

·临床研究·

白族白-汉双语者与汉族非双语者全脑灰质密度差异的研究

晁芳¹ 刘赐融² 孙学进³ 莫茵³ 解玥³ 赵建山³ 田伟³

¹四川省宜宾市第二人民医院CT/MRI室 644000; ²中国科学院昆明动物研究所灵长类研究室 650223; ³昆明医科大学第一附属医院磁共振室 650031

通信作者: 莫茵, Email: gougou4198625@sina.com

【摘要】目的 通过分析白族白-汉双语者与汉族非双语者全脑灰质密度的差异, 初步探讨少数民族第二语言习得可能的大脑基础及后天学习对大脑微观结构的影响。**方法** 回顾性分析2012年4月至2013年4月于昆明医科大学第一附属医院就诊的33名熟练掌握白族语言和汉语2种语言的白族健康成年人[简称白族白-汉双语者, 其中男性18名、女性15名, 年龄20~50(25.33±4.65)岁]和30名使用汉语单一语言的汉族健康成年人[简称汉族非双语者, 其中男性13名、女性17名, 年龄20~50(26.16±2.05)岁]的大脑MRI显像资料。对白族白-汉双语者和汉族非双语者进行三维T1加权扫描, 所得数据采用基于体素的形态学分析(VBM)方法分析全脑灰质密度, 并采用双样本 t 检验比较2组受试者全脑灰质密度的差异。**结果** 全脑灰质密度差异及其统计参数图的结果显示, 白族白-汉双语者的右侧额中回($t=4.00, P<0.001$)、右侧眶回($t=2.68, P<0.001$)、右侧直回($t=2.25, P<0.001$)、左侧直回($t=2.69, P<0.001$)、左侧豆状核($t=3.90, P<0.001$)局部灰质密度明显高于汉族非双语者。**结论** 白族白-汉双语者与汉族非双语者全脑灰质密度有差异的脑区集中在前额叶和纹状体, 其与白族白-汉双语者第二语言的习得关系密切, 后天第二语言的学习可能导致大脑微观结构的改变。

【关键词】 汉族; 磁共振成像; 白族; 白-汉双语; 基于体素的形态学分析; 灰质密度

基金项目: 云南省科技厅-昆明医科大学联合专项基金(2013FB141); 云南省教育厅科学研究基金(2013C232)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-20201203-00076](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-20201203-00076)

Differences in grey matter density of the whole brain between Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals

Chao Fang¹, Liu Cirong², Sun Xuejin³, Mo Yin³, Xie Yue³, Zhao Jianshan³, Tian Wei³

¹Department of CT/MRI, the Second People's Hospital of Yibin City of Sichuan Province, Yibin 644000, China; ²Department of Primate Research, Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; ³Department of Magnetic Resonance Imaging, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650031, China

Corresponding author: Mo Yin, Email: gougou4198625@sina.com

【Abstract】Objective To primarily discuss the brain structural underpinnings of learning second language of ethnic minorities and the effects of acquired learning on brain microstructure by analyzing the differences of gray matter density between Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals.

Methods A retrospective analysis was performed on brain MRI data collected from 33 healthy Bai adults who were proficient in Bai and Chinese language (hereafter Bai-Han bilinguals, 18 males and 15 females, aged 20–50 (25.33±4.65) years) and 30 healthy Han adults who were proficient in Chinese language only (hereafter Han non-bilinguals, 13 males and 17 females, aged 20–50 (26.16±2.05) years) in the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University from April 2012 to April 2013. Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals underwent MRI scanning to collect three-dimensional T1

structural images, which were used to analyze the grey matter density via voxel-based morphometry. Then, the between-group differences of grey matter density were compared through two-sample *t* test.

Results Compared with Han non-bilinguals, Bai-Han bilinguals had significantly higher grey matter density in the right middle frontal gyrus ($t=4.00, P<0.001$), right orbital gyrus ($t=2.68, P<0.001$), right straight gyrus ($t=2.25, P<0.001$), left straight gyrus ($t=2.69, P<0.001$), and left lenticular nucleus ($t=3.90, P<0.001$). **Conclusion** The brain areas with differences in gray matter density between Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals were concentrated in prefrontal cortex and striatum, which were closely correlated with the learning of second language in Bai-Han bilinguals, and acquired learning for second language may give rise to cerebral microstructural alterations.

【Key words】 Han nationality; Magnetic resonance imaging; Bai nationality; Bai-Han bilinguals; Voxel based morphometry; Grey matter density

Fund programs: Joint Fund of Yunnan Provincial Science and Technology Department and Kunming Medical University (2013FB141); Scientific Research Fund of Yunnan Provincial Education Department (2013C232)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202012023-00076](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202012023-00076)

国内外学者大多专注于大脑语言功能区的研究,对语言的大脑结构的基础研究相对较少。Maguire等^[1]成功运用基于体素的形态学分析(voxel-based morphometry, VBM)方法研究了学习和后天锻炼对大脑结构的影响。随着神经影像学研究方法的飞速进步,近年来VBM在双语使用者的脑形态方面的应用越来越广泛。Mechelli等^[2]利用VBM对意-英双语者和英语非双语者的第二语言熟练程度和习得年龄对大脑结构影响的研究初步探讨了大脑结构的可塑性。然而,目前对于中国少数民族双语使用者的研究国内外仍少见报道。

本研究通过分析在中国特有的聚居于云南、拥有自己民族语言并且熟练掌握汉语的白族双语者与汉族非双语者的全脑灰质密度差异,以及第二语言习得对大脑结构的影响,初步探讨少数民族第二语言习得可能的大脑基础,为各种语言功能障碍的诊断与治疗提供基础理论依据,减少或避免临床手术过程中对大脑语言区的损害,为临床大脑语言功能区恢复的评估提供更多的影像学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2012年4月至2013年4月于昆明医科大学第一附属医院就诊的33名熟练掌握白族语言和汉语2种语言的白族健康成年人[简称白族白-汉双语者,均来自大理白族自治州,其中男性18名、女性15名,年龄20~50(25.33±4.65)岁]和

30名使用汉语单一语言的汉族健康成年人[简称汉族非双语者,其中男性13名、女性17名,年龄20~50(26.16±2.05)岁]的大脑MRI显像资料。纳入标准:(1)智力正常(智力商数>85),右利手,本科及以上学历;(2)常规头颅MRI扫描脑实质未见异常。排除标准:(1)认知功能障碍;(2)长期服药史及酗酒史;(3)脑部外伤史;(4)具有MRI检查禁忌证;(5)被确诊的脑神经失调病史;(6)具有精神病和神经病症状及体征。研究开始前所有受试者均被告之研究的过程及可能存在的风险,且均签署了知情同意书;本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

1.2 MRI检查

MRI检查于昆明医科大学第一附属医院MRI检查室中进行,采用荷兰Philips公司Achieve 3.0T MRI系统及八通道相控阵头部线圈行全脑扫描。受试者取仰卧位,用泡沫垫固定头部减少头部运动,戴上耳罩减轻噪声。首先生三平面(冠状面、矢状面、横断面)T1定位像扫描,然后采用三维快速扰相梯度回波序列(three-dimensional fast spoiled gradient-recalled, 3D_FSPGR)行全脑矢状面高分辨率三维T1结构像采集,共采集188层,扫描时间为6 min。扫描参数:重复时间为shortest、回波时间为shortest、反转角为7°、层厚为1 mm、激励次数为1、视野(上下方向为256 mm、前后方向为256 mm、左右方向为188 mm)、体素分辨率为1.0 mm×1.0 mm×1.0 mm。另外,所有受试者均

行常规 MRI 自旋回波序列横断面扫描(T1 加权、T2 加权), 并将颅脑 MRI 无任何形态学异常者纳入数据处理。

1.3 数据处理

采用 VBM 方法分析所有受试者的全脑灰质密度。应用统计参数图 8(SPM8)中的 VBM5 软件 (<http://dbm.neuro.uni-jena.de/wordpress/vbm/download>) 进行数据预处理, 在 MATLAB 平台上进行计算和图像处理, 具体步骤: (1)原始数据分类整理; (2)头动校正; (3)分割三维 T1 结构像以获得灰质、白质及脑脊液图像, 然后在图像模板上行图像配准以及空间标准化; (4)采用三维高斯核进行图像空间平滑处理(半高全宽为 8 mm)。

1.4 统计学分析

应用统计参数图 8(SPM8)软件进行统计学分析。采用双样本 *t* 检验比较白族白-汉双语者与汉族非双语者的全脑灰质密度差异; 采用 AlphaSim 进行多重比较校正。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

由表 1 可知, 与汉族非双语者相比, 白族白-汉双语者灰质密度明显增高的脑区包括右侧额中回、右侧眶回、右侧直回、左侧直回、左侧豆状核(均 $P < 0.001$), 差异脑区主要集中在前额叶和纹状体, 其统计参数图见图 1、2; 未发现灰质密度降低的脑区。

3 讨论

目前, 国内外众多学者从不同水平、不同层面对不同语言大脑激活区进行了深入研究^[3-6]; 但对双语或多语言习得所导致的大脑微观结构改变的报

表 1 白族白-汉双语者与汉族非双语者全脑灰质密度差异的比较

Table 1 Difference comparison of grey matter density of the whole brain between Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals

脑区	中心点坐标			体素大小	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
	X轴(mm)	Y轴(mm)	Z轴(mm)			
右侧额中回	41	26	41	72	4.00	<0.001
右侧眶回	16	28	-22	109	2.68	<0.001
右侧直回	6	29	-22	89	2.25	<0.001
左侧直回	-9	34	-19	87	2.69	<0.001
左侧豆状核	-15	16	-7	103	3.90	<0.001

注: 白族白-汉双语者为熟练掌握白族语言和汉语 2 种语言的白族健康成年人; 汉族非双语者为使用汉语单一语言的汉族健康成年人

道较少, 特别是对中国白族双语习得导致大脑微观结构改变的研究更是罕见。VBM 方法已经广泛应用于 2 组研究对象在体素水平的脑组织浓度或者体积差异的研究, 可以定量分析大脑 MRI 图像中的灰质、白质密度变化, 比较组间局部脑组织的不同。

国外研究者通过对音乐家与业余音乐爱好者、出租车驾驶员与非出租车驾驶员、意-英双语者和英语非双语者的 VBM 研究发现, 大脑的微观结构会受到后天学习和锻炼的影响, 其重要基础在于神经元的可塑性^[1-2,7]。目前已知前额叶与大脑的多种高级认知功能有关, 比如执行、学习、语言、决策、抽象思维等^[8-10]。不少国内外学者采用任务态功能 MRI 从多方面证实了额叶在语言、工作记忆及执行控制中起着重要作用。如: Reverberi 等^[11]通过对双语者功能 MRI 的研究结果证实, 前额叶在双语者自由选择语言的行为中起着重要作用; Sierpowska 等^[12]通过对双语者的功能 MRI 研究,

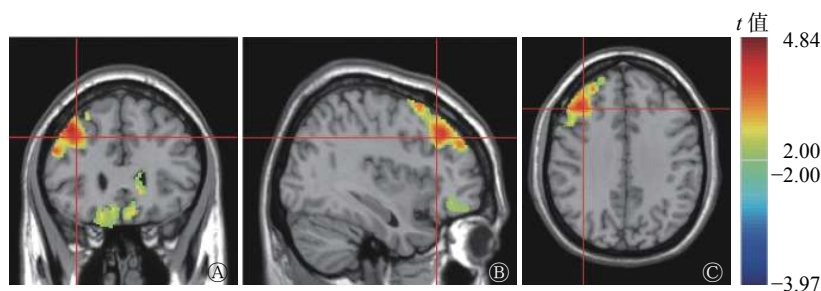


图 1 白族白-汉双语者与汉族非双语者相比灰质密度有差异的脑区统计参数图 A~C 分别为冠状面、矢状面和横断面的脑区统计参数图, 显示白族白-汉双语者右侧额中回灰质密度较汉族非双语者明显增高。白族白-汉双语者为熟练掌握白族语言和汉语 2 种语言的白族健康成年人; 汉族非双语者为使用汉语单一语言的汉族健康成年人

Figure 1 Statistical parameter mapping of significant regional differences in grey matter density between Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals

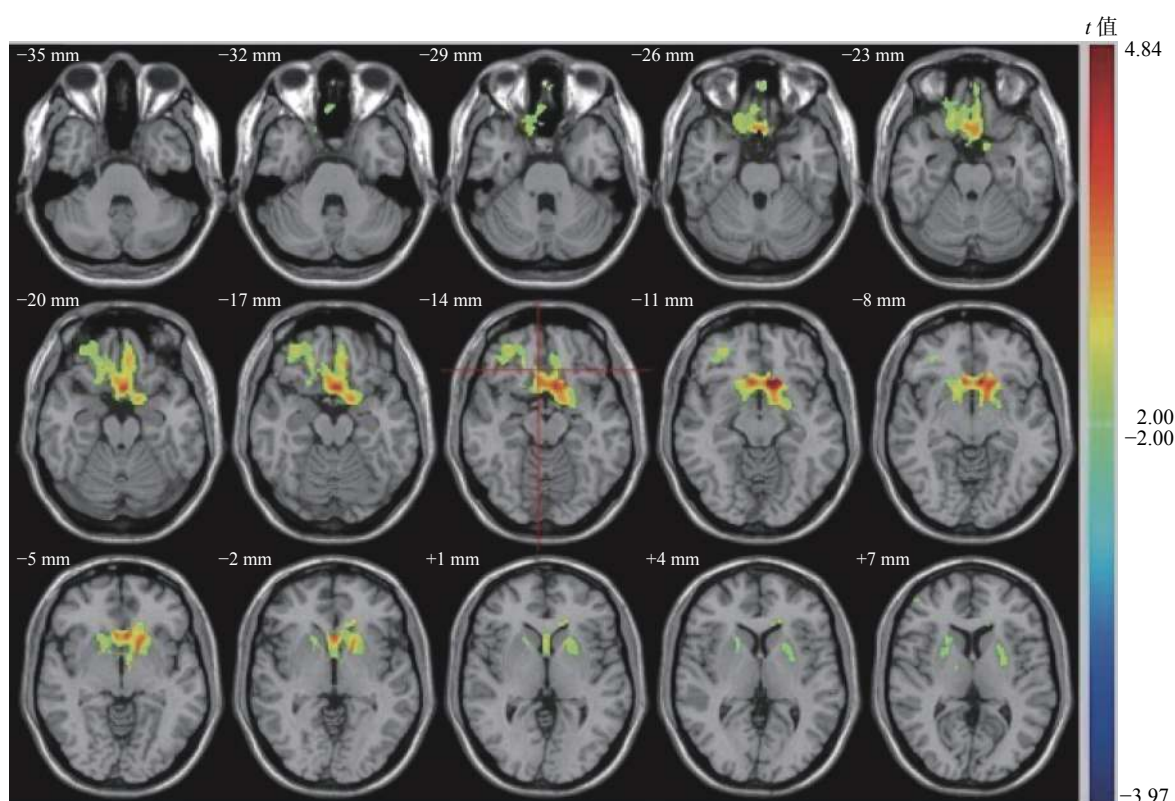


图 2 白族白-汉双语者与汉族非双语者相比灰质密度有差异的脑区统计参数图(横断面) 各分图为两者灰质密度有差异的脑区团块的横断面按照一定层厚间隔呈现的连续层面, 其中彩色区域代表白族白-汉双语者较汉族非双语者灰质密度增高的脑区, 包括右侧额中回、右侧直回、右侧眶回、左侧直回、左侧豆状核。白族白-汉双语者为熟练掌握白族语言和汉语 2 种语言的白族健康成年人; 汉族非双语者为使用汉语单一语言的汉族健康成年人

Figure 2 Statistical parameter mapping of the significant regional differences in grey matter density between Bai-Han bilinguals and Han non-bilinguals (axial section)

结果发现额叶皮层在语言转换过程中存在功能区分, 额中回与额下回的相互配合对于维持有效的交流至关重要, 这说明前额叶(尤其是额中回)与双语者第二语言的学习和运用有关; Ramírez 等^[13]对 11 个月的双语婴儿进行脑磁图研究的结果发现, 双语婴儿的神经反射集中在前额叶和眶回, 推测这 2 个结构可能与双语使用有关。此外, 脑部眶回、直回是额叶底面的重要结构, 与记忆有关, 具有与内脏活动、情绪反应、记忆活动等有关的复杂功能。国内学者应用功能 MRI 研究了国内汉-英双语者在使用英语时的大脑激活区, 包括左侧运动区、右侧运动区、左侧额下回、右侧额下回、左侧额上回等^[5]。

通常认为左侧大脑半球是语言的优势半球, 但 Calabrese 等^[14]利用任务态功能 MRI 研究发现, 双语者在使用第二语言的过程中右侧前额叶激活, 并认为右侧大脑半球在第二语言的加工中起着关键性作用。本研究结果亦显示, 白族白-汉双语者双

侧直回、右侧额中回及右侧眶回的灰质密度比汉族非双语者高, 推测在白-汉双语者第二语言的习得过程中, 额叶微观结构也在发生改变, 这可能是通过增加灰质密度来满足更高的语言需求。

豆状核是由壳核和苍白球构成的, 其是基底神经节核团的重要组成部分。近年来的研究结果显示, 以基底节损害为主的神经系统疾病, 如: 豆状核变性、帕金森病及亨廷顿舞蹈症等经常伴随着不同形式和程度的语言障碍^[15-16]。有国外学者通过研究证明了基底神经节区是参与控制双语语言的重要结构^[17]。还有一些研究者在研究豆状核在语言中的作用时发现, 在使用不同语言的人群中双侧豆状核发挥的作用不同^[6,18]。Archila-Suerte 等^[19]在对双语儿童的神经解剖研究中发现, 与熟练使用第一语言的儿童相比, 第一语言与第二语言熟练程度更高的双语儿童双侧壳核相对较大, 提示壳核参与了双语的习得过程。而我们则发现, 汉族非双语者较白族白-汉双语者的左侧豆状核的灰质密度低, 推测左

侧豆状核可能与语言的直接处理有关。白族是一个只有语言没有文字的民族,白-汉双语者在学习汉语的过程中,不仅要学习汉族的语言,同时还要学习汉族的文字,而作为重要语言调节中枢的豆状核可能通过增加神经元的密度来满足这个复杂的学习过程,因此,我们认为工作记忆或是语言记忆的神经基础不仅集中在大脑皮质,基底节也起着重要的作用。

通过本研究我们得出的结构差异脑区与国内外有关研究^[6,20]得出的差异脑区不完全相同,其可能原因如下。(1)语系不同所致。有学者根据各种语言的语音、词汇、语法规则不同将人类语言进行语言谱系分类,分为语系、语族和语支^[21]。汉语和白语分别属于汉藏语系中的不同语族,汉语属于汉藏语系的汉语族,白语属于汉藏语系的藏缅语族白语支;而英语和意大利语分别属于日耳曼语系和拉丁语系。2种语系的语音词汇和语法规则有本质区别。因此,在学习过程中可能激活的神经元不同。在今后的研究中,我们将增加同一语系的不同语族语言的研究。(2)受试者个体差异所致,包括第二语言的习得年龄和熟练程度等。双语语言的熟练程度对于大脑功能激活区的影响基本已经得到了学者的公认,但语言习得年龄的影响目前尚存在许多争议^[19]。(3)人种差异所致。大部分国外学者选择的研究人群是高加索人种或者澳洲人种,而本研究选择的均为东亚人种,不同人种在学习过程中激活的神经元或许有差异。

本研究因受试者人数较少,存在一定的局限性;且因大脑发育过程非常复杂,此间还会受到诸多因素的影响。少数民族有自己特有的生活环境、生活及学习习惯,我们选取的2组志愿者来自不同民族,无法排除生活环境、生活及学习习惯等因素对研究结果的影响。今后,我们将进一步对双语者的选择条件进行完善,并增加受试者人数,利用更多的MRI和图像后处理技术更加准确地探索与语言习得相关的神经解剖基础,为少数民族语言教学提供指导,也为临床上少数民族各种语言障碍疾病及功能区恢复的个体性、差异性评估提供更多的影像学依据。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 晁芳负责研究过程的实施、试验的操作、数据的后处理、论文的撰写与修订;刘赐融、孙学进、莫茵负责试验的指导、数据后处理的指导、论文的审阅;解玥、赵建山负责试验的操作;田伟负责论文的审阅。

参 考 文 献

- [1] Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, et al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2000, 97(8): 4398-4403. DOI: 10.1073/pnas.070039597.
- [2] Mechelli A, Crinion JT, Noppeney U, et al. Structural plasticity in the bilingual brain[J/OL]. *Nature*, 2004, 431(7010): 757[2020-12-17]. <https://www.nature.com/articles/431757a>. DOI: 10.1038/431757a.
- [3] Hayakawa S, Marian V. Consequences of multilingualism for neural architecture[J/OL]. *Behav Brain Funct*, 2019, 15(1): 6 [2020-12-17]. <https://behavioralandbrainfunctions.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12993-019-0157-z>. DOI: 10.1186/s12993-019-0157-z.
- [4] Morelli N, Rota E, Colombi D, et al. Functional MRI provides insights into language organization of bilingual aphasia[J]. *Neurology*, 2019, 93(24): 1073-1074. DOI: 10.1212/WNL.0000000000008625.
- [5] 张强. 内蒙古蒙古族多语任务脑激活区的功能磁共振成像研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2016. DOI: 10.7666/d.Y3116899. Zhang Q. Functional magnetic resonance imaging study area of Inner Mongolia Mongolian multilingual task activation[D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2016. DOI: 10.7666/d.Y3116899.
- [6] 冯祥, 鲍海华, 王芳芳, 等. 藏族双语者与汉族非双语者脑灰质VBM-MRI的初步研究[J]. *磁共振成像*, 2017, 8(10): 737-741. DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2017.10.004. Feng X, Bao HH, Wang FF, et al. Voxel-based morphometry MRI primary study of brain grey matter between Tibetan bilinguals and Chinese monolinguals[J]. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2017, 8(10): 737-741. DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2017.10.004.
- [7] Gaser C, Schlaug G. Brain structures differ between musicians and non-musicians[J]. *J Neurosci*, 2003, 23(27): 9240-9245. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003.
- [8] 欧健. 基于多元分析的中英双语者语义加工脑成像研究[D]. 深圳: 深圳大学, 2019. DOI: 10.27321/d.cnki.gszdu.2019.000101. Ou J. Neuroimaging study of semantic processing in Chinese-English bilinguals based on multivariate analyses[D]. Shenzhen: Shenzhen University, 2019. DOI: 10.27321/d.cnki.gszdu.2019.000101.
- [9] 叶渐桥. 双语语境对抑制控制能力的影响及其认知神经机制[D]. 广州: 广东外语外贸大学, 2018.

- Ye JQ. The modulation effect of dual-language contexts on inhibitory control: behavioral and fMRI evidence[D]. Guangzhou: Guangdong University of Foreign Studies, 2018.
- [10] 赵建山. 白—汉、傣—汉、彝—汉双语者与汉族非双语者的皮质下结构差异研究[D]. 昆明: 昆明医科大学, 2018.
- Zhao JS. Differences of subcortical structure between bilinguals of Han people, Yi people and Dai people and Han Un bilinguals[D]. Kunming: Kunming Medical University, 2018.
- [11] Reverberi C, Kuhlen AK, Seyed-Allaei S, et al. The neural basis of free language choice in bilingual speakers: disentangling language choice and language execution[J]. *NeuroImage*, 2018, 177: 108–116. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2018.05.025](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.05.025).
- [12] Sierpowska J, Fernandez-Coello A, Gomez-Andres A, et al. Involvement of the middle frontal gyrus in language switching as revealed by electrical stimulation mapping and functional magnetic resonance imaging in bilingual brain tumor patients [J]. *Cortex*, 2018, 99: 78–92. DOI: [10.1016/j.cortex.2017.10.017](https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.017).
- [13] Ramirez NF, Ramirez RR, Clarke M, et al. Speech discrimination in 11-month-old bilingual and monolingual infants: a magnetoencephalography study[J/OL]. *Dev Sci*, 2017, 20(1): e12427[2020-12-17]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/desc.12427>. DOI: [10.1111/desc.12427](https://doi.org/10.1111/desc.12427).
- [14] Calabrese P, Neufeld H, Falk A, et al. Wortgenerierung bei bilingualen—eine fMRT-Studie mit implikationen für sprach- und gedächtnisprozesse[J]. *Fortschr Neurol Psychiatr*, 2001, 69(1): 42–50. DOI: [10.1055/s-2001-10467](https://doi.org/10.1055/s-2001-10467).
- Calabrese P, Neufeld H, Falk A, et al. Word generation in bilinguals—fMRI study with implications for language and memory processes[J]. *Fortschr Neurol Psychiatr*, 2001, 69(1): 42–50. DOI: [10.1055/s-2001-10467](https://doi.org/10.1055/s-2001-10467).
- [15] Smith KM, Caplan DN. Communication impairment in Parkinson's disease: impact of motor and cognitive symptoms on speech and language[J]. *Brain Lang*, 2018, 185: 38–46. DOI: [10.1016/j.bandl.2018.08.002](https://doi.org/10.1016/j.bandl.2018.08.002).
- [16] 袁锡球, 黄龙龙, 黄志强. 急性基底节区梗塞患者的语言功能与不同程度胆碱能通路损害的相关性[J]. *分子影像学杂志*, 2021, 44(1): 96–102. DOI: [10.12122/j.issn.1674-4500.2021.01.19](https://doi.org/10.12122/j.issn.1674-4500.2021.01.19).
- Yuan XQ, Huang LL, Huang ZQ. Correlation between language impairment and cholinergic pathway damage in patients with acute basal ganglia infarction[J]. *J Mol Imaging*, 2021, 44(1): 96–102. DOI: [10.12122/j.issn.1674-4500.2021.01.19](https://doi.org/10.12122/j.issn.1674-4500.2021.01.19).
- [17] Seo R, Stocco A, Prat CS. The bilingual language network: differential involvement of anterior cingulate, basal ganglia and prefrontal cortex in preparation, monitoring, and execution[J]. *NeuroImage*, 2018, 174: 44–56. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2018.02.010](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.02.010).
- [18] Viñas-Guasch N, Wu YJ. The role of the putamen in language: a meta-analytic connectivity modeling study[J]. *Brain Struct Funct*, 2017, 222(9): 3991–4004. DOI: [10.1007/s00429-017-1450-y](https://doi.org/10.1007/s00429-017-1450-y).
- [19] Archila-Suerte P, Woods EA, Chiarello C, et al. Neuroanatomical profiles of bilingual children[J/OL]. *Dev Sci*, 2018, 21(5): e12654[2020-12-17]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/desc.12654>. DOI: [10.1111/desc.12654](https://doi.org/10.1111/desc.12654).
- [20] Schlegel AA, Rudelson JJ, Tse PU. White matter structure changes as adults learn a second language[J]. *J Cogn Neurosci*, 2012, 24(8): 1664–1670. DOI: [10.1162/jocn_a_00240](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00240).
- [21] Calude AS, Pagel M. How do we use language? Shared patterns in the frequency of word use across 17 world languages[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2011, 366(1567): 1101–1107. DOI: [10.1098/rstb.2010.0315](https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0315).

(收稿日期: 2020-12-18)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

谨防诈骗声明

近期发现有单位盗用我刊名义, 在社会上征集稿件、征收版面费, 造成了极其恶劣的影响, 严重地损害了我刊声誉。在此, 我刊编辑部严重声明, 我们未委托任何单位、公司及网站办理网上投稿、组稿及其相关业务。请广大读者、作者提高警惕, 以免上当受骗。我刊网站(www.ijrmnm.com)可在线投稿、查询、审稿、退稿等, 欢迎广大读者、作者登录并进行相关浏览和投稿。

联系电话: 022-87890607

联系邮箱: gjfh2006@irm-cams.ac.cn

本刊编辑部