시각자극에 의한 후두엽 피질에서의 기능적 자기공명영상법과 양성자 대사물질영상의 비교

김 태, 서태석, 최보영, 신경섭
가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

A comparison of functional MRI and MRSI on occipital cortex by visual stimulation

T. Kim, T. S. Suh, B. Y. Choe, K. S. Shinn
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Catholic University

ABSTRACT

The purpose of the study was aimed to evaluate the BOLD contrast fMRI in occipital lobe and compare this imaging with metabolite changes based on ^{1}H MRS and MRSI before and after visual stimulation.

As a result, the activation map were sucessfully produced by thresholding with minimum cross-correlate value of 0.45. In MRS, NAA/Cr ratio is almost same. however, latate was elevated almost 9 times higher than before activation. Lactate metabolic images were consistent with the BOLD effect map.

The BOLD contrast fMRI is not enough to detect the activation area in human brain. so, the other modality was required such as lactate metabolic map.

서 론

사람의 국소적인 뇌 기능변화에 대한 연구는 과거 PET를 중심으로 이루어졌으나 최근 자기공명영상의 급속한 기술발달과 함께 임상에 응용되고 있다. 특히 PET에 비해 해상력이 탁월하고 비 침습적이며 방사선 피폭이 없으며 현재 널리 보급되어 있는 1.5T 진단용 MR에서도 충분히 시행할 수 있는 장점이 있다. 한편, PET에 의한 연구에서는 뇌의 기능적 변화에 따른 방사선 동위원소 대사물질을 이용하고 있는데 시각자극을 주었을 때 뇌 활성화 상태에서 CMRglu와 CBF는 급격히 증가하는 반면 $CMRo_2$는 이 보다 적게 증가한다는 보고가 있다 [1]. 따라서, 뇌 활성화 상태에서는 산소의 소비보다 glucose metabolism이 증가하면 lactate의 증가를 초래하게 된다.

본 연구에서는 1.5T MRI장치에서 경사에코 기법을 사용하여 시각자극에 의한 방법을 사용하여 기능적 영상을 획득하고 양성자 자기공명 분광법을 이용하여 lactate성분의 대사물질영상을 작성하여 BOLD효과에 의한 기능적 영상과 비교하고자 하였다.

실험 방법

시각자극에 대한 기능적 자기공명영상을 얻기 위하여 건강한 지원자 남녀 10명을 대상으로 1.5T Magnetom Vision (Siemens AG, Erlangen, Germany) 과 표준 두부코일을 사용하였다. 그리고 경사자계에서 발생하는 소리에 의하여 청각에 미치는 효과를 줄이기 위해 귀마개를 사용하고 대상자의 움직임을 줄이기 위해 머리주위에 foam pad를 사용하였다. Gradient EPI sequence (TR: 0.96msec, TE: 66msec, FA: 90도, FOV: 220mm, matrix: 128×128)를 사용하고 자장의 균질성을 위하여 shimming을 한 뒤 시각자극을 주기 위하여 8Hz의 자체 제작한 red flicker를 사용하였다. 먼저 휴식상태 20개의 영상과 그 뒤 활성화상태 20개의 영상을 두 번씩 반복하여 총 80개의 기능 영상을 얻었다.

MR에서 얻어진 경사에코 영상을 network을 이용하여 SUN workstaion 으로 전송한 뒤 IDL영상처리 개발언어를 사용하여 자체 개발한 프로그램으로 상관관계 영상을 제작하여 뇌기능의 활성화되는 부분만을 얻었다.

양성자 자기공명분광은 기능적 자기공명영상에서 얻은 뇌 활성화 부위를 정위선정하여 STEAM (TR:2000ms, TE:20ms, No of acquisition : 128) pulse를 사용하여 휴식상태와 활성화 상태에서 각각 한번씩 얻어 lactate의 변화를 관찰하였다. 그 뒤 2차원 스핀에코 화학적 이동영상시퀀스 (TR : 1500ms, TE : 135ms, No of acquisition : 1, Matrix : 16×16)를 사용하여 lactate성분에 대한 대사물질영상을 구하였다.

결 과

그림 1은 시각자극을 이용하여 BOLD기법으로 얻어진 영상을 자체 개발한 분석프로그램을 이용하여 영상화 한 것이다.

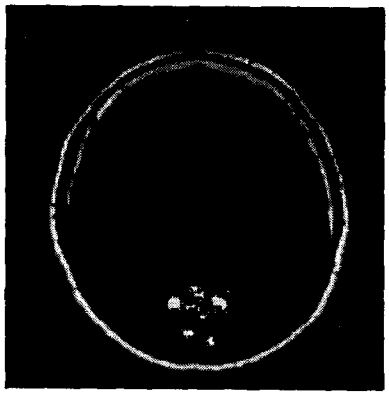
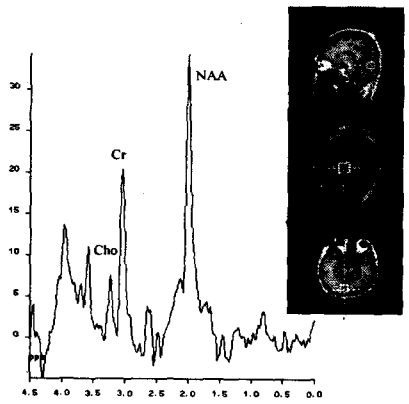
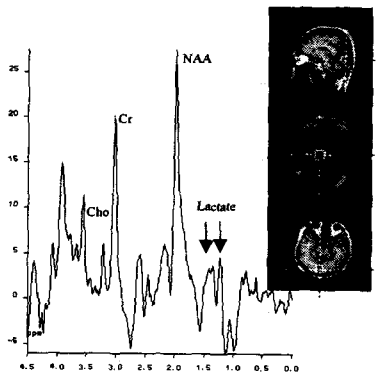


Fig 1. functional MRI by visual stimulation

이 영상을 바탕으로 자기공명분광법을 실시하여 그림 2와 같이 시각자극 후 STEAM 펄스방법에 의하여 lactate의 증가를 관찰할 수 있었다. 자극전후 NAA/Cr은 1.79±0.28에서 1.88±0.20으로 거의 변화가 없는 반면에 lactate는 9.48±4.38배로 증가하였다.



(a)



(b)

Fig 2. The proton spectrum from single voxel using STEAM pulse. (a) before visual stimulation (b) after visual stimulation

이와 같은 lactate증가를 바탕으로 화학적이동영상을 시행하여 lactate에 대한 metabolite image를 구하였으며 그림 3에서와 같이 그림 1의 기능적 자기공명영상의 활성화 부위에서 lactate가 증가하였다.

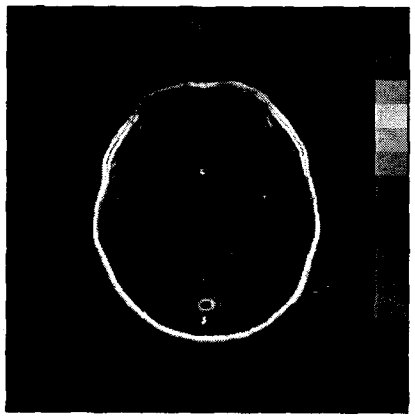


Fig 3. Lactate metabolite image of visual stimulation.

고 찰

시각자극을 주었을 때 뇌의 에너지 요구에 의해 혈류량과 포도당 대사는 크게 증가하나 이와 상응하는 산소의 소모량은 그 만큼 증가하지 않아 결국 모세혈관과 정맥에서 과산화를 유발하게 되며 이와 동시에 상자성 물질인 deoxyhemoglobin은 감소하게 된다. 이는 자장의 균질성이나 자화율에 민감한 gradient-echo시퀀스에서 신호를 증가시켜 이를 기능적 영상으로 표현하게 된다. 한편 이때 산소소비에 비해 glucose의 대사율이 높으므로 이는 lactate의 생산을 초래하게 된다 [3].

현재 BOLD효과의 fMRI는 뇌 기능을 밝히기 위한 수단으로 많이 이용되고 있지만 뇌 활성화의 결과가 얼마나 정확하게 영상에 반응하였나 하는 낮은 신뢰도 때문에 임상적용에 어려움이 있으나 본 연구처럼 BOLD효과이외에 MRS, metabolite image처럼 다른 매체를 추가적으로 이용함으로서 뇌 기능 영상에 대한 신뢰성을 높일 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

1. P.T. Fox, T.W. Tank, R. Menon, et al. "Nonoxidative glucose consumption during focal physiologic neural activity", Science 1988;241:462-464

2. P.A. Badettini, A. Jesmanoicz. E.C. Wong, et al. "Processing strategies for time-course data set in functional MRI of human brain" MRM 1993;30:161-173

3. J. Frahm, G Kruger, K.D. Merbolt, A. Kleinschmidt. "Dynamic uncoupling and recoupling of perfusion and oxidative metabolism during focal brain activation.", MRM 1996;35: 143-148