

Overt responses during fMRI scanning and potential solutions of the artifacts

MA Lifei, YU Wei, TAN Xiang-jie, WANG Xiao-yi, ZHANG Zhao-qi, WENG Xu-chu

(Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310028, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the effect of overt responses on functional magnetic resonance imaging (fMRI) and to develop a more reliable data analysis method for elimination of artifacts. **Methods** Eight subjects performed Chinese characters reading tasks during scanning, in which 200 Chinese characters served as stimuli. Each of the subjects completed 2 overt scanning sessions and 2 covert sessions. We compared different data analysis methods for correction of the artifacts. The first two were reported in literature and the last one is newly developed in present study. **Results** The method developed in this study eliminated the artifacts induced by overt responses during fMRI scanning more completely than those of the others, but the signal loss was less significant. **Conclusion** By means of more sophisticated data analysis, the artifacts induced by the overt responses during fMRI scanning can be effectively eliminated. Consequently, the overt responses can be introduced to the fMRI studies.

[Key words] Functional magnetic resonance imaging; Overt responses; Artifacts; Data analysis

发声任务在功能磁共振成像中的应用及伪影校正方法探讨

马力飞^{1,2}, 于薇³, 谭向杰², 王晓怡², 张兆琪³, 翁旭初^{1,2}

(1. 浙江大学医学院精神卫生教研室, 浙江 杭州 310028; 2. 中国科学院心理研究所; 3. 首都医科大学附属安贞医院放射科)

[摘要] 目的 探讨发声任务对功能磁共振成像的影响, 并发展一系列数据处理方法, 从而更完全地校正发声伪影。方法 8 名被试在磁共振扫描过程中执行汉字阅读任务, 以 200 个汉字作为刺激材料。每名被试完成两个发声阅读序列和两个默声阅读序列。采用三种不同的数据处理方法, 其中前两种方法已有报道, 而最后一种方法为本文首次提出。结果 与前两种方法相比, 本文提出的方法更完全地校正了发声伪影的影响, 信号的损失也较小。结论 利用适当的数据处理方法, 功能磁共振研究中发声伪影可以得到有效校正; 发声任务可以应用于功能磁共振成像研究。

[关键词] 功能磁共振成像; 发声任务; 伪影; 数据处理

[中图分类号] R332.8; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2004)03-0468-04

1 研究背景

功能磁共振成像(fMRI)技术业已成为临床诊断和脑科学研究的重要手段^[1], 但目前该技术还不能很好地应用于需要发声的认知任务, 从而限制了其应用范围。发声任务可引起严重的伪影, 这种伪影主要包含两种成分^[2,3]: 其一为刚体运动伪影, 是由于发声时头部的轻微运动造成的; 另一种伪影成分则是由发声时局部肌肉运动引起磁场磁化率改变造成的。现有的各种方法对发声引起的伪影的校正效果尚不理想^[2,6], 可能与这些方法只对第一种伪影进行校正有关。本文提出一种可以同时两类伪影进行校正方法, 试图更完全地校正发声引起

的伪影。我们选择了汉字阅读任务, 这种任务已被广泛应用于许多研究, 且结果也较为一致, 有利于检验结果的可靠性。

2 方法

2.1 被试 8 名大学生参加了本实验, 其中男女性各 4 名, 年龄 20~24 岁。8 名被试均为右利手, 普通话流利, 无脑损伤和精神病史。

2.2 材料和任务 选择 200 个汉字作为刺激材料, 通过视觉呈现给被试。对这些汉字进行了笔画、部件、字形、可想象能力等方面的匹配。每名被试完成默声和发声两种实验任务(各 100 次)。在默声任务中, 要求被试在心中默读出所呈现的汉字; 而在发声任务中, 要求被试快速而准确地大声读出所呈现的汉字。所呈现汉字及注视点均为白色、宋体, 48 磅, 背景为黑色。每个汉字刺激呈现 500 ms。

2.3 实验设计 采用快速事件相关设计(Fast Event-Related Design), 刺激与刺激之间的间隔随机化, 平均间隔 6 s, 最短间隔 2 s, 最长间隔 28 s。

[基金项目] 本研究受科技部国家重点基础研究发展规划(973)项目(G1999054000)和国家自然科学基金项目(30170325, 30128005)资助。

[作者简介] 马力飞(1973-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 在读硕士生。研究方向: 功能磁共振技术及汉字加工的脑功能成像研究。

E-mail: malf@psych.ac.cn

[收稿日期] 2004-01-09

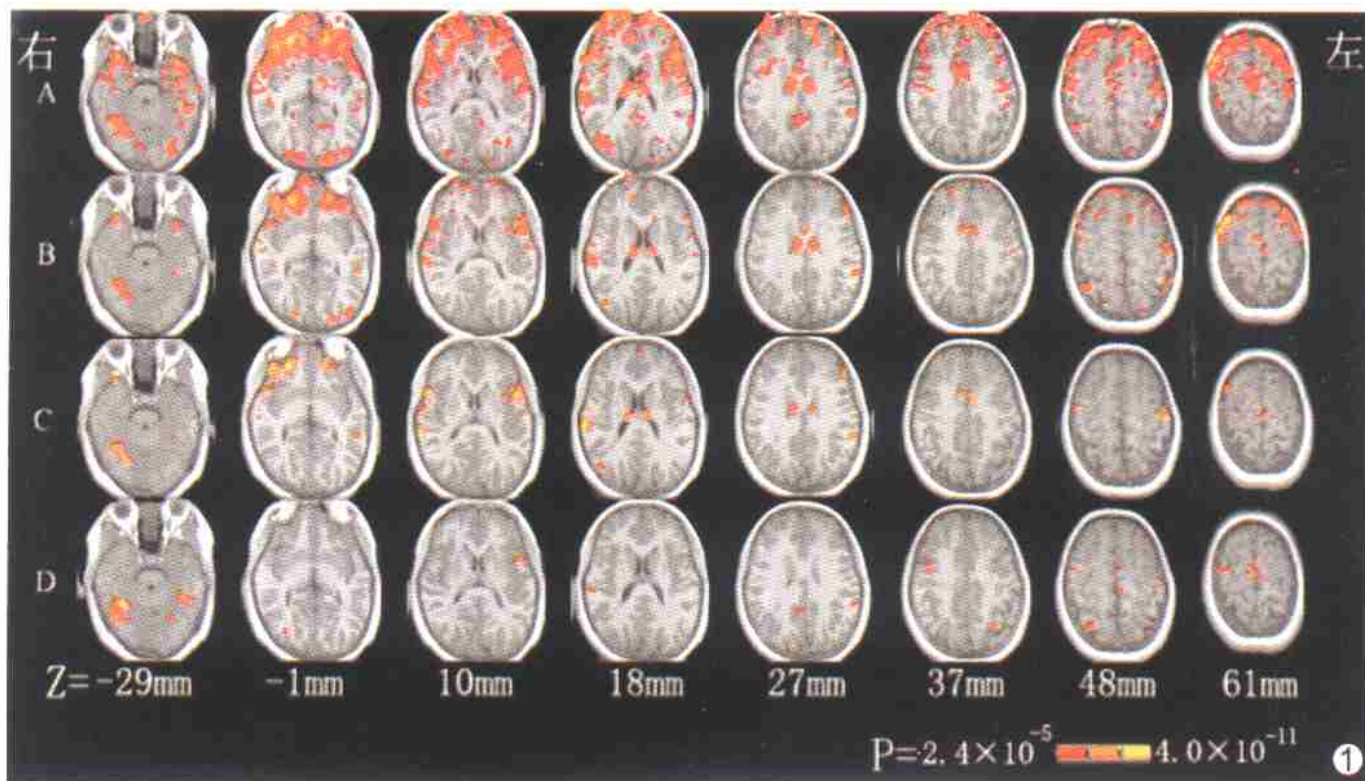


图1 三种处理方法所获得的发声任务激活图和由方法一获得的默声任务激活图 A. 由方法一获得的发声任务激活图; B. 由方法二获得的发声任务激活图; C. 由方法三获得的发声任务激活图; D. 由方法一获得的默声任务激活图

2.4 图像采集 采用 Siemens SONATA 1.5T 磁共振仪进行图像采集。在扫描过程中, 被试的枕部衬垫硬海绵垫, 以限制其头部运动。功能像采用对血氧水平变化敏感的 $T2^*$ 加权的梯度回波-回波平面成像脉冲序列(EPI)。参数如下: $TR = 2\text{ s}$, $TE = 60\text{ ms}$, $FOV = 220\text{ mm} \times 220\text{ mm}$, $\text{Flip angle} = 90^\circ$, $\text{Matrix} = 64 \times 64$, 层厚 = 5 mm , 间距 = 1.5 mm 。20层连续轴位扫描以覆盖全脑。使用 $T1$ 加权的快速旋转回波(SE)脉冲序列($TR = 447\text{ ms}$, $TE = 15\text{ ms}$, $\text{flip angle} = 90^\circ$, $FOV = 220 \times 220$ $\text{Matrix} = 256 \times 256$) 采集解剖像, 扫描位置与功能像相同。解剖像提供了全脑高分辨率的解剖定为依据。为了便于空间标准化, 还采用快速低角度射频脉冲序列(FLASH)进行无间隔三维全脑扫描($TR = 30\text{ ms}$, $TE = 1.17\text{ ms}$, $\text{flip angle} = 35^\circ$, $FOV = 325 \times 325$, $\text{Matrix} = 192 \times 256$, 层厚 = 1.3 mm)。

2.5 数据分析 预处理中, 首先对功能图像数据进行二维层间和时间点间的头动校正, 然后进行各向同性高斯平滑($\text{FWHM} = 5\text{ mm}$)处理, 以提高信噪比。

最后分别采用以下三种方法生成激活图。

方法一: 先利用反卷积运算计算每个体素的冲击响应函数, 然后采用多重回归分析分别计算发声任务和默声任务所激活的体素。该方法只对刚体运动进行了有限的校正。

方法二: 首先利用时间序列的配准算法, 估计各名被试刚体运动的参数。然后采用与方法一相同的算法分别计算发声任务和默声任务所激活的体素, 但把刚体运动参数作为无关回归因子(noninteresting regressors) 从系统反应中剔除。这种方法

可以较彻底地校正刚体运动的伪影。方法一和方法二已有文献报道^[27]。

方法三: 首先构建磁场扰动引起的伪影特征模型。然后采用与方法一相同的算法分别计算发声任务和默声任务所激活的体素, 但把刚体运动参数及磁场扰动引起的伪影特征模型都作为无关回归因子, 并同时从系统反应中剔除。

3 结果

8名被试的对三种处理方法获得的结果非常一致, 图1显示了其中一名被试的激活图。

如图1A所示, 采用方法一对刚体运动进行有限校正时, 激活图可见大量伪影, 广泛分布于大脑的边界、灰白质交界处、下层脑片及各层脑片前部。使用方法二对刚体运动进行有限校正, 可以显著消除发声引起的伪影, 但是校正仍不完全, 在脑边缘仍可见明显的伪影(图1B)。使用方法三同时对刚体运动及磁场扰动进行校正, 发声引起的伪影被有效地抑制(图1C), 与默声序列处理结果(图1D)对比, 未见明显的伪影影响; 但 Broca 区的右侧同源区、右侧颞横回、左侧背外侧额叶等部位的激活, 在发声反应时更为明显。需要指出的是, 由于默声任务不会产生明显的运动伪影, 因此, 对该任务我们只报告了方法一的处理结果。

为了进一步考察发声任务同默声任务之间激活强度的差异, 我们还对部分激活区进行了时序分析。如图2所示: 在左侧额叶(BA44), 默声任务的激活强度明显弱于发声任务; 而在左侧运动前区(BA6) 两者的激活强度无明显差异。

为了探讨发声伪影的产生机制,我们对额叶边缘的一个像素进行了时序分析。由图3可见,发声引起的信号变化没有明显的延迟,2s左右达到峰值,于4s左右回到基线。

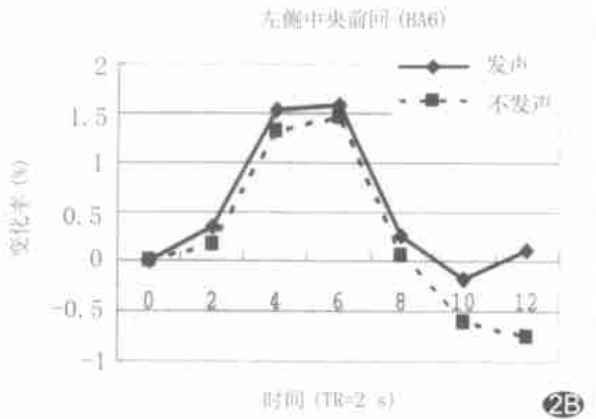
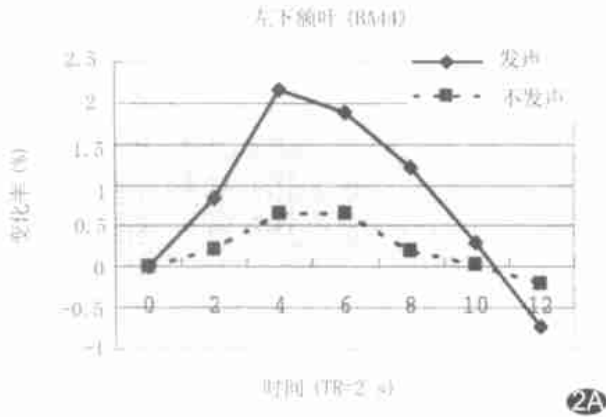


图2 同一体素在发声任务和默声任务时的时间-信号强度曲线比较。A. 左侧额下回 Broca 区(BA44)的时间-信号强度曲线; B. 左侧中央前回运动前区(BA6)的时间-信号强度曲线

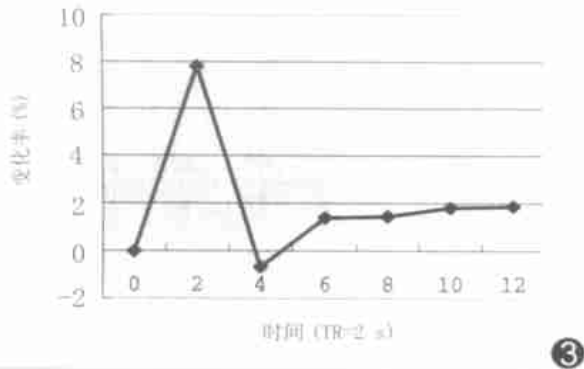


图3 图示为方法一处理时,大脑前额叶边缘一个体素的时间-信号强度曲线

与目前国际上常用的方法(方法一、二)相比,本文提出的方法(方法三)可以更加有效地校正发声引起的头动伪影。由该方法获得结果的显示, Broca 区及其右侧同源区、Wernicke 区、双侧颞上回、双侧运动前区、辅助运动区和双侧梭状回均可见到明显的激活。这些结果同本实验室以往关于汉语加工的功能磁共振成像结果相似^{8,9},也与其他人利用 fMRI 和正电子发射断层成像(PET)技术进行的拼音文字(如英语)或中文信息加工的脑激活结果¹⁰⁻¹⁶吻合。

本研究另一个重要的结果是,默声任务与发声任务所激活的脑区并不完全相同,因此目前广泛采用的以默声任务替代发声任务的做法有待于进一步探讨。更为重要的是,采用发声任务可以直接记录被试的发声反应,从而获得正确率和反应时等重要的实验信息。

为了探讨发声伪影的产生机制,我们还进一步分析了伪影的时间特性。结果发现,伪影的信号变化峰值出现于刺激呈现后 2 s 左右,并延续到 4 s 左右(图3),而对于单字词,发声运动的持续时间通常不超过 500 ms,提示刚体运动只是一种较为次要的伪影来源,而磁场扰动引起的信号变化更大持续时间也更长,是一种更为重要的伪影来源。这可以很好地解释为什么本文提出的同时兼顾两种伪影来源方法比目前广泛采用的只考虑刚体运动的方法更为有效。

本研究提示,我们的方法能够更完全的校正发声伪影对功能磁共振成像的影响,大大的扩展了功能磁共振技术的应用范围。发声任务可以在今后的功能磁共振研究中作为常规方法使用。

[参考文献]

- [1] Weng XC, Ding YS, Volkow ND. Imaging the functioning human brain[J]. Proc Natl Acad Sci, 1999, 96(20): 11073-11074
- [2] Barch DM, Sabb FW, Carter CS, et al. Overt verbal responding during fMRI scanning: empirical investigations of problems and potential solutions[J]. NeuroImage, 1999, 10(6):642-657.
- [3] Birn RM, Bandettini PA, Cox RW, et al. Event-related fMRI of tasks involving brief motion[J]. Human Brain Mapping, 1999, 7(2): 106-114.
- [4] Birn RM, Bandettini PA, Cox RW, et al. Motion decoupled MRI: event-related mapping during overt responses[J]. NeuroImage, 1998, 7: S35.
- [5] Birn RM, Bandettini PA, Cox RW, et al. Magnetic field changes in the human brain due to swallowing or speaking[J]. Magnetic Resonance Med, 1998, 40(1): 55-60.
- [6] Palmer ED, Rosen HJ, Ojemann JG, et al. An event-related fMRI study of overt and covert word stem completion[J]. NeuroImage, 2001, 14(1 Pt 1): 182-193.
- [7] Xiang HD, Lin CY, Ma XH, et al. Involvement of the cerebellum in semantic discrimination: an fMRI study[J]. Human Brain Mapping, 2003, 18(3): 208-214
- [8] Ma L, Tang YY, Wang Y, et al. Mapping cortical areas associated with Chinese word processing using functional magnetic resonance imaging[J]. Chinese Medical Journal, 2003, 116(2): 176-180.
- [9] Li EZ, Weng XC, Han Y, et al. Asymmetry of brain functional activation: fMRI study under language and music stimulation[J]. Chinese Medical Journal, 2000, 113(2): 154-158.

4 讨论

- [10] Fiez JA, Balota D, Raichle M, et al. Effects of lexicality, frequency and spelling to sound consistency on the functional anatomy of reading[J]. *Neuron*, 1999, 24(1): 205-218.
- [11] Petersen SE, Fox PT, Posner MI, et al. Positron emission tomographic studies of cortical anatomy of single word processing[J]. *Nature*, 1988, 331(6157): 585-589.
- [12] Chee WL, Tan EW, Thiel T. Mandarin and English single word processing studied with functional magnetic resonance imaging[J]. *J Neuroscience*, 1999, 19(8): 3050-3056.
- [13] Klein D, Miher B, Zatorre RJ, et al. Cerebral organization in bilinguals: a PET study of Chinese-English verb generation[J]. *NeuroReport*, 1999, 10(13): 2841-2846.
- [14] Tan LH, Ho LL, Perfetti CA, et al. The neural system underlying Chinese logograph reading[J]. *NeuroImage*, 2001, 13(5): 836-846.
- [15] Bookheimer SY, Zeffiro TA, Blaxton T, et al. Regional cerebral blood flow during object naming and word reading[J]. *Hum Brain Mapping*, 1995, 3(2): 93-106.
- [16] Bookheimer SY. How the brain reads Chinese characters[J]. *NeuroReport*, 2001, 12(1): A1.

Intestinal volvulus due to leiomyoma diagnosed with CT: case report

CT 诊断小肠平滑肌瘤引起肠扭转 1 例

耿承军, 刘光彦, 潘功茂

(解放军第一零一医院放射科, 江苏 无锡 214044)

[Key words] Leiomyoma; Intestinal volvulus [关键词] 平滑肌瘤; 肠扭转

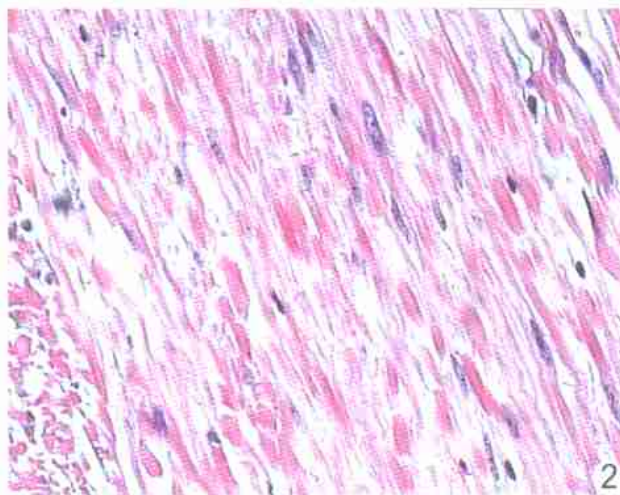
[中图分类号] R738.7; R814.42 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2004)03-0471-01

患者男, 27 岁, 以“腹痛伴腰背部放射痛 2 天”入院。经解痉、抗感染等保守治疗, 效果欠佳, 腹痛进行性加重。B 超示“右下腹可见范围 8.7 cm × 4.6 cm 的低回声区”。腹部 CT 示: “膀胱右前缘有一约 5.6 cm × 8.3 cm × 9.0 cm 大小肿块影”, 密度均匀, 增强后强化不明显。小肠系膜及血管呈顺时针扭转, 可见肠系膜上静脉转至肠系膜上动脉前方。肠系膜血管束呈放射状聚拢, 呈“漩涡征”。结合临床考虑小肠肿瘤合并肠扭转可能(图 1)。



急诊剖腹探查, 空回肠交界处小肠对系膜缘, 可见一 10 cm × 6 cm × 6 cm 大小肿块, 向腔外生长至盆腔并压迫膀胱。以小肠系膜根部与小肠肿块连线为轴线, 整个小肠系膜及相应肠管 360 度扭转。解除扭转后, 小肠血运及蠕动很快恢复正常。小肠肿瘤切除病理示“小肠平滑肌瘤, 有潜在恶性”(图 2)。

讨论 肠扭转多因肠袢及其系膜过长、系膜根部附着处过窄等解剖上的因素, 并因肠内容重量骤增, 或突然改变体位等



诱发因素而引起, 小肠肿瘤引起肠扭转少见。肠扭转在临床上表现为急性肠梗阻, 可短期内发生肠绞窄、坏死, 应及时手术治疗。

本病 X 线检查符合绞窄性肠梗阻的表现, 然而梗阻早期, 闭袢肠腔痉挛, 小肠内可无积气。全部或大部分小肠的完全性绞窄性肠梗阻, 肠腔为血性液体充盈, 可无明显积气, 因缺乏对比可出现假阴性的表现。本例即如此, 腹部平片未见明显肠梗阻征象。

肠扭转在 CT 上有一定特征, 表现为扩张肠袢的肠系膜血管束呈放射状向闭袢根部聚拢, 聚拢的系膜血管可形成“漩涡征”。中心的软组织密度为上一级的肠系膜上动脉, 周围为伸展扩张的小血管。本例 CT 还显示了引起肠扭转的病理因素, 即小肠肿瘤。小肠平滑肌瘤以向壁外生长为多, 本例肿瘤生长较大, 因重力作用下坠牵拉肠系膜引起肠扭转; CT 于术前明确了肠扭转的原因, 为手术治疗提供了依据。

[作者简介] 耿承军(1972-), 男, 河南襄城人, 硕士, 主治医师。研究方向: 神经系统影像诊断。E-mail: hfgcj@xinhuanet.com

[收稿日期] 2003-12-06