

# 뇌자도를 이용한 어휘적 중의성의 처리와 관련된 대뇌 신경활동 분석<sup>1)</sup>

유 기 순\*, 김 준 식\*\*, 정 천 기\*\*, 남 기 춘\*

\*고려대학교 심리학과

\*\*서울대학교 의과대학 신경외과학교실

## Magnetoencephalographic Study on the cerebral neural activities related to the processing of lexically ambiguous words

Gisoon Yu\*, June Sic Kim\*\*, Chun Kee Chung\*\*, Kichun Nam\*

\* Department of Psychology, Korea University

\*\* Department of Neurosurgery, College of Medicine, Seoul National University

E-mail : yucia@korea.ac.kr

### Abstract

Neuromagnetic fields were recorded from normal 10 subjects to investigate the time course of cerebral neural activation during the resolution of lexical ambiguity. All recordings were made using a whole-head 306-channel MEG (Elekta Neuromag Inc., Vectorview<sup>TM</sup>). The observed activity was described by sLORETA (standardized low resolution brain electromagnetic tomography) techniques implemented in CURRY software (Neuroscan). In the results, bilaterally occipito-temporal lobe was activated at 170ms. At 250ms was associated with bilateral temporal lobe during ambiguous condition, whereas in left parietal, temporal lobe on unambiguous condition. The left frontal lobe, temporal lobe were activated at 350ms for all condition. At approximately 430ms, was activated in right frontal, temporal lobe on the resolving ambiguous condition, in left parietal lobe, right temporal lobe on the preserving ambiguous condition. In conclusion, the cerebral activations

related to the resolving lexical ambiguity were right frontal lobe and the areas of mountainous ambiguity were left parietal lobe.

### I. 서론

뇌자도(Magnetoencephalography, MEG)는 신경세포 내 전기적 변화에 의해 발생하는 자기장을 초전도 상태의 코일(superconducting quantum interference device, SQUID)을 이용해 두피 밖에서 측정한다. 전기장을 측정하는 뇌파의 경우 두피 전극을 지나가는 이차적 volume conduction을 측정하는 것으로, 뇌척수액, 경막, 두개골, 두피 등의 각기 다른 전도도를 갖는 매질을 거치며 왜곡이 되는데 반해, MEG는 신경세포에서 생기는 전류 자체에 의해 생기는 자기장을 측정하며, 통과하는 구조물에 의한 왜곡이 없다. 측정된 자기장을 바탕으로 수학적 알고리즘을 거쳐 대뇌 내 전기원의 위치를 추정할 수 있는데(inverse problem), 이러한 추정은 ERP의 뇌파에 비해 쉽고 정확하다. 본 연구는 이러한 MEG 장점을 이용하여 기존의 비교연구 결과인 중의성 해결과정과 이에 관련된 대뇌영역 실험 결과를 지지하는 연구이다. 어휘판단과제 시 어휘적 중의성의 의미적인 점화 효과 양상이 뚜렷이 나타난 행동반응 시간연구와 fMRI를 이용한 중의성의 해결 관련 대뇌영역을 규명한 연구를 지지하고, 아울러

1) 본 연구는 산업자원부 뇌신경정보학연구사업(10023936-2006-03)지원에 의하여 수행되었음.

MEG의 높은 시간 분해력을 이용하여 중의성 해결 관련 과정에 관여하는 대뇌 활동의 시간별 활성화 양상을 확인하여 시간적 패러다임을 만드는 데 목적이 있다.

## II. 실험

어떤 단어나 문장이 하나 이상의 서로 다른 의미를 가짐으로써 일상 언어생활에 다양함과 경제적인 효과를 주는 경우도 있지만, 대부분의 경우 언어 정보를 처리하는 데 큰 어려움을 준다. 원활한 의사소통을 위해서 중의성 해결 과정을 살펴보는 것이 필요하다. 기존 연구에서는 중의성을 해결하는 과정에 대해 살펴보고 이에 관련된 대뇌영역에 대해 알아보았다. 특히, fMRI 실험 결과의 경우, 어휘적 중의성 관련 대뇌영역은 좌측하전두이랑(left inferior frontal gyrus) 즉, Broca영역의 활성화가 전반적으로 우세하였고, 우측전두엽(right frontal lobe)에서도 강한 활성을 보인 것이 두드러진 특징으로 볼 수 있다. 구체적으로 언급하면, 두정중심앞이랑(parietal precentral gyrus), 두정중심후이랑(parietal postcentral gyrus)과 중측두이랑(middle temporal gyrus)의 활성화가 두드러졌다. 어휘적 중의성 해결 관련 영역은 어휘적 중의성 관련 활성화 영역에서 가장 활성화 정도가 큰 우측전두엽(right frontal lobe)외에 내측전두이랑(medial frontal gyrus), 후두엽(occipital lobe), 혀이랑(lingual gyrus), 상측두이랑(superior temporal gyrus), 중측두이랑(middle temporal gyrus) 및 설부(cuneus)와 설전부(precuneus)의 활성화가 넓게 나타났다.

## III. 실험방법

### 3.1 실험 참가자

실험을 수행하기에 적합한 10명의 고려대학교 재학 중인 학생을 대상으로 실시되었으며, 오른손잡이 학생들이었다. 나이의 분포는 20대 후반이었으며, 실험을 하기에 충분한 시력을 갖고 있었다.

### 3.2 실험 재료

실험자극은 200개의 한국어 중의적 어휘(예: 말)와 중의적 어휘와 관련 있는(중의성이 해결되는) 문장 200개, 중의적 어휘와 관련 없는(중의성이 해결되지 않는) 문장 200개의 문장 400개와 yes/no로 대답할 수 있는 질문 400개로 구성되었으며, 통제조건으로 비중의적 어휘(예: 학교)와 비중의적 어휘와 관련 있는 문

장 200개, 비중의적 어휘와 관련 없는 문장 200개의 문장 400개와 yes/no로 대답할 수 있는 질문 400개로 구성되었다.

표 1 어휘적 중의성 조건

Ambi	word	context(related)	verification	word	context(unrelated)	verification
word	말	송마가 몸매교정에 좋다고 한다	수영이 몸매교정에 좋습니까	말	돌은 풍화작용으로 변한다	햇빛에 의해 돌이 깎입니까?

표 2 어휘적 비중의성 조건

Un	word	context(related)	verification	word	context(unrelated)	verification
Ambi	학교	수업보다 휴강이 좋다	휴강보다 수업이 싫습니까	학교	언니가 거짓말을 했다	거짓말은 언니가 했습니까

### 3.3 실험 절차

실험에서 사용된 과제는 fixation (\*) 1초 제시 후에 제시될 단어와 관련된 문장 또는 무관련 문장이 2초간 나오고, 단어가 2초간 제시되는데 이때, 단어는 중의적 어휘 또는 비중의적 어휘가 제시된다. 다음 fixation (\*) 1초 제시 후에 yes/no 질문이 나오는데 이러한 문제가 나오면 response key를 클릭해서 대답하는 방식을 택하였다. 이는 MEG 실험 시 움직임이 결과에 큰 영향을 주므로 움직임을 최소화시키기 위해서였다. 중의적 어휘와 비중의적 어휘의 빈도수와 음절수를 일치시켰으며, yes/no로 대답할 수 있는 질문은 피험자에게 실험의도를 파악하지 못하게 하기 위한 조건이고, yes/no의 비율은 50%로 맞추었다. 모든 자극은 무선화하였다.

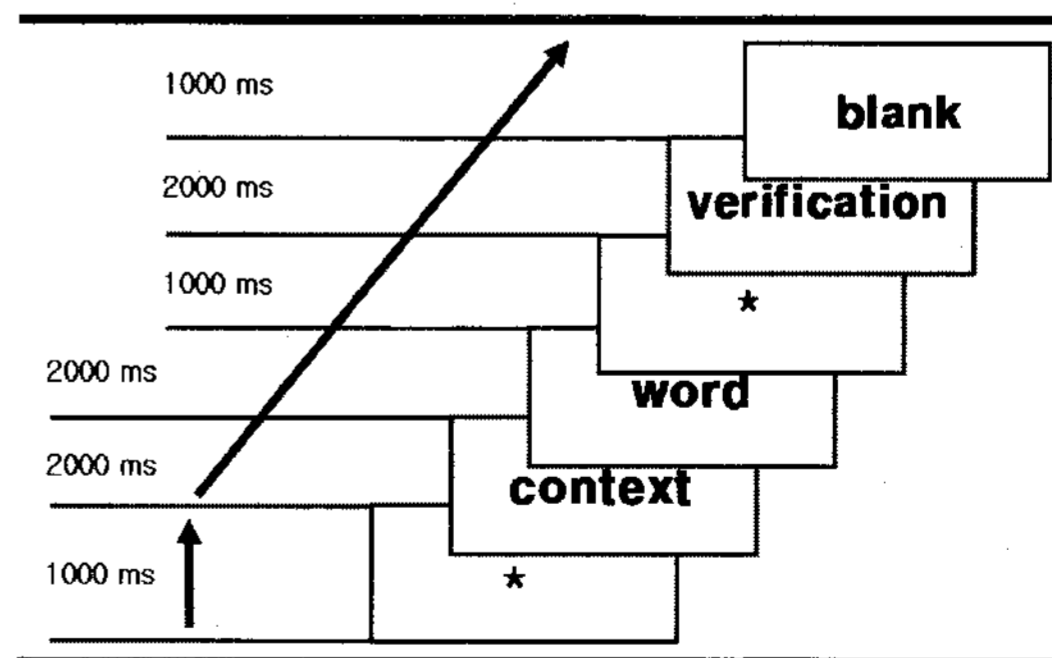


그림 1. 자극 제시 순서

### 3.4 실험 자료 분석

MEG의 원리는 신경이 활성화되어 전류가 흐르면 그 주위로 자기장이 형성된다. MEG 센서는 머리를 들

러싸고 있는 코일들의 집합체로서 머릿속 신경에서 발생하는 전류에 의한 자기장을 검출해낸다. 머리에서 발생하는 자기장은 주변 전자제품이나 전력선, 지구자기에 비해 극도로 미세하기 때문에 자기 차폐실 안에서 측정이 이루어진다. 또한 액체헬륨으로 센서코일을 초전도 상태로 유지해 고감도로 신호를 측정한다. 모든 기록은 자기 차폐실에 있는 MEG 306채널에 의해 작성되었다. 이 시스템은 머리 전체를 커버하기 위해 102개의 magnetometers와 204개의 gradiometers 조합으로 구성되어 있다. 정확한 피험자 머리의 위치는 정중부와 두 귀를 기준으로 Cartesian Coordinate system으로 결정하였다. 4개의 위치 지점 코일들은 3차 공간의 머리 위치를 기록하기 위해 느슨하게 부착하였다. 실험 시간 동안, 동공의 이동과 깜박임은 gold-disk 전자기를 통한 electrooculographic 활성화로 확인하였다. MEG 주파수는 1부터 200 Hz 영역의 주파수를 흡수하여 자극 전 200 msec과 자극 후 2초를 600Hz의 표본 비율로 수치화하였다. 각 실험 시, 100개의 MEG epochs를 평균을 구하였고, MEG epochs의 평균은 50Hz단위로 수치화하여 자극 전 200 msec 기간의 평균에 대한 상대적 가치로 보정하였다. 각 시간대의 관찰 결과는 Curry software를 통한 sLORETA로 표현하였다. 부피전도체를 계산하기 위해 구형모형을 이용하였으며, 20이상의 F값을 영역으로 인정하였다.

#### IV. 결론

본 실험의 결과는 기존 연구인 중의성 관련 fMRI 활성화 영역과 일치하였고, 특히 일치하는 각 영역이 MEG의 장점인 시간대별로 활성화 양상을 확인할 수 있어 중의성 해결 시간 패러다임을 완성하는데 의의가 있다.

본 실험의 분석은 우선 기존의 단어 인지(word recognition)에 관련된 MEG 논문 중 Plkkänen, et. al. (2003) 연구를 기반으로 시간 영역을 정해서 각 시간대별로 활성화하는 영역을 알아보았다. 첫 번째로, 100-200ms 사이의 가장 최고점인 지점 M170에서는 양쪽 반구의 후두-측두엽(bilateral occipito-temporal lobes)의 활성화가 조건에 관계없이 강하게 나타났다. 이 때, 자극의 조건이 시각자극이라서 시각영역인 후두엽(occipital lobes)의 활성화 패턴이 두드러지게 나타났고, 측두엽(temporal lobes)의 경우는 시각자극의 정보가 후두엽(occipital lobes)-두정엽(parietal lobes)-측두엽(temporal lobes)으로의 이동 양상을 보여주는 것이라 하겠다. Plkkänen, et. al. (2003)논문에서는 이

시점을 문자열 처리(letter-string processing) 과정이라 명명하였다. 두 번째로, 200-300ms 사이의 가장 최고점인 지점 M250 때에는 조건 별로 달랐는데, 중의적 조건일 경우에는 양쪽 측두엽(bilateral temporal lobes)이 관련된 영역으로 밝혀졌고, 비중의적인 조건일 경우에는 좌측 두정엽과 측두엽(left parietal lobe and temporal lobe)의 활성화만 나타났다. 전체적으로 200-300ms 사이의 시간대별로 좌우반구의 정보 처리 이동 양상이 많이 관찰되었다. 이는 중의성이라는 조건이 좌우반구 모두 사용함을 나타내는 증거이기도 하다. Plkkänen, et. al. (2003)논문에서는 이 시점에 좌측 두정-측두엽(left parieto-temporal lobe)의 자기장이 뒤쪽(posterior)에서 앞쪽(anterior)으로의 이동현상이 뚜렷함을 명시하였다. Plkkänen, et. al. (2003)논문의 실험재료가 단어 빈도와 관련된 것이라 본 연구와는 다소 차이가 있음을 밝혀둔다. 세 번째로, 300-400ms 사이의 가장 최고점인 지점 M350 때에는 좌측 전두엽과 측두엽(left frontal lobe, temporal lobe)에서 활성화 패턴이 강하게 나타났다. 이는 좌측하전두이랑(left inferior frontal gyrus) 즉, Broca영역과 좌측상측두이랑(left superior temporal gyrus) 즉, Wernicke 영역과 일치하여, 이 시간 때에 단어 재인이 이루어짐을 알 수 있었다. Plkkänen, et. al. (2003)논문뿐만 아니라 Embrick et al.(2001), Plkkänen, et. al.(2002)에서도 본 연구와 동일한 양상을 나타내었다. 단어 인지 처리(word recognition processing)는 약 350ms 지점에서 좌측 전두엽과 측두엽(left frontal lobe, temporal lobe)에서 이루어짐을 다시 확인할 수 있었다. 네 번째로, 400-500ms 사이의 가장 최고점인 지점 M430 때에는 조건별로 달랐는데, 주로 중의성 해소 조건일 경우에 우측 전두엽과 측두엽(right frontal lobe and temporal lobe)영역의 활성화가 관찰되었고, 중의성이 유지되는 조건일 경우에 좌측 두정엽과 우측 측두엽(left parietal lobe and right temporal lobe)의 강한 활성화 패턴을 나타내었다. 참고로 약 M680 경우에 반응 버튼(response key)을 누르느라 운동 피질(motor cortex)의 활성화가 나타났는데 이는 Plkkänen, et. al. (2003)의 500ms 이후의 운동 활동(motor activity) 발생과 유사하지만 본 연구에서는 중의성 처리로 인해 약 180ms 늦게 운동 활동(motor activity)가 발생함을 예상할 수 있었다. 본 논문의 결과로 Plkkänen, et. al. (2003) 연구 결과와 거의 일치하여 단어 인지 처리 과정을 다시 한번 확인하고, 특히 한국어 단어 인지 처리 과정도 외국어의 단어 인지 처리 양상과 유사함을 알 수 있었다.

결론적으로, 한국어 어휘적 중의성을 처리하는 시간대는 어휘 후 과정(postlexical access)인 약 430ms 지

점이고 중의성을 해결하는 대뇌 영역은 우측 전두엽 (right frontal lobe)임이 밝혀졌고, 중의성을 유지하는 대뇌 영역은 좌측 두정엽(left parietal lobe)으로 확인 되었다.

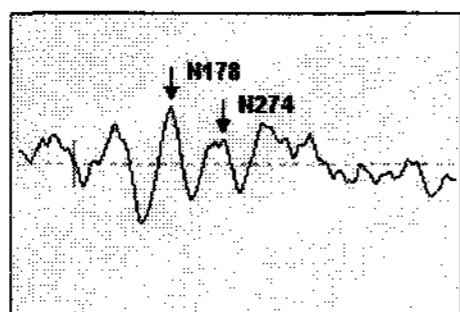
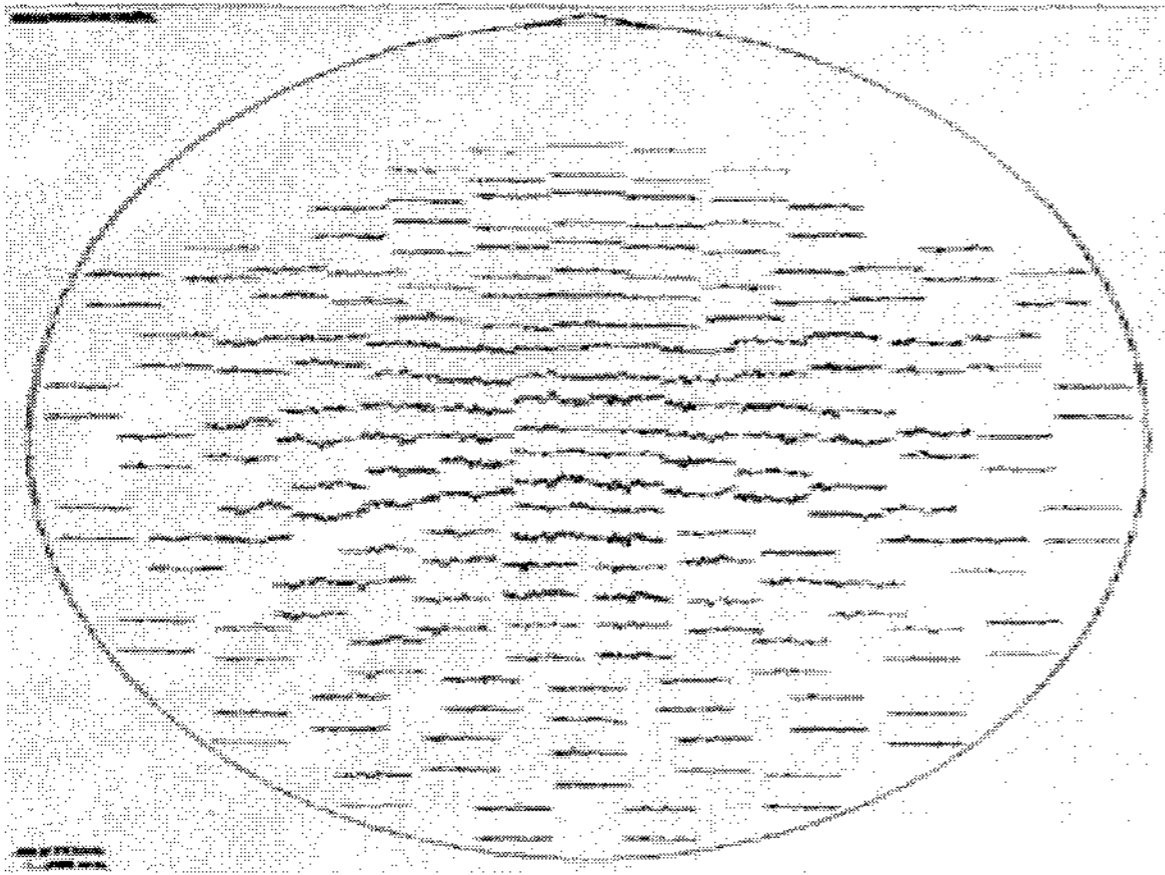


그림 2. M170, M250 evoked magnetic fields.

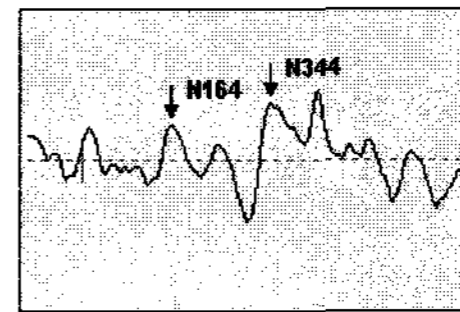
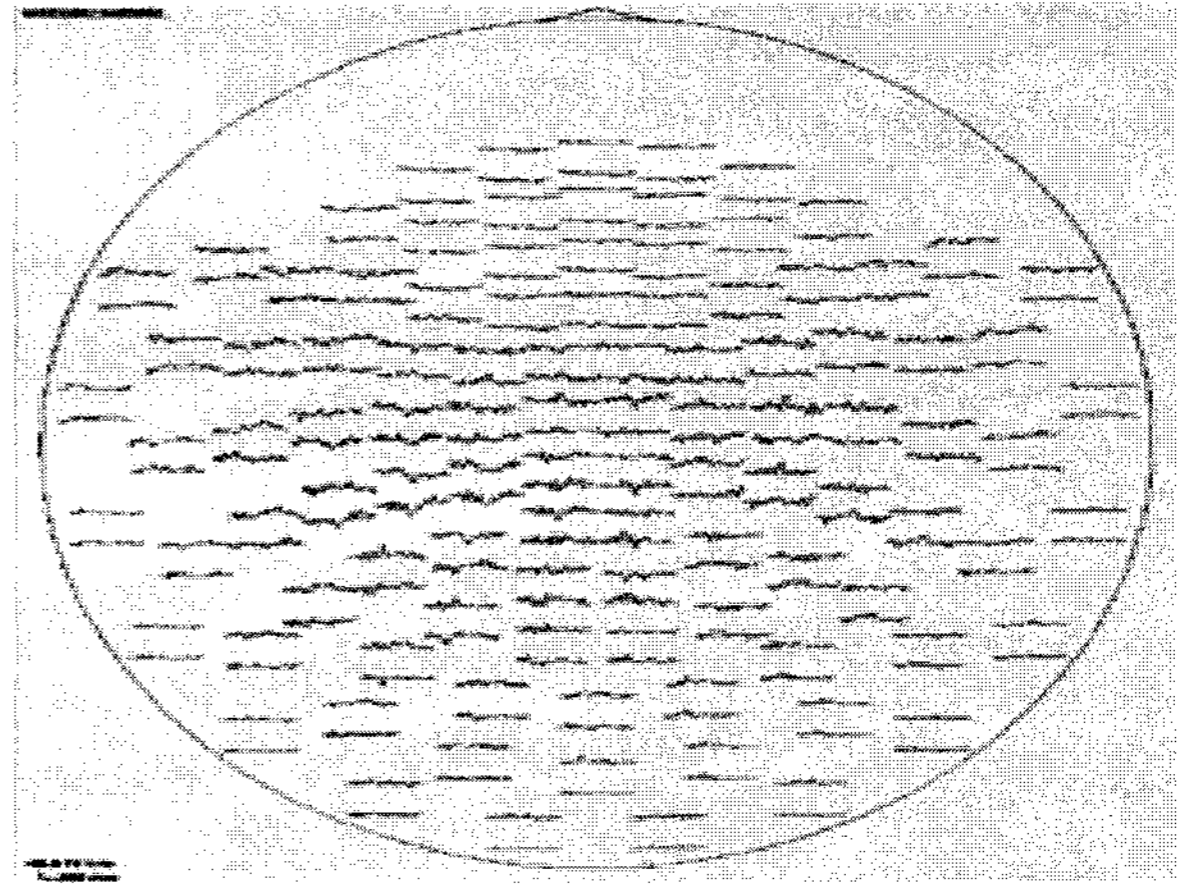


그림 3. M350, M430 evoked magnetic fields.

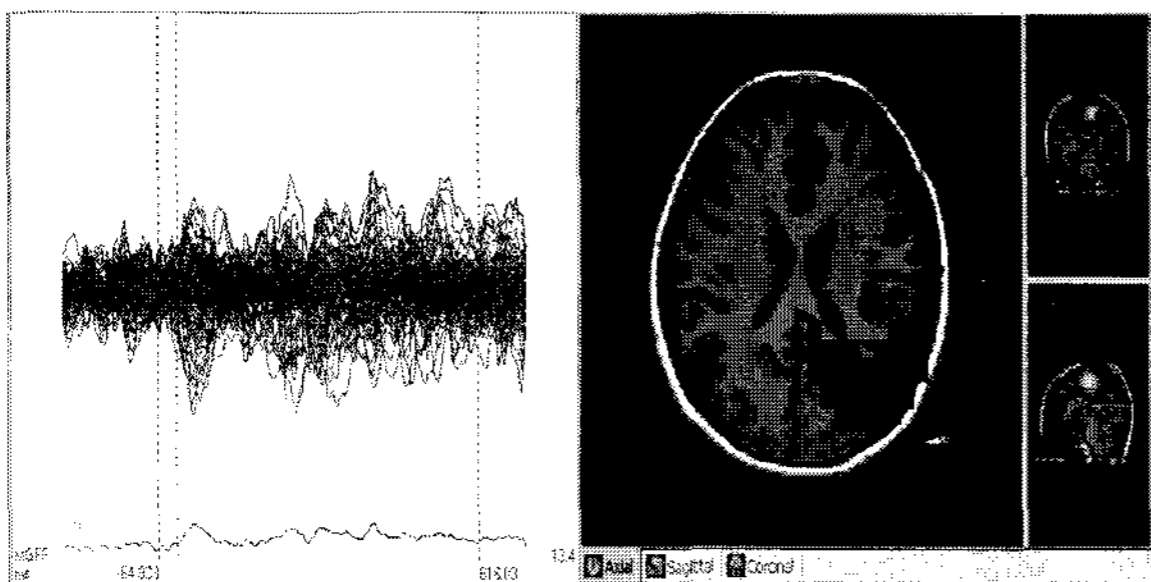


그림 4. At M170 MGFP and MR image.

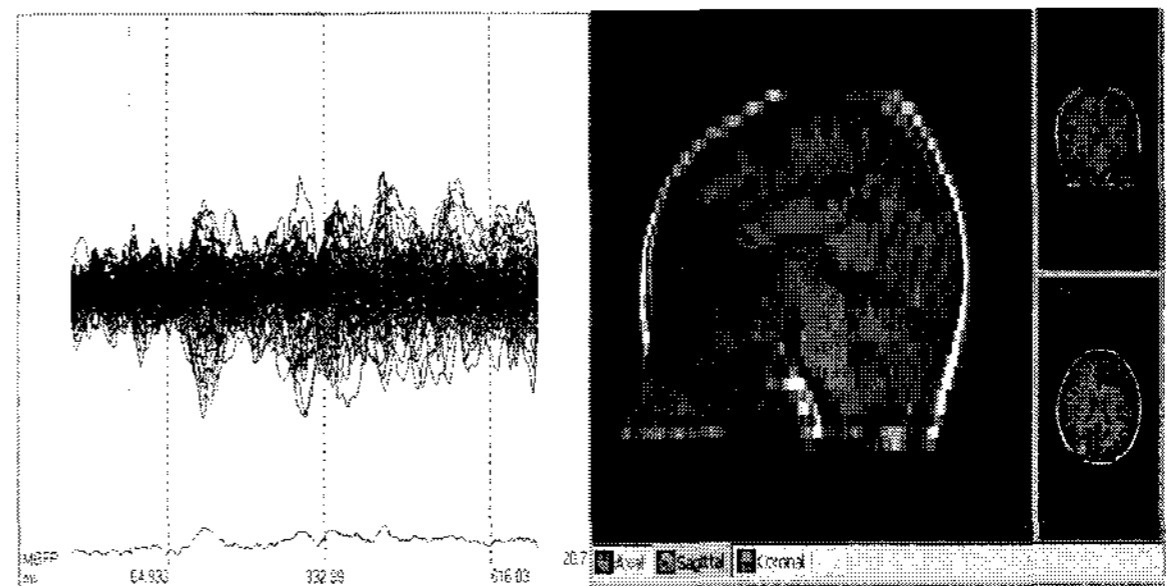


그림 6. At M350 MGFP and MR image

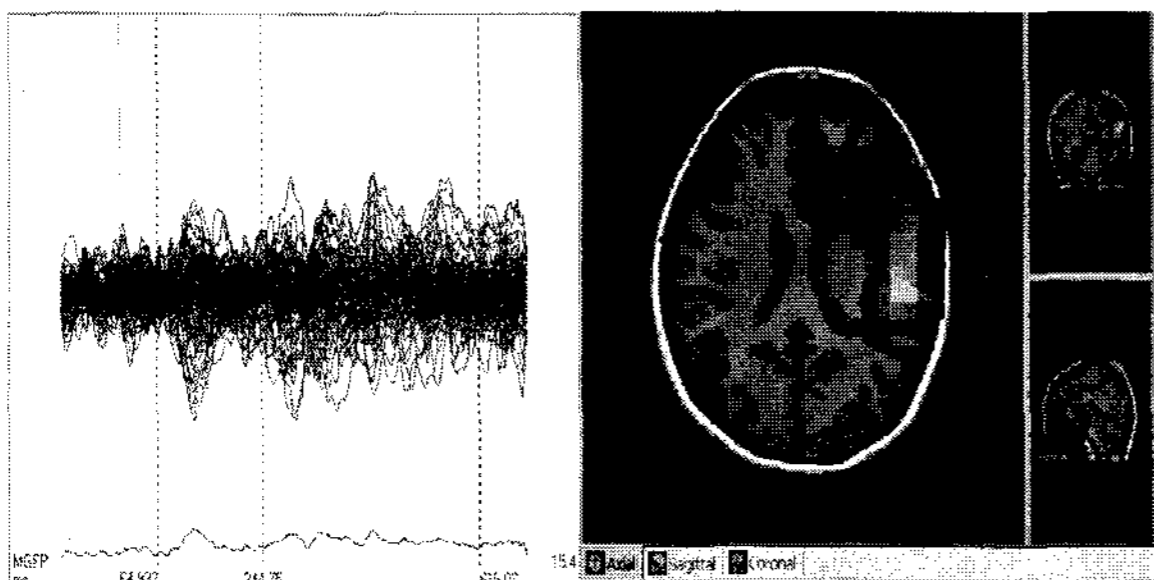


그림 5. At M250 MGFP and MR image.

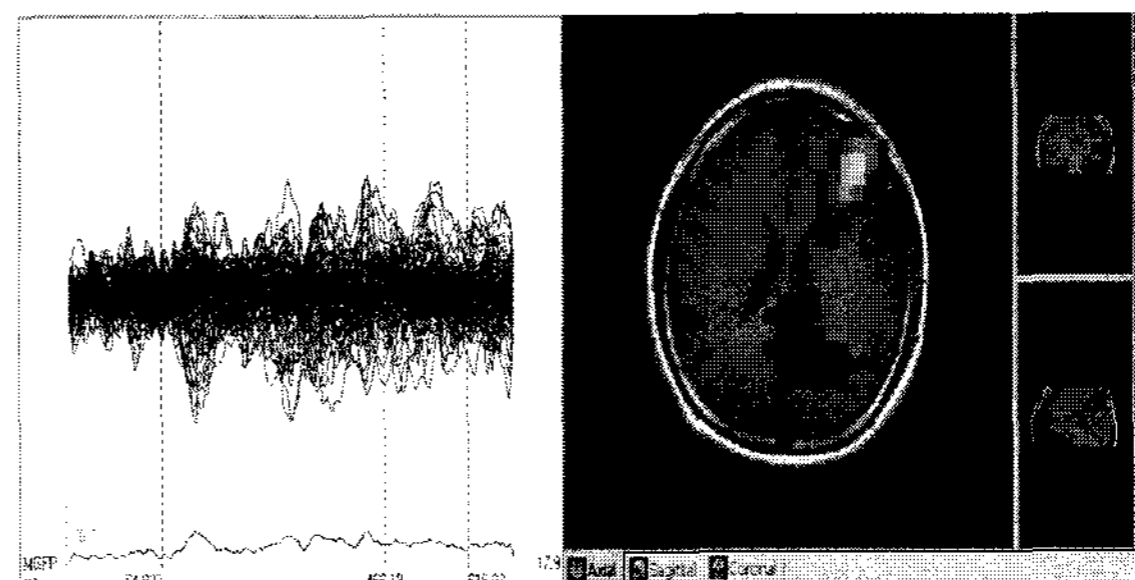


그림 7. At M430 MGFP and MR image.

## 참고문헌

- [1] Embrick, D. et al. "A magnetoencephalographic component whose latency reflects lexical frequency reflects lexical frequency." *Cogn. Brain Res.* 10, pp.345-348, 2001
- [2] G. Kellas, F.R. Ferraro, G.B. Simpson "Lexical ambiguity and the timecourse of attentional allocation in word recognition." *J. Exp. Psychol. Hum.* 14, pp.601-609, 1998
- [3] Gisoon Yu "The semantic activation of the lexically ambiguous words and cortical areas related to lexical ambiguity," MA. Thesis, KU, 2004
- [4] Pylkkänen, L. Strinifellow, A. and Marantz, A. "Neuromagnetic evidence for the timing of lexical activation: an MEG component sensitive to phonotactic probability but not to neighborhood density." *Brain Lang.* 81, pp.666-678, 2002
- [5] Pylkkänen, L., and Marantz, A. "Tracking the time course of word recognition with MEG." *Trends in Cognitive Science*, 7, pp.187-189, 2003
- [6] Tarkiainen, A. et al. "Dynamics of letter string perception in the human occipitotemporal cortex." *Brain* 122, pp.2119-2132, 1999
- [7] S. Koyama, R. Kakigi, M. Hoshiyama, Y. Kitamura "Reading of Japanese Kanji(morphograms) and Kana(syllabograms): a magnetoencephalographic study." *Neuropsychologia* 36, pp.83-98, 1998