

# Functional MRI를 이용한 학습집중력 향상 시트 개발

김창규\*

\*김천대학 방사선과

e-mail:radkcg@hanmail.net

## Usefulness of Functional MRI for the study of concentration sheet

Chang-Gyu Kim\*

\*Dept of Radiological Science, Gimcheon college

### 요약

본 논문에서는 학습집중력을 향상 시킬 수 있는 시트를 제작 하였다. 학습집중력의 향상을 입증하기 위하여 인체내에 존재하고 있는 조영제를 이용하여 공간적 시간적 해상도가 뛰어나고 비침습적으로 뇌기능을 측정할 수 있는 기능적 자기공명영상을 획득하고 뇌파측정을 한 결과 기억작용과 관련 있는 전두엽 부근의 뇌혈류량의 활성화를 확인할 수 있었고 뇌파 측정 분석결과 절대알파파와 절대베타파의 비율에서 유의할 만한 변화를 확인하였다. 기능적자기공명 영상은 뇌의 생리기능적 역할을 규명 의 학적으로 수술 전후 장애를 방지하고 예방하는데 활용하고 있으며 뇌신경망의 가시화로 학습 집중력 등과 같은 뇌와 관련된 제품을 개발하는데 많은 연구가 이루어질 것이다.

### Abstract

In this thesis, we made a sheet to improve the concentration of study. To demonstrate the improvement in the concentration of study, we obtained functional magnetic resonance imaging (fMRI), which has superior time resolution and measures brain noninvasively by using intrinsic contrast agent. As a result of Brainwave measurement, we could verify the blood flow's activate in the nearby frontal lobe related to memory process and noticeable ratio change in absolute alpha wave and beta wave after the analysis of Brainwave measurement. fMRI ascertains the physiological function of the brain and is being used to prevent the trouble medically that can be caused before and after the operation. For the visibility of cranial nerve network, many researches will be carried out to develop the product which is related to brain like concentration of study.

### 1. 서론

인간의 몸속을 들여다보는 영상장치는 1895년 뢰트겐의 X선의 발견을 시작으로 현대에는 4차원 영상을 얻을 수 있는 영상장치 까지 발전 하게 되었으며 지금도 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 인류의 마지막 도전으로 불리는 뇌 연구는 20세기 과학기술의 눈부신 발전 예도 불구하고 인간의 뇌에 대한 연구는 이제야 출발선을 넘어섰다고 할 만큼 뇌는 여전히 미지의 대상이며 신비의 영역이다. 인간의 뇌는 상호 긴밀히 연관된 뇌의 피질과 피질하 구조물

들로 구성된 대단위 신경망을 통하여 조절되어 진다. 이런 이유로 초기의 뇌에 대한 연구는 동물을 사용하여 뇌의 특정 영역을 손상시키거나 자극한 후 행동을 관찰 하는 방법(animal study)을 사용 하였으며 19세기 후반에서 20세기 초반에는 주로 뇌 손상을 입은 환자들을 중심으로 제한적으로 이루어 졌으나 1990년대 후반 PET과 fMRI의 등장으로 정상적인 사람을 대상으로 연구가 가능해 짐에 따라 두 뇌기능에 대한 연구가 폭발적으로 증가하게 되었다. 뇌의 해부학적 영상과 기능적인 영상을 제공하는 뇌 영상 기기로는 CT,PET,MRI등이 있다. 이중 자기공

명영상(MRI)은 공간 및 시간적 해상력(temporal and spatial resolution)이 매우 우수하며 방사선 조사의 위험이 없고 반복적으로 영상을 얻을 수 있으며 또한 조직의 생검(Biopsy)을 시행하지 않고 비침습적으로 인체 내의 여러 가지 대사산물들을 식별하고 정량분석을 할 수 있는 뛰어난 최첨단의 뇌 영상 방법이다. 이러한 장점 등으로 기능적 뇌 영상 연구 방법을 통하여 정신분열증 환자와 선천성 뇌질환 환자의 감각운동 등 고위 인지기능을 담당하는 뇌신경망을 가시화 할 수 있게 되었으며 감정과 동기예 작용하는 신경 영역이 밝혀지고 있다. 즉 fMRI를 이용한 뇌의 지도화는 뇌수술 전에 기능적으로 중요한 부위를 규명하여 보호 할 수 있게 함으로써 환자의 수술 후 장애를 예방하는데 도움이 되며 여러 신경 질환을 조기에 진단할 수 있다.

X-ray는 눈으로 직접 볼 수 없는 우리 몸 내부의 상태에 대한 구조적인 정보를 나타내는 반면 fMRI는 뇌의 신진대사 활동과 같은 신경학상의 인지, 감각 기능 등에 대한 기능 정보를 직접 또는 간접적인 방법으로 나타낸다. 즉 뇌에서 정보처리가 이루어지고 있는 동안의 동영상이라고 할 수 있다. 뇌는 어떠한 기능을 수행하기 위하여 특정부위의 뇌신경 활동이 향진된다. 이때 그 부위의 국소적 뇌 혈류량(cerebral blood volume) 및 대사가 증가 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 생리적 변화를 이용하여 뇌의 언어, 운동기능, 감각 등 뇌의 활동부위를 영상화 시킬 수 있게 된다. fMRI는 뇌를 빠른 속도로 반복 촬영 하면서 뇌의 각 지점(voxel, volume element)마다 뇌 활성화에 따라 변화하는 자기공명 신호(magnetic resonance signal)의 변화를 측정해 내는 것이다. 다시 말해 두뇌의 어떤 정보처리 상황과 그렇지 않은 상황에 비해 얼마나 더 많은 혈류 및 대사가 증감 하였는가를 측정하여 얻은 데이터와의 통계 분석을 함으로써 뇌 활성화 부위를 검출 할 수 있게 된다. 결과적으로 fMRI의 궁극적인 목표는 뇌의 신경세포의 활동성을 관찰 하고자 하는 것이다.

fMRI 영상 분석에 있어 필수 불가결한 기술인 BOLD(blood oxygenation level dependent)효과는 1992년 당시 Bell연구소에 있던 Ogawa박사가 주축이 되어 연구 개발된 기술로서 뇌신경전달 물질 및 수용체의 활동에 의한 산소 소모량을 측정 할 수 있다는 것이다. BOLD 신호는 뇌의 어느 부위가 활성화 되면 그 부위의 세포에서 산소를 헤모글로빈으로부터 제공받아 사용하게 되고 혈액속의 헤모글로빈은 산

소를 빼앗기게 된다. 그 후 그 부위에서는 산소를 가지고 있는 헤모글로빈을 포함하는 혈류의 증가로 인한 미세한 자기장의 변화를 MR장치를 통해 검출하여 이를 시간 순으로 배열하게 되면 BOLD신호를 얻을 수 있게 된다. 좀더 구체적으로 알아보면 활성화된 신경세포 주위의 모세혈관에는 뇌의 활동에 필요한 에너지를 생성하기 위해서 평소보다 더 많은 산소 요구량이 증가 하게 된다. 결과적으로 산소와 결합된 옥시헤모글로빈(oxy hemoglobin)의 비율이 증가하고 산소가 없는 디옥시헤모글로빈(deoxy hemoglobin)의 비율은 오히려 감소하게 된다. 이때 옥시헤모글로빈(oxy hemoglobin)은 주변 자기장에 영향을 끼치지 않는 반면 디옥시헤모글로빈(deoxy hemoglobin)은 주변 자기장에 영향을 끼치게 되는데 서로 자기장의 불균일성을 유발하여 자기공명 촬영시 T2 신호는 감소하게 된다. 즉 신경활성이 일어나는 부위에서는 옥시헤모글로빈(oxy hemoglobin)의 비율은 증가하게 되고 디옥시헤모글로빈(deoxy hemoglobin)의 비율은 감소하게 된다. 이와 같은 국소부위 혈중의 산소수준 변화에 따른 MR신호의 변화를 BOLD신호라고 한다. 하지만 뇌 활성화에 따른 BOLD신호의 변화량은 작아 fMRI영상 획득 중에 발생하는 생리적 노이즈에 BOLD신호는 민감한 영향을 받는다. BOLD신호에 영향을 주는 생리적 노이즈 요소로는 fMRI영상 획득중 머리의 움직임, 호흡이나 심박동에 따른 파동의 변화 등이 있다. 그러므로 fMRI영상 획득 중에 피험자의 머리를 움직이지 못하도록 고정하는 것이 중요하며 심장박동이나 호흡 등으로 인한 뇌의 활동성은 software를 이용하거나 다른 여러 가지 방법들을 찾아내 제거하는 것에 노력을 하여야 한다.

본 연구에서는 학습집중력을 향상 시킬 수 있는 시트르제작하여 뇌의 알파파 변화와 학습 집중력 변화를 측정하여 얻은 데이터와 뇌신경망을 지도화 할 수 있는 BOLD기법을 이용 Functional MRI영상을 획득하여 뇌 활성화 부위를 관찰하고 비교 분석하는 실험을 수행하여 학습집중력 관련 제품을 개발하는 도구로 fMRI의 유용성을 조명해 해보고자 한다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1. 실험대상 및 사용기기

대상자는 6명 남자 3명, 여자3명 평균연령 23.5세

로 하였으며, 사용 장비는 3.0Tesla Phillips사의 Intra Achieva 장치의 head coil을 사용하였으며 실험대상 물질은 우회전 포논에너지(bio energy)를 방사하는 물질인 네오라드(neorad)제품을 사용하였다. 그리고 뇌파 및 학습 집중력 측정 장치는 (주)락싸 CAN S3000 뇌파 바이오피드백 을 사용하였다.

## 2.2 시트제작

학습집중력을 향상시키는 시트의 제작은 그림1에 서와 같이 4층으로 제작하였다. 중심부위에는 전자파를 흡수 할 수 있는 은 입자 전도층, 가운데층은 층은 원적외선 방출을 담당하는 발산층과 저에너지 방사선을 차폐하는 바륨차폐층 그리고 층을 보호하는 보호층으로 제작하였다. 전도층은 0.5mm두께의 은입자를 도포하였고 원적외선 발산층과 차폐층은 토르마린과 바륨 분말을 160°C에서 도포하였으며 보호층은 황토성분이 함유된 천으로 구성하였다.



[그림 1] 학습집중력 시트 구조 및 모형

## 2.2. 데이터 측정 및 분석

뇌파는 전산화 뇌파측정기인 QEEG-8(모델명:LXE 3208, LAXTHA Inc.)장비를 이용하였다. 피검자의 뇌파는 256Hz 샘플링 주파수, 0.5~50Hz의 통과필터, 12-bit AD변환에 의해 컴퓨터로 저장되었다.

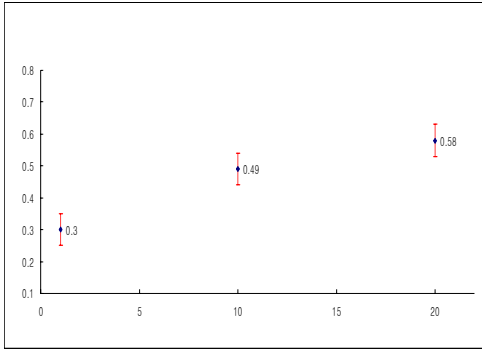
머리표면 총 8부위에서 모노폴라 방식으로 뇌파를 측정하였으며, 10/20-국제전극배치법에 의해 차례로 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4 위치에 측정전극을 부착하였다. 기준전극은 A1, 접지전극은 뒷목에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크전극이며, 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리표면의 이물질을 닦아낸 후 접시전극에 뇌파전용 전극풀을 문혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극위에 거즈를 살짝 덮어줌으로써 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되어 있도록 처치하였다. 뇌파측정은 조용한 환경에서 피검자의 몸움직임을 통제된 상태에서 시행되었다. 눈움직임에 의한 잡음혼입을 막기 위해 측

정시 피검자가 눈을 감도록 하였으며, 과제수행시 피검자의 성실한 자세를 유도하기 위해 목표자극인 경우 반응키를 누르도록 지시하였다.

학습 집중력 시트를 부착하고 가지고 있을 때와 물질을 가지고 있지 않았을 때로 구분하여 뇌 자기공명영상(fMRI)을 획득하여 신호강도를 측정 하였다. 영상의 획득은 TR : 533.7, TE : 10.0, FA : 70.0, T1 SE방법을 사용하였으며 I-view bold program을 이용하여 분석 하였다. 실험에 있어 어떠한 자극이나 동작 등 상황을 주어지고 하지 않았으며 단지 학습집중력 향상 시트를 몸에 지녔을 때의 뇌 혈류량 변화만을 관찰 하였으며 시간은 대략 10분 동안 fMRI영상을 획득 하였다. fMRI영상에 있어 공통된 가장 중요한 부분은 피험자로 하여금 발생되어지는 신호잡음(signal noise)을 최소화 하는데 노력해야 하며 하드웨어, 소프트웨어적으로 가장 적합한 영상 자료를 얻는 것이다. 이렇게 얻어진 MR영상들 간의 재정위(realignment) 및 표준 공간좌표계에의 표준화(spatial normalization) 그리고 신호변화에 대한 통계적 추론(statistical inference)을 할 수 있게 된다. 원하는 뇌 영상을 얻기 위해서는 먼저 피험자의 움직임에 의한 신호변화를 최소화 하기위한 재배열이 필요하다. 그리고 기능적 영상(functional Image)과 해부학적 영상(anatomical image)을 서로 부합되도록 상관정렬(coregister)한 후 피험자로부터 얻어진 영상데이터를 표준화된 뇌의 해부학적 위치(standard anatomical space)와 일치시켜 그 차이를 없애고 피험자의 평균치의 산출을 가능하게 하는 표준화 과정을 거쳐 각 부위별 자기공명 신호변화의 변별력을 높이기 위해 공간적 편평화(spatial smoothing)를 거친 후 통계적 분석을 실시한다그리고 획득한 fMRI영상을 비교 분석 하였다.

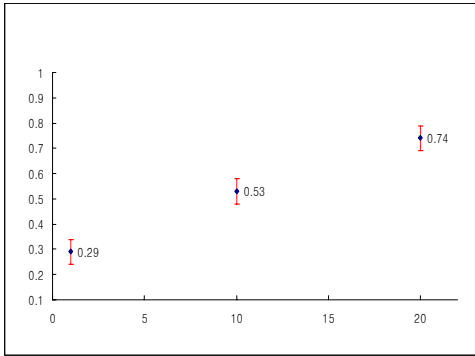
## 3. 실험결과 및 고찰

학습집중력 향상 시트를 부착하였을 때 뇌파 중 알파파의 증가를 20분 측정하여 얻은 결과 [그림2]에서 보는 바와 같이 학습 집중력 시트를 착용하기 전의 값이 0.29±0.05 이었으며 학습집중력 향상 시트를 부착하고 측정한 값이 0.74±0.05로 나타나 알파파의 변화를 확인 할 수 있었다.



[그림 2] 학습집중력 향상 시트 부착 전후 알파파 변화

그리고 절대 알파파 값과 절대 베타파 값의 비를 나타내는 학습집중력을 측정한 결과 [그림3]에서와 같이 학습 집중력 향상 시트를 부착하기전 데이터가  $0.3 \pm 0.05$ 이었으며 학습집중력 향상 시트를 부착한 후 값이  $0.58 \pm 0.05$  값을 보였다.



[그림 3] 학습집중력 향상 시트 부착 전후 학습집중력 변화

비침습적으로 인간의 뇌의 기능을 생체 내에서 직접 영상화 할 수 있는 도구로서 응용이 가능한 기능적 자기공명영상을 획득한 결과 학습집중력 향상 시트를 부착하기전의 영상이 [그림4]와 같이 획득되었으며 학습집중력 향상 시트를 부착 한 후의 영상은 [그림5]와 같았다.

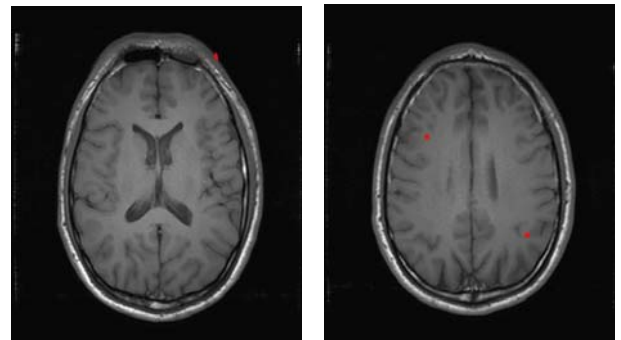
이러한 결과는 시트 부착 전후의 뇌의 혈류량변화를 알 수 있어 뇌의 기능적 변화를 알 수 있는 결과로 뇌의 전,측두엽 부분의 혈류량이 활성화 되어진 것을 알 수 있었다. 현재 뇌의 전두엽은 기억력, 사고력 등의 고등 행동을 관장하는 곳으로 알려져 있다.

특히 인지기능 및 정서 등 정신적 기능에 대한 뇌활동성의 연구는 지금까지는 간접적으로만 가능하였으나 이제는 직접 활동하고 있는 뇌의 활성화를 관찰할 수 있게 되었다.

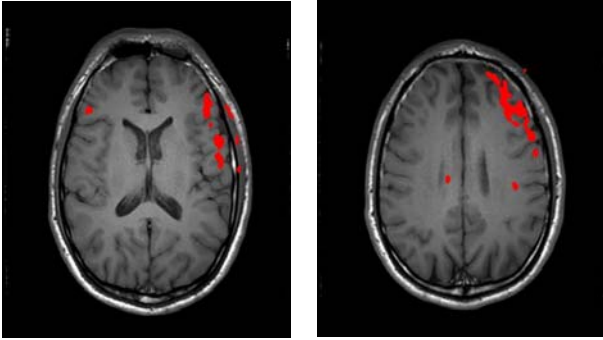
일반적인 MRI는 기존의 어떤 영상보다 민감하고

우수한 해상도를 보여주고 주위 구조물을 잘 알 수 있고, 확산강조자기공명영상(diffusion weighted MRI)도 조직의 세포 변화에 따른 세포외공간(extracellular space)으로 물분자의 확산을 반영하기에 종양, 뇌손상, 뇌졸중의 진단에 많이 이용되고 있으나 운동 신경로의 micro structural abnormality 즉, 뇌백질(white matter)의 구조적인 integrity와 orientation을 알 수 없다. 백질(White matter)은 회백질(Gray matter)과는 달리 신경로에 따른 방향성, 비등방성(anisotropy)이 존재한다. 이러한 비등방성을 강조해 얻은 확산텐서영상으로 백질의 구조적인 integrity와 orientation에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이 연구에서 이용한 확산텐서자기공명영상기법은 32개의 다른 방향으로 diffusion gradient를 걸어주고 각각의 방향에서의 확산영상을 획득하여 비등방성지도(anisotropic map)을 얻는다. Diffusion tensor tractography(DTT)는 백질(white matter) tracts의 integrity를 3차원 구조로 시각화 할 수 있는 새로운 신경영상의 기법으로서 본 연구에서 뇌손상으로 손상된 신경로가 2-3개월에 걸친 재활치료후 회복된 운동 신경이 기능적 뇌자기공명영상(fMRI)과 DTT 영상에서 일치된 결과를 보였고, 회복된 뇌신경로가 3차원 영상으로 시각화가 가능하고, 앞으로 환자의 재활치료 및 향후 결과를 미리 예측할 수 있는 검사의 한 방법으로 각광 받고 있다.

fMRI를 이용한 뇌기능 연구의 기술적 측면에서 수년내 급속한 발전이 예상되는데 실시간 대에 뇌활성화를 관찰할수 있으며 또한 인지 및 정서 등의 뇌기전을 보다 세밀히 이해할 수 있어 인간의 뇌기능의 이해와 함께 임상적 유용성이 매우 클 것으로 생각되며 이로 인하여 의료적인 뇌기능 검사의 이용이 증가할것으로 생각된다.



[그림 4] 시트 부착 전 fMRI영상



[그림 5] 시트 부착 후 fMRI영상

#### 4. 결론

효과적이고 경제적인 학습집중력 향상 시트를 개발하기 위하여 뇌파측정과 fMRI영상을 비교 분석하여 학습집중력 향상 시트가 영역에 영향을 주어 뇌의 알파파와 학습 집중력을 향상 시키는 것을 확인하였다.

또한 기능적 자기공명영상을 획득 비교하여 실시간으로 뇌의 전두엽과 전측두엽이 활성화 되어지는 모습을 확인 하였다. 기능적 자기공명영상이 뇌의 부위별 신경작용의 규명과 학습작용과 같은 뇌를 활용하여 집중력을 향상 시키는 분야와 관련된 여러 분야에서 활용할 수 있을 것으로 사료되며, 의료분야에서도 신경질환 환자의 수술 후 후유장애 예방, 또한 중풍이나 치매 등 증상이 나타나야만 알 수 있었던 질병을 미연에 예방할 수 있을 것이며, 나아가 뇌 기능의 가소성을 촉진할 수 있는 각종 치료법의 개발에 매우 유용하게 쓰여 질 수 있을 것이라 사료된다.

#### 참고문헌

[1] 김연희, "functional MRI를 이용한 뇌기능연구". 한국뇌학회지, 1(1), pp 65-76, 2001.  
 [2] 신동훈, 권용주, "초등과학교육에서두뇌 연구방법의 고찰 -fMRI활용법을 중심으로-". 초등과학 교육, 26(1), pp 49-62, 2007.  
 [3] 이원호, 구정훈, 이형래, 한기완 등, "Blood Pulsation의 효과가 뇌활성화에 미치는 영향을 알아보는 방법". J. Biomed.Eng. Res:338-343, 2007.  
 [4] 이경민, "기능적 자기공명영상의 임상적 활용". 대한신경과학회지, 19(5), 441-446, 2001.  
 [5] 조장희, "분자영상시대의 퓨전영상 PET-MRI", 분

자세포생물학뉴스, 제17권 제3호, 2005.  
 [6] 이경민 외5명, "기능적 자기공명 영상의 임상적 실용화를 위한 기술개선", 대한신경과학회지, 17 (2):222-227, 1999.  
 [7] 강현수, "기능적자기공명 영상을 이용한 신경질환 임상적용", 대한임상신경생리학회지. 9(2):75-82 2007.  
 [8] 강은주, "기억과 기능 자기공명 영상연구". Dementia and Neurocognitive Disorders, 3:87-92, 2004.  
 [9] 배선준, "기능성 자기공명영상을 이용한 뇌기능 영상. 대한소화관운동학회지, 10:15-20, 2004.  
 [10] Marcus E. Raichle, "Behind the scenes of functional brain imaging: A historical and physiological perspective Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 95,p p. 765-772, 1998.  
 [11] Thierry Chaminade, Andrew N. Meltzoff, Jean Decety, An fMRI study of imitation: action representation and body schema. Neuropsychologia 43:115-127, 2005.  
 [12] Anja Dove, Stefan Pollmann, Torsten Schubert, Christopher J. Wiggins, D. Yves von Cramon, Prefrontal cortex activation in task switching: an event-related fMRI study. Cognitive Brain Research. 103 - 09, 2000.  
 [13] Bruce R. Rosen, Randy L. Buckner and Anders M. Dale.(1998).Event-related functional MRI: Past, present, and future, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol.95, pp. 773-780, 1998.  
 [14] Event-induced theta responses as a window on the dynamics of memory. Cortex. Sep-Dec;39(4-5):967-92. 2001.  
 [15] Sleep spindles: an overview. Sleep Med Rev.Oct;7(5):423-40. 2003.  
 [16] Studies of selective attention in dogs using the coherence-phase characteristics of cortical potentials over a wide range of frequencies, 1-220 Hz. Neurosci Behav Physiol. Jul;33(6):543-54, 2003.  
 [17] EEG and behavioral changes following neurofeedback treatment in learning disabled children. Clin Electroencephalogr. Jul;34(3):145-52.2003.  
 [18] Cognitive control mechanisms revealed by ERP and fMRI: evidence from repeated task-switching. J Cogn Neurosci. Aug 15;15(6):785-99, 2003.