

# 实时功能磁共振成像对运动皮层的定位

朱文珍 漆剑频 王承缘 夏黎明 胡军武 冯定义

**【摘要】** 目的:探讨研究 RTIP-fMRI 对“手结节”的功能定位及正常和病理状态下对指运动时运动皮层的功能改变。方法:采用 GE 1.5T MRI 扫描机及具有 RTIP 功能的工作站,成像序列为单次激发梯度回波平面回波成像。10 例右手利健康志愿者及 3 例额顶叶病例作为研究对象,运动激活由大拇指和其它四指的依次对指运动所组成,数据分析采用“相关系数”几何算法。结果:①RTIP-fMRI 能对“手结节”准确定位,并且功能图与解剖图上“手结节”有很好的对应关系;②对指运动时运动皮层的激活包括对侧 M1/S1 区(M1 区包括大部分“手结节”),SMA 区及同侧少量 M1 区;③时间过程图呈“城垛样”改变,相关系数范围为 0.51~0.88;④对于额顶叶占位病变,RTIP-fMRI 能准确显示 M1 区的移位变形及受累。结论:RTIP-fMRI 能对运动皮层准确定位,具有其它 fMRI 技术无法比拟的优越性,可广泛应用于脑功能开发研究。

**【关键词】** 功能性磁共振成像 实时 脑 运动皮层

**【中图分类号】** R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2002)01-0059-03

**Localization of motor cortex by real-time imaging process functional MRI during finger movements** ZHU Wenzhen, QI Jianpin, WANG chengyuan. Department of Radiology, Tongji Hospital Affiliated to Tongji Medical College of Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430030

**【Abstract】 Objective:** To study the correspondence between structure and function of the “hand knob” on the precentral gyrus and functional changes of motor cortex during self-paced finger movements by RTIP-fMRI in normal and abnormal conditions. **Methods:** 10 right-handed healthy volunteers and 3 patients with frontoparietal space-occupying lesions were studied. fMRI were performed with a single-shot, gradient-echo echo-planar pulse sequence on 1.5T GE scanner and real-time image processing technique on the workstation. The activation tasks consisted of self-paced finger movements performed with the right and left hand. Image postprocessing was done on the workstation by “correlation coefficient” algorithm analysis method. **Results:** ①There was a good correspondence between anatomical landmarks of “hand knob” and the somatotopical organization of primary motor areas in 10 volunteers. ②During finger task, functional changes occurred in the contralateral primary motor-somatosensory cortex(M1/S1), most often containing “hand knob” structure, the supplementary motor area(SMA), and ipsilateral primary motor cortex. ③The time-course plot of the “hand knob” in primary motor cortex matched to “box-car” reference wave form, the correlation coefficient between the experimental and the reference plots is 0.51~0.88. ④In the cases of frontoparietal space-occupying lesions, a displacement or edema of “hand knob” was demonstrated clearly by RTIP-fMRI. **Conclusion:** RTIP-fMRI, a promising new technique, can localize motor cortex accurately. It is superior to any other fMRI techniques, may be put widely into use of function research of the brain.

**【Key words】** Functional MRI Real time Brain Motor cortex

大脑的功能性磁共振成像(functional MRI, fMRI)可以无创性对人脑的功能活动进行成像,是影像医学发展的重大突破,已引起医学界和认知神经科学的极大兴趣,为脑功能解码提供了光明的前景。fMRI 的基础是快速成像技术,以前的方法多局限于梯度回波序列(GRE),后发展至平面回波成像技术(EPI),但扫描层数均受到限制。本文采用先进的实时图像处理技术(real time image processing, RTIP)与 GRE-EPI 技术相结合,对手指运动时人脑运动皮层进行成像和功能活动的描述,其研究目的有:fMRI 对与手指运动密切相关的运动皮层“手结节”<sup>[1,2]</sup>的定位及解剖对应关系;对指运动时运动皮层的功能改变以及额顶叶占位病变对运动皮层功能区的影响及手术后功能缺失的危险性评估。

## 材料与方法

一般资料:10 例右手利健康志愿者,男 7 例,女 3 例,年龄 23~38 岁;另有 2 例肿瘤,1 例血管畸形,位于额叶或顶叶,其手指运动功能正常至轻度损害。

采用 GE 1.5T 超导型 MRI 扫描机及具有 RTIP 功能的工作站同时进行成像,先扫描矢状位 T<sub>2</sub>WI 用于定位,再扫描常规轴位 T<sub>2</sub>WI 用作解剖定位及功能区叠加图像,fMRI 成像定位同轴位 T<sub>2</sub>WI,成像序列为单次激发梯度回波的平面回波成像(single shot GRE-EPI),TR 3000ms,TE 50ms,翻转角 90°,激发次数 1NEX,层厚 7mm,间距 0mm,矩阵 64×64,层数 8。

由自我控制的大拇指和其他四个手指的依次单纯对指运动所组成,实验过程分为“静止”和“运动”两个过程,总共包括五个循环。每个循环依次包括 30s“静止”和 30s“运动”两步。实验开始时为静止状态,前 12s 内扫描 4 幅基础图像,紧接 30s 静止状态,在此期间分别对每一层连续扫描 10 次;然后为 30s

作者单位:430030 湖北省,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介:朱文珍(1969~),女,湖北孝感人,主治医师,博士在读,主要从事中枢神经系统及体部影像学研究。

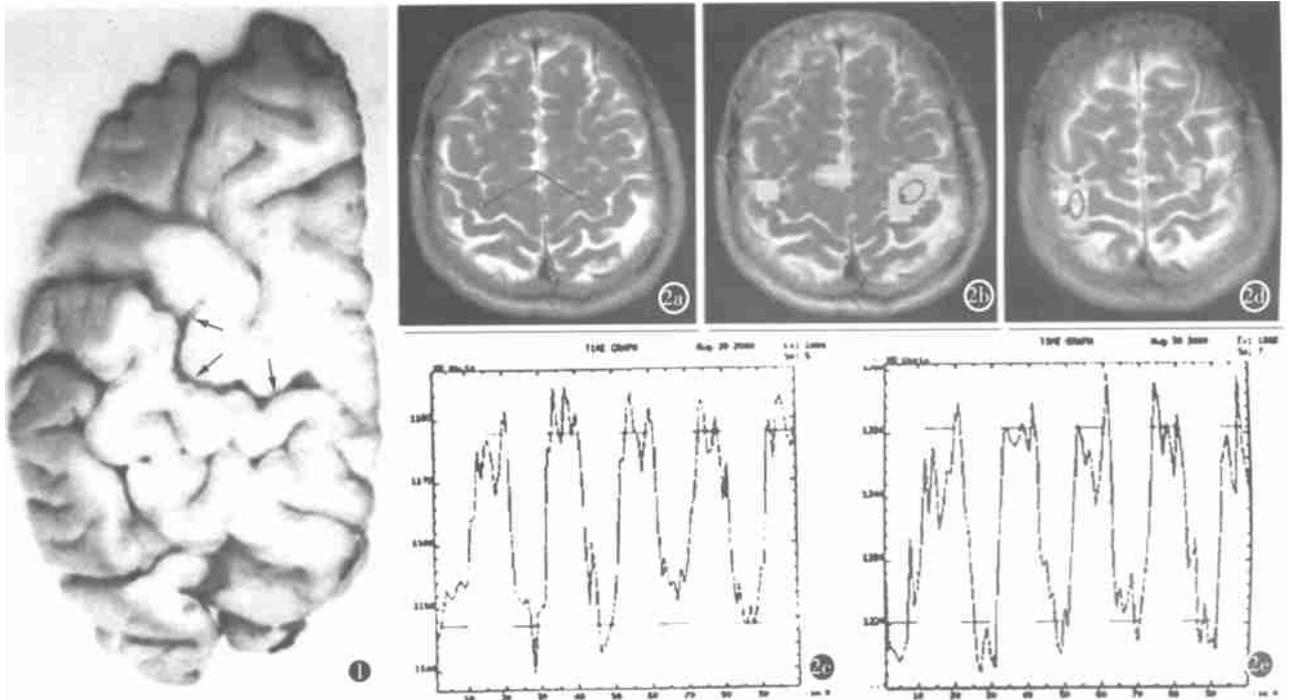


图 1 大脑标本横断面解剖,见中央前回“手结节”呈“ω”形(→)。图 2 a) 轴位 T<sub>2</sub>WI 显示中央前回“手结节”形态,右侧呈“ω”形,左侧呈“U”形; b) 右手运动,功能激活区主要位于左侧第一运动感觉皮层(M1/S1)区,大部分叠加于“手结节”区,另见副运动区及同侧 M1 区少量区域激活; c) 图 2b 中 M1 区时间过程图,随着运动和静止状态的变换,兴趣区信号强度也呈现增高和降低,与城垛样参考图的相关系数为 0.89; d) 左手运动,功能激活区主要位于右侧第一运动感觉皮层(M1/S1)区,另见副运动区及同侧 M1 区少量区域激活; e) 图 2d 中 M1 区时间过程图,兴趣区相关系数为 0.81。(参见封面彩图)

运动状态,依然连续扫描 10 次,即在该循环中对每一层连续扫描 20 次,然后进入下一循环,依次五个循环,总共获得图像 804 幅。

所有采集实验数据传至 SUN 工作站进行处理,使用 FUNG-TOOL 软件中几何算法“相关系数”法,包括计算相关系数,功能图像与结构图像的叠加及描绘兴趣区时间过程图,该图以

图像序数为横轴, MRI 信号强度为纵轴,能够显示在“静止”和“运动”两种状态下功能区信号强度的差别。

## 结果

“手结节”的定位:对 1 例标本进行横断面解剖,见右侧中央前回“手结节”呈“ω”形(图 1)。10 例健康志愿者均可在轴位 T<sub>2</sub>WI 上显示中央前回“手结节”,呈“ω”或“U”形(图 2a)。对指运动时对侧第一运动皮层的激活区与解剖图像“手结节”有较好的对应关系。

运动皮层的定位:以相关系数  $\geq 0.5$  作为功能激活标准。10 例志愿者有 8 例 fMRI 显示满意,2 例显示不满意。8 例显示满意者,对指运动时脑功能改变主要位于:对侧第一运动/感觉皮层(M1/S1)、副运动皮层(SMA)及小部分同侧第一运动皮层(图 2b、2d)。

功能激活时运动皮层相关系数计算(表 1)。

表 2 额顶叶病变第一运动皮层定位

表 1 功能激活时运动皮层区相关系数计算

| 志愿者 | M1/S1 对侧 | SMA  | M1 同侧 |
|-----|----------|------|-------|
| 1R  | 0.89     | 0.71 | 0.64  |
| 1L  | 0.81     | 0.54 | 0.52  |
| 2R  | 0.85     | 0.65 | 0.53  |
| 2L  | 0.82     | 0.60 | 0.65  |
| 3R  | 0.71     | 0.64 | 0.51  |
| 3L  | 0.67     | 0.56 | -     |
| 4R  | 0.79     | 0.60 | 0.54  |
| 4L  | 0.69     | 0.57 | -     |
| 5R  | 0.87     | 0.75 | 0.68  |
| 5L  | 0.84     | 0.71 | 0.57  |
| 6R  | 0.74     | 0.69 | 0.55  |
| 6L  | 0.83     | 0.72 | 0.67  |
| 7R  | 0.81     | 0.68 | 0.62  |
| 7L  | 0.76     | 0.60 | 0.51  |
| 8R  | 0.64     | 0.58 | -     |
| 8L  | 0.72     | 0.61 | 0.52  |

| 病例 | 病变类型   | fMRI 表现                       | 相关系数 |
|----|--------|-------------------------------|------|
| 1  | 右额叶脑膜瘤 | M1 区激活,“手结节”移位                | 0.76 |
| 2  | 左额叶胶质瘤 | “手结节”位于水肿范围内                  | 0.72 |
| 3  | 右额叶血管瘤 | “手结节”肿胀移位,激活区位于水肿范围内(图 3a、3b) | 0.80 |

注: R 为右侧手指运动, L 为左侧手指运动

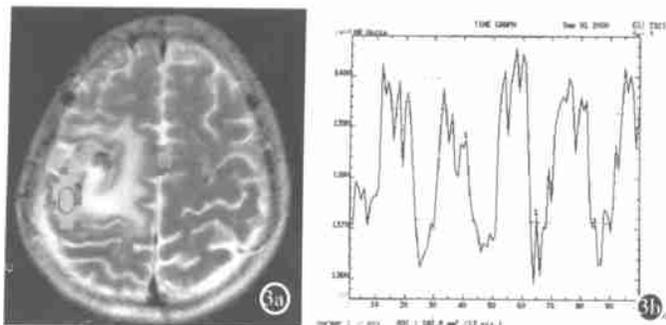


图3 a) 右额叶血管畸形病例, fMRI 示“手结节”肿胀移位, 激活区位于水肿范围内, 与病变中央尚有一定距离; b) 图 3a 中激活 M1 区时间过程图, 相关系数为 0.80。(参见封面彩图)

时间过程图分析: 脑功能激活时, 激活区信号强度增加, 休息时信号强度降低, 呈近似正弦曲线, 与“城垛样”参考波形的相关系数为 0.5~0.89 (< 0.5 不计), 信号强度增加率约为 3%~5% (图 2c, 2e)。

额顶叶病变第一运动皮层 fMRI 定位 (表 2)。

## 讨论

fMRI 是一种能反映局部脑组织血流改变的无创性新技术, 它使用血氧水平依赖法 (blood oxygenation level dependent, BOLD), 当脑组织功能激活时, 局部氧合血红蛋白增加, 去氧血红蛋白降低, 前者为抗磁性, 后者为顺磁性, 总体表现为  $T_2^*$  序列功能激活区信号强度增加。同以前的成像方法相比, 本文采用先进的 RTIP 与 GRE-EPI 相结合, 可实现全脑成像, 能同步进行图像数据采集重建和后处理, 在任务实施过程中即可同时获得功能性脑活动图, 并能动态显示激活过程不同时期的脑功能活动信息, 同时保证采集足够多高时间稳定性的功能图像, 并快速进行图像存储和处理; 另外, RTIP 可同时观测实验的成功性, 能随时在作者认为结果满意时终止数据采集。总之, 在本实验中 RTIP 技术已显示除它巨大的优越性。

运动功能是由脑不同部位的网络联接完成的, 肢体运动涉及起源于第一运动皮层 (M1), 副运动皮层 (SMA) 的皮质脊髓束及起源于运动前区 (PMA) 的皮质网状脊髓束。本组资料显示, 一侧对指运动时, 脑功能改变主要位于对侧第一运动 (M1)/ 感觉 (S1) 皮层和副运动皮层 (SMA), 同侧第一运动皮层亦有少量激活, 与文献报道相仿<sup>[3,4]</sup>。在人类皮质脊髓束束大约有 10%~15% 的纤维束未交叉, 故可见同侧第一运动皮层激活, 其激活程度较对侧明显减轻。一侧对指运动时, 对侧中央后回第一感觉皮层亦有激活, 这是由于对指运动快速切换时伴有本体感觉传入活动。本组未见有 PMA 的激活。关于 SMA 及 PMA 国外作者研究较多<sup>[4,5]</sup>, 认为 SMA 不仅与运动功能有关, 而且与感觉功能有关; 且在运动研究中, 认为复杂手指运动较单纯运动更易

激活。在高级想象的复杂手指运动中, SMA 和 PMA 均有较大程度的激活, 故现在研究认为 SMA 和 PMA 在执行复杂运动程序中非常重要, 是一个高级指挥中心。

本文有 2 例志愿者显示不满意, 自我控制的对指运动时, fMRI 图未显示明显功能激活区, 分析其原因可能有: ①与受试者手指运动频率较慢有关, 有实验证明手指运动频率与对侧第一运动皮层信号变化的百分率成正相关, 运动频率快时功能激活区信号变化明显, 因此脑运动功能激活区及其信号变化与运动频率及运动复杂程度有很大相关性, 简单手指运动时仅激活对侧第一运动感觉皮层, 而复杂运动还可激活 SMA 及 PMA。②图像处理方式为相关系数分析, 当 MRI 信号改变与“城垛样”波形相关时才可探测, 且相关系数的阈值  $\geq 0.5$  时才显示功能激活区, 因此少量信号改变 (1%~2%) 使用该方法分析时可能从背景噪声中删除; ③任务实施过程中轻微的头颅移动均可导致实验失败; ④患者运动功能受损严重, 则激活区域及程度均受到影响。因此 fMRI 未显示功能激活时并不能排除部分脑功能活动发生。此外, 功能区准确定位、部分容积效应及磁场强度等因素均有影响。

本文 3 例额顶部病变, fMRI 可准确地对病变侧手指第一运动皮层定位, 显示“手结节”变形移位及功能区与病变之间的关系, 对外科术前功能区定位极为有利<sup>[6]</sup>。若病变位于 M1 区内, 则术后运动功能缺失的危险性较大。

## 小结

RTIP fMRI 是一种全新的无创方法, 可对脑功能活动进行定量分析, 对手指运动皮层准确定位, 可广泛应用于脑功能解码及临床神经精神领域的基础和临床研究。

## 参考文献

- 1 TA Yousry, UD Schmid, H Alkadhi, et al. Localization of the motor hand area to a knob on the precentral gyrus [J]. Brain, 1997, 120(1): 141-157.
- 2 S Lehericy, H Duffau, P Comu, et al. Correspondance between functional magnetic resonance imaging somatotopy and individual brain anatomy of the central region: comparison with intraoperative stimulation in patients with brain tumors [J]. J Neurosurg, 2000, 92(4): 589-598.
- 3 H Boecker, A Kleinschmidt, M Requardt, et al. Functional cooperativity of human cortical motor areas during self-paced simple finger movements [J]. Brain, 1994, 117(6): 1231-1239.
- 4 SM Rao, TR Binder, PA Bandettini, et al. Functional magnetic resonance imaging of complex human movement [J]. Neurology, 1993, 43(11): 2311-2317.
- 5 GH Chang, YM Han, CS Kim. Functional MRI of the supplementary motor area: comparison of motor and sensory tasks [J]. JCAT, 2000, 24(4): 521-525.
- 6 A Righini, O Divitis, A Prinster, et al. Functional MRI: primary motor cortex localization in patients with brain tumors [J]. JCAT, 1996, 20(5): 702-708.

(2001-10-09 收稿)