

磁共振脑功能成像方法的初步研究

李恩中¹ 马 林² 翁旭初³

摘要 探讨磁共振功能成像的方法,本文应用血氧合水平磁共振成像法,通过单次激发回波平面成像技术检测脑功能活动时的功能区信号变化。对 8 例右利手健康男性进行右手指随意运动的磁共振功能成像实验。实验采用静止-运动-静止三个阶段,运动又有简单复杂之分。此外,亦将梯度回波与平面回波技术同时应用在磁共振功能成像中以便进行比较。结果表明功能图像上可见左侧初级运动皮层区的信号变化,而在本实验中梯度回波图像上结果为阴性。平面回波成像技术在平面回波磁共振功能成像中磁敏感性高,稳定性好,有良好的时间分辨率,而梯度回波序列则较为不敏感。

关键词 磁共振成像;磁共振功能成像
中国图书资料分类号 R816.1

The Preliminary Study of the Functional MR Imaging

Li Enzhong, Ma Lin, Weng Xuchu (Department of MRI, Shou - Gang General Hospital, Beijing 100041)

Abstract To evaluate the method of functional MR imaging (fMRI), the authors used the technique of BOLD (blood oxygenation level dependent) and single-shot EPI (echo planar imaging) to examine the signal changes in the primary motor cortex. Eight healthy right handed male volunteers were examined with fMRI when making the finger movements of the right hands. 3 stages (no task-task-no task) and 2 kinds of motions (simple and complex) were conducted in the study. In addition, gradient echo (GRE) together with EPI, was performed in the fMRI experiment in order to make the comparison of the 2 sequences. The result showed that the signal changes were seen in the left primary motor cortex when EPI was used, but not with GRE. The authors concluded that EPI technique has an advantage of high susceptibility, good stability, and very good temporal resolution.

Key words brain; magnetic resonance imaging; functional MR imaging

磁共振功能成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)是目前脑功能研究中的一个热点。但因技术设备等条件的限制,早期多采用梯度回波序列进行研究,在应用回波平面成像(echo planar imaging, EPI)技术进行脑功能研究方面,目前国内尚无报导。本文报告我们在 Signa Horizon 型磁共振成像设备上,采用 EPI 技术进行磁共振功能成像方法学研究的初步结果。

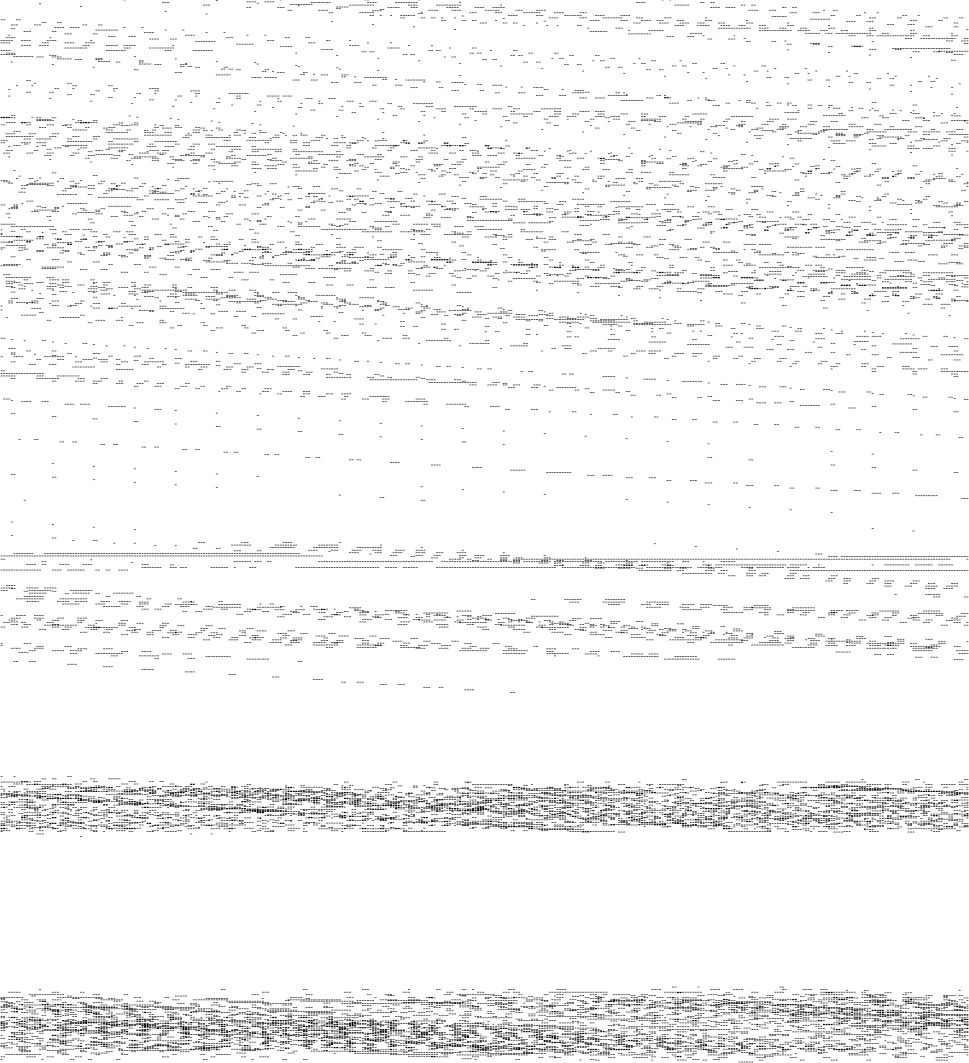
1 原理

1.1 在目前磁共振功能成像中应用较为广泛的方法之一是血氧合水平(blood oxygenation level dependent, BOLD)磁共振成像法。在神经元活动期间,可见血氧水平及与之相关的 T_2^* 的变化^[1,2], T_2^* 的变化反映了脑血流(cerebral blood flow, CBF),脑血容量(cerebral blood volume, CBV)及血氧消耗率之间的相互作用。

用。即神经元活动时,局部脑组织血流、血流容积及血氧消耗均增加,但增加的比例有明显的差异。Fox 与 Raichle 的结果显示血流增加 29%,血流容积增加 7%,而氧耗量仅增加 5%^[3]。这种差异造成了脑功能活动区的静脉血氧浓度较周围组织明显升高,脱氧血红蛋白减少,而后者具有更强的顺磁性。由于顺磁性物质的减少,局部脑组织体元内组织与血流间磁敏感性差异减小,脑组织体元内失相位减少, T_2^* 较长,因而在 T_2^* 加权像上信号强度有所增加。上述即 BOLD 法成像的基本原理。

1.2 回波平面成像(EPI)技术,尤其是单次激发 EPI (single-shot EPI)是近些年来发展起来的超快速扫描技术。在图像采集时,于一次射频脉冲激励后数据资

作者单位 1. 首钢总医院磁共振室,北京 100041 2. 中国人民解放军总医院放射科,北京 100853 3. 中国科学院心理研究所,北京 100012



位,并辅以线圈内海绵垫及外科头颅固定带固定头部。运动指令及其频率由磁共振音响系统(Magna Coustics Model 14 MRI Music System)控制。矢状位及横轴位定位像选用自旋回波(spin echo, SE)序列 T_1 加权像, TR440ms, TE11ms, FOV 24cm × 24cm, 层厚 6mm, 层间距 2mm, 2 次激励(图 1)。功能成像则是根据定位像之运动皮层所在部位,选择相应层面,行横轴位扫描。其参数如下:回波平面成像梯度回波序列(gradient EPI), TR2000ms, TE68ms, FOV 为 22cm × 22cm, 8mm 层厚无间距, 1 次激励;常规梯度回波序列, TR82ms, TE68ms 及快速梯度回波序列, TR8.2ms, TE4.2ms, 其余参数均与 EPI 梯度回波序列相同。

2.4 图像处理 应用 Sun Sparc 工作站对所获图像进行初步处理,并同时应用感兴趣区(region of interest, ROI)对左侧大脑初级运动皮层区的信号进行测量,根据其信号强度作出此区域的时间-信号强度变化曲线或时程曲线。

3 实验结果

所有受试者之 EPI 功能图像上均可见其左侧初级运动皮层区信号变化(图 2),其信号变化幅度为(2.2~6.2)%。而常规及快速梯度回波序列,结果为阴性。对 EPI 功能图像进行处理,作出时间-信号强度变化曲线,见其时间分辨率为 2.02 秒。此外,亦计算出运动开始至皮层信号上升到峰值、运动停止至皮层信号下降达基线水平的时间,其平均值分别为 8s 和 10s(图 3)。

4 讨论

EPI 梯度回波序列具有相当高的磁敏感性及时间分辨率,即使局部信号有微弱的变化,也可检测出来。因而在 BOLD 法中,多采用此序列检测磁共振功能成像中局部信号强度的改变^[5]。利用梯度回波序列亦可进行磁共振功能成像研究,但这种方法与 EPI 技术相比,不够敏感。本实验中,采用 TR 为 82ms, TE 为 68ms 及 TR 为 8.2ms, TE 为 4.2ms 而其他参数与 EPI 梯度回波序列参数相同的常规及快速梯度回波序列,且以同样方法进行图像处理,所获结果均为阴性。这说明梯度回波序列的磁敏感性较 EPI 为低。因而,我们认为,在应用梯度回波序列进行磁共振功能成像时,必须选用特殊参数及适当延长扫描时间、增加扫描

帧数,以获取最大的图像信息。与此相反,在本实验中,采用 EPI 梯度回波序列,同一受试者两次重复行脑功能实验,相隔时间为两周,所获实验结果相同。说明 EPI 技术在磁共振功能成像中具有较好的稳定性。

获得磁共振功能成像中较好稳定性的另外一个因素是对运动频率进行控制。本实验中,应用磁共振音响系统以 2Hz 频率对运动加以控制,使每一受试者均在同一节律下运动,因而消除了此因素的干扰。

在 EPI 功能成像中,流入性伪影(inflow artifact)亦是值得注意的问题。通常可选用长的 TR 时间(2000 毫秒或更长)来对此伪影进行抑制^[5],或舍弃最初获取的若干图像后,再对其余图像进行处理。

在磁共振功能成像中,还应该注意运动与静止各时段的持续时间。这对于 EPI 如此超快速扫描技术而言尤为重要。这是因为,如果各时段持续时间不足,则运动上升曲线达不到平台期,而下降亦达不到基线水平^[6],因而影响实验结果。相反,若选取持续时间过长,则只会增加扫描时间,增加受试者躁动机会。本实验曾采用 EPI 梯度回波序列,以十倍的扫描时间以获取更大的图像信息量,但其最后结果与目前结果无明显差异。

在实验过程中,必须保持头部固定,以免因头位移动而产生伪影及数据不准确。本实验中,以线圈内海绵垫及外科头颅固定带固定头部,并在实验前后进行对照,确保实验数据的准确性。对于不合规范或对实验结果有干扰的数据,必须舍弃。

参 考 文 献

- 1 Turner R, Le Bihan D, Moonen CT *et al.* Echo-planar time course MRI of cat brain oxygenation changes. *Magn Reson Med*, 1991;22:159
 - 2 Ogawa S, Tank DW, Menon R *et al.* Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: functional brain mapping with magnetic resonance imaging. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1992;89:5951
 - 3 Fox PT, Raichle ME. Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1986;83:1140
 - 4 Edelman RR, Wielopolski P, Schmitt F. Echo-planar MR imaging. *Radiology*, 1994;192:600
 - 5 Kwong KK. Functional magnetic resonance imaging with echo planar imaging. *Magn Reson Quart*, 1995;11:1
 - 6 Rao SM, Binder JR, Bandettini PA *et al.* Functional magnetic resonance imaging of complex human movements. *Neurology*, 1993;43:2311
- (1996-04-02 收稿, 1996-09-20 修回)