

阅读障碍儿童汉字认知过程脑血氧变化的研究

宋然然, 吴汉荣

(华中科技大学同济医学院公共卫生学院儿少卫生与妇幼保健学系, 湖北 武汉 430030)

【摘要】 目的: 研究汉语阅读障碍儿童汉字认知过程左前额叶皮层血氧变化规律, 探讨阅读障碍发病机制的神经生理基础。方法: 以正常儿童做对照组, 应用功能性近红外光学成像技术(fNIRI) 测查汉语阅读障碍儿童汉字初级加工及再加工过程左前额叶脑血氧变化。结果: 汉字初级加工的 4 个过程, 两组儿童左前额叶皮层都被激活, 阅读障碍组儿童激活程度较对照组儿童高 ($P < 0.05$), 在左前额的左侧区域表现最为明显; 汉字再加工时词语输出的血氧值变化量, 阅读障碍组儿童的血氧值变化量较对照组低, 而语义联想过程, 阅读障碍组儿童的血氧值变化量高于对照组儿童。结论: 汉字认知过程阅读障碍儿童左前额叶皮层虽然激活, 但相对正常儿童, 激活的程度和激活模式均有差异。特定脑区功能异常可能是阅读障碍发生的生物学基础。

【关键词】 阅读障碍; 儿童; 近红外成像; 左前额叶活动

中图分类号: B844.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2004)04-0383-03

The fNIRI Study on Regional Cerebral Blood Oxygenation Changes during Cognition Tasks of Chinese Dyslexic Children

SONG Ran - ran, WU Han - rong

Department of Child & Adolescent Health and Maternal Care, Tongji Medical College,

Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430022, China

【Abstract】 Objective: To investigate the regional cerebral blood oxygenation changes of left prefrontal lobe during dyslexic children recognizing Chinese characters. **Methods:** We use functional near - infrared imaging (fNIRI) technique to observe 28 dyslexic elementary school students and 19 healthy students who are not reading - impaired. **Results:** With fNIRI, significant activations were observed in the left prefrontal cortex of both dyslexic children and non - dyslexic children during primary processing of Chinese characters, and children with dyslexia were evoked more significantly ($P < 0.05$). During secondary processing, dyslexic children's left prefrontal cortex blood oxygenation were lower than that of the healthy children firstly, and then they increased notably. **Conclusions:** The evoked model of character cognition was different between these two groups of children. This result suggested the biological basis of the disorder.

【Key words】 Dyslexia; Child; Near - infrared imaging; Activations of left prefrontal lobe

阅读障碍(Dyslexia)是一种较常见的表现为阅读、书写等能力缺陷的神经综合征,是指拥有正常智力、情感以及相应的教育及社会文化机会,但在阅读方面出现的特殊学习困难^[1]。它受遗传因素和环境因素的影响,有明显的家族聚集性,其发病机制至今仍不十分清楚。功能性成像技术的日益发展,为人们的研究提供了便利条件,一些针对表音文字阅读障碍患者的研究认为,阅读障碍患者的颞—顶—枕脑区和阅读能力正常者的有差异;阅读障碍儿童前额叶的活动与正常儿童不同等等。近年来,汉语阅读障碍儿童这一特殊群体逐渐受到人们的关注,但主要集中在行为特点的研究上面。日前,成像技术在该领域的重要作用逐渐显现:一项fMRI结果显示,儿童做真假字判断任务仅激活了双侧的梭状回^[2]。

与国外同类研究相比,汉语阅读障碍儿童脑功能的成像研究仍处在起步阶段,还有很多脑区功能有待探讨,研究汉语阅读障碍儿童的神经机制,将对于人类语言加工的普遍性特征具有重要意义。

功能性近红外光学成像仪体积小、易操作、便于携带,且无损伤^[3],适合开展以儿童为对象的研究。本研究根据汉字特点,用fNIRI测查汉语阅读障碍儿童汉字认知过程(包括汉字的被动视觉呈现—汉字朗读—动词联想)中左前额叶脑血氧变化,探讨汉语阅读障碍儿童认知过程中局部脑区血氧变化规律,为阅读障碍发病机制的研究提供理论依据和神经生理基础。

1 对象与方法

1.1 研究对象

以 47 名武汉市三~五年级小学生为研究对象,

【基金项目】 本课题得到国家自然科学基金资助(项目批准号为 30471468)

年龄在 8~12 岁之间,均为右利手。其中汉语阅读障碍儿童 28 名,男生 16 人,女生 12 人;非阅读障碍儿童 19 名,男生 10 人,女生 9 人。根据 ICD-10 定义的标准,阅读障碍儿童入选标准满足以下条件:《学习困难筛查量表》(PRS)教师用表,总分低于 60 分;语文成绩居全班下第 10 个百分点以内,班主任老师评定有学习困难持续一年以上,课堂和家庭作业完成均有困难;《儿童中文阅读能力检查表》(本教研室编制)分数高于平均分两个标准差以上;采用龚耀先修订的《中国-韦氏儿童智力量表》进行智测,智商均在 70 以上;无视听觉障碍及器质性脑病。

1.2 实验方法

1.2.1 实验材料 30 个具有具体含义的字,如:纸、船、树、草等。

1.2.2 实验程序 使用近红外光学成像技术研究汉字加工的脑功能成像,采用 Petersen 等^[4]设计的四个水平的信息加工。要求被试双眼注视显示器上的注视点;要求被试在继续看着注视点的同时被动地看呈现在注视点下的名词(字);要求被试说出看到的名词(字);要求被试在看到一一个名词(字)后,大声说出一个与名词有关的动词,如看到“鞋”,说出“穿”即可。在进行以上四种加工的同时记录左前额脑血氧变化,即汉字初级加工水平时的脑血氧值;根据减法原则,得到汉字再加工过程:减 得到与词输出相关的结果,减 得到与选择活动、词汇通达、语义分析有关的结果^[5]。

1.2.3 实验装置 本实验采用的近红外光学成像系统由成像器探头、光源驱动控制电路、光源、计算机以及相应的采集、控制、数据处理和显示软件等部分组成。探头由 1 个光源和 4 组探测器组成,使用波长为 760nm 和 850nm 的发光二极管(LED)作为光源,位于探头的正中。使用四个探测器同时探测 A、B、C、D 四个区域的出射光强,A、C 两个区域分别位于光源的左上侧和左下侧,B、D 两个区域则分别位于光源的右上侧和右下侧。控制计算机轮流点亮光源两个不同波长的 LED,当每个波长的 LED 发光时,四个检测器同时探测到相应位置的光强,每 4 秒钟完成一次扫描,其输出经过放大、光-电信号转换后,分别经由四个通道进入计算机中的数据采集卡,经 A/D(模拟信号转换为数字信号)转换,由 fNIRI 软件包进一步处理,最终以光密度的变化表示血氧含量的变化。

以左侧前额叶为观测部位,探头位于左侧前额,

前额中线以左,眉骨以上,其左边缘接近国际 EEG 通用的 10/20 系列的 F7、F8 点。

1.3 结果处理

本研究全部数据采用统计软件 SAS 8.0 进行统计分析。

2 结 果

2.1 汉字初级加工时两组儿童血氧值的基本情况

四个基本信息水平的初级加工过程,作为基线,本研究重点分析了后面三步加工,即被动视觉呈现汉字、汉字朗读、动词联想。利用近红外光学成像仪探测两组儿童左前额叶皮层血氧含量的变化情况,主要是氧合血红蛋白含量的变化。

2.1.1 被动视觉呈现汉字过程两组儿童血氧值的比较 被动视觉呈现汉字,A、B、C、D 四个通道上,阅读障碍组儿童的血氧含量均高于正常组儿童。除 D 通道外,其余三个通道两组儿童的血氧值差异有显著性,详见表 1。(由于观测到的血氧值不是正态分布,故用中位数表示均值,采用非参数方法进行检验。)

表 1 被动视觉呈现汉字过程两组儿童血氧含量均值比较

	A 通道	B 通道	C 通道	D 通道
正常组 ($n=19$)	0.1346	0.0519	0.0692	0.0709
阅读障碍组 ($n=26$)	0.3780	0.0858	0.1093	0.0827
Z 值 (Wilcoxon)	-2.1716	-1.8269	-2.8383	-0.7009
P 值	0.0299 *	0.0339 *	0.0045 **	0.4834

注: * 为 $P < 0.05$, ** 为 $P < 0.01$,下同。

2.1.2 汉字朗读过程两组儿童血氧值的比较 本过程中各个通道观测到的血氧含量,仍是阅读障碍组儿童高于正常组的儿童,但是差异没有显著性,见表 2。

表 2 汉字朗读过程两组儿童血氧含量均值的比较

	A 通道	B 通道	C 通道	D 通道
正常组 ($n=19$)	0.1615	0.0579	0.0704	0.0775
阅读障碍组 ($n=26$)	0.2801	0.0856	0.0994	0.0785
Z 值 (Wilcoxon)	-1.0226	0.0115	-1.3213	0.5400
P 值	0.1532	0.4954	0.0932	0.2948

2.1.3 动词联想过程两组儿童血氧值的比较 阅读障碍儿童组在 A、C 通道的血氧值显著高于对照组儿童,见表 3。

表 3 动词联想过程两组儿童血氧含量均值的比较

	A 通道	B 通道	C 通道	D 通道
正常组 ($n=19$)	0.1397	0.0507	0.0784	0.0945
阅读障碍组 ($n=26$)	0.4112	0.0802	0.1413	0.0871
Z 值 (Wilcoxon)	-2.1717	-1.2064	-2.2405	-0.0345
P 值	0.0149 *	0.1138	0.0125 *	0.4863

2.2 汉字再加工过程两组儿童血氧值的比较

根据减法原则,我们分析了汉字再加工过程:一是减得到的词语输出过程;另一个是减得到的语义联想过程。方差分析结果显示:词语输出和语义联想两种加工过程中,组间血氧值变化的差异有极显著性意义(词语输出, $F = 16.25, P < 0.01$; 语义联想, $F = 15.59, P < 0.01$)。词语输出过程阅读障碍组儿童的血氧变化量(-0.0257)小于对照组儿童(0.0890);语义联想过程,阅读障碍组儿童的血氧变化量(0.0730)大于对照组儿童(-0.0721)。

3 讨 论

在被动视觉呈现汉字和动词联想过程中,阅读障碍组儿童的血氧值大于对照组儿童;汉字朗读过程,虽然两组的差异没达到显著性水平,但仍可看出障碍组儿童血氧值略大于对照组。视觉呈现汉字和动词联想两个过程,左前额的左侧区域 A、C 通道上两组儿童的血氧值差异具有显著性;且视觉呈现汉字、汉字朗读、动词联想过程两组儿童血氧值均大于零。说明这些加工过程两组儿童左前额叶皮层都被激活,阅读障碍组儿童激活程度较对照组儿童明显,在左前额的左侧区域表现最为显著。本实验应用 fNIRI 针对儿童的左前额皮层活动进行了探索,研究未涉及到大脑别的部位,但就该部位的变化而言,与其他研究者使用 MRI 或 ERP 等脑功能成像方法得到的结果一致^[6-8]。Temple^[5]应用功能性磁共振成像(fMRI)对阅读障碍儿童的结果显示,他们与正常阅读水平的儿童在左前额都有激活,但在正常组儿童的左颞-顶区也观测到了激活。Georgiewa 等人^[6]联合应用 fMRI 和 ERP 两种仪器观察阅读障碍儿童和阅读能力正常的儿童,认为两组儿童左前额 Broca 区激活程度不同。我们认为阅读障碍儿童左前额叶皮层过度激活,可能反映了参与汉字认知时付出的额外努力,这一结果有助于解释他们阅读时的困难状态。

汉字的词语输出过程,阅读障碍儿童左前额叶皮层血氧含量变化不明显,甚至降低;而对照组儿童相应部位的血氧含量增加。阅读障碍组儿童血氧值变化量较对照组低,差异具有显著性。语义联想过程,阅读障碍组儿童的血氧值变化量却高于对照组儿童。这一过程中,对照组儿童左前额叶皮层的血氧含量较词语输出时略有减少(但相对基线仍是增

加的);此时阅读障碍组儿童的血氧含量却有显著增加。

由此可见,阅读障碍儿童的汉字加工模式与正常儿童不同。尽管阅读障碍儿童在汉字初级加工过程中,和对照组儿童一样,左前额叶始终处于激活状态,但在识别汉字再加工的读音过程,即词语输出过程,存在阅读困难的儿童不能象正常儿童一样,相应增加大脑激活的强度,此时血氧含量基本不变,从而表现出一定的阅读困难状态。语义联想时,阅读障碍儿童该区域皮层血氧含量代偿性的增加到一定水平,从而完成认知任务。Petersen 等^[3]利用正电子发射断层扫描(PET)技术研究正常人单个词加工的结果,词语输出时,激活的区域包括了接近 Broca 区的左外侧裂等区域;当完成动词联想时,发现大脑皮层的额下区和前扣带回被激活。与本实验中对照组儿童的观测结果相似。

(致谢:华中科技大学生命科学与技术学院骆清铭教授及李成军博士、甘茁硕士;近红外光学成像在生命科学与技术学院的生物医学光子学教育部重点实验室完成。)

参 考 文 献

- 1 Shaywitz SE. Dyslexia. The New England journal of medicine, 1998, 338(5):307-312
- 2 徐世勇,彭聃龄,等. 汉语发展性阅读障碍儿童心理机制的初步研究. 心理发展与教育,2001,4:12-16
- 3 Bigler ED, Lajiness-O'Neill R, Howes NL. Technology in the Assessment of Learning Disabilities. Journal of Learning Disabilities, 1998,31(1):67-82
- 4 Petersen SE, Fox PT, Posner MI, et al. Positron emission tomographic studies on the cortical anatomy of single word processing. Nature, 1988, 331:585-589
- 5 彭聃龄,舒华,陈烜之. 汉语认知研究,山东:山东教育出版社,1997. 345-346
- 6 Temple E, Boldrack RA, et al. Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: an fMRI study. Neuroreport, 2001,12:299-307
- 7 Georgiewa P, Rzanny R, Gaser C, et al. Phonological processing in dyslexic children: a study combining functional imaging and event related potentials. Neuroscience Letters, 2002,318:5-8
- 8 吴汉荣,姚彬. 汉语阅读障碍儿童视觉编码和词语成分加工机制的 fNIRI 研究. 中国学校卫生杂志,2004,25(1):4-7

(收稿日期:2004-04-26)