语言发展认知神经科学研究: 重要进展、趋势与规划建议

陶沙^{1*}, 陈睿¹, 陶言强¹, 李永静¹, 骆洁¹, 卢静¹, 刘丽¹, 毕鸿燕², 李魁²

1. 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;

2. 中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101

* 联系人, E-mail: taosha@bnu.edu.cn

收稿日期: 2020-08-04; 接受日期: 2020-10-20; 网络版发表日期: 2021-01-04

北京市科委重大科技专项(批准号: Z181100001518003)和中国科学技术协会学科发展项目(批准号: 2018XKFZ03)资助

摘要 语言是人类独特的脑高级功能. 语言发展和脑发育是发展认知神经科学研究的核心领域之一. 深入理解语言发展和脑发育的复杂联系, 不仅对破解人脑奥秘意义重大, 同时可为理解和促进人类脑智发育提供重要依据. 本文概述了语言获得和发展的脑机制、阅读发展与脑发育、二语学习年龄效应及脑机制、语言发展的遗传因素等方面的重要研究进展, 并基于当前该领域的主要发展趋势, 为我国布局该领域研究提出了建议. 当前语言发展认知神经科学研究呈现如下主要趋势: 通过方法创新, 深化语言不同成分发展的脑机制研究, 从而推进语言作为整体系统的研究; 将语言发展脑机制的研究向认知、情感、社会行为相互联系的脑机制研究推进, 以破解人类脑智发育奥秘; 通过整合基因-环境-脑和行为, 探索语言脑发育的生物-社会-心理机制; 重视基础数据收集和积累, 特别重视开展大样本长期追踪的语言脑发育队列研究. 基于国际进展、趋势和我国现实需要, 建议我国在此领域研究规划中重视研制、推广应用语言发展评估标准化工具, 加强先进仪器设备的方法学训练; 围绕汉语发展的脑机制, 尽快开展脑与语言发展的大规模前瞻性队列研究, 强化我国相关研究的优势和特色; 重视面向满足国家促进亿万儿童语言发展的重大需求, 结合政策、教育与医疗应用的具体需求, 在语言发展促进, 特别是阅读能力提升和障碍防治等领域, 尽快开展有针对性的转化应用研究. 此外, 为推进语言认知神经科学基础与转化应用研究, 还需要大力提倡合作与开放, 推动本领域原始和集成创新.

关键词 语言发展, 认知神经机制, 发展趋势, 研究规划

语言是人脑的独特高级功能. 语言发展是人类个体成长、适应极为重要的领域, 对于认知、社会行为等其他领域发展也具有显著的长期影响. 语言发展受到脑结构和功能发育的支撑和制约, 而语言学习经验和水平也会反向建构脑^[1,2]. 深入理解语言发展和

脑发育的复杂联系, 将对认识、保护和促进人类脑智发育产生重要影响. 本文拟概括人类语言发展与脑发育研究领域的重要进展, 基于现有研究进展和趋势, 预测本领域未来发展, 并为我国该领域研究规划提出建议.

引用格式: 陶沙, 陈睿, 陶言强, 等. 语言发展认知神经科学研究: 重要进展、趋势与规划建议. 中国科学: 生命科学, 2021, 51: 679–690

Tao S, Chen R, Tao Y Q, et al. Cognitive neuroscience research of language development: the future path and layout (in Chinese). Sci Sin Vitae, 2021, 51: 679–690, doi: 10.1360/SSV-2020-0255

1 语言发展的认知神经机制研究进展

语言发展始于口语听觉加工, 并在此基础上逐步掌握词汇和句法。在口语发展的基础上, 个体通过系统学习逐步获得并不断提升阅读能力。利用脑电(electroencephalography, EEG或event-related potential, ERP)、脑磁(magnetoencephalography, MEG)、近红外成像(functional near infrared spectroscopy, fNIRS)和磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等技术手段, 语言发展的认知神经机制研究揭示了语言发展不同阶段的重要脑发育基础。

1.1 语言获得与发展的脑发育基础

语言获得与发展涉及个体对语音、词汇、语义和语法等语言重要组成成分的学习和掌握。语言发展贯穿人的一生, 不同的发展阶段具有不同的特征, 与之对应的脑结构和功能也在不断变化。

不同语言能力成分存在先后发展顺序, 并在发展中日益有机联系。对语音信息的加工在新生儿阶段已出现。监控睡眠中新生的脑活动, 可记录到不同音调引发的脑电差异^[3]。新生儿已出现与成人类似的语音处理左侧化优势^[4,5]。脑磁研究和近红外研究进一步识别出颞上区和颞下区是婴儿处理声调、和声和音节的重要脑区, 提示包括额叶和颞叶在内的时空大尺度脑网络是婴儿语音处理的重要脑基础^[6,7]。

随着神经系统的逐渐成熟以及经验的积累, 个体在20~24个月间词汇量迅速增长。研究发现, 早在14个月时, 婴儿已能借助语音线索初步区分已知和未知词汇, 到20个月时可以进一步利用语义线索区分发音相似的已知和未知词汇^[8]。在语言学习实验中, 词汇量大的儿童, 其脑电N400波幅呈线性下降, 而词汇量小的儿童的N400波幅直到学习阶段结束时才出现下降^[9]。

儿童对语言规则的掌握晚于语音和词汇发展。对7~9个月大婴儿的fNIRS研究显示, 9个月婴儿表现出对普遍性语法结构的偏好^[10]。而2~3岁的儿童已经可以区分正确和错误的语法, 且其语法加工的脑电模式与成年人具有相似性^[11]。

儿童语言获得和发展的速度、质量以及语言脑的发育, 除了受到自身神经系统成熟制约外, 还受到环境因素的影响。家庭社会经济地位较低儿童, 其与语言密切相关的左额下回(inferior frontal gyrus, IFG)偏侧

化明显较弱^[12], 并且这种差异随年龄增加而扩大^[13]。亲子语言互动直接影响到儿童语言脑发育。家庭中成人和儿童语言交流轮次越多, 儿童完成语言任务时左下额叶激活越强^[14]。

可见, 个体语音、词汇与语义、语法等方面的语言获得均与脑的活动强度及模式发育密切关联。在基本的语言加工机制上, 儿童已经表现出与成人类似的神经活动模式。与此同时, 儿童语言获得及其认知神经机制受到社会经济地位等因素影响, 显示出巨大的个体差异。已有研究推进了对语言获得生物学机制的认识。然而, 对儿童青少年, 特别是不同阶段不同领域语言获得、发展的脑机制及与脑发育相互影响的研究仍然较少, 系统性不足, 尤其缺少紧密结合语言获得与发展理论的脑发育研究。因此, 未来研究不仅需要大力积累语言获得与发展的各领域脑发育基础的实证数据, 而且还迫切需要从检验、修正、完善语言获得与发展理论出发, 开展假设与数据驱动结合的研究, 以期揭示语言与脑发育多层级的复杂动态关系。

1.2 阅读发展的脑发育基础

文字在人类的进化史上出现得较晚, 人类并没有进化出先天用于阅读的神经结构。因而与口语能力不同, 阅读能力作为一项需要系统学习的技能, 并非随年龄增长而自动获得。与口语发展相似的是, 阅读发展也存在不同阶段。初级阅读者的基本任务是识别字词, 建立形、音、义的联系。随着字词识别的逐渐熟练, 阅读发展重点转向句子、段落、篇章的阅读理解。

(1) 阅读发展及阅读困难的脑认知机制。元分析显示, 与成人相比, 儿童阅读加工更依赖左后侧颞上回。随着年龄增长, 虽然左脑颞-枕-顶叶区的语音系统仍继续参与阅读, 但对这一系统的需求减少, 而与单词自动识别相关的腹侧枕-颞区起到更多作用^[15]。汉语阅读研究发现, 左侧额叶中回、梭状回、前运动区等构成了汉语阅读加工的网络^[16]。汉语阅读障碍与左额中回灰质体积^[17]和激活异常^[18,19]有关。同时, 汉语阅读障碍儿童语素加工相关的左脑背侧后路 and 腹侧前路额下回激活也存在不足^[20]。

无论在初级还是高级阶段, 阅读能力的发展不仅依赖脑区的发育成熟, 还需要在脑区间构建起组织良好、高效的连接^[21]。已有研究表明, 正常人群的左侧颞顶角回与布罗卡区的连接强度与阅读能力呈正相

关^[22]. 弥散磁共振成像研究表明, 儿童在6岁时弓状束的各向异性系数(fractional anisotropy, FA)与阅读前期的语音技能相关, 6~8岁时其体积成熟度可预测未来的阅读表现^[23]. 一项对136名15~28岁正常青少年的研究发现, 大脑双侧区域尤其是额叶、顶叶以及颞叶间连接的FA值与阅读能力呈正相关^[24]. 汉语相关研究发现, 汉语儿童额叶中部到梭状回连接具有重要作用^[17]. 腹侧下纵束的发育是语素意识发展的白质纤维基础, 对汉语阅读能力有着独特的贡献^[25].

感知觉加工是阅读的底层机制, 其缺陷可能是阅读障碍的成因之一. 研究发现, 阅读障碍的视觉大细胞功能缺陷会影响阅读过程中的眼动控制与视知觉加工, 从而造成阅读视觉加工困难^[26]. 除感知觉外, 与运动功能相关的小脑在阅读障碍中的角色也开始受到关注. 阅读障碍个体多存在白质通路的连接异常^[27]. 小脑的前叶和后叶通过与额叶、顶叶和颞叶的连接影响发音、拼写以及书写等运动加工方面的技能, 从而影响阅读能力^[28]. 对汉语阅读困难儿童的研究也发现了视觉大细胞功能缺陷, 以及左侧小脑的功能结构异常^[29,30].

(2) 阅读对脑发育的增益作用. 阅读能力受到脑发育的制约, 而阅读经验也能反向对脑进行塑造和优化. 阅读经验可促进早期视觉加工, 继而重组腹侧枕颞通路, 使得左脑枕颞区对书面语的加工活动优化; 阅读还能调节语音编码, 加强语音与字形表征之间结构和功能的连接^[31]. 早期获得阅读经验的个体, 不仅视觉系统的专门化程度较高^[1], 语音编码能力也更为高效^[32]. 即使短期的阅读训练, 也能够增强枕叶、脑干及丘脑的皮层下结构之间的功能连接, 且这一连接增强与训练后个体解码能力的获益呈正相关^[33]. 对没有阅读经验的幼儿进行读写训练的研究也发现, 文字经验可以在短时间内调控文字N170效应的出现^[34,35].

总的来说, 已有关于阅读发展脑机制的研究揭示出腹侧枕颞区的活动、左侧颞顶角回到布罗卡区的功能连接、弓状束的结构连接等发挥着重要作用. 不同语言文字系统中阅读发展的脑发育基础有相似性, 也有一定特异性. 汉语阅读发展的核心脑区可能位于左侧颞中回、梭状回和前运动区, 关键连接可能包括颞中回到梭状回的功能连接、腹侧下纵束的结构连接. 此外, 视觉大细胞功能缺陷、运动相关的小脑功能缺陷以及白质通路异常也可能与阅读障碍密切关联. 作

为重要的学习经验, 阅读可以通过促进早期视觉加工、重组腹侧枕颞通路、加强语音字形之间的脑连接, 进一步影响脑的结构和功能发育. 进一步的研究需要基于长期纵向追踪, 揭示阅读及脑机制个体差异的来源与发展轨迹, 系统研究不同语言文字体系下阅读发展及个体差异的脑机制异同. 汉语阅读发展与阅读困难研究应进一步加强系统性, 重视基础数据的积累, 以推进建立和完善具有普适性的阅读发展理论, 同时实现对汉语阅读发展及其个体差异特殊性的精细描述和阐释.

2 二语学习的脑机制

随着全球化发展, 二语学习日益普遍, 对二语学习脑机制的研究也在不断增加. 通常认为, 学习第二语言的时间越早, 个体对该语言的掌握就越好, 这一年龄效应受到语言研究的广泛关注. 近期研究还在二语阅读障碍的脑与认知机制、二语学习对大脑发育的增益作用等方面取得了进展.

2.1 二语学习脑机制的年龄效应

学习第二语言的早晚, 可能影响二语加工的大脑神经活动模式. 较早一项研究发现, 6岁前开始学习第二语言的熟练双语者, 在进行二语句子理解时, 其激活脑区与母语一致^[36]. 晚期(6岁以后学习第二语言)熟练双语者的第二语言加工模式与母语在额叶区域存在较大差异^[37]. 对汉-英双语的研究也发现, 晚期双语使用者在进行汉、英阅读任务时出现不同的大脑神经活动模式, 且活动区的分离程度达到了50.1%~96.5%, 表明两种语言加工之间存在功能独立性^[38].

但也有研究得到了相反的结果, 发现越早学习第二语言, 二语和母语之间的大脑神经活动模式的差异越大^[39]. 一项研究对比了不同起始年限的双语学习者, 发现起始学习年限越早, 双语句子理解相关的脑激活差异越大; 而较晚习得第二语言的双语者, 加工第二语言时的神经活动和母语更为相似^[40].

二语学习的起始时间除了影响神经活动模式外, 也会大脑结构发育产生影响. 研究结果显示, 早期的二语学习者, 其胼胝体头部和膝部的各向异性指数呈正相关, 并且学习的早晚对左伏隔核和双侧丘脑的扩张, 以及静息态中视觉网络相关的功能连接有显著的

预测作用^[41]。

2.2 二语阅读学习及阅读困难的脑认知机制

近年来,一些研究关注了儿童二语阅读困难与母语阅读困难在脑机制上的异同。在口语词汇韵律判断任务中,英语阅读困难的汉语儿童左侧颞上回的功能激活正常,但左侧额下回与左侧梭状回激活不足,且左侧颞上回与左侧梭状回的功能连接也不足^[42],提示二语阅读困难的神经缺陷与英语母语阅读困难相似。一项MRI研究系统对比英语读写困难、汉-英双语读写困难和正常组的脑结构特征^[43],结果显示,双语和二语读写困难儿童缘上回的灰质体积显著大于控制组,表明缘上回的结构异常可能与二语读写困难有关。

2.3 二语学习对脑发育的增益作用

二语学习是人脑可塑性的重要体现,具有脑发育的保护和促进功能。Mechelli等人^[44]发表在*Nature*上的研究表明,与单语者相比,英语-意大利语双语者的左脑顶下小叶(left inferior parietal)灰质密度明显增大,且二语学习的开始时间越早、水平越高,左脑顶下小叶灰质密度越大。追踪研究也得到了一致的结果^[45]。后续研究进一步揭示了双语者相对单语者在尾状核与小脑灰质密度^[46,47]、白质发育完整性^[48]上的优势。

二语学习经验还可能具有脑老化的保护作用^[49-52]。横断和追踪研究揭示,两种及以上语言学习经验与年龄、受教育水平、经济条件相比,能够更好地解释和预测认知能力老化的延缓^[53-55]。童年期的二语学习经验不仅与老年轻度认知障碍的低风险显著相关^[56],而且还有助于延缓病理性脑老化。二语学习对人脑发育的增益作用可能主要来源于长期使用二语带来的认知控制能力的增强。

从上述已有二语学习个体差异的来源及其认知神经机制的研究进展看,有关研究验证了二语学习存在起始年龄效应,但是其认知神经机制尚没有普遍认可的结论,更缺乏整合学习经验不同维度的理论框架。其次,有关二语阅读困难的脑机制研究初步揭示出左侧额下回、梭状回激活不足,颞上回和梭状回功能连接不足等特征,但是二语阅读困难脑机制与母语阅读技能及其脑机制、二语学习经验、母语与二语异同等因素的关系还需要系统研究。此外,二语学习对脑结构和功能可能存在一定增益作用,但是其泛化、迁

移影响的机制和具体条件尚不清楚。由于二语学习在经验上存在巨大差异,因此,在二语学习脑机制的探索中,迫切需要定量起始年龄、学习时长、学习方式、使用频率与情境等二语学习经验的不同特征,结合学习经验、熟练度、母语能力、母语与二语的异同等开展大规模横断比较研究、纵向追踪研究和干预训练研究,逐步建构二语学习的完整理论框架,为认识和预测人类语言脑的巨大可塑性提供重要观点和科学证据。

3 语言发展的遗传因素及与脑发育的联系

语言发展既受到脑发育和环境经验的影响,同时也受到遗传的制约。有关语言能力的遗传研究始于可遗传度研究。基于双胞胎的行为遗传学显示,阅读障碍的遗传度可达50%~77%^[57],特定语言障碍(specific language impairment)在同卵双胞胎中的遗传度甚至接近100%^[58]。在可遗传度研究基础上,对语言能力的遗传研究还开展了核型分析、遗传连锁分析,以及遗传关联研究和候选基因的功能测定^[59]。

3.1 语言相关基因及其与脑发育的联系

*FOXP2*是第一个被发现和语言障碍相关的基因。*FOXP2*最初是在对KE家庭的研究中发现的^[60]。神经影像学研究证实了阅读障碍的个体其异常的脑区与*FOXP2*高表达的区域存在重合^[61]。但也有研究表明,*FOXP2*和语言发展并不相关^[62]。

第一个阅读障碍的全基因组关联研究纳入了5760个7岁英国儿童。对比阅读低分和高分组,发现了10个SNPs(single nucleotide polymorphisms)与阅读能力显著相关^[63]。目前研究将*DYX1~DYX9*共9个基因区域认定为与发育性语言障碍(developmental reading disorder)有关,关联研究认定了潜在的候选基因,包括*DYX1C1*(15q21),*DCDC2*和*KIAA0319*(6p22.3-p21.3),*MRPL19*和*C2ORF3*(2p16-p15),*ROBO1*(3p12-q13),*KIAA0319L*(1p36-p34)等^[64]。进一步对已确定的候选基因的作用机制进行探究,发现*DCDC2*,*KIAA0319*和*DYX1C1*在胚胎发生早期会影响发育中的神经元的迁移,*ROBO1*会影响神经元胞体轴突的延伸^[59,65-67]。

对2005~2016年间43项阅读障碍候选基因研究结果的整合分析显示,*DYX1C1*,*DRD2*,*DCDC2*,

*KIAA0319*和*DIP2A*也在中国人样本中得到重复^[68]。另一项研究基于409个障碍和410个正常对照儿童,以逻辑回归模型考察*DIP2A*与汉语发展性阅读障碍的关联,结果发现,rs2255526的G等位基因和GG基因型与汉语阅读障碍显著相关^[69]。还有研究发现了中国人群中口吃基因*GNPTAB*的rs17031962以及*NAGPA*的rs882294都与阅读障碍显著相关^[70]。

3.2 以脑影像特征作为中间表型的基因研究

结合遗传学方法与先进的脑成像技术,研究者将脑的影像特征作为中间表型进一步探讨语言发展的遗传因素^[71]。研究显示,*DCDC2*上SNP(rs793842)的变异与左侧颞顶叶的白质体积相关^[72],其2号内含子的缺失还与双侧颞顶叶脑区的灰质体积、左侧弓状束和后胼胝体的白质微观结构相关^[73,74]。*KIAA0319*基因与左侧颞顶叶的白质体积^[72]、左侧眶额叶的皮质厚度^[75]、胼胝体白质完整性^[76]存在相关性。此外,研究还发现,*THEM2*基因与左侧额下区域的皮质厚度相关,*NRSNI*与双侧后颞叶在阅读和听说任务中的功能对称性相关^[77],*DYX1C1*基因在rs3743204位点的变异与双侧颞顶叶的白质体积相关^[78]。

语言能力与语言发展是一种极为复杂的性状。探索语言发展的遗传因素的研究刚刚起步,需要通过不断积累、扩大数据资源,完善统计分析方法,以提高发现关联基因的可能。同时,脑影像特征作为中间表型对于推进这一领域的研究具有重要潜能,需要基于语言发展及脑结构与功能连接的研究,探索多模态融合。在发现有关基因的基础上,还特别需要进一步与分子生物学等其他学科联合,解析基因组如何通过多种途径影响语言发展的不同方面。由于种族、文化的影响,汉语人群语言发展的基因基础与英语人群可能既相似,也具有独特性。因此,未来研究应继续积累、整合不同的数据集,在大数据背景下对基因组-脑-语言表型建立关联,在多群体中验证,并结合动物模型等途径解析机制,从而理解语言发展的遗传机制,并识别语言发展障碍的高危基因,为语言发展个体差异的精准鉴别、分型提供重要依据。

上述已有语言发展认知神经科学研究推进了对不同发育期语言发展变化脑机制的认识,识别了语言发展有关的重要脑区、网络,并揭示出脑与语言发展的双向影响。阅读发展、二语学习的脑机制研究等进

展突出。目前研究开始高度关注解析更为精细的语言相关结构与功能网络,在分子水平上开展语言及脑发育的生物机制研究。为揭示语言发展的脑机制,研究需要继续积累实证证据,结合假设与数据驱动,探索语言与脑发育间多层级的复杂动态关系,特别是重视从发展变化的角度解析语言脑发育的个体差异及其影响因素。汉语具有独特性,汉语人群也极为庞大。因此,进一步加强汉语人群语言发展脑机制的系统研究将对理解语言脑发育的普遍性与特殊性起到更重要的作用。

4 语言发展认知神经科学研究的发展趋势

语言发展认知神经机制的研究正在迅速发展,其趋势表现在以下四方面。

4.1 创新方法,探索语言不同成分发展及其相互联系的脑机制

语言发展涉及到语音、语义、语法、语用等不同成分,且具有很强的交际性。随着成像技术抗噪性能和时空分辨率的提升,以及多人成像技术等突破,未来研究将可能在自然条件下、在互动情境中、在虚拟现实技术支撑下,对语言不同成分的发展进行更加深入的研究,并拓展到目前较少开展的语言产生、语用等新的领域。同时,语言发展脑机制具有整体性。在深入研究各成分发展的脑机制基础上,有可能系统地阐释随着个体成熟和经验积累,语言不同成分关联的脑网络整体的建构与演化,这将为认识语言和人脑的本质提供新的观点和证据。

4.2 加强语言发展与其他重要发展领域的相互联系研究

语言与认知、情感、社会行为发展联系密切。在正常儿童中,语言发展时间、质量上的差异往往带来认知、情感、行为发展的差异。在自闭症儿童中,语言缺失也和认知、社会行为缺陷相伴。然而,迄今为止,人们对语言发展与认知、情感、社会行为联系的脑机制却知之甚少。开展语言发展与认知、情感、社会行为发展联系的脑机制研究,不仅将为理解人类脑智建构原理提供重要观点、证据,还将为人类脑智发育的保护和促进提供有效的方法。

4.3 整合基因-环境-脑和行为, 探索语言脑发育的生物-社会-心理机制

语言是遗传和环境经验交互作用的产物, 脑与语言发展相互促进、相互建构。然而, 由于方法、技术、能力的局限, 已有研究大多数仅在单一层面、单一方向开展, 极大限制了人们对于语言这一复杂的脑高级功能发展机制的认识。随着成像技术、基因测序技术飞速发展, 整合基因-环境-脑和行为多层面的大规模影像遗传研究兴起, 在探索人类脑智发育中日益发挥重要作用。国内也已出现部分将基因-环境-脑和行为相结合的研究。例如, Su等人^[79]探讨了基因*DCDC2*的两个SNPs(rs1419228, rs1091047)和家庭阅读环境在阅读发展中的作用, 发现rs1091047与家庭阅读环境在阅读加工的脑电标记N170上存在显著交互作用。在语言发展这一领域中, 整合基因-环境-脑和行为的大规模研究, 将为本领域理论创新与应用提供重要基础。

4.4 重视基础数据收集和积累, 特别重视追踪队列研究

设计良好、执行规范的大规模队列研究(cohort study)结果相对稳健, 检验病因假说的能力强, 是现代人类发展研究不可或缺的重要手段。发达国家在认知行为层面较早、较多地开展了语言发展相关的队列研究, 已经积累了丰富数据。这些队列研究从疾病影响、产前暴露、早产、保育环境、父母语言风格、社会经济地位等方面对儿童语言能力发展进行了纵向追踪, 分析语言发展的促进和风险因素以及语言障碍的成因, 提出有效的教育建议和防治措施。此外, 还有部分研究追踪了幼儿语言能力的发展对成年智力和心理健康的影响, 证实了早期语言发展的重要性。我国研究者也开展了少量儿童语言发展的追踪, 在早期语言发展及汉语阅读发展规律上获得了重要发现。在IMAGEN和ABCD等已有的欧美脑智发育大型影像遗传队列研究中, 少量涉及了语言相关能力的测量。在语言发展这一领域中, 针对语言发展脑机制的关键理论问题和保护、促进语言发展中涉及的核心原理问题, 设计和实施有关研究, 将为该领域理论创新与应用提供重要基础。

我国近年来也开始重视组织开展大型队列研究。

例如, 2014年4月11~13日, 以“国家大型健康队列建设与应用”为主题, 召开了第489次香山科学会议, 会议提倡运用现代生物医学研究、医学工程技术和计算机技术等最新成果, 开展系统性、前瞻性、大样本、多中心人群队列研究^[80]。近年来, 北京师范大学、中国科学院心理研究所、华东师范大学等机构启动了儿童青少年脑智发育的队列研究。虽然目前我国尚无脑发育与语言发展的队列研究, 但随着我国脑发育研究快速进步、信息技术支撑平台的建设, 有关研究将可能尽快组织实施。整合现有资源, 加紧进行脑发育与汉语语言发展队列研究将极大促进语言发展认知神经科学在我国的发展。

语言发展认知神经科学迫切需要通过方法创新, 深入探索语言不同成分发展的脑机制, 大力推进语言发展作为整体系统的研究, 并重视整合基因-环境-脑和行为, 从多层面探索语言脑发育的生物-社会-心理机制。同时, 只有将语言发展脑机制的研究与认知、情感、社会行为发展及脑机制的研究相互联系, 才可能破解人类脑智发育奥秘。为回答语言脑发育机制的复杂问题, 必须重视数据积累, 进行大样本、长期追踪的语言与脑发育队列研究。

5 对我国语言发展认知神经机制研究规划的建议

我国社会经济飞速发展, 国家既重视支持科学研究探索未知前沿, 也重视通过科学研究满足民生需要、促进社会进步。我国语言发展与脑发育领域已在队伍、能力、成果积累上取得了重要进展。面对国际科学研究的竞争和我国的实际情况, 选准重点突破方向, 重视打好基础, 既瞄准近期目标, 更要放眼中长期从0到1的突破, 为促进我国基础教育质量提高、解决人口健康面临的重要相关问题提供科学支撑(图1)。

本文对我国有关领域研究规划提出以下建议。

5.1 研制、推广语言发展评估的标准化工具, 并强化先进方法学培训

研究语言发展, 首先必须要解决语言不同能力在不同年龄阶段、不同人群中的准确评估问题。一系列具有良好信效度的标准化语言评估工具是开展系统研究和支持转化应用的必要条件。在欧美国家, 经过上百

图 1 中国语言发展认知神经科学建设框架(网络版彩图)

Figure 1 A roadmap of the Chinese cognitive neuroscience research for language development (color online)

年的发展, 语言发展的评估方法和工具众多且易得, 并仍在不断更新完善中。我国翻译引进、修订、研制了一些语言发展的评估工具, 但是在年龄和领域覆盖的全面性、适用性、常模、易得性等方面还存在不足。我国研究和实践需要的大量评估工具长期处于缺乏状态, 研究者不得不自行设计和使用其他替代方法, 影响了研究的质量与效率, 且不利于研究结果的可比性、重复性, 极大限制了未来应用。因此, 应积聚国家、地方和社会资源, 瞄准研究和应用急需的一批工具, 引进修订和自主研发结合, 解决方法工具上的“卡脖子”问题。

同时, 推进语言发展的脑发育研究, 特别需要加强培训提高对脑研究先进设备的有效使用。语言发展与脑发育的研究在相当程度上依赖各种脑成像设备。近20年来, 随着我国经济实力增长和对科学研究投入的增长, 我国在脑电、近红外、磁共振成像等仪器设备的配置上有了巨大改善。但先进成像设备要真正在研究中起到推动作用, 离不开持续的方法培训和技术支撑。与北美、欧洲等国相比, 我国在先进成像设备使用的方法培训与支撑上力量相对薄

弱, 只有少数高校和科研机构有部分专家精通方法, 且设备服务商提供的用户定制服务普遍不足。从多个渠道加强先进成像设备使用的方法培训与持续支撑, 是我国推进和创新语言发展与脑发育研究亟待解决的问题。

5.2 围绕汉语发展的脑机制, 强化我国相关研究的优势和特色

汉语具有自身的特点, 汉语认知加工和获得也有其独特性。探索汉语发展脑机制的独特规律, 不仅对于促进我国儿童青少年的语言发展和障碍防治具有重要价值, 而且有助于为理解人类语言加工与获得的脑机制提供来自表意文字的科学证据。我国汉语认知研究在世界上已具有重要影响。语言发展研究的前辈开展了汉语儿童语言发展的个案追踪、语料库建设、行为观察和测量研究, 积累了重要研究成果。在此基础上, 经过多年的努力, 我国在汉语儿童阅读发展、阅读障碍的认知神经机制研究上已经形成了较为突出的特色和优势。北京师范大学、华南师范大学、中国科学院心理研究所、北京大学、华东师范大学, 以及香

港大学、香港中文大学等机构建立了我国儿童汉语、英语阅读发展的研究团队,系统开展了汉语儿童阅读评估、阅读发展的元语言技能、阅读相关的语言加工和感知加工的神经机制、阅读障碍的脑与认知缺陷、汉-英双语阅读脑网络发育及二语阅读困难的脑机制等研究,为认识汉语儿童阅读发展的规律和个体差异的产生机制提供了丰富的证据,并在国际学术界产生了积极的影响。我国应在已有成果基础上,从汉语认知与获得的独特性入手,不断深入对汉语儿童语言发展认知神经机制的研究,在探索科学前沿和提升亿万儿童阅读能力方面取得更丰富的成果。

5.3 尽快开展脑与语言发展的大规模前瞻队列研究

语言发展机制极为复杂。在基因-环境-脑-行为中的任何单一层面开展研究,都难以深入回答语言发展的群体规律和个体差异的问题。另一方面,过去多年研究中以单一研究团队为主开展各类研究,存在大量数据资源分散、浪费、重复性研究的严重问题。同时,当前社会信息技术发展迅速,数字化生活日新月异,信息技术支撑大规模追踪研究的能力不断增强。我国脑发育研究的设备、技术、队伍、研究经验不断优化。因此,开展儿童脑发育与语言发展大规模前瞻性队列研究既很迫切,又具备了技术、队伍、经验的基础。为了高效推进队列研究,应当研制和实施标准化的大型队列研究数据采集、管理和分析处理技术规范,建立规范、友好的数据共享云平台,明确数据共享使用和成果分享的公平规则,减少甚至消除数据孤岛。为吸引跨学科团队共同推进语言发展与脑发育的大型前瞻队列研究,实现数据高效共享,加快产出高质量研究成果,特别需要具备大数据储存和运算能力的技术平台和专家支持,打破数据运算能力和脑数据分析方法的技术瓶颈。

5.4 重视转化应用研究,服务我国相关重大需求

语言是人类重要心智能力。一方面,对语言发展与脑发育的研究理应成为语言教育、人脑保护和促进的科学基础。以阅读发展和阅读障碍研究为例,在欧美,阅读发展和阅读障碍的认知、神经机制研究始终和阅读教育、阅读障碍的鉴别和临床矫治密切相联,通过

国家和地区水平的各类科学报告和政策报告,直接影响学校、家庭、医疗机构的实践。在我国,语言发展与脑发育的研究和社会联系零散、不系统,至今还没有对阅读教育和阅读障碍的鉴别、矫治、预防产生广泛、实质的促进作用。因此,利用各类学术组织、科普活动、项目合作,打造基础科学研究与中央和地方政策、教育和医疗系统的联系十分必要。

另一方面,政策、教育和医疗应用需求又能够为基础科学研究提出研究课题,从而形成研究-应用改进-研究的闭环。为此,在科研绩效评价、研究人员考核和科研资源配置中,应大力推进基于重要科学研究进展的转化应用研究。

5.5 合作、开放,推动原始和集成创新

面对浩瀚的语言发展研究领域,以及多样性的国家需求,基于研究者兴趣的自由探索有重要价值。另一方面,结合实际,在一定的条件、阶段下,总有研究的优先课题和国家需求的紧迫领域。因此,围绕亟待突破的前沿和具体需求、关键问题,以团队方式长期协同攻关,将有助于我国以相对有限的科研力量在部分领域做出突破性进展。例如,在汉语儿童阅读学习和学习困难领域,已经具备了较好的成果和队伍基础。如能在该领域集中全国优势力量,以开放式的科学研究文化为指引,围绕汉语儿童阅读发展个体差异的认知神经机制与干预提升开展多层面基础研究与转化应用研究,将有可能在5~10年里建立新的理论,为我国阅读教育、阅读困难的预防和矫治提供科学方案,并有力支撑大规模应用,惠及亿万儿童和千家万户。

基于我国语言发展认知神经科学的研究现状,建议在学科发展中补短板,扬优势,依托国家力量,有针对性地服务国家需求。在研究工具上,加快对语言发展标准化工具的研制和推广应用,并加强对先进设备使用的方法学培训。在研究内容上,开展不同年龄儿童脑发育与语言发展的大规模前瞻性队列研究。在研究目标上,重视转化应用,从服务我国人口脑与语言发展,促进、预防和矫治障碍的重大需求入手,建立与政策、医疗、教育实践的快速顺畅联系。在研究方式上,提倡自由探索和团队合作结合,建立起开放式的科学研究文化。

致谢 感谢北京师范大学丁国盛教授以及马磊磊、王翠翠、郝艺同学为本文收集研究进展, 提供重要信息.

参考文献

- 1 Dehaene S, Pegado F, Braga L W, et al. How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 2010, 330: 1359–1364
- 2 Kuhl P, Rivera-Gaxiola M. Neural substrates of language acquisition. *Annu Rev Neurosci*, 2008, 31: 511–534
- 3 Bosseler A N, Teinonen T, Tervaniemi M, et al. Infant directed speech enhances statistical learning in newborn infants: an ERP study. *PLoS ONE*, 2016, 11: e0162177
- 4 Dehaene-Lambertz G, Dehaene S, Hertz-Pannier L. Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science*, 2002, 298: 2013–2015
- 5 Peña M, Maki A, Kovacic D, et al. Sounds and silence: an optical topography study of language recognition at birth. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003, 100: 11702–11705
- 6 Imada T, Zhang Y, Cheour M, et al. Infant speech perception activates Broca's area: a developmental magnetoencephalography study. *Neuroreport*, 2006, 17: 957–962
- 7 Homae F, Watanabe H, Nakano T, et al. Large-scale brain networks underlying language acquisition in early infancy. *Front Psychol*, 2011, 2: 93
- 8 Mills D L, Prat C, Zangl R, et al. Language experience and the organization of brain activity to phonetically similar words: ERP evidence from 14- and 20-month-olds. *J Cogn Neurosci*, 2004, 16: 1452–1464
- 9 Borgström K, Torkildsen J K, Lindgren M. Substantial gains in word learning ability between 20 and 24 months: A longitudinal ERP study. *Brain Lang*, 2015, 149: 33–45
- 10 Wagner J B, Fox S E, Tager-Flusberg H, et al. Neural processing of repetition and non-repetition grammars in 7- and 9-month-old infants. *Front Psychol*, 2011, 2: 168
- 11 Brusini P, Dehaene-Lambertz G, Dutat M, et al. ERP evidence for on-line syntactic computations in 2-year-olds. *Dev Cogn Neurosci*, 2016, 19: 164–173
- 12 Raizada R D S, Richards T L, Meltzoff A, et al. Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *NeuroImage*, 2008, 40: 1392–1401
- 13 Noble K G, Houston S M, Kan E, et al. Neural correlates of socioeconomic status in the developing human brain. *Dev Sci*, 2012, 15: 516–527
- 14 Romeo R R, Leonard J A, Robinson S T, et al. Beyond the 30-million-word gap: children's conversational exposure is associated with language-related brain function. *Psychol Sci*, 2018, 29: 700–710
- 15 Martin A, Schurz M, Kronbichler M, et al. Reading in the brain of children and adults: a meta-analysis of 40 functional magnetic resonance imaging studies. *Hum Brain Mapp*, 2015, 36: 1963–1981
- 16 Siok W T, Jia F, Liu C Y, et al. A lifespan fMRI study of neurodevelopment associated with reading Chinese. *Cereb Cortex*, 2020, 30: 4140–4157
- 17 Siok W T, Niu Z, Jin Z, et al. A structural-functional basis for dyslexia in the cortex of Chinese readers. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008, 105: 5561–5566
- 18 Siok W T, Perfetti C A, Jin Z, et al. Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture. *Nature*, 2004, 431: 71–76
- 19 Siok W T, Spinks J A, Jin Z, et al. Developmental dyslexia is characterized by the co-existence of visuospatial and phonological disorders in Chinese children. *Curr Biol*, 2009, 19: R890–R892
- 20 Liu L, Wang W, You W, et al. Similar alterations in brain function for phonological and semantic processing to visual characters in Chinese dyslexia. *Neuropsychologia*, 2012, 50: 2224–2232
- 21 Wandell B A, Rauschecker A M, Yeatman J D. Learning to see words. *Annu Rev Psychol*, 2012, 63: 31–53
- 22 Hampson M, Tokoglu F, Sun Z, et al. Connectivity-behavior analysis reveals that functional connectivity between left BA39 and Broca's area varies with reading ability. *NeuroImage*, 2006, 31: 513–519
- 23 Myers C A, Vandermosten M, Farris E A, et al. White matter morphometric changes uniquely predict children's reading acquisition. *Psychol Sci*, 2014, 25: 1870–1883
- 24 Lebel C, Shaywitz B, Holahan J, et al. Diffusion tensor imaging correlates of reading ability in dysfluent and non-impaired readers. *Brain Lang*, 2013, 125: 215–222

- 25 Su M, Zhao J, Thiebaut de Schotten M, et al. Alterations in white matter pathways underlying phonological and morphological processing in Chinese developmental dyslexia. *Dev Cogn Neurosci*, 2018, 31: 11–19
- 26 Stein J F, Richardson A J, Fowler M S. Monocular occlusion can improve binocular control and reading in dyslexics. *Brain*, 2000, 123: 164–170
- 27 Lou C, Duan X, Altarelli I, et al. White matter network connectivity deficits in developmental dyslexia. *Hum Brain Mapp*, 2019, 40: 505–516
- 28 Planton S, Jucla M, Roux F E, et al. The “handwriting brain”: A meta-analysis of neuroimaging studies of motor versus orthographic processes. *Cortex*, 2013, 49: 2772–2787
- 29 Yang Y, Bi H Y, Long Z Y, et al. Evidence for cerebellar dysfunction in Chinese children with developmental dyslexia: an fMRI study. *Int J Neurosci*, 2013, 123: 300–310
- 30 Yang Y H, Yang Y, Chen B G, et al. Anomalous cerebellar anatomy in Chinese children with dyslexia. *Front Psychol*, 2016, 7: 324
- 31 Dehaene S, Cohen L, Morais J, et al. Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nat Rev Neurosci*, 2015, 16: 234–244
- 32 Nation K, Hulme C. Learning to read changes children’s phonological skills: evidence from a latent variable longitudinal study of reading and nonword repetition. *Dev Sci*, 2011, 14: 649–659
- 33 Skeide M A, Kumar U, Mishra R K, et al. Learning to read alters cortico-subcortical cross-talk in the visual system of illiterates. *Sci Adv*, 2017, 3: e1602612
- 34 Zhao P, Li S, Zhao J, et al. Training by visual identification and writing leads to different visual word expertise N170 effects in preliterate Chinese children. *Dev Cogn Neurosci*, 2015, 15: 106–116
- 35 Zhao P, Zhao J, Weng X, et al. Event-related potential evidence in Chinese children: Type of literacy training modulates neural orthographic sensitivity. *Int J Behav Dev*, 2017, 42: 311–320
- 36 Kim K H S, Relkin N R, Lee K M, et al. Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 1997, 388: 171–174
- 37 Berken J A, Gracco V L, Chen J K, et al. Neural activation in speech production and reading aloud in native and non-native languages. *NeuroImage*, 2015, 112: 208–217
- 38 Xu M, Baldauf D, Chang C Q, et al. Distinct distributed patterns of neural activity are associated with two languages in the bilingual brain. *Sci Adv*, 2017, 3: e1603309
- 39 Das T, Padakannaya P, Pugh K R, et al. Neuroimaging reveals dual routes to reading in simultaneous proficient readers of two orthographies. *NeuroImage*, 2011, 54: 1476–1487
- 40 Ou J, Li W, Yang Y, et al. Earlier second language acquisition is associated with greater neural pattern dissimilarity between the first and second languages. *Brain Lang*, 2020, 203: 104740
- 41 DeLuca V, Rothman J, Bialystok E, et al. Redefining bilingualism as a spectrum of experiences that differentially affects brain structure and function. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2019, 116: 7565–7574
- 42 Meng X, You H, Song M, et al. Neural deficits in auditory phonological processing in Chinese children with English reading impairment. *Biling: Lang Cogn*, 2016, 19: 331–346
- 43 Li H, Booth J R, Bélanger N N, et al. Structural correlates of literacy difficulties in the second language: Evidence from Mandarin-speaking children learning English. *NeuroImage*, 2018, 179: 288–297
- 44 Mechelli A, Crinion J T, Noppeney U, et al. Structural plasticity in the bilingual brain. *Nature*, 2004, 431: 757
- 45 Della Rosa P A, Videsott G, Borsa V M, et al. A neural interactive location for multilingual talent. *Cortex*, 2013, 49: 605–608
- 46 Zou L, Ding G, Abutalebi J, et al. Structural plasticity of the left caudate in bimodal bilinguals. *Cortex*, 2012, 48: 1197–1206
- 47 Pliatsikas C, Johnstone T, Marinis T. Grey matter volume in the cerebellum is related to the processing of grammatical rules in a second language: a structural voxel-based morphometry study. *Cerebellum*, 2014, 13: 55–63
- 48 Luk G, Bialystok E, Craik F I M, et al. Lifelong bilingualism maintains white matter integrity in older adults. *J Neurosci*, 2011, 31: 16808–16813
- 49 Bialystok E, Poarch G, Luo L, et al. Effects of bilingualism and aging on executive function and working memory. *Psychol Aging*, 2014, 29: 696–705
- 50 Chertkow H, Whitehead V, Phillips N, et al. Multilingualism (but not always bilingualism) delays the onset of Alzheimer disease: evidence from a bilingual community. *Alzheimer Dis Assoc Disord*, 2010, 24: 118–125
- 51 Craik F I M, Bialystok E, Freedman M. Delaying the onset of Alzheimer disease: bilingualism as a form of cognitive reserve. *Neurology*, 2010, 75: 1726–1729

- 52 Woumans E, Santens P, Sieben A, et al. Bilingualism delays clinical manifestation of Alzheimer's disease. *Biling: Lang Cogn*, 2014, 18: 568–574
- 53 Bak T H, Nissan J J, Allerhand M M, et al. Does bilingualism influence cognitive aging? *Ann Neurol*, 2014, 75: 959–963
- 54 Kavé G, Eyal N, Shorek A, et al. Multilingualism and cognitive state in the oldest old. *Psychol Aging*, 2008, 23: 70–78
- 55 Perquin M, Vaillant M, Schuller A M, et al. Lifelong exposure to multilingualism: new evidence to support cognitive reserve hypothesis. *PLoS ONE*, 2013, 8: e62030
- 56 Wilson R S, Boyle P A, Yang J, et al. Early life instruction in foreign language and music and incidence of mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, 2015, 29: 292–302
- 57 Defries J C, Fulker D W, Labuda M C. Evidence for a genetic aetiology in reading disability of twins. *Nature*, 1987, 329: 537–539
- 58 Bishop D V M, North T, Donlan C. Genetic basis of specific language impairment: evidence from a twin study. *Dev Med Child Neurol*, 1995, 37: 56–71
- 59 Gibson C J, Gruen J R. The human lexinome: genes of language and reading. *J Commun Disord*, 2008, 41: 409–420
- 60 Lai C S L, Fisher S E, Hurst J A, et al. A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature*, 2001, 413: 519–523
- 61 Fisher S E, Scharff C. FOXP2 as a molecular window into speech and language. *Trends Genets*, 2009, 25: 166–177
- 62 McCarthy N S, Clark M L, Jablensky A, et al. No association between common genetic variation in *FOXP2* and language impairment in schizophrenia. *Psychiatry Res*, 2019, 271: 590–597
- 63 Meaburn E L, Harlaar N, Craig I W, et al. Quantitative trait locus association scan of early reading disability and ability using pooled DNA and 100K SNP microarrays in a sample of 5760 children. *Mol Psychiatry*, 2008, 13: 729–740
- 64 Scerri T S, Schulte-Körne G. Genetics of developmental dyslexia. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 2010, 19: 179–197
- 65 Hannula-Jouppi K, Kaminen-Ahola N, Taipale M, et al. The axon guidance receptor gene *ROBO1* is a candidate gene for developmental dyslexia. *PLoS Genet*, 2005, 1: e50
- 66 Levecque C, Velayos-Baeza A, Holloway Z G, et al. The dyslexia-associated protein KIAA0319 interacts with adaptor protein 2 and follows the classical clathrin-mediated endocytosis pathway. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2009, 297: C160–C168
- 67 Meng H, Smith S D, Hager K, et al. *DCDC2* is associated with reading disability and modulates neuronal development in the brain. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102: 17053–17058
- 68 Becker N, Vasconcelos M, Oliveira V, et al. Genetic and environmental risk factors for developmental dyslexia in children: systematic review of the last decade. *Dev Neuropsychol*, 2017, 42: 423–445
- 69 Kong R, Shao S, Wang J, et al. Genetic variant in *DIP2A* gene is associated with developmental dyslexia in Chinese population. *Am J Med Genet*, 2016, 171: 203–208
- 70 Chen H, Xu J, Zhou Y, et al. Association study of stuttering candidate genes *GNPTAB*, *GNPTG* and *NAGPA* with dyslexia in Chinese population. *BMC Genet*, 2015, 16: 7
- 71 Landi N, Perdue M V. Neuroimaging genetics studies of specific reading disability and developmental language disorder: A review. *Lang Linguist Compass*, 2019, 13: e12349
- 72 Darki F, Peyrard-Janvid M, Matsson H, et al. Three dyslexia susceptibility genes, *DYX1C1*, *DCDC2*, and *KIAA0319*, affect temporo-parietal white matter structure. *Biol Psychiatry*, 2012, 72: 671–676
- 73 Marino C, Scifo P, Della Rosa P A, et al. The *DCDC2*/intron 2 deletion and white matter disorganization: focus on developmental dyslexia. *Cortex*, 2014, 57: 227–243
- 74 Meda S A, Gelernter J, Gruen J R, et al. Polymorphism of *DCDC2* reveals differences in cortical morphology of healthy individuals—A preliminary voxel based morphometry study. *Brain Imag Behav*, 2008, 2: 21–26
- 75 Eicher J D, Montgomery A M, Akshoomoff N, et al. Dyslexia and language impairment associated genetic markers influence cortical thickness and white matter in typically developing children. *Brain Imag Behav*, 2016, 10: 272–282
- 76 Dennis M Y, Paracchini S, Scerri T S, et al. A common variant associated with dyslexia reduces expression of the *KIAA0319* gene. *PLoS Genet*, 2009, 5: e1000436
- 77 Pinel P, Fauchereau F, Moreno A, et al. Genetic variants of *FOXP2* and *KIAA0319/TTRAP/THEM2* locus are associated with altered brain activation in distinct language-related regions. *J Neurosci*, 2012, 32: 817–825
- 78 Darki F, Peyrard-Janvid M, Matsson H, et al. *DCDC2* polymorphism is associated with left temporoparietal gray and white matter structures during development. *J Neurosci*, 2014, 34: 14455–14462

- 79 Su M, Wang J, Maurer U, et al. Gene-environment interaction on neural mechanisms of orthographic processing in Chinese children. *J Neurolinguist*, 2015, 33: 172–186
- 80 Yang B X. Brief introduction to Xiangshan Science Conferences of Nos. 486-490 (in Chinese). *China Basic Sci*, 2014, 5: 29–35+58 [杨炳忻. 香山科学会议第486-490次学术讨论会简述. *中国基础科学*, 2014, 5: 29–35+58]

Cognitive neuroscience research of language development: the future path and layout

TAO Sha¹, CHEN Rui¹, TAO YanQiang¹, LI YongJing¹, LUO Jie¹, LU Jing¹, LIU Li¹,
BI HongYan² & LI Su²

1 State Key Laboratory for Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2 Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Language is unique to the human brain. Unraveling language brain development is one of the major missions of developmental cognitive neuroscience. In recent decades, significant research progress has been made in language development, reading and brain development, age effect of second language learning, genetic factors of language development. China has also made remarkable progress, especially in Chinese reading acquisition and the cognitive-neural mechanism of reading disorders. Future research may not only examine language brain development with innovative techniques but also shift paradigms to understand how the language brain develops as a self-organized system and how it is related to cognitive, emotional, and social development. By integrating genes, environment, brain, and behavior, the large-scale imaging genetic cohort study may help to transform research on language brain development. In order to advance research on language brain development in China, more efforts shall be invested in developing and adapting standardized neuropsychological instruments with reliability and validity. There is an urgent need to support sustainable capacity building and conduct research on first-class language brain development with the cutting-edge brain imaging techniques. Large-scale prospective cohort studies may well prompt original discoveries led by real needs of improving language development, disorder identification and treatment. With data of high quality being accumulated and shared properly, more innovations will be expected to better understand the brain and language development. Translational research should be given priority to provide solid support for better instructional, clinical practices, and policymaking. To meet the great challenges in scientific research and the translation, individual research interest based exploration and well-designed team collaborative research shall be combined and balanced.

language development, cognitive neural mechanisms, development trend, research roadmap

doi: [10.1360/SSV-2020-0255](https://doi.org/10.1360/SSV-2020-0255)