

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.06.009

临床研究

脑损伤静息态低频振幅预测数学认知能力受损情况

赵颖¹, 王强^{2,3}, 孙蓉^{2,3}, 杜晓霞^{2,3}, 宋鲁平^{2,3}, 陈灵娟¹, 毕彦超¹, 韩在柱¹

[摘要] 目的 找到简单有效的生物指标预测数学认知能力的成绩, 避免患者进行长时间认知测验的痛苦、节省评估时间。方法 收集 86 例脑损伤患者静息态脑功能成像和结构像数据, 以及数学任务(7 个计算题目, 2 个数数题目)、读词任务(140 个题目)得分。对全脑体素低频振幅与数学任务得分进行偏相关分析, 将读词任务作为控制任务, 使用 AlphaSim 进行多重比较校正, 校正阈值设为 $P < 0.05$ (体素水平 $P < 0.05$, 团块大小 > 110 体素)。结果 发现 5 块脑区的低频振幅与数学任务成绩显著相关: 左侧顶下小叶(161 体素, $r_{\text{峰值}}=0.34$)、左侧楔前叶/顶上小叶(141 体素, $r_{\text{峰值}}=0.31$)、左侧颞中回(359 体素, $r_{\text{峰值}}=0.34$)、左侧额中回(491 体素, $r_{\text{峰值}}=0.36$)、右侧额中回(156 体素, $r_{\text{峰值}}=0.32$)。结论 脑损伤患者左侧的顶下小叶、楔前叶/顶上小叶、颞中回、额中回, 以及右侧额中回的静息态低频振幅可以预测数学认知能力受损情况。

[关键词] 脑损伤; 静息态; 低频振幅; 数学认知

Mathematical Cognitive Ability Predicted by Amplitude of Low Frequency Fluctuate in Patients with Brain Damage

ZHAO Ying¹, WANG Qiang^{2,3}, SUN Rong^{2,3}, DU Xiao-xia^{2,3}, SONG Lu-ping^{2,3}, CHEN Ling-juan¹, BI YAN-chao¹, HAN Zai-zhu¹

1. State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Capital Medical University School of Rehabilitation Medicine, Beijing 100068, China; 3. Beijing Bo'ai Hospital, China Rehabilitation Research Center, Beijing 100068, China

Abstract: Objective To find biological markers to predict the mathematical cognitive ability in order to set patients free from the pain and time-consuming behavioral tests. **Methods** 86 patients with stroke or brain traumatic injuries were recruited and acquired T₁ and resting-state functional MRI imaging data. And a mathematical task (7 calculation items, 2 counting items) and a word-reading task (140 items) was also finished. The partial correlative analysis was made between the score of mathematical task and the amplitude of low frequency fluctuation of each voxel of the whole brain with the word-reading performance as controlling task, and AlphaSim correction method was used with corrected $P < 0.05$ (single voxel level: $P < 0.05$; cluster size: > 110 voxels). **Results** There were 5 cerebral regions whose amplitude of low frequency fluctuation significantly correlated with mathematical performance: left inferior parietal lobule (161 voxels, $r_{\text{peak}}=0.34$), left precuneus/superior parietal lobule (141 voxels, $r_{\text{peak}}=0.31$), left middle temporal gyrus (359 voxels, $r_{\text{peak}}=0.34$), left middle frontal gyrus (491 voxels, $r_{\text{peak}}=0.36$), and right middle frontal gyrus (156 voxels, $r_{\text{peak}}=0.32$). **Conclusion** The amplitude of low frequency fluctuation of left inferior parietal lobule, precuneus/superior parietal lobule, middle temporal gyrus, middle frontal gyrus, and right middle frontal gyrus could be used as predictors of mathematical cognitive ability for brain-damaged patients.

Key words: brain damage; resting-state; amplitude of low frequency fluctuation; mathematical cognition

[中图分类号] R651.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-9771(2015)06-0670-07

[本文著录格式] 赵颖, 王强, 孙蓉, 等. 脑损伤静息态低频振幅预测数学认知能力受损情况[J]. 中国康复理论与实践, 2015, 21(6): 670-676.

CITED AS: Zhao Y, Wang Q, Sun R, et al. Mathematical cognitive ability predicted by amplitude of low frequency fluctuate in patients with brain damage [J]. Zhongguo Kangfu Lilun Yu Shijian, 2015, 21(6): 670-676.

基金项目: 1. 国家重点基础研究发展计划(973)项目(No.2013CB837300); 2. 国家社会科学重大项目(No.11&ZD186); 3. 国家自然科学基金项目(No.31171073; No.31222024; No.31271115; No.81030028; No.31221003); 4. 新世纪优秀人才支持计划(No.12-0055; No.12-0065); 5. 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(No.2012CZ-15); 6. 认知神经科学与学习国家重点实验室开放课题基金项目(No.HZ2010-3)。

作者单位: 1. 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京市 100875; 2. 首都医科大学康复医学院, 北京市 100068; 3. 中国康复研究中心北京博爱医院神经康复科, 北京市 100068。作者简介: 赵颖(1990-), 女, 汉族, 山东东营市人, 硕士研究生, 主要研究方向: 认知心理学。通讯作者: 宋鲁平, 女, 医学博士, 主任医师。E-mail: songluping882002@aliyun.com。

<http://www.cjrtponline.com>

数学认知是人类认知的一个重要的方面,是指对数量的表征和运用能力。数学认知能力受损,例如计算、数数能力丧失,会严重干扰日常生活。临床上,数学认知能力是脑损伤患者认知能力检测不可缺少的环节。如果能够找到简单有效的生物指标预测数学认知能力的成绩,则可以避免患者进行长时间认知测验的痛苦、节省评估时间,同时有助于制定合理的康复方案,进而促进患者的康复。

已有研究认为数学认知涉及广泛的脑区,包含前额叶、顶叶、颞叶等区域^[1-3]。其中双侧顶内沟被普遍认为是数学认知的核心区。健康成年人的数学认知任务脑激活研究发现,阿拉伯数字或文本的数字、视觉呈现或听觉呈现的数字刺激以及数学相关的术语都可以激活这一区域。这些研究表明这一区域具有跨通道一致性^[4-6]。但关于四则运算的特异性研究也发现,不同运算在加工脑区上也存在差异,例如加法涉及顶叶、额叶区域,而乘法加工更多依赖于背诵乘法表,因而也涉及外侧裂的语言区^[7]。

近年来静息态脑功能成像研究进展迅速, Biswal等(1995)发现静息态低频振幅(amplitude of low frequency fluctuate, ALFF)与神经生理信号相关^[8]。静息态脑功能成像数据获取简便^[9]:只需在患者进行脑结构完整性检查的基础上增加4~8 min扫描时间即可获得,扫描过程中患者无需进行任何认知任务。如果静息态脑活动可以预测脑损伤患者各个方面的认知能力的受损情况,那么这将成为补充甚至代替传统认知测验的一个重要临床检验标准。现有研究已发现,相关脑区的静息态ALFF可以预测对应的认知能力。以正常群体为被试的研究发现,相关脑区的ALFF值可以预测语义成绩^[10]、物体颜色知识^[11]、工作记忆的成绩^[12]。此外以患者为被试的研究,如多动症^[13]、精神分裂症^[14]的研究也发现患者相关脑区ALFF值的改变。

结合前人关于数学认知以及静息态脑成像的研究成果,本研究预期与数学认知相关脑区的ALFF值可以预测患者数学认知能力。研究收集患者在数学认知相关测验上的得分,之后对患者成绩与全脑其静息态ALFF值进行偏相关分析,控制读词任务的成绩,以考察脑区ALFF值对数学认知能力的预测作用。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取在中国康复研究中心北京博爱医院住院和门诊治疗的脑损伤患者86例。其中男性69例,女性17例;年龄19~74岁,平均(44±13.17)岁;受教育6~19年,平均(13±2.94)年;左利手5例,双利手1例,其余为右利手。

纳入标准:①年龄在18岁以上,受教育年限大于5年;②脑损伤患者,包括脑卒中、外伤;③第一次出现脑损伤并且发病时期距离数据采集时期超过1个月;④无精神问题;⑤可以理解实验任务要求。

选择与脑损伤患者年龄、教育年限匹配的正常成人51名作为对照组。其中男性27名,女性24名;年龄26~72岁,平均(50±10.66)岁;受教育6~22年,平均(13±3.85)年;全部为右利手。

使用SPSS 20.0对脑损伤组与对照组年龄与受教育年限进行独立样本t检验,结果表明年龄有显著性差异($t=2.546, P=0.012$),受教育年限无显著性差异($t=0.210, P=0.834$)。

1.2 行为任务

1.2.1 测验任务

数学任务(共9个题目)选用计算任务和数数任务,以测量患者对数量的表征和运用能力,即数学认知能力。视觉呈现给被试一位数加法、减法、乘法、除法题目各1个,两位数加法、减法、乘法题目各1个;数数任务要求被试从7数到12,从13倒数到8。

使用读词任务作为控制任务,以控制视知觉、注意的影响。读词项目共140个:每次在计算机屏幕上呈现一个高频词,要求被试读出。

每个题目根据被试的第一完整反应评分,回答正确记1分,回答错误记0分。分别计算数学任务和读词任务正确率。

1.2.2 行为分标准化

为了控制患者性别、年龄、受教育年限的影响,需要对每个患者正确率进行校正,即计算校正t分^[15]。根据对照组在数学任务和读词任务上的正确率建立回归模型,将年龄、性别、受教育年限作为自变量,将正确率作为预测变量,计算每位患者的模型预测正确率。每位患者的校正t分计算方法如下:

$$t = \frac{\text{实际正确率} - \text{模型预测正确率}}{SE_{\text{患者}}}$$

患者的标准误(SE)按下列公式进行计算:

$$SE_{\text{患者}} = S_{Y.X} \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} \sum r^{ii} Z_{io}^2 + \frac{1}{N-1} \sum r^{ij} Z_{io} Z_{jo}}$$

<http://www.cjrtponline.com>

S_{YX} 和 N 是对照组的标准误以及样本大小, r^{ii} 和 r^{jj} 分别对应3个预测变量相关矩阵逆矩阵的对角线上的值以及对角线下的值, $Z_{i0}(Z_{10}, \dots, Z_{k0})$ 分别对应3个自变量的平均值。

1.3 静息态脑功能数据预处理

1.3.1 扫描参数

患者的扫描均使用1.5 T的General Electric磁共振机, 在标准的头线圈内进行, 扫描参数如下:

T_1 结构像扫描: 自旋回波序列, 矩阵大小 512×512 , 体素大小 $0.49 \times 0.49 \times 0.70$ mm, 间距0.7 mm, 层厚1.4 mm, 重复时间12.26 ms, 回波时间4.2 ms, 视野 250×250 mm, 翻转角 15° , 反转时间400 ms, 层数248层。扫描两次, 每次608 s。

T_2 FLAIR扫描参数: 矩阵大小 512×512 , 体素大小 $0.49 \times 0.49 \times 5$ mm, 重复时间8002 ms, 回波时间127.57 ms, 视野 250×250 mm, 翻转角 90° , 反转时间2 s, 层数28层。

静息态功能像扫描参数: 梯度回波-回波平面成像, 28轴层, 层厚4 mm, 间距1 mm, 重复时间2000 ms, 回波时间40 ms, 翻转角 90° , 视野 210×210 mm。扫描时间: 256 s。要求患者扫描时仰卧, 头部保持静止不动, 闭上双眼。

1.3.2 脑数据处理

1.3.2.1 结构像格式转化与画病灶

①将所有DICOM格式文件转为nii格式文件; ②将两次扫描的结构像进行平均; ③在得到的平均 T_1 图像上, 参照 T_2 FLAIR手工画出病灶。

1.3.2.2 将结构像和病灶图像配准到MNI空间

①用BrainVoyager将 T_1 平均像转到Talairach空间。②用ANTS(<http://picsl.upenn.edu/software/ants/>)将Talairach空间Ch2人脑模板与MNI空间Ch2人脑模板之间建立仿射参数。再利用这一参数, 将Talairach空间 T_1 像改写至标准化MNI空间, 得到 T_1_MNI 。③病灶图像转换到MNI空间。首先利用ANTS将原始空间 T_1 像对齐到Talairach空间结构像, 生成仿射参数。利用该仿射参数将病灶图像从原始图像配准到Talairach空间。再利用Talairach空间Ch2人脑模板到MNI空间Ch2人脑模板的仿射参数将Talairach空间的功能像改写至MNI空间, 得到Lesion_MNI。

1.3.2.3 功能像初步预处理

使用程序DPARSFA^[6]: ①删除前10个功能像时间点; ②结构像对齐并平均; ③功能像时间校正和头

动校正; ④功能像通过同层 T_1 像对齐到结构像。

1.3.2.4 利用配准程序ANTS将功能像配准到MNI空间

①利用ANTS将与原始空间 T_1 像对齐到Talairach空间, 生成仿射参数。②将MNI空间Ch2人脑模板像导入BrainVoyager, 并手动配准到Talairach空间。然后利用ANTS将Talairach空间Ch2人脑模板与MNI空间Ch2人脑模板之间建立仿射参数。利用这一参数, 将Talairach空间 T_1 像改写至标准化MNI空间。③调用第一步生成的仿射参数将功能像改写至Talairach空间。④利用Talairach空间Ch2人脑模板到MNI空间Ch2人脑模板的仿射参数将Talairach空间的功能像改写至MNI空间。

1.3.2.5 其他数据处理步骤与参数

①平滑核6 mm; ②去线性漂移; ③滤波0.01~0.1 Hz。

1.3.2.6 数据分析

预处理结束, 使用REST^[7]工具包进行数据分析。得到每个患者的ALFF值脑图, 每个体素大小 $3 \times 3 \times 3$ mm。

1.4 ALFF与数学任务的相关分析

使用REST工具包进行全脑灰质范围每个体素的ALFF值与数学任务校正 t 分的偏相关分析, 控制读词任务的校正 t 分。显著性检验时, 使用AlphaSim校正方法进行多重比较校正, 校正阈值设为 $P < 0.05$, 即每个体素阈值为 $P < 0.05$, 团块大小 > 110 体素。为了考察显著团块整体的预测作用, 进一步计算显著团块的平均ALFF值, 并使用SPSS 20.0计算该团块ALFF均值与数学任务校正 t 分的偏相关系数, 控制读词任务校正 t 分, 得到团块均值的偏相关系数。

2 结果

2.1 行为成绩

数学任务患者组原始成绩正确率为 $(78 \pm 26)\%$, 校正 t 分为 (-1.68 ± 2.95) ; 对照组原始成绩正确率为 $(95 \pm 9)\%$ 。读词任务患者组原始成绩正确率为 $(87 \pm 22)\%$, 校正 t 分为 (-0.72 ± 1.49) ; 对照组原始成绩正确率为 $(97 \pm 14)\%$ 。

2.2 患者脑损伤分布

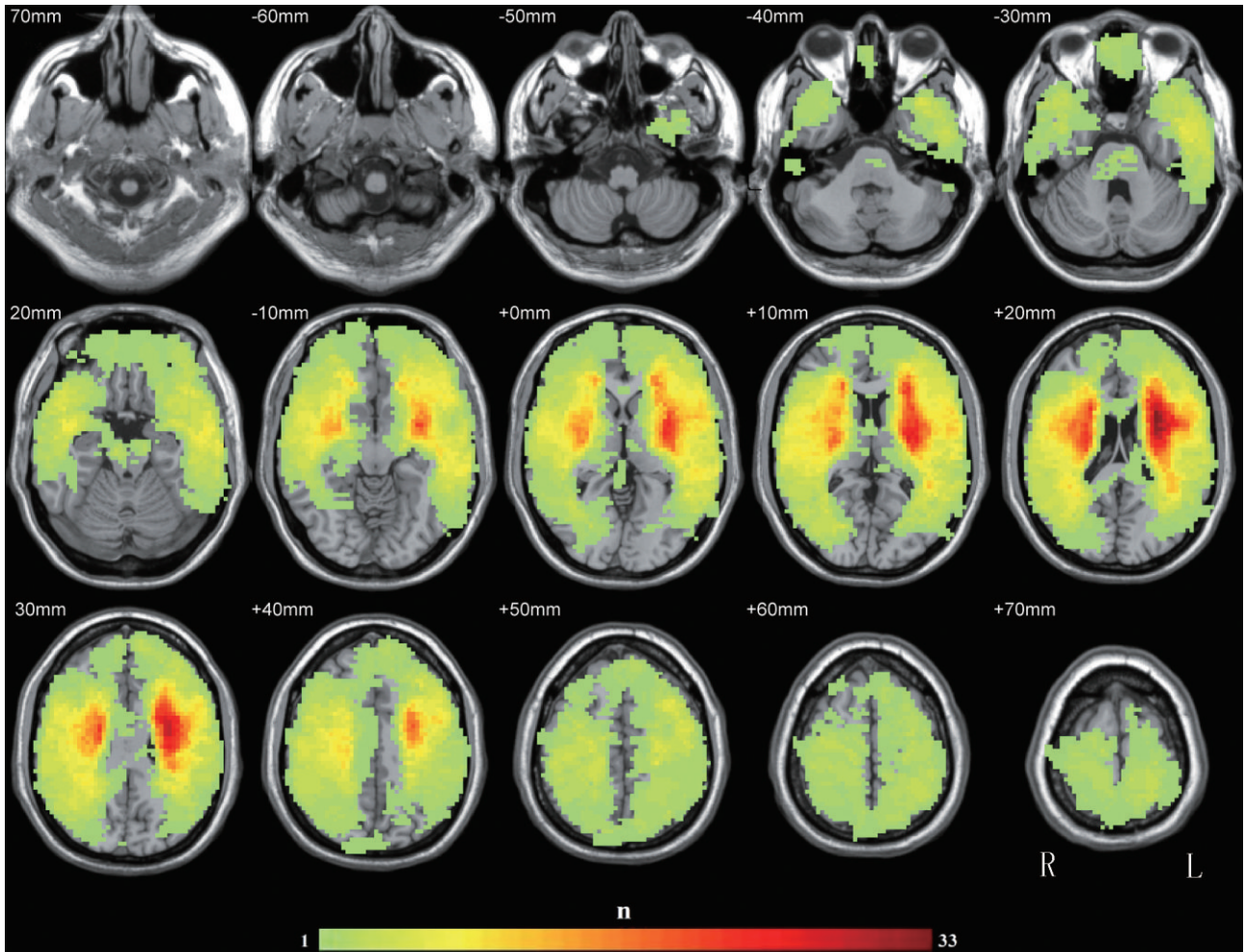
患者的脑损伤覆盖灰质的大部分区域, 主要集中在双侧脑岛区域(图1)。每个体素的损伤人数在0~33。

2.3 ALFF值与数学任务得分的偏相关分析

为了考察脑区ALFF值与数学认知任务的相关关系, 我们将患者全脑每个体素的ALFF值与数学任务

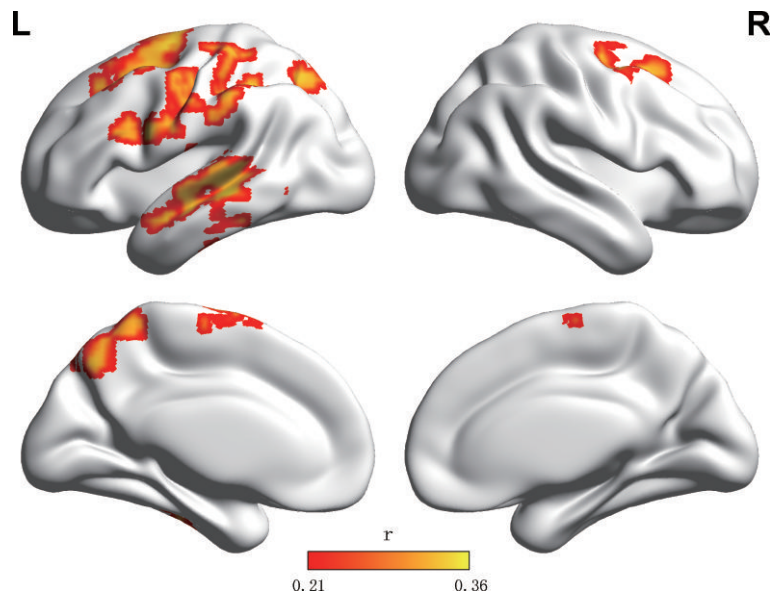
成绩进行偏相关分析，控制读词任务成绩。显著相关的脑区如图2所示(AlphaSim校正 $P < 0.05$ ，即体素水平 $P < 0.05$ ，团块大小 > 110 个体素)，共发现了5个团块(见表1)，包含左侧颞中回和颞上回，顶内沟附近的顶上小叶、顶下小叶，以及双侧的额中回。偏相关系数

最高的团块位于左侧额中回附近，左侧显著的团块还包括左侧颞中回附近和顶内沟附近(包含两个团块：顶下小叶、楔前叶和顶上小叶)。最后，显著相关的脑区还包括右侧的额中回。



注：n表示每个体素对应的受损人数

图1 患者病灶分布



注：显著性检验：AlphaSim 校正 $P < 0.05$ ，即体素水平 $P < 0.05$ ，团块大小 > 110 体素

图2 偏相关分析结果

表1 偏相关分析结果

脑区 (基于 AAL 模板报告)	体素数	峰值坐标 (MNI 坐标 x,y,z)	$r_{\text{峰值}}$	$r_{\text{团块}}$
团块 1	359	(-54, -33, -6)	0.34	0.36
颞中回(左)	247			($P=0.0007$)
颞上回(左)	68			
颞下回(左)	38			
团块 2	491	(-54, 3, 24)	0.36	0.35
额中回(左)	135			($P=0.0011$)
额上回(左)	93			
中央前回(左)	84			
中央后回(左)	75			
辅助运动区(左)	38			
额下回(左)	34			
团块 3	161	(-45, -42, 48)	0.34	0.32
顶下小叶(左)	89			($P=0.0027$)
中央后回(左)	41			
团块 4	141	(-21, -63, 51)	0.31	0.31
楔前叶(左)	74			($P=0.0038$)
顶上小叶(左)	65			
团块 5	156	(33, 3, 51)	0.32	0.32
额中回(右)	78			($P=0.0025$)
额上回(右)	60			

注：显著性检验，AlphaSim 校正 $P < 0.05$ ，即体素水平 $P < 0.05$ ，团块大小 > 110 体素。表格中报告了团块所包含的大于 30 体素的脑区； $r_{\text{峰值}}$ ：团块内偏相关系数最高的体素对应的偏相关系数值； $r_{\text{团块}}$ ：当前显著团块内所有体素平均 ALFF 值与数学任务进行偏相关分析，得到的偏相关系数值

3 讨论

研究发现患者左侧顶内沟、颞中回和颞上回,以及双侧额中回和额上回与数学任务有显著相关。表明这些区域的ALFF值可以预测患者数学认知能力。

本研究发现的相关显著区域包含前人研究发现的数学认知关键脑区。其中,顶叶区域尤其是顶内沟被认为是数学认知能力的关键区域。在加法、减法、乘法、大小比较以及数字排序时,都发现这一区域的激活^[18-24]。对脑损伤患者的研究也发现,顶叶受损的患者,数学相关任务成绩会受到影响^[25-29]。与此对应,本研究发现顶内沟附近的两块区域,即顶下小叶和顶上小叶的ALFF与患者数学认知能力相关显著。本研究发现的团块位置与前人发现的数量相关的脑区位置对应。如Andres(2011)在任务态fMRI实验发现减法和乘法可以共同激活的顶上小叶^[30](MNI坐标峰值:-28,-70,42),与本研究发现的顶上小叶(MNI坐标峰值:-21,-63,51)有重叠。Zhou等(2007)任务态fMRI实验发现加法激活的顶下小叶^[5](Talairach坐标峰值:-30,-47,41,转换到MNI坐标^[31]:-34,-44,45),与本研究发现的顶下小叶(MNI坐标峰值:-45,-42,48)有重叠。

此外数学任务也涉及颞叶、中央前回与额中回^[5]。Zhou等发现相对于注视点,加法和乘法同时激活中央前回、额中回。其中,乘法会相对于加法更强地激活中央前回,并额外激活颞上回^[5]。额叶、颞叶区域,也经常发现在数字大小相关的任务中有激活,并且受到数字间距离大小的调节^[19,21]。关于儿童和成年人在数学任务中的比较研究发现,两组激活区分别集中在额叶区域和顶叶区域^[22]。正常人判断方程正确与否的EEG研究和猴子数量判断的电生理研究中也发现前额叶区域的激活要晚于顶叶区域^[32-34],这说明两个区域作用于数学认知过程的不同阶段。本研究与前人研究发现的脑区对应,即左侧颞叶和双侧额叶的ALFF值与数学任务之间存在显著相关。

本研究并没有发现右侧顶内沟的显著效应。这可能是由于本研究使用的行为任务主要为计算任务。Chochon(1999)的研究认为,精细的数学计算任务,相较于数量大小比较任务,更要求左侧顶内沟的参与,而后者需要双侧顶内沟^[18]。

本研究发现脑损伤患者左侧的顶下小叶、楔前叶/顶上小叶、颞中回、额中回、以及右侧额中回的ALFF值可以预测数学认识能力受损情况。

[参考文献]

- [1] Dehaene S, Molko N, Cohen L, et al. Arithmetic and the brain [J]. *Curr Opin Neurobiol*, 2004, 14(2): 218-224.
- [2] Arsalidou M, Taylor MJ. Is $2+2=4$? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations [J]. *Neuroimage*, 2011, 54(3): 2382-2393.
- [3] 路浩,周新林. 数学认知与学习的脑科学研究进展及其教育启示[J]. *教育学报*, 2012, 8(4): 62-69.
- [4] Eger E, Sterzer P, Russ MO, et al. A supramodal number representation in human intraparietal cortex [J]. *Neuron*, 2003, 37(4): 719-725.
- [5] Zhou X, Chen C, Zang Y, et al. Dissociated brain organization for single-digit addition and multiplication [J]. *Neuroimage*, 2007, 35(2): 871-880.
- [6] Nieder A, Dehaene S. Representation of number in the brain [J]. *Annu Rev Neurosci*, 2009, 32: 185-208.
- [7] De Smedt B, Holloway ID, Ansari D. Effects of problem size and arithmetic operation on brain activation during calculation in children with varying levels of arithmetical fluency [J]. *Neuroimage*, 2011, 57(3): 771-781.
- [8] Biswal B, Yetkin FZ, Haughton VM, et al. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar mri [J]. *Magn Reson Med*, 1995, 34(4): 537-541.
- [9] 石庆丽,燕浩,陈红燕,等. 静息态功能磁共振成像及其在认知障碍中的应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2013, 19(11): 1029-1031.
- [10] Wei T, Liang X, He Y, et al. Predicting conceptual processing capacity from spontaneous neuronal activity of the left middle temporal gyrus [J]. *J Neurosci*, 2012, 32(2): 481-489.
- [11] Wang X, Han Z, He Y, et al. Where color rests: Spontaneous brain activity of bilateral fusiform and lingual regions predicts object color knowledge performance [J]. *Neuroimage*, 2013, 76: 252-263.
- [12] Zou Q, Ross TJ, Gu H, et al. Intrinsic resting-state activity predicts working memory brain activation and behavioral performance [J]. *Hum Brain Mapp*, 2013, 34(12): 3204-3215.
- [13] Zang YF, He Y, Zhu CZ, et al. Altered baseline brain activity in children with ADHD revealed by resting-state functional MRI [J]. *Brain Dev*, 2007, 29(2): 83-91.
- [14] Hoptman MJ, Zuo XN, Butler PD, et al. Amplitude of low-frequency oscillations in schizophrenia: a resting state fMRI study [J]. *Schizophr Res*, 2010, 117(1): 13-20.
- [15] Crawford JR, Garthwaite PH. Comparison of a single case to a control or normative sample in neuropsychology: Development of a Bayesian approach [J]. *Cogn Neuropsychol*, 2007, 24(4): 343-372.
- [16] Yan C, Zang Y. DPARSF: a MATLAB toolbox for "pipeline"

- data analysis of resting-state fMRI [J]. *Front Syst Neurosci*, 2010, 4: 13.
- [17] Song XW, Dong ZY, Long XY, et al. REST: a toolkit for resting-state functional magnetic resonance imaging data processing [J]. *PloS One*, 2011, 6(9): e25031.
- [18] Chochon F, Cohen L, van de Moortele PF, et al. Differential contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing [J]. *J Cogn Neurosci*, 1999, 11(6): 617-630.
- [19] Pinel P, Dehaene S, Riviere D, et al. Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task [J]. *Neuroimage*, 2001, 14(5): 1013-1026.
- [20] Dehaene S, Piazza M, Pinel P, et al. Three parietal circuits for number processing [J]. *Cogn Neuropsychol*, 2003, 20(3): 487-506.
- [21] Ansari D, Garcia N, Lucas E, et al. Neural correlates of symbolic number processing in children and adults [J]. *Neuroreport*, 2005, 16(16): 1769-1773.
- [22] Ansari D, Dhital B. Age-related changes in the activation of the intraparietal sulcus during nonsymbolic magnitude processing: an event-related functional magnetic resonance imaging study [J]. *J Cogn Neurosci*, 2006, 18(11): 1820-1828.
- [23] Castelli F, Glaser DE, Butterworth B. Discrete and analogue quantity processing in the parietal lobe: A functional MRI study [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2006, 103(12): 4693-4698.
- [24] Prado J, Mutreja R, Zhang H, et al. Distinct representations of subtraction and multiplication in the neural systems for numerosity and language [J]. *Hum Brain Mapp*, 2011, 32(11): 1932-1947.
- [25] Warrington EK, Taylor AM. The contribution of the right parietal lobe to object recognition [J]. *Cortex*, 1973, 9(2): 152-164.
- [26] Dehaene S, Cohen L. Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic [J]. *Cortex*, 1997, 33(2): 219-250.
- [27] Polk TA, Reed CL, Keenan JM, et al. A dissociation between symbolic number knowledge and analogue magnitude information [J]. *Brain Cogn*, 2001, 47(3): 545-563.
- [28] van Harskamp NJ, Cipolotti L. Selective impairments for addition, subtraction and multiplication. Implications for the organisation of arithmetical facts [J]. *Cortex*, 2001, 37(3): 363-388.
- [29] Lemer C, Dehaene S, Spelke E, et al. Approximate quantities and exact number words: dissociable systems [J]. *Neuropsychologia*, 2003, 41(14): 1942-1958.
- [30] Andres M, Pelgrims B, Michaux N, et al. Role of distinct parietal areas in arithmetic: an fMRI-guided TMS study [J]. *Neuroimage*, 2011, 54(4): 3048-3056.
- [31] Lancaster JL, Tordesillas-Gutiérrez D, Martínez M, et al. Bias between MNI and Talairach coordinates analyzed using the ICBM-152 brain template [J]. *Hum Brain Mapp*, 2007, 28(11): 1194-1205.
- [32] Nieder A, Freedman DJ, Miller EK. Representation of the quantity of visual items in the primate prefrontal cortex [J]. *Science*, 2002, 297(5587): 1708-1711.
- [33] Nieder A, Miller EK. A parieto-frontal network for visual numerical information in the monkey [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2004, 101(19): 7457-7462.
- [34] Vansteensel MJ, Bleichner MG, Freudenburg ZV, et al. Spatiotemporal characteristics of electrocortical brain activity during mental calculation [J]. *Hum Brain Mapp*, 2014, 35(12): 5903-5920.

(收稿日期: 2015-02-06 修回日期: 2015-03-31)

书 讯

为推进轮椅服务人员的专业培训工作,提升轮椅服务专业化水平和服务能力,世界卫生组织于2012年组织编写了《轮椅服务初级教程》(英文版)。深圳市残联于2013年取得世界卫生组织授权,历时一年完成该教程的中文翻译工作,现已由深圳海天出版社正式出版发行。《轮椅服务初级教程》包括《教师手册》、《学员手册》和《实训手册》三本书及一张光盘。

联系人: 龚能忠 联系电话: 0755-83169038

深圳市残疾人辅助器具资源中心