

运动准备和执行的事件相关功能磁共振研究

王美豪¹, 祝一虹², 李建策¹, 何金彩³, 黎金林¹, 温新东¹, 童婷婷¹, 翁旭初⁴

(1. 温州医学院第一附属医院 放射科, 浙江 温州 325000; 2. 浙江大学医学院 心理学教研室, 浙江 杭州 310000;
3. 温州医学院第一附属医院 神经内科; 4. 中国科学院心理研究所 高级脑功能研究室, 北京 100030)

[摘要] 目的:应用事件相关功能磁共振成像技术研究参与运动准备和执行的脑区的激活特点。方法:应用事件相关功能磁共振成像技术记录 12 名右利手健康受试者在序列手指运动过程中运动准备与运动执行大脑皮层的功能活动。采用美国威斯康辛医学院 AFNI 软件包进行每个像素的血氧变化分析,作出与运动准备和运动执行有关的脑激活图。结果:与运动准备有关的激活主要集中在双侧运动前区(PMC)前部,双侧后顶叶(PPC)后部;与执行有关的激活区主要集中在对侧初级运动区(M1),双侧辅助运动区(SMA)本部;而双侧辅助运动区前部、双侧运动前区后部在运动准备与执行过程中均有激活。结论:人脑内与运动相关的脑区功能并非单一。

[关键词] 功能磁共振成像;运动;事件相关

[中图分类号] R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1000-2138(2005)01-0025-03

Research on event related functional magnetic resonance imaging of motor preparation and execution

WANG Mei-hao^{*}, ZHU Yi-hong, LI Jian-ce^{*}, et al. ^{*} Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325000

Abstract: **Objective:**To investigate the functional activation areas in human brain of motor preparation and execution using event related MRI technique. **Methods:** During event related fMRI, twelve right handed healthy subjects performed a movement task, in which a CUE signal indicated the movement sequence prior to the appearance of an imperative, GO signal. MCW AFNI package was used to estimate the hemodynamic response of each pixel and to generate activation maps time locked to the onset of the CUE and GO signals. **Results:** Bilateral anterior premotor cortex (PMC) and posterior aspects of posterior parietal cortex (PPC) were primarily activated during the preparation period. Contralateral primary motor cortex (M1) and bilateral supplementary motor area (SMA) proper were primarily activated during the execution period. Bilaterally, pre-SMA, posterior PMC were activated during both periods. **Conclusion:** The functions of human brain areas associated with motor in human brain are not single event.

Key words: functional magnetic resonance imaging; motor; event related

功能磁共振成像技术(functional Magnetic Resonance Imaging fMRI)是当前研究脑的认知活动的最有效的手段之一^[1]。事件相关功能磁共振成像(Event related fMRI)技术是最近几年发展起来的新技术^[2,3]。有关运动控制和认知之间联系的研究是目前一个非常活跃的领域。以往的研究表明,初级运动区(M1)主要参与运动执行,而运动前区(PMC)和顶叶后部(PPC)主要参与运动准备^[4]。但近几年来,这种单一的模式正在不断地被修正。随着 fMRI 技术的逐渐成熟,准备执行分离技术在脑成像实验中得以运用,使得人们能更好地了解运动过程中认知因素的参与情况。本研究拟采用该技术,结合延序列运动任务来考察大脑皮层各区域内部在运动准备和执行过程中的作用。

1 资料和方法

1.1 受试者 12 名健康志愿者参加了实验,其中男 6 名,女 6 名,年龄 19~21 岁,平均年龄 20.3 岁,大专文化程度,均为右利手,无精神神经病史、色盲、色弱等有可能影响实验进行、结果的疾病。

1.2 磁共振成像方法 磁共振扫描采用 GE 公司的 Signa 1.5T 全身超导型磁共振成像系统,配备标准正交头线圈,应用 EPI BOLD IMAGING SOFTWARE 进行 EPI 扫描。定位扫描:采用自旋回波(Spin Echo, SE)序列,水平位, T1 加权像,具体参数为 TR/TE 400/9 ms,层厚 5 mm,间隔 1 mm, FOV 240 × 240 mm²,矩阵 256 × 192,层数 22。功能像扫描:采用梯度回波快速回波平面(Gradient Echo planner imaging, GRE-EPI)序列,水平位,具体参数为 TR/TE 2000/40 ms, Flip Angle 90°,层厚 5 mm,间隔 1 mm, FOV 240 mm × 240 mm,矩阵 64 × 64,层数 22,帧数 196 帧/层,

收稿日期:2004-02-13

作者简介:王美豪(1973-),男,浙江苍南人,主治医师,医学硕士。

扫描时间 6 min 40 s。三维结构像扫描: FSE 序列, 矢状位, T1 加权, TR/TE 500/10ms, Flip Angle 20. 59°, 层厚 17 mm, 间隔 0 mm, 层数 80~ 90, FOV 240 mm × 240mm, 矩阵 256 × 160。扫描时, 先扫 SE 序列获得 T1 加权解剖图像, 扫描范围包括全脑, 用于功能像对齐。再扫功能像 EPI 序列, 层厚、层间隔、角度与 SE 序列一致。最后行全脑 FSE 序列扫描, 以便三维重建、空间配准及空间标准化。

1.3 任务执行 实验时受试者躺在磁共振检查床上, 双眼可通过头线圈上的反光镜舒适清楚地看清置于扫描床尾部的投影屏幕。在扫描过程中受试者头部由头带及海绵垫加以固定避免头动, 扫描 SE 序列、FSE 序列时闭眼, 在 EPI 扫描时, 要求受试者注视屏幕, 双眼球避免转动。用 E-Prime 软件编写刺激程序, 刺激显现时间精确到 1 ms。开始 EPI 扫描时, 屏幕上首先呈现四个白色竖条依次代表右手食指、中指、示指、小拇指。在每个序列开头, 代表手指的竖条依次快速出现红色各一次, 出现的顺序随机, 请受试者记住该顺序, 但不能动手指, 代表运动准备任务。间隔一段时间后竖条变为绿色, 要求受试者以最快的速度按刚才记住的顺序依次作右手手指叩击运动, 代表运动执行任务。间隔一段时间后, 出现下一个序列。每个序列包括运动准备、运动执行两个任务, 共 14 个序列。序列内及序列间间隔不固定, 由 8 s 至 18 s 不等, 此间屏幕显示四个白色竖条 (见图 1)。

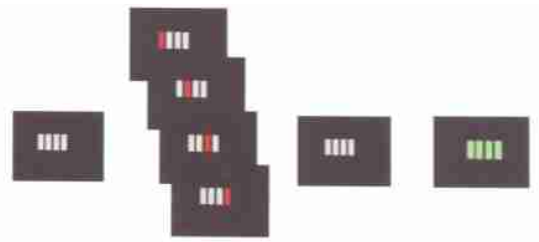


图1序列手指运动任务
Fig 1 Sequential finger movement task

1.4 数据分析 使用美国威斯康辛医学院的功能影像学分析软件(MCW-AFNI)重建图像, 矫正功能像的头动, 然后与相应的结构像对齐, 参照 Talairach 和 Tournoix 定义的标准坐标进行空间标准化, 并进行 Gaussian 平滑(半高宽= 5 mm)。

2 结果

与运动准备有关的激活主要集中在双侧运动前区(PMC)前部, 双侧后顶叶(PPC)后部; 与执行有关的激活区主要集中在对侧初级运动区(M1), 双侧辅助运动区(SMA)本部; 而双侧 SMA 前部, 双侧 PMC 后部在运动准备与执行过程中均有激活。SMA 大部分区域在执行阶段被激活, 但其前部在运动准备阶段也有一定程度的激活。准备任务激活了 PMC 的大部分区域, 而执行任务激活其后部的小范围区域。对侧 M1 表现出与执行有关的强激活, 而在准备阶段几乎没有激活。双侧 PPC 后部以在准备阶段激活为主(图 2 为个体在准备阶段的激活图, 图 3 为个体在执行阶段的激活图, 图 4 为准备阶段小组平均激活图, 图 5 为执行阶段小组平均激活图)。

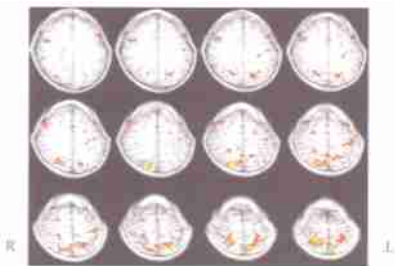


图2个体准备相关激活图
Fig.2 Activated brain area during the preparation stages of one subject

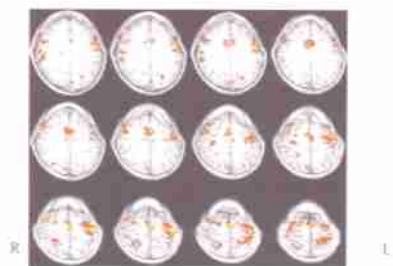


图3个体执行相关激活图
Fig.3 Activated brain area during the execution stages of one subject

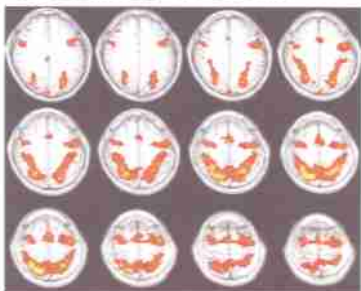


图4小组平均准备相关激活图
Fig.4 Average activated brain area during the preparation stages

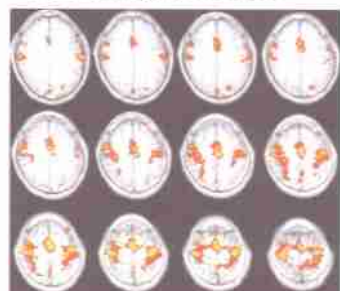


图5小组平均执行相关激活图
Fig.5 Average activated brain area during the execution stages

3 讨论

运动准备包含了个体在运动前的注意、组织、计划等认知活动过程, 运动执行包含动作本身的执行过程。本研究着重讨论大脑皮层各个区域内部在延序列运动中的功能分布。我们的研究发现各脑区的不同部位在不同阶段功能分布各不相同, 与运动准备有关的激活主要集中在双侧 PMC 前部, 双侧 PPC 后部; 与执行有关的激活区主要集中在对侧 M1, 双侧 SMA 本部; 而双侧 PMC 后部, 双侧 SMA 前部在运动准备与执行过程中均有激活。电生理实验虽有类似结果, 但记录的仅是部分细胞的活动情况, 无法反映人的大脑皮层区域整体激活情况。其他 fMRI 研究虽然得出部分与我们类似的结果, 但不够全面^[5,6], 可能与任务的选择有关。以往研究者多采用简单运动, 如给出线索, 动左手或右手, 动示指或中指, 受试者只需简单的心理活动就能完成, 准备过程的激活信号不明显。而我们采用的是随机顺序的序列手指运动, 任务较复杂, 被试者需较多的心理活动参与。此外, 事件相关技术的选择是我们获得较好的功能分布激活图的另一重要原因。

PMC 的前部与运动准备关系密切, 可能参与了运动序列的存储过程^[7], PET 研究也认为 PMC 与准备有关^[8]。但这些研究都未能区分 PMC 前部和后部的不同。本研究发现 PMC 前部在准备时被激活, 而后部在执行阶段激活明显。

人们长期以来认为 M1 仅仅是运动的执行区, 相对于辅助运动区作用是低级的。认为初级运动区传送到个体肌肉执行命令, 肌肉才开始进行运动。称初级运动区为“运动的最终指令通路”。然而, 这个观念近来也受到挑战, 针对不同的复杂度, 初级运动区参与的程度可能不同。有学者提出初级运动区的子区域参与运动的准备和学习的过程, 初级运动区不仅仅是运动执行区, 也是序列运动组织区^[9]。本研究发现对侧 M1 表现出与执行有关的强激活, 而在准备阶段几乎没有激活。

有研究表明双侧顶叶背侧血流量随线索的复杂而增强^[10]。当被试者对运动的规则较熟悉时, 顶叶血流量减少, 它可能参与信息传递和规则的学习^[11]。本实验结果显示: PPC 的中后部表现较强的准备有关激活; 向前外侧延伸, 准备有关的激活下降, 而执行有关的激活增加。说明 PPC 内部存在差异, 前部部分参与了运动的执行功能, 中后部主要参与了运动的准备。

SMA 内部功能分布情况目前较明确。动物实

验证明 SMA 前部和本部在运动中的作用是不一样的, fMRI 和 PET 研究也发现, SMA 前部与任务的复杂程度有关, 而本部却无这种相关性^[12]。本研究发现 SMA 前部在准备阶段激活明显, 而本部在执行阶段激活, 与文献报道一致。

我们的研究表明: ①事件相关技术在研究大脑区域内部功能分布中, 比以往的组块设计优越, 事件相关脑功能磁共振成像技术可以很好地研究脑的内部活动机制。②大脑皮层的所有运动区存在内部功能分布的不同。③人脑与运动相关的区域功能并非单一, 部分区域可在运动的不同阶段均有参与。

参考文献:

- [1] Kandel ER, Squire LR. Neuroscience: breaking down scientific barriers to the study of brain and mind[J]. Science, 2000, 290(5494): 1113-1120.
- [2] Weng XC, Ding YS, Volkow NK. Imaging the functioning human brain[J]. Proc Natl Acad Sci, 1999, 96(3): 11073-11074.
- [3] 薛贵, 董奇, 张红川. 事件相关功能磁共振成像研究及其在认知神经科学研究中的应用[J]. 中国神经科学杂志, 2003, 19(1): 45-49.
- [4] Alexander GE, Crutcher MD. Preparation for movement: neural representations of intended direction in three motor areas of the monkey[J]. J Neurophysiol, 1990, 64(1): 133-150.
- [5] Zang Y, Jia F, Weng X, et al. Functional organization of the primary motor cortex characterized by event-related fMRI during movement preparation and execution[J]. Neurosci Lett, 2003, 337(2): 69-72.
- [6] Lee KM, Chang KH, Roh JK. Subregions within the supplementary motor area activated at different stages of movement preparation and execution[J]. Neuroimage, 1999, 9(1): 117-123.
- [7] Harrington DL, Rao SM, Haaland KY, et al. Specialized neural systems underlying representations of sequential movements[J]. J Cogn Neurosci, 2000, 12(1): 56-77.
- [8] Catalan MJ, Honda M, Weeks RA, et al. The functional neuroanatomy of simple and complex sequential finger movements: a PET study[J]. Brain, 1998, 121(Pt 2): 253-264.
- [9] Gerloff C, Corwell B, Chen R, et al. The role of the human motor cortex in the control of complex and simple finger movement sequences[J]. Brain, 1998, 121 (Pt 9): 1695-1709.
- [10] Grafton ST, Mazziotta JC, Presty S, et al. Functional anatomy of human procedural learning determined with regional cerebral blood flow and PET[J]. J Neurosci, 1992, 12(7): 2542-2548.
- [11] Deiber MP, Passingham RE, Colebatch JG, et al. Cortical areas and the selection of movement: a study with positron emission tomography[J]. Exp Brain Res, 1991, 84(2): 393-402.
- [12] Buckner RL, Bandettini PA, Craven KM, et al. Detection of cortical activation during averaged single trials of a cognitive task using functional magnetic resonance imaging[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1996, 93(25): 14878-14883.

(本文编辑: 毛文明)