

시각 유발뇌파를 이용한 시감측정 연구

Measurement Study on the Spectral Luminance Efficiency using Visually Evoked Potential

김원식, 임현균, 오혜림, 노보나, 최형민, 김수환*, 양현우*, 정재봉*
한국표준과학연구원, 한국과학기술원*

Key words: Mesopic Vision, Radiance, Luminance, Visually Evoked Potential, Latency

1. 서론

Brain potential 은 크게 spontaneous brain potentials 과 event potentials 로 구분되며, event potential(EP)은 다시 before event(anticipatory)와 after event(evoked)로 분류된다. After EP 는 외부자극의 특징에만 의존하는 exogenous EP 와 외부자극의 특징/종류에는 의존하지 않고 자극을 받는 사람이 그 자극이 갖는 의미를 어떻게 해석/이해하는지에 만 의존하는 endogenous EP 로 세분화 된다. Exogenous EP 의 예로서 normal pattern reversal 시각자극을 받을 경우 제시 자극 후 75 ms 에서 negative peak (N75), 100 ms 에서 positive peak (P100), 135 ms 에서 negative peak (N135)가 발생하는 특징이 있고, endogenous EP 의 예로서 범죄 심리조사에서 범인의 뇌가 제시자극의 의미에 반응할 때 자극 후 300 ms 에서 positive peak (P300)가 발생한다. 시각유발뇌파는 제시자극의 주기에 따라 과도유발뇌파 (transient VEP: T-VEP)와 정상상태유발뇌파 (steady state VEP: SSVEP)로 분류되며 일반적으로 제시자극의 주기가 대략 500 ms 이상이면 T-VEP 가 유발된 것이고, 그 미만일 경우는 제시자극의 주기에 동조되어 유발된 뇌파를 FFT (Fast Fourier Transform)로 분석하여 특정한 주파수가 나타나지 않으면 T-VEP 가 유도된 것으로 판단하고, 특정한 주파수가 나타나면 SSVEP 가 유도된 것으로 판단한다. 이러한 T-VEP 는 제시자극의 특징에 따라 normal pattern reversal VEP, normal Flash VEP, normal pattern onset/offset VEP 로 분류된다

2. 연구목적

본 연구에서는 Mesopic Vision 영역에서 시감효율을 측정하기 위하여 기존의 정신물리학적 주관적

평가방법을 보완하기 위하여 가시광선의 시각자극에 의하여 시각피질에 유발된 시각유발뇌파(visually evoked potential: VEP)를 측정하여 광원의 복사휘도에 따라 어떤 특징을 나타내는지 조사하였다.

3. 연구방법

3.1. 측정장치 구성 및 연구참여자

Red, Green, Blue 의 원관형 광원을 20 인치 LED 모니터를 통하여 시각 제시자극으로 사용하였다. Mesopic Vision 영역에서는 시각수용기의 원추세포와 간상세포가 모두 활성화되므로 이들이 모두 기여할 수 있도록 visual angle 을 10° 로 하였다. 이를 위하여 피험자의 동공과 모니터 화면까지 72 cm 로 하고, 원관형 색상의 직경은 12.6 cm 가 되도록 하였다. 여러 사람이 본 연구의 피험자로 참여했고, 특히 KAIST 바이오뇌공학과 학생들이 실습으로 (1 명: 6 주, 3 명: 9 주; 남성 23~24 세) 서로 상대방을 교대로 측정하였고, 분석에도 함께 참여하였다. 전극위치는 Standard for clinical VEP 을 참고하였고, 눈 깜빡임의 영향을 최소화하기 위하여 수정하였다(그림 1).

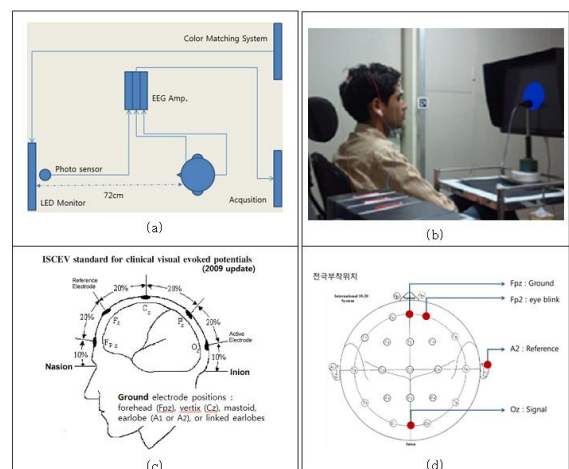


그림 1. 시감측정을 위한 시각유발뇌파 측정장면

3.2. 시각 제시자극을 위한 광원

본 연구에서는 모니터에 제시되는 Red, Green, Blue 원관형 광원을 모니터의 digital value 에 따라 255 levels 로 세분화하였고, 각 level 에 대하여 SPECTRORADIOMETER (MINOLTA CS-1000)를 이용하여 Mesopic Vision 영역의 복사휘도 ($2 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$) [$\text{Wsr}^{-1}\text{m}^{-2}$]에 대한 광휘도 (L_v) 및 CIE chromatic coordinates 등을 측정하였다(그림 2).



그림 2. 복사휘도 측정장면 및 측정된 스펙트럼

3.3. 실험절차

시각유발뇌파(수 μV)는 자발뇌파(spontaneous EEG: 수십 μV)에 비하여 진폭이 수십배 작으므로 자발뇌파와 함께 측정되는 시각유발뇌파를 검출하기 위하여 ensemble average 분석방법을 적용한다. 이를 위하여 대략 50 회 이상의 반복적 시각자극이 요구된다. 본 연구에서는 R, G, B 각각에 대하여 ON(1 s)/OFF(3 s)의 패턴(1 trial 주기: 4 s)으로 50 회씩 제시하였으며(1 presentation session: 200 s), 180 s 의 휴식 후 계속함으로써 R, G, B 모두에 960 s 가 소요되었다. 그런 뒤 약 600 s 휴식을 취했으며 이를 총 3 회 반복하였다.

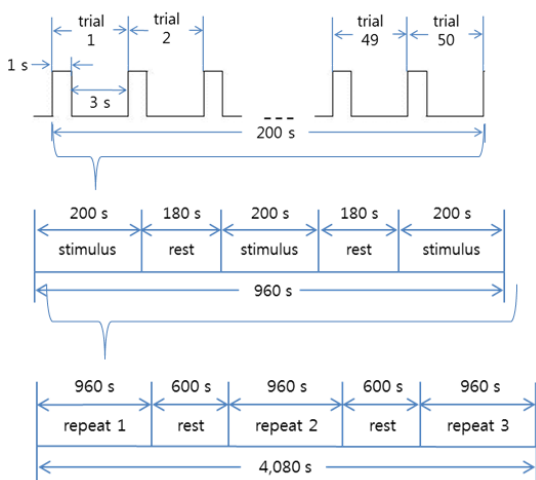


그림 3. 시각유발뇌파 측정을 위한 실험절차

4. 측정결과

Latency 는 Green 제시자극 후 약 100 ms 에서 negative first peak (N100)이 3 명 모두에서 일관성 있게 나타났고, Red 및 Blue 보다 짧았으며, 복사휘도 (radiance)가 증가함에 따라 짧아졌고, amplitude 도 복사휘도가 증가함에 따라 negative 방향으로 증가하는 경향이 있었다. 또한, 색상에 관계없이 광휘도(luminance)가 증가함에 따라 latency 가 감소하였으며 Z. Kubova 등이 연구한 결과와 일치했다.

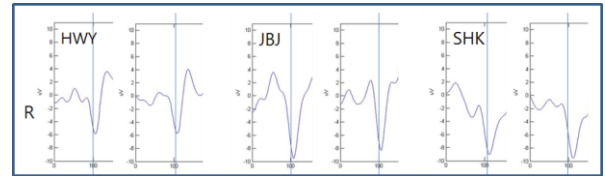


그림 4. 시각유발뇌파의 latency 측정결과

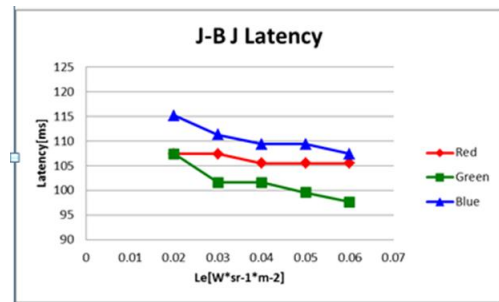


그림 5. 색상과 복사휘도에 따른 VEP의 latency 변화

5. 결론

Green 제시자극 후 latency 가 약 100 ms 에서 negative first peak (N100)로 나타났고, Red 및 Blue 보다 짧았으며, 복사휘도가 증가함에 따라 짧아졌고 색상에 관계없이 광휘도가 증가함에 따라 감소하였다. 본 연구를 통하여 기존의 정신물리학적 주관적 평가를 보완하여 시각유발뇌파 측정으로 시감을 객관적/정량적으로 측정할 수 있는 가능성을 확인하였다.

참고문헌

Kubova, Z. et al. (2004). Photopic and scotopic VEPs in patients with congenital stationary night-blindness. *Documenta Ophthalmologica* 109: 9-15.