

用近红外光学漫射成象方法观测 语义编码在前额叶的响应*

曾绍群¹ 杨炯炯² 龚辉¹ 骆清铭¹ Britton Chance³

(¹华中理工大学生物医学光子学研究所, 激光技术国家重点实验室, 武汉 430074)

(²中国科学院北京心理研究所, ³ University of Pennsylvania, USA)

E-mail: sqzeng@mail.hust.edu.cn

摘要 本文采用近红外光学漫射成象技术成功观测了左右前额区在知觉与语义编码中的活动。发现大脑在完成上述两任务时,左前额的活动显著地强于右前额,语义加工引起的活动显著地强于知觉加工。对于每一侧而言,与浅加工相比,深加工时的活动主要集中在下前额叶。上述结果进一步证实了左前额叶在语义加工中的作用。

关键词 近红外光谱;前额叶;语义加工

0 引言

众所周知,组织功能状态的改变会引起其光学性质的变化,有关现象已广泛用于生命活动观测¹。近年来基于近红外光谱测血氧原理测量大脑局部血液参量变化这一方法引起了密切关注²。它可无损伤测量大脑功能,且具有低成本、便携易行等优点。目前不仅成功测试大脑的低级功能如运动、视觉和听觉等²,而且已有用于研究大脑高级活动如语言³、认知⁴、心理活动⁵等的初步报道。由于大脑的复杂性,该方法对各种功能特别是脑高级功能的研究还有待深入。

前额叶在大脑的认知中起着极为重要的作用,与记忆等认知功能有密切关系。心理学的行为研究表明,在认知过程中语义联系的重要性可能要大于知觉联系。近年来许多学者采用脑功能成象技术如 PET、fMRI 等,对前额叶在语义编码中的作用进行了深入的研究,并取得了较为一致的结果,即左前额叶参与了语义编码过程^{6,7}。本文尝试采用近红外光学漫射成象技术观测左右前额叶在语义编码中的活动。

1 实验

1.1 仪器与方法

实验仪器为功能型近红外光学成象仪(functional Near-Infrared Imager, fNIRI)^{4,8},测定连续光透过额骨及前额皮层后两个波长(760nm 和 850nm)的漫射光强,确定对应皮层区的血氧及容量的变化,用光学密度(OD, Optical density)表征。fNIRI 探头由 9 个光源和 4 组探测器组成,覆盖区域 9×4cm。系统原理及性能详见文献 4、8、9。探头置于左(右)前额,具体位置为前额中线以左(右),眉骨以上,对应 International 10/20 system 中 FPI(FP2)区。根据颅骨定位标志与内部脑结构的关系,可确定探测器所检测的大致范围为左(右)前额及左(右)背外侧前额叶。

38 名大学生,年龄 18~22 岁,男女各半,均为右利手,视力或矫正视力正常,身体健康。分为两组,第一组 24 人,测试左前额,另一组 14 人,测试右前额。每名被试均完成语义加工和知觉加工。语义加工即要求被试将两个词组成一个有意义的句子,知觉加工是判断呈现的两个词的结构组合

是否相同，分别记为深、浅加工。深、浅加工的顺序在被试间平衡。计算机呈现刺激和测验材料，每对非相关词均随机呈现 5s，之后消失，以“+”字代替，1s 后自动呈现下一个词对。休息时要求被试者盯着屏幕上的“+”，充分放松，并一直默念“现在休息”。有关心理学任务及实验材料的细节参阅文献 10。实验顺序为休息(30s)—深加工(或浅加工)150s—休息(60s)—浅加工(或深加工)150s—休息(60s)。

将深、浅加工时的 ΔOD 值分别与基线值相减，得出完成这两种任务时的前额叶活动；将深、浅加工的 ΔOD 值相减，得出二者所激活的区域与强度差别。

1.2 实验结果

采用如上所述方法，测得各组被试间平均 fNIRI 响应如图 1 所示。图中象素的灰度代表激活强弱，越黑则越强。

由图 1 可知，虽然深加工时左右侧激活峰值差别不大(左 0.071，右 0.068)，但左侧的激活区域宽广，因此深加工主要激活左前额，对右前额激活较小。浅加工对左、右侧激活差别不大。对于左前额，不同的加工程度均会激活左下前额叶，而深、浅加工相比时，可看出深加工时被试的左下前额叶的激活程度更大，面积更广。该区域大致对应布德曼 45、47 区的一部分。这一结果与 PET，fMRI 多年来对这一问题的研究结果^{6,7}是一致的。

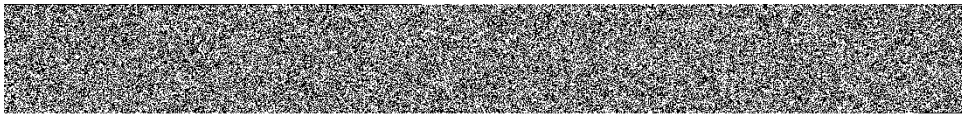


图 1 深、浅加工时前额叶的近红外光响应

D 深加工 S 浅加工 D-S 深加工减去浅加工

Left :左侧 right :右侧 Left-flip(right):左侧值减去右侧对应值

Fig.1 fNIRI response in the prefrontal lobe during “deep” processing (D row) and

“shallow” processing (S row) ,D-S row :deep processing relative to shallow processing

通常对峰值响应区的分布也极为关注。为考察各任务激活前额区的具体位置，将测试区域初步分为 A、B、C、D 四个区(其相对位置如图 2 中各插图所示)。峰值区域分布直方图如图 2 所示。虽然语义加工在每个被试激起的 fNIRI 响应模式互不相同，但如图 2 所示，被试间峰值响应区分布有较强的一致性。浅加工在左侧各区的峰值分布较平均(A 5 in 24 21%，B 6 in 24 25%，C 6 in

24 25%，D 7 in 24 29%)，深加工在左侧的峰值分布主要集中在 C 区(14 in 24 58%)。深加工相对于浅加工的反应峰值也主要集中在 C 区(13 in 24 54%)。深加工以及深加工相对于浅加工在右侧激起的响应区域虽很小，其峰值也主要分布在 C 区(6 in 14 43%)。如前所述，该区为左下前额区，对应布德曼 45、47 区的一部分。



图 2 深浅加工时前额叶的激活区域直方图 D 深加工 S 浅加工 D-S 深加工减去浅加工

Fig.2 Histogram of the activation area in the prefrontal lobe during “deep” processing and “shallow” processing

2 结语

综上所述,本文采用近红外光学漫射成象技术成功观测了左右前额区在知觉与语义编码中的活动.发现大脑在完成上述两任务时,左前额的活动显著地强于右前额,语义加工引起的活动显著地强于知觉加工.对于每一侧而言,与浅加工相比,深加工时的活动主要集中在下前额叶.上

述结果进一步证实了左前额叶在语义加工中的作用.近红外光学漫射成象方法之无损伤、便携和实时连续等优点,非常有利于前额叶的功能检测,在大脑认知功能的研究具有非常重要意义.进一步的实验中将之用于研究失语症病人的认知功能障碍.

谨向唐孝威先生致谢.

参考文献

- 1 Jobsis F F. Non-invasive near-infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameter. *Science*, 1977, 198 :1264~1267
- 2 Villringer A, Chance B. Non-invasive optical spectroscopy and imaging of human brain function. *Trends in Neuroscience*, 1997, 20(10) :435~442
- 3 Fallgatter A J, Muller T H, Strik W K. Prefrontal hypooxygenation during language processing assessed with near-infrared spectroscopy. *Neuropsychobiology*, 1998, 37(4) :215~218
- 4 Chance B, Luo Q M, Nioka S. Optical investigations of physiology: a study of intrinsic and extrinsic biomedical contrast. *Phil Trans R Soc Lond (B)*, 1997, 352(1354) :707~716
- 5 Hoshi Y, Tamura M. Near infrared optical detection of sequential brain activation in the prefrontal cortex during mental tasks. *NeuroImage*, 1997, 4(1) :292~297
- 6 Dolan R J, Flecher P C. Dissociating prefrontal and hippocampal function in episodic memory encoding. *Nature*, 1997, 388 :582~585
- 7 Gabrieli J D E, Poldrack R A, Desmond J E. The role of left prefrontal cortex in language and memory. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, 95 :906~913
- 8 Luo Q, Nioka S, Chance B. Functional near-infrared imager. *SPIE*, 1997, 2979 :84~93
- 9 骆清铭, 邓晖, 龚辉等. 用于脑血流量检测的近红外光谱术. *红外与毫米波学报*, 1999, 18(2) :138~144
- 10 杨炯炯, 翁旭初, 管林初等. 编码方式及词类型在新异联系形成中的作用. *心理学报*(已录用)

OBSERVING PREFRONTAL ACTIVATION DURING SEMANTIC ENCODING WITH NEAR INFRARED DIFFUSIVE IMAGING

Zeng Shaoqun ,Yang Jiongjiong* ,Gong Hui ,Luo Qingming ,Chance B* *

Institute of Biomedical Photonics ,Huazhong University of Science & Technology ,Wuhan 430074, China

**Institute of Psychology ,Chinese Academy of Science ,Beijing , * University of Pennsylvania . USA*

Received date :1999 - 07 - 24

Abstract It is explored the possibility to measure the functional activation of prefrontal region during semantic encoding with near infrared diffusive imaging. Comparing the results of the two groups ,significant activations were observed in left prefrontal cortex relative to right prefrontal cortex during semantic encoding task than during non-semantic encoding task. In each task the activation focus mainly located in the inferior part of the prefrontal region. This provides additional support for the function of the left inferior prefrontal lobe on semantic processing.

Keywords Near infrared spectroscopy Prefrontal lobe Semantic processing