

운동과 시각 피질, 소뇌에서 자극변화에 따른 총활성화의 차이

정순철¹, 송인찬², 장기현³, 유병기³, 문치용⁴, 조장희⁵

1. 한국과학기술원 전기및전자공학과, 2. 서울대학교 의학연구원 방사선의학연구소, 3. 서울대학교 의과대학 방사선과학교실, 4. 삼성 종합기술원 의료기기 연구팀, 5. 캘리포니아 어바인대학 방사선과학과

Difference of total activation depends on stimulation paradigm at motor and visual cortices and cerebellum

S.C. Chung¹, I.C. Song², K.H. Chang³, B.K. Yu³, C.W. Mun⁴, Z.H. Cho⁵

1. Dept. of Electrical Engineering, KAIST, 2. Institute of Radiation Medicine, Seoul National University, 3. Dept. of Diagnostic Radiology, Seoul National University College of Medicine, 4. Medical Electronics Team, Samsung Advanced Institute of Technology, 5. Dept. of Radiological Sciences, University of California, Irvine, California

ABSTRACT

Purpose To investigate the difference of total activation in visual area, motor area, and cerebellum according to the stimulation paradigm.

Materials and Methods Functional MR imaging was performed in 5 healthy volunteers with visual and motor activity using EPI technique. LED and Checker-Board stimulation were performed for visual activity. Thumb motion and Finger tapping were performed for motor and cerebellum activity. Time course data was obtained by calculating the total activation which was defined as the number of activated pixels x averaged pixel intensity.

Results In the case of visual activity with LED stimulation, we found increased total activity of more than 100% compared with Checker-Board stimulation. In the case of motor area and cerebellum with Finger tapping stimulation, we found increased total activity of more than 100% and 150%, respectively compared with Thumb motion stimulation.

서론

Blood Oxygen Level Dependent (BOLD) 기법을 이용해서 Ogawa가 뇌에서의 생리적 변화를 측정할 수 있는 이대 현재 뇌기능 영상에 대한 연구가 활발히 진행 중이다 (1-3). 또한 시각, 청각, 운동 등의 기본적인 뇌기능 영상뿐만 아니라 언어 관련 기능, 기억 관련 기능 등에 대해서도 현재 활발한 연구가 진행 중이다. 시각피질과 운동피질의 연구는 자극강도가 크기 때문에 뇌기능 연구에 이용하기가 비교적 용이하다. 이에 저자들은 시각자극시에 시각피질에서 자극변화에 따른 총활성화의 관계를 규명하고자 하였다 (2). 운동자극에 따라 일차운동 중추와 부운동 중추의 활성화에 대해서도 MRI로 알려진 바가 있으므로, 이들 부위에서 역시 자극변화에 따른 총활성화의 차이를 규명하고자 하였다. 또한 소뇌는 그 자체가 근 활동을 주재하는 것은 아니지만 그 진행 과정을 통하여 운동에 관여하는 모든 근육의 긴장도 분포와 특히 그 시간 경과를 미리 정밀하게 조절함으로써 근 활동에 과부족이 없게 한다 (4). 그러므로 대뇌피질의 운동영역에서 내려오는 수의 운동과 관련된 정보들이 소뇌에서 처리되고, 이러한 소뇌의 활성화에 대해서도 fMRI로 알려진 바가 있으므로, 이 부위에서 역시 자극변화에 따른 총활성화의 차이를 규명하고자 하였다.

방법

정상적인 시력과 우측 손을 쓰는 자원자 5명을 대상으로 시각 및 운동 뇌기능 영상을 획득하였다. MR 영상기기는 1.5T (Signa Horizon Echo Speed, GE Medical Systems,

Milwaukee, Wisconsin) 이고 표준 head coil을 사용하였다. 먼저 15개의 해부학적 횡단면 영상을 얻은 후 이 영상면과 일치하는 영상을 EPI기법으로 얻어 뇌기능 영상을 획득하였다. EPI의 parameter는 TR/TE/ α =3sec/60msec/90°, FOV=240mm, 절편두께는 5mm (절편 개수는 15), 매트릭스 크기는 128×128 또는 64×64로 정하였다. 시각자극은 적색 LED와 Checker-Board를 사용하였다. LED 시각자극기는 4개의 적색 LED를 양쪽에 박고 잠망경 형식으로 실험대상자가 거울을 통해 직접 불빛을 볼 수 있도록 하였다. Checker-Board 자극은 PC에서 먼저 Checker-Board 영상을 만들고 이를 Projector와 Head 코일 내부의 거울을 통해 실험대상자의 눈에 시각자극을 가하였다. LED와 Checker-Board 자극은 모두 깜빡 거림을 8Hz로 두었다. 운동자극은 먼저 엄지손가락만 1초에 1번씩 아래위로 구부리게 하는 Thumb motion을 행하였다 두 번째로, 엄지손가락이 인지에서 약지까지 순서대로 초당 1회 정도로 맞추게 하는 Finger tapping을 행하였다. Thumb motion 및 Finger Tapping 모두 양측 손을 운동하도록 하였다. 시각자극, 운동자극 모두 60초의 휴식기와 120초의 자극 및 운동기, 다시 60초의 휴식기를 두어 절편당 80개의 영상을 얻었다. 자료처리는 통계적인 방법이 cross-correlation을 이용하였다. 활성화된 pixel의 수와 모든 pixel의 평균 신호변화율의 곱으로서 총활성화를 구하였다. 즉, 총활성화 = 활성화된 Pixel 개수 × Pixel의 평균 신호변화율

결과

Table. 1은 시각자극과 운동자극에 의한 시각피질, 운동피질, 소뇌에서의 활성화된 pixel의 개수를 나타낸다. 개인마다 차이는 있었지만 대상 인원 모두가 자극 강도가 클수록 활성화된 pixel의 개수가 증가하는 경향을 보였다.

Table 1.

Area	Stimulation paradigm	Activated Pixel number
Visual Cortex	Checker_Board	41 ± 12
	LED	87 ± 16
Motor Cortex	Thumb Motion	55 ± 17
	Finger Tapping	113 ± 24
Cerebellum	Thumb Motion	35 ± 18
	Finger Tapping	89 ± 28

시각자극

대상인원 모두에서 LED자극과 Checker-Board 자극 사이에 총활성화의 큰 차이를 보였다 (Table 1. Fig. 1). 5명의 대상

인원 중 한명에 대한 총활성화 시간축 데이터를 Fig. 1에 나타내었다. LED 자극과 Checker-Board 자극시에 pixel들의 평균 신호율의 변화는 약 3-4%로 차이가 없었지만 활성화된 pixel의 개수는 LED 자극시 1배정도 증가하였다. LED와 Checker-Board 자극의 큰 차이는 눈이 느끼는 광원의 밝기 차이로, LED는 직접 눈에 투사하는 방식을 사용 했지만, Checker-Board 자극은 간접적으로 (PC에서 먼저 Checker-Board 영상을 만들고 이를 Projector와 Head 코일 내부의 거울을 통해 실험대상자의 눈에 비춰 줌) 자극을 가했기 때문에 자극 강도가 LED에 비해 작았다고 생각된다.

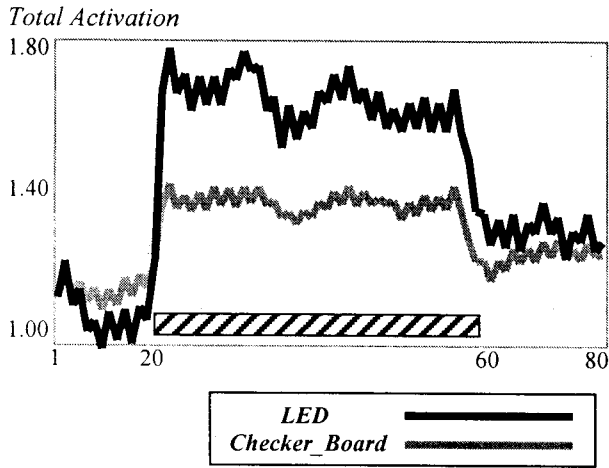


Fig. 1 Total activation-time course data of visual stimulation. This time course data clearly demonstrate the influence of visual stimulation paradigm on visual cortex.

운동자극

Thumb motion과 Finger Tapping 자극을 가했을 때 일차운동 중추, 부운동 중추, 및 소뇌에서 총활성화의 큰 차이를 보였다 (Table 1, Fig. 2). Fig. 2 (a)에 보이듯이 일차운동 중추에서는 Finger Tapping 자극이 있을 때 Thumb motion에 비해 1배정도 총활성화가 증가하였다. 부운동 중추는 Finger Tapping을 행하였을 때는 활성화 되었지만 Thumb motion만으로는 거의 반응이 나타나지 않았다.

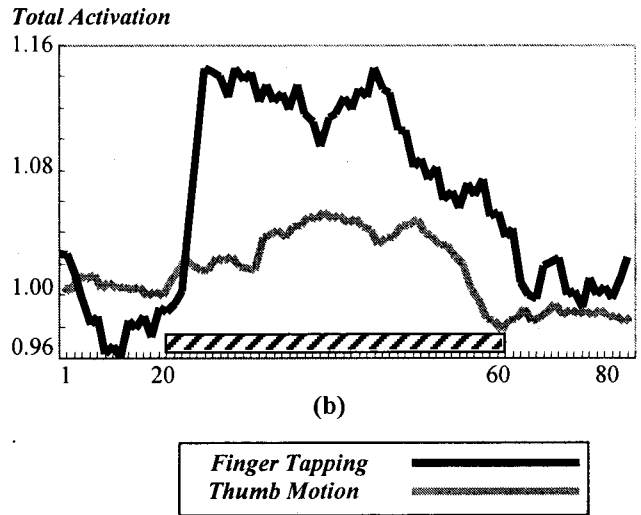
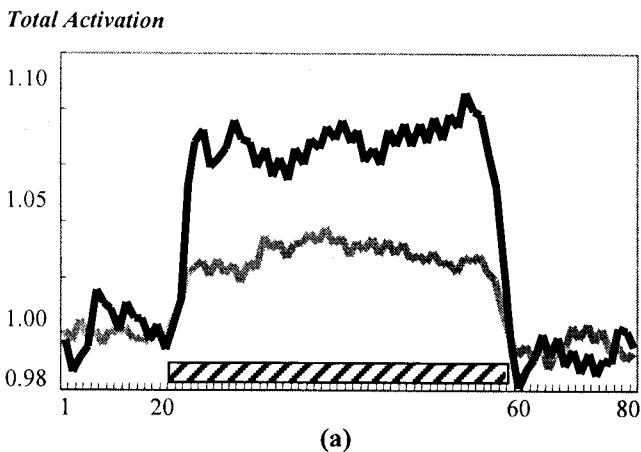


Fig. 2 Total activation-time course data of two motor stimuli. (a) Total activation-time course data of motor cortex by two different motor stimuli. (b) Total activation-time course data of cerebellum by two different motor stimuli.

소뇌에서는 Finger Tapping 자극이 있을 때, Thumb motion에 비해 약 1.5배 정도의 총활성화가 증가하였다 (Fig. 2 (b)). 역시 두 운동의 평균 신호율의 변화는 약 3-4%로 차이가 없었지만 활성화된 pixel 개수가 큰 차이를 보였다.

고찰

저자는 시각 및 운동자극의 변화에 따른 총활성화의 차이에 대해 연구하였다. LED 자극기와 Checker-Board 자극기를 단순히 비교한다는 것은 무리가 따르지만 Checker-Board 자극보다 LED 자극이 시각영역의 활성화를 증대시킨다는 것을 알 수 있었다. 즉, 단순히 시각피질의 활성화를 관찰하고자 할 때는 LED 자극이 좀 더 유용함을 알 수 있었다. 그러나, Checker-Board 자극은 단순시각 활성화의 관찰뿐만 아니라, 자극 형태를 여러 가지로 변화시킬 수 있는 가능성이 많기 때문에 다양한 실험을 시행할 수 있고, 또한 정밀한 시각인식의 과정을 관찰하는데 유용할 것이다. 운동자극시의 일차운동 중추, 부운동 중추 및 소뇌에서의 활성화에 대해서도 연구가 많이 되어있다. 저자들의 결과에서 알 수 있듯이 복잡한 운동일수록 일차운동 중추 및 소뇌에서의 활성화가 증대됨을 관찰할 수 있었다. 또한 단순한 운동일 경우 부운동 중추에서의 반응은 거의 관찰할 수 없었다.

결론적으로, 시각영역, 운동영역 및 소뇌에 대한 뇌기능 영상을 얻을 때 자극원의 크기가 클수록 활성화 정도도 증가하였다.

참고문헌

- 1.S.Ogawa, et al. Proc Natl Acad Sci USA 1992;89: 5951-5955
- 2.Z.H.Cho, S.C.Chung, et al. Mag. Res. Med 1998;39:331-336
- 3.S.G.Kim, et al. Science 1993;261:615-617
- 4.김기환, 성호경. 생리학. 제6판. 의학문화사 1997;481-498