

전자파에 의해 시간 지연되는 시각인식

윤재현*, 박형준*

* 원광대학교 전기공학과

Visual Recognition Delayed in Time by Electromagnetic Wave

Yun, Jae-Hyun*, Park, Hyung-Jun*

* Electrical Engineering, Wonkwang University

Abstract - 본 연구의 목적은 전자파에 노출되었을 경우와 노출되지 않았을 경우의 시각 자극(광자극)에 의해 발생하는 뇌파를 분석하여, 전자파가 광자극 전과 광자극 후의 시각인식에 미치는 영향을 규명하는 것이다. 암순응 시킨 피험자에게 신호의 주파수가 약 900MHz이고, 세기가 약 133mW인 전자파에 노출되었을 경우와 노출되지 않았을 경우로 구분하여, 광인식시에 발생하는 뇌파를 계속, 분석하였다.

본 연구에서 제안한 해석방법을 이용하여 뇌파를 분석한 결과, 인체가 전자파에 노출되었을 때 시각인식에 기인하여 나타나는 뇌파 변화의 현상 중 α -blocking 시점이 지연되는 것을 확인하였다.

1. 서 론

전기를 에너지원으로 하는 일련의 모든 기기들은 전계와 자계를 형성한다. 일상생활에서 자의적이든 타의적이든 전기의 사용으로 인한 인공적인 전자파에 노출되어 생활하고 있다. 최근에 이런 전자파가 인체에 미치는 인과적인 문제가 논란의 대상이 되고 있다. 근육의 수축과 이완, 신경세포의 흥분과 억제 등의 대부분의 인체 활동의 신호 전달 매체는 전기이다. 그러므로 인체는 대부분의 전기기기에서 방출되는 전자파의 간섭에 의한 영향을 받을 것으로 사료되며, 전자파가 인체의 활동에 미치는 영향을 정확하게 규명할 필요성이 있는 것으로 사료된다.

현재까지, 생체에 전자파가 미치는 영향에 관한 연구는 인체의 인공 모델을 이용한 모의실험, 송배전 관련 전기 전문직 종사자의 전자파에 장기간 노출되었을 때 나타나는 병리적, 생리적 현상에 관한 역학조사나, 동물실험체를 통한 생체의 국부적, 세포 또는 신경계 등에 미치는 현상 등의 연구가 보고되어 있다[1-5]. 그러나 이들 대부분의 연구에서는 실험동물에 전자파가 미치는 영향 혹은 인체에 있어서는 역학조사에 불과하며, 인체에 있어서 전자파가 미치는 생리적 영향을 직접적으로 해석된 예는 거의 없다.

인체의 정신적, 육체적 활동에 의해 계속된 EEG는 그 발생원에 대한 각 기능과 특성을 반영하고 있다[6-8]. 따라서 본 연구에서는 자연 상태의 인체에 있어서 전자파가 광인식시에 미치는 영향을 규명하기 위해 전자파의 노출 유무에 따라 광자극 전과 광자극 후의 α -blocking의 상대적 출현 시점의 변화 경향을 비교하여, 전자파에 의한 시각 인식의 변화를 해석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 본 연구에서는 우선 외부의 빛과 전자파를 차단할 수 있는 차폐실을 구축하였고, 피험자에게 임의의 전자파와 빛을 인가할 수 있는 실험시스템을 고안하였다. 암순응 시킨 피험자에게 주파수가 약 900MHz이고, 세기가 약 133mW인 전자파를 인가하였을 때 인가하지 않았을 때

를 구분하여, 광인식시에 발생하는 EEG의 시간 변화를 유도하여 비교, 해석한 후 EEG의 변화에 전자파가 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험시스템 및 실험방법

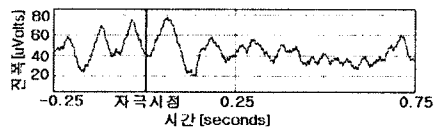
본 연구에서의 차폐실의 구축, 실험시스템 및 실험방법의 자세한 내용은 문헌 [9]를 참고하기 바란다.

3. 전자파에 의해 시간 지연되는

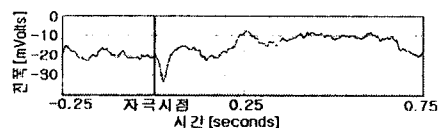
뇌파의 시각인식 해석

3.1 뇌파에 의한 시간 지연 해석방법

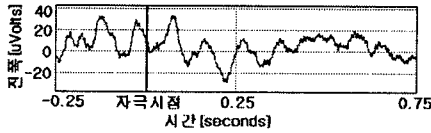
그림 1은 실험결과와 한 예이다. 그림 1의 (a)와 (b)는 피험자가 전자파에 노출되지 않았을 경우의 EEG와 ERG[12-14]를 계속한 것이고, (c)와 (d)는 전자파에 노출되었을 경우의 EEG와 ERG를 계속한 것이다. 본 연구에서 습득된 ERG 신호는 EEG 신호를 객관적으로 선별하기 위한 수단으로 사용되었다. 그림 1의 (a)와 (c)에 나타난 것과 같이 습득된 EEG는 암순응 상태의 피험자에서 나타나는 진폭은 크고 주파수가 작은 파형인 α 파가 유지되다가 광자극 후 얼마 후에 진폭이 작고 주파수가 큰 파형인 β 파가 출현하는 것을 알 수 있다. 이 현상을 α -blocking[8,10,11]이라 하며, 시각자극에 의해서 상대적으로 β 파가 증가하여 광을 인식한다는 것을 반영하고 있다. 그림 1에서 나타난 것과 같이 전자파에 노출되었을 경우와 노출되지 않았을 경우에 있어서 α -blocking이 발생하는 시점이 다르다는 것을 관찰할 수 있다.



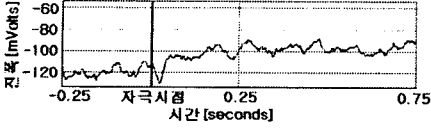
(a) 전자파에 노출되지 않았을 경우 EEG 계속의 예



(b) 전자파에 노출되지 않았을 경우 ERG 계속의 예



(c) 전자파에 노출되었을 경우 EEG 계측의 예



(d) 전자파에 노출되었을 경우 ERG 계측의 예
그림 1. 계측결과에의 한 예

그러나 그림 1의 (a)나 (c)와 같은 시 계열 신호의 계측결과부터 α -blocking이 일어나는 시점 즉, β 파의 출현 시점을 정확하게 파악하는 것은 곤란하다. 따라서 본 연구에서는 습득된 EEG 신호에 있어서 전자파의 노출 유무에 따라 EEG 중에서 α 파와 β 파의 출현량을 추정하기 위하여 다음과 같은 해석방법으로 정량화하였다.

1. 시 계열의 뇌파 $EEG(t)$ 를 계측한다.
2. 광 자극시점을 기준(0.0sec)으로 하여 광자극 전의 $EEG(t)$ 와 광자극 후의 $EEG(t)$ 를 각각 FFT(Fast Fourier Transform) 하여 주파수 영역의 $EEG_a(\omega)$ 와 $EEG_b(\omega)$ 를

$$EEG_a(\omega) = \int_{l_a}^{h_a} EEG(t) \cdot e^{j\omega t} dt \quad (1)$$

$$EEG_b(\omega) = \int_{l_b}^{h_b} EEG(t) \cdot e^{j\omega t} dt \quad (2)$$

와 같이 구한다. 여기서, 광자극 전의 적분구간($l_a \sim h_a$)은 -0.25 sec에서 0.0sec까지, 광자극 후의 적분구간($l_b \sim h_b$)은 0.0sec에서 0.75sec까지의 신호를 이용하였다.

3. $EEG_a(\omega)$ 와 $EEG_b(\omega)$ 에서 뇌파의 유효주파수인 0.1Hz~30Hz에서 면적 T_a 와 T_b 를

$$T_a = \int_{0.1Hz}^{30Hz} EEG(\omega) d\omega \quad (3)$$

$$T_b = \int_{0.1Hz}^{30Hz} EEG(\omega) d\omega \quad (4)$$

을 이용하여 각각 구한다.

4. 주파수 대역이 8Hz~12.99Hz인 α 파의 광자극 전 면적 A_a 와 광자극 후 면적 A_b 를

$$A_a = \int_{8Hz}^{12.99Hz} EEG(\omega) d\omega \quad (5)$$

$$A_b = \int_{8Hz}^{12.99Hz} EEG(\omega) d\omega \quad (6)$$

을 이용하여 각각 구한다.

그리고, 주파수 대역이 13Hz~30Hz인 β 파의 광자극 전 면적 B_a 와 광자극 후 면적 B_b 를

$$B_a = \int_{13Hz}^{30Hz} EEG(\omega) d\omega \quad (7)$$

$$B_b = \int_{13Hz}^{30Hz} EEG(\omega) d\omega \quad (8)$$

을 이용하여 각각 구한다.

5. 광자극 전 α 파의 면적 A_a 가 차지하는 비중 α_a 와 광자극 후 α 파의 면적 A_b 가 차지하는 비중 α_b 를

$$\alpha_a = \frac{A_a}{T_a} \times 100 (\%) \quad (9)$$

$$\alpha_b = \frac{A_b}{T_b} \times 100 (\%) \quad (10)$$

과 같이 구한다.

그리고 광자극 전 β 파의 면적 B_a 가 차지하는 비중 β_a 와 광자극 후 β 파의 면적 B_b 가 차지하는 비중 β_b 를

$$\beta_a = \frac{B_a}{T_a} \times 100 (\%) \quad (11)$$

$$\beta_b = \frac{B_b}{T_b} \times 100 (\%) \quad (12)$$

와 같이 구한다.

6. 광자극 전 β_a 에 대한 α_a 의 비 S_a 와 광자극 후 β_b 에 대한 α_b 의 비 S_b 를

$$S_a = \frac{\beta_a}{\alpha_a} \quad (13)$$

$$S_b = \frac{\beta_b}{\alpha_b} \quad (14)$$

를 이용하여 구한다.

7. 과정 1에서 6을 이용하여 피험자가 전자파에 노출되었을 경우와 노출되지 않을 경우로 구분하여 각각 해석한다.

상기의 EEG의 주파수 해석방법을 이용하여 광자극 전과 광자극 후의 α 파와 β 파의 상대적 비중을 구할 수 있었다. 또한 전자파의 노출 유무에 있어서 광자극에 의해 나타나는 α -blocking의 상대적 출현 시점을 추정할 수 있었다.

3.2 전자파에 의해 시간 지연되는 뇌파의 시각인식의 변화

그림 2는 50회 계측된 EEG에서 전술한 해석방법을 이용하여 각 피험자별 전자파의 노출 유무에 있어서 광자극 전과 광

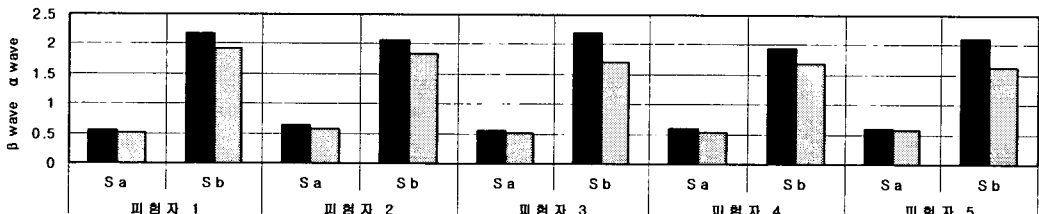


그림 2. 광자극 전과 광자극 후의 β 파에 대한 α 파의 비중의 비교(S_a : 광자극 전, S_b : 광자극 후)

- 전자파에 노출되지 않았을 경우
- 전자파에 노출되었을 경우

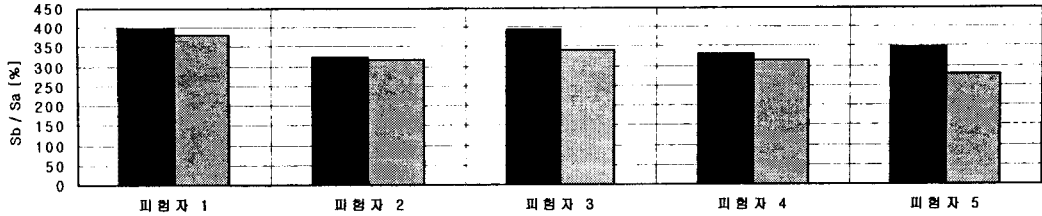


그림 3. α -blocking의 상대적 출현 시점

■ 전자파에 노출되지 않았을 경우
 ▨ 전자파에 노출되었을 경우

자극 후의 EEG의 전체면적으로부터 α 파와 β 파의 면적에 대한 평균값을 구한 후 β 파에 대한 α 파의 비중 변화를 나타낸 것이다. 여기서 S_a 는 광자극 전의 β 파에 대한 α 파의 비중, S_b 는 광자극 후의 β 파에 대한 α 파의 비중이다.

그림 2에 나타낸 것과 같이 S_a 는 각 피험자별 전자파에 노출되지 않았을 경우와 노출되었을 경우에 변화폭이 차이가 있지만 노출되었을 경우에 감소하였다. 또한 S_b 는 피험자별 전자파에 노출되지 않았을 경우의 변화폭이 현격하게 감소하였다. S_b 의 경우, 전자파에 노출되었을 경우에 그 변화폭이 감소한 것은 인체가 전자파에 노출되었을 경우에 광자극 후, β 파의 비중이 감소하는 것은 뇌의 지각, 자극이나 운동 등에 기인된 뚜렷한 차이가 존재한다는 것을 의미한다.

그림 3은 각 피험자에 있어서 그림 2의 광자극 전 S_a , 광자극 후 S_b 를 고려하여 $S_b/S_a(\%)$ 를 구한 후, 전자파의 유무에 따라 광인식의 효과로 여겨지는 α -blocking의 상대적 출현 시점의 변화를 비교하여 나타낸 것이다.

그림 3에서 각 피험자별 α -blocking의 상대적 출현 시점은 전자파에 노출되었을 경우가 노출되지 않았을 경우에 비해 상대적으로 변화폭이 감소하였다. 전자파에 노출되었을 경우에 α -blocking의 상대적 출현 시점의 그 변화가 감소한 것은 광자극 후에 인체의 시각인식 시간이 지연된다는 것이다. 따라서 전자파로 인해서 인체의 신체적 기능과 정신적 활동이 저하될 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 자연 상태의 인체에 있어서 전자파가 광인식시에 미치는 영향을 규명하기 위해 전자파의 노출 유무에 따라 광자극 전과 광자극 후의 α 파와 β 파의 면적의 비중으로부터 α -blocking의 상대적 출현 시점의 변화 경향을 비교, 해석하여, 전자파에 의한 시각인식의 변화를 분석하였다. α 파는 안정파로서 폐안시, 안정된 또는 편안한 상태일 때 후두엽에서 잘 나타나는 파형이며, β 파는 활동파로서 사물을 인식하고 판단할 때 활발하게 발생하는 파형으로 특히 전두엽 등 뇌 전체에서 광범위하게 관찰된다[6, 7]. α 파가 전자파에 노출되었을 경우 그 비중이 전자파에 노출되지 않았을 경우 보다 상대적으로 낮다는 것은 전자파에 노출되었을 경우 인체가 불안정할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 β 파가 전자파에 노출되었을 경우 그 비중이 낮다는 것은 α -blocking의 상대적 출현 시점이 늦어짐과 동시에 시각인식 시간이 지연된다는 것을 의미한다.

인체가 전자파에 노출되었을 경우에 노출되지 않았을 경우에 비해 뇌의 활성화 정도에 차이가 있으며, 인식, 판단 등의 활동시 신경의 명령전달체계에 전자파가 악영향을 미칠 것

로 사료된다. 본 연구를 통해 인체의 신경반사 또는 뇌의 인식, 판단영역 등에 전자파가 미치는 생리적, 전기적 변화를 연구하는데 그 학술적 활용이 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] H.A. Sadafi, A.W. Wood, R.B. Silberstein, "Effects of EMF on the Human Brain Activity", 2nd Conference on Bioelectromagnetism, 1998
- [2] 이승학, 김채영, 강승진, "휴대폰 전파의 인체 흡수전력량과 온도 상승량 산출", 한국전자파학회 논문지, 제 12권 3호, pp. 409 416, 2001
- [3] 이근호, 김영태, 김병철, 이무영, 고성호, 이상훈, "전자파에 노출된 토끼의 뇌신경조직의 반응과 Nimodipine 투여효과에 관한 연구", 대한의용생체공학회, 제 19권 1호, pp. 81 90, 1998
- [4] G.Testylier, L.Tonduli, R.Malabiau, J.C.Debouzy, "Effects of Exposure to Low Level Radiofrequency Fields on Acetylcholine Release in Hippocampus of Freely Moving Rats", Bioelectromagnetics, 23, pp. 249-255, 2002
- [5] Andrew A. Marino, Erik Nilsen, Clifton Frilot, "Nonlinear Changes in Brain Electrical Activity Due to Cell Phone Radiation", Bioelectromagnetics, 24, pp. 339 346, 2003
- [6] David Regan, "Human Brain Electrophysiology: Evoked Potentials and Evoked Magnetic Field in Science and Medicine", Elsevier, 1989
- [7] 김대식, 최장욱, 이광우, "뇌파검사학", 고려의학, 2001
- [8] John L. Andreassi, "Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response", Lawrence Erlbaum Associates, pp. 190 217, 3rd Edition, 1995
- [9] 윤재현, 박형준, "인체의 광인식에 미치는 전자파의 영향", 정보 및 제어학술대회, pp. 316 319, 2004
- [10] R. Cooper, "EEG Technology", Butterworths, 1974
- [11] Neil Schaul, "The fundamental neural mechanisms of electroencephalography", Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 106, pp. 101 107, 1998
- [12] Daniel G. Vaughan, Taylor Asbury, Paul Riordan Eva, "General Ophthalmology", Prentice Hall, 14th Edition, 1995
- [13] Stephen J.Rhode, Stephen P.Ginsberg, "Ophthalmic Technology: A Guide for the eye care assistant", Raven Press, 1987
- [14] Johannes Albrecht, Herbert Jagle, Donald C. Hood, Lindsay T. Sharpe, "The multifocal electroretinogram and cone isolating stimuli: Variation in L and M cone driven signals across the retina", Journal of Vision, 2, pp. 543 558, 2002