

# 중립 상태에 따른 PPG와 EEG Correlation 분석

## Analysis of correlation between EEG and PPG signals in neutral state

김송이\*, 박상인\*, 황민철\*\*, 이정년\*, 김종화\*, 안상민\*  
상명대학교 감성공학과\*, 상명대학교 디지털미디어학부\*\*

**Key words:** PPG(Photoplethysmography), EEG(Electroencephalography), Correlation, Neurocardiology

### 1. 서론

인간의 생체신호는 감성평가, 의료, 인간-컴퓨터 인터랙션 등 많은 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 기존 연구에서는 인간의 생체신호를 분석하는데 있어 생체신호간 상호 독립적으로 접근하는 연구들이 대다수였으며, 신호들 간의 상관성을 보는 연구들은 미비한 수준이다(Abdullah, et, al. 2009). 인간의 생체신호를 다양한 분야에 활용하기 위해서는 신호들 간의 상호 독립적인 접근 방법이 아닌 두 신호간 상관성을 연구할 필요성이 있다(Abdullah, et, al. 2010).

따라서 본 연구는 중립상태에 따른 중추신경계(EEG)와 심혈관계(PPG)의 주파수대역 별 신호를 분석함으로써 중추신경계와 심혈관계 반응 사이의 상관성을 확인 하고자 한다. 또한 추후에 중립자극과 비교하여 각성, 이완자극에 따른 심혈관계와 중추신경계 사이의 상관성을 보고자 한다.

### 2. 연구방법

실험에 참여한 피험자는 심혈관계와 중추신경계에 이상이 없는 대학생 남녀 5 명(22.9±1.91)을 대상으로 진행되었다. 피험자가 실험에 집중할 수 있도록 외부환경의 영향을 최소화 하였다. 실험환경은 가정집의 분위기가 나타나도록 공간을 설정하였으며, 실험이 진행되는 동안 피험자는 편안한 소파에 앉아 TV 화면에 제시되는 사진을 응시하도록 하였다.

피험자에게 중립상태를 유발시키기 위해 사전실험을 통해 선정된 풍경이미지를 제시하였다. 실험에 사용된 이미지는 50 명의 피험자에게 45 장의 이미지를 제시하여 '각성-이완', '쾌-불쾌'의 두 가지 항목에 9 점 척도로 응답하게 하였다(김종화 외, 2008). 설문을 통해 두 가지 항목에서 모두 중립에 해당하는 이미지 두 장을 선정하여 실험 이미지로 사용하였다.

실험은 중립에 해당하는 풍경이미지를 각각 5 분씩 제시 하여 피험자가 중립상태가 되도록 유도 하였다. 풍경이미지 제시 순서는 무작위로 하였으며, 각 이미지 사이에는 1 분의 간격을 두었다. 실험이 진행되는 동안 피험자의 PPG(Photoplethysmography)와 EEG(Electroencephalography) 신호를 측정하였다. 실험세트에 대한 구성은 그림 1 과 같다.

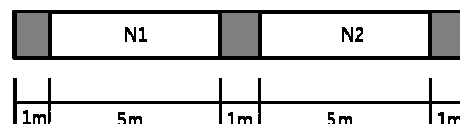


그림 1. 실험 순서  
(N1:중립이미지 1,N2:중립이미지 2)

EEG 신호는 국제 10-20 전극 배치 법에 의거하여 P3, F3, F4, P4, T3, T4, O1, O2 의 8 개 채널을 측정하였으며, reference 와 ground 는 각각 컷볼과 앞 이마에 부착하였다. PPG 신호는 좌측 컷볼에 센서를 부착하여 측정하였다.

### 3. 분석

측정된 EEG 신호는 400Hz 로 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 Band pass filter(0.5-30Hz)를 통해 노이즈를 제거 하였으며, FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 실시 하였다. FFT 분석을 통해 delta(1-4Hz), theta(4-8Hz), alpha(8-13Hz), beta(13-30Hz)의 주파수대역 별로 power 값을 구하였다. PPG 신호는 400 의 윈도우 크기와 0.25 초 시간간격으로 이동평균을 실시하여 신호잡음을 최소화한 뒤, PPI(Pulse to Pulse Interval)를 검출 하였다. 검출된 PPI 는 시계열 데이터로 변환하기 위하여, interpolation 2Hz 로 재 샘플링을 실시한 뒤, FFT 분석을 실시하였다. FFT 분석을 통해 LF(0.04-0.08Hz), MF(0.08-0.15Hz), HF(0.15-0.4Hz)의

주파수대역 별로 power 값을 구하였다. 두 신호간의 차이를 없애기 위해 z-normalization 을 실시하였고(김치중 외, 2010), 그 후에 통계분석을 위하여 Pearson 상관분석을 사용하였다. 본 연구에서는 EEG 와 PPG 의 주파수대역의 활성화를 통해 심혈관계 반응과 중추신경계 반응 사이의 상관관계를 비교 분석하였다.

#### 4. 결과

중립상태에서의 EEG 와 PPG 신호의 주파수 대역 별 활성화 정도는 그림 2 와 같다. EEG 신호의 경우, delta, theta, alpha 대역의 활성화 정도가 beta 대역보다 우세하게 나타났고, PPG 신호의 경우 HF 대역의 활성화 정도가 MF, LF 대역보다 우세하게 나타났다.

중립상태에서의 EEG 와 PPG 신호의 주파수 대역 별 상관분석 결과는 표 1 과 같다. 상관분석 결과, 중립 이미지 1 을 제시했을 경우 EEG beta 영역과 PPG MF 영역간에 강한 양의 상관관계(.749)가 나타났으며, EEG alpha 영역과 PPG HF 영역간에 강한 양의 상관관계(.657)의 결과를 나타냈다. 또한 중립 이미지 2 를 제시했을 경우, EEG delta 영역과 PPG LF 영역이 강한 음의 상관관계(-.972)를 나타냈으며 EEG theta 와 alpha 영역에서 각각 HF 와 양의 상관관계(.487, .484)의 결과를 나타내었다.

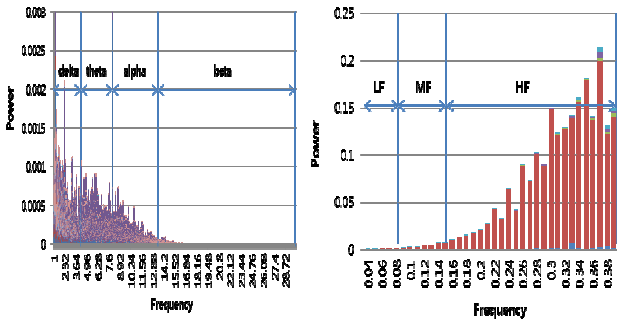


그림 2. 중립상태에서 EEG 와 PPG 신호의 주파수 대역별 활성화도(좌-EEG, 우-PPG)

표 1. 중립 상태에서의 주파수 대역 별 상관계수

		Delta	Theta	Alpha	Beta
LF	N1	-.373	-.064	.913	-.779
	N2	-.972*	.188	.819	.719
MF	N1	.032	-.523	-.092	.749*
	N2	-.513	-.547	.226	.244
HF	N1	-.032	-.010	.657**	-.044
	N2	.017	.487*	.484*	.077

\*. p < 0.05 \*\*. p < 0.01, N1:이미지 1, N2:이미지 2

#### 5. 결론

본 연구는 중립상태에서의 EEG 와 PPG 신호간의 상관관계를 분석하고자 하였다. 상관분석 결과, 교감신경계의 활성화 정도를 나타내는 LF 의 경우 수면상태에서 활성화되는 delta 와 강한 음의 상관관계를 보였으며, 부교감신경계의 활성화 정도를 나타내는 HF 의 경우 이완상태에서 활성화되는 theta, alpha 와 강한 양의 상관관계가 나타났다. 또한 교감과 부교감 신경의 혼합활성화 정도를 나타내는 MF 의 경우 각성 상태에서 활성화 되는 beta 와 강한 양의 상관관계를 나타내었다. 이를 통해 중립상태에서의 심혈관계와 중추신경계간의 상관관계를 확인할 수 있었다.

기존 연구들은 심혈관계와 중추신경계 반응을 상호 독립적으로 접근해왔다. 그러나 생체적 정보를 해석하는데 있어 기존의 상호독립적인 접근 방법보다 다양한 방법으로 접근이 가능하며, Neurocardiology 학문의 기초연구가 될 것으로 기대된다. 추후 이완 및 각성상태에 따른 심혈관계와 중추신경계의 상관성에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2010-0020807)

#### 참고문헌

- 김중화, 황민철, 우진철, 김치중, 김용우, 김지혜, 김동근 (2010). 이완에 따른 EEG 코히런스 변화에 대한 연구. *2010 추계 감성과학회, 13(1)*, 121-128.
- 김치중, 황민철, 김중화, 우진철, 김용우, 김지혜 (2010). PPG(Photoplethysmography)분석을 이용한 각성도 평가에 관한 연구. *2010 대한인간공학회, 29(1)*, 113-120.
- Haslaile Abdullah, Gerard Holland, Irena Cosic, Dean Cvetkovic (2009). Correlation of Sleep EEG Frequency Bands and Heart Rate Variability. *31st Annual International Conference of the IEEE EMBS.*