human mind, and shed light on promoting human mind. Great progress has been made in understanding the relation between brain structure / function and development of psychology, the interaction of genetic and environmental factors on development of psychology, and individual differences in corresponding neural mechanism. Because of the great scientific value and realistic significance of developmental cognitive psychology, we should seize the opportunity to support this new discipline to improve human resource from 3 levels: allocation of resource in national science and technology, supporting cross-discipline projects focusing on key questions, and setting up education system for high-level researchers. By doing so can enable us play a leading role in this field, and fulfill the requirement of improving human resource.

Keywords developmental cognitive neuroscience, psychological development, brain development, genetics, environment

董 奇 北京师范大学校长,认知神经科学与学习国家重点实验室教授、博士生导师、学术委员会主任,国务院学位委员会第六届心理学科评议组组长。主要从事儿童、青少年心理发展与评价,语言与数学学习及其脑机制研究。已出版学术著作5部,发表学术论文200余篇。E-mail: dongqi@bnu.edu.cn



中国科学院