

# 正常老年人计算任务的脑功能磁共振成像研究

谢 晟<sup>△</sup>, 肖江喜, 蒋学祥

(北京大学第一医院放射科, 北京 100034)

[关键词] 磁共振成像, 脑, 老年人, 思考/生理学

[摘要] 目的 探讨正常老年人进行脑功能磁共振成像(fMRI)实验的可行性及计算任务的激活脑区。方法 对11例正常老年志愿者进行简单计算任务和复杂计算任务的fMRI实验,以SPM99作后处理显示激活脑区。结果:11例被试的简单计算任务均完成较好,激活区域主要集中在双侧顶上、下小叶和双侧枕叶,复杂计算任务除了以上脑区的激活外,还包括Brodmann 9、10区和Brodmann 46区。结论 老年人进行fMRI实验具有可行性,复杂计算任务比简单计算任务激活更多的额叶脑区。

[中图分类号] R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1671-167X(2003)03-0311-03

## The fMRI study of the calculation tasks in normal aged volunteers

XIE Sheng<sup>△</sup>, XIAO Jiangxi, JIANG Xuexiang

(Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China)

**KEY WORDS** Magnetic resonance imaging, Brain, Aged, Thinking/physiol

**SUMMARY Objective:** To investigate the feasibility and cortex activation of fMRI in aged volunteers during the performance of calculation tasks. **Methods:** Internal mental calculation tasks including simple tasks and complicated tasks were conducted in 11 normal aged volunteers. The fMRI data was postprocessed using SPM99 to reveal the activated cortex. **Results:** The simple calculation tasks were fulfilled satisfactorily in all aged subjects. Cortex in the bilateral Superior parietal lobule, inferior parietal lobule and bilateral occipital lobes showed activation. We found a selective enhancement of fMRI signal in Brodmann regions 9, 10 and 46 in the complicated tasks. **Conclusion:** fMRI tasks are feasible in aged people and more cortex of the left frontal lobe shows activation in complicated calculation tasks.

(*J Peking Univ [Health Sci]*, 2003, 35: 311-313)

脑功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)是近年来发展的一种新的磁共振技术,它使临床磁共振成像从单一的形态学研究进入了形态与功能相结合的领域。目前fMRI的研究由常见的运动感觉研究向认知记忆等方面深入。但文献研究主要集中在正常年轻志愿者,为了探讨老年人的计算任务的脑区激活方式和实验可行性,我们设计了本实验。

### 1 材料与方法

2002年10月到12月间,我们对11例正常老年志愿者进行了计算任务的fMRI研究。其中,男5例,女6例,年龄66~80岁,平均年龄71.5岁。志愿者均为右利手,中等文化程度以上,其条件符合:(1)无任何精神或神经疾病病史;(2)无心血管病史及内分泌病史;(3)神经病学和精神心理学检查无阳性发现;(4)脑缺血测验得分不超过4分;(5)大脑

衰退量表检查处于第一阶段(6)fMRI实验前进行的常规扫描SE序列T1WI、T2WI上无明显异常发现。本实验均经受试者知情同意及医院伦理管理委员会批准。扫描在GE Signa 1.5T磁共振扫描仪上进行,使用头部正交线圈,受试者头部采用海绵垫固定,通过安装在线圈上的反光镜可以观看屏幕上的图像。任务由C语言编成文件,由计算机自动播放,与计算机连接的投影仪将画面投影到屏幕上。另外有一个特殊设计的按钮盒与计算机相连,由被试右、左手食指按键。序列及扫描参数为:3DT1, SPGR序列,TR/TE 11.3/4.2 ms, TI 300 ms, 矩阵256×256,层厚1.6 mm,间隔0 mm,范围从头顶至脑干;RTIP LOC,为T1 FLAIR序列,TR/TE 1924/7.5 ms, TI 750 ms, 矩阵256×256,层厚5.0 mm,间隔1.5 mm,层面平行于胼胝体膝部与压部连线,共16层,范围从头顶至小脑;RTIP监控下的BOLD成像序列,为EPI序列,TR/TE 3 000/40 ms, 矩阵64

×64,层厚 5.0 mm,间隔 1.5 mm,定位完全复制于 RTIP LOC,每时相 3 s,共 109 个时相,339 s。

计算任务采用组块设计,刺激组 10 个时相,控制组 7 个时相,以控制组开始,在扫描开始后 12 s 进行。计算任务由一系列减法公式构成。减法公式的呈现时间为 3 s,要求被试判断减法公式的结果是否正确,并按下右或左手食指按键表示是或否。减法算式分为两种难易程度,不需要退位的减法为简单任务组,需要退位的为复杂任务组。计算任务共有 6 组,顺序为第 1 次简单任务组、第 1 次简单任务组、复杂组、复杂组、第 2 次简单组、第 2 次简单组。所有任务的控制组要求受试者注视屏幕中央出现的“+”。

扫描过程由工作站(Sun,ADW4.0)的 Real Time Image Process(RTIP)软件监控,可以实时显现任务激活的脑区,并且在被试头动大于 5 mm 时提示操作者并终止监控。

fMRI 数据在 Matlab 下的 SPM99 进行后处理,其过程为:头动校正,空间标准化,空间平滑<sup>[1]</sup>。采用  $F$  检验分别得出第 1 次、第 2 次简单任务组和复杂计算任务组的脑区激活图( $P < 0.0001$ )。各个任务组的平均脑区激活图由志愿者的脑区激活图进行计算平均得到。

## 2 结果

11 例受试者的计算任务的第 1 次和第 2 次简单任务部分均完成较好,经过数据后处理能得到很好的脑区激活图。仅有 8 例受试者复杂计算任务的成功率较高,达到 80% 以上,能够用于数据后处理。第 1 次、第 2 次简单任务组和复杂计算任务组的平均脑区激活图的共同激活区为双侧眼球运动区(frontal eye fields,FEF)、双侧第 1 皮质运动区(primary motor cortex,PMC)、双侧补充运动区(supplementary motor area,SMA)、双侧顶上小叶(superior parietal lobule,SPS)、双侧顶下小叶(inferior parietal lobule,IPS)和双侧枕叶。此外,第 1 次简单任务组的左侧额上回(对应于 Brodmann 9、10 区)显示散在的激活区(图 1);复杂计算任务组的平均脑区激活图中,除了双侧 Brodmann 9、10 区显示大片的激活区外,左前额叶的背外侧皮层(对应于 Brodmann 46 区)明显激活(图 2);第 2 次简单任务组的激活方式介于前两者之间,额叶 Brodmann 9、10 区的激活区较第 1 次简单任务组范围广,而左额叶 Brodmann 46 区仍留有中等强度的激活区(图 3)。在复杂计算任务组的平均脑区激活图中,左侧顶叶的激活区也

较简单任务组的激活多且集中。

## 3 讨论

fMRI 是近年发展起来的一种新技术,其基本原理是 BOLD(blood oxygen level dependent)成像。当脑区进行功能活动时,局部脑血流量增加,远远超过局部的耗氧量,使局部的脱氧血红蛋白减少,后者是一种顺磁性物质,它的减少导致局部的 MR 信号增加。通过数据处理,就可以得到脑区激活图<sup>[2]</sup>。当然,要想达到既定的实验目的,必须进行恰当的实验设计。目前的实验设计主要有组块设计和事件相关设计两种方式。组块设计由于能够产生更高的 MR 信号强度,结果更容易分析解释而在 fMRI 的实验设计中被广泛采用。

在本次计算任务设计中,减法算式分为两种难易程度:不需要退位的简单任务和需要退位的复杂任务。考虑到受试者均为老年人,每幅减法算式的呈现时间较普通试验稍长,以提供被试足够的反应时间。所有被试均能较好地完成计算任务的简单部分,判断任务的正确率均在 80% 以上。而复杂部分的完成情况稍差,完成稍差的 fMRI 数据处理后会有很大的误差,理应舍去不用。这是在对老年人及病人的 fMRI 实验设计中应该注意的问题。

国外有文献报道,当右利手受试者进行一系列数字心算,从 1 个较大数字依次减去较小的数字,主要激活左前额叶的背外侧皮层(对应于 Brodmann 46 区)和两侧顶叶皮层;而简单心算仅激活两侧顶叶皮层<sup>[3]</sup>。在另一个关于计算任务的 fMRI 实验中,研究者发现数字计算激活了前额叶的背外侧皮层(对应于 Brodmann 9、10 区)、Brodmann 44 区、双侧顶上、下小叶和梭状回,以左侧的激活区较强<sup>[4,5]</sup>。在本实验中,我们是按照第 1 次简单任务、复杂任务、第 2 次简单任务的组块顺序进行实验的。复杂任务除了双侧顶上、下小叶的激活外,左前额叶的背外侧皮层(对应于 Brodmann 9、10、46 区)有明显激活。第 2 次简单任务的额叶激活区较第 1 次简单任务范围广且强度大,我们认为这是由于左前额叶的背外侧皮层的激活主要与注意和思考有关,在进行复杂计算任务后,被试的注意力和主动思考的积极性增加,使额叶的激活在第 2 次简单任务时仍有保留。

在进行老年人的 fMRI 实验研究时,应充分考虑到老年人的生理心理特点,尤其应注意控制头动。本研究的扫描过程由工作站(Sun,ADW4.0)的 RTIP 软件监控,可以实时监控被试的头动,当试验

不符合要求时可以重新进行。国外的一项实验对手指运动与年龄的相关性进行了研究,发现在老年人中,BOLD信号强度较年轻人明显减弱。他们认为随着年龄的增长,fMRI实验显示的激活强度会有一定程度的改变,所以在进行老年患者的fMRI实验研究时,应考虑年龄的影响<sup>[6]</sup>。

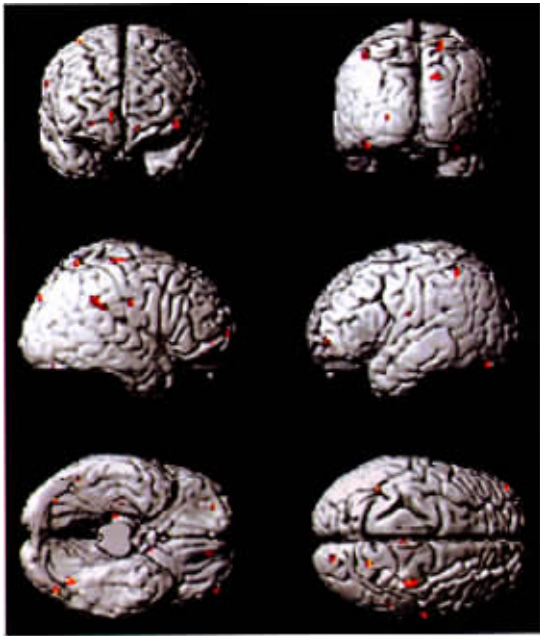


图1 受试者A第1次简单计算任务的脑区激活图,显示双侧顶叶少量激活

Figure 1 An activation map of the first simple calculation task reveals some activation in bilateral parietal lobes

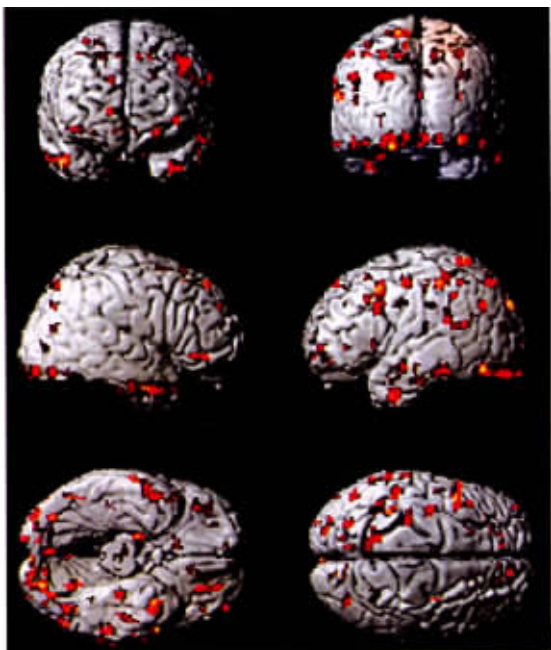


图2 受试者A复杂计算任务顶叶和双侧额叶均明显激活

Figure 2 Bilateral frontal lobes show more activated area in the complicated task

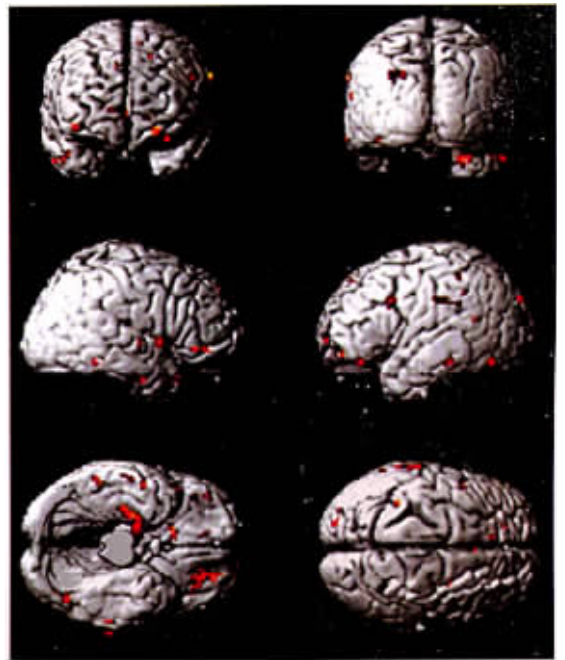


图3 受试者A第2次简单计算任务的脑区激活图,额叶仍有部分激活区

Figure 3 Bilateral frontal lobes maintained part activation in the second simple calculation task

综上所述,正常老年人在进行计算任务时,简单计算的激活区域主要集中在双侧顶上、下小叶的区域,复杂任务的的激活区域主要集中在左前额叶的背外侧皮层。在进行fMRI实验时,应注意完善实验设计,并且在扫描过程中尽量控制头动。

参考文献

- 1 Friston KJ, Worsley HA, Poline JP, et al. Statistical parametric maps in functional imaging: A general linear approach[J]. Hum Brain Mapp, 1995, 2: 189-210
- 2 Kwong KK, Belliveau JW, Chestler DR, et al. Dynamic magnetic resonance imaging of the human brain activity during primary sensory stimulation[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1992, 89(12): 5675-5679
- 3 Burbaud P, Degreze P, Lafon P, et al. Lateralization of prefrontal activation during internal mental calculation: A Functional magnetic resonance imaging study[J]. J Neurophysiol, 1995, 74(5): 2194-2200
- 4 Rickard TC, Romero SG, Basso G, et al. The calculating brain: an fMRI study[J]. Neuropsychologia, 2000, 38(3): 325-335
- 5 Menon V, Rivera SM, White CD, et al. Dissociation prefrontal and parietal cortex activation during arithmetic processing[J]. Neuroimage, 2000, 12: 357-365
- 6 Hesselmann V, Weber OZ, Schulte OW, et al. Age-related changes in Functional Magnetic Resonance Imaging Using 3D-PRESTO Multishot EPI[J]. Radiology, 2001, 221(11 suppl.): 614

(2003-03-13 收稿)  
(本文编辑 赵 波)